

K 148
3

ა. მ. ბელუნი

ლიტონების ჭრა

ბმნიკა და ზრომა
19 თბილისი 61

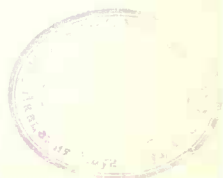
ა. მ. ვულფი

ს/მ
K

ლიტონების ჭკა

მთარგმნელი დ. შიკინაძე

ბიბლიოთეკა და უცხო
თ ბ ი ლ ი ს ი
1950



წინასიტყვაობა თარგმანის რედაქტორისაგან

წინამდებარე წიგნი „ლითონების ჭრა“ განსხვავდება ადრე გამოცემული წიგნებისაგან განხილული საკითხების უკეთეს სისტემატიზაციისა და გადმოცემის სიადვილის თვალსაზრისით. ამ წიგნში ჭრით დამუშავების ძირითადი პროცესების—ჩარხვის, რანდვის, ბურღვის, ფრეზვისა და ხეზვის გარდა, განხილულია ჭრის სხვა პროცესებიც (სპეციალური იარაღებით, როგორცაა გაბროშვა (გამოჭიმვა), ხრახნკუთხვილების მოჭრა, დამუშავება სხვადასხვა ტიპის კბილმჭრელი იარაღებით და სხვა.

წიგნში საკმაოდ არის გაშუქებული სუფთად დამუშავებას თანამედროვე პროცესები: ჰონინგობა, დაყვანა (ლაბინგ-პროცესი), სუპერფინიში და სხვა.

წიგნი გვერდს არ უქლის ამჟამად ჭრით დამუშავების დარგში ისეთ პრობლემურ საკითხს, როგორცაა დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი, სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა მასზე, მისი შეფასების მეთოდები და სხვა.

ამავე დროს უნდა აღინიშნოს ის ნაკლი, რომელიც ახასიათებდა ამ წიგნს და რომელიც გამოსწორებულ იქნა თარგმანის რედაქტირების დროს.

წიგნში არასაკმაოდ იყო გაშუქებული რუსი და საბჭოთა მეცნიერების, მკვლევარებისა და გამოგონებლების პრიორიტეტი „ჭრის თეორიის“, როგორც მეცნიერების დარგის, ჩამოყალიბებაში, განვითარებაში; ასევე ჩარხმშენებლობისა და საიარაღო საქმის განვითარებაში.

ასე, მაგალითად, წიგნის შესავალის პირველ პარაგრაფში ავტორი, ასახელებდა რა ჩარხმშენებლობისა და მჭრელი იარაღების განვითარების საქმეში საზღვარგარეთელს — ლეონარდო და-ვინჩის, რამელს, ფერდინანდ ფერბისტს, ინგლისელ მექანიკოს მოდსლეის და მის მოწაფეს ვიტეორტს, ამერიკელ პარკერსტს და სხვებს, არაფერს არ იმბოზდა რუსი ჩარხმშენებლებზე და ლითონის ჭრით დამუშავების დარგის ოსტატებზე, მაშინ, როცა ცნობილია პეტრე I-ის დროინდელი პირველი რუსი ჩარხმშენებლები — იაკობ ბატოშჩევი, ანდრი მარტოვი და შემდგომში ტუღელი სურნინი, ზახავა და სხვა მრავალი, რომელთაც ამ დარგში მსოფლიო პრიორიტეტი ეკუთვნის.

თანამედროვე ლითონმჭრელი ჩარხების სიდიდისა და სწრაფმავლობის თვალსაზრისით ავტორს დასახელებული აქვს საზღვარგარეთის ფირმის „შის-დეფრიზის“ კარუსელური და სახარატო ჩარხების ტიპები და არაფერია ნათქვამი საბჭოთა ჩარხმშენებლობის მიღწევებზე ამ შიშართულებით, მაშინ, როდესაც 1940—41 წლებში ჩვენში — საბჭოთა კავშირში — გამოშვებულ იქნა მძიმე ტიპის კარუსელური ჩარხი УХ—159 წონით 500 ტონა უღიდისი დიამეტრისათვის 9200 მმ. ამავე წლებს ეკუთვნის ჩვენში სხვადასხვა ტიპის მრავალშინდელიანი და აგრეგატული ჩარხების, ავტომატებისა და ნახევარავტომატების გამოშვება.

შესავალის მეორე პარაგრაფში — ქრის თეორიის სამუშაოების ისტორიულ მიმოხილვაში — ავტორი ქება-დიდებათ იხსენიებდა რა ამერიკელი მკვლევარის ტელიორის დამსახურებას, არასაკმარისად აშუქებდა რუსი და საბჭოთა სწავლულების პრიორიტეტს ქრის თეორიის განვითარების საქმეში.

ისტორიული ფაქტების შესწავლით დადგინდია, რომ ქრის თეორიის შექმნასა და განვითარებაში პრიორიტეტი რუსს და საბჭოთა სწავლულებს ეკუთვნის. რუსი პროფესორი ივანე ტიმე, რომელმაც ჯერ კიდევ 80 წლის წინათ სწორი გზით აიღო ლითონების ქრასთან დაკავშირებული ფიზიკური მოვლენების შესწავლაში, ითვლება ქრის თეორიის ფუძემდებლად. მისი დებულებები და დასკვნები ძალაშია დღესაც.

ქრის თეორიის შემდგომ განვითარებაში უდიდესი დამსახურება მიუძღვით ტიმეს შემდეგდროინდელ რუს მკვლევარებსაც: აფანასევეს, ზგორიკინს, სავინს, უსანეცს და სხვებს.

საბჭოთა სწავლულებმა მეცნიერება ლითონების ქრაზე განვითარების მაღალ საფეხურზე აიყვანეს. მათ გამოავლინეს და დამტკიცეს ამერიკელი მკვლევარის ტელიორის მოძღვრება ლითონების ქრაზე, როგორც ცრუ მეცნიერება.

ტელიორმა მჭრელი იარაღი და მისი ეკონომიური მედეგობა აირჩია, როგორც ძირითადი გამოსავალი პუნქტი პროდუქციის დამუშავების უხელსაყრელისი პირობების შერჩევაში და ამით შეზღუდა მაღალი ქრის სიჩქარეების გამოყენების შესაძლებლობა, რაც იძლევა შრომის მაღალ ნაყოფიერებას დამუშავების ხარისხის გაუმჯობესებასთან ერთად. საბჭოთა მეცნიერებამ ტელიორიზმი ლითონების ქრის თეორიაში უარყო, როგორც ბურჟუაზიული ბუნების მქონე რეაქციული მოძღვრება.

საბჭოთა მეცნიერების მიღწევებმა წარმოების ნოვატორებთან თანამეგობრობის ბაზაზე მოიხვეჭეს მსოფლიო მნიშვნელობა. სალი შენადნების ფართო გამოყენებამ, მჭრელი იარაღის გეომეტრიის გაუმჯობესებამ და მისმა ცენტრალიზებულმა ალესვამ ახალი გაუმჯობესებული მეთოდებით შესაძლებელი გახადა ჩვენში ლითონების ჩქაროსნული ქრის ფართო დანერგვა.

წიგნის ორიგინალი არ იყო დაზღვეული საზღვარგარეთის მეცნიერების წინაშე ქედის მოხრის ელემენტებისაგან. მთელ რიგ საკითხებში იგი გადატვირთული იყო საზღვარგარეთელი ავტორების ამგვარ არასაკირო და პრაქტიკულ მნიშვნელობას მოკლებული დებულებებით, კანონებითა და ფორმულებით.

თარგმანის რედაქტორების პროცესში ზემოაღნიშნული ნაკლი მნიშვნელოვნად გამოასწორებულ იქნა.

გარდა ამისა, თარგმანის რედაქტორის მიერ შეცვლილ იქნა წიგნის შესავალი და ბოლოში დამატებულ იქნა თავი „ლითონების ჩქაროსნული ქრით დამუშავების შესახებ“.

ა. მ. ა. შ. ლ. ზ. ი.

ლიტონების ზრა

წინამდებარე წიგნი „ლიტონების ჯრა“ განკუთვნილია სამსახური გაუწიოს მანქანათმშენებელი ტექნიკუმების სტუდენტებს, როგორც სახელმძღვანელომ „ლიტონების ჯრის თეორიის“ კურსში. დღემდე გამოსული სახელმძღვანელოებიდან იგი განირჩევა განსახილველი საკითხების უფრო ფართო დიაპაზონით. მასში გაშუქებულია არა მხოლოდ ჩარხვის, ბურღვის, ფრეზვისა და ხეხვის პროცესები, არამედ სპეციალური იარაღებით დამუშავებაც როგორც, მაგალითად: ბროშებით, სატეხებით, ჰია-ფრეზებით და სხვა იარაღებით.

წინასწარმეტყველება

წინამდებარე სახელმძღვანელოში ავტორი მიისწრაფვოდა მანქანათმშენებელი ტექნიკუმების ტექნოლოგიური სპეციალობებისათვის გაემუქებინა ლითონების ქრის კანონები. ლითონმკრედი იარაღის გეომეტრიასა და კონსტრუქციასთან ორგანულ კავშირში. საქირო არაა მითითება იარაღის უდიდეს მნიშვნელობაზე თანამედროვე მანქანათმშენებლობაში: იარაღის სწორად არჩეული ფორმა, მისი რაციონალური გეომეტრია დიდად ახდენენ გავლენას ჩარხების წარმადობაზე; უფრო მეტიც, იარაღის მოხერხებულად არჩეული კონსტრუქცია ხშირად განსაზღვრავს თვით ტექნოლოგიურ პროცესს და მის ეფექტურობას, რაც პრაქტიკაში ასე წარმატებით დაამტკიცეს სტახანოველემ — წარმოების თანამედროვე ნოვატორებმა. მათ მოახერხეს პროდუქციის გამოშვების მრავალჯერ გაზრდა იარაღის სათანადო შერჩევით, მისთვის სწორი გეომეტრიის მიცემით და ამით მიიღეს შესაძლებლობა ეწარმოებიათ იარაღის ექსპლუატაცია ქრის მაღალ რეჟიმებზე.

საქიროა ხაზი გაესვას ქრის კანონების მკიდრო კავშირს იარაღის ფორმასთან. იარაღის მკრედი პირის გეომეტრია წარმოადგენს ერთ-ერთ ყველაზე არსებით ფაქტორთაგანს, რომლებიც განსაზღვრავენ ქრის რეჟიმს და ამით კი წარმადობასაც. ეს გარემოება ამართლებს ავტორის ცდას დალაგოს გადმოცემული მასალა ქრის პროცესის სახეების მიხედვით და ამიტომ გააერთიანოს მთლიან კომპლექსში ისეთი სხვადასხვა ფორმის იარაღები, როგორცაა სარანდავი საქრისები, კბილანური სატეხები, სავარცხლები და სხვ. ანდა მარტივი ფრეზები, ჭია-ფრეზები, სპეციალური თავები კბილანა თვლების მოსაპრეზოდ და ა. შ. აქ ასახვა ჰპოვა ავტორის სურვილმა ეჩვენებინა ქრის კანონების ერთიანობა იარაღების სხვადასხვა ფორმისათვის და ამ საფუძველზე მოეცა ერთიანი ტერმინები, განსაზღვრები, აღნიშვნები და საანგარიშო ფორმულები. უნდა ვიღიაროთ, რომ ეს მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანა ჯერ არაა გადაწყვეტილი, მაგრამ ამ საკითხის წამოწყება წარმოადგენს სწორ პედაგოგიურ და მეთოდურ ხერხს, რომელიც გაუადვილებს მოსწავლეებს კურსის შეთვისებას და მის შემდგომ დამუშავებას მკვლევარების მიერ.

მასთან ერთად, ავტორს იმედი აქვს, რომ წინამდებარე შრომა სასარგებლო იქნება საწარმოთა ინჟინერთათვის. აქ თავისი გამოსახულება ჰპოვა ნორმალური და სპეციალური იარაღის ექსპლუატაციის მთელმა რიგმა პრაქტიკულმა საკითხებმა.

კერძოდ, აღძრულია სუფთად დამუშავებისა და დამუშავებულ ზედაპირის ხარისხის კონტროლის პრობლემები, რომლებიც თვალსაჩინო როლს თამაშობენ თანამედროვე მანქანათმშენებლობაში. ამ პრობლემებმა გამოიწვიეს ახალი ტექნოლოგიური პროცესები — ჰონინგი, ლეზინგი, სუპერ-ფინიში და სხვ., რომლებიც დიდ ინტერესს წარმოადგენენ საწარმოო და თეორიული თვალსაზრისით, რადგან აქ ქრის პროცესებს ერთვის წმინდა ფიზიკური პროცესები.

უნდა ხაზი გაესვას იმას, რომ მყარი სხეულის ფიზიკა დაიქვას სულ უფრო და უფრო დიდ ადგილს ლითონების ქრის მეცნიერებაში, რადგან მისი მეთოდებით შესაძლოა მთელი რიგი ისეთი მოვლენების ახსნა, რომლებიც დაკავშირებულია თხელ ბურთუმელასა და ქრის მაღალ რეჟიმებთან.

ავტორმა ყოველი ლინე იხმარა, რათა მოცემული შრომა დაეყენებინა საკმაო თეორიულ დონეზე.

შრომა, დამთავრებული სამამულო ომის დღეებში ბრძოლის მკაცრ პირობებში ლენინგრადის ფრონტზე, უნაკლო არ იქნება და ავტორი წინასწარ იხდის მადლობას ყოველგვარი მითითებისა და დახმარებისათვის, რომლებიც მიმართულნი იქნებოდნენ ამ შრომის გაუმჯობესებისაკენ.

დოც. ა. მ. ვულფი

I შ ე ს ა ვ ა ლ ი

§ 1. რუსი და საბჭოთა სწავლულების როლი ლითონის პრაქტიკულ მკვლევარებში და ჩაბმუხმებლობის შემდგომ-განვითარებაში (მოკლე ისტორიული მიმოხილვა)

მეცნიერებამ ლითონის კრაზე მიაღწია თანამედროვე მაღალ საფეხურს რუსი და საბჭოთა სწავლულების მთელი რიგი ღირსშესანიშნავი ნაშრომების საფუძველზე. შეიძლება ითქვას, რომ მთელი რიგი აღმოჩენები, ფიზიკური მოვლენების თეორიული და პრაქტიკული შესწავლა, ლითონების კრით დამუშავების დარგში ეკუთვნით რუს და საბჭოთა მკვლევარებს.

პირველი ღრმა და მეცნიერულად დასაბუთებული კვლევები ლითონების კრით დამუშავების დარგში ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 70-იან წლებში აწარმოა რუსმა პროფესორმა ფილანტოვმა.

მან პირველმა უჩვენა, რომ ლითონის წინაღობა კრაზე შეიძლება განხილულ იქნას როგორც ძვრისადმი ელემენტარულ წინააღმდეგობათა ჯამი. აწარმოა დაკვირვებები და შესწავლა რა ბურბუშელის წარმოშობის პროცესი სხვადასხვა პირობებში სხვადასხვა მასალების დამუშავების დროს, მოგვცა ბურბუშელის სახეობათა კლასიფიკაცია, რომელსაც მნიშვნელობა არ დაუკარგავს დღესაც.

მან პირველმა აღნიშნა და მიუთითა კრის პროცესში „ბურბუშელის ჯდომაზე“, რომელიც ამჟამად წარმოადგენს მოსახსნელი ფენის დეფორმაციის განმსაზღვრელ ფაქტორს.

ტიმემ პირველმა აღმოაჩინა პერიოდულობა და ცვალებადობა წნევისა საჭრისზე კრის პროცესში, რომელიც დაკავშირებული იყო ბურბუშელის ელემენტების წარმოშობასთან. მოსახსნელი ფენის დეფორმაციის შესწავლის დროს ტიმემ აღმოაჩინა, რომ ლითონის ნაწილაკების კუმულაცია წარმოებს მოქმედების კუთხის ფარგლებში. მან პირველმა დააწესა კრის წნევა, როგორც ძალა მოქმედი მოსახსნელი ფენის 1 მმ²-ზე. ტიმემ თავისი ცდებით დაამტკიცა, რომ ძვრის კუთხე თითქმის მუდმივი სიდიდეა და კრის კუთხისა და დასამუშავებელი ლითონების მექანიკური თვისებების გავლენით იგი ოდნავ განიცდის ცვალებადობას.

გასული საუკუნის 90-იან წლებში კრის პროცესის საინტერესო გამოკვლევა აწარმოა პროფ. აფანასიევმა, რომელიც ცდილობდა კრის ძალის განსაზღვრას ანალიტიკური წესით. მან განსაზღვრა ბურბუშელაზე მოქმედ ძალთა ტოლქმედის მდებარეობა, რომლის დროსაც დაუშვა, რომ ბურბუშელის ძერა ან მოტეხვა ხდება ამ ტოლქმედის მიმართულების პარალელურ სიბრტყეში.

დიდ მეცნიერულ ინტერესს იწვევდა პროფ. ზგორიკინის კვლევები და ცდები, რომლებიც აღწერილი აქვს მას თავის წიგნში „მუშაობა და ძალა, რომლებიც აუცილებელია

ლითონის ბურბუშელის მოხსნისათვის* (1893 წ.). თავისი მრავალრიცხოვანი ცდების შედეგად მან მიიღო დამოკიდებულება ჰრის ძალასა და მოსახსნელი ფენის ზომებს შორის. მისი ნამუშევრების საფუძველზე მიღებულ იქნა ჰრის ძალის პირველი ფორმულა:

$$P = kb^2/c \text{ კგ.}$$

სადაც k — მუდმივი კოეფიციენტი დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე და ჰრის კუთხეზე (ჰრის კოეფიციენტი).

b — ბურბუშელის სისქე მმ-ში.

c — ბურბუშელის სიგანე მმ-ში.

საინტერესო ცდები ჩაატარა ტომსკის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის მექანიკურ სახელოსნოში ჰრის კოეფიციენტზე მიწოდების გავლენის გამოსარკვევად პროფ. ტიხონოვა (1912 წ.). იგი ცდებს აწარმოებდა სხვადასხვა ტიპის ჩარხებზე სპეციალური დინამომეტრის გამოყენებით სხვადასხვა ლითონის დამუშავების დროს. ამ ცდების შედეგად მან მიიღო, რომ მუდმივი ჰრის სიჩქარის დროს მიწოდების გადიდებით ჰრის კოეფიციენტი მნიშვნელოვნად მცირდება.

თბური მოვლენების და ლითონის მოსახსნელ ფენაში დეფორმაციის პროცესის შესასწავლად პირველი დროა მეცნიერული მნიშვნელობის კვლევები 1910 — 1914 წლებში ჩაატარა ნიჟნიკამ რუსმა მკვლევარმა პეტერბურგის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ოსტატმა ი. გ. უსანჩევმა. მას ეკუთვნის საჰრისის მჭრელ პირზე ტემპერატურის პირველი გაზომვა მის მიერ კონსტრუირებული ხელოვნური თერმოსწყვილის საშუალებით. მან არა მარტო პირველმა გაზომა მჭრელი პირის ტემპერატურა, არამედ შეისწავლა აგრეთვე ამ უკანასკნელზე გავლენის ფაქტორები. მან შეისწავლა და პირველმა მოგვცა განმარტება საჰრისზე ნაზრდის წარმოშობის მოვლენებზე.

ასევე საინტერესო ცდები ჩაატარა პროფ. სოკოლოვმა 1914 წელს, რომლის მიზანი იყო ვიბრაციის საწინააღმდეგო საჰრისის პროფილის მიღება.

ამრიგად, ჰრის პროცესის არსის ამხსნელი ძირითადი თეორიული საკითხები დამუშავებული იყო რუსი სწავლულების მიერ, ხოლო საზღვარგარეთელი სწავლულები ბევრად უფრო გვიან მიყვებოდნენ მათ. ბევრი მათგანი მცირეოდენი გადაკეთებით ითვისებდა კიდევაც რუსი მკვლევარების ნაშრომებს. ასეთ შემთხვევებს ადგილი ჰქონდა არც ისე შორეულ წარსულში. ასე, მაგალითად, 1944 წელს ამერიკელმა პროფესორმა მერჩუნტმა გამოაქვეყნა ნაშრომი, რომელსაც იგი უწოდებდა ჰრის კანონების თეორიულ დასაბუთებას. სინამდვილეში კი იგი წარმოადგენდა 50 წლის წინათ პროფესორ ზვორიკინის დებულებების გადაკეთებულ განმარტებას.

მეცნიერება ლითონების ჰრაზე განვითარებას უდიდეს პროგრესს აღწევს დიდი ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ.

1922 წელს გამოვიდა პირველი ნაშრომები ინჟ. ჩელუსტკინისა, რომელმაც გამოიკვლია ბურბუშელის ზომების გავლენა ჰრის ძალაზე.

1926 წელს „ორგამეტალ“-თან შეიქმნა პირველი ჰრის ლაბორატორია.

პირველი სტალინური ხუთწლედის წლებში ფართოდ იშლება ექსპერიმენტალური და თეორიული სამუშაოები ლითონების ჰრის დარგში როგორც სამეცნიერო კვლევით დაწესებულებებში (ენიმსი, ცნიტამშ, ორგამეტალი და სხვა), ისე მთელ რიგ უმაღლეს ტექნიკურ სასწავლებლებში (მოსკოვის და ხარკოვის მექანიკურ-მანქანათმშენებლო ინსტიტუტები, კიევის და ტომსკის ინდუსტრიული ინსტიტუტები და სხვა).

ამ პერიოდში დიდი დამსახურება მიუძღვის მოსკოვის მექანიკურ-მანქანათმშენებლო ინსტიტუტს, რომელმაც გამოუშვა სამეცნიერო მუშაკების პირველი ჯგუფი ამ დარგში, რამაც საფუძველი ჩაუყარა ჰრის თეორიის საბჭოთა სკოლას.

განსაკუთრებული ფართო გაქანება მიიღო სამეცნიერო კვლევითმა სამუშაოებმა ლითონების ჭრის დარგში სტახანოვური მოძრაობის დაწყების მომენტიდან.

საქ. კ. პ. (ბ) დეკემბრის პლენუმის გადაწყვეტილებათა საფუძველზე მძიმე მრეწველობის სახალხო კომისარიატთან შეიქმნა კომისია ლითონების ჭრაზე, რომლის მიზანი იყო ჭრის რეჟიმების საერთო საკავშირო ნორმატივების შექმნა.

ამ მიმართულებით წარმოებულ მუშაობაში ჩაბმულ იქნა ამაზე უმაღლესი ტექნიკური სასწავლებელი, სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები და მოწინავე ქარხნები. კომისიამ თავის მიზანს მიაღწია წარმატებით, დადგინდა იქნა ჭრით დამუშავების ყველა სახეობაში ჭრის რეჟიმები. გარდა ამისა, სამეცნიერო-ტექნიკური საზოგადოებრივობის აქტიური წევრების მიხედვით იწვევდა ტექნიკური კონფერენციები და თათბირები. ასე იზრდებოდა და ვითარდებოდა ახალი საბჭოთა მეცნიერება ლითონების ჭრაზე.

თუთმეტიოდე წლის წინათ ბევრი სწავლული და პრაქტიკოსი ფიქრობდა, რომ ბურჟუაზიის მოხსნის რთული პროცესი სხვადასხვა იარაღით შეუძლებელია დაუმორჩილდეს ზოგად კანონებს. საკითხები და მოკვლევები ჭრის პროცესში განიხილებოდა ცალ-ცალკე ერთმანეთთან კავშირის გარეშე. უფრო სრულად კვლევები წარმოებდა საჭრისებით დამუშავებაზე, ხოლო ჭრის პროცესები სხვა უფრო რთული იარაღებით (ბურღვლებით, ფრეზებით, ბროშებით, კბილმჭრელი იარაღებით და სხვა) ნაკლებად იყო შესწავლილი, ე. ი. ჭრის თეორია სრული ამ სიტყვის მნიშვნელობით არ არსებობდა.

მაგრამ ამჟამად საბჭოთა სწავლულების ნაშრომების შედეგად მეცნიერება ლითონების ჭრაზე გამდიდრდა რთული ჭრის პროცესების დრმა გამოკვლევებით.

საბჭოთა სწავლულების ნაშრომებმა თავიანთი თეორიულ-მეცნიერული სიღრმით, ბევრად წინ გაუსწრეს საზღვარგარეთ ცნობილ ნაშრომებს და უარყვეს ტელიორის ე. წ. ეკონომიური ჭრის „თეორია“.

ლითონების ჭრის დარგში რუსი სწავლულების ნაშრომთა, ჭრის პროცესში ფიზიკური მოკვლევების თანამედროვე კვლევების და ლითონის ფიზიკის მეცნიერების ბაზაზე საბჭოთა სწავლულებმა (პროფესორებმა კუზნეცოვმა, ბესპროზენინმა, კრიოვოხოვმა და სხვებმა) განაზოგადეს ჭრის პროცესი სხვადასხვა მჭრელი იარაღებით და ჩაუყარეს საფუძველი ლითონების ჭრის თეორიის შექმნას.

მეცნიერებისა და წარმოების თანამეგობრობის და მანქანათმშენებლობის ტექნიკის მაღალი დონის ბაზაზე ჩვენში—საბჭოთა კავშირში—ჩანასხა ლითონების ჩქაროსნული ჭრის მეთოდი, რომელიც პირველად განახორციელა 1937 წელს ინჟ. შელკონოვოვმა და რომელმაც ფართო გავრცელება პოვა თანამედროვე მანქანათმშენებლობაში.

ასევე მოკლედ შევხვით ჩვენში ჩარხმშენებლობის ისტორიას. თუმცა რუსეთის ჩარხმშენებლობის ისტორია ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა შესწავლილი, მაგრამ ცნობილია, რომ XVIII საუკუნის დასაწყისში რუსეთში იყვნენ ნიჭიერი ჩარხმშენებლები, რომლებმაც შექმნეს ლითონმჭრელი ჩარხების მთელი რიგი კონსტრუქციები.

პეტრე I-ის დროინდელმა გამოგონებელმა ჯარისკაცმა აიკობ ბატიშევმა ააგო 12 და 24 ლულიანი ჩარხები იარაღების დასამუშავებლად. ამ დროს საზღვარგარეთ ჯერ კიდევ უცნობი იყო მრავალადგილიანი ჩარხები.

მათემატიკური და ნავიგაციის მეცნიერების მოსკოვის სკოლის აღზრდილმა პეტრე I-ის ხარატმა ანდრი კონსტანტინეს-ძე ნარტოემა (დაბ. 1680 წ.) ააგო 1718 წელს მთელი რიგი სახარატო ჩარხები. მათ რიცხვში რამდენიმე საკაპირე-სახარატო, ხრახნმჭრელი და სხვა.

70 წლის შემდეგ ინგლისში აგებული სახარატო-ხრახნმჭრელი ჩარხი ბევრად უფრო პრიმიტიული აღმოჩნდა, ვიდრე ნარტოეის ჩარხები.

წარსულში რუსული ჩარხების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ თვითმავალი ლითონის სუპორტის გამოგონება ეკუთვნის არა ინგლისელ ჰენრი მოდსლეის, როგორც ეს ცნობილი იყო, არამედ ანდრი ნარტოვს, რომელმაც ააგო ასეთი სუპორტი 75—80 წლით ადრე.

ლომონოსოვმა XVIII საუკუნის შუა წლებში გამოიგონა სფერო-სახარატო ჩარხი ლითონის სარკების ამრეკლი ზედაპირების დასამუშავებლად.

დაახლოებით ამავე პერიოდში ინჟინერმა ლეე საბაქინმა დააგეგმარა და ააგო სხვადასხვაგვარი ჩარხები, მათ რიცხვში ცილინდრსაბურღი და სრახნმჭრელი ჩარხები.

ცნობილია ასევე სხვა რუსი ჩარხმშენებლების სახელები—ტულელი მუშები და ოსტატები ალექსი სურნინი, იაკობ ლეონტიევი და სტეფანე ტრეგუმოვი, ურალელი კონსტრუქტორი ნიკიტა ბახარევი, საიარაღო ჩარხების კონსტრუქტორი პავლე ზახავა და სხვები.

რუსული ჩარხმშენებლობის ამ პიონერების ნაშრომთა შედეგად 1812 წლის პირველი სამამულო ომის დროს უზრუნველყოფილი იყო სხვადასხვა იარაღებისა და საჭურვლის წარმოება.

XVIII საუკუნის რუსი ჩარხმშენებლების შრომების ბაზაზე რუსეთის ჩარხმშენებლობას შეეძლო გაესწრო საზღვარგარეთის ჩარხმშენებლობისათვის, მაგრამ მეფის ხელისუფლება და ბურჟუაზია არაერთხელ ზომებს არ ღებულობდნენ მრეწველობის ასეთი მნიშვნელოვანი დარგის განვითარებისათვის.

რევოლუციამდელ რუსეთში მოთხოვნილება ლითონმჭრელ ჩარხებზე კმაყოფილდებოდა საზღვარგარეთიდან მათი შემოტანით.

ოქტომბრის რევოლუციამდე რუსეთში ჩარხებს აშენებდა რამდენიმე ქარხანა: ძმ. ბრომლეების მოსკოვში, „ფენიკსი“ პეტერბურგში, ფელზერი რიგაში, ჰერლიახი და პულსტი ვარშავაში და სხვა.

პირველი მსოფლიო ომის დაწყების წინ 1913 წელს რუსეთში გამოშვებულ იქნა სულ 1490 ჩარხი, რომელთა საერთო ღირებულება შეადგენდა მთელი რუსეთის მანქანათმშენებლობის დაახლოებით 1%-ს.

არც ერთი სპეციალური ჩარხმშენებელი ქარხანა მეფის რუსეთში არ ყოფილა, რაც შეეხება ზემოჩამოთვლილ ქარხნებს, ისინი ჩარხებს უშვებდნენ სხვა სახის მანქანებთან ერთად.

მიუხედავად ამ არახელსაყრელი პირობებისა ცალკეულმა რუსმა გამოგონებლებმა და კონსტრუქტორებმა XIX საუკუნეში და XX საუკუნის დასაწყისში შესძლეს შეექმნათ ორიგინალური ჩარხები და არსებულში შეეტანათ გაუმჯობესებები.

XIX საუკუნის 70-იან წლებში, როდესაც გერმანიაში ჯერ კიდევ არ იყო საკუთარი კონსტრუქციის ჩარხების გამოშვება, ძმ. ბრომლეების ქარხანა უკვე უშვებდა გრძელ სარანდავ ჩარხებს. ქარხანა „ფენიკსი“ ამზადებდა მსხვილ გრძივად სარანდავ ჩარხებს წინამდებ. 115 ტონამდე.

კონსტრუქტორმა გიორგი გოროხოვმა დააგეგმარა და ააგო ბრიანსკის ქარხანაში რამდენიმე ათეული ჩარხი საორთქმავლო-ვაგონმშენებელი საამქროებისათვის.

დიდი ოქტომბრის რევოლუციის შემდეგ მდგომარეობა ძირფესვიანად შეიცვალა. მანქანათმშენებლობის სხვა დარგებთან ერთად შეიქმნა საბჭოთა ჩარხმშენებლობა.

უკვე 1931 წელს ქარხანა „ქარხნი პროლეტარმა“ გამოუშვა 2190 ჩარხი—თითქმის 24-ჯერ მეტი, ვიდრე დაამზადა 1913 წელს ძმ. ბრომლეების ქარხანამ, რომელიც წინათ იმავე ტერიტორიაზე იდგა.

პირველი ხუთწლედის უკანასკნელ წელს 1932 წელს ჩარხების გამოშვება საბჭოთა კავშირში შეადგენდა 19700 ცალს, ე. ი. 13-ჯერ მეტს, ვიდრე მეფის რუსეთში 1913 წელს.

1933 წლის იანვარში საქ. კ. პ. (ბ) ცენტრალური კომიტეტისა და ცენტრალური ჰაიკონტროლო კომისიის გაერთიანებულ პლენუმზე ამხანაგმა სტალინმა აღნიშნა: „ჩვენ არ გეჰქონდა ჩარხმშენებლობა, ჩვენ ახლა გვაქვს იგი“.

შემდგომში ჩარხების გამოშვება იზრდებოდა გიგანტური ტემპებით. 1937 წელს გამოშვებულ იქნა 48.400-მდე, ხოლო 1939 წელს 53.000-მდე ჩარხები.

რიცხვობრივ ზრდასთან ერთად იზრდებოდა ჩარხების სიმძლავრე, ფართოვდებოდა მათი ტიპაჟი და იზრდებოდა გაუმჯობესებული ჩარხების ხვედრიანი წონა. ჩარხმშენებლობის მრეწველობა პირველ ხუთწლედში უშვებდა უმთავრესად მარტივ ჩარხებს — სახარატოს, შეპინგებს, საბურღს, სატეხს და სხვას.

მეორე და მესამე ხუთწლედებში ჩარხმშენებლობა გადავიდა უფრო მაღალი კლასის ჩარხების გამოშვებაზე, დიდად გაიზარდა მაღალწარმოადგენ კბილშპრეკლი და საბროშე ჩარხების გამოშვება. გაიზარდა გამოშვება სპეციალური სახეხი ჩარხების, ავტომატების და ნახევარავტომატების, გამოშვებული იქნა მრავალშპინდელიანი ნახევარავტომატები.

საქ. კ. პ. (ბ) XVIII ყრილობამ მიიღო დადგენილება: გადიდებულ იქნას 1942 წელს ლითონშპრეკლი ჩარხების გამოშვება 70.000-მდე, ჩარხების ასორტიმენტის დაყვანით 800 ტრპ ზომამდე“.

პიტლერული გერმანიის თავდასხმამ დროებით შეაფერხა ჩარხების გამოშვების გეგმის შესრულება, მაგრამ საესებით არ შეუჩერებია იგი.

საბჭოთა კავშირის სახალხო მეურნეობის აღდგენისა და განვითარების ხუთწლიანი გეგმა 1946—50 წლების ითვალისწინებს ჩარხმშენებლობის შემდგომ ზრდას: 1950 წელს უნდა იქნას გამოშვებული 74.000 ჩარხი, მათ რიცხვში 12.300 ავრეგატული და სპეციალური. ომის შემდგომი ხუთწლედის ბოლოსათვის ჩარხების პარკი ჩვენში უნდა გაიზარდოს არანაკლებ, ვიდრე 14-ჯერ 1928 წელთან შედარებით.

საესებით შეიცვალა გამოშვებული ჩარხების სტრუქტურა და ტიპაჟი, ძალზე ამაღლდა ჩარხების ტექნიკური დონე, მნიშვნელოვნად გაიზარდა მთავარი და მიწოდების მოძრაობათა სიჩქარე, სიჩქარეთა რეგულირების დიაპაზონი, სიმძლავრეები. ინდივიდუალურმა ელექტროამძრავმა საესებით განდევნა ჩარხებიდან ამძრავი ტრანსმიციანი, სიჩქარეთა კოლოფებმა—საფებურიანი ბორბლები.

1932 წელს გამოშვებულ იქნა პირველი რევოლვერული ჩარხი. 1933 წელს გამოშვებულ იქნა პირველი კბილსაფრეზო ჩარხები და ერთშპინდელიანი სახარატო ავტომატები.

1934 წელს სსრკ-ის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტს დიკუნინის ხელმძღვანელობით დაგეგმარებულ და გამოშვებულ იქნა პირველი ავრეგატული ჩარხები. 1935 წელს დაწყებულ იქნა მძიმე სახარატო ჩარხების (დიპ—500), გრძივად საფრეზო და მრავალი სხვა რთული ჩარხების დამზადება.

საბჭოთა ჩარხმშენებელი ქაზხნების მიერ ამჟამად გამოშვებულ ტიპაჟში შევხვდებით ისეთ ჩარხებს, როგორცაა მრავალშპინდელიანი—70 და 68 შპინდელიანი — ავრეგატული ჩარხები, საკობრივ საფრეზო, აღმასური ჩარხები, საპონინგე, მიმხები, კუთხვლისაგები და სხვები, რომლებიც მეფის რუსეთში საესებით არ მზადდებოდა ტექნიკური ჩამორჩენილობის გამო.

ძირითად მოთხოვნად თანამედროვე ლითონშპრეკლ ჩარხებს წარედგინებათ მაღალი წარმადობა სათანადო სიზუსტისა და დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავის დაკვირ.

§ 2. ზრით დაშვება და ლითონდაბრუნებაში ხაზმძრის პროდუქციის თვითღირებულება

მანქანათა ნაწილების დასამზადებლად გამოყენებული დამუშავების ხვედასხვა მეთოდის: ჩამოსმა, კედლა ან ტვიფრვა და ჰრით დამუშავება. პირველი ორი მეთოდი უმთავრესად გამოყენებულია ნაშადების მისაღებად. სათანადო ფორმის, ზომებისა და სიზუსტის მანქანათა ნაწილების მისაღებად საჭიროა ნაშადი დამუშავდეს ჰრით, ე. ი. მოხსნას მისგან ლითონის ფენა ბურბუშელის სახით, რაც განხორციელდება მექანიკურ საამქროში. მექანიკურ საამქროს მანქანათმშენებელ ქარხანაში უჭირავს წამყვანი ადგილი. აქ ვხვდებით ძვირფას ჩარხებს, რთულ იარაღებს და სამარჯვებს. მათი რაციონალური გამოყენება დაგვიწვევს წარმადობისა და დამუშავების ხარისხის მისაღებად დაკავშირებულია მეცნიერულ-ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე დამუშავებულ რაციონალურ ქრასთან.

დამუშავების მეთოდებისა და მკრელი იარაღის პარამეტრების სწორი შერჩევა, ასევე ჩარხების სწორი შერჩევა მოცემულ დამუშავებაზე, წარმოადგენს ძირითად პირობას ლითონ-დამუშავებელი საამქროს პროდუქციის წარმადობის გასაღებლად და თვითღირებულების შესამცირებლად.

ქარხნის მიერ გამოშვებული ნაკეთის თვითღირებულება C შედგება შემდეგი ელემენტებისაგან:

M — მასალის ღირებულებისაგან.

P — მუშახელის ღირებულებისაგან.

H_n — საამქროს ზედნადები ხარჯებისაგან.

H_o — საქარხნო ზედნადები ხარჯებისაგან.

ამრიგად,

$$C = M + P + H_n + H_o$$

ძირითად ფაქტორს, რომელიც ახდენს გავლენას ნაკეთის თვითღირებულებაზე, წარმოადგენს მუშახელის ღირებულება P .

$$P = K \cdot T_n$$

სადაც K — მუშის ერთი საათის ხელფასია.

T_n — ნაკეთის დამუშავების ხანგრძლიობა.

ამრიგად, ნაკეთის მაქსიმალური წარმადობის და მინიმალური თვითღირებულების მისაღებად საჭიროა მისი დამუშავების ხანგრძლიობის შემცირება.

$$T_n = T_m + T_p + T_n$$

სადაც T_m არის დრო, დახარჯული სამანქანო მუშაობაზე, ე. ი. ის დრო, რომლის განმავლობაში იარაღი ხსნის ბურბუშელს.

T_p — დრო დახარჯული ხელით მუშაობაზე (ჩარხის აწყობა და გაწევა, სიჭარბების გადართვა, დასამუშავებელი დეტალის, სამარჯვის და მკრელი იარაღის დაყენება).

T_n — დრო, რომლის განმავლობაშიაც ჩარხი არ მუშაობს და მჭარხე არ ასრულებს ვათვალისწინებულ სამუშაოს (გაცდენის დრო).

წარმოების ორგანიზაციის გაუმჯობესებასთან ერთად T_n მცირდება, ხოლო უწყვეტი ნაკადით მომუშავე მასიურ წარმოებაში იგი შეიძლება გაეუტოლოთ ნულს.

T_p -ის შემცირება დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად ჩარხი მოწყობილი სამარჯვებითა და ავტომატრებით, რაც უფრო ხელსაყრელია სერიული და მასიური წარმოებისათვის, ასე რომ T_p დამოკიდებული ყოფილა წარმოების ორგანიზაციის სახეზე. წარმოების ინდივიდუალურიდან მასიურ ხასიათზე გადასვლასთან დაკავშირებით T_p მცირდება.

ამრიგად, წარმოების უფრო მაღალ ორგანიზაციულ ფორმაზე გადასვლასთან დაკავშირებით T_p და T_m მცირდება.

ზემოაღნიშნულის გამო, საწარმოო პროცესის დაჩქარება დამოკიდებული იქნება იმ ფაქტორების სწორად შერჩევაზე, რომლებიც ამცირებენ T_m -ს.

გრძივი გარეგანი გაჩარხვის დროს სამაქანო დრო შეიძლება გამოისახოს ფორმულით:

$$T_m = \frac{L}{ns} i \text{ წუთი.}$$

სადაც L —დამუშავების სიგრძეა მმ-ში;

i —გავლათა რიცხვი $i = \frac{h}{t}$;

h —ნამატი. დამუშავებაზე მმ-ში;

t —ჭრის სიღრმე მმ-ში;

n —ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვი წუთში $n = \frac{1000 v}{\pi D}$;

v —ჭრის სიჩქარე მ/წუთში;

D —დასამუშავებელი ზედაპირის დიამეტრი მმ-ში;

S —მიწოდება მმ-ში ნაკეთის ერთ ბრუნვაზე.

თუ h -ისა და n -ის მნიშვნელობას შევითანთ T_m -ის ფორმულაში, მივიღებთ:

$$T_m = \frac{\pi DL}{1000} \cdot \frac{h}{s t s} \text{ წუთი.}$$

(s , t და s -ს ეწოდებათ ჭრის რეჟიმის ელემენტები).

ვინაიდან მოცემული ნაკეთისათვის $\frac{\pi DL}{1000}$ მუდმივი სიდიდეა, ამიტომ T_m -ის მინიმალური მნიშვნელობა მიიღება ჭრის რეჟიმის ელემენტების s , t და s -ის ნამრავლის მაქსიმალური და ნამატის h -ის მინიმალური მნიშვნელობის დროს.

ამ პარამეტრების რაციონალური მნიშვნელობის შერჩევა დამოკიდებულია მთელ რიგ ცვლად ფაქტორებზე:

ა) დასამუშავებელ მასალაზე.

ბ) ნაკეთის ფორმაზე.

გ) მჭრელი იარაღის მასალაზე, გეომეტრიაზე და კონსტრუქციაზე.

დ) იარაღის ოპტიმალურ მედეგობაზე.

ე) გამაცივებელი სითხის სწორად შერჩევაზე.

ვ) სისტემა „ჩარხი—დეტალი—იარაღის“ სინისტრეზე და სხვა.

ჭრის რაციონალური რეჟიმები; T_m მინიმალური მნიშვნელობა, ჩარხისა და იარაღის დაგეგმარებისათვის მონაცემების სწორი შერჩევა, შეიძლება მიღწეულ იქნას, თუ ჭრით დამუშავების მნიშვნელოვანი საკითხები გადაწყვეტილი იქნება მეცნიერული კვლევის შედეგად.

მჭრელ იარაღს წარედგინება შემდეგი ძირითადი მოთხოვნა:

1. მაქსიმალური და, ამასთანავე, ოპტიმალური წარმადობა.
2. დამუშავებული ზედაპირის მაღალი ხარისხი.

პირველი მოთხოვნა ითვალისწინებს ისეთი პირობების მიღწევას, რომლის დროსაც სამანქანო დრო შემცირებულ იქნება მაქსიმალურად.

თანამედროვე ტენდენციასთან დაკავშირებით, რაც მიმართულია დამუშავებული ზედაპირის ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით ნამატისა და მიწოდების შემცირებისაკენ, სამანქანო დროის ხანგრძლიობაზე ძირითადად გავლენის ფაქტორს წარმოადგენს ჭრის სიჩქარე.

ლითონის ჭრის პროცესის და მასთან დაკავშირებული ფიზიკური მოვლენების შესწავლას მუდამ მნიშვნელოვანი როლი ენიჭებოდა მანქანათმშენებლობის განვითარების ყველა ეტაპზე.

§ 5. ძირითადი განსაზღვრებები

ჭრის პროცესში დასამუშავებელი ნაკეთი და მჭრელი იარაღი გადაადგილდებიან ერთმანეთის მიმართ. თან მჭრელი იარაღი იღებს ლითონის განსაზღვრული ზომისა და ფორმის ფენას. არჩევენ ძირითად, ანუ მთავარ და დამხმარე მოძრაობებს.

ასე, მაგალითად, ნაკეთის ბრუნვა თავის ღერძის გარშემო — სახარატო ჩარხზე, ბურღის ბრუნვა — საბურღი ჩარხზე, ფრეზის ბრუნვა — საფრეზო ჩარხზე და ნაკეთის სწორხაზობრივი უკუტყევადი გადაადგილება — გრძელ სარანდვ ჩარხზე წარმოადგენენ მთავარ მოძრაობას.

ნაკეთის დასამუშავებელი ზედაპირის, იარაღის მჭრელი პირის მიმართ გადაადგილებს სიდიდეს ერთ წუთში ჩარხის მთავარი მოძრაობის მიმართულებით ჭრის სიჩქარე ეწოდება.

ჭრის სიჩქარე იზომება მეტრებში ერთი წუთის განმავლობაში და აღინიშნება v მ/წუთით. თუ იარაღის ან ნაკეთის დიამეტრი D გამოსახულია მილიმეტრებში, და მათი n ბრუნვათა რიცხვი n კი აღებულია ერთ წუთში, მაშინ ჭრის სიჩქარე განისაზღვრება განტოლებით:

$$v = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ.} \quad (1)$$

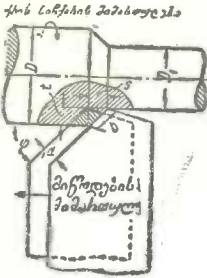
დამხმარე მოძრაობად თვლიან: სახარატო დამუშავების შემთხვევაში — საჭრისის გადაადგილებას ღერძის გასწვრივ ან დასამუშავებელი ნაკეთის ღერძის პერპენდიკულარულად; ბურღვის შემთხვევაში — ბურღის გადაადგილებას თავისი ღერძის გასწვრივ; ფრეზის შემთხვევაში — დასამუშავებელი მასალის შემხვედრ გადაადგილებას მზრუნავი ფრეზის მიმართ ან ფრეზის ღერძის გასწვრივ.

დასამუშავებელი მასალისა ან იარაღის გადაადგილების სიდიდეს ერთი წუთის განმავლობაში დამხმარე მოძრაობის დროს ეწოდება მიწოდება მილიმეტრებში ერთ წუთში და გამოიხატება შემდეგში S_m -ით. სახარატო დამუშავებაში ჩვეულებრივ იღებენ S მიწოდების მნიშვნელობას ერთი ბრუნვისათვის, რაც ნიშნავს საჭრისის გადაადგილებას სიდიდეს დამხმარე მოძრაობის მიმართულებით ნაკეთის ერთ შემობრუნების დროს. ცხადია,

$$S = \frac{S_m}{n} \text{ მმ/ბრ.} \quad (2)$$

სადაც S — საჭრის მიწოდება ნაკეთის ერთ შემობრუნების დროს, Sx — საჭრის მიწოდება ერთ წუთში, π — ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვი ერთ წუთში.

ჭრის სიღრმე t — განისაზღვრება როგორც ნაკეთის დაუმუშავებელ და დამუშავებულ დიამეტრების სხვაობის ნახევარი საჭრის ერთ გავლაზე (სურ. 1) და გამოისახება მილიმეტრებში:



$$t = \frac{D - D_1}{2}, \quad (3)$$

სადაც D — ნაკეთის დიამეტრია დამუშავებამდე მილიმეტრებში, D_1 — ნაკეთის დიამეტრი დამუშავების შემდეგ მილიმეტრებში.

ზნირად s მიწოდებას და t ჭრის სიღრმეს ვერ არჩევენ ბურბუშელის სისქისა და სიგანისაგან. 1-ლ სურათიდან ჩანს, რომ ბურბუშელის a სისქე და b სიგანე განსხვავდებიან სიდიდით s მიწოდებისა და t ჭრის სიღრმისგან. თუ აღენიშნავთ კუთხეს საჭრისის მჭრელ წიბოსა და მიწოდების მიმართულებას შორის ფთი (კუთხე გვერდში), მაშინ მივიღებთ a და s , b და t შორის დამოკიდებულების გამოხატვას შემდეგი სახით:

სურ. 1. ჭრის სიჭარბისა და მიწოდების მიმართულება სახარტო დამუშავების დროს.

$$a = s \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

$$b = \frac{t}{\sin \varphi} \quad (5)$$

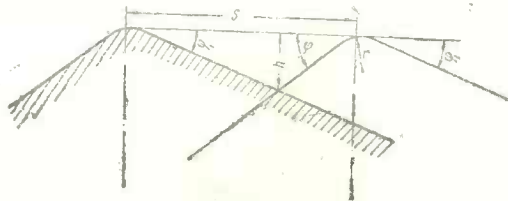
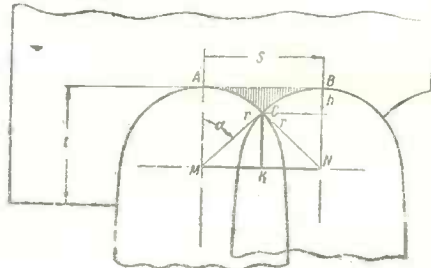
მაშასადამე, თუ $s = \text{const}$ და $t = \text{const}$, მაშინ კუთხის გვერდში ზრდასთან ერთად მართულობს ასაღები ბურბუშელის სისქე და ამასთან ერთდროულად კლებულობს ბურბუშელის სიგანე, და პირიქით.

კერძო შემთხვევაში, როდესაც $\varphi = 90^\circ$, ბურბუშელის a სისქე უდრის s მიწოდებას, და ბურბუშელის b სიგანე t ჭრის სიღრმეს, რადგან $\sin 90^\circ = 1$, ე. ი.

$$a = s; \quad b = t;$$

ლითონის ასაღები ფენის განივკვეთის ფართობი განისაზღვრება s მიწოდებისა და t ჭრის სიღრმის ან a სისქისა და b სიგანის სიდიდებით:

$$f = s \cdot t = a \cdot b \text{ მმ}^2. \quad (6)$$



სურ. 2. I — II ლითონის ასაღები ფენის განივკვეთის ნამდვილი ფართობი.

სინამდვილეში f სიდიდე რამდენიმე ნაკლები იქნება, თუ მხედველობაში მივიღებთ იმ სავარცხლებს, რომლებიც რჩებიან ნაკეთის ზედაპირზე [საჭრისის გაგლის შემდეგ. მე-2 სურათზე ნაჩვენებია r მომრგვალების რადიუსის მქონე მრგვალი მჭრელწიბოიანი საჭრისის მუშაობის მაგალითი, მომრგვალებული, სიმეტრიული ფორმის საჭრისის ცხვირი გადაღის სწორ მჭრელ წიბოში. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში ასაღები ფენის განივკვეთის ნამდვილი ფართობი

$$f_5 = 1 \cdot s - ABC \text{ ფართ.} \quad (7)$$

$$\text{ფართ. } ABC = \text{ფართ. } ABNM - (AMC + MCN + CNB), \quad (8)$$

$$\text{ფართ. } ABNM = s \cdot r,$$

$$\text{ფართ. } AMC + \text{ფართ. } CNB = r^2 \cdot \alpha = r^2 \cdot \text{arc sin } \frac{s}{2r},$$

$$\text{ფართ. } MCN = \frac{MN \cdot \overline{CK}}{2} = \frac{s}{2} \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}}.$$

ჩავსვათ (8) განტოლებაში $ABNM$, AMC , MCN და CNB მნიშვნელობები, მივიღებთ:

$$\text{ფართ. } ABC = s \cdot r - \left(sr - \frac{s}{r} \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}} + r^2 \cdot \text{arc sin } \frac{s}{2r} \right).$$

და მაშინ (7) განტოლებიდან გვექნება:

$$f_5 = 1 \cdot s - \left(sr - \frac{s}{r} \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}} + r^2 \cdot \text{arc sin } \frac{s}{2r} \right)$$

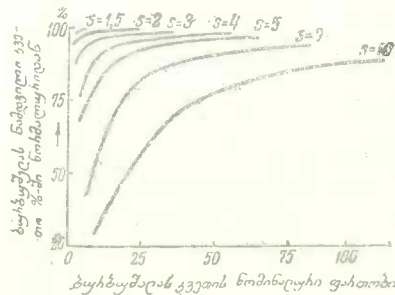
ანალოგიური გზით ადვილად გამოვიყვანთ სავარცხლების h სიმაღლის ფორმულას

$$h = \frac{2r - \sqrt{4 \cdot r^2 - s^2}}{2} \quad (10)$$

სწორი მჭრელ წიბოიანი საჭრისის მუშაობის შემთხვევაში, როდესაც წიბოები დახრილია დასამუშავებელი ზედაპირის მიმართ φ და φ_1 კუთხეებით (სურ. 2 II) სათანადოდ გვექნება:

$$h = \frac{\left(s - r \cdot \text{tg } \frac{\varphi_1}{2} - r \cdot \text{tg } \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi}{\sin (\varphi_1 + \varphi)} \quad (11)$$

10 და 11 განტოლებების საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა: ნაკეთის ზედაპირზე დარჩენილი სავარცხლების სიმაღლე და, მაშასადამე, დამუშავებული 2. ლითონების კრა.



სურ. 3. ბურბუშელის ნამდვილი კვეთის ცვლებადობის მრუდები k კრის სიღრმის და s მიწოდების მიხედვით პრეტენცტებში ნომინალურიდან.

ნაკეთის ზედაპირის სისუფთავე დამოკიდებულია α მიწოდების სიდიდზე და საჭრისის წვერის მომრგვალების r რადიუსზე, და აგრეთვე φ და φ_1 კუთხეებზე; r -ის ზრდასთან და α , φ და φ_1 შემცირებასთან ერთად დასამუშავებელი ზედაპირი იქნება უფრო გლუვი, რადგან ამ შემთხვევაში დარჩენილი საეარცხლების სიმაღლე მცირდება.

მე-3 სურათზე მოყვანილია $f_{\text{ნა}}$ მნიშვნელობების მრუდები აღებული პროცენტებში ბურბუშელის კვეთის ნომინალურ f ფართობიდან სხვადასხვა α მიწოდების დროს. ეს მრუდები აგებულია ისეთ საჭრისისათვის, რომლის კუთხე გეგმაში $\varphi = 45^\circ$ და მომრგვალების რადიუსი $r = 3$ მმ. როგორც ვხედავთ, ასაღები ფენის განივკვეთის ფართობი თვალსაჩინოდ განსხვავდება ნომინალურისაგან მხოლოდ 3 მმ/პრ მიწოდებების ზევით.

ჩვეულებრივი გაანგარიშების დროს, როდესაც არაა საჭირო დიდი სიზუსტე, მხედულობაში იღებენ ბურბუშელის კვეთის ნომინალურ ფართობს $f = f_{\text{ნა}}$. რადგან სახარატო დამუშავების დროს ძალიან იშვიათად თუ გამოიყენებენ მიწოდებას 3 მმ/პრ ზევით.

II ზრის პროცესი და ბურბუშელის თეორია

§ 4. ზოგადი მოსაზრებანი

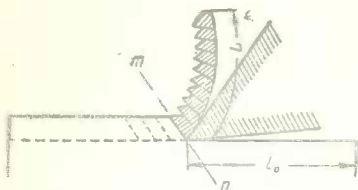
ბურბუშელის წარმოშობის პროცესის შესწავლას მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს პრაქტიკისათვის, მიუხედავად იმისა, რომ ეს საკითხი თითქოს თეორიულია. იმ კანონზომიერებათა მიხედვით, რომელთაც ადგილი აქვთ ბურბუშელის წარმოშობის პროცესში, ადვილდება იმ მოვლენების გაგება, რომლებიც დაკავშირებული არიან ჭრისადმი დასამუშავებელი მასალის წინააღმდეგობასთან, იარაღის ტემპერატურასთან, მის მედეგობასთან და მის დასაშვებ ჭრის სიჩქარესთან და ა. შ. ექვს გარეშეა, რომ ჭრის პროცესში წარმოქმნილი ბურბუშელის ხასიათი, დასამუშავებელი მასალის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებთან დაკავშირებით, ძალიან დიდ გავლენას ახდენს მუშაობის რეჟიმზე, რომელიც უზრუნველყოფს ჭრის პროცესის ყველაზე დიდ ეკონომიურობას აგლეჯვის დროს ან დასამუშავებელი ზედაპირის საჭირო სისუფთავეს ნაკეთის სუფთად დამუშავების დროს.

რუსმა მეცლევარმა პროფ. ტიმემ (1870) პირველმა შეისწავლა და შექმნა ბურბუშელის წარმოქმნის თეორია; მის დაკვირვებებს და დასკვნებს დღემდე არ დაუკარგავთ თავისი მნიშვნელობა. უკანასკნელ ხანებში ამ საკითხმა ხელახლა მიიპყრო მეცლევარების ყურადღება სუფთად დამუშავების პრობლემის შესწავლასთან დაკავშირებით, რომელსაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს წარმოებისათვის.

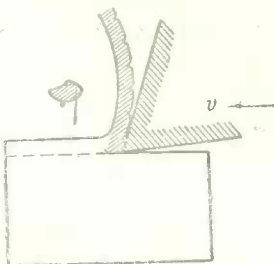
§ 5. ბურბუშელის მლმმმნის წარმოშობა

სხვადასხვა მასალის დამუშავების დროს ბურბუშელის წარმოშობის სურათი სხვადასხვანაირი მიიღება. ტიმე ყველა ლითონს მიღებული ბურბუშელის ხასიათის მიხედვით უყოფდა ორ კლასად: ზღანტად და მყიდელ. ამის შესაბამისად მან დაადგინა ძირითადად ბურბუშელის აგრეთვე ორი სახე: ძვრის ბურბუშელა (სურ. 4), რომელიც შედგება ცოტად თუ ბევრად ერთმანეთთან დაკავშირებული ცალკეული ელემენტებისაგან და მოხეტქვის ბურბუშელა (სურ. 5). ტიმემ პირველმა ცხადად დაგვანახა დასამუშავებელი ლითონიდან მოსახსნელი ბურბუშელის ყოველი ელემენტის მოცილების პროცესი. მე-1 სურათზე სქემატურად ნაჩვენებია საჭრისი, რომელიც თავისი მუშა სეღის დროს კუმშავს ლითონის ასაღები ფენის ნაწილაკებს. ეს კუმშვა გავრცელებას იწყებს ზონაში, რომელიც იფარგლება m — n სწორი ხაზით; ეს ხაზი კმნის რაღაც ψ კუთხეს საჭრისის წინა წახნავთან და მას ტიმემ უწოდა ქმედების კუთხე. ეს კუთხე განსაკუთრებით კარგად შესაძმნევი ხდება ტყევის ბურბუშელის აღების დროს, საღაც ასაღები ფენა ამ კუთხის ზღვრებში მტკბაღდება.

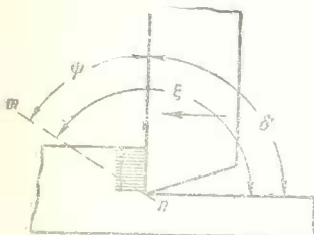
და ნაოჭიანდება“. საჭრისის შემდგომი მოძრაობის დროს, როდესაც დაწოლა დასძლევს ასაღები ფენის ნაწილაკების შემქვიროების ძალას, ხდება ლითონის ელემენტის გადაადგილება, და შემდეგ კი ძვრა m — n ძვრის სიბრტყეზე. ძვრის სიბრტყისა და საჭრისის



სურ. 4. ძვრის ტიპური ბურბუშელა.



სურ. 5. მოხეტევის ტიპური ბურბუშელა.



სურ. 6. ძალების მოქმედების კუთხე ჭრის დროს.

მიმართულებას შორისკუთხეს ξ ეწოდება ძვრის კუთხე.

პროფ. ტიმეს ცდებით დადგენილი იქნა, რომ ξ ძვრის კუთხე სხვადასხვა ლითონის დამუშავების დროს თითქმის მუდმივი რჩება და მხოლოდ ოდნავად მისი ცვლა დამოკიდებულია ψ ჭრის კუთხეზე, ე. ი. კუთხეზე საჭრისის წინ

წახნაგისა და საჭრისის მოძრაობის მიმართულებას შორის, ძვრის კუთხის სიდიდე ფოლადის, თუჯისა და ბრინჯაოს დამუშავების დროს მერყეობს, ტიმეს მიხედვით, დაახლოებით იმ ზღვრებში, რომლებშიც ნაჩვენებია 1-ლ ცხრილში.

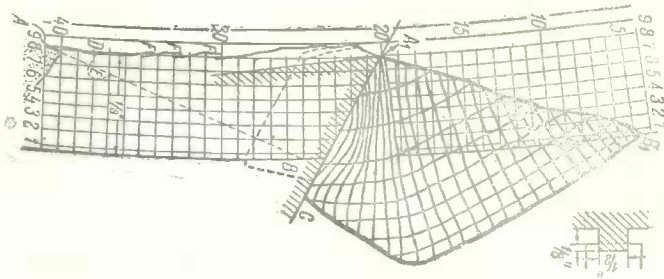
ცხრილი 1

ჭრის კუთხე ψ	45°	55°	65°	75°	90°
ქმედების კუთხე ψ	100°	85°—90°	80—85°	70—75°	60—65°
ძვრის კუთხე $\xi = \psi + \psi$	145°	140—145°	145—150°	145—150°	150—155°

ელემენტო, რომელიც იკუმშება ქმედების კუთხის ზღვრებში, ლითონიდან მოცილებამდე განიცდის ძლიერ დეფორმაციას, ამასთან ძალზე არათანაბარ სხვადასხვა წერტილში. ეს მდგომარეობა ცხადად ჩანს ცდიდან, რომელიც ჩატარებულ იქნა ბურბუშელის წარმოშობის პროცესზე დაკვირვების ჩატარების უფრო მოხერხებულობის თვალსაზრისით მეტად დაბალი ჭრის სიჩქარით ($V=1$ მმ/წუთ), მასთან დასამუშავებელი საგნის ტორსზე გამოსახულ იქნა ბადე (სურ. 7). ნახაზზე ცხადად მოჩანს A_1B_1C ძვრის სიბრტყის მიმართულება, მასთან AB ხაზი გვიჩვენებს წინა ელემენტის ძვრის სიბრტყის მიმართულებას. ადვილი შესამჩნევია, რომ A_1B_1C წარმოქმნილი ელემენტის სიგრძე AA_1B_1C აღებული ფენის სიგრძეზე მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა (ჩათვალთა ეს ფენა პარალელოგრამად) ამ უკანასკნელის ძლიერი დეფორმაციის გამო. აღებულ ელემენტზე დამახინჯებული ბადის მდებარეობა მიგვითითებს ლითონის დეფორმაციის არათანაბრობაზე; წინა წახნაგთან უფრო ახლო მდებარე ლითონის ნაწილაკები განიცდიან უფრო ძლიერ

დეფორმაციას; ლითონი ამოიბურცება და გაწეული პატარა სწორკუთხედები ცხადად იღებენ გეზს დასამუშავებელი ზედაპირისადმი დაახლოებით პერპენდიკულარული მიმართულებით.

უფრო გვიან (1931 წ.) ეს სურათი დადასტურებულ იქნა მთელი რიგი ექსპერიმენტებით, სათანადოდ გაეხილი და ამოკმული ბურბუშელის ელემენტის მიკროსტრუქტურის



სურ. 7. ბურბუშელის ელემენტის წარმოქმნის სქემა.

ანალიზის შედეგებით. მე-8 სურათზე სქემატურად ნაჩვენებია ფერიტ-პერლიტური მარცვლების მიმართულება: საჭრისის წინა წახნაგის გასწვრივ I ზონაში და ძვრის სიბრტყისადმი უახლოეს მიმართულებით, II ზონაში. ცხადია, რომ ზახუნის ძალები ბურბუშელისა და საჭრისის შორის ერთი მხრივ და მასალის წინააღმდეგობა, მეორეს მხრივ, აიძულებენ ფერიტ-პერლიტურ მარცვლებს გეზი აიღონ აღნიშნული მიმართულებისაკენ.



სურ. 8. ბურბუშელის ელემენტის სტრუქტურული სქემა.

უფრო უგვიანესი ექსპერიმენტებით ასევე დადასტურებული იქნა, რომ ჩარხის, ბურღის, ფრეზისა და ხევის ჭრის პროცესებში, ბურბუშელა იძლევა მსგავსი ხასიათის დეფორმაციას. ამ საფუძველზე შეიძლება გამოვიყვანოთ ის დასკვნა, რომ მოვლენები, რომლებსაც ადგილობრივად ვხვდებით ამ სხვადასხვა სახის დამუშავების დროს, ექვემდებარებიან ჭრის საერთო კანონებს.

პროფ. გლუბოვის უკანასკნელმა გამოკვლევებმა, რომლებიც ჩატარებულია 1940 წ. კინოვადღების დახმარებით დაგვიანხვებს, რომ ბურბუშელის დეფორმაცია მიმდინარეობს თანაბრად და თანმიმდევრობით, ფენა-ფენით, ყოველი ელემენტის ფარგლებში, მასთან ძვრის ხაზი ყოველთვის არ ემთხვევა წახნაგის ხაზს, ამ უკანასკნელის მიმართულება კი დამოკიდებულია ჭრის კუთხეზე.

ცხადია, რომ სხვადასხვა ლითონის დამუშავების დროს ჭრის კუთხისა და სიჩქარის, საჭრისის ფორმის, მოსაჭრელი ფენის ზომის სხვადასხვა პირობებში შეიძლება მივიღოთ ბურბუშელის სხვადასხვაობა. შეეველია, რომ ბურბუშელა, რომელიც განუშუქვებულად და ადვილად შორდება დასამუშავებელ მასალას და განიცდის მკირე დეფორმაციას, მოითხოვს ენერგიის უფრო ნაკლებ ხარჯს, რადგან იძლევა უფრო ნაკლებ დაწოლას საჭრისზე და უზრუნველყოფს ამ უკანასკნელისათვის მშვიდ მუშაობას უვიბრაციოდ, ნაკეთისათვის კი — დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავეს. გარდა ამისა, ბურბუშელის სახე, როგორც ჩვენ ამას ქვემოთ ვაეცნობით, დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა მკრელი პირის ტემპერატურა და საჭრისის მედეგობა, რომლებსაც დიდი მნიშვნელობა

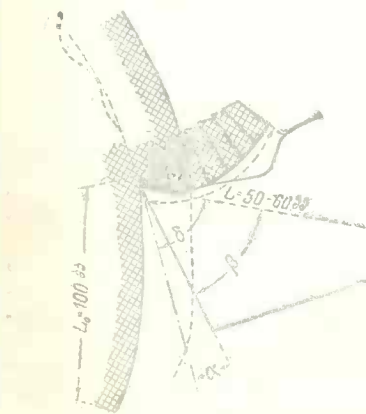
აქეთ ჭრის პრაქტიკაში. მასასადამე, ბურბუშელის წარმოშობის პირობების შესწავლა წარმოადგენს ძირითად წინაპირობას ჭრის პროპორციის შეცნობისათვის მთლიანად ყველა აქედან გამომდინარე პრაქტიკული დასკვნებით.

5.6. მოკხნილი ზურბუშელის სახეობა

ტიმეშ გამოარკვია, რომ ბლანტი ლითონების დაშუშავების დროს ნორმალურ პირობებში წარმოშობილი ბურბუშელის ელემენტებს აქეთ ტრაპეციის ფორმა, ისინი მჭიდროდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული, და შედეგად „მოხსნილ ბურბუშელას აქვს მოღუნული ხერხის სახე“ (სურ. 9). ბურბუშელის შიგა ზედაპირი დაკბილულია, გარეთა კი — გლუვი. რაც უფრო სქელია ასაღები ფენა და რაც უფრო დიდია ჭრის კუთხე, მით უფრო m — n სიბრტყეზე ხდება უკეთესი ძვრა და ბურბუშელის აგებულება უფრო ცხადი და მკაფიოა. დიდი ჭრის კუთხის შემთხვევაში ელემენტებს შორის კავშირი ხშირად იმდენად უმნიშვნელოა, რომ ისინი შორდებიან თითო-თითოდ პარალელუპიკედების სახით. პირვეით, ასაღები ფენის სისქისა და ჭრის კუთხის შემცირებასთან ერთად უფრო ნაკლებად მიიღება უფრო უწყვეტი აგებულებისა. მათი გარე ამოხნეპილი ზედაპირი ყოველთვის გლუვია, შიგა კი — ჩანექილი (დაკბილული). მაგრამ თხელ ბურბუშელასა და მცირე ჭრის კუთხის შემთხვევაში კბილები იმდენად თხელი არიან, რომ შიგა ზედაპირი ღებულობს „ნამდვილ ხავერდის სახეს“.



სურ. 9. ხერხისმაგვარი ბურბუშელა ტიმეშის მიხედვით.



სურ. 10. ძვრის ბურბუშელა ჭრის ნორმალური სიჩქარეების შემთხვევაში.

ეს მოკლე დახასიათება, რომელიც აღებულია პროფ. ტიმეშის „მექანიკიდან ლითონების რანდის შესახებ“, ნათლად გვიხსრათებს ბურბუშელის ტიპებს ბლანტი ლითონების დამუშავების დროს სხვადასხვა ჭრის კუთხისა და ასაღები ფენის სისქის შემთხვევაში. უფრო გვიან ეს სურათი დადასტურა ნიკოლსონმა, რომელიც მუშაობდა დიდი დიაპაზონით ცვალებადი ჭრის სიჩქარეებით. ძალზე მცირე ჭრის სიჩქარეების დროს, დაახლოებით 1 მმ/წუთ., იგი ღებულობდა ბურბუშელას ერთმანეთთან დაკავშირებულ ცალკე ელემენტების სახით, ამავე დროს კი ნორმალური ჭრის სიჩქარეების ერთ წუთში რამდენიმე მეტრის შემთხვევაში ბურბუშელა

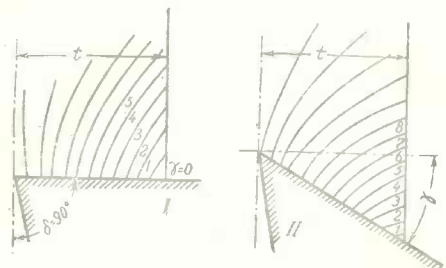
საჭრისიდან გადმოდიოდა ლითონის მთლიანი ფენის სახით, თუმცა მას ცალკეული ელემენტების კვალი ეჩვენებოდა (სურ. 10).

მასასადამე, დასამუშავებელი მასალის გარდა, ბურბუშელის ხასიათზე გავლენას ახდენენ: მოსახსნელი ფენის სისქე, ჭრის კუთხე და ჭრის სიჩქარე. ჭრის კუთხისა და ფენის სისქის გავლენა ბურბუშელის ხასიათზე აიხსნება შემდეგნაირად.

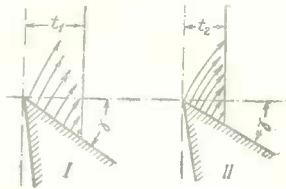
როგორც მე-11 სურათზეა ნაჩვენები, მასალის მოსახსნელ ფენაზე საჭრისის დაწოლის გამო წარმოიშობა ძალთა ნაკადი, რომლის მიმართულება დაახლოებით პერპენდიკულარულია საჭრისის წინა წახნავის სიბრტყისა.

დიდი კრის კუთხის შემთხვევაში (სურ. 11) საჭრის წინა ბურბუშელის ელფრენტის მხოლოდ მცირე უბანი იმყოფება აღნიშნული ძალაზების გავლენის ქვეშ, ეს გავლენა ბურბუშელის ამ მცირე უბანზე გამჭოლია და ამიტომ მთელი ელემენტის ძვრამოქმედი ძალაზების გასწვრივ განელებულია.

ამას მოყვება მასალის შემკვრივება (ცივადქვლევა), ე. ი. მისი ძლიერი დეფორმაცია და მხოლოდ მის შემდეგ შეიძლება მოხდეს ელემენტის ძვრა. ასეთი სახის ბურბუშელის წარმოშობა ხდება მის დეფორმაციაზე დახარჯულ შეღარებით დიდი ძალების შედეგად.

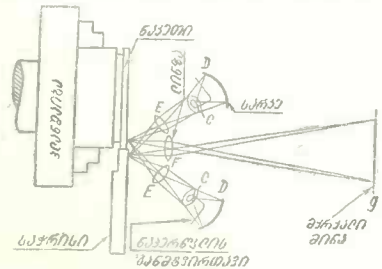


სურ. 11. ჭინვების მიმართულება ბურბუშელაში სხვადასხვა წინა კუთხეების შემთხვევაში.



სურ. 12. ჭინვების მიმართულება ბურბუშელაში კრის სხვადასხვა სიღრმის დროს.

სულ სხვა მდგომარეობა გვაქვს მცირე კრის კუთხის შემთხვევაში (სურ. 11 II): აქ ძალთა ნაკადი გადის გამჭოლად ელემენტის მნიშვნელოვან დიდ უბანზე, რაც აადვილებს მის ძვრას, და ამავე დროს ბურბუშელის წარმოშობა ხდება უწყვეტი ლენტის სახით. შეღარებით მცირე დეფორმაციით.



სურ. 13. ინფ. შეფრდის ხელნაწყო კრის პროცესის ფორტგადღებვისათვის.

ამნიარადვე აიხსნება მოახსნელი ფენის სისქის გავლენა ბურბუშელის ხასიათზე, როგორც ეს ჩანს სქემიდან (სურ. 12 I, II). თხელი ფენის მოკრის დროს, ბურბუშელის ასაღებ ელემენტში უფრო მეტად გადიან გამჭოლად ძალთა ზაზები, რაც აადვილებს მის დეფორმაციას და ხელს უწყობს უწყვეტი ბურბუშელის მიღებას.

კრის სიჩქარის გავლენა ბურბუშელის ხასიათზე აიხსნება შემდეგნაირად. ელემენტის ძვრის მომენტში მისი მომდევნო ლითონის უბანი იმყოფება უკვე მნიშვნელოვან დეფორმირებულ მდგომარეობაში; თუ ამ დროს კრის სიჩქარე ნაკლებია დასამუშავებელი ლითონის დეფორმაციის გავრცელების სიჩქარეზე, მაშინ უფრო მოსალოდნელია, რომ ჩვენ მივიღებთ ძვრის ბურბუშელას ცალკე ელემენტების სახით, რომლებიც სუსტად ანდა სრულებითაც არ იქნებიან დაკავშირებული ერთმანეთთან. და პირიქით, თუ კრის სიჩქარე აღემატება დასამუშავებელ მასალის დეფორმაციის სიჩქარეს, მაშინ ბურბუშელის ელემენტი ვერ მოასწრებს დეფორმირებას მისი ძვრის მომენტამდე და ეს მდგომარეობა ხელს

შეწყობს უწყვეტი ბურბუშელის წარმოშობას. ამას ეხმარება ლითონის გაზრდილი სიბლანტე, რომელიც მიიღება ბურბუშელის მნიშვნელოვანი გახურების გამო ჭრის დიდი სიჩქარეების დროს.

ამაირად მოსახსნელი ბურბუშელა მით უფრო უახლოვდება უწყვეტს, რაც უფრო: 1) ბლანტი დასამუშავებელი მასალა, 2) თხელია შოსახსნელი ფენა; 3) ნაკლებია ჭრის კუთხე; 4) მეტია ჭრის სიჩქარე.

ეს მტკიცდება ინჟ. შვერდის საინტერესო მუშაობით, რომელიც ჩატარებული იყო მის მიერ 1931 წ. მან ისარგებლა კინოგადაღების მომენტალური მეთოდით სპეციალური აპარატის დახმარებით, რომელიც ასახავდა ჭრის ცალკეულ ეტაპებს ძალზე უმცირესი დროის უშაღებდში (10^{-6} წამ.). მე-13 სურათზე ნაჩვენებია აპარატის მოწყობილობის სქემა. აქ *C* მოღუნული მილებია, რომლებიც მიმართავენ ელექტრონაპერწყლებს; *D* — *D* — ჩაზნექილი ისარგებია, რომლებიც არეკლავენ ნაპერწყლების სინათლეს *E* — *E* შემკრებ ლინზეზე; ანარეკლი სხივები ამუშებენ ჭრის უბანს და ნაკეთის იმ ადგილს, სადაც ხდება ბურბუშელის მოცილება; *F* — ფოტოკამერის ობიექტივი; *g* — კამერის მჭრქალი ფირფიტა, რომელზედაც შეიძლება თვალი ვადევნოთ ანარეკლი ჭრის პროცესს.

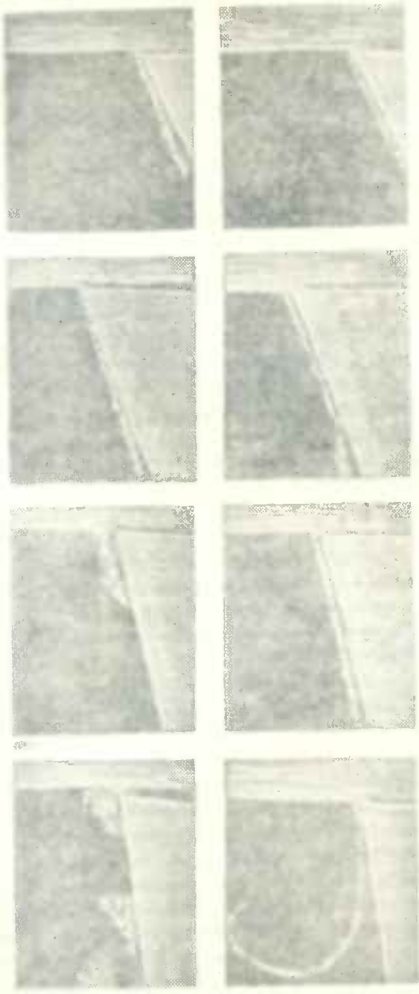
ამ ხელსაწყოს დახმარებით ინჟ. შვერდმა მოახერხა მთელი რიგი შესანიშნავი ფოტოსურათების გადაღება. ასე, მე-14 სურათზე ნათლად მოჩანს ბურბუშელის ცვალებადობის ხასიათი მარტენის ფოლადის დამუშავების დროს, რომლის დროებითი წინაღობა გაწყვეტაზე $\sigma_B = 41$ კგ/მმ². ფოლადის ასაღები *a* ფენის სისქე იზრდებოდა და თანმიმდევრობით ღებულობდა შემდეგ მნიშვნელობებს: 0,1 მმ, 0,4 მმ, 0,8 მმ და 1,2 მმ; როგორც ვხედავთ, ასაღები ფენის სისქის ზრდასთან ერთად ბურბუშელის ხასიათი სულ უფრო და უფრო შორდება უწყვეტი ბურბუშელის ტიპს.

მე-15 სურათზე ნაჩვენებია ჭრის კუთხის გავლენა $\nu = 35$ მ/წუთ. და $\nu = 75$ მ/წუთ. სიჩქარეებისათვის მუდმივი $a = 0,085$ მმ სისქის დროს. θ ჭრის კუთხეებს ჰქონდათ მნიშვნელობები: 80°, 75°, 70°, 65°. ჭრის კუთხის შემცირებასთან ერთად მოხსნილი ბურბუშელა სულ უფრო და უფრო უახლოვდება განუწყვეტელს. ამ დროს ადგილი აქვს დამახასიათებელ მოვლენას: ჭრის კუთხის შემცირებასთან ერთად ბურბუშელის ჩამოსვლის მიმართულდება უახლოვდება საჭრისის ზედა წახნაგის მიმართულდებას, და ბურბუშელისა და საჭრისის შეხების ფართობი მნიშვნელოვნად იზრდება უკვე 60° ტოლი ჭრის კუთხის დროს. შესაძლოა ავრეთვე იმის შემჩნევა, რომ ბურბუშელები (სურ. 15), რომლებიც აღებული არიან დიდი სიჩქარეების დროს, ყველანი უწყვეტი ტიპისაა, მიუხედავად იმისა, თუ რა სიდიდის იყო ჭრის კუთხე.

ჭრის სიჩქარის ესოდენი დიდი გავლენა ბურბუშელის სახეობაზე განსაკუთრებით კეთილად ილუსტრირებული მე-16 სურათზე. აქ მოთავსებულია იმ ექსპერიმენტების შე-



სურ. 14. ბურბუშელის სახეობის მიხედვით, ფოლადის დამუშავების შემთხვევაში ასაღები ფენის სისქის მიჩვევა.



სურ. 15. ბუბბუშელას სახე მარტენის ფოლაღის დამუშავების დროს (ა) კრის სიტარისა და ბ კრის კუბის მიხედვით
($\gamma=0,055$ მ დროს).



6



სურ. 16. ბურბუგულას სახე ს. მ. ფილადის დამუშავების დროს კრის წიქების მიხედვით.

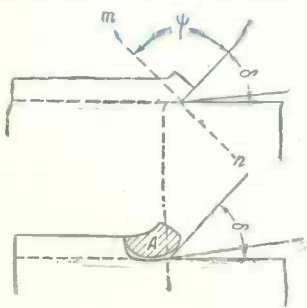
დეგები, რომლებიც ჩატარებულია კარბიდ-ვოლფრამის საჭრისების (ვილის) გამოყენებით. ეს საჭრისები იძლევიან ტრის სიჩქარეების ცვალებადობის დიდ დიაპაზონს. ამ შემთხვევაში ტრის სიჩქარე იცვლებოდა 9-დან 709 მ/წუთ-ის ზღვრებში.

ახლა განვიხილოთ ბურბუშელა, რომელსაც ვლუბულობო ცოტად თუ ბევრად სად და მყიდველი დიონიზის დამუშავების დროს. აქ მდგომარეობა რამდენადმე განსხვავებულია. შოვლენები, რომლებიც წარმოიშობიან მყიდვე ლითონების (სალი ბრინჯაო, თუჯი, თუთია) დამუშავების დროს, აღწერილი აქვს პროფ. ტიმეს თავის „მემუარებში“.

„დასაწყისში, საჭრისის შეჭრის დროს, წარმოიქმნება ყველა ის მოვლენა, რომლებიც ელემენტის ძვრას წინ უსწრებს ხოლმე, ამასთან მკვეთრად აღინიშნება მოქმედების ფკუთხე. შემდეგ უეცრად ხდება დიდბ A ელემენტის ერთდროული გაწყვეტა და გადატეხვა (სურ. 17). ამ ელემენტების გაწყვეტისა და გადატეხვის ზედაპირები უსწოროა და მარცვლოვანი აგებულებისა. ამის შედეგად დამუშავებული ზედაპირი მიიღება უსწორო, მოუფენილი ჩაღრმავებებით. ზოგჯერ ლითონს ჯერ კიდევ აქვს საკმაო სიბლანტე, ისე რომ ელემენტები, დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან ზედა ზედაპირით და წარმოქმნიან ნამდვილ ბურბუშელას (სურ. 5) მაგრამ ისეთი ბურბუშელები, რომლებიც შეგვგებთან მოხეტვის ელემენტებისაგან და რომლებსაც ჩვენ ვუწოდებთ მოხეტვის ბურბუშელა, არსებითად განსხვავდებიან სახეობითა და აგებულებით ძვრის ბურბუშელებისაგან. მათი შიგა ზედაპირები გლუვია, ხარე კი ამოზნექილი — უსწორო“.

მაშასადამე, დამუშავებული ზედაპირის სიგლუვის მისაღებად საჭიროა ვერიდოთ მოხეტვის ბურბუშელას. შემდეგში ტიმემ ნახა, რომ ერთ და იმავე ბურბუშელაში შეიძლება როგორც ძვრის, ისე მოხეტვის ელემენტების შემჩნევა. ასეთი ახსნა საესებით სწორია. მაგრამ ამას საჭიროა დაემატოს ის, რომ ძვრის ელემენტების მიღება მყიდვე ლითონების დამუშავების დროს შეიძლება იმავე გზით, ე. ი. ბურბუშელის სისქის შემცირებით (ჲ მიწოდების შემცირებით) და ტრის სიჩქარის გაზრდით, რაც ხელს უწყობს გლუვად დამუშავებული ზედაპირის მიღებას. ამას ადასტურებენ იმ ცდების შედეგები, რომლებიც მიიღო ინტ. შერრმა თუჯის დამუშავების დროს სხვადასხვა სისქის ბურბუშელის აღებით.

საჭიროა აღინიშნოს კიდევ ერთი ნათელი ნიშანი, რომელიც ახასიათებს ძვრისა და მოხეტვის ბურბუშელას — ბურბუშელის განივეკეთის ზომისა და აგრეთვე მისი სიგრძის



სურ. 17. ბურბუშელას წარმოქმნა მყიდვე ლითონების დამუშავების დროს (ტიმეს მიხედვით).

შეცვლა მოსახსნელი ფენის იმავე სიდიდებთან შედარებით. ჯერ კიდევ ტიმემ აღნიშნა, რომ ძვრის ბურბუშელის ელემენტების დეფორმაციის გამო, უკანასკნელი განიცდის ფორმის თვალსაზრის ცვლილებებს, რაც გამოიხატება განივეკეთის გაჯირჯევაში (გაფართოებაში), და სიგრძის დამოკლებაში. ბურბუშელის სიგრძისა და საჭრისის მიერ დასამუშავებელ ზედაპირზე გავლილი I_0 მანძილს შორის შეფარდება (სურ. 10) ეწოდება დაჯდომის კოეფიციენტი. მისი მნიშვნელობა ბლანტი ლითონების დამუშავების შემთხვევაში აღწევს სიდიდეს:

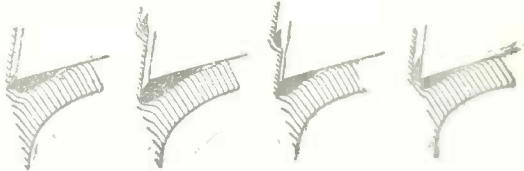
$$i = \frac{L}{L_0} = 0,5.$$

და სპილენძის დამუშავების დროს აღის $i = 0,2$ სიდიდემდეც კი.

დაჯდომას მოხეტევის ბურბუშელაც იძლევა, მაგრამ ძალზე უმნიშვნელოს, იგი და-
მოკიდებულია დასამუშავებელი მასალის გვარობაზე, საჭრისის გეომეტრიაზე, ბურბუშელის
სისქეზე და სხვა.

§ 7. საპრისზე ნაზრდის წარმოქმნა

ხშირად წინა წახნაგზე საჭრისის მჭრელ წიბოსთან შეიძლება ლითონის თხელი და
ვიწრო ფენის შემჩნევა. ამ ფენის მიკერა საჭრისზე ხდება კრის პროცესში. ტეილორი ვარა-
უდობდა, რომ ეს ნაზრდი წარმოიქმნება ხოლმე ლითონის უმნიშვნელო ნაწილაკების აფხე-
კით საჭრისის მჭრელი პირის მიერ და საჭრისის ძლიერი გახურების გამო შედუღდება გუნ-
დად. უფრო გვიან ჩატარებული გამოკვლევები ნაზრდის წარმოქმნას ხსნიან ეგრეთ წოდე-
ბული ბურბუშელის შეფერხებით. როგორც ცნობილია, ბურბუშელის ჩამოსვლის მიმართუ-
ლება, თუ კრის კუთხე 60° აღემატება (ეს კუთხე ითვლება კრის უხელსაყრელეს კუთხედ
ბურბუშელის საუკეთესო მოცილების თვალსაზრისით), არ ემთხვევა წინა წახნაგის მიმარ-
თულებას. უწყვეტი ბურბუშელა ანდა ძვრის ბურბუშელა აწვევს საჭრისის იმ უბანზე, რო-
მელიც რამდენიმედ მოზოგბულია მჭრელი ნაწიბურიდან. ამ დროს ბურბუშელის ქვედა
ფენები განიცდიან განსაკუთრებით ძლიერ დაწნეხვას; გამკვირვებული ფენის ნაწილაკები
ხახუნის გამო შეფერხდებიან ხოლმე საჭრისის წინა წახნაგზე და ავსებენ სივრცეს ბურბუ-
შელასა და ამ წახნაგს შო-
რის, რის შედეგადაც კმინა
ნაზრდს მკერივი დაწნეხილი
გუნდის სახით, როგორც ეს
ნახვენებია მე-16 ა და ბ
სურათზე.



სურ. 18. კრის პროცესში საჭრისზე ნაზრდის ცვილილება.

ნაზრდის წარმოშობას აქვს
დიდი პრაქტიკული მნიშვნე-
ლობა. დიდი სიმკერივისა და
სისალის გამო ნაზრდს შეუძ-
ლია ლითონის კრა და ამავე დროს იგი იცავს საჭრისის მჭრელ წიბოს ბურბუშელის
უშუალო გამანადგურებელი ზემოქმედებისაგან. ნაზრდის წარმოქმნით საჭრისის ფორმა თით-
ქოს იცვლება, ე. ი. კრის კუთხე მცირდება და ამით ადვილდება იარაღის მუშაობა. ნაზრ-
დის წარმოქმნის დროს უსაჩვეო ამჩნევდა კრისადმი წინალობის შემცირებას და საჭრისის
ტემპერატურის დაწევას.

ნაზრდების წარმოქმნა არაა სასურველი სუფთად დამუშავების დროს. თავის ექსპე-
რიმენტებში პროფ. ბესპროვჩანინმა და შეერდმა ნათლად დაგვიხატეს, თუ როგორ აფუჭე-
ბენ ნაზრდები დასამუშავებელი ნაკეთის ზედაპირს და რა საშუალებით შეიძლება ამ მოვ-
ლენების თავიდან აცილება.

კრის პროცესში წარმოშობილ ნაზრდს ემატება ლითონის ახალი ფენები; ნაზრდი
იზრდება რალაც მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე. იმ მომენტში, როდესაც ნაზრდის ნაწილი
გადმოიკიდება მჭრელ წიბოზე შევრდის სახით, მოხდება მისი გაწყვეტა. მასთან, ნაზრდის
ნაწილი მიეკვრის დასამუშავებელ ზედაპირს და ამით გაზრდის მის ხორკლიანობას
(სურ. 18).

დამუშავებულ ზედაპირზე უსწორობის ზრდას იწვევს კიდევ ის, რომ დიდი ნაზრდის
წარმოქმნის დროს საჭრისის წესიერი მიწოდება ზრდევს, მიწოდება დროებით იშლება,
რაც იწვევს მუშაობაზე ცუდად მოქმედ მოვრდების წარმოშობას.

ნაზრდის წარმოქმნას ადვილი აქვს უმთავრესად, უწყვეტი ბურბუშელის დროს, რა-
დგან ეს უკანასკნელი საჭრისის წინა წახნაგზე ჩამოსვლის დროს; რამდენიმედ შორდება

მკრელ პირს და თავის მუდმივი დაწოლით ინახავს საქრისზე წარმოქმნილ ნაზრდს ოთხ მუშაობას ვაწარმოებთ საქრისებით, რომელთა კრის კუთხეები უახლოვდება 60°-ს, მაშინ ბურბუმელის მიმართულება ევთხვევა წინა წახანავის მიმართულებას; ამ დროს საქრისზე აღარ არის თავისუფალი ფართობი, რომელზედაც ხდება ხოლმე ასაღები ბურბუმელის ნაწილაკების შეფერხება, რის გამოც საქრისებზე კრის კუთხით 60°-დან ქვევით ნაზრდი ან ძალზე უმნიშვნელოა, ანდა სულ აღარ არის. მკვიფე ლითონების დამუშავების დროს ძერხისა და განსაკუთრებით კი მოხეტქვის ბურბუმელის შემთხვევაში ნაზრდი არ ჩერდება მკრელ პირზე, რადგან საქრისის მიერ აღებული ბურბუმელას ახალი ელემენტები, უშუალოდ აწვეებიან მკრელ წიბოს და გადაადგილებენ ამ დროს წარმოშობილ ნაზრდს. ამავე მიზეზების გამო წყვეტილი კრის (ფრეზის პროცესი, რანდვა) შემთხვევაში ნაზრდები არ ჩერდებიან ხოლმე იარაღზე.

მთელი რიგი მკვლევარების (პროფ. ბესპროზვანინ, შვერდი და სხვ.) მიერ ცდებით მიღებული მონაცემების საფუძველზე დატკიცებულია, რომ ყოველგვარი ლითონის დამუშავების დროს შეიძლება აცილებულ იქნას ნაზრდის წარმოქმნა კრის სიჩქარის გაზრდის გზით. უკვე 70—80 მ/წუთ. კრის სიჩქარეების ზევით ნაზრდი ქრება, და დამუშავებულ ზედაპირი ხდება უფრო სუფთა-და გლუვი, როგორც ეს ჩანს მე-16 სურათიდან. უკანასკნელი ახსენება მით, რომ კრის დიდი სიჩქარეების დროს საქრისზე ვითარდება მაღალი ტემპერატურა, ნაზრდი რბილდება და შორდება ბურბუმელასთან ერთად.

მიორეს მხრივ, პროფ. ბესპროზვანინს ბოლო ხნის გამოკვლევები ამტკიცებენ, რომ ნაზრდი არ ჩნდება აგრეთვე ძალზე მცირე კრის სიჩქარეების დროს, დაახლოებით 3—5 მ/წუთ. ზღვრებში, დასამუშავებელი მასალის გეარობის მიხედვით. ცხადია, აქ აღვილი აქვს უებრუნებულ მოვლენას, როცა კრის ტემპერატურა იმდენად უმნიშვნელოა, რომ მკრელი პირის მიერ მოჭრილი ლითონის უმცირესი ნაწილაკები და ბურბუმელის შეჩერებული ფენები ვეღარ ჩერდებიან საქრისის წიბოზე და შორდებიან ბურბუმელასთან ერთად.

პროფ. ბესპროზვანინსა და შვერდის დაკვირვებები გვასწავლიან მაღალი ხარისხით დამუშავებული ზედაპირების მიღების გზებს.

§ 8. ბრის პროცესის გაველენა ლითონის ფიზიკურ თვისებებზე

როგორც უკვე ზემოთ იყო ნათქვამი, მკრელი იარაღის მიერ აღებული ლითონის ფენა, სანამ მოშორდებოდეს ლითონის დანარჩენ მასას, განიცდის დეფორმაციას, და მით უფრო მეტს, რაც უფრო ბლანჯია მასალა. ეს დეფორმაცია შეიძლება გავრძელდეს ლითონის სრული ზღვრული გამარების (ცივადტედეამდე) დაწყების მოქმეტამდე, როდესაც შივა კინეზები მასში გადასცილდებიან დრეკადობის ზღვარს. თუ ასაღები ფენა განიცდის უშუშის დეფორმაციას, მაშინ ლითონის ნაწილაკები, რომლებიც მოთავსებული არიან ლითონის მოსაპყრელი ფენის ქვეშ, და აგრეთვე საქრისის ქვეშაც, განიცდიან გაქიმვის დეფორმაციას; ამის გამო დამუშავებულ ზედაპირზე ჩნდებიან ადგილობრივი ბზარები $F-F$ ნაზრალების სახით, როგორც ეს ნაჩვენებია მე-7 სურათზე. ამ ბზარების სიღრმეები დამოკიდებულია არა მხოლოდ დასამუშავებელი მასალის გეარობაზე, არამედ მთელ რივ სხვა პირობებზედაც და, კერძოდ, კრის სიღრმესა და კრის სიჩქარეზედაც.

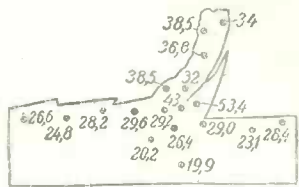
შვერდის მონაცემების მიხედვით მსგავს ნაპრალებს კრის მცირე სიჩქარეების დროს შეუძლიათ მიღწეონ ასაღები ფენის სისქის ნახევრის ტოლ სიღრმეს. მანვე შეამჩნია, რომ დასამუშავებელი ზედაპირის ადგილობრივი დაზიანებები კრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვანდ მცირდებიან და კიდევ ქრებიან. ამით კიდევ ერთხელ ხაზი ესმება იმ დადებით როლს, რომელიც აქვს დამუშავების მაღალ სიჩქარეებს დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხის გაუმჯობესების საქმეში.

ეს მოვლენა გამოწვეულია არა მხოლოდ ნაზრდის გაქრობით, არამედ ლითონის ზედაპირის ფიზიკურ-მექანიკური მდგომარეობითაც, როდესაც დამუშავება ხდება კრის დიდ, სიჩქარეებით.

შევრდი ამას ხსნის იმით, რომ კრის მცირე სიჩქარეების დროს კრისტალების მარცვლები გაიწვევიან ხოლმე, განიცდიან რა ძლიერ დეფორმაციას საჭრისის მოძრაობის მიმართულებით, ამავე დროს დიდი სიჩქარეების შემთხვევაში ამას შეიძლება არ ჭონდეს აღვილო, რადგან დეფორმაცია ვერ ასწრებს შორის გავრცელებას.

ბურბუშელის ელემენტების დეფორმაციასთან დაკავშირებით მნიშვნელოვნად უნდა შეიცვალოს როგორც აღებული ფენის მექანიკური თვისებები, ისე ნაკეთის ზედაპირი, რომელიც გველიდა საჭრისის მიერ. ცდებმა დაგვანახვეს, რომ ბურბუშელისა და ლითონის დამუშავებული ზედაპირის სისაღე მნიშვნელოვნად იზრდება, განსაკუთრებით მევეთრად იმ ადგილებში, რომლებიც ახლო არიან საჭრისის წინა წახანგთან, რადგან აქ ბურბუშელის დეფორმაცია აღწევს უდიდეს მნიშვნელობას.

მე-19 სურათზე ნაჩვენებია სისალის რიცხვები აღებული ბურბუშელას სხვადასხვა წერტილში და საჭრისის მიერ დამუშავებული ფოლადის ნაკეთის ზედაპირზე. ბურბუშელის ქვედა ფენას, რომლისგანაც შემდეგში წარმოიქმნება ნაზრდი მჭრელ წიბოზე, აქვს თითქმის სამჯერადი სისაღე (53,4) ლითონის საწყის სისაღესთან (19,9) შედარებით. პირველ-საწყის სისაღესთან შედარებით 2—3-ჯერ გაზრდილი სისაღე ჩვეულებრივი მოვლენაა ნაზრდისათვის. ეს თვისება შესაძლებლობას აძლევს ნაზრდს თვითონ მოახდინოს კრა, და ამავე დროს იცავს მჭრელ წიბოს დაშლისაგან. მაგრამ კრის პროცესში ხდება თვით ლითონის გასაღება, და მის საწყის სისაღეს აღარ შეუძლია მისი დამუშავების თვისებების დახასიათება, მით უფრო, რომ სისალის ცვალებადობის ხარისხი დამოკიდებულია ლითონის მთელ რიგ მექანიკურ თვისებებზე, და პირველ რიგში სიბლანტეზე.



სურ. 19. ბურბუშელისა და დასამუშავებელი ნაკეთის სისაღე სხვადასხვა წერტილში.

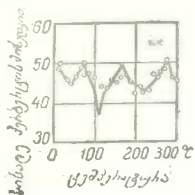
ცხრილი 2

№№ რიგზე	ლითონის გვარობა	პირველ- საწყისი სისაღე	საბოლოო სისაღე	მომატება %
1	რბილი ფოლადი	21,2	31,5	48,5
2	საღი ნახშირბადიანი ფოლადი	71,0	89,0	25,3
3	ალუმინი	5,5	107	93,0
4	სპილენძის სხმული	6,8	24,4	252,0
5	თითბერი	19,4	32,0	65,0
6	თუჯი	30,0	40,8	36,0

დასამუშავებელ ნაკეთში და ბურბუშელაში საჭრისის მიერ გამოწვეულ ახალ სისაღეს უწოდებენ დამუშავებით გასაღებას ანდა ცივადჭედვას, მოცემული ლითონის მიერ თავისი სისალის გაზრდის თვისებას კი — თვისებას ცივადჭედვისადმი. მე-2 ცხრილში ნაჩვენებია სხვადასხვა ლითონის თვისება ცივადჭედვისადმი; აქ აღნიშნულია პირველსაწყისი და საბოლოო სისაღე ცივადჭედვის შემდეგ.

ცივაღებულის შედეგად სისალის ძალზე გაზრდა ემჩნევა ყველა ლითონის და განსაკუთრებით იმ ლითონებს, რომლებიც იძლევიან ბურბუშელას დიდ დეფორმაციას. პირიქით, სალი ფოლადი და თუჯი, რომელთა ბურბუშელას დაჯდომა მცირეა, იძლევიან ცივაღებულის შედეგად სისალის ზრდის უფრო მცირე პროცენტს.

ცივაღებულის მიღების თვისება ლითონში იცვლება მისი ტემპერატურის ზრდასთან ერთად და მასთან, ტალღისებრად, ე. ი. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად თვისება



სურ. 20. ცივაღებულის ცვალებადობის მრუდები ტემპერატურის მიხედვით.

ცივაღებულისადმი ჯერ იზრდება, მერე კი ეცემა, შემდეგში კიდევ იზრდება და ა. შ. იმ ტემპერატურამდე, რომლის დროსაც ხდება მასალის სრული დარბილება. ლითონის სისალის ასეთი ტალღისებრი ცვალებადობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე გამოსახულია მრუდის სახით, ცდებით მიღებული შედეგების მიხედვით (სურ. 20).

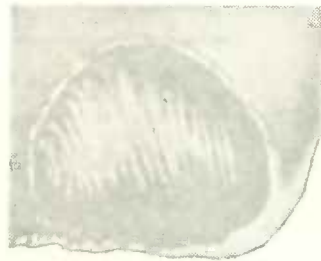
ყოველ შემთხვევაში დასამუშავებელი მასალის სისალის მერყეობა იმდენად დიდი არაა, რომ გამოიწვიოს ჭრისადმი წინააღმდეგობის მნიშვნელოვანი დაცემა. ამ უკანასკნელს ადგილი აქვს ძალზე დიდი ჭრის სიჩქარეების დროს (დაახლოებით 150 მ/წუთ ზევით), როდესაც დასამუშავებელი მასალა შეტისმეტად ხურდება.

§ 9. ბურბუშელის წარმოება საჭრის ფორმასთან დაკავშირებით

მოხსნილი ბურბუშელა აწევა საჭრისის წინა წახნაგს მკრელი წიბოს ახლოს, მისი ალგებს მასზე თუ მასალა საკმაოდ ბლანტია და შორდება საჭრალის სახით, ამ უკანასკნელს ვლდებულობთ ბურბუშელის ცალკეული ელემენტების დეფორმაციის უთანაბრობის გამო, რადგან ისინი განიცდიან უფრო მეტ დეფორმაციას თავის ქვედა ნაწილში, იქ სადაც ხდება ათი შეხება საჭრისის წინა წახნაგთან. ცხადია, ბურბუშელის დეფორმაცია იქნება მით უფრო მეტი და სპირალი მით უფრო დახვეული, რაც უფრო ციცაბოდ მდებარეობს საჭრისის წინა წახნაგი ჩამომაველ ბურბუშელის მიმართ, ე. ი. რაც უფრო მეტია ჭრის კუთხე. ეს მდგომარეობა იწვევს ჭრის დიდი ძალების წარმოშობას და იმ ენერჯის დამატებით ხარჯს, რომელიც მიდის ბურბუშელის დეფორმაციაზე.

ჩამოდის რა საჭრისის წინა წახნაგზე, ბურბუშელა ცდილობს შეინსუბუქოს გზა და აკეთებს საჭრისის ტანში მკრელი პირის ახლოს ამოღრმავებას, რომელიც მუშაობის პროცესში თანდათან ღრმავდება და ფართოვდება და ბოლოს, აღწევს მკრელ წიბოს და აფუჭებს საჭრისს (სურ. 21). ასეთია იარაღის მწყობრიდან გამოსვლის საერთო სურათი ამგლეჯ მუშაობის დროს, როდესაც ნაკეთიდან იღება დიდი განიკვევით ბურბუშელა.

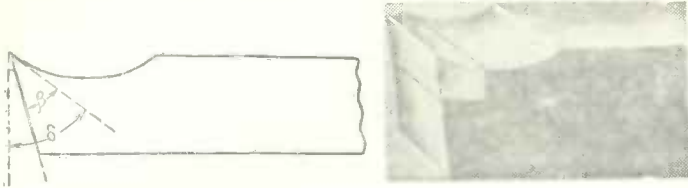
საჭრისის მუშაობის შესაისუბუქებლად პრაქტიკოსი-ხარატები ალესვის დროს ხშირად აძლევენ ხოლმე მის წინა წახნაგს სფერული ზედაპირის სახეს, რათა ხელი შეუშალოს ბურბუშელის მიერ ღრმულის წარმოქმნას. ასეთი საჭრისი მუშაობს მშვიდად, რადგან აძლევს ბურბუშელას მდოვრე მოშორების საშუალებას, მცირდება დეფორმაცია და ჭრისადმი წინააღმ-



სურ. 21. ბურბუშელის მოქმედება საჭრისის წინა წახნაგზე.

დევობა, მაგრამ მოითხოვს დახელოვნებულ ალესეას და აქვს არასაკმაო მედეგობა მკრელ წიბოსთან წამახვილების β კუთხის სიმციარის გამო (სურ. 22).

ამ ნაკლის დასაშორებლად, შემოტანილი იქნა წინადადება საჭრისის წინა წახნაგის რკალურად ალესვის შესახებ, მკრელი პირიდან რამდენიმედ უკან ჩამომდინარე ბურბუშელის ზედა წახნაგთან შეხების ადგილიდან. საჭრისის დამზადება უნდა ხდებოდეს ფასკით მკრელი წიბოს გასწვრივ (სურ. 23). ასეთი ალესვის დროს ფასკას აქვს ნორმალური დახრის კუთხე $10-12^\circ$ ტოლი, იმ დროს როცა ჭრის კუთხე, გაზომილი ზედა წახნაგის რკალისებრ ნაწილში, მის ფასკაში გადასვლის ადგილას, აღწევს შედარებით მცირე სიდი-

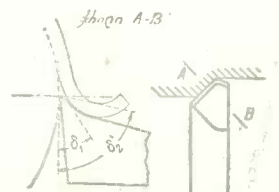


სურ. 22. საჭრისის წინა წახნაგის ალესვა სფერული ზედაპირის მიხედვით.

დეს დაახლოებით $40-50^\circ$ მნიშვნელობას. ასეთმა საჭრისმა უნდა შეინარჩუნოს მკრელი ნაწიბურის სიმტკიცე, რადგან ფასკასა და საჭრისის უკანა წახნაგს შორის საკმაოდ დიდი წამახვილების კუთხე აქვს და ამავდროს უფრო ადვილად უნდა იმუშაოს შედარებით ნორმალურ საჭრისებთან. ცდების მიხედვით ბურბუშელის დაწოლა ასეთ საჭრისზე კლებულობს $30-40\%$ -ით, რაც აისახება ბურბუშელის დეფორმაციის შემცირებით პატარა ჭრის კუთხის გამო. ფასკის სივანე კეთდება მცირე, $1-3$ მმ ზღვრებში, საჭრისის ზომისა და მიწოდების სიდიდის მიხედვით (მიწოდება უნდა იყოს ფასკის სიდიდებზე რამდენიმედ უფრო მეტი).

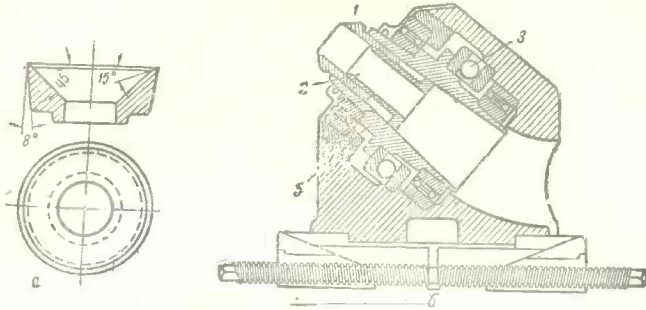
პროფ. ბესპროზჟანი, სპეციალური გამოკვლევების საფუძველზე, აგრეთვე აღნიშნავს ფასკიანი და სათელიანი (გალტელიანი) საჭრისების უპირატესობას. ფასკა აძლიერებს მკრელი ნაწიბურიდან სითბოს მოშორებას, სათელი კი აშორებს ბურბუშელას დაწოლის ცენტრს და ამით ზრდის საჭრისის მედეგობას.

ცნობილია მთელი რიგი ცდები მიმართული საჭრისის მუშაობის შესამსუბუქებლად მისთვის უფრო რაციონალური ფორმის მინიჭებით. ყურადღების ღირსია საბჭოთა მეცლევარის იგნატიევის წინადადება, რომელმაც გააუმჯობესა მილოვანი საჭრისი (სურ. 24 a). მილო — საჭრისი (1—2) ჩამაგრებულია (5) მილისაში, რომელიც აწყობილია (3) ბრთოულა საკისრებთან ერთად ჩარხის სუპორტზე დაყენებულ სპეციალურ (4) სადგარში, მილოვანი საჭრისის დიდი დაბრა ქმნის მცირე ჭრის კუთხეს და ძალზე ადვილებს ბურბუშელის მოშორებას; უკანასკნელი თითქმის არ განიცდის დეფორმაციას და მიმდინარეობს მილის შიგნით სწორი ღრენტის სახით. მილოვანი ფორმა აძლევს საჭრისს სიმტკიცეს. მბრუნავი მილოვანი საჭრისის შენაცვლებით მომუშავე მკრელ წიბოებს კი აქვთ საკმაოდ დიდი მედეგობა, რომელიც საშუალებას იძლევა ვიმუშაოთ ნორმალური ჭრის სიჩქარესთან შედარებით უფრო მნიშვნელოვან დაზარდული ჭრის სიჩქარეებით.



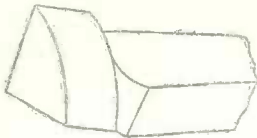
სურ. 23. რკალურად ალესილი საჭრისი.

ზოგიერთი მეცნიერი ამსგავსებს რა ბურბუშელის დინებას წინა წახნაგზე კითხის ნაკადს წინადადებას იძლევა ადვილ გარშემომდინარე ფორმის „საჭრისი-ფრთა“-ს შემოდების შესახებ, რადგან ასეთი ფორმის საჭრისი უზრუნველყოფს ბურბუშელის ადვილად მოშორე-



სურ. 24. მიღობანი საჭრისი და საჭრისი მორტირი.

ბას უღეფორმაციოდ (სურ. 25). მის მიერ ჩატარებული ცდები გვიჩვენებენ საჭრისზე დატვირთვის 2—3-ჯერად შემცირებას. სამწუხაროდ, ამ საჭრისს არა აქვს საკმარისი მედეგობა, რის გამოც მან გავრცელება ვერ აპოვა.



სურ. 25. საჭრისი-ფრთა.

§ 10. დ ა ს კ 3 5 2

საბოლოოდ ჩვენ შეგვიძლია გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები.

1. ბურბუშელის წარმოშობის კანონები იმყოფებიან მჭიდრო კავშირში ლითონების კრის ძირითად ფაქტორებთან, როგორცაა: მასალების წინააღმდეგობა კრისადმი, საჭრისის მედეგობა, კრის დასაშვები სიჩქარე.
2. ბურბუშელის წარმოშობის კანონი ყველა ლითონსათვის ერთნაირია; კრის პროცესი წარმოადგენს დამუშავებული ლითონის ცოტად თუ ბევრად დეფორმირებულ დაერთმანეთთან დაკავშირებული ელემენტების თანმიმდევრობით ძვრას.
3. მუშაობის პირობების მიხედვით არჩევნ ბურბუშელის სამ სახეს: 1) უწყვეტ ბურბუშელს, 2) ძვრის ბურბუშელს და 3) მოხეთქის ბურბუშელს.
4. წარმოქმნილი ბურბუშელის ხასიათი ძირითადად დამოკიდებულია: 1) დასამუშავებელი მასალის გეარობაზე, 2) მოსახსნელი ფენის სისქეზე, 3) კრის კუთხეზე და 4) კრის სიჩქარეზე.
5. ზემოჩამოთვლილი ფაქტორები გავლენას ახდენენ წარმოშობილი ბურბუშელის ხასიათზე შემდგენიარად:
 - a) დასამუშავებელი მასალის სისალის ზრდასთან ერთად:
 - 1) შექიდულობა ბურბუშელის ელემენტებს შორის მცარდება; განუწყვეტელი ბურბუშელა იქცევა ძვრის ბურბუშელად, ძვრის ბურბუშელა კი ცდილობს გადაიქცეს მოხეთქის ბურბუშელად;
 - 2) ელემენტების დეფორმაციის ხარისხი და, მამასად ჯე, დაჯდომის კოეფიციენტმცირდება;
 - b) ასალები ფენის სისქის ზრდასთან ერთად:

1) ელემენტების ძვრა უფრო სრული ხდება: განუწყვეტელი ტიპის ბურბუშელა იქცევა ძვრისა და მოხეთქვის ბურბუშელად;

2) დაჯდომის კოეფიციენტი და ბურბუშელის ფარდობითი დეფორმაცია კლებულობს.

ა) ჭრის კუთხის ზრდასთან ერთად:

1) ბურბუშელის ელემენტების ძვრა ხდება უფრო სრულად;

2) ბურბუშელის დეფორმაცია იზრდება.

ბ) ჭრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად:

1) შეჭიდულობა ბურბუშელის ელემენტებს შორის მატულობს;

2) ბურბუშელის დეფორმაციის ხარისხი კლებულობს.

6. საჭრისის მჭრელ წიბოზე ბურბუშელის ეგრეთ წოდებული „შეფერხების“ გამო წარმოიქმნება ნაზრდი. ნაზრდი ხელს უწყობს იარაღის მედეგობის ზრდას, მაგრამ აუარესებს დამუშავებულ ზედაპირის ხარისხს. იგი მცირდება ანდა საცხებით ქრება შემდეგ პირობებში: 1) თუ ჭრის სიჩქარე 3—5 მ/წუთ ნაკლებია და 70—80 მ/წუთ მეტია, 2) ჭრის კუთხე 60° ნაკლებია, 3) დასამუშავებელი მასალა არ არის საკმაოდ ბლანტი (ძვრის ან მოხეთქვის ბურბუშელა) და 4) ჭრა წყვეტილია.

7. ჭრის პროცესში დასამუშავებელი მასალა განიცდის ცივადქედვას („გამაგრებას“). ცივადქედვის ხარისხი დამოკიდებულია დასამუშავებელი მასალის გვარობაზე და ჭრის სიჩქარეზე; დასამუშავებელ მასალაში დეფორმაციის უნარიანობის ზრდასთან ერთად, ე. ი. ბლანტი მასალაში, ცივადქედვის ხარისხი მატულობს; ჭრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად ცივადქედვის ხარისხი იცვლება ტალღისებრად.

8. საჭიროა განსაკუთრებით ხაზი გაესვას ჭრის მაღალი სიჩქარეების დანდებით როლს. ეს უკანასკნელი არა მხოლოდ უზრუნველყოფენ უდიდეს წარმადობას, არამედ ჭრისადმი წინააღმდეგობის შემცირებასთან ერთად ხელს უწყობენ უფრო უკეთესი ხარისხით დამუშავებულ ზედაპირის მიღებას.

III. გზრდელი პირის გომეობრია

§ 11. ძირითადი მანსაზღვრავი (მსბ 6697 და 6698 მიხედვით)

დამუშავებულ ზედაპირი ეწოდება ნაკეთის ზედაპირს, რომელიც მიიღება ბურბუშელის მოხსნის შემდეგ; იგი შეიძლება იყოს ბრტყელი, მრგვალი, ცილინდრული და პრიფილიანი (მოყვანილი).

იმ სიბრტყეს, რომელიც მხებია დასამუშავებელი ზედაპირისა ბურბუშელის მოცილების ადგილას და გადაის მჭრელ წიბოზე, ეწოდება ჭრის სიბრტყე (სურ. 26).

საჭრისის ძირითადი სიბრტყე ეწოდება სიგრძივ და განივ მიწოდებთა პარალელურ სიბრტყეს. პრიზმულ ტანიან სახარატო და სარანდავი საჭრისების ძირითად სიბრტყედ შეიძლება მივიღოთ საჭრისის ქვედა საყრდენი ზედაპირი.

§ 12. საჭრისის მღმმმმმმ

საჭრისი შედგება ორი ძირითადი ნაწილისაგან: თავისაგან — მუშა ნაწილისაგან მჭრელი წიბოებით — და ტანისაგან, რომლის საშუალებითაც ხდება საჭრისის დამაგრება სპეციალურ დამჭერშს ან სუპორტში (სურ. 27).

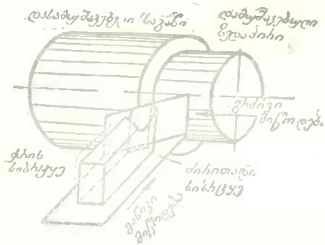
წინა წახნაგი ეწოდება იმ ზედაპირს, რომელზედაც ჩამოდის ბურბუშელა; საჭრისის მუშაობის წარმატება დიდად არის დამოკიდებული ამ წახნაგის წესიერ დახრაზე.

უკანა წახნაგები ეწოდება საჭრისის იმ ზედაპირებს, რომლებიც მიმართული არიან დასამუშავებელი საგნისაკენ.

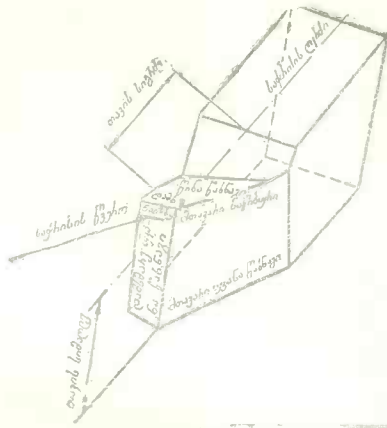
სიმატევისთვის ვღებულობთ, რომ წინა და უკანა წახნაგები წარმოადგენენ სიბრტყეებს.

3- ლითონების ჭრა.

წინა და უკანა წახნაგების გადაკვეთა წარმოშობს ორ მჭრელ წიბოს, ამიტან ერთი, რომელიც ასრულებს ჰრის ძირითად მუშაობას, არის მთავარი მჭრელი წიბო, მეორე კი — დამხმარე-



სურ. 26. საჭრის სიბრტყეები (მსტ-ის მიხედვით).



სურ. 27. საჭრის ელემენტები.

მთავარი და დამხმარე მჭრელი წიბოების შეჯღღების ადგილი წარმოშობს საჭრისის წვეროს; საჭრისის მეტი მედეგობისათვის ამ წვეროს სშირად მოამრგვალებენ ხოლმე.

§ 18. საჭრისის კუთხეები

საჭრისის წინა და უკანა წახნაგების მდებარეობა განსაზღვრავს საჭრისის კუთხეების სიდიდეს, რომელთა მნიშვნელობების არჩევაც გვისდება ძირითადად დასამუშავებელი მასალის გვარობის მიხედვით. საჭრისის მთავარი კუთხეები გაიზომება მთავარ მკვეთავ სიბრტყეში, რომელიც პერპენდიკულარულია მთავარი მჭრელი პირის პროექციისა ძირითად სიბრტყეზე (სურ. 28, I—II). 29-ე სურათზე ნაჩვენებია კუთხისაზომი საჭრისის კუთხეების გასაზომად.

ზოგჯერ უფრო სწორად თვლიან კუთხეების გაზომვას მთავარი მჭრელი წიბოს პერპენდიკულარულ სიბრტყეში, რადგან ფიქრობენ, რომ საჭრისიდან ბურბუშელის მოშორება ხდება ამ მიმართულებით. ცხადია, რომ მჭრელი წიბოს პორიზონტალური მდებარეობის დროს ორივე სიბრტყე ერთმანეთს დაემთხვევა და, პირიქით, მათ შორის განსხვავება იზრდება მჭრელი წიბოს დახრის კუთხის ზრდასთან ერთად.

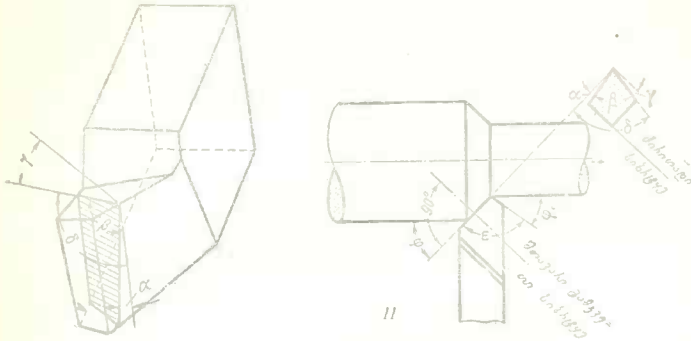
რადგან პრაქტიკულად ამაღლების კუთხეებს აქვთ ძალზე მცირე სიდიდეები (არა უმეტესი 10°-სა), ამიტომ შეიძლება არ მივიღოთ მხედველობაში აღნიშნული განსხვავება და შევადგეში განესაზღვროთ საჭრისის ძირითადი კუთხეები მთავარ მკვეთავ სიბრტყეში, როგორც ეს ზემოთ იყო აღნიშნული.

საჭრისის ყველა ელემენტიდან უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ჰრის კუთხეს; ეს უკანასკნელი დიდ გავლენას ახდენს მოსახსნელი ბურბუშელის დეფორმაციაზე, ჰრისადმი წინაღობაზე, ენერგიის ხარჯზე, იარაღის სიმტკიცესა და მედეგობაზე, დამუშავებული ზედაპირის ხარისხზე და სხვა ფაქტორებზე.

ჭრის კუთხედ OCT 6893 მიხედვით თვლიან კუთხეს წინა წახნაგსა და ჭრის სიბრტყეს შორის; იგი აღინიშნება ბერძნული ანბანის β ასოთი (სურ. 28 II).

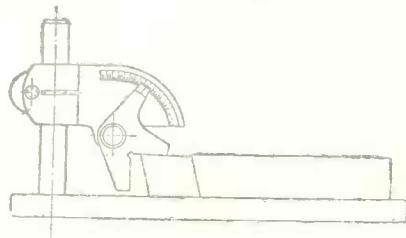
ჭრის კუთხის სიდიდენება დამოკიდებული γ წინა ალესვის კუთხის (წინა კუთხის) მნიშვნელობაზე: ეს უკანასკნელი განისაზღვრება, როგორც კუთხე საჭრისის წინა წახნაგსა და იმ სიბრტყეს შორის, რომელიც გაყვანილია მთავარ მჭრელ პირზე და პერპენდიკულარულია ჭრის სიბრტყისა.

$$\beta + \gamma = 90^\circ$$



სურ. 28. საჭრისის გაყვანა მთავარი გამკვეთი სიბრტყით.

უკანა ალესვის α კუთხე (უკანა კუთხე), ე. ი. კუთხე საჭრისის უკანა წახნაგსა და ჭრის სიბრტყეს შორის, აცირებს ხახუნს დასამუშავებელ ზედაპირსა და საჭრისის უკანა წახნაგს შორის და ამით იცავს იარაღს ნაადრევ გახურებისა და დაღწუნებისაგან. ჭრის პროცესში ნაკეთის დამუშავებული ზედაპირის ნაწილაკები ითელებიან საჭრისის მჭრელი წიბოს მიერ; ამ უკანასკნელის გავლის შემდეგ ეს ნაწილაკები მასალის დრეკადი თვისებების გამო ამოიბურცებიან და აწვებიან საჭრისის უკანა წახნაგს მისი მჭრელი წიბოს ახლო. მაშასადამე, ბლანტი ლითონების (რბილი ფოლადის, სპილენძის და სხვ.) დამუშავების დროს მიზანშეწონილია უკანა კუთხის ზომის გაზრდა. მაგრამ α კუთხის გაზრდასთან ერთად კლებულობს β წამახვილების კუთხე და, მაშასადამე, მცირდება საჭრისის სიმტკიცე. β კუთხეს, მოთავსებულს წინა და უკანა წახნაგებს შორის, ეწოდება წამახვილების კუთხე.



სურ. 29 კუთხმზომი საჭრისის კუთხეების გასაზომად.

ცხადია, რომ კუთხეები: γ წინა, α უკანა და β წამახვილების, გაზომილი მთავარ მკვეთავ სიბრტყეში, ერთად შეადგენენ სწორ კუთხეს:

$$\gamma + \alpha + \beta = 90^\circ$$

მათი სიდიდეები აიღება დასამუშავებელი ნაკეთისა და საჭრისის მასალის მექანიკური თვისებების მიხედვით. მათი მნიშვნელობა სწრაფმჭრელი საჭრისებისათვის მოცემულია მე-3 ცხრილში.

ცხრილი 3.

დასამუშავებელი მასალა ¹	უკანა	წინა კუთ-	კრის კუთ-	კუთხე
	კუთხე ა°	ხე °	ხე °	გეგმაში °
ფოლადი და ფოლადის სხეული	8	30	60	45
σ _B < 40 კგ/სმ ²	8	25	65	45
σ _B = 40—50 კგ/სმ ²	6	20	70	45
σ _B = 50—60 "	5	10	80	30
σ _B = 70—80 "	5	5	85	
σ _B = 90—100 "				
ქრომიანი ფოლადი 3340	5	14	76	45
σ _B = 70—80 კგ/სმ ²	5	5	85	
ქრომიანი ფოლადი σ _B = 70—80 კგ/სმ ²	6	15	75	
რუხი თუჯი H _B < 150 კგ/სმ ²	4	12	78	
H _B = 160—180 კგ/სმ ²	4	6	84	
H _B = 220—260 კგ/სმ ²	8	20	70	
შვედადი თუჯი H _B < 140 კგ/სმ ²	6	15	75	
H _B = 140—160 კგ/სმ ²	6	12	78	
H _B = 170—190 "	3	0—3	99—87	5—15
თეთრი თუჯი H _B > 360 კგ/სმ ²	8	25—30	65—60	
სპილენძი, ალუმინი, ბაბიტი	8	10	80	
ბრინჯაო და საშუალო სისალის თითბერი	8	10	80	
სალი ბრინჯაო	6	5	85	

მე-3 ცხრილში მოცემულია α უკანა კუთხეების ერთი და იგივე მნიშვნელობა სხვადასხვა ლითონის დამუშავების დროს, რაც არ შეესაბამება დამუშავების უხელსაყრელეს მოთხოვნილებებს და დაშვებულია მხოლოდ საჭრისების დამზადების პროცესის გამართვის მიზნით. სხვა კუთხეების მნიშვნელობა იცვლება კანონზომიერად დასამუშავებელი მასალის გვარობის მიხედვით, სახელდობრ: მასალის სისალის ზრდასთან ერთად მ კრის კუთხე იზრდება და სათანადოდ γ წინა კუთხე კლებულობს. ეს მდგომარეობა შემდეგით აიხსნება.

ბლანტი ლითონების (მაგალითად, ფოლადის) დამუშავების დროს დიდ სისალეს თან მოსდევს ჭრისადმი ლითონების წინააღმდეგობის ზრდა. ამიტომ საჭიროა საჭრისის თავის განმტკიცება, რასაც საჭრისის ქ წინააღმდეგობის კუთხის გაზრდით აღწევენ ხოლმე. მყიდვე იარაღებისათვის საჭრისის თავის განმტკიცება საჭიროა მჭრელი წიბოს გაცვეთისა და გამოფხვიერებისაგან უკეთესად დაცვისათვის. ჭრის პროცესში განსაკუთრებით ძალზე დეფორმირებული ბურბუშელის მოცემე ბლანტი და რბილი მასალების დამუშავების დროს, სასურველია γ წინა კუთხის გაზრდა ბურბუშელის დეფორმაციის შემცირებისა და იარაღის მუშაობის სათანადოდ შემსუბუქების მიზნით. ამას მოყვება საჭრისის სიმტკიცის შემცირება, რაც რბილი მასალების დამუშავების შემთხვევაში დასაშვებია გარკვეულ ხლგრებში.

ანალოგიური მოსაზრებანი გვაძლუებენ საჭრისის კუთხეების რამდენიმედ შეცვლას თვით საჭრისის მასალის მიხედვით; ასე, მაგალითად, საჭრისებს დაკავშირებული სალი შენადნების (პობედრტის) ფირფიტებით, ასეთი საჭრისების სიმყიდვის გამო, სწრაფმჭრელი ფოლადის საჭრისებთან შედარებით, უმცირებენ წინა და უკანა კუთხეების სიდიდეს; როგორც ეს ჩანს მე-4 ცხრილიდან.

¹ H_B ნიშნავს ნორმალურ სისალეს ბრინჯლის მიხედვით კილოგრამებში ერთ კვადრატულ მილიმეტრზე.

სალი შენადნობის (პოზედოტი, ვედა) მირჩილული ფირფიტებისა
საჭრისის კუთხეები

დასამუშავებელი მასალა	წინა კუთ-	უკანა კუ-
	ხე γ	თხე α
რბილი ფოლადი: წნელები ან ნაქედი (ფოლადი 2, 3 და 4)	22	5
წრთობილი სპეციალური ფოლადი	0	4
სწრაფმჭრელი ფოლადი, გამომწვარი	8	4
დაუქანგველი ფოლადი: წნელები	8	4
დაუქანგველი ფოლადი: სმელები	3	3
გაღვიდის შეიქვიანი ფოლადი (12% Mn)	3	3
თუჯი Hs = 200, მჭედადი თუჯი	8	4
თუჯი წრთობილი, კაფოენი, ნიკელაინი (10%)	3	3
სპილენძი	24—30	6
ბრინჯაო: ფოსფორიანი, შეიქვიანი, სალი თითბერი	0—3	5
თითბერი რბილი	8—13	5
ალუმინი და მისი შენადნები	24	6
რეზინი რბილი გაკიშულ დამჭერზე	30	6
გზოაიტი ბაკელიტი,	0(2)	6
ფაიფური, მაშარაილო	0	3
შინა	8	3

§ 14. საჭრისის მთავარი კუთხეები ზრის ზარცესზე

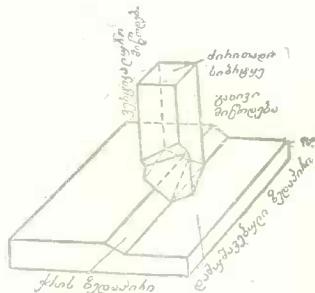
ჩვენ ვემყარბოდით იმ დაშვებას, რომ ჭრის სიბრტყე ვერტიკალურია, და ამ საფუძველზე მოკმეული იქნა ცხრილებში საჭრისის მთავარი კუთხეების ყველა მნიშვნელობა. საჭრისის წინა და უკანა კუთხეები მიღებული არიან ამ დაშვების თანახმად.

სინამდვილეში ჭრის სიბრტყის მიმართულუბა, ნაკეთის მიმართ საჭრისის დაყენების შესაბამისად, შეიძლება, შეიცვალოს, ამიტომ კუთხეები ჭრის პროცესში განსხვავებული იქნებიან შემოგანსილული საჭრისის კუთხეებისაგან.

ამისდა მიხედვით ჩვენ ვარჩევთ თვით საჭრისის როგორც გეომეტრიული სხეულის კუთხეებს, და კუთხეებს, რომლებიც მიიღებიან ფაქტიურად ჭრის პროცესში საჭრისისა და ნაკეთის ურთიერთდებარეობისა და ჭრის სიბრტყის მიმართულუბის მიხედვით.

ბრტყელი ნაკეთების დამუშავების დროს, მაგალითად, რანდვისას α უკანა კუთხე — ეს კუთხეა საჭრისის უკანა წახნაგა და ნაკეთის დასამუშავებელ ზედაპირს შორის, γ წინა კუთხე კი გაიზომება როგორც კუთხე საჭრისის წინა წახნაგა და დასამუშავებელ ზედაპირსა და პერპენდიკულარულ სიბრტყეს შორის. რანდვის შემთხვევაში ჭრის სიბრტყე ემთხვევა დასამუშავებელ ზედაპირს და უცვლელია საჭრისის გადაადგილების დროს ჭრის სიჩქარის მიმართულუბით (სურ. 30).

სულ სხვანაირადაა საქმე სახარატო ჩარხზე მრგვალი ნაკეთების დამუშავების დროს (სურ. 31). აქ ჭრის სიბრტყის მიმართულუბა დაახლოებით ემთხვევა ნაკეთის წრესხაზისადმი საჭრისის წვერის მიყენების წერტილში მხებდალ გატარებულ სწორ ხაზს, ჭრის



სურ. 30. საჭრისი რანდვის დროს.

სიბრტყისადმი პერპენდიკულარული სიბრტყე კი ემთხვევა შეხების იმავე წერტილში გამავალი რადიუსის მიმართულებას. ადვილად შეიძლება დავაწმუნდეთ იმაში, რომ კუთხეები: γ წინა, α უკანა და β კრის კუთხე შეიცვლებიან საჭრისის აწვევისა და დაწვევის დროს, ე. ი. საჭრისის წვერის მდებარეობის დროს ჩარხის ცენტრების ხაზის ზევით ან ქვევით.

32-ე სურათიდან, რომელიც გადამკრულ საჭრისის და ნაკეთს გვიჩვენებს მთავარ გამკვეთ სიბრტყეში, ჩანს, რომ α სიდიდეთი საჭრისის აწვეით ცენტრების ხაზის ზევით γ კუთხე იზრდება, α კუთხე კი მცირდება სიდიდეზე

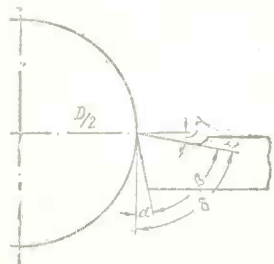
$$\tau = \gamma_1 - \gamma,$$

მასთან

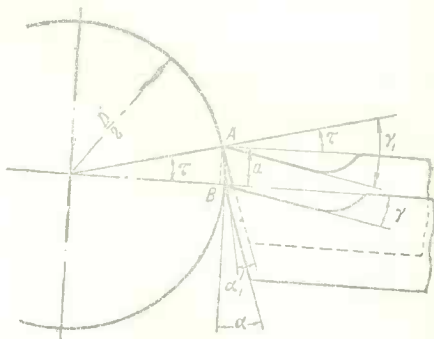
$$\sin \tau = \frac{\alpha}{D/2} \text{ და } \tau = \arcsin \frac{2\alpha}{D}.$$

მაშასადამე, საჭრისის აწვეით ჩარხის ცენტრების ხაზის ზევით, γ წინა კუთხის გაზრდა და α უკანა კუთხის შემცირება პირდაპირ პროპორციული გახდება a ამალღებისა, და უკუპროპორციული დასამუშავებელი ნაკეთის დიამეტრისა. საჭრისის წვერის დაწვევის შემთხვევაში ცენტრების ხაზის ქვევით აღგილი აქვს შებრუნებულ მოვლენას.

აი მისთვისაა ნარჩევი გადამკრული საჭრისების მკრელი წიბოს დაყენება ზუსტად ცენტრზე-



სურ. 31. სახარატო საჭრისის კუთხეები.



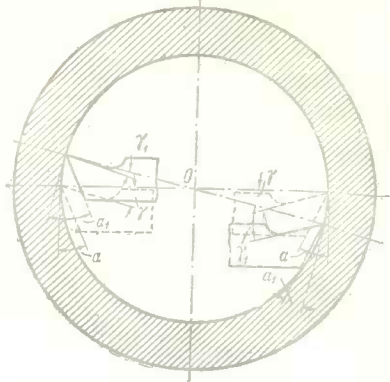
სურ. 32. საჭრისის კუთხეების ცვლადობა ცენტრების ხაზისადმი მისი მდებარეობის მიუხედავად.

ბის ხაზზე. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭრისის მიახლოებისთანავე ნაკეთის ცენტრისადმი უკანა და წინა კუთხეების სიდიდემ შეიძლება მიიღოს უარყოფითი მნიშვნელობა, რაც წარმოშობს კრის მძიმე პირობებს.

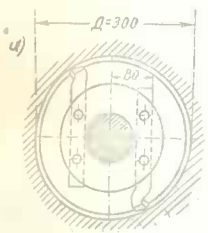
მაგრამ ფოლადის ნაკეთების გარეგანი ჩარხის დროს, ბურბუშელის მოცილების გასაადვილებლად, გამგლვილი საჭრისის მკრელ წიბოს ზმირად აყენებენ 0,02—0,03 D-ით ჩარხის ცენტრების ხაზის ზევით.

შიგაჩარხის შემთხვევაში (სურ. 33), პირიქით, საჭრისის მკრელი წიბოს ამალღებასთან ერთად, γ წინა კუთხე კლებულობს, α უკანა კუთხე კი მატულობს. ზოგჯერ იძულებული ვართ მნიშვნელოვნად დაემახინჯოთ საჭრისის ფორმა, რათა კრის პროცესში უზრუნველყოთ ნორმალური კუთხეები. 34-ე სურათზე ნაჩვენებია სპეციალურ დამკრეში ჩამაგრებული და დერძის მიმართ მნიშვნელოვნად გადანაცვლებული შიგამჩარხავი საჭრისის მუშაობის მგალითი. ამ შემთხვევაში უკანა კუთხე უარყოფითოდ კი ხდება.

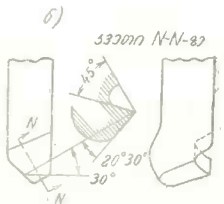
საჭრისის მთავარი კუთხეების ზომაზე გავლენას ახდენს კიდევ ერთი ფაქტორი — მიწოდება. ნაკეთის ბრუნვისა და საჭრისის სწორხაზობრივი გადაადგილების გამო, დასამუშავებელი ზედაპირი წარმოადგენს ხრახნულ ზედაპირს. მამასაღამე, აზრი იმის შესახებ, რომ მრგვალი ნაკეთების დამუშავების დროს ჭრის სიბრტყე ემთხვევა ვერტიკალურ სწორ ხაზს (საჭრისის წვერის ნაკეთის ცენტრის დონეზე მდებარეობის დროს) არაა სწორი. ჭრის სიბრტყის მიმართულება უნდა ემთხვეოდეს საჭრისის წვერის ნაკეთთან შეხების წერტილში ხრახნული ზედაპირისადმი გატარებულ მხებს (სურ. 35), და ჭრის სიბრტყის მიმართულება მით უფრო გადიხრება ვერტიკალიდან, რაც უფრო მეტია მიწოდება. ეს მდგომარეობა ნებისმიერ დიამეტრის ნაკეთისა და საჭრისის დიდი მიწოდების შემთხვევაში, მაგალითად, დიდი ნაბიჯიანი ხრახნკუთხეილის მოჭრის დროს. ამ შემთხვევაში გვირგვინ საჭრისის უკანა წახნაგებს მიეცეთ დასამუშავებელი ზედაპირები. საღმი საკმაოდ დიდი დახრა მაუნე წინააღმდეგობის თავიდან ასაცილებლად.



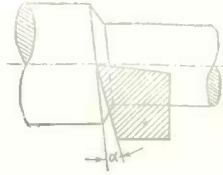
სურ. 33. კუთხეების ცვალებადობა საჭრისის აწვევისა და დაწვევის დროს შიგახარატების შემთხვევაში.



სურ. 34. ნაკეთის ცენტრებს ზევით დაყენებული შიგახარატებელი საჭრისების ფორმა.

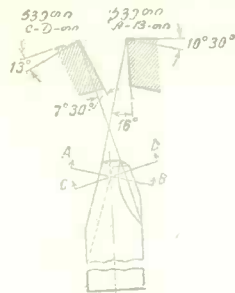
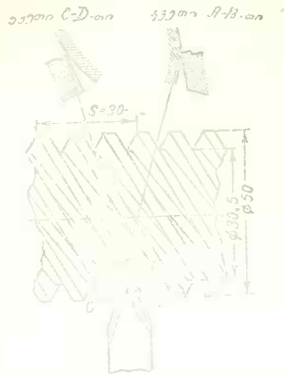


სურ. 35. მიწოდების გავლენა უკანა კუთხის სიდიდეზე.

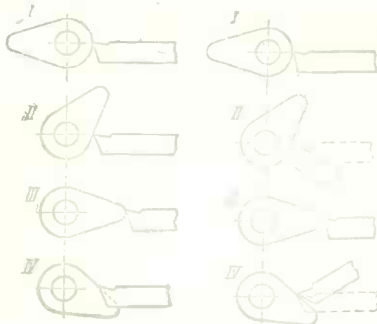


36-ე სურათიდან ჩანს, თუ როგორ შესამჩნევად იცვლება დიდი ამალღების კუთხის მქონე ტრაპეციოდალური ხრახნკუთხეილის მომჭრელი საჭრისის ფორმა (მრგვალსელიანი ხრახნკუთხეილი).

ელიფსის კვადრატისა და მრავალწახნაგის კვეთის მქონე მოყვანილი ნაკეთებისა და აგრეთვე მუშტების დამუშავების დროს, ჭრის პროცესში ადგილი აქვს კუთხეების სიდიდეების მკვეთრ ცვალებადობას. ეს კარგად ჩანს 37-ე სურათიდან, სადაც მოყვანილია მუშტების დამუშავება. შენარჩუნებულ რომ იქნას ნორმალური კუთხეები, საჭიროა საჭრისის განუწყვეტელი გადაადგილება, 38-ე სურათის თანახმად. ამას აღწევენ საჭრისის მოქანავე დაშვებების და სპეციალური კომპონების დახმარებით (სურ. 39).

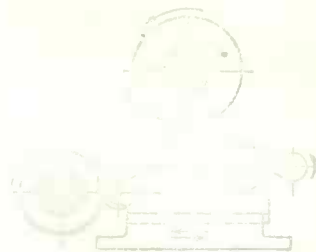


სურ. 36. საჭრისის ფორმა ტრაპეციოდალური ხრახნკუთხეილის მისაბურღლად.



სურ. 37. კრის კუთხეების ცვა-
ლებადობა მუშების დამუშავე-
ბის დროს.

სურ. 38. საჭრისების გადაადგი-
ლება მუშების დამუშავების
დროს.



სურ. 39. საჭრისის რხვეადი საჭერელა
მუშების დამუშავების დროს.

§ 15. საჭრისის დამხმარე კუთხეები

საჭრისის დამხმარე კუთხეებს მიაკუთვნებენ იმ კუთხეებს, რომლებიც წარმოიქმნე-
ბიან საჭრისის ცალკეული ელემენტების მიერ მთავარი მკვეთავი სიბრტყის გარეთ. საჭრი-
სში, როგორც ზემოთ ვთქვით, არჩევენ ორ მკრელ წიბოს: *ab* მთავარს და *bc* დამხმარეს,
40-ე სურათზე ნაჩვენებია (*ა*), დამხმარე უკანა კუთხე მოთავსებული დამხმარე უკანა წახ-
ნავსა და იმ სიბრტყეს შორის, რომელიც გადის დამხმარე მკრელ წიბოზე, პერპენდიკუ-
ლარულად ძირითად სიბრტყისადმი.

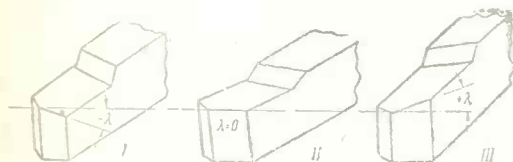
კუთხეს მთავარ და დამხმარე მკრელი წიბოებს გეგმილებს შორის ძირითად სიბ-
რტყეზე ეწოდება კუთხე წვეროსთან გეგმაში და აღინიშნება *ε* — ასოთი; მისი ზომა გან-
საზღვრავს საჭრისის თავის სიმტკიცეს და მედეგობას; კუთხეს მოთავსებულს მთავარი
მკრელი წიბოს ძირითად სიბრტყეზე გეგმილსა და მიწოდების მიმართულებას შორის ეწო-

დება მთავარი მჭრელი წიბოს დახრის კუთხე გეგმაში; შემდეგში მას სიმოკლისათვის ეუწოდება ფ მთავარ კუთხეს გეგმაში ან უბრალოდ φ კუთხეს გეგმაში. φ₁ დახმარე კუთხე გეგმაში ეწოდება კუთხის მოთავსებულს დახმარე მჭრელ წიბოს ძირითად სიბრტყეზე გეგმილსა და მიწოდების მიმართულებას შორის. კუთხეების გეგმაში შემცირება ზრდის ჰრისადმი წინააღმდეგობას, მაგრამ ამავე დროს კარგ გავლენას ახდენს საჭრისის შედგობაზე.

$$\varepsilon + \varphi + \varphi_1 = 180^\circ$$

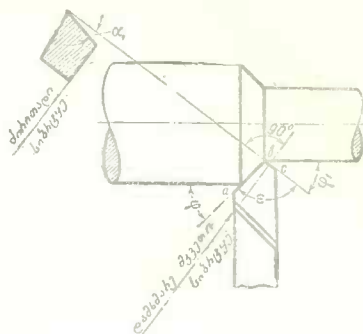
ამ კუთხეების სიდიდე განისაზღვრება მთელი რიგი ფაქტორების მიხედვით, რომლებიც განხილული იქნებიან ქვემოთ.

საჭრისის მუშაობის ხასიათზე დიდ გავლენას ახდენს მთავარი მჭრელი წიბოს დახრის კუთხე λ (სურ. 41), რომელიც ვთხოვდება მთავარ მჭრელ წიბოზე გამავალი ძირითადი სიბრტყის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში. ეს კუთხე წარმოიქმნება მთავარ მჭრელ წიბოსა და ძირითად სიბრტყის პარალელურ ხაზს შორის. არჩევენ უარყოფით დახრის კუთხეს, როდესაც საჭრისის წვეროს წერტილზე მჭრელ წიბოზე საჭრისის წვეროს უმდაბლესი მდებარეობის დროს (სურ. 41 I), და დადებით დახრის კუთხეს მჭრელ წიბოზე საჭრისის წვეროს უმდაბლესი მდებარეობის დროს (სურ. 41 II), და დადებით დახრის კუთხეს მჭრელ წიბოზე საჭრისის წვეროს უმაღლესი მდებარეობის დროს (სურ. 41 III).



სურ. 41. მთავარ მჭრელ წიბოზე დახრის კუთხეები.

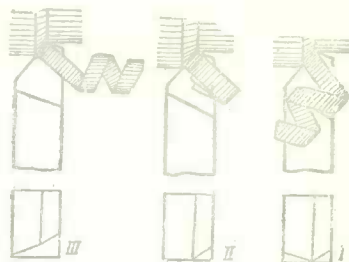
ზემოთ, და ასეთი „ნისკარტისმაგვარი“ საჭრისის შემთხვევაში არსებობს ჩაქეპვის საშიშროება. უარყოფითი დახრის კუთხე ხელსაყრელად მოქმედებს ბურბუშელის მოცილებაზე, წარმართავს რა მას ნაკეთის დამუშავებული ზედაპირის მოპირდაპირე მხარეს, როგორც ეს ნაჩვენებია 42-ე I სურათზე; პირაქით, დადებითი დახრის კუთხე λ გადახრის ხრახნისმაგვარ ბურბუშელას დამუშავებული ზედაპირის მხრისაკენ (სურ. 42 III), და ბურბუშელის განსაკუთრებით ინტენსიურ ჩამოსვლის შემთხვევაში ამას შეიძლება მოყვეს დამუშავებული ზედაპირის სივლევისა და სისუფთავის დარღვევა პოროზონტალური მჭრელი ნაწიბურიანი საჭრისის დროს (λ=0, სურ. 42 II). ბურბუშელის მოშორება ხდება ბრტყელი სპირალის სახით.



სურ. 40. საჭრისის დახმარე კუთხეები.

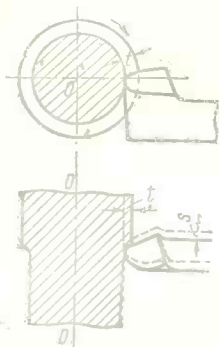
როდესაც საჭრისის წვეროს წერტილზე მჭრელ წიბოზე საჭრისის წვეროს უმდაბლესი მდებარეობის დროს (სურ. 41 III).

უარყოფითი დახრის კუთხეები ჩვეულებრივ არ აღემატებიან 10°. დიდი დახრის კუთხის შემთხვევაში საჭრისის წვერო ძალზე დიდდება წინ წამოწეული

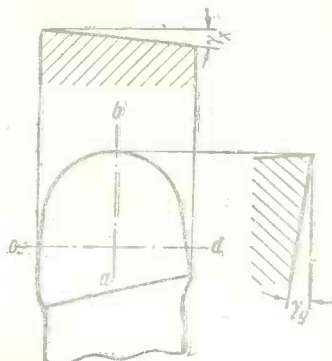


სურ. 42. ბურბუშელას მოცილება მჭრელ წიბოზე სხვადასხვა დახრის კუთხის მქონე საჭრისის მიერ.

დადებითად დახრილი კუთხის მქონე საჭრის უფრო მტკიცე და მედეგი მჭრელი წიბო აქვს, რასაც არსებითად დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც სალი და მკიფე ლითონების დამუშავების დროს, ისე მიჩრილულა, სალი შენადნის ფირფიტებიან საჭრისებნისთვისაც, რომლებსაც არასაკმაოდ მტკიცე მჭრელი წიბო აქვთ.

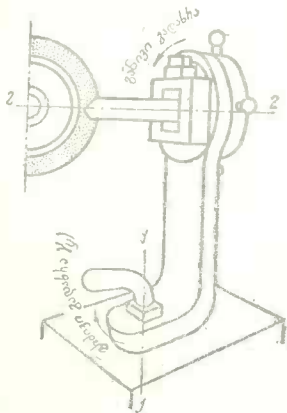


სურ. 43. ტელიორის საჭრისი.



სურ. 44. გრძივი და განივი დახრილობის კუთხეები.

საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ დღემდე არ არსებობს მტკიცედ დამყარებული აზრი დადებითი ანდა უარყოფითი დახრის კუთხეების უპირატესობის შესახებ. უნდა ვიფიქროთ, რომ რბილი და საშუალო სისალის, განსაკუთრებით კი მცირე დიამეტრისა და მნიშვნელოვანი სიგრძის ფოლადის ნაკეთების დამუშავების დროს, უპირატესობა დარჩება საჭრისებზე უარყოფითად დახრილი კუთხით და; პირიქით, ჭრისადმი დიდი წინააღმდეგობის გამწევე სალი მასალების დამუშავების დროს, უფრო მიზანშეწონილი იქნება დადებითად დახრილი კუთხიანი საჭრისების გამოყენება. აქვე გავისენიოთ, რომ ამგვარად უარყოფილი ტელიორის ნორმალურ საჭრისებზე მომრგვალებული მჭრელი წიბოებით (სურ. 43) უმეტეს შემთხვევაში ქონდათ უარყოფითად დახრილი კუთხე.



სურ. 45. საჭრისების ასალესი ჩარბის სუბორტი.

მრუდხაზოვანი მჭრელი წიბოების სხვადასხვა წერტილის შესახებ უნდა აღვნიშნოთ საჭრისის წინა წახნაგის დახრის კუთხეების ზუსტად განსაზღვრის სიძნელე მჭრელი წიბოს მომრგვალებული ფორმის გამო; მჭრელი წიბოს სხვადასხვა წერტილში გატარებული ნორმალური სიბრტყეები არ იქნებიან ერთმანეთის პარალელური და, მასწავლაძე, ამ სიბრტყეებზე გაზომილი კუთხეები სიდიდით სხვადასხვა იქნება. ამიტომ მსავსეს საჭრისებში წინა წახნაგის მდებარეობის ზუსტი დახასიათებისათვის საზღვრავენ კიდევ ორ დამატებით კუთხეს (სურ. 44):

1) გრძივი დახრის კუთხეს γ_1 ან წინა წახნაგის დახრის კუთხეს უკან, რომელიც იზომება საჭრისის ღერძის პარალელური და ძირითადი სიბრტყის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში (ab კვეთი); 2) განივი დახრის კუთხეს γ_2 , ან წინა წახნაგის დახრის კუთხეს გვერდით, რომელიც იზომება საჭრისის ღერძის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში (cd კვეთი).

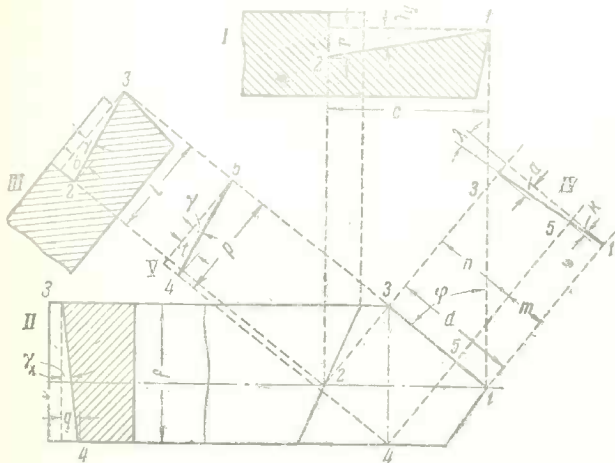
ეს ორი კუთხე საესეებით საზღვრავს ყოველი საჭრისის წინა წახნაგის მდებარეობას, მათი ზომა დამოკიდებულია γ წინა ალესის კუთხეზე, φ კუთხეზე გეგმაში და λ მჭრელი წიბოს დახრის კუთხეზე; წინა წახნაგის γ_{II} გრძივი და γ_{III} განივი დახრის კუთხეების აბსოლუტურ სიდიდეს აქვს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა სპეციალურ ჩარხებზე საჭრისის წესიერად ალესისათვის.

ერთერთი ასეთი ჩარხის სუპორტი (სურ. 45), რომელშიაც მაგრდება ასალესი საჭრისი, ბრუნავს ორი ურთიერთ პერპენდიკულარული 1—1 და 2—2 ღერძის გარშემო ნებისმიერი კუთხით, რომლის ათვლაც ხდება ლიმბებით. ამის გამო შესაძლებელი ხდება საჭრისის წინა წახნაგის დაყენება სახეები ქვის ტორსული ზედაპირის მიმართ განსაზღვრული დახრით, რომელიც უზრუნველყოფს ალესის დროს გრძივი და განივი γ_{II} და γ_{III} დახრის სათანადო კუთხეების მიღებას.

თუ ავირჩევთ საჭრისის მუშაობის პირობების მზედველობაში მიღებით γ წინა კუთხის, φ კუთხის გეგმაში და λ დახრის კუთხის მნიშვნელობებს, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია სათანადო განტოლებებით გამოვიანგარიშოთ γ_{II} და γ_{III} კუთხეები, ე. ი. ასალესი საჭრისის დაყენების კუთხეები სალეს ჩარხის საბრუნ სუპორტში. საჭრისის კუთხეებს შორის დამოკიდებულების განტოლებების გამოყენება ადვილად შეიძლება საჭრისის გეომეტრიდან.

§ 16. საჭრისის გეომეტრია

46-ე სურათზე გამოსახულია საჭრისი φ კუთხით გეგმაში და მისი რამდენიმე ჭრილი. საჭრისის ღერძზე გამავალი სიბრტყის მიერ მოცემული 1—2 კვეთი გვიჩვენებს წინა წახნაგის გასწვრივი დახრის γ_{II} კუთხეს (სურ. 46). ნახაზების გასამართლებლად კვეთებში ნაჩვენებია გაჭრილი სხეულის მხოლოდ კონტური 46-ე I სურათზე მავალია გატარებული წინა წახნაგის 1—2 კვალ და მისი c გვემილი ძირითად სიბრტ-



სურ. 46. საჭრისის გეომეტრია.

ყვე. 46-ე II სურათზე, რომელიც წარმოადგენს საჭრისის ღერძისადმი პერპენდიკულარული სიბრტყის მიერ საჭრისის გაკვეთას, გვაქვს სათანადოდ: წინა წახნაგის განივი დახრის γ_{III} კუთხე, წინა წახნაგის 3—4 კვალ და მისი f გვემილი ძირითად სიბრტყეზე.

46-ე III სურათი გვიჩვენებს წინა წახნაგის 2—3 კვალს და მის l გვემილი ჰორისონტალურ სიბრტყეზე, რომელიც მიღებულია საჭრისის გაკვეთით მჭრელი წიბოს გვემილისადმი (ძირითად სიბრტყეზე) პერპენდიკულარულად გატარებულ 2—3 სიბრტყით; მაშასადამე, γ კუთხე 2—3 კვალისა და საყრდნობ ზედაპირს შორის არის საჭრისის წინა ალესის კუთხე.

დაბოლოს 46-ე I' სურათზე ვხედავთ თვით მჭრელი წიბოს 1—3 კვალს უარყოფითი λ დაზნას კუთხით და მის d გეგმილს.

ახლა ვმსჯელობთ ასე: წერტილი 2 ძვეს 3 წერტილზე ქვევით b მანძილით (სურ. 46 III). მასთან 3 წერტილი იმყოფება 1 წერტილზე ქვევით a სიდიდით (სურ. 46 IV); ამგვარად, 2 წერტილი ძვეს 1 წერტილის ქვევით სიდიდით $r = a + b$ (სურ. 46 I).

მასთან

$$\operatorname{tg} \gamma_y = \frac{r}{c} = \frac{a+b}{c} \quad (1)$$

$$a = d \cdot \operatorname{tg} \lambda;$$

$$d = c \cdot \sin \varphi,$$

საიდანაც

$$a = c \cdot \sin \varphi \operatorname{tg} \lambda.$$

შემდეგ გვაქვს

$$b = l \cdot \operatorname{tg} \gamma, \quad l = c \cdot \cos \varphi, \quad b = c \cdot \cos \varphi \operatorname{tg} \gamma.$$

შედეგად ვღებულობთ

$$\operatorname{tg} \gamma_y = \frac{a+b}{c} = \frac{c \cdot \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \lambda + c \cdot \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma}{c} = \sin \varphi \operatorname{tg} \lambda + \cos \varphi \operatorname{tg} \gamma. \quad (2)$$

ამრიგად, ჩვენ მივიღეთ დამოკიდებულების განტოლება საჭრისის წინა წახნაგის γ_y გრძივი დაზნის კუთხისა და კუთხეებს: φ გეგმაში, λ მჭრელი წიბოს დაზნის და γ წინა ალესვას შორის. λ კუთხის დადებითობის შემთხვევაში λ სიდიდის შემცველ განტოლების მარჯვენა ნაწილის წევრს შეეცვლება მხოლოდ ნიშანი, ამ შემთხვევაში განტოლება (2) მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$\operatorname{tg} \gamma_y = c \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma - \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \lambda \quad (3)$$

და საერთო სახით

$$\operatorname{tg} \gamma_y = \cos \varphi r \operatorname{tg} \gamma \pm \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \lambda. \quad (4)$$

წინა წახნაგის γ_x განივი დაზნის კუთხისა და γ , φ და λ კუთხეებს შორის დამოკიდებულების განსაზღვრისათვის გავკეთოთ საჭრისი მჭრელი წიბოს პროექციისადმი (საჭრისის საყრდნობ სიბრტყეზე) პერპენდიკულარული 4—5 სიბრტყით.

46-ე V სურათზე წარმოდგენილია: წინა წახნაგის 4—5 კვალი და მისი p გეგმილი.

ახლა ვიმსჯელოთ როგორც ზემოთ.

4 წერტილი 3 წერტილზე ქვევითაა (სურ. 46 II) q მანძილით, ამასთან

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{q}{f}$$

3 წერტილი ქვევითაა 5 წერტილზე (სურ. 46 IV) $a-k$ ტოლი მანძილით. მაშასადამე, 4 წერტილი ძვეს 5 წერტილზე ქვევით $q + (a-k)$ ტოლი სიდიდით, რაც ეთანადება l მონაკვეთს (სურ. 46 V).

ამიტომ

$$q + a - k = l \quad \text{და} \quad q = l + k - a,$$

მაშინ

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{q}{f} = \frac{l + k - a}{f}. \quad (5)$$

შემდეგ გვაქვს

$$l = p \cdot \operatorname{tg} \gamma,$$

სადაც

$$p = f \cdot \sin \varphi,$$

საიდანაც

$$l = f \sin \varphi \operatorname{tg} \gamma.$$

შემდეგ:

$$k = m \cdot \operatorname{tg} \lambda;$$

სადაც:

$$m = d - n; \quad n = f \cos \varphi,$$

და მაშინ:

$$n = d - f \cos \varphi;$$

ამგვარად,

$$k = m \cdot \operatorname{tg} \lambda = d \cdot \operatorname{tg} \lambda - f \cos \varphi \operatorname{tg} \lambda; \\ a = d \cdot \operatorname{tg} \lambda.$$

თუ ჩავსვამთ (5) განტოლებაში t , k და a მნიშვნელობებს, მივიღებთ:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{f \sin \varphi + \operatorname{tg} \gamma + d \operatorname{tg} \lambda - f \cdot \cos \varphi \operatorname{tg} \lambda - d \operatorname{tg} \lambda}{f} = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma - \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \lambda;$$

დადებითი λ დახრის კუთხის შემთხვევაში გვექნება:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma + \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \lambda$$

და საერთო სახით

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} \gamma \pm \cos \varphi \operatorname{tg} \lambda^1$$

სადაც $\operatorname{tg} \gamma_x$ — წრის მიმართ ნაშბადის განივი დახრის ზუსტი სიდიდეა.

და, პირიქით, როდესაც პირველად γ_x კუთხეა დაყენებული, მაშინ

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma_x \cdot \cos \gamma_x,$$

სადაც $\operatorname{tg} \gamma'$ — წრის მიმართ საჭრისის ნაშბადის გრძივი დახრის ნამდვილი სიდიდეა.

პრაქტიკულ გამოანგარიშების დროს აქ აღნიშნული შესწორებები შეიძლება არ მივიღოთ მხედველობაში, რადგან γ_x და γ' კუთხეები მცირედ განსხვავდებიან γ_x და γ' კუთხეებისაგან.

მაგალითი. საშუალო სისალის ფოლადის დასამუშავებლად საჭიროა საჭრისის ალესვა $\gamma = 20^\circ$ წინა კუთხით, $\varphi = 50^\circ$ კუთხით გვეგავში და $\lambda = 5^\circ$ დახრის კუთხით. უნდა მოინახოს საჭრისის წინა წახნაგის γ_x გრძივი დახრისა და γ_x განივი დახრის კუთხეები.

გვაქვს

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \cos 50^\circ \cdot \operatorname{tg} 20^\circ + \sin 50^\circ \cdot \operatorname{tg} 5^\circ = 0,642 \cdot 0,364 + 0,766 \cdot 0,087 = 0,232 + 0,067 = 0,299;$$

$$\gamma_x = 16^\circ 40';$$

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \sin 50^\circ \cdot \operatorname{tg} 20^\circ - \cos 50^\circ \cdot \operatorname{tg} 5^\circ = 0,766 \cdot 0,364 - 0,642 \cdot 0,087 = 0,222;$$

$$\gamma_x = 12^\circ 30'.$$

მაშასადამე, საჭირო დახრით წინა წახნაგის ნიღბისათვის, სალესი ჩარხის სუპორტი საჭრისის ნაშბადთან ერთად შემობრუნებული უნდა იქნას 1—1 ვერტიკალური ღერძის მიმართ (სურ. 56) $\gamma_x = 16^\circ 40'$ კუთხით და 2—2 ღერძის მიმართ კი $\gamma_x = 12^\circ 30'$ კუთხით.

§ 17. საბარისებრის ალმვვა

მჭრელი იარაღის წესიერ აღესვას დიდი მნიშვნელობა აქვს იარაღის წარმადობის გაზრდისათვის. სამწუხაროდ, ბევრ პრაქტიკოსს ეს ჯერ კიდევ არა აქვს შეგნებული. წესიერ აღესვაში საჭიროა ვიგულისხმოთ იარაღისათვის არა მხოლოდ სათანადო კუთხეების მიცემა, არამედ თვით აღესვის პროცესიც. ცდებით ვამორკვეულია, რომ ცნობილი ქარხნების მიერ საუკეთესო მარკის ფოლადიდან დამზადებული მჭრელი იარაღი კარგავედა თავისი სისალის $30 \div 40\%$ მისი არაწესიერი აღესვის გამო.

მჭრელი იარაღის მოვსაგებისაგან არ მოითხოვება განსაკუთრებით მაღალი კვალიფიკაცია, მაგრამ მათ უნდა ჰქონდეთ მთელი რიგი ელემენტარული პრაქტიკული ჩვევები და ხერხები, რომელთა დახმარებითაც შესაძლო ხდება ხოლმე იარაღის შედგომის მნიშვნელოვნად გაზრდა და ამით მუშაობაში ეკონომიური ეფექტის მიღწევა. ამიტომაც მოწინავე მანქანათმშენებელმა ქარხნებმა შემოიღეს იარაღის ცენტრალიზებული აღესვა სპეციალურად მოწყობილ სახელოსნოებში სათანადოდ მომზადებულ მუშათა კადრებით.

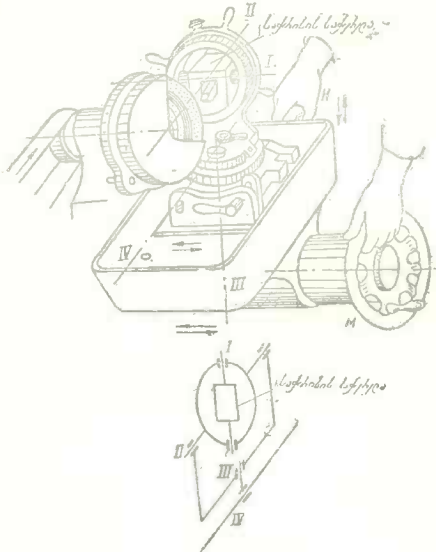
¹ სინამდვილეში $\operatorname{tg} \gamma_x$ კუთხე თავისი სიდიდით რამდენიმედ სხვა უნდა იყოს, თუ საჭრისის ნაშბადის ღერძი ახალესი წრის სიბრტყის მიმართ უკვე შემობრუნებულია γ_x კუთხით.

ამ შემთხვევაში, ცხადია, გვექნება

$$\operatorname{tg} \gamma'_x = \operatorname{tg} \gamma_x \cdot \cos \gamma_x$$

ასეთი სახელოსნობების ჩამოყალიბებას ხელს უწყობს ის გარემოება, რომ ამჟამად მოიპოვება ისეთი ჩარხები, ხელისა და ნახევრადავტომატები, რომლებზედაც მიხრზებულად ხდება იარაღების მასობრივი აღესვა.

47-ე სურათზე ნაჩვენებია ასალესი ჩარხი. სუპორტის თავის ბუდეში ხრახნების საშუალებით ჩამაგრდება საჭრისი-ნამზადი. ფინჯანისებრი სახეხი წრე ბრუნავს, სუპორტი კი ხელით ასრულებს რხევით უკუქცევად მოძრაობას ქვის ღერძის პერპენდიკულარული მიმართულებით, მისი ტორსული ზედაპირის გასწვრივ და ერთდროულად ხელითვე ხდება მისი მიწოდება წრისადმი M მქნევარა-სახელურის საშუალებით.



სურ. 47. ასალესი ჩარხი.

რომ საჭრისის წინა წახნავი დემთხვევს სახეხი წრის ტორსულ ზედაპირს. ახლა საჭრო γ_2 წინა აღესვის კუთხისა. და λ დახრის კუთხის მიღებისათვის სუპორტს საჭრისიანად შემაბრუნებენ III და II ღერძების გარშემო γ_1 და γ_2 კუთხეების შესაბამისად, რომელთა ანგარიშიც მოყვანილი იყო § 16-ში.

48-ე სურათზე გამოსახულია საჭრისების ასალესი ნახევრადავტომატი — ჩარხის საერთო ხედი. აქ სახეხი წრე დამაგრებულია ნალოების შპინდელზე, რომლებიც ღებულობენ სწორხაზობრივ-უკუქცევად მოძრაობას შპინდელის ღერძის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში. მიწოდება წარმოებს შპინდელის ღერძის მიმართულებით.

სუპორტში ჩამაგრებული საჭრისი, სუპორტთან ერთად შემობრუნდება სახეხი წრის ტორსული ზედაპირის მიმართ სამ სიბრტყეში. აქ ყველა მოძრაობა, გარდა საჭრისის დამაგრებისა და მოხსნისა, ხდება ავტომატურად. აღესვის დამთავრების შემდეგ ჩარხის გამორთვაც ავტომატურია. ამ ჩარხის უხერხულობას წარმოადგენს უკანა კუთხის აღესვის დროსაც სუპორტის შემობრუნების კუთხის სპეციალური გამაზნავარი-შებინის საქვირობა.

თავდაპირველად ხდება საჭრისი-ნამზადის მთავარი უკანა წახნავის აღესვა, თან ერთდროულად საჭრისი ღებულობს φ მთავარ კუთხეს გვეგმაში და α უკანა კუთხეს; ამისათვის სუპორტს მოაბრუნებენ ჰორიზონტალურ საბრუნ წრეზე III — III ვერტიკალური ღერძის გარშემო კუთხის გვეგმაში შესაბამის სიდიდით, შემდეგ კი საბრუნ წრესთან ერთად მას მოაბრუნებენ IV ღერძის მიმართ უკანა კუთხის აღესვისათვის შესაბამის სიდიდებზე. ანალოგიურად წარმოებს დამხმარე უკანა წახნავის აღესვა და, მაშინადამე, ორ ჯერზე შესაძლო ხდება მთავარი და დამხმარე მჭრელი წიბოების მიღება.

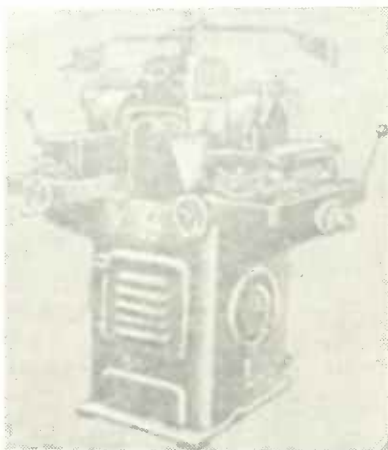
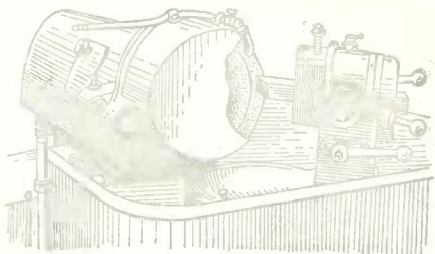
შემდეგ წარმოებს საჭრისის წინა წახნავის აღესვა; ამისათვის თავდაპირველად სუპორტის საბრუნ წრეს აცენებენ საწყის ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, შემდეგ კი სუპორტის საჭრისთან ერთად შემობრუნებენ ისეთნაირად,

48-ე სურათზე გამოსახულია ილიჩის სახელობის¹ ლენინგრადის ქარხნის ორშენიან-ლიანი ჩარხი ორი სახეხი კვით, რომლებიც ბრუნვას ღებულობენ ცალკეულ ორსიჩქარიანი ელექტროძრავებიდან ($N = 1, 2 kW$). წრის ნაკლები სიჩქარე ($v = 10$ მ/წამ) — სალი შენადნის ფირფიტების ასალესადაა, მეტი სიჩქარე ($v = 20$ მ/წამ) — ფირფიტებდაკავშირებელი ფოლადის დამჭერების დასამუშავებლად. ჩარხის მაგიდაზე დაყენებულია მარტოვანი საბრუნო მოწყობილობა გრადუსიანი ლიმბებით, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევიან დაეყენონ საჭრის ნახაზზე მოცემული საჭრის კუთხეების მნიშვნელობების გადაუნგარიშებლად. მაგიდის მოძრაეი ზედა ნაწილი, მონტირებულია გორგოლაკებიან მიმართველებზე და მუშას სულ ადვილად შეუძლია მისი გადაადგილება გასწვრივი მიმართულებით.

საჭრისების აღესვა ავტომატებზე წარმოებს ოპერაციებად; ჯერ აიღესება საჭრისების მთელი პარტის ერთი წახნაგი, შემდეგ სუპორტი აიწყობა სხვანაირად, და მეორე წახნაგის აღესვის დროს კვლავ გატარდება საჭრისების მთელი პარტია და ა. შ.

საჭიროა აღენიშნათ, რომ ზოგჯერ იძულებული ვართ აღესვის დროს უარი ვთქვათ ავტომატურ მიწოდებაზე, რადგან იგი ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფს ასალესი ზედაპირის სათანადო ხარისხს ნახევრდავტომატებზე იმ ძალზე მცირე მიწოდებების მიღების შეუძლებლობის გამო, რომლებიც საჭიროა ხოლმე სპეციალური საჭრისების აღესვის შემთხვევაში, მაგალითად, საჭრისების სალი შენადნობის დაკავშირებული ფირფიტებით. ამ შემთხვევაში საჭიროა იარაღის ძალზე ფრთხილი მიწოდება ხელით სახეხი წრისადმი, საჭრისის წახნაგის ოდნავი დაწოლით წრის ტრასულ ზედაპირზე; ამრიგად, შეიძლება თავიდან ავიცილოთ იარაღის გადახურება და ამით კი მის მიერ სისლის დაკარგვა, და აგრეთვე მჭრელი წიბოს გამოფხვიერება.

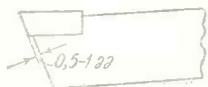
ამავე მიზნით ურჩევენ აღესვის პროცესში იარაღის უზვად გაცივებას სითხის ძლიერი ქავლით, მასთან წრის გაზოვის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა უარყოთ ზეთოვანი სითხეების გამოყენება; ზოგჯერ დასაშვებია ზეთის მცირე შემცველი სპეციალური ემულსიების გამოყენება, მაგრამ უკეთესია გაცივებისათვის გამოვიყენოთ სუფთა წყალი სოდის მცირე რაოდენობის მინარევით გასახეხი ნაკეთებისა და ჩარხის ნაწილების დაჟანგვისაგან დასაცა-



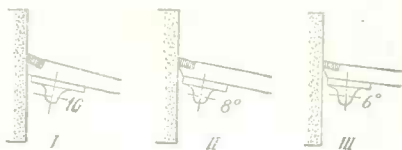
სურ. 48. ილიჩის სახელობის ქარხნის ასალესი ჩარხი.

ვად. არაფეთარ შემთხვევაში არ შეიძლება წყვეტილი ნაკადით გაცივების დაშვება: ამას მოსდევს იარაღზე შეუიარაღებელი თვლისათვის ურინარი ნაბზარების გაჩენა, რომლებიც ნაადრევად აფუქებენ იარაღს.

იარაღის შემდგომი ექსპლოატაციისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მკრელი წიბოს სწორ უნაჯაო სიმახეილეს, რომელიც მნიშვნელოვანად აცირებს ჭრისადმი წინააღმდეგობას, განსაკუთრებით ბლანტი ლითონებისა, და საჭრისის მუშა წახნაგების აბსოლუტურად გლუვ ზედაპირს, რის შემწეობითაც იზრდება იარაღის მედეგობა. ეს მედეგობა გვაიძულებს ხშირად იარაღი ავლესით ორჯერად: ჯერ ტლანქად — მსხვილმარცვლოვან სახებ წრებზე, შემდეგ კი სუფთად — წვრილმარცვლოვანზე ($v_1 \approx 5$ მ/წამ სიჩქარით). განსაკუთრებით ზუსტი ან სუფთა სამუშაოების დროს საჭრისის წახნაგს ზოგჯერ აპრია-

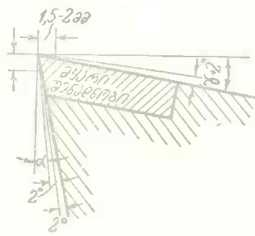
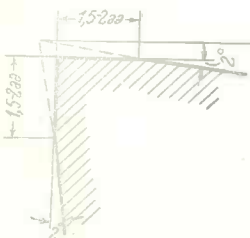


სურ. 49. სალი შენადნის ფირფიტის მირიბილვა დანკერზე.



სურ. 50. სალი შენადნის საჭრისების ალესვის ხერხები.

ლებენ კიდევ ($v_2 = 1 \div 2$ მ/წამ); მართალია, ეს აძვირებს იარაღს, მაგრამ სამაგიეროდ ზრდის მის ნაყოფიერებასა და მუშაობის სიზუსტეს. ალესვის ყველა ამ ძირითადი წესების დაცვას



სურ. 51. ალესილი საჭრისის სალი შენადნის ფირფიტით.

ურჩევნ მკრელი იარაღების უმეტესობისათვის, დამოუკიდებლად მათი ფორმისა და მასალისა, მასთან საჭრისებისათვის დაკავშირებული სალი შენადნის (პობელიტი, ვილია და სხ.) ფირფიტებით ზოგჯერ იყენებენ სპეციალურ ხერხებსა და სამარჯვეებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ იარა-

ღის ექსპლოატაციის დიდ ეფექტურობას. მაგალითად, სამშენიდელიანი ჩარხი სამი სხვადასხვა სახის სახები ქვით კარბიდლოფერამიანი საჭრისების ასალესად. პირველი წრე, ყველაზე უფრო ტლანქი (კორუნდისა, საშუალო სისალით C_1 , მარცვლოვანობით 30), ლესავს მხოლოდ საჭრისის დამკერს, რომელიც ჩვეულებრივ უბრალო საიარაღო ფოლადისაა ($0,7 - 0,8 \% C$). მეორე წრე, უფრო სუფთა და რბილი (კარბორუნდისა, სისალით M_2 , მარცვლოვანობით 46), ლესავს თვით მავარი შენადნის ფირფიტების კუთხეებს,



სურ. 52. საჭრისის კუთხეების გასაზომი თარგი.

და, ბოლოს, მესამე წრე, ყველაზე უფრო რბილი და სუფთა (კარბორუნდისა, სისალით M_3 , მარცვლოვნობით 120), აპრილებს საჭრისის მუშა წახნაგებს.¹

თავიდან რომ ავიცილოთ კარბორუნდის წრეების გასივლა, რასაც ადგილი ექნება, თუ კი სალი შენადნის ფირფიტასთან ერთად მოხდება დამჭერის რბილი მასალის ხეხვაც, საჭიროა ალესვის პროცესში ვერიდოთ სახეხ წრესთან დამჭერის მასალის შეხებასაც კი. ამისათვის მავარი შენადნის ფირფიტას დააკვეთებენ ისეთნაირად, რომ მისი ბოლო 0,5—1 მმ-ით გადმოწეული იყოს დამჭერზე (სურ. 49) და ერთდროულად რამდენიმედ ამოწეული დამჭერის ზედა სიბრტყეზე, შემდეგ კი წარმოებს ალესვა რამდენიმე ჯერად: ჯერ ალესავენ დამჭერის უკანა წახნაგს უდიდესი კუთხით (სურ. 50), შემდეგ გახეხავენ თვით ფირფიტას ორჯერად, როგორც ეს ნაჩვენებია 50-ე სურათზე, რის შედეგადაც საჭრისის უკანა წახნაგზე თვით მჭრელ წიბოსთან წარმოიქმნება 1,5—2 მმ ტოლი მცირე ფასკა, 51-ე სურათის თანახმად, სადაც გამოსახულია საჭრისი ვილიას ფირფიტით თუჯის დასამუშავებლად.

ალესვის ასეთი ხერხი ინახავს სწრაფი გაცვეთისაგან საკმაოდ ძვირფას კარბორუნდის სპეციალურ წრეებს და ამავე დროს საჭრისის მჭრელ წიბოს სიმტკიცეს უმატებს, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სალი შენადნის ფირფიტებისათვის, რომელთა წიბოებიც მათი დამახასიათებელი სიმეფის გამო არ არიან საკმაოდ მტკიცენი.

საჭრისის კუთხეების შემოწმება ალესვის შემდეგ შეიძლება მოვახდინოთ კუთხმზომ ხელსაწყოზე (სურ. 29) ანდა სპეციალური თარგის საშუალებით (სურ. 52). მათი ხმარების წესი გსაგებია სურათებიდან და არ მოითხოვს განმარტებას. საჭიროა მხოლოდ იმაზე მიითვება, რომ კუთხმზომი ხელსაწყო მთავარ კუთხეებს ზომავს მჭრელი წიბოს მთავარ სიბრტყეზე გვერდის პერპენდიკულარულ სიბრტყეში; თარგით სარგებლობა მოხერხებულია მთავარი კუთხეების გასაზომად თვით მჭრელი წიბოს პერპენდიკულარულ სიბრტყეში. როგორც ცნობილია, ორივე ეს სიბრტყე ერთმანეთს დაემთხვევა მაშინ, როცა მჭრელი წიბოს დახრის კუთხე $\lambda = 0$.

IV. ბურბუშუმლის დაწოლა საჭრისში (ჰრისსაღვი წინააღმდეგობა)

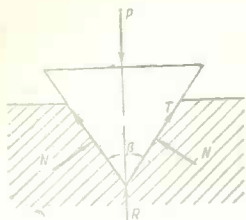
§ 18. ოჯახი მოსაზრებანი

საჭრისის მუშაობას ბევრი საერთო აქვს სოლის მუშაობასთან. P ძალის ზეგავლენით, რომლის მიმართულებაც ჩვეულებრივ ემთხვევა სოლის ღერძის მიმართულებას, სოლი შეიჭრება მასალაში (სურ. 53). როდესაც სოლზე დაწოლა სიდიდით გადააჭარბებს მასალის ნაწილაკების შეჭიდულობის ძალას, იწყება მასალის გახლენა (გაჭრა—უშუალო კრა).

იმ შემთხვევაში, როცა სოლის წახნაგები დალაგებული არიან სიმეტრიულად მისი ღერძის მიმართ, მაშინ სოლის ორივე წახნაგი ახდენს ორივე მხრით ერთნაირ დაწოლას

¹ ამჯამად ურჩევნია ხეხვის შემდეგ მთავდინონ იარაღის მჭრელი წიბოების დაყვანა პასტით ბორის კარბიდისა და პარაფინიდან, რის შედეგადაც მნიშვნელოვნად იზრდება. იარაღის შედგობა (200—300% სუფთად დამამუშავებელი საჭრისგისათვის).

მასალაზე და იწვევს ამ უკანასკნელის დეფორმაციას. ეს N ძალები (სურ. 53) ნორმალური არიან სოლის წახნაგებისადმი. ამ N ძალების რეაქციის გავლენით სოლის გვერდის წახნაგებზე წარმოიშებიან მასალისა და სოლის წახნაგებს შორის F ხახუნის ძალები, რომლებიც N ნორმალური დაწოლის პოპოტიული არიან და ეწინააღმდეგებიან სოლის შეჭრას მასალაში.



სურ. 53. მგრელ სოლზე მოქმედი ძალები.

$$T = fN$$

სადაც f — ხახუნის კოეფიციენტი.

ამრიგად, სოლზე მიყენებულმა P დაწოლამ უნდა დაძლიოს:

- 1) მასალის დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობა — N ,
- 2) მასალის გახლეჩისადმი წინააღმდეგობა (ტრისადმი) — R ;

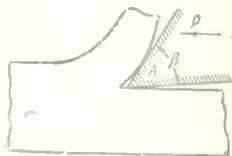
3) სოლის წახნაგებზე მასალის ნაწილაკების ხახუნით — T .
ცხადია:

$$P \geq 2N \sin \frac{\beta}{2} + 2fN \cos \frac{\beta}{2} + R,$$

სადაც β — სოლის კუთხეა.

სოლის მუშაობის ყველა ზემოჩამოთვლილ ელემენტებს ადგილი აქვთ საჭრისის მუშაობის დროსაც, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ საჭრისის წინა და უკანა წახნაგები მუშაობენ სხვადასხვანაირად და არათანაბრად, რადგან საჭრისზე მოქმედი ძალის მიმართულება სიმეტრიულად არ მდებარეობს მისი წახნაგების მიმართ, რასაც ადგილი ჰქონდა სოლის შემთხვევაში.

54-ე სურათიდან ჩანს, რომ A საჭრისი მიიწვევს რა წინ გვერდიდან მოქმედი P ძალის ზეგავლენით, თანდათან შეიკრება მასალაში და სოლის მსგავსად გადაჭრის მასალას და მოაშორებს მას სათანადო სიდიდის ფენას. მაგრამ სოლის მუშაობისაგან განსხვავებით, ასაღები ფენა ამ შემთხვევაში აწვევა მხოლოდ წინა წახნაგს, იმ დროს როცა საჭრისის უკანა წახნაგზე მოქმედებს ხახუნის ძალა ნაკეთის დამუშავებულ ზედაპირზე. დასამუშავებელი მასალის დეფორმაციის აქაც აქვს ადგილი, მასთან ასაღები ფენა, ბურბუშულად გარდაქმნის დროს, განიცდის უფრო მეტ დეფორმაციას, ვიდრე უკანა წახნაგისაკენ მიმართული მასალის ფენა. ეს დამოკიდებულია მხოლოდ და მხოლოდ ჭრის ძალის ცალმხრივ მიმართულებაზე, მაშასადამე, წინა წახნაგის მუშაობის უდიდეს აქტივობაზე.



სურ. 54. საჭრისი — ცალმხრივი სოლია.

როგორც სოლის შემთხვევაში, ჩვენ შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ ჭრის დაწოლა, როგორც შემდგარი სამი მთავარი ელემენტისაგან, რომლებიც სათანადოდ იხარჯება.

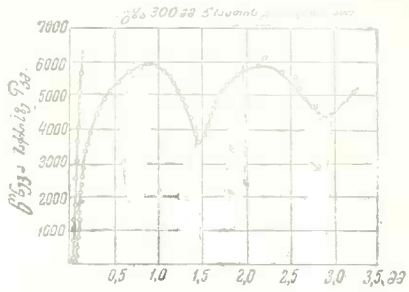
1) დასამუშავებელი მასალის უშუალო ჭრაზე, 2) ბურბუშელისა და ნაკეთის დამუშავებული ზედაპირის ფენის დეფორმაციაზე, 3) ბურბუშელისა წინა წახნაგზე და ნაკეთის ზედაპირისა საჭრისის უკანა წახნაგზე წარმოქმნილ ხახუნზე.

ძნელია კრის დაწოლის ყოველი ელემენტის ხედრითი წონის ზუსტად განსაზღვრა, მაგრამ ყოველ შემთხვევაში კრის ძალების ასეთი განაწილების მეოთხედი იძლევა შემდეგში კრის პროცესში წარმოქმნილი მიევი რიგი მოვლენების ახსნის საშუალებას.

§ 19. ჰრის დაწოლის ხასიათი

კრის პროცესში, განსაკუთრებით მცირე სიჩქარეების შემთხვევაში, ვამჩნევთ, რომ ზურბუშელის დაწოლა საჭრისზე არ რჩება მდგრადი კრის პირობების უცვლელობის დროსაც კი. ზურბუშელის წარმოქმნის პროცესი გაივლის სხვადასხვა სტადიას ციკლებით, რომლებიც მეორდებიან ზურბუშელის ყოველი ელემენტისათვის.

დატვირთვა საჭრისზე შეიცვლება ხოლმე შესაბამისად ზურბუშელის ელემენტის წარმოშობის სტადიის მიხედვით. 55-ე სურათზე ნაჩვენებია ცდების მიხედვით მიღებული კრის დაწოლის ცვალებადობის მრუდები რბილი ფოლადის დამუშავების დროს დაახლოებით 1 მმ/წუთ კრის სიჩქარით. აქ ჰორიზონტალურ ღერძზე გადადებულია საჭრისის გზა მილიმეტრებში, ვერტიკალურ ღერძზე — კრის დაწოლის შესაბამისი სიდიდეები. მასალაში საჭრისის შეჭრის ზრდასთან ერთად თანდათან იზრდება ჰრის ძალაც; ცხადია, კრის დაწოლის ასეთ ზრდას შეესაბამება ლითონის ასაღები ფენის დეფორმაციის მომატებაც. უშუალოდ ზურბუშელის ელემენტის ძვრის დაწყებისთანავე დაწოლა მკვეთრად ეცემა ძვრის დამთავრებამდე, როდესაც იგი აღწევს თავისი მაქსიმალური მნიშვნე-



სურ. 55. ჰრის ძალის ცვალებადობის დიაგრამა.



სურ. 56. თავისუფალი კრა.



სურ. 57. ჰრის ძალის ცვალებადობის დიაგრამა ბრინჯაოს დამუშავების დროს.

ლობის დაახლოებით 60%. მეორე კრის დაწოლა კვლავ იზრდება ზურბუშელის შემდეგი ელემენტის მოჭრისთანავე და ა. შ. მიიღება კრის დაწოლის ტალღისებრი ცვალებადობა.

დიაგრამაზე მიღებული ტალღების სიგრძეები შეერთანდებიან საჭრისის მანძილს ზურბუშელის ერთი ელემენტის ძვრის განმავლობაში მრუდზე ტალღის სიგრძის მიხედვით შეიძლება ძვრის ელემენტის სიდიდეზე მსჯელობა.

მრუდის ცვალებადობა განსაკუთრებით ცხადად მიიღება ეგრეთ წოდებული თავისუფალი კრის დროს, როცა ზურბუშელა შორდება მხოლოდ ერთ სიბრტყეში და, მაშასადა-

მე, კრაში მონაწილეობას დებულობს საჭრისის მხოლოდ ერთი მჭრელი წიბო, მაგალითად მჭრელ წიბოს სიგრძეზე უფრო ნაკლები სივანის მქონე ნაკეთის რანდვის დროს (სურ. 56).

57-ე სურათის დიაგრამა მიღებულია ბრინჯაოს დამუშავებისას $V=0,2$ მ/წუთ სიჩქარით, ბურბუშელის $h=5$ მმ სივანისა და $a=0,5$ მმ სისქის დროს. ჩვენ გვაქვს ტიპური ძვრის ბურბუშელა მკაფიოდ გამოხატული ერთნაირი სიდიდის ცალკე ელემენტებით. ამ თანასწორობამ თავისი გამოსახულება ნახა მრუდზე: ამპლიტუდა და ნაბჯი მიღებულია აირიან განსაკუთრებით თანატონი.

თუ ყურადღებით დავაკვირდებით ყოველი მრუდის ამალგებს, შეგამჩნევთ მათ სწორხაზობრივობას უბანზე ამალგების დასაწყისიდან რომელიც P_1 წერტილამდე, რაც გვაფიქრებინებს ამ უბანზე დასამუშავებელ მასალაში დრეკადი დეფორმაციების არსებობის შესახებ, რომლებიც შემდეგ პლასტიკურში გადადიან P_2 წერტილის შესაბამის მომენტამდე, როდესაც ხდება ელემენტის ძვრა, რის შემდეგ ჰრის დაწოლა მკვეთრად ეცემა. ძვრის ელემენტის სიგრძის შესაბამისი α ტალღის სიგრძე, მოსახსენილი ფენის სისქის პარადაპირ პროპორციულია; ეს მდგომარეობა აღნიშნული იყო პროფ. ტიმეს მიერ და დასტურდება აგრეთვე ატკორის ცდების მონაცემებითაც. მსგავს ცვალებადობას დატვირთვაში ადგილი არა აქვს ან, ყოველ შემთხვევაში, მკვეთრად კლებულობს; განუწყვეტელი ბურბუშელის მოჭრის დროს. მასხასადამე, მუშაობის ყოველი რეჟიმი, რომელიც ხელს უწყობს განუწყვეტელი ბურბუშელის წარმოქმნას (რბილი დასამუშავებელი მასალა, ბურბუშელის მცირე სისქე, ჰრის დიდი სიჩქარეები და სხვ.), ამცირებს იარაღზე დატვირთვის ცვალებადობას და მით აუმჯობესებს დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხს.

მაგრამ მხოლოდ ამით არ იქნება უზრუნველყოფილი ჩარხისა და იარაღის მშვიდი მუშაობა; ამ უკანასკნელებს აქვთ თავისი საკუთარი რხევები, რომლებიც აგრეთვე ზღუდავენ მოწყობილობის საექსპლატაციო შესაძლებლობებს. ჩარხის, იარაღისა და ნაკეთის რხევადობა განსაკუთრებით სახიფათოა მაშინ, როდესაც მათი სიხშირე ერთმანეთს დაემთხვევა და ერთდროულად დამთხვევიან დატვირთვის სიხშირის ცვალებადობასაც; ამ შემთხვევაში მიიღება რეზონანსი, და მაშინ აუცილებელია ძალზე დიდი სერიოზული შედეგები, თუკი წინასწარ არ იქნა მიღებული სათანადო ზომები.

ჩარხის, იარაღის, ნაკეთისა და იარაღზე დატვირთვის ცვალებადობის ფაზები ამ ცოტა ხნის წინათ გამოყენებული მუშაობის შემცირებული რეჟიმის დროს არ ემთხვეოდნენ ერთმანეთს, და ამიტომ მსგავსი მოვლენების სპეციალური შესწავლა მინცდამინც დიდ საჭიროებას არ წარმოადგენს.

და მხოლოდ უკანასკნელ ხანებში, მაღალწარმადოვანი სალი შენადნობის გამოყენების შემდეგ, რომლებიც განსაკუთრებით ჰრის დიდ სიჩქარეებს უშეგბენ და, მასხასადამე, იძლევიან იარაღზე მოქმედ დატვირთვითა დიდი რხევების სიხშირეს, რომლებიც ჩარხის საკუთარ რხევების სიხშირეს უახლოვდებიან, დაისვა საკითხი აღნიშნულ მოვლენათა გულდასმით შესწავლის შესახებ.

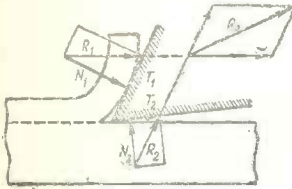
§ 20. საჭრისზე მოქმედი ძალების მიმართულება

ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც წინა წახნაგისადმი ნორმალურად მოქმედი N_1 ძალა, რომელიც იწვევს წინა წახნაგის გასწვრივ მოქმედ T_1 ხახუნის ძალას (სურ. 58). მეორე მხრით დასამუშავებელი მასალა აწვებს საჭრისის უკანა წახნაგს ამ უკანასკნელისადმი ნორმალური რაღაც N_2 ძალით, რომელიც ერთდროულად იწვევს უკანა წახნაგის გასწვრივ მოქმედ T_2 ხახუნის ძალას თუ შევკრებთ ყველა ამ ძალას, მივიღებთ საჭრისზე მიყენებულ ყველა ძალის R_0 ტოლქმედს.

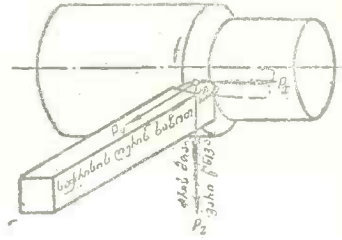
58-ე სურათზე გამოსახული საჭრისი წარმოდგენილია მჭრელი წიბოსადმი პერპენდიკულარული სიბრტყით მიღებულ კრილში, რომელზე დაახლოებით ემთხვევა ბურბუშე-

ლის მოცილების მიმართულებას; მამასადამე, 58-ე სურათზე ნაჩვენებია ძალებიც, აგრეთვე, მოქმედებენ ამ სიბრტყეში, სინამდვილეში კი საკმე ცოტა სხვანაირადაა: ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე წარმოადგენს რაღაც ძალას, რომელიც მთელ რიგ პირობებთან დაკავშირებით სხვადასხვანაირადაა მიმართული სივრცეში. R_0 ძალა შეიძლება ჩაეთვალოს, როგორც საჭრისზე მოქმედი ყველა ძალის რომელიღაც R ტოლქმედის გვემილიად მჭრელი წიბოსადმი პერპენდიკულარულ სიბრტყეზე.

R ტოლქმედი ჩვენ შეგვიძლია დავშალოთ სამ მდგენელად იმ მიმართულებებზე, რომლებიც ჭრის პროექციაში მუშაობის პირობების თვალსაზრისით ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი არიან. ეს მდგენელები გამოსახული არიან 59-ე სურათზე: P_x ძალა—მთავარი და სი-



სურ. 58. ძალები საჭრისზე.



სურ. 59. საჭრისზე ბურბუშელის დაშლა სამ მდგენელად.

დილით ყველაზე უფრო მეტია, მოქმედებს მთავარი მუშა მოძრაობის მიმართულებით და ეწოდება ვერტიკალური ანუ ტანგენციალური; მეორე ძალა— P_x , მიმართულია საჭრისის ღერძის ანუ ნაკეთის რადიუსის გასწვრივ, ეწოდება რადიალური ძალა, და მესამე ძალა— P_z , მოქმედებს მიწოდების მიმართულებით, ეწოდება ღერძული ანუ მიწოდების ძალა.

საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლის ყველა ეს მდგენელი იმდენადაა ჩვენთვის საინტერესო, რამდენადაც ისინი გავლენას ახდენენ ჩარხისა და იარაღის ექსპლოატაციის პირობებზე. ასე, მაგალითად, ჭრის სიჩქარის მიმართულებით მოქმედი P_x ტანგენციალური ძალა განსაზღვრავს ჩარხის შინდელზე საჭირო სიმძლავრისა და მგრეხავი მომენტის სიდიდეებს და წარმოადგენს ჩარხისა და იარაღის დამტვირთვე მთავარ ძალას. P_x მიწოდების ძალა მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ჩარხის მიწოდების მექანიზმის სიმტკიცეზე ანგარიშის დროს. რადიალური ძალა მისწრაფვის უკუვადოს საჭრისი ნაკეთიდან, შერეო. მხრივ კი საჭრისის რეაქცია, მოქმედებს რა ნაკეთზე, ხელს უწყობს ამ უკანასკნელში ვიბრაციების წარმოშობას მუშაობის პროცესში.

P_y და P_x ფარდობითი სიდიდეები მუშაობის ნორმალური რეჟიმის დროს P_x -თან შედარებით მცირენი არიან, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში მათ შეუძლიათ შიადწიონ ძალზე დიდ მნიშვნელობებს.

იეესკის ქარხნის¹ მონაცემებით თუჯის დამუშავების შემთხვევაში α ჭრის კუთხის 50° -დან 90° -მდე ზრდის დროს P_x მიწოდების ძალა აღწევს ათჯერად სიდიდეს. მივიღოთ პირობითი ერთეულად P_x მიწოდების ძალა, როცა $\alpha = 50^\circ$, თანმიღვერობით გვექნება:

α	50°	60°	70°	80°	90°
P_x	1	2	4,4	7,2	10,3

1 გ. ი. ნიკიტივი და ნ. ვ. ვინოგრადოვი, ღერძული ძალები სახარატო დამუშავების დროს „Станки и инструменты“ № 9, 1936.

P_x მიწოდების ძალა ნორმალურად აღესილი საჭრისების შემთხვევაში ჩვეულებრივ არ აღემატება P_x -ის 15—30%, მაგრამ თვალსაჩინოდ იზრდება მჭრელი ნაწილის დაწლუნგებისთანავე, და მისი სრული დარღვევის დროს კი P_x ძალა შეიძლება ძალზე დიდი გახდეს. უკანასკნელმა ვარგებობამ აიძულა ზოგიერთი მკვლევარი ერჩია ჩარხის მექანიზმის სიმქციის გამოანგარიშების დროს P_x გვერდითი ძალა ჩაეთვალათ P_x ვერტიკალურის ტოლად.

რადიალური და გვერდითი ძალების ფართობითი სიდიდეების ცვლა შეიძლება მთელ რიგ სხვა ფაქტორებითაც მოხდეს. ასე, მუდმივი f კვეთის ბურბუშელის აღების დროს λ კრის სიღრმის ზრდა λ მიწოდების ხარჯზე ხელს უწყობს P_x გვერდითი ძალის ზრდას და P_y რადიალურის შემცირებას და, პირიქით. მრუდხაზოვანი მჭრელი წიბოიანი საჭრისებით მუშაობის შემთხვევაში P_x ნაკლებია, ვიდრე სწორხაზობრივი საჭრისების დროს. φ კუთხის გეგმაში ზრდასთან ერთად P_x მატულობს, P_y კი კლებულობს და, პირიქით. რადიალური და გვერდითი ძალების R ტოლქმედი მდებარეობს გეგმის სიბრტყეში (სურ. 60) მჭრელი წიბოსადმი პერპენდიკულარულად. მაშინ P_x , P_y , R სიდიდეებსა და φ კუთხეს შორის ადგილი ექნება შემდეგ შეფარდებას:

$$P_y = R \cdot \cos \varphi; \quad P_x = R \cdot \sin \varphi;$$

$\varphi = 0^\circ$ შემთხვევაში

$$P_y = \max; \quad P_x = 0$$

$\varphi = 90^\circ$ შემთხვევაში

$$P_y = 0; \quad P_x = \max.$$

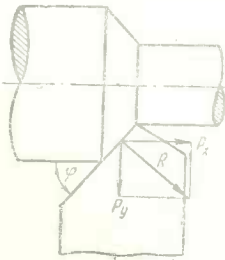
მართალია, ეს მათემატიკური გამოყვანა ზუსტად არ ეთანხმება ექსპერიმენტალურ მონაცემებს. იეჟეკის ქარხნის ცდების მიხედვით, P_x მიწოდების ძალა ფოლადის დამუშავების დროს პროპორციულია φ კუთხისა გეგმაში და არა $\sin \varphi$ -სა:

$$P_x = \text{const } \varphi;$$

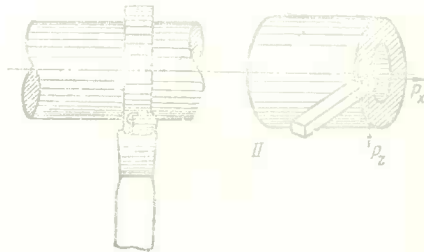
თუჯის დამუშავების დროს

$$P_x = \text{const } \varphi^2$$

ყოველ შემთხვევაში, რაღაც მიახლოებითი კანონზომიერება საერთოდ დაცულია. მაგალითად, რგოლის დამუშავების დროს თავისუფალი კრის შემთხვევაში (სურ. 61) მიწო-



სურ. 60. გეგმის სიბრტყეში მოქმედი კრის ძალები.



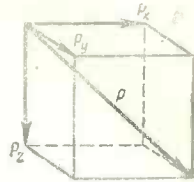
სურ. 61. კრის ძალების მდგენელების მიმართულა რგოლისა და ტორსის დამუშავების დროს.

დების ძალა $P_x = 0$, თუ მჭრელი წიბო ჰორიზონტალურად მდებარეობს ($\varphi = 0$ და $\lambda = 0$), და, პირიქით, მილის დამუშავების დროს, როცა $\varphi = 90^\circ$ (სურ. 61 II) რადიალური ძალა $P_y = C$.

პრაქტიკაში დიდი ხანია შემენეულია, რომ საჭრისი მით უფრო მშვიდად მუშაობს, რაც უფრო დიდი აქვს ფ კუთხე გვერდში; ეს, ცხადია, დაკავშირებულია რადიალური ძალის შემცირებასთან, რომელიც, როგორც უკვე აღნიშნული იყო, ხელს უწყობს ცახცახის წარმოშობას.

ამიტომაც, სახარტო ჩარხის ცენტრებში ჩამაგრებული გრძელი და შედარებით წვრილი ნაკეთების დამუშავების დროს გვირგვინ ისეთი საჭრისების გამოყენებას, რომელთა ფ კუთხე გვერდში უახლოვდება 90°.

ტლანქად დამუშავების დროს, როდესაც აიღება მსხვილი ბურბუშელო, P_x და P_y ფარდობითი სიღრდეები უმნიშვნელონი არიან და ტანგენციალური ძალის სიდიდე მცირედ განსხვავდება ყველა ძალის ტოლქმედისაგან. მართლაც, ურთიერთ მართობულად მდებარე სამი ძალის ტოლქმედი შეიძლება გამოვსახოთ ამ სამ ძალაზე აგებული პარალელებიპედის დიაგონალით (სურ. 62).



სურ. 62. ძალთა პარალელეპიპედი.

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

რადგან საშუალოდ

$$P_y = \frac{1}{3} P; \quad P_z = \frac{1}{4} P_x$$

ამიტომ

$$P = \sqrt{P_x^2 + \left(\frac{1}{3} P_x\right)^2 + \left(\frac{1}{4} P_x\right)^2} = P_x \sqrt{1,17}$$

$$P = 1,08 P_x.$$

V. უმთავრესი ფაქტორების გავლენა ჭრის დაწოლის სიღრმეზე

§ 21. ზოგადი მოსაზრებანი

ჭრის თეორიის არც ერთ საკითხს არ განუცდია ესოდენ ვოველმხრივი დამუშავება, როგორც განიცადა განსახილველი თავის თემამ. სხვადასხვა ფაქტორზე ჭრის წნევის დამოკიდებულების შესწავლაზე მრავალრიცხოვანი მკვლევარების მიერ დახარჯულია დიდი სახსრები და ბევრი დრო; ჭრით დამუშავების სხვა რომელიმე დარგთან შედარებით, აქ შეიძლება დაინახოთ როგორც ექსპერიმენტების მეთოდების, ისე ამყადალ დიდ ტექნიკურ სრულყოფილობას მიღწეული სპეციალური საზომი აპარატურის დიდი სიუხვე. და მაინც, მიუხედავად უკანასკნელი წლების დიდი მიღწევებისა, არ შევიძლია ვთქვათ, რომ განსახილველი საკითხი საკმარისად შესწავლილი და ყოველმხრივ გაშუქებული იყოს; დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობის ზოგიერთი პრობლემა დღესაც საჭიროებს გადაწყვეტას, რადგან მათ სხვადასხვა ექსპერიმენტატორის შრომებში არა აქვთ ერთნაირი შეფასება. დიდი განსხვავებები, რომლებსაც ვამჩნევთ ექსპერიმენტორების შედეგებში, აიხსნებათ თვით ჭრის პროცესის სირთულით, და აგრეთვე მის გამოყვევასთან დაკავშირებული სიმძლეებით; ძნელია ექსპერიმენტორების დროს სრული იდენტურობის მიღწევა ისეთთ მნიშვნელოვანი ფაქტორების მიმართ, როგორც არიან:

1) დასაძუშვებელი მისალა (ქიმიური შემადგენლობა და ფიზიკური აგებულება, რომლებიც საზღვრევენ მის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს და უნარს დამუშავებისადმი);

2) მჭრელი იარაღი (მისალის ხარისხი და თერმული დამუშავება, იარაღის ფორმა და მჭრელი წიბოს იდგომარეობა);

3) მოწყობილობა (ჩარხის სიხისტე, გამოყენებული უნივერსალური და სპეციალური საზომი აპარატურის სისუსტე).

აი, რატომ აქვს ხოლმე ხშირად ადგილი ჭრის თეორიაში ერთი და იგივე კანონზომიერების გამოსახვას სხვადასხვა მათემატიკური ფორმულით;

ისინი სრულად გამოსახვენ როგორც მეთოდების სპეციფიკას, ისე სხვადასხვა მკვლევარის ექსპერიმენტირების ტექნიკას და აგრეთვე ყოველი ექსპერიმენტატორის მიზანდასახულებას.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ბურბუშელის დაწოლას საჭრისზე შემდეგ მთავარ ფაქტორებთან დაკავშირებით:

- 1) დასამუშავებელ მასალაზე,
- 2) ლითონის მოსახსნელი ფენის ზომაზე,
- 3) საჭრისის ფორმაზე და მის მასალაზე,
- 4) ჭრის სიჩქარეზე
- 5) გააზიერება-გაცივებაზე და სხვ.

§ 22. ჭრის დაწოლა დასამუშავებელი მასალის მიხედვით

წინათ უკვე აღნიშნული იყო, რომ ბურბუშელის მოხსნაზე დახარჯული მუშაობა მისი: 1) ბურბუშელის დეფორმაციაზე, 2) უშუალოდ ჭრაზე და 3) საჭრისზე ბურბუშელისა და დასამუშავებელი მასალის ხახუნის ძალების დაძლევაზე. ექვს გარეშეა, რომ პირველი ორი მუშაობის სიდიდე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული დასამუშავებელი მასალის სიმტკიცის განსაზღვრულ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე.

შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ლითონი მით უფრო მტკიცეა, რაც უფრო უკეთესად ეწინააღმდეგება იგი იმ ძალებს, რომლებიც მასში იწვევენ გაჭიმვას, კუმშვას, ლუნვასა და გრვებას. მასთან ლითონზე მოქმედი ძალები იწვევენ მასში დრეკად და პლასტიკურ დეფორმაციებს (გავისხნოთ, რომ დრეკადი ეწოდება ისეთ დეფორმაციას, რომელიც ჭრება ძალის მოქმედების დამთავრების შემდეგ, პლასტიკური კი— დეფორმაციას, რომელიც რჩება ძალის მოქმედების დამთავრების შემდეგაც; მას ხშირად ნარჩენ დეფორმაციას უწოდებენ). ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ ლითონის სიმტკიცე განისაზღვრება მისი დრეკადი და პლასტიკური თვისებებით და, ცხადია, ამავე თვისებებით დიდად განისაზღვრება აგრეთვე ჭრის დაწოლის სიდიდეც.

პროფ. ი. ა. ოდინჯი თვის შრომაში „ლითონების პლასტიკური დეფორმაციის შესახებ გაჭიმვის დროს“ მიიღის იმ დასკვნამდე, რომ დეფორმაცია მიმდინარეობს გეომეტრიული პროგრესიის კანონის მიხედვით, ე. ი. დატვირთვის ყოველი კილოგრამით ლითონის დეფორმაცია იცვლება განსაზღვრული ხარისხით.

ლითონების ჭრით დამუშავების დროს, როდესაც ბურბუშელა განიცდის პლასტიკურ დეფორმაციას მნიშვნელოვანი სიჩქარით, ლითონის ჭრისადმი წინააღმდეგობა, ცხადია, მით უფრო მეტი იქნება, რაც უფრო პლასტიკურია მასალა და ამავე დროს, რაც უფრო მეტი უნარი აქვს მას ცივადჭედვისადმი (აქვს სწრაფი განმტკიცების უნარი). ასე, პლასტიკურ არაზაგნითურ ფოლადს დიდი მიდრეკილება აქვს ცივადჭედვისადმი; უკვე შედარებით მცირე დეფორმაცია იწვევს ამ მასალის დიდ სიხისტეს და, მაშასადამე, ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე ძალზე დიდი უნდა იყოს (იხ. ცხრილი 6). სულ სხვანაირად იქცევა სპილენძი; აქვს რა დიდი პლასტიკურობა, იგი დეფორმაციის დროს შედარებით მცირედ კარგავს ამ თვისებას და ამიტომ ჭრის ძალა აღწევს უმნიშვნელო სიდიდეს.

აგრეთვე შედარებით ჭრის მცირე ძალას აქვს ადგილი თუჯისა და ბრინჯაოს დამუშავების დროს, რადგან გაწყვეტისადმი მცირე წინააღმდეგობის გარდა, ამ მასალებში მცირე ბურბუშელას თითქმის არა აქვს პლასტიკური დეფორმაცია.

დასამუშავებელი მასალის ის თვისება, რომელიც გამოიხატება ჭრისადმი მის მიერ წინააღმდეგობის გაწევაში, გაიზომება ჭრის კოეფიციენტით, ე. ი. ჭრისადმი წინააღმდეგობით, რომელიც მოდის ლითონის მოსახსნელი ფენის განივი კვეთის 1 მმ² ფართზე განსაზღვრული პირობების დროს (OCT 6893);

ჭრის სიღრმე $t = 5$ მმ კუთხე გეგმაში $\varphi = 45^\circ$
 მიწოდება $s = 1$ მმ/ბრ. მუშაობა გაუზუთავად
 ჭრის კუთხე $\beta = 75^\circ$

საჭრისის მჭრელი წიბო—სწორხაზობრივია, პორიზონტალური, წვერო მომრგვალებულია $r = 1$ მმ რადიუსით.

ცხადია, ყველა ამ პირობების დროს ჭრის კოეფიციენტი განსაზღვრული მასალისათვის უნდა იყოს მუდმივი სიდიდის.

პრაქტიკულად უფრო მონერგებულია ჭრის კოეფიციენტის განსაზღვრა როგორც ჭრის ძალის $t = 1$ მმ და $s = 1$ მმ/ბრ. დროს, რადგან ამით უფრო უკეთესადაა უზრუნველყოფილი ჭრის დაწოლის ანგარიში. ჩვეულებრივ ჭრის დაწოლას C_p -თი აღნიშნავენ.

არ შეიძლება C_p ჭრის კოეფიციენტის ცნების არევა p ჭრის ხვედრითი დაწოლის ცნებასთან. p ჭრის ხვედრით დაწოლად მიღებულია ჩაითვალოს ჭრის დაწოლა, რომელიც მოდის ლითონის მოსახსნელ ფენის განივი კვეთის 1 მმ² ზე. ამ უკანასკნელის ნებისმიერ ზომისა და ნებისმიერი რეჟიმის დროს: p მიიღება როგორც განაყოფი P_s დაწოლი-სა ლითონის მოსახსნელი ფენის განივი კვეთის f ფართობზე:

$$p = \frac{P_s}{f} \text{ კგ/მმ}^2.$$

C_p ჭრის კოეფიციენტისაგან განსხვავებით p ჭრის ხვედრითი დაწოლა წარმოადგენს ცვალებად სიდიდეს და დამოკიდებულია, როგორც ამას ქვემოთ დავინახავთ, მოსახსნელი ბურთუშელის ზომაზე და მთელ რიგ სხვა პირობებზე.

გასაგებია, რომ ლითონის წინაღობა ჭრისადმი ყველაზე უფრო დახასიათდება ჭრის კოეფიციენტის სიდიდით. მე-6 ცხრილში მოყვანილია ავტორის მიერ მიღებული ზოგიერთი ფოლადის ჭრის კოეფიციენტები და მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დამახასიათებელი მონაცემები.

ჭრის კოეფიციენტი ყოველი ლითონისათვის წარმოადგენს მექანიკური თვისებებისა და მასალის სტრუქტურის კომპლექსის ფუნქციას. ამიტომ უნაყოფოა მრავალი ავტორის ცდა მოკვეცნ მისი დამოკიდებულება ლითონის ყველა ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მხოლოდ ერთ ან ორ მექანიკურ თვისებაზე.

ცხრილი 6

№-ს რიგზე	დასამუშავებელი მასალა	დროებითი წინაღობა გაჭიმვაზე σ_H კგ/მმ ²	პროპორციულობის ზღვარი σ_p კგ/მმ ²	ფარდობითი წაგრძელება ϵ %	ფარდობითი კუმშვა ψ %	სისალე ბრინელის მისვლ-ვით H_B კგ/მმ ²	ჭრის კოეფიციენტი C_p კგ/მმ ²
1	ფოლადი	37,6	20,1	36,5	—	100	140
2	ფოლადი	51,5	20,3	23	54	156	180
3	ფოლადი	80,7	45,8	14,2	30,4	242	260
4	არამაგნიტური ფოლ	80	38,6	31	66	178	310

ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე პროფ. გლებოვმა გამოიყვანა ფორმულა-
 დისათვის C_p -ს შემდეგი დამოკიდებულება σ_B გაწყვეტისადმი დროებითი წინაღობაზე და
 მ ფარდობით წაგრძელებაზე

$$C_p = 0,07 \sigma_B (30 + \epsilon) \quad (3)$$

პროფ. გლებოვის ფორმულებით მიღებული C_p -ს მნიშვნელობები ძალიან ახლოა ავ-
 ტორის მიერ ცდებით მიღებულ მონაცემებთან (იხ. ცხრილი 7).

ყველაზე უფრო დიდი გადახრები მიიღება განსაკუთრებით ბლანტი მასალებისათვის.

§ 5. 3.4.ის დაწვრილი ლითონის ასაღები ჯანის მიხედვით

ამ საკითხს მიძღვნილი აქვს პირველი საგამოკვლევო შრომები ლითონის ჭრის
 დარგში. პროფ. ტიმე, საენი და სხვ. თავიანთი ცდების მონაცემების საფუძველზე
 იღებდნენ საჭრისზე ბურბუშელის P_x დაწვრილ f განივი კვეთის ფართობის პროპორ-
 ციულს და გამოსახავდნენ ამას მარტივი განტოლებებით:

$$P_x = C_p \cdot f \quad (4)$$

ამ შემთხვევაში C_p ჭრის კოეფიციენტი მუდმივი სიდიდეა, დამოკიდებული დასამუ-
 შავებელ მასალაზე.

აქედან შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ p ჭრის ხვედრითი დაწვრილი, ე. ი. საჭრის-
 ზე ბურბუშელის დაწვრილი, რომელიც მოდის ასაღები ფენის განივი კვეთის 1 მმ²-ზე, მუდ-
 მივი სიდიდეა და უდრის C_p ჭრის კოეფიციენტს, რადგან

$$P = \frac{P_x}{f} = \frac{C_p \cdot f}{f} = C_p.$$

ეს არასწორი დაშვება შეიძლება მიღებულ იქნას გამარტივების მიზნით, მხოლოდ
 ძალზე მიახლოებული გამოანგარიშებისათვის. მსგავსი გამოანგარიშების შედეგები ცალკეულ
 შემთხვევებში შეიძლება ძალზე დიდად განსხვავდებოდნენ იარაღზე დატვირთვის ნამდვილ
 მნიშვნელობისაგან. ზუსტი საზომი იარაღით ჩატარებულმა უფრო გვიანმა გამოკვლევებმა
 დაგვიანავენ, რომ ლითონის ასაღები ფენის განივი კვეთის ფართობის ზრდასთან ერთად
 ჭრის დაწვრილი უფრო ნელა იზრდება, ვიდრე ბურბუშელის განივი კვეთი.

ზოგიერთი მკვლევარი იძლევა f -საგან P_x -ის დამოკიდებულებას შემდეგი სახის
 ფორმულით:

$$P_x = C_p f^p \text{ კგ,} \quad (5)$$

სადაც ხარისხის მაჩვენებელი p ცვლადი სიდიდეა სხვადასხვა ლითონისათვის. C_p და
 p -ს მნიშვნელობები მოცემულია მე-7 ცხრილში.

მაგრამ ეს ფორმულა, უფრო
 სწორედ რომ ვთქვათ, არ გამო-
 სახავს საენებით ჭრის პროცესში
 წარმოშობილ ფიზიკურ-მექანიკურ
 მოვლენებს, და ამიტომ მას არ
 შეუძლია საენებით საკმაო სიზუს-
 ტის მოცემის დაჩვენება. ბურბუშე-
 ლის წარმოქმნის თეორიიდან ჩვენ
 უკვე ვიცით, რომ ბურბუშელის
 სტრუქტურის ცვალებადობა აისი

ც ხ რ ი ლ 7
 №1 და 21 მნიშვნელობები

№1 რიგზე	დასამუშავებელი მასალა	C_p	p
1	მარტენის ფოლადი $\sigma_B = 50-60$ კგ/მმ ²	160	0,872
2	ქრომონიკელინი	241	0,9
3	საშუალო სისალის თუჯი	95,5	0,865
4	თითბერი	70	0,853
5	ელ. ტრონი	23,8	0,43

კეთის სხვადასხვა უბანზე არაა ერთნაირი. მოსახსნელი ბურბუშელის ფენების საჭრისის წინა წანაგიდან მოშორებისთანავე დეფორმაცია კლებულობს და თუკი თხელი ბურბუშელა გამჭოლადაა დეფორმირებული, სამაგიეროდ სქელ ბურბუშელაში შეიძლება აღმოჩნდეს დეფორმაციით სუსტად მოცული ფენები. დეფორმირების პირობები ბურბუშელის სიგანის მიმართულებით შედარებით მისი სისქის მიმართულებასთან უფრო შეზღუდულია ბურბუშელისა და საჭრისის შორის ხაზუნის არსებობის გამო.

ბურბუშელის სახე შეიძლება შეიცვალოს მიწოდებასთან დაკავშირებით, მასთან შეიცვლება მისი დეფორმირების პირობებიც.

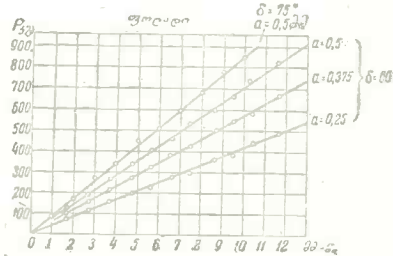
ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება ჩაითვალოს, რომ ჭრის წინააღმდეგობის თეორიული სიდიდე მთლიანად ბურბუშელის განივკვეთის f ფართის ფუნქცია კი არ არის, არამედ იგი ფუნქციაა ცალ-ცალკე ბურბუშელის სიგანისა და სისქისა ანდა ჭრის სიღრმისა და მიწოდებისა.

§ 24. ჭრის ღაწვალა ჭრის სიღრმისა და მიწოდების მიხედვით

ერთ-ერთ ყველაზე უფრო სერიოზულ გამოკვლევას ბურბუშელის b სიგანისა და a სისქეზე ჭრის ძალის დამოკიდებულების შესახებ წარმოადგენს ინჟ. ჩელუსტკინის მუშაობა, ჩატარებული მის მიერ ლენინგრადის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში 1922—1924 წლებში. სერიოზული ყურადღების ღირსია როგორც ჩელუსტკინის დასკვნები, ისე თვით გამოკვლევების მეთოდი, რომელიც კარგადაა გადმოცემული ჩელუსტკინის წიგნში „ბურბუშელის ზომების გაგლემა ლითონების ჭრის ძალაზე“.

ცდების პირველი სერია წარმოებდა ცვალებადი b სიგანის ბურბუშელის მოკრით a სისქის მნიშვნელობების მუდმივობის დროს, რომლებიც თანმიმდევრობით ტოლი იყვნენ $a_1 = 0,25$, $a_2 = 0,375$ და $a_3 = 0,5$ მმ; ამავე დროს კუთხე გეგმაში $\varphi = 30^\circ$ და ჭრის კუთხე $\delta = 60^\circ$ და $\delta = 75^\circ$. ამ ცდების საფუძველზე აგებულ იქნა მართკუთხა კოორდინატებში $P_x - b$ დამოკიდებულების გრაფიკები, სადაც ახსისთა ღერძზე გადადებულ იქნა b -ს მნიშვნელობები, ორდინატთა ღერძზე კი $-P_x$ სათანადო მნიშვნელობები.

გრაფიკულად $P_x - b$ დამოკიდებულება გამოისახება (სურ. 63) კოორდინატების დასაწყისში გამავალი სწორი ხაზების სახით. მაშასადამე, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ P_x ჭრის ძალა იცვლება b ბურბუშელის პირდაპირ პროპორციულად, ე. ი.



სურ. 63. ბურბუშელის სიგანის გაგლემა ჭრის ძალაზე (ჩელუსტკინის მიხედვით)

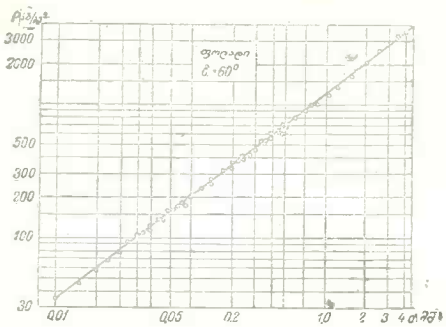
$$P_x = K_0 \cdot b, \quad (6)$$

სადაც K_0 წარმოადგენს რომელიმე კოეფიციენტს, დამოკიდებულს ჭრის ძალაზე გავლენის მომხდენ ყველა სხვა ფაქტორებზე, და მოცემული მასალისათვის ცდების განსაზღვრული პირობების დროს არის მუდმივი სიდიდე.

ჩელუსტკინის მონაცემების მიხედვით (6) განტოლებით გამოსახული, კანონზომიერება ძალაში რჩება ისეთი სხვადასხვაგვაროვანი მასალების დამუშავების დროს, როგორცაა ფოლადი თუჯი და ბრინჯაო.

ცდების მეორე სერია წარმოებული იქნა მუდმივი სივანის ბურბუშელის მოკროთ, მაგრამ a სისქის ცვალებადი მნიშვნელობის დროს. მასთან a -დგან P_r -ის დამოკიდებულების გრაფიკი, აგებული P_r - a ჩვეულებრივი კოორდინატთა სისტემაში, მიღებულ იქნა მრუდის სახით.

P_r - a მათემატიკური დამოკიდებულების განსაზღვრისათვის, ჩელუსტკინმა იგი გამოსახა ლოგარითული სისტემის კოორდინატებში, სადაც აბსცისთა ღერძზე გადაღებულია a ს მნიშვნელობის ლოგარითიმები, ორდინატთა ღერძზე კი P_r -ს მნიშვნელობის ლოგარითიმები. ამ დროს მიღებული სწორი ხაზი (სურ. 64) გამოისატება საერთო სახის განტოლებით: $y = c + nx$. ჩვენ შემთხვევაში: $y = \lg P_r$, $x = \lg a$, $\lg K_0 = C = \text{const}$ საწყისი ორდინატა და n —სწორი ხაზის დახრის კუთხის ტანგენსი.



სურ. 64. ბურბუშელის სისქის გავლენა ჭრის ძალაზე (ჩელუსტკინის მიხედვით).

მაშასადამე, მიღებული პირდაპირი დამოკიდებულება P_r - a ლოგარითული სისტემის კოორდინატებში გამოისატება განტოლებით:

მაშასადამე, მიღებული პირდაპირი დამოკიდებულება P_r - a ლოგარითული სისტემის კოორდინატებში გამოისატება განტოლებით:

$$\lg P_r = \lg K_0' + n \cdot \lg a \quad (7)$$

რადგან დიაგრამაზე (სურ. 64) აბსცისთა და ორდინატთა ღერძებზე გადაღებულია a და P_r ლოგარითიმები, სკალეებზე კი აღნიშნულია მათი ნამდვილი მნიშვნელობები, ამიტომ თუ მოვახდენთ (7) განტოლების პოტენციურებას, მივიღებთ:

$$P_r = K_0' \cdot a^n.$$

ამის შედეგად P_r ჭრის ძალის ცვალებადობის კანონზომიერებას ბურბუშელის b სივანისა და a სისქის მიხედვით ჩელუსტკინი გამოსახავს საერთო სახის ფუნქციით:

$$P_r = C_p \cdot b \cdot a^n, \quad (8)$$

სადაც C_p და n —დასამუშავებელი მასალის გვარობაზე დამოკიდებული მუდმივებია. ფოლადისა და თუჯისათვის n ხარისხის მაჩვენებლის მნიშვნელობის მცირე განსხვავების გამო, ჩელუსტკინი შესაძლოდ თვლის მათ შეცვლას $n=0,75$ საშუალო მნიშვნელობით.

ამ შემთხვევაში (8) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$P_r = C_p \cdot b \cdot a^{0,75} \quad (9)$$

ახლა ძნელი არაა P ჭრის ძალა გამოვსახოთ როგორც ჭრის სიღრმისა და s მიოდების ფუნქცია, რაც უფრო მოხერხებულია პრაქტიკული გამოანგარიშების დროს. რადგან:

$$a = s \cdot \sin \varphi \quad \text{და} \quad b = \frac{f}{\sin \varphi}$$

სადაც φ — კუთხვა გეგმაში; ამიტომ, თუ ჩავყავით a და b (11) განტოლებაში, მივიღებთ:

$$P_x = \frac{C_p \cdot t \cdot \sin^{0,75} \varphi}{\sin \varphi} = \frac{C_p \cdot t \cdot \sin^{0,75}}{\sin^{1,0,25} \varphi},$$

როცა $\varphi = 90^\circ$

$$P_x = C_p \cdot t \cdot \sin^{0,75} \quad (10)$$

შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ (9) განტოლება საკმაოდ ზუსტად გამოსახავს ჭრის დაწოლის ცვლებადობის კანონზომიერებას ჭრის სიღრმისა და მიწოდების მიხედვით. მართალია, ეს ფორმულა (5) ფორმულასთან შედარებით უფრო რთულია გამოანგარიშებისათვის, მაგრამ საინჟინერო უფრო სწორად ასახავს ჭრის პროცესში ბურბუშელაში წარმოშობილ ფიზიკურ-მექანიკური მოვლენების დეტალებს. მასთან, საამქროებისა და სახელოსნოების მუშაკებისათვის ცნება t ჭრის სიღრმეზე და s მიწოდებაზე უფრო ახლოა, ვიდრე ბურბუშელის f კვეთის ფართობის შესახებ.

მრუდხაზოვანი მჭრელი წიბოიანი საქრისებისათვის ზოგიერთი მკვლევარი იძლევა t და s -ზე P_x -ის ასეთივე ტიპის დამოკიდებულებებს განტოლებების სახით:

ფოლადისათვის:

$$P_x = C_p \cdot t \cdot s^{0,68} \quad (11)$$

თუჯისათვის:

$$P_x = C_p \cdot t^{0,83} \cdot s^{0,75} \quad (12)$$

როგორც ვხედავთ, t და s -ის ხარისხის მაჩვენებლები განსხვავდებიან ჩელუსტინის მიერ მიღებული ხარისხის მაჩვენებლებისაგან. (11) და (12) განტოლებებით გამოანგარიშებული ჭრის ძალები იძლევიან რამდენიმედ გადიდებულ მნიშვნელობებს. ეს აიხსნება ბურბუშელის უფრო რთული დეფორმაციით მრუდხაზოვანი მჭრელი წიბოიანი საქრისის მუშაობის დროს, რადგან წიბოს სიმრუდე იწვევს ბურბუშელის შიგნით მასალის ნაწილაკების დიამეტრით გადაადგილებას.

ჩელუსტინის მონაცემების საწინააღმდეგოდ, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ მკაცრ პროპორციულობას P_x და t შორის ადგილი აქვს მხოლოდ ცალკეულ კერძო შემთხვევებში ზოგიერთი მასალისათვის და განსაზღვრული რეჟიმის დროს.

და მაინც, მიუხედავად ამისა, პრაქტიკულ ანგარიშისათვის შეიძლება მივიღოთ ჩელუსტინის ფორმულა, როგორც ყველაზე უფრო მარტივი და პრაქტიკისათვის საკმარისად ზუსტი შედეგების მომცემი.

ამჟამად, პრაქტიკული გამოანგარიშებისათვის სარგებლობენ Гиромаш-ის მონაცემებით.

მე-8 ცხრილში მოცემულია ჭრის კოეფიციენტებისა და t და s ხარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელობები, თანახმად ფორმულისა

$$P_x = C_p \cdot t^m \cdot s^p, \quad (13)$$

რომელიც დამუშავებულია Гиромаш და НКТП-ის ტექნიკური საბჭოს მიერ სსრკ სამეცნიერო კვლევითი ორგანოზაციების ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე.

მაგალითი. განესაზღვროთ ბურბუშელის დაწოლა საშუალო სისალის $\sigma_x = 55$ კგ/მმ² ჩეულბოივი ნაწიბრბადიანი ფოლადის დამუშავების დროს, როდესაც ჭრის სიღრმე $t = 55$ მმ და მიწოდება $s = 0,8$ მმ/ზრ. გვაქვს:

$$P_x = 165 \cdot 5 \cdot 0,8^{0,75} \approx 700 \text{ კგ.}$$

ცხრილი 8

C_p, x_p, y_p მნიშვნელობები

დასამუშავებელი მასალები	C_p კგ/მმ ²	x_p	y_p
ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი $\sigma_B = 45$ კგ/მმ ²	155	1	0,78
$\sigma_B = 55$ "	165	1	0,78
$\sigma_B = 65$ "	180	1	0,78
$\sigma_B = 75$ "	193	1	0,78
ქრომონიკელიანი ფოლადი $\sigma_B = 50 \div 60$	180	1	0,78
$\sigma_B = 70 \div 80$ "	220	1	0,78
$\sigma_B = 90 \div 100$ "	285	1	0,78
რუხი თუჯი $H_B = 155$ კგ/მმ ²	100	1	0,73
$H_B = 170$ "	107	1	0,73
$H_B = 190$ "	115	1	0,73
რბილი ქედადი თუჯი 210	120	1	0,80
მაგარი "	155	1	0,80
ბრინჯაო $\sigma_B = 30$ კგ/მმ ² -მდე	80	1	0,73
$\sigma_B \geq 30$	100	1	0,73
თითბერი $\sigma_B = 22 \div 36$ კგ/მმ ²	70	1	0,78
$\sigma_B = 36 \div 48$ "	85	1	0,78
ალუმინი $H_B = 60 \div 80$ კგ/მმ ²	40	1	0,80
$H_B = 80 \div 100$ "	60	1	0,80

ფაქტიურად ჭრის ძალები შეიძლება ანგარიშით მიღებულ ძალებზე 15 — 20%-ით ნაკლები იყვნენ.

ამას ადგილი აქვს მაშინ, როცა საჭრისი ალესილია შესრისებრად და მუშაობს ჭრის მნიშვნელოვანი სიჩქარით.

ჭრის კოეფიციენტების მნიშვნელობები მოცემულია ნორმალური სწორი წინა წახს-გოვანი საჭრისებისათვის, მაშინ როცა ამ უკანასკნელის ფორმას შეუძლია მნიშვნელოვანი გავლენა მოახდინოს საჭრისის დატვირთვაზე.

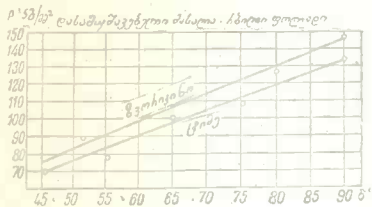
§ 26. ზრის დაწოლა ზრის კუთხისა და გვერდითი კუთხის მიხედვით

ბურბუშელის წარმოშობის თეორიიდან ცნობილია, რომ ზრის კუთხის ზრდასთან ერთად ძლიერდება ბურბუშელის დეფორმაცია; მაშასადამე უნდა გაიზარდოს მუშაობაც, რომელიც იხარჯება ამ დეფორმაციაზე. სოლის შეჭრა მასალაში მით უფრო ძნელდება, რაც უფრო დიდია სოლის კუთხე. ეს საეცებით დასტურდება მთელი რიგი გამოკვლევებით (ზვორიკინის, ჩელუსტკინის და სხვების) აგრეთვე საჭრისის მიმართაც. ზვორიკინისა და ტიმეს ცდების შედეგები რბილი ფოლადის დამუშავების დროს 65-ე სურათზე გამოსახულია სწორი ხაზის სახით, რომლებიც ავებული არიან მარტივ კოორდინატთა სისტემაში, სადაც აბსცისთა ღერძზე გადადებულია ზ კუთხის მნიშვნელობები და ორიდინატთა ღერძზე კი — ჭრის კუთხი დაწოლა.

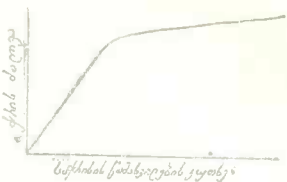
ჩვენ გვაქვს თხემის პირდაპირი პროპორციულობა β და δ შორის.

ცდები ჩატარებულ იქნა საჭრისზე β წამახვილების კუთხის მიხედვით დატვირთვის ცვალებადობის შესასწავლად. ამ ცდების შედეგები მოყვანილია დიაგრამაზე (სურ. 66). აქ β წამახვილების მცირე მნიშვნელობების ფარგლებში ჭრის ძალა მკვეთრად მატულობს β ზრდასთან ერთად, შემდეგ კი ამ მატების ხარისხი მნიშვნელოვნად კლებულობს.

ჩელუსტინი, როგორც თავისი საკუთარი ცდების, ისე ტიმეს, ზეორიკინის და სხვ. გამოკვლევათა მონაცემის საფუძველზე მივიდა დასკვნამდე: $\delta=60-90^\circ$ ფარგლებში P ჭრის დაწოლა შეიძლება ჩაეთვალოს δ ჭრის კუთხის პირდაპირ პროპორციულად. ამრიგად, თუ P_{75} მივიღებთ $\delta=75^\circ$ დროს პირობით ერთეულად, მაშინ δ კუთხის



სურ. 65. δ ჭრის კუთხის გავლენა P ჭრის ძალაზე ტიმეს და ზეორიკინის მიხედვით.



სურ. 66. β წამახვილების კუთხეზე P ჭრის ძალის დამოკიდებულების დიაგრამა.

ნებისმიერ სხვა მნიშვნელობის დროს P_{δ} ჭრის დაწოლა იქნება:

$$P_{\delta} = P_{75} \frac{\delta}{75} \text{ კმ.}$$

ამრიგად, (12) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$P_s = \frac{C_p \cdot t \cdot \sin^{0,75} \varphi \cdot \delta}{\sin^{0,25} \varphi \cdot 75} \quad (14)$$

ან

$$P_s = \frac{C_p \cdot t \cdot \sin^{0,75} \varphi \cdot \delta}{75}, \text{ როცა } \varphi = 90^\circ \quad (15)$$

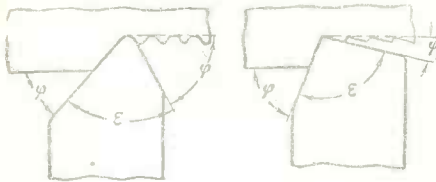
(14) და (15) განტოლებები შით უფრო არიან სწორნი, რომ t და δ -დან P_s დამოკიდებულების ხასიათი უცვლელი რჩება δ ნებისმიერ მნიშვნელობების დროს, ე. ი. (10) განტოლებაში t და δ -თან ხარისხის მაჩვენებლები უცვლელი რჩებიან ჭრის კუთხის მნიშვნელობის მიუხედავად.

(14) განტოლებიდან ჩანს, რომ, δ კუთხის გარდა, ჭრის დაწოლაზე გავლენა აქვს აგრეთვე φ კუთხის გეგმაში; საჭრისზე დატვირთვა იზრდება φ -ს შემცირებასთან ერთად და პირიქით. ეს გასაგებია: ბურბუშელის განსაზღვრული f კვეთის დროს φ კუთხის ცვლილასთან ერთად იცვლებიან აგრეთვე ბურბუშელის სისქისა და სივანის მნიშვნელობებიც, რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს ჭრისადმი წინააღმდეგობაზედაც.

მაგრამ მთელი რიგი ცდები აქ იძლევიან უფრო რთულ დამოკიდებულებას. ზოგიერთი მკვლევარი ვარაუდობს, რომ საჭრისზე P_s დატვირთვა მცირდება φ კუთხის მხოლოდ 45° -მდე ზრდასთან ერთად, $\varphi > 45^\circ$ დროს P_s ჭრის დაწოლა მატულობს φ -ს ზრდასთან ერთად. ამ მოვლენას, რომელიც ეწინააღმდეგება ჩვენ საერთო დასკვნას, ხსნიან შით, რომ φ კუთხის გეგმაში ზრდასთან ერთად, ჩვეულებრივ ამცირებენ φ_2 დამხმარე კუთხის გეგმაში, რათა ამით შეინარჩუნონ δ კუთხე წვეროსთან (სურ. 67) საჭრისის შესუტების თვიდან ასაცილებლად. ამით ნაკეთის ზედაპირზე მცირდება ნარჩენი სავარცხლები, მაშასადამე, ერთდროულად იზრდება ბურბუშელის ფაქტიური კვეთის ფართობი, და ამით კი დატვირთვა საჭრისზე. დატვირთვის გაზრდას ხელს უწყობს კიდევ ის, რომ

ფ დამხმარე კუთხის გვეგმაში შემცირებასთან ერთად მატულობს უფრო ნაკლებად ხელსაყრელ პირობებში მოწესრიგებულ დამხმარე მჭრელი წიბოს როლი.

ყოველ შემთხვევაში კრისადმი წინააღმდეგობაზე გვეგმაში კუთხის გავლენა უმინიმუმია, და პრაქტიკული გამოანგარიშების დროს, რომლებიც არ მოითხოვენ განსაკუთრებულ სინუსტეს, შეიძლება ის უფურადღებოთ დაეტოვოთ, მხოლოდ გვეგმაში პატარა კუთხიანი ($\varphi < 30^\circ$) საჭრისების მუშაობის დროს საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ ფ კუთხის გავლენა, რადგან ამ შემთხვევაში ბურბუშელის დეფორმაცია თვალსაჩინოდ რთულდება, რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს საჭრისის დატვირთვაზე. ეს დასტურდება ჩელუსტკინის (14) განტოლებითაც, სადაც წილადის მნიშვნელობაში შემავალი $\sin \alpha^{0,25}$ -ზე სიდიდე თვალსაჩინოდ გადახრება ერთიან.

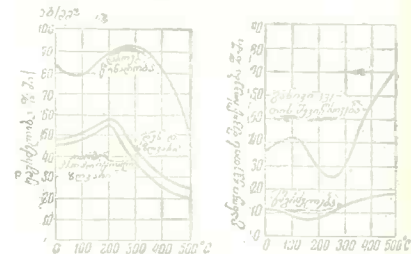


სურ. 67. საფარვლების ცვალებადობა გვეგმაში მთავარი და დამხმარე კუთხეების მიხედვით.

§ 26. ზრის დაწოლა ზრის სიჩქარის მიხედვით

საკითხი კრისადმი მასალის წინააღმდეგობაზე კრის სიჩქარის გავლენის შესახებ წარმოადგენდა მრავალი გამოკვლევისა და ექსპერიმენტის საგანს. საკითხის გადაწყვეტა კრის სიჩქარესთან დაკავშირებულ მოვლენათა ანალიზის საფუძველზე, სამწუხაროდ კოვლთვის არ ხერხდება. ასაღები ბურბუშელის დეფორმაციის ხარისხი დეფორმაციის სიჩქარის ზრდასთან ერთად უმკველად მცირდება, მაგრამ რა ხარისხით—ჯერ კიდევ უცნობია. აგრეთვე უცნობია თუ ეს რა გავლენას ახდენს საჭრისზე ბურბუშელის ხახუნის ძალაზე.

ერთი რამ უმკველია, რომ კრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად უნდა მოიმატოს მოსასწრაფი ბურბუშელის ტემპერატურამაც, მაშასადამე, უნდა შეიცვალოს მისი სისალე, და მასთან ერთად, კრისადმი წინააღმდეგობაც, მაგრამ ჯერ კიდევ არ არის შემწინეული მცადრი კანონზომიერება. დამტკიცებულია, მაგალითად, რომ მასალის სისალე 100° -მდე გაზურების დროს ოდნავ ეცემა, შემდეგ 300° -მდე გაზურების დროს მატულობს, უცვლელი რჩება 430° -მდე, და ტემპერატურის შემდგომ ზრდასთან ერთად ძალიან ეცემა. იცვლება მასალის სხვა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებიც, როგორც ან დროებითი წინააღმდეგობა, ან პროპორციულობის ზღვარი და ა. წაგრძელება (სურ. 68).



სურ. 68. ფოლადის მექანიკური თვისებების ცვალებადობა მაღალი ტემპერატურების დროს.

ამის საფუძველზე შეიძლება დავუშვათ, რომ კრის ზომიერი სიჩქარეების დროს ადგილი ექნება საჭრისზე დატვირთვის მსუბუქ რხევადობას და მხოლოდ კრის დიდი სიჩქარეების დროს, როდესაც ბურბუშელის ტემპერატურა $400-500^\circ\text{C}$ -ზე შევითა, კრის ძალიან უნდა შემცირდეს. და მართლაც, ტეილორის, ჩელუსტკინის და სხვ. ცდებმა დაგვანახებს, რომ $8-20$ მწუთ კრის მცირე სიჩქარეების ფარგლებში კრის ძალა თითქმის არ იცვლება.

ჭრის სიჩქარის შემდგომ ზრდასთან ერთად უნდა ველოდოდო ჭრის ძალის შემცირებას. ეს მოჩანს 69-ე სურათის დიაგრამიდან, რომელიც აგებულია ინფ. კლოკოვის ცდების მონაცემების მიხედვით; აქ ვამჩნევთ საჭრისზე დატვირთვის მნიშვნელოვან შემცირებას. იგივეს აქვს ადგილი ნაწრთობი ფოლადების დამუშავების დროს სალი შენადნის საჭრისებში. შეიძლება დავუშვათ, რომ ჭრის დიდი სიჩქარეებით მუშაობის დროს, ჭრის ძალა მცირდება არა მხოლოდ ძალზე გახურებული ბურბუშელის შერბილების გამო, არამედ საჭრისის წინა წანაგზე ღრმულის სწრაფი წარმოქმნის მიზეზითაც, რაც აადვილებს ბურბუშელის მოცილებას. ჭრის ძალზე მაღალი სიჩქარეების დროს, დატვირთვა საჭრისზე უნდა შემცირდეს ბურბუშელის დეფორმაციის შემცირების გამო.

§ 27. გაპოზირების გავლენა ჭრის დაწოლაზე

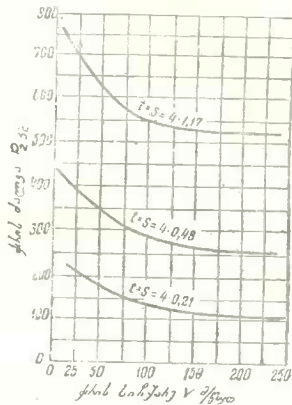
როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ჭრის მექანიკური მუშაობა მდგომარეობს არა მხოლოდ ბურბუშელის უშუალო მოშორებაში ნაკეთიდან, მისი ცალკეული ელემენტების დაშლაში და ამ ელემენტების დეფორმაციაში, არამედ დახუნის დაძლევაშიც საჭრისის, ბურბუშელის და დასამუშავებელი მასალის შორის. საჭრისზე ბურბუშელისა და ნაკეთის ხახუნის როლი ჭრის მუშაობის საერთო ხარჯში ჯერ კიდევ ზუსტად არ არის განსაზღვრული მაგრამ მის არსებით მნიშვნელობაზე მოწმობს ის ფაქტი, რომ იარაღის უხვად გაცივების დროს კარგად მაპოზირებული სითხით შესაძლო ხდებოდა. ხოლმე ჭრისადმი წინააღმდეგობის შემცირება 30%-ითა და კიდევ მეტად (45%-მდე ქანჩქრულეში).

ჭრისადმი წინააღმდეგობის შემცირება გაპოზირების გამოყენების დროს შეიძლება აიხსნას აგრეთვე ეგრეთ წოდებული „სისალის ადსორბირული შემცირებითაც“. ამ მოვლენის გამოკვლევის საფუძველზე საბჭოთა მეცნიერების პროფ. პ. ა. რეზინდერის და აკად. ი. ვ. გრებენშნიკოვის მიერ წამოყენებული იყო სხვადასხვაგვარი საწარმოო პროცესების გაადვილების ფიზიკურ-ქიმიური მართლები (მთის ქანების დაშლა, ლითონის ჭრა, ზედაპირების გაპოზირება და ა. შ.), საკმე იმაშია, რომ ნებისმიერი მყარი სხეულის ზედაპირს, რა გინდ იდეალურად არ უნდა დამუშავდეს იგი, აქვს ძალზე უმცირესი მიკრობზარები, რომლებზედაც სითხის თხელი ფენები ახდენენ „სოლისმაგვარ მოქმედებას“. ეს ეგრეთ წოდებული დისპერგირება, ე. ი. დაშლა, რომელიც იწყება ზედაპირიდან, შეიძლება გაძლიერებულ იქნას ზედაპირზე აქტიურად მოქმედი ნივთიერებების (ცხიმოვანი მჟავა, გოგირდი) მიმატებით. მასთან შემჩნეულია პლასტიკური ლითონის დენადობის აჩქარება; აქ თითქმის ადვილი აქვს თავისებურ შივა პოზირებას ლითონში წარმოშობილი სრილის სიბრტყეებში. ამის შედეგად მნიშვნელოვნად ადვილდება ჭრის პროცესი.

ამიტომ გასაგებია ის დიდი ყურადღება, რომელიც ექცევა პოზირების ტექნიკის ლითონების ჭრით დამუშავების დროს. მაპოზირებელი სითხით გაცივება იცავს იარაღს ნაადრევ დაზიანებისაგან, აუმჯობესებს დამუშავებული ზედაპირის გარე ხედს და ამცირებს ენერჯის ხარჯს.

ჭრის ძალა მით უფრო მცირდება, რაც უფრო მაღლა დგას სითხის პოზირების უნარი.

5. ლითონების ჭრა.



სურ. 69. ჭრის სიჩქარის გავლენა ჭრის ძალაზე (ინფ. კლოკოვი).

მე-9 ცხრილში მოყვანილია ციფრები რბილი ფოლადის დამუშავების დროს ჭრის კოეფიციენტის შემცირების შესახებ სხვადასხვა მაპოზიციონირებელი სითხეებისათვის, პროფ. სკაინის ცდების მონაცემების თანახმად. განსაკუთრებით დიდ ეფექტს ვლტებულობთ სელს ზეთით გაცივების დროს. ამიტომ ნაკეთის სუფთად დამუშავებისა ან ავტომატებზე მე-შაობის დროს, როცა საჭიროა ხოლმე გლუვი ზედაპირის მიღება და იარაღის მედეგობის ამაღლება, მიზანშეწონილია უხვი გაცივება მცენარეულის ზეთით.

ცდებმა დაგვანახვეს, რომ ჭრისადმი წინააღმდეგობის ცვალებადობის ხარისხი დამოკიდებულია არა მხოლოდ გამაცივებელი სითხის გვარობაზე, არამედ დასამუშავებელ მასალაზედაც, და აგრეთვე ასაღები ბურბუშელის ზომაზე (უფრო სწორედ, $\frac{f}{s}$ ფარდობაზე)

და კუთხეზე გეგმაში.

ცდების მონაცემებით მაპოზიციონირებელი სითხეებით გაცივების დროს ჭრის ძალა მით უფრო მცირდება, რაც:

- 1) უფრო რბილია დასამუშავებელი მასალა,
- 2) უფრო მეტია $\frac{f}{s}$ შეფარდება და ნაკლები f მნიშვნელობა.

ჩელუსტკინმა, პროფ. სკაინის მიერ ცდებით მიღებული მონაცემების საფუძველზე ააგო s -დან P_s -ის დამოკიდებულების გრაფიკი გააზოხით და გაუპოხავად მუშაობის დროს. ამ დროს P_s — შორის დამოკიდებულება ჩელუსტკინმა მიიღო მთელი რიგი პარალელური სწორი ხაზების სახით. ამრიგად, გაპოხვა გავლენას არ ახდენს P_s -ის დამოკიდებულების ხასიათზე s -ის მიხედვით, ე. ი. ხარისხის მაჩვენებელი ბურბუშელის სისქესთან (ამ სწორი ხაზების კუთხური კოეფიციენტის (ტოლი) განტოლებაში მუდმივი რჩება.

ანალოგიურ მდგომარეობას აქვს ადგილი t -ს მიხედვით P_s -ის დამოკიდებულების შემთხვევისთვისაც.

ამრიგად მაპოზიციონირებელი სითხეებით გაცივება ამცირებს საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლას, მაგრამ გავლენას არ ახდენს t ჭრის სიღრმისა და s მიწოდებისაგან ჭრის ძალის ცვალებადობის კანონზომიერებაზე. ეს ნიშნავს, რომ ჭრის ძალის დამოკიდებულება მასზე გავლენის მომხდენი ფაქტორებისაგან ერთნაირად სწორია როგორც გაპოხვით, ისე გაუპოხავად მუშაობისათვის.

ც ხ რ ი ლ ი 9

მაპოხვა-მაცივებელი სითხეების გავლენა ჭრის ძალაზე

№№ რიგზე	გამაცივებელი სითხე	ჭრის ძალის შემცირება %	შემცირების პროცენტით კოეფიციენტი
1	წყალი + სოდა	0	1
2	ემულსია	0—3	1—0,97
3	სამანქანო მინერალური ზეთი	12	0,88
4	საწვავი ზეთი (ნარკვი მცენარეულისა მინერალურთან)	19—22	0,81—0,78
5	სელის ზეთი	25—29	0,75—0,71

ამა თუ იმ სითხით გაცივების დროს საჭრისზე დატვირთვის შემცირების გათვალისწინებისათვის საჭიროა მისი სათანადო α შემცირების კოეფიციენტის შეტანა (14) ფორმულის მრიცხველში, მაშინ (14) განტოლებას ექნება შემდეგი სახე:

$$P_s = \frac{C_p \cdot t \cdot s^{0,75} \cdot \delta \cdot \alpha}{\sin 0,25\varphi \cdot 75} \text{ კგ} \quad (18)$$

§ 28. საპრისის ფორმისა და მასალის გავლენა პრის დაწოლაზე

ზემოთ მთელი რიგი შემთხვევისათვის ჩვენ გამოვარკვეით გეგმაში კუთხის, მჭრელი წი-
ლის მრუდსაზოგადოებისა და მისი მდგომარეობის გავლენა პრის მუშაობაზე; ჯერ ერთი, გეგ-
მაში კუთხის შემცირებასთან ერთად პრის ძალა რამდენიმედ იზრდება. მეორე, მრუდსა-
ზოგადოების წიბოიანი საპრისები მუშაობენ აგრეთვე რამდენიმედ მძიმედ, მაგრამ მშვიდად.
მესამე, მჭრელი წიბოს დაჩლუნგებისთანავე პრის ძალა იზრდება, უკანასკნელი მდგომარე-
ობა იყო საფუძველი იმისა, რომ საპრისის დაჩლუნგების ნიშნად ე. წ. „შლუნგინგერის კრი-
ტერიუმი“ დედინათ, რომელიც თავს იჩენს ხოლმე ნორმალური წინააღმდეგობის 10%-ით
გაზრდის შემდეგ.

დღემდე არ არის საპრისის დაჩლუნგების ხარისხის გაზომვის საერთოდ დადგენილი
ტერმები, და ამიტომ ძნელია იმაზე ლაპარაკი, თუ რა გავლენას ახდენს მჭრელი წიბოს
დაჩლუნგების ესა თუ ის ხარისხი ბურბუშელის აღებისათვის საპრო პრის სილიდებზე, მით
უფრო, რომ მუშაობის რეჟიმის, დასამუშავებელი მასალისა და თვით საპრისის მასა-
ლის მიხედვით ამ დაჩლუნგების ხასიათი შეიძლება სხვადასხვანაირი იყოს.

§ 29. ლესკვება

1. პრისადმი წინაღობა შესდგება ძალებისაგან, რომლებიც იხარჯებიან:
 - 1) დასამუშავებელი მასალის დარღვევაზე (უშუალოდ პრა),
 - 2) ბურბუშელის დეფორმაციაზე (ნაწილაკების გადაადგილება მასალის შიგნით),
 - 3) საპრისსა და ბურბუშელს შორის ხახუნზე.
2. ბურბუშელის მუშაობის პროცესში პრის ძალა არ რჩება მუდმივად და დასამუშა-
ვებელი მასალის გვარობისა და ბურბუშელის ზომის მიხედვით, იცვლება რაღაც მინიმუ-
მიდან მაქსიმუმამდე.
3. ბურბუშელის დაწოლა სახარატო საპრისზე მიიღება სამი მიმართულებით, რომელ-
შიაც მოქმედებს პრის ძალის სამი შემადგენელი: ა) P_x ტანგენციალური, მოქმედი ნა-
კეთის წრეხაზისადმი მებზე სწორი ხაზის მიმართულებით, ბ) გვერდითი შემადგენელი,
ანუ P_y მიწოდების ძალა, მიმართული ნაკეთის ღერძის გასწვრივ, და ც) P_z რადიალური
შეზღვევით, მოქმედი ნაკეთის რადიუსის მიმართულებით საპრისის ტანის გასწვრივ.
4. ბურბუშელის დაწოლა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე:
 - 1) დასამუშავებელ მასალაზე: პრის ძალა მით უფრო მეტია, რაც უფრო მაღლა
მისი დრეკადი და პლასტიკური თვისებები; ხასიათდება პრის კოეფიციენტის მნიშვნელო-
ბით,
 - 2) ლითონის მოსახსნელი ფენის ზომაზე: თეორიულად უფრო სწორი და ზუსტია
 P_x პრის ძალის განსაზღვრა ცალკე t პრის სიღრმისა და s მიწოდების მიხედვით შემდეგი
სახის განტოლებით:

$$P_x = f(C_p, t, s);$$

- 3) δ პრის კუთხეზე: P_x პრის ძალა პირდაპირ პროპორციულია δ პრის კუთხისა
პრაქტიკულად გამოყენებული $\delta = 60 \div 90^\circ$ მნიშვნელობების ზღვრებში;
- 4) φ კუთხეზე გეგმაში: P_x პრის ძალა იზრდება φ კუთხის შემცირებასთან ერთად,
მაგრამ უმნიშვნელოდ; პრაქტიკულად P_x ცვალებადობას შედეგობაში იღებენ $\varphi < 30^\circ$
მნიშვნელობის დროს;
- 5) გააზიზიგებაზე: მაპოზიგებელი სითხის გამოყენების დროს ბურბუშელის დაწოლა
საპრისზე მით უფრო მცირდება, რაც უფრო მაღალია სითხის გამაპოზიგებელი თვისება.

ზურბუშელის დაწოლა საჭრისზე პრაქტიკისათვის საკმაო სრულყოფილი შეიძლება გამოიანგარიშოს Гиромаш-ის ფორმულით:

$$P_2 = C_p \cdot t^{\%p} \cdot s^{\%s} \text{ კგ} \quad (19)$$

სადაც P_2 — ჰრის ტანგენციალური ძალა კილოგრამებში,

C_p — ჰრის კოეფიციენტი კგ/მმ²-ში,

t — ჰრის სიღრმე მილიმეტრებში,

s — მიწოდება მმ/ბრ.ში.

VI. ღინამომებრია (ჰრის ძალეზის გავომვის ხერხები)

§ 30. ზომადი მოსაზრებანი

ზურბუშელის დაწოლა საჭრისზე განისაზღვრება ექსპერიმენტალური გზით ჩარხზე დაყენებული სპეციალური ხელსაწყოების საშუალებით. მოიპოვება ყოველგვარი კონსტრუქციის მსგავსი ხელსაწყოების წინაშეწელოვანი რაოდენობა, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან არა მხოლოდ ჩარხის გვარობით, რომელზედაც ისინი დაიდგებიან ხოლმე (სახარატო, საბურღავი, საფრეზო, სახეხი და ა. შ.), არამედ თვით გაზომვის მეთოდითაც. ძირითადად გაზომვის ყველა ეს მეთოდი და ხელსაწყო შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად.

1. ძალების გაზომვა დამუხრუჭების მეთოდით; სახელოსნოებისათვის ყველაზე უფრო მარტივი და ხელმისაწვდომი მეთოდთაგანია, ამავე დროს საკმაოდ ზუსტი.

2. ჰრის ძალის გაზომვა ჩარხის მიერ დახარჯული სიმძლავრის მიხედვით.

3. ჰრის ძალის გაზომვა უშუალოდ საჭრისზე სხვადასხვაგვარი ხელსაწყოების საშუალებით. ყველაზე უფრო ზუსტი და გავრცელებული ხერხია.

ყველა აქ აღნიშნულ ხერხებს აქვთ თავისი ღირსება და ნაკლოვანება.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ უფრო დაწვრილებით ისეთებს, რომლებსაც დღესაც აქვთ პრაქტიკული გამოყენება¹.

§ 31. ჰრის ძალის გავომვა დამუხრუჭების მეთოდით

ამ მეთოდს დიდი წარმატებით იყენებდნენ გამოკვლევებში. მის ღირსებას წარმოადგენს მოწყობილობის სიმარტივე, რომელიც არ მოითხოვს ძვირად ღირებულ აპარატურას.

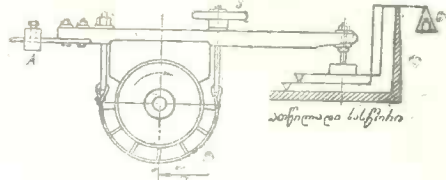
მისი მოქმედება დამყარებულია პრონის მუხრუჭის პრინციპზე. ჩარხის შპინდელზე პლანშიაბის მაგივრად (სურ. 70) მიხრახნილია სპეციალური სამუხრუჭო ბორბალი დამამუხრუჭებელი ხუნდებით, რომლებიც სტრუქტურისამებრ მოიჭრებიან ნებისმიერად α ხელმქნევარის საშუალებით.

ჰრის პროცესში, სამუხრუჭო ბორბლის დაყენებამდე, იზომება შპინდელის ბრუნვათა რიცხვი და ამპერმეტრისა და ვოლტმეტრის (ანდა ვატმეტრის) საშუალებით სიმძლავრე,

¹ წინათ გამოყენებული და ისტორიული ინტერესის მქონე ხელსაწყოები განიხილულია დაწვრილებაში ბიოტექნიკის წიგნში „ჰრის თეორია“.

რომელსაც ხარჯავს ჩარხი. შემდეგ ჩარხს გააჩერებენ, მიხარხნიან სამუხრუჭო შკივს, დააყენებენ და გააწონასწორებენ მუხრუჭს გამაწონასწორებელი A ტვირთის გადაადგილების

საშუალებით; ამ დროს ათწილად სასწორზე G ტვირთი ჯერ კიდევ არაა მოთავსებული. გაუშვებენ ჩარხს შპინდლის იმ ბრუნვათა რიცხვით, რომლის დროსაც მანამდე სდებოდა ნაკეთის დამუშავება, და ერთდროულად ხელმძქვევარას საშუალებით სამუხრუჭო ბორბალს შემოაჭერენ ხუნდებს მანამ, ვიდრე ენერჯის ხარჯი, რომელსაც გვიჩვენებს ვატმეტრი, არ მიღწევს იმ სიდიდეს, რომელიც იყო ნაკეთის დამუშავების დროს. ამ დროს G ტვირთმა ათწილად სასწორზე უნდა გააწონასწოროს სამუხრუჭო ბერკეტი. ამ მდგომარეობაში Q ხაუნის ძალის მომენტი ბორბალზე გააწონასწორდება G ტვირთის მომენტით l მხარეზე-მასისადამე, შეგვიძლია დავწეროთ განტოლება:



სურ. 70. პრონის მუხრუჭი.

$$Q \cdot \frac{d}{2} = G \cdot l \quad (1)$$

საიდანაც

$$Q = \frac{2 \cdot G \cdot l}{d} \text{ კგ,} \quad (2)$$

სადაც Q —წრიული სამუხრუჭო ძალა კილოგრამებში, G —გამაწონასწორებელი ტვირთი კილოგრამებში, l —ბერკეტის სიგრძე მილიმეტრებში, რომელზედაც მოქმედებს G ტვირთი, d —სამუხრუჭო ბორბლის დიამეტრი მილიმეტრებში.

თუ გამოვიყენებთ (2) ფორმულას, ადვილად განვსაზღვრავთ საჭრისზე P_x ბურბუშელის დაწოლას D მმ დიამეტრის მქონე ნაკეთის დამუშავების დროს.

მართლაც, ჭრის პროცესში მგრეხავი მომენტები სამუხრუჭო ბორბალსა და ნაკეთზე სიდიდით ერთნაირი უნდა იყვნენ, თუკი ჩარხის მიერ დახარჯული სიმძლავრე და შპინდლის ბრუნვათა რიცხვი დამუხრუჭების დროს იგივეა, რაც ბურბუშელის აღებისას; ე. ი. ვვაქვს:

$$Q \cdot d = P_x \cdot D$$

საიდანაც

$$P_x = \frac{Q \cdot d}{D} \text{ კგ,} \quad (3)$$

სადაც P_x —ჭრის ძალა კილოგრამებში, D —ნაკეთის დიამეტრი მილიმეტრებში, d —სამუხრუჭო ბორბლის დიამეტრი მილიმეტრებში.

მაგალითი: ფოლადის ლილვის დიამეტრი $D=200$ მმ, $n=40$ ბრ/წუთ. მის დამუშავებაზე სიმძლავრის ხარჯი $N=8$ ჰპ. ამავე n და N მნიშვნელობების დროს დამუხრუჭებით $d=300$ მმ მქონე ბორბლის გამოცდის დროს, $l=716$ მმ სიკრძის ბერკეტზე (შემდგომი გამოჩვენებების მოხერხებულობისათვის ჩვეულებრივ იღებენ $l=716$ მმ) დავჭვირდა $G=200$ კგ ტვირთი.

ამ შემთხვევაში გვაქვს

$$Q = \frac{2 \cdot G \cdot l}{d} = \frac{2 \cdot 200 \cdot 716}{300} = 955 \text{ კგ} \quad \text{და} \quad P_r = \frac{Q \cdot d}{D} = \frac{955 \cdot 300}{200} = 1430 \text{ კგ.}$$

ამ მეთოდის ნაკლს წარმოადგენს ჩვენების არასრული სიზუსტე, რადგან ბორბლის დამუხრუჭება წარმოქმნის შპინდელის მუშაობის სხვა პირობებს, ვიდრე ნაკეთზე საჭრისის ცალმხრივი დაწოლის დროს; სხვანიორად რომ ვთქვათ, ხახუნის ძალების მუშაობა საკისრებში ორივე შემთხვევაში სხვადასხვა იქნება. გარდა ამისა დამუხრუჭების მეთოდით განისაზღვრება კრის ძალის მხოლოდ ტანგენციალური შემადგენელი.

და მაინც ამ მეთოდით ხშირად სარგებლობენ ხოლმე წარმოებაში სხვადასხვა გამოკვლევისათვის. კერძოდ, მით ძალიან მოხერხებულია ჩარხის ეფექტური სიმძლავრისა და მარტივი ქმედების კოეფიციენტის განსაზღვრა მისი მუშაობის სხვადასხვა რეჟიმის დროს.

ამისათვის იქცევიან შემდეგნაირად. ჯერ აამუშავენ ჩარხს მუხრუჭის მოუპერლად და ზომიერ უქმი სელის n ბრუნვათა რიცხვს წუთში. შემდეგ სასწორის თვალზე დებენ განსაზღვრულ G ტვირთს და მოუჭერენ მუხრუჭს x ხელმკნევერა მანამ, ვიდრე ბრუნვათა რიცხვი არ შემცირდება $2-3\%$ -ით. ეს ოპერაცია მეორდება შპინდელის სხვადასხვა სიჩქარეებისათვის, მაშინ

$$N_{\text{მშ}} = \frac{Q \cdot v}{60 \cdot 75} \text{ (ც. დ.)} \quad (4)$$

სადაც v —სამუხრუჭო ბორბლის წრიული სიჩქარეა მწუთში, მასთან

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{და} \quad Q = \frac{2 \cdot G \cdot l}{d}$$

თუ ჩავსვამთ v და Q მნიშვნელობებს (4) განტოლებაში, მივიღებთ:

$$N_{\text{მშ}} = \frac{2 \cdot G \cdot l \cdot \pi \cdot d \cdot n}{d \cdot 1000 \cdot 60 \cdot 75} = \frac{2 \cdot G \cdot 716 \cdot 3,14 \cdot n}{1000 \cdot 4500} = \frac{G \cdot n}{1000} \text{ (ც. დ.)}$$

წინა განტოლებაში, სადაც $G=200$ კგ და $n=40$ ბრ/წუთ, ჩვენ მივიღებთ:

$$N_{\text{მშ}} = \frac{G \cdot n}{1000} = \frac{200 \cdot 40}{1000} = 8 \text{ ც. დ.} = 5,9 \text{ kW.}$$

წინა ამოცანის პირობების მიხედვით ჩარხის მიერ სიმძლავრის ხარჯი იყო $N_6 = 8 \text{ kW}$. მაშასადამე, ჩარხის მუშაობის მოცემული რეჟიმის დროს მისი მარტივი ქმედების კოეფიციენტი იქნება:

$$\eta = \frac{N_{\text{მშ}}}{N_6} = \frac{5,9}{8} = 0,74.$$

**§ 32. ჰრის ღაწოლის განსაზღვრა ჩარხის მიღა მოხმარებული მწიგინის
ხარჯის მიხედვით**

ეს ხერხი განსაკუთრებით მარტივი და მოხერხებულია სახელოსნოების პირობებში გამოსაყენებლად, რადგან ნორმალური ელექტროსაზომი ხელსაწყოების (ამპერმეტრი და ვოლტმეტრი ანდა ვატმეტრი) ვარდა, არ მოითხოვს არავითარ სპეციალურ მოწყობილობას. ჯერ განსაზღვრავენ ჩარხის $N_{\text{მგ}}$ სასარგებლო სიმძლავრეს მის მიერ მოხმარებული ენერჯის მიხედვით, შემდეგ კი, თუ ცნობილია v ჰრის სიჩქარე, ადვილად გამოიანგარიშება საჭრისზე P_x ბურბუშელის დაწოლა ფორმულით:

$$N_{\text{მგ}} = \frac{P_x \cdot v}{75 \cdot 60} \text{ ც. ძ.}$$

ან

$$P_x = \frac{N_{\text{მგ}} \cdot 75 \cdot 60}{v} \text{ კვ} \quad (6)$$

ჩარხის სასარგებლო სიმძლავრე ცხენის ძალეებში ჩარხის მოტორის მიერ მთლიანად მომხარებული სიმძლავრის kW -ში მიხედვით მოიძებნება ფორმულით:

$$N_{\text{მგ}} = N_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{ჩ}} \cdot 1,36 \text{ ც. ძ.} \quad (7)$$

სადაც $N_{\text{მ}}$ — ჩარხის მოტორის მიერ სრულიად მოხმარებული სიმძლავრეა კილოვატებში (A — ამპერებია, V — ვოლტები).

$$\left[N_{\text{მ}} = \frac{A \cdot V}{1000} \text{ kW} \right]$$

$\eta_{\text{მ}}$ — ჩარხის მოტორის მარგი ქმედების კოეფიციენტია,

$\eta_{\text{ჩ}}$ — ჩარხის მარგი ქმედების კოეფიციენტია,

1,36 — გადასვლის კოეფიციენტი (კილოვატების გადასაყვანად ცხენის ძალეებში).

თუ $N_{\text{მგ}}$ მნიშვნელობას ჩავსვამთ (6) განტოლებაში, მივიღებთ:

$$P_x = \frac{N_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{ჩ}} \cdot 4500 \cdot 1,36}{v} \text{ კვ} \quad (8)$$

ან

$$P_x = \frac{A \cdot V \cdot \eta_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{ჩ}} \cdot 6,12}{v} \text{ კვ}, \quad (9)$$

სადაც P_x — ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე კილოვამებში, A — ამპერმეტრის ჩვენება ამპერებში, V — ვოლტმეტრის ჩვენება ვოლტებში, v — ჰრის სიჩქარე მ/წუთ-ში.

მაგალითი. ფოლადის ლილვის, რომლის $D=300$ მმ და $n=20$ ბრ/წუთ, დამუშავების დროს, მუღმივი დენის მოტორთან მირთული ამპერმეტრი გვიჩვენებს 40 A, ვოლტმეტრი კი 120 V.

მოვინახოთ P_x , თუ $\eta_{\text{მ}} = 0,9$ და $\eta_{\text{ჩ}} = 0,7$.

(7) განტოლებიდან გვაქვს:

$$N_{\text{მგ}} = \frac{40 \cdot 120}{1000} \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,36 = 4,15 \text{ ც. ძ.},$$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 20}{1000} = 18,8 \text{ მ/წუთი}$$

(9) განტოლებით კი

$$P_x = \frac{A \cdot V \cdot \eta_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{ჩ}} \cdot 6,12}{V} = \frac{40 \cdot 120 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 6,12}{18,8} = 990 \text{ კბ.}$$

ყოველ სახელსონოს მუშაობის პირობებში P_x -ის ანგარიშის ასეთ ხელმისაწვდომ ხერხს, მაინც აქვს სერიოზული ნაკლოვანებები, რომლებიც მდგომარეობენ შემდეგში:

1) საჭიროა წინასწარ $\eta_{\text{მ}}$ მოტორისა და $\eta_{\text{ჩ}}$ ჩარხის მარჯი ქმედების კოეფიციენტების განსაზღვრა დიდი რაოდენობის რეკიმებისათვის და დაკვირვებების შედეგების მიხედვით სათანადო გრაფიკების აგება;

2) ჩვეულებრივ $\eta_{\text{მ}}$ მოტორისა და $\eta_{\text{ჩ}}$ ჩარხის მარჯი ქმედების კოეფიციენტების განსაზღვრა ხდება ჩარხისა და მოტორის უქმი სვლის დროს, რაც არ შეესაბამება მათი მარჯი ქმედების კოეფიციენტებს დატვირთვის დროს;

3) ჩარხისა და მოტორის მარჯი ქმედების კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის დატვირთვის ქვეშ საჭიროა მუხრუქის გამოყენება, მაგრამ ჭრის პროცესში პირობები განსხვავდებიან-დამუხრუქების დროს მიღებული მუშაობისაგან;

4) ვალწვეთ გამოანგარიშების მცირე სიზუსტეს, რაც ზემოთქმულის შედეგს წარმოადგენს.

გარდა ამისა, ამ მეთოდითაც, როგორც ყველა წინათ, განისაზღვრება მხოლოდ P_x ტანგენციალური შემადგენელი და შეუძლებელია ნაკეთისა და საჭრისის ლერძის გასწვრივ მიმართული ჭრის ძალის შემადგენლების განსაზღვრა (P_x და P_y).

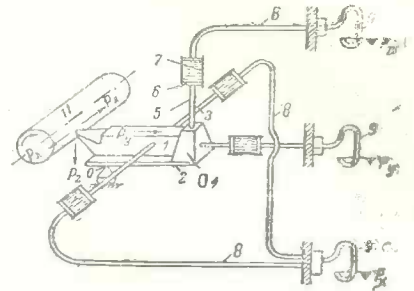
§ 33. საპრისზე ბურბუშელის დაწოლის განსაზღვრა ჰიდრაავლიკური დინამომეტრით

ამჟამად ყველაზე უფრო გავრცელებულია ჭრის ძალის უშუალო გაზომვის ხერხი სპეციალური დინამომეტრების საშუალებით; იგი ნაკლები გამოანგარიშებით იძლევა უკეთეს შედეგებს. მრავალგვარიან ტიპებსა და კონსტრუქციებს შორის განსაკუთრებით გავრცელებულია ჰიდრაავლიკურ და ელექტროტექნიკურ პრინციპებზე აგებული დინამომეტრები.

1904 წ. პირველად გამოყენებული იქნა ჩარხზე დასაყენებელი ჰიდრაავლიკური დინამომეტრი. რომელშიაც ბურბუშელის დაწოლა საპრისზე ბერკეტსა და ცილინდრში მოთავსებულ პატარა დეუმის საშუალებით გადაეცემოდა სპეციალური სითხით მანომეტრს. უფრო გვიან აგებულ ხელსაწყოში, ბურბუშელის დაწოლა საპრისზე გადაეცემოდა ბერკეტების სისტემით სამ ურთიერთმართობ მიმართულებით და, ამრიგად, სამი მანომეტრის საშუალებით გაიზომებოდა ჭრის ძალის შემადგენლები: ტანგენციალური, რადიალური და მიწოდების ძალა.

ეს ეგრეთ წოდებული უნივერსალური დინამომეტრები გაუმჯობესებულ იქნა შემდეგში.

71-ე სურათზე წარმოდგენილია სამკომპონენტური დინამომეტრის სქემა სახარატო ჩარხისათვის. (1) საჭრის დამაგრებელია (2) ყუთში, რომელსაც აქვს საშუალება იბრუნოს O და O_1 საყრდნობების მიმართ და ერთდროულად გადაადგილდეს ბურთულა საკისრებზე საჭრის ღერძის გასწვრივ. ყველა ეს გადაადგილება მცირეა თავისი სიდიდით. ჭრის პროცესში ვერტიკალურად ქვევით მიმართული P_x ტანგენციალური ძალა აძლეებს (2) კოლოფის უკანა ბოლოს, (5) ჭოკს (6) ღეშთან და აიწონ ზევით და სითხის საშუალებით (7) ცილინდრში და (8) მილში გადასვლას დაწოლას (9) მანომეტრს. მოწყობილობას, რომელიც შედგება პატარა ღეშისა და ცილინდრისაგან სითხით, უწოდებენ ჰიდრაულიკურ მესღოხას.



სურ. 71. სახარატო დინამომეტრის სქემა.

ასეთი მესღოხების საშუალებით სათანადო მანომეტრების დახმარებით განისაზღვრება აგრეთვე ჭრის ძალების P_x და P_y შემაღენლების მნიშვნელობებიც.

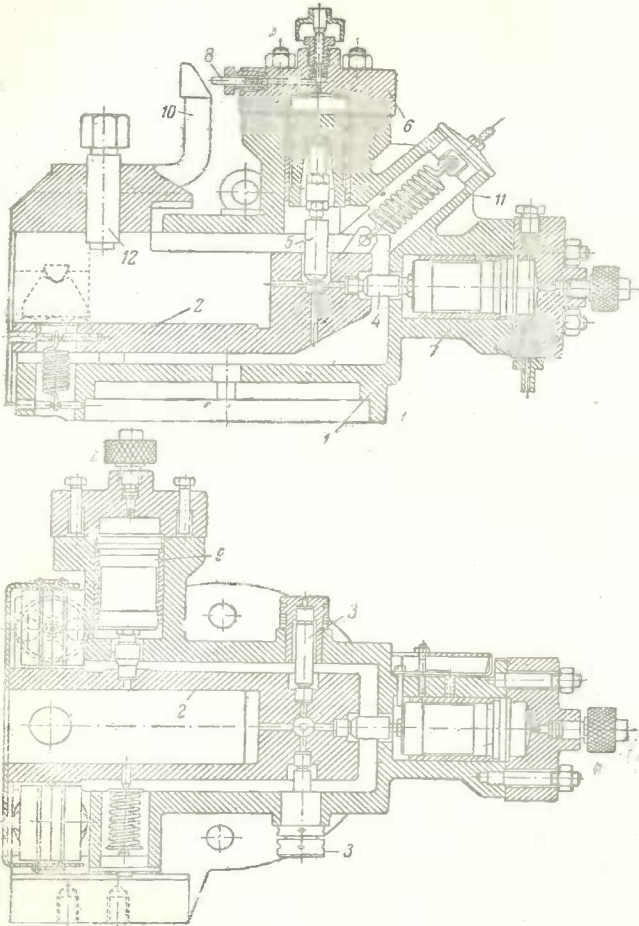
72-ე სურათზე ნაჩვენებია ჭრილში დინამომეტრების მესღოხები. პატარა ღეშის დაწოლა სითხეზე წარმოებს ცილინდრის ტორსსა და ხუფს შორის ჩაჭერილი დრეკადი მემბრანის საშუალებით. გათვალისწინებულია ორი სარკველი: ერთი—მანომეტრში სითხის შეშვების მარეგულირებელი, მეორე—ცილინდრის ასახეობა. სითხით ხელსაწყოს ავსება განსაკუთრებით გულდასმით უნდა მოხდეს; მთელი ჰიდროსისტემიდან, ე. ი. ცილინდრებიდან, მიღებიდან, მანომეტრის ღრუ ზამბარაკებიდან, ჰაერი სრულად უნდა იყოს განდევნილი, წინააღმდეგ შემთხვევაში ცილინდრებში წარმოიშობა ჰაერის ბალიში, რომლის თანაბონიერებაც ამახინჯებს ხელსაწყოს ჩვენებას.

დინამომეტრები ხშირად აღჭურვილი არიან თვითმწერაც აბარატებით მანომეტრების ჩვენების ავტომატურად ჩაწერვისათვის დიაგრამის სახით.

ეს დიაგრამები ძალზე მოხერხებულ არიან ყოველგვარი გამოკვლევებისთვის, რადგან წარმოადგენენ დოკუმენტს, რომელზედაც ოვალსაჩინოდ აღიბეჭდება ჭრის პროცესში მომხდარი მოვლენები (დატვირთვის ცვალებადობა სხვადასხვა ფაქტორის მიხედვით, იარაღის დაზღუნების მომენტი, მისი ვიბრაცია და ა. შ.).

ჰიდრაულიკურ მესღოხებიან დინამომეტრებს მიუხედავად მათი მოხერხებულობისა და კონსტრუქციის სიმარტივისა, აქვთ მთელი რიგი არსებითი ნაკლი. მათ ეკუთვნის ინერტობის თვისება და საფასვრით არასაკმარისი მგრანობიარობა და სიზუსტე. ხელსაწყოს მოძრაობა ნაწილები (ღეშში, ჭოკი, ბერკეტები) საკმაოდ მძიმე არიან, რის შედეგადაც მათი ინერტობის გამო ჭრის პროცესში მომხდარი სწრაფი და არასაკმაოდ ძლიერი ცვალებადობანი არ აღინიშნებიან. ვარდა ამისა, დინამომეტრზე, რომელიც უშუალოდ იდგმის ჩარხზე, გავლენას ახდენს მუშაობის დროს წარმოშობილი ყოველი ცახცახი, რის შედეგადაც მანომეტრის ჩვენება შეიძლება დამახინჯდეს.

ამიტომ უკანასკნელ წლებში ჰიდრაულიკურ დინამომეტრებს ხშირად ცვლიან ელექტრომესღოხებიანი დინამომეტრებით, რომლებიც უფრო ზუსტი, მაგრამ მასთან უფრო რთული არიან.



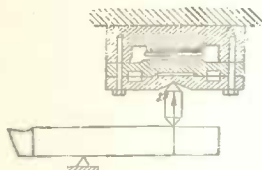
სურ. 72. სახარტო დინამომეტრის კრილი.
 1 — დინამომეტრის ფუტე; 2 — ზუნდი, რომელშიდაც მაგრდება საჭრისი 12 ჭიქის საშუალებით; 3 — სერდობები, რომელთა მიმართაც საჭრისიანი ზუნდი მობრუნდება გვერდზე; 4 — ტოკი მესღოხის 7 დგუშისათვის რადიალური დაწოლის გადასაცემ.დ; 5 — ვერტიკალური 6 მესღოხის ტოკი; 6 — მესღოხა P_x ტანგენციალური ძალებისათვის; 7 — მესღოხა P_y რადიალური ძალებისათვის; 8 — მილსადენი მანომეტრისაკენ; 9 — მესღოხა P_z მიწოდების ძალებისათვის; 10 — საჭრისის დასაყენებელი კავი; 11 — ზამბარაკი, რომელიც 6 და 7 მესღოხებში ქმნის პირველსაწყის წნევას (მედარი სვლის მოსასობად); 12 — ჩამჭერი ჭიქები.

§ 84. საჭრისი გუბრუშის დაწოლის გავრცევა ელექტრომესღოხიანი დინამომეტრით

არსებობს ელექტრომესღოხიანი დინამომეტრების რამდენიმე ტიპი; მათ შორის კონდენსატორული გაირჩევა თავისი კონსტრუქციის სიმარტივით (სურ. 73). საჭრისის დაწოლა გადაადგილებს ფირფიტას მეორე უძრავ და მისგან იზოლირებული ფირფიტის მიმართ, რომე-

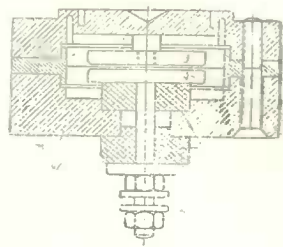
ლიც მასთან ერთად შეადგენს ცვალებადი ტევადობის ელექტროკონდენსატორს. ტევადობის ცვალებადობა გარდაიქმნება რხევათა სიხშირის ცვალებადობად, შემდეგ კი დენის ძალად. ამ უკანასკნელის ცვალებადობის ხასიათის მიხედვით ღებულაზენ ძალების მოკმედების სურათს ყოველი მომენტისათვის.

74 ე სურათზე ნაჩვენებია ლენინგრადის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში აგებული კონდენსატორული მესდოზა.



სურ. 73. კონდენსატორული მესდოზის სქემა.

იგი წარმოადგენს (1) და (2) ნახევარებისაგან შემდგარ ლინთონის ყუთს. ამ უკანასკნელის ხუფი გაკეთებულია დრეკადი მემბრანისმაგვარად. ამ სახით ყუთი შეიძლება მონტირებულ იქნას ჰიდრაულიკური მესდოზის მაგვარად შემოაღწერილ ჰიდრაულიკურ დინამომეტრში.



სურ. 74. კონდენსატორული დინამომეტრის მესდოზა.

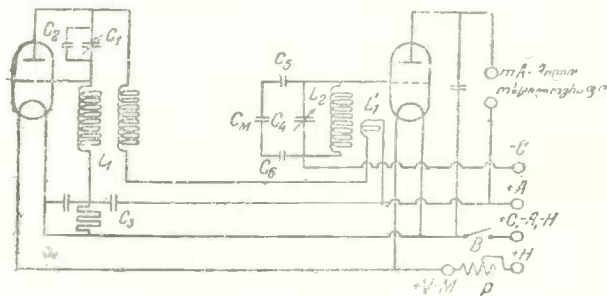
გამოშვებული (3) ფირფიტა

შეერთებულია მექანიკურად და ელექტრულად (2) ნაწილთან, (4) გამოშვებული ფირფიტა კი იზოლირებულია (1) ნაწილისაგან (5) ებონიტის მილისგან. ორივე ეს ფირფიტა ქმნის კონდენსატორს, რომლის ტევადობაც განისაზღვრება განტოლებით:

$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{4 \cdot \pi \cdot d} \text{ სმ,}$$

სადაც C —კონდენსატორის ტევადობაა სანტიმეტრებში, ϵ —დიელექტრული მუდმივი—კოეფიციენტი, რომელიც დამახასიათებელია კონდენსატორის ფირფიტების გამაცალკეებელ გარემოსათვის (ჩვენ შემთხვევაში ჰაერისათვის $\epsilon=1$), S —ფირფიტების ფართობია კვადრატულ სანტიმეტრებში, d —მანძილი ფირფიტებს შორის.

ჭრის ძალის გავლენის ქვეშ (2) ყუთის ზედა ნაწილის ვალუნვა გამოიწვევს (3) და (4) ფირფიტებს შორის მანძილის შეცვლას, მაშასადამე, კონდენსატორის ტევადობის შეცვლასაც. კონდენსატორის ტევადობის შეცვლა გარდაიქმნება მაღალი სიხშირის მქონე მოწყობილობის საშუალებით დენის ძალის შეცვლად.



სურ. 75. კონდენსატორული დინამომეტრის მაღალი სიხშირის მქონე მოწყობილობის სქემა.

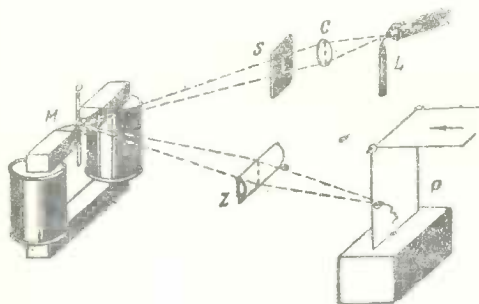
მაღალი სიხშირის მქონე მოწყობილობის ერთ-ერთი სქემა მოცემულია 75-ე სურათზე, ეს მოწყობილობა შედგება ორი კონტურისაგან: გენერატორულია და მიმღებისაგან, რომლებიც ერთმანეთთან ინდუქტურად არიან დაკავშირებული; გენერატორულ კონტურში აღიჭრებიან ელექტრომაგნიტური რხევანი.

C_1 კონდენსატორი საშუალებას იძლევა ვცვალოთ გენერატორული კონტურის რხევების სიხშირე. ეს რხევები L_1 კოჭას საშუალებით გადაეცემა მიმღებ კონტურს.

მიმღები კონტურის რხევათა სიხშირე იცვლება ხოლმე როგორც C_2 დინამომეტრის ტვეადობის შეცვლის შემთხვევაში, ისე იმ C კონდენსატორის ტვეადობის შეცვლის დროს, რომლის დანიშნულებაცაა მიმღები კონტურის აწყობა C_1 კონდენსატორის მიერ გენერატორული კონტურისათვის მინიჭებულ ნებისმიერ რხევათა სიხშირის დროს.

მიმღები კონტურის მიერ მიღებული რხევები გაიმართებიან ანალოური დეტექტირების ხერხით და გამართული დენი გაიშვება ოსცილოგრაფის შლეიფში ანდა მილიამპერმეტრში.

მიმღები კონტურის მუშაობა ნებისმიერი რადიომიმღების მუშაობის ანალოგურია, რომელშიც სადგურის მიერ მიღების დროს მიღების ხმამაღლობა დამოკიდებულია როგორც მიღებული ნიშნების სიმძლავრეზე, ისე მიმღების აწყობაზედაც. მაქსიმალური სმენადობის მისაღებად მიმღები აწყობილი უნდა იქნას სადგურის მიერ გამოგზავნილ რხევათა სიხშირეზე. მიღების ხმამაღლობის შემცირებისათვის საჭიარისაა მიმღების აშლა; რაც უფრო დაირღვევა ტოლობა $f_{205} = f_{305}$, მით უფრო ნაკლები იქნება სმენადობა.



სურ. 76. ოსცილოგრაფის მდებარეობის სქემა.

აღწერილი მაღალი სიხშირის მოწყობილობაში გადამცემი სადგურის როლს ასრულებს გენერატორული კონტური, მიმღების როლს კი—მიმღები; ტელეფონის მაგივრად ჩაირთვება ოსცილოგრაფი ანდა მილიამპერმეტრი; აწყობის შეცვლა ხდება დინამომეტრის კონდენსატორის ტვეადობის შეცვლის გამო, რასაც იწვევს ჭრის დაწოლის შეცვლა, და დაბოლოს ხმამაღლობის შეცვლის ნაცვლად ეღებულობთ ოსცილოგრაფის შლეიფში ანდა მილიამპერმეტრში გამავალი დენის ძალის შეცვლას.

თვით დინამომეტრი უერთდება მაღალსიხშირის მოწყობილობას ორი მავთულით, რომელთაგანაც ერთი უერთდება (3) ფირფიტას (სურ. 74) და ამით კი, მავსასაღამე, ჩარჩხს, მეორე კი—ჩარჩხისაგან განმხოლოებულ (4) ფირფიტას.

76-ე სურათზე მოცემულია ოსცილოგრაფის მდებარეობის სქემა. ოსცილოგრაფის შლეიფი—მავთულის ანდა ლენტის ლითონის მარყუჭი—გაქიმულია M ძლიერი მაგნიტის პოლუსებს შორის და აქვს პატარა სარკე თითქმის 1 მმ² ფართობით. შლეიფში დენის ძალის შეცვლა გამოიწვევს მავთულების რაღაც გადახრას მაგნიტურ არეში და, როგორც შედეგს, სარკის შობრუნებას დენის ძალის შეცვლის სათანადო კუთხით. ამ დროს სინათლის სხივი, გამავალი რკალნათურიდან C ლინზაში და S ეკრანის ქუქურტანაში, აირეკლება, სარკიდან გაივლის Z ლინზაში და აღწერს შუქმგრძობიარე P ქაღალდზე დენის ძალის შეცვლის მრუდს, ე. ი. ამით საჭრისზე დატვირთვის ცვალებადობის მრუდს.

ამნაირად, რამდენიმე შლეიფის საშუალებით შეიძლება ჭრის პროცესში მთელი რიგი მოვლენების ერთდროული აღრიცხვა (ტემპერატურის, იარაღისა ანდა ნაკეთის ბრუნვის სიჩქარისა, მუშაობის დროისა და სხვ.).

ელექტრომესღობიანი დინამომეტრები პრაქტიკულად უინერტონი არიან და ჩვენების სიხუსტის მხრივ სჯობიან ჰიდრაულიკურებს. მათ არსებით ნაკლს წარმოადგენს მაღალსიხშირის მოწყობილობის სირთულე, რაც აძნელებს მათ მომსახურებას.

უინერტო დინამომეტრებს ეკუთვნიან აგრეთვე ეგრეთ წოდებულ პიეზო-ელექტრობის გამოყენებაზე დამყარებული ხელსაწყოები. ამ ხელსაწყოების მოქმედების პრინციპი შემდეგია. იზოლირებულ ფირფიტებს შორის ჩაჭერილ გემიედრიულ კრისტალებზე (ტურმალინი ქვარცხე) დაწოლის დროს, კრისტალების ზედაპირზე წარმოიშობა მუხტები. მუხტების სიდიდე (განისაზღვრება ზღვრებში) ფირფიტაზე დაწოლის პროპორციულია.

პიეზო-ელექტრული ხელსაწყოების არსებით ნაკლს წარმოადგენს მათი მცირე სიმტკიცე. დასაშვები ხვედრითი წნევები შეადგენენ 10—15 კგ/სმ². ზე. მასთან დიდი დატვირთვების დროს ვამჩნევთ პირდაპირ პროპორციულობის დარღვევას დატვირთვასა და დენის ძაბვას შორის. ამიტომ ისინი გამოიყენებიან მცირე ბურბუშელებით მუშაობის დროს ჭრის მცირე ძალების შემთხვევაში.

VII. საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლის კანონების პრაქტიკული გამოყენება

§ 35. ჩარხის სიმძლავრით დასაზღვრები ბურბუშელის ზომის განსაზღვრა

ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე და სხვადასხვა ფაქტორის მიხედვით მისი ცვალებადობის კანონები ჩვენ გვიანტერესებს არა მხოლოდ იმიტომ, რომ ისინი გვჩვენებენ ჩრის პროცესთან დაკავშირებული მოვლენების გაგებაში, არამედ იმიტომაც, რომ საშუალებას გვაძლევენ ცოტად თუ ბევრად გავიანგარიშოთ ის ქინეები, რომლებიც მიყენებულია ჩარხზე, იარაღზე და დასამუშავებელ მასალაზე.

რა თქმა უნდა, ყველა ეს ფაქტორი დიდ როლს თამაშობს და საჭიროა პრაქტიკულად მათთვის სერიოზული ანგარიშის გაწევა, რადგან ისინი საზღვრავენ ჩარხისა და იარაღის წარმადობას (ამის შესახებ ქვემოთ), მაგრამ ამ თავში პირველ რიგში ლაპარაკი გვქენება იმ ამოცანის შესახებ, რომლის გადაწყვეტაც განსაკუთრებით ხშირად გვიხდება ხოლმე წარმოებაში, სახელდობრ, საჭრისზე ჩარხის სიმძლავრით დასაშვები უდიდესი დატვირთვის განსაზღვრის შესახებ. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ჭრის პროცესში საჭიროა ჩარხის მაქსიმალურად დამტვირთავი მუშაობის რეჟიმის შექმნა, ე. ი. ჭრის განსაზღვრული სიჩქარის დროს მოცემული მასალისათვის ჩარხის ძალის მთლიანად გამოყენებული ჭრის სიღრმისა და მიწოდების შერჩევა.

ჩარხის ეს ძალა, როგორც ცნობილია, განისაზღვრება შპინდელზე სასარგებლო მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობით, რომელიც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ჩარხის სიმძლავრეზე, მისი მარგი ქმედების კოეფიციენტზე და შპინდელის ბრუნვათა რიცხვზე, თანახმად ფორმულისა:

$$M_{\text{ზა}} = 716,2 \frac{N \cdot \eta}{n} \text{ კგმ}, \quad (1)$$

სადაც $M_{\text{ზა}}$ — სასარგებლო მგრეხავი მომენტია შპინდელზე კილოგრამომეტრებში, N —ჩარხის სიმძლავრე ცხენის ძალებში, n —შპინდელის ბრუნვათა რიცხვი 1 წუთში, η —ჩარხის მარგი ქმედების კოეფიციენტი (საშუალოდ სახარატო ჩარხისათვის ლებულოდენ $\eta = 0,75$).

ჩარხის სრული დატვირთვისათვის საჭიროა, რათა M მგრეხავი მომენტი ნაკლებზე, წარმოქმნილი ბურბუშელის დაწოლით საჭრისზე, ტოლი იყოს სასარგებლო მგრეხავი მომენტისა შპინდელზე, ე. ი.

$$M = M_{\text{ზა}} = 716,2 \frac{N \cdot \eta}{n} \text{ კგმ} \quad (2)$$

რადგან

$$M = \frac{P_s \cdot D}{2 \cdot 1000} \text{ კგ,}$$

ამიტომ M და D მოცემული სიდიდეების დროს ჩვენ შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ P_s კრის ძალა, შემდეგ კი (19) ფორმულით

$$P_s = C_p \cdot t^{XP} \cdot S^{YP} \text{ კგ,}$$

მოვანახოთ დასაშვები s მიწოდება მმ/ბრ. ანდა t კრის სიღრმე მილიმეტრებში.

P_s მნიშვნელობის ჩასმით, გვექნება

$$M = \frac{P_s \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{C_p \cdot t^{XP} \cdot S^{YP} \cdot D}{2 \cdot 1000}, \quad (3)$$

$$\frac{C_p \cdot t^{XP} \cdot S^{YP} \cdot D}{2 \cdot 1000} = 716,2 \frac{N \cdot \eta}{n} = M_{\text{მ3}}, \quad (4)$$

საიდანაც

$$S^{YP} = \frac{M_{\text{მ3}} \cdot 2 \cdot 1000}{C_p \cdot t^{XP} \cdot D} \quad (5)$$

თუ ცნობილია $M_{\text{მ3}}$, C_p , t , D მნიშვნელობები, მაშინ ამ განტოლებით შეიძლება ისეთი s მიწოდების მონახვა, რომელიც საცხებით დატვირთავს ჩარხს და პირიქით, s მნიშვნელობის არჩევით შეიძლება t -ს მონახვა ყველა სხვა ცნობილი სიდიდეების დროს. საერთოდ (4) განტოლებით შეიძლება ერთერთი უცნობი სიდიდის მონახვა, თუ ყველა დანარჩენი სიდიდეები მოცემულია.

მაგალითი 1. ჩარხზე რომლის სიმაღლავრე $N=5$ ც. ძ. და $n=32$ ბრ/წუთ, მუშავდება ფოლადის ზოდი. დამუშავებამდე დიამეტრი $D=130$ მმ; ერთი გავლით დამუშავების შემდეგ $D_1=110$ მმ; ფოლადის კრის კოეფიციენტი $C_p=240$ კგ/მმ² საჭიროა ჩარხის მიერ დასაშვები ბურბუშელის კვეთის ყველაზე უფრო დიდ ფართობის განსაზღვრა. M -ს ზუსტი განსაზღვრისათვის საჭიროა მხედველობაში მივიღოთ ნაკეთის D დიამეტრის საშუალო მნიშვნელობა, ე. ი. დიამეტრების საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობა დამუშავებამდე და დამუშავების შემდეგ:

$$D' = \frac{D + D_1}{2}$$

ჩვენ მაგალითში

$$D' = \frac{130 + 110}{2} = 120 \text{ მმ}$$

განვსაზღვროთ $M_{\text{მ3}}$ შპინდელზე (2) ფორმულით:

$$M_{\text{მ3}} = 716,2 \frac{N \cdot \eta}{n} = 716,2 \frac{5 \cdot 0,75}{32} = 84 \text{ კგ.}$$

ახლა (4) ფორმულის თანახმად გვექნება:

$$M_{\text{მ3}} = \frac{C_p \cdot t^{XP} \cdot S^{YP} \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{240 \cdot t \cdot s^{0,75} \cdot 120}{2 \cdot 1000} = 84 \text{ კგ.}$$

რადგან კრის სიღრმე

$$t = \frac{D - D_1}{2} = \frac{130 - 110}{2} = 10 \text{ მმ,}$$

აშიტომ

$$s_{0,75} = \frac{84 \cdot 2 \cdot 1000}{240 \cdot 10 \cdot 120} = 0,58,$$

$$s \approx 0,65 \text{ მმ/ბრ. და } f = t \cdot s = 10 \cdot 0,65 = 6,5 \text{ მმ}^2.$$

პრაქტიკაში ყოველთვის არ ხერხდება სიმძლავრის მიხედვით ჩარხის სრულად დამტვირთავი ბურბუშელის აღება. ფაქტორების მთელი რიგი ზღუდავს ჩარხის ნაყოფიერებას. მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია: ჩარხის სტაბილურობა, ზოგიერთი მისი დეტალების სიმტკიცე, ნაკეთის სიმტკიცე, ამ უქანასკნელის ჩარხზე დამაგრების სიხისტე და სხვ. აქ არის აღნიშნული ერთ-ერთი ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი ფაქტორთაგან—ჩარხის შედეგობა—მხოლოდ იმიტომ, რომ იგი შემდეგში უფრო განსაკუთრებით დაწვრილებით იქნება შესწავლილი.

§ 36. ჩარხის შემზღვევლი დატვირთვები. საპროტო მოსაზრებანი

ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე გადაცემა რა დასამუშავებელ ნაკეთს და ჩარხის ცალკეულ ნაწილს, იწვევს მათში შესაბამის კინევებს და ფორმის გამოცვლასაც კი. ამ კინევებისა და მათთან დაკავშირებული დეფორმაციების სიდიდების ცოდნა ძალზე საჭიროა როგორც წარმოების ინჟინერისათვის ჩარხისა და ნაკეთის გადატვირთვით გამოწვეული ყოველგვარი გატეხვის თავიდან ასაცილებლად, ისე აგრეთვე კონსტრუქტორისათვის, ჩარხის აგების დროს მისი სათანადო ნაწილებისათვის მტკიცე ზომების უზრუნველსაყოფად.

ზოგიერთი გამოკვლევის მონაცემების საფუძველზე შესწავლილია თუ რა გავლენას ახდენს ნაკეთის დამუშავების სიზუსტეზე ჩარხის ცალკეული ნაწილების დეფორმაცია გამოწვეული საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლით. $D = 168$ მმ დიამეტრისა და $l = 1620$ მმ სიგრძის ნაკეთის დამუშავების დროს $N = 4 \cdot W$ სიმძლავრის მქონე ჩარხზე აღმოჩნდა, რომ ჩარხის ცალკეული ნაწილების დეფორმაციის გამო ნაკეთის ცდომილება დიამეტრით დაახლოებით შემდეგი იყო:

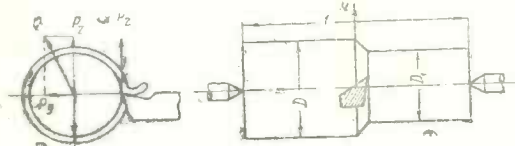
სადგარის მიმართველების გაღუნვის გამო	0,025 მმ
სადგარის მიმართველების გრეხვის "	0,067 "
სუბორტის დეფორმაციის "	0,050 "
უქანა ვევის ცენტრთან ერთად გადაწვის "	0 040 "
ცენტრიდან ნაკეთის გამოსხლტომის "	0,050 "
თვით ნაკეთის გაღუნვის "	0,050 "

ნაკეთს ტლანქად დამუშავების შედეგად ჰქონდა საერთო ცდომილება დიამეტრით 0,328 მმ ტოლი.

ჩარხის ძალზე დიდი დატვირთვის დროს საქმე მხოლოდ დამუშავებული ნაკეთის არა-ზუსტობით არ თავდება. ჩარხის სისტემატური გადატვირთვის დროს ძალზე დიდად იზრდება შომუშავე ნაწილების ვაცვეთა (კბილანების, საკისრების სადებები, სადგარების მიმართველები) და ყველაზე უფრო სუსტი რგოლების გატეხვის საშიშროება (ლარტყის კბილანის, გადაწვდომის სიჩქარეთა ყუთში). ამიტომაც საესებით ვასაგებია, რომ ნაკეთის ტლანქად დამუშავების დროს საჭიროა ბურბუშელის მაქსიმალური ზომა შევზღუდოთ ისეთი ზღვრებით, რომლებითაც გარანტირებული იქნება სწრაფი ვაცვეთისა და გაფუჭებისაგან როგორც ჩარხი, ისე დასამუშავებელი მასალა.

§ 37. საპრისზე უღიღისი დასაშვები დატვირთვის განსაზღვრა ნაკეთის სიმძიმის მიხედვით

პრის პროცესში პრის ძალის შემადგენლები მოქმედებენ დასამუშავებელ ნაკეთზე და იწვევენ მასში შესაბამის კინეზებს. მაგალითად, სახარატო დამუშავების დროს P_x ტანგენციალური შემადგენელი იწვევს ცენტრებს შორის დამაგრებულ ზოდში გრეხვას და ერთ-



სურ. 77. ძალები, რომლებიც იწვევენ ნაკეთის გაღუნვას.

დროულად ლუნვას (სურ. 77), ის დროს როცა P_y რადიალურად მოქმედებს მხოლოდ ლუნვაზე. ამის შედეგად დასამუშავებელი ზოდის განიცდის რთულ დეფორმაციას. ანგარიშის გამარტივებისათვის მხედველობაში მივიღოთ მხოლოდ ლუნვაზე მოქმედი ძალები გრეხვის მოქმედება კი მხედველობაში არ მივიღოთ.

მაში მივიღოთ R_b დასაშვები კინეზის შემცირების გზით. მაშასადამე, ლუნვაზე მოქმედებს ძალა:

$$P = \sqrt{P_x^2 + (0,5P_x)^2} = 1,12 P_x$$

აქ ჩვენ მივიღეთ

$$P_y = 0,5 P_x$$

ჩარხის ცენტრებში ჩამაგრებული ლილევი შეგვიძლია განვიხილოთ როგორც ორ საყრდენზე მდებარე ძელი, რომლის შუაზედაც მოქმედებს საპრისზე ბურბუშელის დაწოლის ტოლი მლუნავი დატვირთვა.

თუ ჩვენ ავიღებთ ორ საყრდენზე თავისუფლად მდებარე ძელის შემთხვევას, მაშინ მლუნავი მომენტია

$$M_c = \frac{P \cdot l}{4} \text{ კგ/მმ,}$$

საიდანაც

$$P = \frac{4 \cdot M_c}{l} = \frac{4WR_b}{l} \text{ კგ,}$$

სადაც $W = 0,1 D^3$ — წინალობის მომენტი მმ^3 -ში,

R_b — დასაშვები კინეზი ლუნვაზე კგ/მმ^2 -ში.
ანხიარად

$$P = \frac{4R_b \cdot 0,1 D^3}{l} \text{ კგ,} \tag{6}$$

რადგან ჩვენ მივიღეთ

$$P = 1,12 P_x \text{ კგ,}$$

ამიტომ

$$1,12 P_x = \frac{0,4 R_b D^3}{l} \text{ კგ,}$$

და

$$P_x = \frac{0,4 R_b D^3}{1,12 l} = \frac{R_b D^3}{2,8 l} \tag{7}$$

საშუალო სისალის ფოლადისათვის ცვალეზადი დატვირთვის შემთხვევაში შეიძლება მივიღოთ $R_b = 7 \text{ კგ/მმ}^2$, მაშინ (7) განტოლების მიხედვით

$$P_z = \frac{7 D^3}{2,8 l} = \frac{2,5 D^3}{l} \text{ კგ.} \quad (8)$$

დასაშვები კრის ძალა ნაკეთის სიმტკიცის მიხედვით პირდაპირ პროპორციულია D დიამეტრისა მესამე ხარისხში და უკუპროპორციულია დასაშვებელი ნაკეთის l სიგრძისა.

თუ l სიგრძე მნიშვნელოვნად უფრო დიდია ნაკეთის D დიამეტრზე, მაშინ ჩვენ იძულებული ვართ ვიმუშაოთ მცირე s მიწოდებებით და პატარა t კრის სიღრმით, რათა კრის ძალა ვიქონიოთ დასაშვებ ზღვრებში. გარდა ამისა, ხშირად ამ დროს ადგილი აქვს ნაკეთის ცახცახს.

მუშაობის რაციონალურად წაყვანისათვის და ამავე დროს ცახცახის თავიდან აცილებისათვის, ურჩევნად ლუნეტების გამოყენებას ისეთ ნაკეთებისათვის, რომელთა L სიგრძე 12-ჯერ უფრო აღემატება ნაკეთის დიამეტრს.

§ 38. ხაზრისზე უღიღესი დასაშვები დატვირთვის მანსაზღვრა ჩარხის სიმტკიცის მიხედვით

ჩარხის ყველაზე უფრო სუსტ რგოლად ითვლება კბილანა, რომელიც მოდებშია ლარტყისთან და გადაადგილებს ხოლმე სუპორტს მიმართველებზე. ლარტყის კბილანის სიმტკიცით განისაზღვრება საჭრისზე ჩარხის მიერ ყველაზე უფრო დასაშვები დატვირთვა. თვით ლარტყა, რომელსაც უფრო მტკიცე კბილი აქვს, ვიდრე ლარტყის კბილანას, მოწოდება სიმტკიცეზე მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ წინასწარ ცნობილია, რომ იგი, შედარებით კბილანასთან, დამზადებულია უფრო ნაკლები ხარისხის მასალისაგან.

ლარტყის კბილანამ უნდა დასძლიოს P_x მიწოდების ძალა და სუპორტსა და ჩარხის მიმართველებს შორის წარმოშობილი ხახუნის ძალა.

მაგრამ ხშირად ხახუნის ძალას არ იღებენ მხედველობაში და ლარტყის კბილანას ანგარიშობენ P_x მიწოდების ძალის ტოლ დატვირთვაზე, მასთან P_x ტანგენციალური კრის ძალას იღებენ მიწოდების ძალაზე 4-ჯერ უფრო მეტს:

$$P_x = 4 P_z. \quad (9)$$

ამრიგად, თუ ლარტყის კბილანის კბილზე მისი სიმტკიცის მიხედვით დასაშვები ძალა $Q_{\text{კბ}} = P_x$, მაშინ ჩარხის სიმტკიცის მიხედვით მაქსიმალურად დასაშვები P_x კრის ძალა

$$P_x = 4 Q \text{ კგ.}$$

ლარტყის კბილანაზე Q დასაშვები დატვირთვის გამოანგარიშების დროს დაუშვებენ, რომ დატვირთვა თავმოყრილია ყველაზე უფრო არახელსაყრელად კბილის წვერთან (სურ. 78) და რომ იგი მოქმედებს მხოლოდ ერთ კბილზე.

ამ შემთხვევაში ვისარგებლოთ ლუისის ფორმულით

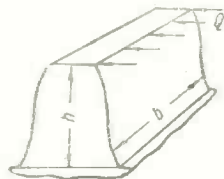
$$P_x = Q = R_b \cdot b \cdot t \cdot y \cdot A \text{ კგ,} \quad (10)$$

სადაც R_b —დასაშვები ჭინვია ლუნვაზე კგ/მმ².ში,

b —კბილანის კბილის სიგანე,

t —კბილანის ბიჯი,

y —კოეფიციენტი, დამოკიდებული კბილანის კბილთა რიცხვზე, დაწოლის კუთხეზე და მოდების ხასიათზე.



სურ. 78. კბილანის კბილი დატვირთვის ქვეშ.

A —კოეფიციენტი, დამოკიდებული კბილანის V წრიულ სიჩქარეზე.

6. ლითონების კრა.

როცა $V=5 - 20$ მ/წამ, იღებენ $A = \frac{6}{6 + v}$.

კბილანების მცირე ბრუნვის სიჩქარეების დროს (მაგალითად, მიწოდების მექანიზმებში) $A=1$.

γ —კოეფიციენტისა და R_b სიდიდის მნიშვნელობები მოცემულია მე-10 და მე-11 ცხრილებში.

ც ხ რ ი ლ ი 10

γ —მნიშვნელობები

კბილთა რიცხვი	მოდების ხასიათი			
	ველენტური მოდება $\alpha=15^\circ$	ველენტური მოდება $\alpha=20^\circ$ კბილის სიმაღლე ნორმალურია	ველენტური მოდება $\alpha=20^\circ$ შემოკლებული კბილით	კორეგირებულნი პროფილის გადანაცვლებით 15° მოდების კბილანა თვალის სიმაღლის მიხედვით
10	0,056	0,064	0,083	0,131
12	0,067	0,078	0,099	0,125
14	0,075	0,088	0,108	0,121
16	0,081	0,094	0,115	0,120
18	0,086	0,098	0,120	0,120
20	0,090	0,102	0,125	0,119
25	0,097	0,108	0,133	0,118
30	0,101	0,114	0,139	0,114
38	0,106	0,122	0,145	0,109
50	0,110	0,130	0,151	0,110
75	0,115	0,138	0,158	0,115
100	0,117	0,142	0,161	0,117
150	0,119	0,146	0,165	0,119
300	0,122	0,150	0,170	0,122
ლარტყა	0,124	0,154	0,175	0,124

მაგალითი. ნაჭედი ფოლადისაგან $R_b=20$ კგ/მმ² გაკეთებულ სახარატო ჩარხის სუპორტის სალარტყე კბილანას აქვს: ვბილთა რიცხვი $z=20$; მოდული $m=4$ მმ, კბილის სრგანე $h=30$ მმ, მოდების კუთხე $\alpha=20^\circ$, კბილის სიმაღლე ნორმალურია ($h=2,2 m$).

განესაზღვროთ საჭრისზე კბილანის სიმტკიცით დასაშვები P_x დატვირთვა.

გადაწყვეტა. ბიჯი $t=\pi \cdot m=3,14 \cdot 4=12,56$ მმ.

(10) ცხრილის მიხედვით $\gamma=0,102$.

წრიულ სიჩქარეს არ ვიღებთ მხედველობაში, მისი მცირე მნიშვნელობის გამო, ე. ი. $A=1$.

მაშინ (10) განტოლებიდან.

$$P_x = Q = 20 \cdot 30 \cdot 12,56 \cdot 0,102 \approx 770 \text{ კგ,}$$

ხოლო $P_x=4P_x$ განტოლებიდან გვექნება:

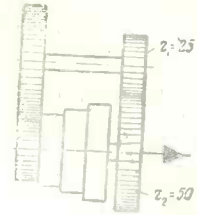
$$P_x = 4 \cdot 770 = 3080 \text{ კგ.}$$

ამნიარადვე შეიძლება საჭრისზე უდიდესი დატვირთვის გამოანგარიშება, რომელიც დასაშვებია სიჩქარეთა კოლოფში (ან წინა ვეგზე) მოთავსებული კბილანების სიმტკიცით. აქ ყველაზე უფრო დატვირთულია გადაწვდომის x_1 კბილანა, რომელიც მოდებაშია შპინდელზე დამავრებულ x_2 კბილანასთან (სურ. 79),

ცხრილი 11

R_b მნიშვნელობები

№№ რიგით	დასამუშავებელი მასალა	R _b კგ/მმ ²
1	მაღალი ხარისხის თუჯი	6—7,2
2	ფოლადის სხმული	13
3	ნაკედი მარტენის ფოლადი	14—25
4	ქრომონიკელიანი ფოლადი (ნაწრთობი)	55
5	ფოსფორიანი ბრინჯაო	3—12
6	ხამი ტყავი	4,5
7	ნოვოტექსტი (ტექსტოლიტი)	6



სურ. 79. ჩარხის გადაწვდომა.

დადუშვით, რომ შპინდელზე მოთავსებული კბილანის დიამეტრი $d_2=200$ მმ და მის კბილთა რიცხვი $z_2=50$,

გადაწვდომის კბილანის დიამეტრი $d_1=120$ მმ და მის კბილთა რიცხვი $z_1=25$,
კბილის სიგანე $b=40$ მმ,

მოდული $m=4$, მოდების კუთხე $\alpha=20^\circ$, კბილანის მასალა ქრომონიკელიანი ფოლადია $R_b=55$ კგ/მმ²,

ბიჯი $t=3,14 \cdot 4=12,56$ მმ.

ბიჯი $t=3,14 \cdot 4 \cdot 12,56$ მმ.

კბილანის ბრუნვის წრიული სიჩქარე $v=5$ მ/წამ.

განესახლეროთ P_r ჰრის ძალა, დასაშვები z_1 და z_2 კბილანების სიმტკიცით.

მგრეხავი მომენტი ნაკეთსა და შპინდელზე

$$M = \frac{P_r \cdot D}{2} \text{ კგმმ}$$

სადაც D ნაკეთის დიამეტრია მმ-ში ($D=400$ მმ).

ამ შემთხვევაში, z_1 და z_2 კბილანების წრეხაზზე მიყენებული წრიული ძალა იქნება

$$Q = \frac{M}{d_2/2} = \frac{P_r \cdot D}{d_2}$$

საიდანაც

$$P_r = \frac{Q \cdot d_2}{D}$$

(10) განტოლების თანახმად დასაშვები დატვირთვა უმცირეს კბილანა თვალზე

$$Q = 55 \cdot 40 \cdot 12,56 \cdot 0,108 \cdot \frac{6}{6+5} \approx 1640 \text{ კგ.}$$

$$P_r = \frac{Q \cdot d_2}{D} = \frac{1640 \cdot 200}{400} = 820 \text{ კგ.}^1$$

¹ იმ შემთხვევაში, თუ სიჩქარეთა ყუთში არის სხვადასხვა მოდულიანი და სხვადასხვა მასალის კბილანები—საჭიროა მთელი რივი კბილანების შემოწმება სიმტკიცეზე.

VIII თაზრი მოვლენები ლითონის ჰრის დროს

§ 39. ჰრის სითბოს შმასახვა

წარსული საუკუნის დამლევამდე ყველა მკვლევარი იკვლევდა მხოლოდ და მხოლოდ იმ მოვლენებს, რომლებიც დაკავშირებული არიან საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლასთან. ისინი იკვლევდნენ მუშაობის ისეთ პირობებს, რომლებშიც უზრუნველყოფილი იქნებოდა უდიდესი წარმადობა ჰრის ყველაზე უფრო მცირე წინააღობისა და შესაბამისად—ენერჯის ყველაზე უფრო ნაკლები ხარჯის დროს. ამისათვის ისინი საჭიროდ თვლიდნენ მხოლოდ ისეთი ფაქტორების შესწავლას, რომლებიც გავლენას ახდენენ ჰრის ძალაზე.

ამ შეხედულების მცდარობა შემდგომში დაადასტურეს მთელმა რიგმა კვლევებმა, მათ დაგვანახეს, რომ ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს და უსაჭიროეს პირობას, რომელიც უზრუნველყოფს იარაღის უდიდეს წარმადობას, წარმოადგენს ჰრის სიჩქარის სწორი არჩევა იარაღის მედეგობისა, დასამუშავებელი მასალისა, ბურბუშელის ზოძისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით. უფრო მეტიც, ზოგიერთი მკვლევარი კიცხავდა კიდევაც მრავალ მკვლევარის ცდებს ჰრის დაწოლასთან დაკავშირებულ საკითხების დამუშავების გაღრმავების შესახებ, რადგან მისმა ცდებმა დაგვანახეს, რომ საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლისა და ჰრის სიჩქარის შორის უშუალო კანონზომიერული კავშირი არ არის, რომ საჭრისის დატვირთვის შემამსუბუქებელი პირობები ზოგჯერ ხელსაყრელი არ არიან მისი მედეგობისათვის და პირიქით. ასე, მაგალითად, საჭრისი თუჯის დამუშავების დროს უფრო მალე ჩლუნვდება, ვიდრე ფოლადის შემთხვევაში, თუმცა ამ დროს მუშაობს ჰრის ნაკლები ძალებით; სქელი ბურბუშელა ამცირებს ჰრის ხედედრით დაწოლას, მაგრამ ხელსაყრელი არ არის საჭრისის მედეგობისათვის; დასამუშავებელი მასალის მექანიკური თვისებები (ფარდობითი წარძელება, სიბლანტე) სხვადასხვაგვარ გავლენას ახდენენ ჰრის ძალაზე და ჰრის სიჩქარეზე და ა. შ. თვით ჰრის სიჩქარე თითქმის არავითარ გავლენას არ ახდენს ჰრის დაწოლაზე, მაგრამ ძალზე დიდდა დაკავშირებული იარაღის მედეგობასთან და ა. შ.

ზოგიერთი მკვლევარი ცდებოდა, როდესაც ფიქრობდა, რომ ბურბუშელის დაწოლას კავშირი არა აქვს საჭრისის მედეგობასთან და, მაშასადამე, ჰრის სიჩქარესთანაც. ყველა აღნიშნული წინააღმდეგობა ლაპარაკობს იმაზე, თუ რამდენად რთულია ჰრის პროცესი.

დიდი როლის მქონე ერთ-ერთ ძირითად ფაქტორს წარმოადგენს სითბო, რომელიც წარმოიქმნება ხოლმე ჰრის მუშაობის შედეგად. თბოწარმოქმნის კანონები გვისხნიან მთელ რიგ მოვლენებს, რომლებიც ხდება ხოლმე ბურბუშელის მოცილების დროს, და თუ სურთ მჭრელი იარაღის წესიერად გამოყენება, საჭიროა ამ კანონების შესწავლა. სითბოს ჰრის პროცესში წარმოიქმნება როგორც მუშაობის შედეგი:

1) შინაგანი ხახუნისა დეფორმირებულ ბურბუშელის ნაწილაკებს შორის,
2) ბურბუშელის გარეგანი ხახუნისა საჭრისის წინა წახნაგზე და ნაკეთისა უკანა წახნაგზე,

3) ბურბუშელის მოცილებისა ანუ თვით ჰრისა—

თუ ჩავთვლით, რომ ჰრის მთელი მექანიკური მუშაობა მთლიანად გადადის სითბოში (როგორც ამას საფინი და სხვ. ამბობდნენ), მაშინ ამ მუშაობის შედეგად წარმოქმნილი სითბოს რაოდენობა იქნება:

$$Q = \frac{R}{E} = \frac{P \cdot v}{E} = \frac{P \cdot v}{427} \text{ კალ.}$$

სადაც Q —სითბოს რაოდენობაა დიდ კალორიებში,

$R = P \cdot v$ —ჰრის მუშაობაა კვმ/წუთ,

$E = 427$ კგ/კალ—სითბოს მექანიკური ეკვივალენტია.

როგორც ვხედავთ, სითბოს რაოდენობა კრის ძალისა და კრის სიჩქარის პროპორციულია.

სითბოსთან—იარაღის მთავარ მტერთან—წარმატებით ბრძოლისათვის საჭიროა არა მხოლოდ მისი რაოდენობის ცოდნა, არამედ მისი განაწილებაც, ანუ, უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ, ბურბუშელისა და საკრისის სხვადასხვა უბანზე სითბოს კონცენტრაციის ხარისხიც იმდენად საშიში არ იქნებოდა, თუკი წარმოქმნილი სითბოს მთელი რაოდენობა სწრაფად და თანაბრად განაწილებოდა ნაკეთისა და იარაღის მთელ მოცულობაზე. ამ შემთხვევაში იგი სწრაფად გადავიდოდა სივრცეში ნაკეთისა და იარაღისათვის შესაძინევი ზიანის მიუხედავად. სინამდვილეში მოვლენები სხვანაირად მიმდინარეობენ: სითბოს დიდი რაოდენობა თავს იყრის განსაზღვრულ ადგილებში და ძალზე ზრდის ამ უბნების ტემპერატურას. აქ, თუ არ იქნა მიღებული სათანადო ზომები, აუცილებელია საკრისის შიგნით სისხლის სწრაფად დაკარგვა და მისი დაზღუდვა, აგრეთვე დასამუშავებელი ზედაპირის ცალკეული უბნების სტრუქტურის შეცვლა.

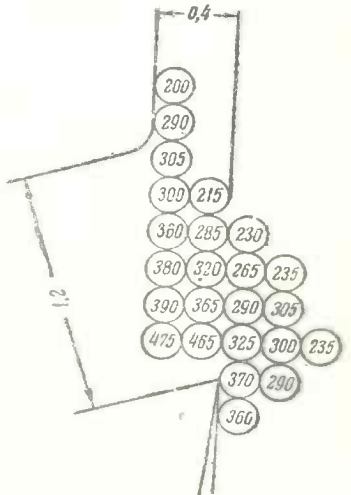
სითბოს მდებარეობისა, მისი წარმოქმნისა და განაწილების პირობების ზუსტი ცოდნა გვიადვილებს კრის პროცესში თბოწარმოქმნის მავნე შედეგებთან ბრძოლას.

§ 40. ზრის სითბოს და ტემპერატურის განაწილება

ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ, რომ საკრისის მუშაობის შედეგად წარმოქმნილი სითბო წარმოადგენს დეფორმაციის სითბოს, ხახუნის სითბოს და თვით კრის სითბოს ჯამს. საესებით ვსაგებია, რომ სითბოს ყოველ წყაროს აქვს თავისი უშუალო ზემოქმედების სფერო. ასე, მაგალითად, ახალბეი ფენის დეფორმაციის შედეგად წარმოქმნილი სითბოს უდიდესი რაოდენობა რჩება ბურბუშელაში და ნაწილობრივ შთაინთქმება დასამუშავებელი ნაკეთისა და იარაღის შიგნით. ამ დროს მოსახსნელი ბურბუშელის ტემპერატურა იზრდება, მაგრამ არათანაბრად მის სხვადასხვა უბანზე: უდიდესი ტემპერატურა უნდა იყოს ბურბუშელის ნაწილაკების უდიდეს გადაადგილების ადგილას, საკრისის წინა წახნაგთან მისი მკრელი წიბოს ახლოს, რადგან აქ ხდება დეფორმაციის მთავარი მუშაობა.

ტემპერატურის ზრდას მოცემულ უბანზე ხელს უწყობს აგრეთვე ის სითბოც, რომელიც მიიღება ბურბუშელის ხახუნის შედეგად საკრისზე; მოხატუნი ბურბუშელისა და საკრისის წინა წახნაგის შეხების ზედაპირი მდებარეობს აგრეთვე მკრელი წიბოს ახლოს და ბოლოს თვით კრისა ანუ ნაკეთიდან ბურბუშელის მოწყვეტის სითბო, რომელიც წარმოიშობა თვითმკრელ წიბოსთან, ხელს უწყობს ამ მკრელ წიბოს უშუალო მომიჯნავე გარემოს ტემპერატურის აწევას, ე. ი. დასამუშავებელი ნაკეთის ბურბუშელისა და საკრისის შესაბამის უბნებისა.

80-ე სურათზე გამოსახულია ბურბუშელის სხვადასხვა უბანზე ტემპერატურის განრიგების სურათი; მისი მიღება მოახერხა ინჟ. შვერდმა სპეციალური ხელსაწყოებით, რომლის მოწყობილობაც ქვემოთ იქნება ახსნილი. როგორც მოსალოდნელი იყო, უდიდეს ტემპერატურას ბურბუშელაში ვლდებულობთ წინა წახ-



სურ. 80. ბურბუშელის სხვადასხვა უბნის ტემპერატურა (შვერდის მიხედვით).

ნავის ახლოს მკრელი წიბოს წინ, მაგრამ არა თვით წიბოზე, როგორც ამას ხშირად ვარაუდობდნენ. სხვანაირად არც შეიძლება ყოფილიყო, რადგან მოცემულ უბნებზეა განლაგებული თბოწარმოქმნის ძირითადი წყაროები.

უსაჩევისა და პროფ. სავიანის მიერ ჩატარებულმა ცდებმა დაადასტურეს ბურბუშელაში სითბოს ყველაზე უფრო მეტი რაოდენობის თავმოყრის დაშვების სისწორე. ზემოაღნიშნული მკვლევარები ათავსებდნენ ხოლმე ცხელ ბურბუშელას კალორიმეტრში და საზღვრავდნენ მასში მოთავსებულ სითბოს. ამ უკანასკნელის საერთო რაოდენობას ანგარიშობდნენ დახარჯული მუშაობის სიდიდის მიხედვით, მისი წინასწარი გაყოფით სითბოს მექანიკურ ეკვივალენტზე. ამ დროს აღმოჩნდა, რომ ფოლადის დამუშავების შემთხვევაში ჭრის სიჩქარისა, ჭრის სიღრმისა და მიწოდების მიხედვით, ბურბუშელაში მოთავსებული სითბოს რაოდენობა მერყეობდა 60-დან 80%-მდე. დანარჩენი სითბო თავმოყრილი იყო უმთაგრესად საჭრისში, და სითბოს სულ მცირე რაოდენობა იფანტებოდა დასამუშავებელ მასალაში და ჰაერში განსხივებით. ახლა გასაგებია, თუ რატომ არის, რომ გახურების შემცირების მიზნით ურჩევნე გამოაცივებელი სითბის მიმართვას თვით ბურბუშელაზე და არა უშუალოდ საჭრისზე.

ჭრისა და თბოწარმოქმნის პროცესში ჩვენ გვინტერესებს უმთაგრესად საჭრისის ტემპერატურა, რომელიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მის მედეგობას. ეს ტემპერატურა მით უფრო ზევითაა, რაც უფრო მეტი სითბო მიიშვრება საჭრისისაკენ და რაც უფრო ნაკლები ინტენსიურობით ხდება მისი განრიგება. მაშასადამე, საჭრისის გახურების ხარისხი იმყოფება მჭიდრო დამოკიდებულებაში მის მუშაობის რეჟიმთან, და აგრეთვე როგორც დასამუშავებელი მასალისა, ისე თვით საჭრისის თბოგამტარიანობასთან. ხელსაყრელი იქნება ისეთი რეჟიმი, როდესაც ხარადის ერთი და იგივე წარმადობის დროს ვალწევთ მის დიდ მედეგობას, ამ შემთხვევაში საჭრისის ტემპერატურა ჭრის პროცესში ხშირად წარმოადგენს ხოლმე მუშაობის სწორი რეჟიმის საუკეთესო კრიტერიუმს. ამიტომაც დიდად დასავსებელია გაცნობა იმ ძირითად ფაქტორებთან, რომლებიც გავლენას ახდენენ საჭრისის ტემპერატურაზე.

§ 41. საჭრისის ტემპერატურაზე სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა

საჭრისის რომელიმე უბნის ტემპერატურა ყოველთვის დამოკიდებულია სითბოს იმ რაოდენობაზე, რომელიც დროის ერთეულში მიდინდება და მოშორდება ამ უბანს. ვეყარებით რა ამას, ძნელი არ არის საჭრისის ტემპერატურის ცვალებადობის პირობების გაგება მის ყველაზე უფრო სახიფათო ზონაში — წინა წახნაგზე მტკიცე წიბოს ახლოს — საჭრისის გახურებაზე ყველაზე უფრო გავლენის მომზდენ ძირითადი ფაქტორის — ჭრის სიჩქარის — მიხედვით. მართლაც, საჭრისის ამ უბნისაკენ მიდინდება უმთავრესად ბურბუშელის დეფორმაციის სითბო და წინა წახნაგზე ბურბუშელის ხახუნის სითბო. შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ჭრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად გაიზრდება დეფორმაციისა და ხახუნის ძალების მუშაობაც და, მაშასადამე, წარმოქმნილი სითბოს რაოდენობაც, რაც თავის მხრივ, გამოიწვევს წინა წახნაგზე ტემპერატურის აწევას. საჭრისის გახურების გამო ეცემა საჭრისის წინა წახნაგსა და ბურბუშელას შორის ტემპერატურის სხვაობა და ამიტომ მცირდება საჭრისისადმი იმ სითბოს გადაცემა, რომელიც წარმოიქმნება ბურბუშელაში მისი დეფორმაციის შედეგად, მაშასადამე, საჭრისში სითბოს მიდინება არ იქნება იმ სითბოს რაოდენობის პროპორციული, რომელიც მატულობს ხოლმე ბურბუშელაში ჭრის სიჩქარის გაზრდის გამო.

ამავე დროს სითბოს გადაცემა წინა წახნაგიდან უმნიშვნელოდ გაიზრდება, რადგან საჭრისის კვეთი, რომლითაც ხდება სითბოს გადაცემა და მისი თბოგამტარიანობა, მუდმივი რჩებიან.

ქრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად, საჭრისის ტემპერატურამ ძალზე უნდა აიწიოს, თუმცა v სიჩქარის ზრდის არა პირდაპირ პროპორციულად.

ეს დასკვნა სავსებით დასტურდება უსაჩევის, პალენოვის, შვერდის და სხვათა ცდებით.

უსაჩევის მიერ ფოლადისა და თუჯის დამუშავების დროს მიღებული ქრის სიჩქარეზე საჭრისის ტემპერატურის დამოკიდებულების მრუდები გვიჩვენებენ ტემპერატურის სწრაფ აღმავლობას v -ს ზრდასთან ერთად, განსაკუთრებით მცირე ქრის სიჩქარეების დროს. შემდეგში ეს აღმავლობა ძალზე მცირდება და ძალიან დიდი ქრის სიჩქარეების დროს თუმცა კიდევ ვამჩნევთ ტემპერატურის მომატებას, მაგრამ მცირე ხარისხით. ეს განსაკუთრებით კარგად მოჩანს პალენოვის მიერ მიღებულ $T-v$ დამოკიდებულების მრუდეზე (სურ. 81).

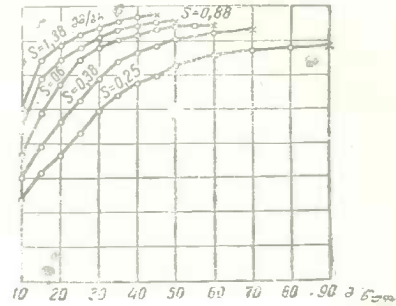
უფრო მეტიც, პროფ. კუზნეცოვის ცდებით დადგენილ იქნა, რომ ძალზე დიდი ქრის სიჩქარეებით მუშაობის დროს (რამდენიმე ათასი მეტრით წუთში), იარაღის ტემპერატურა კლებულობს კიდევაც. ამ, თითქოს, უცნაურ მოვლენას პროფ. კუზნეცოვი ხსნის მით, რომ ძალზე დიდი ქრის სიჩქარეების დროს შესამჩნევად მცირდება ბურბუშელის დეფორმაცია—თბოწარმოქმნის რატურის დაცემა.

ასე, მაგალითად, ფოლადის დამუშავების დროს სიჩქარით $v \approx 2000$ მ/წუთ, პროფ. კუზნეცოვს ჰქონდა თითქმის ცივი ბურბუშელა და საჭრისი. უნდა დავუმატოთ, რომ ქრის პროცესი მიმდინარეობდა ძალზე მცირე დროის განმავლობაში და ამან, ცხადია, გავლენა იქონია შედეგზე.

ძნელი არაა ტემპერატურასა, χ ქრის სიღრმესა და λ მიწოდების შორის დამოკიდებულების წინასწარ გამოცნობა, თუკი ზემოხსენებულის ანალოგიურად განვიხილავთ საჭრისზე სითბოს მიდინებისა და გადასვლის ცვლილებებს χ და λ ცვალებადობის შემთხვევაში. მიწოდების ზრდასთან ერთად გადიდება საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლა, მასთან ერთად კი დეფორმაციის მუშაობაც. მაგრამ ამ დროს, როგორც ცნობილია, ქრის ხვედრითი დაწოლა მცირდება და, ცხადია, შემცირდება ბურბუშელის 1 მმ² კვეთზე მომაველი დეფორმაცია. ამიტომ ბურბუშელაში წარმოქმნილი სითბოს რაოდენობა გაიზარდება უფრო ნაკლებად, ვიდრე λ მიწოდების მნიშვნელობა.

მეორეს მხრივ, აქ სითბოს გადასვლა იზრდება, რადგან ბურბუშელის გასქელებასთან ერთად იზრდება საჭრისის წინა წახანავთან ბისი შეხების ზედაპირიც. შედეგად მკრელი წიბოს ტემპერატურა მიწოდების ზრდასთან ერთად იზრდება, მაგრამ უფრო ნაკლებად, ვიდრე ქრის სიჩქარის ზრდის შემთხვევაში (სურ. 82).

კიდევ უფრო ნაკლებად მოქმედებს საჭრისის გახურებაზე ქრის სიღრმე (სურ. 83). და ეს სავსებით გასაგებია: მუდმივი v ფეგმაში კუთხის დროს ქრის სიღრმის ზრდასთან ერთად პროპორციულად იზრდება მომუშავე მკრელი წიბოს სიგრძე და, მასასადამე, ამავე ხარისხით ძლიერდება თბოგამტარიანობა წიბოდან საჭრისის სიღრმისაკენ, ახლა მკრელი წიბოს სიგრძის ერთეულზე სითბოს მიდინების ზრდა ძალზე უმნიშვნელო იქნება, და შედეგად საჭრისის ტემპერატურა ქრის სიღრმის ზრდასთან ერთად ცოტათი შეიცვ

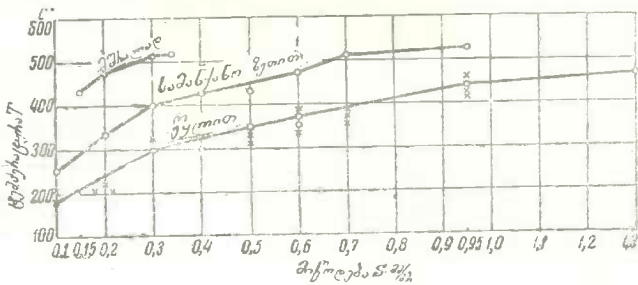


სურ. 81. ქრის სიჩქარის გავლენა საჭრისის ტემპერატურაზე ფოლადის დამუშავების დროს (პალენოვის მიხედვით).

ეს მთავარი წყარო, რასაც მოყვება ტემპერატურის დაცემა.

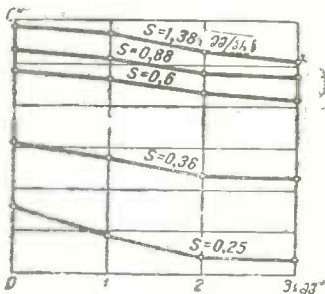
ლება. უფრო მეტიც, კერძო შემთხვევებში 2 მმ-ზე ზევით ჭრის სიღრმის დროს ტემპერატურა თითქმის არ მატულობს.

ტემპერატურის თვალსაზრისით მატება 2 მმ-მდე t -ს ზრდასთან ერთად, შეიძლება ავსნათ, ალბათ მით, რომ მცირე t ჭრის სიღრმის შემთხვევაში მუშაობს მხოლოდ საჭრისის

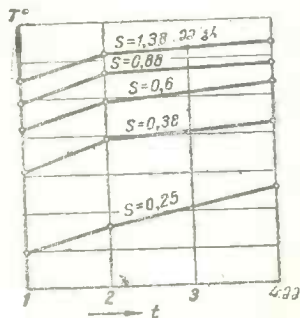


სურ. 82. t მიწოდების გავლენა საჭრისის ტემპერატურაზე.

ცხვირი, რომელიც სითბოს გადასვლის თვალსაზრისით იმყოფება მუშაობის არაბელსაყრელ პირობებში. აი რატომაა, რომ ცხვირის r მომრგვალებების რადიუსის ზრდასთან ერთად—



სურ. 83. ჭრის სიღრმის გავლენა ტემპერატურაზე (პალენოვის მიხედვით).

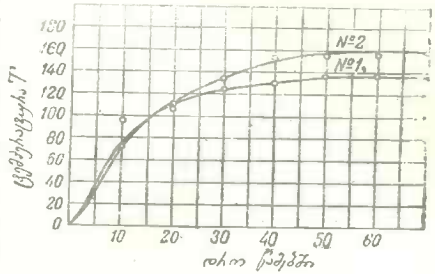


სურ. 84. საჭრისის ცხვირის მომრგვალების რადიუსის გავლენა მის ტემპერატურაზე (პალენოვის მიხედვით) ფოლადის დამუშავების დროს.

ვამჩნევთ საჭრისის ტემპერატურის ერთგვარ შემცირებას (სურ. 84). აქ თავი იჩინა სითბოს უქეთესმა გადასვლამ r -ის ზრდასთან ერთად.

85-ე სურათზე ნაჩვენებია სხვადასხვა საჭრისისათვის ტემპერატურის ცვალებადობა. დროის მიხედვით ვამჩნევთ, რომ ტემპერატურა ძალიან სწრაფად მყარდება. საჭრისის მასალის გავლენა მის ტემპერატურაზე არ შეიძლება ავსნათ მხოლოდ თბოგამტარიანობისა და თბოტევადობის თვისებებით; აქ თავის გამოსახულებას პოულობს მჭრელი წიბოს და წინა წახანავის მდგომარეობა, ბურბუშელისა და საჭრისის წინა წახანავს შორის ხახუნის სხვადასხვა კოეფიციენტი.

ტემპერატურის მრავალრიცხოვანმა გამოკვლევებმა ფოლადისა და თუჯის დამუშავების დროს დაგვანახვეს, რომ ფოლადის დამუშავებისას ჭრის სიჩქარე უფრო მეტ გავლენას ახდენს საჭრისის ტემპერატურაზე, ვიდრე თუჯის დამუშავების შემთხვევაში. ეს პოვლენა გასაგებია ბურბუშელის წარმოქმნის პროცესიდან ფოლადისა და თუჯის ჭრის დროს: მყიფე თუჯში ფხვიერი მოხეთქეის ბურბუშელა ვანიცდის მცირე დეფორმაციას და არ ჩერდება საჭრისის წინა წახნაგზე, მაშასადამე, ჭრის სიჩქარის ზრდა არ იწვევს ხახუნისა და დეფორმაციის სიძობის ისეთივე ზრდას, როგორც ეს ხდება ფოლადის დამუშავების დროს. მართალია, თუჯის ბურბუშელის დაწოლა თავმოყრილია უშუალოდ მჭრელ წიბოზე, მაგრამ ეს ძალზე არახელსაყრელი მდგომარეობა უფრო მეტად საჭრისის მექანიკურ გაცევაზე ახდენს გავლენას, ვიდრე მის ტემპერატურაზე.



სურ. 85. ჭრის ტემპერატურა-საჭრისის უმასალის მიხედვით

1. სწრაფმჭრელი საჭრისი, 2. ნახშირბადიანი საჭრისი. ($C=1,5\%$)

კიდევ უნდა აღინიშნოს საჭრისის ტემპერატურაზე გაცივების ძლიერი გავლენა. ცხადია, გაცივების ეფექტურობა მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მეტია გამცივებელი სითხის თბოტევადობა და თბოგამტარიანობა. ეს მდგომარეობა კარგად დასტურდება მთელი რიგი ცდებით (სურ. 82) და იგი ფართოდ არის გამოყენებული იარაღის ექსპლოატაციის პრაქტიკაში.

პროფ. გლემოვის მოყავს მთელი რიგი ანალიზური დამოკიდებულებანი T° , v , t და s შორის სხვადასხვა ლითონისათვის შემდეგი განტოლებების სახით:

$$\text{მარტენის ფოლადისათვის } \sigma_B = 50 \div 60 \text{ კგ/მმ}^2.$$

$$T^{\circ} = 129 \cdot v^{0,5} \cdot t^{0,14} \cdot s^{0,88}; \quad (1)$$

ქრომონიკელიანი ფოლადისათვის

$$T^{\circ} = 210 \cdot v^{0,44} \cdot t^{0,11} \cdot s^{0,28}; \quad (2)$$

თუჯისათვის

$$T^{\circ} = 120 \cdot v^{0,5} \cdot t^{0,04} \cdot s^{0,12}. \quad (3)$$

ამ ფორმულების გამოყენებით, პროფ. გლემოვი შესაძლოდ თვლის ამოცანების გადაწყვეტას საჭრისის მედეგობის თვალსაზრისით უხელსაყრელესი ჭრის რეჟიმის განსაზღვრისათვის, საჭრისის ტემპერატურის წინასწარ შერჩევით. სამწუხაროდ ეს გადაწყვეტები შეიძლება მხოლოდ მიახლოებითი იყვნენ, რადგან (1—3) განტოლებებს მხედველობაში არ აღებენ მექანიკური ხახუნის გამო, იარაღის მჭრელი წიბოების გაცევის პირობებს და, გარდა ამისა, კოეფიციენტებისა და t და s -თან ხარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელობები არ შეიძლება ჩაითვალოს მეტად ზუსტად. უკანასკნელის მიზეზი მდგომარეობს იმ სიძნელეში, რომელიც დაკავშირებულია ჭრის პროცესში ტემპერატურის გაზომვის ტექნიკასთან.

§ 42. საჭრისის ტემპერატურის გავლენის მითოდება

ამ ახლო ხანამდე ცნობილი იყო ძირითადად სითბოს რაოდენობისა და ტემპერატურის განსაზღვრის ორი მეთოდი: კალორიმეტრული და თერმოელექტრული. პირველ მე-

თოდს, რომელიც გამოყენებული იყო პროფ. საინის მიერ და მდგომარეობდა აღებულ ბურბუშელის მოცულობისა და მასში მოთავსებულ სითბოს რაოდენობის გამოანგარიშებაში, შეუძლია მხოლოდ ბურბუშელის საშუალო ტემპერატურის მოცემა და, მაშასადამე ბურბუშელისა და იარაღის სხვადასხვა უბნის ტემპერატურის ზუსტი გამოკვლევის მიზნებისათვის არ გამოდგება.

მეორე მეთოდი—თერმოელექტრული, აგებული თერმოწყვილის პრინციპზე,—უფრო ხელსაყრელია, ზუსტია და მნიშვნელოვნად უფრო ფართოდაა გამოყენებული. მისი ზოგიერთი ვარიანტი ქვემოთ იქნება აღწერილი, ისე როგორც თანამედროვე უფრო სრულყოფილი ხერხები.

მაგრამ გარდა ტემპერატურის გაზომვის ამ ძირითადი მეთოდებისა, სარგებლობდნენ კიდევ ზოგიერთი სპეციალური ხერხით, რომლებიც იძლეოდნენ ცოტად თუ ბევრად მიახლოებულ შთაბეჭდილებას იარაღის გახურების ხარისხის შესახებ. ასე, მაგალითად, ბურბუშელის ტემპერატურის შესახებ მსჯელობდნენ ჯღალოს ფერების მიხედვით, რომლებიც ჩნდებოდნენ ხოლმე მასზე. ჯღალოს ფერები—ეს გახურებულ ბურბუშელაზე ქანვეულბის ძალზე თხელი გარსებია, რომლებიც ბურბუშელის გახურების ხარისხის მიხედვით შეფერადდებიან ხოლმე სხვადასხვაფერად.

მე-12 ცხრილში მოყვანილია ჯღალოს ფერები და მათი შესაბამისი ტემპერატურა.

ც ხ რ ი ლ ი 12

ჯღალოს ფერები	ტემპერატურა	ჯღალოს ფერები	ტემპერატურა
ოდნავ ყვითელი	200	მუქი ლურჯი	290
ღია ყვითელი	220	ღია ლურჯი	320
მუქი ყვითელი	240	მოლურჯო-რუხი	350
მეწამული	270	ღია რუხი, გადახავალი თეთრი	400

აქ აღნიშნულ ჯღალოს ფერებს შორის არიან კიდევ მთელი რიგი შუალედური ფერები, რომელთა შემჩნევაც ჰრის პროცესში ყოველთვის არ ხერხდება ხოლმე. ზედმეტა იმაზე ლაპარაკი, რომ ეს მეთოდი მიუხედავად მთელი თავისი სიმარტივისა, გამოუსალგარია ზუსტი გაზომვისათვის, რადგან აქ ყოველთვის შესაძლოა წმინდა სუბიექტურ მსჯელობა ამა თუ იმ ფერზე და, როგორც შედეგი ამისა, უხეში შეცდომის დაშვება.

უფრო სწორ მეთოდს წარმოადგენს საჰრისის ტემპერატურის განსაზღვრა თერმოელემენტის საშუალებით, რომელიც გამოიყენეს უსაჩევმა (1912 წ.), ჰერბერტმა და პოტეინმა (1925 წ.).

როგორც ცნობილია, ორი სხვადასხვაგვაროვანი ლითონის მათეულის დაკავშირების ადგილის გახურების დროს, ვთქვათ, რკინა—კონსტანტანის, სპილენძი—კონსტანტანის, პლატინა—ირიდიუმის და ა. შ., წარმოიქმნებიან მოპირდაპირე ნიშნების მუსტები. თუკი მათეულების თავისუფალ ბოლოებს შეეაერთებთ, მაშინ ჯაჭვში აღიძვრება თერმოდენი, რომლის ელექტრომამოძრავებელი ძალა დაკავშირების ადგილისა და მათეულების ციფრ ბოლოების ტემპერატურის სხვაობის პროპორციულია. ელექტრომამოძრავებელი ძალისა და ძაბვის სიდიდე შეიძლება გაიზომოს ვალვანომეტრის ან მილივოლტმეტრის საშუალებით. ელექტრომამოძრავებელი ძალის სიდიდის გადასაყვანად გრადუსებში საჭიროა თერმოწყვილის ტარირება. მე-13 ცხრილში მოყვანილია ყველაზე უფრო გამოყენებულ თერმოწყვილების ტარირების მონაცემები.

86-ე I, II სურათზე ნაჩვენებია უსაჩოვის მიერ გამოყენებული ორი თერმოწყვილი-პირველ შემთხვევაში, ქარსით ანდა მინის მილით იზოლირებული ორი სხვადასხვა ლითონის მავთულის კვეშირი, ჩასმულია საპირისში ქვემოდან გაბურღულ ლარაკში. ამ ლარაკის ფსკერი მდებარეობს საპირისის წინა წახნავისა და მისი მჭრელი წიბოს ახლოს, რათა ტემპერატურის გაზომვა მოხდეს სითბოს წარმოქმნის ადგილის ახლოს. მეორე შემთხვევაში ლარაკის კედლებიდან აგრეთვე იზოლირებული კონსტანტანის მავთული გადის გამკოლად ლარაკის ფსკერს და მოქონდება საპირისის უკანა წახნავზე. აქ თერმოწყვილის წარმოადგენს მავთული

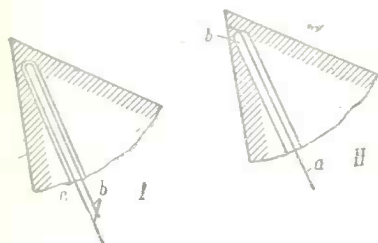
ც ბ რ ი ლ ი 13

თერმოწყვილის დასახელება	100° შესაბამისი mV რაოდენობა
რკინა—კონსტანტანი	5,3
სპილენძი—კონსტანტანი	4,0
რკინა—ნიკელი	3,2
სპილენძი—ნიკელი	2,2
რკინა—პლატინა	1,7
პლატინა—10% პლატინა—რაადიუმი	1,0

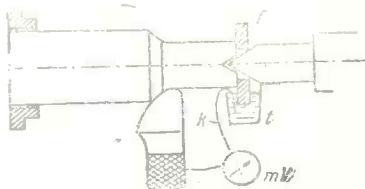
და თვით საპირისის მასალა. ამ თერმოწყვილის საშუალებით უსაჩოვმა საკმაო სიზუსტით ჩაატარა მთელი რიგი ტემპერატურული გამოკვლევა.

მაგრამ ამ ხერხს აქვს მთელი რიგი ნაკლოვანებები:

- 1) საპირისის ტემპერატურა იზომება მხოლოდ ერთ განსაზღვრულ უბანზე და მასთან სითბოს ცენტრიდან რამდენიმედ დაშორებულზე;



სურ. 86. თერმოწყვილების სქემები უსაჩოვის მიხედვით.



სურ. 87. ჰოტეინ-ჰერბერტის თერმოწყვილის სქემა.

- 2) საპირისის 1—2 გადაღესვის შემდეგ, მის გაცვეთასთან ერთად, თერმოწყვილი ირღვევა;

- 3) საპირთა ვიქონიით გამოკვლევის მიზნებისათვის სათანადოდ დამზადებული სპეციალური საპირსები.

ამიტომ იარაღის ტემპერატურის განსაზღვრის მსგავსი მეთოდი გამოუსადეგარია საწარმოო პირობებში.

ჰერბერტმა და ჰოტეინმა თითქმის ერთდროულად (1925 წ.) ჩაატარეს თავიანთი უძღვი ეგრეთ წოდებულ „ბუნებრივი თერმოწყვილით“ (სურ. 87). აქ თერმოწყვილს წარმოადგენს თვით იარაღი და დასამუშავებელი ნაკვეთი. პრის პროცესში ნაკეთისა და საპირისის სხვადასხვაგვაროვან მასალების შეყრის ადგილას გახურების გამო წარმოიქმნება ელექტრომაგნიტური ძალა. თერმოდენი ამ შემთხვევაში მიიზარებდა დასამუშავებელ I ზოდში, ამ ზოდთან დამაგრებულ და მასთან ერთად მბრუნავი სპილენძის f რგოლით, და შემდეგ i ქიქაში მოთავსებულ ვერცხლისწყლით, რომელიც გვაძლევს მბრუნავი f რგოლის კონტაქტს k მავთულთან. ამ დროს მილივოლტმეტრი გვიჩვენებს თერმოდენის დაშაბულობას, რომლის მიხედვითაც შეიძლება ვიმსჯელოთ მჭრელი წიბოს ტემპერატურის

ჟესახებ. დასამუშავებელი ნაკეთი იზოლირებულია შუასადების საშუალებით ვაზნისა და უკანა ცენტრისაგან, საჭრისი კი—სუპორტისაგან.

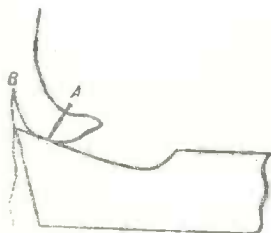
ტემპერატურის გაზომვის ამ ხერხსაც აქვს სერიოზული ნაკლოვანებანი: მათ შორის მთავარს წარმოადგენენ:

1) მთელი მოწყობილობის შედარებითი სირთულე;

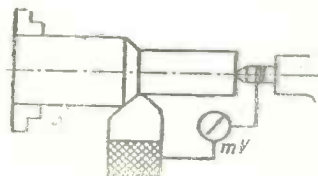
2) იმ უბნის გამოურკვეველობა, რომელზედაც იზომება ტემპერატურა, რადგან ჰერმეტიკის მიღება არა ერთი თერმოწყვილი (სურ. 88). აგრეთვე A, B, C წერტილებშია ცენტრის წარმოქმნება ელექტრომაგნიტური ძალისა;

3) თერმოწყვილის (დასამუშავებელი მასალა—საჭრისი) ტარირების აუცილებლობა ყოველთვის ახალი მასალის დამუშავების დროს. მასთან საჭიროა ვიქონიოთ სავსებით ერთგვაროვანი საჭრისები, რადგან თერმოდენის ძალა დამოკიდებულია არა მხოლოდ საჭრისის მასალაზე, არამედ აგრეთვე მის თერმულ დამუშავებაზედაც.

ლენინგრადის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის პრაქტიკამ დაგვანახვა, რომ ტემპერატურის გაზომვის სიზუსტის უზენებლად ჰერმეტიკ-ჰოტრეინის მეთოდი შეიძლება მნიშვნელოვნად გამარტივდეს, თუ უარს ვიტყვით ჩარხიდან დასამუშავებელი მასალის იზოლირებაზე. კონტაქტის მიღება რგოლისა და ვერცხლისწყლის სა-



სურ. 88. თერმოწყვილის მდებარეობის სქემა საჭრისზე.



სურ. 89. გამარტივებული თერმოწყვილის სქემა.

შუალებით, როგორც ეს ნაჩვენებია 87-ე სურათზე, და აგრეთვე უკანა ცენტრის იზოლირება ნაკეთისაგან, ნაკარნახევი იყო უკანა ცენტრისა და ნაკეთის შეყრის ადგილას მიღებული მეორე დამატებითი თერმოწყვილიდან განთავისუფლების სურვილით; ამ დროს წარმოშობილ დამატებით თერმოდენს, თითქოს, უნდა დაერღვია ძირითადი თერმოდენის ჩვენებათა სისწორე. მაგრამ სინამდვილეში მეორე თერმოწყვილის როლი უმნიშვნელო აღმოჩნდა საჭრისთან შედარებით უკანა ცენტრის სუსტი გახურების გამო, და ამიტომ პრაქტიკულად სავსებით შესაძლო აღმოჩნდა უკანა ცენტრის უიზოლაციოდ მუშაობა. ამან მნიშვნელოვნად გაამარტივა მთელი მოწყობილობა, განთავისუფლა რა იგი კონტაქტირებისათვის საჭირო რთული მომარჯვებულებისაგან (სურ. 89). მეორე მავთულის მიერთება შესაძლო გახდა ჩარხის ნებისმიერ წერტილში.

ამ სახით ტემპერატურის გაზომვის ჰერმეტიკ-ჰოტრეინის ხერხი სავსებით გამოსადეგი იქნებოდა წარმოებაში გამოსაყენებლად, რომ ადვილი არ ჰქონდეს მსგავსი ხელსაწყოების ტარირების სირთულეს. ამ საქმის სირთულე იმაში მდგომარეობს, რომ ყოველ დასამუშავებელ მასალისათვის და საჭრისის მასალისათვის საჭიროა ტემპერატურისა და სთანადო ელექტრომაგნიტური ძალის სიდიდის (მილივოლტებში) შორის დამოკიდებულების თავისი სატარიო მრუდის აგება.

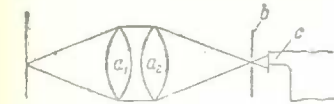
ინჯ. შეერდის მიერ წამოყენებულია ტემპერატურის გაზომვის ძალაზე სინტერესო ხერხი. მისი აპარატი (სურ. 90), პრინციპში ანალოგიური ასტრონომების მიერ ვარსკვლავთა ტემპერატურის გასაზომად გამოყენებულ ხელსაწყოებისა, დამყარებულია განს-

ხივების სითბოს გაზომვაზე. იგი შესაძლებლობას იძლევა გაავსოთ ტემპერატურა ბურ-ბუშელისა ან საჭრისის ნებისმიერ უბანზე; მხოლოდ ამ დროს საჭიროა არაფიქსირებული წერტილებიდან ანარეკლარ სხვა სხივები იქნენ იზოლირებულნი. 91-ე სურათზე; სითბოს სხივი მიმართული დაკვირვების ქვეშ მყოფ უბნიდან, გადის ორ a_1 და a_2 ლინზის პატარა ნახვრეტს ($d=0,3$ მმ) b ეკრანზე და ეცემა c თერმოელემენტზე. სათანადოდ გრადუირებული დიდი მგრძობიერების გალვანომეტრი გვიჩვენებს დაკვირვების ქვეშ მყოფი უბნის ტემპერატურას.



სურ. 90. შვერდის ხელსაწყო საჭრისზე ტემპერატურის გასაზომად.

ეს ხელსაწყო შესაძლებლობას იძლევა უფრო დეტალურად გამოვიკვლიოთ ბურბუშელისა და იარადის ტემპერატურა, ვიდრე ამას ადგილი ჰქონდა წინა შემთხვევებში. სრული წარმოდგენის მიღება ბურბუშელის სხვადასხვა უბნის ტემპერატურის შესახებ (სურ. 80) შეიძლება მხოლოდ შვერდის ხელსაწყოს საშუალებით. მაგრამ მასაც ახასიათებს ხე-



სურ. 91. საჭრისზე ტემპერატურის გამოზომი შვერდის ხელსაწყოს სქემა.

ზღუდავენ მის გამოყენებას და რომლებსაც შეუძლიათ მნიშვნელოვნად დაამახინჯონ საჭრისის ტემპერატურული მდგომარეობის ნამდვილი სურათი. ეს ნაკლოვანებანი მდგომარეობენ შემდეგში:

1) ხელსაწყოს დაყენების დროს საჭრისის გარეთ ამ უკანასკნელის რხევა ბურბუშელის დაწოლის შეგავლენით, და აგრეთვე თვით ბურბუშელის მოძრაობა ხელს უშლიან განსაზღვრული წერტილის ტემპერატურის გაზომვას;

2) ხელსაწყოს დამაგრება უშუალოდ საჭრისზე მოუხერხებელია;

3) ბურბუშელის ზედაპირზე თხელი ჟანგეულების გაჩენა ამახინჯებს ხელსაწყოს ჩვენებათა სისწორეს, მასთან ხელსაწყოს ტარირება წარმოადგენს თავისთავად მნიშვნელოვან სიძნელეს, რადგან გამოსხივების ტემპერატურა დამოკიდებულია არა მხოლოდ გაზურბული სხეულის ტემპერატურაზე, არამედ აგრეთვე ფერზე და მისი ზედაპირის ხასიათზედაც. ბურბუშელის ხორკლიანი ზედაპირი უფრო მეტს გამოასხივებს, ვიდრე გლუვი სატარიო ზედაპირი.

4) ხელსაწყო შედარებით რთულია, რაც ხელს უშლის მის ფართო გავრცელებას.

§ 43. ლახმანა

ჭრის პროცესში ტემპერატურა მუშაობის რეჟიმის სისწორის მაჩვენებელია; საჭრისის ტემპერატურა ძირითადად დამოკიდებულია:

1) v ჭრის სიჩქარეზე; 2) l ჭრის სიღრმეზე; 3) c მიწოდებაზე; 4) დასამუშავებელ მასალაზე; 5) საჭრისის ფორმასა და ზომაზე, 6) საჭრისის მასალაზე; 7) ვაცივებაზე და სხვ.

საჭრისის ტემპერატურა მით უფრო მაღალია, რაც უფრო მტკიცეა დასამუშავებელი მასალა, მეტია ჭრის სიჩქარე და მიწოდება, მეტია კუთხე გეგმაში და ნაკლებია საჭრისის ზომა. ვაცივების დროს ტემპერატურა მით უფრო დაიწვეს, რაც უფრო მაღალია სითბის სითბოტევალობა და სითბოგამტარიანობა.

საქრისის ტემპერატურის ცვალებადობის ხარისხი რამდენიმედ წარმოადგენს დასა-
მუშავებელი მასალისა და იარაღის ხარისხის კრიტერიუმს.

ტემპერატურის გაზომვის ყველა მეთოდიდან, ყველაზე უფრო მარტივს და ზუსტ
წარმოადგენს უსაჩვეის მეთოდი.

IX. საიარაღო მასალები

§ 44. ზოგადი შინიშვნები

ყოველი იარაღის წარმადობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული იარაღის მასალის
უნარზე შეინარჩუნოს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში თავისი ქრის თვისებები. უკანას-
კნელნი შეიძლება დაკარგულ იქნენ არა მხოლოდ ქრის პროცესში განვითარებული მალა-
ტი ტემპერატურის ზეგავლენით, რომელიც იწვევს საჭრისის მიერ საჭირო სისალის და-
კარგვას, არამედ აგრეთვე მკრელი წიბოს წმინდა მექანიკური გაცვეთითაც.

მკრელი წიბოს მიერ მექანიკური გაცვეთისა და ტემპერატურის მავნე ზემოქმედებ-
სადმი წინააღმდეგობის გაწევის უნარს ეწოდება საჭრისის მედეგობა; იგი გაიზომება იმ
დროით, რომლის განმავლობაშიც დატულია საჭრისის ქრის თვისებები მუშაობის განსა-
ზღვრულ პირობებში. მედეგობა განისაზღვრება არა მხოლოდ იარაღის მასალის ხარის-
ხით, არამედ მისი თერმული დამუშავებითაც.

უკანასკნელ ხანებში ლითონების ქრით დამუშავების დროს, ჩვეულებრივი ნახშირ-
ბადიანი და სწრაფმკრელი საიარაღო ფოლადების გარდა, ფართო გამოყენება აქვთ კიდევ
სხვადასხვა შემადგენლობის მთელ რიგ ლითონის შენადნებს, რომლებიც ცნობილი არიან
საერთო სახელწოდებით „სალი შენადნები“. ეს შენადნები განირჩევიან დიდი წარმადო-
ბით (განსაკუთრებით კარბიდ-ფოლფრამტიტანიანი PC —მ პობედიტის და პობედიტ-ალ-
ფას ტიპისა) და პოულობენ სულ უფრო და უფრო ფართო გამოყენებას ლითონის დამუშა-
ვებაში. მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ ყოველგვარ პირობებში ხელსაყრელია ყველაზე
უფრო მაღალწარმადიანი იარაღის გამოყენება. სხვადასხვა საიარაღო მასალის სპეციფი-
კური თვისებები, და აგრეთვე ეკონომიური მოსაზრებანი გვაძილუბენ მუშაობის კონკრე-
ტული პირობების მიხედვით ყოველთვის განვსაზღვროთ მათი გამოყენების არე. დასამუ-
შავებელი მასალის გვარობისა, ნაკეთის ფორმის, მოსახსნელი ბურბუშელის ზომის, იარა-
ღის კონსტრუქციის, ჩარხის მედეგობისა და ა. შ. მიხედვით შეიძლება შეიქმნას ისეთი
მდგომარეობა, რომელიც თვით გვიკარნახებს, მაღალწარმადიანი სალი შენადნობის მიგე-
ერ, ისეთი მცირეწარმადიანი მასალების გამოყენებას, როგორცაა ნახშირბადიანი საიარა-
ღო ფოლადი.

ამჟამად დიდი წარმატებით იყენებენ სხვადასხვაგვარ „შემცველებს“ — „სუროვა-
ტებს“. ისინი ყოველთვის ვერ უზრუნველყოფენ დამუშავების ეკონომიურობას, მაგრამ
ხშირად წარმატებით ცვლიან დეფიციტურ სწრაფმკრელ ფოლადს.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ სხვადასხვა საიარაღო მასალიდან დამზადებულ საჭრისე-
ბის მუშაობის პირობებს და თვისებებს.

§ 45. ნახშირბადიანი საპრისები

ნახშირბადიანი საიარაღო ფოლადის ხარისხი განისაზღვრება მისი ქიმიური შემად-
გენლობით და ფიზიკური აგებულებით. ასეთი ფოლადიდან მოითხოვება ქიმიური შემად-
გენლობის სიწმინდე, ე. ი. მავნე მინარევების უქონლობა ანდა ყოველ შემთხვევაში მათი
მინიმალური შემცველობა: კარგი ხარისხის ფოლადებში ფოსფორი და გოგირდი არ უნდა
იყოს 0,02—0,03% მეტი. განსაკუთრებით მავნეა ფოსფორი: იგი იწვევს „ცივადტებალო-

ზას⁴, გოგირდის შემცველობა აძნელებს ცხლად დამუშავებას და წარმოადგენს „წითლად ტეხადობის“ მიზეზს.

იარაღის დანიშნულების მიხედვით ფოლადს უნდა ქონდეს ნახშირბადის განსაზღვრული რაოდენობა, რომელიც ჩვეულებრივ მერყეობს 0,6—1,7% ზღვრებში: ნახშირბადის შემცველობის ზრდასთან ერთად იზრდება ფოლადის სისალე და კლებულობს სიბლანტე და მასთან ერთად რამდენიმედ რთულდება მისი თერმული დამუშავება.

ფიზიკური აგებულების მხრივ საიარაღო ფოლადიდან მოითხოვება ბუშტულებისა, წილური მინარეგებისა, ბზარებისა და სტრუქტურის უთანაბრობის უქონლობა. მაღალი ხარისხის ფოლადი მიიღება ელექტროლუმენებში ან ქოთნებში დნობით და შემდეგ დამუშავებას ლებულობს უროს ქვეშ ან გავლინით. ნაკლებფასიანი იარაღებისათვის შეიძლება გამოვიყენოთ ჩვეულებრივი მარტენის ნახშირბადიანი ფოლადი, რომელიც ქონისა ან ელექტროფოლადზე უფრო იაფია.

ნახშირბადიან საჭრისებს აწრობენ, რათა ისინი გამოსადეგი ვახადონ მრავალი სხვადასხვა ლითონის საჭრისები. ამისათვის მათ ახურებენ განსაზღვრულ ტემპერატურამდე, მუქ ანდა ღიაწითელ ვარვარებამდე ნახშირბადის შემცველობის მიხედვით, ე. ი. 750—840° ტემპერატურების ზღვრებში, შემდეგ კი სწრაფად აციეებენ წყალში ან ზეთში. ამის შემდეგ ახდენენ საჭრისების მოშვებას, ე. ი. ხელმეორედ გახურებას 200° ტემპერატურამდე, წრობის შედეგად მიღებული სიხისტის მოსასპობად.

ნახშირბადიანი საჭრისები, ნახშირბადის დიდი შემცველობით მკვეთრი წრობის შემდეგ ლებულობენ ძალზე საღ მკრელ წობოს, რომელსაც შეუძლია დიდი სისალის მქონე მასალების დამუშავება, მაგრამ მცირე ჭრის სიჩქარეებით. 300° ტემპერატურის ზევით ნახშირბადიანი ფოლადი კარგავს წრობის შედეგად მიღებულ თავის სისალეს, რის გამოც ასეთი ფოლადის გამოყენება როგორც მასალისა დიდი ჭრის სიჩქარეებით მომუშავე საჭრისებისათვის ძალზე შეზღუდულია. სუფთად დამუშავების შემთხვევაში, როდესაც საჭიროა გლუვი დამუშავებული ზედაპირის მიღება, ნახშირბადიანი ფოლადები მცირე ჭრის სიჩქარეების დროს გვიჩვენებენ კარგ შედეგებს. ამ დროს იძულებული ვართ თავი შევიკავოთ გრძელი ნაკეთების დამუშავებისაგან, თუკი მთელ მათ სიგრძეზე საჭიროა სავსებით ზუსტი ზომების შენარჩუნება, რადგან მუშაობაში ნახშირბადიანი საჭრისები იცითიებიან მკრელის წობოდან და უფრო და უფრო კარგავენ ზომას, რაც იწვევს დასამუშავებელი ნაკეთის დიამეტრის გაზრდას.

§ 46. საპრისები სპეციალური ხანააღღ ფოლადიდან

გასული საუკუნის 60-იან წლებში გამოჩვეულ იქნა, რომ ვოლფრამი და მანგანუმის გადიდებული შემცველობა ანიჭებენ ნახშირბადიან ფოლადს წითლად მედეგობის თვისებას, ე. ი. თვისებას შენარჩუნოს სისალე მაღალი ტემპერატურების დროს.

ამან შესაძლებლობა მისცა ახალი ფოლადის საჭრისებს ემუშავათ თვალსაჩინო ჭრის სიჩქარეებით. განსაკუთრებით ბლანტი ლითონების დამუშავების დროს, რომელთა ბურთულა, ვანიცლის რა დიდ დეფორმაციას, სწრაფად ზრდის საჭრისის ტემპერატურას.

ასეთ ფოლადს აქვს კიდევ ერთი შესანიშნავი თვისება: წრობის ტემპერატურამდე გახურებული და შემდეგ ჰაერზე ნელა გაციებული ამ ფოლადიდან გაკეთებული საჭრისები იღებენ დიდ სისალეს, როგორც ნახშირბადიანი ფოლადები სწრაფი გაციების შემდეგ წყალში. ამიტომ ასეთ ფოლადებს უწოდებენ „თვითწრობადს“, რაც, სწორედ რომ ვთქვათ, არაა სწორი, რადგან, ისე როგორც ნახშირბადიანი ფოლადების შემთხვევაში, საჭირო ხდება ავრთვე მათი თერმული დამუშავება, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ უფრო მაღალ ტემპერატურამდე გახურების დროს ისინი შემდეგ ვანიციდიან ნელ გაცივებას.

1900-იან წლებში ეძებდნენ გამოკვლევის დროს გადახურებით გაფუჭებული სპეცი-
ლური საიარალო ფოლადის საჭრისების გამოსწორების ხერხს. ზრდიდნენ რა ამ დრო-
მათი გახურების ტემპერატურას, შეამჩნიეს ამ საჭრისების ხარისხის სისტემატურ
გაუმჯობესება. თურმე, არის ტემპერატურათა ზონა (843—927°), რომლის ზღვრებაშია
გახურებული საჭრისები შესამჩნევად კარგავენ თავისი კრის ფხარს, ამ ზონის ზევით
თითქმის დნობის ტემპერატურამდე (1200—1300°) საჭრისების გახურების დროს საჭრის-
ების ხარისხი სულ უფრო და უფრო იზრდება.

ცვლიდნენ რა შემდეგში „თვითმწროთობი“ ფოლადის ქიმიურ შემადგენლობას, კერძოდ
ზრდიდნენ რა ვოლფრამის შემადგენლობას, მიიღეს ძვირფასი საიარალო, ეგრე-
წოდებული სწრაფმჭრელი ფოლადი, რომელიც თავის წარმალობით მნიშვნელოვნად აღე-
მატებოდა ყველა მანამდე ცნობილ ხარისხის საიარალო ფოლადებს.

მე-14 ცხრილში მოცემულია ტიპური ნახშირბადიანი და სპეციალური საიარალო ფო-
ლადების ქიმიური შემადგენლობა.

სხვადასხვა ელემენტის შემცველობა სწრაფმჭრელ ფოლადში მერყეობს მნიშვნე-
ლოვან ზღვრებში. ვოლფრამის, ქრომის, ვანადიუმისა და სხვა შემადგენლობის შემცვე-
ლობის მიხედვით, სწრაფმჭრელი ფოლადი მიიღებს ხოლმე სხვადასხვა თვისებას; საჭი-
როა მათი უფრო დაწვრილებით განხილვა, რადგან ეს ფოლადი საიარალო მეურნეობაში
დღემდე წარმოადგენს ყველაზე უფრო გავრცელებულ მასალას.

ც ხ რ ი ლ ი 14

ქიმიური შემადგენლობა %	ნახშირბადიანი ფოლადი	თვითმწროთობადი ფოლადი	სწრაფმჭრელი ფოლადი
ვოლფრამი W	—	5,4	14—20
ქრომი Cr	—	0,4	3—6
ვანადიუმი V	—	—	0,25—1
ნახშირბადი C	0,8—1,7	2,15	0,55—0,85
მანგანუმი Mn	1,08	1,58	0,3-მდე
კაჟბადი Si	0,2	1,04	0,1 0,3
გოგირდი S	0,017	—	0,02-მდე
ფოსფორი P	0,017	—	0,015-მდე

თანამედროვე სწრაფმჭრელ ფოლადს უყენებენ შემდეგ ძირითად მოთხოვნილებებს:

- 1) წითლად შედგება;
- 2) გაცვეთისადმი კარგ წინააღმდეგობას მაღალი ტემპერატურის შემთხვევაში ხანგ-
რძლივი დროის განმავლობაში;
- 3) საკმაო სისალეს, რომელიც განისაზღვრება უპირატესად ვოლფრამისა, ქრომისა
და ნახშირბადისაგან შემდგარი ორმაგი კარბიდების სათანადო რაოდენობით.

სწრაფმჭრელი ფოლადის ხარისხი დამოკიდებულია არა მხოლოდ ცალკეული ლეგი-
რებული მინარევების რაოდენობით შეიცვებაზე, არამედ იმაზედაც, თუ როგორაა ეს
მინარევები განაწილებული ძირითად ლითონის მასისა და ამ მასაში მოწინწკლული
ორმაგი კარბიდების შორის.

92-ე სურათზე ნაჩვენებია ორმაგი კარბიდების განაწილება წრთობილ სწრაფმჭრელ
ფოლადში. მათ ძალზე დადამტებულ რაოდენობას მიყვებათ ფოლადის სიმყიფემდე. რაც
უფრო მეტ ლეგირებულ მინარევებს შეიცავს ლითონის ძირითადი მასა, მით უფრო მა-
ღალია მისი წითლადმდგეობა და ცვეთისადმი წინააღმდეგობა.

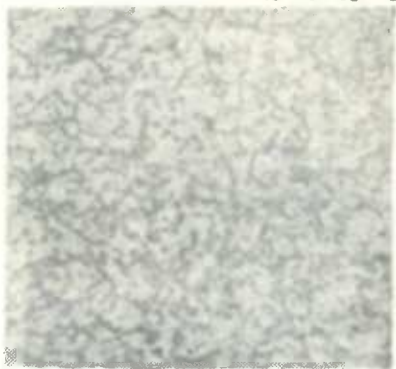
ლეგირებული მინარევების განაწილება ხდება ძალზე უთანაბროდ და ძალზე რთული
კანონის მიხედვით, რომელიც მხოლოდ დაახლოებითაა ცნობილი. ამ პროცესის სირთულე
ორკეცდება კიდევ იმით, რომ ვოლფრამი, ვანადიუმი და ქრომი, შედიან რა ერთად ფო-

ლადის შემადგენლობაში, უფრო სხვანაირად ნაწილდებიან კარბიდებსა და ძირითად ლითონის მასას შორის, ვიდრე მხოლოდ ერთ-ერთი ამ შემადგენელთაგანი რომ ყოფილიყო ფოლადში. ძირითადად ცალკეული ელემენტების განაწილების შესახებ შეიძლება ითქვას შემდეგი.

წითობილ სწრაფმკრელ ფოლადში ძირითად მასაში გახსნილი ნახშირბადი არის დაახლოებით 0,3—0,4%—მდე, დანარჩენი ნაწილი — დაახლოებით 0,5—0,3%, მდე იმყოფება კარბიდების სახით. ლითონურ შემადგენლებთან რკინა, კობალტი და ნიკელი უმეტეს ნაწილად შედიან ძირითად მასაში. ვოლფრამი, მოლიბდენი და ვანადიუმი თავს იყრიან კარბიდებში, მასთან ყველაზე უფრო მეტად ვანადიუმი, შემდეგ კი მოლიბდენი და ვოლფრამი. ქრომი ძირითად მასასა და კარბიდებს შორის ნაწილდება თანაბრად.

განსაკუთრებულ როლს წითლადმდებლობის ამოღებაში თამაშობენ ელემენტები, რომლებიც შედიან ლითონის ძირითად მასაში, მასთან მთავარი მნიშვნელობა მაინც აქვთ ვოლფრამსა და ქრომს. წითლადმდებლობისა და ცვეთისადმი წინააღმდეგობის მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას აღწევენ კობალტისა და ვანადიუმის მიმატების გზით. ლეგირებული შემადგენლობის ვადამეტებული შემცველობა ფოლადში იწვევს ჭედლობის გაუარესებასა და სისალის შემცირებას. სისალის შემცირებას ფოლადში W, V და Mo. მაღალი შემცველობის დროს ხსნიან იმით, რომ ეს ელემენტები, უერთდებიან რა ნახშირბადს კარბიდების სახით, მით გაუნახშირბადებულს ხდიან ლითონის ძირითად მასას. ცხადია, W, V, Mo და სხვათა მაღალი შემცველობა საჭიროა კომპენსირებულ იქნას ნახშირბადის ჩამატებით, მაგრამ, ფოლადის დამუშავების გაუარესების თავიდან ასაცილებლად, შეზღუდული რაოდენობით.

მე-15 ცხრილში მოყვანილია სსრკ მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული სხვადასხვა სწრაფმკრელი, ფოლადის ქიმიური შემადგენლობა.



სურ. 92. ორმაგი კარბიდების განაწილება წითობილ სწრაფმკრელ ფოლადში.

ც ხ რ ი ლ ი 15

№№ რიგ.	სწრაფმკრელი ფოლადის მარკა	ნახშირბადი C%	ვოლფრამი W%	ვანადიუმი V%	ქრომი Cr	კობალტი Co%
1	PK-5	0,65—0,77	17—18,5	1—1,4	3,6—4,5	4,5—5,5
2	PΦ-1	0,70—0,80	17,5—19	1—1,4	3,8—4,6	—
3	PΦ-2 (МН-262)	0,76—0,85	11,8—12,8	2,3—2,6	4,1—4,6	—
4	P	0,66—0,78	17—18,5	0,5—0,8	3,8—4,5	—
5	P-0	0,60—0,75	16—17,5	0,2—0,6	3,8—4,5	—

§ 47. სწრაფმკრელი ფოლადის შემცველობა

დეფიციტური ვოლფრამის ეკონომიის თვალსაზრისით მკრელი იარაღებისათვის წარმატებით იყენებენ სხვადასხვა მცირელეგირებულ ფოლადებს. მე-16 ცხრილში მოყვანილია მათი დაახლოებითი ქიმიური შემადგენლობა.

7. ლითონების კრა.

№№ რიგ.	შემცველელ ბის მარკები	ნახშირბადი C%	ვანადიუმი V%	მოლიბდენი Mo%	კობალტი Co%	ქრომი Cr	მანგანუმი Mn	ვოლფრამი W%	ნიკელი Ni%
1	ЭИ-116	0,--60,8	0,8-1,2	—	1,5-2,1	9-10,5	0,4-მდე	—	—
2	ЭИ-172	1,0-1,15	2,1-2,5	—	1,1-1,7	11-13	0,4-მდე	—	—
3	ЭИ-184	0,85	1,35	—	—	7,9	0,30	4,24	—
4	ЭИ-290	1,0	2,50	3,70	—	5,1	0,32	—	0,35
5	ЭИ-290	1,1	1,60	3,60	—	4,20	0,30	2,65	—
6	ЭИ-296	1-1,30	2,8-3,5	2,5-3,5	—	3,8-4,5	—	2,5-3,2	—
7	ЭИ-277	1,2-1,4	3,5-4,5	2,5-3,5	—	3,8-4,5	—	—	—

შემცველელების უმრავლესობის ნაკლოვანებას წარმოადგენს:

1) დადაბლებული ქრის უნარი; 2) ცუდი ჰედალობა; 3) წრთობის ტემპერატურაზე ვიწრო ინტერვალი და მგრძნობიარობა წრთობითი ნაბზარებისადმი, 4) მგრძნობიარობა გადაღებებისადმი (გადახურების გამო).

მათი გამოყენების პრაქტიკა იძლევა ნაყოფიერების მრავალ სხვადასხვაგვაროვან მაჩვენებლებს. შემცველელის გამოყენება ყველაზე უფრო ეფექტურია იმ იარაღებისათვის, რომლებიც მუშაობენ შედარებით დაბალი ტემპერატურების დროს (მაგალითად, ბროშები, ფრეზები და ა. შ.). ამ შემთხვევებში შემცველელი სწრაფმჭრელი ფოლადების ტოლფასი არიან და ზოგიერთი მათგანი კიდევაც აღემატება მედეგობით (ЭИ-260, ЭИ-290). ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით ЭИ-276 და ЭИ-277 შემცველელი აგრეთვე გეიჭეწენ ბნელ მალაი ქრის ძვისებებს. ვანადიუმის მაღალი შემცველობის გამო მათ აქვთ იგივე წრთობისა და მოშვების ტემპერატურების ინტერვალი, როგორც სწრაფმჭრელ ფოლადს, და აქვს აშდენადვე კარგი ჰედალობა. ამ მხრივ ЭИ-116 და ЭИ-172 შემცველელის ხარისხი მნიშვნელოვნად უფრო ცუდია.

ინე. კონტროლმა წინადადება შემოიტანა იარაღებზე, ლეგირებული ელემენტების შემცველი სპეციალური მგლსაეებით დაფარულ, მცირენახშირბადიანი ელექტროდების ვოლტას რკალში დადნობის შესახებ. პრაქტიკამ და სპეციალურმა გამოკვლევებმა დაგვანახებეს ამ პროცესის არაეკონომიურობა. უფრო მიზანშეწონილად თვლიან მცირენახშირბადიან დაჰეგრებზე შემცველელის ფირფრტების დაღუღებას მდნობარების საშუალებით (სპეციალური შემღუღებელი ფხვნილები). (როგორც მდნობარები ЭИ-260, ЭИ-184, ЭИ-290 შემცველებისათვის ნარჩევი შემაღეწელობა 80%—85% ფერომანგანუმისა და 20%—15% სპილენძიდან)¹.

საკიროა ხაზი გაეცას შემცველელისათვის ზედმიწევნით კარგად თერმული დამუშავების განსაკუთრებულ მნიშვნელობას.

შემცველელის მარკების დიდი რაოდენობა, რომლებიც მოიპოვება ბაზარზე, ართულებს ქარხნების საიარაღო მეურნეობას, შეაქვს არეუდარევა არა მხოლოდ იარაღების წარმოებაში, არამედ მათ ექსპლოატაციაშიაც. ამ მდგომარეობის გამო პრაქტიკულ სარგებლობისათვის ქარხნებისათვის ნარჩევია მცირე ლეგირებული ფოლადების ორი მარკა ЭИ-184 და ЭИ-262 (Р-2).

¹ მინკვიჩი, ბუზმანი, ჰელერი, მცირე ლეგირებული სწრაფმჭრელი ფოლადების დაღუღება. Вестник Металлопромышленности, № 8—9 1940 წ.

§ 48. სპეციალური სანიარაღო ფოლადის საპრისების თერმული დამუშავება

მკრელი იარაღის ხარისხი და, კერძოდ, მისი შედეგობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ ფოლადის ქიმიურ შემადგენლობაზე, არამედ მნიშვნელოვნად მის თერმულ დამუშავებაზედაც. უკანასკნელი მდგომარეობს ძირითადად მოწვაში, წრთობასა და მოშვებაში განსაზღვრულ ტემპერატურების დროს.

მოწვას ვიყენებთ იარაღში იმ შინაგანი ჭინვების თავიდან ასაცილებლად, რომლებიც მიიღებიან ხოლმე წინა მექანიკური დამუშავების შედეგად; წინააღმდეგ შემთხვევაში წრთობის დროს არსებობს ბზარების წარმოქმნისა და იარაღის ფორმისა და ზომების შეცვლის საშიშროება. მოწვა აუქვობებს იარაღის მასალის სტრუქტურას: ხდის მას უფრო თანაბარს და ამით აუქვოვნებს შეკვოში თერმული დამუშავებას ხარისხს.!

სწრაფმკრელი ფოლადის მოწვა ხდება 850—870°-მდე შემდგომი დატოვებით ამ ტემპერატურის ქვეშ რამდენიმე ხნის განმავლობაში, რომელიც საკმარისია იარაღის სხეულის შიგა გახურებისათვის. შემდეგ ხდება თანაბარი გაცივება ღუმელში ან რაიმე ისეთ არეში, რომელიც უზრუნველყოფს ნელ გაცივებას.

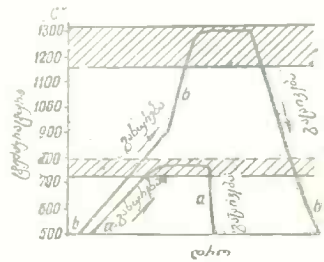
ცხრილი 17

ნახშირბადის შემცველობა %	წრთობის ტემპერატურა °C
0,65—0,80	840—790
0,81—0,95	790—765
0,96—1,10	777—755
1,11—1,25	770—750

საიარაღო ფოლადის წრთობას ახდენენ იარაღის მკრელი წიბოსათვის საჭირო სისალის მინიჭებისათვის. ნახშირბადიანი საიარაღო ფოლადის წრთობის ტემპერატურა დამოკიდებულია მასში ნახშირბადის შემცველობაზე

და იარაღის ზომაზე; იგი მით უფრო მაღლა იქნება, რაც უფრო მცირეა ნახშირბადი ფოლადში და რაც უფრო დიდია იარაღის ზომაში. ეს ტემპერატურა მერყეობს დაახლოებით მე-17 ცხრილში ნაჩვენებ ზღვრებში.

მკრელი წიბოს სისალე იარაღის წრთობის დროს ძალზე დიდადა დამოკიდებული კიდევ იმ არეზედაც, რომელშიდაც ხდება გაცივება. არეს გამაცივებელი უნარი იქნება მით უფრო ზევით და საწრთობი იარაღის სისალე მით უფრო დიდი, რაც უფრო მაღალია გამაცივებელი ნივთიერების თოგამტარიანობა და თბოტევადობა და რაც უფრო ნაკლებია მისი სისქე, მაგალითად, წვიმის წყალი სხედასხვა მინარევებით იძლევა ყველაზე უფრო მეფთვრ წრთობას; შემდეგ გაცივების ენერჯიულობის მიხედვით მიღიან: წყალი 20° ტემპერატურის დროს, წყალი 50° დროს, თხელი ზეთები, სქელი ზეთები, გამდნარი ტყვია.



სურ. 93. ნახშირბადიანი და სწრაფმკრელი საიარაღო ფოლადის გახურებისა და გაცივების სქემა წრთობის დროს.

a-a ნახშირბადიანი საიარაღო ფოლადისათვის; b-b სწრაფმკრელი ფოლადისათვის.

93-ე სურათზე თვალსაჩინოებისათვის გამოსახულია საიარაღო ნახშირბადიანი და სწრაფმკრელი ფოლადის წრთობის დროს გახურებისა და გაცივების სქემა. a-a მრული გვიჩვენებს, რომ ნახშირბადიან ფოლადიდან დამზადებული იარაღის წრთობის დროს საჭიროა ნელი გახურება 730—780° ტემპერატურამდე, ერთხანს დაყოვნება, და შემდეგ სწრაფი გაცივება. b-b მრული გვიჩვენებს, რომ სწრაფმკრელი ფოლადი იწრთობა მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი ტემპერატურების დროს და თვით გახურების პროცესი რამდენიმედ უფრო სხვა-

ნაირად ხდება. ჯერ ახდენენ საჭრისის გახურებას კაშვამა ალუმბლის ფერის ვარვარებაში და, ე. ი. დაახლოებით 800—850° ტემპერატურამდე; ეს შეიძლება გაკეთდეს კოქსის ქურაზე, ალთან საჭრისის თანდათან უფრო და უფრო მიახლოებით. ბზარების წარმოქმნის თავიერი ასაცილებლად აქ არ გვიჩვენებენ სწრაფ გახურებას. შემდეგ საჭიროა განვაგრძოთ გახურება სწრაფად ძალზე ცხელ ალში იარაღის წიბოს თითქმის დნობის დაწყებამდე, ე. ი. 1250—1350° ტემპერატურამდე, მაგრამ არა ამაზე ზევით. წრთობის ტემპერატურაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ვოლფრამისა, ქრომისა და აგრეთვე ნახშირბადის შემცველობა; რაც უფრო ნაკლებია ნახშირბადის შემცველობა, მით უფრო მაღალი შეიძლება იყოს ტემპერატურა.

ცოტა დაყოვნების (1—2 წუთი) შემდეგ უმაღლეს დასაშვებ ტემპერატურაზე საჭიროა იარაღის სწრაფი და თანაბარი გაცივება (მაგრამ უფრო ნელი, ვიდრე ნახშირბადიანის შემთხვევაში), რისთვისაც როგორც გამაცივებელი ნივთიერება შეიძლება გამოვიყენოთ ზეაქსნული ჰაერი, ზეთის აბაზანი ან გამდნარი ტყვია.

წრთობის მაღალი ტემპერატურის მიუხედავად წესიერად წრთობილ სწრაფმჭრელ ფოლადს აქვს ძალზე წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა, რომელიც შედგება აუსტენიტ-მარტენსიტურ არეში განლაგებულ ორმაგ კარბიდებისა და რკინის ვოლფრამიდებისაგან. საჭიროა ზაზი გაცხვას იმას, რომ იარაღის ჰრის თვისებები არ არის დამოკიდებული გაცივებელი ნივთიერების გვარობაზე, არამედ მხოლოდ წრთობის ტემპერატურაზე. ძალზე მაღალ-აქსნული ფოლადები შეიძლება გაცივებულ იქნას უბრალოდ ჰაერზედაც კი, მაგრამ ამ დროს საჭიროა მოშვების ჩატარება 550°—580° დროს, თორემ საჭრისი ძალზე რბილი დარჩება.

მოშვების ჩატარება ნარჩვევია თითქმის ყველა სწრაფმჭრელი ფოლადის იარაღებისათვის. რადგან ამ დროს ზევით იწვეს მათი წარმადობა მჭრელი წიბოს სისხლისა და ერთდროულად სიბლანტის ნომატების გამო. მოშვება სასურველია კიდევ იმტომ, რომ იგი აძირებს ბზარების გაჩენის საშიშროებას. განსაკუთრებით მახვილ წიბოიან და კუთხეებიან იარაღებში. გაცივება მოშვების შემდეგ უნდა ხდებოდეს ლუმელში ან თავისუფლად ჰაერზე, მაგრამ არამცდარამც ზეთში.

94-ე სურათზე მოყვანილია სწრაფმჭრელი და ნახშირბადიანი ფოლადების სისხლის ცვალებადობის დიაგრამა (შორის ნიხედვით) წრთობისა და მოშვების ტემპერატურებთან დაკავშირებით. როგორც ვხედავთ, უდიდესი სისხლე 1200° დროს წრთობილი სწრაფმჭრელი ფოლადისათვის მიიღება დაახლოებით 600° მოშვების ტემპერატურის დროს. ნახშირბადიანი ფოლადის სისხლე დაცემია იწყებს უკვე 150° მოშვების შემდეგ და განსაკუთრებით ძლიერად—200° და ზევით მოშვების შემდეგ.

სწრაფმჭრელი ფოლადისაგან დამზადებული იარაღების მედეგობა მნიშვნელოვანდ მდლდება მრავალჯერადი მოშვების შემდეგ. გადასვლა ერთჯერად მოშვებიდან ხანგრძლივი შეჩერებით მრავალჯერადზე მოკლე შეჩერებით (30—60 წუთით) შესაძლებლობას იძლევა მივიჩნოთ ტრანსიტის წედარეზით მცირე რაოდენობა და აუსტენიტის უფრო სრულად დაშლა.

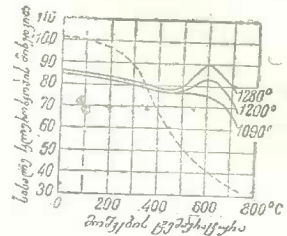
პრაქტიკამ დაგვანახვა, რომ სამჯერადი მოშვება, ყოველთვის 560°-მდე და ლუმელში ან აბაზანაში 30—60 წუთის განმავლობაში შეჩერების დროს, ზრდიდა იარაღის მედეგობას 60—80%-ით¹.

მცირე ლევირებული ფოლადების თერმული დამუშავების რეჟიმი რამდენიმედ იცვლება, როგორც ეს ნაჩვენებია ცხრილში (გვერდი 99).

¹ იარაღის მრავალჯერადი მოშვება ზრდის მის ღირებულებას და ანელებს წარმოების პროცესს ამიტომ, წინადადებას იძლევიან, გამოყენებულ იქნას ერთჯერადი, მაგრამ უფრო ხანგრძლივი მოშვება.

ЭИ-184 და ЭИ-172 მარკებისათვის შეწერების დრო იზრდება დაახლოებით ერთ-ნახევარჯერ. დანარჩენი პირობები (წინასწარი გახურება, გაცივების პირობები) იგივე რჩება, რაც მაღალტემპერატურულ სწრაფმჭრელი ფოლადისათვის.

ზემოაღწერილი თერმული დამუშავების ტიპური ხერხის შეცვლა საჭიროა აგრეთვე იარაღის ფორმის მიხედვითაც. ასე, მაგალითად, სწრაფმჭრელი ფოლადიდან დამზადებული მოყვანილი სახის საჭრისების წრთობის დროს, როდესაც წიბოების გადნობა არაა სასურველი, მათ ახურებენ მხოლოდ 1100-1200° ტემპერატურაზე, მაგრამ მოშვება ხდება 225—275° ტემპერატურის დროს და არა ამაზე ზევით, რათა იარაღში შიგა ჭინვების შემცირებასთან ერთად, შეინარჩუნონ ამავე დროს მისი სისალე.



§ 49. სალი უმანდნობები. სემლიბები

ლითონების კრით დამუშავების დროს უფრო და უფრო ხშირად იყენებენ სხვადასხვა სალ შენადნობებს როგორც მჭრელი იარაღის მასალას. სალი შენადნობების საჭრისები დაუშვებენ განსაკუთრებით დიდი ჭრის სიჩქარეებს, რომლის დროსაც ისინი საკმაოდ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ინარჩუნებენ მჭრელი წიბოების სისალეს და სინახვილეს, რადგან მათი წითლადმდეგობა შედარებით საუკეთესო სწრაფმჭრელ საჭრისებთან, უფრო მაღლა დგას. გარდა ამისა, სალ შენადნობებს აქვთ დიდი წინააღმდეგობა ცვეთისადმი თვითმტემა, რომელიც განსაკუთრებით დასაფასებელია თუჯზე, ბრინჯაოზე, მაგარ შენადნობებზე

სურ. 94. სწრაფმჭრელი და ნახშირბადიანი ფოლადების სისალის ცვალებადობა წრთობისა და მოშვების ტემპერატურის მიხედვით; მთლიანი ხაზები — სწრაფმჭრელისათვის; პუნქტირულა — ნახშირბადიანი ფოლადებისათვის.

საჭრისების თერმული დამუშავება

თერმოდამუშავების თანმიმდევრობა	ფოლადების მარკები							
	РФ-1		ЭИ-290	ЭИ-277	ЭИ-276	ЭИ-262	ЭИ-260	ЭИ-186
წინასწარი I გახურება II	840—870°			550—600° 850—880°				840—870
წრთობა	ტემპერატურა C°-ში	1300±15	1190±15	1240±15	1230±15	1240±15	1230±15	1200±10
	შეჩერება წუთებში		3,0					4,5
	გამაცივებელი არე		ზეთი					
მოშვება	ტემპერატურა	560		850—880				550
	ჯერადობა	3		2—3				3
	შეჩერება საათებში	1		1—1,5				1

და სხვა ისეთ მასალებზე მომუშავე იარაღისათვის, რომელთა ბურბუშელაც განსაკუთრებით ძლიერად მოქმედებს მკრელი წიბოს გაცევაზე.

მაგარი შენადნობები განირჩევიან ერთმანეთისგან ქიმიური შენადგენლობით და დამზადების ხერხით. პირველი შენადნობი, გამოგონილი 1907 წ. სტელიტადაა წოდებული, მზადდება ჩამოსხმით და მით განირჩევა სწრაფმკრელი ფოლადიდან, რომ მასში რკინა შეცვლილია ლეგირებული შემადგენლობის: ვოლფრამისა, ქრომისა, კობალტის, მოლიბდენისა და სხვ. ამალღებული შემცველობით სტელიტები არა მოითხოვენ თერმულ დამუშავებას.

სტელიტის საჭრისებს აქვთ კარგი ჰერის უნარი, მაგრამ მათ სერიოზულ ნაკლს წარმოადგენს დიდი სიმყიფე. დიდი კვეთის ბურბუშელით მოშაობის დროს, როდესაც ატყობილებელია ცაქცახი ან ბიძგები და დარტყმები, იარაღის მკრელი წიბოები შედარებით ადვილად ამოფხვიერდებიან ხოლმე. საჭიროა განსაკუთრებული სიფხიზე და ყურადღება მუშაობაში, რათა დამაკმაყოფილებლად გამოვიყენოთ სტელიტის საჭრისები. მათ მიიღეს თვალსაჩინო გავრცელება მოყვანილი ჩარხვის დროს, რადგან სხვა საჭრისებზე უფრო უკეთესად ინარჩუნებენ „წმინდა“ მკრელ პირს.

სტელიტების დნობის ტემპერატურა 1280—1350°-ია. მკრელი წიბოების სისლესი კარგება 700° ზევით ტემპერატურამდე გახურების დროს.

სტელიტები ჩვეულებრივ გამოიყენებიან საჭრისზე დაკავშირებული ფირფიტების სახით, ან კიდევ უფრო ხშირად, მცირე სისქის ფენით დალუდების გზით საჭრისის წინა წახნაგზე.

ამჟამად სტელიტით დაფარვა გამოყენებულია არა იმდენად საიარაღო წარმოებაში, რამდენადაც საერთო მანქანათმშენებლობაში, სადაც იგი წარმოადგენს სხვადასხვა მოხმარებულ და გასაცემთ ნაწილებისათვის, როგორცაა, მაგალითად: პოპოვიკები, სახნისებო, ექსკავატორის ციხვი და ა. შ. სისალის მინიჭების ერთ-ერთ ყველაზე უფრო გავრცელებულ ხერხს.

ლითონის დამუშავებაში სტელიტები იშვიათად გამოიყენებიან შათი სიძვირისა, სიმყიფისა და იარაღის სტელიტით გადაფარებული წიბოს დამუშავებასთან დაკავშირებულ ზოგიერთი სიძნელის გამო. მასთან, ბოლო ხანებში სტელიტები ენერჯიულად იღვენიან განსაკუთრებული ხერხით დანადგებული სხვა უფრო ნაყოფიერი სალი შენადნობით, რომელთაც სტელიტებთან შედარებით აქვთ უფრო მეტი სიმკვრივე და სიმტკიცე.

ეს ახალი სწრაფმკრელი შენადნობები ცნობილი არიან უმთავრესად კარბიდოვოლფრამიტანოვანი შენადნობების სახელწოდებით.

§ 50. სალი შენადნობები. კარბიდოვოლფრამიტანოვანი და სხვები

1913—1914 წლებში ბაზარზე გაჩნდა ჩამოსხმული, ძალზე სალი, მაგრამ მყიფე კარბიდოვოლფრამის შენადნობი ვოლომიტის, ლომანიტის (ლომანის პატენტის მიხედვით) სახელწოდებით. სსრკ-ში მსგავსი ტიპის შენადნობი გამოშვებული იყო რელეტის სახელწოდებით. დიდი სიმყიფე და დნობის მაღალი ტემპერატურა ხელს უშლიდნენ მათ ფართო გავრცელებას.

1920 წელს ოსრამის ფირმის ლაბორატორიაში დამუშავებულ იქნა სალი შენადნობის დამზადების ახალი „კერამიკული“ მეთოდი. ეს მეთოდი მდგომარეობს შემდეგში. ბურთულა წისქვილებში ფხვნილისმაგვარი ვოლფრამი (დაახლოებით 93%) აირევა ნახშირბად-მურთან (7%) 1400° ტემპერატურის დროს, რის შედეგადაც მიიღება წვრილი ფხვნილისმაგვარი კარბიდოვოლფრამი. ამ უკანასკნელს ახელენ წებოს ხსნარში მაიკემენტირებელ ნივთიერებასთან (კობალტთან) და 120° კვეშ გამოშრობის შემდეგ ნარევის ყოფილ 1 სმ²-ზე 1—1,5 ტ. წნევის ქვეშ დაწნებავენ ფირფიტების სახით. სპეციალურ

ელექტროლუმინაქციის წყალბადისა ან ამონიაკის ატმოსფეროში ეს ფირფიტები განიცდიან შეცხოვრებას $T=1500^{\circ}$ დროს. ასეთი თბოლამუშაების შემდეგ უფრო ადვილმდნობადი კობალტი რბილდება და აკავშირებს კარბიდისმარცვლებს კომპაქტურ შენადნობად. შენადნობის დამზადების ასეთ მეთოდს ხშირად „კერამიკულს“ უწოდებენ, რაც სავსებით არასწორი. ჩვეულებრივ, კერამიკული სხეულისაგან (ფაიფური და სხვ.) განსხვავებით დაწნეხილ შენადნობში კარბიდოვან ფაზას შექმნიან უკავშირდება მინარევს, ამ შემთხვევაში — კობალტს, არა მხოლოდ მექანიკურად, არამედ შედის მასთან ურთიერთქმედებაში (დიფუზიამში), რომლის ინტენსივობაც დამოკიდებულია თბოლამუშაების ტემპზე.

1926 წ. კრუპის ფირმამ იყიდა პატენტი და გამოუშვა ბაზარზე სალი შენადნობი ვილის სახელწოდებით. იგივე პატენტი იყიდა ამერიკულმა ფირმამ კარბოლომ, რომელმაც გამოუშვა გასასყიდად „კარბოლი“.

1930 წ. სსრკ-ში ხმარებაშია ანალოგიური შემადგენლობის სამამულო სალი შენადნობი „პობედიტი“.

ყველა ამ შენადნობს აქვს განსაკუთრებული სისალე, რომელსაც ისინი არ კარგავენ 1200—1300^o-მდე გახურების დროსაც კი, რაც მათ ხდის გადახურებისა და გაცეცხის მიმართ მეტისმეტად მტკიცეს და აძლევს ისეთი მასალების დამუშავების შესაძლებლობას, როგორცაა წრთობილი ფოლადი და თუჯი, სალი მანგანუმინი ფოლადი და ისეთი მასალებიც კი, როგორც შუშა, ქვა და სხვა, რომელთა დამუშავებაც მანამდე შეუძლებელი იყო ჩვეულებრივი მჭრელი იარაღების საშუალებით. განსაკუთრებით დიდ წარმადობას აღწევენ თუჯისა, ბრინჯაოს, ალუმინისა და ფხვიერი ბურბუშელის მომცემ შენადნობის დამუშავების დროს. ფოლადის დამუშავებისათვის გამოყენებულია სხვა სალი შენადნობი

1931—1932 წლებში ამერიკის მრეწველობაში გამოჩნდა კარბიდ-ტიტანის შენადნობი რამეტი. კარბიდ-ტიტანის დნობის ტემპერატურა 4400^o-ია, ე. ი. კარბიდ-ფოლადის დნობის ტემპერატურაზე (2700^o) მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია. რამეტი განირჩევა მეტისმეტი მცირე თბოგამტარიანობით, რომელიც მას 3-ჯერ ნაკლები აქვს, ვიდრე კარბიდოვან ფოლადს; ეს მდგომარეობა განსაკუთრებით უნდა იქნას მიღებული მხედველობაში შენადნობის ფირფიტის დამჭერზე დაკავშირებისა და მათი ალესვის დროს.

ამავე დროს ერთ-ერთმა მკვლევარმა წინადადება შემოიტანა კიდევ უფრო ნაკლები შენადნობის „ტიტანის“ შემოღების შესახებ, რომელიც შედგება ტიტანისა და მოლიბდენის ორმაგი კარბიდებისაგან ნიკელისა და ქრომის მინარევით. იგი გამოშვებულ იქნა გასასყიდად სამი G, S, V მარკის სახით სხვადასხვა ლითონის დასამუშავებლად. G შენადნის ხვედრითი წონაა—5,7, S შენადნის—6,5.

აქვს რა წინა შენადნობებისათვის დამახასიათებელი ყველა ღირსება, ტიტანიტი სჯობნის მათ გახურების დროს დაჟანგვისადმი მედეგობით (პობედიტი, ვილია რუანგებიან 600—700^o დროს, ტიტანიტი—900^o დროს). ეს თვისება ძალზე არსებითია ფირფიტის დამჭერზე დაკავშირებისას, როდესაც არსებობს გახურების დროს დაჟანგვის გამო ფირფიტის გაფუჭების საშიშროება. აგრეთვე ფოლადის ნაკეთების დამუშავების დროს ქრის დიდი სიჩქარეებით, როდესაც მჭრელი წიბო ხურდება თეთრად გაფარების მდგომარეობაში, ბამდე, დაჟანგვისადმი მედეგობა წარმოადგენს ძვირფას თვისებას.

1933 წ. სსრკ-ში ქარხანა „Редкие элементы“-ის მიერ დამზადებულ იქნა P3-მ, P3-ნ სალი შენადნობები სხვა ტექნოლოგიით, ვიდრე პობედიტი. განსხვავება მათ შორის მდგომარეობს მაცემენტირებელი ლითონის შეყვანის წესში. პობედიტი ძირითადად მექანიკური ნარევია. P3-მ პობედიტში მაცემენტირებელი ლითონი ილექება კარბიდებად ქიმიური გზით და ამით მიღწეულია მისი იდეალური განაწილება ფოლადის კარბიდების მარცვლებს შორის.

რამდენიმედ უფრო გვიან დამზადებულ იქნა მთელი რიგი სხვა სალი შენადნობები: პობედლიტი ა-15, პობედლიტი ა-21, ელვოტიტი, სერვონიტი და სხვ.

მე-18 ცხრილში მოცემულია სხვადასხვა შენადნობის ქიმიური შემადგენლობა და მათი გამოყენების არე.

ც ხ რ ი ლ ი 18

№№ რიგ.	შენადნობის დასახელება	ნახშირბადი C%	ფოსფორანი P ₂ O ₅ %	ვანადიტი V ₂ O ₅ %	ტიტანი Ti%	კრომი Cr%	ნიკელი Ni%	მოლიბდენი Mo%	ტანტალი Ta%	გამოყენების არე
1	ვიდია	6,0	84,6	7,0						თუჯი, ბრინჯაო, მსუბუქი შენადნობები
2	კარბოლი	6,0	81,6	13,0						
3	პობედლიტი	5,6	84	10,0						
4	პობედლიტი PЭ-8	5,8	86,2	8,0						თუჯი, ფოლადი, მსუბუქი შენადნობები იტანს დარტყმებს მოხერხებულია რადიოსათვის
5	პობედლიტი ა-15	7,0	73,0	5,0	12,5		1,0	1,5		
6	პობედლიტი ა-21	7,6	66,0	8,0	17,0					
7	ტიტანიტი	13,6	—	—	38,0	1,0	13,0	34,0	—	იგივე ფოლადისა და თუჯის დამუშავება დიდი ბურბუშელათი დარტყმების გარეშე
8	კუბანიტი	9,5	—	1,0	35,0	—	13,0	41,5	—	
9	ელვოტიტი	9,4	46,5	13,0	24—30	1,0	—	—	—	
10	სერვონიტი	8	—	—	37,0	1,0	15,0	39,0	—	
11	რამეტი	6,0	—	—	—	—	9	—	85	სუფთა დამუშავება მცირე ბურბუშელათი დარტყმების გარეშე

ამჟამად სსრკ-ს ქარხნებში ვარაუდობენ ფოლადის დასამუშავებლად გამოიყენონ ძირითადად პობედლიტი—PЭ-8 და პობედლიტი ა-21 ტიპის სალი შენადნობი, და აგრეთვე შენადნობები რენიკსის სახელწოდებით, რომლებშიაც მაცემენტრებელი ელემენტი კობალტი შეტყვილია ნიკელით ისეთივე პროპორციით, როგორც PЭ-8, PЭ-6, PЭ-12-ში და ა. ს.

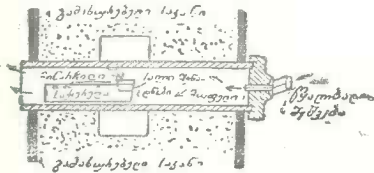
აქვთ რა თუჯისა, ბრინჯაოსი, ალუმინისა და სხვა ნაკეთების დამუშავების დროს დიდი წითლადმედეგობა და გაცვეთისადმი კარგი წინააღმდეგობა, სალი შენადნობის საჭრისებრი ნებას იძლევიან ვიმუშაოთ ძალზე დიდი ჭრის სიჭარბებით და შედეგად იარაღის წარმადობა იზრდება რამდენჯერმე. განსაკუთრებით ხელსაყრელია სალი შენადნობების გამოყენება ავტომატებზე, სადაც იარაღის გამოცვლა იწვევს ჩარხის ხანგრძლივ აწყობას და შესაბამისად დიდ დროს დაკარგვას.

ამჟამად მექანიკურ სამეჭროებში ადგილი აიღო აქვს ნაწილების დაწუნებას გამოწვეულს განსაკუთრებული სისალის გამო საჭრისებით მათი დამუშავების შეუძლებლობით. არ არსებობს ისეთი სალი ლითონი, რომლის დამუშავებაც შეუძლებელი იყოს კარბიდული იარაღით და ამიტომ გასაგებია, რომ სალი შენადნობები ფართო გამოყენებას ნახულობენ ლითონის დამუშავების ყველა დარგში. სამუშაოროდ, მუშაობის პირობები ყოველთვის არ იძლევიან თანამედროვე მაღალწარმადოვანი იარაღის გამოყენების შესაძლებლობას: ძველი ჩარხები შპინდელის სიჭარბეთა შეზღუდული დიაპაზონით, ჩარხის კონსტრუქციის არასაკმაოდ სიმტკიცე, ნაკეთის სუსტი დამაგრება და სხვა გარემოებათა რიგი ხელს უშლიან სალი შენადნობების სარგებლობის სრულად გამოყენებას.

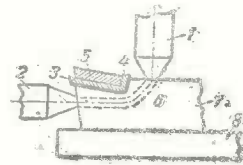
შენადნობების დიდი ღირებულების გამო მათი გამოყენება ხდება სხვადასხვაგვარი პროფილის ფირფიტების სახით, რომლებიც დაკავშირდებიან ხოლმე ჩვეულებრივ ნახშირბადიან ან მუშაობის მიმე პირობების შემთხვევაში, ლეგირებული ფოლადების დამკერზე.

§. 51. სალი შენადნობის ფირფიტების დაკავშირება

სალი შენადნობის ფირფიტებიანი საჭრისების წარმადობა დიდადა დამოკიდებული დამკერის ღეროსთან ფირფიტა-საჭრისის გულდასმით დაკავშირებაზე. ამ მიზნით დამკერის ბოლოზე ფრეზით მზადდება სპეციალური ბუდე; იგი გულდასპით გამოიყვანება და სუფთავდება, რათა ფირფიტები მოთავსდნენ სავსებით მკერვივად ოდნავი გადახრით უკან. დასაკავშირებლად ჩვეულებრივ იყენებენ ელექტროლიტურ წითელ სპილენძს დნობის ტემპერატურით $T=1080^{\circ}$; იგი უზრუნველყოფს დაკავშირების საკმაო სიმტკიცეს და ხელს უწყობს ლითონის კრის დროს წარმოქმნილი სითბოს გადასვლას. ზოგჯერ იყენებენ სხვა საკავშირებელ მასალასაც, როგორც მაგალითად: კონსტანტანი ($T=1300^{\circ}$), ვერცხლი ($T=960^{\circ}$), თითბერი (900°). დაკავშირების დროს როგორც მდნობი გამოიყენება გამოვარცარებული და წვრილად დანაყული ბორაკი.



სურ. 95. ელექტროლუმელი სალი შენადნობის ფირფიტების დასაკავშირებლად.

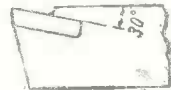


სურ. 96. წვრილლური ელექტროლუმელი მანქანის მუშაობის სქემა სალი შენადნობის ფირფიტების დასაკავშირებლად.

თვით დაკავშირების პროცესი წარმოებს ჩვეულებრივ შემდგენიარად. პირველად დამკერის ბოლო ხურდება ლუმელში, ქურაში ან აცეტილენ-ჟანგბადოვან სანთურას აღმადგენელ ალში დაახლოებით 800° ტემპერატურამდე, ე. ი. ბორაკის დნობის ტემპერატურაზე (741°) რამდენიმედ უფრო მაღლა. შემდეგ გამოიღებენ დამკერს და დამზადებულ ბუდეს მო-



სურ. 97. სალი შენადნობის ფირფიტის დაკავშირების ნორმალური ხერზი.



სურ. 98. სალი შენადნობის ფირფიტის დაკავშირება დამკერის შიგნით.

აყრიან ბორაკს. გამდნარ ბორაკს გულდასმით მოწმენდენ ჯაგრისით, დაადებენ ფირფიტას და მის ზემოთ წითელი სპილენძის წვრილად დაჭრილ ნაწილაკებს და ხელახლა მოაყრიან ბორაკს. ყველა ამას შედგამენ ლუმელში და ახურებენ $1100-1150^{\circ}$ ტემპერატურა-

რამდე, რომლის დროსაც წითელი სპილენძი დნება და იწყებს გამოდინებას ფირფიტის ქვეშ. ამ მომენტში გამოიღებენ ლუმელიდან დამჭერს და რაიმე მახვილი საგნით სწრაფად დააჭერენ ფირფიტას მასზე, ცდილობენ რა მიიღონ დაკავშირების რაც შეიძლება თხელი ფენა. დამზადებული საჭრის ნელი გაცივება წარმოებს წვრილი ხის ნახშირში ფირფიტის დაეზავისაგან და აგრეთვე ვაზნარისაგან უზრუნველსაყოფად.

ამჟამად სალი შენადნობის წარმადობის გასაღიღებლად და დაკავშირების პროცესის დასაჩქარებლად გვირჩევენ ამ უქანასკნელის ჩატარებას სპეციალურ ელექტროლუმენ-



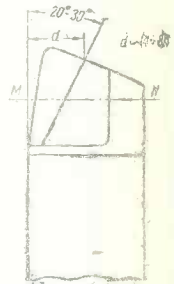
სურ. 99. სალი შენადნობის საჭრის ბურბუშელის დაბნევის დაღუღება.

ში წყალბადის ატმოსფეროთი (სურ. 95) ან წერტილურ ელექტროუმედუღებელ მანქანით (სურ. 96).

სალი შენადნობის დაკავშირება წარმოებს ჩვეულებრივ ხეიდან დამჭერის წინა წახნაგზე (სურ. 97). ზოგჯერ დამაგრების უფრო მეტი სიმტკიცისათვის ფირფიტის დაკავშირება ხდება დამჭერის შიგნით, როგორც ეს ნაჩვენებია 98 სურათზე.

უქანასკნელი ხერხი შესაძლებლობას იძლევა გამოვიყენოთ უფრო თხელი ფირფიტები და ამით გვაიადოთ საჭრისი.

ბურბუშელის მოცილების პირობების გასაუმჯობესებლად ბლანტი ლითონების დროს, ზოგჯერ ფირფიტაზე დადუღებენ ხოლმე სალი ლითონის ფენას (სურ. 99). სწრაფად მიმდინარე უწყვეტი ბურბუშეა, ებჯინება რა შევირის, იხვევა. სპირალად, რომლის მოშორებაც მუშისათვის არ წარმოადგენს დიდ სიძნელეს. ამჟამად მიზნისათვის ნარჩევია მცირე ჩაღრმავების ამოღება როგორც ეს ნაჩვენებია 100 სურათზე.



სურ. 100. სალი შენადნობის ფირფიტის საჭრის სპეციალური აღუსა ბურბუშელის უკეთესად მოცილებისათვის.

X. საჭრის მდგომარეობა და ზრის სიჩქარე

§ 52. საჭრის მდგომარეობა და დაჩქარების კრიტერიუმები

მკრელი იარაღის ღირსება ფასდება ძირითადად მისი მედეგობით, ე. ი. უნარით შეინარჩუნოს მკრელი წიბოს სიმახვილე განსაზღვრული დროის განმავლობაში მუშაობის განსაზღვრულ პირობების დროს. ეს მედეგობა დამოკიდებულია არ მხოლოდ საჭრის მასალაზე, არამედ აგრეთვე მნიშვნელოვნად მისი დამზადების დეტალებზე, საჭრის პირობებზედაც. ასე მაგალითად, სწრაფმკრელი საჭრის ღირსება ძალზე იზრდება წესიერი წრთობისა და აღსვლის შემდეგ და უარესდება მრავალჯერადი ვადა ჰედვისა და ვადალესის შემდეგ. კარბიდ-ვოლფრამის საჭრის მუშაობის ხანგრძლიობა შეიძლება შესამჩნევად შეიცვალოს ისეთი ფაქტორების ზეგავლენით, როგორცაა: და მკერის მასიურობა, მისი დამაგრების სიხისტე, ფირფიტების დაკავშირების ხარისხი, კუთხების წესიერი აღსვლა, ნაკეთის ვიბრაცია მუშაობაში და ა. შ. (ეს ფაქტორები გველენას ახდენენ აგრეთვე სხვა საჭრისების მედეგობაზედაც).

საჭრის მედეგობის კანონების გამოკვლევის დროს სხვადასხვა ფაქტორის მიხედვით ან სხვადასხვა საჭრის ერთმანეთთან შედარების შემთხვევაში საჭიროა ზედმიწევნით დავიცვათ იმ პირობების სრული ერთგვარობა, რომლის დროსაც ხდება გამოკვლევა, ე. ი. საჭიროა გვეონდეს: ერთი და იგივე ფიზიკურ-მექანიკური თვისებისა და სტრუქტურის

დასამუშავებელი მასალა, ერთი და იგივე ფორმისა და ზომის საჭრისი, ასაღები ბურბუ-
შელა, ჭრის სიჩქარე და ა. შ. სიდიდით უნდა იცვლებოდეს მხოლოდ ის ფაქტორი, რომ-
ლის გავლენაც იარაღის მედეგობაზე სურთ განსაზღვრონ.

მდგომარეობის მიხედვით, რომლის დროსაც წარმოებს გამოკვლევა, იყენებენ იარა-
ღის მედეგობის შეფასების სხვადასხვა მეთოდს. ერთ-ერთ უველაზე უფრო მარტივ მე-
თოდს წარმოადგენს საჭრისის მუშაობის დროის განსაზღვრა ჭრის მუდმივი სიჩქარის დროს.
ასე, მაგალითად, ორი საჭრისიდან ერთი და იგივე მასალის დამუშავების დროს $s=20$ მ/წუთ.
ჭრის სიჩქარით $t=5$ მმ და $s=1$ მმ დროს ერთმა იმუშავა დაჩლუნგებამდე 25 წუთი, მე-
ორემ—45 წუთი. ცხადია, მეორე საჭრისი ხარისხობრივად პირველზე უფრო მაღლაა.

მსგავსი მეთოდის უხერხულობა მდგომარეობს იმაში, რომ ექსპერიმენტი შეიძლება
გავრძელებს ძალზე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში და მაინც არ მოგვცეს საკმაოდ
თვალსაჩინო შედეგები. მასობრივი წარმოების პირობებში, როდესაც მუშავდება საცეცხით
ერთგვაროვანი ნაკეთების დიდი რაოდენობა, შეიძლება ევრეთ წოდებული სტატისტიკური
მეთოდის დიდი წარმატებით გამოყენება. ამ მეთოდით განისაზღვრება საჭრისების მიერ
დამუშავებული ნაკეთების რაოდენობა მათ დაჩლუნგებამდე გავლილ დროში. შედეგზე გა-
რჩე შემთხვევითი ფაქტორების (დასამუშავებელი ნაკეთის მასალისა, ნამატისა და სხვ.
არაერთგვარობა) გავლენის შესამციკრებლად დაკვირვებას იმეორებენ რამდენჯერმე, და
სბოლოო შედეგს განსაზღვრავენ მანქანებლების საშუალო არითმეტიკულის მიხედვით.

ასე, კიროვის სახელობის ქარხანა „Электросила“-ში ლენინგრადში წარმოებდა
ორი—სწრაფმჭრელისა (უსსეხი) და კარბიდ-ვოლფრამის (პობედიტი)—საჭრისების შედარე-
ბითი შეფასება, როდესაც მუშავდებოდა ბრინჯის მიხედვით $H_b=172-198$ კგ/მ³ სი-
ხლის მქონე ელექტრომტორების თუჯის კორპუსები, $t=2,5$ მმ ჭრის სიღრმისა, $s=$
 $=0,87$ მმ/ბრ მიწოდებისა და $v=32,5$ მ/წუთ ჭრის სიჩქარის დროს. ამ პირობებში კორ-
პუსების რაოდენობა, დამუშავებული როგორც ერთი ისე მეორე საჭრისის მიერ ერთი გა-
დაღესვიდან მეორემდე, აღმოჩნდა:

საჭრისის მასალა	დამუშავებული ზოდების რაოდენობა დროის განმავლობაში					საშუალო არითმეტი- კული
	პირველ აღესვიამდე	პირველიდან მეორე აღეს- ვამდე	მეორედან მე- სამე აღეს- ვამდე	მესამედან მეოთხე აღეს- ვამდე	მეოთხედან მეხუთე აღეს- ვამდე	
პობედიტი	107	97	99	138	114	111
უსსეხი	12	11	15	8	15	12

როგორც ვხედავთ, პობედიტის საჭრისს შედარებით სწრაფმჭრელთან აქვს მნიშვნე-
ლოვნად უფრო დიდი მედეგობა, მაგრამ აქ მოყვანილი ციფრები სრულიადაც არ არიან
ორივე საჭრისის მედეგობის მარევენებლები, რადგან ერთი და იგივე ჭრის სიჩქარე, რომლი-
თაც ისინი მუშაობდნენ, ნორმალურია მაღალწარმადობიან პობედიტისათვის და გადაჭარ-
ბებულად მაღალია „უსსეხისათვის“.

თავისთავად გასაგებია, რომ ეს ძალზე ტლანჩი და ხანგრძლივი მეთოდი, გამოსადე-
გია საწარმოო პირობებში, რადგან სრულიად არ არის დაკავშირებული საწარმოო ხარ-
ჯებთან, და მიუღებელია ზუსტი გამოკვლევებისათვის. აქ მიღებულია საჭრისის მედეგობის
გამოკვლევის მეორე მეთოდი—ჭრის ტიპიური სიჩქარის მეთოდი.

ძირითად კრიტერიუმად საჭრისის მედეგობის შესაფასებლად მიღებული იქნა ჭრის
სიჩქარე, რომლის ატანაც შეუძლია საჭრისის მუშაობის განსაზღვრულ მუდმივ პირობების

დროს. საჭრის აფასებდნენ ϵ_0 ტიპური სიჩქარის მიხედვით, ე. ი. კრის სიჩქარით, რომლის დროსაც საჭრის, იღებდა რა ბურბუშელას ზომით $t=4,77$ მმ ($1/16$ ") და $s=1,59$ მმ/მრ ($1/16$ "), მიხვლი რჩებოდა $T_0=20$ წუთის განმავლობაში. დრო T_0 —20 წუთი ამორჩეული იყო მრავალრიცხოვანი ცდების შემდეგ, რომლებმაც დაანაზღაურა რომ T_0 უფრო მცირე მნიშვნელობის დროს მიღებული შედეგები არასაკმარის მანქანებზე არიან, უფრო დიდი T_0 დროს კი ექსპერიმენტები მნიშვნელოვნად ძვირდებოდნენ მათზე დროის დიდი რაოდენობის დაკარგვისა და მასალის ხარჯის სათანადო გაზრდის გამო.

მაშასადამე, სხვადასხვა საჭრისების ღირსების შესადარებლად საჭიროა მათთვის მოძებნოს ტიპური სიჩქარეები, მიკუთვნილი მედეგობის განსაზღვრულ დროისათვის. იარაღის მიერ დასაშვები სიჩქარე საზღვრავს მის ნაყოფიერებას.

საჭრისების მედეგობის საკითხის გადასაწყვეტად საჭიროა წინასწარ დავადგინოთ და მივიღოთ საჭრისის დაზღუდვების ნიშანი ანუ, როგორც იტყვიან, დაჩლუნგების კრიტერიუმი.

დაჩლუნგების კრიტერიუმად მიღებულ იქნა საჭრისის სრული რღვევის მდგომარეობა, მასთან მჭრელი წიბოს დაწყებული რღვევის ნიშნად სთვლიდნენ კრის ზედაპირზე პრილა ზოლის გაჩენას. ამას ადგილი აქვს ჩვეულებრივ ბლანტი მასალების დამუშავების დროს განსაკუთრებით შედარებით დიდი კრის სიჩქარეების შემთხვევაში. ამ შემთხვევაში განუწყვეტელი ბურბუშელა მისრიალებს საჭრისის წინა წახნაგზე, მჭრელი წიბოს ოდნავი უკან დაწვევით, და თანდათან იღებს საჭრისის მასალას და წარმოქმნის მის წინა წახნაგზე სფერულ ჩაღრმავებას. მუშაობის პროცესში ეს ჩაღრმავება უფრო და უფრო ფართოვდება და, ბოლოს, აღწევს მჭრელ წიბოს და არღვევს მას. თავისი სრულ რღვევამდე, სწრაფმჭრელი ფოლადის წითლადმედეგობის გამო, საჭრისის წიბო ინარჩუნებს სიმამხლეს, რასაც ხელს უწყობს აგრეთვე საჭრისზე ნაზრდის წარმოშობა, რომელიც იფარავს მჭრელ წიბოს ბუბუშელის უშუალო შემოქმედებისაგან და, მაშასადამე, გაცივებისა და გახურებისაგან. როცა ახლოვდება დაჩლუნგების მომენტი, ხდება მჭრელი წიბოს ცალკეული უბნების გამოფხვიერება, რაც აღინიშნება კრის ზედაპირზე პრილა ზოლაკების გამოჩენით. რამდენიმე წამის შემდეგ იწყება საჭრისის სრული რღვევა, რომელიც ხასიათდება კრის ძალისა და ტემპერატურის მნიშვნელოვანი გაზრდით. კრის ძალზე დიდი სიჩქარეების დროს როცა კრის პროცესში წარმოქმნილი სითბო საკმარის დიდია იმისათვის, რომ მოახდინოს საჭრისის ზედაპირის ძლიერი შერბილება, ამ უკანასკნელის გაცემა ხდება განსაკუთრებით სწრაფად, და საჭრისები შეიძლება მოვიდნენ უვარგისობაში უკვე 1—3 წუთის მუშაობის შემდეგ.

საჭრისი საჭიროა მოცხნათ და გადავლესოთ მანამ, ვიდრე დაიწყებოდეს მისი საბოლოო რღვევა; ამის საკმარისად სანდო ნიშანს წარმოადგენს პრილა ზოლაკის გაჩენა დასამუშავებელ ზედაპირზე.

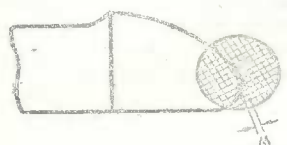
ამ ნიშნის შემჩნევა ყოველთვის არ ხერხდება თუჯისა, ზრინჯაოსი და სხვა მყიფე მასალების დამუშავების დროს, განსაკუთრებით ნახშირბადიანი და კარბიდოვოლფრამიანი საჭრისების გამოყენების შემთხვევაში. ამ შემთხვევაში იარაღი იცვივება თანდათან, მჭრელი წიბოდან დაწყებული და, მაშასადამე, საჭიროა ვიჭონიოთ მეორე, დაჩლუნგებისათვის საკმარის ზუსტი კრიტერიუმი. ასეთი კრიტერიუმი დამყარებულია ჩვენთვის უკვე ცნობილ ფაქტზე იმის შესახებ, რომ კრის ძალის ორი პორიზონტალური მდგენელი— P_y რადიალური და P_x გვერდის—იზრდება მჭრელი წიბოს დაჩლუნგების მომატებასთან ერთად. ამ მიზნით აგებული იქნა სპეციალური დინამომეტრი, რომელიც ზომავდა ბურბუშელის დაწოლას საჭრისზე მხოლოდ აღნიშნული ორი მიმართულებით. ამ ხელსაწყოს მიერ ჩაწერილი დიაგრამის მიხედ-

ვით, დაჩლუნგების მომენტი განისაზღვრებოდა ლერძული ან რადიალური ძალის გავრდი 10%-ით. საჭიროა აღინიშნოს ამ კრიტერიუმის არასაკმარისობა პრაქტიკული გამოყენებისათვის, რადგან იგი არ უზრუნველყოფს საჭრისის სრულ გამოყენებას.

ზოგიერთი მკვლევარი საჭრისის დაჩლუნგების ნიშნად თვლიდა 10% გავრდას არაპორიზონტალური მდგენელის, არამედ P_x ტანგენციალური ძალისა.

ამ მეთოდის არსებით ნაკლოვანებას წარმოადგენს დინამომეტრით სარგებლობის აუცილებლობა, რომელიც მუშაობის პროცესში იწვევს ვიბრაციას და ამით ამცირებს საჭრისის მედეგობას.

საწარმოო პირობებში უფრო მარტივი და ხელმისაწვდომია ამპერმეტრით ან ვოლტმეტრით სარგებლობა. ამ შემთხვევაში იარაღის დაჩლუნგების ნიშნად ღებულობენ ჩარხის მიერ მოხმარებული ენერგიის ხარჯის ზრდას 10%-ით. ეს ხერხი, აპარატურის გრძობიერების არასაკმარისობის გამო, არ არის ზუსტი. ჭრის ძალის რადიალური და გვერდითი მდგენელების მომატება სუსტად ზრდის ჩარხის მიერ მოხმარებული ენერგიის ხარჯს.



სურ. 101. საჭრისის გაცვეთის გაზომვა.

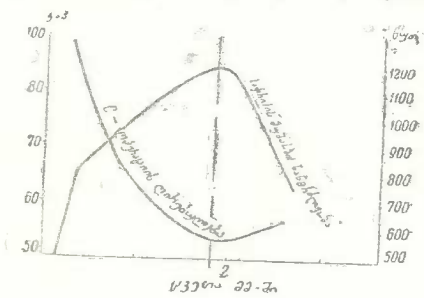


სურ. 102. საჭრისის გაცვეთის ცვალებადობის გრძდი უფთად დამუშავების დროს.

ამჟამად სულ უფრო ხშირად სარგებლობენ იარაღის გაცვეთის სიდიდის უშუალო გაზომვის მეთოდით. ასე, მაგალითად ნახშირბადიანი საჭრისების გამოკვლევის



სურ. 114 I. საჭრისის გაცვეთა უკანა წახანავით.



სურ. 114 II. საჭრისის დამუშავების ღირებულებისა და სამსახურის ხანგრძლივობის ცვალებადობის დიაგრამა საჭრისის გაცვეთის სიდიდის მიხედვით.

დროს გაცვეთის ნორმალურ სიდიდედ მიღებულ იქნა 0,127 მმ (0,05"), რომელიც მოხმარდა წახანავზე (სურ. 101) მიკროსკოპის საშუალებით. ეს კრიტერიუმი არაა საცემებით დასაბუთებული. პრაქტიკამ დაგვანახვა, რომ ზოგიერთი მასალის (თუჯის) დამუშავების დროს ყველაზე უფრო დიდ გაცვეთას ვაჩვენებთ უკანა წახანავზე. გარდა ამისა, გაცვეთის სიდიდე

0,127 მმ არაა საკმარისი ტლანქი დამუშავებისათვის, რადგან ჩვეულებრივ იარაღი ნორ-
მალურად მუშაობს 1—2 მმ გაცვეთამდის (უკანა წახნაგზე) და მხოლოდ ამის შემდეგ იწ-
ყება ძალზე ინტენსიური დაღლუნგება. მაშასადამე, შესაძლოა ყოფილა გაცვეთის ნორმის
გაზრდა.

სუფთად დამუშავების დროს ნაკეთის ზომების შეცვლა დაშვების ზღვრებს იქით შე-
იძლება გახდეს საჭრისის დაჩლუნგების ზოხერხებულ კრიტერიუმად.

ლამბორატორიულ პირობებში საჭრისის მედეგობის კანონების გამოკვლევის დროს
სუფთად დამუშავების შემთხვევაში გაცვეთის საზომად ერთ დროს მიღებული იყო საჭრის-
ისის მიერ დაკარგული წონა. თვალსაჩინოებისათვის 102-ე სურათზე მოყვანილია საჭრისის
გაცვეთის ცვალებადობის მრული დროის მიხედვით. აქ ჩვენ ვამჩნევთ სამ პერიოდს: ვაც-
ვეთა დასაწყისში ძალზე სწრაფად იზრდება (იციითება თვით მკრელი წიბო), შემ-
დეგ ხდება გაცვეთის სტაბილიზირება და, ბოლოს, ხელახლა გვიჩვენებს მკვეთრ ზრდას.
ცხადია, გაცვეთის ზომა მეორე პერიოდის ბოლოში შეიძლება მიღებულ იქნას დაჩლუნ-
გების კრიტერიუმად.

უკანასკნელ ხანებში მივიღენ იმ დასკვნამდე, რომ ეს კრიტერიუმი წარმოადგენს აგ-
რეთვე დაჩლუნგების ეკონომიურ კრიტერიუმსაც. იგი ხასიათდება იარაღის მკრელი წი-
ბოს გაცვეთის სიდიდით, რომლის დროსაც უზრუნველყოფილია მისი გადაღლუნგება
უზელსაყრელესი რაოდენობა. ეს გაცვეთა გაიზომება იარაღის უკანა წახნაგზე გახეილი
 h_1 ფართობის სივანით (სურ. 103 I). 103 II სურათზე ცხადად ჩანს, თუ როგორ იცე-
ლება C ოპერაციის ღირებულება და T საჭრისის სამსახურის ვადა ЭИ-264 საჭრისის
უკანა წახნაგზე h_1 გაცვეთის სიდიდის მიხედვით. ამ შემთხვევაში გაცვეთა $h_1 \approx 2$ მმ. ეს
„საჭრისის მუშაობის მაქსიმალური ხანგრძლიობის“ კრიტერიუმი ნაკლებია h_1 ზღვრულ
დასაწვებზე 10—25%-ით ფოლადის დამუშავების დროს და 25—50%-ით თუჯის დამუშა-
ვების დროს. ამ დროს P_x აღემატება თავის პირველ სწყის სიდიდეს 10—30%-ით, P_y
აღწევს P_x -ის სიდიდეს და $P_z = (0,5 \div 0,7) P_x$.

§ 63. საჭრისის მედეგობა და ზრის სიჩქარე

ჭრის ტიპური სიჩქარე წარმოადგენს საჭრისის ღირსების (ან მასალის დამუშა-
ვების) კარგ საზომს, მაგრამ იგი გამოუსადეგარია პრაქტიკული მუშაობისათვის, რადგან
ეკონომიურად ხელსაყრელი არ არის იარაღის ყოველი 20 წუთის შემდეგ გადალესვა და
ამავე დროს ძალზე დიდია იარაღის ხშირ აღესვასთან და ჩარხის გაჩერებასთან დაკავში-
რებული დანაკარგები.

ზოგიერთი მკვლევარი, ქვემომოყვანილი სპეციალური გამოანგარიშებების საფუძველზე,
მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ყველაზე უფრო ხელსაყრელია მუშაობა ეგრეთ წოდებული
პრაქტიკული ან ეკონომიური ჭრის სიჩქარით, 1 საათისა და 15 წუთის მედეგობით წერილი
საჭრისებისათვის და 2 საათისა და 45 წუთამდე მსხვილებისათვის ან საშუალოდ 1 სა-
ათისა და 30 წუთის მედეგობაზე ცოტა მეტით. ეს გამოანგარიშება გაკეთებული იყო
სწრაფმკრელი საჭრისებისათვის მრუდხაზოვანი მკრელი წიბოთი.

ჭრის პრაქტიკული სიჩქარის მონახვა ვაადვილებულია მით, რომ პირველად ცდების
საშუალებით გამოყვანილი იქნა ჭრის სიჩქარისა და მისი შესაბამისი საჭრისის მედე-
გობას შორის დამოკიდებულება. ეს დამოკიდებულება გამოსახულია საერთო სახის გან-
ტოლებით:

$$\frac{v_0}{v_0} = \left| \frac{T_0}{T} \right|^m \quad \text{ან} \quad v = v_0 \left| \frac{T_0}{T} \right|^m \quad (1)$$

სადაც v — ჰრის პრაქტიკული სიჩქარეა T წუთი მედეგობისას. v_0 — ჰრის ტიპური სიჩქარეა $T=20$ წუთს მედეგობისას, m — ფარდობითი მედეგობის მაჩვენებელი — მუდმივია, დამოკიდებული ძირითადად დასამუშავებელ მასალასა და იარაღზე.

ნამრავლი $v_0 T_0^m$ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს მუშაობის განსაზღვრული პირობებისათვის დასამუშავებელი მასალისა და საჭრისისათვის და ამიტომ ხშირად (1) განტოლებას გამოსახვენ უფრო მარტივი სახით:

$$v = \frac{C}{T^m} \quad \text{ან} \quad T = \frac{C}{\frac{1}{v^{\frac{1}{m}}}}$$

თუ ფოლადის დამუშავებისათვის მივიღებთ $m = \frac{1}{8}$, გვექნება:

$$v = \frac{C}{T^{\frac{1}{8}}} \quad \text{ან} \quad T = \frac{C}{v^8} \quad (2)$$

ამრიგად, ცდების საფუძველზე შეიძლება მივიღოთ, რომ საჭრისის მედეგობის დრო ფოლადის დამუშავების შემთხვევაში უკუპროპორციულია მერვე ხარისხში აყვანილი ჰრის სიჩქარისა. თუ, მაგალითად, ჰრის სიჩქარეს შევამცირებთ მხოლოდ 10%, ე. ი. 1,1-ჯერ, მაშინ საჭრისი იმუშავებს 2-ჯერ უფრო ხანგრძლივად.

$$T = \frac{C'}{\left(\frac{v}{1,1}\right)^8} = \frac{2C'}{v^8} \quad \text{წუთი.}$$

საჭიროა აღინიშნოს, რომ (1) განტოლებით გამოსახული კანონზომიერება, სამართლიანია T მნიშვნელობების განსაზღვრულ საზღვრებში (დაახლოებით $T=10-150$ წუთის დროს), წინააღმდეგ შემთხვევაში გამოანგარიშების დროს მას შეუძლია მიგვეყვანოს უაზრო შედეგამდე. ასე, მაგალითად, ჰრის სიჩქარის 2-ჯერ შემცირების დროს ჩვენი (2) განტოლების თანახმად, უნდა მიგვეღო საჭრისის მედეგობა 256-ჯერ უფრო მეტი, რასაც სინამდვილეში შეიძლება არ ჰქონდეს ადგილი.

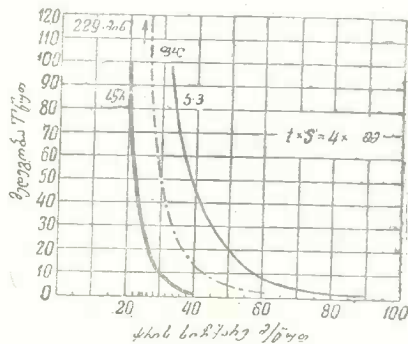
ყოველ შემთხვევაში, (1) განტოლებით ადვილად შეიძლება ჰრის პრაქტიკული სიჩქარის მოძებნა $T=90$ წუთის დროს, თუკი ცნობილია v_0 ტიპური სიჩქარე:

$$\frac{v}{v_0} \left(\frac{20}{90}\right)^{1/8};$$

$$v = v_0 \left(\frac{20}{90}\right)^{1/8} = 0,83 v_0, \quad (3)$$

საიდანაც გამომდინარეობს, რომ ჰრის პრაქტიკული სიჩქარე დაახლოებით 17%-ით უფრო ნაკლებია ტიპურზე.

როგორც ვხედავთ, საჭრისის მედეგობა, ჰრის სიჩქარის შემცირებასთან შედარებით, ბევრად უფრო იზრდება. უკანასკნელ მაგალითში ჩვენ გვაქვს საჭრისის მედეგობის ზრდა 4,5-ჯერ, იმ დროს როდესაც ჰრის სიჩქარე მხოლოდ



სურ. 10ჟ. $T-v$ დამოკიდებულების დიაგრამა.

17%ით მკირდება. საჭრისის T შედეგობის დროის ასეთი მკვეთრი დამოკიდებულება ჭრის სიჩქარეზე განსაკუთრებით თვალსაჩინოდ გამოისახებიან კოორდინატის სისტემაში აგებული მრუდეების სახით, სადაც აბსცისთა ღერძით გადაიდება v -ს მნიშვნელობები მ/წუთ-ში, ორდინატთა ღერძზე კი— T -ს მნიშვნელობები წუთში. 104-ე სურათზე მოცემულია მსგავსი $T-v$ დიაგრამა, რომელიც მიღებულია მარტენის ფოლადის $\sigma_B = 65 - 70$ კგ/მმ² დამუშავების დროს სამი სხვადასხვა საჭრისით: სწრაფმკველით (სწ. მრუდი), სტელიტურით (სტ. მრუდი) და კარბიტ-კოლფრამულით (კ. ვ. მრუდი). დიაგრამიდან ჩანს, რომ ჭრის სიჩქარე შეიძლება მნიშვნელოვნად გაიზარდოს საჭრისის ხანმოკლე მუშაობის შემთხვევაში. დროის ამ ფაქტორს პრაქტიკაში ჩვეულებრივ არ უწყევენ ანგარიშს, თუმცა მას დიდი მნიშვნელობა აქვს. იღებდნენ რა ამას მხედველობაში, სტახანოველები ხანმოკლე ოპერაციების დროს მნიშვნელოვნად ზრდიდნენ ჭრის სიჩქარეებს და ამით ზრდიდნენ შრომის ნაყოფიერებას.

თუ $T-v$ დამოკიდებულებას ავაგებთ ლოგარითმულ კოორდინატებში, მაშინ მრუდეები სწორდებიან, და დიაგრამა იღებს 105-ე სურათზე ნაჩვენებ სახეს. თუ ვისარგებლებთ ამ სწორი ხაზებით, ძნელი არ იქნება ჭრის სიჩქარისა და საჭრისის შედეგობას შორის ანალიზური დამოკიდებულების ნახვა.

აგებული სწორი ხაზები გამოისახებიან საერთო სახის განტოლებით

$$y = ax = c \tag{4}$$

ჩვენ დიაგრამაში:

$$y = \lg T, \quad x = \lg v$$

(— α)— კუთხური კოეფიციენტი უარყოფითი ნიშნით, რომელიც უდრის სწორი ხაზების დახრის კუთხის ტანგენსს.

c — მუდმივაა, საწყისი ორდინატის მნიშვნელობის ტოლი ($c = \lg C$).

ამრიგად, (4) განტოლება შეიძლება გადაიწეროს შემდეგნაირად:

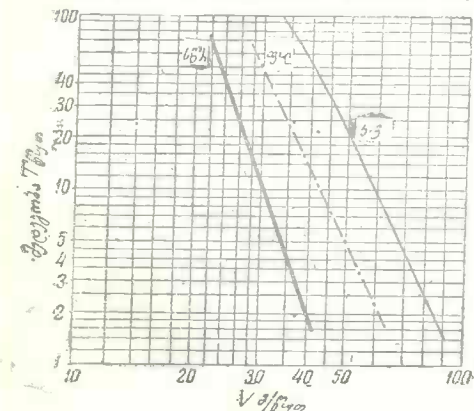
$$\lg T = \alpha \lg v + \lg C;$$

პოტენციურების შემდეგ ჩვენ მივიღებთ:

$$T = \frac{C}{v^\alpha} \quad \text{ანდა} \quad v = \frac{C}{T^{\frac{1}{\alpha}}} = \frac{C}{T^m}$$

ეს გრაფიკები მოხერხებული არიან კიდევ მით, რომ საშუალებას იძლევიან მოცემულ საჭრისსა და დასამუშავებელ მასალისათვის სწრაფად განესაზღვროთ როგორც ჭრის სიჩქარე ნებისმიერი შედეგობის დროს, ისე ჭრის ტიპური და პრაქტიკული სიჩქარეების მნიშვნელობებიც.

ფარდობითი შედეგობის მაჩვენებლებს — m აქვთ სხვადასხვა მნიშვნელობები ნაკეთისა და საჭრისის მას-



სურ. 105. $T-v$ დამოკიდებულების დიაგრამა.

ლის მიხედვით და მოცემული არიან მე-19 ცხრილში, რომელიც შედგენილია სხვადასხვა ავტორის ექსპერიმენტალურ გამოკვლევათა საფუძველზე.

m ფარდობითი მედეგობის მაჩვენებლების მნიშვნელობებია

№№ რ/რ	ა ვ ტ ო რ ი	დასამუშავებელი მასალა	<i>m</i>	საკრისის მასალა
1	ტილორი	ფოლადი	1/8	სწრაფმჭრელი ფოლადი
2	რიპერი	"	1/13	"
3	ზეგოვი (МММИ)	"	1/8 - 1/15	"
4	ბაოტი ტელორის მიხედვით	თუჯი	1/12	"
5	ვალკისი	"	1/8	"
6	რუდნიკი (უკრ. НИИМАШ)	ფოლადი და თუჯი	1/8	პობედიტი
7	ЦНИГМАШ	ფოლადი	1/6 - 1/10	პობედიტი-ალფა
8	კრივოუზოვი (ВАММ РККА)	თუჯი	1/10	პობედიტი
9	ბელკანი (Орг-Металл)	"	1/8	"
10	მედისკი (ХМЗ)	თუჯი ქვაქვე	1/8	"
11	ვალადილინი (სამრეწ. აკადემია)	თუჯი	1/8	პობედიტი-ალფა

m მნიშვნელობების სხვადასხვაობა აიხსნება არა მხოლოდ ნაკეთის მასალისა და იარაღის ხარისხით, არამედ მუშაობის სხვა პირობებითაც, როგორცაა: მოსახსნელი ბურ-ბუშელის ზომა, მისი ფორმა, დაჩლუნგებისათვის მიღებული კრიტერიუმი და ა. შ. ზუსტად რომ ვთქვათ, ფარდობითი მედეგობის *m* მაჩვენებლის სიდიდე არის მთელი რიგი ფაქტორების ფუნქცია. მაგრამ პრაქტიკულად *m* მნიშვნელობების ეს მერყეობანი მედეგობისათვის მიღებულ ნორმების ზღვრებში (მაგალითად, $T=20-90$ წუთ) დიდად არ იმოქმედებენ ჰრის სიჩქარის ცვალებადობაზე. 106-ე სურათიდან ჩანს, რომ $m = \frac{1}{6} \div \frac{1}{12}$ მნიშვნელობისათვის, $T=20$ წუთ-დან $T=90$ წუთ-ზე გადასვლის დროს, ჰრის სიჩქარე იცვლება არა უმეტეს 15%-სა.

ამიტომ მიახლოებული პრაქტიკული ანგარიშებისათვის შეიძლება მივიღოთ შემდეგი საშუალო მნიშვნელობები

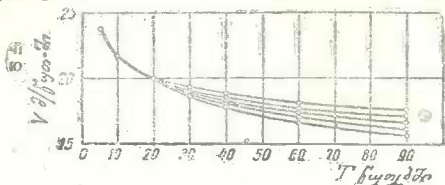
სწრაფმჭრელი ფოლადებისათვის	$m = \frac{1}{8}$,
P9=8, P9=6 პობედიტისათვის	$m = \frac{1}{6}$ ფოლადის დამუშავებისას.
" " "	$m = \frac{1}{4}$ თუჯის დამუშავებისას.
α-21, პობედიტ α-თვის	$m = \frac{1}{10}$.

თუ ერთეულად მივიღებთ ჰრის სიჩქარეს საკრისის $T=60$ წუთი მედეგობის დროს, მაშინ მედეგობის სხვა ნორმებისათვის, ჰრის სიჩქარეები შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი C_0 შემასწორებელი კოეფიციენტებით

$$\left(m = \frac{1}{8} \text{ დროს } \right) \qquad \left(m = \frac{1}{4} \right)$$

$T=20$ წუთ დროს	$C_0=1,15$	$T=20$ წუთ დროს	$C_0=1,30$
$T=30$ " "	$C_0=1,10$	$T=30$ " "	$C_0=1,20$
$T=60$ " "	$C_0=1,00$	$T=60$ " "	$C_0=1,00$
$T=90$ " "	$C_0=0,95$	$T=90$ " "	$C_0=0,90$
$T=120$ " "	$C_0=0,90$	$T=120$ " "	$C_0=0,85$
$T=180$ " "	$C_0=0,85$	$T=180$ " "	$C_0=0,75$

ზუსტი გამოთვლებისათვის საჭიროა $T-v$ დამოკიდებულების მრუდების აგე სპეციალური გამოკვლევების საფუძველზე, მოცემული კონკრეტული პირობების დროს. σ გვაქვს m -ის ბევრად თუ ნაკლებად ზუსტი მნიშვნელობები, შეიძლება ადვილად განესაღვროთ როგორც ეკონომიური შედეგობის ნორმა, ისე აგრეთვე მედეგობის ნორმა იარღის უდიდესი წარმადობის დროს.



სურ. 106. ფარდობითი მედეგობის მაჩვენებელ გავლენა ტრის სიჩქარისა და საჭრისის მედეგობის შორის თანაფარდობაზე.

- მრუდი 1 $m=1/12$ -თვის
 2 $m=1/8$ -თვის
 3. $m=1/7$ -თვის
 4 $m=1/6$ -თვის
 5 $m=1/4$ -თვის

§ 54. იარაღის მედეგობის ნორმის განსაზღვრა: ეკონომიური და უდიდესი წარმადობის

ორ გადალევათა შორის საჭრისის მუშაობის ეკონომიური ხანგრძლიობის ამოცანა გადაწყვეტისას, საჭიროა ყველა იმ ფაქტორის მხედველობაში მიღება, რომლებიც გასაზღვრავენ საჭრისის მედეგობის უხელსაყრელს დროს.

დაეუშვათ, რომ

T — საჭრისის მუშაობის დროა წუთებში ორ გადალევათა შორის;

t — დროა წუთებში დახარჯული საჭრისის მომსახურებაზე, მიკუთვნილი ერთ გადალევისათვის. უკანასკნელი განისაზღვრება საჭრისის მასალის ღირებულებისა, მისი საჭედლო დამუშავებისა, გაჩარხვისა სათანადო ზედნადები ხარჯებით და სათანადო ეკვვალენტის საშუალებით დროთი გამოსახული ხარატიის მუშაობის გამოანგარიშების გზით; ამას აგრეთვე ემატება ის დროც, რომელიც იხარჯება საჭრისის დაყენებაზე და მოხსნა მისი გადალევის დროს. ცხადია, რომ t სიდიდე განსაზღვრული საჭრისისათვის და მოცემულ საწარმოო პირობებისათვის არის მუდმივი.

ამრიგად, საჭრისის ხსნის რა ბურბუშელას f მმ განიკვეთით v მ/წუთ სიჩქარით დროში, პირობით თითქოს მუშაობს $T+t$ წუთს. შეიძლება აგრეთვე ჩაეთვალოს პირობით, რომ საჭრისი ბურბუშელას ხსნის $T+t$ დროში, მაგრამ რაღაც $v_{საშ}$ საშუალო სიჩქარით. ამ უკანასკნელის განსაზღვრა შეიძლება T დროში აღებული ბურბუშელის Q ს მოცულობიდან.

მართლაც:

$$Q = f \cdot v \cdot T$$

და, მაშასადამე,

$$v_{საშ} = \frac{Q}{f(T+t)} = \frac{f \cdot v \cdot T}{f(T+t)} = \frac{v \cdot T}{T+t}$$

თუ ჩავსვამთ განტოლებაში მნიშვნელობას:

$$v = \frac{C}{T^m}$$

მივიღებთ:

$$v_{საშ} = \frac{C \cdot T^{-m} \cdot T}{T+t} = \frac{C \cdot T^{1-m}}{T+t}$$

ცხადია, რომ T და t შორის ყველაზე უფრო ხელსაყრელი თანაფარდობა იქნება ისეთი, როლის დროსაც უზრუნველყოფილია იარაღის უდიდესი წარმადობა, ე. ი.

სასა იქნება მაქსიმალური. რომ მოენახოთ ეს პირობები, ვიღებთ პირველ წარმოებულს და მას ვუტოლებთ ნულს. მაშინ გვექნება:

$$\frac{\partial \text{სასა}}{\partial T} = C \frac{(1-m) T^{-m}(T+t) - T^{1-m}}{(T+t)^2} = 0.$$

ეს შესაძლოა, როდესაც:

$$(1-m) T^{-m}(T+t) - T^{1-m} = 0$$

ან

$$(1-m) \left(1 + \frac{t}{T} \right) - 1 = 0.$$

საიდანაც

$$\frac{t}{T} = \frac{1}{1-m} - 1 = \frac{m}{1-m}$$

და

$$T = \frac{t(1-m)}{m}. \quad (5)$$

მაგალითად, ფოლადის დამუშავების დროს, როდესაც $m = \frac{1}{8}$, საჭრისის მუშაობის უხეშსაყრელეს დროს გადალესვამდე მივიღებთ ტოლს

$$T = \frac{t \left(1 - \frac{1}{8} \right)}{\frac{1}{8}} = 7t.$$

ზოგიერთი მონაცემები საჭრისის „გომოსახურების“ დრო, მიკუთვნილი ერთ გადალესვი-სადმი და გამოსახული ხარატიის მუშაობის დროით, შეადგენდა საშუალოდ დაახლოებით 13 წუთს ($t=13$). ამიტომ საჭრისის მედეგობის ეკონომიური სიჩქარე მიიღება საშუალოდ ტოლი:

$$T = 7 \cdot t = 90 \text{ წუთ.}$$

თუ უყურადღებოდ დავტოვებთ გაწეულ ხარჯებს საჭრისზე, მის გადაჭედვაზე, ალე-სვაზე და სხვ. და მხედველობაში მივიღებთ მხოლოდ იმ დროს, რომელიც იხარჯება ია-რადის მოხსნაზე, დაყენებაზე და ჩარხის აწყობაზე (აღვნიშნოთ ეს დრო t -თი), მაშინ ცხა-ლია, (5) ფორმულა გამოსადეგი იქნება უდიდესი წარმადობის მედეგობის დროის გამოსა-ანგარიშებლადაც, მხოლოდ საჭიროა მასში t მაგივრად ჩავსვათ t_1 მნიშვნელობა, ე. ი.

$$T_1 = \frac{t_1(1-m)}{m}, \quad (6)$$

სადაც T_1 — უდიდესი წარმადობის მედეგობაა.

t_1 — ჩარხის გაცდენის დროა დაკავშირებული საჭრისის გადალესვასთან.

მაგალითი. განესაზღვროთ 25×40 სმ ზომის სწრაფმჭრელი საჭრისის ეკონომი-ური მედეგობა და უდიდესი წარმადობის მედეგობა.

გადაწყვეტა.

მივიღოთ:

1. საჭრისის მასალის ღირებულება ნარჩენის დაბრუნების გათვალისწინე-ბით. $A = 480$ კაპ.

2. საჭრისის დამზადების ღირებულება, შედგენილი: $B = 120$ კაპ.

მუშის სანარდო ხელფასისაგან 30 კაპ.
 და საამქროს ზედნადები ხარჯებისაგან (300%) . . . 90 კაპ.
 120 კაპ.

3. გადალესვათა რიცხვი $i=30$
 4. საქრისის 1 გადალესვისას ღირებულება $D_1 = 40$ კაპ.

რომელიც შედგება:

მუშის სანარდო ხელფასისაგან 10 კაპ.
 და საამქროს ზედნადები ხარჯებისაგან (300%) . . . 30 კაპ.
 40 კაპ.

5. ხარატის 1 წუთი მუშაობის საშუალო ღირებუ-
 ლება ზედნადები ხარჯებით (300%)

$$E = 2,5 \times \left(1 + \frac{300}{100} \right) = 10 \text{ კაპ.}$$

6. დრო საქრისის მოხსნაზე და დაყენებაზე და ჩარხის აწყობაზე $t_1 = 2,5$ წუთ,
 მაშინ ორ გადალესვას შორის საქრისზე დახარჯული სამუშაოს ღირებულება
 შეადგენს:

$$M_1 = \frac{A+B}{i} + D_1.$$

აღნიშნოთ $\frac{A+B}{i}$ C_1 -ით, მაშინ

$$M_1 = C_1 + D_1.$$

ჩვენ მიერ მიღებული პირობებისათვის

$$C_1 = \frac{480 + 120}{30} = 20 \text{ კაპ.}, D_1 = 40 \text{ კაპ.},$$

$$M_1 = 20 + 40 = 60 \text{ კაპ.};$$

ანუ ხარატის მუშაობის დროზე გადაყვანიო

$$t_0 = \frac{M_1}{E} = \frac{60}{10} = 6 \text{ წუთ.}$$

ორ გადალესვას შორის საქრისის მუშაობაზე მიღებული დანაკარგები, გამოხატუ-
 ლი ხარატის მუშაობის დროით

$$t = t_0 + t_1$$

$$t = 6 + 2,5 = 8,5 \text{ წუთ.}$$

$m = \frac{1}{8}$ შემთხვევაში (ფოლადის დამუშავების დროს) (5) ფორმულის მიხედვით
 საქრისის ეკონომიური შედეგობა შეადგენს

$$T = \frac{t(1-m)}{m},$$

$$T = \frac{8,5 \left(1 - \frac{1}{8} \right)}{\frac{1}{8}} \approx 60 \text{ წუთ.}$$

თუ არ მივაქცევთ ყურადღებას ეკონომიურ ფაქტორებს; მივიღებთ უდიდესი წარმადობის მედეგობას

$$T_1 = \frac{t_1(1-m)}{m} = \frac{2,5 \left(1 - \frac{1}{8}\right)}{\frac{1}{8}} = 17,5 \text{ წუთ.}$$

როგორც ვხედავთ, ეკონომიური მედეგობის ნორმა დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე: იარაღის მასალაზე, მის ფორმაზე, ჩარხზე, მუშის კვალიფიკაციაზე, წარმოების ორგანიზაციაზე. ეს ნორმა მით უფრო დაბლა იქნება და, მაშასადამე, მით უფრო დიდი იქნება ჭრის სიჩქარე, რაც უფრო იაფია მასალა და უფრო მარტივია იარაღის ფორმა და ჩარხის აწყობა.

ასე, მარტივი ამგლეჯი საჭრისებისათვის სწორი მჭრელი წიბოთი, ნორმალური მედეგობის დროდ მიღებულია $T=60$ წუთ. სალი შენადნობის საჭრისებისათვის ამ დროს ზრდიან $T=90-120$ წუთამდე და სუფთად მომუშავე საჭრისებისათვის კიდევ უფრო მეტადაც.

იღებს რა მხედველობაში სალი შენადნობების მაღალ ლირებულებას, პროფ. რუდნიკი გვიჩვენებს იარაღის მედეგობის შემდეგ ეკონომიურ ნორმებს:

- ფოლადის გაჩარხვის დროს (P3-8 პობედიტით) $T=75-90$ წუთ,
- თუჯის " " (უქერუ P3-8 პობედიტით) $T=75$ წუთ,
- ფოლადის სხმულისა და თუჯის ქერკით შავად დამუშავების დროს . $T=40-50$ წუთ;
- ფოლადის გაჩარხვის დროს პობედიტ ალფათი $T=150$ წუთ.

ავტომატებზე და აგრეთვე მოყვანილი სახის საჭრისებით მუშაობის დროს შედეგობის ნორმად იღებენ $T=240-300$ წუთს, რადგან აქ ხშირი გადაღესებები იწვევენ ჩარხის აწყობასთან და მოყვანილი საჭრისის მაღალ ლირებულებასთან დაკავშირებულ დიდ უნაყოფო ხარჯებს.

პრაქტიკაში ეს ნორმა კიდევ უფრო მაღალია, რადგან მუშაობენ ხშირად შესვენებებით ცალკეული ოპერაციების ხანმოკლეობის გამო.

უმოკლეს დროში პროდუქციის დიდი გამოშვების საჭიროების შემთხვევაში მუშაობენ ძალიან დიდი ჭრის სიჩქარეებით, რომლებიც შეეთანადებიან უდიდესი წარმადობის მიზნის მედეგობას. მუშაობის ასეთი რეჟიმი არ იქნება ეკონომიური, მაგრამ იგი უზრუნველყოფს დიდ საწარმოო ეფექტს, რომელიც მით უფრო მაღალი იქნება, რაც უფრო სრულყოფილია სამუშაო ადგილის მომსახურება მზა იარაღით, ეს კი შესაძლოა იარაღის ცენტრალიზებული აღესვის დროს. ამ შემთხვევაში დანაკარგები, რომლებიც დაკავშირებული არიან იარაღის აღსევასა და აწყობასთან, დაიკვანება მინიმუმამდე.

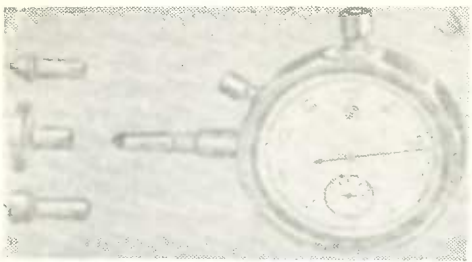
§ 55. ჭრის სიჩქარის განსაზღვრა

ჭრის სიჩქარეს სახარატო დამუშავების დროს განსაზღვრავენ როგორც ნაკეთის დასამუშავებელი ზედაპირის გადაადგილებას საჭრისის მჭრელი წიბოს მიმართ დროის ერთეულში და გამოსახვენ მეტრებში 1 წუთის განმავლობაში (აღინიშნება v მ/წუთში).

დასამუშავებელი ნაკეთის ბრუნვის სიჩქარისა, რომელიც გამოსახულია n — მისი ბრუნვის რიცხვით 1 წუთში, და D მმ — ნაკეთის დიამეტრის მიხედვით, ჭრის სიჩქარე გამოიანგარიშება ფორმულით:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ.}$$

ქრის სიჩქარის გასაზომად არსებობს სპეციალური ხელსაწყოები — ტახომეტრები, რომელთა ერთ-ერთი კონსტრუქცია გამოსახულია 107-ე სურათზე. ამ ტახომეტრის (1) ლილვაკი (2) რეზინის დაბოლოებით ჩა-



სურ. 107. წრიული სიჩქარისა და ბრუნვათა რიცხვის გასაზომი ტახომეტრი.

იდგემა ჩარხის შპინდელის (ან ნაკეთის) ცენტრში და ბრუნავს მასთან ერთად ერთი და იგივე ბრუნვის რიცხვით (1) ლილვაკის ბრუნვა კბილანათა სისტემის საშუალებით გადაეცემა ციფერბლატი ისარს იმ ანგარიშით, რომ ლილვაკის 1000 ბრუნვა შეეთანადებოდეს ისარს ერთ ბრუნვას. აღწერილ ტახომეტრს აქვს მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც ისარის ბრუნვა შეწყდება ხოლო შესტად 3 წამის შემდეგ, და სათანადოდ გრადუირებული ტახომეტრის ციფერბლატი გვიჩვენებს ლილვაკის ბრუნვის ოცჯერად რიცხვს, ე. ი. ნაკე-

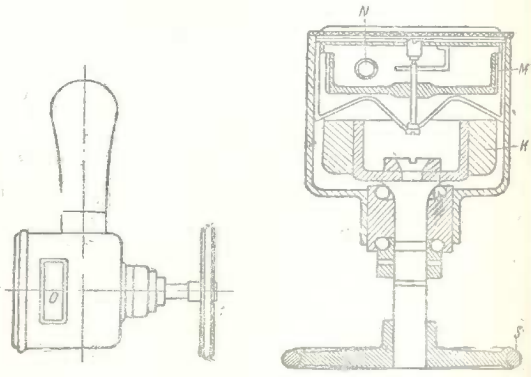
თის ბრუნვათა რიცხვს არა 3 წამისა, არამედ $3 \cdot 20 = 60$ წამის, ანუ 1 წუთის განმავლობაში.

(1) ლილვაკზე შეიძლება წამოვავოთ რეზინის ფერსიანი (3) დისკო (დიამეტრით $d \approx 31,8$ მმ) და მივადოთ იგი მბრუნავი ნაკეთის ზედაპირს. ამ შემთხვევაში დისკოს v_{ω} წრიული სიჩქარე, ტოლი ნაკეთის წრიული სიჩქარისა, აღინიშნება ტახომეტრის ისარი ციფერბლატის მე-2 შკალაზე (ქვედაზე) (ისარის 1 ბრ=1000 ბრუნვას (1) ლილვაკისა):

$$v_{\omega} = \frac{3.14 \cdot 31.8 \cdot 1000}{1000} = 100 \text{ მ/წუთ.}$$

108 და 109-ე სურათებზე ნაჩვენებია საერთო სახით და ქრილში ტახომეტრის მეორე კონსტრუქცია, რომელიც განიხილება უფრო მეტი მგრძნობიარებით, ვიდრე ტახომეტრი. ერთ ლერძზე S დისკოსთან ერთად ზის K რგოლებრი მანეტი, რომელიც ჩამალულია ყუთში.

დასამუშავებელ ნაკეთზე მიჭირებულ S დისკოს ბრუნვის რიცხვის ზრდას თან მოსდევს იმ ძალის პროპორციული ზრდა, რომლითაც რგოლებრი მანეტი აიძულებს შემობრუნდეს, აგრეთვე ყუთში მოთავსებულ, მეორე M დისკოს — მანეტის ღელზას. M ღელზა, რომელსაც არ შეუძლია სრული შემობრუნება გულდასმით შემოწმებულ N სპეციალური ზამბარაკის ზეგავლენით, შემობრუნდება თავისი ღერძის გარშემო რაღაც კუთხიბ, რომელ-



სურ. 108—109. Cuttmeter-ი—წრიული სიჩქარის გასაზომად.

5 დისკოს ბრუნვის სიჩქარის ზრდის პროპორციულია. ამ შემთხვევაში ღუზას შკალა, რომელიც სპეციალურად გრადუირებულია და აღნიშნული მის ვარე ფერსოზე, მაშინვე გვიჩვენებს 0 სარკმელში (სურ. 107) ჭრის სიჩქარეს მიწოთ-ში.

ორივე აღნიშნული ხელსაწყო სავსებით მისაღებად როგორც კვლევითი მიზნებისათვის, ისე საწარმოო კონტროლისათვის სახელსწიერებში.

XI სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე

§ 56. ზოგადი მოსახრება

ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას ლითონების ჭრით დამუშავების დროს წარმოადგენს ჭრის ისეთი ეკონომიური სიჩქარის შერჩევა, რომლითაც უზრუნველყოფილი იქნება ყველაზე უფრო დიდი საწარმოო ეფექტი. ეს ჭრის სიჩქარე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, რომელთა გავლენაც დაახლოებით შეიძლება დაეახასიათოთ შემდეგი ციფრებით.

1. დასამუშავებელი მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გავლენა ორი უქილურესი შემთხვევისათვის გამოისახება დაახლოებით $\frac{1}{100} \div \frac{1}{200}$ ფარდობით; ეს იმას ნიშნავს, რომ ჭრის ეკონომიური სიჩქარე, მაგალითად, წითობილი ფოლადისა ანდა საღებო თუჯის სხმულის დამუშავების დროს $100 \div 200$ -ჯერ უფრო ნაკლებია, ვიდრე რომელიმე რბილი ლითონის (ალუმინი, ელექტრონი და სხვ.) დამუშავების დროს.

2. იარაღის მასალის ხარისხის გავლენა გამოისახება $1:20$ ფარდობით, მაგალითად, ნახშირბადიანი საიარაღო ფოლადის საჭრისი ერთი და იგივე ჭირობებში 20-ჯერ უფრო ნელა მუშაობს, ვიდრე თანამდროვე საჭრისი სალი შენადნობით.

3. (5) მიწოდებისა ანუ ბურბუშელის სისქის გავლენა ძალზე მნიშვნელოვანია: მიწოდების 10-ჯერ შემცირებით—5-დან 0,5 მმ/ბრ-მდე—ყველა სხვა პირობების უცვლელობის დროს ეკონომიური სიჩქარე სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალისათვის შეიძლება გაზრდილი იქნას $170 - 360\%$ -ით.

4. მნიშვნელოვანდ უფრო ნაკლებია t ჭრის სიღრმის ანუ ბურბუშელის სიგანის გავლენა; მაგალითად, თუ t მნიშვნელობას შევამცირებთ 10-ჯერ—20 მმ-დან 2 მმ-მდე, მაშინ ეკონომიური სიჩქარე შეიძლება გაზრდილი იქნას $50 \div 150\%$ -ით.

5. საჭრის განიერი და მომრგვალებული მჭრელი წიბოთი შეუძლია იმუშაოს რამდენჯერმე უფრო მეტი სიჩქარით, ვიდრე საკუთხეილო საჭრის მახვილი წვერით.

6. საჭრისის უხე ვაცივებას განსაზღვრულ პირობებში შეუძლია ეკონომიური სიჩქარის გაზრდა 40% -ით.

როგორც ვხედავთ, ჭრის ეკონომიური სიჩქარე, რომელიც დასაშვებია საჭრისის მიერ, მერყეობს ძალზე ფართო ზღვრებში და მის გამოსაანგარიშებლად საჭიროა ვიცოდეთ მისი ცვალებადობის კანონები სხვადასხვა ფაქტორის მიხედვით.

§ 57. დასამუშავებელი მასალის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე

დასამუშავებელი მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რომლებითაც ისაზღვრება ჭრისადმი წინააღმდეგობა, ცხადია, გავლენას იქონიებს აგრეთვე იმ ჭრის სიჩქარეზედაც, რომელიც დაშვებულია საჭრისის მიერ. მაგრამ ამ დროს ყოველთვის არ ხერხდება საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლისა და ჭრის სიჩქარის შორის კანონზომიერული დამოკიდებულების მონახვა. ასე, მაგალითად, ჭრის სიჩქარე თუჯის დამუშავების დროს ერთ და იგივე პირობებში ნაკლებია, ვიდრე ჭრის სიჩქარე ფოლადის დამუშავების დროს, მაშინ როცა ჭრის კოეფიციენტი, პირიქით, მეტი იქნება ფოლადს, ვიდრე თუჯს. ეს ნათელი ფაქტი კიდევ ერთჯერ დამადასტურებელია იმისა, რომ ჭრის ძალა სხვადასხვა მასალის დამუშავების დროს არ განსაზღვრავს ჭრის სიჩქარის სიდიდეს. მართალია, ჭრის ძალის

ზრდასთან ერთად მატულობს საჭრისისაყენ მიდინებული სითბოს რაოდენობა, რომელიც უარყოფითად მოქმედებს მის მედეგობაზე, მაგრამ ამავე დროს სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალები თავისი თბოვამტარაიანობის თვისებების მიხედვით ინტენსივობის ამა თუ იმ ხარისხით მოაწორებენ საჭრისის სითბოს. მაგალითად, სალ ფოლადს შედარებით რბილთან აქვს უფრო ნაკლები თბოვამტარაიანობა, რაც ძალზე არახელსაყრელად მოქმედებს საჭრისის გახურებაზე. და შედეგად ჭრის სიჩქარე ჭრის ძალის ზრდასთან შედარებით უფრო მეტად მცირდება.

იგივეს ვლბებულობთ თუჯის მიმართაც: მასაც აგრეთვე აქვს მცირე თბოვამტარაიანობა. განიციდის რა სუსტ დეფორმირებას, თუჯის ბურბუშველა აწვება საჭრისის წინა წახნავის მცირე უბანს მჭრელი წიბოების ახლო, და ამ უბნის ფართის ყოველი ერთეული განიციდის დიდ დამაბულობას. თუ მასთან მხედველობაში მივიღებთ თუჯის ბურბუშველაში არსებულ სალი წინწყლების (წიდა, სილა და ა. შ.) ძლიერ გამხსნავ მოქმედებას, მაშინ გასაგები გახდება რისთვისაა საჭირო ფოლადთან შედარებით თუჯის დამუშავების სიჩქარის შემცირება, თუმცა მას უფრო მცირე ჭრის კოეფიციენტი აქვს.

სალ შენადნობიან იარაღებისათვის სამართლიანია შებრუნებული მდგომარეობა, რადგან მათი მჭრელი წიბოები კარგად ეწინააღმდეგებიან მექანიკურ გაცევათს.

ყველა დასამუშავებელი მასალის კლასიფიკაციის მიზნით მათ ნიერ დასაშვები ჭრის სიჩქარეების მიხედვით ტეილორმა დაყო ისინი სისალის 40 კლასად; პირველ კლასს მიკუთვნილი ჰქონდა ყველაზე უფრო რბილი მასალები, რომლებიც მუშავდებიან სწრაფ მჭრელი ფოლადის საჭრისებით, როდესაც $t=4,76$ მმ ($\frac{3}{16}$ "), $s=1,59$ მმ ($\frac{1}{16}$ "), ჭრის სიჩქარით $v=96,4$ მ/წუთ. ყოველ მომდევნო კლასს ტეილორმა მიაკუთვნა მასალები, რომლებიც მუშავდებიან 1,1-ჯერ უფრო ნაკლები სიჩქარით, ვიდრე წინა კლასის სიჩქარე. გასაგებია, რომ ეს კლასიფიკაცია არ წარმოადგენს პრაქტიკულ ღირებულებას, რამდენადაც მასში არ არის მოცემული სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალის სისალის განსაზღვრულ კლასისადმი მიკუთვნების ზუსტი ნიშნები. და საერთოდ, ძნელია მივაკუთვნოთ რომელიმე კლასს მოცემული კონკრეტული მასალა, რომელსაც აქვს განსაზღვრული ჰიმბური შემადგენლობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, თუკი ნაწილი ამ მონაცემების კლასიფიკაციის დროს არ არის მხედველობაში მიღებული.

ბევრად უფრო დასაფასებელი იქნებოდა, რომ მონახულიყო ჭრის სიჩქარის უშუალო დამოკიდებულება დასამუშავებელი მასალის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებთან: ამ საკითხზე ბევრი მკვლევარი მუშაობდა. ტეილორი, თავისი ცდების მონაცემების საფუძველზე, შეეცადა გამოესახა ეს დამოკიდებულება შემდეგი ფორმლით:

$$v_{20} = \frac{38,2 \left[1 - \frac{215}{(15 + \delta)^2} \right]}{\sqrt{0,142\sigma_B - 3 - 0,9}} \text{ მ/წუთ,} \quad (1)$$

სადაც v_{20} — ჭრის სიჩქარეა მეტრ წუთებში ($T=20$ წუთ, $t=\frac{3}{16}$ " , $s=\frac{1}{16}$ " დროს),

δ — ფარდობითი წვრეტაზე პროცენტებში,

σ_B — დროებითი წინაღობა წყვეტაზე კილოგრამებში კვადრატულ მილიმეტრზე.

მაგალითად, ფოლადისათვის, რომელსაც აქვს $\sigma_B=60$ კგ/მმ² და $\delta=25\%$, ჭრის სიჩქარე იქნება:

$$v_{20} = \frac{38,2 \left[1 - \frac{215}{(15 + 25)^2} \right]}{\sqrt{0,142 \cdot 60 - 3 - 0,9}} = 22,8 \text{ მ/წუთ.} \quad (2)$$

მაგრამ ტელიორის (1) ფორმულა არასაკმაოდ ზუსტია, განსაკუთრებით ძალზე სალი და ძალზე ბლანტი მასალების დამუშავებისათვის. σ_B და δ მნიშვნელობებს არ შეუძლიათ ჭრის სიჩქარის სრულად განსაზღვრა რომელიმე მასალის დამუშავების დროს, რადგან მათში არაა მხედველობაში მიღებული საჭრისის მედეგობისათვის ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორი, როგორცაა ამ მასალის თბოგამტარიანობა. მართალია, ზშირად ვამჩნევთ თბოგამტარიანობის ცვალებადობის ერთგვარ პროპორციულობას დაშოკიდებულს ფარდობით წაგრძელებაზე, მაგრამ არა საესებითს და არა ყოველთვის.

ამიტომ ტელიორის ფორმულა შეიძლება მიღებული იქნას, როგორც ძალზე საორიენტაციო, რომელიც იძლევა ძალზე მიახლოებულ შედეგებს ჩვეულებრივი ნახშირბადიანხლოადების დამუშავების დროს.

ამ უკანასკნელ ხანებში ზოგიერთი მკვლევარი (პროფ. ბეზბროზვანი და სხვა). წინადადებას იძლევიან განსაზღვროთ ჭრის სიჩქარე დასამუშავებელი მასალის σ_B დენადობის ზღვრის მიხედვით. ამას აქვს დიდი ფიზიკური აზრი, რადგან σ_B მნიშვნელობა კარგად ითვალისწინებს ლითონის მოსახსნელი ბურბუშელის უნარს დეფორმაციისადმი, რომელიც მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მჭრელი იარაღის მედეგობას (გაეხსენოთ, რომ σ_B დენადობის ზღვარი—ეს ის კინევაა, რომლის დროსაც დატვირთვის შემდგომი გაზრდის გარეშე ხდება მასალის დენადობა, ე. ი. მკვეთრი მზარდი წაგრძელება).

კიდევ უფრო ნაკლებად ზუსტად უნდა ვიცნოთ მთელი რიგი მკვლევარების ცდა მოეცათ ჭრის სიჩქარის დამოკიდებულება მხოლოდ დასამუშავებელი მასალის H_B სისალეზე ანდა მის გაწვევაზე σ_B დროებითი წინალობაზე.

პროფ. გლეზოვის გამოყავს $v - \sigma_B$ დამოკიდებულების განტოლება შემდეგი სახით:

$$\sigma_B = \frac{80700}{\sigma_B^2} \text{ მ/წუთ } \left(i = \frac{3''}{16}, s = \frac{1''}{16} \text{ დროს } \right). \quad (3)$$

თუ მივიღებთ $\sigma_B = 0,35 H_B$, მივიღებთ:

$$\sigma_B = \frac{660000}{H_B} \text{ მ/წუთ}. \quad (4)$$

ანალოგიური ფორმულები, მხოლოდ σ_B -თან სხვა ხარისხის მაჩვენებლებით, მიღებულია სხვა მკვლევარების შრომების საფუძველზე. ისინი მარტივი არიან, მაგრამ მასთან ნაკლებად საიმედო, რადგან სრულიად არ ღებულობენ მხედველობაში, როგორც დასამუშავებელი ლითონის ქიმიურ შემადგენლობას და იმ ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, რომლებიც გაუღუნას ახდენენ ბურბუშელის წარმოქმნის ხასიათზე, მის თბოშემცველობაზე და თბოგამტარიანობაზე, ისე საჭრისზე მცვეთავ მოქმედებას და სხვა ფაქტორებს, რომლებიც განსაზღვრავენ საჭრისის მედეგობას. ამიტომ ყველა ეს ფორმულა წარმოადგენს ჭრის სიჩქარეზე ცალკეული მექანიკური თვისებების გავლენის ხარისხისა და ხასიათის მხოლოდ თვალსაჩინო მაჩვენებლებს და საშუალებას პრაქტიკის ცალკეული შემთხვევებისათვის გამოსადევ საორიენტაციო დაახლოებით ანგარიშისათვის.

მოცემული მასალის დამუშავების ყველაზე უკეთეს შეფარდებას წარმოადგენს ჭრის ის ტიპიური სიჩქარე, რომელსაც უძლებს საჭრისი განსაზღვრული დროის მედეგობის განმავლობაში ჭრის სიღრმისა და მიწოდების განსაზღვრული ზომების დროს. ეს ტიპიური სიჩქარე ყოველ გამოსაცდელ მასალისათვის საჭიროა მოინახოს ცდის საშუალებით.

შემდეგში კრის სიჩქარის დამოკიდებულებას დასამუშავებელ მასალაზე გამოვსახეთ პირობითი კოეფიციენტებით¹, რომლებიც გვიჩვენებენ კრის იმ სიჩქარეს, რომელსაც უძლებს საჭრის სათანადო დასამუშავებელი მასალის ბურბუშელის განივი კვეთის ფართის ერთეულის ადების დროს (იხ. § 58).

§ 58. მოსახსნელი ბურბუშელის ზომის გავლენა ჰრის სიჩქარეზე:
ჰრის სიჩქარე ჰრის სიღრმისა და მიწოდების მიხედვით

მრავალრიცხოვანი ცდების მონაცემების საფუძველზე კრის სიჩქარის დამოკიდებულებს მოსახსნელი ბურბუშელის ზომისა და მიწოდების პირობებზე რთული ფორმულით

$$v_{20} = \frac{\text{const} \cdot \left(1 - \frac{0,78}{r}\right)}{0,13 + 0,0874 \sqrt{r} + \frac{r}{7,55r + 1,89f}} \cdot \frac{0,4 + \frac{2,12}{5 + 1,26r}}{r} \text{ მ/წუთი, (5)}$$

(0,0394 s)

სადაც const — მუდმივაა, დამოკიდებული მასალის გეარობაზე და იარაღზე,

f — კრის სიღრმეა მილიმეტრებში,

r — მიწოდებაა მილიმეტრებში 1 ბრუნვაზე,

r — მჭრელი წიბოს მომრგვალების რადიუსია მილიმეტრებში.

(5) ფორმულის თანახმად კრის სიჩქარე წარმოადგენს f, r და r-ს რთულ ფუნქციას.

მისი სირთულე ორკეცდება კიდევ მით, რომ f კრის სიღრმისა და r მიწოდების ხარისხის მაჩვენებლები თვით არიან r და r-ს ფუნქციები.

ამის სამართლიანობა დასტურდება სსრკ-ში ჩატარებული შემდგომი მრავალი ცდით. კერძოდ, პროფ. კრივოლუხოვი გამოხატავს კრის სიჩქარის დამოკიდებულებას კრის სიღრმესა და მიწოდებაზე მსგავსი მაგარამ უფრო მარტივი ფორმულით:

$$v = \frac{\text{const}}{a + b \cdot x_1 + c \cdot x_2} \text{ (6)}$$

ამ ფორმულის თანახმად კრის სიღრმის ხარისხის მაჩვენებელი მატულობს r მიწოდების ზრდასთან ერთად. ასევე იცვლება r-ს ზრდასთან ერთად r-ის ხარისხის მაჩვენებელიც.

ამ სახით (5) და (6) ფორმულები უზერხული არიან უშუალო გამოანგარიშებისათვის და მათ პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვთ მხოლოდ როგორც ბაზას ისეთი სპეციალური საანგარიშო შიმშის აგებისათვის, რომელიც შესაძლებლობას იძლევა საწარმოო პირობებში სწრაფად და საკმაოდ ზუსტად გამოვითვალოთ ჩარხისა და იარაღის მუშაობის რეჟიმი.

(5) განტოლების გამარტივებით პრაქტიკისათვის საკმაო სიზუსტით სწორხაზობრივ წიბოებიან საჭრისებისათვის მიღებულ იქნა ფორმულა:

$$v = \frac{C_p}{x_1 \cdot x_2} \text{ მ/წუთი, (7)}$$

სადაც C_p — მუდმივაა მოცემულ მასალისა და იარაღისათვის; კრის სიღრმისა — x_1 და მიწოდების — x_2 ხარისხის მაჩვენებლები რამდენიმედ იცვლებიან საჭრისის ზომისა და დასამუშავებელი მასალის გეარობის მიხედვით, მაგარამ ამავე დროს ყოველთვის $x_1 < 1$ და $x_2 < 1$ და, გარდა ამისა, $x_2 > x_1$. ეს იმას ნიშნავს, რომ მიწოდება უფრო მეტად მოქმედებს კრის სიჩქარეზე, ვიდრე კრის სიღრმე, რაც უკვე ზემოთ იყო აღნიშნული.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ x_1 და x_2 ხარისხის მაჩვენებლების სიდიდეზე გავლენას ახდენენ არა მხოლოდ დასამუშავებელი მასალა, ბურბუშელის ზომა, საჭრისის ზომა, არამედ საჭრისის მასალაც.

¹ ამ კოეფიციენტებს, კრის კოეფიციენტისაგან განსხვავებით, წმირად უწოდებენ ხოლმე დამუშავებით კოეფიციენტს.

ამიტომ გასაკვირველი არაა, რომ სხვადასხვა ექსპერიმენტატორი $\nu - \beta - \gamma$ ფუნქციონალურ დამოკიდებულებებს ლებულობს სხვადასხვანაირს.

მე 20 ცხრილში მოცემულია x_p და y_p საშუალო მნიშვნელობები მიღებული მრავალი მკვლევარის მონაცემების საფუძველზე სხვადასხვა საჭრისებით სხვადასხვა ლითონის დამუშავების დროს.

მე 20 ცხრილიდან ჩანს, რომ x_p სიდიდე ყველა შემთხვევაში y_p -ზე მნიშვნელოვნად უფრო ნაკლებია.

პროფ. ბესპროხოვანი იძლევა შემდეგ ჰიპოთეზას მიწოდებისა და ჭრის სიღრმის ხარისხის მაჩვენებლების ცვალებადობის მიზეზის შესახებ:

„1) მიწოდების ხარისხის მაჩვენებელი არის იმ სითბოს რაოდენობის ფუნქცია, რომელიც მიიღება ჭრის პროცესში წინა წახნაგის ზედაპირის ერთეულზე, რომელზედაც ჩამოიღის ბურბუშელი“;

2) ჭრის სიღრმის ხარისხის მაჩვენებელი წარმოადგენს მჭრელი პირის მიერ გატარებული სითბოსი და მჭრელი პირის სიგრძისა დამხმარესთან შეფარდების ფუნქციას“.

ამ საკითხის შესახებ ვამოკვლივების ყველა მონაცემი, რომლებიც ჩვენ ხელთ არის ამჟამად, თუმცა ნებას იძლევიან ნაწილობრივ ამოვსნათ პროცესის ფიზიკურ-მექანიკური არსი, მაგრამ უფრო მეტად მაინც იძლევიან ცვალებადობის ტენდენციას და ჭრის სიღრმეზე და მიწოდებაზე ჭრის სიჩქარის დამოკიდებულების ხასიათს, ვიდრე მათ შორის ზუსტ მათემატიკურ დამოკიდებულებას. პრაქტიკულ მიზნებისათვის ჩვენ ჯერ კიდევ იძულებული ვართ ვისარგებლოთ მიახლოებული ფორმულებით.

ცხრილი 20

x_p და y_p ხარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელობები

№№ რიგზე	დასამუშავებელი მასალები	x_p	y_p	მ კ ვ ლ ე ვ ა რ ი
სწრაფმჭრელი საჭრისი				
1	ფოლადი	0,40	0,53	კრიოვოზოვი
2	„	0,36	0,68	ფრენი, დაიდუცი
3	„	0,33	0,66	რიპეიო და დენი
4	„	0,33	0,66	ჩელუსტკინი
5	„	0,22	0,66	დემასტერ-სმიტი
6	„	0,20	0,40	ვალკისი
7	„	0,33	0,66	ბესპროხოვანი
8	„	0,41	0,41	კონენბერგი
9	თუჯი	0,28	0,28	კონენბერგი
10	„	0,26	0,40	კრიოვოზოვი
11	„	0,11	0,35	კლოკოვი
12	„	0,11	0,32	დ. სმიტი
13	„	0,25	0,40	ვალკისი
14	სილუმინი	0,30	0,40	ი. ა. ალექსევი
ვოლფრამ-კარბიდის საჭრისები (პობედიტი, პობედიტი P2—8)				
15	ფოლადი	0,15	0,60	ს. ს. რუდნიკი
16	„	0,27	0,60	ლ. ბ. მედინსკი
17	„	0,27	0,70	ნ. ფ. კლოკოვი
18	„	0,23	0,68	ა. ნ. მლადილინი
19	თუჯი	0,15	0,45	ს. ს. რუდნიკი
20	„	0,15	0,68	ნ. ი. რეზნიკოვი
ვოლფრამ-ტიტან-კარბიდი (პობედიტი—ა)				
21	ფოლადი	0,18	0,65	უკრ. НИИМаш
22	ქრომნიკელიანი ფოლადი	0,32	0,54	ა. ნ. გლადილინი
23	იგივე	0,35	0,63	ფ. ა. კოიტიონი
24	თუჯი	0,25	0,45	ნ. ფ. კლოკოვი

ამჟამად სსრკ ს მანქანათმშენებელ მრეწველობაში მიღებულია ГИПРОМАШ-ის ჭრის რეჟიმების ნორმატივები, რომლებიც შედგენილი არიან მრავალრიცხოვანი როგორც ჩვენში, ისე საზღვარგარეთ; ჩატარებული ცდების მასალების ახალიზის საფუძველზე.

სიჩქარეთა ცხრილები სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალებისათვის შედგენილად გამარტივებული ფორმულით:

$$v = \frac{C_p}{t_p^{1/2} \cdot s_p^{1/2}}$$

სადაც C_p , x_p , y_p — დასამუშავებელ მასალასა და მიწოდებაზე დამოკიდებული მუდმივებია და მოცემული არიან 21-ე ცხრილში $P\Phi-1$ სწრაფმჭრელი ფოლადის საჭრისისათვის.

მაგალითი. $\sigma_B = 55$ კგ/მმ² სოშუალო სისალის ფოლადის დამუშავების დროს $f = 4$ მმ ჰრის სიღრმით და $s = 1$ მმ/ბრ, გვაქვს:

$$v = \frac{C_p}{t_p^{1/2} \cdot s_p^{1/2}} = \frac{45}{40,28 \cdot 10,9} \approx 31 \text{ მ/წუთ.}$$

ამავე პირობებში $H_B = 210$ თუჯისათვის

$$v = \frac{19,5}{40,20 \cdot 10,40} = 14 \text{ მ/წუთ.}$$

ცხრილი 21

C_p , x_p , y_p მნიშვნელობები Γ ИП010000-ის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალები	$S > 0,4$ მმ/ბრ.			$S = 0,2 \div -0,4$ მმ/ბრ.			$S = 0,10 \div -0,20$ მმ/ბრ.		
	C_p	x_p	y_p	C_p	x_p	y_p	C_p	x_p	y_p
ჩვეულ. ნახშირბად. ფოლ. $\sigma_B = 35$ კგ/მმ ²	88,5	0,28	0,60	106,5	0,28	0,4	124,7	0,28	0,3
" " $\sigma_B = 45$ "	61,0	0,28	0,60	73,3	0,28	0,4	86,0	0,28	0,3
" " $\sigma_B = 55$ "	45,0	0,28	0,60	54,0	0,28	0,4	63,4	0,28	0,3
" " $\sigma_B = 65$ "	35,0	0,28	0,60	42,0	0,28	0,4	49,3	0,28	0,3
" " $\sigma_B = 75$ "	28,3	0,28	0,60	34,0	0,28	0,4	39,9	0,28	0,3
" " $\sigma_B = 85$ "	23,4	0,28	0,60	28,1	0,28	0,4	33,0	0,28	0,3
თუჯი $H_B = 155$ კგ/მმ ²	32,7	0,20	0,40	35,8	0,20	0,30	42,1	0,20	0,20
" $H_B = 170$ "	28,0	0,20	0,40	30,7	0,20	0,30	36,1	0,20	0,20
" $H_B = 190$ "	23,2	0,20	0,40	25,4	0,20	0,30	29,9	0,20	0,20
" $H_B = 210$ "	19,5	0,20	0,40	21,4	0,20	0,30	25,2	0,20	0,20
ბრინჯაო $\sigma_B < 30$ კგ/მმ ²	66	0,40	0,60	72,3	0,40	0,50	85,1	0,40	0,40
" $\sigma_B > 30$ "	50	0,40	0,60	54,8	0,40	0,50	64,5	0,40	0,40
თითბერი $\sigma_B = 22 \div 36$ კგ/მმ ²	99	0,40	0,60	108,4	0,40	0,50	127,6	0,40	0,40
" $\sigma_B = 36 \div 48$ "	77	0,40	0,60	84,3	0,40	0,50	99,2	0,40	0,40
ალუმინი $H_B = 60 \div 80$ კგ/მმ ²	225	0,40	0,60	246,4	0,40	0,50	290	0,40	0,40
ალუმინი $H_B = 80 \div 100$ კგ/მმ ²	182	0,40	0,60	199,3	0,40	0,50	234	0,40	0,40

§ 59. ჰრის ხიჩაბრა ბურბუშელის განიკვეთის ფართის მიხედვით

ზემოთქმულიდან ჩვენ დავაწყენდით, რომ ჰრის სიღრმე და მიწოდება სხვადასხვა-ნაირად ახდენენ გავლენას ჰრის სიჩქარეზე. ამის მიზეზები ცხადია. x -ს ზრდასთან ერთად მატულობს ჰრის ძალა და წარმოქმნილი სითბოს რაოდენობა, მაგრამ ამავე დროს მნიშვნელოვნად უმჯობესდება სითბოს მოშორებაც, რის გამოც საჭრისის გახურება უფრო ნაკლებად იზრდება, ვიდრე ჰრის სიღრმე. მიწოდების გაზრდა უფრო ცუდად მოქმედებს იარაღზე, რადგან ამ დროს საჭრისის ძალზე მზარდი გახურება არ ანაზღაურდება სითბოს შესაბამის მუშაობით და ამის შედეგად საჭრისის მედეგობა შესამჩნევად მცირდება.

მაინც ზოგიერთი მკვლევარი, ტექნიკური ნორმირებისა და სხვა ამოცანებთან დაკავშირებული ანგარიშების გამარტივებისათვის, შესაძლებლად თვლიან ჰრის სიჩქარის გამოსახვას, როგორც ბურბუშელის განივი კვეთის f მმ ფართობის ფუნქციას მთლიანად.

ამ მხრივ ყურადღების ღირსია კრონენბერგის ფორმულები, რომლებსაც აქვს შემდეგ საერთო სახე:

$$v_{60} = \frac{C_p}{\varepsilon_p} \sqrt{f} = \frac{C_p}{f^{0,28}} \text{ მ/წუთი}, \quad (9)$$

სადაც C_p , ε_p და $f = \frac{1}{s_p}$ — მუდმივებია, დამოკიდებულნი დასამუშავებელ მასალაზე; მათი მნიშვნელობები მოცემულია 22-ე ცხრილში სწრაფმჭრელ ფოლადის საჭრისისათვის.

ც ხ რ ი ლ ი 22.

დასამუშავებელი მასალა	C_p	ε_p	f_p
ელექტრონი	430	1,2	0,83
თითბერი	112	1,65	0,60
მარტენ-ფოლადი $\sigma_B = 30 - 40$ კგ/მმ ²	56	2,44	0,41
" " $\sigma_B = 50 - 60$ "	35	2,44	0,41
" " $\sigma_B = 70 - 85$ "	18	3,44	0,41
სპილენძის სხმული	60	2,23	0,45
თუჯი $H_B = 140 - 160$ კგ/მმ ²	26	3,6	0,28

კრონენბერგის მონაცემები იძლევიან მუშაობის დადამებულ რეჟიმებს. ქვემოთ-ყვანილ 23-ე ცხრილში თუჯისა $H_B = 160$ კგ/მმ² და ფოლადისათვის $\sigma_B = 50$ კგ/მმ² გაკეთებულია საჭრისის წარმადობიანობის ანგარიში Гипрош-ისა და კრონენბერგის მონაცემების მიხედვით t და s სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.

ც ხ რ ი ლ ი 23.

თუჯი $H_B = 155$ კგ/მმ ²	კრონენბერგის მიხედვით $v = \frac{26}{f^{0,28}} \text{ მ/წუთი}$		Гипрош-ის მიხედვით $v = \frac{32,7}{f^{0,20} \cdot s^{0,40}} \text{ მ/წუთი}$	
	$f = l \times s$ მმ ²	v მ/წუთი.	ბურბუშელის მოცულობა Q სმ ³ /წუთი	v მ/წუთი.
$f = 2,5 \times 2$ $f = 5 \times 1$ $f = 5 \times 2$ $f = 10 \times 1$	16,5 14	82,5 140	20,5 23,5 17,8 20,5	102,5 117,5 176 205
ფოლადი $\sigma_B = 55$ კგ/მმ ²	$v = \frac{35}{f^{0,41}}$		$v = \frac{45,0}{f^{0,28} \cdot s^{0,6}}$	
$f = 2,5 \times 2$ $f = 5 \times 1$ $f = 5 \times 2$ $f = 10 \times 1$	18 13,5	90 135	22 29 18,5 23,5	110 145 185 235

თუ განვიხილავთ 23-ე ცხრილის საანგარიშო მონაცემებს, შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1) კრონენბერგის მიერ ნარჩევი მუშაობის რეჟიმები არ არიან გამოსადეგი პრაქტიკული გამოყენებისათვის, რადგან არ უზრუნველყოფენ იარაღის მალალ წარმადობიანობას.

2) საჭრისის მაქსიმალური წარმადობიანობის მისაღებად ამგლევ მუშაობის დროს უფრო ხელსაყრელია მუშაობა მცირე სიჩქარეებით და ბურბუშელის დიდი კვეთებით.

3) მასთან საჭრისის მედეგობის თვალსაზრისით ყოველთვის ხელსაყრელია მუშაობა დიდი ტრის სიღრმით და მცირე მიწოდებით.

მაშასადამე, მუშაობის პრინციპი უნდა იყოს ასეთი: ავიღოთ შეძლებისამებრ ერთი გავლით დამუშავების მთელი ნაბატი, გარდა იმ ნაწილისა, რომლის დატოვებაც საჭიროა სუფთად დამუშავებისათვის.

ამ კანონებს პრაქტიკოსები კარგად იცნობენ; ისინი სამართლიანი არიან ყველა იარაღისათვის და დასამუშავებელი მასალისათვის.

მაგრამ ზოგჯერ, უწევინ რა ანგარიშს ნაკეთის ფორმასა და ზომას, ნამატის სიღრმეს, ჩარხისა და იარაღის კონსტრუქციას და სხვ., იძულებული ხდებიან ხოლმე უარი თქვან მათზე. მაგალითად, დამუშავების შედარებით მცირე ნამატის დროს, მიზანშეწონილია მუშაობა დიდი მიწოდებებისა და ტრის სიჩქარეებით იარაღის მედეგობისა და ჩარხის სიმძლავრის სრული გამოყენებისათვის.

§ 60. საჭრისის მასალის გავლენა ზრის სიჩქარეზე

ამჟამად საჭრისების მასალად გამოიყენება უმთავრესად სწრაფმჭრელი ფოლადი, სხვადასხვა მაგარი შენადნობი, სხვადასხვა შემცვლელები და უფრო იშვიათად — ნახშირბადიანი ფოლადი. სხვადასხვა საიარაღო მასალების შედარების დროს, საჭიროა ერთხელ კიდევ გავიხსენოთ, რომ მედეგობას და, მაშასადამე, იარაღის წარმადობიანობასაც, შეიძლება ქონდეს მნიშვნელოვანი მერყეობა დამზადების გულმოდგინების მიხედვით, ე. ი. თერმული დამუშავებისა, დავაჟირებისა, საჭრისების დაღუღებისა და მათი ალესვის მიხედვით. შემდეგში ვგულისხმობთ, რომ ყველა შესაძარებელი საჭრისები დამზადებული არიან წესიერად, მათი მასალის შესაბამისად.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე ის, რომ ერთი საჭრისების გამოყენების ხელსაყრელობა შედარებით მეორე საჭრისებთან მერყეობს სხვადასხვა მასალის დამუშავების დროს. ასე, მაგალითად, ფოლადის დამუშავების დროს საუკეთესოა სწრაფმჭრელი საჭრისი, შედარებით ნახშირბადიანთან, გვაძლევს 6-ჯერ უფრო მეტ სიჩქარეს, თუჯის დამუშავების დროს კი—3-ჯერ უფრო მეტს. ამჟამად ნახშირბადიანი ფოლადის გაუმჯობესების გამო ეს განსხვავება კლებულობს. კარბიდოვოფრამის საჭრისები (პობედიტი P3—მ) შედარებით სწრაფმჭრელებთან თუჯის დამუშავების დროს გვიჩვენებენ სამჯერად წარმადობიანობას, იმ დროს როცა რბილი ფოლადის დამუშავების შემთხვევაში როგორც ერთის, ისე მეორე საჭრისების წარმადიანობა მნიშვნელოვნად უფრო მცირედ განსხვავდება.

ამის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ სხვადასხვა საიარაღო მასალებს აქვთ ისეთი თვისებები, რომლებიც ყოველთვის არ შეეფერებიან სხვადასხვა მასალის დამუშავების პირობებს. თუ, მაგალითად, წითლადმედეგობის მქონე სწრაფმჭრელი საჭრისები წარმატებით დამუშავებენ ბლანტ მასალებს, რომლებიც იძლევიან ძალზე დეფორმირებულ ვანუწყვეტელ ბურბუშელას, სამაგიეროდ სალი და მყიფე მასალების დამუშავების დროს, როდესაც საჭიროა დიდი მედეგობა კვეთის საწინააღმდეგოდ, განსაკუთრებით ეფექტური იქნებიან სალი შენადნობები. ნახშირბადიანი, ძალზე წრთობილი საჭრისები, რომლებიც კარგად

ეწინააღმდეგებთან ცვეთას, დამუშავებენ სალქერქიან თუჯის ნაკეთებს იმავე წარმატებით, როგორც სწრაფმჭრელები; აქ სწრაფმჭრელ საჭრისებს თითქმის აღარ აქვთ უპირატესობა ნახშირბადთან, რადგან არ იყენებენ მთავარ, ყველაზე უფრო დასაფასებელ თვისებას ფოლადის დამუშავების დროს — წითლადმდევობას.

სხვადასხვა მასალიდან დამზადებული საჭრისების შედარების მოხერხებულობისათვის შეიძლება მოვასწავლოთ ჩაბი კლასიფიკაცია შემდეგი ნიშნის მიხედვით: ამა თუ იმ საჭრისის სიჩქარის კოეფიციენტი მით უფრო მაღალია, რაც უფრო დიდია ჭრის სიჩქარე, რომელსაც დაუშვებს იგი მოცემული მასალის დამუშავების დროს განსაზღვრულ მუდმივ პირობებში. თუ ჭრის სიჩქარის ერთეულად ფოლადის დამუშავების დროს მივიღებთ $P\Phi-1$ მარკის საჭრისის მიერ დაშვებულ სიჩქარეს, მაშინ სხვა საჭრისების ღირსება შეიძლება შევადაროთ შემდეგი პირობითი C_1 კოეფიციენტებით, რომლებიც მოყვანილთ არიან 24-ე ცხრილში.

ცხრილი 24

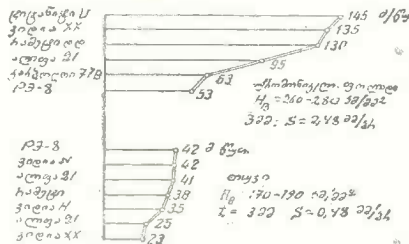
C_1 სიჩქარის კოეფიციენტები, დამოკიდებულნი საჭრისის მასალაზე

საჭრისის მასალა	სიჩქარის კოეფიციენტი C_1	შენიშვნა
ზელეგირებული სწრაფმჭრელი ფოლადი PΦ-1	1	$H_B < 250$ კგ/მმ ² თუჯის დასამუშავებლად იგივე $H_B < 180$
ზელეგირებული სწრაფმჭრელი ფოლადი P . . .	0,95	
მციფრედიფიციებული მმ-184	0,85	
„ მმ-172	0,70	
„ მმ-260	0,95	
„ მმ-262 (PΦ-2)	1,00	
„ მმ-276 II 277	0,95	
„ მმ-290	0,95	
ნახშირბადიანი ფოლადი მმ-11	0,4—0,5	
სალი შენადნობი PΦ-6 და PΦ-8	2—3	
„ „ მ-15 და 21	3—4	

24-ე ცხრილის მიხედვით ფოლადის დამუშავების დროს ალფა პობედიტის საჭრისის საშუალოდ 4-ჯერ უფრო წარმადიანია, ვიდრე სწრაფმჭრელი, და 8-ჯერ უფრო, ვიდრე ნახშირბადიანი საჭრისი.

110 სურათზე ნაჩვენებია სხვადასხვა სალი შენადნობის შედარებითი ღირსება $H_B = 260$ — 280 კგ/მმ² ქრომო-ნიკელიანი ფოლადისა და $H_B = 170$ — 180 კგ/მმ² თუჯის დამუშავების დროს $f = 3$ მმ ჭრის სიღრმით და $s = 0,48$ მმ/ზრ მიწოდებით.

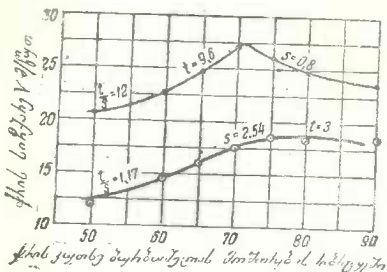
საჭიროა კიდევ ერთხელ ხაზი გავსვას 24-ე ცხრილში ნაჩვენებ შესადარებელ სიჩქარის კოეფიციენტების დიდ პირობითობას, რადგანაც სხვადასხვა ფაქტორის (დასამუშავებელი მასალისა, მოსახსნელი ბურბუშელის ზომისა და სხვ.) მიხედვით ამ უკანასკნელთ შეუძლიათ ცვალებადობა დიდ ზღვრებში.



სურ. 110. სხვადასხვა სალი შენადნობის საჭრისების შედარებითი წარმადობა ქრომო-ნიკელიანი ფოლადის ($H_B = 260$ — 280) და თუჯის ($H_B = 170$ — 190) დამუშავების დროს.

§ 61. საპრისის კუთხეების გავლენა პრის ზიჩარაზე

პრისადმი წინააღმდეგობის კანონების შესწავლის დროს, ჩვენ გამოვარკვეეთ, რომ β პრის კუთხის ზრდასთან ერთად პროპორციულად იზრდება პრის ძალაც. ამის საფუძველზე, თითქოს, შეგვეძლო გავგეგმეთ დასკვნა, რომ საპრისისათვის ყველაზე უფრო ხელსაყრელია უმცირესი β კუთხე, როგორც პრისადმი მინიმალური წინააღმდეგობის უზრუნველყოფელი. მაგრამ ეს ასე არ არის; მჭრელი წიბოს ნაადრევი გამოფხვიერების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა, რომ საპრისის სიმტკიცე შეეთანადებოდეს დასამუშავებელი მასალის სისალეს და, მამასადამე, დასამუშავებელი მასალის სისალის ზრდასთან ერთად იძულებული ვართ გავზარდოთ საპრისის β წამახვილების კუთხე და ამით კი β კუთხეც, ეს კი, თავის მხრივ, იწვევს საპრისზე ბურბუშელის დაწოლისა და ბურბუშელაში წარმოქმნილი სითბოს რაოდენობის შესაბამის ზრდას. მაგრამ β -ს გაზრდის დროს განსაზღვრულ ზომამდე ადგილი არა აქვს საპრისის ტემპერატურის ამაღლებას, რადგან β ძლიერდება სითბოს მოშორება და საპრისის



სურ. 111. პრის სიჩქარის დამოკიდებულება პრის კუთხეზე.

კუთხის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად მედეგობა არამც თუ შეინახება, არამედ რამდენიმედ იზრდება კიდევ.

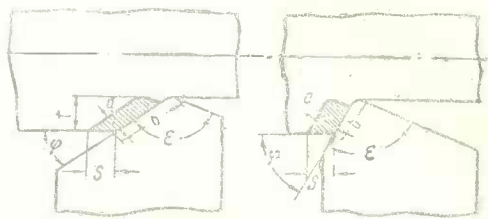
111-ე სურათზე წარმოდგენილია β — β დამოკიდებულებების მრუდები. ეს მრუდები, აგებული ფოლადის დამუშავების ორი შემთხვევისათვის, გვიჩვენებენ, რომ საპრისის მიერ დამუშავული მაქსიმალური პრის სიჩქარე შეეთანადება β კუთხის განსაზღვრულ მნიშვნელობას—ამ შემთხვევაში $\beta_1 = 70^\circ$ და $\beta_2 = 75^\circ$. საპრისის მედეგობის თვალსაზრისით ეს ყველაზე უფრო ხელსაყრელი β კუთხეები იცვლებიან დასამუშავებელი მასალის ხარისხისა და დამუშავების გვარობის მიხედვით, მასთან, როგორც ეს ცხადად მოჩანს მრუდების ხასიათიდან, საპრისების ალესვის დროს შეცდომის დაშვების შემთხვევაში „სჯობს მომატება, ვიდრე დაკლება“, რადგან რამდენიმედ უფრო დიდი β კუთხე უხელსაყრელთან შედარებით წარმოადგენს უფრო ნაკლებ ბოროტებას. შეიძლება შევამჩნიოთ, რომ მრუდები უფრო მკვეთრად აღიან მაქსიმუმამდე, ვიდრე ჩამოდიან მაქსიმუმის შემდეგ.

იგულისხმება რა შემდეგში, რომ განსაზღვრული მასალის დამუშავების დროს შეიჩვევა მოცემულ პირობებისათვის ყველაზე უფრო ხელსაყრელ პრის კუთხეს, ჩასთვლიან მას მუდმივად, და მამასადამე, პრის სიჩქარეზე არავითარი გავლენის მქონედ.

იგივე შეიძლება ითქვას α უკანა ალესვის კუთხის მიმართაც. ძალზე დიდი α კუთხის დროს სუსტდება მჭრელი წიბო, უარესდება სითბოს გადასვლა და მცირდება საპრისის მედეგობა. ძალზე მცირე α კუთხის დროს დასამუშავებელი მასალა საპრისის დაწოლის ქვეშ ამოიბურცება, ეხახუნება იარაღის უკანა წახნაგს და გადაახურებს მას; განსაკუთრებით ამას ადგილი აქვს ბლანტი მასალების დამუშავების დროს. მამასადამე, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საპრისის უნდა ჰქონდეს თავისი უხელსაყრელის α უკანა ალესვის კუთხე. ძალზე მიზანშეწონილია უკანა წახნაგზე მჭრელი წიბოს გასწვრივ ვიწრო ფასკის (სიგანით 0,5—1 მმ) ალესვა მეტად მცირე α კუთხით; ამით მტკიცდება მჭრელი პირი, თუმცა რამდენიმედ იზრდება დამუშავებული ზედაპირის ხახუნი საპრისის უკანა წახნაგზე (სურ. 51). ზოგჯერ (სუფთად დამუშავების დროს) განზრახ ამცირებენ α კუთხის მინიმუმამდე (1—2 $^\circ$) ნაკეთის დამუშავებული ზედაპირისათვის სიგლუვის მიცემის მიზ-

ნით; ეს შესაძლოა ჭრის სიჩქარისა და ბურბუშელის ზომების სიმცირის დროს, როდესაც დასამუშავებელი მასალის ლეფორმაცია არ არის დიდი და საჭრისისათვის არ წარმოადგენს საშიშროებას.

ა და ბ კუთხეებთან შედარებით სულ სხვანაირად, მოქმედებს ჭრის სიჩქარეზე ფ კუთხე გეგმაში. 112-ე სურათზე ნაჩვენებია ორი საჭრისი სხვადასხვა ფ კუთხით. ორივე შემთხვევაში აიღება ერთნაირი კვეთის ბურბუშელა. რადგან $t = \text{const}$ და $s = \text{const}$, ამიტომ ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე პირველ და მეორე შემთხვევაში ძალზე მცირედ იქნება განსხვავებული. მაგრამ სითბოს წარმოქმნისა და გადასვლის პირობები ორივე შემთხვევაში სხვადასხვა იქნება. მცირე ფ-ს მქონე საჭრისი იღებს უფრო განიერ ბურბუშელას, რის გამოც მჭრელი წიბოს სიგრძის ერთეულზე მოდის უფრო მცირე ძალა, და მასთან წარმოქმნილი სითბოს მცირე რაოდენობაც. ამავ დროს ფ-ს შემცირებასთან ერთად პროპორციულად იზრდება ε კუთხე წვეროსთან, რაც მნიშვნელოვნად ხელს უწყობს სითბოს გატარებას, თუ არ ვილაპარაკებთ თვით წვეროს — საჭრისის ყველაზე უფრო სუსტი უბნის — შესაბამის გამტაცებაზე. ამის საფუძველზე შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა, რომ ფ კუთხის გეგმაში შემცირებასთან ერთად შეიძლება გაზარდოთ იქნას ჭრის სიჩქარე.



სურ. 112. ბურბუშელის სისქისა და სიგანის ცვლებადობა კუთხის გეგმაში შემცირებასთან ერთად.

ე. კ. ზეერევის (მოსკოვი ММИ) ცდების მონაცემებით ჭრის სიჩქარე ფ კუთხის გეგმაში ცვლასთან ერთად იცვლება შემდეგი კანონის მიხედვით:

$$v = \frac{C}{(\sin \varphi)^{0,64}} \quad (10)$$

თუ ერთეულად მივიღებთ $\varphi = 45^\circ$ კუთხიანი საჭრისის ჭრის სიჩქარეს, მაშინ სხვა ფ გეგმაში კუთხიანი საჭრისებისათვის, თანახმად 10 ფორმულისა, გვექნება შემდეგი C_2 სიჩქარის კოეფიციენტები.

ცხრილი 25

C_2 სიჩქარის კოეფიციენტები ფ გეგმაში კუთხის მიხედვით (ე. კ. ზეერევის მიხედვით)

ფ კუთხე გეგმაში	90°	60°	45°	30°
C_2	0,65	0,84	1	1,28

როგორც ვხედავთ, ფ კუთხე გეგმაში მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ჭრის სიჩქარეზე. 25-ე ცხრილის მონაცემების მიხედვით ფ კუთხის 90°-დან 30°-მდე შემცირებასთან ერთად შეიძლება ჭრის სიჩქარის გაზრდა თითქმის ორჯერ:

$$\frac{1,28}{0,65} \approx 2.$$

პრაქტიკაში უფრო ხშირად მუშაობენ საჭრისებით, რომლებსაც აქვთ $\varphi = 40-50^\circ$ კუთხეები გვერდში, მათ შემცილებას ჩვეულებრივ არ გვირჩევენ, რადგან იზრდება ვიბრაციების საშიშროება, განსაკუთრებით უმდგრადი ნაკეთების დამუშავების დროს და მასთან გაცვეთილ ჩარხებზე.

იმვე მიმართულებით გავლენას ახდენს საჭრისის მედეგობაზე φ_1 დამხმარე კუთხე გვერდში. მას ხშირად ამცირებენ $10-5^\circ$ -მდე; ამ დროს მტკიცდება საჭრისის წვერო, უმჯობესდება სითბოს გადასვლა და იზრდება მისი მედეგობა. ეს, ამავე დროს, აუმაჯობებს დასამუშავებელი მასალის ხარისხსაც.

§ 62. ჰრის სიჩქარე საჭრისის ზომისა და მისი წვერის მომრგვალების რადიუსის მიხედვით

ყველა ფაქტორი, რომლებიც ხელს უწყობს სითბოს გადასვლას, ხელსაყრელად იმოქმედებს იარაღის მედეგობაზე. სავეცებით ცხადია, რომ საჭრისის თავის განივი კვეთის ფართის გაზრდა იმოქმედებს ძალზე დადებითად, ე. ი. ხელს შეუწყობს სითბოს გადასვლას და ამით კი საჭრისის მიერ დასაშვები ჰრის სიჩქარის გაზრდას. ზოგიერთი მეკლეგარი, მაგალითად, თვლის, რომ $1\frac{1}{2}$ ლუმიანი საჭრისი უშვებს 30% უფრო მეტ ჰრის სიჩქარეს, ვიდრე 1 ლუმიანი, და 60%-ით უფრო მეტს, ვიდრე $\frac{1}{2}$ ლუმიანი. უფრო მეტიც, ზოგიერთი ამტკიცებს, რომ საჭრისის ზომა გავლენას ახდენს v , z და s დამოკიდებულების ხსიათზედაც კი; საჭრისის ზომის შემცირებასთან ერთად სულ უფრო იზრდება მიწოდების ფარდობითი გავლენა და მცირდება ჰრის სიღრმის გავლენა ჰრის სიჩქარეზე. ცხადია, ეს დაკავშირებულია ბურბუშელის დიდ ზომებთან, რომლებსაც ზოგიერთი იყენებდა მსხვილი საჭრისებისათვის. უკანასკნელ ხანებში ჩატარებული გამოკვლევები ადასტურებენ ამ კანონებს და ხსნიან მას საჭრისის მუშაობის გაროულებულ სითბური პირობებით.

თუ ვერთყუალდებით მივიღებთ 1" კვეთის მქონე საჭრისის ჰრის სიჩქარეს, მაშინ მივიღებთ იმ პირობით C_2 სიჩქარის კოეფიციენტებს, რომლებიც მოყვანილი არიან 26-ცხრილში.

ცხრილი 26

C_2 სიჩქარის კოეფიციენტები საჭრისის ზომის მიხედვით

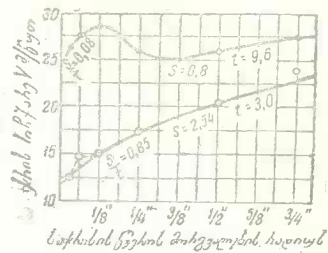
დასამუშავებელი მასალა	ს ა ჭ რ ი ს ი ს ზ ო მ ა				
	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	1"	$1\frac{1}{4}$ "	$1\frac{1}{2}$ "
ფოლადი	—	0,95	1	1,03	1,06
თუჯი	0,95	0,97	1	1,02	—

ფოლადის დამუშავების დროს $1\frac{1}{2}$ ლუმიანი საჭრისი უშვებს 10 — 12% უფრო მეტ ჰრის სიჩქარეს, ვიდრე $\frac{3}{4}$ ლუმიანი.

ჰრის სიჩქარის ზრდის შესაძლებლობა საჭრისის ზომის ზრდასთან ერთად აინტერესებს საჭრისის წვერის მომრგვალების დადებითი გავლენით. საჭრისის ზომის ზრდასთან ერთად იზრდება წვერის — საჭრისის ყველაზე უფრო სუსტი უბნის — მომრგვალების r რადიუსი, და ამით კი უზრუნველყოფილია უფრო მეტი მედეგობა საჭრისის ზომების უცვლელობის შემთხვევაშიც კი, მისი მედეგობა მატულობს r -ი ზრდასთან ერთად და განსაკუთრებით ძლიერად — დიდი მიწოდებების დროს (უფრო ზუსტად დიდი $\frac{s}{f}$ დროს), როგორც ეს ჩანს მრუდეებით (სურ. 113). პრაქტიკა ადასტურებს

რომ საჭრისები მომრგვალებული მკრელი წიბოთი უფრო წარმადიანია, ვიდრე სწორი ნორმალური კუთხეებით გეგმაში ($\varphi > 30^\circ$). და მხოლოდ როცა კუთხე გეგმაში $\varphi < 30^\circ$, ადგილი აქვს შებრუნებულ მოვლენას. ამავ დროს საჭიროა აღინიშნოს, რომ მომრგვალებულ წიბოიანი საჭრისი მუშაობს უფრო მშვიდად; ამას ხელს უწყობს საჭრისის მასიურობა და, მაშასადამე, ამით აგრეთვე შეიძლება ავსნათ იარაღის შედეგობისა და დამუშავებული მასალის ხარისხის ამაღლებაც.

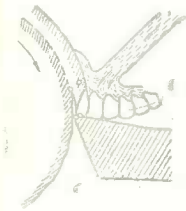
ფ. 88. საჭრისის ჰატივიზაციის ნაჯღანა ზრის სიჩქარე



სურ. 113. საჭრისის წყვილის მომრგვალებების რადიუსის გავლენა საჭრისის მიერ დაშვებულ ჭრის სიჩქარეზე.

ცდებმა დაგვანახებს, რომ საჭრისის გაცივება სითხით და განსაკუთრებით წყლით (სოღის ხსნარით ჩარხისა და ნაკეთის დაქანების თავიდან ასაცილებლად) ძალზე დიდად ზრდის იარაღის შედეგობას ანუ მის მიერ დასაშვებ ჭრის სიჩქარეს. დადებითი შედეგი მიღებული გაცივებით ყველაზე უფრო ძლიერად იჩენს თავს ბლანტი და უფრო ნაკლებად მყიფე ლითონების დამუშავების დროს. ამის მიზეზი ცხადია: პირველ შემთხვევაში ადგილი აქვს მნიშვნელოვნად დიდ გახურებას და, მაშასადამე, გაცივება უფრო ეფექტური იქნება. ასე მაგალითად, ცდების თანახმად, შესაძლო გახდა სწრაფმკრელი საჭრისის ჭრის სიჩქარის გაზრდა 40%-ით და ნახშირბადიანისა 25%-ით ფოლადის დამუშავებისა და დაახლოებით 16% -ით თუჯის დამუშავების დროს; ეს მიღებული იქნა ძლიერი ქველით (14 ლ/წუთ და მეტი) უხვი გაცივების დროს საჭრისის და ასაღები ბურბუშელის ზომების შესაბამისად.

ზოგიერთი მკვლევარი რჩევას იძლევა სითხის ქავლი მივიმართოთ არა უშუალოდ საჭრისს, არამედ თვით ბურბუშელას, სადაც ყველაზე უფრო გროვდება სითბო (სურ. 114). უნდა აღინიშნოს, რომ უფრო მიზანშეწონილი იქნებოდა იარაღისა და ბურბუშელის ერთდროული გაცივება, წინააღმდეგ შემთხვევაში მუშაობის შეწყვეტის დროს გამაცივებელი სითხე უცრად მოხვდება გახურებულ საჭრისს და ამას შეიძლება მოყვეს მისი გამოფხვიერება. უკანასკნელი უფრო საშიფათოა მაგარი შენადნობის ფირფიტებიანი საჭრისებისათვის.

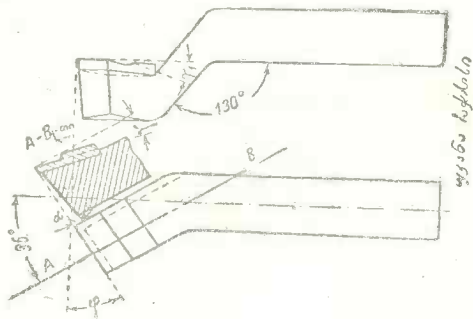


სურ. 114 საჭრისის გაცივების ხერხი.

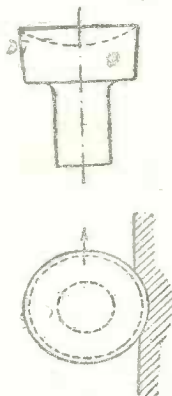
სარჯის შემდგომი ზრდა არ იძლევა რაიმე სარგებლობას და მხოლოდ იწვევს ზედმეტ ხარჯებს.

კიდევ უფრო ნაკლები ეფექტი იქნება მიღებული ცდებით, რომლებშიაც გამაცივებელ საშუალებად გამოყენებულ იქნა წყალი, ემულსია და ზეთი. ლეგირებული ფოლადების დამუშავების შემთხვევაში ჭრის სიჩქარის გაზრდა შესაძლებელი გახდა მხოლოდ 8—13% -ით წყლის ან ემულსიით გაცივების დროს და 5% — ზეთით გაცივების დროს.

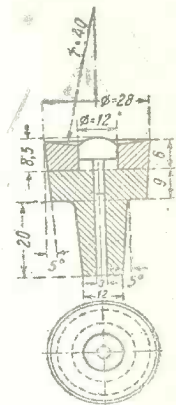
იყენებენ საესეზით მრგვალ ეგრეთ წოდებულ ფინჯნისებრ საქრისებს (სურ. 118); მათ ამზადებენ საუკეთესო სწრაფმჭრელი ფოლადისაგან და ამარგებენ დამკერში. 119-ე სურათზე ნაჩვენებია ფინჯნისებრი საქრისი მასზე დაკავშირებული ფირფიტით P3-8 სალი შენადნობისაგან, შუაში ჩადგმულია ღერო ბურბუშელის დახვევისა და უფრო კარგი მოცილებისათვის, და აგრეთვე მჭრელი წიბოს მოპირდაპირე მხარის დასაცავად ბურბუშელის მავნე ზემოქმედებისაგან.



სურ. 117. გადაღუნული ამგლველი საქრისი.

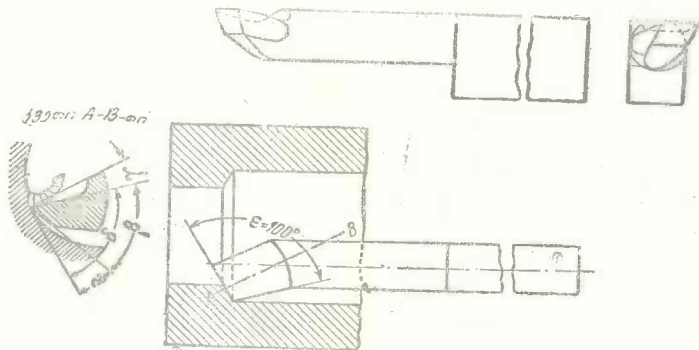


სურ. 118. ფინჯნისებრი საქრისი.



სურ. 119. ფინჯნისებრი საქრისი P3-8 მაგარი შენადნობის ფირფიტით.

ფინჯნისებრი საქრისები ნორმალურად მუშაობენ ბურბუშელის $f \approx 12$ მმ² კვეთამდე ($t \leq 6$ მმ და $s \leq 2$ მმ). P3-8 საქრისებით ბანდაების დამუშავების დროს



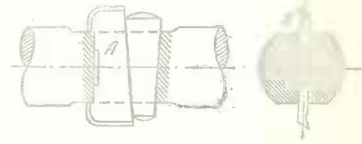
სურ. 120. შვიამარხავი საქრისი.

($H_s = 300$ მ/მმ² შონერხდა კრის სიჩქარის აყენა $v = 22$ მ/წუთ-მდე შედარებით $\varphi = 7-8$ მ/წუთ სიჩქარისა სწრაფმჭრელი ფოლადებისათვის, ე. ი. სამჯერ).

შიგა ზედაპირების დასამუშაებლად გამოყენებულია შიგამჩარხავი საჭრისები (სურ. 120). მათი მუშაობის პირობები, შედარებით გარე გამვლელ საჭრისებთან, უფრო ნაკლებ ხელსაყრელია; განსაზღვრული განივი ზომების დროს ხდება მათ შორის გამოწვევა სუპორტიდან, რათა შესაძლო გახდეს ნახერცის მთელი სიგრძის გავლა. ასეთ გარემოებაში სითბოს მოშორება მჭრელი წიბოდან უარესდება, საჭრისები განიცდიან ღუნვასა და ძლიერ ვიბრაციას; გვიხდება ბურბუშელის ასაღები სიდიდისა და ჭრის სიჩქარის შემცირება.



სურ. 121. შტანგა შიამჩარხავი საჭრისით კიდურ გავლისათვის.

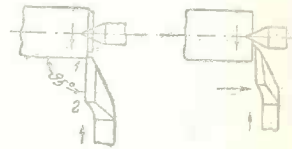


სურ. 122. შტანგა ფირფიტით გამჭოლი შიგამჩარხვისათვის.

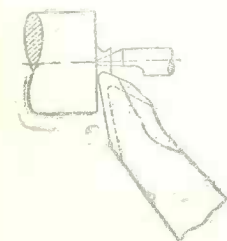
პრაქტიკული მიახლოებულ ანგარიშისათვის მიღებულა გარეჩარხვასთან შედარებით ჭრის სიჩქარის შემცირება 20%-ით და, მაშასადამე, შეგვიძლია მივიღოთ შიგამჩარხვისათვის პირობითი სიჩქარის კოეფიციენტი $C_6 = 0,8$.

კიდევ უფრო მეტად უნდა შემცირდეს ჭრის სიჩქარეები შტანგის ირიბ ბუდეებში ჩამაგრებული საჭრისებისათვის (სურ. 121), რომლებიც გამოიყენება ბოლო გავლისათვის, და აგრეთვე შტანგებში ჩამაგრებულ ვიწრო დანებისათვის (სურ. 122), რომლებიც გამოყენებული არიან გამჭოლი შიგამჩარხვისათვის მცირე ბურბუშელით.

სიბრტყეების (ტორსების) დასამუშაებელი გვერდის ანუ სატორსო საჭრისებს (სურ. 123) შედეგობის თვალსაზრისით აქვთ არახელსაყრელი ფორმა. მჭრელ წიბოს ჩვეულებრივ დაყენებენ ხოლმე 95° კუთხით ცენტრების ხაზის მიმართ, მეორე მოკლე წიბო ჩამოჭრილია ძალზე ირიბად, რათა შესაძლო გახდეს ცენტრთან რაც შეიძლება ახლოს მისვლა. სპეციალურ ირიბად მოჭრილი ცენტრის შემთხვევაში (სურ. 124) შესაძლოა მნიშვნელოვნად გაეძლიეროთ საჭრისის წვერი და ამით კი გაეზარდოთ მისი შედეგობა. ჭრის სიჩქარეები იცვლება დაახლოებით ნულის ტოლიდან ცენტრთან, მაქსიმალურ სიდიდემდე გარე ზედაპირთან, თუკი ნაკეტი ბრუნავს მუდმივი ბრუნვათა რიცხვით.



სურ. 123. სატორსო საჭრისები.



სურ. 124. სატორსო საჭრისები ირიბად ჩამოჭრილი ჩარხის უკანა ცენტრის დროს.

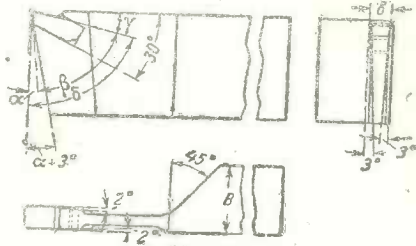
რადგან ჭრის სიჩქარე გაიზომება გარე დიამეტრის მიხედვით, ე. ი. ღრის უდიდესი, ამიტომ შესაძლებლად თვლიან იმუშაონ ისეთი სიჩქარეებით, რომლებიც უახლოვდებიან გარეგანი ჩარხვის დროს გამოყენებულ სიჩქარებს, ითვალისწინებენ რამის, რომ ამ დროს მიღებული ამაღლებული სიჩქარეები — ხანმოკლეა.

იქვესკის ქარხნის უკანასკნელ გამოკვლევათა მიხედვით მივიღენ შემდეგ დასკვნამდე: ჭრის სიჩქარე მჭრის დროს შეადგენს გარეგანი ჩარხვის სიჩქარის დაახლოებით 0,7, თუკი საჭრისი ნაკეთის მიჭრას ახდენს გავლის სიგრძეზე, რომელიც არ აღემატება დიამეტრის $\frac{1}{4}$ -ს ($C_6 = 0,7$). ეს შედარებით სიჩქარის კოეფიციენტი იზრდება $C_6 = 1,05$ -მდე თუკი გავლის სიგრძე აღემატება

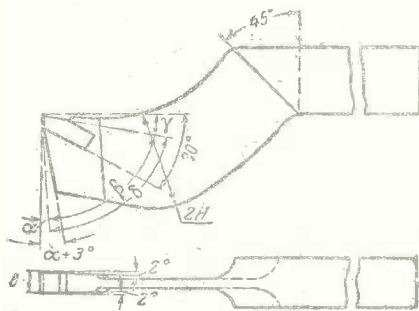
დიამეტრის $\frac{1}{3}$ -ს. თუკი მიჭრა წარმოებს მუდმივი ჭრის სიჩქარით (ცვალეზად ბრუნვათა რიცხვის დროს), მაშინ გვირჩევენ გამოვიყენოთ საშუალოდ $C_6 = 0,66$.

განსაკუთრებით მძიმე პირობებში მუშაობენ გადამჭრელი საჭრისები, რომლებითაც ხდება ნაკეთების გადაჭრა ანდა მათში ვიწრო ლარების ჩაჭრა. 126-ე სურათზე ნაჩვენებია წესიერი კონსტრუქცია სწორი გადამჭრელი საჭრისისა მასზე დამაგრებული სალი შენადნობის ფირფიტით და 126-ე სურათზე კი — გადაღუნული უკანა სვლის დროს სამუშაოდ.

მჭრელი წიბოს b სიგანე მერყეობს ჩვეულგებრივ $b = 2$ მმ-დან $b = 8$ მმდე. მჭრელ წიბოს გასამტკიცებლად მის გასწვრივ უკანა წახნაგზე ილესება ფასკა $\alpha = 1 - 2^\circ$ კუთხით; გვერდის წახნაგები ირიბადაა ჩაჭრილი შიგნით, რათა არ მოხდეს მათი ხახუნი დამუშავებულ ზედაპირებთან. მჭრელი წიბო დადგება ხოლმე ცენტრების ხახუბის დონეზე და ჩვეულგებრივ მის პარალელურად. საჭრისის ვატეხვის თავიდან ასაცილებლად განაჭრის ბოლოში, უმთავრესად კი სუფთა (უხიწვო) ზედაპირის მიღების მიზნით, ზოგჯერ გვირჩევენ მჭრელი წიბოს რამდენიმედ ირიბად წალესვას, როგორც ეს ნაჩვენებია 127-ე სურათზე. ამ შემთხვევაში საჭრისი თანდათან შედის მუშაობაში და თანდათანვე გამოდის მისგან. მართალია, ასეთი საჭრისის მედეგობა რამდენიმედ დადაბლებულია, მაგრამ იგი უფრო მოხერხებულია სუსტი არამდგრადი ნაკეთების დამუშავების დროს.



სურ. 125. სწორი გადამჭრელი საჭრისის სალი შენადნობის ფირფიტით.



სურ. 126. გადამჭრელი მოღუნული საჭრისი უკანა სვლაზე მუშაობისათვის



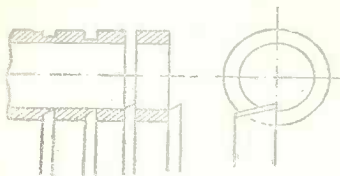
127-ე სურათზე. ამ შემთხვევაში საჭრისი თანდათან შედის მუშაობაში და თანდათანვე გამოდის მისგან. მართალია, ასეთი საჭრისის მედეგობა რამდენიმედ დადაბლებულია, მაგრამ იგი უფრო მოხერხებულია სუსტი არამდგრადი ნაკეთების დამუშავების დროს.

128-ე სურათზე ნაჩვენებია ღარაკების დამამუშავებელი საჭრისის ალესვის მაგალითი, რომელიც გამოყენებულია სტახანოველების მიერ საჭრისის მუშაობის შესამსუბუქებლად.

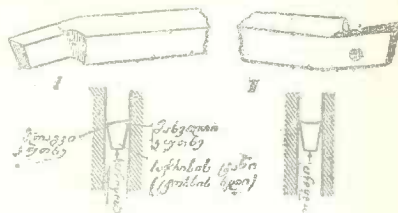
რაც უფრო უახლოვდება გადამჭრელი საჭრისი ცენტრს, მით უფრო ჭრის სიჩქარე კლებულობს. სპეციალურ

გადამჭრელ ჩარხებში არის განსაკუთრებული მოწყობილობა, რომელიც ჭრდის ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვს და ინახავს, ამნაირად, ჭრის სიჩქარეს მუდმივ-ეკონომიურს. ეს ჭრის სიჩქარეები ფალადის გადაჭრის დროს სჯობს მივიღოთ საშუალოდ 50%-ით, თუჯისა და ბრინჯაოს გადაჭრის დროს კი 40%-ით. უფრო ნაკლები, ვიდრე გარეგანი ჩარხვის შემთხვევაში, ე. ი. გადამჭრელი საჭრისებისათვის შეიძლება მივიღოთ პირობითი სიჩქარის კოეფიციენტი $C_6 = 0,5 \div 0,6$. სწორად რომ ვთქვათ, აქ არ შეგვიძლია დავამყაროთ ზუსტი თანაფარდობა გამეღულ და გადამჭრელ საჭრისების სიჩქარეებს შორის, რადგან მათი

მუშაობის პირობები მკვეთრად განსხვავდებიან; გადამჭრელ საჭრისებში ადგილი აქვს მუშა ნაწილის განსაკუთრებით ძლიერ გახურებას და სითბოს სუსტ მოშორებას. მასთან საჭრისის ძლიერ წინ წამოწევის გამო მნიშვნელოვანი მიწოდებების დროს აუცილებელია ვა-



სურ. 127. გადამჭრელი საჭრისები ირიბი მჭრელი წიბოთი.



სურ. 128. ჩამჭრელი საჭრისი ღარაქების დასაზუსტებლად სპეციალურად აღესილი წინა წახანავით.

ბრაციები; ამიტომ იძულებული ვართ შევამციროთ მიწოდებები 0,02—0,2 მმ/პრ ზღრების ზომამდე ნაკეთის დიამეტრისა, მასალისა და საჭრისის სიგანის მიხედვით. ЗИС-ის გამოკვლევათა თანახმად გვაქვს:

$$s = \text{const} \cdot b^{0,88} \text{ მმ/პრ}, \quad (11)$$

$$v = \frac{\text{const}}{s} \quad (12)$$

სადაც b —მჭრელი წიბოს სიგანეა.

როგორც ვხედავთ, გადაჭრის დროს მიწოდების სიდიდე უფრო მნიშვნელოვნად მოქმედებს ტრის სიჩქარეზე, ვიდრე გაჩარხვის დროს. აქ განსაკუთრებით გვიჩვენებს საჭრისის გაცივებას. ყოველ შემთხვევაში, საორიენტაციო გამოანგარიშებისათვის შეიძლება მივიღოთ შემოაღნიშნული შედარებითი სიჩქარის კოეფიციენტები— C_v , თუ საჭრისის b სიგანეს პირობითად ჩავთვლით t ტრის სიღრმედ.

მოყვანილ საჭრისებს, რომელთა მჭრელი წიბოები შეეთანადებიან ნაკეთის მრუდა ზოგან კონტურს, აქვთ მუშაობის განსაკუთრებული პირობები. მათ ჩვეულებრივ აქვთ დისკური ანდა პრიზმისებური ფორმა (სურ. 129) და მაგრდებიან შესაბამის საჭერელებში (სურ. 130).

მოყვანილი საჭრისი იღებს ფართო ბურბუშელას და ამიტომ განიცდის მნიშვნელოვან დაძაბულობას; ეს გვაიძულებს ვიმუშაოთ მცირე მიწოდებებით $s = 0,02 \div 0,1$ მმ/პრ ზღრებში ნაკეთის დიამეტრისა, მისი მასალისა და საჭრისის სიგანის მიხედვით. ЗИС ქარხნის მონაცემების მიხედვით ფოლადის დამუშავების დროს მიწოდების სიდიდის განსაზღვრა შეიძლება ფორმულით:

$$s = \frac{\text{const} D}{b^{0,6}} \text{ მმ/პრ}. \quad (13)$$

როდესაც $D = 10 \div 100$ მმ

და $b = 6 - 80$ მმ

სადაც D —ნაკეთის დიამეტრია მმ-ში,

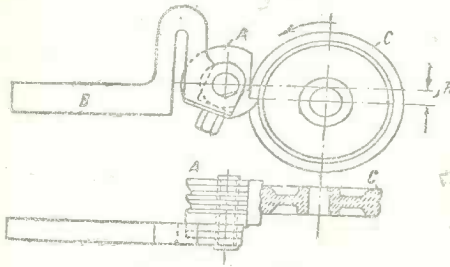
b —საჭრისის სიგანეა მმ-ში,

const—მუდმივაა, დამოკიდებული ნაკეთის მასალაზე და ჩარხზე $= 0,014 \div 0,021$.

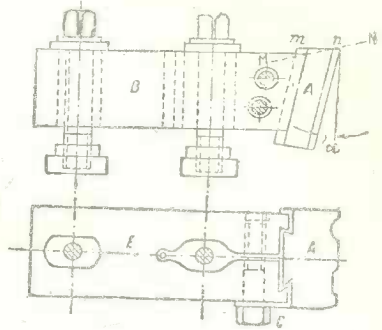
მოყვანილი პრიზმული საჭრისის ტრის სიჩქარე შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სახის ფორმულით:

$$v = \frac{C_v}{s^2} \quad (14)$$

სადაც C_r — მუდმივია, დამოკიდებული საჭრისისა და ნაკეთის მასალაზე,
 $\gamma = 0,47$ ფოლიისათვის $31C$ გამოკვლევის თანახმად.
 როგორც ვხედავთ, საჭრისის სივანე გავლენას არ ახდენს ტრის სიჩქარეზე. პრაქტი-



სურ. 129 I. დისკური მოყვანილი საჭრისი.

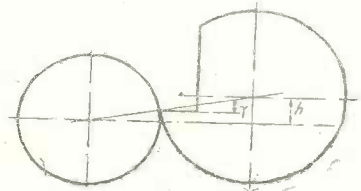


სურ. 129 II. პრიზმული მოყვანილი საჭრისი.

კულად ეს ასე არაა, რადგან საჭრისის სივანის მომატებასთან ერთად ძალზე იზრდება ვიბრაცია, რაც უშეველია მნიშვნელოვნად ამცირებს იარაღის შედეგობას. ვიბრაციის გაძლიერებას ხელს უწყობს კიდევ ის გარემოება, რომ მოყვანილ საჭრისებს ტრის კუთხეს ხშირად უკეთებენ სწორ ($\gamma = 0^\circ$) და მკრელ წიბოს ათავსებენ ცენტრების ხაზის ღონზე, რათა საჭრისის პროფილი მოსაჭრელი ნაკეთის პროფილის მსგავსი იყოს.

ცალკეულმა ცდებმა დაგვანახვეს, რომ $\gamma = 0$ კუთხის მქონე დისკური საჭრისის მოსაჭრელ ნაკეთის ცენტრის ოდნავ ზევით ამაღლების დროს (სურ. 131) ხერხდება საჭრისის შედეგობის მნიშვნელოვნად გაზრდა, რადგან ამ შემთხვევაში მკრელი წიბოს შეუსუსტებლად, ე. ი. საჭრისის β წამახვილების კუთხის შეუმცირებლად, შესაძლებელი ხდება (β ტრის კუთხის შემცირება და ამით იარაღის მუშაობის შემსუბუქება).

ტრის პროცესის შესამსუბუქებლად დისკური საჭრისის წინა წახნაგი აილენება ხოლმე თვით დისკოს ცენტრის ქვემოთ h სიმაღლეზე α უკანა ალესვის კუთხის შესაქმნელად და, გარდა ამისა, თვით წინა წახნაგს ალესავენ ხოლმე რაღაც γ კუთხით. ეს გვაძლევს შევასწოროთ საჭრისის პროფილი რადიალურ კვეთში, რადგან ახლა ნაკეთისა და საჭრისის პროფილები არ ემთხვევიან ერთმანეთს. თუ წინა ალესვის კუთხე $\gamma = 0$, მაშინ შესწორება შეიძლება განხორციელებული იქნას ავტომატურად იმ საჭრისის დაყენებით, რომლითაც ხდება მრგვალი მოყვანილი საჭრისის გაზარხვა უკანასკნელის ცენტრის ქვემოთ h სიმაღლეზე. თუკი კუთხე $\gamma > 0$ საჭიროა პროფილის გამოანგარიშება ანალიზური ანდა გრაფიკული ხერხით.



სურ. 141. დისკური საჭრისის ამაღლება ნაკეთის ცენტრის ზემოთ.

პროფილის ანალიზური ანგარიში

აეილოთ ყველაზე უფრო რთული შემთხვევა, $\langle \gamma \rangle > 0$ (სურ. 131 I). აქ ცნობილს შემდეგი სიდიდეები:

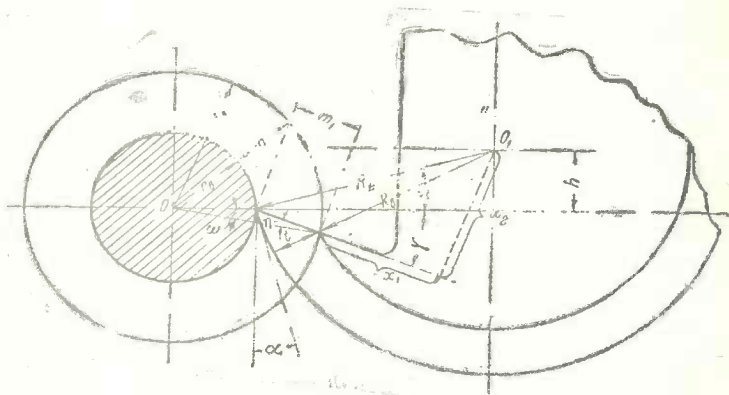
r_a — ნაკეთის გარე კონტურის რადიუსი,

r_b — ნაკეთის შიგა კონტურის რადიუსი,

R_b — საჭრისის გარე კონტურის რადიუსი,

h — საჭრისის წინა წახნაგის ჩამოწევის სიდიდე, მისი ცენტრის ქვემოთ.

საჭიროა მოენახოთ R_b — საჭრისის შიგა კონტურის რადიუსი და ამით კი მოენახოთ საჭრისის პროფილის t სიღრმე, რადგან პროფილის სივანე არ იცვლება.



სურ. 131 I.

$$t = R_b - R_b;$$

$$R_b = \sqrt{x_1^2 + x_2^2};$$

მაგრამ

$$xx_1 = R_b \cdot \cos(\alpha + \gamma) - m_1; \quad x_2 = R_b \cdot \sin(\alpha + \gamma),$$

მაშინ

$$R_b = \sqrt{[R_b \cdot \cos(\alpha + \gamma) - m_1]^2 + R_b^2 \cdot \sin^2(\alpha + \gamma)};$$

$$m_1 = \frac{r_b \cdot \sin \omega}{\sin \eta}; \quad \sin \eta = \frac{r_b \cdot \sin \gamma}{r_{\text{sk}}}; \quad \omega = \gamma - \eta.$$

გაშთყვანილი განტოლებებიდან ჩანს, რომ საჭრისის პროფილის სიღრმის შემცირება დამოკიდებულია არა მხოლოდ საჭრისის, არამედ ნაკეთის ზომაზედაც.
შ ა გ ა ლ ი თ ი.

$$r_0 = 100 \text{ მმ}; R_1 = 60 \text{ მმ}; h = 10 \text{ მმ}; r_0 = 80 \text{ მმ}; \angle \gamma = 12^\circ.$$

მოგნახოთ R_0 ანდა t .

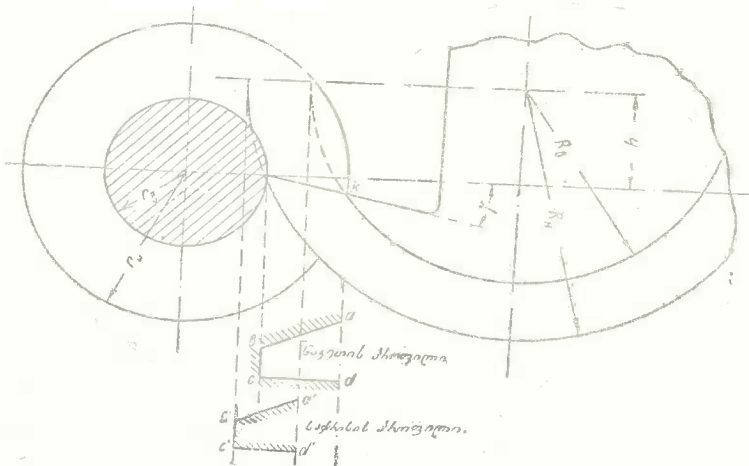
$$\sin \alpha = \frac{h}{R_1} = \frac{10}{60} = 0,166; \alpha = 9,5^\circ;$$

$$\sin \eta = \frac{r_0 \sin \gamma}{r_0} = \frac{80 \cdot \sin 12^\circ}{100} = \frac{80 \cdot 0,208}{100} = 0,166; \eta = 9,5^\circ;$$

$$\omega = \gamma - \eta = 12^\circ - 9,5^\circ = 2,5^\circ;$$

$$m_1 = \frac{r_0 \cdot \sin \omega}{\sin \eta} = \frac{80 \cdot 0,044}{0,166} = 21 \text{ მმ};$$

$$x_1 = R_0 \cdot \cos(9,5^\circ + 12^\circ) - 21 = 60 \cdot 0,93 - 21 = 35 \text{ მმ};$$



სურ. 131. II.

$$x_2 = R_0 \cdot \sin(9,5^\circ + 12^\circ) = 60 \cdot 0,36 = 21,6 \text{ მმ};$$

$$R_0 = \sqrt{25^2 + 21,6^2} = 41 \text{ მმ};$$

$$t = R_b - R_a - 60 = 19 \text{ მმ.}$$

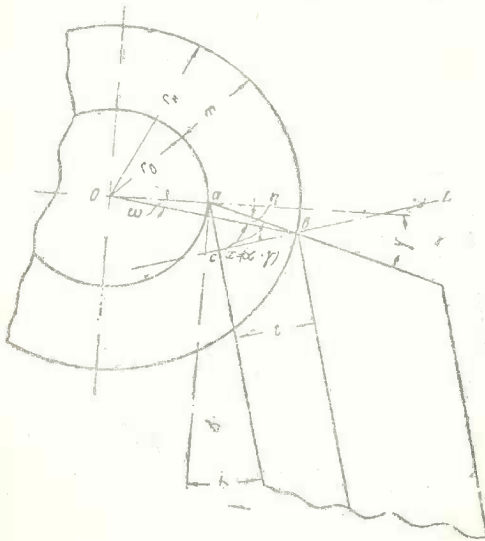
პროფილის გრაფიკული ანგარიში

საჭრისის R_a შიგა რადიუსი განისაზღვრება (სურ. 131 II) საჭრისის წინა წახნაგა გადაკვეთით ნაკეთის გარე წრეხაზთან (k წერტილი). R_b და R_a წრეხაზების გაგრძელებით საჭრისის დიამეტრალურ სიბრტყესთან გადაკვეთამდე, მოგნახავთ საჭრისის პროფილის ct^2 სიმაღლეს, რომელიც ნაკეთის პროფილის cd სიმაღლესთან შედარებით შეფერხებულია.

პრიზმული საჭრისის პროფილის ანგარიში

ეს საჭრისი აიღება $m-n$ სიბრტყით, რომელიც, საჭრისის მუშაობის შედეგად შექმნილ წინა კუთხის მიღების მიზნით, მიმართულია ნაკეთის რადიუსით ანდა $M-N$ დამხრილი სიბრტყით (სურ. 129 II).

მაგრამ პრიზმული მოყვანილი საჭრისების ასეთი აღესვინა და დაყენების დროს საჭრისის პროფილის t სიმაღლე, გაზომილი საჭრისის წიბოების პერპენდიკულარულ $K-I$ სიბრტყეში (სურ. 131 III), ამ



სურ. 131 III.

დამთხვევა ნაკეთის პროფილის m სიმაღლეს, გაზომილს ნაკეთის რადიუსით. თუ m ცნობილია, მწელი არ არის t სიდიდის გამოანგარიშება ორივე შემთხვევისათვის.

დაუშვათ, რომ $m = 20$ მმ, როდესაც ნაკეთის გარე ნახევარდიამეტრი $r_b = 100$ მმ, ნაკეთის შიგა ნახევარდიამეტრი $r_a = 80$ მმ, წინაკუთხე $\gamma = 12^\circ$, უკანა კუთხე $\alpha = 9,5^\circ$. უნდა მოგნახათ t .

abc სამკუთხედიდან, სადაც $bc = t$, გვაქვს:

$$t = ab \cdot \cos \alpha,$$

სადაც

$$x = \gamma + \alpha$$

მაშასადამე,

$$t = ab \cdot \cos (\gamma + \alpha).$$

ab სამკუთხედიდან, სადაც $ob = r_b$ და $oa = r_a$,

$$ab = \sqrt{r_b^2 + r_a^2 - 2r_b \cdot r_a \cdot \cos \omega},$$

მასთან

$$\omega = \gamma - \eta, \quad \sin \eta = \frac{r_a \cdot \sin \gamma}{r_b}.$$

ამრიგად,

$$t = (\sqrt{r_{\delta}^2 + r_{\beta}^2 - 2r_{\delta} \cdot r_{\beta} \cdot \cos \alpha}) \cdot \cos(\gamma + \alpha).$$

თუ არ არის γ წინა კუთხე და, მაშასადამე

$$\gamma = 0, \eta = 0, \alpha = 0,$$

$$t = (\sqrt{r_{\delta}^2 + r_{\beta}^2 - 2 \cdot r_{\delta} \cdot r_{\beta}}) \cdot \cos \alpha,$$

ანუ

$$t = \sqrt{(r_{\delta} - r_{\beta})^2} \cdot \cos \alpha = (r_{\delta} - r_{\beta}) \cdot \cos \alpha = m \cdot \cos \alpha$$

ჩავსვათ რიცხვობრივი მნიშვნელობები ჩვენი მაგალითიდან:

$$\sin \eta = \frac{80 \cdot \sin 12^{\circ}}{100} = 0,166; \eta = 9,5^{\circ}$$

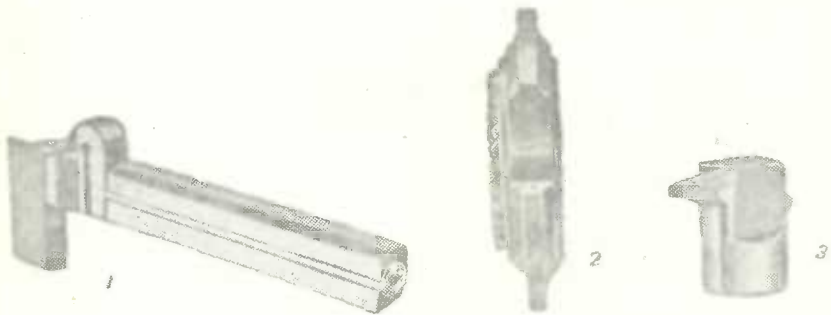
$$\alpha = 12^{\circ} - 9,5^{\circ} = 2,5^{\circ}.$$

მივიღოთ დაახლოებით $\cos \alpha = 1(0,999 \dots)$ მაგვირად, მაშინ

$$t = m \cdot \cos(\gamma + \alpha) = 20 \cdot \cos 21,5^{\circ} = 20 \cdot 0,93 = 18,6.$$

$$\text{როცა } \gamma = 0 \quad t = m \cdot \cos \alpha = 20 \cdot \cos 9,5 = 20 \cdot 0,986 = 19,72.$$

როგორც პრიზმული, ისე დისკური საჭრისების დამზადების დროს საჭიროა მხედვე-



სურ. 132. საკუთხეილე საჭრისების კონსტრუქცია. 1—საჭრისი მახვილკუთხიანი კუთხვილისათვის. 2—საჭრისი ბრტყელი კუთხვილისათვის. 3—საჭრისი შივა ტრაპეციოიდალური კუთხვილისათვის.

ლობაში იქნას მიღებული პროფილის შემცირება სიღრმით. სიგანის მიხედვით, ე. ი. ნაკეთის ღერძის გასწვრივ, საჭრისის პროფილის ზომები არ იცვლება.

საკუთხელო საჭრისები წარმოადგენენ საპროფილო იარაღის ერთ-ერთ სახეობას. არჩევენ: საჭრისებს გარე და შიგა კუთხელებისათვის, ე. ი. ქანჭიკებზე და ქანჭებზე კუთხელების მომჭრელს; მომამზადებელს და სუფთად დამამუშავებელს. კუთხელების სისტემის შესაბამისად არჩევენ საჭრისებს ვიტვორტის, მეტრული, საერთაშორისო, სამილე, ტრაპეცოიდალური, მომრგვალებული და ა. შ. კუთხელებისათვის.

132-სურათზე ნაჩვენებია საკუთხელო საჭრისების კონსტრუქციები. კუთხელების მოჭრა საჭრისებზე ხდება თანდათან რამდენიმე ვავლით, ყოველთვის სავანში ოდნავ ზადრმავებით. ეს ზადრმავება მასალაში შეიძლება ვაწარმოოთ სწორი კუთხით (სურ. 133) ცენტრების ხაზისადმი, და მაშინ საჭრისის ორივე წიბო მოხსნის ერთნაირ ბურბუშულას, ან შეიძლება საჭრისის ირიბად მიწვევა — დარაკის გვერდის დახრის კუთხით (სურ. 133 II) უკანასკნელ შემთხვევაში საჭრისის ერთი წიბო აიღებს თხელ ფენას, მასთან, მისთვის



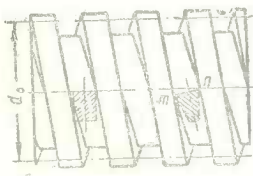
სურ. 133. I—II. კუთხელების მოჭრის მეთოდები.

შეიძლება უფრო ხელსაყრელ ჭრის კუთხის უზრუნველყოფა; იგი უფრო უკეთესად წინახება და უზრუნველყოფს უფრო უკეთეს ზედაირსა და ხრახნული დარაკის უფრო ზუსტ მოხაზულობას. 134-ე სურათზე ნაჩვენებია საჭრისის სხვადასხვა მდგომარეობა სწორკუთხა კუთხელების მოჭრის დროს. საჭრისის შედეგობისათვის უფრო ხელსაყრელ წარმოადგენს მეორე მდგომარეობა, როცა საჭრისის გვერდების წახნაგები სიმეტრიულად დაყენებული ხრახნული დარაკის გვერდითი კედლების მიმართ, და $m - n$ წინა წახნაგი დახრილია ცენტრების ხაზისადმი ამდლებს კუთხით (d_0 დიამეტრის საშუალო წრეხაზით). მართალია, ამ დროს ადვილი აქვს იმ უხერხულობას, რომ მჭრელი წიბოს s სივანე არ იქნება ბიჯის ნახევრის ტოლი და უნდა იცვლებოდეს კუთხელების α ამდლების კუთხის მიხედვით შემდეგი ფორმულით:

$$b = \frac{s}{2} \cdot \cos \alpha, \quad (15)$$

სადაც

$$\alpha = \arccos \frac{s}{\pi d}$$



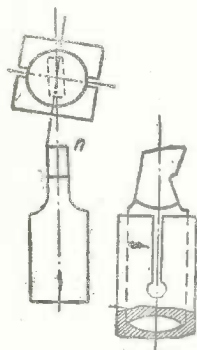
სურ. 134. საკუთხელო საჭრისებზე დაყენების ხერხები.



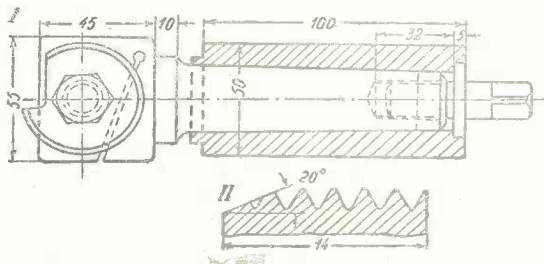
სურ. 135. სწორკუთხა კუთხელების მოჭრის ხერხები.

რადგან კუთხელების გარე და შიგა დიამეტრების α ამდლების კუთხეები სიდიდით სხვადასხვა არიან, ამიტომ ცხადია, რომ საჭრისის b სივანე არ იქნება ზუსტად მუდმივი

და, მისაზღაბრე, კორექციის უქონლობის დროს აუცილებელია კუთხვილის პროფილის რამდენიმედ დამახინჯება. ეს დამახინჯება კუთხვილის შიგნით ამოღების კუთხვების დროს არაა არსებითი, მაგრამ მას უნდა გაუფრთხილო ანგარიში ისეთი მრავალსელისანი ხრახნების მოჭრის დროს, რომელთა α კუთხე აღწევს მნიშვნელოვან სიდიდეებს. ამიტომ I მდგომარეობაში დაყენებული საჭრისით (სურ. 135) კუთხვილის მოჭრის დროს ხრახნული ხაზის ამოღებით 4° ზევით, ხშირად წარმოებს მხოლოდ წინასწარი მოჭრა. სუფთად დამუშავება ყოველ წახნაგისათვის წარმოებს ცალკე დამოუკიდებელი საჭრისებით, რომლებიც დაყენებული არიან II და III მდგომარეობებში.



სურ. 136. მრგვალი საკუთხვილ საჭრისის დამჭერი.



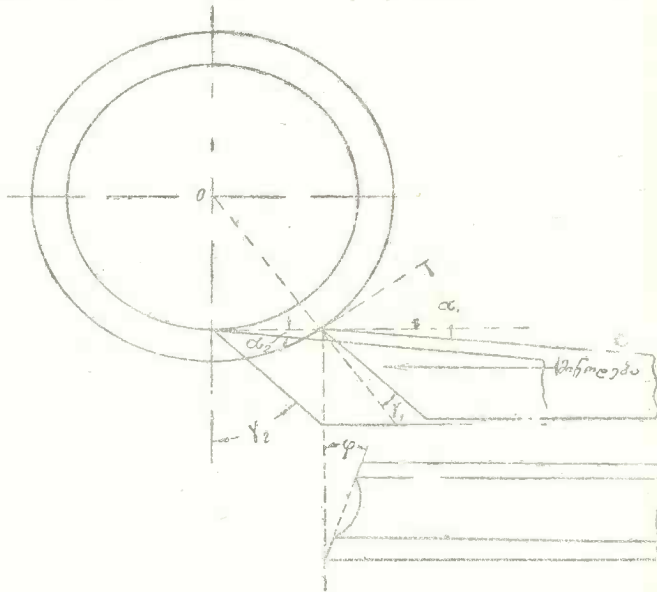
სურ. 137. სავარცხელი კუთხვილის მოსაჭრელად.

საჭრისის დაყენების გასამართლებლად მას ამზადებენ მრგვალს და ჩაღამენ დამჭერში (სურ. 136). განაჭრების გამო საჭრისი ადვილად ბრუნავს დამჭერში და მაგრდება დამჭერში ჩაჭერის დროს სუპორტში.

წარმადობის ასამაღლებლად კუთხვილის მოჭრის დროს სარგებლობენ სავარცხლებით, რომლებსაც აქვთ ერთდროულად მომუშავე რამდენიმე კბილი-საჭრისი (სურ. 137). პირველი კბილები იღებენ ტლანქ ბურბუშულას; ისინი ხშირად კეთდებიან ირმად ჩამოჭრილინ 20° კუთხით (სურ. 137 II) ჭრის შესამსუბუქებლად; უკანასკნელი კბილების წილად რჩება კუთხვილის სუფთად დამუშავება. სავარცხლები შეიძლება იყვნენ აგრეთვე როგორც პრიზმული, ისე დისკური; უკანასკნელნი უფრო მოხერხებულნი არიან დამზადების მხრივ, მასთან დისკოზე კბილების მოჭრა წარმოებს ხრახნის ანდა რგოლის ფორმით.

მოყვანილი ზედაპირების გაჩარხვის დროს ხშირად იყენებენ ე. წ. ტანგენტიალურ საჭრისებს (სურ. 137 ა). მათ აყენებენ ჭრის საჭირთ სიღრმეზე და აძლევენ მიწოდებას

ნაკეთის დასამუშავებელ წრებაზის მხებად. ეს უზრუნველყოფს ბუშაობის დიდ სიზუსტეს, მაგრამ აქვს ის ნაკლი, რომ ჭრის პროცესში ნაკეთში საჭრისის შეკრასთან ერთად, განუწყვეტლად იცვლება ჭრის კუთხეები. როგორც 137ა სურათიდან ჩანს, γ წინა კუთხე იზრდება, α უკანა კუთხე კი მცირდება. ტანგენციალური საჭრისები გამოიყენება უმთავრესად ნაკეთების სუფთად დამუშავების დროს.



სურ. 137.ა.

წარსულში სწრაფმჭრელი საჭრისებით კუთხვილის მოჭრის დროს იყენებდნენ ძალზე ზომიერი ჭრის სიჩქარეებს დიდი გავლათა რიცხვით, რადგან ვარაუდობდნენ, რომ მხოლოდ დაბალ სიჩქარეებს შეუძლიათ უზრუნველყონ ზედაპირის კარგი ხარისხი. ამჟამად, მრავალი სტახანოვილის ცდების საფუძველზე გადასინჯულია რეჟიმები, მნიშვნელოვნადაა გაზრდილი ჭრის სიჩქარეები და გავლათა რიცხვი შემცირებული, ასე, მაგალითად, Гипромяш-ი კუთხვილის მოსაჭრელად გვირჩევს 27-ე ცხრილში მოყვანილ რეჟიმებს.

ცხრილი 27

ჭრის რეჟიმები მანვილკუთხაან კუთხვილის მოჭრის დროს როდუნაც საქრისის
შედევობა $T = 60$ წუთ.

№ რ/რ.	დასამუშავებელი მასალა	ჭრის სიჩქარე v მ/წუთ.		გავლათა რიცხვი შვად.	
		შვად	სუფთად	გარე კუთხვილი	შიგა კუთხვილი
1	სამანქანო ჩვეულებრივი ფოლადი რბილი	16—15	46—55	6—16	8—20
2	" " " " " " " " " " " "	13—20	40		
3	საიარაღო ფოლადი $\sigma_B = 50—80$ კგ/მმ ²	6—12	17—23	12—24	16—20
4	ქრომონიკელიანი ფოლადი $\sigma_B = 60—80$ კგ/მმ ²				
5	რუხი თუჯი რბილი	8—15	23—35		
6	" " " " " " " " " " " "	10—15	23—30		
7	ბრინჯაო რბილი	6—10	17—23	6—12	8—14
8	სალი	26—40	46—70		
9	თითბერი რბილი	10—15	30—46		
10	" " " " " " " " " " " "	33—50	70—90		
	სალი	20—30	57—70		

როგორც წესი, ჭრის სიჩქარე მატულობს კუთხვილის დიამეტრის ზრდასა და კუთხვილის სიგრძის შემცირებასთან ერთად, რაც აიხსნება ნაკეთის უფრო მეტი სტაბილიზით და განუწყვეტელი მუშაობის უფრო მეტი დროით. კალიბრების ზუსტი კუთხვილების მოსაპურელად საჭიროა გავლათა რიცხვისა და შესაბამისად ჭრის სიჩქარის გაზრდა. ამოღებული ჭრის სიჩქარეები აუშჯობესებენ დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხს. სალი შენადნობების $P3-8$ და პოზედიტალადს გამოყენება შესაძლებლობას იძლევა 2—3-ჯერ გაეზარდოს ჭრის სიჩქარე და მივიღოთ მაღალხარისხიანი კუთხვილი სვლათა რიცხვის ერთხანევარ ჯერ შემცირებით. ცალკეულმა სტახანოველებმა ჭრის სიჩქარე კუთხვილის მოჭრის დროს აიყვანეს 100—140 მ/წუთ-მდე (არისტარხოვი) და 200 მ/წუთ-მდეც კი (ორჯონიკიძის სახელობის ქარხანა ლენინგრადში). კუთხვილის მოჭრის ყველა შემთხვევაში ნარჩევა ემუდსოით ანდა ნავთან სელის ზეთის ნარევით უხვი გაცივება (8—10 ლ/წუთ).

უნდა აღინიშნოს, რომ დიდი სიჩქარით მიბრჯენით კუთხვილის მოჭრის დროს საჭიროა კუთხვილის დაწყება ბრახნკუთხვილის ბოლოში გაჭრილ ღარაქიდან, მასთან საქრისი უნდა დამავრდეს წინა წახნავით ქვევით და საქრისის გამოსასვლელი უნდა მიეცეს გარეთ; მუშაობის ეს ხერხი იცავს იარაღს გატეხისაგან და აუშჯობესებს ბურბუშელის მოცილებას.

კუთხვილის სწორი პროფილის უზრუნველსაყოფად მათი წინასწარი მოჭრა ხელსაყრელია ვაწარმოოთ ისეთი საქრისებით, რომელთაც აქვთ დასამუშავებელი მასალის შესაბამისი ჭრის კუთხე (იხ. ცხრილი 3); გასუფთავება კი — საქრისებით, რომელთა წინა კუთხე $\gamma = 0$.

§ 65. ჭრის სიჩქარის სხვადასხვა ფაქტორზე დამოკიდებულების
სამართო განბოლება

ახლა ძნელი არ არის ყველა ძირითად ფაქტორზე ჭრის სიჩქარის დამოკიდებულების საერთო ფორმულის გამოყვანა, რადგან გამორკვეულია ყოველი შიბთანის როლი. ცხადია, ამ ფორმულას უნდა ქონდეს შემდეგი სახე:

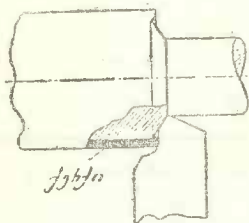
$$v = \frac{C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5}{C_6 \cdot C_7} \text{ მ/წუთ,} \quad (16)$$

10, ლითონების ჭრა.

სადაც C_0 —სიჩქარის კოეფიციენტი, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე,
 C_0 —სიჩქარის კოეფიციენტი, დამოკიდებული საჭრისის მუშაობის დროის ნორმაზე
 დაჩლუნგებადღე,

- C_1 —სიჩქარის კოეფიციენტი, დამოკიდებული საჭრისის მასალაზე,
- C_2 —სიჩქარის კოეფიციენტი, დამოკიდებული ფ კუთხეზე გვეგმაში,
- C_3 —სიჩქარის კოეფიციენტი დამოკიდებული საჭრისის ზომაზე,
- C_4 —სიჩქარის კოეფიციენტი დამოკიდებული გაცივებაზე,
- C_5 —სიჩქარის კოეფიციენტი დამოკიდებული საჭრისის ფორმაზე.

ამას უნდა დაემატოს ის, რომ ფორმულით მიღებული ჯრის სიჩქარე უნდა იქნეს შეცვლილი იმ ფაქტორების ზემოქმედებით, რომლებიც პრაქტიკაში ყოველთვის არ შეიძლება მიღებულ იქნან მხედველობაში. მათ ეკუთვნიან ისეთი მოვლენები, როგორიცაა ვიბრაციები, გამოწვეული იარაღის, ჩარხის, ნაკეთის ან ამ უკანასკნელის დამაგრების



ნახ. 318. საჭრისი სალჭერქიანი ნაკეთის დამუშავებისათვის

არასაკმაო სიხისტიან ნაკეთის თავისუფალ და იძულებითი რხევების თანახმადენის გამო. საჭრისის მედეგობა ეცემა იარაღის მჭრელი წიბოს ან მუშა წახანაგების არასაკმაო გამოყვანის დროს. გვიხდება ჯრის სიჩქარის შემცირება, თუკი დასამუშავებელ მასალაში არის სალი წინწყლები. იგივეს აქვს ადგილი სალჭერქიანი სხმული ნაკეთების დამუშავების დროს. უკანასკნელ შემთხვევაში, როდესაც პირველი ამგლევი გავლა წარმოებს $t < 3$ მმ ჯრის სიღრმით, გვირხვევს სიჩქარის შემცირებას რბილი თუჯის დამუშავების დროს 25—30%, საშუალო სისალის თუჯისა და ბრინჯაოს დამუშავების დროს—15%, სალი თუჯისა, ფოლადის სხმულისა და ნაჭედის დამუშავების დროს—10%. $t > 3$ მმ ჯრის სიღრმეების დროს ჯრის სიჩქარე არ იცვლება; ამ შემ-

თხვევებში კარგ წარმადიანობას იჩენს სპეციალურად აღესილი საჭრისი (სურ. 138). საჭრისის მედეგობის ამაღლება შეიძლება აგრეთვე წინა წახანაგის იმ უბანზე, რომელიც ეხება ჭერქს, ფართო ფასკის $\gamma = 0^\circ$ კუთხით აღესვის გზით.

ფორმულა (16) მარტივდება იმ შემთხვევაში, თუ გამვლელ საჭრისს (როცა $T = 60$ წ) აქვს სწორი მჭრელი წიბო, $\varphi = 45^\circ$ კუთხით გვეგმაში.
 მაშინ:

$$C_2 = 1; C_3 = 1; C_4 = 1; C_0 = 1$$

და (16) განტოლება იღებს შემდეგ სახეს:

$$v = \frac{C_1 \cdot C_5}{l^{0,25} \cdot s^{0,5}} \text{ მ/წუთ.} \quad (17)$$

მაგალითი. განვსაზღვროთ ჯრის სიჩქარე საშუალო სისალის ($\sigma_s = 60$ კმ/მმ²) ფოლადის ლილვის დამუშავების დროს საჭრისით P Ξ —8 პობედიტის ფირფიტით თუ ჯრის სიღრმე $t = 5$ მმ, $s = 0,8$ მმ/ბრ გაუცვებლად ($\varphi = 45^\circ$).

გვაქვს: $C_1 = 2,5$ (ცხრილი 22); $C_2 = 1$; $C_3 = 1$;

$C_4 = 2,5$ (ცხრილი 25); $C_5 = 1$; $C_0 = 0,95$ თუ $T = 90$ წუთ.

$$v_{90} = \frac{38 \cdot 2,5 \cdot 0,95}{5^{0,25} \cdot 0,8^{0,5}} = \frac{90,5}{1,5 \cdot 0,89} = 63 \text{ მ/წუთ.}$$

კრის სიჩქარეზე გავლენას ახდენენ შემდეგი ძირითადი ფაქტორები: 1) T საჭრისის მედეგობის ნორმა, 2) დასამუშავებელი მასალა, 3) საჭრისის მასალა, 4) მოსახსნელი ბურბუშელის ზომა (სიღრმე და მიწოდება), 5) საჭრისის ფორმა და ზომა, 6) გაცივება, 7) საჭრისის კონსტრუქცია (ოპერაციის გეგრობა) და სხვ.

იარაღის ფარდობითი მედეგობა განისაზღვრება განტოლებით:

$$= \frac{C}{T^m},$$

ე. ი. ხარისხის მაჩვენებელი (m) დამოკიდებულია ძირითადად ნაკეთისა და იარაღის მასალაზე, ბურბუშელის ზომაზე და დაჩლუნგების ამორჩეულ კრიტერიუმზე. პრაქტიკულ გამოანგარიშებისათვის შეიძლება მივიღოთ m -ის საშუალო მნიშვნელობები ზღვრებში $m = 1/6 \div 1/10$.

განასხვავებენ მედეგობის ნორმებს და მათ შესაბამის კრის სიჩქარეებს: ეკონომიურსა და უდიდეს წარმადობისას. T მედეგობის ეკონომიური ნორმა დამოკიდებულია იარაღზე, ჩარბზე და საიარაღო მეურნეობის ორგანიზაციაზე; იგი მით უფრო დაბლაა, რაც უფრო მარტივი და იაფია იარაღი და ჩარბის აწყობა, რაც უფრო სრულყოფილი წარმოების ორგანიზაცია.

λ კრის სიჩქარეზე t კრის სიღრმისა და s მიწოდების ფარდობითი გავლენა, ე. ი. x_e და y_e ხარისხის მაჩვენებლები განტოლებაში

$$v = \frac{C_v}{t^{x_e} \cdot s^{y_e}}$$

სხვადასხვა და არამუდმივი. ბურბუშელის ნორმალურ f კვეთის ზღვრებში ($t > s$) ბურბუშელის f კვეთის ზრდასთან ერთად — y_e ხარისხი აზრდება, x_e კი — მცირდება, მასთან ყოველთვის $y_e > x_e$. მაშასადამე, თუ f მუდმივია, ამგლჯე მუშაობის დროს იარაღის მედეგობის თვალსაზრისით უფრო ხელსაყრელია ვიმუშაოთ დიდი კრის სიღრმით და ნაკლები მიწოდებით.

ფართო ბურბუშელების ($s > t$) დროს ადგილი აქვს უკუ დამოკიდებულებას.

საორიენტაციო პრაქტიკულ ანგარიშისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ შემდეგი სახის განზოგადოებული ფორმულით:

$$v = \frac{C_v \cdot C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3}{t^{x_e} \cdot s^{y_e}} \text{ მ/წუთი,}$$

სადაც C_0, C_1, C_2, C_3 და ა. შ. სიჩქარის კოეფიციენტებია, კრის სიჩქარეზე სხვადასხვა ფაქტორის გავლენის მახასიათებლები.

XII. ჩარბისა და იარაღის სიმძლავრე და პირობები მათი უხეშსაქრელისად გამოყენებისათვის

§ 67. ბურბუშელის ზომის განსაზღვრა, რომელიც დასაშვებია ჩარბისა და სპეჩისის მიერ

$N_{\text{ფ}}$ სასარგებლო ან ეფექტური სიმძლავრე განისაზღვრება როგორც ნამრავლი ძალისა კრის სიჩქარეზე 1 წამში და იზომება ც. ძ-ში. ამრიგად, თუ ბურბუშელა აწევება საჭრის P კვ ძალით და კრის სიჩქარე არის v მ/წუთი, გვაქვს:

$$N_{\text{ფ}} = \frac{P \cdot v}{75 \cdot 60} \text{ ც. ძ.} \quad (1)$$

P_p და v გამოვსახოთ დამოკიდებულებით ბურბუშელის f განივი კვეთის ფართობთან მიხედვით ფორმულებით:

$$P_p = C_p \cdot f^{z_p} \text{ და } v = \frac{C_v}{f^{z_v}}$$

და ჩავსვათ მათი მნიშვნელობები (1) განტოლებაში. მაშინ

$$N_{\text{გვ}} = \frac{C_p \cdot C_v \cdot f^{z_p - z_v}}{4500} \text{ ც. ძ.} \quad (2)$$

სადაც C_p და z_p , C_v და z_v — მუდმივებია, დამოკიდებულნი დასამუშაებელ მასალაზე და იარაღის მასალაზე.

(2) განტოლებაში $\frac{C_p \cdot C_v}{4500}$ სიდიდე მუდმივია და წარმოადგენს N_0 კუთრ სიმძლავრეს, ე. ი. სიმძლავრეს საჭრისზე, რომელიც საჭიროა $f = 1$ მმ² კვეთის ბურბუშელის ასაღებად C_v სიჩქარით და რომელიც შესაბამება $f = 1$ მმ² სწრაფმჭრელი საჭრისის $\mu = 60$ წუთ მუდგობის დროს. სიმძლავრის კოეფიციენტი

$$N_0 = \frac{C_p \cdot C_v}{4500} \text{ ც. ძ.} \quad (3)$$

მაშინ (2) განტოლება მიიღებს სახეს:

$$N_{\text{გვ}} \approx N_0 \cdot f^{z_p - z_v} = N_0 \cdot f^{z_N} \quad (4)$$

სადაც $z_N = z_p - z_v$.

აქ N_0 , z_N — მუდმივებია მოცემულ მასალისათვის და მათი განსაზღვრა ადვილია. მაგალითად, $z_N = 50 - 60$ კგ/მმ² მქონე მარტენის ფოლადისა და სწრაფმჭრელი საჭრისისათვის (იხ. ცხრილი 7 და 22).

$$N_0 = \frac{160 \cdot 35}{4500} = 1,24 \text{ ც. ძ.}; \quad z_N = 0,872 - 0,41 = 0,462$$

და

$$N_{\text{გვ}} = 1,24 \cdot f^{0,462} \text{ ც. ძ.} \quad (5)$$

შესაბამისად

საშუალო სისალის თუჯისათვის:

$$N_{\text{გვ}} = 0,55 \cdot f^{0,885} \text{ ც. ძ.}, \quad (6)$$

ოთბურისათვის;

$$N_{\text{გვ}} = 1,74 \cdot f^{0,248} \text{ ც. ძ.} \quad (7)$$

რადგან $z_p < 1$ და $z_v < 1$, მასთან $z_p > z_v$, ამიტომ z_N ხარისხის მაჩვენებელი f -თან ნაკლებია ერთზე. ეს იმას ნიშნავს, რომ მოსახსნელი ბურბუშელის ზომის ზრდასთან ერთად ჩარხის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე იზრდება უფრო ნელა, ვიდრე ბურბუშელის კვეთი და ენერგიის ეკონომიის თვალსაზრისით უფრო ეკონომიურია ბურბუშელის დიდი კვეთით მუშაობა. ვაჩვენოთ ეს მაგალითზე.

მაგალითი. განვსაზღვროთ ენერგიის ხარჯი კილოვატ-საათებში, რომელიც მოდის მოსახსნელი ბურბუშელის 1 კგ-ზე $\sigma_N = 60$ კგ/მმ² მქონე ფოლადის დამუშავების დროს, თუ ბურბუშელის კვეთი $f_1 = 10$ მმ² და $f_2 = 20$ მმ².

სიმძლავრის ხარჯი პირველ შემთხვევაში:

$$N_1 = 1,24 \cdot 10^{0,402} = 1,24 \cdot 2,9 = 3,6 \text{ ც, } \sigma = 2,7 \text{ kW}$$

ჭრის სიჩქარე

$$v_1 = \frac{35}{10^{0,41}} = 13,6 \text{ მ/წთ.}$$

ასაღები ბურბუშელის Q_1 მოცულობა და G_1 წონა 1 საათში

$$Q_1 = f_1 \cdot v_1 \cdot 60 = 10 \cdot 13,6 \cdot 60 = 8160 \text{ სმ}^3/\text{საათში.}$$

$$G = \gamma \cdot \frac{Q_1}{1000} = \frac{7,8 \cdot 8160}{1000} = 64 \text{ კგ } (\gamma = 7,8 \text{ ფოლადის კუთრი წონაა}).$$

ენერჯის ხარჯი 1 კგ ბურბუშელაზე

$$W_1 = \frac{N_1}{G_1} = \frac{2,7}{64} = 0,042 \text{ kW საათი/კგ}$$

მეორე შემთხვევაში:

$$N_2 = 1,24 \cdot 20^{0,402} = 1,24 \cdot 4 \approx 5 \text{ ც, } \sigma \approx 3,7 \text{ kW}$$

v_2 მ/წუთ ჭრის სიჩქარე, Q_2 სმ³ ბურბუშელის მოცულობა და G_2 კგ ბურბუშელის ღონა, რომელიც აიღება 1 საათში

$$v_2 = \frac{35}{20^{0,41}} = \frac{35}{3,4} = 10,3 \text{ მ/წუთ,}$$

$$Q_2 = f_2 \cdot v_2 \cdot 60 = 20 \cdot 10,3 \cdot 60 = 12400 \text{ სმ}^3$$

$$G_2 = \frac{\gamma \cdot Q_2}{1000} = \frac{7,8 \cdot 12400}{1000} = 96 \text{ კგ.}$$

$$W_2 = \frac{N_2}{G_2} = \frac{3,7}{96} = 0,039 \text{ kW საათი/კგ}$$

როგორც (5—7) განტოლებიდან ჩანს, თუჯის დამუშავების დროს საჭიროა ნიშნულზე უფრო ნაკლები სიმძლავრე, ვიდრე ფოლადის დამუშავებისას, რადგან არველ შემთხვევაში სწრაფმჭრელი ფოლადით ერთი და იგივე ბურბუშელის აღების დროს აჭიროა ნაკლები ძალა და ჭრის სიჩქარეც დაიწვება უფრო ნაკლები. საჭიროა ხაზი გასვას იმას, რომ (5—7) განტოლებები სამართლიანია იმ პირობით, თუ სწრაფმჭრელი აჭრისის სრული გამოყენება ხდება მისი $T=60$ წუთ მედეგობის დროს.

თუ ვისარგებლებთ ამ განტოლებებით, შეიძლება ვიანგარიშოთ შექცევითი ამოცანა, ი. განსაზღვრული მასალის დამუშავების დროს გამოვიანგარიშოთ ბურბუშელის უდიდესი ზომა, რომელიც დასაშვებია ჩარხის სიმძლავრითა და საჭრისით.

(4) განტოლებიდან ვღებულობთ:

$$f = \left(\frac{N_{\text{გვ}}}{N_0} \right)^{\frac{1}{\sqrt{N}}} \text{გვ} \quad (8)$$

ან

$$f = \left(\frac{N \cdot \eta}{N_0} \right)^{\frac{1}{\sqrt{N}}} \text{გვ} \quad (9)$$

სადაც N — ჩარხის ელძრავის სიმძლავრეა.

η — ჩარხის ელძრავის მარე კმედების კოეფიციენტი (სახარატო ჩარხისათვის საშუალოდ $\eta = 0,75$).

(9) განტოლებიდან შეიძლება გავაქეთოთ ის დასკვნა, რომ ბურბუშელის f კვეთის ფართობი, რომელიც იღებდა ჩარხზე განსაზღვრული სიმძლავრით ($N = \text{const}$) განსაზღვრულ მასალის ($C_p = \text{const}$) დამუშავების დროს, არის მუდმივი სიდიდე იმ პირობით, თუ ჩარხი და საჭრისი სრულად არიან გამოყენებული, და პირიქით, თუ ვამცირებთ f -ს, ჩვენ მნიშვნელოვნად უნდა გავზარდოთ კრის სიჩქარე, რომ სრულად გამოვიყენოთ ჩარხის სიმძლავრე, მაგრამ მაშინ საჭრისი გადატვირთული იქნება.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ იმ გარემოებებს, რომლის დროსაც ვღებულობთ მუშაობის ყველაზე უფრო სასარგებლო პირობებს.

§ 68. ჩარხისა და იარაღის მუშაობის პირობები

ჩარხისა და იარაღის რაციონალურად გამოყენების საკითხი განხილული უნდა იქნას ორი თვალსაზრისით:

- 1) ტექნოლოგიური.
- 2) ეკონომიური

პირველი პირობა — მივიღოთ სათანადო ხარისხის დეტალი, რომელიც საჭიროა გაბარიტული ზომებისა, დამუშავების სიზუსტისა და ზედაპირის სისუფთავის მიხედვით. ეს წინასწარ განსაზღვრავს ჩარხის გაბარიტულ ზომებს, რომლებიც ცხადია, მიზანშეწონილია შევარჩიოთ შეძლებისდაგვარად ნაკეთის ზომების შესაბამისად, და სიზუსტის მოთხოვნილებებს, რომლებსაც უნდა აკმაყოფილებდეს ჩარხი; მეორეს მხრივ, იგივე მდგომარეობა გვიკარნახებს რამდენიმედ საჭრისის ფორმასა და მუშაობის რეჟიმს.

მეორე პირობა — დავამზადოთ ნაკეთი რაც შეიძლება ნაკლები თვითღირებულებით, ცხადია, ამ თვალსაზრისით ნაკეთი დამუშავებული უნდა იქნას, რაც შეიძლება მცირე დანახარჯებით მუშა ძალაზე; მაშასადამე, ყველა შესაძლო ვარიანტის უმცირეს დროში ენერჯისა, იარაღისა და ა. შ. ყველაზე უფრო ნაკლები დანახარჯით. ამას ხელახლა მივევართ მუშაობის რეჟიმის საკითხისადმი.

ამრიგად, საკითხი ჩარხისა და იარაღის რაციონალურად გამოყენების შესახებ დავკვთრებული ტექნოლოგიურ და ეკონომიურ ხასიათის მთელ რიგ ფაქტორებთან.

კრის თეორია განვიხილავს ძირითადად საკითხს კრის რეჟიმის ამორჩევის შესახებ, რომლის დროსაც ბურბუშელის მოხსნაზე უშუალოდ დახარჯული დროის ხანგრძლიობა, რაც შეიძლება მცირე უნდა იყოს.

მაგრამ ესეც წარმოადგენს საქმოდ რთულ პრობლემას, რადგან ბურბუშელის ყველაზე უფრო დიდი ზომა და კრის სიჩქარე რომელიმე ნაკეთის დამუშავების დროს შეზღუდულია მთელი რიგი ფაქტორებით, რომლებთაგანაც უმთავრესი არიან:

- 1) ჩარხის სიმძლავრე,
- 2) ჩარხის სიმტკიცე და სიხისტე,

- 3) ნაკეთისა და მისი დამაგრების სიმტკიცე
 4) იარაღის შედეგობა.

T დამუშავების დრო l მმ სიგრძის ნაკეთის გავლის დროს s მმ/ბრ მიწოდებისა და n ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვის დროს იქნება:

$$T = \frac{l}{n \cdot s} \text{ წუთი} \quad (10)$$

ჩავსვათ ამ განტოლებაში მნიშვნელობები:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ და } s = \frac{f}{t}$$

მივიღებთ:

$$T = \frac{l \cdot t \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot f \cdot v} \text{ წუთი.} \quad (11)$$

ნამრავლი $f \cdot v$ წარმოადგენს წარმადობას, ე. ი. ბურბუშელის მოცულობას კუბიკურ სანტიმეტრებში აღებული 1 წუთში.

ცხადია, $f \cdot v$ ზრდასთან ერთად მცირდება T დამუშავების სამანქანო დრო, ახლა საჭიროა გამოვარკვეოთ შემდეგი ძალზე მნიშვნელოვანი გარემოება: ბურბუშელის f კვეთის ფართისა და v კრის სიჩქარის რა მნიშვნელობებისაგან უნდა შედგებოდეს $f \cdot v$ ნამრავლი. ერთი და იგივე $f \cdot v$ გამოსახულება, დაახლოებით ტოლი 200 სმ³-სა, შეიძლება შედგენილი იქნას $f=4$ მმ² და $v=50$ მ/წუთ-საგან, ანდა $f=8$ მმ² და $v=25$ მ/წუთ და ა. შ. გავარჩიოთ, შესაძლო კომბინაციებიდან თუ რომელია ყველაზე უფრო ხელსაყრელი. ამ საკითხის ანალიზისათვის გავარჩიოთ 139-ე სურათზე მოცემული დიაგრამა; რომელიც იხილავს ჩარხისა და იარაღის გამოყენების პირობებს.

მიუხედავად იმისა, რომ ეს დიაგრამა აგებულია არა კრის სიღრმესა და მიწოდებაზე (იხ. ზემოთ), არამედ ბურბუშელის კვეთზე სიჩქარისა და კრის ძალის პრინციპულად შეეცდარ დამოკიდებულების საფუძველზე, მაინც ამ გამარტივების გამო, იძლევა თვალსაჩინო წარმოდგენას ჩარხის სიმძლავრისა და იარაღის რაციონალურად გამოყენების შესახებ და მოხერხებულია ანალიზისათვის.

დიაგრამას აქვს სამი სხვადასხვა სწორი ხაზი, რომლებიც შეესაბამება: $f \cdot v=40$ სმ³/წუთ, $f \cdot v=100$ სმ³/წუთ, $f \cdot v=200$ სმ³/წუთ, v -ზე f -ის დამოკიდებულების გამომხატველი სწორი (წვეტილი) ხაზები სწრაფმჭრელ, ნახშირბადიან და კარბიდ-ვოლფრამიან საჭრისებრისათვის საშუალო სისალის მარტენის ფოლადის დამუშავების დროს. ყველა სწორი ხაზები აგებული არიან კოორდინატთა ლოგარიტმულ სისტემაში, რომლის აბსცისითა ღერძზე გადაზომილია f მნიშვნელობები, ორდინატთა ღერძზე კი — მნიშვნელობები.

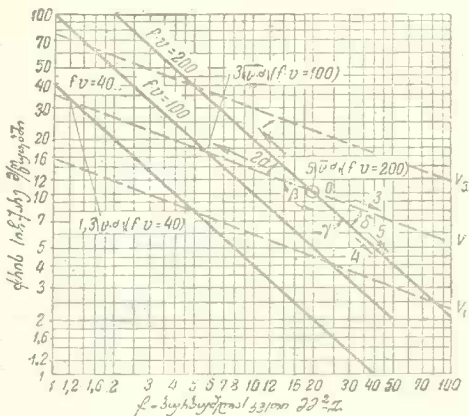
v_2 სწორი ხაზის $f \cdot v=200$ ($f=200$ მმ² დროს) სწორ ხაზთან გადაკვეთის წერტილი ეთანადება სიმძლავრეს საჭრისზე

$$N_{\text{ფ}} = N_0 \quad \chi_N = 1,24 \quad f^{0,462} = 5 \text{ ც. დ.}$$

თუ გავყვებით ამ O წერტილიდან ზევით $f \cdot v=200$ სწორ ხაზს, გვექნება კრის სიჩქარის განუწყვეტელი ზრდა და ასაღები ბურბუშელის ზომის შესაბამისი შემცირება. ასე, მავალითად, $f=20$ მმ² დროს $v=10$ მ/წუთ-ს; $f=10$ მმ² დროს $v=20$ მ/წუთს; $f=5$ მმ² დროს $v=40$ მ/წუთს.

მაგრამ, თუ მხედველობაში მივიღებთ საპროისის შედეგობას, მაშინ $f=5$ მმ² დროს კრის სიჩქარე იქნება მხოლოდ $v=18$ მ/წუთ (სწორი ხაზის ჩვენების თანახმად — v_2), ბურბუშელის $f=10$ მმ² დროს — შესაბამისად $v=13,6$ მ/წუთ, 20 მ/წუთ-ის მაგივრად და ა. შ.

ამრიგად, ყველა წერტილი, რომლებიც მოთავსებული არიან $f \cdot v=200$ სწორ ხაზზე



სურ. 139. ჩარხის სიმძლავრისა და იარაღის მედეგობის ზღვრული გამოყენების დიაგრამა. v — სწორი ხაზი ნახშირბადიანი საპროისისათვის, v_2 — სწრაფმტრელისათვის, v_3 — კარბიდოვლოფრამიან საპროისისათვის.

მცირდება $N_{გვ}$ ეფექტური სიმძლავრეც; ასე, მაგალითად, $f \cdot v=100$ დროს $N_{გვ}=3$ ც. დ., $f \cdot v=40$ დროს — შესაბამისად $N_{გვ}=1,3$ ც. დ.

თუ ჩარხს აქვს განსაზღვრული სიმძლავრე, ვთქვათ $N_{გვ}=5$ ც. დ., მაშინ ეს სიმძლავრე სრულად არ გამოიყენება მუშაობის ამ რეჟიმებზე, რომლებიც შეესაბამებიან v_2 სწორ ხაზზე მოთავსებულ O -ს მარცხნივ მდებარე წერტილებს. ამიტომ β კუთხის შიგნით მოთავსებული ფარითობი, რომელიც შემოფარგლულია v_2 სწორი ხაზით და O წერტილის ორდინატით, შეიძლება ჩაეთვალოს ჩარხის არასრული გამოყენების არად.

თუ წაიწვევთ v_2 სწორი ხაზით O წერტილიდან მარცხნივ, ჩვენ გადავალოთ $f \cdot v > 200$ მნიშვნელობების არეში და მასთან დიდი $N_{გვ}$ სიმძლავრეების არეში, ე. ი. მივიღებთ ჩარხის გადატვირთვას.

თუ განვადრძობთ $f \cdot v=200$ სწორი ხაზით გადაადგილებას მარჯვნივ, ე. ი. თუ გადავალოთ ძალზე დიდი ბურბუშელისა და მცირე სიჩქარეების არეში, ჩვენ ვინარჩუნებთ $f \cdot v=200$ წარმადობას, მაგრამ სრულად არ ვტვირთავთ საპროისს და მით უფრო, რაც უფრო დაბლა ჩამოვდივართ, თითქმის $f \cdot v=200$ სწორი ხაზის გადაკვეთის მომენტამდე ნახშირბადიანი ფოლადის შესაბამის v_1 სწორ ხაზთან. მაშასადამე, დიდი ბურბუშელებით და მცირე სიჩქარეებით მუშაობის დროს შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო იაფ ფასიანი ნახშირბადიანი საპროისები, მაგრამ ეს შესაძლებლობა უნდა უარყვათ, თუკი ასაღები ბურბუშელის ზომა განისაზღვრება ჩარხისა ანდა ნაკეთის სიმტკიცით.

უკანასკნელი ფაქტორები, არიან რა წარმადობის შემზღვეველი, ხშირად წარმოადგენენ გამოსავალს მუშაობის რეჟიმის განსაზღვრის დროს. საპროისზე დიდი წნევის მო-

ხდენ მსხვილი ბურბუშელებით მუშაობის დროს, ჩარხის ნაწილები არიან ძალზე დაჭიმულნი, რასაც მოყვება ხოლმე მათი სწრაფი გაცვეთა და ხშირი შეკეთება. ამასთან დაკავშირებული ხარჯები ბევრად აღემატება იმ სარგებლობას, რომელსაც ვლებულობთ უფრო იაფი იარაღის გამოყენებასთან დაკავშირებით მისი სრული დატვირთვის დროს, და აგრეთვე ჩარხის სიმძლავრის სრული გამოყენების გამო.

ნაშადების დამზადების თანამედროვე მეთოდები ხელს უწყობენ იმას, რომ ნამატი საჭირო მექანიკური დამუშავებისათვის აიღება რაც შეიძლება მცირე. ამიტომ უფრო ხშირად გვიხდება მუშაობა ბურბუშელის მცირე კვეთებით და მაღალი წარმადობის მისაღწევად შესაბამისი დიდი ჭრის სიჩქარეებით. უკანასკნელი გარემოება გვამძღვრებს ჩვენ გამოვიყენოთ, შედარებით წინანდელთან, უფრო უკეთესი ხარისხის საჭრისები; ვთქვათ, სწრაფმჭრელი საჭრისებიდან გადავიდეთ მაღალი შენადნობის საჭრისების გამოყენებაზე, თუ ვინც ისინი ამ დროს სრულიადაც არ იყვნენ გამოყენებული.

ასე, მაგალითად, თუ ჩვენ შემთხვევაში ბურბუშელის მაქსიმალური ზომა ჩარხის სიმტკიცის მიხედვით შეადგენს $f=10$ მმ², მაშინ ცხადია, რომ სასარგებლო სალი შენადნობის საჭრისით სარგებლობა, რათა $f=10$ მმ² და $v=20$ მ/წუთ დროს შევინარჩუნოთ $f \cdot v=200$ სმ³. ამ დროს სრულიადაა გამოყენებული სასარგებლო სიმძლავრე $N_{გვ}=5$ ც.ძ., და როგორც ეს ჩანს დიაგრამიდან (v სწორი ხაზი), საჭრისის წარმადობა არაა ამოწურული. ძნელი არაა იმის ჩვენება, რომ ჭრის უხელსაყრელესი რეჟიმის მისაღებად სრულიადაც არ არის საკვალდებულო ჩარხის სიმძლავრისა და საჭრისის მდებარეობის კრთლო-ული გამოყენება.

ზ ნამატის მჭონე D დამეტრიანი ნაკეთის დამუშავების დროს ეკონომიური ჭრის სიჩქარე მოცემულ საჭრისისათვის:

$$v = \frac{C_v}{f^m \cdot v^m} \text{ მ/წუთი, ანდა } \frac{\pi \cdot D \cdot v}{1000} = \frac{C_v}{f^m \cdot v^m},$$

საიდანაც.

$$v \cdot v^m = \frac{1000 \cdot C_v}{\pi D};$$

თუ განტოლების მარჯვენა და მარცხენა ნაწილს გადავმრავლებთ v^{1-m} სიდიდესზე, მივიღებთ:

$$v \cdot s = \frac{1000 \cdot C_v}{\pi D} \cdot v^{1-m};$$

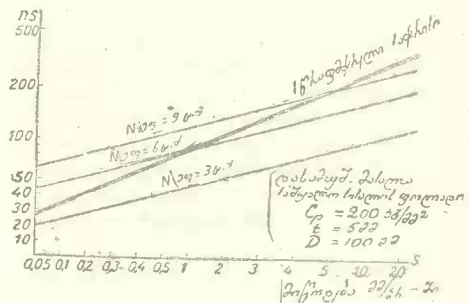
რადგან მოცემულ t ჭრის სიღრმის, მასლისა და ნაკეთის დამეტრის დროს

$$\frac{1000 \cdot C_v}{\pi \cdot D \cdot f^m} = \text{const.}$$

ამიტომ

$$v \cdot s = C \cdot v^{1-m}. \quad (12)$$

$v \cdot s$ ნამრავლი საზღვრავს საჭრისის წარმადობას და, მაშასადამე, (12) განტოლება გამოსახავს მიწოდებაზე საჭრისის წარმადობის დამოკიდებულებას. საშუალო სისალის ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადის დამუშავების $t=5$ მმ და



სურ. 140. ჩარხის სიმძლავრისა და იარაღის მდებარეობის კრთლო-ლო-ული გამოყენების დიაგრამა.

$D=100$ მმ დროს ეს დამოკიდებულება ნაჩვენებია $n_s - s$ ლოგარითმულ კოორდინატთა სისტემაში სწორი ხაზის სახით, რომლის დახრის კუთხეც უდრის $\text{arc tg}(1 - \gamma_p)$ (სურ. 140). განსაზღვრული მუდმივი სიმძლავრის ჩარხისათვის შესაბამისად გვაქვს:

$$N_{\text{გვ}} = \frac{P_r \cdot v}{4500} \text{ ც.}$$

თუ ჩავსვამთ მნიშვნელობებს $P_r = C_p \cdot I_p^2 \cdot s^2 p$ და $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$,

მივიღებთ

$$N_{\text{გვ}} = \frac{C_p \cdot I_p^2 \cdot s^2 p \cdot \pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 4500} \text{ ც. ძ.},$$

საიდანაც:

$$n \cdot s^2 p = \frac{1000 \cdot 4500 \cdot N_{\text{გვ}}}{C_p \cdot I_p^2 \cdot \pi \cdot D} = \text{const.}$$

და (12) განტოლების ანალოგიურად

$$n - s = C \cdot s^{1 - \gamma_p} \quad (13)$$

იმავე კოორდინატთა სისტემაში (სურ. 140) (13) განტოლება გამოისახება სწორი ხაზით, რომლის დახრის კუთხეც უდრის $\text{arc tg}(1 - \gamma_p)$. დიაგრამაზე აღნიშნულია სამი მსგავსი სწორი ხაზი $N_{\text{გვ}}=3$ ც. ძ., $N_{\text{გვ}}=6$ ც. ძ. და $N_{\text{გვ}}=9$ ც. ძ. სიმძლავრის ჩარხებისათვის.

როგორც ცხედავთ, წარმადობა იზრდება s მიწოდების ზრდასთან ერთად როგორც საქარისის, ისე ჩარხის გამოყენების თვალსაზრისით, საქარისისა და ჩარხისათვის აგებული დახრილი სწორი ხაზების გადაკვეთის წერტილები გვიჩვენებენ იმ s მიწოდების მნიშვნელობებს, რომელთა დროსაც ერთდროულად გამოიყენება ხოლმე ჩარხის სიმძლავრე და იარაღის მედეობა. 140-ე სურათიდან ჩანს, რომ იარაღისა და ჩარხის $N_{\text{გვ}}=3$ ც. ძ. სრული გამოყენებისათვის საჭიროა ვიმუშაოთ მცირე მიწოდებებით (და შესაბამისად დიდი ჭრის სიჩქარეებით), და ამავე დროს წარმადობა მნიშვნელოვნად უფრო მცირე იქნება, ვიდრე ჩარხის სიმძლავრით დასაშვები დიდი მიწოდებებით მუშაობის დროს, თუმცა ისინი საცესებით არ დატვირთავენ საქარისს.

თუ ვიმუშავებთ $N=9$ ც. ძ. ჩარხზე, მივიღებთ შექცევით მოვლენას ჩარხისა და საქარისის ერთად გამოყენება შესაძლოა მხოლოდ მიწოდების ძალზე დიდი მნიშვნელობების დროს, რომლებიც პრაქტიკულ გამოყენებისთვის, ცხადია, რეალური არ არიან; მაშასადამე, მუშაობა მოგვიხდება ისეთ რეჟიმებზე, რომლებიც დასაშვებია საქარისის მიერ და საცესებით არ დატვირთავენ ჩარხს, ანდა მივმართოთ უფრო წარმადიან იარაღებს.

დასასრულს შეიძლება გვაგვითოთ დასკვნა, რომ ჩარხისა და იარაღის საერთო სრულ გამოყენებას შეუძლია მოგვცეს სრული წარმადობა მხოლოდ კერძო შემთხვევაში, ჩარხის სიმძლავრისა, იარაღის კონსტრუქციისა და მოსახსნელი ბურბუშელის შესაბამის შეფარდებების დროს.

ქვემოთ ჩვენ რამდენიმე მაგალითზე განვიხილავთ მთელ რივ ხერხებს, რომლებიც გამოყენებული არიან ნაკეთის დამუშავების ეკონომიური რეჟიმიზ გამოსაანგარიშებლად.

§ 99. ჩარხისა და ჰრის უხელსაშრმლმსი რეჟიმის ამოცანა

ჭრის რაციონალური რეჟიმის განსაზღვრის ამოცანა მარტივი გადასაწყვეტია, თუკი შესაძლებლობა გვაქვს ავირჩიოთ საჭირო სიმძლავრის ჩარხი ნაკეთის ხასიათის შესაბამისად და თუ ეს უკანასკნელი არ ზღუდავს მას თავისი სიხისტით და დამაგრების სიმტ-

კაცით. ამ შემთხვევაში დამუშავების დროის შესამცირებლად ერთი გავლით იღებენ მთელ ნამატს, თუკი იგი ძალზე დიდი არ არის თავისი ზომითა და სტოვებენ მხოლოდ მცირე ნამატს შემდგომი სუფთა დამუშავებისათვის. შემდეგ აირჩევენ რაც შეიძლება დიდ მიწოდებას დასაშვებს იმ მოსაზრებით, რომლებიც დაკავშირებული არიან დასამუშავებელ ზედაპირის ხარისხთან და უვებრაციო მუშაობასთან.

P_x ჭრის ძალა და M მგრეხავი მომენტი განისაზღვრება ფორმულებით

$$P_x = C_p \cdot i^2 p \cdot s^2 p \cdot \kappa \cdot \delta.$$

$$M = \frac{P_x \cdot D}{2 \cdot 1000} \text{ კგმ};$$

ჭრის სიჩქარე დასაშვები საჭრისის მიერ

$$v = \frac{C_p \cdot C_0 \cdot C_1}{i^2 p \cdot s^2 p} \text{ მ/წუთი};$$

ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვი

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ ბრ/წუთი};$$

ჩარხის სიძლავრე

$$N = \frac{P_x \cdot v}{75 \cdot 60 \cdot \eta} \text{ ც. დ.}$$

ვიჩვენო ჩარხს, რომელსაც აქვს ჩვენთვის საჭირო M მგრეხავი მომენტი, შპინდელის n ბრუნვათა რიცხვი, და რომელიც უშვებს სიმტკიცის მიხედვით P_x დატვირთვას. ჭრის მსგავს რეჟიმს ხშირად, როგორც ყველაზე უფრო წარმადიანს, უწოდებენ ოპტიმალურს. ასეთი მუშაობის რეჟიმი შეიძლება მივიღოთ სხვა ჩარხზედაც, რომელსაც უფრო მეტი სიძლავრე აქვს, ვიდრე ჩვენ მიერ გამოანგარიშებულ ჩარხს. უკანასკნელ შემთხვევაში ოპტიმალური რეჟიმი სრულად ტვირთავს საჭრისს და არასრულად ჩარხს, რაც ამცირებს მოწყობილობის გამოყენების კოეფიციენტს და, შაშასადამე, ამცირებს პროდუქციის ღირებულებას.

თუკი ჩვენს განკარგულებაშია უფრო მცირე სიძლავრის ჩარხი, მაშინ, ცხადია, შეუძლებელია ოპტიმალური რეჟიმის მიღწევა. ამ შემთხვევაში საჭიროა ჩარხის განსაზღვრული პოზიციების წინასწარ შერჩევა, ე. ი. M და n მნიშვნელობებისა და ჭრის სიჩქარისა და მიწოდების ისეთი ყველაზე უფრო ხელსაყრელი კომბინაციის მონახვა, რომელიც უზრუნველყოფს დამუშავების საჭირო ხარისხს და უმცირეს დროს.

მაგალითი. $N=10$ ც. დ. სიძლავრის ჩარხზე მუშავდება $\sigma_x = 45$ კგ/მმ² მქონე ფოლადის ზოლი. დიამეტრი $D=100$ მმ, სიგრძე $l=1000$ მმ. ნამატი დამუშავებაზე $t=10$ მმ. ჩარხს აქვს M მგრეხავი მომენტებისა და n ბრუნვათა რიცხვის შემდეგი მნიშვნელობები

$M_1 = 11,65$ კგ.მ	$n_1 = 480$ ბრ/წუთ.	$M_5 = 72,5$ კგმ.	$n_5 = 77$ ბრ/წუთ.
$M_2 = 18,20$ "	$n_2 = 307$ "	$M_6 = 119$ "	$n_6 = 47$ "
$M_3 = 30,0$ "	$n_3 = 187$ "	$M_7 = 186$ "	$n_7 = 30$ "
$M_4 = 46,65$ "	$n_4 = 120$ "	$M_8 = 294$ "	$n_8 = 19$ "

ჩარხის მიწოდებები $s_1 = 0,16$ მმ/ბრ; $s_2 = 0,28$ მმ/ბრ; $s_3 = 0,42$ მმ/ბრ; $s_4 = 0,64$ მმ/ბრ; $s_5 = 1,07$ მმ/ბრ; $s_6 = 1,65$ მმ/ბრ.

მუდის ტრის ძალა, დასაშვები ჩარხის მექანიზმის სიმტკიცით

$$P_e = 2000 \text{ კგ.}$$

განვსაზღვროთ მიწოდება, რომლის დროსაც ერთდროულად სრულად გამოიყენება ჩარხის სიმძლავრე და საჭრისის (სწრაფმჭრელი Pფ-1) მედეგობა.

$$N = \frac{P_e \cdot v}{75 \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{C_p \cdot v^x_p \cdot s^y_p \cdot C_v}{75 \cdot 60 \cdot \eta \cdot v^x_v \cdot s^y_v} = \frac{C_p \cdot C_v \cdot v^{x_p - x_v} \cdot s^{y_p - y_v}}{4500 \cdot \eta} \text{ ც. დ.}$$

მივიღოთ ფოლადისათვის $\sigma_B = 45 \text{ კგ/მმ}^2$

$$C_p = 155 \text{ კგ/მმ}^2$$

$$C_v = 61 \text{ მ/წუთ}$$

$$x_p = 1,0$$

$$x_v = 0,28$$

$$y_p = 0,78$$

$$y_v = 0,60$$

$$\eta = 0,80 \text{ (მ. ქ. კ.)}$$

მაშინ

$$N = \frac{155 \cdot 61 \cdot 10^{0,72} \cdot 5^{1,8}}{3600} \text{ ც. დ.}$$

საიდანაც

$$s = \left| \frac{3600 \cdot N}{155 \cdot 61 \cdot 5,2} \right|^{1/5,6} \text{ მმ/ბრ,}$$

თუ $N = 10 \text{ ც. დ.}$

$$s = \left| \frac{3600 \cdot 10}{49 \cdot 500} \right|^{1/5,6} = 0,73^{5,6} = 0,16 \text{ მმ/ბრ}$$

შავსადავამე, ჩარხისა და საჭრისის სრული გამოყენება შესაძლოა შემდეგი ტრის რეჟიმების დროს

$$t = 10 \text{ მმ, } s = 0,16 \text{ მმ/ბრ}$$

და

$$n = \frac{C_v}{v^x_v \cdot s^y_v} = \frac{61,0}{10^{0,28} \cdot 0,16^{0,60}} = \frac{61,0}{1,9 \cdot 0,33} = 97 \text{ მ/წუთ}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 97}{3,14 \cdot 100} = 308 \text{ ბრ/წუთ.}$$

ჩარხს აქვს შპინდელის უახლოესი ბრუნვათა რიცხვი $n = 307 \text{ ბრ/წუთ}$ და მიწოდება $s_1 = 0,16 \text{ ბრ/წუთ.}$

$l = 1000 \text{ მმ}$ სიგრძის ზოდის დამუშავების დრო

$$T = \frac{l}{n \cdot s} = \frac{1000}{307 \cdot 0,16} = 20 \text{ წუთ.}$$

განვიხილოთ მუშაობის პირობები ჩარხის სხვა პოზიციებზე. v_3 ტრის ფაქტიური სიჩქარე, რომელიც შეიძლება განხორციელებულ იქნას ჩარხზე არსებულ ბრუნვათა რიცხვის დროს

$$v_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ.}$$

უნდა იყოს საჭრისის მედეგობით დასაშვებ v კრის სიჩქარის ტოლი ანდა ნაკლები

$$v = \frac{C_p}{f^{0,28} \cdot s^{0,6}} = \frac{C_p}{f^{0,28} \cdot s^{0,60}} \text{ მ/წუთ.}$$

ამრიგად, $v_{\text{ფ}} = v$ და

$$\frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{C_p}{f^{0,28} \cdot s^{0,60}},$$

გადავწყვიტოთ უკანასკნელი განტოლება s მიმართ:

$$s^{0,6} = \frac{1000 \cdot C_p}{\pi \cdot D \cdot n \cdot f^{0,28}}$$

და მიწოდება, დასაშვები საჭრისის მედეგობით და ჩარხზე აჩსებული შესაძლო n ბრუნვათა რიცხვის დროს

$$s_p = \left| \frac{1000 \cdot C_p}{\pi \cdot D \cdot n \cdot f^{0,28}} \right|^{1,66}$$

ანალოგიურად გადავწყვიტოთ საკითხი იმ მიწოდების შესახებ, რომელიც შესაძლოა ჩარხის $M_{\text{ჩარხი}}$ მგრეხავი მომენტის მიხედვით.

კრის ძალა

$$P_z = C_p \cdot t \cdot s^{0,78} \text{ კგ.}$$

მგრეხავი მომენტი, რომელიც მიიღება კრის ძალის გავლენით

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{C_p \cdot t \cdot s^{0,78} \cdot D}{2 \cdot 1000} \text{ კგ/მ.}$$

ცხადია $M_{\text{ჩარხი}} \cong M$, და მიწოდება, რომელსაც ვვებულობთ ჩარხის მგრეხავი მომენტის მიხედვით

$$s_{\text{ჩარხი}} = \left(\frac{2 \cdot 1000 \cdot M_{\text{ჩარხი}}}{C_p \cdot t \cdot D} \right)^{1,28} \quad (14)$$

ორ მიწოდებიდან s_p საჭრისისა და $s_{\text{ჩარხი}}$ ჩარხის მიხედვით ჩვენ უნდა გავჩერდეთ უმცირესზე მათ შორის.

ჩვენ შემთხვევაში მიწოდება საჭრისის მიხედვით

$$s_p = \left| \frac{1000 \cdot 61}{\pi \cdot 100 \cdot 10^{0,28} \cdot n} \right|^{1,66} = \left| \frac{100}{n} \right|^{1,66} \quad (15)$$

მიწოდება ჩარხის მიხედვით

$$s_{\text{ჩარხი}} = \left| \frac{2 \cdot 1000 \cdot M_{\text{ჩარხი}}}{155 \cdot 10 \cdot 100} \right|^{1,28} = \left| \frac{M_{\text{ჩარხი}}}{77,5} \right|^{1,28} \quad (16)$$

ჩარხის მოცემულ მგრეხავ მომენტებისა და ბრუნვათა რიცხვებისათვის (15) და (16) განტოლებების მიხედვით მივიღებთ:

პოზიციების №№	M კგმ	ჩარ მმ/ბრ	z ბრ/წუთ.	რ _პ მმ/ბრ	ფაქტიური ჯგ	T = 1000 n · r _გ წუთ
1	11,65	0,09	480	0,09	—	
2	18,20	0,16	307	0,16	0,16	20,5
3	30,0	0,30	187	0,35	0,28	19
4	46,65	0,52	120	0,75	0,42	20
5	72,5	0,90	77	1,55	0,64	20,5
6	119,0	1,75	47	3,5	1,65	13
7	186	3,1	30			
8	294		19			

მიწოდება ჩარხის მიხედვით ნაკლებია მიწოდებაზე, რომელსაც უშვებს საჭრისი თავისი შედეგობის მიხედვით. ცხადია, რომ ჩვენ უნდა მოვახდინოთ ორიენტირება ამ ყველაზე უფრო მცირე მიწოდებებზე და შევარჩიოთ შესაბამისად უახლოესი ფაქტიური ან მიწოდებები, რომლებიც აქვს ჩარხს. როგორც ვხედავთ, ჩარხი თავისი სიმძლავრით არ შეესაბამება მუშაობის ხასიათს.

ყველაზე უფრო ხელსაყრელს წარმოადგენს ჩარხის მე-6 პოზიცია ($n = 47$ ბრ/წუთ, $s = 1,65$ მმ/ბრ, $T = 13$ მმ), თუმცა ამ დროს არ ხდება ჩარხისა და იარაღის სრული გამოყენება, სამწუხაროდ, მოცემულ პირობებში მუშაობა სახიფათოა, რადგან ქრის ძალა სჭარბობს იმ უდიდეს დატვირთვას, რომელიც დასაშვებია ჩარხის მიერ სიმტკიცის მიხედვით. მართლაც

$$P_s = C_p \cdot l^{\alpha} \cdot z^{\beta} \cdot r^{\gamma} = 155 \cdot 10 \cdot 1,65^{0,78} = 2250 \text{ კგ}$$

(დასაშვებია $P_{rmax} = 2000$ კგ).

ვიმუშავებთ ხელსაყრელობის მიხედვით შემდგომ მე-3 პოზიციაზე ($n = 187$ ბრ/წუთ, $s = 0,28$ მმ/ბრ, $T = 19$ წუთ).

§ 70. ზარის ტანსაცმლის დამზადების განსაზღვრა

პრაქტიკულად, ქრის რეჟიმი ლიმიტირებულია არა მხოლოდ ჩარხის სიმძლავრით, მისი სიმტკიცით, საჭრისის შედეგობით, არამედ ნაკეთის დამუშავების სისუფთავის ხარისხითაც, რაც ძირითადად განისაზღვრება საჭრისის გეომეტრიით და იმ სისტემის სიხისტით, რომელიც შედგება ჩარხისა, იარაღისა და ნაკეთისაგან.

უკვე აღნაშნული იყო (§.3), რომ საჭრისის ვაგლის შემდეგ ნაკეთის ზედაპირზე წარმოიქმნება „ნარჩენი სავარცხლები“, რომელთა სიმაღლე დამოკიდებულია s მიწოდებაზე, საჭრისის წვეროს მომრგვალების r რადიუსზე და φ_1 და φ_2 კუთხეებზე გეგმაში (სწორ მკერდ წიბოიან საჭრისს, სურ. 2 II).

თუ წინასწარ შევარჩევთ საჭრისის გეომეტრიას (φ_1 და φ_2 კუთხეებსა და r), მაშინ შესაძლო იქნება იმ s მიწოდების მნიშვნელობის გამოანგარიშება, რომელიც თეორიულად უზრუნველყოფს სავარცხლის განსაზღვრულ h სიმაღლეს. ტლანქად დამუშავების დროს, h სიმაღლეები თავისით რამდენიმედ ახასიათებენ დამუშავებული ზედაპირის უსწორობას და ამით კი ნამატს სუფთად დამუშავებისათვის. ეს ნამატი უნდა იყოს სავარცხლის h სიმაღლის 3-ჯერად მნიშვნელობაზე არა ნაკლები, რადგან დასამუშავებელი ზედაპირის პლასტიკური დეფორმაციების გამო h სიდიდე მნიშვნელოვნად უფრო მალაა, ვიდრე ამას ვეღებულობთ ანგარიშით, და გარდა ამისა, იმავე მიზეზების გამო აღვლილი აქვს ზედაპირულ ბზარებს. საჭიროა ამ სავარცხლებისა და ბზარების აღება შემდგომი სუფთა დამუშავების დროს.

29-ე ცხრილში მოცემულია სავარცხლების h სიმაღლეები მიღებული s მიწოდებისა და საჭრისის წვეროს მომრგვალების r რადიუსის მიხედვით ყველაზე უფრო გავრცელებულ კუთხეების დროს გვემაში.

$$= 45^\circ \text{ და } \varphi_1 = 15^\circ.$$

ც ხ რ ი 29

r მმ ²	სავარცხლის h სიმაღლე მიკრონებში (0,001 მმ)				
	1	1.5	2	3	5
s მმ/ბრ					
0,2	5	1	1	0,9	0,1
0,3	10	5	2	1,5	0,9
0,4	20	10	10	5	2
0,5	30	20	20	10	8
0,6	34	30	25	15	12,5
0,7	46	40	30	20	15
0,8	57	50	40	25	20
0,9	73	70	50	30	25
1,0	85	85	60	40	28
1,2	114	100	75	50	34
1,4	144	117	95	80	44
1,6	174	140	120	100	57
1,8	204	165	143	110	74
2,0	238	200	170	125	100
2,5	414	280	250	200	150
3,0	520	360	318	270	265

მაგალითი. მოვანხოთ ლილვის შავად დამუშავების დროს $r=1$ მმ, $\varphi=45^\circ$ და $\varphi_1=15^\circ$ მქონე საჭრისის მიერ უღიდესი დასაშვები მიწოდება, თუ სუფთად დამუშავებაზე დატოვებულია $t=0,45$ მმ.

ზემოთქმულის თანახმად, სავარცხლის წმინდად არ უნდა იყოს $\frac{0,45}{3}=0,150$ მმ (150 მიკრონი) მეტი.

29-ე ცხრილის მიხედვით გვაქვს $s \leq 1,4$ მმ.

უქანასკენელი შედეგი პრაქტიკულად მისაღები იქნებოდა იმ პირობით, თუ სისტემა ჩარხი-ნაკეთი-იარაღი, იქნებოდა აბსოლუტურად ხისტი.

სინამდვილეში, ნაკეთის ვალუნისა, სუპორტის, უქანა ვეგისა, ჩარხის შპინდელის ანდა საჭრისის მიკერის ვაპო კრის ძალის ზავუნის ქვეშ, უსწორობა და აგრეთვე ნაკეთის არაუხსტობა სულ სხვა იქნება, ვიდრე ეს გამოანგარიშებული იყო ჩვენს მიერ.

თუ ცნობილია ნაკეთის J სიგრძე და D დიამეტრი, შეიძლება იმ P_x კრის ძალის განსაზღვრა, რომელიც დასაშვებია ნაკეთის სიხისტი, მასთან წინასწარ უნდა ავირჩიოთ f (ვალუნის ისარი) — ნაკეთის ვალუნის განსაზღვრული სიღბღე.

ასე, მაგალითად, ორ ცენტრს შორის ჩაპარებული ლილვის დამუშავების შემთხვევაში, გვაქვს მასალაა გამძლეობის ფორმულის თანახმად:

$$P = \frac{48 f \cdot E \cdot J}{l^3} \text{ კგ.}$$

და ვაზნაში ჩაქერილ თავისუფალბოლოიანი ლილვისათვის

$$P = \frac{3 f \cdot E \cdot J}{l^3} \text{ კგ.}$$

აქ: f — გალუნვის ისარია მმ-ში; E — დრეკადობის მოდული კგ/მმ² (ფოლადისათვის $E = 22000$ კგ/მმ², თუჯისა და ფერადი ლითონებისათვის $E = 7000 - 9000$ კგ/მმ²); J — ინერციის მომენტია მმ⁴ (მრგვალი ლილვისათვის $J = \frac{\pi D^4}{64} \approx 0,05 D^4$); l — ნაკეთის სიგრძეა მმ-ში; P — გალუნვის ძალაა კგ-ში, რომელზეც პირველ შემთხვევაში მოქმედებს შუაში და მეორე შემთხვევაში კი ლილვის ბოლოზე.

მაგალითი. ცენტრებს შორის ჩამაგრებულ $l = 1000$ მმ სიგრძისა და $D = 50$ მმ დიამეტრის ლილვის დამუშავების დროს დასაშვებია ყველაზე უფრო დიდი გალუნვა $f = 0,1$ მმ. ამ შემთხვევაში გალუნვის დასაშვები ძალა არ უნდა აღემატებოდეს

$$P = \frac{48 \cdot 0,1 \cdot 22000 \cdot 0,05 \cdot 50^4}{1000^3} = 330 \text{ კგ.}$$

გალუნვის ეს ძალა უდრის P_x ტანგენციალურისა და P_y რადიალური ძალების გეომეტრიულ ჯამს (იხ. § 20).

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}$$

თუ მივიღებთ $P_y = 0,5 P_x$

$$P = \sqrt{P_x^2 + (0,5 P_x)^2} = \sqrt{1,25 P_x^2} \approx 1,1 P_x.$$

მაშასადამე, P_x კრის ძალა, რომელიც შესაბამება ლილვის გალუნვას $f = 0,1$ მმ სიდიდით, შეადგენს

$$P_x = \frac{P}{1,1} = \frac{330}{1,1} = 300 \text{ კგ.}$$

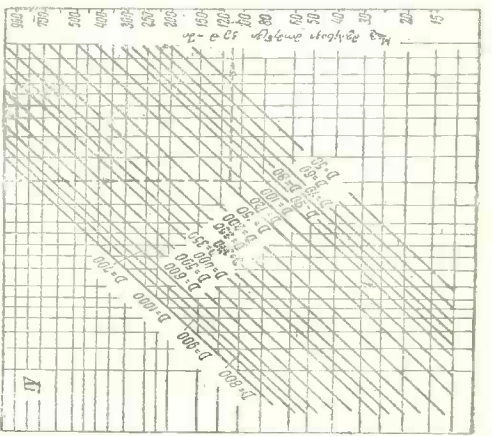
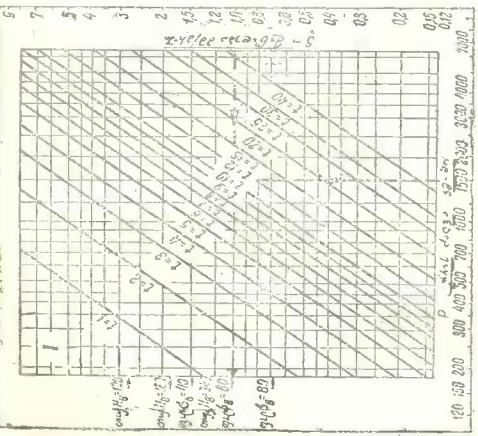
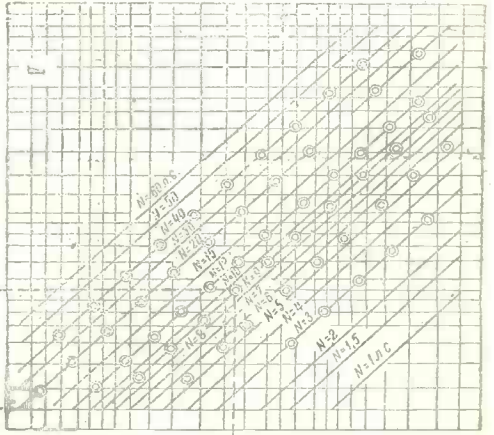
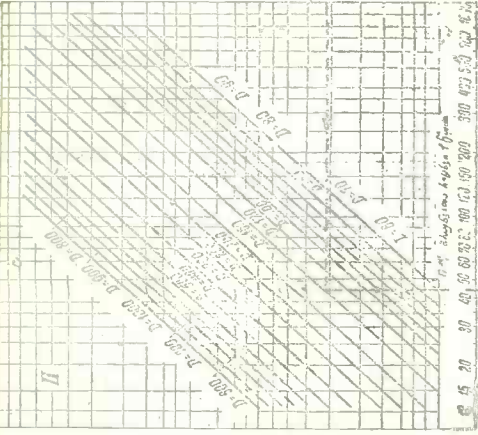
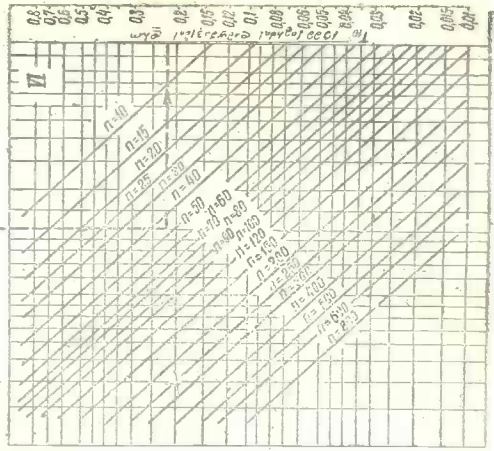
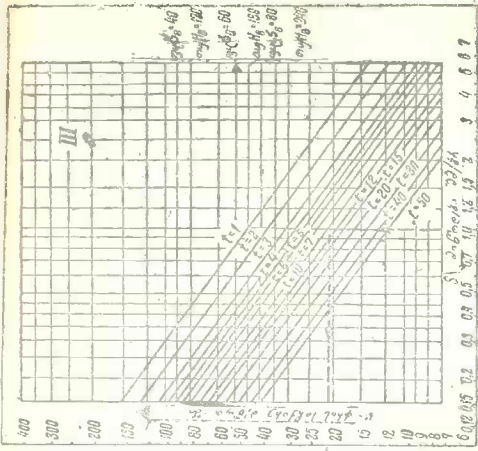
ბურბულშელის ზომა, დასაშვები ამ პირობებში, განისაზღვრება განტოლებიდან

$$P_x = C_p \cdot r^p \cdot s^p \text{ კგ.}$$

თუ მოცემულია ნამატი დამუშავებაზე მმ-ში, მაშინ s მიწოდება მოინახება

$$s = \left| \frac{P_x}{C_p \cdot r^p} \right|^{\frac{1}{p}} \text{ მმ/ბრა}$$

უნდა აღვნიშნოთ, რომ სინამდვილეში P დატვირთვის გავლენის ქვეშ ლილვის f გალუნვა და, მაშასადამე, მისი დეფორმაცია ჩარხის ცალკეული კვანძების (სუპორტის, უკანა ვეჯის, საკრისის და ა. შ.) მიწოდებით გაწევის გამო სულ სხვა იქნება. ამიტომ უფრო სწორი იქნებოდა თუკი მუშაობის რეჟიმს განვსაზღვრავდით არა მხოლოდ ნაკეთის, იარაღის, ანდა ჩარხის ცალკეული კვანძის მხედველობაში მიღებით, არამედ მთელი სისტემისა ერთობლივად. სისტემის ეს სიტესტე შეიძლება განსაზღვრული იქნას სპეციალური მოწყობილობის დახმარებით და გამოისახება დატვირთვით კგ-ში, რომელიც იწვევს სისტემის (ჩარხი-ნაკეთი) მიწოდებით გაწევას 1 მმ-ით. მაშინ, თუ ავიჩვენებ დეფორმაციის სიდიდეს, შევძლებთ საკრისზე დასაშვები დატვირთვის განსაზღვრას და ამით კი ასაღები ბურბულშელის ზომასაც.



§ 71. ციკლოგრაფა უნელსაჲკელესი ზრის რეჟიმისა და ჩარხის შესარჩევად

ქრის კანონზომიერებანი და მათი შესაბამისი ფორმულები მათი სწრაფად გამოანგარიშებისათვის შეიძლება გამოყენებით გრაფიკულად ნომოგრამების სახით. 141 ე სურათზე ნაჩვენებია ავტორის მიერ აგებული ნომოგრამების რიგი, რომლებიც საშუალებას იძლევიან სწრაფად გადაწყვიტოთ ჩარხისა და იარაღის რაციონალურად გამოყენების კომპლექსური ამოცანა.

შემდეგი ამოცანები გასაგებს ზღიან ნომოგრამებით სარგებლობას:

მაგალითი I. უნდა დამუშავდეს $l=200$ მმ სიგრძისა და $D=150$ მმ დიამეტრის ფოლადის დოლი ($\sigma_n = 60$ კგ/კმ²) ნამატით დამუშავებაზე უსრის 10 მმ; უნდა შევარჩიოთ დამუშავების რეჟიმი და შესაფერისი ჩარხი იმ რიცხვთა შორის, რომლებიც მოთავსებული არიან ნომოგრამაში.

დავეუვათ, რომ საჭრისი მალახარისხოვანი სწრაფმჭრელი ფოლადისა და დამუშავება წარმოებს ერთი ვაღლით. ამ შემთხვევაში $t=10$ მმ. ავირჩიოთ წინასწარ $s=1$ მმ/ბრ მიწოდება, მაშინ ქრის ძალა $P=1500$ კგ. ამისათვის I ნაწილში ვავატაროთ ჰორიზონტალი $s=1$ მმ/ბრ-დან $t=10$ მმ-ის შესაბამის დახრილ სწორ. ხაზამდე და გადაკვეთის წერტილიდან კი ვერტიკალი ქვევით. ნომოგრამის ეს ნაწილი აგებულია ფორმულით:

$$P_s = C_p \cdot t \cdot s^{0,75} \text{ კგ.}$$

და ვაკეთებულნი მოძრავი; სხვა მასალის დამუშავების შემთხვევაში იგი გადაადგილდება ზევით ანდა ქვევით შესაბამისი მასალის ნიშნის დამთხვევამდე ისართან.

ნომოგრამის III ნაწილში ვავატარებთ ვერტიკალს $s=1$ მმ/ბრ-დან $t=10$ მმ დახრილ სწორ ხაზთან გადაკვეთამდე და გადაკვეთის წერტილიდან ვავყავს ჰორიზონტალს მარცხნივ v ქრის სიჩქარის შკალაზე. გვითხულობთ $v \cong 21$ მ/წუთ.

ნომოგრამის ეს ნაწილიც აგრეთვე ვაკეთებულა მოძრავი და აგებულია ფორმულით

$$v = \frac{C_0}{s^{0,8}} \cdot s^{0,8} \text{ მ/წუთ.}$$

ანალოგიურად II ნაწილში, რომელიც აგებულია განტოლებით

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \text{ მ/წუთ,}$$

ვგებულობთ, რომ $D=150$ მმ დიამეტრის ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვი

$$n=45 \text{ ბრ/წუთ (დააკვირდით პუნქტირს).}$$

IV ნაწილში $P_s=1500$ კგ და $D=150$ მმ-თვის მოვნახავთ მგრეხავ მომენტს ნაკეთზე $M=113$ კგმ. IV ნაწილი აგებულია განტოლებით

$$M = \frac{P_s \cdot D}{2 \cdot 1000} \text{ კგმ.}$$

V ნაწილი გვიჩვენებს ნაკეთის დასაშვებ n ბრუნვათა რიცხვს ნაკეთზე ჩარხის N სიმძლავრისა და M მგრეხავი მომენტის მიხედვით, რომლებიც განისაზღვრებიან ფორმულით

$$M = 716,2 \frac{N \cdot \eta}{n} \text{ კგმ,}$$

სადაც η — ჩარხის მარჯიკმედების კოეფიციენტი.

11. ლითონების ტრა.

აქვე განლაგებული პატარა წრეების სახით რამდენიმე ჩარხის ყველა პოზიციები, თანახმად იმ M და n მნიშვნელობებისა, რომლებიც მათ აქვთ (M და n მნიშვნელობები აიღება ჩარხების პასპორტებიდან). თუ გავატარებთ პორიზონტალს $M=113$ კგმ-დან და ვერთიკალს $n=45$ ბრ/წუთ-დან, მაშინ გადაკვეთის წერტილში მივიღებთ შესაბამის ჩარხისთვის ჩვენ პირობებში სამუშაოდ ყველაზე უფრო ხელსაყრელ პოზიციას. ეს არის № 3 ჩარხი 9 ც. დ. სიმძლავრით.

დაბოლოს ქვევით მარჯვნივ, VI ნაწილში განისაზღვრება 10 მმ სიგრძის მქოც ნაკეთის დამუშავების T_{10} წუთ დრო ფორმულით

$$T_{10} = \frac{10}{u \cdot s} \text{ წუთ.}$$

ჩვენ შემთხვევაში $n=45$ ბრ/წუთ და $s=1$ მმ/ბრ დროს.

$T_{10}=0,22$ წუთ და $l=200$ მმ მთელი სიგრძის დამუშავების დრო იქნება $T=0,22 \cdot 20=4,4$ წუთ.

მაგალითი II. დავუშვათ, რომ № 3 ჩარხი დაკავებულია და საჭიროა სხვა ჩარხისა და შესაბამისი პოზიციის შერჩევა.

ავიღოთ № 2 ჩარხი №=5,5 ც. დ. სიმძლავრით. ვიმუშაოთ პოზიციაზე, რომლის $n=45$ ბრ/წუთ. მგრეზავი მომენტი $M=65$ კგმ და, მაშასადამე, ჭრის ძალა $P=870$ კგ და მიწოდება $s=0,5$ მმ/ბრ (იხ. I ნაწილი). თუ $t=10$ მმ და $s=0,5$ მმ/ბრ საჭრის უშვებს ჭრის სიჩქარეს $v \approx 31$ მ/წუთ ანდა $n \approx 70$ ბრ/წუთ, ე. ი. $n=45$ ბრ/წუთ მუშაობის დროს იგი არ იქნება სრულად გამოყენებული. დამუშავების დრო, თუ $s=0,5$ მმ/ბრ და $n=45$ ბრ/წუთ იქნება $T_{10}=0,45$ წუთი და $T=0,45 \cdot 20=9$ წუთი.

ვცადოთ ვიმუშაოთ ამ ჩარხზე $n=30$ ბრ/წუთ და $M=95$ კგმ დროს. მივიღებთ $P=1250$ კგ (იხ. IV ნაწილი) და $s=0,8$ მმ/ბრ (იხ. I ნაწილი). დამუშავების დრო: $T_{10}=0,41$ წუთ და $T=0,41 \cdot 20=8,2$ წუთ.

ამგვარად, თუ წინასწარ ავირჩევთ განსაზღვრული ჩარხის მთელ რიგ პოზიციებს, სწრაფად მოენახვით წარმადიანობის თვალსაზრისით ყველაზე უფრო ხელსაყრელ პოზიციას.

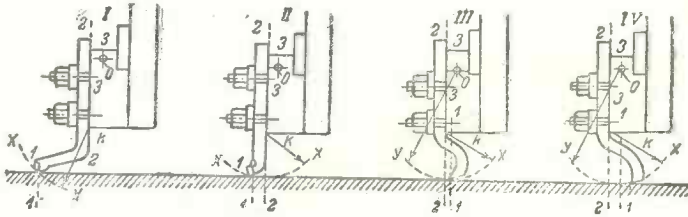
XIII. რ ა ნ დ ვ ა

§ 72. რანდვით მუშაობის თავისებურებანი

რანდვის პროცესი ხორციელდება გრძელ სარანდავ და განივ სარანდავ ჩარხებზე (შეპინგზე) და თუმცა გარეგნულად წააგავს ჩარხვას, მაინც აქვს მთელი რიგი განმასხვავებელი თავისებურება. უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა აღინიშნოს ნაკეთისა და იარაღის ურთიერთმიმართ გადაადგილების სწორხაზობრიობა, რაც წარმოადგენს როგორც უპირატესობას, ისე ნაკლოვანებასაც. უკანასკნელს უნდა მივაკუთვნოთ ის გარემოება, რომ რანდვის დროს საჭრისი ჭრას აწარმოებს მხოლოდ მუშა სელაზე, უკუ (უქმი) სელის დროს იგი არ მუშაობს და ამას მოსდევს მნიშვნელოვანი დროის დაკარგვა. მხოლოდ ამ უკანასკნელ ხანებში ზოგჯერ იყენებენ სპეციალურ მოწყობილობებს, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევიან ავიღოთ ბურბუშელა უკუსვლის დროსაც. მიწოდება ყოველთვის წარმოებს ყოველ უკუსვლის ბოლოში, როცა საჭრისი არაა დატვირთული ბურბუშელით. საჭრისის მიერ მუშაობის შეწყვეტა უქმი სელის დროს ხელს უწყობს მის გაცივებას და ამიტომ გამაცივებელი სიხარების გამოყენება იმდენად არაა საჭირო, როგორც იარაღის განუწყვეტელი მუშაობის შემთხვევაში სახარატო მუშაობის დროს.

ნაკლოვანებას უნდა მიეკუთვნოს მუშა სვლის არათანაბრობა შებინგზე; იგი იცვლება წელიდან მაქსიმუმამდე და კვლავ წელამდე.

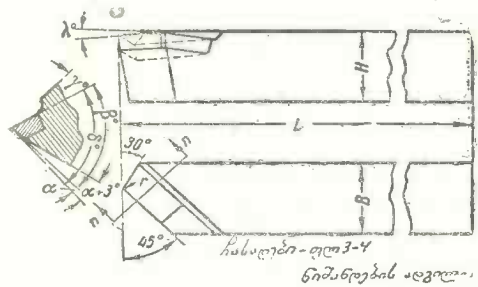
სვლის ცვლა დაკავშირებულია დარტყმებთან. შედის რა მუშაობაში ბურბუშელის მთლიანი კვეთით და მნიშვნელოვანი მუშა სიჩქარით, სარანდავი საჭრისი განიცდის ნით უფრო ძლიერ დარტყმას, რაც უფრო საღია დასამუშავებელი მასალა, მეტა მოსახსნელი ბურბუშელის ზომა და ტრის სიჩქარე. არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ დარტყმის ძალა იზრდება ტრის სიჩქარის კვადრატით, ე. ი. თუ, მაგალითად, ტრის სიჩქარეს გავზრდით ორ-



სურ. 142. სარანდავი საჭრისების სხვადასხვა ფორმები.

ჯერ, დარტყმას გავაძლიერებთ $2 \times 2 = 4$ -ჯერ. ეს გარემოება გვაიძულებს ჩვენ ვიუშავოთ რანდვის დროს ზომიერი სიჩქარეებით და ამავე დროს გამოვიყენოთ, სახარატოსთან შედარებით, უფრო მასიური საჭრისები.

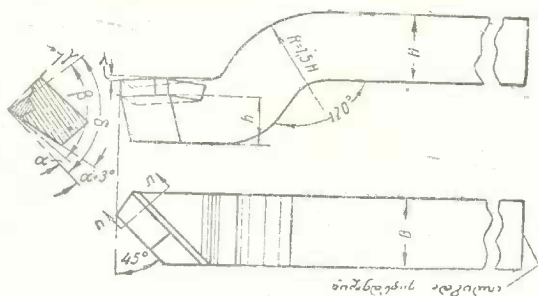
სარანდავი საჭრისის მუშაობის განსაკუთრებული პირობები გვაიძულებენ ზოგჯერ მივცეთ მას თავისებური ფორმა. 142-ე სურათზე წარმოდგენილია ოთხი სარანდავი საჭრისი, რომლებიც ჩამაგებული არიან სასაჭრისო გადასახსნელ კოლოფში; უკანასკნელის დანიშნულებაა მოახდინოს საჭრისების ზევით აწევა უქუსვლის დროს დამუშავებულ ზედაპირზე საჭრისის წიბოს ზახუნის თავიდან ასაცილებლად. I და II საჭრისებში მჭრელი წიბო მდებარეობს საჭრისის 2—2 საყრდნობ სიბრტყის წინ. რანდვის დროს წიბო საყრდნობის k წერტილის გარშემო შემოწერს $x-x$ რკალს და შეიჭრება ნაკეთში. IV საჭრისში თავი იმდენად შორსაა გადაღუნული უკან, რომ მჭრელი ნაწიბური აღმოჩნდა გადასახსნელი ყუთის O ბრუნვის ღერძის უკან; ამ დროს არსებობს უკანა სვლის დროს საჭრისის გატეხვის საშიშროება, როდესაც გადასახსნელი კოლოფის ბრუნვის დროს O ღერძის გარშემო, საჭრისის მჭრელი წიბო შემოწერს შებრუნებულ მხარეს $x-x$ რკალს და ოდნავ შეიჭრება მასალაში. მხოლოდ III საჭრისში, სადაც მჭრელი წიბო ძვეს საჭრისის საყრდნობ სიბრტყისა და 3—3 გადასახსნელი კოლოფის ბრუნვის ღერძის სიბრტყის შორის, არ არსებობს დასამუშავებელ მასალაში საჭრისის შემჭრის საშიშროება.



სურ. 143. სწორი გამავალი სარანდავი საჭრისი.

§ 73. სარანდავი საპრისები

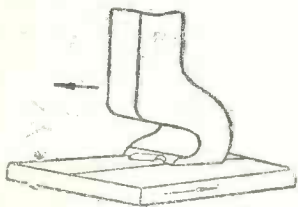
სწორი გაშვალი საპრისები (სურ. 143) მარტივად მზადდებიან, ძალიან ჰგეჟან სარანდავი საპრისებს და გამოიყენებიან საპრისის მცირე გამოშვებების დროს. დიდი გამოშვებებით მუშაობის შემთხვევაში არჩევენ მოღუნული საპრისებით სარგებლობას (სურ. 144). თუჯისა და ბრინჯაოს რანდის დროს დიდი წარმატებით მუშაობენ $P\bar{M} - 8$



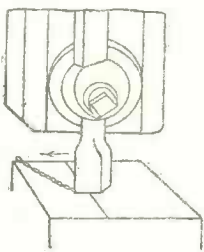
სურ. 144. მოღუნული გამეფელი სარანდავი საპრისი.

სალი შენადობის ფირფიტებიანი საპრისებით, რომლებიც კარგად იტანენ დარტყმებს; ფოლადის დამუშავების დროს შედეგები მიიღება მნიშვნელოვნად უფრო ცუდი, მჭრელი წიბო ხშირად გამოფხვიერდება ხოლმე. როგორც წესი, ყველა სარანდავი საპრისებს აქვთ

დადებითი λ დახრის კუთხე, რათა გავზარდოთ საპრისის წვეროს წინააღმდეგობა დარტყპისადმი.



სურ. 145. ფართო მოზამბარე საპრისი სუფთად რანდისათვის.



სურ. 146. სუფთად გადაშვრული საპრისი.

სუფთად დამუშავების დროს დიდ წარმატებას იძლევა ფართო მოზამბარე საპრისი (სურ. 145), რომელიც იღებს თხელ ბურბუშელას დიდი მიწოდებით. ძალზე სუფთა მუშაობისათვის კარგი არიან საშობტო საპრისები ოდნავ მომრგვალებული თავით (სურ.

146). მოძრაობის მიმართულებისადმი ირიბად დაყენებული მჭრელი პირის გამო, ადვილდება ბურბუშელის მოშორება.

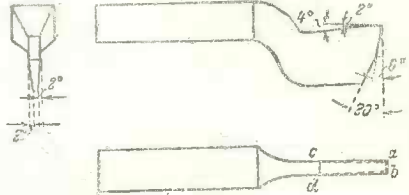
147-ე სურათზე ნაჩვენებია ჩვეულებრივი გადაშვრელი საპრისი, რომელიც გამოსადეგია აგრეთვე სწორკუთხა ღარაკების, მაგალითად, სასოკმანოების სარანდავი; როგორც ვხედავთ, მას აქვს დიდი ჭრის კუთხე $\beta = 90 - 2 = 88^\circ$ საპრისის სიმტკიცის გაზრდისათვის; დანარჩენში იგი წაგავს სახარატო გადაშვრელ საპრისს.

სატეხი (ვერტიკალური - სარანდავი) ჩარხების საპრისები ანალოგიურია სარანდავი საპრისებისა, მაგრამ უფრო მტკიცეები უნდა იყვნენ, რადგან მათი სიგრძე, გამოწეული სუბორტიდან ძალზე დიდია (სარანდავი ზედაპირის სიგრძეზე ნეტია).

ამავე მოსაზრებებით სატეს მუშაობების დროს გვიხდება მნიშვნელოვნად უფრო მკირე ტერბუშელის ალება, ვიდრე რანდის შემთხვევაში.

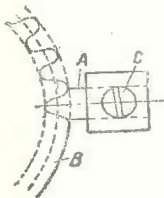
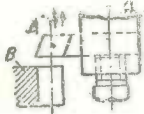
რანდის მეთოდით მოქმევე კბილსაქრელ იარაღს აქვს მრავალგვაროვანი ფორმა და შეიძლება მივაკეთენოთ მოყვანილი სახის სარანდავი საქრისების კატეგორიას 148-ზე სურათზე ნაჩვენებია (A) საქრისი, დამზადებული კბილანა ბორბლის ღრმულის ფორმის მიხედვით; ჩასმულ (C) დამკერში მას შეუძლია თანდათან გარანდოს (B) ბორბალზე ყველა ღრმული.

კბილანა ბორბლების მოგორების მეთოდით დამზადების შემთხვევაში მკრელი იარაღი მზადდება ისეთი ლარტყისა ანდა კბილანის სახით, რომელთა კბილებიც ვახეხილია წინა, უკანა და გვერდის წახნაგებით, როგორც სატეხი საქრისები ხშირად ასეთი საქრისი წარმოადგენს ლარტყის კბილის ნახევარს.

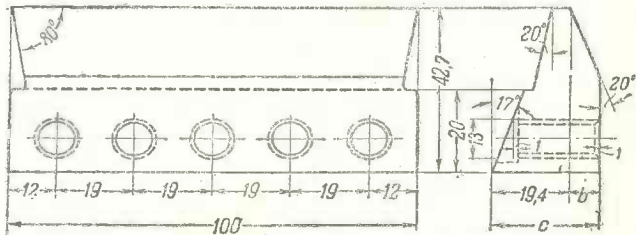


სურ. 147. სარანდავი გადამკრელი საქრისი.

საიარაღო ლარტყა ანდა საიარაღო კბილანა ბორბალი და მოსაქრელი ბორბალზე ერთმანეთის მიმართ ასრულდებენ ისეთ მოძრაობას, როგორიც აქვთ წყვილ ბორბალს ანდა ბორბალს და ლარტყას მოდებამში ყოფნის დროს, მამასადამე, ხდება მოგორების პროცესი. ფაქტიურად მოსაქრელი ნამზადის ბრუნვა თავისი ღერძის გარშემო თითქოს წარმოადგენს წრიულ მიწო-



სურ. 148. მოყვანილი სახის სარანდავი საქრისი.



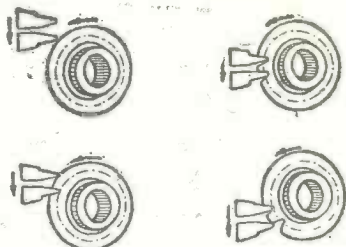
სურ. 149. საქრისი კონუსური კბილანების რანდისათვის.

ღებას. იარაღს მოგორების მოძრაობის გარდა აქვს კიდევ რანდის უკუქცევადი მოძრაობა. წრიული მიწოდება შეიძლება წარმოებდეს განუწყვეტლივ, ვიდრე ნამზადზე არ იქნება მოჭრილი ყველა კბილი.

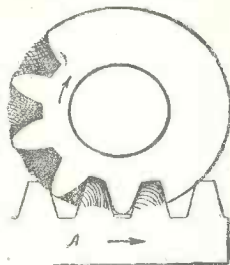
წრიული მიწოდება შეიძლება იყოს პერიოდული და მაშინ იგი ხორციელდება იარაღის უკმი სვლის დროს ანდა უკმი სვლის ბილოში, როცა იარაღი უძრავია (ბორბლის მოჭრა საიარაღო ლარტყით).

პირველ შემთხვევაში არ გვევრდება რაიმე დამკოვი მექანიზმი, მეორე შემთხვევაში კი მას შემდეგ, რაც მოჭრილი იქნება პროფილი კბილის ერთი მხრიდან ანდა ორი პროფილი კბილის ორივე მხრიდან მოსაქრელი ბორბალი უნდა შექობრუნდეს 1 ბიჯით თავისი ღერძის გარშემო მხოლოდ იმისათვის, რომ მიუყენოს საქრისს შემდეგი კბილი. ეს ხორციელდება სპეციალური დამკოვი მექანიზმის საშუალებით.

149-ე სურათზე ნაჩვენებია საჭრისი კბილების მოსაჭრელად; კონუსურ კბილანებში ორ ასეთ ერთდროულად მომუშავე საჭრისს აქვს სწორსაზოობრივი მჭრელი წიბოები, რომლებიც ქნიან ტრაპეციას გვერდის წახნაგების 20° დახრით საჭრისების გასქელებულ ნაწილებში მოჭრილია ნახვრეტები სატეხის სუპორტში დასამაგრებლად ქანჭიკების საშუალებით.



სურ. 150. იმ საჭრისების მუშაობის სქემა, რომლებიც კრიან კონუსურ ბორბლებს რაპიდის ჩარხზე.



სურ 151. სავარცხელას მუშაობის გეგმა.

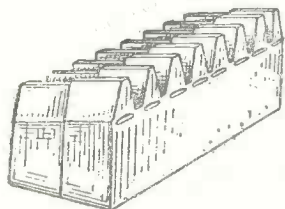
ბით. 150-ე სურათზე ნაჩვენებია საჭრისების მუშაობის სქემა. ბორბლის კონუსურ ნაშბაღზე მიგორავს მასთან მოდებამი ყოფი სასაჭრისო თავი ორი საჭრისით, ისინი ერთდროულად ახდენენ უქუქცევად მოძრაობას და ნაშბაღში რანდავენ კბილების ევოლუცენტურ პროფილს.

საჭრისების შესანარჩუნებლად და უფრო დიდი სიზუსტის მისაღებად ბორბლების მოჭრის დროს ხშირად იყენებენ წინასწარ შავად რანდეას გვერდებზე $0,1-1$ მმ ნამატს დატოვებით კბილების საბოლოოდ გამოყენისათვის.

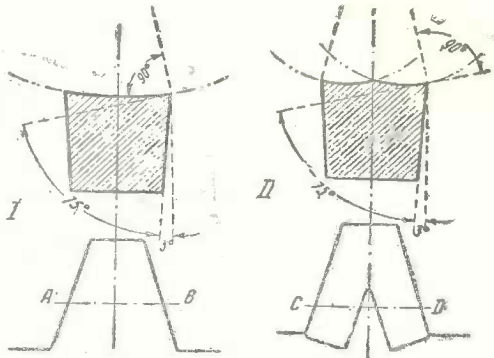
151-ე სურათზე ნაჩვენებია *A* კბილანა ლარტყის (სავარცხელას) მუშაობის სქემა. უკანასკნელი მოძრაობს ზევით და ქვევით. სავარცხელას უქვი სვლის დროს ნაშბაღი ბრუნავს და, გარდა ამისა, ლებულობს მცირე სიგრძივ გადაადგილებას, რომელიც უდრის თავისი შემობრუნების რკალს, ე. ი. ნაშბაღი ასრულებს ორივე მოძრაობას, რომლებიც საჭირო არიან ლარტყისა და ბორბლის მოდებისათვის—თავის მ გვირად—ბრუნვას თავისი ღერძის გარემო და ლარტყის მაგივრად—აწარმოებს გადატანით გადაადგილებას. სავარცხელის სიგრძის შეზღუდულობის გამო გვიხდება ხოლმე ნაშბაღის პერიოდულად დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში. 152-ე სურათზე მოცემულია მაგის სავარცხელას კონსტრუქცია. სავარცხელას წინა წახნაგი აილესება ხოლმე ფუძისადმი ბრტყლად პარალელურად თუკი მუშავდება თუჯი, ბრინჯაო და ალუმინი, ანდა ჩაღრმავებით ბლანტი ლითონების დაფუშავების დროს (სურ. 153 I); მხვილ სავარცხლებისათვის მჭრელი წიბოს გვერდის გასწვრივ კეთდება ორი ამონაღები (სურ. 153 II). ასეთი ალესვა ხდება სპეციალურ ამლეს ჩარხზე.

154-ე სურათზე მოცემულია მოგორვის მეთოდით კბილანას მოჭრის სქემა მჭრელი კბილანას საშუალებით. კბილანა სატეხი წარმოადგენს მრავალსაჭრისიან იარაღს წრეზე განლაგებულ კბილანას კბილების მსგავსი ფორმის მოყვანილი საჭრისებით. სატეხის კბილები ჩვეულებრივ კბილანას კბილებისაგან განიჩევიან თავისი ზუსტი ზომებით, კბილის სისქითა და სიმაღლით, რომლებიც იმდაგვარადაა გაკეთებული, რომ უზრუნველყონ გვერდისა და რადიალური ღრეჩეები, და წინა, უკანა და გვერდის კუთხეების არსებობით. პროფილის სხვადასხვა წერტილში წინა და უკანა კუთხეები სხვადასხვაა. კბილის წვეროსთან 1 ისრის მიმართულებით წინა კუთხე $\gamma = 5^\circ$, უკანა კუთხე $\alpha = 6^\circ$, ამაყე დროს

გვერდის წახნაგებზე 2 და 3 ისრის მიმართულებით ეს კუთხეები მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა. ეს მით აიხსნება, რომ კბილის წვერი რანდვის პროცესში იღებს ლითონის ძირითად ნაწილს, გვერდის ნაწილი კი ჭრის უმნიშვნელო ბურბუშელას და ახდენს მოსაჭრელი კბილის საბოლოოდ გამოყვანას.



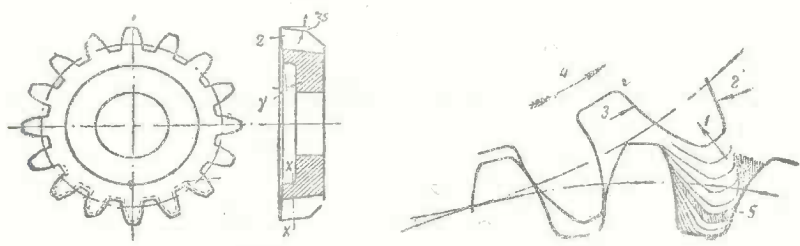
სურ. 152. სავარცხელა კბილანა ბორბლების იოსაჭრელად.



სურ. 152. შავარცხლები ამონაღებით წინა წახნაგზე.

155-ე სურათზე ნაჩვენებია სწორკბილებიანი კბილანების მომჭრელი სატეხების სხვადასხვა კონსტრუქცია.

უფრო რთულ კონსტრუქციას წარმოადგენს სატეხი ხრახნული (სპირალური) კბილებიანი ბორბლების მოსაჭრელად; კბილის ორივე მხრიდან ერთნაირი ჭრის კუთხეების მისაღებად, კბილის წინა წახნაგი ალესილია ნორმალურად სპირალის მიმართულებისადმი და დახრილად პერიფერიიდან ცენტრისაკენ (სურ. 156), რითაც წარმოიქმნება γ წინა

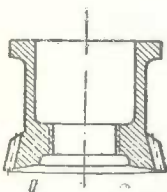
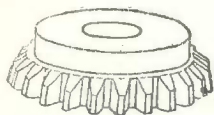


სურ. 154. კბილანა-სატეხი და მისი მუშაობის სქემა.

კუთხე, რომელიც ჩვეულებრივ კბილის წვეროსთან 5° ტოლია. ამრიგად, კბილანა სატეხები მუშაობენ თავისი კბილის ნორმალური კვეთით, რასაც მცვეყვართ მოსაჭრელი ბორბლის ევოლვენტური პროფილის ერთგვარ დაბახინჯებისაკენ.

ამ უქანასკნელის თავიდან ასაცილებლად, ზოგიერთი სპეციალური ტიპის სატეხებს (სურ. 157 I) აკეთ ბრტყელი მომუშავე ტორსი, რის გამოც მომუშავე პროფილი თავსდევ

ბა ტორსულ სიბრტყეში. ტრის შესამსუბუქებლად ახდენენ წინა წახნაგის სპეციალურ ალესეას (სურ. 157 II), როპლის დროსაც ერთი გვერდი ილესება ბლაგვი კუთხით, მეორე გვერდი კი წამახვილდება; ამით იქმნება ერთნაირი ტრის კუთხეები კბილის ორივე მხარეს.



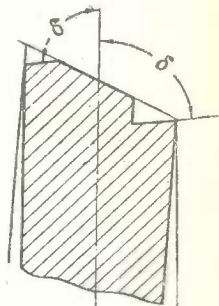
სურ. 155. სატეხი გარე და შიგა სწორკბილებიანი კბილანების მოსაჭრელად.



სურ. 156. კბ ლანა სატეხი ბრახნელი კბილებიანი ბოლბლების მოსაჭრელად.



სურ. 157 I. სპეციალური სატეხი ბრახნულ კბილებიანი ბორბლები სათვის.



სურ. 157 II. სპეციალური ტრის სატეხის წინა წახნაგის ალესვა.

§ 74. ბურბუშელის განივი კვეთის შართოვი რანდვის დროს

ნორმალურ რანდვის დროს გრძივ და განივ სარანდავ ჩარხებზე ასაღები ბურბუშელის f ზომა განისაზღვრება ჩვეულებრივი ფორმულით:

$$f = f_{\text{ს}} \text{ მმ}^2, \quad (1)$$

სადაც $f_{\text{ს}}$ — ტრის სიღრმეა მმ-ში,
 s — მიწოდება მმ/ბრ.

უფრო მეტ სირთულეს წარმოადგენს ბურბუშელის კვეთის ანგარიში მოყვანილი სახის რანდვის დროს, კერძოდ. კბილების რანდვის დროს. იარაღის პროფილის სირთულის გამო ბურბუშელის კვეთი ცვალებადია სიდიდით და ფორმით, და ამიტომ გვეხდება ბურბუშელის $f_{\text{საზ}}$ საშუალო კვეთის ანგარიში, რომელიც აიღება იარაღის ერთი მუშა სეკლის დროს.

$f_{\text{საზ}}$ განსაზღვრისათვის ჩვენ ჯერ გავიგოთ ერთ წუთში აღებული ბურბუშელის Q სმ³/წუთ მოცულობა, რომელიც რანდვისათვის განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$Q = \frac{f_{\text{საზ}} \cdot n \cdot b}{1000} \text{ სმ}^3/\text{წუთ}, \quad (2)$$

სადაც n — ორმაგი სეკლის რიცხვია წუთში,
 b — რანდვის სიგრძე მმ-ში

აქედან

$$f_{\text{საზ}} = \frac{1000 \cdot Q}{n \cdot b} \text{ მმ}^2. \quad (3)$$

მივიღოთ, რომ ბორბლის კბილის ფართობი დაახლოებით უდრის ღრმულის ფართობს. მაშინ იმ მასალის მოცულობა, რომელიც აღებულია ბორბლის მოჭრის დროს, წარმოადგენს D_1 შიგა და D_2 გარე დიამეტრების მქონე ღრუ ცილინდრის მოცულობას, სადაც D_1 და D_2 შესაბამისად ტოლი არიან მოსაჭრელი ბორბლის თავებისა და ღრმულების წრეხაზების დიამეტრებისა. ამ ცილინდრის სიმაღლე უდრის ბორბლის კბილის b სიგანეს.

ბურბუშელის $Q_{\text{წ}}$ მოცულობა აღებული ბორბლის დამუშავების დროს $T_{\text{წ}}$ დროს განმავლობაში:

$$Q_{\text{წ}} = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)b}{2.4 \cdot 1000} \text{ სმ}^3 \quad (4)$$

ბორბლის დამუშავების დრო

$$T = \frac{t \cdot z}{s \cdot n} \text{ წუთი} \quad (5)$$

სადაც z — მოსაჭრელი ბორბლის ბიჯრა მმ-ში, $t = \pi m$,

m — მოსაჭრელი ბორბლის მოდული მმ-ში,

s — წრიული მ-წოდება სატეხის 1 ორმაგ სვლაზე მმ-ში,

n — სატეხის ორმაგსვლათა რიცხვი წუთში,

z — მოსაჭრელი ბორბლის კბილების რიცხვია.

მაშასადამე, 1 წუთში აღებული ბურბუშელის მოცულობა:

$$Q = \frac{Q_{\text{წ}}}{T} = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)b \cdot s \cdot n}{t \cdot z \cdot 2.4 \cdot 1000} \text{ სმ}^3/\text{წუთი} \quad (6)$$

(3) განტოლების თანახმად

$$f_{\text{საშ}} = \frac{1000 Q}{n \cdot b} = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2) \cdot b \cdot s \cdot n \cdot 1000}{t \cdot z \cdot 2.4 \cdot 1000 \cdot n \cdot b} \text{ მმ}^3$$

$$f_{\text{საშ}} = \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)}{\pi m \cdot 4 \cdot 2z} = \frac{(D_1^2 - D_2^2) s}{8 m z} \text{ მმ}^3 \quad (7)$$

თუ უქანასკნელ განტოლებაში ჩავ'ვამთ მნიშვნელობებს

$$D_1 = m(\chi + 2) \text{ მმ}$$

და

$$D_2 = (\chi - 2,4) \text{ მმ},$$

მივიღებთ

$$f_{\text{საშ}} = \frac{m^3(8,8\chi - 1,76)}{8 m \cdot \chi} = m \cdot s \left(1,1 - \frac{0,22}{\chi}\right) \quad (8')$$

ანუ

$$f_{\text{საშ}} \approx 1,1 m \cdot s \text{ მმ}^3 \quad (8)$$

§ 75. ზრის დაწოლა რანდვის დროს

რანდვის დროს საჭრისზე P დატვირთვის დამოკიდებულება t ჰრის სიღრმისა და s მიწოდებაზე მიიღება იგივე, რაც გაჩარხვის დროს და განისაზღვრება გამარტივებული ფორმულით:

$$P = C_p \cdot t \cdot s^{0,75} \frac{\delta}{75} \text{ კგ.}$$

C_p ჰრის კოეფიციენტების მნიშვნელობები რანდვისა და ჩარხვის დროს ერთი და იგივეა.

უფრო რთულია ჰრის დაწოლის განსაზღვრა კბილანა თვლების რანდვის დროს; რადგან ბურბუშელის კვეთი კბილანების მოჭრის დროს არის ცვალებადი სიდიდე, ცვალებადი იქნება აგრეთვე ჰრის ძალაც.

ჩვეულებრივ აქ საზღვრავენ საშუალო დატვირთვის სიდიდეს

$$P_{საშ} = p \cdot f_{საშ} = 1,1 \cdot p \cdot m \cdot s \text{ კგ,} \quad (9)$$

სადაც p — ჰრის ხვედრითი წნევაა კგ/მმ²-ში.

თუ მივიღებთ, რომ ჩვენ შემთხვევაში, როგორც გაჩარხვის დროსაც, სამართლიანია შეფარდება

$$p = \frac{C_p}{s^{0,28}} \cdot \frac{\delta}{75} \text{ კგ/მმ}^2,$$

მაშინ

$$P_{საშ} = 1,1 \cdot C_p \cdot m \cdot s^{0,75} \cdot \frac{\delta}{75} \quad (10)$$

ანუ

$$P_{საშ} = C_p' \cdot m \cdot s^{0,75} \cdot \frac{\delta}{75} \quad (11)$$

სადაც

$$C_p' = 11 \cdot C_p$$

ვღებულობთ გამოსახულებას, რომელიც ანალოგიური გაჩარხვისათვის მიღებულ ფორმულისა, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ აქ p ჰრის სიღრმის მაგივრად მოცემული გვაქვს მოსაჭრელი ბორბლის მოდული. სამწუხაროდ, ჩვენთვის ჯერჯერობით ცნობილი არაა C_p ჰრის კოეფიციენტების მნიშვნელობები კბილების რანდვის დროს. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ისინი რამდენიმედ განსხვავებული იქნებიან ჰრის კოეფიციენტებისაგან გაჩარხვის დროს, რადგან კბილსაჭრელი იარაღი იღებს უფრო თხელ ბურბუშელას, ვიდრე მარტივი საჭრისები, და მასთან უფრო რთული ფორმისას. ყოველ შემთხვევაში, მიახლოებულ საორიენტაციო ანგარიშისათვის შეიძლება ვისარგებლოთ (10) ფორმულით, თუ C_p მნიშვნელობებს მივიღებთ მე-8 ცხრილიდან.

მაგალითი. $\sigma_{\text{შ}} = 55$ კგ/მმ² მქონე ფოლადიდან კბილანის რანდვის დროს კბილანური სატებით, რომლის მოდული $m = 5$, ჰრის კუთხე $\delta = 85^\circ$ და $s = 0,2$ მმ, მივიღებთ საშუალო ჰრის ძალას $P_{საშ} = 1,1 \cdot 165 \cdot 5 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 85/75 = 306$ კგ.

კბილების მოჭრის დროს ჩვეულებრივ იყენებენ ხოლმე უხვ გაპოხიერებას, რომელიც მნიშვნელოვნად ამცირებს ჰრის ძალას, და ეს გარემოება საჭიროა მხედველობაში იქნას მიღებული პრაქტიკულ ანგარიშის დროს.

გრძივი სარანდავი ჩარხისათვის საჭირო სიმძლავრის გამოანგარიშების დროს ჰრის ძალის გარდა, მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ის ხახუნის ძალეებიც, რომლებიც წარმოიქმნებიან ხოლმე. ჩარხის მაგადის მიმართველებზე P_y საჭრისის დაწოლისა და მაგიდის მოპარჯვეულობით და ნაკეთის წონის გამო. ეს ხახუნის ძალა გამოინგარიშება ფორმულით.

$$T = N(P_y + G_{ნაკ} + G_{წონ}) \quad (12)$$

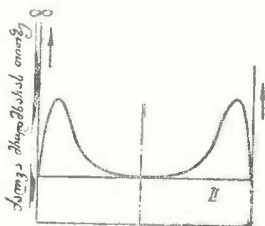
და მსხვილ სარანდავ ჩარხებისათვის შეიძლება მიაღწიოს მნიშვნელოვან სიდიდეს.

(12) ფორმულაში:

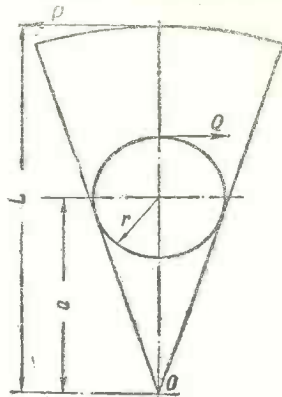
T — ხახუნის ძალაა კგ ში;

N — ხახუნის კოეფიციენტი;
 P_{γ} — ჭრის რადიალური ძალა კგ·ში;
 $C_{ნაკ}$ — ნაკეთისა და მომარჯვებულობის წონა კგ·ში;
 $C_{ჩახ}$ — ჩარხის მაგიდის წონა კგ·ში.

კულისა მექანიზმის მქონე განივ და კბილებსაარანდავ ჩარხებში ძალა, რომელიც გადაეცემა სასაჭრისო პრიზმით (ისე როგორც მისი სიჩქარე), არაა მუდმივი და 1 სვლის მანძილზე ცვალებადობს ზღვრებში მაქსიმუმიდან მინიმუმამდე (სურ. 158). გარდა ამისა, ორმაგვლათა განსაზღვრულ რიცხვისათვის ეს ცვალებადი ძალა მცირდება სვლის სიგრძის ზრდასთან ერთად და პირიქით.



სურ. 158. ძალის ცვალებადობა სასაჭრისო პრიზმაზე მოქანავე კულისის მქონე ჩარხზე.



სურ. 159. მოქანავე კულისის მქონე მექანიზმის სქემა.

ბურბუშელის ზომის გამოანგარიშების დროს, რომელიც დასაშვებია ჩარხის მიერ სიმძლავრის მიხედვით, საჭიროა ორიენტირება გავაკეთოთ ძალაზე კულისის საშუალო მდებარეობის დროს (სურ. 159). ეს $P_{საშ}$ საშუალო ძალა განისაზღვრება ფორმულით.

$$P_{საშ} \cdot L = Q(a + r) \quad (13)$$

Q ძალა კულისის ქვაზე განისაზღვრება შემდეგნაირად: მგრეხავი მომენტი ჩარხის ბორბალზე

$$M = 716,2 \frac{N}{n} \text{ კგმ};$$

მგრეხავი მომენტი საკულისო კბილანაზე

$$M_1 = \frac{M \cdot \eta}{i} \text{ კგმ},$$

სადაც η — მარგი ქმედების კოეფიციენტი, i — გადაცემის რიცხვი ბორბლიდან საკულისო კბილანაზე.

მაშინ კულისის ქვის თითის მიერ შემოწერილ წრეხაზე მოქმედი ძალა

$$Q = \frac{1000 M_1}{r} \text{ კგ},$$

სადაც r — კულისის ქვის თითის მიერ შემოწერილი წრეხაზის რადიუსია მმ·ში.

ამრიგად, ვვაქვს:

$$Q = \frac{1000 \cdot M \cdot \eta}{i \cdot r} \quad (15)$$

მაშასადამე, ჩარხის მიერ დასაშვები ძალა დამოკიდებულია ჩარხის კონსტრუქციასზე და თანახმად (13) განტოლებისა:

$$P = \frac{Q(a+r)}{L} = \frac{1000 \cdot M \cdot \eta \cdot (a+r)}{I \cdot i \cdot r} \quad \text{კგ} \quad (16)$$

ცხადია, რომ კულისის ქვის თითის სიმტკიცე უნდა შეესაბამებოდეს Q დატვირთვის მნიშვნელობას. თუკი თითის მიერ დასაშვები Q' დატვირთვა ლუნვაზე ნაკლებია Q დატვირთვაზე, მაშინ ჩარხის მიერ დასაშვები მაქსიმალური ბურბუშელის ანგარიშს ვაწარმოებთ Q' სიდიდის მიხედვით.

§ 76. ზარის სიჩქარე რანდვის დროს

v ჭრის სიჩქარის დამოკიდებულებას დაჩლუნგებამდე საჭრისის მუშაობის T დროზე აქვს იგივე ხასიათი, რაც გაჩარხვის დროს, ე. ი. გამოისახება განტოლებით:

$$\frac{v_1}{v_2} = \left[\frac{T_2}{T_1} \right]^m$$

m ხარისხის მაჩვენებელზე ძალიან დიდ გავლენას ახდენენ იგივე ფაქტორები, რაც გაჩარხვის დროს, და, კერძოდ, დაჩლუნგებისათვის მიღებული კრიტერიუმი. რაც უფრო დიდია იარაღის დაჩლუნგების ხარისხი, მით უფრო მეტია m ს მნიშვნელობა. ძვირად ღირებულ კბილსაჭრელ იარაღისათვის დაჩლუნგების კრიტერიუმად პრაქტიკაში მიღებულია მჭრელი წიბოების ოდნავი გამოფხვიერება (ანუ მჭრელი პირის გაცვეთა, დაახლოებით, 0,4—0,5 მმ-დე); ამიტომ აქ ფარდობითი მედეგობის მაჩვენებელი მერყეობს ზღვრებაში $m = \frac{1}{2} \div \frac{1}{5}$. ამავე დროს საჭიროა აღინიშნოს, რომ m მნიშვნელობა დამოკიდებულია აგრეთვე სვლის სიგრძეზედაც; ამ უკანასკნელის ზრდასთან ერთად m მაჩვენებელი და ჭრის აბსოლუტური სიჩქარე იზრდება, რადგან დარტყმათა რიცხვი დროის ერთეულში კლებულობს და ამით რამდენიმედ უმჯობესდება მუშაობის პირობები.

კბილსაჭრელ იარაღებისათვის უხვი გაცივებით მუშაობის დროს მედეგობის ნორმალ მიღებულია $T = 3$ საათ. (180 წუთ), თუმცა პრაქტიკაში იგი რამდენიმედ უფრო ზევითა და ზოგჯერ აღწევს 8 საათს.

ჭრის პრაქტიკული სიჩქარის გამოსაანგარიშებლად გრძივი და განივი რანდვის დროს შეიძლება ვისარგებლოთ ჩარხვის შემთხვევისათვის გამოყვანილი ფორმულით, ე. ი.

$$v_{60} = \frac{C_0}{i^{0.5} \cdot s^{0.5}} \quad \text{მ/წუთ} \quad (\text{როცა } T=60 \text{ წუთ}),$$

მასთან C_0 მუდმივების მნიშვნელობა 20 — 40 % ქვევით უნდა იყოს, ვიდრე ჩარხვის დროს.

ურალის ინდუსტრიული ინსტიტუტის ექსპერიმენტალური მონაცემების მიხედვით¹ კრის სიჩქარე შებინგზე რანდვის დროს ჩარხის სიჩქარეებთან შედარებით უნდა შემცირდეს 43%-ით $L=100$ მმ სელის ს-გრძის დროს და 22,5%-ით თუ $L=500$ მმ.

კრის სიჩქარის დამოკიდებულება სხეადასხვა ფაქტორზე კბილების რანდვის დროს ჯერ კიდევ არაა გამოკვლეული, მაგრამ შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მას უნდა ქონდეს საერთო სახე:

$$v = \frac{C_0}{m^p \cdot s^q \cdot z^r} \text{ მ/წუთ,} \quad (17)$$

თუკი ჩავთვლით, რომ კბილსაჭრელი იარაღის შედგეობა რომელიმე ხარისხით უკუპროპორციულია მოსახსნელი ბურბუშელის ზომისა და პირდაპირ პროპორციულია იარაღის კბილის—საჭრისის ზომისა.

სამწუხაროდ, C_0 , p , q და r ზუსტი მნიშვნელობები სხეადასხვა დასამუშავებელ მასალისათვის უცნობია.

Гипрошааш-ი ქარხნების მონაცემების საფუძველზე გვიჩვენებს სავარცხლებისათვის კრის სიჩქარე გამოვიანგარიშოთ ფორმულით:

$$v = \frac{C_0}{m_{0,28} \cdot s_{0,19} \cdot z_{0,15}} \text{ მ/წუთ,} \quad (18)$$

სადაც s —კბილის სიგანეა მმ ში,

C_0 —მუდმივია, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე და რომლის მნიშვნელობებიც ნაჩვენებია 30 ცხრილში.

ც ხ რ ი ლ ი 30

№№ რიგზე	დასამუშავებელი მასალა	C_0
1	ფოლადი $\sigma_B = 40$ კგ/მმ ²	90
2	" $\sigma_B = 50$ "	75
3	" $\sigma_B = 75$ "	63
4	თუჯი და სალი ბრინჯაო	70

(18) ფორმულაში ისეთი მნიშვნელოვანი ფაქტორის უქონლობა, როგორცაა s მიწოდება, გვიჩვენებს, რომ იგი, ცხადია, სწორი იქნება s -ს რაღაც მუდმივი მნიშვნელობის დროს.

კიდევ უფრო ნაკლებად სრულია ფორმულა, რომელიც ნარჩენია Гипрошааш-ის მიერ კბილანა საჭეებისათვის და რომელიც მიღებულია ქარხნების მონაცემების ერთმანეთთან შედარების გზით. მას აქვს სახე:

$$v = \frac{C_0}{m_{0,15}} \text{ მ/წუთ,} \quad (19)$$

სადაც C_0 —აქვს 31 ე ცხრილში აღნიშნული მნიშვნელობები.

¹ კრის სიჩქარე შებინგზე რანდვის დროს ბარანოვი მ. და შაბაშოვი ს. პ. „Машиностроитель“, № 3 1938 წლის.

ცხრილი 31

№№ რიგზე	დასამუშავებელი მასალა	C _v	
		შავად დამუშავება	სუფთად დამუშავება
1	ფოლადი σ _B = 40 - 60 კგ/მმ ²	40	40
2	σ _B = 60 - 75 "	36	45
3	ქრონინიკელიანი ფოლადი σ _B = 70 - 80 კგ/მმ ²	32	40
4	თუჯი და სალი ბრინჯაო	38	45

შავალითი. $m=5$, $b=30$ მმ და $\chi=20$ მქონე თუჯის კბილანის შავად დამუშავების დროს ჭრის სიჩქარე სავარცხლისათვის

$$v = \frac{70}{5^{0,28} \cdot 30^{0,19} \cdot 20^{0,16}} = \frac{70}{1,52 \cdot 1,9 \cdot 1,56} \approx 16 \text{ მ/წუთი};$$

კბილანა სატეხისათვის

$$v = \frac{36}{5^{0,16}} = \frac{36}{1,27} = 38 \text{ მ/წუთი}.$$

ეს განსხვავება აიხსნება მით, რომ კბილანა ბორბლის მოჭრის დროს სავარცხელში ყოველთვის მუშაობს ერთი ან ორი კბილი, კბილანის სატეხში კი მუშაობაში მონაწილეობენ რიგრიგობით ყველა მისი კბილები განლაგებულნი წრეხაზზე. ეს ხელს უწყობს კბილანის სატეხის შედეგობის ზრდას, შედარებით სავარცხლებთან.

მოქანავე კულისის მქონე მექანიზმის ჩარხებზე ჭრის სიჩქარედ იღლება მუშა სელის საშუალო სიჩქარე, რომელიც იანგარიშება ფორმულით:

$$v = \frac{H}{f_{\Sigma}} = \frac{H \cdot n}{\alpha \cdot 1000} \text{ მ/წუთი} \quad (20)$$

სადაც H —სელის სიგრძეა მმ-ში;

n —ორმაგ სელათა რიცხვი;

α —კულისის კბილანის შემობრუნების კუთხეა გრადუსებში მუშა სელის განწველობაში;

f_{Σ} —მუშა სელის დრო წუთებში.

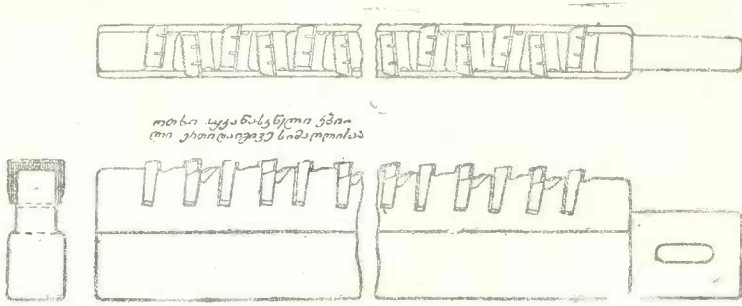
XIV. ბროშებით დამუშავება

§ 77. ბროშების კონსტრუქცია და გამოებობა

ამ ბოლო ხანებში სერიულ და მასობრივ წარმოებაში ფართოდაა გამოყენებული ნაკეთების დამუშავება ბროშებით, რომლებმაც შეცვალეს მოყვანილი სახის რანდვა, ფრეზეა და ნაწილობრივ გამშლელებით დამუშავება. ბროშით დამუშავების პროცესი განირჩევა მ.ღალი წარმადობით (8—10 ჯერადი ფრეზით დამუშავებასთან შედარებით) და ზუსტი მუშაობით.

ბროში წარმოადგენს მრავალსაქრისიან იარაღს სავარცხელას სახით, რომელიც მომარაგებულია განივი კბილების დიდი რიცხვით თანდათან მზარდი განივი ზომებით (სურ. 160). ცალკეული კბილების პროფილი და ზომები თანდათან იცვლებიან იმგვარად, რომ ბროშის პირველ კბილს აქვს ნაკეთის დასამუშავებელი ზედაპირის საწყისი მოხაზულობა, ბო-

ზოგჯერ კბილების ბიჯებს აკეთებენ არათანასწორს განსხვავებით 0,1-დან 0,5 მმ-მდე სიდიდემდე, მასთან ამ უთანასწორობას იმეორებენ პერიოდულად ბროშის მთელ სიგრძეზე ბროშის ყოველივე რაშდენიმე კბილის შემდეგ (სურ. 164). ეს ხელს უწყობს უფრო სუფთა დამუშავებული ზედაპირის მიღებას.



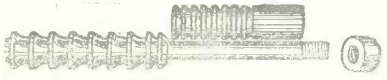
ოთხი სკანასკნული ვაზი
ლი კთბილითავე სიმალოსა

სურ. 165. ბროში ჩასმული კბილებით.

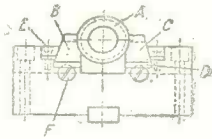
კბილის h სიმაღლეს და კბილის დახრილი ნაწილის g სიგანეს შეარჩევენ იმ ანგარიშით, რომ

$$h = (0,35 \div 0,5) g$$

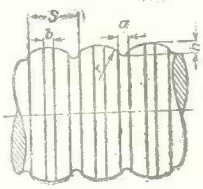
$$g \leq 0,3 g.$$



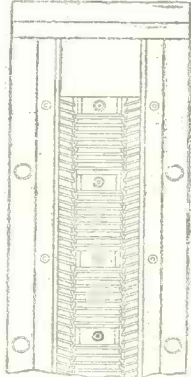
სურ. 166 ბროში გამოსაცვლელი მაკალიბრებელი ნაწილით.



სურ. 167. ბროში შიგა არხით.



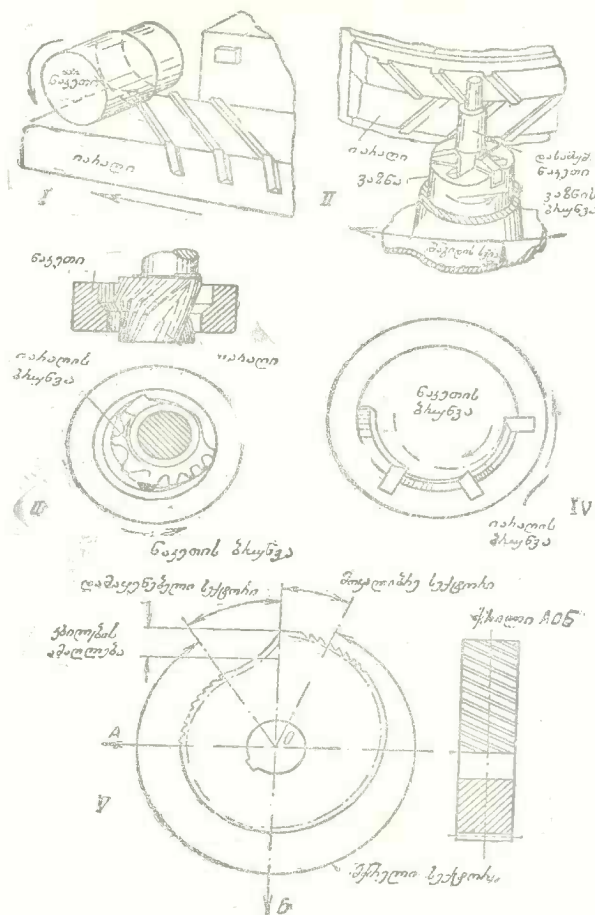
სურ. 168. მაგლევებელი ბროშის კბილების პროფილი.



სურ. 169. გარე ბროში ბარბაცის დასამუშავებლად.

ბროზის L საერთო სიგრძე შეზღუდულია ისეთი მოსაზრებებით, როგორცაა:

- 1) საბროზო ჩარხის სვლის მექანიკური სიგრძე (იგი იშვიათად თუ აღემატება 1—1,5 მეტრ სიდიდეს).
- 2) ძალიან გრძელი ბროზის დამუშავების სიძნელით, განსაკუთრებით კი მისი წრთო.



სურ. 169.ა.

ბით, რომლის დროსაც ადგილი აქვს იარაღის მნიშვნელოვან გამრუდებას, ამიტომ ბროზის უდიდესი სიგრძე ჩვეულებრივ არ აღემატება $L=1000$ მმ სიდიდეს და მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში იგი აღის 2000 მმ-მდე. იმ შემთხვევაში, როცა შეუძლებელია ნაკეთის დამუშავება ერთი ბროზით, სარგებლობენ ბროზების კომპლექტით

რომლებიც მორატებული არიან ერთიმეორის მომდევნოდ; მუშაობის ეს მეთოდი არაა ხელსაყრელი, მაგრამ აუცილებელია, თუკი ანგარიშით მიიღება ძალზე გრძელი იარაღი. ბროშების დამზადების გასამარტივებლად და აგრეთვე გასაიაფებლად პრაქტიკაში იწყებს ისეთი ჩასასმელი კბილებიანი კონსტრუქციების გამოყენება, როგორც ნაჩვენებია 165-ე სურათზე. ბროშის კორპუსი კეთდება ჩვეულებრივი ნახშირბადიან ფოლადისაგან, საჭრისები კი—სწრაფმკრელისაგან. მჭრელ წიბოებზე ჭადრაკულ წესით განლაგებულია ღარაკები ბურბუშელის უფრო უკეთესად დამსხვრევისათვის, საჭრისების ზურგზე კი დაქდებულია გვერდული ძვრის თავიდან ასაცილებლად.

უკანასკნელ ხანებში გვეხდება ბროშები სალი შენადნობის დაკავშირებული ფირფიტებით, რაც აძვირებს იარაღს, მაგრამ ზრდის მედეგობას ცვეთისადმი თითქმის ათჯერ.

166-ე სურათზე ნაჩვენებია ბროში საცვლელი მაკალიბრებელი ნაწილით მოჭრილი კბილებიანი მილის სახით, 167-ე სურათზე კი ბროში შიგა ღარაკით მუშაობის პროცესში სითხის მისაწოდებლად მჭრელ წიბოსთან; გარდა ამისა, ღარაკის არსებობა აადვილებს თერმულ დამუშავებას და ამცირებს იარაღის წონას.

მაგლუვებელი ბროშების დანიშნულებაა ნაკეთის ზედაპირის შესწორება და გამკვრივება, რის შედეგადაც ვლებულობთ ძალზე გლუვ ზედაპირს გამკვრივებული ლითონის ფენით, რომელსაც აქვს ცვეთისადმი წინააღმდეგობის კარგი უნარი. მაგლუვებელი ბროშების კბილებს (სურ. 168) არა აქვთ ჭრის კუთხეები და ამით განიხრევიან ნორმალური ბროშების კბილებისაგან. ზოგჯერ ასეთივე კბილებს აკეთებენ მჭრელ მოკალიბრე ნაწილებზედაც.

169-ე სურათზე ნაჩვენებია გარე ბროშების ერთ-ერთი კონსტრუქცია, რომლის დანიშნულებააა ბარბაცის დამუშავება. იგი შედგება ორ *A* და *B* ბრტყელ და ერთ *A* ცილინდრულ ბროშისაგან; უკანასკნელი გაკეთებულია შედგენილად რამდენიმე მოკლე სექციიდან მათი დამუშავების გასაადვილებლად. ასეთი ბროშები დიდი ზომების დროს ჩვეულებრივ მაგრდებიან ხოლმე ხუნდებზე, რომლებიც გადაადგილდებიან გაბროშვის პროცესში. მჭრელი ელემენტების კონსტრუქცია და ზომები გარე ბროშებში იგივეა, რაც შიგაში.

დასასრულს, 169-ე სურათზე გამოსახულია ბროშების შეიღო რიგი სახეობანი, რომლებიც გამოყენებული არიან ამ უკანასკნელ ხანებში სახარტო ტიპის ჩარხებში. ამ ბროშების (ან ნაკეთის) მუშა მოძრაობა არა სწორხაზობრივი წინსვლითია, არამედ ბრუნვითია (რისთვისაც მათ უწოდებენ ბრუნვით ბროშს). ამ დროს ნაკეთი და ბროში გადაადგილდებიან მოპირდაპირე (შემხვედრ) მიმართულებებით. როგორც 169-ე სურათიდან ჩანს ბრუნვითი ბროშები გამოიყენებიან გარე და შიგა გაბროშვისათვის.

§ 78. ზრის ძალა გაბროშვის დროს

გაბროშვის ძალამ შეიძლება მიიღწიოს ძალზე მნიშვნელოვან სიდიდეებს და ამ სიდიდეების მიხედვით ხდება ბროშის გაანგარიშება ჩარხის სიმტკიცესა და სიმძლავრეზე. ძირითად ფაქტორებს გაბროშვის ძალის განსაზღვრისათვის წარმოადგენენ მოსახსნელ ბურბუშელის ზომა, დასამუშავებელი მასალა და კბილის კონსტრუქცია:

ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი გაბროშვის დროს:

$$f = a \cdot b \cdot \sin^2 \alpha, \quad (1)$$

სადაც *a* — ბურბუშელის სისქეა მმ-ში; *b* — ბურბუშელის სიგანე მმ-ში.

ძალიან ხშირად ბურბუშელის კვეთი ცვალებადია სიდიდით, მასთან ბურბუშელის სიგანე იცვლება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე ანდა, პირიქით, როგორც ეს ნაჩვენებია კვადრატული ნახვრეტის გაბროშვის სქემაზე (სურ. 170). პირველ შემთხვევაში (სურ. 170ა)

ბურბუშელის საწყისი სიგანე იქნება $\pi \cdot d$ და შემდეგ კლებულობს ნულამდე, მეორე შემთხვევაში კი (სურ 170 ბ), პირიქით, ბურბუშელის სიგანე გაიზარდება ნულიდან უდიდეს სიდიდემდე, რომელიც უდრის 4.დ. თუ ბურბუშელის სისქე რჩება უცვლელი, მაშინ ბურბუშელის კვეთის ფართობი განიცდის ცვალებადობას სიდიდით:

$$1\text{-ლ შემთხვევაში } f_1 = \pi \cdot d \cdot a \div 0, \text{ მე-2 შემთხვევაში } f_2 = 0 \div 4 \cdot d \cdot a.$$

ცხადია, პირველი ვარიანტი მეორეზე უფრო ხელსაყრელია, რადგან უზრუნველყოფს უფრო მცირე დატვირთვის იარაღზე და მასთან ყოველ კბილზე იძლევა მხოლოდ ერთ მთავარ მტრულ წიბოს.

გაბროშვის ძალა იცვლება თავისი სიდიდით კიდევ იმიტომ, რომ ჩვეულებრივ ერთდროულად მომუშავე i კბილთა რაოდენობა იცვლება ხოლმე (იხ. სურ. 161); i რიცხვის განსაზღვრა ნახვრეტის მოცემულ $k_{\text{გ}}$ სიგრძისა და $\alpha_{\text{გ}}$ ბიჯის ჭროს ხდება ფორმულით:

$$i = \frac{l}{s} \quad (2)$$

$$P = p \cdot a \cdot b \cdot i \cdot k_{\text{გ}} \quad (3)$$

სადაც p —ჭრის ხვედრითი ძალაა კგ/მმ².

დატვირთვა რომ თანაბარი ვაგხადოთ, გვიჩვენებს ვიმუშაოთ ბურბუშელის მზარდი სისქით და სიგანის კლებადი მნიშვნელობებით და პირიქით; გარდა ამისა, უნდა შევალწიოთ გასაბრაში ნაკეთის სიგრძის ჯერადობას ბროშის კბილთა ბიჯთან, ე. ი., რომ

$$i = \frac{l}{s} = \text{მთელ რიცხვს.} \quad (4)$$

ჭრის ხვედრითი ძალა გაბროშვის დროს, ისე როგორც ჩარხვის შემთხვევაში, აგრეთვე მცირდება a ბურბუშელის სისქის ზრდასთან ერთად და განსაკუთრებით მკვეთრად 0,1 მმ-მდე a -ს მნიშვნელობის დროს. 171-ე სურათზე ეს ნაჩვენებია დიაგრამის სახით: ნიკელიან და ჩვეულებრივ ნახშირბადიან ფოლადისათვის. თუ მივიღებთ, როგორც ჩარხვის შემთხვევაში, რომ ბურბუშელის სიგანე არ მოქმედებს ჭრის ხვედრით ძალაზე, მაშინ ერთგვარი მიახლოებით $a = 0,1$ მმ ზღვრებში, 171-ე სურათზე მოყვანილი მრუდეების თანახმად, შეგვიძლია ჩავთვალოთ:

$$p = \frac{C_p}{j_{0,4}} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (5)$$

C_p ჭრის კოეფიციენტის საორიენტაციო მნიშვნელობები მოყვანილია 33-ე ცხრილში.

ცხრილი 33

C_p -ს მნიშვნელობები გაბროშვისათვის

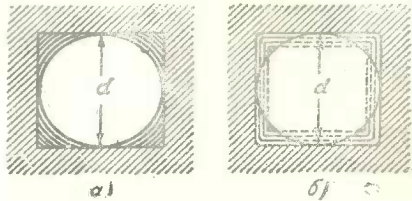
№№ რიგზე	დასამუშაებელი მასალა	C_p კგ/მმ ²
1	ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი	115
2	ნიკელიანი ფოლადი	145
3	რუბი თუჯი	100
4	ქედადი თუჯი	95

მაშასადამე, გაბროშვის დროს ტრის მაქსიმალური ძალა შეიძლება გამოანგარიშებული იქნას ფორმულით:

$$P_{max} = C_{pmax} b_{max} s^{0,6} \cdot i_{max} \text{ კგ.} \quad (6)$$

მაგალითი. განსაზღვრეთ უდიდესი ტრის ძალა, რომელიც საჭიროა $l=50$ მმ სიგრძის მქონე, თუჯის მილისის საშლიცო ნახვრეტის გასაბროშავად, თუ შლიცების რიცხვი $\chi=4$, ყოველი შლიცის სიგანე $b=30$ მმ, ბროშის ბიჯი $s=15$ მმ და კბილის შეერილი თანაბარია და $a=0,05$ მმ (ბურბუშელის სისქე). გვაქვს:

$$i = \frac{l}{s} = \frac{50}{15} = 3 \div 4 \text{ და } i_{max} = 4;$$

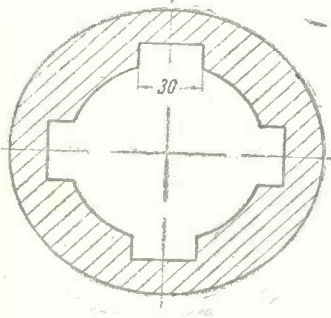


სურ. 170. კვადრატული ნახვრეტის გაბროშვის სქემა.

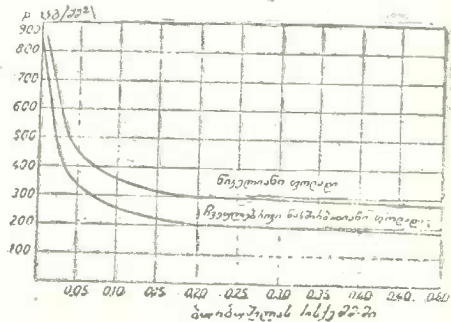
შლიცების შეჯამებული სიგანე:

$$b_{max} = 30 \cdot 4 = 120 \text{ მმ,}$$

$$P_{max} = C_p \cdot b_{max} \cdot s^{0,6} \cdot i_{max} = 100 \cdot 120 \cdot 0,05^{0,6} \cdot 4 \approx 8000 \text{ კგ.}$$



სურ. 171. ტრის ხვედრითი ძალის ცვლადობის დიაგრამა ბურბუშელის სისქის მიხედვით.



ტრის ძალა გაბროშვის დროს, ისე როგორც საჭრისებრით ჩარხვის შემთხვევაში, მცირდება ყ წინა კუთხის ზრდასთან ერთად, და აგრეთვე გაპოხებრების დროსაც (40%-მდე). კბილების მჭრელი წიბოს გასწვრივ ფასკის არსებობა ხელს უწყობს დატვირთვის ზრდას. შემჩნეულია, რომ ხვედრითი დაწოლა გაბროშვის სიგრძის ზრდასთან ერთად რამდენიმედ იზრდებოდა; ამის ახსნა შეიძლება ბურბუშელის სიგრძის მზარდი ხახუნით ბროშის კბილებს შორის.

§ 79. ბროშის ვედმობა და ზრის სიჩქარე გაბროშვის დროს

ბროშების მედეგობასთან დაკავშირებული საკითხები ძალზე სუსტად არიან გამოკვლეული და ამიტომ კმაყოფილებიან სამაშულო და საზღვარგარეთული მრეწველობის პრაქტიკიდან მიღებულ ცალკეული მონაცემებით. საბროშო ჩარხებს, როგორც წესი, აქვთ დაახლოებით 3 — 5 მ/წუთ ტრის სიჩქარეები და ისინი იშვიათად თუ აღიან 9 — 12 მ/წუთ-მდე.

ასეთი შეზღუდული კრის სიჩქარეების გამოყენება გამოწვეულია არა მხოლოდ სურვილის შევინარჩუნოთ ძვირფასი იარაღი — ბროში, არამედ ბროშის მუშაობის მძიმე პირობებითაც. ვამჩნევთ ბროშის კბილების ძლიერ ხახუნს ნაკეთის კედლებზე, ბურბუშელის მცირე სისქის გამო და ბურბუშელის ხახუნს ბროშის ლარაკებში, ასაღები ფენის მნიშვნელოვანი დეფორმაციის გამო.

ასე, $H_B = 200$ კგ/მმ² სისალის შქონე ფოლადის ნაკეთების გაბროშვის დროს გამოყენებულია კრის სიჩქარეები:

მრგვალი ნახვრეტებისათვის	$v=3-4,5$ მ/წუთ.
კილოებისათვის (ПАЗОБЛХ)	$v=4,5-5,5$
სასოფმანო ლარაკებისათვის	$v=5,5-6$ „

ეს სიჩქარეები რამდენიმედ მცირდება ძალზე სალი ნაკეთების გაბროშვის დროს ბროშის მკრელი წიბოების ძლიერი გაცვეთის გამო, და აგრეთვე ძალზე რბილი მასალების გაბროშვის დროს, რომლებიც იძლევიან კბილის გაცვეთისა და გადახურების ხელისშეწყობ ძლიერ დეფორმირებულ ბურბუშელას.

ახლა ვასაგებია, თუ რატომ ახდენენ იშვიათად თუჯის ნაკეთების გაბროშვას — თუჯის ბურბუშელა განსაკუთრებით ძლიერად ცვეთს ბროშის მკრელ წიბოს.

საესებით ცხადია, რომ ბროშის მედეგობა, გაზომილი მის დაჩლუნგებამდე დამუშავებული ნაკეთების რაოდენობით, შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს ისეთი ფაქტორების მიხედვით, როგორცაა იარაღის მასალა და ფორმა, ნაკეთის მასალა, ამ უკანასკნელის სიგრძე, დამუშავების სიზუსტე, გაპოხვის ვარობა და სხვ. ბრტყელი სიბრტყეების დამუშავების შემთხვევაში სწრაფმკრელი ბროშები ერთი გადალესვიდან მეორე გადალესვამდე ახდენდნენ დაახლოებით 35000 — 40000 ფოლადის ნაკეთების დამუშავებას, იმ დროს როცა ასეთივე ბროში, მაგრამ კარბოლის დადუღებული ფირფიტებით, ამუშავებენ 350000 — 450000 ნაკეთს, მასთან ამ უკანასკნელს სრულ გაცვეთამდე შეუძლია 1100000 ნაკეთის დამუშავება.

ნახვრეტების დამუშავების დროს ბროშების მედეგობა მნიშვნელოვნად უფრო დაბალია და განსაკუთრებით კი სხული ზედაპირების გაბროშვის შემთხვევაში. საშუალოდ, ყურადღებით მოვლის დროს, სწრაფმკრელ ბროშს სრულ დაჩლუნგებამდე შეუძლია დაამუშაოს 1500 — 2500 ნაწილი და, ამრიგად, იარაღის სამსახურის ვადა შეიძლება გამოსახულ იქნას შემდეგი ციფრებით:

10000-მდე	ფოლადის ნაკეთების	დამუშავების დროს	მრგვალი ბროშით
20000	„	„	„
20000	„	„	„
40000	„ ბრინჯაოს	„	„
200000	„ ალუმინის	„	„

ამასთან თვლიან, რომ სწრაფმკრელ ბროშს შეუძლია აიტანოს საშუალოდ 10 — 12 გადალესვა. ცალკეულ შემთხვევაში გადალესვათა რაოდენობა შეიძლება მნიშვნელოვნად იქნას გაზრდილი (50-მდე).

ბროშის დაჩლუნგების კრიტერიუმად ღებულოზენ კბილების მკრელი წიბოს კუთხეებში ფასკის თვალსაჩინო გამოჩენას (გაცვეთა $H_B=0,2-0,3$ მმ).

შემჩნეულია მედეგობის მკვეთრი დადაბლება (3—5-ჯერ) ისეთ ბროშებში, რომლებსაც აქვთ ლარაკები — ბურბუშელის სატყეები კბილანებზე.

გამაცივებელ ნივთიერებად ნარჩევია ზეთისა ანდა ზეთის დიდი შემცველობის ემულსიის გამოყენება. განსაკუთრებით ეფექტურია გამოხიერება წნევის ქვეშ: ამ დროს ხდება ბურბუშელის წარეტება და დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი კიდევ უფრო უმაჯობესდება.

უკანასკნელმა გამოკვლევებმა დაგვანახვეს, რომ კრის სიჩქარე გაბროშვის დროს T მედეგობისა და ამიწოდების (ბურბუშელის სისქის) მიხედვით იცვლება ისევე კანონ-

ზომიერად, როგორც საპრისის შემთხვევაში. ასე, მაგალითად, ტოლადი 45-ის დამუშავების შემთხვევისათვის მიღებულია ფორმულა:

$$v = \frac{C_0}{T^{m \cdot y}} \cdot m/\sqrt{v_0}$$

C_0, m, y , მნიშვნელობები შეადგენენ

ბროშის გვარობა	ცილინდრული ბროში	საშლიცო ბროში	სასოგამანო ბროში
C_0	12	11	5,5
m	0,62	0,6	0,87
y	0,62	0,75	1,4

XV. ზ ა ბ უ რ ღ ე ა

§ 80. შხსაგალი

გაბურღვა წარმოადგენს ლითონის დამუშავების ერთ-ერთ ყველაზე უფრო უძველეს (თუმცა, მართალია, თანამედროვე სპირალური ბურღი შემოღებული იქნა მხოლოდ XIX საუკუნის დასაწყისში) და მასთან ძალზე გავრცელებულ მეთოდს. მასობრივი წარმოების თანამედროვე ქარხნებში საბურღი ჩარხები შეადგენენ საერთო საჩარხო პარკის 30%-მდე (3HC—21%; 4T3—30%). მაგრამ, პრის კანონები გაბურღვისათვის უფრო სუსტადაა დამუშავებული, ვიდრე ჩარხისათვის. ამის მიზეზი მდგომარეობს გაბურღვის პროცესის სირთულეში, ბურღის უფრო რთულ ფორმაში შედარებით სახარატო საჭრისთან, და აგრეთვე ბურღუშელის წარმოქმნისა, მოცილებისა და იარაღის მჭრელი წიბოს მუშაობაზე თავალურისდევნების მნიშვნელოვანად ცუდ პირობებში.

ამ უკანასკნელ წლებში ბურღის მუშაობაზე ჩატარებულია მთელი რიგი სერიოზული გამოკვლევები ჩეტვერიკოვის, ვერემეიჩუკის, ლაპინის და სხვათა მიერ, რომლებიც მიძღვნილი არიან ბურღის გეომეტრიისა, გაბურღვის დროს პრისადმი წინააღმდეგობისა და ბურღის შედეგობის საკითხებისადმი მრავალრიცხოვან ფაქტორებთან დაკავშირებით.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ამ მუშაობების ყველაზე უფრო საინტერესო შედეგებს.

§ 81. შკთიხეზარი ბურღი

ფრთისებრი ბურღი წარმოადგენს იარაღის უმარტივეს და უძველეს ფორმას, რომელიც, მიუხედავად ამისა, დამზადების სიადვილისა და სიიადის გამო ამჟამადაცაა გამოყენებული. 172-ე სურათზე წარმოდგენილია ფრთისებრი ბურღის მუშა ნაწილის კონსტრუქცია, რომელსაც აქვს შემდეგი ელემენტები.

$a-b, a'-b'$ — ბურღის მჭრელი წიბოები;

φ — კუთხე მჭრელ წიბოებს შორის — ბურღის კონუსის კუთხე; მისი სიდიდე, დასამუშავებელი მასალის სისალის მიხედვით, მერყეობს 90 — 130° ზღვრებში;

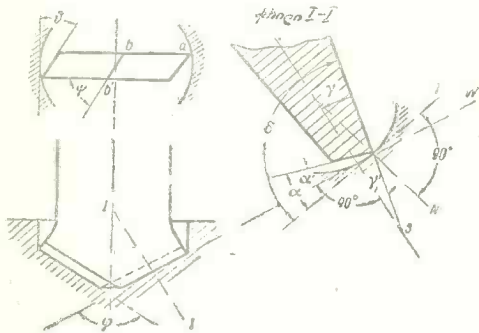
$b'-b$ — განივი წიბო — ორი უკანა წახნავის გადაკვეთის სწორი ხაზი; წესიერი ალესვის შემთხვევაში მჭრელ წიბოებთან შეადგენს კუთხეს $\varphi \approx 60^\circ$.

მჭრელი წიბოს პერპენდიკულარულად გატარებულ 1—1 სიბრტყის ქრილში გვაქვს:

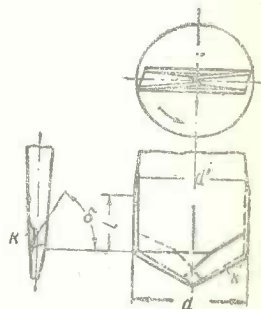
W — სწორი ხაზი, პერპენდიკულარულად მიმართული A ლერძისადმი;

T — სწორი ხაზი, მხები დასამუშავებელ ზედაპირისადმი a წერტილში;

N — სწორი ხაზი, ნორმალური დასამუშავებელ ზედაპირისადმი;
 γ — წინა კუთხე — აქვს უარყოფითი მნიშვნელობა, რადგან ბურღი მეტი სიმკტიცე სათვის გამოჰედლია შესქელებით შუაში;
 γ' — წინა წახნავის დახრის კუთხე, აგრეთვე უარყოფითი, მასთან $\gamma > \gamma'$;
 δ — კრის კუთხე; $\delta > 90^\circ$, რაც არაა ხელსაყრელი მუშაობისათვის;
 α — უკანა კუთხე — კუთხე უკანა წახნავსა და T -ს მხები კრის სიჩქარის მიმართულ მხარეს.



სურ. 172. ფრთისებრი ბურღის გეომეტრია.



სურ. 173. ფრთისებრი ბურღი.

α — უკანა ლესვის კუთხე — კუთხე უკანა წახნავსა და N სწორი ხაზისადმი ნორმალს შორის, მასთან $\alpha > \alpha'$; α' კუთხეს არჩევენ მივცეთ მნიშვნელობები არა უმეტესი $5-6^\circ$, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში α იზრდება ძალზე, და მაშინ ბურღი ადვილად ფხვიერდება და ტყდება.

ცლილობენ რაც შეიძლება მეტად შეამცირონ β' — β განივი წიბო, რომლის სიდიდეც დამოკიდებულია ბურღის სისქეზე, რადგან იგი კი არ კრის, არამედ სთელავს მასალას, რის შედეგადაც იზრდება კრისადმი წინააღმდეგობა.

ნახვრეტის კედლებთან ბურღის გვერდების წიბოების თავიდან ასაცილებლად ხდება ეგრეთ წოდებული ღრეჩოს კუთხის $\varphi \approx 8-10^\circ$ ალესვა.

ფრთისებრი ბურღის უპირატესობას წარმოადგენს კონსტრუქციის სიმარტივე, და მზადების სიადვილე, მედეგობა სპეციალურ, ძალზე სალი, ლითონების დამუშავებისას. მათ ნაკლს წარმოადგენს გაცვეთასთან ერთად ზომის სწრაფი დაკარგვა და ცუდი მიმართულება, რისთვისაც გაბურღული ნახვრეტი მიდის გვერდზე და მასთან მისი კედლები მიიღება არაგლუვი და არაზუსტი დიამეტრით 173-ე სურათზე ნაჩვენებ ფრთისებრი ბურღის კონსტრუქციაში ეს ნაკლოვანება შემცირებულია. გვერდის პარალელური წიბოები უკეთესად მიმართავენ ბურღს ნახვრეტში, მასთან წინა წახნავზე მკრელ წიბოსთან გაკეთებული სპეციალური k ამონადები შესაძლებლობას იძლევა შემცირებულ იქნას δ კრის კუთხე $60-70^\circ$ -მდე და ამით გაუმჯობესებულ იქნას ბურღის მუშაობის პირობები. გაბურღულ ხვრეტში ბურღის გაჭედვის თავიდან ასაცილებლად გვირჩევენ ბურღის გვერდების წიბოების ალესვას ოდნავ კონუსურად, ისე, რომ d' დიამეტრი ნაკლები უნდა იყოს d დიამეტრზე დაახლოებით $0,05-0,1$ მმ-ით.

ბურბუშელის მოცილების გასაადვილებლად მკრელ წიბოებს ბურღის დიდი დიამეტრების $d > 25$ მმ დროს უკეთებენ ღარაკებს, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევიან ავილოთ

ბურმუშელო მკრელი წიბოს მიეღ. სიბანეზე, არა ერთბაშად, არამედ ნაწილ-ნაწილად, და ამით კი მცირდება ჭრისადმი წინააღმდეგობა.

მაგრამ ყველა ამ ბურღებს აქვთ ძალზე არსებითი ნაკლოვანებანი, რომლებიც მდგომარეობენ, უმთავრესად, მათ მცირე წარმადიანობაში, მუშაობის არასაკმაო სიზუსტეში, ხშირ გადაქედვის საჭიროებაში და ა. შ. ამიტომაც ამჟამად მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული უმთავრესად სპირალური ბურღები, რომლებიც უფრო ძვირი არიან და რთული ფორმით, მაგრამ მუშაობენ მნიშვნელოვნად უფრო წარმადიანად და უფრო ზუსტად, ვიდრე ფრთისებრი ბურღები.

§ 82. სპირალური ბურღები. ბურღის კონსტრუქცია და შემოღობვა

სპირალური ბურღი მზადდება საიარალო ფოლადის მრგვალ ძელაკებიდან სპეციალური პროფილის ორი სპირალური ღარაკის გადრეზვის გზით, მასთან ეს ღარაკები მდებარეობენ წრებაზე 180° -ით ერთმანეთის მიმართ. ბურღის მუშა ნაწილი წარმოადგენს კონუსს ჩვეულებრივ $\varphi = 116 - 118^\circ$ კუთხით წვეროსთან (გაბურღვის პირობების მიხედვით კონუსის კუთხე $\varphi = 90 - 130^\circ$), ბურღის მეორე ნაწილი კი, ეგრეთ წოდებული კუდი, თავდება ან ცილინდრით მცირე ბურღებისათვის, ან კონუსით ვაზნაში უკეთესად ჩაქერისათვის (სურ. 174).

ბურღის სპეციალური ღარაკების ამომღები ფრეზის პროფილის კონსტრუირება ხდება კონუსის წვეროსთან არსებულ კუთხისა და ღარაკის დახრის კუთხის შესაბამისად იმ ანგარიშით, რომ მივიღოთ სწორი მკრელი წიბოები წარმოქმნილი კონუსის ზედაპირთან სპირალური ღარაკების ზედაპირების გადაკვეთით.

ნახევრეტის კედლებთან ბურღის ცილინდრული ზედაპირის ხახუნის შესამცირებლად ახდენენ ცილინდრული ზედაპირის დამატებით გაფრეზვას h მცირე სიღრმით ისე, რომ ზედაპირზე დარჩეს მხოლოდ ვიწრო f ფასკა, რომელიც ბურღს აძლევს მიმართულებას ნახევრეტში (175).

d ნახევრეტის ფსკერზე ბურღის უკანა კონუსის ხახუნის ასაცილებლად, ახდენენ მუშა კონუსის სპეციალურ აღესვას, რომლითაც უზრუნველყოფილია α' უკანა აღესვის კუთხეების მიღება (სურ. 176). ეს კუთხეები იზომებიან ბურღის უკანა წახნაგსა და ბურღის ღერძისადმი ნორმალურ სიბრტყეებს შორის, მასთან α' კუთხეების მნიშვნელობები მკრელი წიბოს მიეღ. სივრცეზე სხვადასხვა უნდა იყოს, როგორც ეს ნაჩვენებია 175-ე სურათზე. ეს უკანასკნელი მოთხოვნა ნაკარნახებია ბურღის მუშაობის პირობებით.

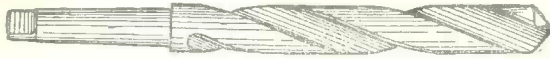
ჭრის პროცესში α უკანა კუთხე განისაზღვრება, როგორც კუთხე იარაღის უკანა წახნაგსა და ჭრის სიჩქარის მიმართულებას შორის. სპირალურ ბურღში ჭრის სიჩქარის მიმართულება წარმოადგენს მხებს მკრელი წიბოს მიერ ზემოაღწერილი სპირალისადმი, მასთან სპირალის ბოლო უღრის δ მიწოდებას, ე. ი. ღრძის გასწვრივ ბურღის გადაადგილების სიდიდეს I შემობრუნების დროს მკრელი წიბოს სხვადასხვა წერტილის მიერ შემოწერილი სპირალების დიამეტრები მცირდება, რაც უფრო უახლოვდება ბურღის ცენტრს. $s = e \sin \delta$ მიწოდების დროს ამ წერტილების გზები ძალზე სხვადასხვა იქნება. აუ, მაგალითად, გავშლით სიბრტყეზე ბურღის ღერძიდან ყველაზე უფრო მოშორებული I წერტილის გზას (სურ. 177—I), მაშინ მისი შესაბამისი ხრახნული ხაზი გადაიქცევა $i - i$ სწორ ხაზად (სურ. 177—II) η , ამაღლების კუთხით:

$$\text{tg } \eta_i = \frac{s}{\pi \cdot d_i}$$

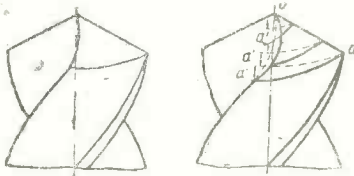
¹ ამ ბოლო ნაწილში გამოყენებულია ბურღების დამზადების სხვა ხერხიც, მაგალითად, სპეციალურ ტვირთში პედვით ანდა ფოლადის ზოლების დაგრენის გზით.

მე-2 წერტილისათვის შესაბამის სწორ ხაზს ეკნება (სურ. 177—III)

$$\text{ვგრ}_2 = \frac{s}{\pi d_2}$$



სურ. 174. სპირალური ბურღი.



176. ბურღის უკანა ალესვის სქემა.

როგორც ვხედავთ, მჭრელი წიბოს სხვადასხვა წერტილების ამალღების გზები მით უფრო ციცაბოა, რაც უფრო ახლო მდებარეობს ბურღის ღერძთან შესაბამისი წერტილი, ე. ი. $\eta_2 > \eta_1$ და ა. შ. მაგრამ ამ დროს α უკანა კუთხეების მნიშვნელობები შემცირდებიან, რადგან:

$$\alpha_1 = \alpha'_1 - \eta_1$$

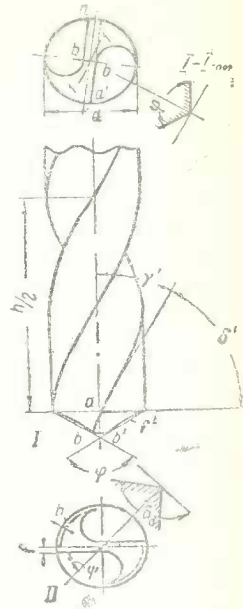
$$\alpha_2 = \alpha'_1 - \eta_2$$

და, მაშასადამე:

$$\alpha_2 < \alpha_1$$

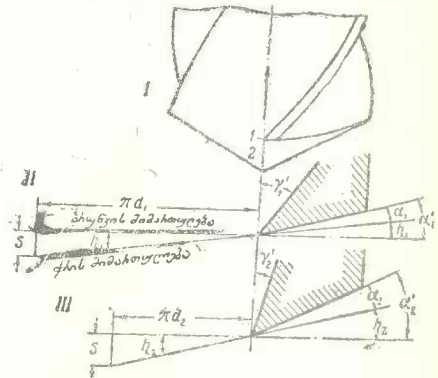
შესაძლოა ისეთი მდგომარეობაც, კუთხე ჭრის პროცესში მიიღებს უარყოფით მნიშვნელობასაც კი, რაც შესაბამის უბნებზე გამოიწვევს ბურღის ძლიერ ხახუნს დასამუშავებელ მასალასთან.

ამ უკანასკნელის თავიდან ასაშორებლად ცდილობენ მჭრელი წიბოს სხვადასხვა წერტილებში მიიღონ სხვადასხვა α' უკანა ალესვის კუთხე, რომლებიც თანდათან იზრდებიან, რაც უფრო უახლოვდებიან ბურღის ღერძს. ასე ჩვეულებრივ საშუალო ზომის ნორმალურ ბურღებში უკიდურეს 1 წერტილთან კუთხე $\alpha' \approx 8^\circ$, ბურღის ღერძის ახლოს $\alpha' \approx 26^\circ$. ამას აღწევენ მით, რომ უკანა ალესვის ზედაპირი სპეციალური ჩარხის საშუალებით მიიღებს სხვადასხვა სიმრუდის მქონე რომელიღაც კონუსური ზედაპირის ნაწილის სახეს.



სურ. 175. სპირალური ბურღის კონსტრუქცია

რომ მცირე α' უკანა ალესვის კუთხის დროს α



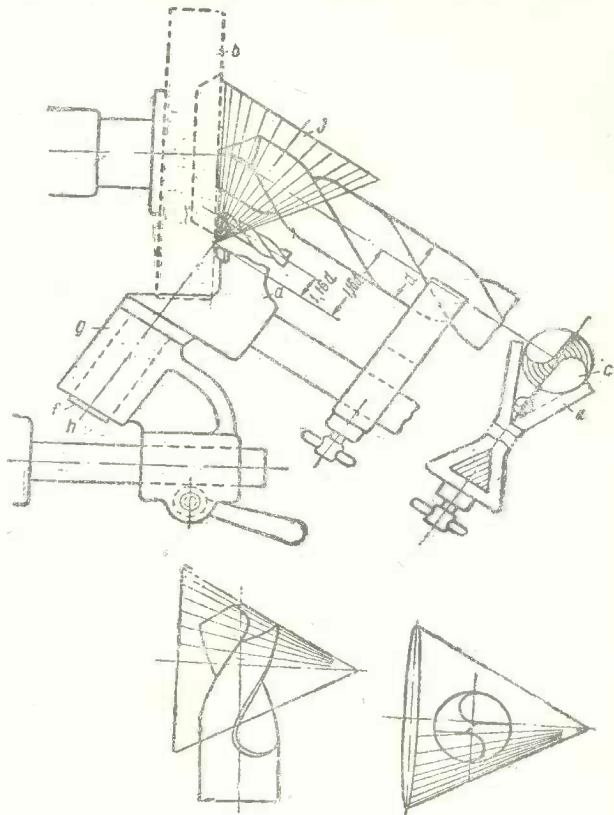
სურ. 177. უკანა კუთხეები სპირალურ ბურღებში.

178-ე სურათზე ნაჩვენებია ამგვარი ჩარხის მუშაობის სქემა. ბურლი თავისუფლად თავსდება დაბრილ ქვესადგებზე V-მაგვარი a საყრდნობით, ალესვის პროცესში ქვესადგების a საყრდნობიანად ერთად ვაბრუნებთ ხელით h_j ლერძის გარშემო, რომელიც ემთხვევა იმ კონუსის ლერძს, რომლის შემქმნელზედაც ხდება ბურლის უკანა ზედაპირის ალესვა; ამ დროს f პოპოკოიკი ბრუნავს g საკისარში და ერთდროულად ბურლი ვანიცლის მცირე მიწოდებას ლერძის გასწვრივ b სახეხ წრისაქენ საყრდნო ხრახნის საშუალებით, რომელიც მოთავსებულია ბურლის უკან (ნახაზე ის არაა ნაჩვენები). a საყრდნობი დაგეგმარებული უნდა იქნას ისეთნაირად, რომ წვერო იმ კონუსისა, რომლის მიხედვითაც ხდება უკანა ალესვა, მდებარეობდეს ბურლის დიამეტრიდან $1,16d$ ტოლი მანძილით (d — ბურლის დიამეტრია).

179-ე სურათზე (მარცხნივ) ნაჩვენებია ბურლის ალესვის ერთ-ერთი პრინციპი, აქ შემქმნელი კონუსის წვერო მდებარეობს ბურლის კონუსის წვეროს ზევით. აღნიშნულ ჩარხებზე შეიძლება α უკანა ალესვის კუთხეების მნიშვნელობის რეგულირება ბურლისა და ალესვის კონუსის ლერძებს შორის მანძილის შეცვლით (α სიდიდის — 179 სურათი).

უკანასკნელ ხანებში იყენებენ ჩარხებს, რომლებზედაც ბურლის უკანა წახნავი მიიღება, როგორც ბრახნული ზედაპირის ნაწილი.

დიდი ეფექტურობა აქვთ ბურლებს ორმაგი ალესვის კონუსით (სურ. 180). როგორც ქვემოთ დავინახავთ, ასეთი ბურლები მედეგობა მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია, ვიდრე ნორმალური ბურლების მედეგობა. მათი ეფექტურობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია თუჯის გაბურღვის დროს (იხ. § 95), მასთან გვირჩევენ წაღვლსოთ კონუსის მეორე კუთხე $\varphi = 70-75^\circ$ -ით $C \approx 0,2d$ სიგანის ფასკით.



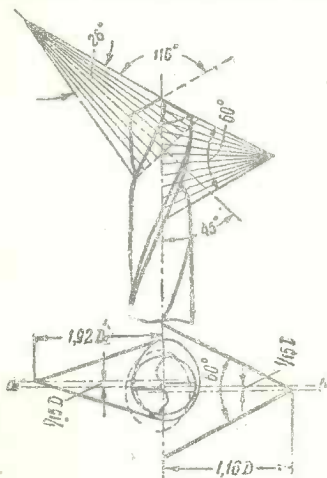
სურ. 178. ჩარხის მუშაობის სქემა, რომელიც დანიშნულია ბურლის უკანა ალესვისათვის.

წინა ალესვის კუთხე (ანუ ბურბუშელის მოცილების), რომელიც ხასიათდება წინა წახნაგის დაბრილობით, განისაზღვრება ბურღის ხრახნული ღარაკის γ' დაბრილობის კუთხით. მაგალითად, მჭრელი წიბოს a წერტილში (სურ. 175) γ' არის კუთხე a წერტილში გამავალი ცილინდრის შემქმნელსა და ამავე წერტილში გამავალი სპირალისადმი მხებს შორის. მჭრელი წიბოს სხვა წერტილში γ' კუთხე სიდიდით სულ სხვა იქნება: რაც უფრო უახლოვდებით ბურღის ღერძს, მისი მნიშვნელობა მცირდება.

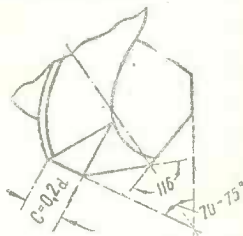
ამაში რომ დავრწმუნდეთ, გავკვეთოთ ბურღი რამდენიმე კონცენტრულად მდებარე d_1, d_2, d_3 და ა. შ. დიამეტრიანი ცილინდრული ზედაპირებით, როგორც ეს სქემატურად ნაჩვენებია 181-ე სურათზე. კვეთში მიღებული ცილინდრული ზედაპირები, რომლებთაც აქვთ d_1, d_2, d_3 და ა. შ. დიამეტრები და ერთი და იგივე h ბიჯიანი სპირალები, გავშლილთ სიბრტყეზე; მივიღებთ ერთნაირი სიმაღლის სამ სწორკუთხედს, შესაბამისად $\pi d_1, \pi d_2$ და πd_3 ტოლი სიგრძეებით, მასთან სპირალური მრუდეები ცილინდრულ ზედაპირებზე ახლა გამოისახებიან, როგორც დიაგონალები დახრის კუთხეებით

$$\text{tg } \gamma'_1 = \frac{\pi d_1 h}{h}; \quad \text{tg } \gamma'_2 = \frac{\pi d_2 h}{h}; \quad \text{tg } \gamma'_3 = \frac{\pi d_3 h}{h}$$

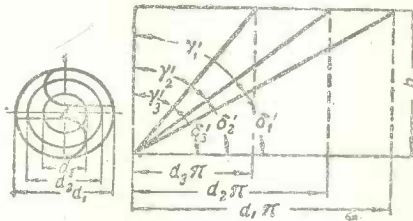
რადგან $d_1 > d_2 > d_3$ და $h = \text{const}$, ამიტომ γ' კუთხე კლებულობს, რაც უფრო უახლოვდებით ბურღის ღერძს: მაშასადამე, ბურღის ცენტრის ახლო მდებარე მჭრელი წიბოს ბურბუშელის მოცილების მხრივ მუშაობენ არახელსაყრელ პირობებში.



სურ. 179. ბურღის ალესვის პრინციპი.



სურ. 180. ბურღის ორმაგი წალესვა



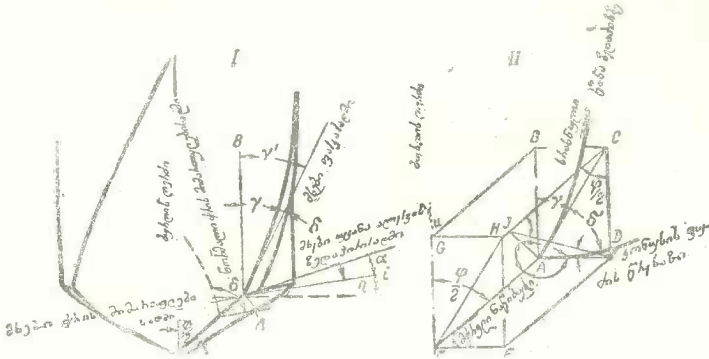
სურ. 181. სპირალური ბურღის წინა ალესვის კუთხეები.

ბურღის ცენტრის ახლოს γ' გაზრდა მისი h ბიჯის შესაბამისი შემცილების შემდეგობით — არაა მიზანშეწონილი, რადგან ამ შემთხვევაში ბურღის გარეთ მივიღებდით γ' კუთხის ძალზე დიდ მნიშვნელობებს, რაც მნიშვნელოვნად შეამცირებდა მჭრელი ნაწიბურის სიმტკიცეს. ნორმალურ საბაზრო ბურღებს აქვთ ხრახნული ღარაკები არა უმეტესი 30° დახრის კუთხით.

182-ე სურათზე ნაჩვენებია γ წინა კუთხე კრის პროცესში. იგი აქ აღნიშნულია როგორც კუთხე კრის სიჩქარის მიმართულებიდან ნორმალსა (სწორი ხაზი $A-N$) და ბურლის წინა წახნავს შორის. $i - i'$ სწორი ხაზი გამოსახავს კრის სიჩქარის მიმართულებას $NAB = \eta$ კუთხით და, მაშასადამე,

$$\gamma = \gamma' + \eta,$$

რადგან ბურლის გარე წერტილისათვის η კუთხე ძალზე მცირეა, ამიტომ შეგვიძლია ჩავთვალოთ $\gamma = \gamma'$.



სურ. 182. სპირალური ბურლის გეომეტრია.

δ' კუთხე ბურლის წინა წახნავსა და კრის სიჩქარის მიმართულებას შორის არის კრის კუთხე, რომელიც იზომება ბურლის ღერძის პარალელურ სიბრტყეში. თუკი ფაქტიურ δ კრის კუთხეს გაეზომავთ მკრელი წიბოს პერპენდიკულარულ სიბრტყეში, მაშინ მისი მნიშვნელობა სულ სხვა იქნება.

ზოგჯერ δ კუთხეს საზღვრავენ δ' კუთხისა და ϕ კონუსის კუთხის მიხედვით შემდეგნაირად (სურ. 182 II):

$ADEF$ — სიბრტყეა, მზები მკრელი ნაწიბურის მიერ შემოწერილ კონუსისადმი;

$ABCD$ — სიბრტყე, მზები ბურლის ცილინდრულ ზედაპირისადმი;

$GBAF$ — სიბრტყე, გამავალი ბურლის ღერძზე და მკრელ ნაწიბურზე;

$HCAF$ — სიბრტყე, მზები წინა ზედაპირისადმი A წერტილში.

AJD — სიბრტყე, ნორმალური მკრელი ნაწიბურისადმი A წერტილში.

მაშინ 182 II სურათის თანახმად გვაქვს:

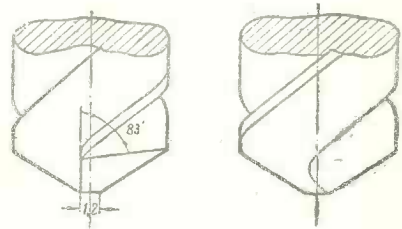
ფაქტიური კრის კუთხე $\delta = \angle ADJ$ კუთხეს;

$$\angle DJC = 90^\circ; \angle ADC = 90^\circ; \angle ADJ = 90^\circ$$

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{JD}{AD}, \operatorname{tg} \delta' = \frac{CD}{AD}, \sin \frac{\phi}{2} = \frac{JD}{CD};$$

შემდეგ:

$$JD = CD \cdot \sin \frac{\phi}{2}; \quad AD = \frac{CD}{\operatorname{tg} \delta'}$$

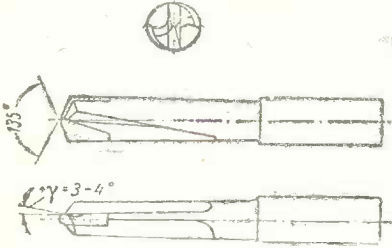


სურ. 183. სპირალური ბურლის სპეციალური აღესვა.

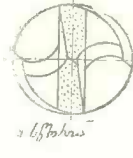
$$tg \delta = tg \delta' \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$

მაშასადამე, ფაქტიური კრის კუთხე დამოკიდებულია არა მხოლოდ α მიწოდებაზე, არამედ ბურლის კონუსის φ კუთხეზედაც.

განსაკუთრებით არახელსაყრელი მნიშვნელობა აქვს კრის კუთხეს განივ წიბოსთან



სურ. 184. ბურლი პირდაპირი ღარაკით, აღჭურვილი სალი შენადნობით.

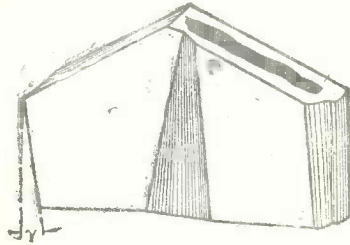


სურ. 185. ბურლის განივი მჭრელი წიბოს აღმსვლა



(სურ. 175, I-1 ქრილი), სადაც იგი აღწევს ძალზე დიდ სიღრმეს 130-150.

ბურლის განივი წიბოს მჭრელ წიბოს მიმართულებასთან ქპნის φ კუთხეს, რომელიც ერთგვარ გავლენას ახდენს დასაბუთებულ ლითონის კრისადმი წინააღმდეგობაზე და ბურლის შედეგობაზე.



სურ. 186 ფირფიტა სალი შენადნობისაგან ЦНИИТМАШ-ის კონსტრუქციის ბურლისათვის.

183-ე სურათზე ნაჩვენებია სპირალური ბურლის სპეციალური აღმსვლა ძალზე სალი მასალების გაბურღვის შემთხვევისათვის (სპეციალური ფოლადი $H_B = 410 - 450$ კგ/მმ²);



სურ. 187. ЦНИИТ-МАШ-ის კონსტრუქციის ბურლი ოთხი მიმართული ფასკით.

კუთხე წვეროსთან შეადგენს დაახლოებით 130°, წინა კუთხე კი $\gamma' = 7^\circ$ (ანუ $\delta' = 83^\circ$).

ამ მიზნისათვის კადეც უფრო მეტი გამოსადეგი (და აგრეთვე წრთობილი ფოლადის გასაბურღავდაც) აღმოჩნდნენ სწორი ღარაკიანი ბურლები, აღჭურვილი სალი შენადნობით (სურ. 184). ასეთ ბურლებში გვირჩევენ განივი მჭრელი ნაწიბურის აღმსვლის ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია 185-ე სურათზე ЦНИИТМАШ გვირჩევენ სპეციალური ფორმის სალ შენადნობს (სურ. 186), რომელიც უზრუნველყოფს სწორხაზობრივ და სიმეტრიულად განლაგებულ მჭრელ წიბოებს მუდმივი წინა კუთხეებით მთელ მათ სიგრძეზე. ნახვრეტში უკეთესი მიმართულებისათვის ЦНИИТМАШ-ის ბურლს აქვს ოთხი მიმართული ფასკა ორის მაგივრად ნორმალურ ბურლებში (სურ. 187).

ნორმალური სპირალური ბურლების გარდა, ამჟამად ფართოდ იყენებენ ეგრეთ წოდებულ მაცენტრებელ ბურლებს საცენტრო ღრმულების გასაბურღავად იმ ნაკეთობში,

რომლებიც დამუშავების დროს მაგრდებიან სახარატო ჩარხების ცენტრებში. 198 ა სურათზე გამოსახულია ასეთი ბურღების ორი სახე: პირველი ფორმა—მარტივია, მეორე—მოყვანილი სახისაა დამცველი კონუსით.

§ 83. ბურღები ღრმა ნაბურღვისათვის

ღრმა ნახვრეტების დამზადება დაკავშირებულია დიდ სიძნელებთან. დღემდე საბოლოოდ არაა გადაწყვეტილი საკითხი იარაღის კონსტრუქციის შესახებ, თუმცა ამ უკანასკნელ წლებში ჩვენ დიდი მიღწევები გვაქვს ამ დარგში. ღრმა გაბურღვის დროს მოუხერხებელია და საძნელო გამაცივებელი სითხის მიწოდება და ბურბუშელის მოცილება. გარდა ამისა, ზუსტი ნახვრეტების მისაღებად საჭიროა ბურღის სწორი მიმართულება და ქრის ძალების კარგი გაწონასწორება.



სურ. 187 a I.



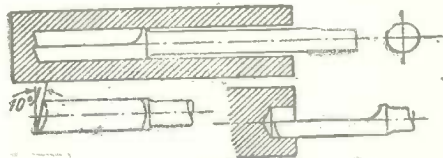
სურ. 187 a II.



სურ. 187 6.

ღრმა ნახვრეტების დამზადების დროს დიამეტრით 30 მმ-მდე იყენებენ სპირალურ ბურღებს, რომლებიც მომარაგებული არიან სპეციალური არხებით სითხის მისაწოდებლად.

ეს არხები ან გაბურღული არიან ბურღის ტანში, ანდა დამზადებული მილაკების სახით, რომლებიც დაკავშირებული არიან ბურღის ზედაპირზე გაკეთებულ გრძივ ლარაკებში. სითხეს აწვდიან დიდი წნევის ქვეშ (20—30 ატმოსფეროდ) და იგი გამოაყენება როგორც ბურღის გასაცივებლად, ისე ბურბუშელის მოსაცილებლად.



სურ. 188. საქვემხო ბურღი.

ყველაზე უფრო მარტივი ფორმის არიან საქვემხო ბურღები (სურ. 188).

მათი დამახასიათებელი თვისება იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი ჩვეულებრივ კი არ ბრუნავენ, არამედ მხოლოდ განიცდიან მიწოდებას, ე. ი. მუშაობენ როგორც შიგამჩარხავი სახარატო საჭრისები, დასამუშავებელი საგანი კი ბრუნავს.

ხახუნის შესამცივებლად ნახვრეტის კედლებსა და ბურღის შორის, უკანასკნელს აკეთებენ ოდნავ კონუსურს (0,5 მმ-ი 100 მმ სიგრძეზე). ზოგჯერ წინა წახნაგზე ქრის პროცესის შესამსუბუქებლად გაიხერხება ხოლმე „ამლეტი“. დიდი ხახუნისა და არახელსაყრელი ქრის კუთხების გამო (ჩვეულებრივ $\alpha = 90^\circ$) მუშაობენ მცირე მიწოდებებით

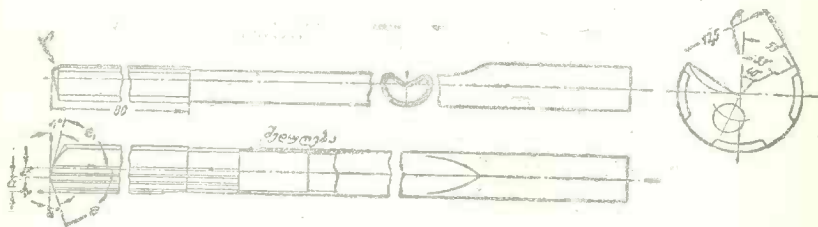
($\rho = 0,01 - 0,08$ მმ/ბრ) და კრის სიჩქარეებით ($v = 10 - 18$ მმ/წუთ). ჩვეულებრივი საქვემე-
ხო ბურღები მუშაობენ კონდუქტორით ანდა წინასწარ გაბურღულ ნახვრეტში. დასამუ-
შავებელი ხვრეტის კედლები ბურღის კარგი მიმართულების გამო მიიღება საკმაოდ ზუს-
ტი და სუფთა.

189-ე სურათზე ნაჩვენებია ბურღი თოფის ლულებისა ანდა საერთოდ ვიწრო ღარ-
კების გასაბურღავად; იგი გაკეთებულია ფოლადის C მილიდან, რომელზედაც დადულე-
ბულია ან დაკავშირებულია სწრაფმკრელი ფოლადის A ნაჭერი (ამჟამად საერთოდ ფარ-
თო გამოყენება აქეთ ბურღებს დაკავშირებული ანდა დადულებული მუშა ნაწილებით
სწრაფმკრელ ოოლადიდან ამ უკანასკნელის ეკონომიის მიზნით). როგორც განივი კრი-
ლიდან ჩანს, ბურღს აქვს მხოლოდ ერთი მკრელი წიბო და ოთხი მიმართველი ფასკა.
ბურღის გვერდზე წასვლის თავიდან ასაცილებლად, სასურველია ბურღის წვეროს გადა-
ნაცვლება მისი ღერძიდან არა $\frac{d}{4}$ -ით, როგორც ეს მიღებულია პრაქტიკაში, არამედ რამ-
დენიმედ უფრო ნაკლებ და e_1 კუთხე კი გაკეთდეს უფრო მეტი, ვიდრე e , ე. ი.

$$\alpha > e \text{ და } e_1 > e.$$

რადგან უკანა კუთხეებს ბურღის ცენტრის ახლოს მკრელი წიბოს წერტილებში
აქვთ უარყოფითი მნიშვნელობა, ამიტომ უკანა წახანავის ხახუნის თავიდან ასაცილებლად
მკრელ წიბოს აკეთებენ მცირე ღაბრით ვერტაკალურ სიბრტყეში, რის შედეგადაც ნახვ-
რეტის შუაში წარმოიქმნება მცირე დიამეტრის (1 მმ-მდე) ღერო; ბურღის პროცესში ეს
ღერო დროგამოშვებით ჩამოტყდება ხოლმე.

ბურღის წინა წახანავზე აკეთებენ „ბურბელის დამამსხვრევებს“, ისინი აქუსტმატე-
ბენ ბურბულელას და, გარდა ამისა, ახდენენ მის გოფორირებას. ამ უკანასკნელს ვლდებუ-



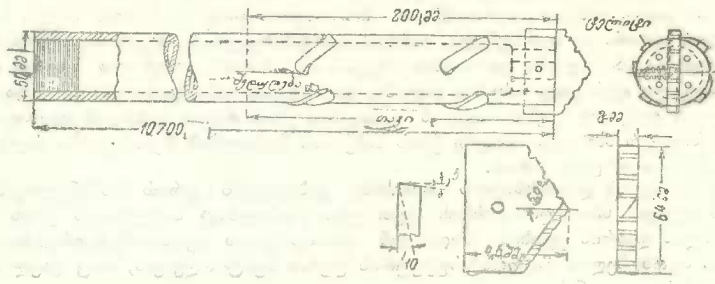
სურ. 189 საფოფე ბურღი.

ლობთ იმის გამო, რომ შევრილებზე მიბრუნეილი ბურბულელის მიმართულება ნორმალურ-
ია მკრელი წიბოსადმი. გოფორირებული ბურბულელა უფრო უკეთესად ამორიცხება
ხოლმე სითხით, რომლის მიწოდებაც ხდება დიდი წნევის ქვეშ ($30 - 50$ ატმ.).

190-ე სურათზე გამოსახულია 64 მმ დიამეტრის მქონე ფრთისებრი ბურღი, რომ-
ლის საშუალებითაც შეიძლება ძალზე ღრმა ხვრეტის (10 მეტრამდე) გაკეთება. ბურღის
ღერო გაკეთებულია მთლიანადწყვილი მილისაგან ბოლოზე დადულებული თავით; ამ უკან-
ასკნელის განაწერში დამკერი ხრახნის საშუალებით დამაგრებულია 8 მმ სიქის სწრაფ-
მკრელი ფოლადის ფირფიტა. მილის ზედაპირზე დადულებულია სტელიტიდან გაკეთებუ-
ლი შევრილები, რომლებიც ვახეხილი არიან ხვრეტის დიამეტრით და ამ უკანასკნელში
ასრულებენ მიმართველის როლს. გამაცივებელი სითხე შემოდის მილის შიგნიდან ხვრე-
ტებში, რომლებიც გაბურღული არიან თავში უშუალოდ მკრელ წიბოებზე. გაბურღვის

დროს წარმოქმნილი ბურბუშეღა მოშორდება ნახვრეტის კედლებსა და ბურღის ღეროს შორის არსებული სივრცით.

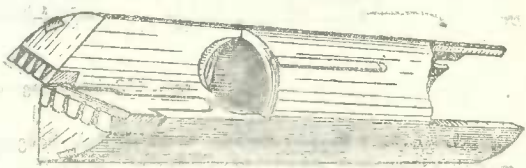
ასეთი ბურღების ნაკლოვანებას წარმოადგენს განივი წიბოს არსებობა, ბურღის გვერდზე წასვლა, ბურბუშელის გამოსვლის სიძნელე. ასეთ ნაკლოვანებას მოკლებულია



სურ. 190. ფრთისგბრი ბურღი ღრმა გაბურღვისათვის.

191-ე სურათზე ნაჩვენებია ბურღი. ბურბუშელის დასაქუცმაცებლად ბურღის მკრელ პირებს აქვთ ღარაკები. ასეთი ბურღების წარმადიანობა პრაქტიკაში აღწევს 1000—1200 მმ გაბურღულ ხვრეტის სიგრძეს საათში (როცა $D = 140$ მმ).

როდესაც საჭიროა საგნის ღერძის გასწვრივ მასალის ამოჭრა მისი თვისებების გამო-საცდელად ანდა ეკონომიის თვალსაზრისით არ სურთ შეიქმნას მოსაშორებელი მასალა გა-დააქციონ ბურბუშელად, მაშინ იყენებენ სპეციალურ მკრელ თა-ივებს რამდენიმე ერთდროულად მომუშავე საჭრისით (სურ. 192). ერთ-ერთი საჭრისი გაბურღულ არხს აძლევს ზომას (კალიბრი) და ამიტომ კეთდება გასაწვევი; დაჩ-ლუნგების შემთხვევაში გადალეს-ვის შემდეგ შეიძლება მისი დაყე-ნება პირველსაწყის დიამეტრზე.



სურ. 191. ბურღი ღრმა გაბურღვისათვის.

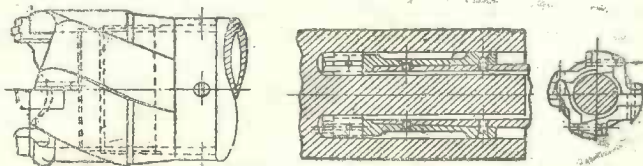
§ 84. ბაპუარღვის პროცესი და ბურბუშელის წარმოქმნა

შთელი რიგი მკვლევარების მიერ ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ცდების მონაცემე-ბი უგვარწმუნებენ იმაში, რომ ბურბუშელის წარმოქმნის კანონებს გაბურღვის და სახარო-ტო დამუშავების დროს აქვთ ბევრი რამ საერთო. აქ აგრეთვე შეიძლება იმის შემჩნევა, რომ, მახვილი წიბოს შეჭრისთანავე, დასამუშავებელი მასალა იწყებს დინებას და ამო-ბურცვას, მასთან მისი დეფორმირება ასწრებს ჰრას და მკრელ ნაწიბურს უხდება საქმე-ტქონისა უფრო საღ ბურბუშელასთან, ვიდრე თვით დასამუშავებელი მასალაა. ადგილი აქვს აგრეთვე ნახრდის წარმოქმნას, რომელიც დროგამოშვებით ქრება და კვლავ ძზრ-დება.

მასთან ამჩნევენ, რომ ზოგიერთი ფაქტორი, როგორც, მაგალითად, ჰრის სიჩქარე, ჩარხვისაგან განსხვავებით, ძალზე ზღანტი ლითონების გაბურღვის დროს; ახდენს უფრო დიდ გავლენას ბურბუშელის დეფორმაციის ხარისხზე. მაგალითისათვის მოყავთ ორი ბური 13. ლითონების ჰრა.

ბუშელა, რომლებიც აღებულია $v=20$ მ/წუთ და $v=70$ მ/წუთ დროს და $\gamma=0,3$ მმ/ბრ მიწოდებისას. დადგენილ მიწოდებასთან შედარებით პირველი ბურბუშელი გვიჩვენებს 1,6-ჯერ უფრო მეტ გასქელებას, მეორე კი 7,8-ჯერ უფრო მეტს. ეს მიგვიჩვენებს იმაზე, რომ მზარდი ჭრის სიჩქარისა და, მაშასადამე, ტემპერატურის დროს, ბლანტი მასალის პლასტიურობა მნიშვნელოვნად იზრდება. გარდა ამისა, ბლანტი მასალის ბურბუშელის გასქელება კიდევ აიხსნება ბურბუშელის მოცილების განსაკუთრებით ძნელი პირობებით გაბურღვის დროს. აქ ბურბუშელა, ჩარხვასთან განხვევებით, შევიწროებულია ნახევრეტის კედლებისა და სპირალური ლარაკების ზედაპირის შორის არსებული არებით, რის შედეგადაც ადგილი აქვს დიდ ხახუნის ძალებს, და, აქედან გამომდინარე, ბლანტი ბურბუშელის ძლიერ დეფორმაციებს. აქედან გასაგებია ჭრის ძალის გაზრდის ის მოვლენა, რომელსაც ზოგჯერ ამჩნევენ ხოლმე ჭრის სიჩქარის მომატების შემთხვევაში ძალზე ბლანტი ლითონების გაბურღვის დროს.

ბურბუშელის დეფორმაციის ხარისხზე გაბურღვის დროს მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ბურღის სპირალის დახრის კუთხეები, რომლებიც საზღვრავენ ჭრის კუთხეებს, γ' სპირალის დახრის კუთხის ზრდასთან ერთად (ჭრის კუთხის შემცირებასთან ერთად) ვამჩნევთ ბურბუშელის მიკროსტრუქტურის უფრო სუსტ რღვევას, რაც გავლენას ახდენს აგრეთვე მის გარეგან ხედზე.



სურ. 192. საბურღავი თავი.

ზოგიერთი მკვლევარების მონაცემების მიხედვით EN-15 ბლანტი ნიკელიანი ფოლადის გაბურღვის დროს სხვადასხვა γ' კუთხიანი ბურღებით ადგილი აქვს შემდეგ: $\gamma'=24-28^\circ$ კუთხეების დროს ბურბუშელა წარმოიქმნება გრძელი ლენტების სახით, რომლებიც გაიჭედებიან ხოლმე ლარაკებში, $\gamma'=34-40^\circ$ დროს კი იგი იგრინება ადვილად მოსაცილებელ სპირალებად.

ყოველი დასამუშავებელი მასალისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ ბურღები შესაბამისი, ყველაზე უფრო ხელსაყრელი სპირალის კუთხეებით. პრაქტიკაში ამას აკეთებენ მხოლოდ იშვიათ შემთხვევებში სპეციალური მასალებისათვის, რომლებსაც აქვთ განსაკუთრებული ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ყოველი დასამუშავებელი მასალისათვის სპეციალური ბურღების გაკეთება შეუძლებელია, რადგან ეს ძალზე გაზრდიდა ხარჯებს იარაღზე და, გარდა ამისა, გადატვირთავდა საწყობებს იარაღის ზედმეტი რაოდენობით.

საკითხის გადაწყვეტა ხდება ბურღების სპეციალური აღესვით, რომელიც საშუალებას იძლევა, მისი ფორმის შეუცვლელად, მივიღოთ ჭრის სხვადასხვა კუთხეები. ასეთი აღესვა შესაძლებლობას იძლევა შევცვალოთ ჭრის კუთხეები არა მხოლოდ ხელსაყრელი მიმართულებით, არამედ შევამციროთ აგრეთვე განივი წიბოს სიღიბე, რაც, როგორც ამას ქვემოთ გავიგებთ, სერიოზულ უპირატესობას იძლევა მუშაობაში.

§ 95. ჰარის სიჩქარე და ბურბუშუმლის განვივი კვების ფართობი განაშრდვის დროს

მუშაობის პროცესში ბურღი ასრულებს ორ მოძრაობას: ძირითად-მუშა მოძრაობას თავის ღერძის ვარშემო და დამხმარებს—ღერძის გასწვრივ.

ჰარის სიჩქარე გაბურღვის დროს გამოისახება მეტრ წუთებში და გამოიანგარიშება ბურღის d მმ დიამეტრისა და მისი ბრუნვათა რიცხვის მიხედვით განტოლებით:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ.} \quad (1)$$

(1) განტოლება გამოისახავს მჭრელი წიბოების მხოლოდ კიდურ, ბურღის წრესაზე მდებარე, გარე წერტილების წრიულ სიჩქარეს, იმ დროს, როცა ყველა სხვა წერტილს ექნება სხვა სიჩქარე—და მით უფრო მცირე, რაც უფრო ახლოს იქნება ის ბურღის ცენტრთან.

ბურღის გადაადგილების სიჩქარე ღერძის მიმართულებით განსაზღვრავს s მიწოდებას, ე. ი. ბურღის გადაადგილების სიდიდეს მილიმეტრებში 1 ბრუნვის დროს. მიწოდება $T=1$ წუთის განმავლობაში იქნება:

$$s_{\text{წუთ}} = s \cdot n \text{ მმ/წუთ} \quad (2)$$

სადაც $s_{\text{წუთ}}$ —მიწოდებაა მილიმეტრებში 1 წუთის განმავლობაში,

s —მიწოდება მილიმეტრებში ბურღის 1 შემობრუნების დროს;

n —ბურღის ბრუნვათა რიცხვი 1 წუთში.

ძნელი არაა დავაწმუნდეთ იმაში, რომ ბურბუშუმლის f განვივი კვეთის ფართობის სიდიდე მოხსნილი ბურღის მიერ, განისაზღვრება ბურღის d დიამეტრით და s მიწოდებით.

193-ე სურათზე ნაჩვენებია ჰრილში ლითონის ფენა, რომელიც აღებულია ბურღის ორი მჭრელი წიბოს მიერ 1 შემობრუნების დროს; ფენა წარმოადგენს პარალელოგრამს, რომლის ფართობი:

$$f = \frac{d \cdot s}{2} \text{ მმ}^2 \quad (3)$$

ერთ მჭრელ წიბოზე კი შესაბამისად მოდის:

$$f_0 = \frac{f}{2} = \frac{d \cdot s}{4} \text{ მმ}^2 \quad (4)$$

წინასწარი d_1 დიამეტრიაანი ხვრეტის გაბურღვის შემთხვევაში მივიღებთ:

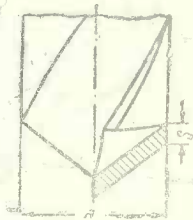
$$f_1 = \frac{(d-d_1)s}{2} = t \cdot s \text{ მმ}^2, \quad (5)$$

სადაც:

$$\frac{d-d_1}{2} = t,$$

ე. ი. მივიღებთ განტოლების ჩვეულებრივ სახეს ბურბუშუმლის კვეთის ფართობისათვის საბარატო ვაჩარხვის დროს.

ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ, თუ რა გავლენას ახდენს ბურბუშუმლის d და s ელემენტების ცვალებადობა ჰრისადმი წინააღმდეგობის სიდიდესე გაბურღვის დროს, და აგრეთვე ჰრის იმ სიჩქარეზე, რომელიც დასაშვებია ბურღის მედეგობით.



3. ბურბუშუმლის განვივი კვეთის ფართობი გაბურღვის დროს.

XVI ზარისაღმართი წინააღმდეგობა გაბურღვის დროს

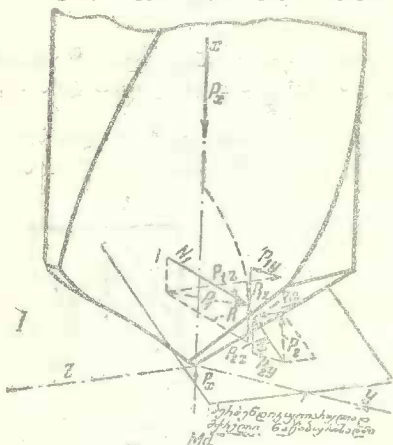
§ 86. ზარის ძალისაღმართი წინააღმდეგობა გაბურღვის დროს

ბურღვი განიცდის ისეთ დიდ ზინეებს, რომლის შესავსებად არ განიცდის არც ერთი იარაღი, და ისინი გამოწვეული არიან არა მხოლოდ ბურბუშელის ჯრის ძალებით და მისი დეფორმაციით, არამედ მნიშვნელოვნად კიდევ იმ ხახუნით, რომელსაც ადგილი აქვს ბურბუშელასა, იარაღსა და დასამუშავებელ მასალას შორის. უკანასკნელ შემთხვევაში არჩევნად: ბურბუშელის ხახუნს ბურღვის წინა წახნაგთან (ე. ი. ღარაკის კედლებთან), უკანა წახნაგის (ზურგის) ხახუნს გასაბურღ ნახვრეტის ფსკერთან და ბურღის ფასკის ხახუნს ხვრეტის კედლებთან.

ამ ძალების მოქმედებასთან უკეთესად გაცნობისათვის მოვათავსოთ ბურღვი, 194 I სურათის თანახმად, მართკუთხა კოორდინატთა სისტემაში, რომლის x ვერტიკალური ღერძი ემთხვევა ბურღის ღერძს. 194 II სურათზე მოცემულია ბურღის ჰორიზონტალური კვეთით მჭრელი წიბოს ნებისმიერ წერტილში. წინა ზედაპირზე მოქმედებენ: N_1 ნორმალური ძალა და R_1 ხახუნის ძალა; მათი P_1 ტოლქმედი შეიძლება დაშლილი იქნას სამ შემადგენლად: P_{1x} , P_{1y} , P_{1z} შესაბამის x , y , z ღერძების გასწვრივ. ამრიგად გვაქვს:

$$\vec{R}_1 + \vec{N}_1 = \vec{P}_1 = \vec{P}_{1x} + \vec{P}_{1y} + \vec{P}_{1z} \quad (1)$$

ბურღის უკანა წახნაგზე მოქმედებენ N_2 ნორმალური ძალა და R_2 ხახუნის მხები



ძალა. მათი P_2 ტოლქმედი, წინა შემთხვევის ანალოგიურად, დაგშალოთ P_{2x} , P_{2y} , P_{2z} , რომლებიც მდებარეობენ x , y , z ღერძებზე. მაშასადამე:

$$\vec{R}_2 + \vec{N}_2 = \vec{P}_2 = \vec{P}_{2x} + \vec{P}_{2y} + \vec{P}_{2z} \quad (2)$$

R_2 ხახუნის ძალა ფასკების გვერდის ზედაპირზე მიემართოთ მხებდა ბურღის წრე-ხაზისადმი, განიც წიბოზე ჯრის ძალის ორ-ძულ შემადგენელი P_0 ძალა კი— x ღერძის გასწვრივ.

შედგად ბურღის ღერძის გასწვრივ იმოქმედებს ეგრეთ წოდებული ღერძული ძალა ანდა მიწოდების ძალა, ტოლი:

$$P_x = P_{1x} + P_{2x} + P_0 \quad (3)$$

ეს P_x ძალა უნდა დაძლეულ იქნას ჩარხის მიწოდების მექანიზმის მიერ ღერძის გასწვრივ ბურღის ვალადაცლების განსახორციელებლად.

შემდეგ, P_{1z} , P_{2z} , R_z ძალები ქმნიან ბჭორზე მგრეხავ მომენტს:

$$M = 2 \left(r_1 \sum P_{1z} + r_2 \sum P_{2z} + r_3 R_z \right) \quad (4)$$

სადაც r_1 —ბურღის ღერძიდან P_{1z} ძალების

სურ. 194. ძალების განლაგება ბურღზე გაბურღვის დროს.

ტოლქმედის მოღებვის წერტილის მანძილია.

r_2 —ბურღის ღრძიდან P_{2x} ძალების ტოლქმედის მოდების წერტილის მანძილი,

$$r_3 = \frac{d}{2} \text{— ბურღის რადიუსი.}$$

დაბოლოს, P_{1y} და P_{2y} შემადგენელი ძალების ტოლქმედები, რომლებიც მოდებული არიან ორივე მკრეულ წიბოზე და მიმართული მოპირდაპირე მხარეს, ურთიერთბათილდებიან:

$$\sum P_{1y} + \sum P_{2y} = 0$$

გაბურღვის დროს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს M მგრეხავი მომენტის სიდიდეს, რადგან მით განისაზღვრება ჩარხის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე, და ბურღში და ჩარხის შპინდელში მგრეხავი ქინკები.

თუ დავუშვებთ, რომ $\frac{P_x}{2}$ ტოლქმედი ძალები, რომლებიც ბურღზე წარმოშობენ მგრეხავ მომენტს, მოდებული არიან ყოველი მკრეული წიბოს შუაში (სურ. 195), მაშინ მანძილი $\frac{P_x}{2}$ ძალების მოდების წერტილებს შორის ტოლია $\frac{d}{2}$ (რაც სავსებით არაა სწორი).

$$M = \frac{P_x}{2} \cdot \frac{d}{2} = \frac{P_x \cdot d}{4} \text{ კგმმ.} \quad (5)$$

საიდანაც, თუ ცნობილია M , რომლის განსაზღვრაც ხდება ცდების საშუალებით; შეიძლება P_x მთავარი ძალის მნიშვნელობის გამოანგარიშება.

დავუშვათ, რომ ჭრის ძალების ცვალებადობის ხასიათი გაბურღვის დროს არის იგივე, რაც ჩარხის დროს, ე. ი.

$$P_x = C_p \cdot f^{x_p} \cdot s^{y_p} \text{ კგ} \quad (6)$$

$$P = \frac{P_x}{f} = \frac{C_p \cdot f^{x_p} \cdot s^{y_p}}{f} = \frac{C_p}{f^{1-x_p}} \cdot s^{y_p} \text{ კგ/მმ}^2; \quad (7)$$

კერძოდ, ფოლადისა და სხვა ლითონებისათვის ($x_p=1$; $y_p=0,78$).

$$P = \frac{C_p}{s^{0,22}} \text{ კგ/მმ}^2$$

სადაც p —ჭრის ხვედრითი დაწოლაა კგ/მმ²;

C_p —ჭრის კოეფიციენტი, მუდმივი მოცემული ლითონისათვის; აქედან მგრეხავი მომენტი

$$M = \frac{P_x \cdot d}{4} = \frac{p \cdot f \cdot d}{4} = \frac{C_p \cdot d \cdot s \cdot d}{4 \cdot 2 \cdot s^{0,22}} = \frac{C_p \cdot d^2 \cdot s^{0,78}}{8} \text{ კგმმ,}$$

$\frac{C_p}{8}$ აღვნიშნოთ C_M -ით,
მაშინ

$$M = C_M \cdot d^2 \cdot s^{0,78} \text{ მმ,} \quad (8)$$

სადაც C_M —მუდმივაა, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე.

ამრიგად, ძნელი არ არის ღერძული ძალისათვის გამოიყვანროთ განტოლება:

$$P_x = C_p \cdot d \cdot s^{0,78} \quad (9)$$

შაინც საქმროა აღინიშნოს, რომ $M-d-s$ და P_x-d-s შორის დამოკიდებულების განტოლებები არ არიან ზუსტნი, რადგან მათი გამოყვანის დროს P_x და d შორის დამოკიდებულება ხაზობრივი დამოკიდებულება, ანალოგიური P და l შორის მარტივი პროპორციულობისა, სახარატო დამუშავების დროს. სინამდვილეში ამას გაბურღვის დროს შეიძლება ადგილი არ ქონდეს, რადგან ბურღის ფორმის თავისებურების გამო ბურბუშელის დეფორმაცია ხდება უფრო შეზღუდულ პირობებში, ვიდრე საქრისთან. მაგალითად, დიდი ბურღების შემთხვევაში, რომლებმაც აქვთ ღარაკების შედარებით უფრო დიდი მოცულობები, ბურბუშელის მოცილება ხდება უფრო ადვილად, ვიდრე მცირე ბურღებში. P_x მიმართ ეს მით უფრო შესაძლებელია, რომ განივი წიბოს სიდიდე დიდ ბურღებში შედარებით უფრო მცირეა, ვიდრე პატარა ბურღებში.



სურ. 195. ტანგენციალური ძალების მდებარეობა მჭრელ წიბოებზე.

გარდა ამისა, ამ განტოლებებში მხედველობაში არ არიან მიღებული ისეთი ფაქტორები, როგორცაა ბურღის ფორმა, გაბურღვის სიღრმე, განივი წიბოს სიღრმე და სხვ., რომელთა გავლენაც M და P სიდიდეებზე ძალზე მნიშვნელოვანია. გამოთქმული მოსაზრებანი დასტურდებიან მთელი რიგი ექსპერიმენტალური მონაცემებით, რომელთა საფუძველზედაც გამოყვანილია $M-d-s$ და P_x-d-s შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულებანი, რომლებიც, თავის მხრივ, ყოველთვის არ ეთანხმებიან (8) და (9) განტოლებებს.

§ 87. დასაშუალოებული მასალისა, ბურღის დინამიკისა და მიწოდების გავლენა M და P_x სიდიდეებზე

მრავალრიცხოვანმა ცდებმა, რომლებიც ჩატარებულია მთელი რიგი საბჭოეთისა და საზღვარგარეთელი მკვლევარების მიერ, მოგვცეს $M-d-s$ P_x-d-s შორის ფუნქციონალური დამოკიდებულება განტოლებების სახით

$$M = C_M \cdot d^{x_M} \cdot s^{y_M} \quad (10)$$

$$P_x = C_P \cdot d^{x_P} \cdot s^{y_P} \quad (11)$$

რომლებშიც, დასამუშავებელ მასალაზე დამოკიდებულ C_M , C_P , x_M , y_M , x_P , y_P , მუდმივების მნიშვნელობებს, სხვადასხვა ექსპერიმენტატორი ღებულობდა სიდიდით მნიშვნელოვნად განსხვავებულს ერთმანეთისაგან.

C_M , x_M , y_M მგრესავი მომენტისათვის და C_P , x_P , y_P ღერძული ძალისათვის მნიშვნელობების შენაჯამი ფოლადისა და საშუალო სისალის თუჯის გაბურღვის დროს მოყვანილია 34 და 35 ცხრილებში.

ცხრილი 34

C_M , x_M , y_M მნიშვნელობები $M = C_M \cdot d^{x_M} \cdot s^{y_M}$ კვამ განტოლებაში

მ კ ვ ლ ე ვ ა რ ე ბ ი	საშუალო სისალის ფოლადი			საშუალო სისალის თუჯი		
	C_M	x_M	y_M	C_M	x_M	y_M
ბოლიაკოვი	70	1,8	0,7	—	1,82	0,72
შლეზინგერი	—	1,88	0,7	11,4	1,88	0,65
კრონენბერგი-კურტინი	61,5	1,803	0,803	31,5	1,75	0,75
НИИМАШ (ნიტვერსკოვი)	25,3	2,00	0,85	6,8	2,25	0,89
СТЗ ლაბორატორია	61,0	—	0,81	—	—	—
Гипрошап-и	58	1,8	0,78	—	—	—

ცხრილი 35

$$C_p, x_p, y_p \text{ მნიშვნელობები } P_p = C_p \cdot d^p \cdot s^p \text{ კგ განტოლებაში}$$

მ კ ვ ლ ე ე ვ ა რ ე ბ ი	საშუალო სისალის ფოლადი			საშუალო სისალის თუჯი		
	C_p	X_p	Y_p	C_p	X_p	Y_p
ბოლიაკოვი	241	0,70	0,60	—	0,70	0,75
შლიხინგერი	81,2	1,00	0,70	36	1,00	0,66
კრონენბერგი-კურიენი	122,5	0,803	0,803	57,5	0,75	0,75
НИИМАШ (ნეტვერიკოვი)	89,0	1,00	0,72	76,0	1,00	0,87

აზრთა სხვადასხვაობა მუდმივი კოეფიციენტების მნიშვნელობების მიმართ სხვადასხვა მკვლევარის მონაცემების მიხედვით შეიძლება ახსნილი იქნას მთელი რიგი მიზეზით, რომელთაგანაც უმთავრესია:

1) დასამუშავებელი მასალის არასაკმაოდ ზუსტი კლასიფიკაცია;

2) გამოყენებული ბურღების ფორმისა და ზომის სხვადასხვაობა, რადგან სხვადასხვა დიამეტრის ნორმალური სპირალური ბურღები გეომეტრიულად არ არიან მსგავსნი,

3) M და P_p გასაზომად სხვადასხვა მეთოდისა და ხელსაწყო გამოყენება.

196 და 197-ე სურათებზე უფრო მეტი თვალსაჩინოებისათვის ნაჩვენებია მიწოდებაზე M და P_p დამოკიდებულების გრაფიკი სხვადასხვა მკვლევარის მონაცემების მიხედვით. პოლიაკოვის მონაცემები შეიძლება ჩაითვალოს არარეალურად, რადგან ისინი მიღებული არიან შედარებით დიდი ხნის წინათ (1911)-დღი განივი წიბოს მქონე ძველი არასრულყოფილი ბურღების საშუალებით და თანამედროვე პრაქტიკით არ დასტურდებიან. ამ მხრივ პრაქტიკულ გამოყენებისათვის ყველაზე უფრო გამოსადეგია ГИПРОМАШ-ის მონაცემებით M და P_p გამოსანგარიშებლად ფორმულის სახით.

$$M = C_M \cdot d^m \cdot s^m \text{ კგ/მმ}^2$$

$$P_p = C_p \cdot d^p \cdot s^p \text{ კგ.}$$

სიდაც $C_M, C_p, x_M, y_M, x_p, y_p$ მნიშვნელობები იღლება 36-ე ცხრილიდან

ცხრილი 36

$C_M, x_M, y_M, C_p, x_p, y_p$ მნიშვნელობები ГИПРОМАШ-ის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალა	C_M	x_M	y_M	C_p	x_p	y_p
ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი		1,8	0,78		1,0	0,78
$\sigma_B = 35$ კგ/მმ ²	37			44		
$\sigma_B = 45$ „	44			53		
$\sigma_B = 55$ „	50			62		
$\sigma_B = 65$ „	58			70		
$\sigma_B = 75$ „	64			79		
$\sigma_B = 85$ „	70			85		

(ცხრილი 36 გავრცელება)

დასამუშავებელი მასალა	C_M	α_M	γ_M	C_p	α_p	γ_p
ქრომიანი ფოლადი 5140: ნორმალიზებული	70	1,8	0,78	97	1,0	0,78
გაუშვობესებული	85			118		
ქრომნიკელიანი ფოლადი: 3120	49	1,8	0,78	56	1,0	0,78
3355,3140	50,4			72		
ნორმალიზებული } 3250	56,5			82		
} 3312	60			88		
გაუშვობესებული } 3120	66	94				
} 3140	73	102				
} 3312						
თ უ ჯ ი						
$H_B = 155$ კგ/მმ ²	11,6	1,8	0,78	38,3	1	0,6
$H_B = 170$ "	12,6			40,4		
$H_B = 190$ "	14,1			43,2		
$H_B = 210$ "	15,3			45,7		
ქედალი თუჯი:						
$H_B = 150$ კგ/მმ ²	30	1,8	0,78	37	1	0,78
$H_B = 190$ "	37			45		
ბრინჯაო						
$\sigma_B < 30$ კგ/მმ ²	9	2,0	0,6	32	1	0,6
$\sigma_B \geq 30$ "	11,6			37,8		
თითბერი:						
$\sigma_B = 22-36$ კგ/მმ ²	5,3	2,0	0,75	10,5	1,3	0,5
ალუმინი:						
$H_B = 60-80$ კგ/მმ ²	13,4	1,8	0,78	16	1	0,78
$H_B = 80-100$ "	20			24		

მაგალითი. $\sigma_B = 50 - 60$ კგ/მმ² მქონე საშუალო სისხლის ფოლადის შემთხვევაში $d = 20$ მმ ბურლით და $s = 0,3$ მმ/ბრ დროს Γ პრომაშ-ის მიხედვით გვექნება:

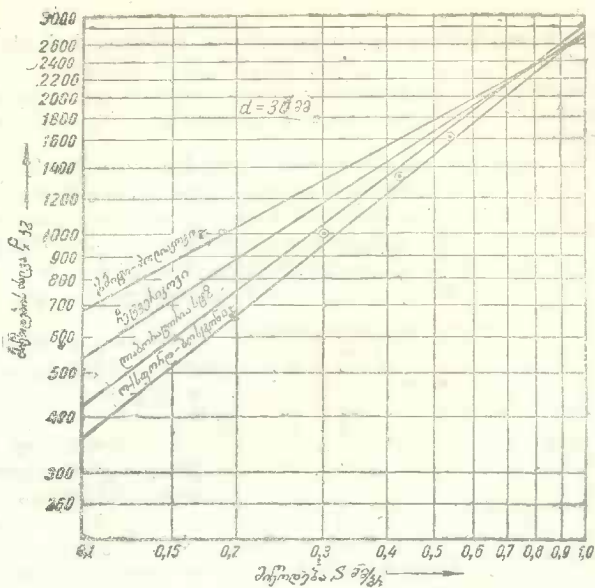
$$M = 50 \cdot 20^{1,8} \cdot 0,5^{0,78} = 6380 \text{ კგმმ};$$

$$P_s = 62 \cdot 20 \cdot 0,5^{0,78} = 720 \text{ კგ}.$$

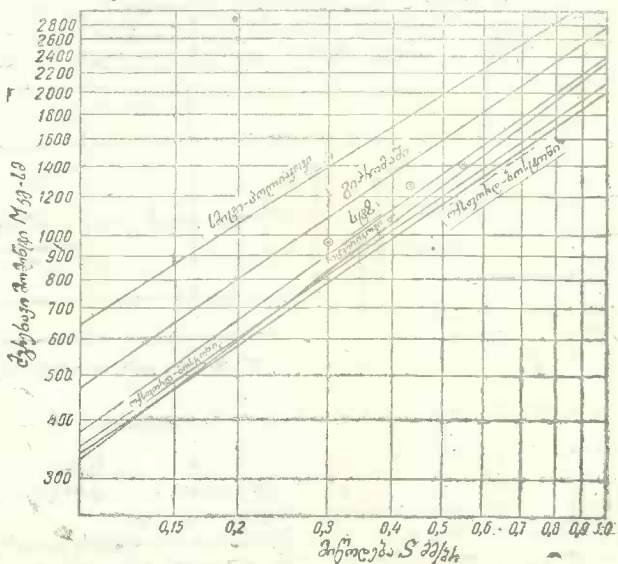
საკიროა აღინიშნოს, რომ მიღებული შედეგები, და აგრეთვე გამოყენებული ფორმულები, სამართლიანი არიან საორიენტაციო ანგარიშისათვის; ისინი არ არიან მაინცდამაინც აბსოლუტურად ზუსტი, რადგან ანგარიშს არ უწევენ გამოყენებული ბურლების ფორმასა და კონსტრუქციის თავისებურებებს, მით უფრო, რომ სხვადასხვა ქარხნების ნორმალური ბურლებიც კი მაინცდამაინც ინდენტური არ არიან ურთიერთ შორის.

§ 88. ზუზლის ფორმისა და კონსტრუქციის გავლენა მგრძობაში მომენტისა და დამტვირთვით

უპირველეს ყოვლისა, საინტერესოა გამოვარკვევით M და P_s -ის ფარდობითი მნიშვნელობა ბურლის სხვადასხვა ელემენტზე, რისი გავლენაც არაა ძნელი ძალზე მარტივი სპეციალური ცდების საშუალებით.



სურ. 196. მიწოდების ძალის შედარებითი გრაფიკი $d=30$ მმ ბურღისათვის საშუალო სისხლის ფოლადის გაბურღვის დროს.



სურ. 197 მგრებავი მომენტების შედარებითი გრაფიკი $d=30$ მმ ბურღისათვის საშუალო სისხლის ფოლადი გაბურღვის დროს.

ასე, მაგალითად, თუ მრგვალ ღეროს გავებურღავთ ბურღით, რომელსაც აქვს სიდიდით იგივე დიამეტრი, რაც თვით ღეროს, მაშინ მუშაობიდან გამოირიცხება ბურღის ფასკა; ამ დროს ბურბუშულა თავისუფლად გადავა გვერდზე და M და P_x შედარებით ნორმალურთან მცირდება ბურღის ფასკისა და ნახვრეტის კედელზე ბურბუშულის ხახუნის შესაბამის სიდიდებზე.

თუ ბურღით გავებურღავთ d_0 დიამეტრის მქონე მზა ნახვრეტს, მასთან d_0 უდრის b განივი წიბოს სიგანეს, მაშინ მუშაობიდან გამოირიცხული იქნება განივი წიბო და, მაშასადამე, კვლავ ვამცირებთ M და P_x შესაბამის სიდიდებზე. ამ გზით შეიძლება გამოვარკვიოთ ბურღის ყოველი ელემენტის ფარდობითი როლი M და P_x -ის მნიშვნელობებში.

საშუალო ზომის ბურღით ფოლადის დამუშავების შემთხვევისათვის მთავარი მჭრელი წიბო, ფასკისა და განივი წიბოს ფარდობითი როლი დაახლოებით გამოისახება პროცენტებში ციფრებით:

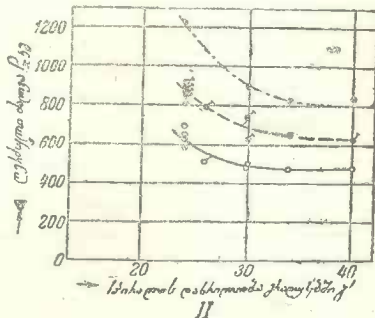
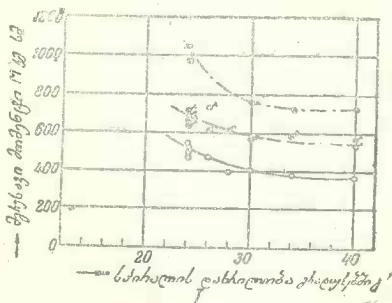
ბურღის ელემენტი	M %	P_x %
მთავარი მჭრელი წიბო	80	40
განივი წიბო	8	57
ბურბუშულისა და ბურღის ფასკის ხახუნის ნახვრეტის კედელზე	12	3

როგორც ვხედავთ, M თავის უდიდეს ნაწილში წარმოიქმნება მთავარი მჭრელი წიბოთი, P_x კი—განივი წიბოთი.

მაშასადამე, თუ სასურველია გაბურღვის დროს ჰრისადმი წინაღმდეგობის შემცირება, მაშინ საკი-

როა პირველ რიგში შევცვალოთ აღნიშნული ორი ელემენტი. ასე, მაგალითად, თუ შევცვალოთ γ' ბურღის სპირალის დახრის კუთხეს და ამით კი β ჰრის კუთხესაც, მაშინ შეიძლება M და P_x მნიშვნელობის შეცვლა. 198 I—II სურათზე მოყვანილია M — γ' და P_x — γ' შორის დამოკიდებულების გრაფიკები; ისინი გვიჩვენებენ M და P_x ცხად ზრდას γ' კუთხის შემცირებასთან ერთად.

ამის საფუძველზე შეიძლებოდა გაგვეკეთებინა დასკვნა დიდი γ' კუთხის მქონე ბურღებით მუშაობის ხელსაყრლობის შესახებ, რომ ამას ზრ მოსდევდეს ბურღის სიმტკიცის შესაბამისი შემცირება, რომელიც ანსაკუთრებით დაუშვებელია სალი მასალების დამუ-



სურ. 198. γ' სპირალის კუთხის გავლენა M და P_x სიდიდებზე.

შავების დროს. ამიტომ ჩვეულებრივ მუშაობენ ხოლმე $\gamma' \approx 30^\circ$ კუთხეებიანი ბურღებით (გაიზომება ბურღის გარე დიამეტრზე), თუმცა პრაქტიკულად ხშირად უფრო ხელსაყრელია დიდი $\gamma' = 35-40^\circ$ კუთხეებიანი ბურღების გამოყენება.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იარაღის მასობრივი წარმოების პირობები აძნელებენ სპეციალური ბურღების დამზადებას, მუშაობის ამა თუ იმ სპეციფიკური პირობების

ანგარიშში მიღებით, და ამიტომ ამ პირობებთან შესაგუებლად გვიხდება ბურლის სპეცი-
ალური ალესვა.

რაც შეეხება α' უკანა ალესვის კუთხეს, აქ საჭიროა თვალყური ვადევნოთ მხოლოდ
იმას, რომ მისი მნიშვნელობა არ აღმოჩნდეს იმ მინიმუმზე ქვევით, რომლის დროსაც α
უკანა კუთხე უარყოფითი ხდება. როგორც ცნობილია, ეს მინიმუმი განისაზღვრება გან-
ტოლებით:

$$f g \alpha'_{min} = \frac{5}{\pi \cdot d}$$

როგორც ცდება დაგვანახებს, α' კუთხის შესამჩნევ ზრდას მინიმუმის ზევით მნიშვნე-
ლობა არა აქვს M და P_x სიდიდეებზე, ამავ დროს კი იგი მჭრელი ნაწიბურის სიმტ-
კიცებზე ძალზე ცუდ გავლენას ახდენს.

მცირე დიამეტრის ბურლების შემთხვევაში, არავითარი აზრი არა აქვს α' კუთხე გა-
ვაკეთოთ ზღვრებში 6° -დან ბურლის გარე დიამეტრთან $20-30^\circ$ -მდე ცენტრში, რისთვისაც
სწორედ შეწყობილი არიან ზოგიერთი სპეციალური ჩარხები; საკმარისია გვექონდეს
 $\alpha' = 8-8^\circ$ მათი ძალზე მცირე მიწოდებით მუშაობის გამო.

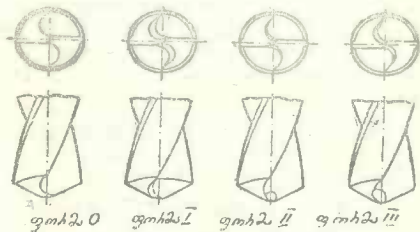
ამვე დროს მთელი რიგი ცდების მონაცემების მიხედვით უკანა ალესვის ხასიათი
გავლენას ახდენს P_x ღერძული ძალის სიდიდეზე; უკანასკნელი მცირდება $20-30\%$ -ით,
როგორც ალესილი ბურლებისათვის, ისე აგრეთვე ორმაგად ალესილებისათვისაც.

ბურლის ფასკის შესახებ საჭიროა აღინიშნოს, რომ, თუმცა ფასკა მცირე გავლენას
ახდენს M და P_x -ზე, მაინც იგი განიცდის სპეციალურ ალესვას ხახუნის შესამცირებლად
ფასკისა და ნახვრეტის კედლებს შორის. ამ დროს მნიშვნელოვნად მცირდება ბურლის ყვე-
ლაზე უფრო სუსტი უბნის—კუთხის, მჭრელი წიბოსა და ფასკას შორის—გახურება, და
ამით მნიშვნელოვნად იზრდება იარაღის მედეგობა.

განსაუთრებთ უნდა იქნას აღნიშნული ბურლის განივი წიბოს როლი ჰრის პრო-
ცესში. როგორც ცნობილია, განივი წიბო ძალზე არახელსაყრელი ჰრის კუთხეების გამო
კი არ ჰრის, არამედ თელავს დასამუშავებელ მასალას და აწვდის მას მთავარ მჭრელ წი-
ბოებს. ამ დროს მნიშვნელოვნად იზრდება P_x ღერძული ალა და— M მგრებადი მომენტი
კი უფრო სუსტად.

199-ე სურათზე ნაჩვენებია ბურლის განივი წიბოს ალესვის სხვადასხვა ხერხი, რომ-
ლებსაც იყენებენ ხოლმე ჰრისადმი წინააღმდეგობის შემცირების მიზნით. O ფორმა წარ-

მოადგენს აუღესავ ნორმალურ ბურლს.
I ფორმა გვიჩვენებს ბურლს ზურვის
წიბოს ალესვით: ასეთი ალესვის დროს
განივი წიბო მოკლდება და მცირდება.
ჰრის კუთხე ბურლის ყველაზე უფრო
არახელსაყრელ ადგილას—მისი ღერძის
ახლოს. ამგვარი ალესვა ყველაზე უფ-
რო ეკონომიურიცაა; აქ გადალესვის
დროს საჭირო აღარაა მასალის მნიშვნე-
ლოვანი ფენის აღება, რადგან მთავა-
რი მჭრელი წიბოს კუთხეები მუდმივი
რჩებიან და არ მოითხოვენ გასწორე-
ბას.



სურ. 199. ბურლის განივი მჭრელი ნაწიბურის
ალესვის რამდენიმე ხერხი.

პრაქტიკაში ხშირად იყენებენ ხოლმე II და III ფორმით ალესილ ბურლებს. პირ-
ველ შემთხვევაში (II ფორმა) მიზნად ისახავენ განივი წიბოს მხოლოდ შემოკლებას (დაახ-
ლოებით ნახევრით), მასთან ჰრის კუთხეები ბურლის ღერძის ახლოს არამც თუ არ მცირ-

დებიან, არამედ რამდენიმე იზრდება კრდევეც და, გარდა ამისა, ირღვევა მჭრელი წიბოს სწორხაზობრივობა. უკანასკნელი გარემოება არაა ხელსაყრელი ქრის ძალების თვალსაზრისით, თუმცა ამგვარი ბურღების შედეგობა, ნორმალურთან შედარებით, მაინც იზრდება. მეორე შემთხვევაში (ფორმა III) ალესვის მიზანს წარმოადგენს განივი წიბოს ზომის არა შემცირება, არამედ უფრო ხელსაყრელი ქრის კუთხის წარმოქმნა განივ წიბოსთან. და თუმცა ამ დროს ადვილდება ბურღის მუშაობა, მაგრამ ძალზე მცირდება მისი შედეგობა: განივი წიბო ჩლუნგდება და ფხვიერდება და მასთან განსაკუთრებით სწრაფად, უფრო ალესვის შემთხვევაში, როცა ალესილი ზედაპირის გადასვლა მჭრელ წიბოსაკენ უთანაბრო არის.

ზოგიერთი ექსპერიმენტალური მონაცემების მიხედვით (ცხრილი 37) შეიძლება ვაკეთოთ დასკვნა ალესვის ყველა აღნიშნული ტიპის გავლენის ხარისხის შესახებ M და P_x -ზე.

ცხრილი 37

P_x ალესვის დროს ფორმით კვ				M ალესვის დროს ფორმით კვკმ				შენიშვნა
0	I	II	III	0	I	II	III	
1610	1200	1440	1500	1550	1505	1500	1650	
1490	1000	1290	1045	1250	1270	1300	1435	
1470	1000	1290	1100	1320	1200	1310	1480	

როგორც ვხედავთ, P_x და M -ის უმცირესი მნიშვნელობა მიიღება I ფორმის მიხედვით ალესილი ბურღებით მუშაობის დროს. სწორედ ეს ბურღები არიან ყველაზე უფრო მედეგი და, მაშასადამე, ყველაზე უფრო წარმატადანი მუშაობაში.

P_x და M -ის მნიშვნელობაზე გავლენას ახდენს განივი წიბოს ψ კუთხეც (ე. ი. კუთხე მთავარი და განივი მჭრელი წიბოების მიმართულებებს შორის). ცდების მონაცემები გვიჩვენებენ, რომ ψ კუთხის ზრდასთან ერთად ადგილი აქვს P_x -ის მნიშვნელოვან ზრდას, იმ დროს როცა ψ -ს გაზრდის შემთხვევაში 55—60°-მდე M ჯერ მცირდება, შემდეგ კი ψ კუთხის შემდგომ ზრდასთან ერთად აგრეთვე მატულობს. მაშასადამე, ψ კუთხის ყველაზე უფრო ხელსაყრელი მნიშვნელობა ძეგს 55—60° ზღვრებში, რაც საყვებით დასტურდება პრაქტიკით.

დასასრულს შეიძლება მიგვეთითებინა ა წვეროსთან კუთხის მნიშვნელოვანი გავლენის შესახებ M მგრეხავი მომენტისა და P_x ღერძული ძალის სიდიდეებზე. ψ კუთხის ზრდასთან ერთად P_x მატულობს, M კი მცირდება; მართალია, პრაქტიკული ანგარიშის დროს ამ ფაქტორს არ გავუწევთ ანგარიშს, თუკი სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალისათვის გამოიყენებთ მათთვის განსაზღვრულ ψ კუთხეებს. ψ კუთხის უხელსაყრელი მნიშვნელობები აღნიშნულია 38 ე ცხრილში.

ცხრილიდან ჩანს, რომ კუთხის უმცირესი მნიშვნელობები ნარჩევია მასალებისათვის, რომლებიც ცუდად ატარებენ სითბოს. ეს გარემოება შეიძლება ავსნათ მით, რომ ψ კუთხის შემცირებასთან ერთად მნიშვნელოვნად ძლიერდება კუთხე მთავარ მჭრელ წიბოსა და ბურღის ფასკას შორის და მით უმჯობესდება სითბოს გადასვლის პირობა და, მაშასადამე, ბურღის მედეგობაც.

ცხრილი 38

ბურღის წვეროსთან φ კუთხის მნიშვნელობები სხვადასხვა დასამუშავებელ მასალისათვის

№ რ/რ	დასამუშავებელი მასალა	φ°
1	ფოლადი და თუჯი	115 — 120
2	ალუმინი და ყოველი მსუბუქი შენადნობი	130 — 140
3	მაგნიუმის შენადნობი	90 — 100
4	საილენძი	125
5	საავტომატო თითბერი	130
6	პლასტ-მასები (ვალიტი, ებონიტი, ტრალიტი)	50 — 60
7	ფიბრა, ბაკელიტი	80 — 90
8	ტექსტილიტი	100
9	მარმარილო, ქვანახშირი, შიფერი	80 — 90
10	მაგარი რეზინი	30 — 50

§ 89. გაცივებისა და გაპოხიერების გავლენა M და P_x სიღრმეზე

გაცივებისა და გაპოხიერების გავლენა ძალზე მნიშვნელოვანი უნდა იყოს, რადგან გაპოხიერება ამცირებს ხახუნს ბურბუშელასა, ბურღსა და დასამუშავებელ მასალას შორის და მით ამცირებს ბურბუშელის დეფორმაციას, რის შედეგადაც მცირდება კრისადში წინააღმდეგობა.

ქვემოთ 39 ე ცხრილში მოყვანილია ცდების მონაცემების მიხედვით მიღებული M და P_x -ის შემცირების ხარისხი გაპოხვით მუშაობის დროს სხვადასხვა მასალების გაბურღვის

ცხრილი 39

დასამუშავებელი მასალა	შემცირება გაპოხიერების დროს %	
	P_x	M
ალუმინის შენადნობები	40	31
საავტომატო თითბერი	8	0
საავტომატო ფოლადი	7	7
საიარაღო ფოლადი	19—39	21—34
თუჯი	11—15	11—18

სას, ამ დროს მუშაობდნენ $d=22$ მმ მკონე ბურღით $s=0.4$ მმ/ბრ დროს და ყოველი დასამუშავებელი მასალისათვის იყენებდნენ მისთვის შესაბამის საუკეთესო გამაპოხიერებელ ნივთიერებას.

საავტომატო თითბერისა და საავტომატო ფოლადის გაბურღვის დროს მიღებული მცირე ეფექტი აიხსნება, ცხადია, ძვრის ბურბუშელის მცირე დეფორმაციით.

სითხეები შეიძლება დალაგდეს მათი გაპოხვის თვისებისა და მიხედვით შემდეგ მწყობრით:

1. მშრალი ჭრა,
2. წყალი + ბორაკი (1,5%),
3. საბურღო ემულსია (2:100),
4. " " (10:100),

5. ლორის ქონი (უში),
6. მსუბუქი მინერალური ზეთი,
7. მძიმე " " "
8. 10% ლორის ქონის ნარევი მინერალურ ზეთთან,
9. 5% ოლიენის მჟავას ნარევი მინერალურ ზეთთან,
10. სულფურიტებული ლორის ქონი+5% მინერალური ზეთისა.

ყოველი დასამუშავებელი მასალისათვის საპიროა, შერჩეულ იქნას შესაბამისი მაპოხიერებელი ნივთიერება ისე, რომ მხედველობაში იქნას მიღებული არა მხოლოდ მისი გამაპოხიერებელი, არამედ გამაცივებელი თვისებაც, რომელსაც წვეულებრივ ცდების საშუალებით გეზულობენ.

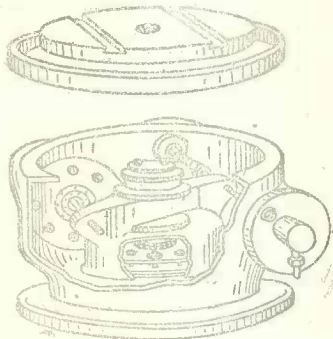
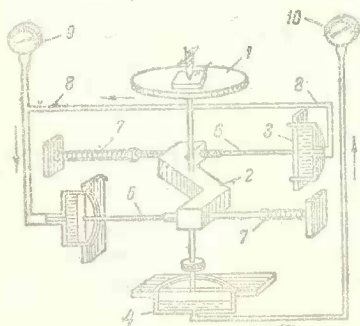
წიგნის ბოლოში დანართში მოყვანილია ყველაზე უფრო გამოყენებული მაპოხიერებელი საშუალებანი, რომლებსაც ხმარობენ სხვადასხვა ლითონების სხვადასხვა სახით დამუშავების დროს.

სახარატო დამუშავების ანალოგიურად, მაპოხიერებელი სითხე გაბურღვის დროს ამცირებს P_x და M მნიშვნელობებს და ამავე დროს არავითარ გავლენას არ ახდენს $P_x - d - s$ და $M - d_e$ ცვალებადობის კანონზომიერებაზე.

§ 90. დამუშავი ძალისა და მგრძნავი მომენტის ბაზომაზა გაბურღვის დროს

როგორც სახარატო დამუშავებისა, ისე გაბურღვის დროს არსებობს M და P_x -ის გაზომვის რამდენიმე მეთოდი. აქაც აგრეთვე სარგებლობენ ჰიდრავლიკური, პიეზო-ელექტრული და მალა-სიხშირიანი მოწყობილობის ხელსაწყოებით, მასთან განსაკუთრებით დიდი გავრცელება აქვს ჰიდრავლიკურ დინამომეტრს, როგორც ყველაზე უფრო მარტივს კონსტრუქციისა და მომსახურების მხრივ.

200-ე სურათზე ნაჩვენებია საბურღო ჰიდრავლიკური დინამომეტრის სქემა და კრილი. 1 მაგიდაზე თავსდება დასამუშავებელი მასალა. ბურღის გასწვრივ მოქმედი P_x ლერძული ძალა გადაეცემა პატარა დეჟუს, რომელიც გადაადგილდება სითხით გავსებულ 4 ცილინდრში. ამ სითხის საშუალებით ლერძული ძალა გადაეცემა 10 მანომეტრში, რომელიც რალაც მასშტაბში ფიგურენებს P_x სიდიდეს.



სურ. 200. საბურღო დინამომეტრის სქემა და კრილი.

ერთლაროულად გაბურღვის დროს წარმოქმნილი ტანგენციალური მგრძნავი ძალების გავლენის ქვეშ 1 მაგიდა უნდა შემობრუნდეს რალაც კუთხით, მასთან ერთად კი შემობ-

რუნდება ვერტიკალური დგარი 2 ორმხრივი ბერკეტით. უკანასკნელი, 6 ღეროსი და 3 ცილინდრში მოძრავი დღუშების საშუალებით; გადასცემს ძალას სითხის შემწეობით 9 მანომეტრს, რომელიც შესაბამისი გრადუირების დროს გვაჩვენებს რაღაც მასშტაბში M მნიშვნელობებს კგმ-ში.

7 ზამბარები 3 ცილინდრში ქმნიან პირველსაწყის დაწოლას მათში მკვდარი სივრცისა და დღუშების უქმი სვლის თავიდან ასაცილებლად.

როგორც სახარატო დინამომეტრში, აქაც მანომეტრებს ზოგჯერ შეცვლიან ხოლმე თვითმწერავი აპარატებით, რომლებიც ქაღალდზე აღნიშნავენ P_x და M ცვალებადობას გრაფიკების სახით.

ამგვარი მოწყობილობა გვიადილეებს თვალყურის დევნებას გაბურღვის პროცესზე და ამავე დროს იძლევა ამ პროცესის დოკუმენტალური რეგისტრაციის ყველა უპირატესობას.

აღწერილი ხელსაწყოს ნაკლოვანება — საერთო ყველა ჰიდრაულიკური დინამომეტრებისათვის — მდგომარეობს ხელსაწყოს მოძრავი ნაწილების ინერტობაში, რის გამოც კლებულობს მისი ჩვენებათა სიზუსტე.

§ 91. ბურღის მუშაობის შემზღვეველი პირობები

ბურბუშელის უდიდესი ზომა გაბურღვის დროს $F = \frac{s \cdot d}{2}$, რომლითაც უზრუნველყოფილია მაქსიმალური წარმადიანობა; ცხადია, იგი განისაზღვრება s მმ/წრ მიწოდების უდიდესი სიღრმით, რადგან ბურღის დიამეტრი აირჩევა მუშაობის პირობების მიხედვით. უკანასკნელი გარემოება გვავალებს უდიდესი მიწოდების ანგარიში ვაჭარმოთ არა მხოლოდ ჩარხის სიმტკიცის მიხედვით, არამედ ბურღის სიმტკიცითაც. თუ ვისარგებლებთ ფორმულებით

$$M = C_M \cdot d^2 \cdot s^2 \cdot M \text{ კგსმ};$$

$$P_x = C_p \cdot d^2 \cdot s^2 \cdot p \text{ კგ},$$

ძნელი არაა გამოვიანგარიშოთ იმ მიწოდებათა მნიშვნელობები, რომლებიც დასაშვებია ჩარხის სიმტკიცით, როცა ცნობილია ბურღის შპინდელზე ბრუნვისა და სიგრძივი გადაადგილების გადასცემი კბილანების ზომები. დაწვრილებითი ანგარიში სახარატო ჩარხისათვის ზემოთ იყო გაკეთებულთ (იხ. § 35).

რამდენიმედ უფრო რთულია s მიწოდების ანგარიში ჩარხის სიმტკიცის მიხედვით. ბურღების გრეხვაზე ჩატარებულ სპეციალური ცდების საფუძველზე მონახულია, რომ ძაბვა ბურღში წარმოქმნილი P_x მიწოდების ძალის მიერ შეადგენენ M მგრეხავი მომენტისაგან წარმოქმნილი τ ჰინვის 0,73 და, მაშასადამე, საერთო მაქსიმალური ჰინვა შეადგენს

$$\tau_{\max} = \tau + 0,73\tau = 1,73\tau \quad (12)$$

როგორც ცნობილია, გრეხვის ჰინვა

$$\tau = \frac{M}{W} \text{ კგ/მმ}^2, \quad (13)$$

სადაც W — წინალობის მომენტია, ცდების მონაცემების მიხედვით სპირალური ბურღისათვის:

$$W = 0,02 \cdot d^3 \text{ მმ}^3 \quad (14)$$

მაშასადამე,

$$\tau_{max} = 1,73\tau = \frac{1,73M}{W} = \frac{1,73 \cdot M}{0,02 \cdot d^3} \text{ კგ/მმ}^2$$

თუ ჩავსვამთ M -ის მნიშვნელობას (10) განტოლებიდან, მივიღებთ:

$$\tau_{max} = \frac{1,73 \cdot C_M \cdot d_M^3 \cdot y_M}{0,02 \cdot d^3} \text{ კგ/მმ}^2 \quad (15)$$

ამრიგად ჩარხის სიმტკიცით დასაშვები მაქსიმალური მიწოდება

$$\tau_{max} = \left[\frac{\tau_{max} \cdot 0,02 \cdot d^3}{1,73 \cdot C_M \cdot d_M^3} \right] \frac{1}{y_M} = \left[\frac{\tau_{max} \cdot d^3}{86,5 \cdot C_M} \right] \frac{1}{y_M} \quad (16)$$

ტერძო შემთხვევაში რბილი ფოლადის გაბურღვის დროს

$$\sigma_B = 30 - 40 \text{ კგ/მმ}^2, \text{ როცა } x_M = 1,8, y_M = 0,78; C_M = 37$$

და $\tau_{max} = 80 \text{ კგ/მმ}^2$ (Гипромаш-ის მიხედვით)

$$\sigma_{max} = \left(\frac{80 \cdot d^{3-1,8}}{37 \cdot 86,5} \right)^{\frac{1}{0,78}} = 0,0085 d^{1,94}$$

საერთო სახით (16) განტოლებმა მიიღებს სახეს:

$$\sigma_{max} = C_s \cdot d^s, \quad (17)$$

სადაც C_s და s მნიშვნელობები დამოკიდებულია დასამუშავებელ მასალასა და იარაღზე. პრაქტიკულად საჭიროა C_s და s ამ მნიშვნელობების კორექტირება აგრეთვე ბურლის დიამეტრის მიხედვითაც, რადგან (17) ფორმულა მცირე ბურლებისათვის იძლევა მიწოდების ძალზე დადაბლებულ მნიშვნელობებს და მსხვილი ბურლებისათვის კი ამაღლებულს. C_s და s მნიშვნელობები მოყვანილია 40 ცხრილში, რომელიც შედგენილია Гипромаш-ის მონაცემების თანახმად P -მარკის სწრაფმჭკელი ფოლადის ბურლისათვის.

ცხრილი 40

C_s და s მნიშვნელობები Гипромаш-ის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალა	ბურლის დიამეტრების მნიშვნელობები					
	1-10 მმ		10-17 მმ		> 17 მმ	
	C_s	s	C_s	s	C_s	s
ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი						
$\sigma_B < 60 \text{ კგ/მმ}^2$	0,0346	0,8	0,0063	1,54	0,12	} 0,5
$\sigma_B > 60$	0,0264	0,8	0,0048	1,54	0,0915	
ქრომიანი ფოლადი 5140						
ნორმალიზებული	0,0247	0,8	0,0045	1,54	0,0857	} 0,5
გაუმჯობესებული	0,0198	0,8	0,0036	1,54	0,0686	
ქრომო-ნიკელიანი ფოლადი						
3120, 3135, 3140	0,0346	0,8	0,0063	} 1,54	0,12	} 0,5
ნორმალის. 3250, 3312	0,0297	0,8	0,0054		0,103	
გაუმჯობ. 3120, 3140, 3312	0,0247	0,8	0,0045		0,0857	

დასამუშავებელი მასალა	ბურღის დიამეტრების მნიშვნელობები					
	1—10 მმ		10—17 მმ		> 17 მმ	
	C_p	x_p	C_p	x_p	C_p	x_p
თუჯი $H_B < 180$ კგ/მმ ² $H_B = 180$ „ და ზევით	0,0537 0,0363	} 0,8	0,00724 0,0049	} 1,67	0,199 0,135	} 0,5
ქვლადი თუჯი $H_B < 160$ კგ/მმ ² $H_B > 160$ „	0,0462 0,0346	} 0,8	0,0084 0,0063	} 1,54	0,16 0,10	} 0,5
ბრინჯაო	0,0537	0,8	0,00724	1,67	0,199	0,5
თითბერი	0,0537	0,8	0,00724	1,67	0,199	0,5
ალუმინი $H_B = 60—80$ კგ/მმ ² $H_B = 80—100$ „	0,0462 0,0346	} 0,8	0,0084 0,0068	} 1,54	0,16 0,12	} 0,5

ეს მიწოდებები დასაშვებია, თუკი არ მოითხოვება კედლების ზედაპირის მნიშვნელოვანი სისუფთავე და თუ ბურღის შემდეგ იმუშავებს ზენკერი ან შიგამჩარხავი საჭრისითუკი ბურღის შემდეგ ნახერტი დამუშავებული უნდა იქნას განმშლელით, მაშინ მიწოდება შემცირებული უნდა იქნას 20—40%. მასთან ერთად ისინი გამოსაყენებელი არიან ყრუ გაბურღვისათვის. გამჭოლ გაბურღვის შემთხვევისათვის არჩევენ მიწოდებების შემცირებას 25—40%-ით. აგრეთვე, არჩევენ ამ მიწოდებების შემცირებას 20—40%-ითა თუკი გასაბურღი ნახერტის სიღრმე $l > 2,5d$ (როცა $l = 3—10d$).

მაგალითი. ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი საშუალო სისხლის ფოლადის გაბურღვის დროს $d = 20$ მმ მქონე სწრაფმჭრელი ბურღით ხერტის სიღრმით $l = 40$ მმ, მიწოდება დასაშვები ბურღის სიმტკიცით, შეადგენს:

$$J_{max} = 0,12 \cdot 20^{0,8} = 0,5 \text{ მმ/ბრ.}$$

მე-40 ცხრილის მიხედვით გამოანჯარიშებული მიწოდებები, უზრუნველყოფენ გაბურღვის საკმაოდ ეფექტურ რეჟიმებს, რომლებიც უახლოვებიან სტახანოველების მიერ გამოყენებულ რეჟიმებს. ბურღის სიმტკიცით დასაშვები მიწოდების განსაზღვრისათვის დღემდე მრეწველობაში სარგებლობდნენ სხვადასხვა მკვლევარების მონაცემებით, რომლებიც დიდ სხვადასხვაობას იძლევიან თავისი შედეგებით. მაგალითისათვის მოყვანილია მიწოდებათა შედარებითი გრაფიკი ბურღის დიამეტრის მიხედვით საშუალო სისხლის ფოლადის გაბურღვის დროს (სურ. 201). როგორც ვხედავთ, Гиромаш-ი გვიჩვენებს ყველაზე უფრო შალად მიწოდებებს, რომლებიც დასაშვებია ბურღის სიმტკიცით.

საჭიროა აღენიშნოთ, რომ მიწოდებები ცალი შენადნობის ფირფიტებიანი ბურღებისათვის შედარებით სწრაფმჭრელ ბურღებთან რამდენჯერმე უფრო ქვევით უნდა იყოს. ასე, სალი შენადნობიანი ბურღებისათვის გვირჩევენ ჯრის შემდეგ რეჟიმებს (ცხრილი 41).

აქ აღნიშნული მიწოდებები შეიძლება გაზრდილ იქნან კარგად შესრულებულ კონსტრუქციის ბურღებში მირჩილული ფირფიტით, მაგალითად, ბურღებისათვის ЦНИИТ-ИИИИ-ის გაძლიერებული თავით (იხ. სურ. 186). ამასთან ერთად საჭიროა აღინიშნოს, რომ აქ მიწოდებების მცირე სიდიდეები აღებულია არა იმდენად ბურღის სიმტკიცის მო-

საზრებებით, რამდენად ვიბრაციების წარმოქმნის შიშით, რომლის დროსაც ხდება იარაღის მჭრელი წიბოს გამოფხვიერება.

მიწოდებები ღრმა-გაბურღვის დროს, როცა $l > 20 d$, მნიშვნელოვნად უნდა იქნას

ცხრილი 31

ჭრახ რეჟიმები ხალი შენადნობიანი ბურღებისათვის

№ № რიგზე	დასამუშავებელი მასალა	ბურღის დიამეტრი d მმ	s მმ/ბრ	v მ/წუთ
1	მარტენის ფოლადი $\sigma_B = 1000$ კგ/მმ ²	10—30	0,04—0,06	50—70
2	ქრომნიკელიანი ფოლადი $\sigma_B = 140$ კგ/მმ ²	10—30	0,03—0,05	22—25
3	მანგანუმიანი ფოლადი $Mn = 14\%$ $\sigma_B = 100$ კგ/მმ ²	10—30	0,02—0,03	21—28
4	დაქუნჯავი ფოლადი	10—30	0,02—0,05	26—36*
5	ფოლადის სხმული	10—30	0,04—0,08	36—40
6	თუჯი $H_B = 200$ კგ/მმ ²	20—30	0,04—0,18	73—88
7	თუჯი $H_B = 300—400$ კგ/მმ ²	10—30	0,03—0,09	32—39
8	ალუმინი	10—30	0,07—0,10	260—300

დადამატებული, რადგან აქ გაძნელებულია ბურღუშელის მოცილება და ამივე დროს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში საჭიროა იარაღის შედგომის შენარჩუნება ($T = 6-7$ საათს ანუ $L = 78$ მ ნახვრეტის სვეჯამებულ სიღრმეს).

ასე, მაგალითად, სათაფე ან ღრუ ბურღი $d = 30$ მმ-მდე მუშაობს მიწოდებით $s = 0,015 - 0,06$ მმ/ბრ ზღვრებში.

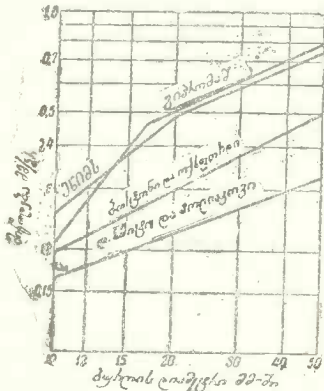
საბურღო თავებისათვის $d \geq 40$ მმ მიწოდება იზრდება და აღის 0,1 ÷ 0,4 მმ/ბრ მნიშვნელობამდე ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადის გაბურღვისას $l < 3000$ მმ გაბურღვის სიღრმისა და $T = 2-3$ საათის შედგომის დროს (Машиностроитель № 24 1937 წ.).

§ 92. ბურღის მდგომარეობა და ჰრის სიჩქარე გაბურღვის დროს

წირული სიჩქარე გაბურღვის დროს განისაზღვრება ბურღის d დიამეტრისა და წუთში მისი ბრუნვათა რიცხვის მიხედვით განტოლებით:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ}$$

სურ. 201. მიწოდების შედარებითი გრაფიკი ბურღის დიამეტრის მიხედვით სხვადასხვა წყაროებით.



და, როგორც უკვე აღნიშნული იყო, წარმოადგენს ცვალებად სიდიდეს, რომელიც მჭრელი წიბოს სხვადასხვა უბნისათვის იცვლება ნულიდან რაღაც მაქსიმუმამდე. ბურღის მჭრელი წიბოს მთელ სიგრძეზე ჰრის კუთხეები სხვადასხვაა და მასთან დატვირთვის განაწილებაც მის გასწვრივ ძალზე არათანაბარია. მუშაობის ყველაზე უფრო არახელსაყრელი პირობები აქვს კუთხეს ბურღის ფასკასა და მთავარ მჭრელ წიბოს შორის; აქ აღვი-

ლი აქვს უდიდესი ვახურებას და სითბოს გადასვლის უცუოდეს პირობებს. ეს პირობები გასაბურღავი ხვრეტის სიღრმის ზრდასთან ერთად კიდევ უფრო უარესდება. თუ მხედველობაში მივიღებთ კიდევ ბურღის რთულ ფორმას, რაც კმნის დამატებით სიძნელეებს გამოაკლევს დროს, მაშინ გასაგები ვახუნდება, თუ რატომ მხოლოდ უკანასკნელ წლებში დადგენილ იქნა უხელსაყრელესი რეჟიმის კანონები გაბურღვის დროს, რომლებიც, მართალია, არ არიან მოკლებულნი ზოგიერთ ნაკლოვანებებს.

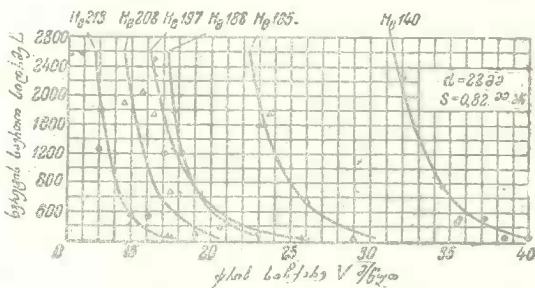
42-ე ცხრილში¹ მოყვანილი ბურღის მედეგობის ნორმები დამუშავებულია РОСТСЕЛЬ-ХАУС-ის ქარხანაში.

ცხრილი 42

ბურღის მედეგობის ნორმა ხრულ გაცვეთამდე

ბურღის d მმ	გადაღვსვათა რიცხვი	ეკონომიური მედეგობა ერთი გადაღვსვის დროს წუთებში	ბურღის ¹ სამანქანო მუშაობის დრო სრულ გაცვეთამდე საათებში
2-6	11-28	15	3-7
7-14	31-45	20	10-15
16-24	47-63	30	11-31
26-30	66-73	40	44-75
35-40	75-77	60	75-77
50	84	90	126

როგორც ვხედავთ, მედეგობის ნორმები გადაღვსვამდე მერყეობენ $T=15-90$ წუთ ზღვრებში ბურღის დიამეტრის მიხედვით. რამდენადაც გაბურღვის პროცესი მუშაობის ნორმალურ პირობებში არის წყვეტილი პროცესი და ბურღი, შეუღლებში ცალკეული ხვრეტის გაბურღვის შორის, „ისვენებს“, ამიტომ ხშირად უფრო მოხერხებულად თვლიან ბურღის მედეგობა შეუღლასონ მის მიერ გაბურღული ნახვრეტების რაოდენობით თითოეულის განსაზღვრული სიღრმის დროს ანდა ყველა გაბურღული ნახვრეტების საერთო შეჯამებული სიღრმით. პრაქტიკულ კრის სიჩქარეს მიაკუთვნებენ ბურღის ისეთ მედეგობას, რომლის დროსაც ბურღი ასწრებს დაჩრუვებამდე გაბურღვის $L=2000$ მმ საერთო სიღრმის რამდენიმე ნახვრეტი და მას აღნიშნავენ $v_{L=2000}$.



სურ. 202. საერთო ბურღვის სიღრმის კრის სიჩქარეზე დამოკიდებულების დიაგრამა თუჯის ბურღვის დროს.

მოცემულ დასამუშავებელ მასალისათვის $v_{L=2000}$ განსაზღვრისათვის საჭიროა გაბურღვაზე ჩავატაროთ ცდების მთელი რიგი კრის სხვადასხვა სიჩქარეებით და ყოველ

ი. ი. პოგოვი და ა. მ. ოლიფინეკო „ბურღის მედეგობის ნორმები“, СТАВКИ И ИНСТРУМЕНТ, № 12, 1936.

სიჩქარისათვის მოვანახოთ ბურლის დაჩლუნგებამდე გაბურღული ნახერტების შეჯამებულ ლი L სიღრმის მნიშვნელობა. ცლებათ მონახული წერტილების მიხედვით აიგება L - σ დამოკიდებულების გრაფიკი, რომელიც ანალოგიურია T - σ დიაგრამისა სახარატო სპერისისათვის. ასეთი გრაფიკი, სხვადასხვა სისალის თუჯისათვის, მოყვანილია 202-ე სურათზე. მისი დახმარებით ძნელი არ არის ინტერპოლაციის მეოთხით მოვანახოთ L წებისმეორე მნიშვნელობისათვის შესაბამისი კრას სიჩქარე და, კერძოდ $\sigma_{L=2000}$.

წუთში ბურლის მიწოდების მიხედვით ძნელი არ არის σ - L დიაგრამა გადაეპეციოთ σ - T დიაგრამად, სადაც T ბურლის მუშაობის დროა დაჩლუნგებამდე.

ასე, ცლების მონაცემების მიხედვით, $H_0 = 140$ კვ/მმ² მქონე თუჯის გაბურღვის დროს $d = 22$ მმ ბურლით $s = 0,82$ მმ/ბრ დროს, იარაღის მედეგობა, რომელიც შეესაბამება $\sigma_{L=1000} = 32$ მ/წუთ ($n = 188$ ბრ/წუთ),

$$T = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{2000}{0,82 \cdot 188} = 13 \text{ უთ.}$$

საბჭოეთის ექსპერიმენტატორების გამოკვლევების თანახმად σ - T დამოკიდებულება ბურლისათვის, ისე როგორც სპერისისათვის, შეიძლება გამოხატულ იქნას განტოლებით:

$$\sigma = \frac{C}{T^m}$$

სადაც m — ხარისხის მაჩვენებელს აქვს 43-ე ცხრილში მოყვანილი მნიშვნელობები.

ც ხ რ ი ლ ი 43

№ № რიგზე	აგტარი	ბურლის მასალა	დასამუშავებელი ბურლი	m	შენიშვნა
1	კოშენლეკო	სწრაფმჭრელი ფოლადი	თუჯი	0,1	
2	ივანოვი (VЗТМ)	იგივე	იგივე	0,2	ბურლი თრმაგი ალესიო
3	ლაბინი (ЦНИИТМАШ)	РЖ—8	" "	0,65—0,76	ბურლი პირდაპირი ლარაკით
4	ЭНИМС-ის კოლექტივი	სწრაფმჭრელი ფოლადი	" "	0,144	
5	გოროდკოვი (ВЕСХОМ)	პობედიტი	" "	0,5	

როგორც ვხედავთ, სწრაფმჭრელი ბურლის მედეგობისაგან კრას სიჩქარის ცვალებადობის ხარისხი, დაახლოებით იგივეა, რაც სპერისისათვის ($m = 0,1 - 0,2$), მაგრამ მნიშვნელოვნად იზრდება მაღალ შენადლობის ფირფიტებიან ბურლისათვის.

ფარდობითი მედეგობის m მაჩვენებელს შეუძლია მნიშვნელოვანი ცვალებადობა არა მხოლოდ სხვადასხვა დასამუშავებელ მასალისა და იარაღისათვის, არამედ დაჩლუნგებისათვის მიღებული კრიტერიუმის მიხედვითაც.

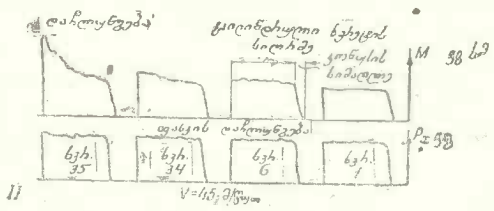
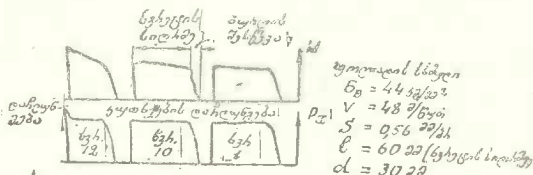
§ 98. ზუზღისა და ჩლუნგების ხახიათი და ნიშნები

საქრისის დაჩლუნგებისათვის დადგენილი მარტივი და მოხერხებული კრიტერიუმი — კრილა ფასკის გამოჩენა დასამუშავებელ ზედაპირზე — არაა გამოსადეგი გაბურღვისათვის, რადგან აქ შეუძლებელია ავალი ვადენით ხერტის კედლების მდგომარეობას და მით უფრო კრას ზედაპირის მდგომარეობას.

ცდლობდნენ ბურღის დაჩლუნგების მომენტი განესაზღვრათ იმ მკვეთრი ხმით, რომელსაც მივიღებთ ხოლმე დაჩლუნგებული იარაღის მუშაობის დროს, მაგრამ შემდეგში გამოირკვა ამგვარი აუქსტიკური კრიტერიუმის მცდარობა. მაინც პრაქტიკულად თუჯის გაბურღვის დროს იარაღის ჭრაჭუნის იღებენ მისი დაჩლუნგების ნიშნად.

როგორც სახარატო დამუშავების შემთხვევაში, ზოგჯერ ბურღის მდგომარეობაზე მსჯელობენ მის მუშაობაზე დახარჯული ენერგიის ხარჯით თვითნაშენი ვატმეტრის საშუალებით. ასე, მაგალითად, ენერგიის ხარჯის გაზრდას 10—15%-ით, ნორმალურთან შედარებით, საკმარისად თვლიდნენ ცდის შესაწყვეტად. მაგრამ უკანასკნელ ხანებში უარს ამბობენ ამ მეთოდზედაც, რადგან ზოგჯერ ენერგიის ხარჯი ბურღის ზოგიერთი უბნის, მაგალითად განივი ნაწიბურის, სერიოზული დარღვევის დროს ძალზე უმნიშვნელოა. გარდა ამისა, ეს კრიტერიუმი სრულადაც არ გვიჩვენებს ბურღის დარღვევის ადგილსა და ხასიათს.

ამ მხრივ დიდ უპირატესობას წარმოადგენს M და P_x სიდიდეების გაზომიმი საბურღო დინამომეტრით სარგებლობა. ბურღის სხვადასხვა ელემენტების დაჩლუნგების მიხედვით იზრდება ან P_x ან M ანდა ერთიც და მეორეც ერთად. ასე, ბურღის მჭრელ წიბოსა და ფასკის შორის კუთხის დარღვევის დროს, რომელიც წარმოადგენს დაჩლუნგების ყველაზე უფრო ხშირ ფორმას, ვაშჩნეთ P_x და M მნიშვნელობების მკვეთრ გაზრდას (სურ. 203 I).



სურ. 203. M და P_x ცვლადობა ბურღის დაჩლუნგების გვარობის მიხედვით.

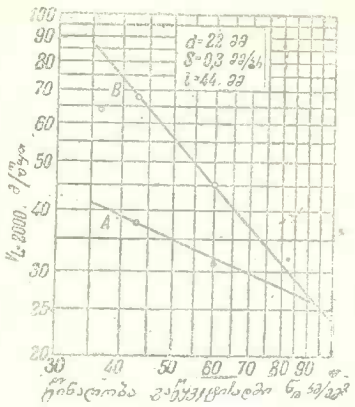
M -ისა და განსაკუთრებით P_x ზრდა აღინიშნება დინამომეტრით აგრეთვე განივი წიბოს დარღვევის შემთხვევაშიც. დაჩლუნგების ამ სახეს ადგილი არ უნდა ქონდეს წესიერად დამზადებულ ნორმალურ ბურღში; მას შეიძლება ადგილი ქონდეს ცუდად წრთობილ ბურღებში, ანდა ძალზე გაცვეთილ შემოკლებულ ბურღებში, რომელთა განივი წიბოც მიიღება ნორმალურზე განიერი და შედეგად მათი მუშაობის პირობები უარესდება.

ბურღის მხოლოდ ფასკის დაჩლუნგების შემთხვევა ნაჩვენებია 203 II სურათზე მოყვანილ დიაგრამაზე. ერთი ნახვრეტიდან მეორე ნახვრეტზე გადასვლის დროს M თანდათან იზრდება და, ბოლოს, მკვეთრი ნახტომი ზევით მიგვითითებს ფასკის დარღვევის დაწყებაზე; ამავე დროს P_x უცვლელი რჩება.

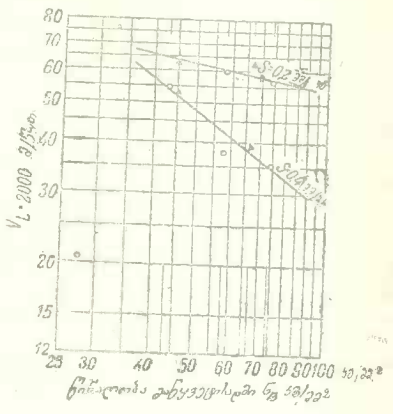
ბურღის დაშლის უკანასკნელი სახე აიხსნება მით, რომ ბურღუშელის წვრილი ნაწილაკები ჩაიჭედება ხოლმე ფასკისა და ნახვრეტის კედლებს შორის და იწვევს ბურღის დამატებით ხახუნს და მნიშვნელოვან გადახურებას; ამ პირობებში იწყება ფასკის დარღვევა ნახვრეტში მომუშავე მთელ მის ნაწილზე.

§ 33. პრის სიჩქარის დამოკიდებულება ვაბჭურღვის დროს. დასამუშავებელ მასალაზე, ზურღვის დიამეტრზე და მიწოდებაზე

როგორც სახარატო დამუშავების დროსაც, აქაც შეეცადნენ განესაზღვრათ პრის პრაქტიკული სიჩქარე დასამუშავებელი მასალის ზოგიერთი მექანიკური თვისებების მიხედ.

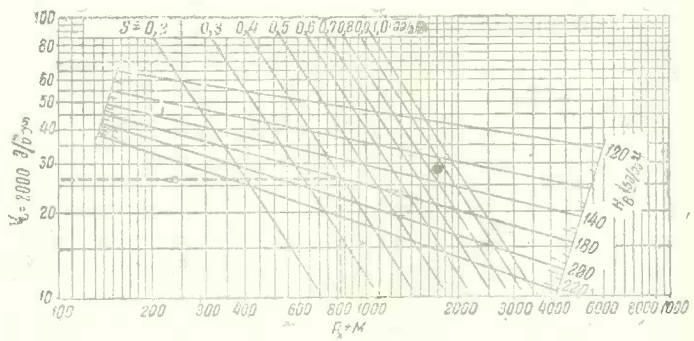


სურ. 204. პრის სიჩქარის დამოკიდებულება ვაბჭურღვის დროს დასამუშავებელი მასალის σ_s ხაგლეჯისადმი წინააღმდეგობაზე.



სურ. 205. $v_{L=2000} - \sigma_n$ დამოკიდებულება ცდების მონაცემების მიხედვით.

ვით, კერძოდ σ_s ვაგლეჯისადმი წინააღმდეგობისა და H_B სისხლის მიხედვით. ამისათვის ცდებით მიღებული მონაცემები მოათავსეს. ლოგარიტმულ კოორდინატებში $v_{L=2000} - \sigma_s$ (სურ. 204). ცდებით მიღებული წერტილები, რომლებიც შეესაბამებიან სხვა-



სურ. 206. $v_{L=2000} - H_B - (P_x + M)$ დამოკიდებულება ზოგიერთი საზღვარგარეთული მკვლევარების ცდების მონაცემების მიხედვით.

დასხვა დასამუშავებელ მასალას, საკმარად კარგად თავსდება სწორ ზაზზე $d=22$ მმ ბურღის დიამეტრისა და $s=0,3$ მმ/ზ მიწოდების მულმივი მნიშვნელობის დროს.

მასთან ნორმალური ბურღვისათვის სწორ ხაზს აქვს უფრო ნაკლები დახრა, ვიდრე სპეციალურად აღესილ ბურღვისათვის. ეს იმას ნიშნავს, რომ ძალზე სალი მასალებისათვის ბურღვის განივი ნაწიბურის ალესვა კარგავს თავის აზრს.

მსგავსი სწორი ხაზები, ავებულნი ცდების მონაცემების მიხედვით $s=0,2$ მმ/ზრ და $s=0,4$ მმ/ზრ მიწოდებისათვის $d=22$ მმ ღროს, ნაჩვენებია 205-ე სურათზე. მიწოდების ყოველ მნიშვნელობისათვის სწორ ხაზს აქვს დახრის სხვა კუთხე, საიდანაც მივიღებთ იმ დასკვნამდე, რომ $s=s_{\text{მ}}$ ცვალებადობის ხასიათზე გავლენა აქვს ავრეთვე მიწოდებასაც. მაშასადამე, $s=s_{\text{მ}}$ დამოკიდებულების ანალიზური გამოყვანა საერთო სახით შემოდლებელია, რამდენადაც იგი დაპირობებულია კიდევ მთელი რიგი სხვა ფაქტორებითაც.

უფრო განსაზღვრული მიიღება $s_{L=2000} = (P_s + M)$ დამოკიდებულება და ამან საშუალება მისცა ზოგიერთ საზღვარგარეთელ მკვლევარებს აეგოთ $s_{L=2000} = H_p - (P_s + M)$ დამოკიდებულების გრაფიკი (სურ. 206) მიწოდების სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.

ამგვარი დიფერენციალური გამოყენების გრაფიკული შესაძლებლობა შეზღუდულია, რადგან ავი მიღებულია განსაზღვრულ მუდმივ პირობების ღროს, სახელდობრ, როცა:

- 1) ბურღის დიამეტრი $d=22$ მმ და მას აქვს სპეციალურად ალესილი განივი წიბო.
- 2) ნახრეტის სიღრმე $l=50$ მმ.
- 3) მუშაობა ხდება გაუციეებლად.

მართალია, მათ მონახეს, რომ თუჯის გაბურღვის დროს ბურღის დიამეტრი არ მოქმედებს შედეგობაზე, მაშასადამე, ჭრის სიჩქარეზედაც. საბჭოთა კავშირის მკვლევარების მიერ ეს უარყოფილი იყო. ამ უკანასკნელითა ექსპერიმენტალური მუშაობებით დადგენილი იყო, რომ თუჯისა და განსაკუთრებით კი ფოლადის დამუშავების დროს, ბურღის დიამეტრი და s მიწოდება მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ ჭრის სიჩქარეზე. ამას გამოსახავენ ფორმულით

$$s = \frac{C_s \cdot d^{2s}}{s^y} \quad \text{მ/წუთ.} \quad (18)$$

C_s , s და y მნიშვნელობები $T=60$ წუთისათვის (გაბურღვის დრო დაჩაღუნებად) სხვადასხვა ექსპერიმენტატორების მონაცემების მიხედვით მოცემულია 44-ე ცხრილში. ბურღის დიამეტრის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე ცხრილების მონაცემების მიხედვით ერთი მეორეს ძალზე საწინააღმდეგოა. თუკი ზოგიერთი მკვლევარების მონაცემების მიხედვით ბურღის d დიამეტრი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს s სიჩქარეზე, სხვა მკვლევარის მონაცემების მიხედვით კი, თუჯის დამუშავების დროს ბურღის დიამეტრი არაერთარ გავლენას არ ახდენს s სიჩქარეზე, ЭНИМС-ის მიხედვით კი ჭრის სიჩქარე კიდევაც უკუპროპორციულია ბურღის დიამეტრისა. ამის ახსნა შეიძლება მხოლოდ იმით, რომ ბურღის დიამეტრის შეცვლასთან ერთად იცვლება მიწოდების სიდიდეც.

უეჭველია, რომ ბურღის d დიამეტრის ზრდასთან ერთად უმჯობესდება ბურბუშელების გამოსვლის პირობებიც და შესაბამისად, მუდმივი s მიწოდების დროს იარაღის მედეობა იზრდება.

ცხრილი 44
 C_s , s , y მნიშვნელობები (18) განტოლებისათვის

№/ს რიგზე	დასამუშავებელი მასალა	C_s	s	y	ბურღის მასალა	შენიშვნა
1	ნაქვი ფოლადი	6,6	0,33	0,53	სწრაფმრე-	ნ. ი. ივანოვი (ВЗТМ) იგივე ტ. მ. კოშელენკო (ВАМ) პ. რ. კორდკოვ (Вискош) ვალიქსი ($s_L = 2000$) იგივე ბიბი ЭНИМС-ი Гипрошап-а
2	თუჯი $H_B = 160$ კგ/მმ ²	8,7	0,26	0,3	ლი	
3	თუჯი $H_B = 190$	6,6	0,3	0,35	იგივე	
4	თუჯი $H_B = 140-180$ კგ/მმ ²	—	0,9	0,34	პოზდელი	
5	ფოლადი $s_B = 60$ კგ/მმ ²	4,5	0,48	0,48	სწრაფმრე.	
6	თუჯი $H_B = 180$ კგ/მმ ²	18	0	0,32	იგივე	
7	თუჯი $H_B = 180-210$ კგ/მმ ²	36	0,346	0,412	"	
8	თუჯი	—	0,15	0,35	"	
9	ფოლადი	—	0,30	0,50	—	

ეს უფრო მეტად შეეკუთვნება ფოლადისა და ბლანტი ლითონების დამუშავებას, ვიდრე თუჯისა და მყიფე მასალების დამუშავებას.

და (18) განტოლებაში d დიამეტრთან x_0 ხარისხის მაჩვენებლის აბსოლუტური სიდიდის მნიშვნელობა თუ არა, ყოველ შემთხვევაში, გაბურღვის სიჩქარის ცვალებადობის კანონზომიერების ხასიათი მაინც სწორადაა ასახული Гипромаши-ის მონაცემებში და ჩვენც შემდეგში პრაქტიკულ გამოყენებისათვის ვისარგებლებთ ამ მონაცემებით.

მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტალური მონაცემების ანალიზის საფუძველზე Гипро-
маш-ი ჭრის სიჩქარისათვის გაბურღვის დროს იძლევა შემდეგ განტოლებას:

$$v = \frac{C_v \cdot d^{x_0}}{T^{0,187} \cdot y^{y_0}} \quad \text{მ/წუთ} \quad (19)$$

C_v , x_0 და y_0 მნიშვნელობები სწრაფმჭრელი ფოლადის ბურღებისათვის დასამუშავებელი მასალის მიხედვით მოყვანილია 45-ე ცხრილში.

ცხრილი 45

C_v , x_0 , y_0 მნიშვნელობები

დასამუშავებელი მასალა	გაბურღვა მთლიან მასალაში			გაბურღვა წინასწარ გაბურღილ მასალაში			
	C_v	x_0	y_0	C_v	x_0	y_0	
ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი							
$\sigma_B = 35$ კგ/მმ ²	15,5	0,3	0,5	13,2	0,3	0,5	
$\sigma_B = 45$ "	12,7						
$\sigma_B = 55$ "	10,8						
$\sigma_B = 65$ "	9,5						
$\sigma_B = 75$ "	8,4						
$\sigma_B = 85$ "	7,6						
ქრომიანი ფოლადი: ნორმალისებული გაუმჯობესებული	6,6 6,1	0,3	0,5	5,6 5,2	0,3	0,5	
ქრომი-ნიკელიანი ფოლადი: ნორმალისებული გაუმჯობესებული	3120 3135—3140 3250 3312 3120 3140 და 3312	10,8 8,4 8,4 7,6 7,1 6,6	0,3	0,5	9,2 7,2 7,2 6,5 6,0 5,6	0,3	0,5
თუჯი: $H_B = 150$ კგ/მმ ² $H_B = 170$ " $H_B = 190$ " $H_B = 210$ "	22,7 19,7 16,7 14,4	0,15	0,35	19,3 16,8 14,2 12,3	0,15	0,35	
პედალი თუჯი: $H_B = 130$ კგ/მმ ² $H_B = 150$ " $H_B = 170$ " $H_B = 190$ "	18,7 15,3 12,8 11,0	0,2	0,35	15,9 13 10,9 9,5	0,2	0,35	

არჩევენ ამ ცხრილის მონაცემების მიხედვით გამოანგარიშებულ კრის სიჩქარეების შემცირებას 10—40%-ით $l > 3d$ ($l = 3 - 10d$) სიღრმის გაბურღვის დროს. გაცივების გარეშე მუშაობის შემთხვევაში კრის სიჩქარეები მცირდება 15—30%-ით.

მაგალითი. $\sigma_n = 55$ კგ/მმ² საშუალო სისაღის ფოლადის გაბურღვის დროს $d = 20$ მქონე ბურღით $s = 0,5$ მმ/ბრ მიწოდებისა და $T = 30$ წუთ მედეგობის დროს გვექნება:

$$v_{20} = \frac{10,8 \cdot 20^{0,8}}{30^{0,167} \cdot 0,5^{0,5}} = \frac{10,8 \cdot 2,46}{1,77 \cdot 0,7} \approx 21,5 \text{ მ/წუთ.}$$

ხშირად გვხვდება გაბურღვის d დიამეტრზე და s მიწოდებაზე ბურღის n ბრ/წუთ ბრუნვათა რიცხვის დამოკიდებულების განტოლებები, უკანასკნელნი, მიიღებიან (19) ფორმულაში შემდეგი მნიშვნელობის ჩასმით:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ,}$$

მაშინ გვაქვს:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot C_v \cdot d^{y_v}}{T^{0,167} \cdot \pi \cdot d \cdot s^{y_s}} = \frac{1000 C_v}{T^{0,167} \cdot \pi \cdot d^{1-y_v} \cdot s^{y_s}}$$

მასთან

$$C_n = \frac{1000 \cdot C_v}{T^{0,167} \cdot \pi}$$

და

$$x_n = 1 - x_v,$$

სიდიდანაც მივიღებთ

$$n = \frac{C_n}{d^{1-x_n} \cdot s^{y_s}} \text{ ბრ/წუთ.} \quad (20)$$

მაგალითად, საშუალო სისაღის ფოლადისათვის და $T = 60$ წუთ მედეგობის მქონე ბურღის დროს Гнррoдaш-ის მიხედვით გვექნება:

$$C_n = \frac{1000 \cdot 10,8}{60^{0,167} \cdot 3,14} = 1720; \quad x_n = 1 - 0,3 = 0,7; \quad y_s = 0,5$$

და

$$n = \frac{1720}{d^{0,7} \cdot s^{0,5}} \text{ ბრ/წუთ.}$$

§ 95. ბურღის შოკრების გავლენა ზრის სიჩქარეზე

განვიხილოთ კრის სიჩქარის დამოკიდებულება ბურღის ზოგიერთ ელემენტებზე, როგორცაა: უკანა ალესვის α' კუთხე და მისი ფორმა, განივი წიბოს b სივანე, ბურღის ფასკა და სხვ. საბჭოთა კავშირის მკვლევარების ცდების მიხედვით.

უკანა ალესვის α' კუთხე, ცდების მონაცემების მიხედვით, არ ახდენს გავლენას კრის სიჩქარეზე. პირიქით, განივი წიბოს ალესვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ბურღის წარმადობაზე. 46-ე ცხრილში მოყვანილია ჩვენთვის უკვე ცნობილი Q, I, II და III ფორმის მიხედვით (იხ. § 88) ალესილი ბურღების მედეგობა.

ცხრილი 46

დასამუშავებელი მასალა	σ მ/წუთ.	σ მმ/ბრ	წარტების რაოდენობა გაბურღული ბურღებით, რომლებიც აღესილი არიან ფორმით				შენიშვნა
			0	I	II	III	
			ჭრლადი	35	0,82	12	
ფლადი	28	0,82	23	78	19	l=50 მმ	
ფლადი	26	0,56	27	59	51	—	
ფლადი	30	0,56	3	19	17	4	

როგორც ვხედავთ, ბურღის შედეგობას მხრივ მისი აღესვა I ფორმის მიხედვით არის ყველაზე უფრო ხელსაყრელი. ეს, ცხადია, დაკავშირებულია P_2 და M შემცირებასთან აღესვის დროს განივი წიბოს შემოკლების გამო.

ბურღის δ განივი წიბოს სიდიდის გავლენას მის წარმადიანობაზე ცხადად გამოხატავს $L - \delta$ დიაგრამა (სურ. 207). განივი ნაწიბურის δ სივანის ზრდასთან ერთად წარმადობა კლებულობს, რაც გამოწვეულია ბურღის თანდათანა შეშოკლებითა და მუშავების გამო (კუდის მიმართულებით ბურღის განივი წიბო დიდდება).

ბურღის წარმადობა მისი ფასკის შესაბამის აღესვის დროს მატულობს. უკვე აღნიშნული იყო, რომ ფასკის უბანი მკრელი წიბოს ახლოს მუშაობს განსაკუთრებულ არახელსაყრელ პირობებში. ბურღის გახურება აქ ორკედდება ფასკის ხახუნით ნახერცის კედლებთან. ამიტომ წინადადება იქნა შემოტანილი ფასკის უკანა აღესვის შესახებ მკრელ ნაწიბურიდან 3—4 მმ შემდეგ, რაც თითქოს, ძალზე დიდად ზრდის ბურღის წარმადიანობას.

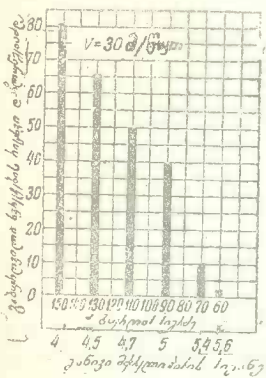
საჭიროა აღინიშნოს იმ გამოყენების ცდების დადებითობა, რომელსაც ახლენენ პრაქტიკაზე წვეროსთან ორმაგი კუთხით აღესილი ბურღები, როგორც ეს ნაჩვენებია 18ა სურათზე. ინჟ. ნ. ი. ივანოვს მიყავს ორმაგად აღესილ ბურღებთან ნორმალური ბურღების შედარებათა ცდების შედეგებზე ჩატარებულ V3TM-ში (ცხრილი 47).

ცხრილი 47

ჩიხვ	დასამუშავებელი მასალა	გაბურღის რეჟები		ბურღის შედეგობა წუთში		შენიშვნა
		მიწოდება σ მმ/ბრ	სიჩქარე σ მ/წუთ	წმუშავ- ბრები აღესვით	ორმაგი აღესვით	
1	ფლადი = 60—70 კგ/მმ ²	0,2	38,2	130	780	d = 28 მმ
2	ფლადი = 60—70 კგ/მმ ²	0,2	38,2	142	1045	ბურღი სწრაფმკრელი l = 125 მმ
3	ფლადი = 60—70 კგ/მმ ²	0,15	19	147	515	ბურღი ნახშირბადიანი d = 51 მმ
4	ბუჯი $H_2 = 136$ კგ/მმ ²	0,75	16,5	24	—	სწრაფმკრ. d = 44 მმ l = 60 მმ
5	ბუჯი $H_2 = 136$ კგ/მმ ²	1,2	16,5	—	192	l — ბურღის სიღრმეა

როგორც ვხედავთ, წვეროსთან ორმაგი კუთხიანი ბურღების შედეგობა ნ—მ-ჯერ უფრო მეტია ნორმალურებთან შედარებით და, მაშასადამე, ჭრის სიჩქარე $L = \text{const}$ დროს შეიძლება გაზრდილი იქნას 25—30%-ით. ამგვარი ბურღების შედეგობის გაზრდის ძირითადი მიზეზი მდგომარეობს მკრელი წიბოების წავრქელებაში, ფასკისა და მთავარი მკრელი წიბოს შორის მოთავსებულ კუთხის გაზრდაში. და ამის შედეგად სითბოს

უკეთეს გიდასვლაში. ერთგვარ ეფექტს ვღებულობთ აგრეთვე აღნიშნული კუთხის რალაც მიმარგვალების რადიუსით აღწესვის დროსაც (სურ. 208).



სურ. 207. ბურლის განივი წიბოს სიღრმის გაცვლენა მის წარმადობაზე.

და სწრაფად ხდება უფარგისი,



სურ. 208. ბურლი მიმრგვალებული კუთხით ფასკასა და მთავარი მკრელი წიბოს შორის.

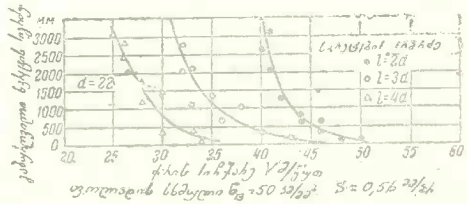
ტეხადი და თხელი, გამოტენს ლარაკებს და ამით ხელს უწყობს ბურლის დაჩლუნგებას.

ფოლადის სხმულის გაბურღვის ცდების მონაცემების საფუძველზე აგებული $L-v$ დიაგრამა (სურ. 209) გვიჩვენებს, რომ გაბურღვის L სიღრმის ზრდასთან ერთად გაბურღვის მედეგობა მცირდება. იგივე დამოკიდებულების დიაგრამა გვიჩვენებს, რომ მუდმივი v მიწოდების დროს d დიამეტრის შემცირებასა და გაბურღვის L სიღრმის ზრდასთან ერთად ტრის სიჩქარე მკვეთ-

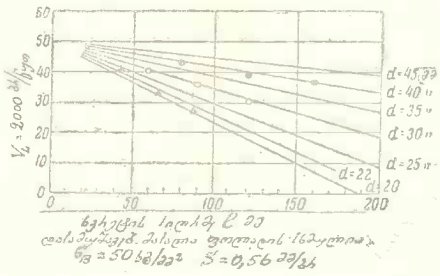
ლენინგრადის პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში ჩატარებულმა ცდებმა დაგვანახვეს, რომ ბურლის უკანა ალესვის ხასიათსაც აგრეთვე გავლენა აქვს ბურლის მედეგობაზე. გამორკვეულ იქნა, რომ ორმაგად ალესილმა ბურლებმა ნორმალურთან შედარებით მოგვეცეს თითქმის ორმაგი მედეგობა 1045 ფოლადის გაბურღვის დროს, მასთან 1015 ფოლადზე კი არავითარი უპირატესობა არ გრის შემჩნეული.

§ 96. პაბურღვის სიღრმის გავლენა ტრის სიჩქარეზე

დასამუშავებელ მასალაში შესვლის სიღრმის ზრდასთან ერთად ბურლის მუშაობის პირობები განუწყვეტილად უარესდება; ამ დროს უარესდება ბურბუშელის გამოსვლა და მკრელ დაწებულობა-საკენ გამაცივებელი სითხის მიწოდება. შედეგად ამისა იზრდება ხახუნი ბურბუშელისა, ბურლისა და ნახვრეტის კედლებს შორის, ბურლი გადახურდება ბურბუშელა კი მთლიანი სპირალურიდან ხდება



სურ. 209. გასაბურღი სერეტილის სიღრმის გავლენა საჭრის სიჩქარეზე.



სურ. 210. გაბურღვის სიღრმის გავლენა ტრის სიჩქარეზე.

რად შეცირდება. მაგრამ, d დიამეტრის ზრდასთან ერთად არ გვირჩევენ კრის სიჩქარის გაზრდას. პრაქტიკაში გაბურღვის დიამეტრის ზრდასთან ერთად მუშაობენ შემცირებული სიჩქარეებით, მაგრამ დიდი მიწოდებებით, ვიდრე მცირე დიამეტრის ხვრეტების დროს.

ასე, იხე. სტუკალოს და მენდელსონის¹ მონაცემებში საბურღი თავებით ფოლადის გაბურღვის დროს, $T=2 \div 3$ საათის მედეგობისა და $l \leq 3000$ მმ გაბურღვის სიღრმის დროს ვვაქვს შემდეგი კრის რეჟიმები (ცხრილი 48).

სათოფე ბურღებით ღრმა გაბურღვის დროს (სურ. 189) შეიძლება ვიმუშაოთ საკმაოდ დიდი სიჩქარეებით, მცირე მიწოდებისა და 30—50 ატმ. წნევის ქვეშ უხვი გაციეების დროს. ქვემოთ მოგვყავს ამგვარი ბურღებით ღრ გაბურღვის საგარაუდო რეჟიმები (ცხრილი 49).

ცხრილი 48

დასამუშავებელი მასალა	ხვრეტების დიამეტრები მმ-ში							
	30—40		40—60		60—85		85—115	
	v მ/წუთ	s მმ/ბრ	v მ/წუთ	s მმ/ბრ	v მ/წუთ	s მმ/ბრ	v მ/წუთ	s მმ/ბრ
ფოლადი $\sigma_B =$ = 30—50 კგ/მმ ²	20—22	0,1—0,17	18—20	0,17—0,24	16—18	0,24—0,32	13—16	0,32—0,39
ფოლადი $\sigma_B =$ = 50—75 კგ/მმ ²	18—21	0,09—0,16	16—18	0,16—0,24	13—16	0,24—0,32	11—13	0,32—0,39
ფოლადი $\sigma_B =$ = 75—100 კგ/მმ ²	14—17	0,075—0,11	12—14	0,11—0,19	9—12	0,19—0,24	8—9	0,24—0,29

ცხრილი 49

დასამუშავებელი მასალა	ბურღის დიამეტრი d მმ	მიწოდება s მმ/ბრ	კრის სიჩქარე v მ/წუთ	შენიშვნა
ქრომო-მოლიბდენის ფოლადი	7—8	0,015	50	L. Loewe-ს მონაცემებით
$\sigma_B = 80—90$ კგ/მმ ²	30	0,04	25	მედეგობა
$\sigma_B = 80—90$ კგ/მმ ²	23	0,06	30	$T=200$ წუთ

§ 97. ზრის სიჩქარე გაბურღვის დროს ბურღის მასალის მიხედვით

ყველაზე უფრო დიდი გავრცელება აქვთ მთლიან ($d=6 \div 12$ მმ-მდე) ან დაკავშირებულ მუშა ბოლიან ($d=6 \div 12$ მმ-დან) ბურღებს სწრაფმჭრელი ფოლადებისაგან და მისი შემცველებებისაგან. უფრო იშვიათად იყენებენ ნახშირბადიანს და ხალი შენადნობის დაკავშირებულ ფირფიტებიან ბურღებს.

ამჟამად სულ უფრო იყენებენ სწრაფმჭრელი ფოლადების სხვადასხვა მარკის (§ 47) შემცველებს. საუკეთესონი მათ შორის (ЭИ—260; ЭИ—290) წარმადიანობით არ ჩამოუვარდებიან სწრაფმჭრელ ფოლადებს; სხვა მარკები (ЭИ—172, ЭИ—184) უშეგებენ 35—15 % -ით უფრო ნაკლებ კრის სიჩქარეს.

¹ ღრმა ხვრეტების გაბურღვა და შეჯახარტება, *Машинистроитель* № 29, 1937 წ.

ყოველი სახის ბურღს აქვს გამოყენების თავისი ხელსაყრელი არე. ნახშირბადიან ბურღებს შეიძლება ქონდეთ უნივერსალური გამოყენება, მაგრამ წარმადობაში მნიშვნელოვნად ჩამორჩებიან სწრაფმჭრელებს და ჩვეულებრივ მუშაობენ ორჯერ უფრო ნაკლები სიჩქარით.

სწრაფმჭრელი ბურღების შედეგობა შეიძლება მნიშვნელოვნად იქნას გაზარდილი ზოგიერთი ღონისძიების საშუალებით, როგორიცაა თერმული დამუშავების რაციონალიზაცია (მრავალჯერადი მოშვება) ანდა, განსაკუთრებით, ციანირება. ქალაქ გორკის მოლოტოვის სახელობის ავტოქარხნის პრაქტიკამ დაგვანახვეს ციანირებული ბურღების 3—4-ჯერ მეტი შედეგობა შედარებით არაციანირებულებთან.

ძალზე სალი მასალების გაბურღვის დროს, რომლის დამუშავებაც შეუძლებელი აღმოჩნდა სწრაფმჭრელი ბურღებით, თავისი გამოყენება ჰპოვეს მკვეთრად წრთობილმა ნახშირბადიანმა ბურღებმა ჭრის მცირე სიჩქარეებით მუშაობის დროს; ეს აიხსნება მით, რომ მკვეთრი წრთობის დროს ნახშირბადიანი იარაღი იძენს მკრედე ნაწიბურების მეტ სისალეს.

ამ მხრივ დაუფასებელია ბურღები სალი შენადნობით. წესიერად შერჩეული გეომეტრიის დროს ამ ბურღებს შეუძლიათ ნებისმიერი მასალების დამუშავება. საბჭოთა კავშირის ქარხნების პრაქტიკამ და სპეციალურმა გამოკვლევებმა დაგვანახვეს მათი შესამჩნევი უპირატესობა მხოლოდ ძალზე სალი, მყაფე (თუჯი) ანდა მცირეზოგამეტარიანი მასალების (საიზოლაცია, პლასტმასები და სხვ.) გაბურღვის დროს. სექვეთა სალი შენადნობიანი ბურღებით საშუალო სისალისა და მით უფრო რბილი მასალების დამუშავების ეკონომიურობა. ქვემოთ მოყვანილია სწრაფმჭრელი ბურღებითა და სალი შენადნობის ფირფიტებიანი ბურღებით ჭრის მთელი რიგი შედარებითი რეჟიმები (ცხრილი 50).

ცხრილი 50

დასამუშავებელი მასალა	d	s	ჭრის სიჩქარე x მ/წუთ		შედეგობა T წუთ.	შენიშვნა
			სწრაფმჭრელ ბურღებისათვის ГИПРОМАШ-ის მიწ.	სალი შენადნობიანი ბურღებისათვის		
თუჯი $H_B = 200-220$ კგ/მმ ²	20	0,14	12,5	36,5	195	НИПС ¹ ვაგონების შემკეთებელი ქარხანა
თუჯი $H_B = 200-220$ კგ/მმ ²	20	0,28	12,5	36,5	146	
თუჯი $H_B = 140-180$ კგ/მმ ²	20	0,58	17,0	48	36	ВИСХОМ ²
თუჯი $H_B = 140-180$ კგ/მმ ²	20	0,28	19,0	52	74	
თუჯი $H_B = 140-180$ კგ/მმ ²	20	0,28	21,5	57,6	37	
ფოლადი $\sigma_B = 55$ კგ/მმ ²	20	0,15	28,0	48	85	ДИИИТМАШ ³
ფოლადი $\sigma_B = 55$ კგ/მმ ²	20	0,15	31,0	48	35	
ფოლადი $\sigma_B = 55$ კგ/მმ ²	20	0,15	35,0	48	10	
წრთობილი ფოლადი, სისალით რუკვლის მიხედვით $R_0 = 51$	12	ხელით		8-12	$L=300$: 500 მმ	ДИИИТМАШ ⁴

¹ შ. ა. კრიუკოვი. სპირალური ბურღები სალი შენადნობის ფირფიტებით. Машиностроитель № 11, 1936 წ.

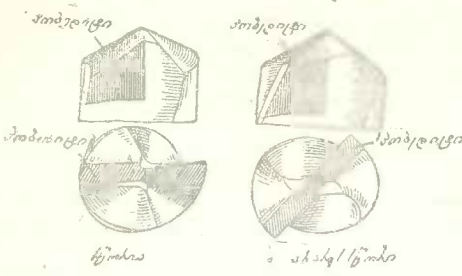
² პ. ტ. გაროდკოვი. Станки и инструмент № 6, 1937.

³ ნ. ა. ლაბინი. Машиностроитель № 12, 1936.

⁴ კაცენლსონი. Машиностроитель № 14, 1937.

ბურღებისათვის ყველაზე უფრო გამოსადეგ ბელიტი. როგორც ვხედავთ, უკანასკნელი თუჯის მჭერელ ბურღებთან გვიჩვენებს საშუალოდ 3-ჯერ

საღ შენადნობად აღმოჩნდა P3-8 პო. დამუშავების დროს შედარებით სწრაფ-მეტ წარმადობას და ვარგისობას წრიო-ბილი ფოლადის გაბურღვისათვის. ჩვეულებრივი ფოლადების დამუშავების დროს საღი შენადნობის გამოყენებისა-გან მიღებული ეფექტი აშკარად უფრო ნაკლებია; ეს ეფექტი სულაც არ გვექნებოდა, რომ არ გამოგვეყენებია გაძლიერებული კონსტრუქციის P3-8 ფირფიტები (სურ. 186).



სურ. 211. საღი შენადნობის ფირფიტის ბურღის სწორი და არასწორი აღესვა.

საშვები მაქსიმალური მიწოდებები 3-4-ჯერ უფრო ნაკლებია ნორმალური სწრაფჭრელი ბურღების მიერ დასაშვებ მიწოდებებთან შედარებით და, კერძოდ, არ აღემატება $f=0,21$ მმ/ბრ მიწოდებას $d=20$ მმ ბურღებისათვის და $f=0,15$ მმ/ბრ $d=20$ მმ-თვის. პრაქტიკულად, საღი მასალების გაბურღვის დროს გვირჩევენ ძალზე მცირე მიწოდებებს (იხ. 41 ცხრილი).

ამასთანავე, საჭიროა კიდევ ერთხელ ითქვას მცირე მიწოდებებით მუშაობის მიზანშეწონილობის შესახებ. ЦНИИТМАШ-ის ცდებმა დაგვანახვეს, რომ საღი შენადნობის დაკავშირებული ფირფიტებიანი ბურღის სიმტკიცით და-

კიდევ ერთხელ ვაქცევთ ყურადღებას საღი შენადნობის ფირფიტებიანი ბურღის სპეციალური აღესვის საჭიროებაზე. უკანასკნელმა უნდა ჰქონდეს უფრო მაღალი სიჩქარე ვინა კუთხეები (უარყოფითი კი ცენტრის ახლოს) და შემოკლებული განივი წიბო თანახმად 211-ე სურათისა, სადაც ნაჩვენებია აღესვის სწორი და არასწორი ხერხები. გარდა ამისა, გვირჩევენ ძალზე მოკლე ბურღებით სარგებლობას, რადგან კულთან ბურღის ტანი ხდება უფრო მასიური, განივი ნაწიბური უფრო სქელი, მასასადავამ, მცირდება ვიბრაციები.

§ 8. სპეციალური ბურღის მუშაობის დროს დაზარალებული სიმძლავრე

სიმძლავრე გაბურღვის დროს იზარალება ორ მოძრაობაზე:

- 1) მთავარ მუშა მოძრაობაზე—ბურღის ბრუნვაზე (ან ნაკვეთისა),
- 2) დახმარებ მოძრაობაზე—ბურღის გადაადგილება ღერძის ვასწვრივ—ბურღის მიწოდებაზე.

$N_{ფ}$ სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ბურღის ბრუნვაზე, ჩვეულებრივ განისაზღვრება M მგრებავი მომენტის მიხედვით, რადგან ეს უკანასკნელი უფრო მარტივად მოიძებნება ხოლმე ცდებით:

$$N_{ფ} = \frac{M \cdot n}{71620} \text{ ც. ძ.} \quad (21)$$

და ჩაბნის სრული საჭირო სიმძლავრე:

$$N = \frac{M \cdot n}{71620 \cdot \eta} \text{ ც. ძ.} \quad (22)$$

სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ბურღის მიწოდებაზე, გამოისახება ფორმულით:

$$N_s = \frac{P_x \cdot s \cdot n}{60 \cdot 75 \cdot 1000} \text{ (23)}$$

მნელი არ არის მაგალითზე დაერწმუნდეთ იმაში, რომ N_s სიმძლავრე სიდიდით იმდენად მცირეა, რომ იგი პრაქტიკულ ანგარიშის დროს შეგვიძლია არ მივიღოთ მხედველობაში.

მაგალითი. მუშავდება საშუალო სისხლის ფოლადი $d = 20$ მმ მქონე სწრაფმკრე-ლი ბურღით $s = 0,5$ მმ/ბრ მიწოდებისა და $v = 18$ მ/წუთ ჰრის სიჩქარის დროს. შარტი მუდების კოეფიციენტი $\eta = 0,75$. მოსახება N და N_s ც. ძ.

გვაქვს:

$$1) n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 20} \approx 286 \text{ ბრ/წუთ};$$

$$2) M = 5 \cdot 20^{1,8} \cdot 0,5^{0,78} = 640 \text{ კგსმ};$$

$$3) P_x = 62 \cdot 20 \cdot 0,5^{0,78} = 720 \text{ კგ};$$

$$4) N = \frac{M \cdot n}{71620 \cdot \eta} = \frac{640 \cdot 286}{71620 \cdot 0,75} \approx 3,4 \text{ ც. ძ.};$$

$$5) N_s = \frac{P_x \cdot s \cdot n}{60 \cdot 75 \cdot 1000} = \frac{720 \cdot 0,5 \cdot 286}{45000 \cdot 1000} \approx 0,23 \text{ ც. ძ.}$$

5 მგ. საბურღი ჩარხებისა და ტარების მკონსტრუქციულ გამოყენება

გაბურღვის ოპტიმალური რეჟიმის განსაზღვრის მეთოდი იცნევა, რაც სანარბტო და მუშავების დროს. უდიდესი წარმადობის მისაღებად არჩევენ მუშაობას უდიდესი მიწოდებით, რომელიც დასაშვებია ჩარხის სიმტკიცით, ნაკეთის დამავრების სიხისტით და ბურღის სიმტკიცით და მდღევანდით. ამიტომ გაბურღვის ოპტიმალური რეჟიმის გამოანგარნება უფრო მოხერხებულა ვაწარმოთ შემდეგი სქემით.

მოცემულ დასამუშავებელ მასალასა და ბურღის დიამეტრის დროს განისაზღვრება ჩარხის სიმტკიცით დასაშვები s_{max} უდიდესი მიწოდება. შემდეგ განისაზღვრება თანმიმდევრობით: n ბრ/წუთ ბრუნვათა რიცხვი იარაღის განსაზღვრული მდღევანდის დროს, M მგრებავი მომენტი, P_x დერძული ძალა და ჩარხის N ც. ძ. საჭირო სიმძლავრე.

თუკი ჩვენს განკარგულებაში ყოფ ჩარხს არა აქვს მონახული მნიშვნელობის M კგსმ და n ბრ/წუთ ბრუნვათა რიცხვი, მაშინ საჭიროა მოვხდინოთ შესაბამისი გადაანგარნება ჩარხის ფაქტიური მონაცემების მიხედვით.

მაგალითი. მუშავდება $s = 75$ კგ/მმ² მქონე ფოლადი $d = 30$ მმ ბურღით ვერტიკალურ საბურღავ ჩარხზე, რომელსაც პასპორტის თანახმად აქვს n , M და s შემდეგი მნიშვნელობები (ცხრილი 51).

ცხრილი 51

№№ რიგითი	n ბრ/წუთი	M კგმ	s მმ/ბრ	შენიშვნა
1	515	2,5	s ₁ =0,12	სალარტყო კბილანას სიმტკიცით დასაშვები უდიდესი მიწოდების ძალა P _{x max} = 1500 კგ
2	339	3,4	s ₂ = 0,15	
3	211	6,1		
4	136	9,5	s ₃ = 0,19	
5	82	14,7	s ₄ = 2,25	
6	54	23,8	s ₅ = 0,37	
7	34	38,0		
8	22	57,5	s ₆ = 0,49	

განესაზღვროთ მუშაობის ეკონომიური რეჟიმი.

1) ბურღის სიმტკიცით დასაშვები უდიდესი მიწოდება (იხ. ცხრილი 40).

$$s_{1max} = C_p d_s^2 = 0,091 \cdot 30^2 = 0,5 \text{ მმ/ბრ.}$$

2) მიწოდებათა მექანიზმის სიმტკიცით დასაშვები უდიდესი მიწოდება განისაზღვრება განტოლებიდან:

$$P_{xmax} = C_p d \cdot s^{0,78} \text{ კგ,}$$

საიდანაც

$$s_{ნარ} = \left| \frac{P_{xmax}}{C_p d} \right|^{1,28} \text{ მმ/ბრ;}$$

$$s_{ნარ} = \left| \frac{1500}{79 \cdot 30} \right|^{1,28} = 0,68^{1,28} = 0,62 \text{ მმ/ბრ.}$$

მაშასადამე, s_{max} = 0,5 მმ/ბრ სავსებით დასაშვებია.

მაქსიმალური უახლოესი მიწოდება, რომელიც ფაქტიურად არის ჩარხზე

$$s_{ნარ} = 0,49 \text{ მმ/ბრ.}$$

3) რომ ვიმუშაოთ s = 0,49 მმ/ბრ მიწოდებით, საჭიროა გვეკონდეს ჩარხზე მგრესაჟო მომენტი

$$M = C_{ud} d^{1,8} s^{0,78} \text{ კგმ,}$$

$$M = 64 \cdot 30^{1,8} \cdot 0,49^{0,78} = 64 \cdot 458 \cdot 0,57 = 17500 \text{ კგმმ} = 17,5 \text{ კგმ.}$$

მოგვიხდება ვიმუშაოთ მეექვსე პოზიციაზე, რომელსაც აქვს M₆ = 23,8 კგმ და n₆ = 54 ბრ/წუთი.

მეექვსე პოზიცია იქნება მინიმალური, რომელზედაც ჩვენ d = 30 მმ დიამეტრის დროს შეგვეძლება ვიმუშაოთ s = 0,49 მმ/ბრ მიწოდებით.

4) ბურღის წარმადობით დასაშვები მიწოდება განისაზღვრება ორი განტოლებით

$$v = \frac{C_d d^{0,8}}{s_{ბურ}^{0,5} \cdot s_{გერ}^{0,5}} \text{ მ/წუთი}$$

$$s = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ.}$$

საიდანაც

$$\frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{C_e d^{0,5}}{T^{0,167} \cdot s_{\text{ბურ}}^{0,5}}$$

$$s_{\text{ბურ}}^{0,5} = \frac{1000 \cdot 8,4 \cdot 30^{0,5}}{60^{0,167} \cdot \pi \cdot 30 \cdot n} = \left(\frac{124}{n} \right)$$

და

$$s_{\text{ბურ}} = \left(\frac{124}{n} \right)^2 \text{ მმ/ბრ.}$$

ჩვენ შემთხვევაში $n_6 = 54$ ბრ/წუთ დროს

$$s_{\text{ბურ}} = \left(\frac{124}{54} \right)^2 = 2,30^2 = 4,16 \text{ მმ/ბრ.,}$$

რაც ჩვენ მიერ მიღებულ 0,49 მმ/ბრ მიწოდებაზე მნიშვნელოვნად უფრო მაღალია. ბურ-ლი, $n_6 = 54$ ბრ/წუთ. და $s = 0,49$ მმ/ბრ შერჩეულ რეჟიმის დროს, ძალზე მცირედ იქნება გამოყენებული.

სხვა შესაძლო ვარიანტები განისაზღვრებიან იმ მოსაზრებიდან, რომ მიზანშეწონილი არაა დიდი მგრეხავი მომენტების მქონე საფეხურზე გადასვლა. მართლაც მე-7 პოზიციაზე $M_7 = 38$ კგმ და $n_7 = 34$ ბრ/წუთ — მგრეხავი მომენტის მიხედვით ჩვენ შეგვიძლია ვიმუშაოთ 0,49 მმ/ბრ მიწოდებაზე მნიშვნელოვნად უფრო დიდი მიწოდებით, მაგრამ ამის ნებას არ გვაძლევს ბურლის სიმტკიცე. ბრუნვათა რიცხვი შემცირდა $n = 54$ -დან $n = 34$ -მდე.

იმის შესამოწმებლად ხომ არ არის უფრო ხელსაყრელი ვიმუშაოთ მე-7 პოზიციაზე უფრო მცირე მგრეხავი მომენტების მქონე პოზიციებზე, განესაზღვროთ მომენტის მიერ დასაშვები მიწოდება ფორმულით:

$$M = \frac{C_M \cdot d^{1,8} \cdot s_M^{0,78}}{1000} \text{ კგმ.}$$

მნიშვნელში შეყვანილია მამრავლი 1000, რადგან ჩარხის მგრეხავი მომენტები მოცემული არიან კგმ-ში, უკანასკნელი განტოლების მარჯვენა ნაწილი კი გამოსახულია კგმ-ში.

საიდანაც

$$s_M^{0,78} = \frac{1000 \cdot M}{C_M \cdot d^{1,8}}$$

$$s_M = \left(\frac{1000 \cdot M}{C_M \cdot d^{1,8}} \right)^{1,28} \text{ მმ/ბრ.}$$

ჩვენ შემთხვევაში $C_M = 64$ და $d = 30$.

ამრიგად: მიწოდება მგრეხავი მომენტის მიხედვით

$$s_M = \left(\frac{1000 \cdot M}{64 \cdot 30^{1,8}} \right)^{1,28} = \left(\frac{M}{29} \right)^{1,28} \text{ მმ/ბრ.}$$

მიწოდება კი ბურლის წარმადობის მიხედვით

$$s_{\text{ბურ}} = \left(\frac{124}{n} \right)^2 \text{ მმ/ბრ.}$$

სწორედ ამ ორი ფორმულის მიხედვითაა შედგენილი 52 ცხრილი 3, 4, 5 და 6 პოზიციებისათვის.

ც ხ რ ი ლ ი 52

№12 რ/რ	n ბრ/წუთ	s მ/წუთ	s _{ბურ} მმ/ბრ	M კგმ	s _{ჩაბ} მმ/ბრ	ყვე მმ/ბრ ჩარხის მიერ მჭონე უახ- ლოესი მიწო- დებაა	T ₁₀ —გაბურღვის დრო l=10 მმ
3	211	20	0,34	6,1	0,135	0,12	$T_3 = \frac{10}{211 \cdot 0,012} = 0,4 \text{ წუთ}$
4	136	12,8	0,82	9,5	0,25	0,25	$T_4 = \frac{10}{136 \cdot 0,25} = 0,3 \text{ "}$
5	82	7,7	1,51	14,7	0,42	0,37	$T_5 = \frac{10}{82 \cdot 0,37} = 0,33 \text{ "}$
6	54	5,1	5,2	23,8	0,75	0,49	$T_6 = \frac{10}{54 \cdot 0,49} = 0,38 \text{ "}$

როგორც ვხედავთ, ჩვენ შემთხვევაში ყველაზე უფრო ხელსაყრელ რეჟიმად იქნება მუშაობა მე-4 პოზიციაზე, ე. ი.

$$n=136 \text{ ბრ/წუთ } s=12,8 \text{ მ/წუთ } s=0,25 \text{ მმ/ბრ.}$$

ეს რეჟიმი დასაშვებია როგორც ბურლის სიმტკიცით და მედეგობით, ისე ჩარხის სიმძლავრითაც.

§ 100. ნომოგრამა უხეზხაპრელისი საბურღი ჩარხისა და ზრის რეჟიმის შესარჩევად

212-ე სურათზე ნაჩვენებია ნომოგრამა მოცემული ოპერაციისათვის ყველაზე უფრო გამოსადეგი საბურღი ჩარხის შესარჩევად, და აგრეთვე გაბურღვის ეკონომიური რეჟიმის სწრაფი განსაზღვრისათვის. იგი აგებულია სახარატო ჩარხებისათვის ანალოგიური პრინციპის მიხედვით.

I კვადრანტში ზევით დახრილი სწორი ხაზი გამოსახავს s მიწოდების დამოკიდებულებას ბურლის d დიამეტრზე, თანახმად ფორმულისა

$$s = C_s \cdot d^{x_s}$$

(აქ ყველა ზომის ბურლისათვის მიღებულია ერთიანი მნიშვნელობა $x_s=0,6$). აქვე გამოსახულია M—d—s დამოკიდებულება განტოლებით:

$$M = C_M \cdot d^{x_M} \cdot s^{y_M} \text{ კგმ}$$

II კვადრანტის გრაფიკები აგებული არიან განტოლებით:

$$P_s = C_P \cdot d^{x_P} \cdot s^{y_P} \text{ კგ.}$$

III კვადრანტში გვაქვს n—d—s დამოკიდებულებათა გრაფიკები T=30 წუთ მყდ. გობის მჭონე ბურლებისათვის, თანახმად ფორმულისა:

$$n = \frac{C_n}{T^{0,167} \cdot d^{x_n} \cdot s^{y_n}} \text{ ბრ/წუთ.}$$

IV კვადრანტში აგებული არიან დახრილი სწორი ხაზები ჩაჩხის N სიმძლავრისათვის M და n მიხედვით, ფორმულით:

$$N = \frac{M \cdot n}{71620 \cdot \eta} \text{ ც. ძ.}$$

დაბოლოს V კვადრანტში გამოსახულია დამოკიდებულება:

$$\sigma = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ,}$$

ღა

$$T_{10} = \frac{10}{n \cdot s} \text{ წუთ (} l=10 \text{ მმ სიღრმის ხერტიის გაბურღვის დრო).}$$

ნომოგრამებით სარგებლობა ადვილია და ჩანს შემდეგი მაგალითიდან: გაგებულთ $d=20$ მმ ხერტი $\sigma_n = 60$ კგ/მმ² ფოლადიდან გაკეთებულ ნაწილში მოძრავი I კვადრანტი ისეთიარადაა დაყენებული, რომ აღნიშვნა $\sigma_n = 60$ კგ/მმ² ემთხვევა ისარს.

ახლა გვაქვს:

1) ბურღის სიმტკიცით დასაშვები მიწოდება $\sigma_{max} = 0,45$ მმ/ბრ (თვალი გავაყოლოთ I კვადრანტში $d=20$ მმ-დან ვერტიკალის მიმართულებით ქვევით დახრილთან გადაკვეთამდე და გადაკვეთის წერტილიდან მარჯვნივ).

2) $M=600$ კგმ (წინაგადაკვეთის წერტილიდან ანდა $\sigma = 0,45$ ბრ/წუთ-დან თვალი გავაყოლოთ ჰორიზონტალური მიმართულებით მარცხნივ $d=20$ მმ-თვის აგებულ დახრილთან გადაკვეთამდე და შემდეგ ქვევით ვერტიკალის მიმართულებით).

3) $P_2 \approx 700$ კგ (გაყვებით II კვადრანტში $\sigma = 0,45$ -დან მარჯვნივ $d=20$ დახრილთან გადაკვეთამდე და შემდეგ ქვევით ვერტიკალური მიმართულებით P_2 შკალამდე).

4) ბურღის ბრუნვათა რიცხვი, დასაშვები მისი მედეგობით, $n \approx 300$ ბრ/წუთ (III კვადრანტში თვალი გავაყოლოთ $\sigma = 0,45$ მმ/ბრ-დან ვერტიკალის მიმართულებით ქვევით $d=20$ მმ-თვის აგებულ დახრილთან გადაკვეთამდე და შემდეგ მარცხნივ).

5) ჩაჩხის სიმძლავრე $N_{ფა} = 2,5$ ც. ძ. (IV კვადრანტში თვალი გავაყოლოთ $M = 600$ კგმ-დან ვერტიკალის მიმართულებით ქვევით და $n \approx 300$ ბრ/წუთ-დან ჰორიზონტალის მიმართულებით მარცხნივ, გადაკვეთის წერტილი თავსდება $N = 2$ ც. ძ. და $N = 3$ ც. ძ.-თვის აგებულ დახრილთა შორის).

ყველაზე უფრო გამოსადგეია № 3 ჩაჩხი 4 ც. ძ. სიმძლავრით და მისი პოზიცია, რომელსაც აქვს $M = 950$ კგმ და $n = 300$ ბრ/წუთ. ამავე დროს, ცხადია, ჩაჩხს სრულად არ იქნება გამოყენებული.

6) კრის სიჩქარე $v = 18$ მ/წუთ და 10 მმ სიღრმის გაბურღვისათვის საჭირო დრო $T_{10} \approx 0,075$ წუთს (V კვადრანტიდან).

აქაც, ისე როგორც ზემოთ იქნა გაკეთებული, შეიძლება მოვახდინოთ ჩაჩხის გამოყენების ანალიზური გამოკვლევა, თუკი გამოსავალად ავიღებთ შუპს რომელიმე პოზიციას. თუკი შემზღუდეველ პირობად არის მიწოდების მექანიზმი, მაშინ გამოსავალს იძლევა გაბურღვის რეჟიმის განსაზღვრის დროს იღებენ P_{max} ღერძულ ძალას, რომელიც დასაშვებია შესაბამისი ჩაჩხის მიერ.

I, II, III კვადრანტები კეთდება მოძრავი, რათა შესაძლებელი გახდეს რეჟიმის გამოანგარიშება სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალის გაბურღვის დროს.

XVII ბალრუშება და გაზულა

§ 101. საღრუშევიზისა და გაზულელევის ვიომბტკია და კონსტრუქცია

ჩამოსხმით ან ჭედვით მიღებულ ტლანქ არამრგვალ ან ექსცენტრიულ შუა ნახერცების გაბურღვისათვის ნორმალური ბურღები არ გამოდგება: არათანაბარი დაწოლა ორ მჭრელ წიბოზე ხელს უწყობს ბურღის გვერდზე წყყვანას. ამ შემთხვევაში მცირე დიამეტრის არათანაბარი ნახერცები გაბურღებიან საღრუშეებით, რომლებსაც ბურღისაგან განსხვავებით აქვთ არა ორი, არამედ სამი ან ოთხი მჭრელი წიბო და ამდენივე მიმართული ფასკა, რომლებიც უზრუნველყოფენ იარაღის უკეთეს მიმართულებას. რადგან საღრუშეები ახდენენ უკვე არსებული ნახერცის მხოლოდ გაფართოებას, ამიტომ მათ არ აქვთ განივი მჭრელი წიბო, რომელსაც უხდება განსაკუთრებით მძიმე პირობებში მუშაობა; მათი სპირალური ღარაკები ნაკლებად ღრმაა, რაც საღრუშეს ტანს უფრო მტკიცეს ხდის.

210 I—II სურათზე გამოსახულია საღრუშეები სამი და ოთხი მჭრელი წიბოთი; პირველს მასალის ეკონომიის თვალსაზრისით აქვს მოსახსნელი ბოლო, მეორე კი მაგრდება დამჭერზე. ასეთ საღრუშეს მის ქვედა (მუშა) ნაწილში 0,02—0,05 მმ უფრო დიდი დიამეტრისას აკეთებენ მიმართული ფასკების ხახუნის შესაქურებლად. სპირალის ღარის კუთხე მერყეობს 12-დან 15°-მდე, მჭრელი წიბოები კი დახრილია ღერძისადმი $\varphi = 45-60^\circ$ კუთხით. სალი და მყიფე ლითონების დამუშავებისათვის ამ კუთხეს უფრო დიდს აკეთებენ. ვიდრე რბილ მასალებსათვის, რადგან γ_a წინა კუთხე, გაზომილი მჭრელი წიბოსადმი ნორმალურ კვეთში, მცირდება φ კუთხის ზრდასთან ერთად.

მართლაც:

$$\gamma_a = \frac{\gamma_a}{\sin \frac{\varphi}{2}} \quad (1)$$

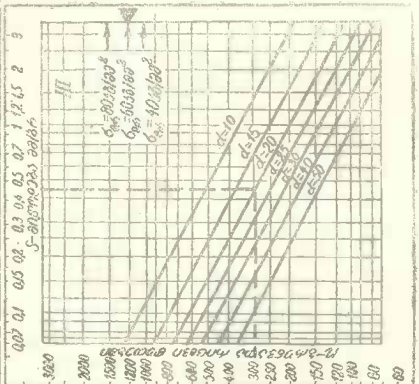
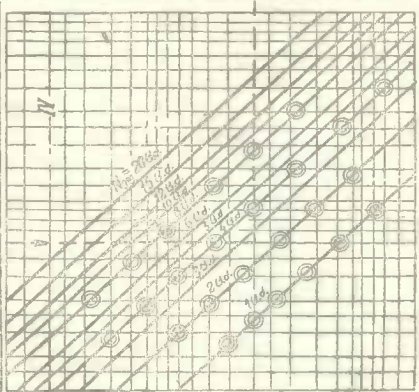
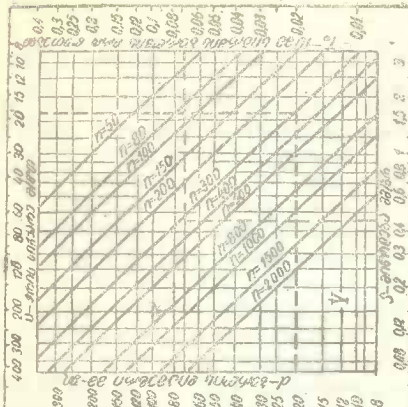
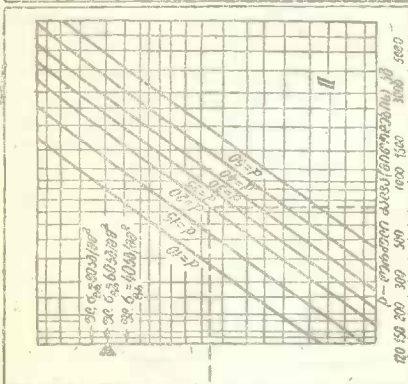
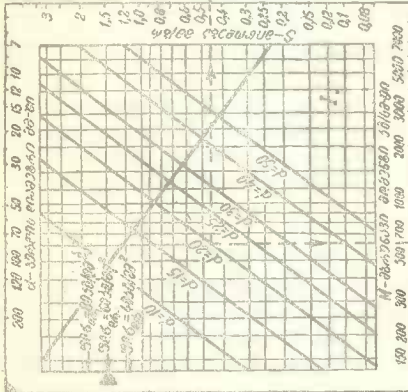
სადაც γ_a —წინა კუთხეა, რომელიც იზომება საღრუშეს ღერძის პარალელურ სიბრტყეში. საჭრისების ანალოგიურად მჭრელ წიბოს შეიძლება ქონდეს მჭრელი წიბოს უარყოფითი ანდა დადებითი დახრის კუთხე (სურ. 214). როგორც ჩარხვის დროსაც, დაკვირვებებმა დაგვანახვეს დადებითი დახრის კუთხის უპირატესობა ($\lambda \approx 10 \div 15^\circ$).

უკანასკნელი განსაკუთრებით სამართლიანია სალი შენადნობის ფირფიტებიან საღრუშეებისათვის. სურათზე ნაჩვენებია ЦНИИТМАШ-ის კონსტრუქციის საღრუმ თუჯის დამუშავების დროს მოგვცა სწრაფმჭრელ საღრუშეებთან შედარებით 4,5-ჯერ უფრო მეტი წარმოადობა¹.

ამ კონსტრუქციის თვისებას წარმოადგენს:

- 1) მჭრელი ფირფიტის დახრილი მდებარეობა საღრუშეს სპირალური ღარაკის მიმართ, ე. ი. სპირალური ღარაკის 12° ტოლი დახრის კუთხის დროს ფირფიტის დახრის კუთხე აღდება 20° ტოლი. ასეთი საღრუშეს აღესვის დროს მიიღება სწორი მჭრელი წიბო, და მასთან მის გასწვრივ $2-4$ მმ სიგანის ფასკა $\gamma = 12^\circ$ წინა კუთხით;
- 2) დადებითი λ დახრის კუთხე, რაც უზრუნველყოფს მჭრელი წიბოს დიდ სიმტკიცესა და მშვიდ მუშაობას;
- 3) საღრუშეს წინა ნაწილზე კონუსური ნახერცის მომეტებული სიგრძე; ეს საშუალებას იძლევა უფრო მეტჯერ გადავლესოთ იარაღი.

¹ ნ. ა. ლაიანი, საღრუშე სალი შენადნობისაგან დამზადებული მჭრელი პირით. Станки и инстру-мент № 11, 1936.

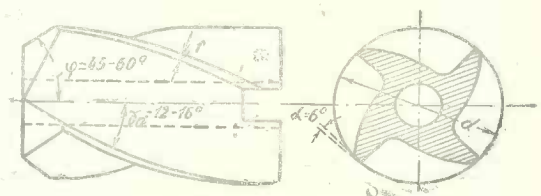


სურ. 212. ნიშნავაზა ბურღვის დროს უბელსა-
კრელსი კბის ზედიშისა და ჩახის შესარ-
ჩედად.

214 წ სურათზე ნაჩვენებია სხვადასხვა კონსტრუქციის ცილინდრული და კონუსური საღრუვეები.

გამშლელებს საღრუვეებისაგან განსხვავებით აქვთ მკრედი წიბოების უფრო მეტი რიცხვი და ხსინი იღებენ ლითონის ძალზე თხელ ფენას ($t = 0,01 - 0,2$ მმ), რაც შესაძლებლობას იძლევა მივიღოთ საესებით გლუვი და მოცემულ დაშვების ზუსტად შესაბამისი ნახვრეტი; მართალია, ამას ხშირად ვალწვეთ ხოლმე მთელი რიგი თანამოდენეო გავლის საშუალებით რამდენიმე გამშლელით. მიღებული ნახვრეტის ზომა რამდენიმედ განსხვავდება გამშლელის დიამეტრისაგან მისი, ეგრეთ წოდებული, გაწევის გამო. უკანასკნელი დამოკიდებულია იარაღის ზომაზე, მისი დამაგრების ხერხზე, ნაკეთის მასალის გვარობაზე. გაშლისათვის დატოვებულ ნამატზე, და აგრეთვე ჩარხის მდგომარეობაზე და მუშის დახელოვნებაზე, თუკი გაშლა ხელრთ ხდება.

215-ე სურათზე ნაჩვენებია სწორი და სპირალური (ბრანული) კბილებიანი ხელის გამშლელები, მათ აქვთ კონუსური და მომარგვალეზული ბოლოები ნახვრეტში უფრო ადვილად შევლისათვის. 216-ე სურათზე ნაჩვენებია დასასმელი სამანქანო გამშლელი დიდი დიამეტრის ხვრეტებისათვის, რომელიც მაგრდება დამჭერზე; 217 სურათზე მოცემულია ჩასადგმელი კბილებიანი და მოქანავე დამჭერის, მქონე სამანქანო გამშლე-



სურ. 213 I-II, საღრუვე ოთხი მკრედი წიბოთა.

ლი ისეთი ნახვრეტების გაშლისათვის, რომელთა ღერძიც შეიძლება არ ემთხვეოდეს დამჭერის ღერძს.

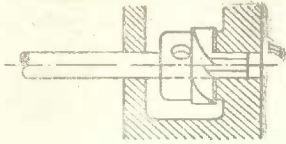
ჩვეულებრივ ცილინდრულ გამშლელებს აქვთ ის ნაკლი, რომ ყოველ აღსვლის შემდეგ კარგავენ თავის ზომას. დიდი რაოდენობით ზუსტად ერთნაირი დიამეტრის ხვრეტების დამზადების დროს იყენებენ გასაწევ გამშლელებს ჩასადგმელი საჭრისით; 218-ე სურათზე ნაჩვენებია საჩრეულირებელი საღრუვეების სხვადასხვა კონსტრუქცია.

გამშლელები. კონსტრუქცია და გეომეტრია

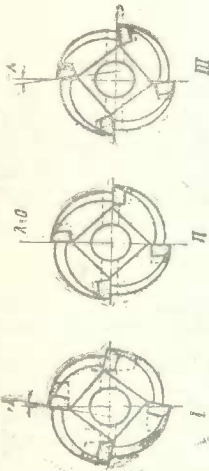
218 I სურათზე ვხედავთ ჭრილში მცირე დიამეტრების გამშლელს. მას აქვს შიგნით გაბურღული ღარაკი, რომელშიაც მოთავსებულია ბურთული. ბურთულას გადაადგილების დროს ღარაკის გასწვრივ გამშლელის დიამეტრს შეუძლია ცვალებადობა 0,25—1 მმ ფარგლებში; რეგულირების გასაადვილებლად გამშლელზე 2—3 კბილის შემდეგ გაჭრილია საწილადო ღარაკები.



I



II

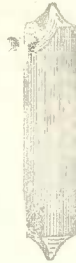


სურ. 214. საღრფეს მჭრელი წიბოების დანზა.

სურ. 214 ბ I-III.

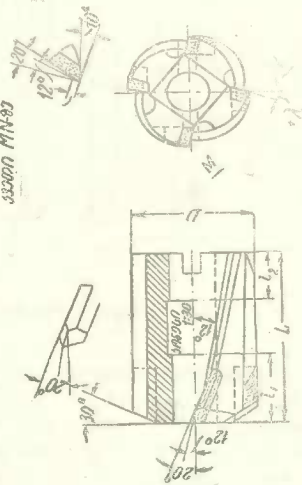


სურ. 214 ბ IV.



სურ. 214 ბ V.

332000 MN-83

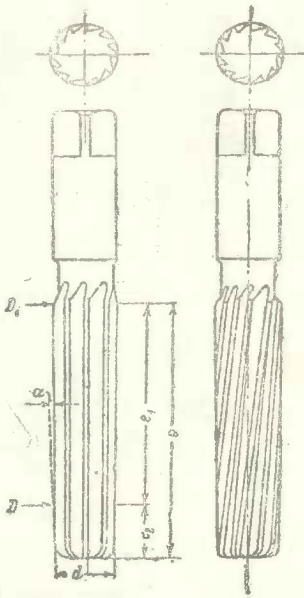


სურ. 214 ა.

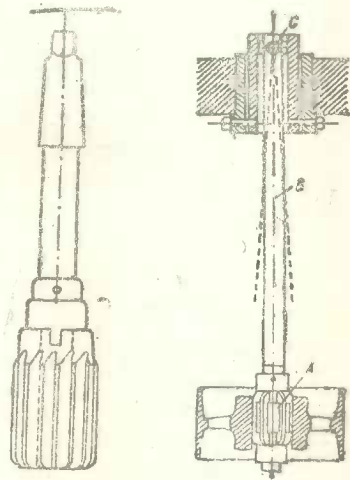
სხვა გამშლელებში დიამეტრის გაზრდას აღწევენ დანების გადაადგილებით განაქცობაში კონუსური მიმმართველებით (სურ. 218 II). დანები ბოლოში დამაგრებული არიან ქანჩით და წინაღქანჩით, წინიდან კი—ხრახნიანი სოლებით.

„გოდარდ-გოდარდ“-ის ტიპის გამშლელებში ჩასადგმელ დანებს უკანა კედელზე აქვთ ნაჭდევები, რომლებიც შედიან კილოს შესაბამისი კედლის ნაჭდევებში, რაც მნიშვნელოვნად აძლიერებს დანების დამაგრების სიხისტეს.

დიდი დიამეტრის ნახერცების გაშლის დროს წარმატებით იყენებენ გამშლელს მახრახნილი დანებით (სურ. 218 III). აქ ზომის რეგულირებას აღწევენ დანების ქვეშ ქალაღის ან თუნუქის ლენტების ამოღებით, რის შემდეგ გამშლელი იხეხება საჭირო ზუსტ ზომამდე.



სურ. 215. ხელის გამშლელი.

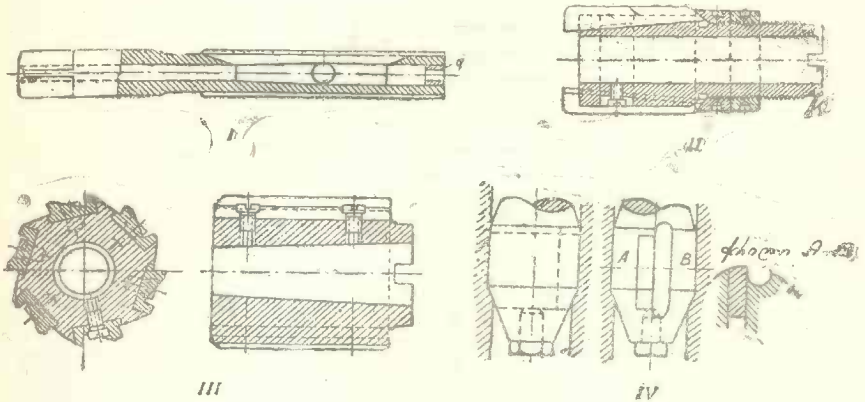


სურ. 216. სახანჯანო . სურ. 217. სახანჯანო გამშლელის დასასმელი. დელი მოქანავე დამგერიო.

ნახერცების სუფთა და ზუსტი გამოყვანისათვის ძალიან კარგია არიან ერთობილა გამშლელები (სურ. 218 IV). მიმმართველ ფოლადის კორპუსში, რომლის ზედაპირიც წრთობილია და ვახეხილი, დანა მაგრდება ტორსზე მოთავსებული ხრახნის საშუალებით: დანა ჩვეულებრივ ამოშვებულია არა უმეტეს 0,02 მმ-სა ცილინდრული ზედაპირის ზევით და მასთან ერთად იხეხება ზომამდე. ბურბუშელას იღებს დანის ის ნაწილი, რომელიც მოთავსებულია მიმღებ კონუსზე. დანარჩენი ნაწილი კი იცავს კორპუსს ჩაჭედვისაგან. დანის კბილის გაცვეთის შემდეგ შეიძლება მისი გადადგმა.

219-ე სურათზე წარმოდგენილია გამშლელი სალი შენადნობის მიჩილული ფორფიტებით: მათი დამზადება ჯდება ძვირი, მაგრამ სამაგიეროდ ისინი განიხრევიან დიდი წარმადობით მუშაობაში; საფეხურიან გამშლელს (სურ. 219 II) აქვს ორი დიამეტრი; პატარათი ხდება წინასწარი გაშლა, დიდი დიამეტრიანი მომდევნო ნაწილით კი—საბოლოო დამუშავება.

ზუსტ კონუსურ ნახვრეტებს ვღებულობთ კონუსური გამშლელებით ცილინდრული ნახვრეტების დამუშავების გზით (სურ. 220). აქ ჩვეულებრივ თანმიმდევრობით იყენებენ სამ გამშლელს, რადგან გვიხდება მასალის დიდი რაოდენობით აღება. პირველი ამგველი გამშლელი საფეხურიანი კბილებით იძლევა ტლანქ კონუსურ ხვრეტს ხრახნული ღარებით; მეორე წყვეტილი მჭრელი წიბოთი ბურბუშელის დასაქუცმაცებლად სჭრის ღარებს და მესამე სუფთად დამამუშავებელი გამშლელი იძლევა საბოლოო გლუვ ზედაპირს.

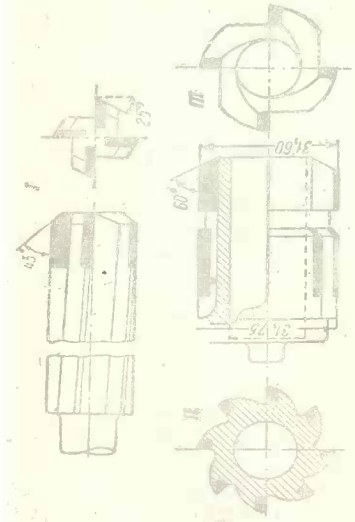


სურ. 218. I—IV. სარეგულირებელი გამშლელები. II—გასაწვევი განშლელი ერთ ხვრეტების დასამუშავებლად. III—გამშლელი მიხრახნილი დანებით.

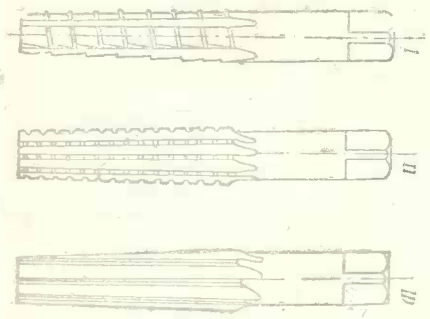
221 I და 221 II სურათებზე ნაჩვენებია გამშლელის ფორმა და კბილის კონსტრუქცია. ჭრის ძირითადი მუშაობა ხდება გამშლელის მიმღები კონუსური ნაწილით, ცილინდრული ნაწილი აკალიბრებს ნახვრეტს და გამშლელს აძლევს მიმართულებას. მიმღები კონუსის მომუშავე ნაწილის სიგრძე დამოკიდებულია ჭრის t სიღრმეზე და გამშლელის ღერძისადმი მჭრელი წიბოს დახრის φ კუთხეზე

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}$$

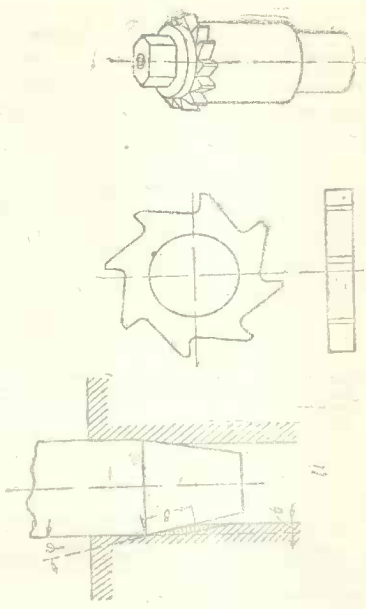
როგორც ნახვრეტის დამამუშავებელ ყოველ იარაღს, გამშლელსაც აქვს უკანა კონუსის ხახუნის შესამცირებლად და მუშაობის გასაადვილებლად. ამ კონუსის უკონოობის დროს გამშლელის ოდნავი გადახრის შემთხვევაში მისი უკანა ნაწილი მოჭრის მასალას და ნახვრეტი შეიძლება მივიღოთ ოდნავად კონუსური. ამით შეიძლება აიხსნას ის დიდი წარმატება, რომლითაც პრაქტიკაში სარგებლობენ. ახალი ძალზე მოკლე გამშლელები, რომლებიც თავისი ფორმით მოგვაგონებენ დისკურ ფრეზებს (სურ. 222). მათი b სიგანე უდრის დიამეტრის $\frac{3}{16}$ -ს; ისინი ძალზე ეკონომიური არიან, რადგან მზადდებიან ერთბაშად 75 ცალად უნივერსალური საფრეზო ჩარხის 3 დამკერზე და იძლევიან სუფთა და



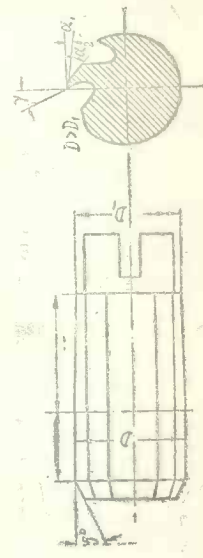
სურ. 219. საღი ზენადობის დაკეშირებულ ფორმირანი გამ-
ულელი.



სურ. 220. კონუსური გამულელი.



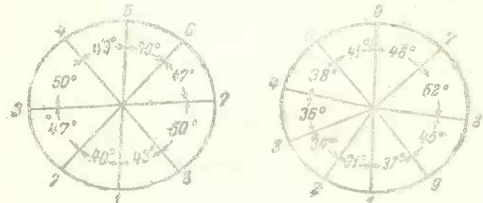
სურ. 222. დისკური გამულელი.



სურ. 221. გამულელის ფორმა და კილი.

სუტ ტერეტს. ჩატარებული იქნა ცდები ამგვარ დისკური განზღვრებით, ნახერეტის შემდგომი დამუშავებით საერთო დამჭერზე დაცული წითობილი გორგოლაკის საშუალებით ($\alpha=0,38$ მმ/ბრ და $0,076-0,0127$ დატკეცას სიდიდის დროს). ამ დროს ზედაპირს ლებულოდნენ სარკისებრს სიზუსტით ± 00064 მმ; მიმართველის როლს ასრულებდა დაჭერის გორგოლაკების წინ გახეხილი უბანი.

გამშლელის კბილის ფორმა ძალზე მოგვეგონებს საჭრისს. აქ ხშირად უკანა წახნაგი აილესება ხოლმე ორმაგი კუთხის ქვეშ— $\alpha_1=5 \div 7^\circ$ და $\alpha_2=15 \div 25^\circ$ (სურ. 232). სუფთად დამამუშავებელი გამშლელებისათვის β ზრის კუთხე სწორია ($\gamma=0$) და ლითონის მნიშვნე-



სურ. 223. კბილების მდებარეობა არათანაბა ბიჯიან. გამშლელებში.

ლოანი ფენის აღებას დროს კი კეთდება მახვილი ($\gamma > 0$). γ წინა კუთხე, რომელიც ჩვეულებრივ იზომება სპირალური გამშლელის ღერძის ნორმალურ კვეთში, ნაკლებია მჭრელი წიბოს მიმართულებისადმი პერპენდიკულარულ კვეთში ბლებულ γ კუთხეზე და ეს გარემოება გვევალვებს ხრახნული დარაქის დახრის კუთხის ზრდასთან ერთად გავზარდოთ γ კუთხეც. ასე, მაგალითად, საქვაბო გამშლელებში, რომლებსაც აქვთ დარაქების დახრის დიდი კუთხე, γ კუთხე აღის 60° -მდე, მჭრელ წიბოსადმი ნორმალურ სიბრტყეში აღებული წინა კუთხე კი აღწევს $\gamma=25^\circ$ მნიშვნელობას.

გამშლელის კარგი მუშაობის ძირითადი პირობა—ეს მჭრელი წიბოს სიმახვილეა, მასთან გვირჩევენ ხელუხლებელი დავტოვით ეიწრო მიმართველი ფასკა სიგანით $f=0,2-0,3$ მმ. რაც უფრო მახვილიადაა ალესილი კბილები, მით უფრო სუფთა და ზუსტი მიიღება ხერტი; ცდებმა დაგვანახვეს, რომ გამშლელის კარგი ალესვის დროს ენერჯის ხარჯი მცირდება 65% -ით, მიწოდების წნევა კი 75% -ით.

გამშლელის კბილთა რიცხვი დამოკიდებულია მის დიამეტრზე და მერყეობს ნაღან 18-მდე. კბილთა რიცხვის ზრდასთან ერთად ნახერეტის კედლები მიიღება უფრო სუფთა, მაგრამ სამაგიეროდ ძვირი გვიჯდება გამშლელის დამზადება და ალესვა. განსაკუთრებით კარგად მუშაობს არათანაბარი ბიჯიანი გამშლელი; 223-ე სურათზე ნაჩვენებია ორი გამშლელი ლუწი და კენტი რიცხვიანი კბილებით. ასეთი გამშლელები თავიდან გვეცილებენ ნახერტების წახნაგობას, რომელსაც მოგვერ ვლებულობა ზრდზე არაერთგვაროვანი მასალის დამუშავების დროს. ყველა ასეთ გამშლელებში მათი დიამეტრის გაზომვის მობერებულობისათვის სასურველია ორი კბილი მაინც ვიქონიოთ დიამეტრულად საწინააღმდეგო მდგომარეობაში; ამას ადვილად ვაღწევთ კბილების ლუწი რიცხვის დროს.

§ 102. ზრის წნევა ბალრუშების და ბაზლის დროს

საღრუვესა და გამშლელის მუშაობა ძირითადად მოდის მიმღებ კონუსურ ნაწილზე, რომელიც იღებს ბურბუშელას განივი კვეთის ფართობით (სურ. 224)

$$f = t \cdot s \cdot \text{მმ}^2 = \frac{(d - d_1) \cdot s}{2} \cdot \text{მმ}^2 \quad (2)$$

სადაც $t = \frac{d-d_1}{2}$ მმ-კრის სიღრმეს ან ნამატი დამუშავებაზე (მერყეობს) საშუალო 0,2-დან 2 მმ-მდე გაღრუბების დროს და 0,1-დან 0,2 მმ-მდე გაშლის დროს.
ყოველ მკრელ წიბოზე მოდის ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი

$$f = \frac{f}{z} = \frac{t \cdot s}{z} = \frac{(d-d_1) \cdot s}{2z} \text{ მმ}^2 \quad (3)$$

სადაც z — იარაღის კბილთა რიცხვია.

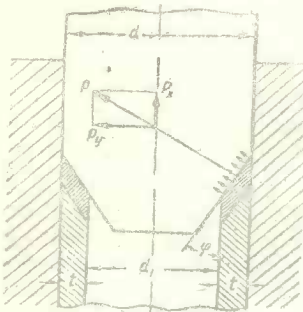
აქაც, ისე როგორც საჭრისებში, ბურბუშელა იქნება, მით უფრო თხელი და ფართო, რაც უფრო მცირეა φ კუთხე; მასთან, ზრდას დაიწყებს კრის ხვედრითი წნევა.

აქაც კრის საერთო წნევა შეიძლება დავყოთ სამ შემადგენლად: 1) P_x ტანგენციალურ ძალად, რომელიც მოქმედებს ბრუნვის სიჩქარის მიმართულებით და წარმოქმნის მგრეხავ მომენტს;

2) P_z ღერძულ ან მიწოდების ძალად, რომელიც უნდა დაძლიოს ჩარხის მიწოდების მექანიზმმა ან მეზამ ხელით გაშლის დროს;

3) P_y რადიალურ ძალად, რომელსაც არა აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგან ყველა ცალკეული კბილების P_y ძალები მიიმართებიან ცენტრისაკენ ერთმანეთის შემხედრად და ურთიერთ გაბათილდებათ.

თუ P ძალას მივიღებთ ორი P_x და P_y ძალის ტოლქმედად, შეგვიძლია დავწეროთ:



სურ. 224. კრის შემადგენელი ძალები გაშლის დროს.

$$P_x = P \cdot \sin \varphi \text{ და } P_y = P \cdot \cos \varphi,$$

ე. ი. მიწოდების ძალა დაიწყებს ზრდას φ კუთხის ზრდასთან ერთად (ან კონუსის შემოკლებასთან ერთად).

ხელის გამშლელებისათვის მიმღებ ნაწილს აქეთებენ მნიშვნელოვანი სიღრმისას;

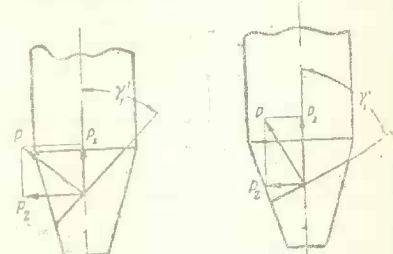
ამ დროს მცირდება φ კუთხე და მასთან ერთად P_x მიწოდების ძალაც. ეს აადვილებს მუშაობას და ამცირებს კბილების გატეხვის საშიშროებას ნახერტიდან გამოსვლის დროს.

მართალია, ამ დროს იზრდება P_z ტანგენციალური ძალა და, მაშასადამე, M მგრეხავი მომენტი და დახარჯული სიმძლავრე. უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთ პირობებში M და P_x მნიშვნელობებმა შეიძლება მიაღწიონ მნიშვნელოვან სიღრმეს. ცდების საფუძველზე M და P_x გამოისახებიან შემდეგი ფორმულებით:

$$P_x = C_p \cdot d^{\alpha_p} \cdot s^{\beta_p} \cdot i^{\gamma_p} \text{ კგ;} \quad (4)$$

$$M = C_M \cdot d^{\alpha_M} \cdot s^{\beta_M} \cdot i^{\gamma_M} \text{ კგსმ,} \quad (5)$$

სადაც C_M , C_p , α_p , α_M , β_p , β_M , γ_p , γ_M , γ_p მუდმივების მნიშვნელობები დასამუშავებელი მასალის მიხედვით მოცემულია გაღრუბებისათვის 53-ე ცხრილში და გაშლისათვის 54-ე ცხრილში.



სურ. 225. კრის ძალები ხრახნულ ღარაკვების გამშლელებში.

ცხრილი 53

დასამუშავებელი მასალა	C_x	x_x	y_x	z_x	C_p	x_p	y_p	z_p
ფოლადი $\sigma_B = 40$ კგ/მმ ²	9,0	1,0	0,75	0,74	2,3	0,5	0,7	0,95
ფოლადი $\sigma_B = 60$ კგ/მმ ²	12,0	1,0	0,75	0,74	4,8	0,5	0,7	0,95
თუჯი რბილი	4,0	1,0	0,7	0,74	1,3	1,65	0,55	1,0
თუჯი საშუალო	7,5	1,0	0,7	0,74	2,4	1,65	0,55	1,0

მაგალითი 1. $\sigma_B = 60$ კგ/მმ² მქონე ფოლადში ნახვრეტის გაღრუვების დროს $d_1 = 32$ მმ-დან $d = 40$ მმ-მდე (ე. ი. $t = 4$ მმ) $s = 1,44$ მმ/ბრ დროს გეაქვს:

$$M = 12 \cdot 40 \cdot 1,44^{0,75} \cdot 4^{0,74} = 12 \cdot 40 \cdot 1,3 \cdot 2,78 = 1740 \text{ კგსმ};$$

$$P_x = 4,8 \cdot 40^{0,5} \cdot 1,44^{0,7} \cdot 4^{0,95} = 4,8 \cdot 6,4 \cdot 1,3 \cdot 3,7 = 148 \text{ კგ}.$$

მაგალითი 2. საშუალო სისალის ფოლადში ნახვრეტის გაშლის დროს $d = 20$ მმ მქონე გამშლელით $t = 0,1$ მმ და $s = 2$ მმ/ბრ დროს გეაქვს:

$$M = 8,8 \cdot 20^{1,15} \cdot 2^{0,85} \cdot 0,1^{0,84} = 8,8 \cdot 31,6 \cdot 1,80 \cdot 0,23 = 115 \text{ კგსმ}.$$

ცხრილი 54

დასამუშავებელი მასალა	C_x	x_x	y_x	z_x	x_p	y_p	z_p
ფოლადი	8,8	1,15	0,85	0,64	0,70	0,72	1,0
თუჯი	2,2	1,42	0,79	0,74	0,61	0,40	0,88

საჭიროა აღინიშნოს (4 და 5) ფორმულებით მიღებული შედეგების დაახლოებითობა, რადგან M და P_x დამოკიდებული არიან კბილების რიცხვზე, მათი მჭრელი წიბოს სიმახვილის ხარისხზე და სხვა პირობებზე (გაბოხვის ხასიათი და სხვ.).

M და P_x სიდიდეები შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს აგრეთვე გამშლელის ხრახნული ლარაკების დახრის კუთხის მიხედვითაც. მჭრელი წიბოსადმი ნორმალურად მოქმედი P ძალა (სურ. 225), შეიძლება დავშალოთ ორ P_x და P_z შემადგენლად; ამ დროს გეაქვს:

$$P_x = P \cdot \cos \gamma'_1; \quad P_z = P \cdot \sin \gamma'_1;$$

სადაც γ' — ხრახნული ლარაკების დახრის კუთხეა.

მაშასადამე, γ'_1 კუთხის ზრდასთან ერთად P_x მომენტი და საჭირო სიმძლავრე დაიწყებენ შემცირებას, P_z კი — ზრდას. უკანასკნელი გარემოება პრაქტიკისათვის დიდ როლს არ თამაშობს, რადგან ვაშლაზე საჭიროა უმნიშვნელო სიმძლავრე მცირე ჭრის სიჩქარეების დროს (6 ÷ 10 მ/წუთ). აქ დიდი მნიშვნელობა აქვს იარაღის ექსპლოატაციის პირობებს. ხრახნული კბილებიანი გამშლელები მუშაობენ უფრო შშვნიდად, უზრუნველყოფენ უფრო გლუვ ზედაპირს და უკეთეს მედეგობას, მასთან ნახვრეტში გამშლელის ჩართვისა და მისი ჩაჭეჭვის თავიდან ასაცილებლად, გვირგვინ მარჯვენა ბრუნვისათვის გამოვიყენოთ მარცხენა ხრახნული ლარაკები; მასთან ღერძული ძალა მიმართული იქნება მიწოდების მოძრაობის შეგვედრად.

§ 103. ზრის რეჟიმები გადასახადებისა და გაშლის დროს

წარმადობიანობა გაღრუბებისა და გაშლის დროს, და აგრეთვე დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხიც მნიშვნელოვნადა დამოკიდებულია მშ/ბრ მიწოდებაზე. მთელ რესურსებსა და დაწესებულებების ცდების მონაცემების დაპირისპირების შედეგად, Гиромаш-ი გვიჩვენებს მშ/ბრ მიწოდების სიღრმის განსაზღვრას ისეთივე ტიპის ემპირიული ფორმულით, როგორც გაბურღვისათვის, ე. ი.

$$s = C_s \cdot d^x \text{ მშ/ბრ,}$$

სადაც C_s და x_s — მუდმივებია, დამოკიდებულნი დასამუშავებელ მასალაზე და მოცემულ ბრინჯის 55-ე ცხრილში გაღრუბებისათვის და 56-ე ცხრილში გაშლისათვის.

ცხრილი 55

C_s და x_s მნიშვნელობები გაღრუბებისათვის Гиромаш-ის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალა	$d < 24$ მმ		$d > 24$ მმ	
	C_s	x_s	C_s	x_s
ფოლადი $\sigma_B = 30 \div 50$ კგ/მმ ²	0,024	1,30	0,22	0,6
ფოლადი $\sigma_B = 60 \div 70$ კგ/მმ ²	0,019	1,30	0,19	0,6
თუჯი რუხი რბილი	0,035	1,32	0,35	0,59
თუჯი რუხი სალი	0,0175	1,32	0,175	0,59
ბრინჯაო რბილი	0,048	1,32	0,48	0,59
ბრინჯაო სალი	0,020	1,32	0,20	0,59
ალუმინი $H_B = 60 - 80$	0,022	1,32	0,215	0,59
ალუმინი $H_B = 80 - 100$ /	0,014	1,32	0,140	0,59
თითბერი საშუალო სისალისა	0,048	1,32	0,480	0,59

ცხრილი 56

C_s და x_s მნიშვნელობები გაშლისათვის Гиромаш-ის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალა	$d < 8$ მმ		$d = 8 \div 30$ მმ		$d > 30$ მმ	
	C_s	x_s	C_s	x_s	C_s	x_s
ჩვეულებრივი ნაშრობადიანი ფოლადი	0,11	0,96	0,11	0,96	0,60	0,47
ქრომონიკელიანი ფოლადი	0,098	0,96	0,093	0,96	0,52	0,47
ქრომიანი ფოლადი	0,086	0,96	0,086	0,96	0,44	0,47
რუხი თუჯი	0,0133	2,25	0,15	1,08	1,22	0,47
ბრინჯაო, თითბერი, ალუმინი	0,34	0,54	0,43	0,51	0,43	0,51

მაგალითი. $\sigma_B = 30 - 50$ კგ/მმ² მქონე ფოლადის გაღრუბების დროს, თუ $d = 30$ მმ დასაშვებია მიწოდება

$$s = 0,22 \cdot 30^{0,6} = 0,22 \cdot 7,7 = 1,7 \text{ მშ/ბრ.}$$

მაგალითი. $d = 30$ მმ მქონე გამშლელით ფოლადის გაშლის დროს დასაშვებია მიწოდება

$$s = 0,11 \cdot 30^{0,96} = 2,6 \text{ მშ/ბრ.}$$

საკითხი სადრუვეებისა და გამშლელების შედგობის შესახებ სხვადასხვა ფაქტორების მიხედვით ჯერ კიდევ არაა გამოკვლეული და ამიტომ Гипрошап-ი თავის უკანასკნელ ნორმატივებში სხვადასხვა ლითონების დამუშავების დროს გვირჩევს საშუალო ჭრის სიჩქარეებს დამოუკიდებლად იარაღის დიამეტრზე, ნახტზე, მიწოდებაზე და სხვა ფაქტორებზე. Гипрошап-ის მიერ მიღებული ეს სიჩქარეები, ცალკეულ ქარხნებისა და სტაბილიზაციის პრაქტიკულ მონაცემებთან შედარების შემდეგ, მოყვანილია 57-ე ცხრილში.

მიწოდებები და სიჩქარეები, რომლებიც მოყვანილია არიან 55, 56, 57 ცხრილებში. მიღებული უნდა იქნას როგორც საორიენტაციო. ЦНИИТМАШ-ის ცდებმა $\sigma_B = 50$ კგ/მმ² მქონე ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადის დამუშავების დროს დაგვანახეს, რომ Гипрошап-ის მიერ ნარჩევი მიწოდებები და ჭრის სიჩქარეები გაზღვის დროს, რამდენიმედ აღაღებული არიან. თუჯის დამუშავების დროს ($H_B = 160 - 180$), პირიქით, სიჩქარეები.

ცხრილი 57

ჭრის სიჩქარეები გაღრმავება და გაშლის დროს

დასამუშავებელი მასალა	ჭრის სიჩქარეები მ/წუთ.	
	გადრუების დროს	გაშლის დროს
ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი $\sigma_B = 30 - 60$ კგ/მმ ²	30—22	10—8
ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი >60 კგ/მმ ²	18—14	6
ფუჯი რუხი რბილი	20	10
თუჯი რუხი სალი	12	7
ფოლადი ქრომიანიკელიანი	15—12	9—5
ფოლადი ქრომიანი	11—6	5,5—4,5
ბრინჯაო რბილი	35	20
ბრინჯაო სალი	20	10
თითბერი საშუალო	40	22
ალუმინი $H_B = 60 - 100$ კგ/მმ ²	80—60	40—24

და მიწოდებები შეიძლება რამდენიმედ გაზრდილ იქნას.

სალი შენადნობის ფირფიტებიანი გამშლელების გამოყენების პრაქტიკა დაგვანახა, რომ ნორმალურთან შედარებით მათი მუშაობის ტყეიმები შეიძლება მნიშვნელოვნად იქნას გაზრდილი. 58-ე ცხრილში მოყვანილია მედეგობის შედარებითი ციფრები სწრაფ-მჭრელ ფოლადისა და სალი შენადნობიანი გამშლელებისათვის, რომლებიც შედგენილია სალი შენადნობის კომბინატის¹ მონაცემების მიხედვით.

სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა გაშლის დროს, შეიძლება განსაზღვრულ იქნას ცნობილი ფორმულით:

$$N_{\text{შ}} = \frac{M \cdot n}{71620} \text{ ც.ძ.}$$

ასე, მაგალითად, საშუალო სისალის ფოლადში ნახვრეტის გაშლის დროს $d=20$ მმ მქონე გამშლელით, $s=2$ მმ/ზრ და $t=0,1$ მმ დროს $v=8$ მ/წუთ სიჩქარით, მივიღებთ:

¹ ბ. გ. ლვეინა და გ. ე. რივინი, ნახვრეტების გაშლა სალი შენადნობიანი ჩარაღებით, Машинно-строитель № 8—9, 1936 წ.

$$n = \frac{1000 \cdot 8}{3,14 \cdot 20} = 128 \text{ ბრ/წუთ.}$$

$$M = 115 \text{ კგსმ (იხ. § 102)}$$

$$N_{\text{გვ}} = \frac{115 \cdot 128}{71620} = 0,21 \text{ ც. დ.}$$

ც ბ რ ი ლ ი 58

ნაკეთის მასალა	ნახვ- რეტის დიამე- ტრი d მმ	ნაჩვ- რეტის სიგ- რძე l მმ	ტრის სიჩქარე u-მ/წუთ.	ნამა- ტები t მმ	მიწო- დება e მმ/ბრ	გამწვლელის შედეგობა. რომელიც გაკვეთებულია			
						სწრაფმჭრელა ფლადლისაგან		პოზედიტისაგან	
						ნაკე- რის რაოდ.	სამანქანო დრო T წუთ	ნაკე- რის რაოდ.	სამანქანო დრო T წუთ
თუჯი $H_B = 210$ კგ/მმ ² (ჯვართავე)	48	105	1,34	0,15	4	23—26	78-მდე	—	—
თუჯი $H_B = 210$ კგ/მმ ² (ჯვართავე)	48	105	36	0,15	0,88	—	—	>300	>150
თუჯი $H_B = 190$ კგ/მმ ²	45	130	5,1	0,2	0,93	10-მდე	40-მდე	—	—
თუჯი $H_B = 190$ კგ/მმ ²	45	130	33,6	0,2	0,34	—	—	250	420

XVIII ზრე ქანჩმჭრელეობითა და განჩრახნეობით

§ 104. ქანჩმჭრელეობის კონსტრუქციის

ხრახნეუთხვილის მოჭრა მცირე დიამეტრის ($d < 75$ მმ) ნახვრეტებში უფრო მარტივად და უფრო სწრაფად ხდება ქანჩმჭრელეობის საშუალებით. ყოველი ქანჩმჭრელი თვითონ წარმოადგენს ხრახნს, რომელსაც მჭრელი წიბოების წარმოსაქმნელად გაკეთებული აქვს რამდენიმე გრძივი ღარაკი. ეს ღარაკები შეიძლება იყენენ სწორი, მდებარე ქანჩმჭრელის ღერძის გასწვრივ, ან ხრახნული—მარჯვენა (ადიან მარცხნიდან მარჯვნივ) და მარცხენა (ადიან მარჯვნიდან მარცხნივ). ხრახნული ღარაკები უკეთდებათ ქანჩმჭრელეს კუთხვილის დიდი ბიჯით. 226 I—II სურათზე ქანჩმჭრელი წარმოადგენილია გრძივ და ვანივ ტრილებში. პირველი—ამლები ანუ მიმლები K ნაწილი წარმოადგენს კონუსს 2ფ. კუთხით. α ხრახნეუთხვილის სიღრმის დროს გვაქვს:

$$K = \frac{t}{tg \varphi},$$

სადაც φ —ამლები ნაწილის კონუსის წვეროსთან მდებარე კუთხის ნახევარია.

ქანჩმჭრელის ვანივკვეთში ნაჩვენებია სპეციალური პროფილის ოთხი ღარაკი, რომლებიც შესაბამისად წარმოქმნიან ოთხ შვერილს. უკანასკნელი თავისით წარმოადგენს თავისებურ ფორმის საჭრისებებს, რომლებიც მდებარეობენ ქანჩმჭრელის წრეხაზზე და აქეთ ჩვეულებრივი საჭრისების დამახასიათებელი ყველა ელემენტი, ე. ი. α უკანა ალესვის β წამახვილების და γ წინა ალესვის კუთხეები.

ქანჩმჭრელის კონსტრუქციები ვანივრევიან ერთმანეთისაგან დანიშნულების მიხედვით და შეიძლება დაყოფილი იქნან სამ ძირითად ჯგუფად:

1) საქანწო ქანჩმჭრელები, რომლებიც მოჭრიან ქანწის ხრახნეუთხვილს ჩარახზე ერთი გავლით და არა აქეთ უქუსვლა (სურ. 227 I);

2) ხელის ქანჩმჭრელები, რომლებიც მოჭრიან ხრახნკუთხვილს ორი ან სამი გავლით და არა აქვთ უკუსვლა (სურ. 227 II);

3) დედა ქანჩმჭრელები, რომლებითაც ხრახნკუთხვილს კრიან იარაღში (გამხრახნებში) (სურ. 227, III).

საქანჩო ქანჩმჭრელებს აქვთ მუშა კონუსური (სურ. 226) და K_1 ცილინდრული მაკალიბრებელი ნაწილი, რაც უფრო გრძელია მიმღები მუშა კონუსი, მით უფრო მშვიდად მუშაობს ქანჩმჭრელი და მით უფრო სუფთა მიიღება კუთხვილი, მაგრამ სამაგიეროდ ხრახნკუთხვილის მოჭრის პროცესი უფრო მეტ დროს მოითხოვს.

ხრახნკუთხვილი მიმღებ კონუსზე შეიძლება მოჭრიდ იქნას ცილინდრის (სურ. 228 I) ან კონუსის მიხედვით (სურ. 228 II). აქვე მოთავსებული კუთხვილის სქემები გვიჩვენებენ, რომ პირველი ქანჩმჭრელი, ხრახნკუთხვილის მოჭრის დროს, თანმიმდევრობით იღებს ფენას ფენაზე ხვეულის მთელ სივანეზე, მეორე ქანჩმჭრელი ამას სხვანაირად აკეთებს—ხვეულის სივანე აქ ნაწილნაწილად აიღება. ხრახნკუთხვილის მოჭრა ცილინდრის მიხედვით უფრო მარტივია დაშვადების მხრივ, მაგრამ მუშაობის ხარისხით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება კონუსურ დაკუთხვას; უკანასკნელი მუშაობს უფრო მშვიდად და ზუსტად.

ღარაკის პროფილი იმეგარად უნდა იქნას აგებული (სურ. 229), რომ უზრუნველყოფდ იქნას ყ წინა კუთხე დასამუშავებელი მასალის შესაბამისად (ცხრილი 59), მასთან წინა წახანავი სწორხაზობრივი უნდა იყოს 1,25 ყ მანძილზე, სადაც პროფილის სიმაღლეა. ეს უზრუნველყოფს პროფილის მუშაობის თანასწორ პირობებს.

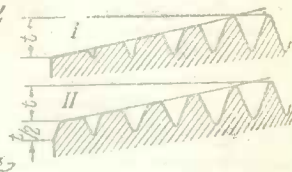
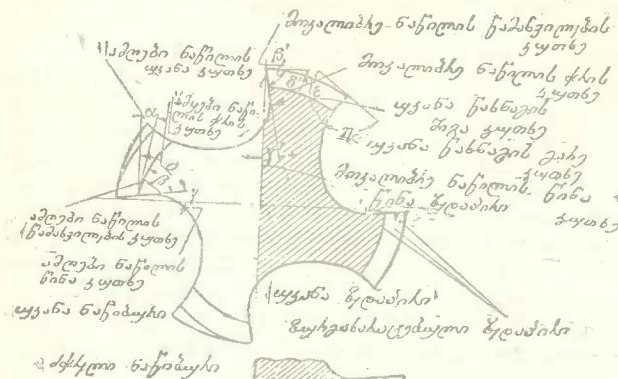
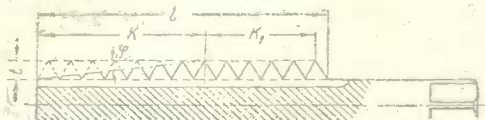
ცხრილი 59

ქანჩმჭრელის ყ წინა კუთხე

№ რიგ.	დასამუშავებელი მასალა	ყო
1	ფოლადი $\sigma_B = 50-60$ კგ/მმ ²	20
2	ფოლადი $\sigma_B = 60-70$ „	15
3	ფოლადი $\sigma_B = 70-85$ „	10
4	ფოლადი $\sigma_B = 85-90$ „	5
5	ფოლადი ქრომონიკელიანი	5
6	თუჯი $H_B = 110$ კგ/მმ ²	15
7	თუჯი $H_B = 150$ „	10
8	თუჯი $H_B = 180$ „	5
9	თითბერი, ბრინჯაო	0-5
10	ალუმინი	40

229 II სურათზე გამოსახულია ღარაკის პროფილი, რომელიც ნარჩევია საქანჩო ქანჩმჭრელებისათვის, უკანასკნელნი უფრო მძიმე პირობებში მუშაობენ და მათ უნდა ჰქონდეთ უფრო მასიური ფრთები. აქ ფრთის სივანე უდრის ღარაკის სივანის ნახევარს. უკანა წახანავის მახვილი გარე კუთხე არაა საშისარი, რადგან საქანჩო ქანჩმჭრელები არ ბრუნავენ უკუსვქცევით ამოხრახნვის დროს და, მამასადამე, ადგილი არა აქვს ბურბურელების ჩაჭეპის საშიშროებას.

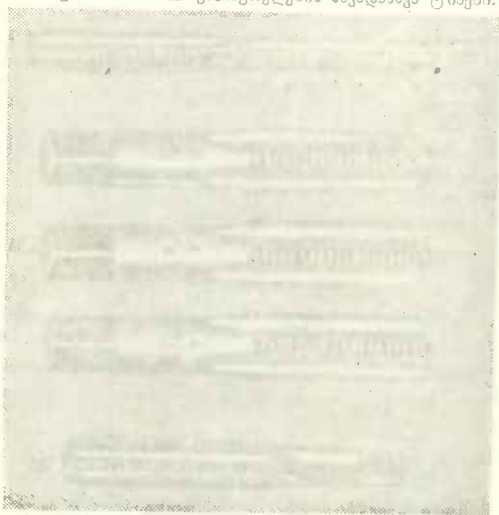
ქანჩმჭრელის წრებზე ხახუნის შესამცირებლად ახდენენ მჭრელი წიბოების ზურვის აღესვას. ზურვი მთლიანად აიღება მხოლოდ მიმღები კონუსის ხვეულებზე, მაკალიბრებელი ზედაპირი კი ფრთის სივანის დაახლოებით $\frac{1}{2}$ -ზე ცილინდრული რჩება, რათა ქანჩმჭრელმა არ დაკარგოს მიმართულების თვისება და გადაღესვის შემდეგ შეინარჩუნოს გარე დამეტრის ზომები.



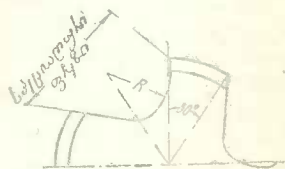
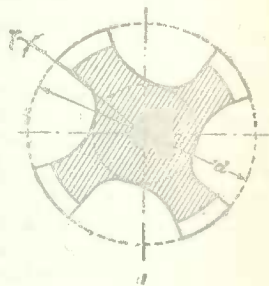
სურ. 228. I—II, ქანჩბტრელის გრძივი და განივი კრილები.

მოკლადი-ნაჩილის აყანა ჯყობენ

სურ. 226. I—II. ქანჩბტრელის სხვადასხვა ტიპები.

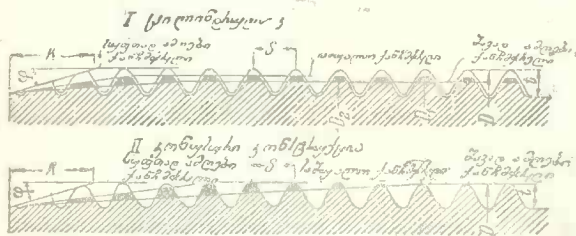


სურ. 227 I—II. ხრანჩკულთვილის მოჭრის ტიპები მიმდებ კონუსზე.



სურ. 29. I—II. ქანჩბტრელის დარაკის პროფილი.

ხელის ქანჩმჭრელები მუშაობენ ორ ან სამ ქანჩმჭრელიდან შედგენილ კომპლექტებად (სახეინკლო შექანიკური) და ხრახნკუთხეილს ტრიან ორ ან სამ ჯერად. საკუთხეილო ნაწილის კონსტრუქციის მიხედვით. ქანჩმჭრელები არიან კონუსური და ცილინდრული (სურ. 230). განსხვავება მათ შორის მდგომარეობს კბილების მიერ სხვადასხვა ხერხით ბურბუშელის აღებაში; ცილინდრულ ქანჩმჭრელებში პირველი ორი კომპლექტიდან ბურბუშელას იღებს მთელი თავისი კონტურით, იმ დროს როცა პირველი ორი ქანჩმჭრელი კონუსურ კომპლექტიდან მუშაობს მხოლოდ წინა მჭრელი წებო; მესამე ქანჩმჭრელი ორივე კომპლექტს ერთნაირი აქვთ. როგორც ვხედავთ, პირველ შემთხვევაში (სურ. 230 I) ანაწილის ყველა სამივე ქანჩმჭრელს აქვს სხვადასხვა დიამეტრი, და მხოლოდ უკანასკნელი, სუფთად მომუშავე, უზრუნველყოფს საბოლოო ზომას. მეორე შემთხვევაში, პირიქით, ყველა სამივე ქანჩმჭრელს აქვს ერთნაირი დიამეტრი ხრახნკუთხეილის სრული პრო-

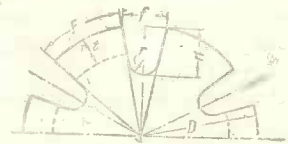


სურ. 230 I—II. კონუსური და ცილინდრული ტიპის ქანჩმჭრელები.

ფილით, ამავე დროს მიმდებარე კონუსების სივრცეები მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან. ზურგის აღება ხელის ქანჩმჭრელებში წარმოებს მხოლოდ კონუსურ ნაწილზე, რათა ქანჩმჭრელს ხვრეტში შეუწინაღებლად კარგი მიმართულება და რომ ამოხრახნვის დროს ბურბუშელა არ ჩაიჭეკოს ზურგის ზედაპირსა და ხვრეტის კედლებს შორის.

დღეა ქანჩმჭრელები—ეს სუფთად დამამუშავებელი ქანჩმჭრელებია (სურ. 231). მათი ღარაკები მცირე მოცულობისაა, იმის გამო, რომ აღება მცირე ბურბუშელა, მასთან არ კეთდება წინა კუთხე და ტრის კუთხე უდრის 90°. ფრთის ზურგი არ აღება არც კონუსურ და არც ცილინდრულ ნაწილებში. ღარაკების რიცხვი ჩვეულებრივ მერყეობს 6-დან 10-მდე, მასთან ნარჩევია დღეა ქანჩმჭრელი ღარაკები მიემართათ ხრახნული ხაზით სწორი კუთხით კუთხეილის მიმართულებისადმი; ეს აღმჯობესებს ქანჩმჭრელის მუშაობას.

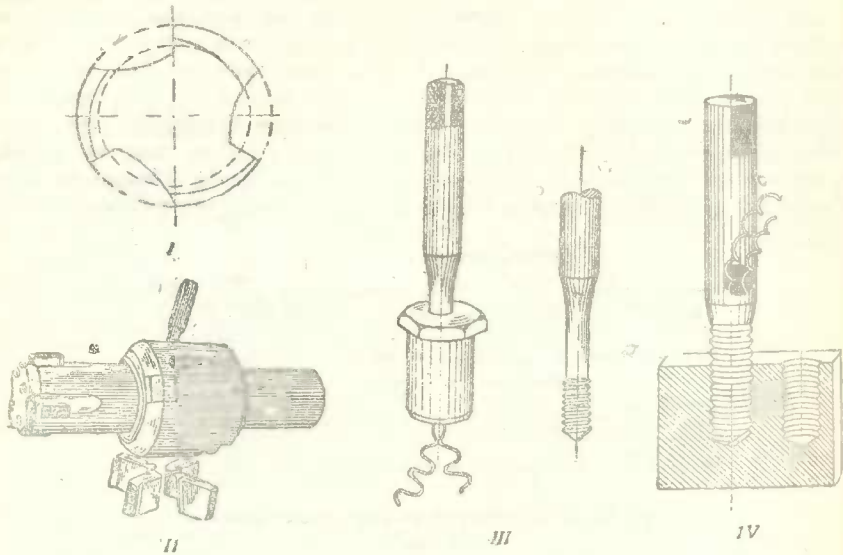
ამ ბოლო ხანებში ხრახნკუთხეილის მოსატრეკლად იყენებენ არჩვეულებრივ კონსტრუქციის მთელ რიგ სპეციალურ ქანჩმჭრელებს. ასე, მაგალითად, ქანჩმჭრელი ექსცენტრული (სურ. 232 I) ერთდროულად ასრულებს ანაწილის სამი ქანჩმჭრელის მუშაობას: მისი პირველი ფრთა მუშაობს როგორც შავად მომუშავე ჩვეულებრივი ქანჩმჭრელი, მეორე ფრთა—როგორც საშუალო და მესამე კი—როგორც სუფთად დამამუშავებელი. ამას აღწევენ ქანჩმჭრელის ექსცენტრული ხრახნკუთხეილის შემწეობით.



სურ. 231. დღეა ქანჩმჭრელის ღარაკების პროფილი.

მართვ და თვითგამდებ ქანჩმჭრელებს ჩასადგემელი სახრახნკუთხეილო სავარცხლებით (სურ. 232 II) აქვთ მთელი რიგი ეკონომიური ხასიათის უპირატესობანი.

და, ბოლოს, ორიგინალურ კონსტრუქციას წარმოადგენენ ქანჩპერელები უღირაკოდ, მაგრამ სპეციალურად აღესილ ამლებ ნაწილით (მაცენტრებელი ბურღების ანალო-



სურ. 232 I—IV

გიურად). ხრახნკუთხეილის მოჭრის დროს გამკოლ ნახერტებში ბურბუშელა მიიმართება წინ (სურ. 232 III), და პირიქით, ყრუ ნახერტებში ბურბუშელა ამოდის უკან ქანჩპერელის შიგა სიღრუით (სურ. 232 IV).

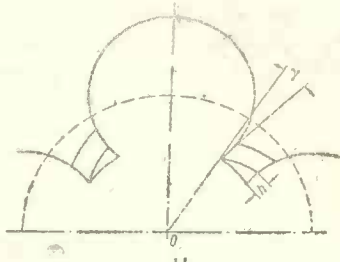
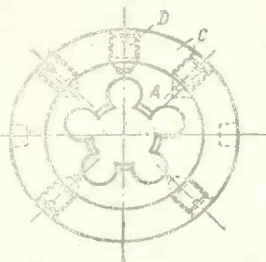
§ 105. გამხრახნების კონსტრუქცია

გამხრახნები (მათ ხშირად უწოდებენ აგრეთვე ლერკებს) წარმოადგენენ ქანჩებს, რომლებშიაც მჭრელი წიბოების წარმოსაქმნელად გაკეთებულია რამდენიმე გრძივი ლარაკი. 233 I სურათზე ნაჩვენებია (A) მრგვალი გამხრახნი მცირე ბიჯიან ხრახნკუთხეილებისათვის; გამხრახნები ხრახნების საშუალებით მაგრდებიან C ვაზნაში, რომელიც, თავის მხრივ, მაგრდება ჩარხის სასუპორტო დამჭერში; დისკოს განაჯერში შემავალ D კონუსური წკირის საშუალებით შეიძლება გამხრახნის ნახერტის ოდნავი გაფართოება ანდა შევიწროება, ე. ი. მათი მჭრელი ნაწიბურების დაყენება ზუსტად მოსაჭერელ ხრახნის განსაზღვრულ დიამეტრზე. გამხრახნების ასეთი ტიპი ჩვეულებრივ გამოიყენება ხოლმე რევოლვერულ ჩარხებისათვის. გამხრახნების ერთი გრძივი ვავლით ხრახნკუთხეილი მზადება; გამხრახნი რომ მოვაწოროთ, საჭიროა მოსაჭერელ ხრახნს მიეცეთ უკანა სვლა და მაშინ იარაღი ამოიხრახნება.

მრგვალი გამხრახნები კეთდება მთლიანი (მცირე ზომებისა) და გაკრილი. მთლიანი გამხრახნები მუშაობენ უფრო ზუსტად და სუფთად, მაგრამ მათი დამზადება უფრო რთუ-

ლი, რადგან წრთობაში ხრახნკუთხეილი ხშირად გამრუდდება ხოლმე და საჭირო ხდება მისი გულდასმითი დაყვანა.

როგორც ქანჩმკრელებში, ისე გამზრახნის. მჭრელი პირების წინა წახნაგი დამზადე-



სურ. 233. მრგვალი გამზრახნი საჭერელათი.

სურ. 233. გამზრახნის ღარაკის პროფილი.

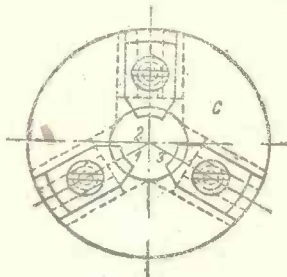
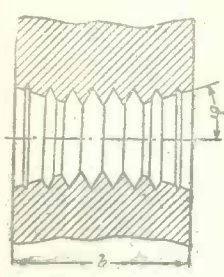
ბული უნდა იქნას γ წინა კუთხით (წინა ალესვის) დასამუშავებელი მასალის შესაბამისად (იხ. ცხრილი 60).

ცხრილი 60

გამზრახნის γ წინა ალესვის კუთხე

ნაკეთის მასალა	γ°	ნაკეთის მასალა	γ°
რბილი ფოლადი	8—9	რბილი ლითონები	12—14
საშუალო სისალის ფოლადი, თუჯი	5°	სპილენძი	15°
ბრინჯაო, თითბერი	0°		

მუშაობის პირობების მიხედვით ხელსაყრელი იქნებოდა უფრო დიდი γ კუთხეების მიცემა, ვიდრე ეს ნაჩვენებია 60 ცხრილში, მაგრამ ეს გამოიწვევდა დანის სიმტკიცის



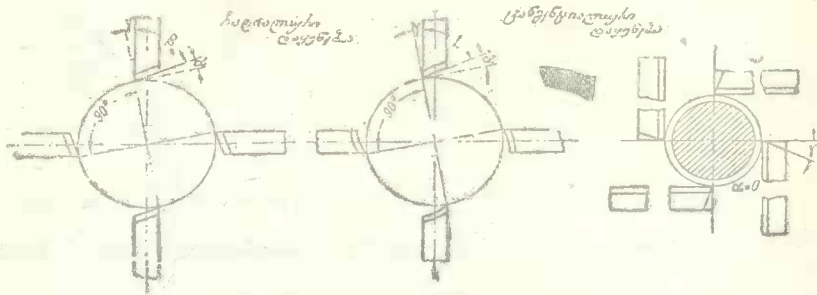
სურ. 234. გამზრახნის გრძივი კვეთი.

სურ. 235. თავი თვითგამწევი გამზრახნებით.

შემცირებას. ამ მიზეზით ხდება დანების რიცხვის შეზღუდვა 3-მდე $1/8''$ — $3/16''$ ხრახნკუთხეილებისათვის და 7-მდე $2 1/8''$ — $3''$ ხრახნკუთხეილებისათვის. დანების რიცხვის შერჩევა

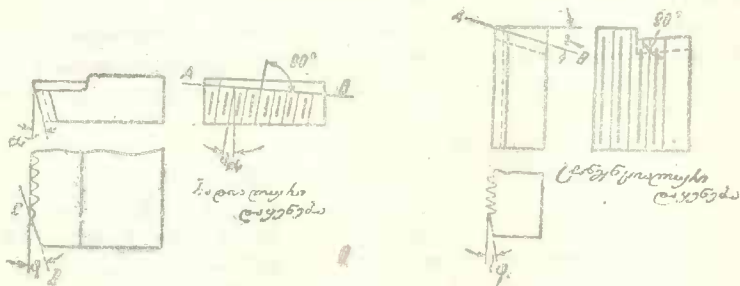
იმგვარად უნდა ხედებოდეს, რომ დანის წინა წახნაგის სწორხაზობრივობა გარანტირებული იქნას ხრახნკუთხვილის მთელ α სიღრმეზე და კიდევაც ოდნავ უფრო მეტი.

ქანჩპირელის მსგავსად გამხრახნსაც აგრეთვე უკეთდება მიმღები კონუსი, მასთან ორივე მხრიდან, რათა შესაძლებლობა გვექონდეს ვიმუშაოთ ორივე ტორსული ზედაპირით (სურ. 245). წარმატებით მუშაობისათვის კონუსის φ კუთხეს უნდა ჰქონდეს განსაზღვრული სიდიდე, სახელდობრ: $\varphi = 18^{\circ} 4-5$ ძაფიან ხრახნკუთხვილისათვის 1° -ზე, $\varphi = 20^{\circ} 6-8$ ძაფიანისათვის და $\varphi = 25^{\circ} 9$ და უფრო მეტი ძაფიანისათვის 1° -ზე.



სურ. 236. გამხრახნების დაყენების ტიპები.

დასამუშავებელ მასალაზე დანების წიბოების ხახუნის თავიდან ასაცილებლად მიღებ კონუსზე წარმოებს ზურგის აღება, ე. ი. დანის უკანა ალესვა $\alpha = 6-7^{\circ}$ კუთხით, მასთან ეკონომიის თვალსაზრისით ამ ალესვას ახდენენ ჩვეულებრივ არა მთელი პროფილით, არამედ გამხრახნის ხრახნკუთხვილის უმცირესი დიამეტრით. 233-ჯ სურათზე უკანა ალესვა გამოისახება $\frac{1}{2}$ სიდიდით.



სურ. 237. რადი ლური და ტანგენციალური გამხრახნები.

თვითგამღები ვაზნების ჩასადგმელი გამხრახნები ფართოდ გამოიყენებიან ავტომატებზე, რადგან შესაძლებლობას იძლევიან არ დეკარგოს დრო ჩარხის სელის შეცვლაზე გამხრახნის ამოხრახნვის დროს მოსაკრულ ჩაქვიდან და ამით იცავენ გამხრახნს გაფუჭებისაგან. 235-ე სურათზე ნაჩვენებია ისეთი თავი, რომლის რადიალურ განაპირებშიაც ჩამაგრებულია 1, 2, 3 (ისინი შეიძლება მეტიც იყვნენ) გამხრახნები.

თვითგამღებ ვაზნებში გამოიყენებიან აგრეთვე შრევალი დისკური გამხრახნები, რომლებიც თავისი გახეხილი პროფილის შეწეობით იძლევიან ზუსტ ხრახნკუთხვილს.

დაყენების ზერხის მიხედვით არჩევენ რადიალურ და ტანგენციალურ გამზრახნებს (სურ. 236). რადიალური და ტანგენციალური ტიპის გამზრახნებში მათი გადაადგილებისთანავე კრის პირობები შეიცვლებიან, რადგან იცვლება კრის კუთხეები.

გამზრახნების ტანგენციალურად დაყენებას რადიალურთან ის უპირატესობა აქვს, რომ გამზრახნი ამ დროს მუშაობს უფრო ხანგრძლივად, რადგან ასეთი დაყენების დროს იგი იტანს უფრო მეტ გადალევებს. გამზრახნებს თავებში უნდა ქონდეთ სავსებით განსაზღვრული მდებარეობა, რადგან ერთი გამზრახნის ძაფების მიმართულება წარმოადგენს მეორე გამზრახნის შესაბამის ძაფების ვაგრძელებას ხრახნული ხაზით და რაიშე გადაყენებები აქ სრულებით დაუშვებელია.

ცხრილი 61

ყ კუთხის მნაშველები ჩასადგმელ ტანგენციალურ გამზრახნებში

ნაკეთის მასალა	γ°	ნაკეთის მასალა	γ°
ფოლადი რბილი	18	ფოლადი საშუალო სისალის,	
ფოლადი ჩვეულებრივ		თუჯი	14
ნახშირბადიანი	16	ბრინჯაო, თითბერი, ალუმინი	10

237-ე სურათზე წარმოდგენილია ჩასადგმელი გამზრახნების ორი ტიპი: რადიალური და ტანგენციალური: მიმღები კონუსის ფ კუთხეები იგივეა, რაც მრგვალ გამზრახნებში. წინა ალესვის γ° კუთხეები მოცემულია 61-ე ცხრილში.

ტანგენციალური გამზრახნი აიღვლება ხოლმე AB სიბრტყით, რადიალური კი CD მიმღები კონუსის სივრცით. უკანასკნელი ვარგობა რადიალურ გამზრახნისათვის წარმოადგენს ზრახელსაყრელ ფაქტორს, რადგან ხრახნკუთხვილის მთელ პროფილზე არ უზრუნველყოფს მჭრელი ნაწიბურის საჭირო სიმეხვილეს.

§ 106. ზრახადმი წინააღმდეგობა ძანგვარელებითა და გამზრახნებით მუშაობის დროს

კრისადმი წინააღმდეგობა ხრახნკუთხვილის შიშვრელი იარაღით მუშაობის დროს განისაზღვრება M მგრეხავი მომენტის მნიშვნელობით და ახასიათებს იარაღის ფარდობით თვისებებს. M სიდიდებზე და აგრეთვე მის, მთელ რიგ ფაქტორებით გამოწვეულ, ცვლებადობაზე, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ქანშვრელის ფორმა.

238 I, II სურათზე ნაჩვენებია ქანშვრელის მუშაობის სქემა. მისი ყოველი კბილი იღებს ბურბუშელას, რომლის ფართიც მუდმივი რჩება მოსაპრელ ნახვრეტში ქანშვრელის გალის მთელი დროს განმავლობაში: ცხადია, რომ ქანშის დახრახნვის დროს მგრეხავი მომენტი შეიცვლება ხოლმე მთელი მომუშავე კბილების მიერ აღებული ბურბუშელის ფართობის შეცვლის შესაბამისად. იმ შემთხვევაში, როცა მოსაპრელ მასალაში მოყოფა ქანშვრელის მთელი ამლები ნაწილი, მაშინ ცალკეული კბილებით მოხსნირი ბურბუშელის ფართობების ჯამი, ტოლი იქნება კუთხვილის სრული პროფილის ფართობისა, როგორც ეს ნაჩვენებია 238-ე სურათზე.

სამკუთხა ხრახნკუთხვილისათვის ეს იქნება

$$f_{\text{ხრ}} = \frac{s \cdot t}{2} \text{ მმ}^2, \quad (1)$$

სადაც s — კუთხვილის ბიჯია მმ-ში,
 t — კუთხვილის სიღრმეა მმ-ში.

გვარაუდობთ, რომ ქანჩმჭრელზე მიყენებული ჭრის ძალები, ანალები ბურბუშელის f_p ზომის პროპორციული არიან, ე. ი.

$$P = p \cdot f_{\text{ხ}} = \text{კგ}, \quad (2)$$

სადაც p — ჭრის ხვედრითი ძალა კგ/მმ²-ში.

მგრეხავ მომენტისათვის გვექნება გამოსახლება

$$M = P \cdot r = p \cdot f_{\text{ხ}} \left(\frac{d}{2} - \frac{2t}{3} \right) \text{კგმ}, \quad (3)$$

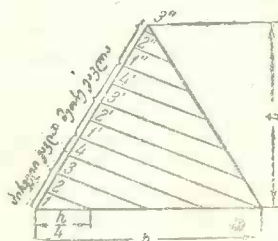
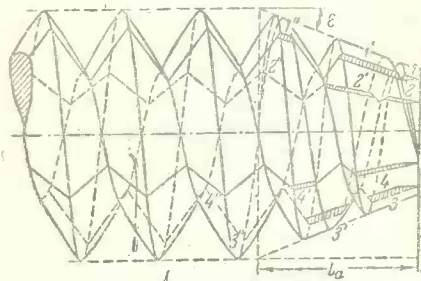
სადაც r — მანძილია ხრახნუთხვილის სრული პროფილის სიმძიმის ცენტრისა ქანჩმჭრელის ღერძიდან და უდრის

$$r = \frac{d}{2} - \frac{2t}{3} \text{ მმ},$$

სადაც d — ქანჩმჭრელის გარე დიამეტრია მმ-ში.

თუკი ერთი და იგივე ქანჩის ხრახნუთხვილის მოჭრა ხდება თანმიმდევრობით ანაწყობის საში ქანჩმჭრელით, მაშინ, ცდების მონაცემების თანახმად, საერთო M მგრეხავი მომენტი ნორმალურ ქანჩმჭრელებში უდრის ყოველ ქანჩმჭრელზე მიყენებულ მომენტების ჯამს, და მასთან შემდეგ შეფარდებაში:

$$M = M_I (50\%) + M_{II} (30\%) + M_{III} (20\%).$$



სურ. 238. I—II. ქანჩმჭრელის მუშაობის სქემა.

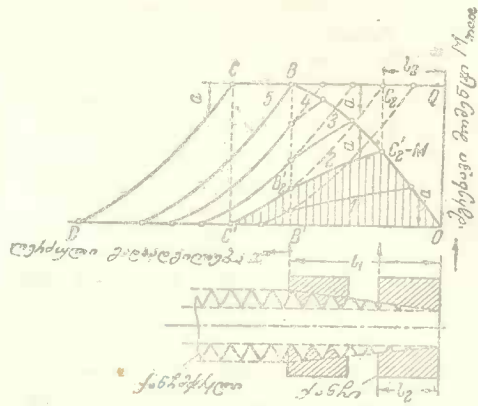
ანალოგიური მრუდით, მაგრამ შექცევით მდებარეთი. ეს იმას ნიშნავს, რომ M უნდა შემცირდეს იმავე ხარისხით, როგორც იგი იზრდებოდა ხრახნუთხვილის მოჭრის დისაწყობისში. α კუთხე წარმოადგენს M ცვალებადობის საზომს. 239 სურათზე 1, 2, 3, 4, 5 მრუდეები იძლევიან M ცვალებადობის კანონს შესაბამისად $1/6L_1$, $2/6L_1$, $3/6L_1$, $4/6L_1$, $5/6L_1$ სიგრძის ქანჩების მოჭრის დროს. გვაქვს რა M ცვალებადობის ამგვარი მრუდი ღრმანხვერტების მოჭრის დროს, როცა მგრეხავი მომენტი აღწევს თავის M_{max} მაქსიმალურ მნი-

ცხადია, M -ის მნიშვნელობა უნდა იცვლებოდეს ქანჩმჭრელით სხვადასხვა სიგრძის ქანჩებში ხრახნუთხვილის მოჭრის დროს. იმისდა მიხედვით, როც უფრო სულ ახალი და ახალი კბილები შედიან მუშაობაში, M იზრდება f_p ზრდის შესაბამისად, იმ მომენტამდე, როცა ქანჩმჭრელი იწყებს ქანჩიდან გამოსვლას. 239-ე სურათზე ნაჩვენებია M -ის ამალეების მრუდეები $1/6 L_1$ -დან L_1 -მდე სხვადასხვა სიგრძის ქანჩმჭრელებზე ხრახნუთხვილის მოჭრის დროს, სადაც L_1 — ქანჩმჭრელის ამლეები ნაწილის სიგრძეა. ეს ამალეება გამოისახება OB მრუდით. მგრეხავი მომენტი აღწევს თავის უდიდეს M_{max} სიდიდეს მაშინ, როცა მთელი ამლეები ნაწილი იმყოფება მოსაჭრელ მასალაში, მუდმივი რჩება რამდენიმე ხანს და შემდეგ ეცემა CD

შეიღობას, შეიძლება განესაზღვროთ ის M_1, M_2 და ა. შ. მომენტებიც, რომლებიც მიიღებიან მოკლე ქანჩების მოჭრის დროს. ამისათვის სავირობო მოგნახოთ M ამალღების მრუდის ორდინატის მნიშვნელობა ქანჩის l_2 სიგრძის ტოლი აბსცისის დროს. და პირიქით, თუკი ცნობილია M მნიშვნელობა l_2 სიგრძის ქანჩის მოჭრის დროს, მაშინ ძნელი არაა M_{max} განსაზღვრა l_1 სიგრძის ქანჩის მოჭრის დროს; ამისათვის საჭიროა M ამალღების მრუდი განვავრდოთ წერტილამდე, რომლის აბსცისაც ამღების შესაბამისი სიგრძის ტოლი იქნება.

მეტი სიცხადისათვის ეს მდგომარეობა გამოსახულია 240-ე სურათზე, სადაც ნაჩვენებია ცდების საშუალებით მიღებული M ცვაღვბადობის მრუდი მოკლე ქანჩის მოჭრის დროს. თუ OC მრუდს განვავრდობთ (წყვეტილი ხაზით) m წერტილამდე, რომლის აბსცისაც უღრის ქანჩმჭრელის l_1 ამღებს, მივიღებთ M_{max} უღღის ამღრგხვეი მომენტის მნიშვნელობას.

M -ის გზნსაზღვრის გასაადღვიღებლად შედგენილ იქნა $\frac{M}{M_{max}}$ შეფარღების ანგარიში მოსაჭრელ ქანჩის სიგრძის ქანჩმჭრელის ამღების ნაწილის სიგრძესთან სხვადასხვა შეფარღებებისათვის $\left(\frac{l_2}{l_1}\right)$ და შედგენილ იქნა სათანადო ცხრილი 62.



სურ. 239. დიაგრამა და მგრგხვეი მომენტის ცვაღვბადობა საქანჩო ქანჩმჭრელით ზრახნკუთხუღლის მოჭრის დროს.

ცხრილი 62

$\frac{l_2}{l_1} = 0$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	>1,0
$\frac{M}{M_{max}} = 0$	0,23	0,46	0,67	0,84	1,0	1,0

62-ე ცხრილის მონაცემების თანახმად შეიძლება ითქვას, რომ თუ საშკუთხა კუთხვიღიანი ქანჩმჭრელი შეიჭრება დასაკუთხავ ნახერეტის შასალაშრ ამღების 0,4 სიგრძით, მაშინ იგი ვანიცდის დატვირთვას ტოლს იმ სრული მგრგხვეი მომენტის 0,46 დატვირთვისა, რომელსაც ვღებუღობთ მაშინ, როცა დასაკუთხავი ნახერეტის სიგრძე $l_2 \geq l_1$ ამღების სიგრძეს. 241-ე სურათზე წარმოღდგენილია M_{max} სრული მგრგხვეი მომენტების მნიშვნეღობების დიაგრამა აგებული ქანჩმჭრელის დიამეტრის მიხედღვით. ორი დახრილი სწორი ხაზი გვიჩვენებს M_{max} მინიმალურ და მაქსიმალურ მნიშვნეღობებს მუშაობის სხვადასხვა პირობებისათვის. M_{max} მნიშვნეღობების ესოდენ დიდი მგრგეობანი ვაღოსახვენ ქანჩმჭრელის ჭრისადმი წინაღმღდგობაზე ისეთი ფაქტორების ვავღენას, როგორიცაა:

- 1) დასამუშავებული მასალის სისღლე,
- 2) ქანჩმჭრელის ღარაკების რიცხვი,
- 3) ქანჩმჭრელის ღარაკების პროფიღრ და სხვ.

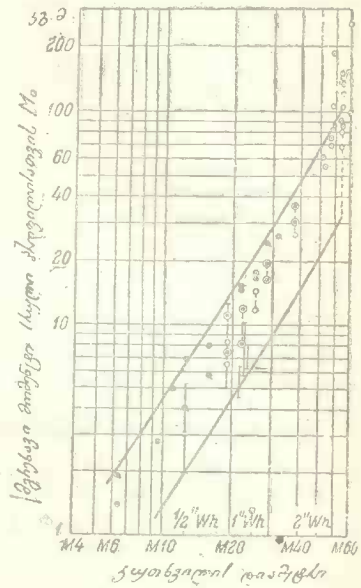
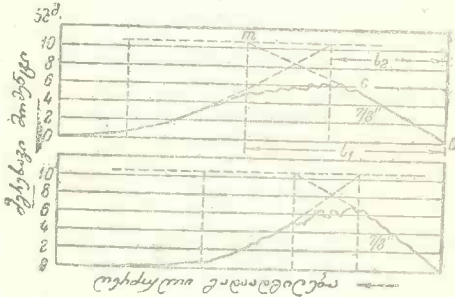
მაგალითი. $d = 30$ მმ მეტრული ბრახნკუთხვილის დაკუთხვის დროს 3 ქანჩქერლიდან შემდგარ კომპლექტით გვექნება:

1 შემთხვევა. ქანჩის სიგრძე $l_2 > l_1$ ამღების სიგრძეზე. M მერყეობს 9—30 კგმ ზღვრებში. ამ შემთხვევაში M_{max} მნიშვნელობები ცალკეულ ქანჩქერლებში უნდა განაწილდნენ შემდეგნაირად:

ქანჩქერლი I (50%) M_1 4,5—15 კგმ
 II (30%) M_2 2,7—9 „
 III (20%) M_3 1,8—6 „

II შემთხვევა. ქანჩის სიგრძე $l_2 = 1/3 l_1$. ამ დროს 62 ცხრილის თანახმად გვექნება

$\frac{M}{M_{max}} = 0,38$. ამ შემთხვევაში საქანჩო ქანჩქერლს ექნება მგრეხავი მომენტი $M = 0,38(9-30)$ კგმ, ე. ი. მისი მგრეხავი მომენტის მერყეობა იქნება 3,4—11,4 კგმ ზღვრებში.



სურ. 240. M ცვალებადობის მრუდი ქანჩქერლით. სურ. 241. მგრეხავი მომენტების დიაგრამა ქანჩქერლით ბრახნკუთხვილის დაკუთხვის დროს.

241-ე სურათიდან აგრეთვე ჩანს, თუ რა ძლიერად მოქმედებს d დაკუთხვის დიამეტრი M სიდიდეზე. ამ დიაგრამის თანახმად შეიძლება $M-d$ დამოკიდებულების გამოსახვა შემდეგი სახის ფორმულით

$$M = C \cdot d^{1,7} \text{ კგმ.}$$

სალაც C —მუდმივაა, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე, ქანჩქერლის ტიპზე, გაპოხვაზე და ა. შ.

Орпаметалл-ში (მოსკოვი) წარმოებული გამოკვლევების თანახმად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ქანჩქერლის დიამეტრს ძალზე დიდი გავლენა აქვს M სიდიდეზე. ასე, მაგალითად, Гипромаш-ი ამ გამოკვლევათა საფუძველზე იძლევა $M-d$ დამოკიდებულების ფორმულას შემდეგი სახით:

$$M = C \cdot d^{2,14} \text{ კგმ;} \quad (4)$$

სალაც C აქვს 63-ე ცხრილში ნაჩვენები მნიშვნელობები.

ცხრილი 63
C მნიშვნელობები (4) განტოლებაში

№ პ. რიგ.	დასამუშავებელი მასალა	C მნიშვნ. სხვადასხვა ქანჩმჭრ.-თვის		
		საქანჩო 4 ფრთა ქარბანა ფრეზერი	საქანჩო 3 ფრთა ფირდა ვებერი	გამზარხნები დციომეტრი
1	ფოლადი 1112	0,31	0,68	0,465
2	" 1120	0,35	0,75	0,516
3	" 1020, 1040, 3120	0,38	0,83	—
4	" 1050, 5140	0,45	0,93	—
5	" 1045, 1335	—	—	0,656
6	" 3140	—	—	0,707
7	" 1045 თერმოდამუშავების შემდეგ ნორმალისებული	1,58	1,26	0,856
8	" ქრომონიკელიანი ზელეგირებული	—	—	0,914

მაგალითი, 1112 ფოლადიდან დამზადებულ ქანჩების დაკუთხვის დროს ქარბანა „Фрезер“-ის $d=30$ მმ ვახეხილი ქანჩმჭრელით, გვაქვს:

$$M = C \cdot d^{2,14} = 0,31 \cdot 30^{2,14} = 450 \text{ კგსმ} = 4,5 \text{ კგმ.}$$

თერმოდამუშავების შემდეგ ნორმალისებულ 1045 ფოლადიდან დამზადებული ქანჩების დაკუთხვის დროს იმავე პირობებში მივიღებთ:

$$M = 1,58 \cdot 30^{2,14} = 2300 \text{ კგსმ} = 23 \text{ კგმ.}$$

63-ე ცხრილში აღნიშნული მონაცემები ეკუთვნიან ვახეხილ ქანჩმჭრელებს. ცდები გვიჩვენებენ, რომ ასეთ ქანჩმჭრელებში ძალზე მცირდება მგრეხავი მომენტი, ზახუნის შემცირების გამო ქანჩმჭრელის კუთხვილსა და ნაკეთს შორის. ამავე მიზეზით გააზოვის დროს მნიშვნელოვნად მცირდება M .

ასე, მაგალითად, КрМММИ-ის ცდების მონაცემებით ჭრისადმი წინააღმდეგობა საქანჩო ქანჩმჭრელით ფოლადის დამუშავების დროს საშუალოდ მცირდება

ემულსით ვაცივების დროს (3% ხსნარით)	25% ით
" " " (6% ")	30% "
სათითისტრე ზეთით ვაცივების დროს	36% "
გოგირდნარევი მინერალური ზეთით ვაცივების დროს	45% "
ბოლიკის ზეთით ვაცივების დროს	50% "

63-ე ცხრილში უცნაურად ვგეჩვენება ის მდგომარეობა, რომ მგრეხავი მომენტის სიდიდე სამ ფრთა ქანჩმჭრელისათვის მიიღება ოთხფრთასთან შედარებით უფრო დიდი. ეს არ ეთანხმება სხვა მონაცემებს (ცხრილი 64).

ცხრილი 64

კუთხე φ	ოთხლარაკიანი ქანჩმჭრელი		სამლარაკიანი ქანჩმჭრელი	
	მგრეხავი მომენტი M კგსმ	ღერძული ძალა P _z კგ	მგრეხავი მომენტი M კგსმ	ღერძული ძალა P _z კგ
2°30'	135	0,67	91	0,44
4°	203	0,84	141	0,57
6°	211	1,00	187	0,67
10°	—	—	223	0,95

ცხადია, აქ თავს იჩენს ქანჩმჭრელების კონსტრუქციის სხვადასხვაობი და მათი ექსპლოატაციის პირობები. 64-ე ცხრილი გვიჩვენებს თუ როგორი ძლიერი გავლენა აქვს ამლების ფ კუთხეს M სიდიდეზე. კრისადმი უფრო მცირე წინააღმდეგობა, რომელსაც ვამჩნევთ სამლარაკიან ქანჩმჭრელში, შეიძლება ავხსნათ ღარაკის კედლებზე ზურბუშელის უფრო მცირე ხახუნით, რადგან აქ ღარაკების საერთო მოცულობა უფრო მეტია. რომ არ ყოფილიყო უკანასკნელი პირობა, მაშინ შესაძლოა მიგვეღო შემტეული შედეგი. ღარაკების რიცხვის შემდგომი შემცირება უკვე აუარესებს მუშაობის პირობებს კუთხვლის გვერდების ზედაპირებზე ხახუნის გაზრდის გამო.

შემჩნეულია აგრეთვე, რომ α უკანა კუთხე არ ახდენს გავლენას M -ზე, მაგრამ ყწინა ალესვის კუთხის ზრდასთან ერთად M სიდიდე მცირდება. ცდებში დაგვანახვეს, რომ კრის სიჩქარის $v=6$ -დან $v=16-18$ მ/წუთამდე ზრდასთან ერთად კრისადმი წინააღმდეგობა რამდენიმედ იზრდება, შემდეგ კი v შემდგომი ზრდასთან ერთად ეცემა.

გასაგები მიზეზების გამო კრის ძალა იზრდება, რაც უფრო ცვდება ქანჩმჭრელი, და მკვეთრად იიწევს ცხადად დაჩლუნგებულ მჭრელ წიბოების დროს. ცდებში დაგვანახვეს, რომ ღრეჩოს სიდიდე ნახვერეთს დიამეტრისა და ქანჩმჭრელის შიგა დიამეტრს შორის $0,1-0,2$ მმ-ზე უფრო ნაკლები მნიშვნელობების დროს გავლენას ახდენს M სიდიდეზე; უკანასკნელი იზრდება ღრეჩოს შემცირებასთან ერთად.

აგრეთვე გასაგებია, თუ რატომ ამცირებს ქანჩმჭრელის კბილების გვერდების ზურჯისაღება მგრეხვე მომენტს.

ყველა ამ ფაქტორების როლს შეუძლია ავიხსნას აღნიშნული წინააღმდეგობა ღარაკების რიცხვის გავლენის შესახებ M სიდიდეზე.

64-ე ცხრილიდან ჩანს, რომ კონუსის ფ კუთხის ზრდასთან ერთად, P_x მიწოდების წნევა შეუცვლელად იზრდება, მაგრამ თავისი აბსოლუტური მნიშვნელობით სავსებით უმნიშვნელო რჩება და ამიტომ პრაქტიკულად მხედველობაში არ მიიღება.

§ 107. ძანჩმჭრელისა და ნაზრახნებზე ვადმეგობა და ხრახნაქუთხვილის მოჭრის ხიჩძარძ

რთული ხრახნაქუთხვილის მომჭრელი იარაღის ექსპლოატაციის საკითხები გერაც არ არიან კარგად გამოკვლეულნი და მათი გაშუქების დროს გვიხდება დავეყრდნოთ სტახანოველების პრაქტიკას, საბჭოთა კავშირის ქარხნებისა და სამეცნიერო დაწესებულებათა ცალკეულ ექსპერიმენტებს.

ფარდობითი მედეგობა აქაც, ისე როგორც სხვა იარაღებში, დამოკიდებულია დაჩლუნგების მიღებულ კრიტერიუმზე. ასეთად ქანჩმჭრელეჭში და გამხრახნებში ჩვეულებრივ იღებენ მჭრელი წიბოს ოდნავ გაცვეთას და ქანჩმჭრელის ხრახნკუთხვილის მოწვას, რასაც თან მოსდევს მოსაჭრელი ზედაპირის სისუფთავის გაუარესება. ასეთი ნორმალური დაჩლუნგების შემდეგ ქანჩმჭრელის ალესვის დროს აიღება საშუალოდ $0,2-0,3$ მმ სისქის ფენა.

ამიტომ ფარდობითი მედეგობის m ხარისხის მაჩვენებელი ფორმულაში:

$$v = \frac{C}{T^m}$$

მიიღება ძალზე მაღალი. ასე, მაგალითად, ცდების მონაცემების თანახმად, რომლებიც ჩატარებული იყო:

- КрМММИ-ის მიერ 3140 ფოლადისათვის $m=0,73$,
- ЦНИИТМАШ-ის მიერ $H_B=140-180$ თუჯისათვის $m=0,5$,
- სტალინის სახ. АХРБЕА-ს მიერ (მოსკოვი) სილუმინისათვის $m=0,78$.

მედევობის ნორმად Гипромаш-მა შიილა დაჩლუნგებამდე მუშაობის სამანქანო დრო $T=60-120$ წუთ.

მასთან Гипромаш-ი რჩევას იძლევა საქანჩო გაუზენხვე ქანჩმჭრელებით მუშაობის დროს გაიზარდოს ჭრის სიჩქარეები ხრახჩკუთხვილის დიამეტრის ზრდასთან ერთად (გა-ზურღვის ანალოგიურად) (ცხრილი 65).

ცხრილი 65

ჭრის სიჩქარეებზე გაუზენხვე ქანჩმჭრელებზე მუშაობის დროს

კუთხე- ლის დიამეტრი	დასამუშავებელი მასალა				
	თუჯი რუხი	ჭედანი თუჯი	ფოლადი 1010, 1020, 1035, 1040, 3312, 5140	ბრინ- ჯაო	თით- ბერი
1/8"	11—13	15—17	6,5—15,5	18,5	19,5
1/4"	14—16	18—20	8,5—13	21,5	23
1/2"	18—20	22—24	11,5—17	25	27,5
2"	22—24	27—30	14,5—21	30	32

აქ აღნიშნული ჭრის სიჩქარეები სწრაფმჭრელი ფოლადის ქანჩმჭრელებით მუშაო-ბის დროს ძალზე საორიენტაციო არიან და უცილებლად გიზრდილი, თუმცა ისინი მილ-წეული იყვნენ ცალკეული სტანანოველების მიერ. მართალია, ЦНИИТМАШ-ი თავისი ცალკეული ცდების საფუძველზე ადასტურებს ამგვარი სიჩქარეების რეალურობას, მაგრამ იმის აღუნიშნავად, რომ მათმა ცდებმა მოგვეცეს საკმაოდ მაღალი ჭრის სიჩქარეები ძალზე მცირე მედეგობის $T=8$ წუთ დროს, ამავე დროს Гипромаш-ის მიერ ხარჩვეი ჭრის სიჩ-ქარეები ეთანადება $T=60-120$ წუთს.

პრაქტიკამ დაგვანახვა, რომ დიდი ჭრის სიჩქარეებით (18—20 მწუთ) ქანჩმჭრელებ-ბის მუშაობის პროცესში ადგილი აქვს ბურბუშელის მიდღულებას ხრახჩკუთხვილის ძაფებ-თან და ამის გამო ხრახჩკუთხვილის მოგლეჯა ანდა ზედაპირის სისუფთავის გაუარესება. ამ შემთხვევაში უ შემცირება 7—9 მწუთამდე ჭარგ შედგებას იძლეოდა.

მართალია, საჭიროა აღინიშნოს, რომ ქანჩმჭრელების მედეგობას და მათ მიერ და-საშვები ჭრის სიჩქარეს შეუძლია მერყეობა სხვადასხვა ფაქტორის მიხედვითაც, მაგალი-თად, მოხერხებულად შერჩეულ მამონს შეუძლია ძალზე დიდად აამაღლოს ქანჩმჭრელის მედეგობა. შეიძლება მიფუთითით მაგალითზე პრაქტიკიდან, როცა ქანჩმჭრელმა, ცუდად შერჩეულ მამონით მუშაობის დროს, დაჩლუნგებამდე მოჭრა მხოლოდ 50 ქანჩი, მამონის შეცვლის შემდეგ შეინარჩუნა თავისი მედეგობა 150000 ქანჩის მოჭრის შემდეგაც კი. ყოველ დასამუშავებელ მასილისათვის საჭიროა თავისი მამონი. მცირე სიჩქარეებისათვის გვირჩევენ მძიმე ზეობებს, მაღალ სიჩქარეებისათვის კი—მსუბუქს. არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ ზეობების უმრავლესობას მუშაობა შეუძლია ხანმოკლე დროს (განსაკუთრებით ზე-ობებს გოგირდის ფუძით) და ამიტომ საჭიროა მათი ხშირი შეცვლა. მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე გამაცივებელი სითბის მიყვანის ხერხსაც—ქანჩმჭრელის პორიზონტალური მდე-ბარეობის დროს ბურბუშელა ჰეკეთ ამოირეცება, რაც ხელს უწყობს მედეგობის ამაღ-ლებას.

ამავე მიზეზით, ზოგიერთ კონსტრუქციულ ცვლილებებს ქანჩმჭრელში შეიძლება ავ-რეთვე ქონდეს დადებითი მნიშვნელობა. მაგალითად, ქანჩმჭრელები სპირალური (ირიბი) ანდებით, რომლებიც ბურბუშელას გამოიდენიან წინ, გვირგენებზე კარგ შედეგებს გამოიღვი

ხერცების დაკუთხვის დროს. ქანჩკრელებმა ქადრაკული ხრახნკუთხვილით¹ მოლოტოვის სახელობის ავტოქარხნის მონაცემების მიხედვით გვიჩვენეს ნორმალურებთან შედარებით 3—4-ჯერ მეტი შედეგობა. იმავე ქარხნის პრაქტიკამ დაგვანახვა ციანირებული ქანჩკრელების შედეგობის ამაღლება.

თავისთავად ცხადია, რომ ქრის სიჩქარეები ქანჩკრელებისათვის სხვადასხვა უნდა იყოს იარაღის მასალისა და მისი დამზადების მეთოდის მიხედვით. Гипрошап-ი რჩევს იძლევა ნახშირბადიანი ფოლადის ქანჩკრელებისათვის ქრის სიჩქარე შემცირდეს, 65-ე ცხრილში აღნიშნულ მონაცემებთან შედარებით 20—25%-ით.

ბოლო ხანებში წარმოებაში დაიწყო დაგრაგნილი ხრახნკუთხვილიან ქანჩკრელების გამოყენება. ხრახნკუთხვილის დაგრაგნვის პროცესი ძალზე წარმადოვანი აღმოჩნდა; თანამედროვე ხრახნკუთხვილის დამგრაგნავ ჩარხს შეუძლია ცელაში დაამზადოს 8000—10000 ქანჩკრელი, ზოშით 1^{1/2}''-მდე, ე. ი. შეცვლის 30—40 კუთხვილმჭრელ ჩარხს. ЭНИМС-ის² ცდებმა მოგვცეს საინტერესო შედეგები: დაგრაგნილი ქანჩკრელების შედეგობა $\sigma = 35$ კგ/მ² მქონე ფოლადში ხრახნკუთხვილის მოჭრის დროს აღმოჩნდა დაკუთხვილი ქანჩკრელების შედეგობაზე მნიშვნელოვნად უფრო მაღალი. 65-ე ცხრილში მოყვანილია მონაცემები 1/2 ზომის დაგრაგნილი და დაკუთხვილი ქანჩკრელების წარმადობა-ნობის შესახებ.

დაგრაგნილი ქანჩკრელების ამაღლებული შედეგობა აიხსნება გადაჭრილი ბოჭკოების უქონლობით, შემცირებული ფენისა და კბილების უფრო სუფთა ზედაპირის არსებობით.

ცხრილი 66

№ № რიგზე	v მ/წუთ	დამზადებული ქანჩების საშუალო რაოდენობა		შენიშვნა
		ქანჩ-მჭრელით	ქანჩკრე-ლი და-ნაკლები კუთხვილი	
1	11,5	4800	—	ქანჩკრელი მასალა — მაღალნახშირბადიანი ფოლადი γ — 12 დაბლავის კრიტეოჟში, ფრთის ქედზე წარმოშობილი ფასკა სივანით 1,5 მმ-მდე
2	15,2	3900	2400	
3	19,5	1600	650	

გავისხენოთ, რომ ნებისმიერი იარაღისა და განსაკუთრებით კი ქანჩკრელის ზედაპირის ხარისხს აქვს დიდი მნიშვნელობა. ვახეხილ და მით უფრო ვაპრიალეზულ ქანჩკრელებში ძალზე მცირდება ქრისადმი წინააღმდეგობა და იზრდება შედეგობა.

დაბოლოს უნდა აღინიშნოს, რომ მუშაობის ყოველგვარ პირობებში ქანჩკრელის შედეგობას შეუძლია მკვეთრად დაცემა, თუკი ხრახნკუთხვილის მოჭრისათვის მომზადებული ნახერცის დიამეტრი არ შეესაბამება ქანჩკრელის დიამეტრს; აქ საჭიროა დაცული იქნას საკმაოდ სასტიკი დაშვებები.

ჩატარებულ იქნა ცალკეული ცდები სხვადასხვა ფაქტორებზე ქრის სიჩქარის მათე-

¹ ქადრაკული ქანჩკრელი მიიღება ჩვეულებრივისაგან ქანჩკრელის ფრთავამოშვებით ძაღის მოჭრის გზით (ხურგასაღებ ჩარხზე).

² ე. ი. ბურშტინი და კ. პ. სტავეი. ხრახნკუთხვილების დაგრაგნვა ქანჩკრელებზე, Станки и инструмент, № 4 1938 წ.

მატიკური დამოკიდებულებების მოცემის შესახებ. ასე, მაგალითად, პროფ. კრივოუბოვი ღმ. რ. რომანოვი სილუმინის დამუშავების შემთხვევისათვის იძლევიან ფორმულას:

$$v = \frac{0,49 \cdot d^{1,2}}{s^{0,44}} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}}$$

სადაც d — ქანმჭრელის დიამეტრი მმ.

s — ხრახნკუთხვილის ბიჯია "

ეს ფორმულა არაა სრული, მოითხოვს შესწორებას, მაგრამ ყოველ შემთხვევაში მისი კანონზომიერება არ ეწინააღმდეგება პროცესის დედაარსს: იარაღის ზომების ზრდასთან ერთად მედეგობა მალდება ჩვენთვის ცნობილ მიზეზებს გამო. მართალია, ნორმალური კუთხვილის ბიჯი დაკავშირებულია დიამეტრთან და, მაშასადამე, შეიძლება დავკმაყოფილდეთ $v = d$ დამოკიდებულებით, მასთან v ცვალებადობის დამოკიდებულება d -ზე უფრო ნაკლები იქნება. წინააღმდეგ შემთხვევაში s ზრდასთან ერთად $d = \text{const}$ დროს ხაზური იარაღისა და ნაკეთის კუთხვილებს შორის გაიზრდება, და ეს გარემოება შეამცირებს იარაღის მედეგობას და ამით კი ჭრის სიჩქარესაც.

ყოველივე აქ თქმული ქანმჭრელებზე ძირითადად სამართლიანია გამხრახნებისათვისაც.

Гипрошап-и, КрМММИ-ის ცდების მონაცემების თანახმად, გვირჩევს ჯომეტრიკის ტიპის ქანმჭრელ თავებისათვის მუშაობის რეჟიმებს, რომლებიც აღნიშნული არიან 67-ე ცხრილში.

ცხრილი 67

ჭრის სიჩქარეები დეკიმეტრიკაზ ტიპის თავებით მუშაობის დროს

ხრახნკუთხვილის დიამეტრი დეკიმეტრში	დასამუშავებელი მასალა				
	თუჯი რუხი v მ/წუთ	თუჯი მწვადი v მ/წუთ	ფოლადი 1010, 1020, 1035—45 v მ/წუთ	ბრინჯაო საშუალო v მ/წუთ	თითბერი საშუალო v მ/წუთ
$\frac{1}{3}$ "	9—11	13—14,5	5,5—9	16	16,5
$\frac{2}{3}$ "	12—13	15,5—17	7,5—11	18	19,5
1"	15—16	19—20,5	10—14,5	21	23,5
$1\frac{1}{2}$ "	17—19,5	21—23,5	11,5—16,0	24	26

67-ე ცხრილის მონაცემები სამართლიანია სწრაფმჭრელი ფოლადისაგან დამზადებულ იარაღებისათვის უხვი ვაპოხვის დროს. ნახშირბადიან ფოლადისაგან დამზადებულ გამხრახნებით მუშაობის დროს გვირჩევენ ჭრის სიჩქარის შემცირებას 25—30%-ით.

მრგვალი გამხრახნებით ხრახნკუთხვილის მოჭრის დროს Гипрошап-ი გვირჩევს ცხრილის მონაცემები გადავამრავლოთ კოეფიციენტებზე.

1) $i = 0,4 \div 0,5$ დევირებულ ფოლადისაგან დამზადებულ მრგვალ-გამხრახნებისათვის,

2) $i = 0,2 \div 0,35$ ნახშირბადიან ფოლადისაგან დამზადებულ მრგვალ-გამხრახნებისათვის.

მრგვალ-გამხრახნებისათვის ჭრის სიჩქარის ესოდენ მკვეთრი შემცირება აიხსნება შათი ვაპარტის უფრო მცირე ზომებით, ბურბუშელის მოცილების უფრო ცუდი პირობებით და კუთხვილის ხაზუნით უკუ ამოხრახნვის დროს,

ჩაჩხის სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ქანმჭრელის მუშაობისათვის, ზოგჯერ შეიძლება მნიშვნელოვანიც იყოს, M და v მ/წუთ შედარებით დიდი მნიშვნელობის გამო.

მაგალითად, $d=30$ მმ ქანჩბურელით. ზრახნკუთხედილის მოჭრის დროს უგრემოდამუშავების შემდეგ გაუმჯობესებულ 1045 ფოლადში ჩვენ გვქონდა $M=2300$ კგსმ (იხ. § 106), სიქარე $\nu=8$ მ/წუთ ($n=84,5$ ბრ/წუთ), საიდანაც

$$N_{\text{ფ}} = \frac{M \cdot n}{71620} = \frac{2300 \cdot 84,5}{71620} = 2,7 \text{ ც. ძ.}$$

იმავე პირობებში 1112 ფოლადისაგან დამზადებულ ქანჩბების დაკუთხვის დროს, როცა $M=450$ კგსმ (§ 106), სიმძლავრე მნიშვნელოვნად უფრო მცირეა:

$$N_{\text{ფ}} = \frac{450 \cdot 84,5}{71620} = 0,53 \text{ ც. ძ.}$$

XIX მ ა მ ე ჯ ა

§ 108. ზოგადი შენიშვნები

ფრეზის პროცესის გამოკვლევას უკანასკნელ წლებში დიდ ყურადღებას აქცევენ, განსაკუთრებით კი ჩვენში—სსრკ-ში. ეს აიხსნება არა მხოლოდ საფრეზო ჩარხების შედარებით დიდი ხვედრითი წონითხამანქანო პარკში (მაგალითად, 3HC და 4T3-ში 15%-მდე), არამედ მასობრივ წარმოებაში შემდგომი მათი გაფართოების პერსპექტივითაც. წარმადიანობის მხრივ საფრეზო ჩარხები, განსაკუთრებით კი მრავალშპინდელიანი ჩარხები, შორს ჩამოიტოვებენ სარანდავ ჩარხებს; ასე, გამოანგარიშებამ დაგვიანახება, რომ სპეციული 9 შპინდელიანი საფრეზო ჩარხის ჯამოყენება რანდესთან შედარებით 10-ჯერ ამცირებს სადგარის 1 სიგრძივი მეტრის დამუშავებას¹.

ჩარხზე სპეციალური სამარჯვისა და ერთ დამუშავებულ რამდენიმე ფრეზის დაყენებით, მრავალმა სტანანოველმა მფრეზებმა ათეულჯერ უზარადა ჩარხების წარმადიანობა.

ამ უკანასკნელ ხანებში ცდებისა და ანალიზური გამოკვლევების შედეგად მოცემულია საფრეზო იარაღის და ჩარხის რაციონალური კონსტრუირებისა და ექსპლოატაციის საკითხების საინტერესო გადაწყვეტები.

მართალია, ყოველთვის არ ხერხდება ამ გადაწყვეტების განზოგადება უნივერსალურ გამოყენებისათვის გამოსადეგი კანონებს სახით; ამის მიზეზი მდგომარეობს ფრეზის პროცესის სირთულეში და იმ ფაქტორების სიმრავლეში, რომლებიც გავლენას ახდენენ ფრეზის პროცესზე. ყოველ შემთხვევაში შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ფრეზის დარგში იარაღის კონსტრუირებასთან და ექსპლოატაციასთან დაკავშირებული ძირითადი პრობლემები რამდენიმედ გადაწყვეტილია და ქვემოთ ვაშუქებული იქნება მათგან ყველაზე უფრო საინტერესო გადაწყვეტილება.

§ 109. ფრეზის კონსტრუირება და გამოყენება

ფრეზი უკვე დიდი ხანია ცნობილი იყო, მას იყენებდნენ უმთავრესად სასაათო საქმეში. ფართო გავრცელება ლითონების დამუშავების დროს მან მიიღო მხოლოდ, წარსული საუკუნის მეორე ნახევრიდან, როცა გაჩნდნენ პირველი საფრეზო ჩარხები და ფრეზების ამლესი ჩარხები.

ამჟამად გამოყენებულია სხვადასხვაგვარი ფორმისა და ზომის ფრეზები.

ფრეზების ტიპების სისტემატიზაცია შეიძლება ჩავტაროთ შემდეგი მთავარი ნიშნების მიხედვით:

¹ Станки и инструменты, № 11, 1936

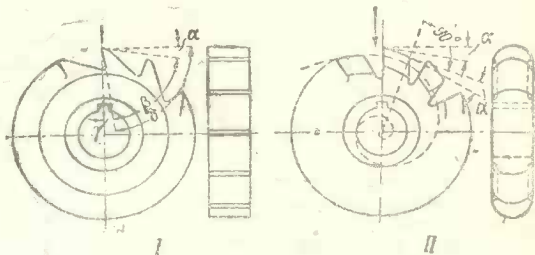
- 1) ფრეზის დამავრების ხერხის მიხედვით (დასასმელი და კულა),
- 2) ფრეზის კბილების ჩამავრების ხერხის მიხედვით (მთლიანი და ჩასმული კბილებიანი).
- 3) ფრეზის კბილების ფორმის მიხედვით (ჩვეულებრივი და ზურგახარატებული კბილით).

ეს არ არის სრული კლასიფიკაცია. ფრეზების ყველა აღნიშნული ტიპები შეიძლება მივაკუთვნოთ სამ ძირითად სახეს:

- 1) ცილინდრულ ფრეზებს, რომელთა მჭრელი წიბოები მდებარეობენ მხოლოდ იარაღის ცილინდრულ ზედაპირზე;
- 2) ტორსულ (ანუ შუბლა) ფრეზებს, რომლებსაც მჭრელი წიბოები ზედაპირზეც აქვთ;
- 3) მოყვანილი სახის ფრეზებს, რთული მოხაზულობის კბილით.

გარდა ამისა, კბილის მიმართულების მიხედვით არჩევენ ფრეზებს სწორი კბილით, როდესაც ეს უკანასკნელი მიმართულია ფრეზის ღერძის გასწვრივ, და სპირალურს, როდესაც მჭრელი წიბოები წარმოქმნიან ხრახნულ ხაზს.

სხვადასხვა კონსტრუქციის ყველა ფრეზს კბილები აქვთ ჩვეულებრივი საჭრისეხისათვის დამახასიათებელი ყველა ელემენტით, ე. ი. აქვთ მჭრის კუთხე, α უკანა ალესვისა და γ წინა ალესვის კუთხეები, რომელთა მნიშვნელობაც დამოკიდებულია დასამუშავებელ მასალაზე, ზოგჯერ კი ფრეზის ფორმაზედაც.



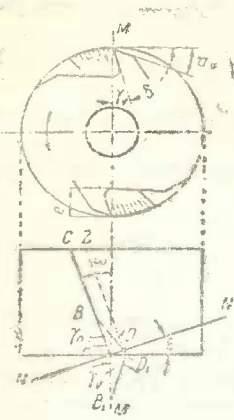
სურ. 242. ფრეზები. I—ჩვეულებრივი დისკური და II—მოყვანილი ზურგახარატებული.

242-ე სურათზე გამოსახულია ორი დისკური ფრეზი: ერთი ჩვეულებრივი კბილებით, რომლებიც ყოველთვის აილესებიან ხოლმე უკანა წახნაგიდან, მეორე—ზურგახარატებული (სურ. 242 II). ამ უკანასკნელს კბილების უკანა ზედაპირი ახარატებული აქვს ზურგასახარატებელ ჩარხზე სპირალის¹ მიხედვით, რის გამოც მის ყოველ წერტილში კუთხე, წარმოქმნილი რადიუსითა და სპირალისადმი მხებით, დაახლოებით ერთი და იგივეა. ამრიგად, თუკი ფრეზის კბილს გავკვეთთ ნებისმიერ ადგილას რადიალური სიბრტყით, მაშინ ყოველთვის მივიღებთ ერთ და იგივე მჭრის და α უკანა კუთხეებს; თუკი კბილის წინა წახნაგის პროფილი დარჩება აგრეთვე უცვლელი. ამ კუთხეებისა და კბილების პროფილის მუდმივად შენარჩუნებისათვის საჭიროა კბილებს ალესვა ყოველთვის რადიალური მიმართულებით, ე. ი. მჭრის კუთხე $\beta = 90^\circ$ და $\gamma = 0$, თუკი ამგვარ ფრეზებში მჭრის შესამსუბუქებლად სურთ იქონიონ წინა ალესვის კუთხე $\gamma > 0$, მაშინ საჭიროა პროფილის კორექტირება, რაც, ამავე დროს, დაკავშირებულია სერიოზულ სიძნელეებთან და პრაქტიკაში, ჩვეულებრივ არ ხდება.

მაგნე ხახუნის თავიდან ასაცილებლად α უკანა კუთხეს აკეთებენ უფრო მეტს, ვიდრე ნორმალურ ფრეზებში, ჩვეულებრივ $10-15^\circ$ -მდე, მასთან საზომს წარმოადგენს h მონაკვეთის სიგრძე, რომელიც მიიღება კბილის წინა წახნაგზე. ამ წახნაგის გადაკვეთით მე-

¹) ამ სპირალს ლოგარითმულს უწოდებენ. პრაქტიკულად ფრეზებში ზურგის ახარატება ხდება არკიმედის სპირალით, რომელიც უფრო მარტივია და იძლევა თითქმის იგივე შედეგს.

ზობელი კბილის უკანა წახნაგის სპირალის გაგრძელებასთან. ასეთი ფრეზების პროფილის მუდმივობა შეუნაცვლებლს ხდის მათ მრუდხაზოვანი კონტურის მქონე ნაკეთის მასობრივი დამზადების დროს.



სურ. 243. დამოკიდებულება იმ კუთხეებს შორის, რომლებიც გაზომილი არიან ღერძისა და ფრეზის მჭრელი წიბოსადმი ნორმალურ სიბრტყეებში.

როგორც სახარატო საჭრისებში, ფრეზის კბილების კუთხეები საჭიროა გავზომოთ მჭრელი წიბოებისადმი პერპენდიკულარულ სიბრტყეში. სპირალურ ფრეზებში კუთხეებს, გაზომილს მჭრელი წიბოების მიმართულებისა და ფრეზის ღერძისადმი ნორმალურ სიბრტყეებში, არ ექნებათ ერთნაირი მნიშვნელობა.

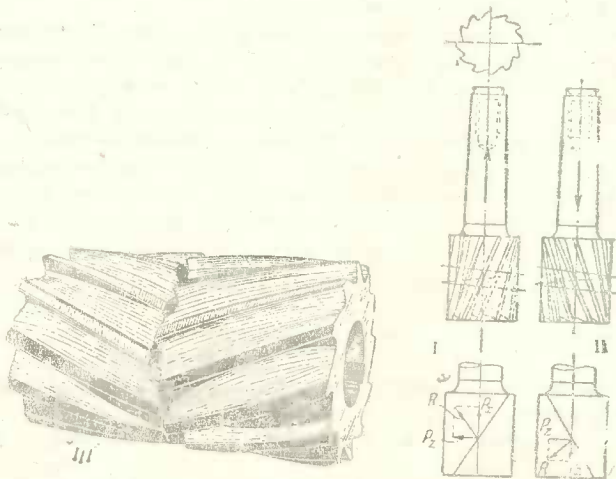
243-ე სურათზე ნაჩვენებია ფრეზი α , β და γ კუთხეებით ტორსულ სიბრტყეში (ე. ი. ფრეზის ღერძისადმი ნორმალურ სიბრტყეში). AC სწორი ხაზი წარმოადგენს სპირალურ მჭრელ წიბოს და მისი პარალელური LD კი სპირალური ღერძის ფსკერის კვალი; NN მჭრელი წიბოსადმი პერპენდიკულარული სიბრტყის კვალია. AC და AM სწორ ხაზზე გადავლოთ AB და AB_1 მონაკვეთები, რომლებიც ფრეზის კბილის e სიმაღლის ტოლნი არიან. მაშინ:

$$\frac{AD_1}{AB_1} = \text{tg} \gamma_0 \text{ და } \frac{AD}{AB} = \text{tg} \gamma_n$$

სადაც γ_n — წინა აღესვის კუთხეა, გაზომილი მჭრელი წიბოს ნორმალურ სიბრტყეში.

რადგან $AB = AB_1$, ამიტომ

$$\frac{\text{tg} \gamma_n}{\text{tg} \gamma_0} = \frac{AD}{AD_1}$$



სურ. 244 I—III. ფრეზები მარცხენა და მარჯვენა სპირალებით.

მაგრამ ADD_1 მართკუთხა სამკუთხედიდან გვაქვს:

$$\frac{AD}{AD_1} = \cos \omega.$$

გამსახადმე:

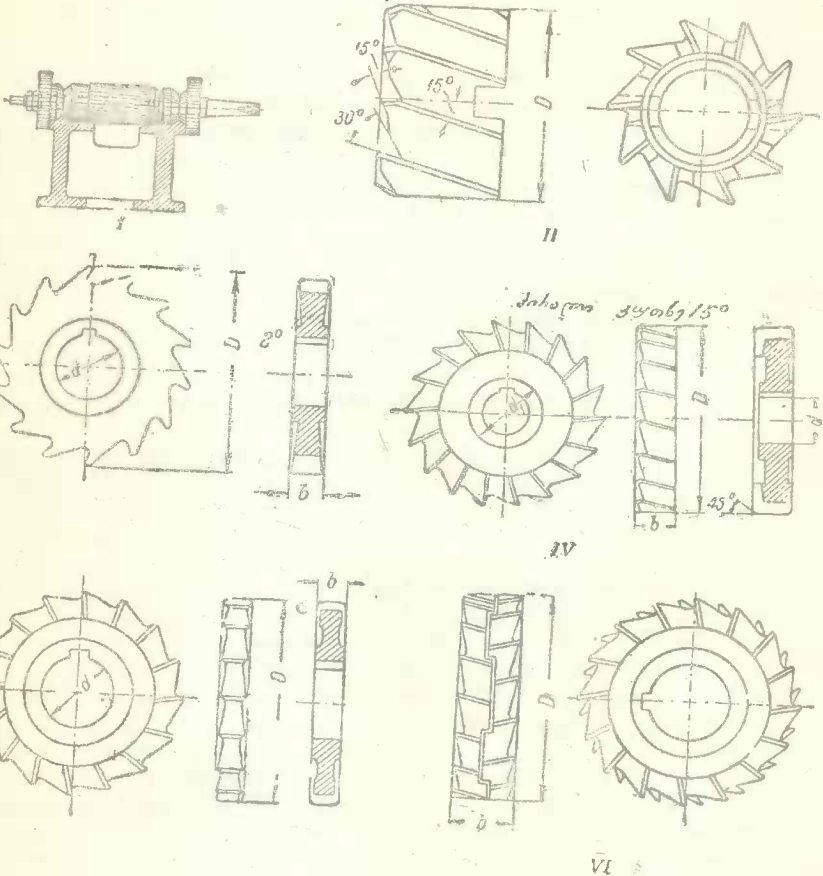
$$\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \gamma_e \cos \omega.$$

ანალოგიურად შეიძლება დაგწეროთ:

$$\operatorname{tg} (\gamma_n + \beta_n) = \operatorname{tg} (\gamma_e + \beta_e) \cos \omega$$

და მაშინ

$$\alpha_n = 90 - (\gamma_n + \beta_n).$$



სურ. 245 I—VI. რთული პროფილის ფრეზევა ფრეზების ანაწყოებით.

ყველა სამივე კუთხის მნიშვნელობა იორჩევა დასამუშავებელი მასალის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მიხედვით; დასამუშავებელი მასალის ხისხლის ზრდასთან ერთად ა

და ყ კუთხეები შემცირებულ უნდა იქნან. ფრეზებს α და γ კუთხეები უკეთდება უფრო მცირე, ვიდრე სახარატო საჭრისებს. საკმაოდ ხალი და მყიფე მასალების დამუშავების დროს, ხშირად წინა წახნაგს აქვს რადიალური მიმართულება, ე. ი. წინა ალესვის კუთხე $\gamma=0$. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ უქანასკნელი ცდების თანახმად ძალზე მტკიცე სპეციალური ფოლადების დამუშავების დროსაც კი, კარგი გვექტი დაგვანახვეს ფრეზებმა დიდი γ (დაახლოებით 15° -მდე) და α (დაახლოებით $20-25^\circ$) კუთხეებით.

ზოგიერთი მონაცემებით სხვადასხვა დასამუშავებელ მასალისათვის აიღება γ კუთხეების შემდეგი მნიშვნელობები:

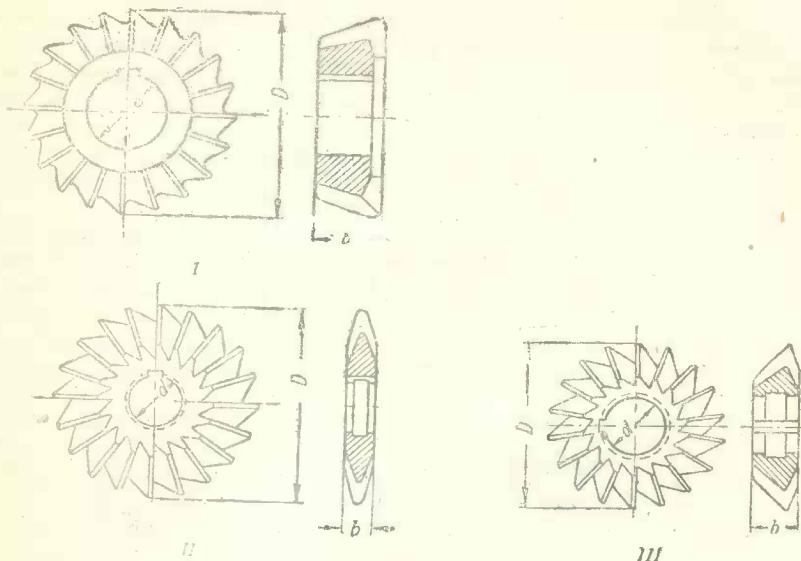
ფოლადისათვის	$\sigma_n = 40-70$ კგ/მმ ²	$\gamma = 15-12^\circ$
	$\sigma_n = 70-90$ „	$\gamma = 12-8^\circ$
	$\sigma_n = > 90$ „	$\gamma = 8-5^\circ$
თუჯისათვის		$\gamma = 6-3^\circ$

სპირალურ ფრეზებს აქვთ ის უპირატესობა, რომ იძლევიან უფრო მშვიდ მუშაობას და არიან მარჯვენა და მარცხენა სპირალიანი; მასთან უნდა გაეარჩიოთ ფრეზები მარჯვენა და მარცხენა ჭრის მხარეებით. მარჯვენა სპირალი, როგორც მარჯვენა ხრახნული კუთხვილი, ეწოდება სპირალს, რომელიც დაიხვევა მარცხნიდან მარჯვნივ (საათის ისრის სვლის მიხედვით), მარცხენა სპირალი—შებრუნებული მიმართულებისაა. მარჯვენა ბრუნვად ითვლება ფრეზის ბრუნვა მუშისკენ იმ პირობით, რომ ჩაჩხის შინდღლის დასამატრებელი ბუდე ყოველთვის იმყოფება მისგან მარცხენა მხარეს; წინააღმდეგ შემთხვევაში იქნება მარცხენა ბრუნვა—244 I სურათზე გამოსახულია ბოლოკიდური შუბლა ფრეზი მარჯვენა სპირალით. და ჭრის მარცხენა მხარით; აქ ჭრის ძალის ღერძული შემადგენელი მიმართულია შინდღლის ბუდისაკენ და აქერს მას ფრეზს, რითაც ხელს უწყობს მის უფრო მეკრივ ჩამატრებას ბუდეში. ამ კონსტრუქციის ნაკლს წარმოადგენს ძალზე დიდი ჭრის კუთხეები ($>90^\circ$), რომლებიც მიიღებიან ტორსულ კბილებზე. მეორე ფრეზში ღერძული ძალა მისიწრაფვის გამოიყვანოს ფრეზი დასამატრებელ ბუდიდან, რაც არ არის სასურველი.

სპირალური ცილინდრული ფრეზებით მუშაობის დროს შეიძლება ღერძული ძალების ამორება, თუკი ასეთ ფრეზებს შევადრთებთ წყვილად (სურ. 244 III), მასთან ერთ ნახევარს ექნება მარცხენა, მეორეს კი—მარჯვენა სპირალი; შეერთება გაკეთებულია ჰაერაკული წესით, ლითონის ჭრის დროს რჩენილების თავიდან ასამორებლად. ასეთი ფრეზების მჭრელ წიბოებს ზოგჯერ აქვთ განივი ღარები ბურბუშელის დასაქუცმაცებლად.

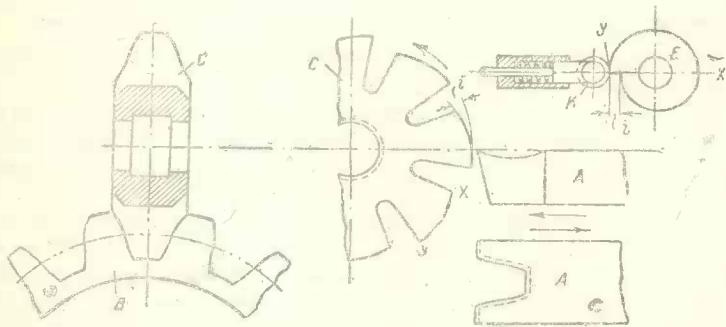
რაიული განივი პროფილიანი ფართო ზედაპირების, როგორც, მაგალითად, სახარატო ჩაჩხის დგარების (სურ. 245), დამუშავება შეიძლება მოვახდინოთ გრძივ-საფრგზო ჩაჩხე ფრეზების ანაწყობით, რომლებიც მგარდებიან ერთ დამჭერზე და ერთობლივად იძლევიან საჭირო პროფილს. რადგან ასეთ შემთხვევებში ბურბუშელის სივანე ძალზე დიდია, ამიტომ დამჭერის გაღუნვის თავიდან ასაცილებლად, მუშაობენ ძალზე მცირე მიწოდებით და ჭრის სიღრმით. როგორც ვხედავთ, ანაწყობში შეიძლება გამოყენებულ იქნან სხვადასხვაგვარი ფორმისა და კონსტრუქციის ფრეზები; მაგალითად: 1) ტორსული დასასმელი, რომელსაც კბილები აქვს ცილინდრულ და ტორსულ ზედაპირებზე (სურ. 245 II). მას შეუძლია დაამუშაოს ერთდროულად ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ზედაპირი; 2) დისკური ჩვეულებრივი—საქილოო (საღარე) (სურ. 245 III), ორმხრივი დისკური (სურ. 245 IV) და სამხრივი (სურ. 245 V). 245 VI სურათზე ნაჩვენებია დისკური სარეგულირებელი ფრეზი, რომლის სივანეც შეიძლება შეცვლილი იქნას მცირე ზღვრებში თხელი შუასადებების საშუალებით; ეს შესაძლებლობას გვაძლევს ფრეზის გაცვეთისა და ალესვის შემდეგ შევინარჩუნოთ მისი სივანის მუდმივობა.

მცირე სიგანის პროფილიანი ზედაპირების დასამუშავებლად იყენებენ სპეციალური მოყვანილი სახის ფრეზებს. მათ შეიძლება მიეკუთვნოთ მარტივი ფორმის კუთხა ფრეზები, რომლებიც გამოიყენებიან ღრმულების გასაჭრელად ფრეზებში. ერთკუთხა ფრეზები (სურ.



სურ. 246 I—III კუთხური ფრეზი.

246 I) გამოყენებული არიან სწორი კბილების მოსაჭრელად გამშლელებში, საღრეხებში და ფრეზებში; ორკუთხა სიმეტრიული ფრეზები (სურ. 246 II) გამოსადეგი არიან ღარაკების.



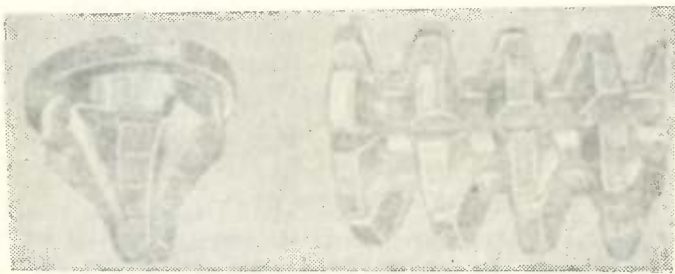
სურ. 247. მოყვანილი სახის კბილსაჭრელი ფრეზი.

ამოსაჭრელად ზურგანბარატებულ ფრეზებში და ორკუთხა არასიმეტრიული (სურ. 246 III) კი უბრალო კბილებიან სპირალურ ფრეზებში.

B კბილანა ბორბლის (სურ. 247) მოსაჭრელად ხშირად იყენებენ C დისკურ ფრეზს

ფრეზის უკანა ზედაპირების ახარატება ხდება სახარატო-ზურგამღებ ჩარხზე *A* მოყვანილი სახის საჭრისით, რომლის მჭრელი კონტურიც შეესაბამება ფრეზის კბილების პროფილს ან კბილანა. ბორბლის ღრმულს. ფრეზის კბილების უკანა ახარატების პროცესი იმაში მდგომარეობს, რომ მოყვანილი სახის *A* საჭრისი, ჩამაგრებული სფუარტში ჩარხის ცენტრების ხაზის სიმალლეზე, მუშაობის დროს ε ექსცენტრიკის საშუალებით ღებულობს განივ ჰორიზონტალურ სვლას წინ და უკან და ხან უახლოვდება და ხან შორდება ცენტრების ხაზს; ამის გამო კბილის ყოველ რადიალურ კვეთში პროფილი მიიღება საჭრისის მჭრელი პროფილის (და ამით კი თვით კბილის) მსგავსი საჭრისის წინ და უკან სვლათა რიცხვი *C* ასახარატებელი ფრეზის ერთი შემობრუნების დროს უდრის მიხ χ კბილთა რიცხვს. ახლა ვასაგებია, თუ რატომ ხდება ასეთი ფრეზის დაჩლუნგების შემდეგ მისი ალესვა ყოველთვის წინა წახნავით რადიალური მიზართულებით: ეს უზრუნველყოფს ფრეზის კბილის პროფილის მუდმივობას.

ზურგახარატებული მოყვანილი სახის ფრეზების ნაკლს, მათი დამზადების სირთულის გარდა, წარმოადგენს ხახუნის არსებობა მისი უკანა ზედაპირსა და ნაკვეთ შორის, ვანსაკუთრებით კი გვერდებზე, რასაც მოსდევს ნაადრევი ვაცევა, მით უფრო, რომ მუშაობა ხდება არახელსაყრელი ჰრის კუთხით (ჰრის კუთხე $\beta = 90^\circ$). გარდა ამისა, წრთობის გამო მიღებული პროფილის დამახინჯება არ ისპობა შემდგომი ვახეხვით. ამიტომ ამ ბოლო ხანებში ცდილობენ სპირალური უკანა ზედაპირი შეცვალონ მეორეთი—ბრტყელი ზე-



სურ. 248. კიდურა მოდულაციანი ფრეზი.

სურ. 249. კიახრანული ფრეზი.

დაპირათ (ორი ზედაპირითაც კი), რაც თითქოს უნდა იძლეოდეს დიდ წარმადობას¹. მაგრამ, უკანასკნელი მოითხოვს შემოწმებას.

ძვირფასი კბილსაჭრელი ფრეზის დაჩლუნგებისაგან დასაცავად, კბილების დამუშავებას ხშირად ახდენენ ორჯერად: ღრმულების მასალას ჯერ იღებენ ტლანქად ამგლეჯი ფრეზით, შემდეგ კი სუფთად დამამუშავებელი ფრეზით უკვე გამოფრეზავენ ზუსტ პროფილს.

კბილანა ბორბლის ღრმულის მოხაზულობა დამოკიდებულია ბორბლის *m* მოდულზე და მის χ კბილთა რიცხვზე. ამიტომ განსაზღვრული *m* მოდულისა (აი სწორედ რისთვის უწოდებენ ამ ფრეზებს მოდულოვანს) და χ კბილთა რიცხვის ბორბლის ზუსტი მოჭრისათვის საჭიროა სპეციალური ფრეზი. პრაქტიკულად ყველაზე უფრო გავრცელებულ ევოლვენტური მოდების სხვადასხვა ზომის კბილანების დანაზადების დროს ყოველ მოდულისათვის კმაყოფილებიან მ ნომრისაგან შემდგარ ფრეზების ანაწყობით. სხვადასხვა მოდულის კბილანების მოსაჭრელად იძლეუბული ვართ ვიჭონით იარაღის დიდი მარაგი და ეს მაინც არ უზრუნველყოფს ბორბლების დიდ სიზუსტეს მათი დამზადების დროს.

¹ ინტ. სერვევი. ფრეზების ზურგახარატების ახალი ტიპი, *Станки и инструмент* № 7, 1936 წ.

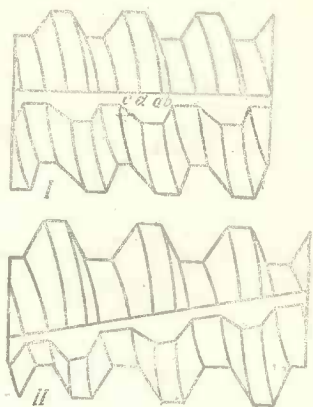
ბლორ კიდურა მოდელეოვანი ფრეზი (სურ. 248)—უძველესი იარაღია. იგი მოხერხებულია სწორი და სპირალური კბილებიან კბილანა ბორბლების დასამზადებლად. მაგრამ, მისი სერიოზული ნაკლოვანებანი—პროფილის შეცვლა გადაღვსვის შემდეგ და მცირე წარმადიანობა—მას გამოსაწვევს ხდის მხოლოდ სპეციალურ ოპერაციებისათვის (შევრონული ბორბლების მოსაპრეზად ანდა წინასწარ შავად დამუშავებისათვის).

ჭიაბრახნული ფრეზი (სურ. 249) წარმოადგენს ხრახნს, რომელსაც კუთხვილის მიმართულებებისადმი პერპენდიკულარულად გაფრეზილი აქვს ხრახნული დარაკები მჭრელი კბილების წარმოსაქმნელად. კბილების უკანა ზედაპირები ახარატებული არიან, ისე როგორც სამოდულო ფრეზებში, სპირალის მიხედვით, რის გამოც აღვსვის შემდეგ ფრეზი თითქმის არ კარგავს თავის პირველსაწყის პროფილს. ჭიაბრახნის კბილანებს აქვთ ტრაპეციოდალური პროფილი და ამიტომ იარაღს (საჭრის დისკურ ფრეზს), რომლითაც ხდება ჭიაბრახნის მოჭრა, გვერდის მჭრელი წიბოები სწორხაზობრივი აქვს და ამიტომ შეიძლება მეტად ზუსტად ჩქნას დამზადებული.

ჭიაბრახნული ფრეზი მუშაობს მოგორების მეთოდით: კბილების მოჭრის დროს კბილანა ბორბლის ნამზადი ბრუნვას ისეთი სიხეარით, რომელიც ექნებოდა მზა კბილანა ბორბალს ჭიაბრახნთან მოღების დროს. ხედებიან რა თავის გზაზე ნამზადის მასალას, ჭიაბრახნის კბილები მოჭრიან მას და თანდათან, ფრეზის ბრუნვასა და მის გადაადგილებასთან ერთად მიანიჭებენ ბორბლის კბილებს სათანადო პროფილს. უკანასკნელებს ექნებოდათ ზუსტი ევოლვენტური პროფილი, რომ ფრეზის კბილებს ჰქონდეთ ზუსტი ტრაპეციოდალური ფორმა სწორი გვერდის წიბოებით.

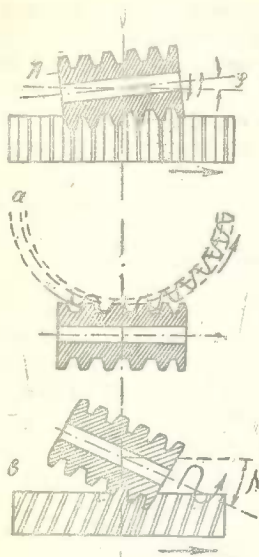
მაგრამ, დარაკების ხრახნული მდებარეობის გამო, ფრეზის კბილების გვერდების წიბოები არ მიიღებიან ზუსტად სწორი. გარდა ამისა, ადგილი აქვს ფრეზის კბილის პროფილის დიმიზინჯებას ზურგაბარატებისა, წრთობისა ან სახეხი წრით აღვსვის გამო, რაც რამდენიმედ გავლენას ახდენს მოსაპრეზი ევოლვენტური პროფილის სიზუსტეზე. თუ დარაკებს განვალაგებთ ჭიაბრახნის ღერძის გასწვრივ (სურ. 250), მაშინ შეიძლება მივიღოთ კბილები სწორი გვერდების წიბოებით, როგორც საფარცხლებში, მაგრამ ამ დროს, ძაფების დახრალი მდებარეობის გამო, მარჯვენა *ab* წიბოებს ექნებათ მახვილი ჭრის კუთხეები, *cd* მარცხენას კი—ბლაგვი; მაშასადამე, უკანასკნელნი იმუშავებენ უფრო მძიმე პირობებში. ეს გარემოება სწორედ გეაძლეებს გაუკრათ დარაკები არა ხრახნის გასწვრივ, არამედ მისი ზეიების პერპენდიკულარულად (სურ. 250) და, გარდა ამისა, დავაყენოთ ფრეზის ღერძი პორიზონტის მიმართ ჭიაბრახნის კუთხვილის ამაღლების კუთხის ტოლი φ კუთხით (სწორკბილებიანი ბორბლების დამუშავების დროს) ანდა კუთხით $\lambda = \alpha \pm \rho$ (სპირალური ბორბლებისათვის სპირალის და დახრის კუთხით). ამ შემთხვევაში, მუშაობის პროცესში, ვღებულობთ ჭრის სწორკუთხეებს.

ჭრის ძალების შესამცირებლად და ამით ფრეზის მუშაობის შესამსუბუქებლად, უკანასკნელ დროს შემოტანილი იყო წინადადება დარაკების გაჭრის შესახებ არა ნორმალურ-

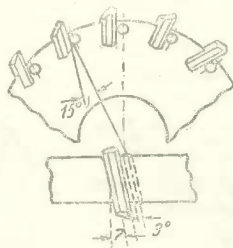


სურ. 250. ჭიაბრახნისა და არხების განლაგება ნორმალურად ხრახნის ზეიების ღერძის გასწვრივ.

რად ფრეზის ზეიებისადმი, არაშედ რაღაც კუთხით, რომელიც უზრუნველყოფს კბილების ერთ მხარეს (მარცხენა) კრის მახვილ კუთხეებს, მეორე მხარეს კი ბლაგვს; შემდეგ დაბ-



სურ. 251. ჭიანჭაზული ფრეზის მდგობარეობა სწორი და სპირალური კბილებიანი ბორბლის მოჭრის დროს.

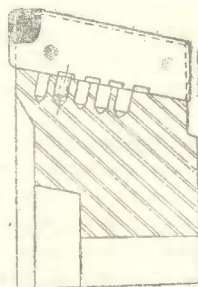


სურ. 252. მჭრელი თავი.

ერთ-ერთ ყველაზე ძნელ ამოცანას თავების კონსტრუირების დროს წარმოადგენს ჩასადგმელი კბილების დაშაგრების ხერხის შერჩევა; კბილები ბუდეებში უნდა იხსნდნენ მჭიდროდ და მტკიცედ, წინააღმდეგ შემთხვევაში აუ-



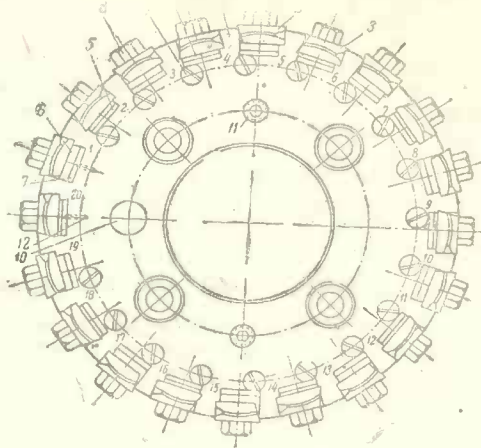
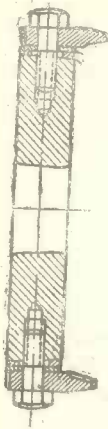
სურ. 253. საფრეზო თავი სოლისებრი დანებით, რომლებიც მაგრდებიან თამასებითა და ზრახვებით.



სურ. 254. დაკავშირებული სალი შენადნობის ფირფიტებიანი დანების დამაგრება თავებში.

ცილებელი იქნება ვიბრაციები მუშაობაში, კბილების სწრაფი დაჩაღუნება და ამოტევა.

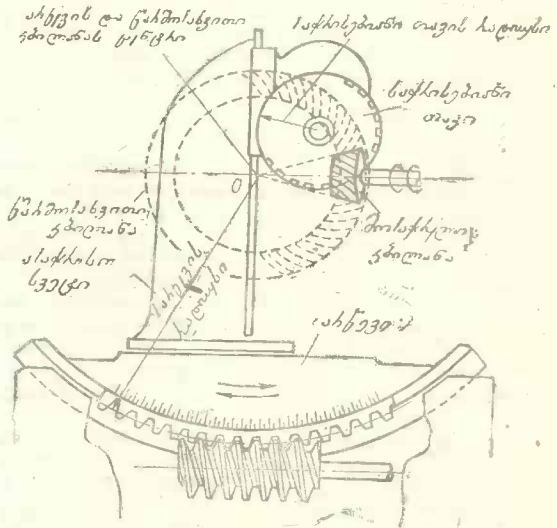
252. სურათზე მოცემულია მარტივი საფრეზო თავი ირიბად დაყენებული კბილებით; უკანასკნელი მაგრდებიან ბუდეებში ცილინდრული წკირების საშუალებით, რომელთათვის-



სურ. 255. საფრეზო თავი სპეციალურ კბილიანი კონუსური ბორბლის მოსაჭრელად.

საც ნახვრეტები გაბურღულია ოდნავ ირიბად, ანდა დაახლოებით 3° კუთხით ბუდის მიმართულებისადმი. ასეთი კონსტრუქცია მარტივია; იაფი, მაგრამ მძიმე სამუშაოებისათვის არაა სანდო.

უფრო სანდო დამაგრებას უზრუნველყოფენ თავები თამასებითა და ხრახნების საშუალებით მჭიდროდ დამაგრებული სოლისებრი დანებით (სურ. 253). გაცვეთის კომპენსირებისათვის დანებსა და ღრმულების ფსკერს შორის გათვალისწინებულია ღრეჩოები, 254-ე სურათზე ნაჩვენებია დანების მჭიდროდ დამაგრების მეორე სახესხვაობა, რომელიც ხორციელდება ჩასადგმელი წკირებისა, თავებში ხვრეტებისა და დანებში კილოების საშუალებით. აქ ჩვენ ვხედავთ ტიპურ ტორსულ თავს დანებზე სალი შენადნობის დაკავშირებული ფირფიტებით; ასეთი თავები გვაძლევს დიდ წარმადიანობას თუჯისა და სხვა მყიფე მასალების დამუშავების დროს.



სურ. 256. სპეციალურ კბილიანი კონუსური კბილიანის დამამუშავებელი ჩარხის მუშაობის სქემა.

თავისებურ კონსტრუქციას წარმოადგენს თავი (სურ. 255) მასში ჩადგმული სოლბ-სებრი საჭრისებით, რომლებითაც ხდება სპირალური კბილებიანი კონუსური ბორბლების მოჭრა სპეციალურ კბილსაჭრე ჩარხზე. 256-ე სურათზე ნაჩვენებია ამ ჩარხის მუშაობის სქემა. კონუსური ბორბლის კბილის სწორი ევოლვენტური პროფილი მიიღება მოსაჭრელი კბილანას შენაგორებით წარმოსახვით შუბლა ბორბალზე, რომლის კბილიც ეაკეთებულა მჭრელი იარაღის სახით. კბილის პროფილის წარმოქმნის ეს პრინციპი დადებული აქვს საფუძვლად ხსენებული სპეციალური ჩარხის მუშაობას. ამ საჭრისებთან თავი ბრუნავს და ერთდროულად შემობრუნდება O წერტილის—შუბლა ბორბლის წარმოსახვითი ცენტრის გარშემო, და შედეგად თავის საჭრისები წარმოქმნიან მისი კბილების პროფილს და მბრუნავ ნაწილზე მოჭრიან კბილების შესაბამის პროფილს.

საჭრისების თავები დალაგებულია რადიუსის მიხედვით, რომელიც უზრუნველყოფს მოსაჭრელი კბილების საჭრის სიმრუდეს, საჭრისების ერთი ნახევარი ამუშავებს კბილის ამოხეჩილი მხარის პროფილს, მეორე კი—ჩაწევილი მხარისას. თავის გარე და შიგა საჭრისებს შორის საჭირო განზომილების მისაღებად, ყოველი საჭრისის ქვეშ დაიდება შესაბამისი სისის ფირფიტა.

§ 110. ზურბუშვილის განვიძ კვეთის ფართობი ფრეზების დროს

ფრეზით მოხსნილი ზურბუშვილის ზომა განსაზღვრავს იარაღის მედეგობას, მის დატვირთვას, და აგრეთვე ჩარხის დატვირთვასაც. ფრეზების დროს ყოველი კბილით მოხსნილი ზურბუშვილა განუწყვეტლევ იცვლება სისქით, და ეს არახელსაყრელად მოქმედებს ფრეზის მუშაობაზე.

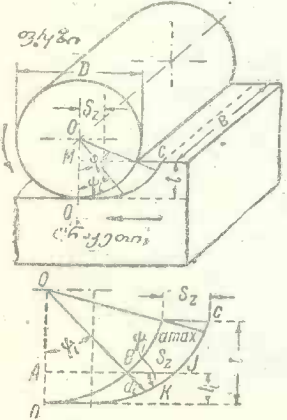
ფრეზებისათვის მივიღოთ შემდეგი აღნიშვნები და განსაზღვრები:

- D —ფრეზის დიამეტრი მმ-ში;
- z —ფრეზის კბილთა რიცხვი;
- n —ფრეზის ბრუნვათა რიცხვი 1 წუთში;
- s —ჭრის სიჩქარე მ/წუთ-ში;

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთი;}$$

- s_x —მიწოდება ერთ წუთში — დასამუშავებელი მასალის გადაადგილების სიღრმე მმ/წუთში;
- s_y —მიწოდება ფრეზის ერთ ბრუნვაზე — დასამუშავებელი მასალის გადაადგილების სიღრმე მმ-ში ფრეზის 1 შემობრუნების დროს;
- s_z —მიწოდება ფრეზის ერთ კბილზე მმ-ში;

$$s_x = \frac{s_0}{z} = \frac{s_y}{n \cdot z} \text{ მმ,} \tag{1}$$



სურ. 257. ფრეზის ერთი კბილით აღებული ზურბუშვილის კვეთის ფართობი.

i —ფრეზის სიღრმე მმ-ში, ე. ი. დასამუშავებელი მასალის ასაღები ფენის სიმაღლე (სურ. 257);
 B —ფრეზის სიგანე მმ-ში;
 φ —დასამუშავებელ მასალასთან ფრეზის კბილის კონტაქტის კუთხე კბილის მუშაობის დასაწყისიდან მის გათავებამდე;
 ψ —ფრეზის კბილის კონტაქტის მყისი კუთხე იცვლება $\psi_{min} = 0$ -დან $\psi_{max} = \varphi$ -მდე.
 ფრეზის დატვირთვა ყველაზე უფრო უკეთესად ხასიათდება ერთ კბილზე მიწოდების სიდიდით— S_z -ით.
 ფრეზის z კბილთა რიცხვისა და φ კონტაქტის კუთხის მიხედვით ერთდროულად შეუძლია იმუშაოს ფრეზის ერთმა ან რამდენიმე კბილმა. ჯერ განვიხილოთ პირველი შემთხვევა, როცა მუშაობს უბრალო ცილინდრული ფრეზის ერთი კბილი.
 დასამუშავებელი მასალა გადაადგილდება მბრუნავი ფრეზის შემხვერად, მამასადამე, გზა, რომელსაც შემოჭრის ფრეზის კბილის წვეთი ნაკეთის მიმართ, წარმოადგენს O_1C ციკლოიდალურ მრუდს (ტროქოიდის).

სიმარტივისათვის O_1C მრუდი მივიღოთ როგორც შემომვლელი იმ წრეხაზებისა, რომლებიც შემოწერილი არიან O მოძრავ ცენტრიდან K წერტილში ფრეზის რადიუსებით, და OB სწორი ხაზი, გატარებული O ცენტრიდან K წერტილზე გავლით, ჩავთვალოთ K წერტილში OC მრუდისადმი ნორმალურად. ბურბუშელის a სისქე წარმოადგენს სხვაობას OK ნორმალსა და ფრეზის რადიუსს შორის. ცხადია, ფრეზის ყოველი კბილი ბურბუშელს იღებს მძიმე სახით, მასთან მისი სისქე იცვლება O დან მუშაობის დასაწყისში a_{\max} მდე დასამუშავებელი მასალიდან კბილის გამოსვლის მომენტში.

დავუშვათ, რომ რაღაც მომენტში კბილი იღებს a_1 სისქის ბურბუშელს; შევცვალოთ KJ მრუდი K წერტილში მხებელი გამავალი სწორი ხაზით და მაშინ პრაქტიკისათვის სკემაო მიახლოებით შეგვიძლია დავწეროთ

$$a_i = s_x \cdot \sin \psi_i \quad (2)$$

გამოვსახოთ $\sin \psi$ მნიშვნელობა გაზომვისათვის სხვა უფრო მოხერხებული სიდიდით. ΔOAB -დან ჩანს, რომ:

$$\cos \psi_i = \frac{OA}{OB},$$

$$OA = OO_1 - AO_1 = \frac{D}{2} - t_i,$$

$$OB = \frac{D}{2},$$

$$\cos \psi_i = \frac{\frac{D}{2} - t_i}{\frac{D}{2}} = 1 - \frac{2t_i}{D}.$$

რადგან

$$\sin \psi_i = \sqrt{1 - \cos^2 \psi_i},$$

ამიტომ:

$$\sin \psi_i = \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2t_i}{D}\right)^2} = 2 \sqrt{\frac{t_i}{D} - \frac{t_i^2}{D^2}},$$

და (2) განტოლებაში $\sin \psi_i$ მნიშვნელობის ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$a_i = s_x \cdot 2 \sqrt{\frac{t_i}{D} - \frac{t_i^2}{D^2}} \quad (3)$$

მაშასადამე, მოცემულ მომენტში ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი იქნება:

$$f_i = B \cdot a_i = B \cdot s_x \cdot 2 \sqrt{\frac{t_i}{D} - \frac{t_i^2}{D^2}} \quad (4)$$

დასამუშავებელი მასალიდან ფრეზის კბილის გამოსვლის მომენტში, როც $t_i = t$ და $a_i = a_{\max}$, ბურბუშელის კვეთის ფართობს ექნება მაქსიმალური მნიშვნელობა:

$$f_{\max} = B \cdot a_{\max} = B \cdot s_x \cdot 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}.$$

განვსაზღვროთ ახლა ბურბუშელის შუაგულის კვეთის ფართობი, ე. წ. იმ მომენტში, როცა $\psi_i = \frac{\varphi}{2}$. ამ შემთხვევასთან ჩვენ კიდევ მოგვიხდება შეხვედრა შემდეგში.

ბურბუშელის შუაგულის სისქე იქნება:

$$a_{\text{სშ}} = s_x \cdot \sin \frac{\varphi}{2}, \quad (5)$$

მაგრამ, რადგან

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}}$$

$$\cos \varphi = 1 - \frac{2t}{D}$$

ამიტომ

$$a_{საშ} = s_x \sqrt{\frac{D - (D - 2t)}{2D}} = s_x \sqrt{\frac{t}{D}} \text{ მმ} \quad (6)$$

და

$$f_{საშ} = B \cdot a_{საშ} = B \cdot s_x \sqrt{\frac{t}{D}} \text{ მმ}^2 \quad (7)$$

მაგალითი. მოცემული: $D=100$ მმ; $B=50$ მმ; $r=10$ მმ; $t=10$ მმ და $s_x=0,1$ მმ. განესაზღვროთ f_{max} და $f_{საშ}$.

გაიქვს:

$$a_{max} = s_x \cdot 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} = 0,1 \cdot 2 \sqrt{\frac{10}{100} - \frac{100}{10000}}$$

$$a_{max} = 0,1 \cdot 2 \cdot 0,3 = 0,06 \text{ მმ};$$

$$f_{max} = B \cdot a_{max} = 50 \cdot 0,06 = 3 \text{ მმ}^2;$$

$$a_{საშ} = s_x \sqrt{\frac{t}{D}} = 0,1 \sqrt{\frac{10}{100}} = 0,1 \cdot 0,316 = 0,0316 \text{ მმ};$$

$$f_{საშ} = 50 \cdot 0,0316 = 1,58 \text{ მმ}^2.$$

მოყვანილი მაგალითიდან ჩანს, რომ ბურბუშელის $a_{საშ}$ სისქე და კვეთის $f_{საშ}$ ფართობი კონტაქტის რკალის შუაში, შესაბამისად ტოლნი $0,0316$ მმ და $1,58$ მმ², არ ეთანადებიან საშუალო სისქეს, ტოლს:

$$\frac{0 + a_{max}}{2} = s_x \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} = 0,03 \text{ მმ},$$

და ბურბუშელის კვეთის საშუალო ფართობს, ტოლს:

$$\frac{0 + f_{max}}{2} = 1,5 \text{ მმ}^2.$$

განვიხილოთ მეორე შემთხვევა, როცა ერთდროულად მუშაობს ფრეზის რამდენიმე კბილი.

258-ე სურათზე წარმოდგენილია შემთხვევა, როცა სამი კბილი ერთდროულად იღებს სხვადასხვა განივი კვეთის ბურბუშელას, მასთან ისინი ისეთნაირად ექცევიან, რომ 1-ლი კბილი იმყოფება დასამუშავებელი მასალიდან გამოსვლის წინ და, მაშასადამე, ბურბუშელის განივი კვეთის საერთო ფართობი იქნება უდიდესი.

დაუშვათ, რომ 1-ლი კბილის კონტაქტის კუთხე არის ψ_1 , მეორე კბილის კონტაქტის კუთხე— ψ_2 , მესამე კბილის კონტაქტის კუთხე— ψ_3 ; მაშინ:

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= B \cdot s_x \cdot \sin \psi_1 \\ f_2 &= B \cdot s_x \cdot \sin \psi_2 \\ f_3 &= B \cdot s_x \cdot \sin \psi_3 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

და ბურბუშელის კვეთის საერთო ფართობი:

$$f_{\max} = f_1 + f_2 + f_3$$

ანდა

$$f_{\max} = B \cdot s_x (\sin \psi_1 + \sin \psi_2 + \sin \psi_3). \quad (9)$$

ზოგად შემთხვევაში, როცა ერთდროულად

მუშაობენ ფრეზის i კბილები, გვექნება:

$$f_{\max} = B \cdot s_x \cdot \sum_1^i \sin \psi_i.$$

ძნელი არ არის ერთდროულად მომუშავე კბილების რაოდენობის განსაზღვრა, თუ ცნობილია D ფრეზის დიამეტრისა, z კბილთა რიცხვისა და t ფრეზის სიღრმის მნიშვნელობები. ცხადია, მოდებიაში იქნება იმდენი კბილი, რამდენჯერაც φ კონტაქტის კუთხე მტია ორ მეზობელ კბილს შორის არსებულ α კუთხეზე, ე. ი.

$$i = \frac{\varphi}{\alpha}, \quad \text{სადაც } \alpha = \frac{360^\circ}{z}.$$

მაშინ 1-ლი კბილის კადური მდებარეობის დროს კუთხით $\psi_1 = \varphi$ მივიღებთ

$$\psi_2 = \varphi - \alpha$$

$$\psi_3 = \varphi - 2\alpha$$

$$\psi_i = \varphi - (i-1)\alpha.$$

მაგალითი. მოცემულია: $D=100$ მმ; $z=24$; $B=50$ მმ; $t=10$ მმ; $s_x=0,133$. განსაზღვროთ f_{\max}

კონტაქტის კუთხე

$$\varphi = \arcsin \cdot 2 \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}};$$

$$\varphi = \arcsin \cdot 2 \sqrt{\frac{10}{100} - \frac{100}{10000}} = \arcsin 0,6;$$

$$\varphi = 37^\circ.$$

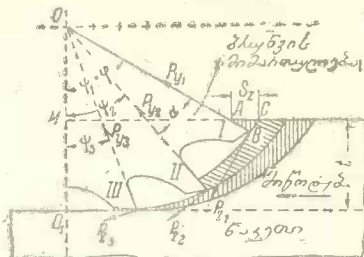
ახლა გვაქვს:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{24} = 15^\circ,$$

$$\psi_1 = \varphi = 37^\circ,$$

$$\psi_2 = \varphi - \alpha = 37 - 15 = 22^\circ,$$

$$\psi_3 = \varphi - 2\alpha = 37 - 30 = 7^\circ.$$



სურ. 258. ბურბუშელის კვეთის ფართობი, რამდენიც აიღება ერთდროულად რამდენიმე კბილით.

$$i = 3$$

$$f_{\max} = B \cdot s_r \sum_{i=1}^3 \sin \psi_i = B \cdot s_r (\sin 37^\circ + \sin 22^\circ + \sin 7^\circ),$$

$$f_{\max} = 50 \cdot 0,1(0,6 + 0,37 + 0,12) = 3 + 1,85 + 0,6,$$

$$f_{\max} = 5,45 \text{ მმ}^2.$$

მიღებული შედეგი წარმოადგენს ბურბუშელის უდიდესი ზომის გამოსახვას, რომელიც აიღება დასამუშავებელ მასალიდან 1-ლი კბილის გამოსვლის მომენტში. შემდეგ, წამში ფრეზის შემობრუნებისთანავე 1-ლი კბილი განაავისუფლდება ბურბუშელისაგან, იმ დროს როცა მე-4 კბილი ჯერ კიდევ არ იწყებს მუშაობას და, მაშასადამე, ბურბუშელის ქვეშ რჩება მხოლოდ ორი კბილი კონტაქტის კუთხეებით:

$$\psi_2 = 22^\circ, \psi_3 = 7^\circ.$$

ახლა ბურბუშელის კვეთის f_{\min} საერთო ფართობი იქნება მნიშვნელოვნად უფრო მცირე:

$$f_{\min} = B \cdot s_r (\sin 22^\circ + \sin 7^\circ) = 50 \cdot 0,1(0,37 + 0,12) = 2,45 \text{ მმ}^2.$$

როგორც ვხედავთ, სწორკბილებიანი ფრეზის მუშაობა ხდება არახელსაყრელ პირობებში: ბურბუშელის ზომა განუწყვეტლივ იცვლება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე, და მასთან ერთად ასევე მკვეთრად იცვლება ფრეზის დატვირთვა. ეს გარემოება ძალზე არასასურველია: იგი იწვევს ძლიერ ვიბრაციებს მუშაობაში, რომლებიც მოშლიან ხოლმე ჩარხს, ამცირებენ იარაღის მედეგობასა და დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხს. რაც უფრო მეტი კბილი მუშაობს ერთდროულად, მით უფრო ნაკლებად ვანხვავდებიან ერთმანეთისაგან f_{\max} და f_{\min} , მაშასადამე, მით უფრო მშვიდად მუშაობს იარაღი. ამ მხრივ უფრო უკეთეს პირობებში მუშაობს სპირალური ფრეზი, რადგან მისი კბილი გამოდის დასამუშავებელ მასალიდან არა ერთბაშად, არამედ თანდათან, და ამით ძლიერ მცირდება ცვალებადობა დატვირთვაში. უფრო მეტიც, ფრეზის რეჟიმისა და ფრეზის ელემენტების ზომების სპეციალური შერჩევის გზით შეიძლება მივაღწიოთ ისეთ მდგომარეობას, როცა

ბურბუშელის კვეთის ფართობი ყოველთვის მუდმივი იქნება, და, მაშასადამე, ფრეზის თეორიული მუშაობა უნდა ხდებოდეს უვიბრაციოდ. სწორედ ამგვარი მუშაობის პირობები მოცემულია ქვემოთ.

სპირალურ ფრეზში (სურ. 259) არჩევენ:

1) ბიჯს კბილებს შორის, აღებულს ფრეზის წრეხაზით

$$t = \frac{\pi D}{z} \text{ მმ}; \quad (10)$$

2) სპირალის ბიჯს

$$H = \pi \cdot D \cdot \text{ctg } \alpha; \quad (11)$$

სურ. 259. ფრეზის წრიული ღერძული ბიჯები.

3) ბიჯს ფრეზის კბილებს შორის, ღერძულ მიმართულებით

$$t_0 = t \cdot \text{ctg } \alpha;$$

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D}{z} \cdot \text{ctg } \alpha = \frac{H}{z}. \quad (12)$$

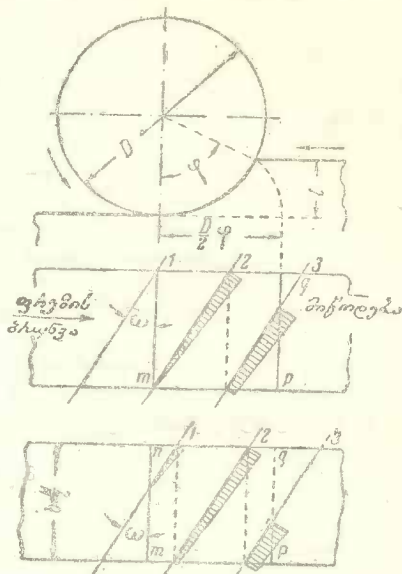
260-ე სურათზე სქემატურად გამოსახულია დასამუშავებელი მასალა და ფრეზი სიბრტყეზე გაშლილ მდგომარეობაში მუშაობის I და II ფაზაში. ვამჩნევთ, რომ ფრეზის კბილები თანდათან შედიან დასამუშავებელ მასალაში, და ერთი და იგივე მჭრელი წიბოს სხვადასხვა უბანი ერთდროულად იღებს სხვადასხვა სისქის ბურბუშელს. აქ ყოველთვის შესაძლოა ისეთი მდგომარეობა, რომ ზოგიერთი კბილი მხოლოდ იწყებს მასალაში შეჭრას, და ამავე დროს სხვები ტოვებენ მას. ამის შედეგად ასალებს ბურბუშელის ზომა მკვეთრად არ შეიცვლება. ძნელი არ არის იმის მიხედვით, რომ $B = x \cdot t_0$ (სურ. 261) დროს, ყველა კბილების მიერ აღებული ბურბუშელის საერთო სიგრძე მუდმივი იქნება, რადგან მიიღებინან გამოშვებული 1-ლი კბილის წიბოს შეხება ნაკეთთან მცირდება იმდენად, რამდენადაც იზრდება მუშაობაში შემავალ ბოლო კბილის წიბოს შეხება. ცხადია, იგივე იქნება იმ შემთხვევაში, როცა ფრეზის B სიგანე ფრეზის t ღერძული ბიჯის ჯერადია, ე. ი.

$$B = x \cdot t_0 = x \cdot \frac{H}{\lambda} \quad (13)$$

სადაც x — ჯერადობის კოეფიციენტი (ნებისმიერი მთელი რიცხვი).

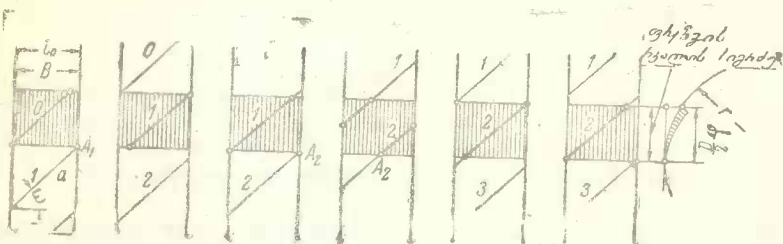
ცხადია, ჭრის დაწოლა, ისე როგორც მოხმარებული სიმძლავრე მუდმივი იქნება მხოლოდ მაშინ, როცა $B = x \cdot t_0$.

პრაქტიკულად დატვირთვაში მერყეობა შეიძლება ხდებოდეს ფრეზის დამჭერის ცახ-



სურ. 260. სიბრტყური ფრეზით ბურბუშელის მოჭრის სქემა.

ცახის გამო, ფრეზის კბილების არათანბარი დაჩლუნვების გამო და ა. შ.



სურ. 261. ბურბუშელის კვეთის შეჯამებული ფართი, რომელიც აიღება ფრეზის რამდენიმე კბილით.

ახლა განვიხილოთ ბურბუშელის კვეთი l სიგრძის ერთ კბილზე ψ_1 და ψ_2 კონტაქტის კუთხეების დროს, რომლებიც განსაზღვრავენ ბურბუშელის ქვეშ მყოფ კბილის მდებარეობას (სურ. 262). გვაქვს:

$$l = \frac{B}{\cos \alpha}; \quad B = x \cdot t_0 \cdot \cos \alpha.$$

დავუშვათ, რომ s რკალს შეესაბამება ψ ცენტრალური კუთხე, მაშინ $s = \frac{D}{2} \psi$,

$$B = \frac{D}{2} \cdot \psi \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

და

$$l = \frac{D \cdot \psi \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{2 \cdot \cos \alpha} = \frac{D \cdot \psi}{2 \cdot \sin \alpha} \quad (14)$$

ბურბუშელის სიგრძის ელემენტი:

$$dl = \frac{D}{2 \cdot \sin \alpha} d\psi;$$

ბურბუშელის სისქე, გაზომილი სპირალური ფრეზის კბილის მიმართულებებისადმი პერპენდიკულარულ სიბრტყეში წინანდებურად უდრის a , ე. ი. იგივეა, რაც იმავე დიამეტრისა და იმდენივე კბი აა რიცხვიან სწორკბილა ფრეზისათვის.

მაშინ ბურბუშელის ელემენტის ფართობი

$$df = a \cdot dl = \frac{a \cdot D}{\chi \cdot \sin \alpha} d\psi. \quad (15)$$

თუ (15) განტოლებაში ჩავსვამთ

$$a = s_x \cdot \sin \psi,$$

მივიღებთ:

$$df = \frac{D \cdot s_x \cdot \sin \psi \cdot d\psi}{2 \cdot \sin \alpha}$$

მაშასადამე, სპირალური კბილით აღებული ბურბუშელის კვეთის ფართობი

$$f = \frac{D}{2} \cdot s_x \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \int_{\psi_1}^{\psi_2} \sin \psi \cdot d\psi$$

ანღა

$$f = \frac{D}{2} \cdot s_x \cdot \frac{1}{\sin \alpha} \sum_1^i (\cos \psi_1 - \cos \psi_2). \quad (16)$$

სურ. 262. ბურბუშელის კვეთის ფართობი სპირალურ ფრეზში.

ეს არის ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობის გაქოსახელება, გაზომილი მკრელი წიბოების გასწვრივ.

თუ ბურბუშელის კვეთის ფართობს დავაგეგმილებთ სიჩქარის ვექტორისადმი პერპენდიკულარულ რადიალურ სიბრტყეზე (როგორც ეს კეთდებოდა სხვა იარაღებისათვის), მაშინ

$$\text{მივიღებთ: } f' = f \cdot \cos \alpha = \frac{D}{2} \cdot s_x \cdot \operatorname{ctg} \alpha \sum_1^i (\cos \psi_1 - \cos \psi_2). \quad (17)$$

მაგალითი. ავიღოთ წინა მაგალითის პირობები, ე. ი. $D=100$ მმ; $B=50$ მმ; $s_x=0,1$ მმ; $t=10$ მმ; $\chi=24$; $\alpha=46^\circ$.

ეს შემთხვევა წარმოდგენილია 263-ე სურათზე, სადაც ფრეზის მუშა ნაწილი გაშლილია ჰორიზონტალურ სიბრტყეზე. ახლა მოდებში იმყოფება ექვსი კბილი: 1-ლი, 2-ე, 3-ე, 24-ე, 23-ე და 22-ე.

ბიჯი წრესაზით:

$$t = \frac{\pi \cdot D}{\alpha} = \frac{3,14 \cdot 100}{24} \approx 13,1 \text{ მმ.}$$

ბიჯი ღერძული მიმართულებით:

$$t_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot \text{ctg} \alpha}{\alpha} = \frac{3,14 \cdot 100}{24} \cdot 0,9 = 6 \\ = 12,5 \text{ მმ.}$$

გვაქვს თანაბარი ფრეზის შემთხვევა, რადგან ფრეზების სიგანე ღერძული ბიჯის ჯერაღია:

$$x = \frac{B}{t_0} = \frac{50}{12,5} = 4.$$

თუ (16) ფორმულაში ჩავსვამთ 263-ე სურათზე ყველა კბილებისათვის აღნიშნულ ψ_1 და ψ_2 მნიშვნელობებს, მივიღებთ:

$$f = \frac{D}{\alpha} \cdot s_z \cdot \frac{1}{\sin \alpha} [\cos 0^\circ - \cos 7^\circ] + \\ + (\cos 0^\circ - \cos 22^\circ) + (\cos 0^\circ - \cos 37^\circ) + \\ + (\cos 0^\circ - \cos 37^\circ) + (\cos 7^\circ - \cos 37^\circ) + \\ + (\cos 22^\circ - \cos 37^\circ)]$$

ანდა

$$f = 50 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{0,72} \cdot 0,01 + 0,073 + 0,202 + 0,202 + 0,192 + 0,29 = 50 \cdot 0,1 \cdot 1,39 \cdot 0,81 = \\ = 5,6 \text{ მმ}^2.$$

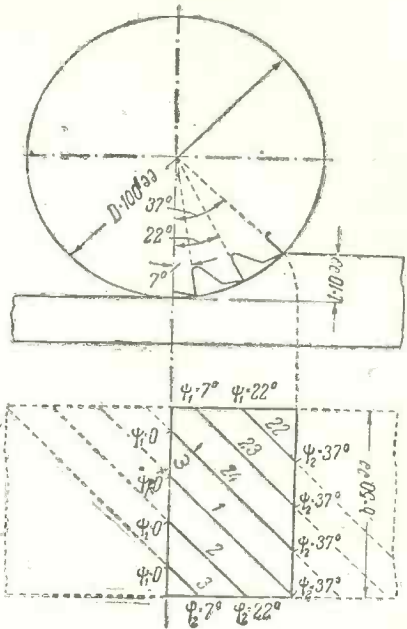
თუკი ასაღებთ ბურბუშელის ზომას დავაგეგმილებთ სიჩქარის ვექტორისადმი პერპენდიკულარულ რადიალურ სიბრტყეზე, მაშინ მივიღებთ:

$$f' = \frac{D}{\alpha} \cdot s_z \cdot \text{ctg} \alpha [r_1 \cos \psi_1 - \cos \psi_2] = 50 \cdot 0,1 \cdot 0,96 \cdot 0,81 = 3,9 \text{ მმ}^2.$$

უნდა აღინიშნოს, რომ ფრეზების დროს ბურბუშელის კვეთის ფართობის საშუალო მნიშვნელობა შეიძლება მოიძებნოს ჩვენთვის ცნობილი მეთოდით, როგორც განაყოფი მიღებული ერთ წუთში აღებული ბურბუშელის Q სმ³ მოცულობისა v მ/წუთ კრის სიჩქარეზე.

$$f_{\text{საშ}} = \frac{Q}{v} \text{ მმ}^2.$$

ფრეზის შემთხვევისათვის გვაქვს:



სურ. 263. ფრეზის სპირალური კბილებისა და კრის სიბრტყეების გაშლა სიბრტყეზე.

$$Q = \frac{B \cdot t \cdot s_{\Sigma}}{1000} = \frac{B \cdot t \cdot s_{\Sigma} \cdot \chi \cdot n}{1000} \text{ სმ}^3/\text{წუთ}$$

$$\nu = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ},$$

$$f_{\Sigma} = \frac{Q}{\nu} = \frac{B \cdot t \cdot s_{\Sigma} \cdot \chi \cdot n \cdot 1000}{1000 \cdot \pi \cdot D \cdot n} = \frac{B \cdot t \cdot s_{\Sigma} \cdot \chi}{\pi \cdot D} \text{ მმ}^2. \quad (18)$$

წინა მაგალითისათვის, როცა $B=50$ მმ; $t=10$ მმ; $s=0,1$ მმ; $\chi=24$ მმ; $D=100$ მმ მივიღებთ:

$$f_{\Sigma} = \frac{50 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 24}{3,14 \cdot 100} = 3,85 \text{ მმ}^2.$$

264-ე სურათზე ნაჩვენებია ტორსული (შუბლა) ფრეზის მაგალითი, როცა ფრეზისა და ნაკეთის ღერძები ემთხვევიან. ვითვალისწინებთ რა იმას, რომ ძირითად მუშაობას აწარმოებენ ცილინდრულ ნაწილზე მდებარე კბილები, ტორსული კბილები კი მხოლოდ ასუფთავებენ დამუშავებულ ზედაპირს, ჩვენ ეს შემთხვევა შეგვიძლია მივამსავსოთ ჩვეულებრივ ფრეზას ცილინდრული ფრეზით, მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ ახლა ფრეზის t სიღრმე იქნება B სიგანედ, ფრეზის B სიგანე კი t სიღრმედ.

მაშინ, წინანდებურად შეიძლება დავწეროთ:

$$f = \sum_1^k f_i = s_{\Sigma} \sum_1^k \sin \psi_i.$$

ყოველი კბილით აღებული ბურბუშელის სისქე იზრდება მიინიმუმიდან მაქსიმუმამდე ($a_{\max} = s_{\Sigma}$) და კვლავ ეცემა მიინიმუმამდე.

ცხადია, რომ როცა $B=D$ მუშაობაში მონაწილეობას მიიღებს ფრეზის ყველა კბილების ნახევარი — $\frac{\chi}{2}$, მასთან ყოველი კბილი მოჭრის ბურბუშელას სისქით $a_{\min} = 0$ -დან

$a_{\max} = s_{\Sigma}$ -მდე. ამას შესაბამება კონტაქტის კუთხე $\psi = 90^\circ$. მაშასადამე, $\psi_{\Sigma} = 45^\circ$ კონტაქტის კუთხის შესაბამისი ბურბუშელის შუაგულის სისქე ტოლი იქნება:

$$a_{\Sigma} = s_{\Sigma} \cdot \sin 45 = 0,707 \cdot s_{\Sigma}.$$

ტორსული ფრეზის მუშაობის პროცესში (იხე როგორც ცილინდრულის) ყველა კბილებით აღებული ბურბუშელის ფართობი, აგრეთვე მერყევი იქნება $f = \min$ -დან $f = \max$ -მდე, მასთან f უდიდესი მნიშვნელობა მიიღება ნაკეთის ღერძის მიმართ ფრეზის კბილების სიმეტრიული მდებარეობის დროს, როგორც ეს ნაჩვენებია 265-ე სურათზე. ძნელი არ არის დარწმუნება იმაში, რომ χ კბილების ლუწი რიცხვის დროს პირველი კბილის კონტაქტის კუთხე $\psi_1 = \frac{\alpha}{2}$, სადაც $\alpha = \frac{360}{\chi}$; χ კენტის დროს $\psi_1 = \frac{\alpha}{4}$.

მაშინ სხვა კბილების კონტაქტის კუთხეები ადვილად განისაზღვრება ფორმულით:

$$\psi_2 = \psi_1 + \alpha; \quad \psi_3 = \psi_1 + 2\alpha; \quad \psi_4 = \psi_1 + 3\alpha$$

მაგალითი. ტორსული ფრეზის დროს (სურ. 264) ფრეზით $D=100$ მმ; $B=D$; $\zeta=9$; $s_x=0,1$ მმ და $t=10$ მმ, გვაქვს:

$$\alpha = \frac{360}{9} = 40^\circ,$$

$$\psi_1 = \frac{\alpha}{4} = \frac{40}{4} = 10^\circ,$$

$$\psi_2 = 10 + 40 = 50^\circ; \quad \psi_3 = 10 + 2 \cdot 40 = 90^\circ; \quad \psi_4 = 10 + 3 \cdot 40 = 130^\circ; \quad \psi_5 = 10 + 4 \cdot 40 = 170^\circ$$

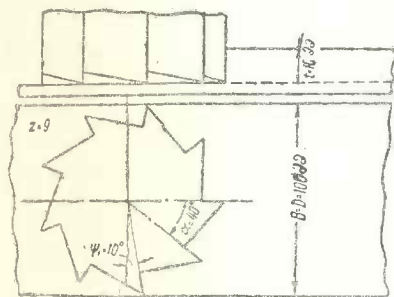
ბურბუშელის კვეთის საერთო უდიდესი ფართობი

$$f_{\max} = t \cdot s_x \sum_{i=1}^{\zeta} \sin \psi_i = 10 \cdot 0,1 (\sin 10^\circ + \sin 50^\circ + \sin 90^\circ + \sin 130^\circ + \sin 170^\circ)$$

$$f_{\max} = 10 \cdot 0,1 (0,174 + 0,766 + 1 + 0,766 + 0,174) = 0,174 + 0,766 + 1 + 0,766 + 0,174 = 2,88 \text{ მმ}^2.$$

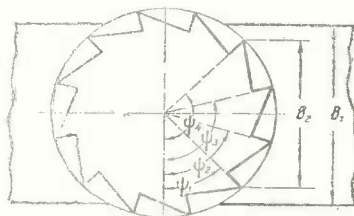
როგორც ცილინდრული ფრეზის დროს, ტორსული ფრეზის დროსაც ყველა კბილებით აღებული ბურბუშელის ფართობის საშუალო მნიშვნელობა (18) ფორმულის თანახმად, იქნება:

$$f_{\text{საშ}} = \frac{B \cdot t \cdot s_x \cdot \zeta}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 9}{3,14 \cdot 100} = 2,85 \text{ მმ}^2.$$



სურ. 264. ტორსული ფრეზა $I \ B D$.

$f_{\text{საშ}}$ მცირედ განსხვავდება f_{\max} -დან; ამ შემთხვევაში ფარდობა



სურ. 265. ტორსული ფრეზა $B < D$

$$\mu = \frac{f_{\max}}{f_{\text{საშ}}} = \frac{2,88}{2,85} = 1,01$$

ძალიან ახლო ერთთან და, მაშასადამე, დატვირთვა ფრეზზე ძალიან ახლო იქნება თანაბართან. μ სიდიდეს ზოგჯერ უთანაბრობის კოეფიციენტს უწოდებენ.

უთანაბრობის ამ კოეფიციენტს ფრეზის ζ კბილთა რიცხვის და ფრეზის B სიგანისა, ანუ, უფრო სწორად, $\frac{B}{D}$ ფარდობის შემცირებასთან ერთად შეუძლია მნიშვნელოვანი გაზრდა.

მართლაც, თუ ჩავსვამთ მნიშვნელობებს

$$f_{\max} = t \cdot s_x \sum_1^i \sin \psi_i$$

და

$$f_{\text{საშ}} = \frac{B \cdot t \cdot s_x \cdot \chi}{\pi \cdot D}$$

ფარდობაში $\mu = \frac{f_{\max}}{f_{\text{საშ}}}$, მივიღებთ

$$\mu = \frac{t \cdot s_x \cdot \sum_1^i \sin \psi_i \cdot \pi D}{B \cdot t \cdot s_x \cdot \chi} = \frac{\pi \cdot \sum_1^i \sin \psi_i}{\frac{B}{D} \cdot \chi} \quad (19)$$

265-ე სურათზე ვხედავთ, რომ B_1 და B_2 სივანის შემციობასთან ერთად კბილთა რიცხვი ბურბუშელის ქვეშ არ იცვლება, ე. ი. $\sum_1^i \sin \psi_i$ უცვლელია და, მაშასადამე, უთანაბრობის კოეფიციენტი გაიზრდება ხოლმე (19) განტოლების თანახმად. ასე მოხდება ხოლმე იმ მომენტამდე, როცა ფრეზვის სივანე შემციობდება B_2 სიდიდემდე; ახლა ერთი კბილი გამოვა ბურბუშელის ქვეშიდან და $\sum \sin \psi_i$ მნიშვნელობა და, მაშასადამე, უთანაბრობის კოეფიციენტის სიდიდე მკვეთრად შემცირდება.

266 ე სურათზე ნაჩვენებია როზენბერგის მიერ აგებული μ ცვალებადობის დიაგრამა B სიდიდის მიხედვით ფრეზებისათვის $\chi=10$ და $\chi=30$ კბილების რიცხვით. ძნელი არ არის მიხვედრა, რომ μ უთანაბრობის კოეფიციენტის მკვეთრი შემციობება ხდება მაშინ, როცა

$$\frac{B}{D} = \sin \left(\frac{i}{2} \cdot \frac{360}{\chi} \right)^\circ, \quad (20)$$

სადაც i —ფრეზის კბილების უდიდესი რიცხვია, რომელიც იმყოფება ბურბუშელის ქვეშ $\frac{B}{D}$ მოცემულ ფარდობის დროს.

ასე, მაგალითად, ფრეზებისათვის $\chi=10$ კბილთა რიცხვით და $i=2$ დროს მივიღებთ:

$$\frac{B}{D} = \sin \left(\frac{2}{2} \cdot \frac{360}{10} \right) = 0,59$$

მაშასადამე, თუ $D=100$ მმ, მაშინ ფრეზის სივანე უნდა იყოს $B=0,59 \times D=59$ მმ; $i=3$ დროს მივიღებთ შესაბამისად

$$\frac{B}{D} = \sin \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{360}{10} \right) = 0,8$$

და

$$B=0,8 \cdot 100=80 \text{ მმ.}$$

და ა. შ. შეიძლება პირიქით, განვსაზღვროთ D უხელსაყრელესი მნიშვნელობა მოცემულ B სიდიდის დროს.

უთანაბრობის კოეფიციენტის შემცირების მიღწევა შეიძლება ფრეზის დიამეტრის შერჩევის გზით, რითაც უზრუნველყოფილი იქნება ფრეზისა და ჩარხის მშვიდი მუშაობა და ამით კი მნიშვნელოვნად იქნება ამაღლებული წარმადობა ტორსული ფრეზის დროს და გაუჯობებსელი დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხი.

განივილათ ყველაზე უფრო რთული იარაღის — ტიახარხული ფრეზის — მუშაობის მაგალითი. აქ ფრეზის ჩვეულებრივი v წრიული სიჩქარისა და s მიწოდების გარდა ადგილი აქვს აგრეთვე ნაკეის ბრუნვასაც; მასთან ფრეზის ყოველი კბილი იღებს რთული ფორმის ბურბუშელას. განსხვავებულს ერთი მეორისაგან. იუ მხედველობაში მივიღებთ ცალკეული ბურბუშელის მცირე ზომას — მიზანშეწონილი იქნება ფრეზის ერთდროულად მომუშავე ყველა კბილების მიერ აღებული ბურბუშელის ფართობის საშუალო მნიშვნელობის გამოანგავრისება, ფორმულით:

$$f_{\text{საშ}} = \frac{Q}{v} \text{ მმ}^2.$$

დაეუშვათ D_0 — მოსაჭრელი კბილანას გარე დიამეტრია მმ-ში,

$D_{\text{შ}}^{\text{—}}$ — მოსაჭრელი კბილანას შიგა დიამეტრი მმ-ში,

x — მოსაჭრელი კბილანას კბილთა რიცხვი,

b — მოსაჭრელი კბილანას კბილის სიგანე მმ-ში,

v — ქრის სიჩქარეა ფრეზის დროს,

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\text{ფ}} \cdot n_{\text{ფ}}}{1000} \text{ მ/წუთ},$$

$d_{\text{ფ}}$ — ფრეზის დიამეტრი მმ-ში

$n_{\text{ფ}}$ — ფრეზის ბრუნვათა რიცხვი 1 წუთში.

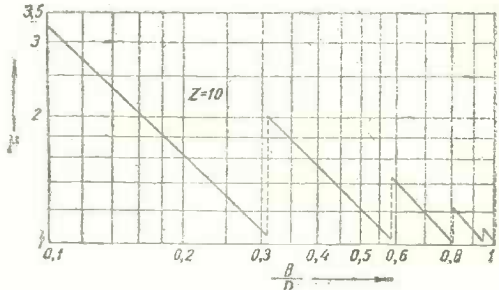
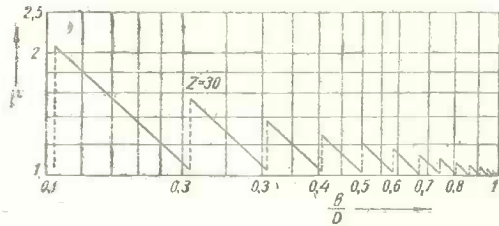
მივიღოთ მოსაჭრელი ბორბლის ყველა ღრმელების მოცულობა მთელი დაკბილული ვეირების მოცულობის ნახევრის ტოლად. მაშინ

$$Q = \frac{(\pi \cdot D_0^2 - \pi \cdot D_{\text{შ}}^2) \cdot b}{4 \cdot 2 \cdot 1000} \text{ სმ}^3, \quad (21)$$

ბურბუშელის ეს მოცულობა აიღება მთელი კბილანას $T_{\text{წუთ}}$ დამუშავების დროში, მასთან:

$$I = \frac{b}{s_0 \cdot n_{\text{ნაკ}}} \text{ წუთ}. \quad (22)$$

სადაც s_0 — ფრეზის მიწოდებაა ნაკეთის 1 ბრუნვის დროს.



სურ. 266. უთანაბრობის კოეფიციენტის ცვალებადობა ტორსული ფრეზის დროს.

$n_{\text{ნაკ}}$ — მოსაჭრელი კბილანას ბრუნვათა რიცხვია 1 წუთში,
 მასში 1 წუთში აღებული ბურბუშელის მოცულობა

$$Q_1 = \frac{Q}{T} = \frac{(\pi \cdot D_{\text{გ}}^2 - \pi \cdot D_{\text{შ}}^2) \cdot b \cdot s_0 \cdot n_{\text{ნაკ}}}{4 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot h} \frac{\text{სმ}^3}{\text{წუთ}} \quad (23)$$

და ბურბუშელის საშუალო კვეთის ფართობი

$$f_{\text{საშ}} = \frac{Q_1}{v} = \frac{(\pi \cdot D_{\text{გ}}^2 - \pi \cdot D_{\text{შ}}^2) \cdot b \cdot s_0 \cdot n_{\text{ნაკ}} \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot b \cdot \pi \cdot d_{\text{ფ}} \cdot n_{\text{ფ}}} \text{ მმ}^2;$$

შეკვეცის შემდეგ გვაქვს:

$$f_{\text{საშ}} = \frac{(D_{\text{გ}}^2 - D_{\text{შ}}^2) \cdot s_0 \cdot n_{\text{ნაკ}}}{4 \cdot 2 \cdot d_{\text{ფ}} \cdot n_{\text{ფ}}} \text{ მმ}^2 \quad (24)$$

რადგან

$$\frac{n_{\text{ნაკ}}}{n_{\text{ფ}}} = \frac{K}{z_{\text{ნაკ}}},$$

სადაც K — ფრეზის სვლათა რიცხვია და $z_{\text{ნაკ}}$ — მოსაჭრელი კბილანას კბილთა რიცხვი აპიტომი

$$f_{\text{საშ}} = \frac{(D_{\text{გ}}^2 - D_{\text{შ}}^2) \cdot s_0 \cdot k}{8 \cdot z_{\text{ნაკ}} \cdot d_{\text{ფ}}} \text{ მმ}^2 \quad (25)$$

თუ (25) განტოლებაში ჩავსვათ

$$D_{\text{გ}} = m(z_{\text{ნაკ}} + 2) \text{ და } D_{\text{შ}} = m(z_{\text{ნაკ}} - 2,32),$$

სადაც m — მოსაჭრელი კბილანას მოდულია მმ-ში, მივიღებთ:

$$f_{\text{საშ}} = \frac{[m^2(z_{\text{ნაკ}} + 2)^2 - m^2(z_{\text{ნაკ}} - 2,32)^2] \cdot s_0 \cdot K}{8 \cdot d_{\text{ფ}} \cdot z}$$

ან

$$f_{\text{საშ}} = \frac{m^2(8,64 z_{\text{ნაკ}} - 1,4) \cdot s_0 \cdot k}{8 \cdot d_{\text{ფ}} \cdot z_{\text{ნაკ}}} \text{ მმ}^2$$

მივიღოთ

$$\frac{8,64 z_{\text{ნაკ}} - 1,4}{8 z_{\text{ნაკ}}} \approx 1 \quad (26)$$

მასში

$$f_{\text{საშ}} = \frac{m^2 \cdot s_0 \cdot k}{d_{\text{ფ}}} \text{ მმ}^2. \quad (27)$$

როგორც ვხედავთ, ჭიახრახნული ფრეზით აღებული ბურბუშელის საშუალო (მყისი) ზომა ძირითადად დანოკიდებულია მოდულზე, ფრეზის მიწოდებაზე ნაკეთის 1 შემობრუნების დროს და ფრეზის დიამეტრზე.

მაგალითი: $d_{\text{ფ}} = 100$ მმ ორსვლიანი ჭიახრახნული ფრეზით $m = 8$ მოდულიანი კბილანა ბორბლის ფრეზის დროს $s = 3$ მმ/ბრ მიწოდებით, გვექნება:

$$f_{\text{საშ}} = \frac{8^2 \cdot 3 \cdot 2}{100} = 3,84 \text{ მმ}^2.$$

XX ზარისადმი წინააღმდეგობა ფრეზის დროს

§ 111. ზარის ხვედრითი წნევა ფრეზის დროს

მნელი არ იქნებოდა ფრეზის დროს ჭრისადმი საერთო წინააღმდეგობის გამოანგარიშება, რომ ცნობილი ყოფილიყო p ჭრის ხვედრითი წნევის მნიშვნელობა, ე. ი. წნევისა, რომელიც მოდის მოხსნილი ბურბუშელის განივი კვეთის 1 მმ² ფართობზე. ფრეზის დროს, ისე როგორც სახარატო დამუშავების დროსაც, p — ცვალებადი სიდიდეა და აგრეთვე დამოკიდებულია მოხსნილი ბურბუშელის ზომაზე. მაგრამ აქ ანგარიში რთულდება ჭრის პროცესში მოხსნილი ბურბუშელის სისქის განუწყვეტელი ცვალებადობის გამო, რასაც მოყვება ხოლმე იარაღის დატვირთვას განუწყვეტელი ცვალებადობა.

ცდების მონაცემების თანახმად, დამოკიდებულება p ჭრის ხვედრითი წნევისა და ბურბუშელის ელემენტების ზომებს შორის ფრეზის დროს იგივეა, რაც სხვა სახის დამუშავების დროს:

$$p = \frac{C_p}{a \lambda \cdot B^{\mu}} \text{ კგ/მმ}^2, \quad (1)$$

სადაც C_p — ჭრის კოეფიციენტი — მუდმივი, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე
 a — ბურბუშელის მყისა სისქეა,

B — ფრეზის სიგანეა,

λ და μ — ხარისხის მაჩვენებლებია, რომლებიც დამოკიდებული არიან დასამუშავებელ მასალაზე.

ცდების მონაცემების თანახმად μ ხარისხის მაჩვენებლის მნიშვნელობა ახლოა ნულთან:

$$\mu = 0,008 - 0,037.$$

მაშასადამე, განტოლების გამარტივების მიზნით დიდი შეცდომის დაუშვებლად შეიძლება მივიღოთ

$$B^{\mu} \approx 1,$$

და მაშინ

$$p = \frac{C_p}{a \lambda} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (2)$$

აქ a სიდიდე ცვალებადია და, მაშასადამე, ერთი და იგივე ბურბუშელისათვის $a \cdot p$ აგრეთვე იქნება ცვალებადი მინიმუმშიდან მაქსიმუმამდე.

ზოგიერთი ავტორის წინადადება ითვალისწინებს p მნიშვნელობის განსაზღვრას ბურბუშელის $a_{\text{საშ}}$ შუა სისქის მიხედვით, რომელიც შეესაბამება $\frac{\varphi}{2}$ კონტაქტის კუთხეს

$$a_{\text{საშ}} = r_x \cdot \sin \frac{\varphi}{2}.$$

ამ შემთხვევაში (2) განტოლებას ექნება სახე:

$$p = \frac{C_p}{a_{\text{საშ}} \lambda} \text{ კგ/მმ}^2. \quad (3)$$

C_p და λ მნიშვნელობები შლესინგერის მიხედვით მოყვანილია ნმ-ე ცხრილში

ცხრილი 68

დასამუშავებელი მასალა	C_p	λ
ფოლადი $\sigma_B = 57$ კგ/მმ ²	140	0,28
ქრომონიკელიანი ფოლადი $\sigma_B = 80$ კგ/მმ ²	165	0,28
თუჯი $H_B = 193$ კგ/მმ ²	95	0,34
ბრინჯაო	40	0,6
თითბერი	37	0,55
ელექტრონი	11	0,6

ამ ცხრილის მონაცემები მიღებულია $\alpha = 50^\circ$ სპირალის კუთხისა და $\gamma = 15^\circ$ წინა აღდგენის კუთხის მქონე ფრეზით მუშაობის დროს (გარდა ბრინჯაოს დამუშავების შემთხვევისა, როცა $\alpha = 25^\circ$).

ახლა § 110 განხილული მაგალითისათვის $\sigma = 57$ კგ/მმ² ფოლადისათვის

$$p = \frac{140}{a_{\sigma, 0,28}} = \frac{140}{0,0316 \cdot 0,28} = 380 \text{ კგ/მმ}^2.$$

69-ე ცხრილში მოყვანილია C_p და λ მნიშვნელობები ა. მ. როზენბერგის (ტომსკის ინდუსტრიული ინსტიტუტი) ცდების მონაცემების მიხედვით ცილინდრული და ტორსული ფრეზებისათვის.

ცხრილი 69

C_p და λ მნიშვნელობები როზენბერგის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალა	ცილინდრული		ტორსული ფრეზი	
	C_p	λ	C_p	λ
ფოლადი 1010 $\sigma_B = 40,1$ კგ/მმ ²	116	0,37	200	0,27
" 1020 $\sigma_B = 44,6$ "	118	0,37	180	0,24
" 1035 $\sigma_B = 62,0$ "	131	0,30	187	0,21
" 1040 $\sigma_B = 64,4$ "	131	0,29	203	0,20
" 1050 $\sigma_B = 78$ "	154	0,26	190	0,19
" 5120 $\sigma_B = 50,3$ "	128	0,34	138	0,23
" 5140 $\sigma_B = 71,5$ "	138	0,295	190	0,16
" 3120 $\sigma_B = 54,4$ "	139	0,34	203	0,245
" 3140 $\sigma_B = 80,3$ "	144	0,28	187	0,20
" 3340 $\sigma_B = 91,0$ "	176	0,26	210	0,205
თუჯი № 1 $H_B = 109-124$	46,5	0,33	72	0,32
" № 2 პერიტური $H_B = 212-223$ კგ/მმ ²	95	0,33	142	0,26
" № 3 ლეგირებული $H_B = 183-212$ კგ/მმ ²	79	0,33	110	0,31
" № 4 $H_B = 137-156$ კგ/მმ ²	62	0,35	90	0,26
" № 5 (ჭედადი) $H_B = 137-156$ კგ/მმ ²	81	0,33	123	0,26
ბრინჯაო $H_B = 81$ კგ/მმ ²	42	0,40	67	0,34

C_p მნიშვნელობები აქ მოცემული არიან იმ შემთხვევისათვის, როცა ფრეზი მუშაობს წინა კუთხით ($\gamma = 10^\circ$).

ახლა 1035 ფოლადისათვის $\sigma_B = 62$ კგ/მმ² და § 110 იმავე მაგალითისათვის მივიღებთ: ფრეზისათვის $\gamma = 10^\circ$ წინა კუთხით

$$p = \frac{131}{0,0316 \cdot 0,80} \approx 350 \text{ კგ/მმ}^2$$

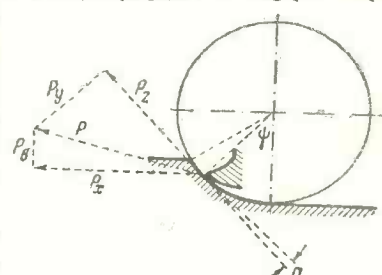
და ტორსული ფრეზისათვის:

$$p = \frac{187}{0,0316^{0,21}} = 400 \text{ კგ/მმ}^2.$$

69-ე ცხრილში მხედველობაში არ არის მიღებული სპირალის კუთხის გავლენა ჭრის ხვედრით დაწოლაზე ფრეზის დროს. სინამდვილეში ფრეზის ა სპირალის კუთხის ზრდასთან ერთად იზრდება p ჭრის ხვედრითი წნევეც, რადგან ამ დროს იზრდება სრიალი ბურბუშელასა და მჭრელ პირს შორის. ეს დამოკიდებულება დასტურდება სხვადასხვა მკვლევარების ცდების მონაცემებით:

§ 112. ზრის ძალისა და მკრეხავი მოძენის ანგარიში ფრეზის დროს

ჭრისადმი წინალობის გამოანგარიშება ფრეზის დროს საკმაოდ რთულია, რადგან ყველა ძალების ტოლქმედი იცვლება სიდიდით და მიმართულებით სხვადასხვა ფაქტორის მიხედვით. 267 ე სურათზე ფრეზის ღერძისადმი ნორმალურ სიბრტყეში გამოსახულია ჭრის ძალის მდგენელები, მიყენებულნი ერთ კბილზე; მათი P ტოლქმედი მიმართულია რაღაც კუთხით ფრეზის წრეხაზის მიმართ მხებად გატარებულ სწორი ხაზისადმი. იგი შეიძლება დაშლილ იქნას მდგენელებად ერთის მხრივ ფრეზის მხებისა და რადიუსის მიმართულებით (P_x ტანგენციალური და P_y რადიალური ძალები) და მეორე მხრივ – ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ მიმართულებებით (P_z ჰორიზონტალური ანდა მიწოდების ძალა და P_x ვერტიკალური ძალა).



სურ. 267. ჭრის ძალის მდგენელები, მიღებული ფრეზის ერთ კბილზე.

სპირალურ კბილებიან ფრეზებში P' ტოლქმედი ძალა მდებარეობს არა ღერძისადმი ნორმალურ სიბრტყეში, არამედ რაღაც ირიბ მიმართულებით სივრცეში, რომელიც დამოკიდებულია ა სპირალის დახრის კუთხეზე.

ჩვეულებრივ, P ძალას ათავსებენ მჭრელი წიბოს ნორმალურ სიბრტყეში, როგორც ეს ნაჩვენებია 268-ე სურათზე, და მაშინ ღებულობენ ორ შემადგენელ ძალას: P_x ტანგენციალურსა და P_0 ღერძულს, მასთან ვარაუდობენ, რომ

$$P_0 = P_x \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

სინამდვილეში P_x ფარდობითი სიდიდე მეტია, P_0 კი მნიშვნელოვნად ნაკლები (2 — 3ჯერ). როგორც როზენბერგმა დაამტკიცა სპირალური კბილის შემთხვევაში, P ნორმალური ძალის გარდა, კბილის გასწვრივ აღიძრება მხები — T — ხახუნის ძალა და დამატებით ბურბუშელის დაჯდომის ძალა ფრეზის კბილის მიმართულებით.

აქედან გასაგებია, რომ P და T ძალების P_I ტოლქმედი P_x ტანგენციალურ ძალად და P_0 ღერძულ ძალად დაშლის შემდეგ წარმოქმნის P_x -თან i კუთხეს, რომელიც ნაკლებია ა კუთხეზე და, მაშასადამე,

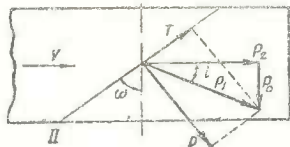
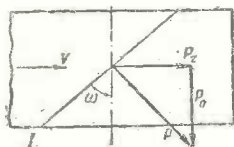
$$P_0 = P_x \cdot \operatorname{tg} i.$$

როგორც ვხედავთ (სურ. 268 II), ერთნაირი P ძალების დროს P_x მატულობს და P_0 იკ მცირდება.

შთავარი მდგენელის— P_x ტანგენციალური ძალის — განსაზღვრა შეიძლება ცდით ფრეზზე M მგრეხავი მომენტის გამზომ სამუხრუჭო მოწყობილობისა ანდა დინამომეტრის საშუალებით, მაშინ

$$P_x = \frac{M}{D} \cdot \text{კმ} \quad (5)$$

თუ ცნობილია p ხვედრითი წნევა და f მმ² ბურბუშელის კვეთი, რომელიც აიღება თითოეული კბილთ, მაშინ შეიძლება P_x გამოანგარიშება ფორმულით:



$$P_x = p \cdot f \cdot \text{კმ}, \quad (6)$$

მასთან p მნიშვნელობები მუშაობის ერთ და იგივე პირობებისათვის სხვადასხვა იქნება სწორ და სპირალურ კბილებიან ფრეზისათვის.

გამოვიანგარიშოთ ტანგენციალური ძალა და მგრეხავი მომენტი

ფრეზის დროს § 110 მავალითისათვის, როცა ფრეზი სწორკბილია, და

$$f_{\max} = f_1 + f_2 + f_3 = 3 \text{ მმ}^2 + 1,85 \text{ მმ}^2 + 0,6 \text{ მმ}^2,$$

მასთან დასამუშავებელი მასალა — ფოლადია — $\sigma_x = 60 \text{ კგ/მმ}^2$.

ახლა განვიხილოთ ჭრის ძალების სხვა მდგენელების მნიშვნელობები.

ზოგიერთი მონაცემების თანახმად რადიალური ძალის სიდიდე $P_y = (0,3 \div 0,4) \cdot P_x$, როგორც ამას ადგილი ქონდა სახარატო საჭრისში.

მაშინ, თუ ვაგეგმილებთ ჰორიზონტალურ დერძზე P_x და P_y ძალებს, მოვნახავთ P_x მნიშვნელობას (სურ. 266):

$$P_x = P_x \cdot \cos \psi + P_y \cdot \sin \psi;$$

რადგან

$$P_y = 0,4 P_x,$$

ამიტომ

$$P_x = P_x (\cos \psi + 0,4 \sin \psi).$$

იმ შემთხვევაში, თუ ერთადროულად მუშაობენ ფრეზის i კბილები, მაშინ მივიღებთ:

$$P_x = \sum_1^i P_{xi} (\cos \psi + 0,4 \sin \psi).$$

ახლა შეიძლება გამოვიანგარიშოთ P ტოლქმედი ძალის სიდიდე, შემდეგ კი P_b შემაღენელს მოვნახავთ შემდგენიარად:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = P_x \sqrt{1 + (0,4)^2} = P_x \sqrt{1,16} \approx 1,08 P_x;$$

$$\begin{aligned} P_b &= \sqrt{P^2 - P_x^2} = \sqrt{(1,08)^2 \cdot P_x^2 - P_x^2 (\cos \psi + 0,4 \sin \psi)^2} = \\ &= P_x \sqrt{1,16 - (\cos \psi + 0,4 \sin \psi)^2}. \end{aligned}$$

თუ შევიღებთ (§ 100 მაგალითის მიხედვით) $\psi = 37^\circ$, მასთან დაეუშვებთ, რომ მუშაობს მხოლოდ ერთი კბილი, მაშინ მივიღებთ:

$$P_x = P_z (\cos 37^\circ + 0,4 \cdot \sin 37^\circ) = P_z (0,799 + 0,24) = 1,04 P_z;$$

$$P_b = P_z \sqrt{1,16 - (0,799 + 0,24)^2} = P_z \sqrt{1,16 - 1,08} = 0,28 P_z.$$

თუ ჭრის ხვედრითი წნევა $p = 350$ კგ/მ², მაშინ § 111 მაგალითის მიხედვით:

$$P_{x1} = p_1 f_1 = 350 \cdot 3 = 1050 \text{ კგ};$$

$$P_{x2} = p_2 f_2 = 350 \cdot 1,85 = 650 \text{ კგ};$$

$$P_{x3} = p_3 f_3 = 350 \cdot 0,6 = 210 \text{ კგ};$$

უდიდესი მგრეხავი მომენტი:

$$M_{\max} = \frac{D}{2} \sum_{i=1}^{i=3} P_{xi} = 50(1050 + 650 + 210) \text{ კგმ} = 9550 \text{ კგმ}.$$

ფრეზის 1-ლი კბილის ნაქეთთან კონტაქტიდან გამოსვლის დროს P_x ჩამოცილდება, და მაშინ ჩვენ გვექნება უმცირესი მგრეხავი მომენტი:

$$M_{\min} = \frac{D}{2} \sum_{i=1}^{i=2} P_{xi} = 50(650 + 210) \text{ კგ მ} = 4300 \text{ კგმ}.$$

დაჭრითვის ესოდენ დიდი მერყეობა დამახასიათებელია სწორკბილა ფრეზის მუშაობისათვის ეს მერყეობა მით უფრო მეტი იქნება, რაც უფრო ნაკლებია ერთდროულად კონტაქტში მოყოფი ფრეზის კბილთა რიცხვი.

როგორც ვედავთ, P ტოლქმედისა და P_x მიწოდების ძალის მნიშვნელობები ძალზე ახლო არიან P_x მნიშვნელობასთან და შეიძლება, გაუწიეთ რა ანგარიშს მხოლოდ ტანგენციალურ ძალას, პრაქტიკულად შეგვეძლება ვიმსჯელოთ სხვა შემადგენლობის მიიშენელობის შესახებ. მართალია, ერთდროულად მომუშავე კბილების რიცხვისა და სხვა პირობების (განსაკუთრებით ა სპირალის დახრის კუთხისა) მიხედვით იცვლება P_x და P_y შემადგენელი ძალების ფარდობითი მნიშვნელობები, მაგრამ უმნიშვნელოდ, და ჩვენ შეგვძლია პრაქტიკისათვის საკმაო სიზუსტით მივიღოთ ფრეზის მუშაობის ნორმალურ შემთხვევითისათვის:

$$P_y = (0,3 \div 0,4) P_x;$$

$$P_x = (1 \div 1,2) P_z;$$

$$P_z = (0 \div 0,2) P_x;$$

$$P = (1 \div 1,2) P_x.$$

P_y რადიალური ძალის სიდიდე შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს γ წინა კუთხის შემცირებისა და α ფრეზის სპირალის დახრის კუთხის მიხედვით. P_y ფარდობითი მნიშვნელობა იზრდება γ წინა კუთხის შემცირებასა და α სპირალის კუთხის ზრდასთან ერთად.

§ 113. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა ზრის ძალაზე ფრეზის დროს

ჭრის წრიული ძალა ფრეზის დროს (საშუალოდ)

$$P_{\text{საშ}} = p \cdot f_{\text{საშ}} = \frac{C_p}{a^{\lambda_{\text{საშ}}}} \cdot f_{\text{საშ}} \text{ კგ},$$

სადაც $a_{\text{საშ}}$ — ბურბუშელის საშუალო სისქეა მმ.ში, $f_{\text{საშ}}$ — ბურბუშელის საშუალო კვეთის მმ.ში.

§ 110 (18) განტოლების თანახმად:

$$f_{საშ} = \frac{B \cdot t \cdot s_x \cdot \zeta}{\pi \cdot D} \text{ მმ}^2.$$

ბურბუშელის საშუალო სისქე $\psi = \frac{\varphi}{2}$ კონტაქტის კუთხის დროს ზემოთქმულის თანახმად:

$$a_{საშ} = s_x \sqrt{\frac{t}{D}} \text{ მმ}.$$

ამრიგად:

$$P_x = \frac{C_p}{s_x^\lambda \left(\sqrt{\frac{t}{D}} \right)^\lambda} \frac{B \cdot t \cdot s_x \cdot \zeta}{\pi D} \text{ კგ};$$

შეკვეცის შემდეგ ვღებულობთ:

$$P_x = \frac{C_p B s_x^{1-\lambda} \cdot t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot \zeta}{\pi D^{1-\frac{\lambda}{2}}} \text{ კგ}. \quad (10)$$

ჩავსვათ ამ უკანასკნელ განტოლებაში მნიშვნელობა:

$$s_x = \frac{s_M}{n \cdot \zeta},$$

მაშინ

$$P_x = \frac{C_p B \cdot s_M^{1-\lambda} \cdot t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot \zeta^\lambda}{\pi D^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot n^{1-\lambda}} \text{ კგ}. \quad (11)$$

$\sigma_B = 60$ კგ/მმ² ფოლადის დამუშავების დროს ვიღებთ $C_p = 152$, $\lambda = 0,28$ და მაშინ ფრეზვის წრიული ძალა

$$P_x = \frac{48,5 \cdot B \cdot s_M^{0,72} \cdot t^{0,86} \cdot \zeta^{0,28}}{D^{0,86} \cdot n^{0,72}} \text{ კგ} \quad (12)$$

P_x ძალაზე ჰერის წრიული სიჩქარის გავლენის განსაზღვრისათვის (11) განტოლებაში ჩავსვათ n მნიშვნელობა, გამოსახული v -თი, ე. ი.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} \text{ ბრ/წუთ}.$$

მაშინ მივიღებთ:

$$P_x = \frac{C \cdot B s_M^{1-\lambda} \cdot t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot \zeta^\lambda}{D^{\frac{\lambda}{2}} \cdot v^{1-\lambda}}$$

სადაც,

$$C = \frac{C_p}{\pi^\lambda \cdot 1000^{1-\lambda}}.$$

კერძო შემთხვევაში $\sigma_n = 80$ კგ/მმ² ფოლადის ფრეზვის დროს

$$C = \frac{152}{1,4 \cdot 145} = 0,75$$

ლა

$$P_s = \frac{0,75 \cdot B \cdot v^{0,86} \cdot s^{0,72} \cdot z^{0,28}}{D^{0,14} \cdot v^{0,72}} \text{ კმ.}$$

აქედან ვაკეთებთ დასკვნას:

1) დატვირთვა ფრეზზე პირდაპირ პროპორციულია B სიგანისა, v ფრეზვის სიღრმისა და s_m მიწოდებისა.

2) ჭრის ძალა მცირდება v ჭრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად; ეს აიხსნება კბილზე მიწოდების შემცირებით, რადგან $s_s = \frac{s_m}{n \cdot z}$. მართა-



სურ. 269. ბურბუშელის სისქე/ფრეზის დიამეტრის მიხედვით.

ლა, ჩვენ არ გვაქვს ჭრის ძალის პროპორციული შემცირება, რადგან s_s შემცირებასთან ერთად რამდენიმედ იზრდება p კუთრი წნევაც.

3) v ჭრის სიჩქარის მუდმივობის დროს დატვირთვა მცირდება D -ს ზრდასთან ერთად, რადგან ამ დროს მცირდება ბურბუშელის სისქე და განივი კვეთი (სურ. 269).

4) ფრეზის z კბილთა რიცხვის ზრდასთან ერთად, დატვირთვა იზრდება, რადგან ბურბუშელა უფრო ქუცმაცდება და კუთრა წნევა ამ დროს მატულობს.

ყველა აქ აღნიშნული დასკვნა დასტურდება როზენბერგის, ბესპროზვანისა და სხვათა ცდებით.

თავისთავად ცხადია, რომ ჭრის წნევა მნიშვნელოვნად მცირდება ფრეზის γ წინა ალესის კუთხის ზრდასთან ერთად.

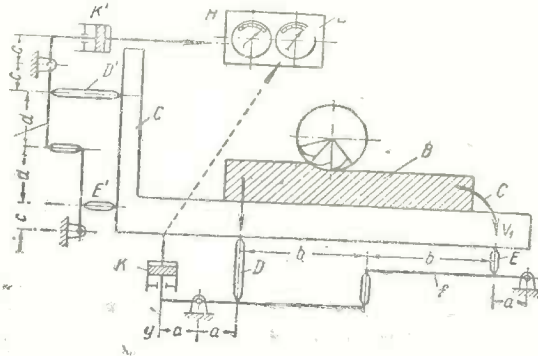
ქვემოთ ჩვენ დავინახავთ, რომ ჭრის ძალა შეიძლება მნიშვნელოვნად იქნას შემცირებული კარგად შერჩეული მავახი სითხის შერჩევის დროს, რაც თავის გამოსახულებას პოულობს ჩარხის მიერ მოხმარებული სიმძლავრის შემცირებაში. განსაკუთრებით ღივ ფეკტს ეღებულობთ მინერალური ზეთების გოგირდის ნარევით გამოყენების დროს; ამ შემთხვევაში ჩარხის მიერ დახარჯული სიმძლავრე ფოლადის დამუშავების დროს შეიძლება შემცირებულ იქნას 25 – 30 %.

ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ფრეზვის დროს, როცა მჭრელი წიბო დასაწყისში ჭრის ძალზე მცირე სისქის ბურბუშელას (თეორიულად ნულის ტოლს), თვით მჭრელი წიბოს მდგომარეობა არსებით გავლენას ახდენს ფრეზის დატვირთვაზე. შემჩნეულია, რომ დაზღწეული მჭრელი წიბოიანი იარაღით მუშაობის დროს დატვირთვა, ახლად აღესის ფრეზთან შედარებით, იზრდება ზოგჯერ 40 %-მდე.

მოყვანილი სახის ფრეზებით ფრეზვის შემთხვევაში ჭრის ძალების განსაზღვრის დროს სარგებლობენ შემასწორებელი კოეფიციენტებით. თუ ცილინდრული ფრეზის დატვირთვას მივიღებთ ერთეულად, მაშინ ყველა სხვა თანასწორი პირობების დროს ნახევრად მრგვალი, ამოხნეილი და ჩახნეილი ფრეზის დატვირთვა შეადგენს ცილინდრული ფრეზის დატვირთვის დაახლოებით 80 %, კუთხურისა კი — 70 %.

§ 114. ზრის ქაღალდის გაზომვა ურევის დროს

ფრეზის დარგში ამ ბოლო ხანებში მიღწეული კვლევითი მუშაობის წარმატება უმთავრესად მიღებულია სპეციალური საზომი აპარატურის შექმნით. ზრის ძალების გაზომვის მეთოდები, გამოყენებულნი სახარატო დამუშავების დროს, გამოსადეგნი არიან ფრეზის შემთხვევაშიაც. ასე, ფრეზის დროს ზრის ძალების შემადგენლების გასაზომად



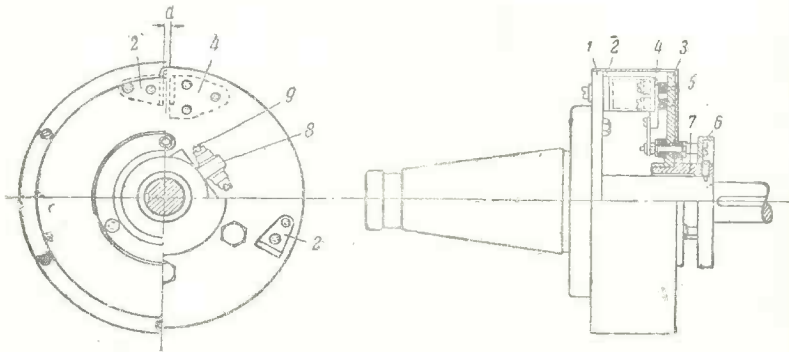
სურ. 270. საფრეზო ორკომპონენტური ჰიდრაული დინამომეტრის სქემა.

შექმნილია ორკომპონენტური და სამკომპონენტური ჰიდრაული დინამომეტრები ჩვენთვის ცნობილი პრინციპის მიხედვით. ერთ-ერთი მათგანი — ორკომპონენტური — ნაჩვენებია სქემატურად 270-ე სურათზე.

B დასამუშავებელი მასალა მაგრდება C ბაქანზე, რომელიც ეყრდნობა ერთის მხრივ D და E ღერძაკებს და მეორეთი კი — D' და E'. ქვევით მიმართული P_B შემადგენელი გადაეცემა K მესღოზას D და E ღერძაკებისა და f ბერკეტების სისტემის

საშუალებით და აღინიშნება L მანომეტრით. ერთდროულად P_x მიწოდების ძალა, რომელიც მოქმედებს K' მესღოზაზე D' და E' ღერძაკებისა და f' ბერკეტების საშუალებით, აღინიშნება H მანომეტრით.

სპირალური ფრეზის მუშაობის შემთხვევაში P_0 ღერძული ძალის განსაზღვრისათვის იყენებენ სამკომპონენტურ დინამომეტრს სამი მესღოზით.



სურ. 271. კონდენსატორული დინამომეტრის სქემა.

მთავარი — ტანგენციალური ძალის (მისი საშუალო მნიშვნელობის) განსაზღვრა შეიძლება ფრეზზე მოქმედი M მგრეხავი მომენტის გაზომვის გზით. პრაქტიკული ანგარიშის

დროს, როდესაც საჭირო არ არის დიდი სიზუსტე, M ნახულობენ ვოლტმეტრისა და ამპერმეტრის ანდა ვატმეტრის საშუალებით, განტოლებით:

$$M = \frac{N \cdot 102 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot \eta_{\text{მ}} \cdot \eta_{\text{ჩარხ}} \text{ კვ/მ} \quad (10)$$

სადაც N —სიმძლავრეა კილოვატებში, მოხმარებული ჩარხის მიერ და ათვლილი ვატმეტრით,

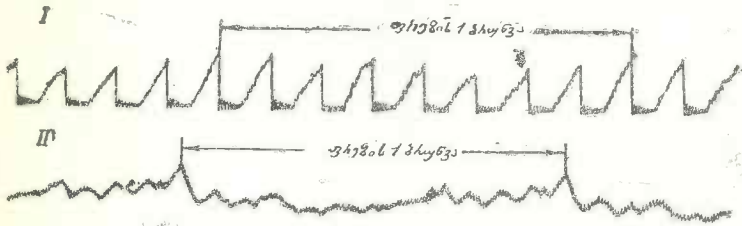
n —ჩარხის შპინდლის ბრუნვათა რიცხვი.

$\eta_{\text{მ}}$ —მოტორის მარგი ქმედების კოეფიციენტი მოცემული რეჟიმის დროს,

$\eta_{\text{ჩარხ}}$ —ჩარხის მარგი ქმედების კოეფიციენტი მოცემული რეჟიმის დროს,

M მომენტის გაზომვის ამგვარი მეთოდის ნაკლოვანებათა შესახებ ზემოთ იყო აღნიშნული (§ 33).

M უფრო ზუსტი განსაზღვრა მიიღება სპეციალური დინამომეტრით, კონდენსატორული დინამომეტრის ერთ-ერთი კონსტრუქცია სქემატურად გამოასახულია 271-ე სურათზე.



სურ. 272. ფრეზის დროს მგრეზავი მომენტის ოსცილოგრამა.

დამკერის კონუსზე დამაგრებულ (1) დისკოზე, მექანიკურად და ელექტრულად შეერთებული არიან (2) კუთხედები. (1) დისკოდან რალაც მანძილზე დამკერის გასკელებულ ნაწილზე ხისტად დაცმულია (7) მილისა (3) დისკოსთან ერთად. (3) დისკოზე დამაგრებულია (4) კუთხედები, რომლებიც იზოლირებული არიან მისგან (5) ებონიტის მილისგან.

მგრეზავი მომენტის გაღების ქვეშ დამკერი იგრძნობს. მისი დეფორმაცია გამოიწვევს d მანძილის ცვალებადობას 2 და 4 კუთხედებს შორის, ე. ი. მათ მიერ წარმოქმნილი კონდენსატორის ტევადობის ცვალებადობას, რომელიც მაღალი სიხშირის მოწყობილობის საშუალებით გარდაიქმნება დენის ძალის ცვალებადობად.

მაღალსიხშირის მოწყობილობის სქემა გამოასახულია 272-ე სურათზე. ამ მოწყობილობასთან დინამომეტრი შეერთებულია ორი მავთულით, ერთ-ერთი რომელთაგანაც დამაგრებულია ჩარხზე და, მასხადაამე, (2) კუთხედებთანაც, მეორე კი — სქემაზე არ აღნიშნულ სრიალა კონტაქტისა და დინამომეტრის სხვა ნაწილებისაგან იზოლირებულ (6) რგოლის საშუალებით—(4) კუთხედებთან.

(3) დისკოს შემობრუნებით (8) სადავისა და (9) ხრახნების საშუალებით, შეიძლება ადვილად და ზუსტად მანძილის შეცვლა (2) და (4) კუთხედებს შორის, ე. ი. შევცვალოთ სურვილისამებრ დინამომეტრის გრძნობიერება, რომელიც დამოკიდებულია დამკერის დეფორმაციის დროს ტევადობის არა აბსოლუტურ, არამედ ფარდობით ცვალებადობაზე.

აქაც, ისე როგორც სახარატო დინამომეტრში, შეიძლება ოსცილოგრაფის საშუალებით M მგრეზავი მომენტის ცვალებადობის რევისტრირება სხვადასხვა პირობების მიხედვით. M ცვალებადობის მრუდები (ოსცილოგრამები) ნაჩვენებია 272 I სურათზე სწორკბილა ფრეზისათვის და 272 II სურათზე კი—ირიბკბილა ფრეზისათვის.

XVI. ფრეზების მდებარეობა და ზრის სიჩქარე ფრეზის დროს

§ 115. ფრეზების მდებარეობის შესახებ

არ შეიძლება ითქვას, რომ ეს საკითხი ამჟამად იმდენად იყოს შესწავლილი, რომ შესაძლო იყოს ფრეზის ყოველი სხვადასხვა შემთხვევისათვის იარაღის მდებარეობისა და ჭრის სიჩქარის განსაზღვრული ნორმის რჩევა. ფრეზის პროცესის განმსაზღვრელი ფაქტორების მრავალრიცხოვნობა აძნელებს მის შესწავლას. ყოველ შემთხვევაში ამ ბოლო წლებში სამეცნიერო-კვლევითი ორგანიზაციებში და სსრკ მრეწველობაში ჩატარებული გამოკვლევები იძლევიან რაციონალური ფრეზის მთელ რიგ კანონებს და გვიჩვენებენ პროცესის ეფექტიანობის შემდგომი გაზრდის გზებს.

ჭრის უხელსაყრელესი რეჟიმის განსაზღვრის დროს, ერთ-ერთ გამოსავალ სიდიდეს, როგორც ცნობილია, წარმოადგენს იარაღის დაჩლუნგების კრიტერიუმი. პრაქტიკაში ფრეზების გამოცდის დროს, ისე როგორც სახარატო საჭრისის შემთხვევაში, ხშირად დაჩლუნგების ნიშნად იღებენ დახარჯული სიმძლავრის გაზრდას 10—15%-ით ნორმალურთან შედარებით. საწარმოო პირობებში ეს კრიტერიუმი მარტივი და მოხერხებულია, მაგრამ არ არის საკმაოდ ზუსტი და მაჩვენებელი, რადგან იგი არ განსაზღვრავს ფრეზის გაცვეთის არც ადგილსა და არც ხასიათს; გარდა ამისა, ზოგიერთი სახის ფრეზებში (მოყვანილი სახისა) დასაშვებია მჭრელი წიბოების იმდენად მცირე დაჩლუნგება, რომ მას შეეძლოს გავლენის მოხდენა ჩარხის მიერ მოხმარებულ სიმძლავრეზე.

ინჟ. გ. მ. რიკვინმა ტორსულ ფრეზვაზე ჩატარებულ თავის მრავალრიცხოვან ცდებით (სტალინის სახელობის ქარხანაში) ფრეზის დაჩლუნგების ხარისხის შესაფასებლად დაადგინა დაჩლუნგების 6 სტადია: 1-ლი სტადია — დაჩლუნგების სუსტი კვალი, როცა მჭრელ წიბოს მჭრელი პირის კონტურზე გაჩნდება ვიწრო ბრწყინავი ზოლი, და მე-6 სტადია — საბოლოო დაჩლუნგება, ე. ი. მჭრელი პირის სრული დარღვევა, რომელსაც თანსდევს მოშვების მნიშვნელოვანი ნიშნები, ფრეზის კბილების დნობაჰდეც კი.

მასთან ფოლადისათვის ფორმულაში:

$$v = \frac{C}{T^m}$$

m სიდიდე დაჩლუნგების მე-3, მე-4 და მე-5 სტადიებისათვის იცვლებოდა თანმიმდევრობით —

$$\frac{1}{3,7} (0,27); \frac{1}{4,35} (0,23); \frac{1}{6} (0,166).$$

თუკი ფრეზის ალესვის დროს მე-3 სტადიის შემდეგ (მჭრელ პირზე ფართო ბრწყინავი ზოლი) გაცვეთა დამეტრით შეადგენდა საშუალოდ 0,39 მმ, მე-5 სტადიის შემდეგ კი (მჭრელი პირის შესამჩნევი დარღვევა მოშვების ნიშნების გარეშე) გაცვეთა აღწევდა 0,95 მმ.

სხვადასხვა ექსპერიმენტატორების მიერ მიღებული დაჩლუნგების სხვადასხვა ნიშნები აიხსნება ფრეზის ფარდობითი მედეგობის შეფასებაში არსებული ზრთა სხვადასხვაობით. 70 ცხრილში მოყვანილია m მნიშვნელობები სხვადასხვა მკვლევარების მონაცემების მიხედვით.

სუფთა ფრეზის დროს დაჩლუნგების შემთხვევაში პრაქტიკულად დასაშვებია უკანა წახნაგზე ფასკის სიგანე არა უმეტესი 0,15—0,20 მმ; მასთან ცილინდრულ და ტორსულ ფრეზებისათვის შეიძლება მივიღოთ ფარდობითი მედეგობის მაჩვენებლის $m = \frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ საშუალო მნიშვნელობა.

ფრეზის მედეგობის ნორმის მხრივ, უნდა აღინიშნოს ძლიერი დამოკიდებულება არა მხოლოდ მიღებული ფარდობითი მედეგობის m მაჩვენებლის მნიშვნელობაზე, არამედ აგრეთვე იარაღის ზომაზედაც.

ცხრილი 70

ფარდობითი მედეგობის m მაჩვენებლის მნიშვნელობები

ფრეზის ტიპი და მასალა	დასამუშავებელი მასალა	მკვლევარი	m	შენიშვნა
ცილინდრული ფრეზები ნახშირბადიანი ფოლადი	ფოლადი № 4	ლ. ფ. ივანოვი (ГОЗ) ლარინ (КММИ)	0,436 0,414	გაუცივებლად გაცივებით
" " " "	ფოლადი № 105	ლ. ფ. ივანოვი ლარინი	0,263 0,355	გაუცივებლად გაცივებით
" " " "	"	საფრნოვი და ნოვიკოვი	0,50	
ცილინდრული ფრეზები სწრაფმჭრელი ფოლადისაგან	თუჯი და ფოლადი	Орга-металла კიროვის ქარხანა (დენინგრადი)	0,23—0,35	
მოყვანილი სახის სწრაფმჭრელი ფოლადები			0,25	
ჭიანჭაწული კბილსაჭრელი ფრეზი				
სწრაფმჭრელი ფოლადისაგან	ფოლადის სმმული	ხ. ვ. აღმქსევეი	0,33	კბილის შავად ფრეზება
სწრაფმჭრელი ტორსული ფრეზები	ფოლადი	გ. მ. რიკვინი (ЗИС)	0,27—0,13	

ასე, მაგალითად, ЗИС-ში ჩატარებული (ინჟ. ტემჩინი და რიკვინი) ცდების მონაცემებისა და გამოანგარიშებების თანახმად, $T_{გვ}$ ეკონომიური მედეგობისა და ეკრეთ წოდებული $T_{ობტ}$ ოპტიმალური წარმადობის მედეგობის ნორმები (გამოანგარიშების მეთოდი იხ. § 54), ტორსული ფრეზებისათვის შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი საშუალო მნიშვნელობებით:

$$D = 50 \text{ მმ}, T_{გვ} = 240 \text{ წუთს}, T_{ობტ} = 140 \text{ წუთს}$$

$$D = 75 \text{ " } T_{გვ} = 395 \text{ " } T_{ობტ} = 210 \text{ "}$$

$$D = 110 \text{ " } T_{გვ} = 540 \text{ " } T_{ობტ} = 290 \text{ "}$$

დაახლოებით ასეთივე ზღვრებში იმყოფება ეკონომიური მედეგობის ნორმა მოყვანილი სახის ფრეზებისათვისაც კბილსაჭრელ ჭიანჭაწულ ფრეზებამდე ($T_{გვ} = 6-8$ საათს). მარტივ ცილინდრულ ფრეზებისათვის ეს ნორმა შეიძლება შემცირებულ იქნას $T_{გვ} = 3-8$ საათამდე, როგორც ეს მიღებული იყო ზოგიერთი მკვლევარების მიერ.

საჭიროა ხაზი გავესვას იმას, რომ T -დან u -ს აღნიშნული ცვალებადობის კანონზომიერებას ადგილი არა აქვს ფრეზის მეტად დიდი სიჩქარეების დროს. ცდებმა დაგვანახვეს, რომ მეტად დიდი სიჩქარეების დროს ფრეზის მედეგობა შენარჩუნებულია და არის მაღალი წარმადობით მუშაობის შესაძლებლობა. ასე, მაგალითად, ზოგიერთი ავტორის მონაცემები მიგვითითებს ფრეზის შემდეგ რეჟიმებზე:

$$1) \text{ ალუმინისათვის } u = 400 \text{ მ/წუთ}$$

$$s_M = 8000 \text{ მმ/წუთ}$$

$$u = 1650 \text{ მ/წუთ}$$

$$s_M = 23750 \text{ მმ/წუთ};$$

2) სპილენძისა და მისი შენადნობებისათვის

$$v = 2840 \text{ მ/წუთ}$$

$$s_{\text{მ}} = 500 - 10400 \text{ მმ/წუთ};$$

3) თუჯისათვის

$$v > 750 \text{ მ/წუთ}$$

$$s_{\text{მ}} = 50 - 2000 \text{ მმ/წუთ}.$$

ესოდენ მაღალი რეჟიმების მიღების შესაძლებლობა ფრეზების დროს შეიძლება ახსნილი იქნას ფრეზის მჭრელი წიბოების დადაბლებული ტემპერატურით, რადგან ისინი ვერ ასწრებენ გახურებას მუშაობის მოკლე დროის განმავლობაში: შენაცვლებით მომუშავე ფრეზის კბილები იარაღის ძალზე დიდი სიჩქარეებით ბრუნვის დროს ინტენსიურად ცივდებიან ჰაერის ნაკადით. ამავ დროს ადგილი აქვს ბურბუშელის დეფორმაციის ძლიერ შემცირებას მაღალი სიჩქარის გამო, რაც ხელს უწყობს ტემპერატურის მნიშვნელოვან შემცირებას.

§ 116. სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა ზრის სიჩქარეზე ფრეზის დროს

პრაქტიკული ჭრის სიჩქარის ამორჩევის დროს ფრანგი მკვლევარი დენი ხელმძღვა. ნელობდა შემდეგი დებულებებით, რომლებამდისაც იგი მივიდა თავისი ცდების საფუძველზე.

განსაზღვრული t ჭრის სიღრმისა, v მიწოდებისა და იარაღის დროს ყოველი დასაშვად მუშავებელი მასალისათვის გვაქვს საესებით განსაზღვრული v_0 ჭრის სიჩქარე, რომლის დროსაც დაჩლუნგებამდე იარაღის მუშაობის მთელი დროის განმავლობაში მოიხსნება W ბურბუშელის უდიდესი მოცულობა. v_0 -ზე უფრო მეტ ანდა ნაკლებ სიჩქარეების დროს, W წარმადობა მნიშვნელოვნად მცირდება. $W-v$ დამოკიდებულება მოცემულია 284-ე სურათზე. v_0 ჭრის სიჩქარეს დენიმ უწოდა უმცირესი გაცვეთის სიჩქარე. რადგან v_0 სიდიდით ძალზე უმნიშვნელო იყო გამოყენებისათვის, ამიტომ დენიმ ჭრის პრაქტიკულ სიჩქარედ მითლო ისეთი, რომლის დროსაც აღწევენ მაქსიმალური წარმადობის ნახევარს დაჩლუნგებამდე ფრეზის მუშაობის მთელი დროის განმავლობაში. ანას მისი გამოანგარიშების თანახმად ადგილი ქონდა, როცა:

$$v = 1,33 v_0.$$

შემდეგ, სარგებლობდა რა ფორმულით სახარატო საჭრისისათვის

$$v = \frac{C_v}{\sqrt{s^2 \cdot b}},$$

სადაც b —მჭრელი წიბოს მომუშავე ნაწილის სიგრძეა,

s —მიწოდებაა მილიმეტრებში 1 ბრუნვაზე,

დენიმ ცდების მონაცემების საფუძველზე გამოიყვანა მსგავსი ფორმულა ფრეზისათვისაც შემდეგი სახით:

$$v = \frac{C_v}{\sqrt{s^2 (B + t)}} \text{ მ/წუთ}, \quad (1)$$

სადაც C_v —მუდმივია, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე და ფრეზის მასალაზე;

მისი მნიშვნელობები მოცემულია 71-ე ცხრილში.

B —ფრეზის სიგანეა მილიმეტრებში,

t —" სიღრმეა " "

s —მიწოდებაა მილიმეტრებში ფრეზის 1 კბილზე.

C_g მნიშვნელობები

დასამუშავებელი მასალა	ნახშირბა- დიანი ფრეზი	სწრაფმჭრე- ლი ფრეზი
ფოლადი $\sigma_B = 40$ კგ/მმ ²	9,1	12,3
ფოლადი $\sigma_B = 60$ "	8,4	10,2
ფოლადი $\sigma_B = 80$ "	7,2	8,5
ნიკელის ფოლადი $\sigma_B = 110$ კგ/მმ ²	5,6	7
უჯის $H_B = 150$ კგ/მმ ²	10,2	13,7
ფოსფორიანი ბრინჯაო	13,3	19,6
თითბერი	14	21

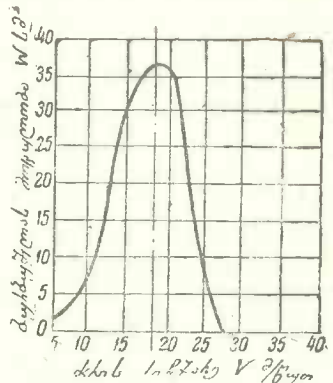
მაგალითი. სწრაფმჭრელი ფოლადით მუშავდება $\sigma_B = 60$ კგ/მმ² მქონე ფოლადი $s_r = 0,1$ მმ მიწოდებისა, $B = 50$ მმ ფრეზვის სიგანისა და $t = 10$ მმ სიღრმის დროს. უნდა განვსაზღვროთ v კრის სიჩქარე. გვაქვს

$$v = \frac{C_g}{\sqrt{s_r^2(B+t)}} = \frac{10,2}{\sqrt{(0,1)^2 \cdot (50+10)}} = \frac{10,2}{0,85} \approx 12 \text{ მ/წუთ.}$$

თანამედროვე ფრეზებს შეუძლიათ იმუშაონ უფრო მეტი სიჩქარეებით და ამიტომ დენის ფორმულა მიღებულია პრაქტიკული გამოყენებისათვის. მასთან მასში გამოსახული არ არის ისეთი ფაქტორების გავლენა, როგორცაა ფრეზის D დინამეტრი, χ ფრეზის კბილთა რიცხვი, იმ დროს როცა ამ უკანასკნელს მნიშვნელობა აქვთ იარაღის მედეგობისათვის. შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ყველა იმ ფაქტორებს, რომლებიც საზღვრავენ მოსახსნელი ბურბუშელის ზომას და დატვირთვის ფრეზზე, გავლენა ექნებათ, მის მედეგობაზე და ამით კი კრის სიჩქარეზე. ეყრდნობა რა საბჭოთა კავშირში ჩატარებულ გამოკვლევებს, Гипрошаш-ი გვიჩვენებს კრის სიჩქარის განსაზღვრას ცილინდრული ფრეზებისათვის შემდეგი ფორმულით:

$$v_{180} = \frac{C_g \cdot D^{0,9}}{i^{0,88} \cdot s_r^{0,5} \cdot B^{0,22}} \text{ მ/წუთ} \quad (2)$$

სადაც v_{180} - კრის სიჩქარეა ფრეზის $T = 180$ წუთ მედეგობის დროს, C_g - მუდმივაა, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე, და რომლის მნიშვნელობა მოცემულია 72-ე ცხრილში.



სურ. 273. კრის სიჩქარის გავლენა ბურბუშელის რაოდენობაზე, რომელიც იღება იარაღით მის დაწლუნებადმე მუშაობის მთელი დროის განმავლობაში.

ცხრილი 72

ს. მნიშვნელობები ცილინდრული ფრეზისათვის

დასამუშავებელი მასალა	C _p	დასამუშავებელი მასალა	C _p
თუჯი H _B < 150 კგ/მმ ²	13,60	ქრომიანი ფოლადი σ _B = 50-60 კგ/მმ ²	9,90
" H _B = 150-180 კგ/მმ ²	9,90	" " σ _B = 70-80 "	8,04
" H _B = 180-200 "	7,44	" " σ _B = 90-100 "	6,81
ბრელი თუჯი H _B = 100-140 კგ/მმ ²	12,80	ქრომიანი ფოლადი	
" H _B = 140-180 "	9,0	σ _B = 50-60 კგ/მმ ²	8,58
" H _B = 180-200 "	7,03	σ _B = 70-80 "	6,78
ჩვეულ. ნახშირ. ფოლ. σ _B = 30-40 კგ/მმ ²	13,6	σ _B = 90-100 "	5,48
" " " σ _B = 50-60 "	9,9	ბრინჯაო და თითბერი: საშუალო სისალის	17,0
" " " σ _B = 70-80 "	8,04	ალუმინი	37,84

მაგალითი. σ_B = 60 კგ/მმ² მქონე ფოლადის ფრეზის დროს წინა მავალითის პირობებში: s_p = 0,1 მმ; B = 50 მმ; f = 10 მმ და D = 100 მმ, გვაქვს:

$$v_{180} = \frac{9,9 \cdot 100^{0,3}}{10^{0,28} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 50^{0,22}} = \frac{9,9 \cdot 4}{2,4 \cdot 0,316 \cdot 2,4} = 22 \text{ მ/წუთ.}$$

ინტ. რიკინის მიერ ЗИС-ში ჩატარებული ექსპერიმენტალური მუშაობის თანახმად, ტორსული ფრეზისათვის გამოყენილი იყო სხვადასხვა ფაქტორებიდან ჰრის სიჩქარის დამოკიდებულების უფრო სრული ფორმულა:

$$v_{180} = \frac{C_p \cdot D^{0,59}}{s_p^{0,28} \cdot f^{0,14} \cdot B^{0,22} \cdot z^{0,3}} \text{ მ/წუთ.} \quad (3)$$

ცხრილი 73

ს. მნიშვნელობები ტორსული ფრეზისათვის

დასამუშავებელი მასალა	C _p	დასამუშავებელი მასალა	C _p
საშუალო სისალის თუჯი		ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადი	
H _B = 140-180 კგ/მმ ²	8,5	σ _B = 50-60 კგ/მმ ²	8,5
ბრელი თუჯი		ქრომიანი ფოლადი	
H _B = 140-180 კგ/მმ ²	8,9	ბრინჯაო და თითბერი	14,7
		ალუმინი	32,7

მაგალითი. σ_B = 60 კგ/მმ² მქონე ფოლადის ფრეზის დროს წინა მავალითის პირობებში: s_p = 0,1 მმ; f = 10 მმ; B = 50 მმ; D = 100 მმ; z = 20, გვაქვს:

$$v_{180} = \frac{8,5 \cdot 100^{0,59}}{0,1^{0,28} \cdot 10^{0,14} \cdot 50^{0,22} \cdot 20^{0,3}} = \frac{8,5 \cdot 11,5}{0,59 \cdot 1,38 \cdot 2,45 \cdot 2,45} = 20 \text{ მ/წუთ.}$$

(1, 2, 3) ფორმულების განხილვიდან ჩანს, რომ ფრეზის დროს, ისე როგორც ჩარხის შემთხვევაში, ფრეზის მედეგობის ავლასაზრისით ხელსაყრელია მუშაობა დიდი სიღრმით და მცირე მიწოდებით.

ფრეზის D დიამეტრისა და z კბილების მცირე რიცხვის დადებითი გავლენა ჰრის სიჩქარეზე გასაგებია: D ზრდასთან და z შემცირებასთან ერთად კბილი მსხვილდება და მისი მედეგობა მაღლდება.

ჭრის სიჩქარეები შეიძლება მნიშვნელოვნად იქნან გაზრდილნი სალი შენადნობის ფირფიტებიანი ფრეზების გამოყენების დროს. ფირფიტები იძლევიან განსაკუთრებით მნიშვნელოვან ეფექტს ტორსულ ფრეზულ თავებზე. ტორსული ფრეზების მუშაობის რეჟიმები, რომლებსაც ლიტერატურის თანახმად ადგილი ქონდათ პრაქტიკაში, მოყვანილი არიან 74-ე ცხრილში.

თუჯისა და ბრინჯაოს ფრეზების დროს გამოიყენებენ P9-8 პობედიტს და ფოლადის ნაკეთების დამუშავების დროს კი—პობედიტ ალფა 21.

ცხრილი 74

ხალი შენადნობის ფირფიტებიანი ტორსული ფრეზებისა ჭრის რეჟიმება

დასამუშავებელი მასალები	ჭრის სიჩქარე v მ/წუთ	მიწოდება 1 კბილზე s_x მმ	დასამუშავებელი მასალა	ჭრის სიჩქარე v მ/წუთ	მიწოდება 1 კბილზე s_x მმ
ფოლადი რბილი $\sigma_B \sqrt{1/60}$ კგ/მმ ²	160—180	~ 0,09	თითბერი	100—120	~ 0,12
ფოლადი ხალი	130—100	~ 0,08	ალუმინი	800—1500	~ 0,1
ფოლადი ქრომონიკელიანი	100—60	~ 0,05	სილმინი	400—500	0,08
თუჯი $H_B = 200$ კგ/მმ ²	60—100	~ 0,1	გლექტრონი	750—600	0,08
ბრინჯაო	80—300	~ 0,1			

უნდა აღინიშნოს, რომ პრაქტიკის ცალკეულ შემთხვევაში სალი შენადნობიანი თავების ფრეზების რეჟიმები მნიშვნელოვნად აღემატებიან ცხრილში აღნიშნულ რეჟიმებს.

XXII. სიმძლავრე ურავნის დროს

§ 117. სიმძლავრის ანაღიზური გამომანგაროვნება

ფრეზისათვის საჭირო სიმძლავრე შეიძლება გამოანგარიშებულ იქნას ცნობილი ფორმულით:

$$N_{ფრეზ} = \frac{M_{საშ} \cdot n}{71620} \text{ ც. ძ.} \tag{1}$$

სადაც

$M_{საშ}$ — მგრებადი მომენტის საშუალო მნიშვნელობაა კგსმ-ში

$$M_{საშ} = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} \text{ კგსმ,} \tag{2}$$

n — ფრეზის ბრუნვათა რიცხვია.

§ 112-ში მოყვანილი მაგალითისათვის

$$M_{საშ} = \frac{M_{max} + M_{min}}{2} = \frac{9550 + 4300}{2} = 6925 \text{ კგსმ.}$$

როცა $n = 40$ ბრ/წუთ

$$N_{ფრეზ} = \frac{6925 \cdot 40}{71620} = 3,9 \text{ ც. ძ.}$$

ფრეზისათვის საჭირო სიმძლავრის გამოანგარიშება შეიძლება გაიმარტივდეს, თუ ვი-სარგებლებთ ფორმულით:

$$N_{ფრეზ} = \frac{P_s \cdot v}{75 \cdot 60} \text{ ც. ძ.,} \tag{3}$$

სადაც

$$P_z = \frac{C_p \cdot B \cdot t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot s_n^{1-\lambda} \cdot \zeta}{\pi \cdot D^{1-\frac{\lambda}{2}}} \text{ კგ}$$

(იხ. § 113) და

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ მ/წუთ.}$$

P_z კრის ტანგენციალური ძალის განტოლებამ შეიძლება მიიღოს სხვა სახე, თუ მხედველობაში მივიღებთ (განტოლება 18 § 110), რომ

$$P_z = p \cdot f_{საზ} \text{ კგ} \quad (4)$$

$$f = \frac{B \cdot t \cdot s_n \cdot \zeta}{\pi \cdot D} \text{ მმ}^2 \quad (5)$$

მაშინ

$$P_z = p \cdot \frac{B \cdot t \cdot s_n \cdot \zeta}{\pi \cdot D} \text{ კგ} \quad (6)$$

და

$$N_{მზ} = \frac{p \cdot B \cdot t \cdot s_n \cdot \zeta \cdot \pi / n}{\pi D \cdot 60 \cdot 75 \cdot 1000} \text{ ც. ძ.} \quad (7)$$

რადგან

$$s_n \cdot \zeta \cdot n = s_M \text{ მმ/წუთ.}$$

ამიტომ

$$N_{მზ} = \frac{p \cdot B \cdot t \cdot s_M}{45 \cdot 10^6} \text{ ც. ძ.} \quad (8)$$

მაგალითი. განვსაზღვროთ ჩარხისათვის საჭირო $N_{მზ}$ სასარგებლო სიმძლავრე $H_n = 195$ კგ/მმ² ($C_p = 86$ კგ/მმ²) მქონე თუჯის ფრეზის დროს ფრეზით, რომელსაც არა აქვს წინა კუთხე და რომლის $D = 100$ მმ, $\zeta = 18$, ფრეზის სიგანე $B = 50$ მმ, ფრეზის სიღრმე $t = 9$ მმ, მიწოდება $s_M = 150$ მმ/წუთ და კრის სიჩქარე $v = 12,5$ მ/წუთ.

გვაქვს:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{100 \cdot 12,5}{3,14 \cdot 100} = 40 \text{ ბრ/წუთ.},$$

$$s_n = \frac{s_M}{n \cdot \zeta} = \frac{150}{40 \cdot 18} = 0,2 \text{ მმ},$$

$$a_{საზ} = s_n \sqrt{\frac{t}{D}} = 0,2 \sqrt{\frac{9}{100}} = 0,06 \text{ მმ},$$

$$p = \frac{C_p}{a^{\lambda_{\text{საშ}}}} = \frac{86}{0,06^{0,88}} = \frac{86}{0,4} = 215 \text{ კგ/მმ}^2$$

და

$$N_{\text{გვ}} = \frac{215 \cdot 50 \cdot 9 \cdot 150}{45 \cdot 10^5} = 3,2 \text{ ტ. დ.}$$

ცხადია, რომ თუ (3) განტოლებაში ჩავსვამთ გაშლილ მნიშვნელობას

$$P_s = \frac{C_p}{\pi} \cdot \frac{t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot s_s^{1-\lambda} \cdot \chi}{D^{1-\frac{\lambda}{2}}} \text{ კგ,}$$

მაშინ

$$N_{\text{გვ}} = \frac{C_p \cdot B \cdot t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot s_s^{1-\lambda} \cdot \chi \cdot \pi D n}{\pi \cdot D^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot 60 \cdot 75 \cdot 1000} \text{ ტ. დ.} \quad (9)$$

შეკვეციის შემდეგ ვღებულობთ:

$$N_{\text{გვ}} = \frac{C_p \cdot B \cdot t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot s_s^{1-\lambda} \cdot \chi \cdot n D^{\frac{\lambda}{2}}}{45 \cdot 10^5} \text{ ტ. დ.} \quad (10)$$

ჩვლდან

$$s_s^{1-\lambda} \cdot n \cdot \chi = (s_s \cdot \chi \cdot n)^{1-\lambda} \cdot n^{\lambda} \chi^{\lambda} = s_n^{1-\lambda} n^{\lambda} \chi^{\lambda}$$

ამიტომ

$$N_{\text{გვ}} = \frac{C_p B t^{1-\frac{\lambda}{2}} \cdot s_n^{1-\lambda} \cdot D^{\frac{\lambda}{2}} \cdot \chi^{\lambda} \cdot n^{\lambda}}{45 \cdot 10^5} \quad (11)$$

§ 118. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა $N_{\text{გვ}}$ სიდიდეზე ფრმისვის დროს

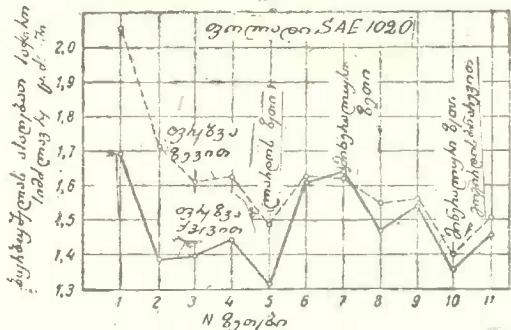
(11) განტოლების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1) ფრეზის მიერ დახარჯული სიმძლავრე, ისე როგორც ჭრის ძალა, პირდაპირ პროპორციულია ფრეზის B სიგანისა:

2) s_n მიწოდება უფრო ნაკლებ გავლენას ახდენს $N_{\text{გვ}}$ -ზე, ვიდრე ფრეზის t სიღრმე. ზოგიერთი მკვლევარის მონაცემების თანახმად t -ს 10-ჯერადი გაზრდა ყველა სხვა თანასწორი პირობების დროს მოითხოვს $N_{\text{გვ}}$ გაზრდას 5 დან 7-მდე, იმ დროს როცა სიმძლავრის ამგვარი გაზრდა ხდება s_n 20-ჯერადი გაზრდის დროს.

3) სიმძლავრის ხარჯი იზრდება ფრეზის D დიამეტრისა და z კბილთა რიცხვის ზრდასთან ერთად ყველა სხვა პირობების ნუდმივობის დროს.

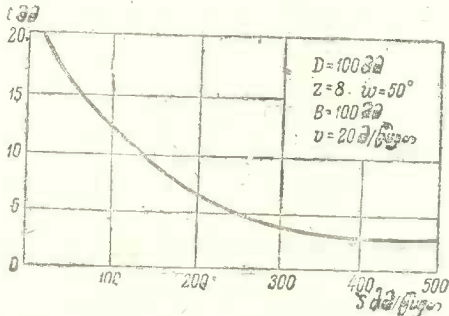
გაპოხვა ფრეზის დროს ამცირებს ფრეზის მიერ მოხმარებულ სიმძლავრეს. 274-ე სურათზე მოცემული მრუდები გვიჩვენებენ, რომ გაპოხვის ეფექტი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მამოხიერებელი ნივთიერებების გვარობაზე. ასე, მაგალითად, გოგირდნარევი მინერალური ზეთი N_{100} ამცირებს 35%-ით, იმ დროს როცა სუფთა მინერალური N_{100} ამცირებს მხოლოდ 20%-ით.



სურ. 274. გაპოხვის ტიპის გავლენა სიმძლავრის ხარჯზე.

მიწოდების ხასიათსაც ფრეზის დროს აგრეთვე არსებითი გავლენა აქვს მოხმარებულ სიმძლავრეზე. ევრეთწოდებულ თანახვედნილ მიწოდების დროს საჭიროა უფრო ნაკლები სიმძლავრე, ვიდრე ჩვეულებრივად მიღებული შეხვედრი ფრეზის დროს.

როგორც ჩვენ აღვნიშნეთ ზემოთ (გვერდი 280), p კგ/მმ² კრის ხვედრითი წნევა იზრდება ა სპირალის კუთხის ზრდასთან ერთად. ცხადია, სპირალობის კუთხე მსგავს გავლენას მოახდენს სიმძლავრის ხარჯზედაც. ამ საკითხის შესახებ სავინისა და კრივოზოვის მიერ ლიტერატურაში გამოთქმული აზრი იმის შესახებ, რომ ა სპირალის კუთხის ზრდას-



სურ. 275. კრის სიღრმისა და მიწოდების ცვალებადობის მრუდი $P_B = 0$ დროს.

თან ერთად მცირდება სიმძლავრის ხარჯი, ანდა, რომ სიმძლავრის ხარჯი არ არის დამოკიდებული ა კუთხეზე, შემცდარია. პირველ შემთხვევაში შეცდომის წყარო იქნა წარმოდგება, რომ საკითხის გადაწყვეტა ხდება სუფთა გეომეტრიულად პროცესის არსის ანალიზის გარეშე, მეორე შემთხვევაში კი—ცდების დაყენების ერთგვარი არასიზუსტით.

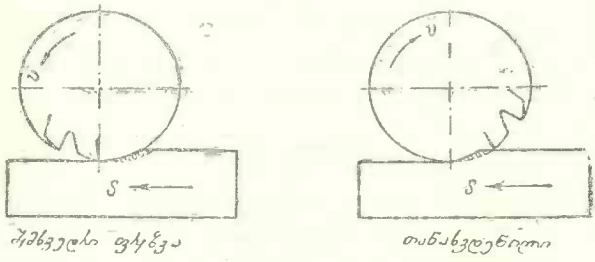
§ 119. ფრუზვის დროს სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა წარმადობაზე და დასაშუშავებელ შემადგენელ სისუფთავზე

ვიბრაციები, რომლებსაც საერთოდ ადგილი აქვთ ხოლმე ჭრის პროცესში, განსაკუთრებით ხშირად იჩენენ თავს ფრეზის პროცესში და იწვევენ იარაღის ნადრეგ დაჩაღუნებას და დასაშუშავებელი ზედაპირის გაფუჭებას. ვიბრაციის წარმოქმნის მთავარი მიზეზები ფრეზის დროს შემდეგია:

- 1) ბურბუშელის კვეთის გადაჭარბებით დიდი მნიშვნელობები, ე. ი. b ფრეზის სიგანისა, s_x მიწოდებისა და განსაკუთრებით t ჭრის სიღრმისა;
- 2) ბურბუშელის ზომის ცვალებადობა მუშაობის პროცესში;
- 3) ფრეზის ცალკეული კბილის მუშაობის უეცარი დაწყება და დამთავრება;
- 4) ფრეზის ცემა მისი ღიაფეტრის ექსცენტრიულობისა და დამჭერის გაღუნვის გამო;
- 5) ჩარხის კონსტრუქციის სისუსტე.

ვიბრაცია იზრდება მნიშვნელოვნად, როცა ვერტიკალური შემადგენელი— P_B ძალა— მიმართულია ზევით და ცდილობს აისწიოს ჩარხის მაგიდა. ამიტომ სასურველია მუშაობა ისეთ პირობებში, რომლის დროსაც P_B მიმართული იქნებოდა ქვევით და დააქვრდა მაგიდას ჩარხის მიმმართველებზე, ანდა ყოველ შემთხვევაში ვერტიკალური ძალის უარყოფითი მიმართულების დროს მისი მნიშვნელობა ყოფილიყო მიახლოებული $P_B = 0$.

275-ე სურათზე კოორდინატთა მართკუთხა სისტემაში გამოსახულია t ჭრის სიღრმისა და s_x მიწოდების კოორდინატების მრუდები, რომლის დროსაც $P_B = 0$. t და s_x შესაბამისი შერჩევით ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ ჩვენთვის საჭირო P_B მიმართულება და ამით გააუმჯობესოთ მუშაობის პირობები. P_B მნიშვნელობა მატულობს B ფრეზის სიგანის ზრდასთან ერთად, რაც განსაკუთრებით ცუდად მოქმედებს სუსტ ჩარხებზე მუშაობის დროს. ამ შემთხვევაში საჭიროა v ჭრის სიჩქარის გაზრდა, ამით მცირდება s_x მიწოდება 1 კბილზე, მაშასადამე, P_B -ც. მაგრამ აქ არის მეორე საშიშროება: v —მაღალი მნიშვნელობების დროს ვიბრაციის სისწორე ფრეზის ცემის გამო შეიძლება დაემთხვეს ჩარხის რხევათა საკუთარ სისწორეს და მაშინ ვიბრაცია მნიშვნელოვნად ძლიერდება.



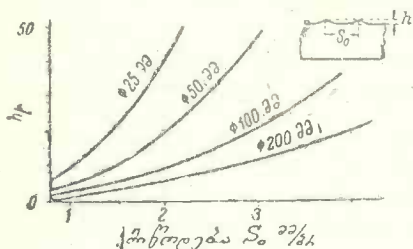
სურ. 276. I—II ნაკეთის მიწოდების მიმართულება ფრეზის დროს.

გამოსავალი—ჩარხის კონსტრუქციისა და მისი მასიურობის გაძლიერებაშია.

გარდა ამისა, ძლიერი ჩარხების წარმადიანობის შემდგომი გაზრდის მიზნით ცდილობენ გამოიყენონ ნაკეთის მიწოდება ფრეზის მიღებული მიმართულების საწინააღმდეგოდ, როგორც ეს გამოსახულია 276 II სურათზე. ჩვეულებრივ მაგიდას ნაკეთიანად მიმართავენ მბრუნავი ფრეზის შემხვედრად (სურ. 276 I). ამ დროს ფრეზის კბილი, იღებს რა ბურბუშელას, გადაადგილდება ქვევიდან ზევით და ცდილობს აწიოს ნაკეთი, და მასთან ერთად მაგიდაც ჩარხის ნალოებიტურთ. უეჭველია, რომ მაგიდის მიმმართველებსა და ნალოებსა, ხრახნებსა და ქანჩებს შორის და ა. შ. ღრეჩობის არსებობის დროს და-

ტვირთვის ცვლადობა ფრეზე გამოიწვევს ვიბრაციებს. გარდა ამისა, ოდნავ დაიწუნებული კბილები, როცა ისინი შეიჭრებიან მასალაში, სრიალებენ, რადგან მათ უძნელდებათ თხელი ბურბუშელის აღება, და ეს სრიალი წარმოადგენს ვიბრაციის დამატებით წყაროს. ეს უქანასკნელი გარემოება იწვევს ჭრის ზედაპირზე ფრეზის მჭრელი წიბოს დაჩლუნგების ხელისშემწყობ ციკვედადობას.

სულ სხვაა შებრუნებული მიწოდების დროს: აქ ფრეზი აწვება ნაკეთს ზვეიდან ქვევით და ერთბაშად, უსრიალოდ, მოხსნის ბურბუშელს უდიდესი სისქის დროს. ახლა ჭრის



სურ. 277. ფრეზის დიამეტრისა და მიწოდების გავლენა დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავეზე.

მთელი რიგი ქარხნების გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ მუშაობის ამგვარი მეთოდი უზრუნველყოფს ფრეზის უფრო მეტ მედეგობას და მუშაობის ეკონომიურობას. მაგრამ იგი დასაშვებია მხოლოდ მასიურ ჩარხებისათვის და დასამუშავებელ ზედაპირზე სალი ქერქის უქონლობის დროს. თუ არ გვაქვსეს პირობები, მაშინ „თანხედნილ მიწოდებას არ მოაქვს სარგებლობა და, მეტიც, შეიძლება შეიქცეს ალმოჩნდეს. ბოლო ხანებში დაიწყო საფრეზო ჩარხების მომარჯვება თანხედნილი მიწოდებით მუშაობისათვის ორსულიანი ხრახნებისა და უკუ ხრახნუთხელიანი ქანჩების გამოყენების გზით, რაც უზრუნველყოფს ულუფტოდ მაგიდის მჭიდრო სვლას სავალ ხრახნებში, რომელიც საჭიროა ფრეზის ახალი მეთოდის დროს.

ფრეზით დამუშავებულ სიბრტყის ხარისხზე გავლენას ახდენს D ფრეზის დიამეტრი, s_0 მიწოდება 1 ბრუნვაზე და მიწოდების მიმართულება. 277-ე სურათის თანახმად, სავარცხლის h სიმაღლე D და s_0 მიხედვით განისაზღვრება ფორმულით:

$$h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{D^2 - s_0^2} \quad (12)$$

აქ დიაგრამაზე ვხედავთ, რომ უფრო გლუვი ზედაპირის მისაღებად ხელსაყრელი დიდი D დიამეტრის მქონე ფრეზით მუშაობა და s_0 მცირე მიწოდებებით სავარცხლის h სიმაღლე (გამოსახული მიკრონებში $\mu = 0,001$ მმ) ამ დროს კლებულობს.

თუ ვისარგებლებთ (12) ფორმულით, მაშინ მუშაობის პირობებით დასაშვებ სავარცხლის h სიმაღლის მიხედვით, შეგვიძლია თეორიულად განვსაზღვროთ s_0 მიწოდების მნიშვნელობა:

$$s_0 = 2\sqrt{h(D-h)} \approx 2\sqrt{h \cdot D} \quad (13)$$

თუ, მაგალითად, $D = 60$ მმ ფრეზით ფრეზის დროს სავარცხლების სიმაღლე არ უნდა აღემატებოდეს $h = 0,04$ მმ სიდიდეს, მაშინ მიწოდება 1 ბრუნვაზე არ უნდა იყოს $s_0 = 2\sqrt{0,04 \cdot 60} \approx 3$ მმ/ბრ მეტი.

მაგრამ, პრაქტიკულად, დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხი დამოკიდებულია არა მხოლოდ D და s_0 -ზე, არამედ ისეთ ფაქტორებზეც, როგორცაა დასამუშავებელი მასალა,

ფრეზის მჭრელი პირების სისუფთავე და სიმახვილე, ღერძის მიმართ მათი მდებარეობის თანაბრობა, დამჭერის ცემა და სხვ.

ზედაპირის სისუფთავე თანხედენილი ფრეზის დროს უკეთესი უნდა იყოს ჩვეულებრივ ფრეზისთან შედარებით, რადგან პირველ შემთხვევაში ნაზრდი არ ჩერდება მჭრელ წიბოებზე და არ აფუჭებს ზედაპირს.

ბლანტ და რბილ ლითონებში ადგილი აქვს მასალის დენადობას; მყიფე მასალები, როგორც მავალითად თუჯი, პირიქით, იძლევიან ტუხად ბურბუშელას და შესაბამისად უფრო გლეჯ ზედაპირს.

არასწორი დაკბილული მჭრელი პირები აუარესებენ დამუშავებულ ზედაპირების ხარისხს. ფრეზის დამჭერის გაღწევა, რომელმაც მსუბუქი ჰრის დროს შეიძლება მიადწიოს 0,1 მმ და მეტსაც, ან სწორკბილა ფრეზებში ფრეზის ძალების პერიოდული მერყეობა ცვლის დასამუშავებელ მასალაში ფრეზის კბილების შედგენის სიღრმეს. ამიტომ ფრეზით მიღებული ზედაპირი არსებითად გამოიყურება სხვანაირად, ვიდრე ეს უნდა ყოფილიყო ფრეზის გეომეტრიული პირობების შესაბამისად.

უწევნ რა ანგარიშს ზემოაღნიშნულ გარემოებებს, ფრეზის დროს მუშაობენ ისეთი მიწოდებით, რომელიც უზრუნველყოფს ფრეზის მუშაობას საკმაო მედეგობით, მკვეთრ ვიბრაციების გარეშე და ზედაპირის შესაბამის სისუფთავეს. მთელი რიგი ქარხნების ცდების მონაცემების საფუძველზე Гипромаш-ი გვიჩვენებს 1 კბილზე მიწოდების გამოსანგარიშებლად შემდეგ ფორმულას:

$$s_z = \frac{C_s \cdot D^2}{1,05 \cdot B^{0,2}} \text{ მმ}, \quad (14)$$

სადაც C_s , s_z დამოკიდებულნი დასამუშავებელ მასალაზე მოცემულნი არიან 75-ე ცხრილში.

მაგალითი. $\sigma_B = 50$ კგ/მმ² მქონე ჩვეულებრივი ნახშირბადიანი ფოლადის ფრეზის შემთხვევაში $D=60$ მმ ფრეზით $f=4$ მმ და $B=50$ მმ დროს შეიძლება ვიშუაოთ მიწოდებით:

$$s_z = \frac{0,011 \cdot 60}{4,05 \cdot 50^{0,2}} = \frac{0,011 \cdot 60}{2 \cdot 2,45} = 0,135 \text{ მმ}.$$

ცხრილი 75

C_s და s_z მნიშვნელობები Гипромаш-ის მიხედვით

დასამუშავებელი მასალა	C_s	s_z	დასამუშავებელი მასალა	C_s	s_z
თუჯი $H_B < 150$ კგ/მმ ²	0,0485	0,8	ქრომიანი ფოლადი		
" $H_B = 150-180$ კგ/მმ ²	0,0325	0,8	$\sigma_B = 50-60$ კგ/მმ ²	0,0110	1,0
" $H_B = 180-120$	5,0225	0,8	ქრომიანი ფოლადი		
თუჯი პედალი			$\sigma_B = 70-80$	0,0090	1,0
$H_B = 100-140$ კგ/მმ ²	0,0154	1,0	ქრომიანი ფოლადი		
თუჯი პედალი			$\sigma_B = 90-100$	0,0082	1,0
$H_B = 140-180$	0,0110	1,0	ქრომონიკელიანი ფოლადი		
თუჯი პედალი			$\sigma_B = 50-60$ კგ/მმ ²	0,0110	1,0
$H_B = 180-200$	0,007	1,0	$\sigma_B = 70-80$	0,0091	1,0
ჩვეულებრივი ნახშირბად. ფოლადი			$\sigma_B = 90-100$	0,0082	1,0
$\sigma_B = 30-40$ კგ/მმ ²	0,013	1,0	ბრინჯაო და თითბერი საშუალო		
ჩვეულებრივი ნახშირბად. ფოლადი			სისალის	0,0130	1,0
$\sigma_B = 50-60$ კგ/მმ ²	0,011	1,0	ალუმინი $H_B = 60-80$ კგ/მმ ²	0,0240	1,0
ჩვეულებრივი ნახშირბად. ფოლადი					
$\sigma_B = 70-80$ კგ/მმ ²	0,0078	1,9			

ტორსული თავებით მუშაობის დროს s_x მიწოდება რამდენიმედ უფრო მაღალია. ასე, მაგალითად, საფრეზო თავებისათვის პოზედიტის ფირფიტებით ზოგჯერ გვირჩევენ მიწოდების გამოანგარიშებას ფორმულით:

$$s_x = \frac{C_s}{t^{1/2}}$$

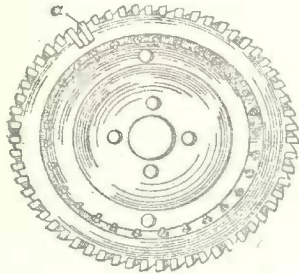
სადაც t —ფრეზის სიღრმე მმ-ში,

C_s —მუდმივაა, რომელიც თუჯისათვის უდრის 0,4, ფოლადის სხმულისათვის 0,32 და ბრინჯაოსათვის 0,45.

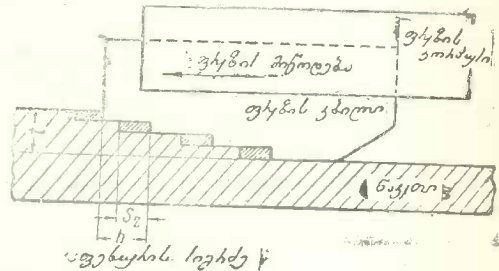
მაგალითად, ფოლადის სხმულის ფრეზის შემთხვევაში $t=4$ მმ დროს გვექნება:

$$s_x = \frac{0,32}{4^{1/2}} = 0,22 \text{ მმ.}$$

ქარხანა ВИС-ში (მოსკოვი) თუჯის სუფთად დამუშავების დროს მნიშვნელოვნად გაზარდეს წარმადობა გამოშვებული მასუფთავებელი კბილებიანი თავების გამოყენებით (სურ. 278), რომლებიც უზრუნველყოფენ დამუშავებული ზედაპირის კარგ ხარისხს.



სურ. 278. სუფთად დამუშავებული ფრეზი, ა—მასუფთავებელი კბილები.



სურ. 279. ტორსული ფრეზი საფეხურიანი კბილებით.

დიდ ინტერესს წარმოადგენს ფრეზის მეთოდი, საფეხურიანი კბილებიანი ტორსული ფრეზით. საფეხურიანი ტორსული კბილები მოსაპრელ ნამატს დაშლიან ვიწრო ფენებად (სურ. 279), რომლებიც შემდეგ აიღება ტორსული მჭრელი პირით; მთელი რიგი მკვლევარების მონაცემების მიხედვით: ეს იძლევა მიწოდების 10-ჯერ უფრო გაზარდის საშუალებას შედარებით ნორმალურ მიწოდებებთან (5 მმ-მდე წუთში), და მასთან მიიღება სუფთად დამუშავებული ზედაპირი.

§ 120. მუშაობის ეკონომიური რეჟიმის განსაზღვრა ჩარხის სიძლიერისა და ფრეზის მდებარეობის გათვალისწინებით

ნაკეთის დამუშავების T დრო გამოიანგარიშება ფორმულით:

$$T = \frac{L \cdot i}{s_M} = \frac{L \cdot i}{s_0 \cdot n} \text{ წუთი,}$$

სადაც L —ფრეზის ანდა ნაკეთის სვლა, ტოლი 1 კმ^2 მმ-ში (სურ. 280),

i —ფრეზის სიგრძეა მმ-ში,

γ და γ_1 — ფრეზის შეჭრა და გადარბენა მმ-ში,

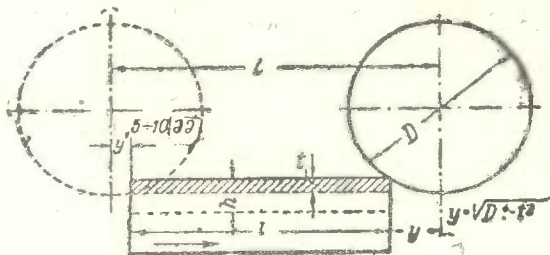
i — გაელათა რიცხვი, ტოლი $\frac{h}{\lambda}$,

h — ნამატი ფრეზვაზე მმ-ში,

i — ფრეზის სიღრმეა.

მაშასადამე, ხელსაყრელია მუშაობა ჩარხისა და ფრეზის მიერ დასაშვები s_m უდიდესი მიწოდებით და t სიღრმით. ამასთან საჭიროა კიდევ ერთხელ აღვნიშნოთ, რომ უდი-

დესი s_m და t დაპირობებული არიან არა მხოლოდ ჩარხის სიმძლავრითა და ფრეზის მედეგობით, არამედ ამ უკანასკნელთა სიმტკიცითაც, და აგრეთვე ვიბრაციის გაზენით. ამ ბოლო ხანებში ჩატარებულ გამოკვლევების თანახმად, გვარჩევენ მუშაობას ჭრის მცირე სიღრმით, დაახლოებით $t=10$ მმ-მდე, და რაც შეიძლება დიდი s_m მიწოდებებით 1 წუთში არა მხოლოდ იმისათვის, რომ სიღრმის გაზრდა მოითხოვს სიმძლავ-



სურ. 280. ფრეზის სვლის სიგრძე.

რის უფრო მეტ ხარჯს, ვიდრე მიწოდების შესაბამისი გაზრდა, არამედ იმიტომაც, რომ ჭრის სიღრმის გაზრდა ხელს უწყობს ვიბრაციების ზრდას და ფრეზის კბილის დაჩლუნვებას. ქვემოთ ჩვენ ვაჩვენებთ მუშაობის რეჟიმის გამოანგარიშების ვარიანტს მხოლოდ ჩარხის სიმძლავრისა და ფრეზის მედეგობის გათვალისწინებით.

მაგალითი. საჭიროა $\sigma_B = 50 \div 60$ კგ/მმ² მქონე ფოლადიდან დამზადებული ნაკეთის სიბრტყის ვაფრეზა, თუ მისი სიგრძე $l = 1000$ მმ, სიგანე $B = 50$ მმ, ფრეზის სიღრმე $t = 10$ მმ და ჩარხზე $N_{ფრ} = 6$ ც. ძ.

პასპორტის თანახმად ჩარხს აქვს მგრეხავი მომენტები 76-ე ცხრილის მიხედვით n ბრ/წუთ, შინდელის ბრუნვათა რიცხვი 77-ე ცხრილის მიხედვით და s_m მაგიდის მიწოდება 78-ე ცხრილის მიხედვით.

ცხრილი 76

M კგმ			
12	14,3	17,2	20,5
24,2	28,6	31,4	41
48,8	57,5	68	82,5
97,5	115	135	159

ცხრილი 77

n ბრ/წუთ			
360	300	250	210
177	150	125	105
88	75	63	52
44	38	32	27

ცხრილი 78

s _m მმ/წუთ			
38	48	60	75
90	120	150	190
240	300	380	480

ფრეზი სწრაფმჭრელი ფოლადისა, დიამეტრით $D = 100$ მმ, კბილთა რიცხვით $z = 12$ და წინა კუთხით $\gamma = 10^\circ$. 72-ე ცხრილის მიხედვით (§ 116) გვაქვს:

$$v = \frac{9,9 \cdot D^{0,8}}{s^{0,88} \cdot s_r^{0,5} \cdot B^{0,22}} = \frac{9,9 \cdot 100^{0,8}}{10^{0,88} \cdot 50^{0,22} \cdot s_r^{0,5}}$$

საიდანაც

$$s_r = \frac{50}{v^2}$$

მაგალითად, $n=27$ ბრ/წუთ დროს

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 27}{1000} = 8,5 \text{ მ/წუთ},$$

$$s_x = \frac{50}{8,5} = \frac{50}{72} = 0,7 \text{ მმ}$$

$$s_M = s_x \cdot z \cdot n = 0,7 \cdot 12 \cdot 27 = 230 \text{ მმ/წუთ}.$$

ამრიგად, მოვახდინოთ ფრეზის მედეგობით დასაშვები s_M მიწოდებათა გამონაგარი-შემა ჩარხის შპინდელის სხვადასხვა ბრუნვათა რიცხვისათვის და შედეგი მოვათავსოთ 79-ე ცხრილში.

ახლა განვსაზღვროთ მიწოდებების მნიშვნელობები, რომლებიც დასაშვებია ჩარხის შესაბამისი მგრეხავი მომენტებით

$$M = 716,2 \frac{N_{\text{მშ}}}{n} \text{ კგმ}$$

და § 117 (11) განტოლების მიხედვით:

$$N_{\text{მშ}} = \frac{C_p \cdot B \cdot D \cdot t \cdot s_M \cdot z^\lambda \cdot n^\lambda}{45 \cdot 10^5} \text{ ც. ძ.},$$

თუ მივიღებთ $\lambda=0,28$, გვექნება:

$$M = 0,00016 \cdot C_p \cdot B \cdot D^{0,14} \cdot t^{0,88} \cdot s_M^{0,72} \cdot z^{0,28} \cdot n^{-0,72}.$$

თუ ჩავსვამთ მნიშვნელობებს: $C_p = 125$ კგ/მმ², $B = 50$ მმ, $D = 100$ მმ, $t = 10$ მმ, $z = 12$, მივიღებთ

$$M = 30 \cdot s_M^{0,72} \cdot n^{-0,72} = 30 \cdot s_0^{0,72}.$$

მაშასადამე:

$$s_0 = \left(\frac{M}{30}\right)^{1,39} \text{ და } s_m = s_0 \cdot n.$$

გამოვიანგარიშოთ ჩარხის მგრეხავი მომენტით დასაშვები s_M და მათი მნიშვნელობები აგრეთვე ჩავწეროთ 79-ე ცხრილში.

იარაღის მედეგობით და ჩარხის M მგრეხავი მომენტით დასაშვები მიწოდებების შედარების დროს, ორიენტაციას ვიღებთ უმცირესზე მათ შორის და ვარჩევთ უახლოეს უმცირეს მიწოდებას, რომელიც აქვს ჩარხს. ჩვენი მაგალითისათვის ყველაზე უფრო ძველ-საყრელი რეჟიმი იქნება:

$$n = 32 \text{ ბრ/წუთ}; v = 10 \text{ მ/წუთ}; s_M = 190 \text{ მმ}.$$

დამუშავების დრო:

$$T = \frac{L}{s_M} = \frac{l+y+y'}{s_M} = \frac{1000+30+30}{190} = 5,6 \text{ წუთ}.$$

მასთან ფრეზი მედეგობის მხრივ გამოყენებულია სავსებით, ჩარხი კი მუშაობს სიმძლავრის მარაგით.

ჩვენ მიერ მიღებული გადაწყვეტა არ ითვალისწინებს ჩარხისა და ფრეზის დამჭერთან ერთად სტაბილობას და, მაშასადამე, არ ითვალისწინებს ვიბრაციების გაჩენას, რო-

ცხრილი 79

n	როცა D=100 მმ		ფრეზის მედეგობის მიხედვით s _მ	M კგმ	ჩარხის მიხედვით		უახლოესი უმცირესი მიწოდება, რომელიც აქვს ჩარხს s _მ
	v მ/წუთ	s _რ			s _მ	s _რ	
27	8,5	0,7	230	159	270	0,85	190
32	10	0,5	190	135	250	0,65	190
38	12	0,35	160	115	240	0,5	150
44	14	0,25	135	97,5	220	0,4	120
52	16,5	0,18	115	82,5	200	0,3	90
63	19,8	0,13	100	68	190	0,25	90

მელთა წარმოშობაც შესაძლებელია დიდი მიწოდებებისა და კრის სიღრმის დროს. ჩვენ შემთხვევაში, (§ 119 11) ფორმულისა და (75) ცხრილის თანახმად დასაშვები მიწოდება იქნება:

$$s_2 = \frac{0,011 \cdot 100}{10^{0,5} \cdot 50^{0,2}} = \frac{1,1}{3,2 \cdot 2,45} = 0,14 \text{ მმ.}$$

მაშასადამე, პრაქტიკულად შესაძლო და ყველაზე უფრო ხელსაყრელ რეჟიმში იქნება შემდეგი:

$$n=63 \text{ ბრ/წუთ, } v=19,8 \text{ მ/წუთ, } s_{\text{მ}}=90 \text{ მმ/წუთ.}$$

დამუშავების დრო:

$$T = \frac{L}{s_{\text{მ}}} = \frac{1000+30+30}{90} = 11,8 \text{ წუთ.}$$

ამ შემთხვევაში ფრეზი თითქმის სავსებითაა გამოყენებული მედეგობის მიხედვით და ჩარხი არასაკმარისად სიმძლავრის მიხედვით.

XXIII. ხმხვის კანონები

§ 121. უმსხვალე

ხეხვა წარმოადგენს დასამუშავებელ ნაკეთვდან, ძალზე თხელი ფენის მოხსნის პროცესს ბუნებრივი ან ხელოვნური წარმოშობის სპეციალური ქვების საშუალებით. ხეხვის კაცობრიობა იცნობდა უსსოვარ დროიდან. სალი ქვებით დასამუშავებელი ზედაპირიდან ძალზე მცირე ბურბუმელის აფხეკა წარმოებდა ხელით მეტად მარტივ ჩარხებზე, და საჭირო იყო მხეხავის დიდი პირადი ოსტატობა, რომ მიეღოთ ნაკეთის საკმაოდ ზუსტი საბოლოო ზომები, და დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი კი ცოტად თუ ბევრად დამაკმაყოფილებელი.

მხოლოდ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში ხეხვამ დიიწყო სწრაფი განვითარება. ასეთ განვითარების საბაზად გახდა სპეციალური სახეხი ჩარხების გამოგონება და მალე წარმადობის მქონე ხელოვნური აბრაზივეული მასალების გამოყენება.

ბოლო ხანებში, ლითონის მრეწველობის სწრაფ განვითარებასთან და სახეხი ჩარხებისა (უტენტრო) და სახეხი მასალების შემდგომ გაუმჯობესებასთან დაკავშირებით, მთელ რიგ მასობრივ წარმოებაში, როგორც, მაგალითად, ავტო-სატრაქტორო და საავიაციო მშენებლობაში, ბურთულა საკისრების წარმოებაში და სხვ., ხეხვა თვალსაჩინო როლს თამაშობს ტექნოლოგიურ პროცესში. ცალკეულ ქარხნების მექანიკურ სააპკრობებში სახეხი ჩარხების ხვედრითი წონა აღის 20%-მდე.

როგორც ვხედავთ, ხეხვის მნიშვნელობა დიდია. ნაწარადღევა მისი გამოყენების უფრო მეტი პერსპექტივები სახეხი ქვების შავად დამუშავების დროს გამოყენების შესაძლებლობასთან დაკავშირებით. შავად დამუშავებად ხეხვის დროს გულისხმობენ ფენის აღებას 0,5 მმ სიღრმეზე და ზევით. ამრიგად, სახარატო, სარაზნადევი, საფრეზო და სხვა საშუალოდ ოპერაციების გამოტოვებით, შეიძლება უშუალოდ წრეების საშუალებით მცირე ნამატის მქონე მთელი რიგი ნაშაადის (ტვიფრისა, წნევის ქვეშ ჩამოსხმის შემდეგ და ხრახნკუთხეილის მოჭრის დროს) დამუშავება.

და მაინც ხეხვის პროცესი არ არის შესწავლილი იმდენად, რამდენადაც ეს ამას მოითხოვს.

წრეების მუშაობის ირგვლივ სუსტი ცოდნის შედეგად, წარმოებას აქვს მნიშვნელოვანი დანაკარგები, მათი წარმადობის არასრული გამოყენების გამო.

ამის მიზეზები იგივეა, რაც გაბურღვისა და ფრეზის დროს—თვითპროცესის სირთულე. ამას ემატება კიდევ სახეხი წრეების მაღალი ღირებულება და მათი სტრუქტურის სუსტი შესწავლა, რაც აძნელებს სერიოზული ექსპერიმენტალური საშუაოების დაყენებას. მაინც, მიუხედავად სიძნელეებისა, ამ ბოლო ხანებში მოხერხდა შეგროვება ერთგვარი დაკვირვებებისა, ცდებისა და თეორიული დასკვნებისა, რომლებიც აადვილებენ ხეხვის საკითხის შემდგომ დამუშავებას და შესაძლებლობას იძლევიან გავერკვიოთ წრის მუშაობის რთულ კანონებში.

§ 122. სახეხი საშუაოების სახეხვო

დასამუშავებელი ნაკეთის ფორმის მიხედვით არჩევენ სახეხი საშუაოების შემდეგ სახეხებს.

1) მრგვალი გარე ხეხვა გარე ცილინდრული ზედაპირის დასამუშავებლად. ამ შემთხვევაში დასამუშავებელი ნაკეთი, რომელიც ჩვეულებრივად ჩაჭერილია ხოლმე ჩარხის ცენტრებში, და წრე ასრულებს შემდეგ მოძრაობებს:

ა) ნაკეთი ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო და ერთდროულად გადაადგილდება წინ ღერძის გასწვრივ (გრძივი მიწოდება), წრე კი ბრუნავს და ერთდროულად ნაკეთის ყოველი სიგრძივი სელის შემდეგ შეიჭრება დასამუშავებელ მასალაში რაღაც t სიღრმით, რომელიც განსაზღვრავს ხეხვის სიღრმეს (სურ. 281); ორივე მოძრაობა—გრძივი და განივი—შეიძლება განხორციელებული იქნას ჩარხზე ხელით და ავტომატურად.

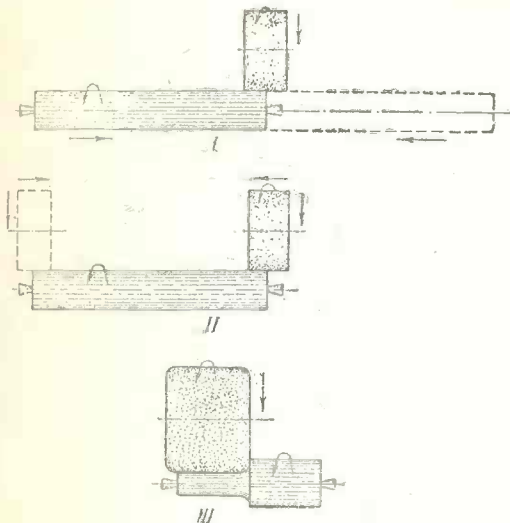
მოძრაობათა ამგვარი კომბინაცია უზრუნველყოფს გასახეხი ზედაპირის უფრო მაღალ ხარისხს, მაგრამ ამისათვის საჭიროა დიდი გაბარითის ჩარხი, რასაც მოსდევს მნიშვნელოვანი სიძნელეები. მსხვილი ნაკეთების დამუშავების დროს ადგილი აქვს შექცევით მოვლენას, როცა:

ბ) ნაკეთი მხოლოდ ბრუნავს, სახეხ წრეს კი აქვს სამი მოძრაობა—ბრუნვით და ორი წინსვლითი (სურ. 281 II);

გ) ნაკეთი ბრუნავს, წრე ბრონავს და ერთდროულად გადაადგილდება განივი მიმართულებით (სურ. 281 III); ამ შემთხვევაში ნაკეთი იხეხება ერთბაშად მთელი სიგრიძით, რაც განსაკუთრებით ხშირად გამოიყენება ხოლმე მოყვანილი სახის გახეხვის დროს.

ჰ კრის სიღრმე, ხეხვის დროს საჭირო სიზუსტის მიხედვით, მერყეობს რამდენიმე მიკრონიდან ($1\mu=0,001$ მმ) მილიმეტრის მეათედ ნაწილამდე. s გრძივი მიწოდება ნაკეთის ერთი შემობრუნების დროს განისაზღვრება წრეების δ სიგანის მიხედვით:

$$s=(0,5 \div 0,8)\delta.$$



სურ. 281. სახეხი წრისა და ნაკეთის მოძრაობათა მიმართულება ვარე ხეხვის დროს.

გარწეზო; თვით ნაკეთი კი ან ბრუნავს ან უძრავი რჩება.

გრძივი მიწოდება სრულდება წრით ანდა ნაკეთით.

3. ბრტყელი ხეხვა სრულდება ჩარხებზე, რომლებიც მუშაობენ: ა) გრძივ სარანდავ და ბ) კარუსელური ჩარხების ხერხით. პირველ შემთხვევაში ჩარხის მაგიდაზე დამაგრებული ნაკეთი ასრულებს მხოლოდ წინსვლით-უკუწვევად მოძრაობას, სახეხი წრე კი ბრუნავს და ერთდროულად გადაადგილდება ნაკეთის განივად მასთან იგი მუშაობს ან ცილინდრული ზედაპირით, სუსტი ნაკეთების შემთხვევაში (სურ. 283 I), ან ტორსული ზედაპირით უფრო მასიური ნაკეთების შემთხვევაში (სურ. 283 II).

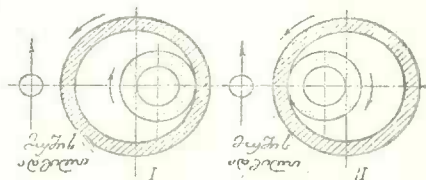
მეორე შემთხვევაში, კარუსელური ჩარხების ხერხით მუშაობის დროს, წრე და ჩარხის მაგიდაზე დამაგრებული ნაკეთი ბრუნავს; მასთან აქ, ისე როგორც წინა შემთხვევაში, ხეხვა წარმოებს ან (ყველაზე უფრო ხშირად) წრის ტორსით (სურ. 283 III) ან ცილინდრული ზედაპირით.

4) მოყვანილი სახის ხეხვა ნაჩვენებია მაგალითის სახით 284-ე სურათზე, სადაც გამოსახულია ქანჩმურლის ხრახნკუთხედილის საბოლოო დამუშავება საპეციალური მოყვანილი სახის წრით. ამჟამად—მსგავსი ოპერაცია პოულობს სულ უფრო მეტ გამოყენებას წარმო-
20. ლითონების კრა

2) მრგვალი შივა ხეხვა. ნაკეთი და წრე ბრუნავენ საწინააღმდეგო მიმართულებებით, მასთან წრის მდგომარეობა ნაკეთისა და სამუშაო ადგილის მიმართ შეიძლება იყოს ორგვარი (სურ. 282 I, II).

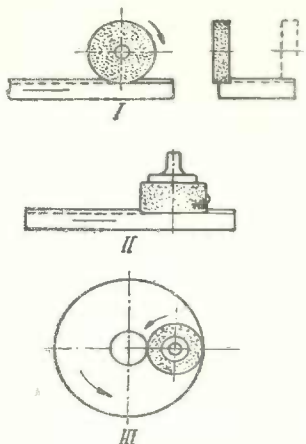
უფრო კარგი მდგომარეობა გამოსახულია 282 I სურათზე: ამ დროს უფრო მოხერხებულია გაზომვა და წრის მუშაობაზე თვალყურის დევნება.

მძიმე ნაკეთების ხეხვის დროს წრე ასრულებს რთულ პლანეტარულ მოძრაობას: ერთდროულად ბრუნავს როგორც თავისი ლუძის ისე ვასახეხი ნახვრეტის ლერძის

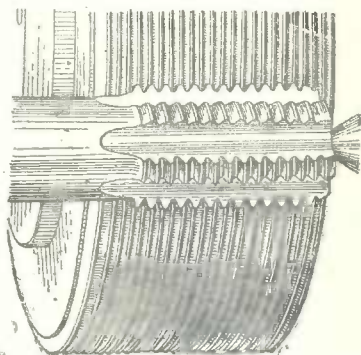


სურ. 282. სახეხი წრისა და ნაკეთის მოძრაობათა მიმართულება შივა ხეხვის დროს.

ებაში; იგი აზუსტებს გახეხილ ნაკეთების პროფილს და ზრდის მის ხანგრძლიობას. გარდა აღნიშნულისა ადგილი აქვთ კიდევ სხვა სახის სამუშაოებსაც, როგორც, მაგალითად, კბილანა ბორბლების, შლიცებიანი ლილვების, კიანხანების, ბურთულა საკისრების და ა. შ. გახეხვას.



სურ. 283. სახეხი წრისა და ნაკეთის მოძრაობათა მიმართულება ბრტყელი ფეხვის დროს.



სურ. 284. ქანხმკრეფლის ხრანკუთხევილის ხეხვა.

§ 128. სახეხი მასალები

მრეწველობაში გამოყენებულ ბუნებრივ სახეხ მასალებიდან ყველაზე უფრო ცნობილი არიან: კორუნდი, ზემფარა, კაეზადი, კვარცი.

კორუნდი შედგება ძირითადად ალუმინის ჟანგისაგან და სისალის მზრივ დაბლა დვას მხოლოდ ალმასზე და ბორზე (9—9,5 მოოსის შკალით). აქვს რა ერთდროულად შედარებით დიდი სიბლანტეც, კორუნდი წარმოადგენს ერთ-ერთ საუკეთესო ბუნებრივ სახეხ მასალას მჭრელი იარაღის ასალესად.

ზემფარა აგრეთვე წარმოადგენს მინერალს ალუმინის ჟანგის შემცველობის სიჭარბით (დაახლოებით 60%) ; სისალით და წარმადობით დვას კორუნდზე დაბლა, შემადგენლობის არაერთგვარობისა და მვენე მინარეგების არსებობის გამო.

კაეზადი გამოიყენება უმთავრესად სახეხი ფურცლების დასამზადებლად ტყეისა და ხისდამამუშავებელ მრეწველობაში.

კვარცი (სილაქვა) წარსულში ფართოდ იყო გამოყენებული მრგვალი სალესების სახით იარაღის ასალესად, და აგრეთვე პატარა ძელაკებ-ერბოქვის სახით ხელით მუშაობისათვის. კვარცის წრეების მცირე წარმადობის გამო მათი მნიშვნელობა ამ ბოლო ხანებში ძლიერ დაეცა.

ხელოვნურ აბრაზივულ მასალებს მიეკუთვნება კორუნდი და კარბორუნდი.

ხელოვნური კორუნდი მზადდება კოქსთან ერთად ალუმინის ჟანგის შემცველ ქანების ელექტროდნობის გზით. მათ რიცხვს ეკუთვნიან ბოქსიტები, რომლებიც შეიცავენ $50 \div 60\%$ მდე თიხამიწას (Al_2O_3), 5—10% კაემიწას (Si_2O_2), 10—20% რკინის ჟანგს და 10—15% ქიმიურად დაკავშირებულ წყალს. დნობის პროცესში მინარეგები გამოიყოფიან, და გამყარების შემდეგ ბლოკების სახით მიიღება კორუნდის სალი მასა ალუმინის ჟანგის დიდი შემცველობით (90—99%). შემდეგში ამ ბლოკებს ამსხვრევენ ნაჭრებად, ასუფთავებენ

ბენ ლითონურ ჩანართებიდან, აფხვიერებენ ძალზე მცირე მარცვლებად, რომლებიც გამოიჩევიან დიდი სისალით და მნიშვნელოვანი სიბლანტით.

ხმარებაში ხელოვნური კორუნდი ცნობილია შემდეგი სახელწოდებებით: კორუნდი, ალუნი. აბრაზიტი, ალოკრიტი, ელექტრიტი, ელექტრორუბინი და სხვ.

კარბორუნდი—ნახშირბადიანი კაუბადი. (SiC)— მიიღება კოქსისა და კვარცის სილის ნარევის შედნობით ელექტროლუმენოვანში განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის ქვეშ ($3000-4000^{\circ}$). კარბორუნდის მარცვლები განირჩევიან ძალზე დიდი სისალით და მკრელი წიბობის სიმახვილით, მაგრამ კორუნდთან შედარებით ნაკლებად ბლანტი არიან, ამიტომ კარბორუნდი გამოიყენება უმთავრესად გაწყვეტისადმი მცირე წინააღმდეგობის მქონე (თუჯი, ბრინჯაო, თითბერი და ა. შ.) ანდა ძალზე სალი მასალების (კარბიდოლოფრა-ზიანი და სხვა სალი შენადნები) დასამუშავებლად. ბაზარზე იგი ცნობილია შემდეგი სახელწოდებებით: კარბორუნდი, ექსტრა-კარბორუნდი (სპეციალური), კარბოლიტი, კარბო-ლონი, კრისტალონი და ა. შ.

ბორის კარბიდი (B_4C)— განსაკუთრებით მაღალი სისალის ქიმიური შენაერთია, რომელიც თავისი სისალით მხოლოდ ალმასს ჩამოუვარდება. მიიღება სპეციალურ ელექტროლუმენოვანში ტექნიკურ ბორის სიმყავისა (B_2O_3) და მცირე ნაცრიან ნავთობის კოქსიდან $2000-2350^{\circ}$ ტემპერატურის დროს.

ბორის კარბიდს ახასიათებს საუკეთესო აბრაზივობა, რაც შესაძლებლობას იძლევა დიდი წარმატებით გამოიყენონ იგი პასტის სახით როგორც საპრიალბებელი საშუალება ძალზე სალი მასალების დამუშავების დროს. იგი ცვლის ალმასის მტვერს და ამავე დროს მასზე ეკონომიურია (1 კგ. დაახლოებით ღირს 40 მანეთი).

§ 124. სახეში ძვები

სახეში ქვა წარმოადგენს თითქოს იგივე ფრესს უსასრულოდ დიდი რიცხვის კბილებით—ძალზე მცირე აბრაზივული მარცვლებით, რომლებიც შეერთებული არიან ერთ-მანეთთან სხედასხევაგავრი დამაკავშირებელი ნივთიერების საშუალებით. წრ-ს ზედაპირზე ამოფეროლი ყოველი მარცვალი, თავისი მახვილი წიბოებით ხსნის ძალზე თხელ, შეუიარაღებელ თვალით ოდნავ შესამჩნევ ბურბუმელას და ცხადია, მით უფრო მცირეს, რაც უფრო მცირეა თვით მარცვალი. მაშასადამე, ზეხვით დამუშავებული მასალის სიგლევის ხარისხი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული წრის ეგრეთ წოდებულ მარცვლოვანობაზე, ე. ი. სახეში ნივთიერების მარცვლების ზომაზე.

ეს მარცვლოვანობა გამოისახება ნომრით, რომელიც იმ საცერის 1 სიგრძე დუმიზე მისული ნახვრეტების რიცხვის მაჩვენებელია, რომლითაც ხდებოდა მარცვლების გაცრა, და განისაზღვრება ფორმულით:

$$N = \frac{25,4}{a+b}$$

სადაც a —საცერის ხვრეტის სიგანა,

b —საცერის ძიფის რიცხვია.

ზოგიერთი სტანდარტებით (OCT-თან ძალზე დაახლოებულ) აბრაზივები ნაწილდებიან ნომრების მიხედვით შემდეგნაირად:

- 1) ძალზე მსხვილმარცვლოვანი . . № 8, 10
- 2) მსხვილმარცვლოვანი № 12, 16, 20, 24,
- 3) საშუალომარცვლოვანი № 30, 36, 46, 60,
- 4) წვრილმარცვლოვანი № 70, 80, 100, 120,

- 5) წმინდამარცვლოვანი № 150, 180, 200, 240,
 6) წუთიერები № 280, 320, 400, 500, 600.

წუთიერები განისაზღვრებიან იმ წუთების რიცხვით, რომლის განმავლობაშიაც აბრაზიფული მტვერი, ამღვრეული წყალში ან ზეთში, დაილეკება ფსკერზე; მაგალითად: ხუთწუთიერები, ათწუთიერები და ა. შ.

№ 10-ის მარცვლის საშუალო სიდიდე მერყეობს 1,68—2 მმ ზღვრებში და № 120-ის — 0,083—0,126 მმ ზღვრებში.

შემაკავშირებელი ნივთიერების გვარობის მიხედვით წრეები დაიყოფიან სამ ძირითად ჯგუფად:

- 1) კერამიკული,
- 2) მცენარეული ან დრეკადი,
- 3) მინერალური ან სილიკატური.

კერამიკული შემაკავშირებელი ძირითადად შედგება ცეკხლგამძლე თიხისაგან, კაოლინისაგან ($SiO_2 = 46\%$, $Al_2O_3 = 39,5\%$, $H_2O = 14\%$); მინდერის შპატისაგან და თალკისაგან წრეები კერამიკული შემაკავშირებელით მზადდებიან უმთავრესად დაწნეხვით და ჩამოსხმით.

აქ შესაბამის პროპორციებში აღებული შემაკავშირებელი ნივთიერება და სახეხი მარცვლები, გულდამით აირევიან ერთმანეთთან და შემდეგ იწინებებიან სპეციალურ ყალიბებში 50—300 კგ/სმ² წნევის ქვეშ. 2—3 დღის განმავლობაში 100—120° ტემპერატურის ქვეშ გამოშრობის შემდეგ წრეები იგზავნება გამოსაწვავად და შემდგომ გასაჩარხად და გამოსაცდელად. უნდა აღინიშნოს, რომ სახეხი წრის სისადე განისაზღვრება როგორც არჩეული შემაკავშირებლის გვარობით, ისე წრის დამზადების მთელი შემდგომი რეჟიმით, კერძოდ—შემაკავშირებლისა და მარცვლების რაოდენობის შეფარდებით, წნევით დაწნეხვის დროს, ტემპერატურით და გამოწვის ხანგრძლიობით.

ამჟამად, სახეხი წრეების დახასიათების რეკლამენტაციის მიზნით, ახდენენ მათი სტრუქტურის რეგულირებას, ე. ი. ამზადებენ ეგრეთ წოდებულ სტრუქტურულ წრეებს მარცვლების, შემაკავშირებლის და სხვ. განსაზღვრული მოცულობის შემცველობით. ერთი და იგივე მარცვლოვნობის დროს წრე იქნება მით უფრო სალი, რაც უფრო მეტია შემაკავშირებლის შეფარდებითი მოცულობა და ნაკლებია ფორიანობა. ცხადია, წრის ფორიანობა მცირდება წნევის გაზრდით მისი დაწნეხვის დროს.

ზოგიერთი სისტემის მიხედვით არის 13 სტრუქტურა (ყველაზე უფრო მკვირვნილოვანიდან ყველაზე უფრო ფორიანამდე—12 მდე).

გასაგებია, რომ სარეგულირებელი სტრუქტურიანი წრეების მიღება შეიძლება მხოლოდ წრეების დაწნეხვის დროს, როცა არის წნევის შესაძლებლობა დაწნეხვის დროს. ეს წრეები არ შეიძლება მიღებულ იქნან ჩამოსხმით.

ჩამოსხმის ხერხით წრეების დამზადების დროს, მარცვლებსა და შემაკავშირებელს აურევინ წყლის დიდ რაოდენობასთან. ძხვედილი მასა ჩაისხმება თაბაშირის ფორმებში და შემდგომ განიციდის გამოშრობას, გამოწვას და შემდეგ კი გაჩარხვას და გამოცდას.

დაწნეხილი წრეები უფრო მტკიცენი არიან, ვიდრე ჩამოსხმულნი, მაგრამ ჩამოყვარდებიან ამ უქანასკნელთ თავისი ჭრის თვისებებით, რადგან მიდრეკილება აქვთ „გაქონვისაკენ“ (დახშობისაკენ).

კერამიკული წრეები არიან ყველაზე უფრო წარმადიანი და იაფი.

წრეებს მცენარეული შემაკავშირებელით დამაკემენტებელ ნივთიერებად აქვთ კაუჩუკი (რუხინი), ბაკელიტი, შელაქი, დამკავებული ზეთები. ასეთი წრეები არ გამოიწვიებიან, რადგან გამოშრობის ანდა ვულოკანიზაციის გზით იძენენ საკმარის სიმტკიცეს.

შემაკავშირებლის ტიპის მიხედვით ისინი დაიყოფიან შემდეგნაირად:

1) შელაქური, განირჩევა ელასტიურობით, სიმტკიცით: ისინი ინარჩუნებენ სიმტკიცეს წრის ძალზე მცირე სისქის დროს და ამიტომ კარგად მუშაობენ სპეციალურ ოპერაციებზე;

2) ოლეონიტური, ზეთიანი შემავსებელით—უფრო იაფი, მაგრამ ნაკლებად მტკიცე და ელასტიური;

3) ბაკელიტური, რომლებიც ელასტიურობის მხრივ სჯობნიან ოლეონიტურს;

4) ვულკანიტური, რეზინის შემავსებელით, რომლებიც სიმტკიცის მხრივ სპარბობენ ყველა სხვა წრეს, მაგრამ მუშაობაში სწრაფად ქონიანდებიან, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მათ წარმადობას; ისინი გამოიყენებიან გასაქრელ სამუშაოებისათვის და ხერხების სააღესად.

წრეები მინერალური შემავსებლებით როგორც ცემენტს შეიცავენ: თიხას, სილიკატებს, კაუბადის მტვერს და მზადდებიან ჩამოსხმის ხერხით. ამ წრეებს აქვთ ძლიერი ფორიანობა, მაგრამ გადაძებული სირბილე, რაც მათ გამოსადევს ხდის ბრტყელი ხევისათვის.

წრე, რომლის მედეგობაც ძირითადად განისაზღვრება სახეხი მარცვლებისა და შემავსებლის სიმტკიცით, შერჩეული უნდა იქნას დასამუშავებელი მასალის შესაბამისად. რაც უფრო სალია უკანასკნელი, მით უფრო სწრაფად დაჩლუნგდება, და შემდეგ კი დაიმსხვრევა სახეხი მარცვალი და, მაშასადამე, მით უფრო რბილი უნდა იქნას შემავსებელი, რათა დარჩენილი დაჩლუნგებული წიბოები გამოფხვიერდნენ და დაუთმონ ადგილი ახალ მახვილ წიბოიან მარცვლებს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი ექნება წრის ძლიერ ხახუნს გასახეხ ზედაპირთან, და შედეგად გადახურების გამო შესაძლოა წრეთილი ნაკეთის მოშვება ანდა მისი დეფორმაცია.

ცხრილი 80

შემავსებლის დახასიათება სისალის მიხედვით	აღნიშვნა O T-ის მიხედვით
განსაკუთრებით რბილი	PM
ძალზე რბილი	BM ₁ , BM ₂
რბილი	M ₁ , M ₂ , M ₃
საშუალო სირბილის	CM ₁ , CM ₂
საშუალო	C ₁ , C ₂
საშუალო სისალის	CT ₁ , CT ₂ , CT ₃
სალი	T ₁ , T ₂
ძალზე სალი	BT ₁ , BT ₂
განსაკუთრებით სალი	PT ₁ , PT ₂

წრის „თვითაღესის“ ეს თვისება გათვალისწინებული უნდა იქნას სახეხი წრის სწორად არჩევისათვის სხვადასხვა მასალების დამუშავების დროს. სალ ნაკეთებს—რბილი წრე; ეს თითქოს პარადოქსალური მდგომარეობა წარმოადგენს კეშმარტებას წრის არჩევის დროს.

მართალია, ამ დროს საჭიროა აგრეთვე მხედველობაში იქნას მიღებული წრის გაქონვის პირობებიც, როცა ბურბუშელა ამოავსებს ხოლმე წრის ფორებს და უკანასკნელი ჰკარგავს თავის კრის თვისებებს. ეს გარემოება გვაძიულებს გამოვიყენოთ რბილი წრე ბლანტი ბურბუშელის მომცემ (სპილენძი, ალუმინი და სხვ.) ძალზე რბილი მასალების დამუშავების დროსაც.

ОСТ-ის თანახმად შემოღებულია, მძ ცხრილში აღნიშნული, სახეხი წრეების კლასიფიკაცია მათი სისალის მიხედვით.

სამწუხაროდ დღემდე ჯერ კიდევ არ არის გამომუშავებული რაიმე ზომის ერთეულებში წრის სისალის შეჯამების ობიექტური მეთოდები. ხშირად მასზე მსჯელობენ სუბიექტური შთაბეჭდილების მიხედვით, რომელსაც ღებულობენ ხოლმე წრეში ხელით რაიმე მახვილი საგნის ჩაჭკლეთით. მართალია, ამ მიზნისათვის შემოთავაზებული იყო მთელი რიგი სპეციალური ხელსაწყოები, მაგრამ არ მოხერხდა პრაქტიკაში მათი დანერგვან ჩვენების არასიზუსტის გამო ანდა მათი გამოყენების მოუხერხებლობით.

წრის გაცვეთის ხარისხი აგრეთვე ახასიათებს მის სისალეს. ამ შემთხვევაში სისალე შეიძლება გაზომილ იქნას ნაკეთიდან აღებული ბურბუშელის კუბიკური სანტიმეტრების რიცხვით, რომელიც მოდის სახეხი წრიდან ხეხვის დროს მოშორებულ 1 სმ³ მასალაზე თავისთავად ცხადია, რომ ამგვარი გამოცდის დროს მუდმივი უნდა იყვნენ წრის გაცვეთაზე მოქმედი ფაქტორები, ე. ი. სახეხი მასალა, x ხეხვის სიღრმე, z მიწოდება და ა. შ

§ 125. ბურბუშელის ზომა ხეხვის დროს

სახეხი წრის მოქმედება შეიძლება მივამსგავსოთ უსასრულოდ დიდი რიცხვიანი კბილების მქონე ფრეზის მოქმედებას, რომელიც მუშაობს უმციოესი ჭრის სიღრმით და მიწოდებით 1 კბილზე. მუშაობის ასეთი რეჟიმის დროს ბურბუშელა, წრის მარცვლების გამოფხვიერებულ ნაწილაკებთან ერთად, შორდება ნაკეთს ძალზე თხელი მტვერისაგან შეცხოზილ მცირე გუნდების სახით და მხოლოდ ტლანქი ხეხვით დამუშავების დროს, დიდი მიწოდებებით და წრის მსხვილი, მახვილი მარცვლებით, შეიძლება მივიღოთ ნამდვილი ბურბუშელა, ძალზე მცირე თავისი ზოგებით, მაგრამ სახარატო და სხვა ბურბუშელისათვის დაზახსიათებელი ყველა ელემენტის მქონე. მაშინ ბლანტი მასალის დროს იგი მიიღება ძალზე მცირე მთლიანი პატარა ლენტების სახით (განუწყვეტელი), და მყიფე ლითონის ხეხვით დამუშავების შემთხვევაში კი უმციოესი მტვერის, მოხეთქვის ნაწილაკების სახით. სახარატო პროცესისაგან განსხვავებით, აქ მუშაობის ერთ და იგივე პირობებში შეიძლება მივიღოთ ძვრის, განუწყვეტელი და მოხეთქვის ბურბუშელა, რადგან წრის მარცვლებს თავისი მრავალსახოვანი ფორმის გამო, არა აქვთ განსაზღვრული ჭრის კუთხეები. ამიტომ ჩვეულებრივ მიიღება ერთდროულად ბურბუშელაც და შეცხოზილი მტვერიც.

გაცივებლად ხეხვით დამუშავების დროს ანდა არასაკმარისი გაცივების შემთხვევაში ბურბუშელა აღარ გვრჩება; იგი „იწვის“ (ნაპერწყლების კავშირა კონა), რადგან ხეხვით დამუშავების პროცესში განსაკუთრებით დიდი ჭრის სიჩქარეების გამო ვითარდება ძალზე მაღალი ტემპერატურა (1500°-მდე და ზევით). ამ გარემოებით აიხსნება სწორედ შეცხოზილი პატარა გუნდების წარმოშობა. უხვი გაცივება ამ შემთხვევაში ხელს უწყობს ბურბუშელის მოცილებას და ამით უკეთესად დამუშავებული ზედაპირის მიღებას.

წრით მოხსნილი ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობის გამოანგარიშების დროს არ შეიძლება ვისარგებლოთ ჩვეულებრივი ფორმულით:

$$f = t \cdot s \cdot m^2.$$

ეს ფორმულა განსაზღვრავს ლითონის ასაღები ფენის კვეთის ფართობს ნაკეთის 1 შემობრუნების დროს და არ ახასიათებს წრის დატვირთვის ხარისხს, რადგან უკანასკნელი ასწრებს რამდენჯერმე შემობრუნებას ნაკეთის 1 შემობრუნების დროს და ყოველთვის იღებს „მყისა კვეთის“ ბურბუშელას.

ამ კვეთის ფართობი შეიძლება გამოვიანგარიშოთ, თუ საწყისად ავიღებთ დროის ერთეულში მოხსნილი ბურბუშელის მოცულობას ჩვენთვის ცნობილი ფორმულით:

$$Q = f \cdot v \cdot s \text{ სმ}^3, \quad (1)$$

სადაც f — ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობია კვადრატულ მილიმეტრებში,
 v — წრის სიჩქარეა მჭრელი წიბოს გზა დროის ერთეულში მეტრ წუთებში. აქედან:

$$f = \frac{Q}{v} \text{ მმ}^2 \quad (2)$$

გამოვიყენოთ (2) გამოსახულება ხეხვით დამუშავების შემთხვევისათვის. დავუშვათ, რომ D_6 დიამეტრის მქონე დასამუშავებელი ნაკეთი ბრუნავს n_6 ბ/წუთ კუთხური სიჩქარით და D_{Φ} დიამეტრის მქონე სახეხი წრე — n_{Φ} ბრ/წუთ კუთხური სიჩქარით. საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ სახეხი წრე ყოველთვის მნიშვნელოვნად უფრო სწრაფად ბრუნავს (100-ჯერ უფრო მეტად), ვიდრე ნაკეთი, და ამიტომ მისი წრიული სიჩქარე გამოისახება ჩვეულებრივად მეტრ წაშებში. ამ შემთხვევაში გვექნება:

$$v_6 = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n_6}{1000} \text{ მ/წუთ}, \quad (3)$$

$$v_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D_{\Phi} \cdot n_{\Phi}}{60 \cdot 1000} \text{ მ/წამ}. \quad (4)$$

თუ ხეხვის სიღრმეს აღვნიშნავთ t მმ-ით და განვიმსწოდებთ ნაკეთის 1 ბრუნვაზე s მმ-ით, მაშინ აღებული ლითონის მოცულობა ნაკეთის 1 ბრუნვის დროს იქნება:

$$Q = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot t \cdot s}{1000} \text{ სმ}^3, \quad (5)$$

სახეხი წრის გზა დასამუშავებელი ნაკეთის ზედაპირის მიმართ l წუთში:

$$L = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n_6}{1000} \text{ მ/წუთ} \quad (6)$$

ამასთან ჩვენ მხედველობაში არ ვღებულობთ იმ გარემოებას, რომ ხეხვით დამუშავების დროს ერთდროულად ბრუნავს ნაკეთიც წრის შემხვედრად, რადგან ნაკეთის სიჩქარეს წრის სიჩქარესთან შედარებით ვთვლით მცირე სიდიდედ).

წრის l სიგრძე, ნაკეთის 1 შემობრუნებისათვის, n_6 -ჯერ ნაკლებია, ე. ი.:

$$l = \frac{L}{n_6} = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n_{\Phi}}{1000 \cdot n_6}$$

ახლა, თუ ბურბუშელის Q მოცულობას, მოხსნილს 1 ბრუნვის განმავლობაში, გავყოფთ წრის l გზაზე აგრეთვე ნაკეთის 1 ბრუნვის განმავლობაში, ჩვენ მივიღებთ ბურბუშელის მყისა კვეთის ფართობს.

$$f = \frac{Q}{l} = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot t \cdot s \cdot n_6 \cdot 1000}{1000 \cdot \pi \cdot D_{\Phi} \cdot n_{\Phi}} \quad (7)$$

რადგან (3) და (4) განტოლებების თანახმად:

$$\pi \cdot D_6 \cdot n_6 = 1000 \cdot v_6,$$

$$\pi \cdot D_{\Phi} \cdot n_{\Phi} = 1000 \cdot 60 \cdot v_{\Phi},$$

ამიტომ, თუ ამ მნიშვნელობებს ჩავსვამთ (7) ფორმულაში, მივიღებთ:

$$f = \frac{v_5 \cdot t \cdot s}{v_{\varphi} \cdot 60} \text{ მმ}^2. \quad (8)$$

როგორც ვხედავთ, ბურბუშელის მყისა კვების ზომა, მაშასადავე, წრის დატვირთვაც, იზრდება v_5 ნაკეთის სიჩქარისა, t სიღრმისა, s მიწოდების ზრდასთან და v_{φ} წრის სიჩქარის შემცირებასთან ერთად, და პირიქით. ეს შესაბამისად გავლენას ახდენს წრის მედეგობაზედაც, ე. ი. მის გაცვეთისადმი წინააღმდეგობაზე, რაზედაც კვემით იქნება თქმული.

§ 126. ჭრის ძალა და სიძვლავრის ხარჯი ხმხვით დამუშავების დროს

რაგინდ მცირე არ უნდა იყოს ბურბუშელის ზომა ხეხვით დამუშავების დროს, მაინც ადგილი აქვს შესამჩნევ, თუმცა მცირე სიღრმის, ჭრის ძალას. ეს ძალა, სახარატო საქრისის ანალოგიურად, შეიძლება დავშალოთ სამ შემადგენლად:

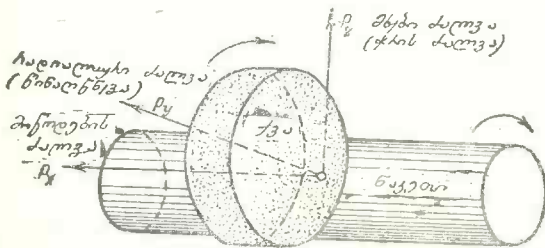
- 1) P_x ტანგენციალურ ძალად სახეხი წრის წრეხაზის მხების მიმართულებით,
- 2) F_y რადიალურ ძალად სახეხი წრის რადიუსის მიმართულებით,
- 3) P_z ღერძულ ძალად (ანუ მიწოდების ძალად) სახეხი წრის ღერძის მიმართულებით.

285-ე სურათზე ნაჩვენებია ყველა სამივე ძალის მდებარეობა. მთავარი ძალაა—ტანგენციალური— P_x ; მით განისაზღვრება დახარჯული სიმძლავრე ხეხვით დამუშავების დროს. ძნელი არ არის P_x მნიშვნელობის გამოანგარიშება ფორმულით:

$$P_x = p \cdot f \text{ კვ}, \quad (9)$$

თუ ცნობილი იქნა p ჭრის ხედრითი წნევა სხვადასხვა მასალის ხეხვით დამუშავების დროს. თუ ჩავსვამთ f მნიშვნელობას (8) განტოლებაში, მივიღებთ:

$$P_x = \frac{p \cdot v_5 \cdot t \cdot s}{v_{\varphi} \cdot 60} \text{ კვ}, \quad (10)$$



სურ. 285. ჭრის ძალების შემადგენლები ხეხვით დამუშავების დროს.

საიდანაც ნათელია ჭრის ძალზე ცალკეული ფაქტორების გავლენა და როლი ხეხვით დამუშავების დროს.

აქ p —ცვალებადი სიღრმე და თავის მხრივ დამოკიდებულია ჭრის სხვადასხვა ძალაზე.

Гипотезი იძლევა ფორმულას ხეხვით დამუშავების დროს p ჭრის ხედრითი წნევის დამოკიდებულებას ხეხვის t სიღრმეზე და s მიწოდებაზე: $s_0 = 50$ კვ/მმ² საშუალო სისალის ფოლადისათვის:

$$p = \frac{1500}{r^{0,47} \cdot s^{0,47}} \text{ კვ/მმ}^2;$$

საშუალო სისალის თუჯისათვის:

$$p = \frac{1260}{r^{0,87} \cdot s^{0,87}} \text{ კვ/მმ}^2.$$

თუ p მნიშვნელობას ჩავსევამთ (10) ფორმულაში, მივაღებთ ჰრის ტანგენციალურ ძალის გამოსახულებას ფოლადისათვის:

$$P_z = 25 \cdot \frac{v_6}{v_{\text{წ}}} \cdot t^{0,53} \cdot s^{0,53} \text{ კგ} \quad (11)$$

და თუჯისათვის:

$$P_z = 21 \cdot \frac{v_6}{v_{\text{წ}}} \cdot t^{0,33} \cdot s^{0,33} \text{ კგ} \quad (12)$$

მაგალითი. საშუალო სისალის ფოლადის ხეხვით დამუშავების დროს $v_6 = 10$ მ/წუთ, $v_{\text{წ}} = 25$ მ/წამ, $t = 0,1$ მმ, $s = 20$ მმ/ბრ. ტანგენციალური ძალა:

$$P_z = 25 \cdot \frac{10}{2,5} \cdot 0,1^{0,53} \cdot 20^{0,53} = 14,7 \text{ კგ}.$$

აქ მოყვანილი ციფრები საჭიროებენ შემოწმებას და შეიძლება მიღებულ იქნან როგორც საორიენტაციო, როგორც ჰრის ძალებზე წარმოდგენის მომცემნი ხეხვით დაუშავების დროს.

ამასთან საჭიროა აღვნიშნოთ, რომ P_H რადიალური ძალები სიდიდით აღეშატებიან P_z ტანგენციალურ ძალებს და საშუალოდ მერყეობენ ზღვრებში:

$$P_H = (1, 5 \div 2, 5) P_z$$

ხეხვით დამუშავების გვარობის მიხედვით: ტლანქი ხეხვით დამუშავების დროს P_H შედარებით იზრდება და ამით ხელს უწყობს ნაკეთის ვიბრაციას. წარმოდგენას P_z და P_H ძალების მიერ წრისა და ნაკეთის დატვირთვის შესახებ $D_6 = 70$ მმ დიამეტრის ფოლადის ლილვის ($\sigma_6 = 50$ კგ/მმ²) ხეხვით დამუშავების დროს იძლევა 81-ე ცხრილის ციფრები.

ცხრილი 81

t მმ	s მმ/ბრ	P _z	P _H	ტოლქმედი
				კგ
0,01	25	4,18	3,34	5,40
0,02	25	6,27	5,57	8,40
0,03	25	8,36	10,30	13,30
0,04	25	9,75	11,14	15,10
0,05	25	9,75	17,30	19,80
0,06	25	11,14	23,70	26,60
0,07	25	12,50	31,20	33,50

ძნელი არ არის ხეხვით დამუშავებაზე დახარჯული სიმძლავრის გამოანგარიშება, თუ ცნობილია P_z , $v_{\text{წ}}$, v_6 , t და s . ასე, მაგალითად, წრის ბრუნვისათვის საჭიროა:

$$N_{\text{წ}} = \frac{P_z \cdot v_{\text{წ}}}{75} \text{ ც. ძ.},$$

და ნაკეთის ბრუნვისათვის:

$$N_6 = \frac{P_z \cdot v_6}{75 \cdot 60} \text{ ც. ძ.}$$

$z=0,1$ მმ და $s=20$ მმ/ბრ-ის $\sigma_3 = 50$ კგ/მმ² მქონე ფოლადის ხეხვით დამუშავების დროს $v_{\text{ფ}} = 25$ მ/წამ და $v_6 = 10$ მ/წუთ სიჩქარით, გვექნება:

$$N_7 = \frac{14,7 \cdot 25}{75} = 4,9 \text{ ც. დ.},$$

$$N_6 = \frac{14,7 \cdot 10}{75 \cdot 10} = 0,03 \text{ ც. დ.}$$

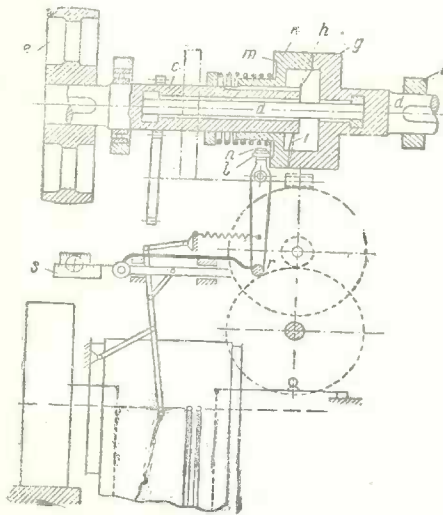
ჩარხზე საჭირო სიმძლავრე¹ იქნება:

$$N_8 = \frac{4,9}{\eta} = \frac{4,9}{0,75} = 6,40 \text{ ც. დ.}$$

როგორც ვხედავთ, მიუხედავად მცირე ძალებისა, ხეხვით დამუშავების დროს, მანქანარჯება მნიშვნელოვანი სიმძლავრე სახეხი ქვის დიდი სიჩქარეებით ბრუნვის გამო. სიმძლავრის ხარჯი ნაკეთის ბრუნვაზე არ იღება მხედველობაში, მისი ძალზე მცირე სიდიდის გამო.

§ 127. ჭრის ძალების გაზომვა ხეხვით დამუშავების დროს

286-ე სურათზე ნაჩვენებია დინამომეტრის სქემა ხეხვით დამუშავების დროს ჭრის ძალების გასასომად. აქ: e —ამძრავი ბორბალი, c —ღრუ ღერძაკი, რომლის ერთ ბოლოზე დამაგრებულია ბორბალი, a —ღერძაკია. ერთი ბოლოთი დამაგრებული c ღერძაკში, მეორე ბოლოთი კი ხეხვით დასამუშავებელ u ნაკეთთან შეერთებულ g ქუროს მარჯვენა ნაწილში; k —ქუროს მარცხენა ნაწილი დამაგრებულია e ღერძაკზე. ქუროს ორივე k და g ნაწილი შეხებაში არიან ხრახნული ზედაპირით.



სურ. 286. დინამომეტრის სქემა სახეხი ჩარხისათვის.

ხეხვის პროცესში მგრეხავი მომენტი m ნაკეთზე ახდენს a ღერძაკის დეფორმაციას, და ამ დროს ქუროს ერთი ნახევარი გადაადგილდება მეორეს მიმართ. ქუროს k მარცხენა ნახევარი, ხრახნული გვერდული ზედაპირების გამო, გადახრება გვერდზე ღერძის გასწვრივ და m ტორსით დააწვება n ბერკეტის l გორგოლაჟს. უკანასკნელი სხვა ბერკეტებს სისტემის საშუალებით გადასცემს ამ მოძრაობას გაზრდილ მასშტაბში t დამწერ კალამს, რომელიც დაწერს $M_{\text{მ}}$ ცვალებადობის მრუდეს მბრუნავ დოლზე დახვეულ ქაღალდზე. გარდა ამისა, $M_{\text{მ}}$ მნიშვნელობის წაკითხვა შეიძლება უშუალოდ s შკალაზე.

ხეხვის პროცესში მგრეხავი მომენტი m ნაკეთზე ახდენს a ღერძაკის დეფორმაციას, და ამ დროს ქუროს ერთი ნახევარი გადაადგილდება მეორეს მიმართ. ქუროს k მარცხენა ნახევარი, ხრახნული გვერდული ზედაპირების გამო, გადახრება გვერდზე ღერძის გასწვრივ და m ტორსით დააწვება n ბერკეტის l გორგოლაჟს. უკანასკნელი სხვა ბერკეტებს სისტემის საშუალებით გადასცემს ამ მოძრაობას გაზრდილ მასშტაბში t დამწერ კალამს, რომელიც დაწერს $M_{\text{მ}}$ ცვალებადობის მრუდეს მბრუნავ დოლზე დახვეულ ქაღალდზე. გარდა ამისა, $M_{\text{მ}}$ მნიშვნელობის წაკითხვა შეიძლება უშუალოდ s შკალაზე.

§ 128. ჭრისა და ნაკეთის ბრუნვის სიჩქარე ხეხვით დამუშავების დროს

აქ მხედველობაში გვაქვს არა მხოლოდ წრისა და ნაკეთის ბრუნვის სიჩქარის აბსოლუტური სიდიდეები, არაჲედ განსახლერული ფაქტორების დროს მათი სწორი შეფარდებაც, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ხეხვის პროცესისათვის. $v_{\text{ფ}}$ და v_6 როლი თვალსა-

¹ N_8 სიმცირის გამო აღრიცხავენ η მარგი ქმედების კოეფიციენტი.

ა წერტილი AO და AO_1 სწორი ხაზებით წრისა და ნაკეთის შესაბამის ცენტრებთან. β შინ ჩვენ მივიღებთ α და β კონტაქტის კუთხეებს, მასთან:

$$\angle BAB_1 = \alpha + \beta.$$

ახლა შეიძლება დაახლოებით ჩავთვალოთ, რომ

$$BB_1 = AB \cdot \sin(\alpha + \beta),$$

ანუ

$$a = \frac{v_5 \cdot T}{60} \sin(\alpha + \beta),$$

საიდანაც (13) განტოლებაში a მნიშვნელობის ჩასმის შემდეგ მივიღებთ:

$$a_1 = \frac{v_5 \cdot T}{60 \cdot l \cdot m} \sin(\alpha + \beta), \quad (14)$$

რადგანაც $l = v_{\varphi} T$, ამიტომ საბოლოოდ გვაქვს:

$$a_1 = \frac{v_5}{60 \cdot v_{\varphi} \cdot m} \cdot \sin(\alpha + \beta), \quad (15)$$

(15) განტოლების საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს მთელი რიგი მნიშვნელოვანი დასკვნები. ასე, მაგალითად, სუფთად გახეხილი ზედაპირის მისაღებად საჭიროა წრის ყოველი მარცვლის მიერ აღებული ბურბუშელის სისქის შემცირება, რაც (15) განტოლების თანახმად მისაღწევია შემდეგი გზით:

- ა) ხეხვის სიღრმის შემცირებით (ამ დროს α და β მცირდება),
- ბ) ნაკეთის v_5 ბრუნვის სიჩქარის შემცირებით,
- გ) წრის v_{φ} ბრუნვის სიჩქარის გაზრდით,
- დ) წვრილმარცვლოვანი წრის გამოყენებით (m დიდი რიცხვი).

ამის შესაბამისად ზოგიერთი ქარხნის და ფირმის მონაცემების მიხედვით აიღება ფოლადისა და თუჯის ტლანქ და სუფთად ხეხვის დამუშავების დროს:

	შავად დამუშავების დროს	სუფთად დამუშავების დროს	გაპრიალების დროს
წრის სიჩქარე	25—35 მ/წამ	40—45 მ/წამ	45—50 მ/წამ
ნაკეთის „	12—15 მ/წუთ	6—10 მ/წუთ	3—6 მ/წუთ.

(15) განტოლებიდან აგრეთვე გამომდინარეობს, რომ წრის ძლიერი გაცვეთის შემთხვევაში საჭიროა v_5 შემცირება და v_{φ} გაზრდა სხვა პირობების მუდმივობის დროს. უფრო სრული წარმოდგენა რომ ვიქონიოთ (15) განტოლების სიდიდეების შესახებ, $\sin(\alpha + \beta)$ გამოვსახოთ D_{φ} , D_5 და z -ს მიხედვით.

299.ე სურათის თანახმად გვაქვს:

$$\overline{OO'}^2 = \left(\frac{D_{\varphi}}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_5}{2}\right)^2 + 2 \cdot \frac{D_{\varphi}}{2} \cdot \frac{D_5}{2} \cdot \cos(\alpha + \beta); \quad (16)$$

მეორე მხრივ

$$\overline{OO'}^2 = \left(\frac{D_{\varphi}}{2}\right)^2 + \left(\frac{D_5}{2}\right)^2 + z^2 + 2 \cdot \frac{D_{\varphi}}{2} \cdot \frac{D_5}{2} - 2z \cdot \frac{D_{\varphi}}{2} - 2z \cdot \frac{D_5}{2}. \quad (17)$$

თუ გაუტოლებთ (16) და (17) განტოლებებს, მივიღებთ:

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{D_{\varphi} \cdot D_{\delta} - 2 \cdot t \cdot (D_{\varphi} + D_{\delta}) + 2t^2}{D_{\varphi} \cdot D_{\delta}}$$

ანუ, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ $2t^2$ სიდიდეს, როგორც ძალზე მცირეს:

$$\cos(\alpha + \beta) = \frac{D_{\varphi} \cdot D_{\delta} - 2 \cdot t(D_{\varphi} + D_{\delta})}{D_{\varphi} \cdot D_{\delta}}$$

$$\sin(\alpha + \beta) = \sqrt{1 - \cos^2(\alpha + \beta)} = \sqrt{\frac{D_{\varphi}^2 \cdot D_{\delta}^2 - [D_{\varphi} \cdot D_{\delta} - 2t(D_{\varphi} + D_{\delta})]^2}{D_{\varphi}^2 \cdot D_{\delta}^2}}$$

შეკვეცისა და t მქონე ყველა წვერის გამორიცხვის შემდეგ, მივიღებთ:

$$\sin(\alpha + \beta) = 2 \sqrt{t \cdot \left(\frac{1}{D_{\varphi}} + \frac{1}{D_{\delta}} \right)}, \quad (18)$$

ამრიგად:

$$a_1 = \frac{v_5 \cdot 2}{60 \cdot v_{\varphi} \cdot m} \sqrt{t \cdot \left(\frac{1}{D_{\varphi}} + \frac{1}{D_{\delta}} \right)} \quad (19)$$

ბრტყელი ხეხვის შემთხვევაში, როცა $D_{\delta} = \infty$:

$$a_1 = \frac{v_5 \cdot 2}{60 \cdot v_{\varphi} \cdot m} \sqrt{\frac{t}{D_{\varphi}}}, \quad (20)$$

შიგა ხეხვის შემთხვევაში:

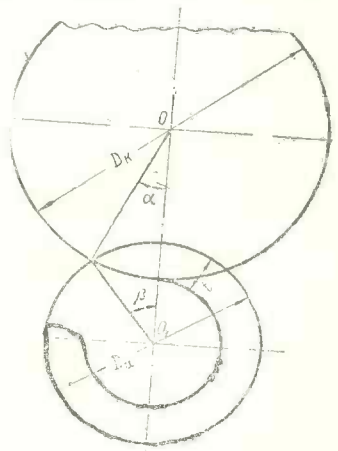
$$a_1 = \frac{v_5 \cdot 2}{60 \cdot v_{\varphi} \cdot m} \sqrt{t \cdot \left(\frac{1}{D_{\varphi}} - \frac{1}{D_{\delta}} \right)}, \quad (21)$$

თუ ჩავთვლით, რომ წრის გაცვეთა მთლიანად ხასიათდება a_1 სიდიდით, მაშინ მივიღებთ იმ დასკვნამდე, რომ სახეხი წრის წარმადობა მუდმივი გაცვეთის დროს შეიძლება გავზარდოთ v_5 , v_{φ} და t მნიშვნელობების შესაბამისი შერჩევით, თუ, მაგალითად, ჭრის სიღრმეს გავზარდოთ 2-ჯერ, მაშინ ერთდროულად საჭიროა ჭრის სიჩქარის $\sqrt{2} = 1,41$ -ჯერ გავზარდა ან ნაკეთის სიჩქარის $\sqrt{2} = 1,41$ -ჯერ შემცირება, რათა შევინარჩუნოთ $a_1 = \text{const}$ სიდიდე. უფრო მიზანშეწონილია v_5 შემცირება, რადგან წრე ჩვეულებრივ მუშაობს ზღვრული სიჩქარით.

t ხეხვის სიღრმის 2-ჯერ ზრდასთან ერთად წარმადობა ორკეცდება, მაგრამ, რადგან ერთდროულად საჭიროა ნაკეთის v_5 ბრუნვის რიცხვისა და მასთან ერთად დროის ერთეულში სივრცითი მიწოდების 1,41-ჯერ შემცირება, ამიტომ საბოლოო შედეგში წარმადობა იზრდება $\frac{2}{1,41} = 1,41$ -ჯერ.

მასთან წრის გაცვეთა რჩება წინანდელი (19)–(21) განტოლებების თანახმად.

(19)–(21) განტოლებების ანალიზის საფუძველზე მივიღებთ დასკვნამდე, რომ a_1 სიდიდე, რომელსაც ყველაზე მეტი გავლენა აქვს ხეხვის პროცესზე, დაპოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე, რომელთა მნიშვნელობასაც ჩვენ განვიხილავთ რამდენიმე უფრო დაწვრილებით.



სურ. 288.

§ 129. ნაკეთის სიჩქარის გავლენა ხეხვით დამუშავების პროცესზე.

ნაკეთის სიჩქარის ზრდასთან ერთად პროპორციულად იზრდება ბურბუშელის სისქე და შესაბამისად მატულობენ ძალები, რომლებიც მოქმედებენ წრის ყოველ მარცვალზე; შედეგად მატულობს წრის გაყვეთა, რომ თავიდან ავიცილოთ ეს, ჩვენ უნდა ვისარგებლოთ უფრო სალი წრეებით, რაც, ამავე დროს, ხელსაყრელი არ არის ამ უკანასკნელების გაქონვისაკენ მიდრეკილების გამო. ყველა სხვა მუდმივი ფაქტორების დროს მოცემული მასალისათვის არსებობს ნაკეთის ყველაზე უფრო ხელსაყრელი სიჩქარე, რომელიც უზრუნველყოფს მაქსიმალურ წარმადობას.

სსკ მთელი რიგი ქარხნების პრაქტიკული მონაცემების საფუძველზე Гипромаш-ი მრგვალი ხეხვით დამუშავების დროს გვიჩვენებს ნაკეთის ბრუნვის სიჩქარის განსასაზღვრავად შემდეგ ფორმულას:

$$v_6 = \frac{C_v \cdot D_6^{0,5}}{t_{0,3}^{0,4}} \text{ მ/წუთ.} \quad (22)$$

C_v მუდმივის მნიშვნელობა დასამუშავებელი მასალის მიხედვით მოცემულია 82-ე ცხრილში.

ცხრილი 82

დასამუშავებელი მასალა	C_v მნიშვნელობა		დასამუშავებელი მასალა	C_v მნიშვნელობა	
	შავად დამუშავ.	სუფთად დამუშავ.		შავად დამუშავება	სუფთად დამუშავ.
ფოლადი წრთობილი	4,0	2,7	ფოლადი ნეღლი	3,0	1,9
„ ცემენტირებული	2,9	2,7	თუჯი ნაცაო	4,5	2,7
„ ნოთმ.ლინებტული	3,7	2,5	ბრინჯაო სალი	3,9	2,6

მაგალითი: $D = 100$ მმ მქონე თუჯის ბორბალის დამუშავების შემთხვევაში $t = 0,1$ მმ და $s = 20$ მმ/ბრ დროს იღებენ ნაკეთის სიჩქარეს

$$v = \frac{4,5 \cdot 100^{0,5}}{0,1^{0,3} \cdot 20^{0,4}} = \frac{4,5 \cdot 10}{0,5 \cdot 3,32} \approx 27 \text{ მ/წუთ.}$$

რადიალური მიწოდების (მიბრჯენით) მეთოდით ხეხვით დამუშავებისათვის Гипромаш-ი იძლევა ფორმულას:

$$v_6 = \frac{C_v \cdot D_6^{0,5}}{t_{0,3}^{0,3} \cdot B_{0,15}^{0,15}} \text{ მ/წუთ.} \quad (23)$$

სიდაც B —ხეხვის სივანა მმ-ში;

C_v —მუდმივი, დამოკიდებული დასამუშავებელ მასალაზე (ცხრილი 83).

მაგალითი. $D_6 = 100$ მმ დიამეტრისა და $B = 50$ მმ სივანის მქონე თუჯის ბორბლის რადიალური მიწოდების მეთოდით ხეხვის შემთხვევაში $t = 0,05$ მმ (განივი მიწოდების) დროს იღებენ:

$$v_6 = \frac{2,4 \cdot 100^{0,5}}{0,05^{0,3} \cdot 50^{0,15}} = \frac{2,4 \cdot 10}{0,41 \cdot 1,8} \approx 32 \text{ მ/წუთ.}$$

ცხრილი 83

დასამუშავებელი მასალა	C_v	დასამუშ. ეგებელი მასალა	C_v
ფოლადი წრთობილი	2,1	ფოლადი ნედლი	1,5
ცემენტოვებული	1,9	ფ შუჯი	2,4
ნორმალისებული	1,6	ბრინჯაო სალი	2,0

თუკი წრის სწორად შერჩეული სიჩქარის დროს ვამჩნევთ მის სწრაფ გაცვეთას, სჭირია v_6 შემცირება და, პირიქით, წრის გაქონვის დროს გვირჩევენ ნაკეთის სიჩქარის გაზრდას ანდა უფრო რბილი წრის აღებას.

სუფთად ხეხვით დამუშავებისათვის ხშირად დასაშვებად თვლიან ნაკეთის იმავე ბრუნვის სიჩქარის აღებას, რაც შავად დამუშავებისათვისაა, და მხოლოდ ძალზე სუფთად ხეხვით დამუშავების დროს ამცირებენ v_6 .

§ 130. ნაკეთის ღიაფიტრის გავლენა

(18) და (19) განტოლებების ურთიერთ შედარებით შეიძლება შევამჩნიოთ D_5 გავლენის წინააღმდეგობრივი ხასიათი მარცვლის მიერ აღებულ ბურბუშელის სისქეზე. ერთის მხრივ D_5 გაზრდით ბურბუშელის a_1 სისქე მცირდება ჰიპერბოლური მრუდით, მეორეს მხრივ, ამავე დროს v_6 იზრდება, და, მაშასადამე, რამდენიმედ იზრდება a_1 -იც. ყოველ შემთხვევაში D_5 მცირე მნიშვნელობების ზღვრებში მისი მერყეობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წრის გაცვეთაზე, და ამიტომ პრაქტიკაში მცირე ნაკეთების ხეხვით დამუშავების დროს იყენებენ უფრო საღ წრეებს, ვიდრე დიდი ღიაფიტრის ნაკეთების ხეხვით დამუშავების შემთხვევაში.

§ 131. ჰრის სიჩქარის გავლენა ხეხვით დამუშავების პარამეტრებზე

წრის ნორმალურმა სიჩქარემ უნდა მოგვცეს წარმადობის მაქსიმუმი უმცირესი გაცვეთის დროს. წრის, ნორმალურთან შედარებით, უფრო მცირე სიჩქარეების დროს ყოველი მარცვალი მუშაობს უფრო გადატვირთვით [იხ. (19) განტოლება], და ამიტომ წრის გაცვეთა იზრდება. ამ მხრივ უფრო ხელსაყრელია მუშაობა წრის გაზრდილი სიჩქარეებით: გატვეთა მნიშვნელოვნად მცირდება.

სსრკ შრომის სახალხო კომისარიატის სავალდებულო დადგენილების თანახმად, კორუნდისა და კორბორუნდის წრეებისათვის ავტომატური მიწოდების დროს დადგენილია მაქსიმალური წრიული სიჩქარე $v_6 = 30$ მ/წმ შავად დამუშავებისათვის და $v_6 = 40$ მ/წმ სუფთად ხეხვით დამუშავებისათვის.

სახეი წრეებისათვის პრაქტიკულად დასაშვები სიჩქარეები სხვადასხვა მასალებისათვის მოცემულია 84-ე და 85-ე ცხრილებში.

ცხრილი 84

დასამუშავებელი მასალა, ხეხვით დამუშავების სახე	სახეი მასალა	სახეი წრის წრიული სიჩქარე მ/წმ
მრგვალად ხეხვა	კარ-	
თუჯი, რბილი ბრინჯაო, ალუმინი	ბორუნდი	18—25
ფოლადი ჰეფლემბროვი და სპეციალური, ქედადი თუჯი, სალი	კორუნდი	20—28 25—30
ბრინჯაო, ალუმინი	"	30—40

ხეხვით და მუშავეების სახე	სახეები წრის სიჩქარე ქარე მ/წამ
ბრტყელი ხეხვა	
ჩვეულებრივი სიჩქარე	20
მომე და მასიურ ჩარხებზე	25—30
ქონისმაგვარი და რგოლისებრი წრეებისათვის	15—18
უცენტრო ხეხვა	28—30

სალი წრეებისათვის არჩევენ ბრუნვის სიჩქარის შემცირებას ნაკეთის გადახურების თავიდან ასაცილებლად, და აგრეთვე ხალით მიწოდების დროს, რომელიც, ავტომატურ-თან შედარებით, უფრო ნაკლებად თანაბარია.

მე 2 დამატებაში მოცემულია ხუ მნიშვნელობების ცხრილი, რომელთა დროსაც წრე-ები იშლებოდნენ ხოლმე; იქვე მოცემულია შესაბამისად დასაშვები პრაქტიკული სიჩქარე-ები. მათი დაპირისპირებიდან ჩვენ ვხედავთ, რომ უსაფრთხოების კოეფიციენტი მერყე-ობს ზღვრებში 2-დან 3-მდე.

§ 132. წრის დინამეტრის გავლენა

წრის გაცვეთისთანავე მისი სიჩქარე კლებულობს, ბურბუშელის a_1 სისქე კი პრო-პორციულად იზრდება; ერთდროულად $D_{\text{წ}}$ შემცირებასთან ერთად, a_1 (21) განტოლების თანახმად დაიწყებს ზრდას ჰიპობოლოური მრუდის მიხედვით.

ანგარიშმა დაგვანახვა, რომ თუ წრის გაცვეთა არ იქნება კომპენსირებული მისი ბრუნვის რიცხვის გაზრდით, მაშინ ბურბუშელის სისქე თანდათან გაიზრდება და განს-კუთრებით შესამჩნევად კი წრის მცირე დიამეტრების დროს.

დასკვნა: მიზანშეწონილია ვიმუშაოთ დიდი დიამეტრის წრეებით, სახეები წრის მნი-შვნელოვანი გაცვეთის დროს საჭიროა მისი ბრუნვათა რიცხვის გაზრდა.

§ 133. ჰრის სიღრმის გავლენა

ჰრის z სიღრმის გავლენა ბურბუშელის სისქეზე გასაგებია წინათქმულიდან: z -ს ზრდა-სთან ერთად წარმადობა იზრდება, მაგრამ მასთან ერთად იზრდება მოსახსნელი ბურბუშე-ლის სისქე და ამით კი დატვირთვაც წრის მარცვალზე. რაც უფრო გაძნელებულია ხე-ვით დამუშავება, მით უფრო ნაკლები უნდა იყოს ჰრის სიღრმე; ასე, შიგა ხეხვით დამუ-შავების შემთხვევაში, სადაც წრის და ნაკეთის შეხების დიდი რკალის დროს ვითარდება სითბოს დიდი რაოდენობა, ჰრის z სიღრმე აიღება მნიშვნელოვნად უფრო მცირე, ვიდრე გარე ხეხვით დამუშავების დროს. z აგრეთვე მცირდება ნაკეთის სუფთად დამუშავების დროს. ნორმალური შავად ხეხვით დამუშავების დროს წარმადობის გაზრდის მიზნით გვირჩევენ მუშაობას უდიდესი სიღრმით, რომელიც კი დასაშვებია წრით და ჩარხის სი-ძლავრით. მასთან z -ს მაქსიმალურად დასაშვები მნიშვნელობა არ უნდა აღემატებოდეს მარცვლის ზომის ნახევარს; ასე 36 მარცვლოვნობის მქონე წრისათვის ჰრის სიღრმე არ უნდა იყოს 0,175—0,250 მმ-ზე მეტი.

§ 134. მიწოდების გავლენა

მიწოდების ქვეშ ვგულისხმობთ მაგიდის ნაკეთიანად ან სახეები წრის გადაადგილები-სიდიდეს წრის ღერძის გასწვრივ ნაკეთის 1 შემობრუნების დროს. მრგვალად ხეხვი

დროს იგი იანვარიშება წრის b სიგანის ნაწილებში და ჩვეულებრივ მერყეობს ზღვრებშიც

$$s = (0,5 \div 0,8) b \text{ მმ.}$$

ხეხვით დამუშავების წარმადობა, ე. ი. დროის ერთეულში აღებული ლითონი, მწმ: ვნელოვნად დამოკიდებულია s სიდიდებზე და განისაზღვრება ფორმულით:

$$G = \frac{\pi \cdot D_5 \cdot m_5}{1000} \cdot s \cdot t \cdot \gamma, \quad (22)$$

სადაც G —აღებული ბურბუშელის წონაა გრამებში,

γ —ლითონის ხვედრითი წონაა.

(22) განტოლებაში ჩასმის შემდეგ:

$$s_5 = \frac{\pi \cdot D_5 \cdot m_5}{1000},$$

მივიღებთ:

$$G = \frac{m_5 \cdot s \cdot t \cdot \gamma}{1000} \text{ კგ.} \quad (23)$$

ხელსაყრელია მუშაობა უდიდესი s მიწოდებით და, მაშასადამე, ფართო წრის გამოყენება, მაგრამ s მიწოდება არაეფექტარ შემთხვევაში არ უნდა იყოს წრის b სიგანეზე მეტი, რადგან ამ შემთხვევაში დასამუშავებელ ზედაპირზე დარჩება გაუხეხავი ადგილები. ზუსტი ხეხვის დროს მიწოდება მცირდება $s = 0,5 \cdot b$ -მდე.

§ 135. ბაცივებისა და ბაპოზის მწმომკვლეობა

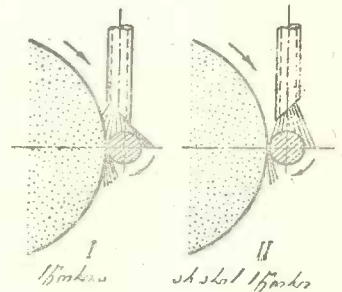
ხეხვით დამუშავება იყოფა ორ სახედ—სველი და მშრალი—იმისდა მიხედვით ხდება ეს მუშაობა გაცივებით თუ არა.

როგორც უკვე აღნიშნული იყო, ხეხვით დამუშავების დროს, წრის დიდი სიჩქარეების გამო, ვითარდება ძალზე მალალი ტემპერატურა; ამ დროსუარ ესდება ბურბუშელის წარმოქმნისა და მოცილების პირობები, და ნაკეთის გადახურების გამო იქმნება მისი დეფორმაციის საშიშროება. ამ შემთხვევაში სითხით გაცივება თამაშობს დადებით როლს: იგი იცავს წრის ზედაპირს ნაკეთებს მოწვისაგან და აუშვობებს დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხს.

გამაცივებელი სითხე ამორცხს მტვერს და ბურბუშელს, ასუფთავებს წრის ფორებს და ამით ხელს უწყობს წრის კრის თვისებების უფრო ხანგრძლივად შენახვას; მისი წარმადობა იზრდება.

ყველაზე უფრო გავრცელებული სითხეა—წყალი 5—11% სოდით და საპნის მცირე დამატებით. ასეთი სითხე კარგად აცივებს და აქვს სუსტი გამაპოზიერებელი თვისება. მაპოზიერებელი ნივთიერების სიუხვე გამაცივებელ სითხეში არ არის მიზანშეწონილი, რადგან იგი ხელს უწყობს წრის გაქონიანებას და ამით აუარესებს მუშაობის პირობებს.

გაცივება მით უფრო ინტენსიური უნდა იყოს, რაც უფრო დიდია ნაკეთთან წრის შეებების რკალი; ასე, მაგალითად, შიგა ხეხვით დამუშავების დროს საჭიროა ყოველთვის, 21. ლითონების კრა.



სურ. 289. გაცივება ხეხვით დამუშავების დროს.

გაცრეების გამოყენება, ბრტყლად ხეხვისათვის კი, როცა ნაკეთთან წრის შეხების ზედაპირი ძალზე დიდია, გვირგევენი განსაკუთრებით გაძლიერებულ გაცივებას.

ზოგიერთი ლითონების დამუშავების დროს, მაგალითად, ალუმინის, სუფთა ზედაპირის მიღებისათვის როგორც გამაცივებელ სითხეს იყენებენ ნავთის ნარევეს სათითისტრე ზეთთან.

თუჯსა და სპილენძს ხშირად, ნიკელს კი ყოველთვის ამუშავებენ ხეხვით გაცივების გარეშე, თუჯის ტლანქად დამუშავების დროს მიხანმეწონილია გაცივება უბრალო სოდის ხსნარით უხეთოდ.

გაცივების სწორი (I) და არასწორი (II) ხერხები ნაჩვენებია 289-ე სურათზე.

საქიროა აღინიშნოს, რომ წრის გაცივება მუშაობის ხშირად შეწყვეტის გზით აგრეთვე დადებით გავლენას ახდენს მის წარმადობაზე. ასე, ზოგიერთი ცდების თანახმად, 10 წუთის განმავლობაში შეუწყვეტელი მუშაობის დროს წრის წარმადობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა 30 წუთის განმავლობაში შეუწყვეტელ მუშაობასთან შედარებით. დასკვნა: ხშირი შეწყვეტები წრის მუშაობაში—ხელსაყრელია.

§ 136. ხახხნი წრების არჩევა

სახეი წრის ე. ი. შესაბამისი ზომების, სისალისა და მარცვლოვანობისა და სახეი მასალის გვარობის შერჩევა,—ძალზე ძნელი საქმეა; რადგან დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და, უმთავრესად კი:

- 1) დასამუშავებელ მასალაზე,
- 2) ზედაპირის საჭირო სისუფთავეზე,
- 3) ნაკეთის ფორმაზე და ზომებზე.

უკვე აღნიშნული იყო, რომ კორუნდის წრეები უფრო გამოსადეგი არიან ფოლადის დამუშავებისათვის, რადგან მათ სახეხ მარცვლებს აქვთ საკმარისი სიბლანტე. და პირიქით, თუჯისა და სალი ლითონების დასამუშავებლად გვირგევენი კარბორუნდის წრეებს, როგორც უფრო სალი მარცვლის მქონეს.

საქიროა აგრეთვე გვახსოვდეს, რომ ფორიანი წრეები ჩვეულებრივ უფრო ნაკლებად მტკიცენი არიან, ვიდრე მკვრივი წრეები, მაგრამ უფრო ნაკლებად განიცდიან გაქონვას და, მასადაამე, განსაკუთრებით გამოსადეგი არიან რბილი და ბლანტი ლითონების ხეხვით დამუშავებისათვის.

წრის არჩევის დროს საქიროა ყურადღება მიექცეს მის სტრუქტურას, ე. ი. სახეხ და მკვარდობის ნივთიერებების რაოდენობათა შეფარდებას მასში.

ცხადია, მრავალმარცვლოვანი წრე ერთ და იგივე პირობებში მოგვეცემს უფრო სუფთა ზედაპირს, ვიდრე ნაკლებმარცვლოვანი. მუშაობის იგივე ხასიათი აქვს წრეებს მცირე მარცვლით, ე. ი. მარცვლოვანობის უფრო დიდი ნომრით.

დასკვნა: სუფთად ხეხვით დამუშავებისათვის საქიროა წრის ამორჩევა სახეხი ნივთიერების უფრო მეტი ფარდობითი შემცველობით და მარცვლოვანობის უფრო მეტი ნომრით. მასთან წრეს უნდა ჰქონდეს უფრო რბილი მაკავშირებელი, რათა დაჩლუნგებულ მარცვლებში თავის დროზე გამოჭვივდნენ ხოლმე უკვე, სუფთად ხეხვით დამუშავებისათვის. დამახასიათებელი, მცირე ჭრის ძალების დროს.

წრისა და ნაკეთის შორის შეხების უფრო დიდი რკალით მუშაობის დროს (ბრტყელი და შიგა ხეხვით დამუშავება), სადაც განსაკუთრებით დიდია ნაკეთის გაქონიანებისა და გადახურების შესაძლებლობა, უფრო შესაფერისია რბილი წრე.

ამავე მიზეზით ღრუ ნაკეთების დამუშავების დროსაც გვირგევენი რბილ წრეს.

განსაკუთრებით რბილი წრეების შერჩევა საქიროა წრის სწრაფი გაქონვის ხელის შემწყობის სპილენძისა, ალუმინის და თითბერის ხეხვით დამუშავების დროს; გაქონვის

თავიდან ასაცილებლად მუშაობენ მცირე სიღრმით და მიწოდებით და წრის დიდი სიჩქარეებით.

მახვილკუთხეებიანი საგნების ხეხვით დამუშავების დროს (მრავალღარებიანი ლილეები) წრე უფრო სწრაფად ფხეიერდება. ეს ხდება აგრეთვე მოცვეთილ, არა მასიურ ჩარხებზე მუშაობის შემთხვევაშიც, მუშაობაში წარმოშობილი ვიბრაციების გამო. ამიტომ ამ შემთხვევაში გვიხდება გადიდებული სისალის მქონე წრის არჩევა.

აქ აღინიშნულია მხოლოდ ძირითადი გეზები წრის არჩევისათვის; პრაქტიკაში ამავე დროს გვიხდება კიდევ ანგარიშის გაწევა მთელ რიგ გარემოებისათვის, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან მუშაობის სპეციფიკურ პირობებზე და დასამუშავებელი მასალისა და წრის ხარისხზე.

წიგნის დამატებაში მოცემულია უფრო დამწვრილებითი მითითებანი წრეების ამოსარჩევად.

§ 187. ცნება უცანტრო ხეხვაზე

ამ ბოლო წლებში მასობრივი წარმოების მრეწველობაში (ავტო-ავიამრეწველობა) ფართოდ გამოიყენება უცენტრო ხეხვა. ჩვეულებრივ მრავალად ხეხვისაგან განსხვავებით, უცენტრო ხეხვის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ნაკეთი თავისუფლად თავსდება ორ წრეს შორის, რომელთაგანაც ერთი—მუშა—ასრულებს თვით ხეხვას, მეორე კი—დამხმარე ანაორციელებს ნაკეთის მიწოდების მოძრაობას და მის ბრუნვას.

მუშაობის ასეთი ხერხი ძალზე ზრდის ხეხვით დამუშავების პროცესის ეკონომიურობას, რადგან:

1) გვანათავისუფლებს ნაკეთის დაცენტრებასთან დაკავშირებულ დროის დაკარგვასაგან, რადგან დაცენტრება განსაკუთრებით გულდასმით უნდა იქნას შესრულებული ხეხვით დამუშავების დროს საჭირო სიხუსტის მისაღებად;

2) თავიდან გვაშორებს ნაკეთისა და საბრჯენის ჩაჭერასთან დაკავშირებულ ყოველგვარ ობრაციას, რომლებიც ზოგჯერ იწვევენ აგრეთვე დროის მნიშვნელოვან დაკარგვას;

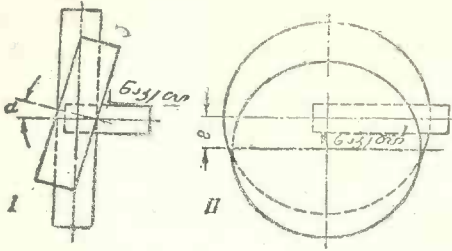
3) მოითხოვს უფრო ნაკლები კვალიფიკაციის მუშებს;

არსებობს უცენტრო ხეხვის ორი ხერხი: ხეხვით დამუშავების გამჟოლი ხერხი და მიჭრის ხერხი. პირველი ხერხით ჩვეულებრივად იხეხება გლუვი უშვერილო ნაკეთები მათი თანდათან მიწოდებით წინ წრეებს შორის (შებრუნებული მიწოდების გამოყენების დროს ამ ხერხით შეიძლება შვერილების მქონე ნაკეთების ხეხვაც). მეორე ხერხით ხეხვის დროს ნაკეთი დადგება წრეებს შორის ისე, რომ იგი იხეხება ერთაშად მთელი სიგრძით; ეს იძლევა სიგრძეზე სხვადასხვა დიამეტრის მქონე ნაკეთებს, ანდა მოყვანილი სახის ნაკეთების დამუშავების შესაძლებლობას.

უცენტრო ხეხვის დროს ნაკეთი გატარდება ორ წრეს შორის და ამავე დროს მიბრჯენილია მდგრადობისათვის საბრჯენზე ხეხვის დროს აღძრული ჰრის ძალების საწინააღმდეგოდ. სახეხი წრის ბრუნვის სიჩქარე ჩვეულებრივია—25—35 მ/წმ, მიწოდების წრეს კი აქვს ბრუნვის სიჩქარე მიღებული ნორმალური ხეხვისათვის.

290-ე სურათზე ნაჩვენებია უცენტრო ხეხვის ორი ძირითადი მეთოდი: ბრტყელი, როცა სახეხი წრე მუშაობს ტორსით (შემდეგში ასეთ წრეებს ვუწოდებთ ბრტყელ წრეებს), და ცილინდრული, როცა სახეხი წრე მუშაობს ცილინდრული ზედაპირით; და ამავე დროს მისი მიწოდების განსახორციელებლად ღერძი დახრილია რაღაც კუთხით ვერტიკალურ სიბრტყეში. ნაკეთის მიწოდების სიჩქარე პირველ შემთხვევაში (სურ. 290 II) დამოკიდებულია მანძილზე ნაკეთის ღერძებს შორის და დამხმარე e წრეზე, მეორე შემთხვევაში კი (სურ. 290 I) წრის ღერძის α დახრის კუთხის სიდიდეზე, მიწოდება იზრდება e და α ზრდასთან ერთად.

ამჟამად ბრტყელი წრეების გამოყენება ძალზე შეზღუდულია მათთვის დამახასიათებელ ნაკლოვანებათა გამო, რომლებიც შემდეგში მდგომარეობენ:



სურ. 250. უცენტრო ხეხვის მეთოდები.

ამეტრის მიხედვით გავლენას ახდენს მიწოდების წრის ღერძული გადაადგილება საჭისრებში, და აგრეთვე წრის შპინდელის წაგრძელება მისი გადახურების გამო მუშაობის პროცესში.

ამ შემთხვევაში დიდი წარმატებით მუშაობენ ცილინდრული წრეები, იმ პირობით თუ ხდება მათი ზედაპირების კორექტირება, როგორც ამაზე ქვემოთ იქნება ლაპარაკი. ამჟამად აგებენ უცენტრო სახეხ ჩარხებს, უმთავრესად ორი ცილინდრული წრით, რადგან მათ აქვთ ცხადი უპირატესობა ბრტყელ მიწოდების წრიან ჩარხებთან შედარებით.

უცენტრო ხეხვის დროს დროის ერთეულში აღებული ბურბუშელის მოცულობა იქნება:

$$Q = z \cdot s \cdot Q_6 \text{ სმ}^3/\text{წუთ},$$

სადაც z — ხეხვის სიღრმეა მილიმეტრებში,

s — მიწოდება ნაკეთის 1 ბრუნვაზე მილიმეტრებში,

Q_6 — ნაკეთის წრიული სიჩქარე მეტრებში წუთში.

სახეხი წრის გზა ნაკეთის მიმართ დროის ერთეულში გამოისახება სახეხი წრისა და ნაკეთის წრიული სიჩქარეების სხვაობით, ე. ი. $v_6 - v_5$. ამ შემთხვევაში ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი უცენტრო ხეხვის დროს შეიძლება გამოვსახოთ განტოლებით:

$$f = \frac{v_6 \cdot z \cdot s}{(v_6 \cdot v_5) \cdot 60} \text{ მმ}^2. \quad (24)$$

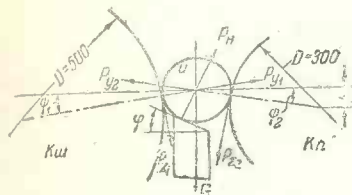
მაშასადამე, შეიძლება იმის მტკიცება, რომ ბურბუშელის კვეთის ფართობი, და აგრეთვე ჰრის წნევა უცენტრო ხეხვის დროს იქნება მით უფრო მცირე, რაც უფრო მეტია სახეხი წრის სიჩქარე. აქედან გასაგები ხდება, თუ რატომ ბრუნავს ნაკეთი დამხმარე წრის სიჩქარით, რომელსაც აქვს სახეხ წრეზე შესამჩნევად უფრო ნაკლები სიჩქარე. ჰრა ამ დროს შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ხეხვის ძალა არ აღემატება ხახუნის ძალას ნაკეთისა და მიწოდების წრის შორის, წინააღმდეგ შემთხვევაში არ მოხდება ნაკეთის დამუშავება.

კარგი ზედაპირის მიღების ძირითად პირობას ხეხვით დამუშავების დროს წარმოადგენს თანაბარი მოძრაობა მუშაობის პროცესში ამისათვის ჩვეულებრივ საცენტრო სახეხ ჩარხზე ცდილობენ მაქსიმალურად შეამცირონ მექანიზმის გადაძვნილი კბილანების რაოდენობა და უპირატესად გამოიყენონ ლვედური გადაცემა; ამავე დროს განსაკუთრებულ ყუ-

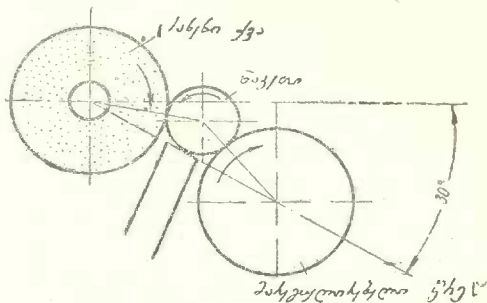
ბადლებას აქცევენ ჩარხის ცალკეული რგოლების ერთმანეთზე გულდასმით მორგებას ყოველგვარი ვიბრაციებისა და ბიძგების თავიდან ასაცილებლად.

უცენტრო ჩარხებში მოძრაობების ეს თანაბრობა მოეთხოვება პირველ რიგში, დასამუშავებელ ნაკეთს; უკანასკნელი უნდა ბრუნავდეს თავისი ღერძის გარშემო და გადაადგილდებოდეს ღერძის გარშემო მუდმივი სიჩქარეებით, რაც მისაღწევია დამხმარე წრეზე უსრიალო გადაჯორების პირობის დროს.

ამავე დროს ხეხვის ეკონომიურობის პირობები მოითხოვენ ენერჯის უმცირეს ხარჯს, და ამიტომ გვირჩევენ მუშაობას რაც შეიძლება მინიმალური ძალების დროს.



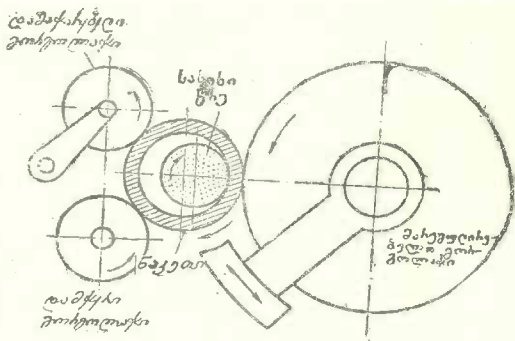
სურ. 291. უცენტრო ხეხვის დროს მოქმედი ძალები.



სურ. 292. მძიმე ნაკეთების უცენტრო ხეხვა.

ცხადია, ორივე ეს მდგომარეობა მიღწეული იქნება ხეხვის პროცესში მოქმედი ძალების წონასწორობის პირობის შემთხვევაში, როცა ჰრის დროს ნაკეთისათვის მინიკებულ მბრუნავი მომენტი წონასწორდება ერთის მხრით საბრჯენზე ნაკეთის ხახუნის მომენტით და მეორეს მხრით — ხახუნის მომენტით დამხმარე წრესთან.

291-ე სურათზე გამოსახულია უცენტრო ხეხვის დროს მოქმედი ძალები. აქ: K_{11} — სახეი წრეა, K_2 — დამხმარე წრეა, U — ნაკეთი, მასთან ნაკეთის ცენტრი h მანით მდებარეობს სახეი წრის ცენტრის ზევით (ჩვეულებრივ ეს სიდიდე არ აღემატება 15—20 მმ). ნაკეთი მბრუნენილია φ კუთხის ქვეშ ჩამოკრილი ზედაპირის მქონე მისაბრჯენით.



სურ. 293. შიგა უცენტრო ხეხვა.

შემდეგ აღნიშნულია: P_{z1} — ტანგენციალური ჰრის წნევა ხეხვის დროს კგ-ში, P_{y1} — რადიალური ჰრის წნევა ხეხვის დროს, P_z — ნაკეთის ნორმალური წნევა საბრჯენზე, P_{y2} — ტანგენციალური წნევა მიწოდების წრეზე, P_{y2} — რადიალური წნევა მიწოდების წრეზე, G — ნაკეთის წონა.

ძალების წონასწორობის პირობების ანალიზის გზით შეიძლება გაგვეკეთებინა დასკვნა სუფთად ხეხვის დროს დახრალი საყრდნობ ზედაპირიანი საბრჯენებისა და შავად დამუშავების დროს ჰორიზონტალური ზედაპირიანი საბრჯენების გამოყენების სარგებლობის შესახებ. ამასთან ერთად მძიმე ნაკეთების უცენტრო ხეხვის დროს საჭირო იქნებოდა მი-

წოდების წრის მდებარეობის შეცვლა (სურ. 292) საბრჯენის ზედაპირზე მნიშვნელოვანი ხახუნის ძალების დასაძლევად.

293 ე სურათზე ნაჩვენებია შიგა უცენტრო ხეჩვის მეთოდი.

§ 188. დამხმარე წრის კორმექტირება

მიწოდების მოძრაობა, ე. ი. ნაკეთის გადაადგილება თავისი ღერძის პარალელურად, ხორციელდება მიწოდების წრის ღერძის დახრის გამო რაღაც α კუთხით ვერტიკალურ სიბრტყეში (ჩვეულებრივ $1,5-6^\circ$). თუ მიწოდების წრის ღერძის შემობრუნება ხდება ამ წრის სივანის შუაზე მდებარე წერტილის გარშემო, მაშინ:

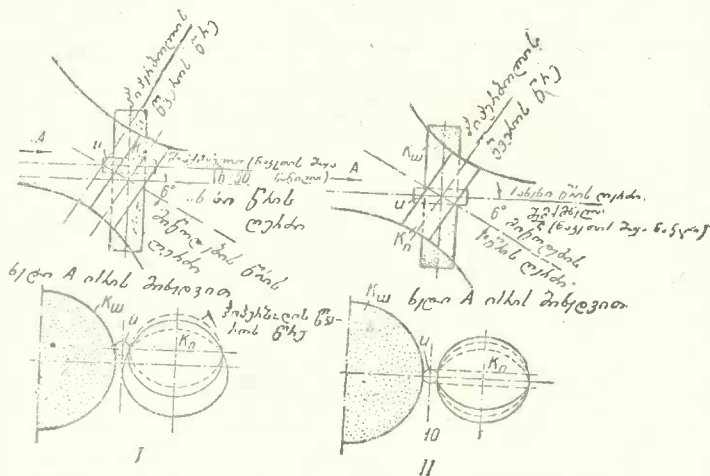
$$s = s_0 \cdot \sin \alpha,$$

სადაც s —მიწოდება მეტრ-წუთებში,

s_0 —მიწოდების წრის წრიული სიჩქარეა მეტრ-წუთებში,

α —მიწოდების წრის ღერძის დახრის კუთხეა.

წრის ღერძის შემობრუნების დროს უარესდება ნაკეთისათვის მოძრაობის ვადცემის პირობები, რადგან ამ შემთხვევაში წრის ზედაპირის შეხება ნაკეთთან ხდება არა სწორი ხაზით, არამედ მხოლოდ ერთ წერტილში.



სურ. 294. დამხმარე წრის შემქმნელის პროფილები.

სრიალის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა დამხმარე წრის პროფილის შეცვლა, მისთვის ისეთი მბრუნავი ჰიპერბოლოიდის შესაბამისი ფორმის მიცემით (სურ. 294 I), რომლის შემქმნელსაც აქვს ჰიპერბოლის ფორმა.

ამ ჰიპერბოლის პროფილი დამოკიდებულია წრის ღერძის დახრის კუთხის სიდიდეზე, იმ დროს როცა ამ ჰიპერბოლის წვეროს მდებარეობა ანდა ნაკეთთან შეხებაში მყოფი მისი მუშა მონაკვეთი. განისაზღვრება ნაკეთის ცენტრის h სიმაღლით წრის ცენტრალური ხაზის მიმართ. h სიმაღლის ზრდასთან ერთად ჰიპერბოლის წვეროს წრე დაიწყებს დაშორებას დამხმარე წრის სიბრტყის შუადას, მასთან იგი შეიძლება აღმოჩნდეს კიდევაც მისი გაბარიტის გარეშე (როგორც ეს გამოსახულია 294 I სურათზე).

შეიძლება ბრუნვის ჰიპერბოლოიდის პროექციის გამომანგაროშება, თუ გამოვლინდით წრის მიმართ ნაკეთის მდებარეობიდან, და შემდეგ დამხმარე წრის შემქმნელს მივუყვებით შესაბამის პროფილს. მაგრამ პრაქტიკულად ეს კეთდება უფრო მარტივად: მიწოდების წრეს ასწორებენ ალმასით, ამ უკანასკნელის გატარებით ნაკეთის ცენტრის სიმაღლეზე ნაკეთის შემქმნელის გასწვრივ (დამხმარე წრისა და ნაკეთის შეხების ხაზით). ამგვარი ბრუნვის ჰიპერბოლოიდი შეიძლება მიღებულ იქნას ალმასის მოძრაობით დამხმარე წრესაზე, ამ უკანასკნელის ღერძის მიმართ რაღაც კუთხის შემქმნილი მიმართულებით.

XXIV. ლითონების სუსთად დამუშავება

§ 139. ნაკეთის ზედაპირის ხარისხის მნიშვნელობა

მოთხოვნილებები, რომლებსაც უყენებენ ჩარხსა და იარაღს სუფთად დამუშავების დროს, სხვაა, ვიდრე შავად დამუშავების შემთხვევაში; აქ ძირითადად საჭიროა ნაკეთის ფორმისა და ზომების სიზუსტე და დამუშავებული ზედაპირის სიგლუვე. დასამუშავებელი ნაკეთების გვარობის მიხედვით მათ უყენებენ ან პირველ ან მეორე მოთხოვნას ან ორივეს ერთად. თუ ნაკეთის ზედაპირს შევხედავთ განივ კრი-



სურ. 295. ნაკეთის ზედაპირის პროფილი.

ლი შიშ შეიძლება შევამჩნიოთ დამუშავების ცხადი ნაკვალევი შევრილებისა და ღრმულების მიხედვით (სურ. 295). ეს უსწორობანი განიხილებიან ორი მიმართულებით: გრძივი (დამუშავების დროს მთავარი მოძრაობის მიმართულებით) და განივი მიმართულებით.

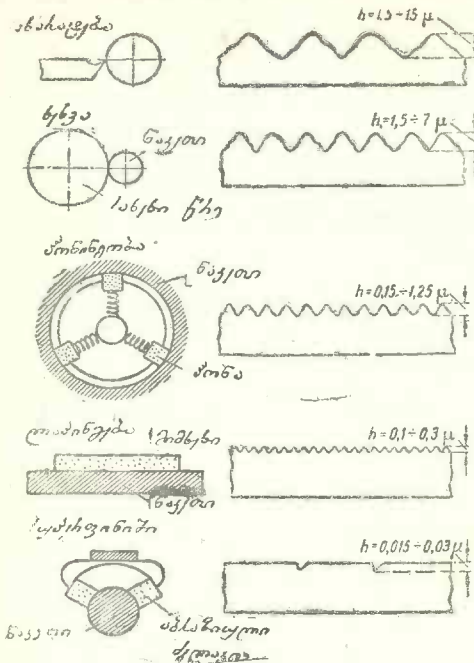
პრაქტიკამ დაგვანახვა, რომ ნაკეთის სამსახურის ვადა დადასა დამოკიდებული ზედაპირის მდგომარეობაზე, სავსებით ცხადია, რომ გაცვეთაზე მომუშავე ნაწილი უფრო სწრაფად დაკარგავს ზომებს, თუკი მის ზედაპირს აქვს შესამჩნევი ღრმა და მახვილი შევრილები. ამ უკანასკნელთა სიღრმე დამოკიდებულია ზედაპირის დამუშავების ხარისხზე. 296-ე სურათზე ნაჩვენებია მინიმალური უსწორობების მნიშვნელობები, რომლების მიღწევაც შეიძლება სუფთა დამუშავების სხვადასხვა სახით. მაგალითად, ხეხვით დამუშავებულ ლილვაკებისათვის მოსალოდნელია საწყისი გაცვეთა 3-დან 15 μ -მდე (μ — მიკრონი = $\frac{1}{1000}$ მმ) დიამეტრზე და, მასასადამე, დასაწყისში განზრახული დამუშავება ნაწილის

მუშაობის პროცესში შედარებით სწრაფად შეიცვლება. სპეციალურმა გამოკვლევამ დაგვანახვა, რომ კალიბრები ძალზე სუფთად დამუშავებულნი ხელით იცვითებოდნენ 3—4-ჯერ უფრო სწრაფად, ვიდრე მექანიკურად სუფთად დამუშავებულნი, და ამავე დროს დაგვანახვეს რამდენჯერმე უფრო მეტი შედეგობა ხელით სუფთად დამუშავებულ გახეხილ კალიბრებთან შედარებით.

1913—1915 წლებში ავტომობილი დადიოდა კაპიტალურ შეკეთებამდე 10000-დან 30000 კმ-მდე, ამჟამად კი მანქანის გარბენა აღწევს და კიდევაც აჭარბებს 100.000 კმ. უკანასკნელი აიხსნება არა მხოლოდ გამოყენებული მასალების ხარისხის ამაღლებით, არამედ მნიშვნელოვნად დამუშავების ხარისხის და სიზუსტის გაზრდითაც.

ზოგიერთ საავტომობილო ქარხანაში ავტომობილის ღერძების სიმტკიცის გაზრდისათვის, უკანასკნელნი პრიალებიან ყველაზე უფრო სავასუსხისმგებლო ნაწილებში. მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტები მიგვითითებენ დადლილობის გამო დაშლისადმი მასალის

წინააღმდეგობის მნიშვნელოვან შემცირებაზე, განსაკუთრებით იმ ნაწილებში, რომლებიც განიცდიან ცვალებად დატვირთვას, თუკი ნაკეთის ზედაპირზე არის ვანაკაწრები. ეს



სურ. 296. უსწორობის ხარისხები, რომლებიც მიიღება სხვადასხვა სახის დამუშავების დროს.

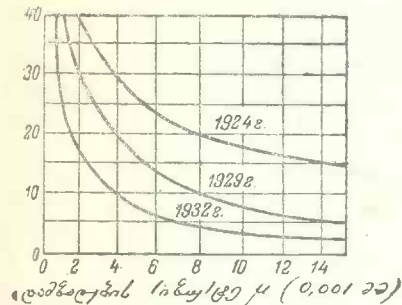
სრულებითაც არ ნიშნავს იმას, რომ საჭიროა ყოველთვის ნაკეთის წმინდად დამუშავების მიღწევა. 297-ე სურათზე მოყვანილია ნაკეთის დამუშავების ღირებულება მისი სიზუსტის მიხედვით სხვადასხვა წლებში. ჩვენ ვხედავთ რომ, ტექნიკის გაუმჯობესების გამო, ყოველ წელს ეცემა დამუშავების ღირებულება, მაგრამ უკანასკნელი ძალზე მატულობს სიზუსტის ხარისხის ზრდასთან ერთად. მაშასადამე, ეკონომიურად ძალზე არახელსაყრელი და არასასურველია გადამეტებული სიზუსტით ნაკეთის დამზადება, თუკი ამას არ მოითხოვს მისი სამსახურის პირობები.

ზოგჯერ ზედმეტად გლუვი (სარკისებრი) ზედაპირი შეიძლება მავნეცკი აღმოჩნდეს. მაგალითად, შემჩნეულია, რომ დგუშისა და ცილინდრის შორის ღრეჩოების შემცირების დროს ამ უკანასკნელის გლუვად გაპრილებული კედლები ხელს უწყობენ სწრაფ გაფუჭებას, გადამეტებულად გლუვ კედლებზე მამობის სუსტი გაჩერების გამო.

§ 140. სუფთად ჩაახშვა ხაზრისებრი

§ 7-ში უკვე აღნიშნული იყო ის დიდი გავლენა, რომელიც აქვს დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავეზე საჭრისზე ნაზრდის წარმოქმნას. იქვე აგრეთვე აღნიშნული იყო ის მკიდრო კავშირი, რომელიც არსებობს ნაზრდის წარმოქმნისა და ჭრის სიჩქარეს შორის. გამოკვლევების თანახმად ნაზრდი ქრება $v > 60 - 70$ მ/წუთ ჭრის სიჩქარეების დროს,

რამაც უფლება მოგვცა გავგეკეთებინა დასკვნა ν დიდი მნიშვნელობების ხელსაყრელობის შესახებ სუფთა ზედაპირის მისაღებად. ეს დასკვნა სრულებითაც არ ეწინააღმდეგება სა-



სურ. 297. სიხუსტეხე დამუშავების ღირებულების დამოკიდებულების მრუდები.

ხელოსნობის პრაქტიკას, სადაც ჩვეულებრივ სუფთა დამუშავება წარმოებს ძალზე მცირე ჰრის სიჩქარეების დროს, რადგან ამ შემთხვევაშიაც კორძი არ წარმოიქმნება ხოლმე.

გამოკვლევებით გამოკვეთილია, რომ ნაზრდი ჩნდება ეგრეთწოდებული კრიტიკული სიჩქარეების დროს 3—7,5 მ/წუთ ზღვრებში, γ წინა კუთხის სიდიდისა და გაცივების გეარობის მიხედვით (ფოლადის დამუშავების დროს მშრალად $\nu=3$ მ/წუთ-დან, ზეთით გაცივების დროს $\nu=4,25$ მ/წუთ-დან, ემულსით $\nu=7,5$ მ/წუთ-დან). უდიდეს სიმაღლეს კორძი აღწევდა $\nu=10-20$ მ/წუთ დროს (γ კუთხისა და ν მიწოდების მიხედვით) მინიმუმში კი—დაახლოებით $\nu=70$ მ/წუთ დროს.

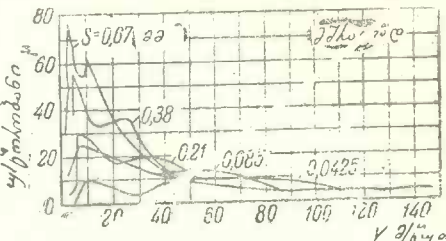
ამავე ხარისხით იცვლება დასამუშავებელი ზედაპირის სიგლუვეც, რაც მოჩანს 298-ე სურათის დიაგრამიდან, სადაც ν მიწოდების სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის აგებულია მრუდები კოორდინატთა სისტემაში, რომლის აბსცისთა ღერძზე გადადებულია ν მ/წუთ, ორდინატთა ღერძზე კი—უსწორობათა შესაბამისი სიმაღლეები მიკრონებში. ჩვენ გვაქვს მრუდების სწრაფი აღმავლობა მაქსიმუმამდე, შემდეგ კი ნელი დაშვება ჰრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად. რაც უფრო მეტია ν მიწოდება, მით უფრო მაღალია ნაზრდი, და მით უფრო ადრე წარმოიქმნება იგი, მასწავლამე, მით უფრო ქვევითაა კრიტიკული სიჩქარე.

ემულსით გაცივება მნიშვნელოვნად ამცირებს ნაზრდს და ზრდის კრიტიკულ სიჩქარეს. ემულსიის გავლენის ხარისხი მცირდება მიწოდებისა და ჰრის სიჩქარის ზრდასთან ერთად.

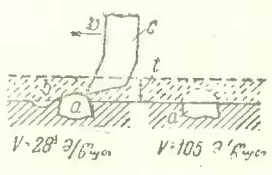
გამორკვეულია, რომ ν ცვლასთან ერთად უსწორობანი სიგრძევი და განივი მიმართულებით იცვლებიან ერთნაირი კანონზომიერებით, მასთან ν დიდი მნიშვნელობების დროს განივი უსწორობანი სიგრძეზე უფრო ნსხვილია.

ზედაპირის საუკეთესო ხარისხი მიიღება მცირე მიწოდებებისა და კრიტიკულზე ოდნავად მცირე ჰრის სიჩქარეების დროს (4—6 მ/წუთ ზღვრებში).

ძალზე დიდი სიჩქარეები, თუმცა უფრო ნაკლებად, ვიდრე კრიტიკულზე ქვევით მდებარე სიჩქარეები, დადებითად მოქმედებენ ზედაპირის ხარისხზე. მაგრამ იწყვევენ მთელ



სურ. 298 ჰრის სიჩქარისა და მიწოდების გავლენა დასამუშავებელ ზედაპირის სისუფთავეზე.



სურ. 299. სალი წინწკლების გავლენა ზედაპირის სისუფთავეზე.

ჩივ მეორე ხარისხიანი გარემოებებს, რომლებიც საჭიროა გავითვალისწინოთ მუშაობაში. უკანასკნელი მდგომარეობენ იმაში, რომ ძალზე დიდი ჭრის სიჩქარეების დროს აუცილებლად წარმოიშობიან ვიბრაციები თუ:

1) შეშავდება არასაკმაოდ ხისტად დამაგრებული ნაკეთი, მასთან აგრეთვე მცირე მდგრადი ანდა ფორმით არასიმეტრიული.

2) მუშაობა ხდება არასაკმაოდ მასიურ კონსტრუქციისა ანდა გაცვეთილ ჩარხებზე. შედეგად იზრდება მჭრელი წიბოს გაცვეთა, მცირდება საჭრისის შედეგობა ჭრის სიჩქარის გაზრდის გამო, დაბოლოს უარესდება დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი და კლებულობს ნაკეთის ზომების სიზუსტე.

ყოველ შემთხვევაში მომავალი ეკუთვნის მუშაობას დიდი ჭრის სიჩქარეებით. მჭრელი წიბოს მნიშვნელოვანი შედეგობის გაცვეთისა და გადახურებისადმი და, მასასადასრულებ, ნაკეთის ზომების შესაბამის სიზუსტეს აღწევენ თანამედროვე მაღალწარმადობის მქონე სალი შენადნობების გამოყენების გზით, და სპეციალური გაუმჯობესებული ჩარხები კი უზრუნველყოფენ საჭირო პირობებს დიდი სიჩქარეებით მუშაობისათვის.

299-ე სურათზე თვალსაჩინოადაა ნაჩვენები დიდი სიჩქარის კიდევ ერთი უპირატესობა, განსაკუთრებით დასაფასებელი სალი წინწკლების მქონე არათანაბარი მასალების დამუშავების დროს. იგი მდგომარეობს იარაღის მიერ ჭრის დიდ უნარში ჭრის მაღალი სიჩქარეების დროს, როგორც ვხედავთ, c საჭრისის სწორიდან ჭრიდა d სალ ნაწილს $v = 105$ მ/წუთ დროს, იმ დროს, როცა $v = 28$ მ/წუთ დროს საჭრისი უკან დაიხვეს d ნაწილსაგან, და შემდეგ, ზამპარიანობის გამო, შეიკრება მასალაში და არღვევს მას.

§ 141. ხაჭრისის ფორმის გავლენა დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავეზე

ჯერ განვიხილოთ საჭრისის წვეროს მომრგვალების რადიუსის როლი. 310-ე სურათზე გადიდებულ მასშტაბში ნაჩვენებია ნაკვალევი ნაკეთის ზედაპირზე, რომლებიც დატოვებულია r რადიუსით მომრგვალებული წვეროს მქონე საჭრისის მიერ, s მიწოდების დროს.

ამ დროს მიღებული სავარცხლების h სიმაღლე შეიძლება თეორიულად იქნას განსაზღვრული r და s მიხედვით შემდეგი განტოლებით:

$$h = r - a = r - r \cdot \cos \varphi,$$

სადაც

$$\varphi = \arcsin \frac{s}{2r}.$$

განვიხილოთ, თუ როგორ მოქმედებს r და s ცვალებადობა სავარცხლის სიმაღლეზე და ამით კი დასამუშავებელი ზედაპირის სიგლუვის ხარისხზე. ამისათვის გამოვიანგარიშებთ h მნიშვნელობას $s = \text{const}$ და r ცვალებადობის დროს, შემდეგში კი $r = \text{const}$ და s ცვალებადობის დროს; შედეგები მოთავსებულია 87-ე ცხრილში.

როგორც ვხედავთ, განაკაწრების სიღრმე მცირდება r მომრგვალების რადიუსის ზრდასა და s მიწოდების შემცირებასთან ერთად, მასთან მეორე ფაქტორი s მიწოდება მოქმედებს ამ მიმართულებით ლურჯ მძლავრად, ვიდრე პირველი.

ამრიგად, ვხედავთ, რომ სუფთა ზედაპირების მისაღებად განსაკუთრებით ხელსაყრელია მუშაობა მცირე მიწოდებებით, თუმცა ამ დროს შემცირდება იარაღის წარმადობა. ამ უკანასკნელის მნიშვნელოვნად გაზრდა s მიწოდების გაზრდის გზით შეიძლება მხოლოდ r მნიშვნელოვანი გაზრდის საშუალებით, რათა შევინარჩუნოთ დასამუშავებელი ზედაპირის სიგლუვე. r გაზრდით უსასრულობამდე, ე. ი. სწორი მჭრელი წიბოიანი ფართო სუფთად ამღები საჭრისის გამოყენებით (სურ. 145), შეიძლება მუშაობა ძალზე დიდი მი-
330.

წოდებით და შედეგად გლუვი ზედაპირის მიღება. მაგრამ ასეთი საჭრისები მისაღებია მხოლოდ მსხვილ, მასიურ ჩარხზე მტკიცედ დამაგრებულ ნაკეთებისათვის.

ცხრილი 87

ს	რ	h	ს	რ	h
მილიმეტრებში			მილიმეტრებში		
0,8	0,5	0,2	1,6	1	0,4
—	1,0	0,085	0,8	—	0,085
—	2,0	0,04	0,4	—	0,04
—	4,0	0,02	0,2	—	0,005

ამგვარი საჭრისები, იღებენ ფართო, მაგრამ ძალზე თხელ ბურბუშელას, განიცდიან მნიშვნელოვან ჰინვებს, განსაკუთრებით ფოლადის ნაკეთების დამუშავების დროს, რადგან ხვედრით წნევა სწრაფად იზრდება ასაღები ბურბუშელის სისქის შემცირებასთან ერთად. ამის შედეგად ხშირად აღვილი აქვს ვიბრაცია; ზამბარიანობის გამო საჭრისი შეიჭრება ნაკეთის მასალაში და დასამუშავებელი ზედაპირი ზიანდება. თუჯის დამუშავების დროს, რომლის ჭრისადმი წინააღმდეგობა მნიშვნელოვნად უფრო დაბლაა, ვიდრე ფოლადისა, დიდი წარმატებით გამოიყენებინა ფართო საჭრისები.

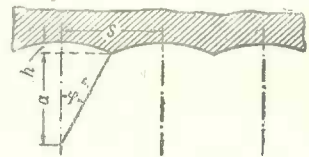
მაგნე შედეგების შესამცირებლად ზამბარიანობის დროს მიზართავე შევამდეგ ხერხებს:

- 1) იყენებენ სპეციალურ ზამბაროვან საჭრისებს, რომელთა ფორმაც უზრუნველყოფს მკრელი წიბოს მოშორებას დასამუშავებელ ზედაპირიდან ზამბარიანობის დროს;
- 2) ამავე მოსაზრებებით ნორმალური სუფთად დამუშავებული საჭრისის მკრელ წიბოს აყენებენ ჩარხის ცენტრების ხაზზე (ან ქვევით);
- 3) საჭრისის უკანა წახნაზე მკრელი წიბოს გასწვრივ ალესავენ დაახლოებით 0,5 მმ სიგანის ფასკას ალესვის უკანა კუთხით $\alpha = 0$. ეს ამცირებს დასამუშავებელ მასალაში საჭრისის წვეროს შეჭრის საშიშროებას და, გარდა ამისა, უფრო დიდხანს ინახავს მკრელ წიბოს მახვილად;
- 4) იყენებენ უხვ გაცივებას კარგი მაპოხიერებელი სითხეებით. მცენარეულის ზეთების გამოყენება, როგორც ცნობილია, მნიშვნელოვნად ამცირებს ბურბუშელის წნევას საჭრისზე და ხელს უწყობს სუფთა ზედაპირის მიღებას.

ზედაპირის სისუფთავეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე γ წინა კუთხეც. მაგალითად, ფოლადის დამუშავების დროს მშრალად $\gamma = 12-30^\circ$ ზღვრებში აღებულ სხვადასხვა კუთხიან საჭრისით $\nu = 1$ მ/წუთ და $s = 0,67$ მმ/ბრ დროს უდიდესი უსწორობანი აღმოჩენილა $\gamma = 23^\circ$ კუთხიან საჭრისის გამოყენების დროს, იმ დროს, როცა გაცივებით მუშაობის შემთხვევაში ზედაპირი სისტემატურად უმჯობესდება γ ზრდასთან ერთად.

§ 142. დასამუშავებელი მასალის გავლენა ზედაპირის სისუფთავეზე

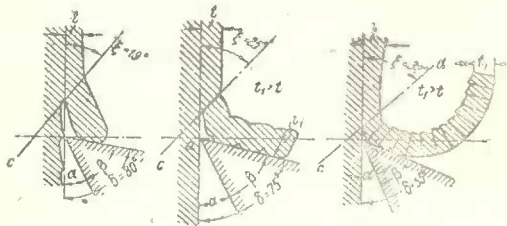
დასამუშავებელი მასალის გვარობის მიხედვით ძალზე იცვლება ბურბუშელის წარმოქმნის ხასიათი, რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენს დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხ-



სურ. 360. მიწოდებისა და საჭრისის წვეროს მოშორვლების რადიუსის გავლენა დასამუშავებელი ზედაპირის სიგლუვეზე.

ზე. 301-ე სურათზე სქემატურად წარმოდგენილია ბურბუშელის სამი სახე სხვადასხვა ლითონის დამუშავების დროს.

პირველ შემთხვევაში ძალზე ბლანტი და მტკიცე ლითონი იძლევა ბურბუშელას, რომელიც ხასიათდება ძალზე დიდი დეფორმაციით და დიდი წამსწრე ნაბზარგით ნაკეთის ზედაპირზე. ბურბუშელა ცილდება მსხვილი ელემენტების სახით და დიდი წინააღმდეგობით მაღალი ტემპერატურის დროს, რომლებიც თავის მხრივ, განიცდიან მნიშვნელოვან მერყეობებს. იგი ხასიათდება აგრეთვე დიდი ძვრის კუთხით. ლითონის ამაღლებული სისალის დროს ეს ბურბუშელა გადადის ჩამოხეთქვის ბურბუშელად და იძლევა ამოგლეჯილ, უსწორო ზედაპირს.



სურ. 301. ზედაპირების ხარისხი სხვადასხვა დასამუშავებელი მასალების დამუშავების დროს.

ყველაზე უფრო სუფთა ზედაპირი მიიღება რბილი ლითონების დამუშავების დროს, რომლებიც იძლევიან განუწყვეტელ ბურბუშელას, თანდათან გადამავალს ძვრის ბურბუშელაში (შემთხვევა 301 III სურათზე). აქ ტეხადი, მაგრამ სწორი ბურბუშელა ჩამოიღდება უმცირესი წინააღმდეგობისა და უმცირესი ტემპერატურის დროს.

ცხრილი 88

ფოლადის №	ნაზღირბადი %	კაუბადი %	მანგანუმი %	ფოსფორი %	გოგირდი %
1	0,45	0,26	0,72	0,025	0,031
2	0,14	0,19	0,50	0,020	0,032
3	0,15	—	0,65	0,025	0,176
4	0,04	—	0,38	0,128	0,056
5	0,08	—	0,50	0,108	0,054
6	0,09	—	0,93	0,103	0,139
7	0,17	0,22	0	0,027	0,027
8.	0,20	1,03	1,14	0,017	0,038

ამგვარ ბურბუშელას ჩვეულებრივად იღებენ რბილი ფოლადის დამუშავების დროს, რომელსაც აქვს ფოსფორისა და გოგირდის მნიშვნელოვანი ჩამატებანი

301-ე სურათზე ვამჩნევთ, თუ როგორ იცვლება წამსწრები ნაბზარის მიმართულება ძვრის კუთხის მიხედვით. მ კუთხის ზრდასთან ერთად, წამსწრები ნაბზარი უფრო ღრმად შეაღწევს დასამუშავებელ მასალაში და ამით უარესდება დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი.

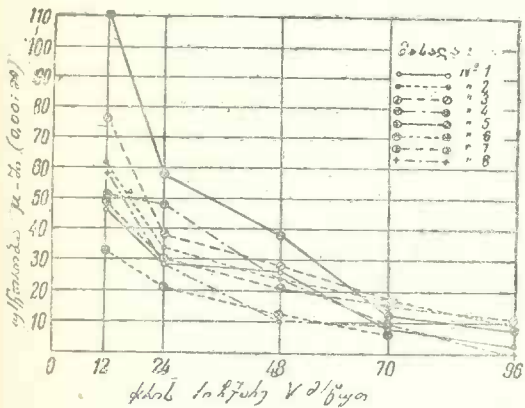
ჩატარებულ იქნა სპეციალური გამოკვლევები ზედაპირის სისუფთავეზე დასამუშავებელი ფოლადის ქიმიური შემადგენლობის გავლენის განსაზღვრის მიზნით. ცდები ჩატარებული იყო ფოლადებზე, რომელთა ქიმიური შემადგენლობაც აღნიშნულია 88-ე ცხრილში.

ხდებოდა ნაკეთის ზედაპირზე უსწორობათა სიდიდის განსაზღვრა სხვადასხვა სიჩქარეებით დამუშავების დროს. ცდების შედეგები მოთავსებულია 302 ე სურათზე დიაგრამის სახით, რომლის აბსცისითა ღერძზე გადადებულია v მ/წუთ მნიშვნელობები, ორდინატთა ღერძზე კი — უსწორობათა შესაბამისი სიდიდეები მიკრონებში.

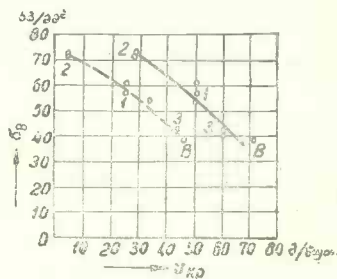
თუ ყველა გამოსაცდელ ფოლადს დაევალებოდა მწკრივში ჰრის სიჩქარეების შესაბამისად, მასთან როცა უსწორობათა სიღრმე აღემატება 20 μ , მაშინ მივიღებთ:

ფოლადის №	6	1	8	7	4	2	5	3
v მ/წუთ	25	32	36	48	53	59	63	64.

თუ გაჭარჩევთ უკანასკნელ მწკრივს და შევადარებთ მას 88-ე ცხრილთან, შეიძლება გაგაქეთოთ დასკვნა დასამუშავებელ ზედაპირის სისუფთავეზე ფოსფორისა და გოგირდის ზღსაყრელ გავლენის შესახებ ფოლადში ნახშირბადის შესაბამისი შემცველობის დროს. საუკეთესო საავტომატო ფოლადები, რომლებაც ადვილად უნდა დამუშავდნენ და მოგვეცნ სუფთა ზედაპირები, შეიცავენ ნახშირბადის მცირე რაოდენობას ($C=0,08-0,16\%$), მაგრამ მდიდარი არიან გოგირდით, და ფოსფორით ($S=0,10-0,18\%$; $P=0,09-0,13\%$) და აგრეთვე მანგანუმით ($Mn=0,6-0,9\%$). მექანიკურ თვისებებზე გოგირდის შემცველობა ფოსფორთან შედარებით უფრო ნაკლებად იჩენს თავს; ფოსფორი ზრდის σ_B წინააღობას გაწყვეტისადმი, H_B სისალეს, ამცირებს წაგრძელებას, განიც შეეუშვას და განსაკუთრებით წინააღმდეგობას დარტყმებისადმი. ყოველივე ეს ერთად აღებული ხელს უწყობს ჰრის შემსუბუქებას და გლუვი ზედაპირის მიღებას. საავტომატო ფოლადში არ დაიშვება ნახშირბადის დიდი რაოდენობა ძლიერ



სურ. 302. ჰრის სიჩქარის გავლენა სხვადასხვა ხარისხის ფოლადის დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავეზე.



სურ. 303. σ_B გაწყვეტისადმი წინააღმდეგობის გავლენა კრიტიკულ სიჩქარეზე.

სიმიფის თავიდან ასაცილებლად, რომელიც ისედაც საკმარისია ფოსფორისა და გოგირდის თანაბონიერების დროს. უბრალო რბილ ფოლადში ნახშირბადის შემცველობის გაზრდა თუმცა ცვლის ჰრისადმი წინააღმდეგობას, მაგრამ მნიშვნელოვნად აუზღობებს ზერბუთების მოცილებას და ამით კი დასამუშავებელი ზედაპირის მდგომარეობას.

303-ე სურათზე ნაჩვენებია, რომ σ_B გაწყვეტისადმი წინააღმდეგობის ზრდასთან ერთად σ_B კრიტიკული სიჩქარე (როლის დროსაც ზედაპირის ხორკლიანობა მკვეთრად იზრდება) თანდათან მცირდება როგორც მშრალად ჰრის დროს, ისე ემულსიით გაცივების შემთხვევაში (მთლიანი მრუდი).

დაბოლოს, დიდი მნიშვნელობა აქვს მასალის მიკროსტრუქტურას. შემჩნეულია, რომ ეტექტოიდამდე ფოლადები იძლევიან დამუშავებელი ზედაპირის უკეთეს ხარისხს ფირფიტოვან პერლიტის დროს, ვიდრე ფოლადები ეტექტოიდობის შემდეგ სფეროიდალურ პერლიტის დროს. სტალინის სახელობის ავტოქარხნის გამოცდილებამ დაგვანახვა, რომ

ფოლადის თერმული დამუშავება (ნორმალიზაცია), ხდიდა რა მიკროსტრუქტურას ერთ-გვაროვნად, უზრუნველყოფდა დამუშავებული ზედაპირის მნიშვნელოვნად უფრო მაღალ ხარისხს.

§ 143. დასაშუშავებელი ზემდაპირის სიხუშობაზე ჩარხისა და იარაღის მიხედვით

როგორც უკვე აღნიშნული იყო, საჭრისის შემდეგ ნაკეთის სუფთა გლუვი ზედაპირი მიიღება მხოლოდ ჩარხის ნაწილებისა და ნაკეთის ვიბრაციის უქონლობის დროს, რომლის მიღებაც განსაკუთრებით მოსალოდნელია დიდი ჰრის სიჩქარეების შემთხვევაში. სალი შენადნობები, რომლებიც კარგად ეწინააღმდეგებიან გადახურებას და გაცვეთას, ვერ უძლებენ ცვალებად დატვირთვებს და ფხეიერდებიან; ეს, ამავ დროს, არ უშლის მათ საკმაოდ კარგად იმუშაონ დარტყმაზე, თუკი უქანასკნელი სალ შენადნობში არ იწვევს გამწყვეტ ტინეებს, რომლებსაც იგი ზუსტად ეწინააღმდეგება.

ამიტომ ამ ბოლო დროს, წარმოებაში სალი შენადნობების ფართო გამოყენებასთან დაკავშირებით, განსაკუთრებით გულდასმით ავებენ ჩარხებსა და იარაღებს მუშაობაში შესაძლო ვიბრაციების მაქსიმალურად შემცირების მიზნით. ამისათვის იღებენ შემდეგ ზომებს:

- 1) ზრდიან საჭრისის ან შედგენილი საჭრისის შემთხვევაში დამჭერის ტანის განივი კვეთის ზომებს და ამცირებენ მის გამოშვებას;
- 2) საჭრისს ამავრებენ ჩარხზე იმ ანკარიშით, რომ ბურბუშელა მიიმართებოდეს ქვევით, მინიმალურად ეხებოდეს იარაღსა და ნაკეთს, და რომ საჭრისს ამავ დროს ქონდეს უდიდესი სიხისტე;
- 3) საჭრისის წინა წახნაგს ალესავენ სფერული ზედაპირით, რაც დასაშვებია სუფთად დამუშავების დროს; საჭრისის თვით წიბოს მდგომარეობაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს დასამუშავებელი ზედაპირის ხარისხზე: აბსოლუტურად გლუვი, მახვილი მჭრელი წიბო ისე, როგორც საჭრისის გლუვი ვაპრიალებული წინა და უქანა წახნაგებიც, აქ თანაშობენ სერიოზულ დაღებით როლს;
- 4) ნაკეთს მჭიდროდ ამავრებენ ცენტრებში ან ვახნაში და მასთან ნაკეთის საკმაოდ დიდი სიგრძისა და მცირე დიამეტრის დროს მას აბრჯენენ მტკიცე ლუნეტებით.
- 5) ზრდიან ჩარხის მთელი კონსტრუქციის მასიურობასა და სიხისტეს, რისთვისაც სიჩქარეთა ყუთი და მაგიდები მიმმართველებით მტკიცდებიან სიხისტის წიბოებით.
- 6) გადამცემ მოტორს დგამენ ცალკე ჩარხის გარეთ, სპეციალურ, ვიბრაციების მშთანთქმელ, საძირკველზე.
- 7) ამცირებენ გადამცემი კბილების რაოდენობას, მათი შეცვლით ელასტიკური დედური ან ჰიდროგადაცემებით;
- 8) 400 ბრ/წუთ სიჩქარეზე ზევით მბრუნავ ჩარხის ყველა ნაწილებს აწონასწორებენ დინამიკურად;
- 9) გადამცემ ბორბალს აერთებენ მუშა შპინდელთან ელასტიკური ქუროს საშუალებით, მოულოდნელი დარტყმების ასაცილებლად ჩარხის გაშვების დროს;
- 10) სწრაფი უკუქცევადი ძრაობიანი ნაწილების მქონე ჩარხებისათვის შემოაკეთებ სპეციალური პნევმატიკური მოწყობილობანი, რომლებიც შთანთქავენ დარტყმებს მოძრაობის მიმართულების შეცვლის დროს.

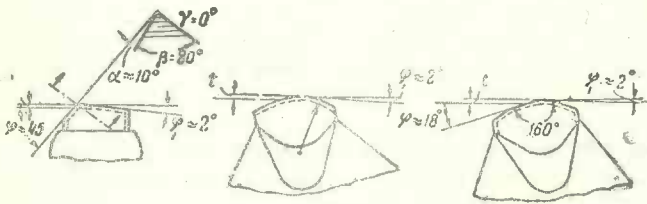
უქანასკნელი ლონისძიებანი განსაკუთრებით მიზანშეწონილი არიან აღმასის საჭრისების გამოყენების შემთხვევაში, რომლებიც გვიჩვენებენ დიდ წარმალობას და დამუშავებული ზედაპირის მაღალ ხარისხს.

ნაკეთის ზუსტი ზომებისა და ძალზე გლუვი ზედაპირების მიღებისათვის ხშირად იყენებენ ალმასის საჭრისებს. როგორც ცნობილია, ალმასი ყველა არსებულ მასალეში განირჩევა უდიდესი სისალით, და აგრეთვე გაცვეთისადმი წინააღმდეგობით. ამიტომ იგი განსაკუთრებით გამოსადეგია იქ, სადაც დამუშავებულ ხოლმე მასობრივი რაოდენობით და დიდ სიზუსტით ისეთი ნაკეთები, რომლებიც დამზადებულნი არიან მჭრელი წიბოს ძლიერი გამცვეთი მასალეებისაგან (როგორცაა: ფიბრა, რეზინი, საიზოლაციო ნივთიერება, და აგრეთვე ბრინჯაო, თითბერი, ალუმინი და მსუბუქი შენადნობები). არ გვირჩევენ ძალზე სალი ფოლადისა და თუჯის დამუშავებას ალმასის სიმყიფის გამო.

თუ საჭიროა განსაკუთრებით ზუსტი და გლუვი ზედაპირი, მაშინ იყენებენ რომაც დამუშავებას: სალი შენადნობებით წინასწარ გაჩარხვას, დაახლოებით $t=0,1-0,25$ მმ ჰრის სიღრმით და შემდეგში ალმასის საჭრისით სუფთა დამუშავებას $t=0,03-0,05$ მმ სიღრმითა და $s=0,15-0,03$ მმ/ბრ მიწოდებით. ამ შემთხვევაში ადვილია ჩვეულებრივ ჩარხებზე დამუშავების სიზუსტის მიღება 0,01 მმ-მდე და უფრო ნაკლებიც და სპეციალურ ჩარხებზე კი კიდევ უფრო მეტი სიზუსტეც (0,005 მმ).

304-ე სურათზე ნაჩვენებია ალმასის საჭრისების ყველაზე უფრო მიღებული ფორმები: 1) ერთი სწორი მჭრელი წიბოთი—განსაკუთრებით მოხერხებულია გაჩარხვის შემთხვევაში, 2) მრგვალი მჭრელი წიბოთი, რომელიც უზრუნველყოფს ძალზე გლუვ დასამუშავებელ ზედაპირს, 3) რამდენიმე მჭრელი წიბოთი—გვიჩვენებს განსაკუთრებით დიდ წარმადობას გარე გაჩარხვის დროს, მაგრამ შედარებით წონა ფორმასთან ზედაპირის უფრო ცუდ ხარისხს.

ალმასებისათვის დამახასიათებელი სიმყიფის გამო, ჰრის კუთხეები უნდა იყვნენ საკმაოდ დიდი: ისინი აყავთ 90° -მდე, ზოგჯერ კი უფრო მეტიც, ე. ი. γ წინა კუთხეს აკეთებენ უარყოფითსაც კი, ამავე დროს α უკანა კუთხეს ტოვებენ 10° -მდე ზღვრებში. ასე მაგალითად, თითბერისა და რბილი ფოლადის დამუშავების დროს ალმასის წამახვილების კუთხე აიღება $\beta=95^\circ$, წინა კუთხე კი $\gamma=-15^\circ$. რაც უფრო სალია დასამუშავებელი მასალა, მით უფრო მეტი უარყოფითი მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს γ წინა კუთხეს. პირიქით ალუმინის დამუშავების დროს კუთხე $\gamma=0$ და კუთხე $\beta=85^\circ$.

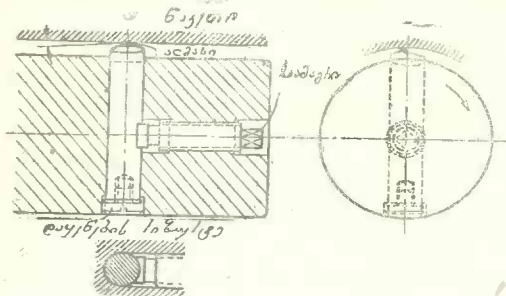


სურ. 304. ალმასის საჭრისები.

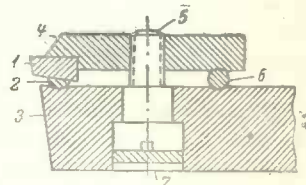
305-ე სურათზე ნაჩვენებია სახარატო ალმასის იარაღის მოხერხებული ფორმა, რომელსაც აქვს ზუსტი რეგულირება ზრახნის საშუალებით. აქ ალმასი დაკავშირებულია დამჭერში: გარე ჩარხვის დროს მოხერხებულია ალმასის საჭრისების ჩამაგრება სპეციალურ დამჭერში ბურთულა ქვესადების საშუალებით, 306-ე სურათის თანახმად, ალმასს დააყენებენ იმგვარად, რომ კრისტალიზაციის სიბრტყეები (იგივე დასკდომის სიბრტყეების დამუშავების დროს) მდებარეობდნენ მისი წინა წახნაგის პარალელურად. კრისტალიზაციის სიბრტყეების მდებარეობა განისაზღვრება უბრალო საცდელი გახეხვით, რადგან ალმასი უფრო ადვილად იხეხება ამ სიბრტყეების პარალელურ მიმართულებებით.

ალმასი სალ შენადნობ პობედიტზე 400—500-ჯერ უფრო ძვირია, მაგრამ მისი მედეგობა 1500—2000-ჯერ უფრო მაღალია. ალმასის მიერ დასაშვები ჭრის სიჩქარე ძალზე მაღალია (200—1000 მ/წთ); ზუსტად არ შეიძლება იქნას აღნიშნული, რადგან იგი დამოკიდებულია ჩარხზე, ნაკეთზე, მათ გაწონასწორებაზე. მასთან მუშაობენ მცირე t ჭრის სიღრმეებით ($t=0,1—0,25$) და ძალზე მცირე s მიწოდებებით (წახნაგოვან ალმასებისათვის $s=0,03—0,08$ მმ/ზრ, ალმასებისათვის მრგვალი მჭრელი წიბოთი მიწოდება ორჯერ უფრო ნაკლებია).

ალმასის საჭრისების მედეგობა გაიზომება არა საათებში მუშაობით გადაღესამდე, არამედ ასეულ საათებში (200—1200) და ხშირად გამოისახება გავლილი გზის ათასი კი-



სურ. 306. შიგამჩარხავი ალმასის საჭრისი.



სურ. 306. დამჭერი ალმასისათვის. 1—ალმასი; 2—საყრდნობი ბურთულა; 3—დამჭერი; 4—ფირფიტები ალმასის დასამაგრებლად; 5—დასამაგრებელი ალმასი; 6—საყრდნობი ბურთულა; 7—ჩასადები ფირფიტა.

ლომეტრით. ასე მაგალითად, 50 მმ დიამეტრისა და თითოეულის 60 მმ სიგრძის ფსფორიან ბრინჯაოს მილისების ჩარხვის დროს ალმასის საჭრისით მოხერხდა გადაღესამდე 70.000 ცალის დამუშავება..

ალმასის გამოყენება განსაკუთრებით ხელსაყრელია საპასუხისმგებლო ოპერაციებში, როგორც მაგალითად კოლექტორების გაჩარხვა, სადაც ვეიხდება სპილენძის ქარსთან ერთად დამუშავება და სადაც საჭიროა განსაკუთრებით გლუვად დამუშავებული ზედაპირები. აქ საუკეთესო შედეგები მოგვცეს ალმასის საჭრისებმა; რომლებიც მუშაობდნენ 2260 მ/წთ სიჩქარით ($n=600$ ბრ/წთ, $D=1200$ მმ) $t=0,6$ მმ ჭრის სიღრმით და $s=0,07$ მმ/ზრ მიწოდების დროს; ორი კოლექტორის დამუშავების დრო 240 მმ სივანის დროს შეადგენდა მხოლოდ 5 წუთს.

ჭრის პროცესში ალმასის მჭრელი წიბოს მცირე დაზღუნება (0,006—0,01 მმ) უზრუნველყოფს სწორ პრიელა ზედაპირს, რომელსაც არ გვაძლევს ძალზე წმინდა ხეხეაც კი, მაგრამ ამ დროს ნაკეთის სიზუსტე კლებულობს.

ალმასი კარგად მუშაობს ვაუტივებლადც. უკანასკნელი სასურველია მხოლოდ ბურბუშელის მოსაცილებლად, რისთვისაც ზოგჯერ იყენებენ შექუმულ ჰაერს. ალმასის ალესვა შეიძლება სამჯერ, ოთხჯერ და ხუთჯერაც კი, რამდენიმე მჭრელი პირით მომარაგებული ალმასის სამსახურის საერთო ვადა მნიშვნელოვნად იზრდება ყველა მჭრელი პირების თანმიმდევრული გამოყენების გზით. საჭიროა ამავე დროს გვახსოვდეს ალმასის უცარი გაფუჭების შესაძლებლობის შესახებ გაუფრთხილებელი დაყენების გამო; ამიტომ მუშაობა ყოველთვის უნდა ხდებოდეს ჩართულ თვითვლისა და მბრუნავი ნაკეთის დროს.

ალმასის იარაღი მოითხოვს მის მიმართ განსაკუთრებულ ფრთხილ მოპყრობას: მუშაობა უნდა ხდებოდეს ძალზე მცირე ბურბუშელით დარტყმების სრული უქონლობის დროს. როგორც სალი შენადნობებიც, ეს საჭრისებიც გამოგვყავს ბურბუშელიდან მანამ,

ვიდრე ნაკეთი გაჩერდებოდას. საქაროა გვახსოვდეს, რომ აღმასების ალესვა—ძნელი რაჲ-რაცია და მას უნდა მივმართოთ რაც შეიძლება იშვიათად.

§ 145. ჰონინგ-პროცესი

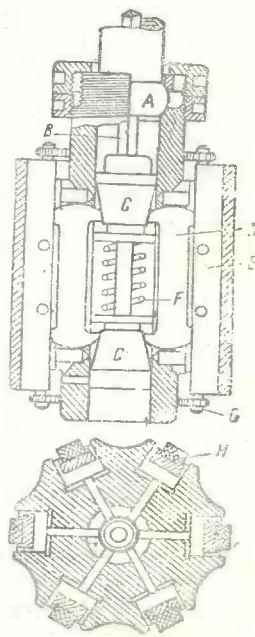
ჰონინგ-პროცესი წარმოადგენს ნახერტებისა და ლილვების განსაკუთრებით წმინდა ხეხვის ერთ-ერთ სახეს ისეთი იარაღის (ჰონის) საშუალებით, რომელსაც აქვს სწორ-ხაზობრივი უკუქცევადი და ერთდროულად ბრუნვითი მოძრაობა. იგი ფართოდ გამოიყენება ავიო-და ავტოსატრაქტორო მრეწველობაში ცილინდრების შრვა კედლების სუფთად დამუშავების დროს ისეთი იდეალურად გლუვი ზედაპირების მისაღებად, რომლებიც აღარ მოითხოვენ შემდგომ მიმუშავებას.

თვით იარაღი—ჰონი წარმოადგენს თავისთავად დამჭერს მასში ჩადგმულ 4 ან 6 სწორკუთხა აბრაზიული ძელაკით (წვრილმარცვლოვან, კარბორუნდის). 307-ე სურათზე ნაჩვენებია ხელსაწყო. *H* აბრაზიული ძელაკების *E* დამჭერებში მოთავსებული არიან ცილინდრული კორპუსის კილოებში და ეყრდნობიან *D* თამასებს. *D* თამასები განიბრჯენებიან ორი *C-C* კონუსით, რომლებიც მოჭერილი არიან *B* ჰანჭიკით. *F* ზამბარა ცდილობს გასწიოს *C-C* კონუსები. *G* ზამბაროვანი რგოლები ზევიდან და ქვევიდან აჭერენ *E* დამჭერებს *D* თამასებს. *H* ძელაკები მაგრდებათ დამჭერებში ტყვიისა ანდა რბლით თეთრი ლითონის ამოვსების გზით. შეიძლება დამჭერის ძელაკებთან ერთად ავტომატური ან ხელით გაწვევა რადიალური მიმართულებით მცირე სიდიდებზე, რომელიც დამოკიდებულია დამუშავების ნამატზე. სარკისებრად დამუშავებული ზედაპირის მისაღებად, ჰონინგობას ყოფენ ორ ოპერაციად: 1) შავად ჰონინგობა 80—180 მარცვლოვნობის მქონე ძელაკების საშუალებით და 2) სუფთა ჰონინგობა, რომელიც ხდება 300—500 მარცვლოვანობის მქონე ძელაკებით და რომელიც უხრუნველყოფს ზედაპირის სარკისებრიობას, წინასწარი ჰონინგობით მიღწეულ ზომების უცვლელობის დროს.

შემზნეულია, რომ განსაკუთრებით სუფთა ზედაპირი მიიღება იმ შემთხვევაში, როცა ბრუნვისა და სწორ-ხაზობრივი უკუქცევადი მოძრაობები შეეფარდებიან ერთმანეთს, ისე როგორც 2,4:1,1; ჰონის ბრუნვათა რიცხვი ძელაკ ბრუნვის ჯერადია და არ ემთხვევა მის ხსენარნულია).

პრაქტიკაში გამოიყენება ჰონინგობის შემდეგი რეჟიმები: ფოლადის დამუშავების დროს ჰონის ბრუნვის სიჩქარე $v=45-60$ მ/წუთ და სწორ-ხაზობრივი უკუქცევადი მოძრაობა $s=12$ მ/წუთ და თუჯის დამუშავების დროს—შესაბამისად $v=60-75$ მ/წუთ და $s=15-23$ მ/წუთ. ჰონების წარმატებით მუშაობისათვის ხდება ნაერთი მორწყვა, რომელიც ჩამორცხს ბურბუშელას და იცავს ნაკეთს გადახურებისაგან.

ჰონინგობა წარმოადგენს სუფთად დამუშავების ოპერაციას განზლის, გაჩარხის, გაბროვისა და ვახხვის შემდეგ. დამუშავების სიხუსტე ძალზე მაღალია—0,005—0,025 მმ, მასთან განაკაურების სიღრმე დაიყვანება ხოლმე $h=0,0025$ მილიმეტრამდე. მართალია



სურ. 307. ჰონი.

ჰონინგობის ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ მას გამშლელის მსგავსად არ შეუძლია მიმართულების შეცვლა ანდა უკვე დამზადებული ნახვრეტის მრულხაზოვანი ღერძის თავიდან აშორება.

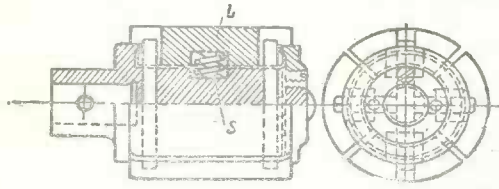
ნამატები ჰონინგობის დროს, წინა ოპერაციის ხასიათის მიხედვით, მერყეობს დაახლოებით:

გაჩარხული ცილინდრების დროს	0,05—0 08 მმ;
გაშლილი (გამშლელით) "	0,02—0 04 „
გახეხილი "	0,01 მმ და ნაკლები ¹

დაახლოებით 500 მმ დიამეტრის მსხვილი ცილინდრებისათვის ნამატი აყავთ 0,12—0,2 მმ-მდე.

§ 146. ლაპინგ-პროცესი (Lapping)

ლაპინგი—ინგლისური სიტყვაა, მისი ზუსტად გადმოთარგმნა ჩვენს ენაზე შეუძლებელია, მაგრამ თავისი არსით ეს პროცესი შეიძლება მივახსავსოთ ძალზე სუფთად დამუშავებას—დაყვანას, მიხეხვას, გაპრიალებას და ა. შ. იგი ხორციელდება აბრაზიული ფხვნილის საშუალებით, რომელიც დაიყრება დასამუშავებელ მასალაზე უფრო რბილი მასალიდან გაკეთებულ მიმხეხის ზედაპირზე, როგორც მაგალითად, სპილენძი, ტყვია, რუხი მკერივი წვრილმარცვლოვანი თუჯი; ეს საჭიროა იმისათვის, რომ სახეხი ნივთიერების მარცვლები მტკიცედ იქნან ჩაპერილი მიმხეხში და არავითარ შემთხვევაში არ შეიჭრან დასამუშავებელი ნაკეთის კედლებში.



სურ. 303. მიმხეხი.

308-ე სურათზე ნაჩვენებია მიმხეხი, შემდგარი 4 თუჯის L სეგმენტისაგან, რომლებიც მიჭერილი არიან დასამუშავებელი ცილინდრის კედლებზე S ზამბარაკებით (დაახლოებით 15 კვ ძალით). მიმხეხებზე დასაყრელი მაპრიალებელი აბრაზიული მასალები მრავალგვაროვანია; მათ ეკუთვნიან წუთიერები, ე. ი. აბრაზიული ფხვნილის უწყრილმანესი ნაწილაკები (კორუნდი, ზუმფარა, მინა),

რომლებიც მიიღებიან დალექვით წყლიდან, სადაც ისინი იმყოფებოდნენ აწონილ მდგომარეობაში (იხ. § 124). ასე, მაგალითად, 30' წუთიერებს აქვთ ზომა 0,014—0,020 მმ, ანდა 240' წუთიერებს შესაბამისად 0,005—0,007 მმ.

ხშირად იყენებენ კრაუკუსს (რკინის ქანგი), ქრომის ქანგს, უფრო იშვიათად კარბიდ-ვოლფრამის ფხვნილს, ალმასის ფხვნილს და დიდი წარმატებით ГОИ ს (სახელმწიფო ოპტიკური ინსტიტუტი) პასტებს, რომლებიც შედგებიან ქრომის ქანგისა (76—80%), სილიკატებისა—გამომშრალი კაჟბადის სიმჟავისა (2—3%), სტეარინისა (15—20%) და ნავთისაგან (2%)¹. ჩვეულებრივი მაპრიალებელი ხსნარის შემადგენლობა დაახლოებით ასეთია: 7 ნაწილი მცენარეული (ბოლოკის) ზეთი, 1 ნაწილი ხავთი და 1 ნაწილი აბრაზივი.

საჭიროა აღინიშნოს, რომ მაპრიალებელი შემადგენლები მოქმედებენ არა იმდენად მექანიკურად (გაცვეთა ან კრა), რამდენად ქიმიურად. აკად. გრებენშჩიკოვის გამოკვლევებმა დაგვანახვეს, რომ ლეპინგ-პროცესის დროს დასამუშავებელი ნაკეთის განსაკუთრებ-

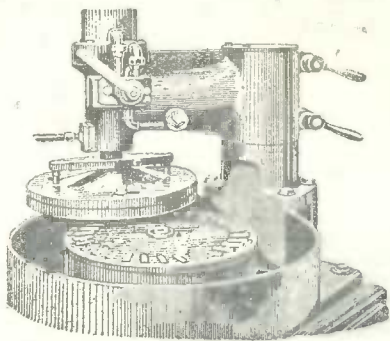
¹ Стяжки и инструмент № 2 და 7, 1936.

ბით თხელ ზედაპირულ ფენაში ადგილი აქვს ქიმიურ რეაქციას. აქ მაპირაღებელ სითხისა (განსაკუთრებით FOH -ის პასტისა) და ნაკეთის მოლეკულებს შორის ქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად, ნაკეთის ზედაპირზე წარმოიქმნება განსაკუთრებული ქიმიური შემადგენლობის თითქოს რბილი თხელი კანი, რომელიც ადვილად შორდება მიმხეხით. ამით შეიძლება აეხსნათ ის, რომ სალი წრთობილი ნაკეთები საქმაოდ სწრაფად გაპრი-
აღდებიან ხოლმე უფრო რბილი თუჯის მიმხეხებით.

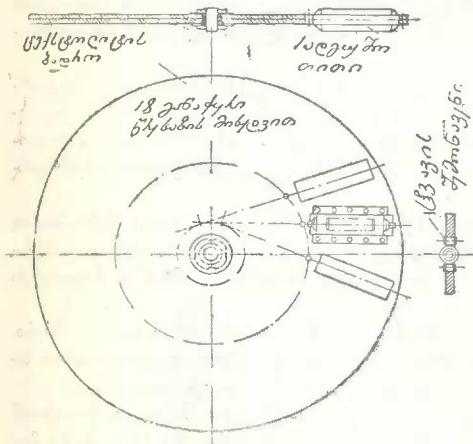
წინათ Lapping-პროცესი იყო ხელით შესასრულებელი ოპერაცია და მხოლოდ უკანასკნელ წლებში გაჩნდნენ სპეციალური ჩარხები ნაკეთებისათვის საბოლოო ზომისა და საკისებრი პრიალის მისაცემად.

ხელის მიმხეხები წარმოადგენენ იმ ნაკეთების ზედაპირების გადაღებულ პირს, რომლებიც საბოლოოდ უნდა იქნან დამუშავებული. ასე, მაგალითად, ლილვაკებიანთვის გამოყენებულია მიმხეხები გაჭრილი მილისების სახით, სახრანკუთხვილიო რგოლების საბოლოოდ დასამუშავებლად—მიმხეხები კუთხვილიანი გასაწვევი საცობების სახით და ა. შ.

სამანქანო მიმხეხები როგორც ბრტყელ, ისე ცილინდრულ ნაკეთებისათვის წარმოადგენენ თუჯის დისკოებს, რომელთა შორის თავსდება რიკული ნაკეთებიანად (სურ. 309). მუშა დისკოები (ერთი ან ორივე) ბრუნავენ, რიკული ნაკეთებიანად კი ექსცენტრიკის საშუალებით ასრულებს რხევად მოძრაობას; ამავე დროს ყოველი ნაკეთი მოთავსებული რიკლის ბუდეში, შემოწერს მარყუქისებერ ტრაექტორიას.



სურ. 309. მექანიკური მიმხეხი.



სურ. 310. ნაწილების განლაგება საბოლოო სუფთა დამუშავების დროს.

ცილინდრული ნაკეთების საბოლოო დამუშავების დროს, ისინი ბრუნავენ და გადაადგილდებიან ღერძული მიმართულებით; ე. ი. ასრულებენ იგივე მოძრაობას, რასაც ჰონინგობის დროს. მასთან არ გვირჩევენ გრძელი ლილვაკების განლაგებას მიმხეხების შორის რადიალური მიმართულებებით (სურ. 310), შესაძლო კონუსობის თავიდან ასაცილებლად ცენტრში და პერიფერიებზე მუშა დისკოების სხვადასხვა ბრუნვითი სიჩქარეების გამო, ნაკეთის სიგრძისა, აბრაზივის ხარისხისა და მუშა დისკოების მხრივ დაწოლის სიდიდის მიხედვით, ნაკეთს რადიუსის მიმართ აყენებენ განსაზღვრული კუთხით.

ლაპინგ-პროცესი იძლევა 0,005 — 0,001 მმ სიზუსტეს, მასთან ზედაპირის უსწორობამ (განაკაწრების სიღრმემ) საბოლოო სუფთად დამუშავების ლაპინგ-პროცესი არ ასწორებს ნაკეთის ზედაპირის მდგომარეობას, აყავს რა იგი

დროს შეიძლება მიადწიოს მიკრონის ნაწილს. ფორმას, არამედ მხოლოდ აუმჯობესებს მისი

სიგლუვისა და გაკრიალების უზმალეს ხარისხამდე. უკანასკნელი დამოკიდებულია მიმხეხების მასალაზე, მაპრიალბელ ნივთიერებებზე და განსაკუთრებით მუშაობის რეჟიმებზე, რომლებიც განისაზღვრებიან ცდების გზით. მუშა დისკობის წნევისა და ნაკეთის ხასიათის მიხედვით, მიმხეხების სიჩქარეები მერყეობენ, დაახლოებით, 6-დან 20 მ/წამ-მდე.

ლაპინგ-პროცესი განუწყვეტლივ უმჯობესდება, ამჟამად თუჯის მიმხეხებს ცვლიან ძალზე წვროლ აბრაზივულ დისკობებით, რომლებიც უზრუნველყოფენ დიდ წარმადიანობას. 89-ე ცხრილში მოცემულია წარმადობიანობის შედარებითი ციფრები თუჯის მიმხეხებისა და აბრაზივული ჰონების გამოყენების დროს.

ცხრილი 89

ნაკეთების სახელწოდება	ნამატი საბოლოო დამუშავებაზე		წარმადობა საათებში	
	თუჯის მიმხეხით	აბრაზივული ჰონით	თუჯის მიმხეხით	აბრაზივული ჰონით
დგუშის თითი	0,0076	0,0076	63	169
საყრდნო საყვლურები	0,001	0,0127	156	192
დგუშის რგოლები	0,0178	0,0377	152	300
ზუთოულა საკ სოების გარსაკრი	0,0051	0,0076	96	180

§ 147. სუპერფინიში

წმინდა საბოლოო დამუშავების პროცესს წარმოადგენს დამუშავების ახალი მეთოდი—სუპერფინიში. ამ პროცესის არსი იმაში მდგომარეობს, რომ 300-დან 500-მდე მარცვლოვნობის მქონე აბრაზივულ ძელაკებს ანიჭებენ უკუქცევად წინაგლითი რხევითი მოძრაობას 3—5 მმ-ით და დასამუშავებელ ნაწილს კი—ბრუნვას. აბრაზივული ძელაკებისა და ნაკეთების შორის ქ ნიან ზეთის აქს.

მუშაობის პარველ მოპენტებში, როცა სუპერფინიშის დამუშავების დაწყებამდე არსებული სავარცხლები ჯერ კიდევ საკმაოდ მაღალი არიან, საკმარისია ძელაკებს მივაყენოთ 1—2 კგ ტოლი მცირე წნევა, რომ ზეთის აპკი გაირღვეს. ამ დროს ხდება ლითონის ყველაზე უფრო ინტენსიური აღება. სავარცხლების შემცირებასთან ერთად აპკის გარღვევა მოითხოვს სულ უფრო მეტ ძალას.

შეფარდება ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვისა და ძელაკების რხევითი მოძრაობებს შორის უნდა იყოს ისეთი, რომ ძელაკების ერთი და იგივე წერტილებმა არ გაიარონ დასამუშავებელი ნაწილის ის ადგილები, რომლებზედაც მათ წინათ გაიარეს, ანდა ეს შეფარდება არ უნდა იყოს ჯერადი რიცხვი.

გარდა ამისა, ძელაკების წინსვლითი მოძრაობისა და ნაკეთის ბრუნვის დროს აბრაზივების ყოველი წერტილის გზა წარმოადგენს ხრახნულ ხაზს. აპრიგად სუპერფინიშით მიღებული რისკები გადაკვეთენ წინა მექანიკური დაპოშავებით მიღებულ რისკებს.

ამას მიეყვართ იქამდე, რომ სუპერფინიშით დამუშავებული ნაწილის ზედაპირი ხარისხი მიიღება ძალზე მაღალი. სავარცხლების სიმაღლე შეადგენს 0,015-დან 0,3 მიკრონამდე.

სუპერფინიშის დამახასიათებელ თავისებურებებს წარმოადგენენ:

- 1) სუპერფინიში წარმოებს გულდასმითი მექანიკური დამუშავების შემდეგ—ხეხვის შემდეგ;
- 2) სუპერფინიში ხორციელდება 1-დან 4 კილოგრამამდე მცირე წნევებისა და მცირე

ტექნიკატურის (ცელსიუსის რამდენიმე გრადუსის) ქვეშ: ამავე დროს ლამინგ-პროცესის დროსაც კი წნევა აღწევს 15 კგ და ტექნიკატურა კი 50° C-მდე;

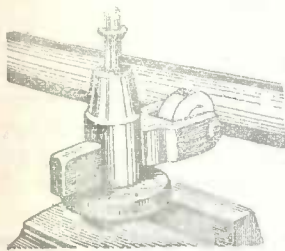
3) ლითონის ყველაზე დიდი ალბა ხდება პირველი 10 წამის მუშაობის დროს, მასსადავამ, დამუშ. ვების დრო შედარებით არაა მაღალი;

4) სუპერფინიში ნაწილებზე ახდენს იგივე მოქმედებას, რასაც მათი ხანგრძლივი მიმუშავება;

5) ზედაპირი სუპერფინიშის შემდეგ ძალზე მაღალი ხარისხისაა და ამიტომ, როგორც დაგვიანხვეს ცდებმა, აქვს მაღალი მედეგობა ცვეთისადმი.

§ 148. გაპარიალება წმენდით

ნელი ფოლადისაგან და ფერადი ლითონებისაგან დამზადებულ ნაკეთების გარე ზედაპირების წნევით გაპარიალება ხდება წრთობილი ფოლადისაგან ან, კიდევ უფრო უკეთესი, სალი შენადნობისაგან გაკეთებული გორგოლაქის საშუალებით. ეს პროცესი უზრუნველყოფს დამუშავებული ზედაპირის არა მხოლოდ დიდ სიგლუვესა და სარკისებრობას, არამედ ამკვირვებს კიდევაც უკანასკნელს. ამავე დროს მნიშვნელოვნად მატულობს ზედაპირის სისალე და მასთან ერთად იზრდება მისი ცვეთისადმი და დალილილობისადმი წინააღმდეგობა. საორთქლმავლო-საეაგონო მშენებელ მრეწველობაში წარმატებით იყენებენ ყელებისა, დგუშების ჭოკებისა და სხვა ნაწილების შემოგორებას სალი შენადნობის გორგოლაქებით, ჩამაგრებულთ სპეციალურ დამჭერში (სურ. 311), რომელიც, თავის მხრივ, დამაგრებულ-



სურ. 311.—სალი შენადნობისაგან დამზადებული მპარიალებელი გორგოლაქი.



სურ. 312. ნახვრეტის კეღლების ვალცებიო დამუშავებული იარაღი.

ლია სახარატო ჩარხის სუპორტში. ამ დროს იყენებენ დეტალის ბრუნვის სიჩქარეს $v = 50$ მ/წუთ და მიწოდებას $\approx 1,5$ მმ/ბრ 1—2 სელის დროს; მიიღება სუფთა, მკვირივი და ცვეთის გამძლე ზედაპირი, რომელიც აღარ მოითხოვს შემდეგ დამუშავებას. ხეხვა აღარა საჭირო.

სალი შენადნობების გორგოლაქების მედეგობა იანგარიშება წლობით ანდა ათასობით დამზადებული ნაკეთებით (ორთქლმავლისა და ვაგონის ლერძები).

წინასწარ გამშლელით დამზადებული ნახვრეტების კეღლების ამგვარი დამუშავების დროს, იყენებენ სპეციალურ იარაღებს ვალცისათვის. 312-ე სურათზე ნაჩვენებია ერთერთი იარაღის ასეთი კონსტრუქცია, რომელიც წარმოადგენს დამჭერს ცილინდრზე განლაგებული გორგოლაქებს (ზოგჯერ კასრისებრით), რომლებიც ამოშვრილი არიან დამჭერის ტანის ზემოთ.

ზოგჯერ იყენებენ, ეგრეთ წოდებულ, დამრტყმელ ვალცებს, რომლებშიც გორგოლაქები ეყრდნობიან შევირლებიან ცილინდრულ ზედაპირს და ბრუნვის დროს ახდენენ ხშირ დარტყმებს დასამუშავებელ ზედაპირზე, ამჟღავნებენ მას და აგლუვებენ უსწორმასწორობას ნამატი ვალცებზე არ არის დიდი, იგი მერყეობს 0,0025—0,01 მმ ზღვრებში. ვალცებით დამუშავება ხდება სპეციალურ ჩარხებზე გორგოლაქების საშუალებით, რომელთა ბრუნვის სიჩქარეც დაახლოებით 130 მ/წუთ-მდე.

ვალცის მსგავსად ამისთანავე შედეგი მიიღება ნახერტში წრთობილი ფოლადის ბურთულის წნევის ქვეშ გატარების შემთხვევაში წნევის საშუალებით; აქაც აგრეთვე მიიღება დატკეპნილი, შემკერივებული და ძალზე გლუვი ზედაპირი. ამ დროს დასამუშავებელი მასალის დრეკადი თვისებების გამო ნახერტის დიამეტრი მიიღება ბურთულის დიამეტრზე რამდენიმედ უფრო მცირე და, მაშასადამე, უკანასკნელი გაზრდილი უნდა იქნას (0,02—0,04 მმ-ით), რათა მივიღოთ ზუსტი ზომის საჭირო ნახერტი.

ნახერტის დამუშავებას ბურთულათი წნევის ქვეშ გატარების მეთოდით აქვს ის უპირატესობა, რომ ზედაპირის მაღალი ხარისხი მიიღება აბრაზივების გარეშე. უკანასკნელთა უმცირესი ნაწილაკები რჩებიან დასამუშავებელი ნაკეთის ზედაპირზე და იწვევენ მოხახუნე ნაწილების მზარდ გაცვეთას.

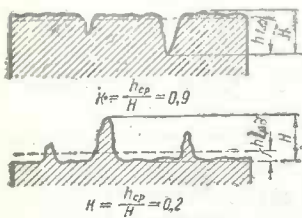
ზედაპირული სისალის გაზრდა ბურთულასი წნევის ქვეშ გატარების შემდეგ დამოკიდებულია ნაკეთის მასალაზე და ბურთულასა და ნახერტის დიამეტრებს შორის სხვაობაზე და შეიძლება მიაღწიოს 40%. ეს მეთოდი გამოუსადეგარია წრთობილი ნაკეთების დასამუშავებლად.

XXV ზედაპირის ხარისხის გაზომვის მეთოდები

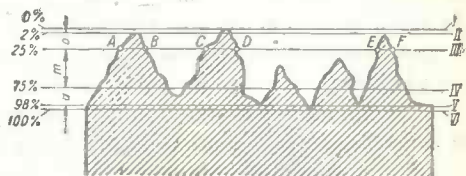
§ 149. ზედაპირის ხარისხის შეფასების ხედაზი

ძირითადად არსებობს დამუშავებული ზედაპირის ხარისხის შეფასების ორი მეთოდი. პირველი მათგანი დამყარებულია წმინდა სუბიექტურ მსჯელობაზე ზედაპირის შესახებ მისი მიმოხილვის (ანდა ფოტოგადაღების) გზით გადიდებულ მასშტაბში, ტვიფრის განხილვით მიკროსკოპის საშუალებით და ოპტიკასთან და აქუსტიკასთან დაკავშირებულ სხვა ხერხებით. მეორე მეთოდი—უფრო ობიექტური—მდგომარეობს დამუშავებულ ზედაპირზე უსწორობის გაზომვაში სპეციალური ხელსაწყოების საშუალებით, რომელთა აღწერაც მოცემულია ქვემოთ.

მეორე შემთხვევაში გვაქვს ზედაპირის, განსაზღვრულ ციფრებში გაოსახული, უფრო კონკრეტული დახასიათების მოცემის შესაძლებლობა. ასე, მაგალითად, ზოგიერთი მკვლევარები სიგლუვის ხარისხს ზომედნენ მიკროსკოპში გაოსახულ საფარცხლების სი-



სურ. 313. ზედაპირის პროფილოგრაფია.



სურ. 314. დამუშავებული ზედაპირის საყრდნობი ფართობის განსაზღვრა პროფილოგრაფიის მიხედვით.

მალღით, მასთან მათი უთანაბრობის გამო სიგლუვის საზომად ღებულობენ 5 მმ მანძილზე 10 უდიდესი ჩაღრმავებისა ანდა საფარცხლების საშუალო არითმეტიკულ მნიშვნელობას და მას უწოდებს H ხორკლიანობის კოეფიციენტი. პრაქტიკულად ამ კოეფიციენტის განსაზღვრისათვის სარგებლობენ პროფილოგრაფიებით (სურ. 314), რომლებიც გადაღებულია ზედაპირიდან სპეციალური პროფილოგრაფის საშუალებით; როგჯერ დამუშავებული ზედაპირი ხასიათდება საფარცხლების $h_{საშ}$ საშუალო სიმაღლით, რომელიც განისაზღვრება პროფილური მრუდის ფართობის გაყოფით განსახილველ უბნის მრუდის სიგრძეზე.

ზედაპირის გაცვეთისადმი გამძლეობის შესაფასებლად საქროა ვიცოდეთ, თუ რამდენად ამოვსებულია სივრცე იმ სიბრტყეებს შორის, რომლებიც გადიან საპროფილო მრუდის უმაღლეს და უმდაბლეს წერტილებში. ცხადია, რომ გაცვეთისადმი გამძლეობა გაიზრდება ზედაპირული ფენის ამოვსების ხარისხის მატებასთან ერთად. ერთგვარ წარმოდგენას ამის შესახებ იძლევა ეგრეთ წოდებული ამოვსების კოეფიციენტი $k = \frac{h_{სა}}{H}$. ნათელ წარმოდგენას მასზე იძლევა 313-ე სურათი, რომელზედაც გამოსახულია ორივე ზედაპირი ერთნაირი H -ით, მაგრამ სხვადასხვა $h_{სა}$ მნიშვნელობით.

პრაქტიკულად გაცვეთა მით უფრო ნელი ხდება, რაც უფრო დიდია ნაკეთების ზედაპირების საყრდნობი ფართობი მათი შეხების ხაზით, რადგან ამ შემთხვევაში მცირდება ხვედრითი წნევა. ამიტომ შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ მუშა ზედაპირის ცვეთის გამძლეობა უკეთესად იქნება დახასიათებული საყრდნობი ფართობის სიდიდით ზედაპირული ფენის ნებისმიერ სიღრმეზე (სურ. 314). პროფილის უკიდურეს ზედა და ქვედა წერტილებში გავატაროთ ჰორიზონტალური ხაზები, რომლებიც შეეთანადებიან ეგრეთ წოდებულ (1) ნულოვან და 100% (VI) საყრდნობ ზედაპირებს. ყოველი სხვა ჰორიზონტალური სწორი ხაზი, გამავალი I და VI სწორ ხაზებს შორის, გადაკვეთს პროფილურ მრუდს რამდენიმე წერტილში. ასე, მაგალითად, III სწორი ხაზი პროფილურ მრუდს გადაკვეთს წერტილებში: A, B, C, D, E, F. თუ გავყოფთ გაშკვითი სწორი ხაზის მონაკვეთების ჯამს, მდებარეს პროფილის შიგნით (AB+CD+EF), სწორი ხაზის საერთო სიგრძეზე (AF), მაშინ მივიღებთ საყრდნობი ფართობის ფარდობით სიდიდეს ზედაპირულ ფენის რაღაც სიღრმეზე.

ზოგჯერ გვირჩევენ ზედაპირის ხარისხის დახასიათებას სამი სარტყლის სიმაღლით: 1) სარტყელი „0“, რომელიც შეიცავს 2-დან 25%-მდე საყრდნობ ფართობს; 2) სარტყელი „m“ — 25-დან 75%-მდე და 3) სარტყელი „u“ — 75-დან 98%-მდე.

საყრდნობი ფართობებზე ორი სარტყლის სიმაღლეების მნიშვნელობები — 0-დან 2% და 98-დან 100%-მდე არ მიიღებიან მხედველობაში, როგორც შემთხვევითები. 90 ცხრილში მოყვანილია „0“, „m“ და „u“ სარტყლების სიმაღლეები ზოგაერთი ზედაპირისათვის.

ცხრილი 90

ზედაპირის დამუშავების ხასიათი	სარტყლების სიმაღლე ნიკონებში ($\mu = 0,01$ მმ)			
	„0“ 2-25%	„m“ 25-75%	„u“ 75-98%	ს უ ლ
ოქსანთონის ფილები	0,025	0,075	0,025	0,125
მიხეხილი ზედაპირი	0,10	0,175	0,500	0,775
ზეხე: თ დაბუ მკვებული ზედაპირი	0,550	0,425	0,500	1,475
ფრეხვითი „ „	2,750	3,500	3,500	9,750
ჩაბე თ „ „	4,500	5,500	5,500	15,500
გაბურღვითი „ „	11,000	15,750	12,750	39,500

რაც უფრო ნაკლებია „0“ სარტყლის სიმაღლე, მით უფრო მცირე იქნება, ცხადია, ზედაპირის პირველსაწყისი გაცვეთა. ცხრილიდან ვხედავთ, რომ როგორც „0“, ისე სხვა სარტყლის სიღრმე მცირდება სბოლოო დამუშავების ხარისხის ზრდასთან ერთად. ამ მეორდის ნაკლს, მიუხედავად მისი თვალსაჩინოებისა, წარმოადგენს მისი სირთულე.

ინჟ. ბერმანმა¹ წინადადება შემოიტანა დამუშავებული ზედაპირის ხარისხის შეფასების შესახებ ჩსაუ სიმალეზე გაზომილ სასა საყრდნობი ფართობის (%) შეფარდებით მიკრონებში გამოსახულ თვით ჩსაუ ნიშნულობასთან. ესეც თვალსაჩინოა, მაგრამ აგრეთვე რთული.

არ შეიძლება ამ კლასიფიკაციის ჩათვლა დამაკმაყოფილებლად, რადგან იგი ტექნოლოგებსა და კონსტრუქტორებს აძლევს მანქანათმშენებლობის სხვადასხვა დარგში აღნიშნული სახის ზედაპირების მიღების მეთოდების გარკვევის სუსტ შესაძლებლობას ზედაპირის ხარისხის შეფასების სრული უქონლობის გამო.

დამუშავების ხარისხის უფრო უბრალო საზომ ერთეულად ზოგჯერ გვირჩევენ, თვალთ ან მიკროსკოპის საშუალებით გამოანგარიშებული ზედაპირის 10 მმ სივრცეზე მოხვეულ სავარცხლებს (ζ) რიცხვის მიღებას ან შებრუნებული სიდიდის—ერთი სავარცხლის სივანეს, ტოლს $\frac{10}{\zeta} = b$ მმ. ცხადია, ეს მეთოდი არ არის გამოსადეგი ხეხვით დამუშავებულ ანდა გაპრილებული ზედაპირებისათვის.

ამრიგად, ზედაპირის სისუფთავის ყველა გავრცელებულ დახასიათებათა შორის ყველაზე უფრო მარტივი არის სავარცხლის H ყველაზე უფრო უდიდესი სიმალე, რომელიც მიიღება მექანიკური დამუშავების შედეგად. მას შემდეგში მივიღებთ სწორედ როგორც ხარისხის საზომს სხვადასხვა ზედაპირების შედარების დროს.

შმაღლი ახდენს დასამუშავებელი ზედაპირის კლასიფიკაციის 14 კლასად H სიმალლის მიხედვით. უფრო ტლანკად ამ კლასიფიკაციის ჩატარება შეიძლება დამუშავების 4 სახით:

1. ტლანკი აგლეჯა $H=0,10 \div 1,0$ მმ,
2. ჩვეულებრივი აგლეჯა $H=0,04 \div 0,10$ მმ,
3. ტლანქოსუფთად დამუშავება $H=0,016 \div 0,04$ მმ,
4. სუფთა საბოლოო დამუშავება $H=0,006 \div 0,016$ მმ.

OCT—7540 ახდენს ზედაპირების კლასიფიკაციას და გვაძლევს ზედაპირების აღნიშვნებს სავარცხლების H ზომის მოუცემლად.

§ 150. დამუშავებული ზედაპირის ხარისხის გაზომვის ხერხები

დამუშავებული ზედაპირის ხარისხის გასაზომად გამოყენებული მრავალრიცხოვანი ხელსაწყოები შეიძლება დავყოთ სამ ძირითად ჯგუფად:

- 1) ოპტიკური,
- 2) მექანიკური,
- 3) ელექტრომექანიკური.

საპირაო აღინიშნოს ასეთი კლასიფიკაციის პირობითობა, რადგან ყოველი აღნიშნული ჯგუფთაგანი შეიცავს მეორე ჯგუფის ელემენტებს, ე. ი. სინამდვილეში მოიხმარება ოპტიკომექანიკურიც, ელექტრომექანიკურიც და სხვა აპარატებიც, რომლებიც ერთდროულად გამოიყენებენ სხვადასხვა ფიზიკურ მოვლენას. ასე, მაგალითად, ზედაპირის ხარისხის განსაზღვრის ოპტიკურ მეთოდებს შეიძლება მივაკუთვნოთ: 1) შეუიარაღებელი თვალთ ზედაპირის უშუალო მიმოხილვა და ეტალონთან შედარება, 2) იგივე, მხოლოდ გაკეთებული მიკროსკოპის საშუალებით, 3) საცდელი ზედაპირებიდან და ეტალონებიდან სინათლის ანარეკლის მიმოხილვა და ფიქსაცია, 4) სხივების ინტერფერენციის მოვლენის გამოყენება და ა. შ.

ოპტიკომექანიკურ ხელსაწყოებს მიეკუთვნება აპარატები, სადაც ზედაპირების პროფილების მრუდეების ჩაწერა ხდება სარკეების საშუალებით, რომლებიც გადაადგილდებიან

¹ ს. რ. ბერმანი. *Машиностроитель* № 7, 1938.

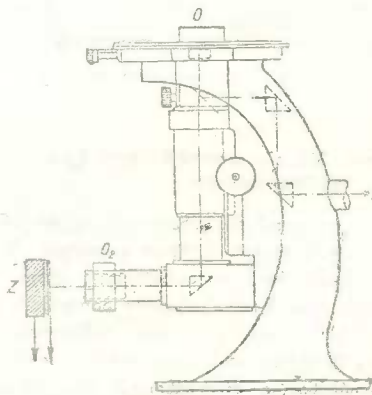
ცხრილი 91
(OCT—7540 მიხედვით)

ზედაპირების აღწ. შ. ნა ნახაზზე	ზედაპირი	ზედაპირების მაკალითები, რომლებიც აღნიშნული არია მოცემული ნიშნით	დაახლოებითი ხერხები მოცემული სახის ზედაპი- რის მისაღებად
—	შავი	მანქანის ნაწილებისა, აპა- რატებისა და ხაგებობების ზედაპირები, რომლებიც ჩვეულებრივ არ შეეხება სხვა მათ მსგავს ზედაპი- რებს	ჩამოსხმა, გაოქდვა, ტეი- ფრა მექანიკული ბურ- ბუშელით მოხსნით დამუშა- ვების გარეშე
⌒	შავი, მაგრამ სწორი	სხმული კტილანა თვლების ზედაპირები	გამოქდვა, ტეიფრა, მა- გრამ ზედაპირის სისწორის უზრუნველყოფი ზომების გათვალის ინებით
▽	სუფთა, დამუშავების ტლანქი ნაკვალევი	ყველა ნახერტები მიღე- ბული ბოლით	მექანიკური დამუშავება ტლანქი ბურბუშელის მოხსნით
▽▽	სუფთა, დამუშავების ოდ- ნავ შესაძინევი ნაკვალევი	ბორბლების გარე ზედაპირი, ნახერტები მიღებული გამ- ზღვლით	მექანიკური დამუშავება სუფთად დამუშავების ბურ- ბუშელის მოხსნით
▽▽▽	სისუფთავისა და სისწორის ზალალი ხარისხი	მბრუნავი და სრიალის ზედაპირები	ხეხვა, როგორც მექანიკური დამუშავების საბოლოო ხერხი

ცეტან ერთად საცდელ ზედაპირზე და რომლებიც ახდენენ სინათლის სხივების არეკლ-
ვას სინათლის მგრძნობიარე აკეზე ან ეკრანზე. მექანიკური ხელსაწყოები ბერკეტების



სურ. 315. ორმაგი მიკროსკოპი.



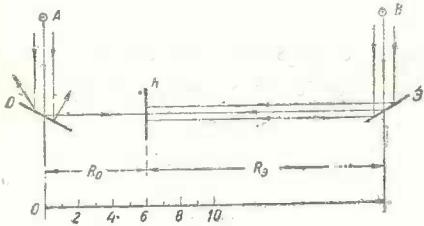
სურ. 316. ზედაპირის ხარისხის გაზომვა ფოტო-
გლუმენტის საშუალებით.

სისტემის საშუალებით გვიჩვენებენ დიდ მასშტაბში ზედაპირზე მოძრავი ნემსის რხევადობას. ნემსის იმავე რხევადობას მაღალი სიხშირის მოწყობილობის საშუალებით შევძლებთ აკუსტიკური ეფექტის მოცემა ან იგი შეიძლება ფიქსირებულ იქნას ოსცილოგრაფის სახით და ა. შ.

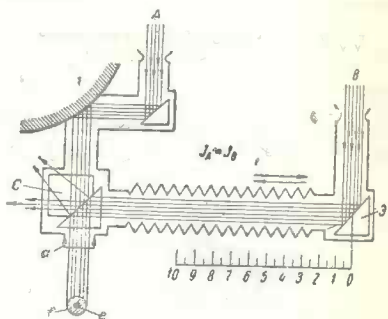
3:5-ე სურათზე ნაჩვენებია ორმაგი მიკროსკოპი ორი სასაგნო მაგიდით (ერთი ეტალონისათვის, მეორე ნაკეთისათვის), და შესაბამისად ორი ზობიექტივით და ერთი ოკულარით, რომელშიც შეიძლება ერთდროულად ეტალონისა და ნიმუშის ზედაპირების გამოსახულების დანახვა და ერთმანეთთან შედარება.

დამუშავების ხარისხის შეფასება დამუშავებული ზედაპირის ეტალონთან უშუალო შედარების გზით ძალზე სუბიექტურია და განსაკუთრებით საძნელოა, თუკი შესამოწმებელი ზედაპირები დამუშავებული არიან სარკისებურ პრიალამდე. ამ შემთხვევაში ხელსაყრელია „დამუშავებული ზედაპირის მდგომარეობის კონტროლის რევლუქტომეტრული მეთოდი“ შემოთავაზებული ინჟ. რომანსკისა და კოსოლაპოვის მიერ¹.

აქ (სურ. 316), მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპის მაგიდაზე მოთავსებული (O) ნაკეთისა ანდა ნიმუშის ზედაპირი, გახატულია სინათლის მუდმივი ძალის მქონე L წყაროთი; ნაკეთის ზედაპირიდან ანარეკლი სხივები ეცემიან მიკროსკოპის ოკულარში გავლით სელენო (Z) ფოტოელემენტს, რომელშიაც აღიძვრება ანარეკლი სინათლის ინტენსივობის პროპორციული ძალის დენი. შესაბამისად გრადუირებული გალვანომეტრი გვიჩვენებს შეფარდებით ციფრებში საცდელი ზედაპირის სიგლუვის ხარისხს, რადგან რაც უფრო სუფთაა ზედაპირი, მით უფრო მეტ სინათლის არეკლვას ახდენს იგი. ეტალონთან ნაკეთის შედარების დროს საჭიროა მათი დამზადება ერთი და იგივე მასალიდან, სხვადასხვა ლითონის არეკლვის უნარის სხვადასხვაობის გამო.



სურ. 317. ინჟ. კალიოპენის ზელსაწყოს მუშაობის პრინციპი.

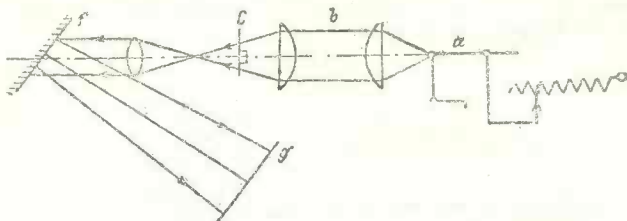


სურ. 318. ინჟ. კალიოპენის ზელსაწყოს სქემა.

ინჟ. კალიოპენმა წინადადება შეუპოვებინა „დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავისა და ხარისხის ვიზუალური ხერხით გაზომვის შესახებ“.² მან გამოიყენა ფოტომეტრის ძირითადი კანონი, რომლის თანახმადაც ერთი და იგივე ეკრანის ერთნაირად გამაშუქებელი სინათლის ორი წყაროს ძალები პირდაპირ პროპორციულია მანძილების კვადრატისა ეკრანიდან სინათლის წყარომდე. სინათლის ასეთ წყაროდ აქ (სურ. 317) არის (O) ნიმუშისა და B (ეტალონის) ზედაპირები, რომლებიც ერთნაირი ძალის A და B ნათურებიდან იღებენ ერთნაირი რაოდენობის სხივებს და ანარეკლი სინათლით აშუქებენ N ეკრანს. ნიმუშით ანარეკლი სინათლის ძალა მით უფრო მეტია, რაც უფრო სუფთაა მისი ზედა-

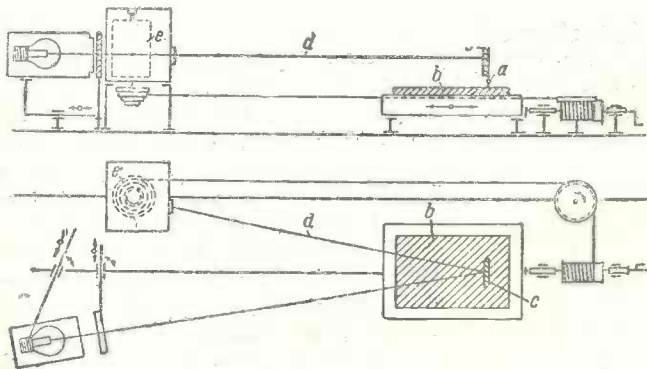
¹ Вестник металлопромышленности № 10, 1935.
² Станки и инструмент № 20, 1937.

პირი, და, მაშასადამე, მით უფრო შორს მისგან თავსდება N ეკრანი, რათა ერთნაირად იყოს გაშუქებული ორი O და M წყაროთი. ამ შემთხვევაში ეკრანის მანძილი, e შკალის მიხედვით, წარმოადგენს შესამოწმებელი ზედაპირის ფარდობითი ხარისხის პირობით საზომს ეტალონთან შედარებით. აქაც, როგორც წინა შემთხვევაში, ნიმუში და ეტალონი უნდა იყვნენ ერთი და იგივე მასლიდან.



სურ. 319. ზედაპირული უსწორობის მზომი ოპტიკური ხელსაწყოების სქემა.

318-ე სურათზე გამოსახულია ხელსაწყოების სქემა, რომლის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ლუმერ ბროდუნის თავი, რომელიც ნებას იძლევა ერთ ოკულარში დავინახოთ სინათლის ორი ლაქა: 1) (e) შიგა ლაქა, ეტალონის მიერ ანარეკლი სინათლისაგან, 2) (f) გარე რგოლური ლაქა ნაკეთისაგან. (a) ეტალონის გადაადგილებით ამა თუ იმ მხარეს მანამ, სანამ ორივე ლაქა არ შეერთდება ერთად, რაც ნიმუშისა და ეტალონის მიერ ეკრანის ერთნაირი გაშუქების მაჩვენებელია, შევძლებთ ზედაპირის სისუფთავის პირობით საზომის ფიქსირებას ხელსაწყოების შკალაზე.

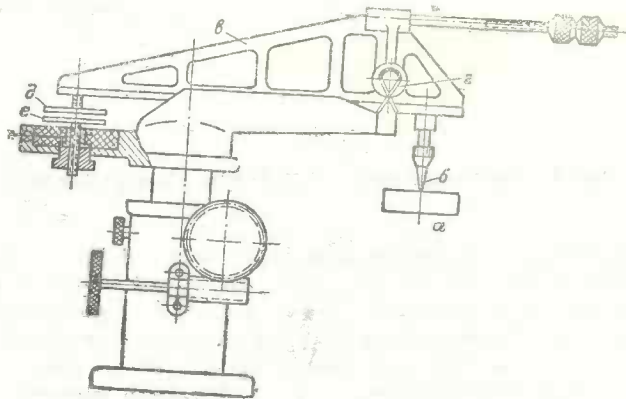


სურ. 320. პროფილოგრაფის სქემა.

ამ ხელსაწყოების ავტორი გვარწმუნებს წარმოებაში მისი გამოყენების შესაძლებლობას ნებისმიერი ზომის ნაკეთის ზედაპირის ხარისხის გასაზომად.

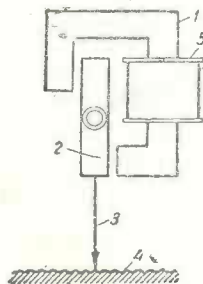
სივლევის ხარისხის მიხედვით სუფთად დამუშავებული ზედაპირის კლასიფიკაციის ორიგინალური ხერხი შემოთავაზებულია ზოგიერთი ავტორის მიერ. სათანადოდ ხელსაწყოების

სქემა მოცემულია 319-ე სურათზე. სინათლის α წყაროდან (რკალნათურიდან) სინათლის კონის არეკლვა b ლინზაში და c მოწყობილობაში (კინოაპკზე არის ჰადრაკული ბადეზე შენაცვლებით აღნიშნულ გამჭვირვალე და არაგამჭვირვალე უჯრედებით) გავლით ხდება ირიბად დაყენებულ f გამოსაცდელ ზედაპირზე და აისახება g ეკრანზე. რაც უფრო სრულყოფილია გამოსაცდელი ზედაპირი, მით უფრო მკაფიოდ გამოისახება რიკელის სურათით შევადარებთ ცდის დროს მიღებულ ბადის გამოსახულებას სუფთად დაბეჭდვების სხვადასხვა ხარისხის შესაბამის ეტალონურ გამოსახულებას, შეიძლება განვსაზღვროთ საცდელი ზედაპირის შედარებითი ხარისხი.



სურ. 321. ლენინგრადის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის პროფილოგრაფი.

გარდა ზემოაღწერილებისა, ვვაქვს კიდევ დამუშავების სისუფთავის მთელი რიგი ოპტიკური მეთოდები, როგორც მაგალითად: 1) ინტერფერენციის მეთოდი, რომლითაც განისაზღვრება ნაკარნი ძალზე მცირე სიღრმეები (0,04 μ მდე), 2) „სინათლის სიბრტყით“ გაკეთის ხერხი სპეციალური მიკროსკოპის საშუალებით, 3) დამუშავების ნაკვალავების გამანგარიშება საცდელი ზედაპირის 1 სმ სიგრძეზე, 4) ზედაპირის მიმოხილვა, ლუბით



სურ. 322. ხმოვანი ხელსაწყოთა სქემა.

ანდა ლეკალური სახაზავის საშუალებით გასინჯვა სინათლის გამოკრთომავზე და ა. შ. მაგრამ თითქმის ყველა ამ ხერხებს ახ.სიათებს საერთო ნაკლოვანება: გაზომვის შედეგების შეფარდებითი ხასიათი, რადგან ოპტიკური მეთოდით გაიზომება უშუალოდ ზედაპირის არა ხორკლიანობა, არამედ ფიზიკური მოვლენები და ამ ხორკლიანობის თანამგზავრი სიდიდეები.

ამ მხრივ უფრო დასაფასებელია ოპტიკო-მექანიკური მეთოდებიც, რომლებიც დამყარებული არიან დასამუშავებელი ზედაპირის უსწორობათა სიღრმის გაზომვაზე სპეციალური ხელსაწყოების საშუალებით.

მსგავსი ხელსაწყოთა ეკრთვით წოდებული პროფილოგრაფის სქემა ნაჩვენებია 320-ე სურათზე, რომელიც ახდენს 0,2 μ და უფრო მცირე სიდიდის უსწორობის რეგისტრირებას. აღმასის ნემსი $r = 0,03$ მმ მომრგვალების რადიუსის მქონე წვეროთი მის-

რიალეს საცდელ b ზედაპირზე; უსწორობის გამო წარმოქმნილი ნემსის ვერტიკალურად გადაადგილება, დიდად გაზრდილი c სარკისა და b სინათლის სხივის საშუალებით, გადაეცემა c მრგვალ დოლს ფოტოქადალდით. დოლის მოძრაობა დაკავშირებულია საცდელი ნიმუშის მოძრაობასთან. ამ ჯგუთ მიიღება პროფილოგრაფა დიდ მასშტაბში (ჰორიზონტალთ $30/1$ და ვერტიკალთ $200/1$ -დან $4000/1$ -მდე).

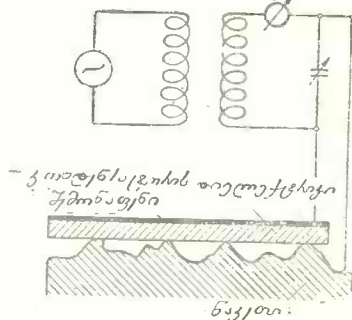
ნემსით ზედაპირის გასანჯვის დროს, სავარცხლების წვეროები გამოკვლეული იქნებიან საკმაოდ ზუსტად, იმ დროს როცა ღრმულის ვიწრო ფსკერი არ იქნება ნაჩვენები იმის გამო, რომ ნემსის რადიუსს აქვს რაღაც საბოლოო სიდიდე. ეს ნაკუთლოვანება ძლზე მოხერხებულად შეიძლება აცილებულ იქნას თავიდან, თუ მიკილებთ პროფილოგრაფას ჯერ ჩვეულებრივი ზოთ, შექმდე კი ზედაპირიდან ანაბეჭდის აღებით და მისი გამოკვლევით, მივიღებთ მეორე შებრუნებულ პროფილოგრაფას, რომლის შევრილებიც შესაბამისი იქნებიან ნაკეთის ღრმულების. ორივე მრუდის შეერთებით მიიღება საცდელი ზედაპირის ზუსტი პროფილოგრაფა.

დასასრულს მივუთითოთ დამუშავების სისუფთავის გაზომვის ელექტრომექანიკურ მეთოდებზე. შესაბამის ხელსაწყოებს, როგორც წესი, აქვთ შემდეგი სქემა: 1) მოსინჯვის წყირი, 2) ელექტრომაგნიტური ან კონდენსატორული მესდოზა, რომელიც ათვისებს მოსინჯვის წყირის რხევებს (იხ. § 34) და 3) მალალი სიხშირის მოწყობილობა, რომელიც კონდენსატორის ტევადობის ცვალეზადობას გარდაქმნის დენის ძალის ცვალეზადობით, 4) მილი ამპერმეტრი ანდა ოსცილოგრაფი, რომელიც ფოტოქადალზე ჩაწერს საცდელი ზედაპირების პროფილოგრაფებს.

ამგვარი ხელსაწყო, აგებული ლენინგრადის პოლიტექნიკური ინსტიტუტის მიერ, ნაჩვენებია 321-ე სურათზე. აქ a ნაკეთი გადაადგილდება n წყირის ქვეშ, რომელიც დამაგრებულია r საყრდნობთან b . მხარულას მცირე მხარეზე. მხარულას გრძელ მხარეზე დამაგრებულია ცვალეზადი ტევადობის კონდენსატორის d მოძრავი ფირფიტა; კონდენსატორის მეორე e ფირფიტა დაყენებულია უძრავად და იზოლირებულია პირველიდან. კონდენსატორის ფარდობით ცვალეზადობას გამოსახავს მასშტაბში n წყირის ვერტიკალური გადაადგილება გამოსაკვლევი ზედაპირის უსწორობათა გავლენის ქვეშ. ხელსაწყოს ტარირების მიზნით e ფირფიტა დაყენებულია ლიზმით მიმარაგებულ ხრახნზე.

თუ ელექტრომაგნიტური ადაპტერი გამოყენებული იქნება როგორც მესდოზა ზედაპირების გამოკვლევის დროს, მიიღება ხმოვანი ეფექტი (სურ. 322). ამ შემთხვევაში (2) ლუზიანი (3) საბფირის ნემსის ცვალეზადობა (1) ელექტრომაგნიტის მიმართ იწვევს ნემსის რხევის ამპლიტუდების (ფ. ი. ზორკლიანობის ხარისხის) პროპორციულ ცვალეზადობას მაგნიტურ ნაკადში. ეს თავის მხრივ (5) კოჭაში გამოიწვევს ელექტრომაგნიტის დოლის ცვალეზადობას; დაბალი სიხშირის გამაძლიერებლის საშუალებით, ძაბვა შეიძლება მიწოდებული იქნას ვოლტმეტრთან, ოსცილოგრაფთან ანდა უშუალოდ ათვისებული რეპროდუქტორის მიერ. რაც უფრო სუფთადაა დამუშავებული ზედაპირი, მით უფრო მაღლა ხმაპალამოლაპარაკის მიერ გამოცემული ტონი.

323-ე სურათზე ნაჩვენებია დამუშავების სისუფთავის გაზომვის ელექტრული (კონდენ-



სურ. 323. ზედაპირის სისუფთავის გაზომვის კონდენსატორული მეთოდი.

სატორული) მეთოდი. აქ კონდენსატორის მეორე შემონაფენს წარმოადგენს თვით ნაკეთი, რის გაშოც მიიღება ორმაგი დიელექტრიკი—დიელექტრიკის მეორე ფენას წარმოადგენს საპაერო შუალედი დიელექტრიკის პირველ ფენასა და საცდელი ზედაპირის უსწორობათა შორის. საპაერო შუალედის სისქის ცვალებადობა და ამით ხორკლიანობის ხარისხისაც იწვევს კონდენსატორის ტევადობის შესაბამის ცვალებადობას. ამ ტევადობის გაზომვით, შეიძლება უსწორობათა საშუალო სიმადლის განსაზღვრა.

ამ მეთოდის პრინციპულ უპირატესობას წარმოადგენს ის, რომ იგი იძლევა წარმოდგენას ზედაპირის რომელიღაც ფართობის ხარისხის შეახებ, იმ დროს როცა პროფილოგრამები გვიჩვენებენ უსწორობას მის განსაზღვრულ კვეთში.

სახები წრეების გამწვევები და პრაქტიკული ტრის სინქარები და საიმედოობის კოეფიციენტები.

წრეები, რომლებზედაც ჩატარებულ იქნა სპეციალური გამოცდა გამწვევებაზე	გამოცდების რიცხვი	წრეების წრიული სინქარები			უშუალოების კოეფიციენტი		
		საშუალო ხელშეუღმარებელი	უდაბლესი	უმაღლესი	საშუალო	უდაბლესი	
							სინქარული
მაკაეშირებლების მიხედვით							
კერაპიკული, ქარხანა ილიჩი	13	25	68	119	87,9	3,52	2,72
კერაპიკული სხვადასხვა საზღვარგარეთული ფორმის	24	31	33	106	76,8	2,40	1,06
ოლეოხიტიური, ქარხანა ილიჩი	6	25	45	95	78,7	3,13	1,84
ვულკანიტური, ქარხანა ილიჩი	6	35	94	104	96,7	2,95	2,7
მცენარეული გერმანული ქარხნების	6	36	67	77	75,3	2,11	1,86
სახები მასალების მიხედვით							
კორუნდი ხელოვნური საზღვარგარეთული	13	36	79	85	79,9	2,24	2,20
იგივე, ქარხანა ილიჩი	21	28	46	104	86,6	3,14	1,65
ბუხებრივი კორუნდი საზღვარგარეთული	8	28	33	80	62,2	2,22	1,18
კაობორუნდი, ქარხანა ილიჩი	4	25	68	119	94	3,80	2,72
იგივე ჩეხოსლოვაკული ქარხნების	3	29	101	105	102,3	3,58	3,50
იგივე გერმანული ქარხნების	6	36	67	77	75,3	2,11	1,86

ს ა ს ხ ე ბ ი წ რ ე ბ ი ს ა რ ჩ ე ვ ა

[კ—კარბორუნდი; ხკ—ხელოვნური კორუნდი (ალუნდი, ალიკინი და სხვ.)]

დასამუშავებელი საგანი და ოპერაცია	მასალა	მარცვლევანობა	სისალე
სხმულეების სუფთა აგლეჯა			
წერილი სხმულეები	კ	36—46	CT—T
მსვილი სხმულეები	კ	16—24	CT—BT
მრგვალი ხეხვა			
ალუმინის სხმული	კ	24	CT—T
ჩვეულებრივი ძრინჯაოს და თითბერის სხმული	კ	36	CM
იგივე წერილი	კ	36	CT—T
იგივე მსვილი	კ	18—24	C—CT
ქოშინიკლიანი ფოლადი	ხკ	50	C
საბარატო ხაოხების ცენტრები	ხკ	46—80	CM—C
თუჯი	კ	30—46	M—CM
თუჯი მოთეთრებულ	კ	20—30	C—CT
ბეზინტი	კ	24—46	M—C
წითლოლი თუჯის კალციების აგლეჯა	კ	30 50	C
საბოლოო ხეხვა	კ	60—80	CM
ჩკა და ძვალი	კ	30—60	CT
ბილენდის წინასწარი ხეხვა	კ	46	CM—2 $\frac{1}{2}$ კლასტ.
იგივე საბოლოო ხეხვა	კ	80	C

დასამუშავებელი საგანი და ოპერაცია	მ.სალა	მარცვლოვანობა	სისალე
მზანთუმიანი ფოლადი	ბჰ	16-46	CM-T
ნკელის სხმული	ბჰ	18-24	CM-T
ნიკელიანი ბოინჯაო მსხვილი ნაკეთის	კ და ბჰ	16-24	CT
იგეუ წვრილი ნაკეთის	კ	36	CT-T
ფაიფული	კ	36-50	CT-T
ჭედადი თუჯი მსხვილი	ბჰ	16-24	CT-BT
იგეუ წვრილი	ბჰ	20-36	CT-T
ნაკედი რკია	ბჰ	16-36	C-CT
საჭედი რკია	ბჰ	26-46	C-T
რბილი ფოლადი	ბჰ	36-46	C
სალი ფოლადი	ბჰ	46	M-CM
ფოლადის სხმული მსხვილი ნაკეთისა	ბჰ	10-20	CT-T
იგეუ წვრილი ნაკეთისა	ბჰ	20-30	CT-T
ვაკონია თუჯის ბოთლები	კ	16-24	CT-T
იგეუ მოთეთრებული თუჯი	ბჰ	20	CT
მოყვანილი ხეხვა			
ქრომონიკლიანი ფოლადი	ბჰ	46	M-C
ფოლადი ობილი	ბჰ	46	CM-C
ფოლადი წრთობილი	ბჰ	46	CM-C
შიგა ხეხვა			
ალუმინის სხმული	კ	36	M
საავტომობილო თუჯის ცილინდრები	კ	24	BM-M
ბოინჯაოსი და თრთბოის სხმული	კ	24	BM
ქრომონიკლიანი ფოლადი	ბჰ	60	C
თუჯი	კ	18-46	M-CM
ფოლადი რბილი	ბჰ	38-46	M-C
ფოლადი წრთობილი	ბჰ	36-40	M-CM
იარაღის აღესვა			
სახარატო და სარანდავი საჭრისები	ბჰ	20-24	CT
ფოჯები ავტომატური აღესვის დროს	ბჰ	20-36	
ფრჯებო ხელით აღესვის დროს	ბჰ	46-60	M-C
ხისასამუშაოებელა იაოალი	ბჰ	46-60	M-CT
რანდები	ბჰ	30-46	CM-CT
ტყევის საჭრეული დანები	ბჰ	30-46	M-CM
იგეუ ჭადალდისათვის	ბჰ	24-30	1-2 მდენარ.
სამართების პირი	ბჰ	36-46	M-CM
გამშლელები და კანმჭაულები	ბჰ	46-120	M-CT
ხერები	ბჰ	46-60	M-C
მკატლები	ბჰ	36-50	C
სპიოალური ბურლები ავტომატური აღესვის დროს	ბჰ	30-60	M-C
იგეუ ხელით აღესვის დროს	ბჰ	46-60	C
	ბჰ	36-60	CM-C

დასამუშავებელი საგანი და ოპერაცია	წრიული ზედაპირით მომუშავე წრეები			გვერდის ზედაპირით მომუშავე წრეები		
	მასალა	მარცვლოვანობა	სისალე	მასალა	მარცვლოვანობა	მასალა
ბრტყელი ხეხვა						
ალუმინის სხმული	კ	24-36	1 1/2-2 1/2	კ	16-30	M-CM
ბრინჯაო და თითბერი	კ	20-30	M-CM	კ	16-30	M-CM
ქრომონიკლიანი ფოლადი	ბჰ	16-30	M-CM	ბჰ	16-36	BM-CM
თუჯი	კ	20-30	M-CM	კ	16-30	M-CM
ჭედადი თუჯი	ბჰ და კ	16-36	M-CM	კ	16-30	M-CM
ფოლადი რბილი	ბჰ	16-24	M-CM	ბჰ	16-36	M-CM
ფოლადი წრთობილი	ბჰ	16-30	M-CM	ბჰ	16-36	BM-CM
მ.ლზე დიდი შეხების სიბრტყის დროს:						
ფოლადი რბილი	ბჰ	—	—	ბჰ	60-მდე	BM
ფოლადი წრთობილი	—	—	—	ბჰ	60-მდე	BM

შ ე ნ შ ე ნ ა. სისალე ცხრილში მოცემულია შეფარდებით იმ სისალესთან, რომელსაც იძლევა ქარხანა ილიჩი

რ ე მ ა ზ ე ბ ე

ლითონების ჩაბარონული ზრით დამუშავების შესახებ

1. შესავალი

ლითონების ზრით დამუშავება წარმოადგენს ყველაზე დიდ შრომატევადიან ტექნოლოგიურ პროცესს მანქანათმშენებლობაში, ამიტომ ამ დარგის სამეცნიერო და საწარმოო მუშაკთა შემოქმედებითი აზრი მიმართულია ლითონმჭრელი ჩარების წარმადობის გაზრდისაკენ. ამ მიმართულებით უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება ჰრის სიჩქარის გადიდებას.

ჰრის სიჩქარე შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად ზონად:

1. ნორმალურ სიჩქარეთა ზონა $v \approx 100$ მეტრი წუთში.
2. მაღალ სიჩქარეთა ზონა $v = 100 \div 1000$ მეტრ. წუთში.
3. ზემოაღმა სიჩქარეთა ზონა $v > 1000$ მეტრი წუთში.

აზრი და მისწრაფება ჰრის სიჩქარის გადიდებისაკენ ასეული და ათასეულ მეტრამდე წუთში არც ისე ახლოა.

პირველი ცდები მაღალი და ზემოაღმა სიჩქარეებით ლითონის ჰრზე ჩატარებულ იქნენ საბჭოთა კავშირში. დიდი სამამულო ომის წლებში საბჭოთა კავშირში ფართო გამოყენება ჰპოვა ლითონების ჩქარვა ფრეზვამ უარყოფითი წინა კუთხის მქონე სალ შენადნოვანი ფრეზებით.

სალშენადნოვანი უარყოფითი წინაკუთხიანი მჭრელი იარაღით მუშაობის შესაძლებლობა და მიზანშეწონილება ჩამოყალიბებული იყო ჯერ კიდევ ინჟ. შელკონოგოვის მიერ 1937 წელს.

ასევე ინჟ. რეზნიცკიმ 1940 წელს დაწვრილებით შეისწავლა ნაწრთობი ფოლადის დეტალების გაჩარხვის მეთოდები უარყოფითი წინა კუთხის მქონე საჭრისებით.

ომის წინა წლებში ინჟ. აპრაქსინმა მიაღწია ფერადი ლითონების დაღუშვებას ზემოაღმა სიჩქარეებით. მან აწარმოვა ელექტრონის ჰრა. სპეციალურად კონსტრუირებულ ჩარხზე სიჩქარეებით, რომლებიც აღწევდნენ 5400 მეტრს წუთში.

ზემოაღმა სიჩქარეებზე ჩატარებულმა ცდებმა (პროფ. კუზნეცოვი, პროფ. როზენბერგი, ბურშტეინი და სხვები) ვერ მოგვცეს დადებითი შედეგები იარაღის სწრაფად დაჩაღუნების გამო, ამიტომ მათ ჯერჯერობით პრაქტიკული გამოყენება ვერ ჰპოვეს და ატარებენ მხოლოდ ლაბორატორიულ ხასიათს.

ამრიგად, ლითონების მაღალი სიჩქარეებით ჰრის საფუძვლები ჩვენში ჩაყრილი იქნა ჯერ კიდევ ომის წინა წლებში, მაგრამ მისი ფართო საწარმოო გამოყენება დაიწყო დიდი სამამულო ომის წლებში და ომის შემდგომ პერიოდში.

რით აიხსნება მუდმივი მისწრაფება ჰრის სიჩქარის გადიდებისაკენ?

როგორც ცნობილია, ჰრის სიჩქარის გადიდება მნიშვნელოვნად ზრდის შრომის ნაყოფიერებას და აუმჯობესებს პროდუქციის ხარისხს.

განვიხილოთ სამანქანო დროის ფორმულა ჩარხვის დროს.

$$T_{\text{საგ}} = \frac{L}{n \cdot s} \text{ წუთი.} \quad (1)$$

სადაც $T_{\text{საგ}}$ — ერთი გაელის სამანქანო დროა წუთებში;

L — დამუშავების სიგრძე მილიმეტრებში;

n — ბრუნვათა რიცხვები წუთში;

s — მიწოდება ნამზადის ერთ ბრუნვაზე მილიმეტრებში.

$$\text{მაგრამ } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} \quad (2)$$

სადაც v — ჭრის სიჩქარე მეტრ/წუთში.

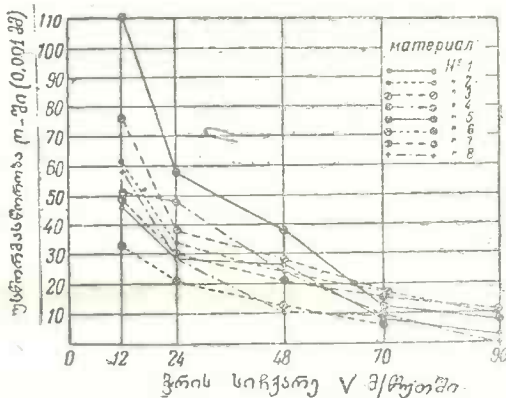
D — დასამუშავებელი ზედაპირის ან იარაღის დიამეტრი მილიმეტრებში.

(1) და (2) ტოლობებიდან ჩანს, რომ მოცემული ნამზადის დამუშავების დროის შემცირება შეიძლება ორი გზით:

1. მიწოდების გადიდებით, რაც შეზღუდულია მისაღები ზედაპირის მოთხოვნილ სისუფთავით და სისტემის ჩარხი — იარაღი — ნამზადის სისხისტით.

2. ბრუნვათა რიცხვების გაზრდით (რასაც შეესაბამება ჭრის სიჩქარით გაზრდა).

ამყაშად მუშაობა წარმოებს ორივე მიმართულებით, მაგრამ, რადგანაც მიწოდების გადიდება უარყოფითად მოქმედებს ზედაპირის სისუფთავეზე და იარაღის მედეგობაზე, ამიტომ არჩევენ მეორე გზას — ჭრის სიჩქარის გადიდებას.



სურ. 1. ჭრის სიჩქარის გავლენა დამუშავებულ ზედაპირის ხარისხზე სხვადასხვა ხარისხის ფოლადებისათვის.

შრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგენილია, რომ ჭრის სიჩქარის გადიდებით დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი პროგრესიულად უმჯობესდება. ამაში შეიძლება დაჯერდეთ გრაფიკით (სურ. 1), რომელიც შედგენილია სხვადასხვა ხარისხის ნახშირბადიანი ფოლადისათვის.

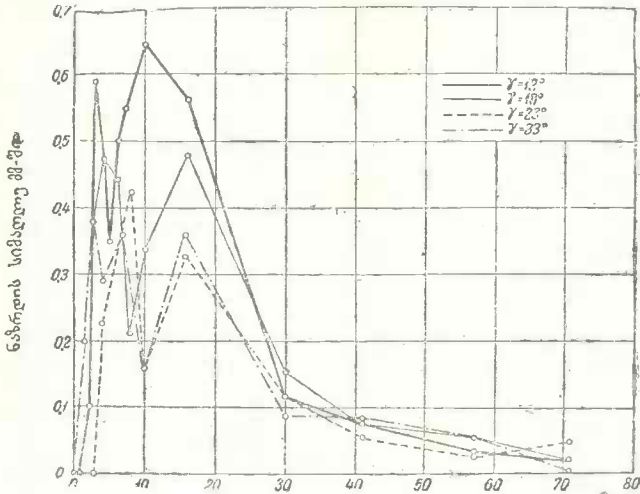
დამუშავებული ზედაპირის გაუმჯობესება ჭრის სიჩქარის ზრდით უმთავრესად იხსნება საჭრის მუშაობით ნაზრდის გარეშე.

როგორც ცნობილია, ნაზრდი აფუჭებს დამუშავებულ ზედაპირს, წარმოშობს ამ უკანასკნელზე ღრმულებს და ხორკლებს. სურ. 2-ზე ნაჩვენებია ნაზრდის სიმძლავის ცვლილება

ბა ჭრის სიჩქარის მიხედვით მარტენსიტული ფოლადის დამუშავების დროს ჭრის სიღრმით $t=4,5$ მმ. $s=0,67$ მმ/მრ.

გარდა ამისა, ჭრის სიჩქარის გადიდება ხელს უწყობს სალშენანდოვანი იარაღის მუშაობის პირობების გაუმჯობესებას.

როგორც ცნობილია, სალშენანდებს ახასიათებს მაღალი სისალე და უმნიშვნელო სიბლანტე. ამის გამო ისინი ნაკლებად ცვედებიან, მაგრამ იძლევიან მჭრელი პირის მნიშვნელოვან გამოფხვიერებას. სალიშენანდის ნამდვილი წარმადობა ხასიათდება არა მარტო მისი კარგი წინააღმდეგობით ცვეთისადმი, არამედ სიმტკიცითაც, ე. ი. კარგი წინააღმდეგობით მჭრელი პირის გამოფხვიერების მიმართ.



სურ. 2. საჭრისხე ნაზრდის სიმაღლის დამოკიდებულება ჭრის სიჩქარეზე.

ამიტომ მაღალი წარმადობის უზრუნველყოფის მიზნით მჭრელ იარაღს დიდ სისალესთან ერთად უნდა ახასიათებდეს სათანადო სიბლანტე. მაღალი ჭრის სიჩქარეებით მუშაობის დროს მჭრელი იარაღის მუშა ნაწილის ტემპერატურა იზრდება, რაც თავის მხრივ, იძლევა სიბლანტის გადიდებას სისალის უმნიშვნელო შეცირებით.

ზემოაღნიშნულის გამო მაღალი ჭრის სიჩქარეების დროს იზრდება სალშენანდოვანი იარაღის მედეგობა და მასასადაზე, წარმადობაც.

ცდებით დადასტურებულია ასევე, რომ ჭრის სიჩქარის გადიდება დადებით გავლენას ახდენს ბურბუშელის ჯდომაზე, ე. ი. პლასტიკური დეფორმაციის მოცულობაზე, ცივად ჭედვაზე და მის სიღრმეზე, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს ენერგიის ხარჯს ჭრის პროცესზე.

როგორც ცნობილია მაღალი ჭრის სიჩქარეების განხორციელება მოითხოვს:

1. მაღალხარისხივან მასალას მჭრელი იარაღებისათვის.

2. იარაღის კონსტრუქციის და მჭრელი პირის გეომეტრიის გაუმჯობესებას.

მაღალი ჭრის სიჩქარეების განხორციელება შეიძლება მხოლოდ სალიშენანდებით, რომლებიც შეიცავენ 84%-მდე მწვანე ფოლფრამს (მისი დნობის ტემპერატურა აღწევს 3400° ს).

სწრაფმჭრელი ფოლადი შეიძლება გამოყენებულ იქნას ნორმალურ სიჩქარეთა ზონაში. რაც შეეხება თვითმწრთობ და ნახშირბადიან საიარაღო ფოლადებს მათ ახასიათებთ დაბალი ჭრის თვისებები და ნორმალურ სიჩქარეთა ზონაშიაც ადვილად ჩლუნგდებიან.

სალი შენადნობიდან მალალი ჭრის სიჩქარეებით დამუშავებისათვის ფართო გამოყენება პოვის T 15 კვ, T 15 კნე მარკებმა, კარგ შედეგს იძლევა T 21 კ 8-ც.

მეორე მოთხოვნა—კონსტრუქციული და მჭრელი პირის გეომეტრიის გაუმჯობესება მდგომარეობს ცვლილების შეტანაში ძირითად, კუთხეებში; კერძოდ წინა კუთხეში. ამაჲმად მალალ სიჩქარეების მისაღებად გამოყენებული იარაღები: საჭრისები და ფრეზები აილესებიან წინა კუთხის უარყოფითი მნიშვნელობით, რაც იძლევა დიდ უპირატესობას დადებითი წინა კუთხით ალესილ მჭრელ იარაღთან. სახელდობრ:

1. ჭრის კუთხის გაზრდა ადიდებს იარაღის მჭრელი ნაწილის სიმტკიცეს.

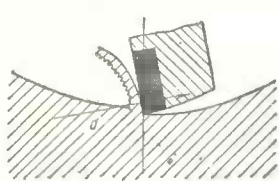
2. ბურბუშელის მოხსნის დროს წარმოქმნილი სითბოს დიდი რაოდენობა ადიდებს მასალის სიბლანტეს მჭრელი პირის და დასამუშავებელი მასალის კონტაქტის ადგილას, რაც ამცირებს ჭრის ძალას.

3. უმჯობესდება დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავე.

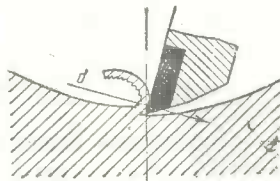
4. უმჯობესდება სითბოს გადაყვანის პირობები იარაღის მჭრელი პირიდან.

ბურბუშელის წარმოშობის პროცესი უარყოფითი წინა კუთხის დროს არსებითად განსხვავდება ბურბუშელის წარმოშობის პროცესისაგან დადებითი წინა კუთხით. თუ დადებითი წინა კუთხის დროს საჭრისი ლითონში მცირე სიჩქარის შეჭრით ხსნის ლითონის ფენას, ზოგჯერ წარმოშობს წამსწრებ ნაპრალს და ელემენტები გადასული მყიფე მდგომარეობაში სცილდება ნაკეთს (სურ. 3); უარყოფითი წინა კუთხეების დროს მოსახსნელი ფენა იკუმშება დიდი სიჩქარით, ამ დროს წარმოშობილი სითბო არბილებს ლითონს მჭრელი პირის შეხების ადგილას, რის გამოც წამსწრები ნაპრალი არ წარმოიშობა (სურ. 4).

ჭრის სიჩქარის გაზრდა უარყოფითი წინა კუთხიანი საჭრისებით იწვევს ჭრის ძალის შემცირებას, რადგანაც ამ დროს ლითონი გადასულია პლასტიკურ მდგომარეობაში, რაც



სურ. 3. ბურბუშელის წარმოშობა დადებითი წინა კუთხის დროს. სალი შენადნის ფირფიტა მუშაობს ლუნვაზე და ტრაზე.



სურ. 4. ბურბუშელის წარმოშობა უარყოფითი წინა კუთხის დროს. სალი შენადნის ფირფიტა მუშაობს კუნთვაზე.

ხდება შედარებით მაღალი ჭრის სიჩქარეების დროს (200–300 მ/წუთში) და მცირე მიწოდებებით (0,05–0,1 მმ/ზრ.). შედარებით დაბალ სიჩქარეებზე (70–80 მ/წუთზე ნაკლები) უარყოფითი წინა კუთხიანი საჭრისებით მუშაობა ნაკლებად ეფექტურია მოსახსნელი

ფენის დიდი დეფორმაციისა და დიდი ჭრის ძალების განვითარების გამო.

2. ჩაპარსნული ჩარხვა

ჩარხვის დროს სალი შენადნები ფართოდ გამოიყენებოდნენ ლითონის ჭრით დამუშავების დარგში სამამულო ომამდეც. ცხადია, რომ ჭრის სიჩქარეებიც აღწევდა სათანადო მნიშვნელობას. ასე, მაგალითად, ომამდელ ნორმატივებში ქრომო-მოლიბდენოვანი ფოლადის $H_s = 330$ გაჩარხვისათვის სალ შენადნოვანი საჭრისით ჭრის სიღრმით $t = 2$ მმ, $v = 0,2$ მმ/ზრ. რეკომენდირებულია ჭრის სიჩქარე $v = 124$ მეტრ/წუთში. მინქანათსამშენებლო ფოლადისათვის $\sigma_s = 50$ კგ/მმ² იმავე პირობებში $v = 260$ მეტრ/წუთში. თუმცა ომამდე ამ რეჟიმებმა პრაქტიკული გამოყენება ვერ პოვეს.

1945 წლიდან შესაძლებელი შეიქნა-არამც თუ ომავედ ნორმატივებით რეკომენდი-
რებულ მაღალ ჭრის სიჩქარეებზე გადასვლა, არამედ მათი მნიშვნელოვანი გადაჭარბებაც.
ქ. ლენინგრადის სერდლოვის სახელობის ჩარხმშენებელი ქარხნის სტახანოველმა
ხარატმა ბორტკევიჩმა მიიღწია შესანიშნავი საწარმოო რეკორდს.

გამოიყენა რა ლითონების მაღალი ჭრის სიჩქარით დამუშავების მეთოდი, მან მაღლ-
წია ცვლის გვეგმის გადაჭარბებას 12-ჯერ და კიდევ უფრო მეტადაც.

ასე. მაგალითად, 1948 წლის 19 მარტს ბორტკევიჩმა დღიური გვეგმა შეასრულა
1404 %-ით.

იგი ამუშავებდა ქუროებს, კბილანებს, ქანჩებს და სხვა დეტალებს ფოლ. 45, 20 x,
40 x და სხვა ლითონებისაგან.

ასევე მაღალ წარმადობებს მიიღწევს ჩვენი ქარხნების სტახანოველმა მეჩარხებმა
მაღლი ჭრის სიჩქარეების გამოყენებით.

ა) საჭრისების გეომეტრია და ჭრის რეჟიმები

ხარატი ბორტკევიჩი მუშაობდა სახარატო ხრახნმჭრელ ჩარხზე, რომლის სიძლიავერ
 $N=5,8$ ც. ძ. და ბრუნვათა რიცხვი $n_{max}=1350$ ბრ/წუთში.

ზემოჩამოთვლილი ნაკეთების დამუშავებას აწარმოებდა სიჩქარეებით $v=270-240$ მტ.
წუთში, მიწოდებით $s=0,18-0,3$ მმ/ბრ.

საჭრისის გეომეტრია, რომელ-

საც იყენებდა ბორტკევიჩი (სურ. 5)

ხასიათდება: წინაკუთხით $\gamma = +8^\circ$,

ფასკით $0,2 \div 0,25$ მმ, რომლის წი-

ნა კუთხე $\gamma_1 = 0 \div (-2)^\circ$, მთავარი

მჭრელი წიბოს დახრის კუთხე $\lambda = 2 \div 3^\circ$.

მჭრელ მასალად გამოიყენა T 15

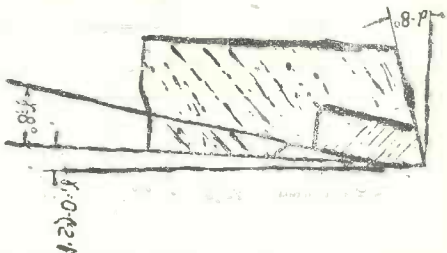
K6 ქან T 15 K 6 C. იარაღის მედე-

გობა ასეთ პირობებში აღწევდა 50-60

წუთამდე. 1-ელ ცხრილში ნაჩვენებია ზო-

გეფრთი დეტალების დამუშავების რე-

ჟიმები სანავარიშო და ფაქტიური დროის ნორმების ჩვენებით.



სურ. 5. საჭრისების აღმსვის გეომეტრია.

ცხრილი 1

№ ნაკეთების	დეტალის დასახელება	მასალა	ძირითა- დი ზომე- ბი მმ-ში	ფაქტიური რეჟიმები			დრო წუთებში	
				s_1 მწუთში	s_2 მმ/ბრ.	f_z მმ.	საანავარ. დროის ნორმა	ფაქტიუ- რი დროის ნორმა
1	კონუსური კბილანა . . .	ფოლ. 45	⊙=130 L=40	420	0,18	2,5	37	9,6
2	" " " " " "	"	⊙94	405	0,22	2,0	20	4,5
3	" " " " " "	"	⊙64	270	0,22	1,5-2,0	7,6	3,2
4	" " " " " "	ფ. 20 x	⊙128 L=39	420	0,24	2,3	25	10
5	" " " " " "	ფ. 40 x	⊙149 L=50	380	0,28	2-3	39	19
6	ცილინდრული კბილანა .	ფ. 20 x	⊙150 L=58	440 420 1)	0,30 0,22	2,6 1,5-2,0 1)	20 30,57	7,3 7,4
7	ქანჩი	ფ. 45	⊙ 240	270 2)		0,44 2)		

ქარხანა „ბოლ შევიკი“-ს მონაცემების საფუძველზე მაღალ ჭრის სიჩქარეებზე
მომუშავე საჭრისებს მოეთხოვებათ:

1. ჭრის სიჩქარის გადიდების შესაძლებლობა მედეგობის შეუმცირებლად.

1945 წლიდან შესაძლებელმ შეიქნა არამც თუ ომამდე ნორმატივებით რეკომენდირებულ მაღალ ჭრის სიჩქარეებზე გადასვლა, არამედ მათი მნიშვნელოვანი გადაჭარბებაც. ქ. ლენინგრადის სვერდლოვის სახელობის ჩარხმშენებელი ქარხნის სტახანოველმა ხარატმა ბორტკევიჩმა მიაღწია შესანიშნავ საწარმოო რეკორდს.

გამოიყენა რა ლითონების მაღალი ჭრის სიჩქარით დამუშავების მეთოდი, მან მიაღწია ცვლის გვემის გადაჭარბებას 12-ჯერ და კიდევ უფრო მეტადაც.

ასე, მაგალითად, 1948 წლის 19 მარტს ბორტკევიჩმა დღიური გვემა შეასრულა 1404 %-ით.

იგი ამუშავებდა ქუროებს, კბილანებს, ქანჩებს და სხვა დეტალებს ფოლ. 45, 20 x, 40 x და სხვა ლითონებისაგან.

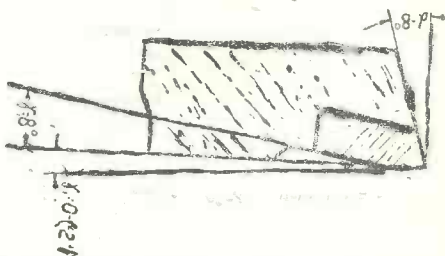
ასევე მაღალ წარმადობებს მიაღწიეს ჩვენი ქარხნების სტახანოველმა შეჩარხებმა მაღალი ჭრის სიჩქარეების გამოყენებით.

ა) ხაჭრისების გეომეტრია და ჭრის რეჟიმები

ხარატი ბორტკევიჩი მუშაობდა სახარატო ხრახნმჭრელ ჩარხზე, რომლის სიმძლავრე $N=5,8$ ც. დ. და ბრუნვათა რიცხვი $n_{max}=1350$ ბრ/წუთში.

ზემოჩამოთვლილი ნაკეთების დამუშავებას აწარმოებდა სიჩქარეებით $v=270-240$ მტ. წუთში, მიწოდებით $s=0,18-0,3$ მმ/ბრ.

საჭრისის გეომეტრია, რომელსაც იყენებდა ბორტკევიჩი (სურ. 5) ხასიათდება: წინაკუთხით $\gamma = +8^\circ$, ფსკით $0,2-0,25$ მმ, რომლის წინაკუთხე $\gamma_1 = 0-(-2)^\circ$, მთავარი მჭრელი წიბოს დახრის კუთხე $\lambda = 2-3^\circ$. მჭრელ მასალად გამოიყენა T 15 ჩხ. ან T 15 ჩხ 6 C. იარაღის მედეგობა ასეთ პირობებში აღწევდა 50-60 წუთამდე. 1-ელ ცხრილში ნაჩვენებია ზოგიერთი დეტალების დამუშავების რეჟიმები საანგარიშო და ფაქტიური დროის ნორმების ჩვენებით.



სურ. 5. საჭრისების აღესვის გეომეტრია.

ცხრილი 1

№	დეტალის დასახელება	მასალა	ძირითადი ზომები მმ-ში	ფაქტიური რეჟიმები			დრო წუთებში	
				v_1 მ/წუთში	s_1 მმ/ბრ.	f_1 მმ.	საანგარ. დროის ნორმა	ფაქტიური დროის ნორმა
1	კონუსური კბილანა . . .	ფოლ. 45	⊙=130 L=40	420	0,18	2,5	37	9,6
2	" " " " . . .	"	⊙94	405	0,22	2,0	20	4,5
3	" " " " . . .	"	⊙64	270	0,22	1,5-2,0	7,6	3,2
4	" " " " . . .	ფ. 20 x	⊙128 L=39	420	0,24	2,3	25	10
5	" " " " . . .	ფ. 40 x	⊙149 L=50	380	0,28	2-3	39	19
6	ცილინდრული კბილანა	ფ. 20 x	⊙150 L=58	440 420 1)	0,30 0,22	2,6 1,5-2,0 1)	20 30,57	7,3 7,4
7	ქანჩი	ფ. 45	⊙ 240	270 2)		0,44 2)		

ქარხანა „ბოლშევიკი“-ს მონაცემების საფუძველზე მაღალ ჭრის სიჩქარეებზე მომუშავე საჭრისებს მოეთხოვებათ:

1. ჭრის სიჩქარის გადიდების შესაძლებლობა მედეგობის შეუმცირებლად.

2. ბურბუშელის მტკრევა საწარმოო თვალსაზრისით დასაშვები ჭრის რეჟიმების დროს.

3. საჭრისების დამზადების სიმარტივე.

ზემოხსენებულ მოთხოვნებს აკმაყოფილებს საჭრისის გეომეტრია, რომელიც ნახევრება სურ. 6-ზე.

ასეთ საჭრისზე:

წინა კუთხე $\gamma = -10^\circ$;

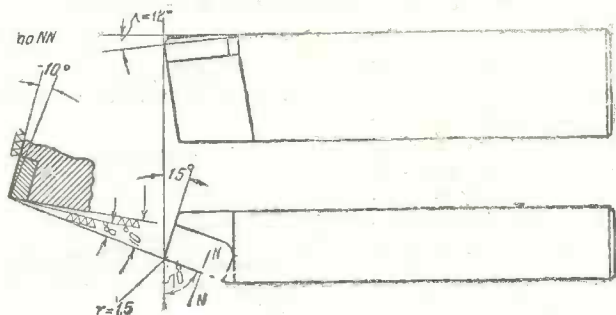
მთავარი მჭრელი წიბოს დახრის კუთხე $\lambda = 10 \div 12^\circ$;

უკანა კუთხე $\alpha = 8$ და 10° ;

მთავარი კუთხე გეგმაში $\varphi = 70^\circ$;

დამხმარე კუთხე გეგმაში $\varphi_1 = 15^\circ$;

წვეროს მომრგვალების რადიუსი $r = 1,5$ მმ.



სურ. 6. საჭრისი უარყოფითი წინა კუთხით.

როგორც იყო ნახსენები, წინა კუთხის სიდიდე განსაზღვრავს მჭრელი პირის სიმტკიცეს. სითბოს გადაყვანას მისგან და სითბოს წარმოშობას მოსახსნელ ფენაში, რადგანაც წინა კუთხის სიდიდეზე და ჭრის სიჩქარეზე დიდად არის დამოკიდებული ბურბუშელის დეფორმაციის ხარისხი.

ფოლალებისათვის $\sigma_s < 60$ კგ/მმ² მიღებულია წინა კუთხე $\gamma = -5^\circ$, ფოლალებისათვის $\sigma_s > 60$ კგ/მმ² $\gamma = -10^\circ$.

დასამუშავებელ მასალაში შეჭრის დროს საჭრისის წვეროს დაზიანებისაგან დაცვის მიზნით, განსაკუთრებით წყვეტითი მუშაობის დროს, მიღებულია მჭრელი წიბოს დახრის კუთხის დადებითი მნიშვნელობა $\lambda = 10 \div 12^\circ$.

გარდა ამისა, მჭრელი წიბოს დადებითი დახრის კუთხე უარყოფით წინა კუთხესთან ერთად უზრუნველყოფს ბურბუშელის მტკრევისათვის ხელსაყრელ პირობებს.

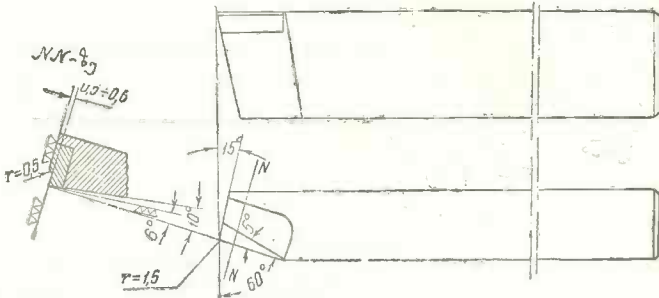
მთავარი კუთხე გეგმაში φ აიღება ჩვეულებრივ მნიშვნელობაზე — 45° -ზე მეტი ($\varphi = 70^\circ$) ჭრის ძალის რადიალური მდგენელის P_r -ის შემცირებისა და ვიბრაციის თავიდან აცილების მიზნით.

საჭრისის წვეროს მომრგვალება ზრდის საჭრისის სიმტკიცეს და ამცირებს წვეროსთან მჭრელი წიბოს გამოფხვიერებას.

არათანაბარი ნამატანი ზედაპირების დამუშავების დროს, სადაც არ არის მოთხოვნილი ბურბუშელის მტკრევა, წარმატებით გამოიყენებიან საჭრისები ორმაგი წინა წახნაგით—დადებითი წინაკუთხით წინა წახნაგზე და უარყოფითი კუთხით ფასკაზე (სურ. 7).

გარდა ამისა, შესაძენვეად იზრდება ჭრის ძალა, რომლის გამო სალი შენადნის ფირფიტები წვეროსთან ხშირად გამოფხვიერდებიან.

საწარმოო გამოცდილების შედეგად შეიძლება ითქვას, რომ ბურბუშელის მტვრევის საკითხი მარტივად წყდება უარყოფითი წინა კუთხიანი და მჭრელი წიბოს დახრის დადებითი კუთხიანი საჭრისის გამოყენებით, რაც უზრუნველყოფს წინა წახნაგზე ჩამომაველი ბურბუშელის გარკვეულ მიმართულებას, რომელიც იმტვრევა ნახევრად რგოლისებრი მცირე ზომის ($\Phi 10 \div 30$ მმ) ელემენტების სახით.



სურ. 8. საჭრისი საფეხურით წინა წახნაგზე.

გარდა ამისა, პრაქტიკული გამოცდილების საფუძველზე დადასტურებულია, რომ ბურბუშელის საიმედო მტვრევადობას ადგილი აქვს, თუ ჭრის სიღრმისა და მიწოდების ფარდობა არ აღემატება ათს $\left(\frac{t}{s} \leq 10\right)$.

როგორც დაინახეთ საჭრისები ახალი გეომეტრიით როგორც დამზადების, ისე აღესვის თვალსაზრისით დიდად არ განსხვავდებიან საჭრისებისაგან ჩვეულებრივი გეომეტრიით, ამიტომ მათი დამზადება არ მოითხოვს განსაკუთრებულ ტექნოლოგიურ პოლიცესებს და ასევე აღესვაც არ მოითხოვს განსაკუთრებულ მანქანა-მოწყობილობებს და ამლეს ნივთიერებას.

ექსტრაკარბორუნდის ქვების დეფიციტურობის გამო ამ ბოლო ხანებში ლითონის დამამუშავებელ წარმოებებში ფართოდ ინერგება საჭრისების ანოდურ-მექანიკური აღესვა, რაც მოითხოვს სპეციალურ დანადგარებს ამ მიზნით. ასეთი დანადგარების წარმადობა 8 საათიანი სამუშაო დღის განმავლობაში აღწევს საშუალოდ 50 საჭრისამდე.

3. ჩქაროსნული ფაზისა

დიდ საშაულო ომამდე ფრეზები სალი შენადნის ფირფიტებით გამოიყენებოდნენ იშვიათად, მხოლოდ ისეთ შემთხვევებში, როცა ჩვეულებრივი ფრეზებით მუშაობა შეუძლებელი იყო. ამავე დროს ჭრის სიჩქარე სალი ლითონების დამამუშავების დროს ნაკლები იყო სწრაფმჭრელი ფოლადის ფრეზის მიერ დასაშვებ ჭრის სიჩქარეზე. ცხადია, რომ ასეთ პირობებში სალი შენადნის ფრეზა სასურველ ეფექტს ვერ იძლეოდა.

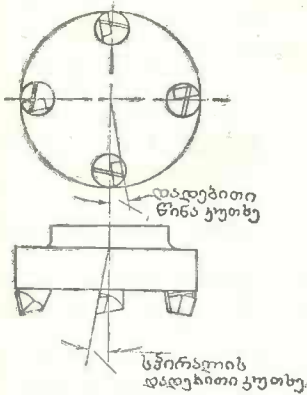
ფრეზის გეომე რიის მნიშვნელოვანმა ცვლილებამ შექმნა ჭრის რეჟიმების რამდენიმეჯერ გაზრდის შესაძლებლობა.

რამე მდგომარეობს ფრეზის გეომეტრიის ცვლილება?

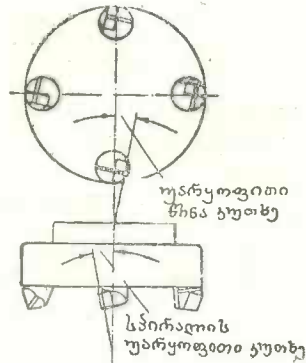
როგორც იყო აღნიშნული წინა კუთხის შეცვლა დადებითიდან უარყოფითი მნიშვნელობით, შესაძენვეად აღიდავს მჭრელი პირის სიმტკიცეს, ვინაიდან ჭრის კუთხე 8 ღებულობს 90° -ზე მეტ მნიშვნელობას. გარდა ამისა, სპირალის კუთხე ანუ წინა წახნაგის დახრის

კუთხე უარყოფითი მნიშვნელობისაა, რაც ასევე აუშჯობებს მჭრელი წილის სიმტკიცეს. სურ. 9-ზე ნაჩვენებია ფრეზი დადებითი წინა კუთხე ო-თი და სპირალის კუთხე ა-თი.

სურ. 10-ზე ნაჩვენებია ისეთივე ფრეზი უარყოფითი წინა და სპირალის კუთხეებით. წინა და სპირალის კუთხის ასეთმა ცვლილებამ, რომელმაც არსებითად შესცვალა ბურბულის წარმოშობის პროცესი, შექმნა პირობები ჩვეულებრივი ჭრის სიჩქარეებიდან მაღალ ჭრის სიჩქარეებზე გადასასვლელად. თუ წინათ ფოლადის ფრეზებს დროს ჭრის სიჩქარე



სურ. 9. ფრეზი დადებითი წინა კუთხით და დადებითი სპირალის კუთხით.



სურ. 10. ფრეზი უარყოფითი წინა კუთხით და უარყოფითი სპირალის კუთხით.

არ აღემატებოდა $25 \div 35$ მეტრ/წუთში, ამჟამად იგი აღწევს $180 \div 200$ მეტრს წუთში და კიდევ მეტს.

სათანადოდ იზრდება მიწოდება წუთში $30 \div 80$ მმ/წუთიდან $150-400$ მმ/წუთში, რაც ძალიან ამცირებს სამანქანო დროს. ფრეზის ახალმა მეოთხე დიდი გავრცელებას ჰპოვა თანამედროვე მთელ რიგ მანქანათმშენებელ ქარხნებში, რაც ფართოდ არის დაკავშირებული ფრეზების კონსტრუქციულ და გეომეტრიულ გაუმჯობესებასთან.

პირველ ხანებში სიძნელეს წარმოადგენდა ფრეზების ალესვა აკრეფილი სახით (საღ შენადნოვანი ფრეზი შეიძლება იყოს მხოლოდ შედგენილი). შემდეგში ფრეზების კონსტრუქცია გაუმჯობესებულ იქნა ისე, რომ შესაძლებელი ხდება თითოეული მჭრელი კბილის ალესვა ცალ-ცალკე კორპუსიდან მოხსნის შემდეგ, ისევე როგორც გავლელი საჭრისების. ალესილი საჭრისების აწყობა-ჩამაგრება კორპუსში განხორციელდება სპეციალური მარეგულირებელი თარგის საშუალებით. კონსტრუქციული გაუმჯობესება შექმედში შეეხო აგრეთვე დისკურ გადაამკრულ ფრეზსაც, რომელიც გამოიყენება მაგარი, ლეგირებული ფოლადების გადასაჭრელად. ნორმალური და თანაბარი მუშაობის უზრუნველყოფის მიზნით დისკურ გადაამკრულ ფრეზთან ერთად დამჭერზე დაისმება მქნევაკები.

ჭრის რეჟიმი და, კერძოდ, ჭრის სიჩქარე ჩქარი ფრეზების დროს შეირჩევა იმ მოსახრებით, რომ უზრუნველყოფილ იქნას ლითონის პლასტიკურობის ზრდა ფრეზის ნორმალური მედეგობის შენარჩუნებით. ცხადია, ჭრის სიჩქარე დიდად არის დამოკიდებული დამუშავებული ლითონის გვარობაზე და მის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. მოიყვანათ ზოგიერთი ქარხნების მიერ ექსპერიმენტალური გზით დადგენილი ჭრის სიჩქარეები (ცხრილი 3).

ცხრილი 3

დასამუშავებელ მასალა	დროებითი წინაღობა σ _კ კგ/მმ ²	ჭრის სიჩ- ქარე σ მ/წუთები
ფოლადის სხმული 36 ლ. 40 ლ.	55	130—170
ფოლადი 50	65	140—180
მაღალი ლეგირების ფოლადი (თერმულად დაუმუ- შავებელი)	80	120—160
მაღალი ლეგირების ფოლადი (თერმულად დ.მუ- შავებელი)	95—100	110—140
რუხი თუჯი Cr 1532	H _წ = 180	120—150

უფრო დაბალი ჭრის სიჩქარეები (100 მ/წ-ზე ქვემოთ) არ არის რეკომენდირებული ჭრის ძალის მნიშვნელოვანი გაზრდის გამო, რაც გამოწვეულია მოსახსნელი ბურბუშელის დიდი დეფორმაციით.

რაც შეეხება მიწოდებას, მისი სიდიდე ჩქარი ფრეზის პირობებში აიღება ზღვრებ-ში 0,08 ÷ 0,11 მმ/კბილზე.

ნაკლები მნიშვნელობა აიღებდა ხახუნს მჭრელ კბილსა და დასამუშავებელ ლითონს შორის. მიწოდების გადიდება დაკავშირებულია დიდ დინამიკურ დატვირთვებთან, რაც ხშირად შეზღუდულია ჩარხის სიმძლავრით.

ჭრის სიღრმე ჩვეულებრივ აიღება მთელი ნამატის ტოლი 3-დან 8 მმ-მდე. ჭრის სიღრ-მე 10 მმ-ზე მეტი არ აიღება მჭრელი პირის დაზიანების საშიშროების გამო.

4. ხრახნკუთხვილების ჩაბარსნული მოჭრა

ხრახნკუთხვილების მიღება მაღალი სიჩქარეებით ამკამბლ განხორციელდება შემდეგი საში. მეთოდით:

1. ხრახნკუთხვილების მოჭრა სალი შენადნის საჭრისებით მაღალი სიჩქარეებით (100—150 მ/წუთში) რამდენიმე გავლით.
2. ხრახნკუთხვილის მოჭრა გრიგალისებრი მეთოდით (მბრუნავი საჭრისებით).
3. ხრახნკუთხვილის დაკეჭვა (მრგვალი ან ბრტყელი გამზახნებით).

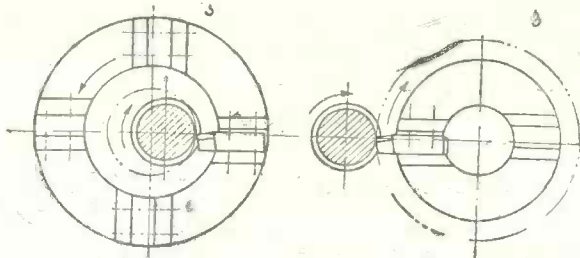
უკანასკნელი ორი-სამი წლის განმავლობაში ფართო გამოყენებას პოულობს ჩქარი ხრახნკრა მბრუნავი საჭრისებით, რომელიც განხორციელდება სპეციალური სამარჯვის—სწრაფად მბრუნავი თავის საშუალებით. სალშენადნოვანი საჭრისებით წყვეტალი მუშაო-ბის შედეგად მიღწეულია მაღალი ჭრის სიჩქარეები 500 მეტრამდე წუთში საჭრისის ნორ-მალური მედეგობის შენარჩუნებით. ასეთი მეთოდით დამუშავების დროს არსებობს ნაკე-თის მიმართ საჭრისის მოძრაობის ტრაექტორიის ორი სახე:

1. როცა ნაკეთი იმყოფება საჭრისის ტრაექტორიის შიგნით — შინაგანი შეხების მე-თოდი (სურ. 11).
2. როცა ნაკეთი იმყოფება საჭრისის ტრაექტორიის გარეთ — გარეგანი შეხების მე-თოდი (სურ. 11 ბ).

როგორც მოყვანილი სქემებიდან ჩანს, შინაგანი შეხების დროს საჭრისი უფრო მეტ მანძილზეა შეხებაში ნაკეთთან, მშვიდად შეიკრება და გამოდის ნაკეთთან შეხებიდან.

გარეგანი შეხების დროს საჭრისის კონტაქტი ნაკეთთან მცირეა, ამიტომ პირველი მეთოდი იძლევა უფრო სუფთა ზედაპირს და უზრუნველყოფს უფრო მშვიდ მუშაობას, ვიდრე გარეგანი შეხების დროს.

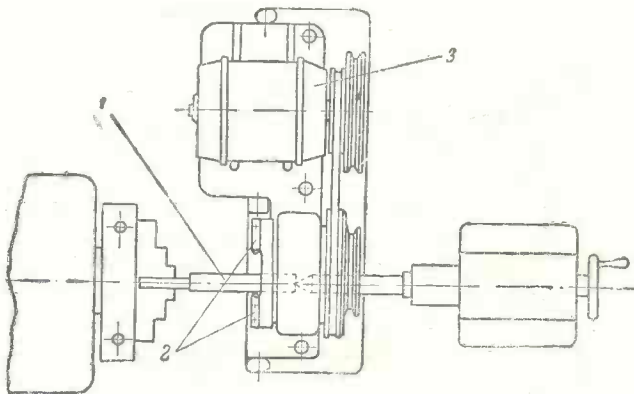
სწრაფად მბრუნავი თავის მუშაობის პრინციპი ხრახნკუთხეილების შიდალი სიჩქარეებით მოჭრის დროს მდგომარეობს შემდეგში:



სურ. 11. მბრუნავი საჭრისებით ხრახნკუთხეილის მოჭრის პრინციპული სქემები: ა) შინაგანი შეხების სქემა; ბ) გარეგანი შეხების სქემა.

„1“ ნაკეთი (სურ. 12), რომელიც დაყენებულია ჩარხის ცენტრებზე, ღებულობს ნელ ბრუნვას ჩარხის მთავარი მოძრაობის ელექტროძრავიდან.

„1“ თავს „2“ ხრახნკუთხეილის საჭრისებით აქვს შემხვედრი სწრაფი ბრუნვა (ბრუნვათა რიცხვებით 975 და 1900), რომელსაც ღებულობს „3“ ელექტროძრავიდან. ეს უზრუნველყოფს კრის სიჩქარეს 150-დან 500 მეტრამდე წუთში. ერთდროულად სავალი



სურ. 12. ჩარხზე სწრაფად მბრუნავი თავის და ნაკეთის დაყენების სქემა.

ხრახნისა და დედაქანჩის საშუალებით სუპორტი საჭრისებიან თავთან ერთად ღებულობს გრძელ ვადაადგილებას მოსაჭრელი ხრახნკუთხეილის ბიჯის შესაბამისად. მთელი ხრახნისლი მოიჭრება ერთი გავლით. ვინაიდან შპინდელისა და საჭრისებიანი თავის ღერძები ექსცენტრიულადაა ერთმანეთის მიმართ (შინაგანი შეხების დროს), ამიტომ საჭრისის კონტაქტი ნაკეთთან განხორციელდება რკალზე სიგრძით $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$ ნაკეთის წრეხაზის მთელი სიგრძიდან. ამის გამო საჭრისის წვეროს ტრაექტორიის დიამეტრი ყოველთვის 1,3—2-ჯერ მეტია ნაკეთის დიამეტრზე. ასე, მაგალითად, ხრახნკუთხეილის მოჭრის დროს, რომლის დიამეტრია 60 მმ, საჭიროა საჭრისის წვეროს ტრაექტორიას ქონდეს დიამეტრი არანაკლებ 80 მმ, წინააღმდეგ შემთხვევაში ადგილი ექნება საჭრისის ხანგრძლივ კონტაქტს ნაკეთთან, რაც გამოიწვევს კრის ძალის გადიდებას და საჭრისის მედეგობის შემცირებას.

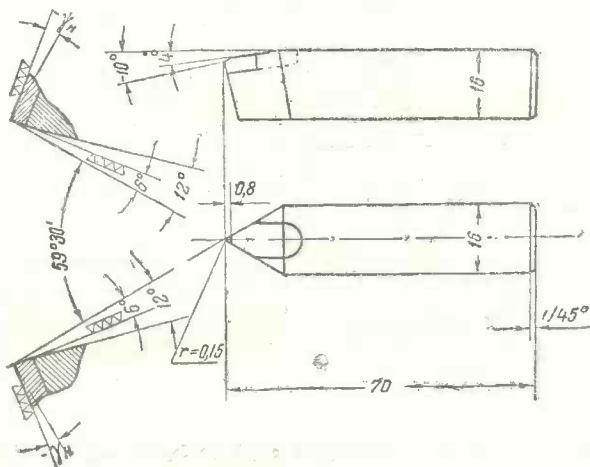
ნაკეთის ბრუნვათა რიცხვი დამოკიდებულია დასამუშავებელ მასალაზე, ნაკეთის დიამეტრზე და მბრუნავ თავში საჭრისების რაოდენობაზე. ჩვეულებრივ ის იმყოფება ზღვრებში 3-დან 30 ბრ/წუთში.

ხრახნუთხვილის მოჭრა შეიძლება განხორციელდეს ერთი ან რამდენიმე საჭრისით, რაც განაზღვრავს პროცესის წარმადობას. ჩქარი მეთოდით ხრახნუთხვილის მოჭრის ტრის რეჟიმები მოყვანილია მე-4 ცხრილში.

ცხრილი 4

დასამუშავებელი მასალა	ტრის სიჩქარე მ/წუთში	მიწოდება ერთ საჭრისზე მ-ში.
ფოლადი რბილი $\sigma_b < 60$ კგ/მმ ²	200—300	0,4—0,8
ფოლადი მავარი $\sigma_b > 60$ კგ/მმ ²	180—220	0,3—0,6

ჩქაროსული მეთოდით ხრახნუთხვილის მოსაჭრელად გამოიყენებიან საჭრისები დამჭერის განივკვეთით 12×12 , 14×14 , 16×16 მმ. განივკვეთის შერჩევა დამოკიდებულია მოსაჭრელი ხრახნუთხვილების ბიჯზე. ფირფიტების მასალად გამოყენებულია სალი შენადნები T 15 K 6 და T 15 K 6 C.



სურ. 13. საჭრისი ხრახნუთხვილის ჩქაროსული მოჭრისათვის.

სურ. 13-ზე ნაჩვენებია ასეთი საჭრისის გეომეტრია, რომლის თავისებურება მდგომარეობს შემდეგში: წინა კუთხე $\gamma = -4^\circ$, საჭრისის წვეროსთან $0,5 - 0,6$ მმ-ის სიგანეზე აიღესება თასკა კუთხით -10° , კუთხე წვეროსთან აიღება $30 - 40^\circ$ -ით ნაკლები კუთხვილის პროფილის კუთხესთან შედარებით, რაც გააოწვეულია იმით, რომ ტრის პროცესში ადგილი აქვს ხრახნუთხვილის ღრმულის გაგანეიერებას. უკანა კუთხის მნიშვნელობისათვის მიღებულია ფირფიტაზე 6° , დამჭერზე 12° .

საჭრისის დაყენება წარმოებს სპეციალური თარგის საშუალებით (სურ. 14), რომელიც მზადდება მისაღები ხრახნის დიამეტრის მიხედვით. ამ თარგის საშუალებით, რომე-

5. ინსტრუქცია ჩეხოსლოვაკური ჩარხვის გამოყენებაზე

ხარტმა აუცილებელია იცოდეს, რომ საჭრისებს უარყოფითი კუთხით აქვთ დიდი მდებარეობა და იძლევიან დიდი ჭრის სიჩქარეებით მუშაობის შესაძლებლობას, მიღებული იქნას ტენილი ბურბუმელო და ნაკეთის სუფთა ზედაპირი. მაგრამ ამავე დროს ასეთი საჭრისებით მუშაობისას ჩარხის მექანიზმს და დასამუშავებელ ნაშადს გადაეცემა დიდი დატვირთვა. სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ახალი საჭრისებით მუშაობაზე, 15—20%ით მეტია, ვიდრე ძველი გეომეტრიის საჭრისებისათვის ერთი და იმავე ჭრის სიჩქარეებზე 200 მეტრამდე წუთში.

ამიტომ, იმისათვის, რომ ჩარხმა და საჭრისმა იმუშაონ ნორმალურად, აუცილებელია მტკიცედ დაცულ იქნას შემდეგი ძირითადი წესები:

1) ჩარხი უნდა იმყოფებოდეს სრულ წესრიგში, შპინდელის საკისრები უნდა იყვნენ რეგულირებულნი, თავიდან უნდა იყოს აცილებული ლუფტები, კარგად უნდა იყვნენ დაზეთილნი მოხახუნე ზედაპირები.

2) დეტალი ხისტად უნდა იყოს დამაგრებული ვაზნაში და ნორმალურად მიჭერილი უქანა ცენტრის მიერ.

3) მაღალი სიჩქარეებით მუშაობის დროს უქანა ვეგის ცენტრი უნდა იყოს მბრუნავი.

4) ჭრის რეჟიმები გამოყენებული უნდა იქნას ტექნოლოგიური რუკის მიხედვით.

5) აგლეჯის დროს აუცილებელია მუშაობა მიწოდებით, რომელიც არ აღემატება 1,5 მმ ბრუნვაზე.

6) ჭრის სიღრმე საჭიროა შეირჩეს უმცირესი გავლათა რიცხვების გათვალისწინებით, მაგრამ ბურბუმელის სივანე არ უნდა აღემატებოდეს ფირფიტის სიგრძის $\frac{1}{3}$ ნაწილს.

7) მიგარი ფოლადების დამუშავების დროს აუცილებელია სარგებლობა საჭრისებით უარყოფითი წინა კუთხით $\gamma = -10^\circ$, ხოლო რბილი ფოლადების დამუშავების დროს — საჭრისებით უარყოფითი წინა კუთხით $\gamma = -5^\circ$.

8) საჭრისის დაყენება აუცილებელია: ა) ფოლადის გარეგანი გაჩარხვის დროს 0,01 დიამეტრის სიდიდებზე ცენტრების ხაზზე მალა; ბ) ცენტრების ხაზზე შინაგანი და სუფთა გაჩარხვის დროს.

9) საჭრისის გამოშვებული ნაწილი არ უნდა აღემატებოდეს საჭრისის დამჭრის სიმაღლეს; ამით თავიდან იქნება აცილებული ვიბრაცია და დაცული იქნება ფირფიტა გამოფხვიერებისაგან.

10) თუ საჭრისის დაყენების დროს აუცილებელია საფენებით სარგებლობა, მაშინ უნჯობისა დაყენებულ იქნას ერთი მსხვილი და სწორი საფენი საჭრისის საყრდენი სიბრტყის მთელ ფართზე; მოკლე და თხელი ფირფიტებისაგან შემდგარი საფენების გამოყენების დროს საჭრისი განიცდის ვიბრაციას.

11) საჭრისი საჭიროა დამაგრდეს ხისტად დამჭრის მთელ სიგრძეზე.

12) საჭრისის მიყვანა ნაკეთთან შეიძლება მხოლოდ ამ უქანასენლის ბრუნვის დროს.

13) საჭრისის შეჭრა ნაკეთში საჭიროა მოვხდინოთ თანდათანობით ხელით, ისე, რომ საჭრისის ზურგი არ ეხებოდეს დასამუშავებელ ზედაპირს.

14) ლუნეტისათვის ყელის გაჩარხვა აუცილებელია წარმოებულ იქნას მეტად გულდასმით; ყელის ელიფსობა დასაშვებია ზღვრებში 0,05—0,1 მმ.

15) აგლეჯაზე და ნახევრად სუფთა ოპერაციებზე დასაშვებია საჭრისით მუშაობა არა უმეტეს 1,5 საათისა; არარეკომენდირებული საჭრისის მიყვანა მის სრულ დაჩლუნგებამდე, რადგანაც ეს აუარესებს დამუშავებულ ზედაპირის ხარისხს, ამცირებს საჭრისის სამსახურის ვადას და ადიდებს დროს მის გადაღვესაზე; გარდა ამისა, დაჩლუნგებულ

საჭრისით მუშაობის დროს გაცილებით მეტია სიმძლავრე; როგორც წესი, საჭრისმა უნდა გაიაროს 10 გადალესვა; საჭრისების აღლესვა უნდა წარმოებდეს ცენტრალიზებული წესით ასაღეს განყოფილებაში.

16) საჭრისის დაჩლუნგების ნიშნით შეიძლება ჩაითვალოს მის უკანა წახნაგზე 2 მმ სიგინის ფასკის გაჩენა შავად ჩარხვის დროს, ხოლო 0,8 ÷ 1,0 მმ სუფთად ჩარხვის დროს.

17) ჩარხის შემთხვევითი გაჩერების დროს არაა საჭირო უკუსვლის მიცემა, ვინაიდან ამ დროს შეიძლება ვატყდეს ფირფიტა; ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია მოეშვას სამაგრი ჭანჭიკები, დაწყებული უკანადან, ისე რომ განთავისუფლებულ საჭრისს ქონდეს წვეროს მოძრაობა ქვევით.

18) დროთა განმავლობაში პერიოდულად საჭიროა შემოწმება — ხომ არ ხურდება ჩარხის ესა თუ ის ნაწილი.

დასკვნა

რამდენიმე წლის წინათ ისეთი ჭრის სიჩქარეებით მუშაობა, როგორცაა 200 მეტრი წუთში, თითქოს შეუძლებელი და არა ეკონომიური იყო. ამჟამად ასეთი სიჩქარეები ხელმისაწვდომია უმრავლესი ხარატებისა და მფრეზავებისათვის. ზოგიერთმა სტახანოველმა-ნოვატორებმა ცალკეულ შემთხვევებში უკვე მიაღწიეს 700 მეტრს წუთში და უფრო მეტსაც.

ამჟამად მჭრელი იარაღის მედეგობის სიმცირე არ წარმოადგენს პრობლემას. ასევე სწრაფი ჭრისათვის გამოყენებული იარაღების აღლესვა და არსებული ჩარხების გამოყენება არ წარმოადგენენ დიდ დაბრკოლებას.

საწარმოო გამოცდილებამ და ექსპერიმენტალურმა კვლევებმა გვიჩვენეს, რომ სწრაფი ჭრის მეთოდი არ მდგომარეობს მარტო ეკონომიურ ეფექტში მოცემული წარმოების მასშტაბით. იგი აუმჯობესებს როგორც ლითონის ჭრით დამუშავების ტექნიკას, ისე პროდუქციის ხარისხს და ამაღლებს წარმოების კულტურას.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

წინასიტყვაობა თარგმანის რედაქტორისაგან	3
წინასიტყვაობა	6

I. შესავალი

1. რუსი და საბჭოთა სწავლულების როლი ლითონის ჭრაზე მეცნიერებისა და ჩარხმშენებლობის შექმნა-განვითარებაში (მოკლე ისტორიული მიმოხილვა)	8
2. ჭრით დამუშავება და ლითონდამამუშავებელი სამკაოს პროდუქციის თვითღირებულება	13
3. ძირითადი განსაზღვრები	15

II. ჭრის პროცესი და ბურბუშელის თეორია

4. ზოგადი მოსაზრებანი	18
5. ბურბუშელის ელემენტის წარმოშობა	18
6. მოხნილი ბურბუშელის სახეები	21
7. საჭრისზე ნაზრდის წარმოქმნა	27
8. ჭრის პროცესის გავლენა ლითონის ფიზიკურ თვისებებზე	28
9. ბურბუშელის წარმოქმნა საჭრისის ფორმასთან დაკავშირებით	30
10. დასკვნა	32

III. მჭაელი პირის ბეომეტრია

11. ძირითადი განსაზღვრები (ოსტ 6897 და 6898 მიხედვით)	33
12. საჭრისის ელემენტები	33
13. საჭრისის კუთხეები	34
14. საჭრისის მთავარი კუთხეები ჭრის პროცესში	37
15. საჭრისის დამხმარე კუთხეები	40
16. საჭრისის გეომეტრია	43
17. საჭრისების აღესვა	45

IV. ბურბუშელის დაწოლა საჭრისზე (ჭრისადმი წინააღმდეგობა)

18. ზოგადი მოსაზრებანი	49
19. ჭრის წნევის ხასიათი	51
20. საჭრისზე მოქმედი ძალების მიმართულება	52

V. უმთავრესი ფაქტორების გავლენა ჭრის დაწოლის სიღრმეზე

21. ზოგადი მოსაზრებანი	55
22. ჭრის დაწოლა დასამუშავებელი მასალის მიხედვით	56
23. ჭრის დაწოლა ლითონის ასაღები ფენის მიხედვით	58
24. ჭრის დაწოლა ჭრის სიღრმისა და მიწოდების მიხედვით	59
25. ჭრის დაწოლა ჭრის კუთხისა და გეგმაში კუთხის მიხედვით	62
26. ჭრის დაწოლა ჭრის სიჩქარის მიხედვით	64
27. გაპოზიერების გავლენა ჭრის დაწოლაზე	65
28. საჭრისის ფორმისა და მასალის გავლენა ჭრის დაწოლაზე	67
29. დასკვნა	67

VI. დინამომეტრია (ჭრის ძალების-ბაზომეტრის ხარხები)

30. ზოგადი მოსაზრებანი	68
31. ჭრის ძალის გაზომვა დამუხრუჭების მეოლით	68

32. ჭრის დაწოლის განსაზღვრა ჩარხის მიერ მოხმარებული ენერჯის ხარჯის მიხედვით	71
33. საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლის განსაზღვრა ჰიდრავლიკური დინამომეტრით	72
34. საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლის გაზომვა ელექტრომესღობიანი დინამომეტრით	74

VII. საჭრისზე ბურბუშელის დაწოლის კანონების პრაქტიკული გამოყენება

35. ჩარხის სიმძლავრით დასაშვები ბურბუშელის ზომის განსაზღვრა	77
36. ჩარხის შემზღვეველი დატვირთვები. საერთო მოსაზრებანი	79
37. საჭრისზე უდიდესი დასაშვები დატვირთვის განსაზღვრა ნაკეთის სიმტკიცის მიხედვით	80
38. საჭრისზე უდიდესი დასაშვები დატვირთვის განსაზღვრა ჩარხის სიმტკიცის მიხედვით	81

VIII. თბური მოვლემები ლითონის ჭრის დროს

39. ჭრის სითბოს შესახებ	84
40. ჭრის სითბოს და ტემპერატურის განაწილება	85
41. საჭრისის ტემპერატურაზე სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა	86
42. საჭრისის ტემპერატურის გაზომვის მეთოდები	89
43. დასკვნა	93

IX. სპირალო მასალაზე

44. ზოგადი შენიშვნები	94
45. ნაშრობადიანი საჭრისები	94
46. საჭრისები სპეციალური საიარალო ფოლადიდან	95
47. სწრაფმჭრელი ფოლადის შემცველები	97
48. სპეციალური საიარალო ფოლადის საჭრისების თერმული დამუშავება	99
49. სალი შენადნობები. სატელიტები	101
50. სალი შენადნობები. კარბიდფოლფრამიტრანოვანი და სხვები	102
51. სალი შენადნობის ფარდობების დაცემის მიზნით	105

X. საჭრისის მედებოვა და ჭრის სიჩქარე

52. საჭრისის მედებოვა და დაჩლუნვების კრიტერიუმი	106
53. საჭრისის მედებოვა და ჭრის სიჩქარე	110
54. იარაღის მედებოვის ნორმის განსაზღვრა: ეკონომიურისა და უდიდესი წარმადობის	114
55. ჭრის სიჩქარის განსაზღვრა	117

XI. სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე

56. ზოგადი მოსაზრებანი	119
57. დასამუშავებელი მასალის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე	119
58. მოსახსნელი ბურბუშელის ზომის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე. ჭრის სიჩქარე ჭრის სიღრმისა და მიწოდების მიხედვით	122
59. ჭრის სიჩქარე ბურბუშელის განივევების ფართის მიხედვით	124
60. საჭრისის მასალის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე	126
61. საჭრისის კუთხეების გავლენა ჭრის სიჩქარეზე	128
62. ჭრის სიჩქარე საჭრისის ზომისა და მისი წვერის მომრგვალების რადიუსის მიხედვით	130
63. საჭრისის გაცივების გავლენა ჭრის სიჩქარეზე	131
64. ჭრის სიჩქარეები სხვადასხვა კონსტრუქციის საჭრისისათვის	132
65. ჭრის სიჩქარის სხვადასხვა ფაქტორზე დამოკიდებულების საერთო განტოლება	145
66. დასკვნა	147

XII. ჩარხისა და იარაღის სიმძლავრე და პირობები მათი

უხელსაყრელად გამოყენებისათვის

67. ბურბუშელის ზომის განსაზღვრა, რომელიც დასაშვებია ჩარხისა და საჭრისის მიერ	147
68. ჩარხისა და იარაღის მუშაობის პირობები	150
69. ჩარხისა და ჭრის უხელსაყრელესი რეჟიმის ამორჩევა	154
70. ჭრის ტექნოლოგიური რეჟიმის განსაზღვრა	158
71. ციკლოგრამა უხელსაყრელესი ჭრის რეჟიმისა და ჩარხის შესარჩევად	166

XIII. რანდვა

72. რანდვით მუშაობის თავისებურებანი	162
73. სარანდავი საჭრისები	164
74. ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი რანდვის დროს	168
75. ჭრის დაწოლა რანდვის დროს	169
76. ჭრის სიჩქარე რანდვის დროს	172

XIV. ბროშებით დაშუშავება

77. ბროშების კონსტრუქცია და გეომეტრია	174
78. ჭრის ძალა გაბროშვის დროს	179
79. ბროშის მედეგობა და ჭრის სიჩქარე გაბროშვის დროს	181

XV. გაბურღვა

80. შესავალი	183
81. ფრთისებრი ბურღი	183
82. სპირალური ბურღები. ბურღის კონსტრუქცია და გეომეტრია	185
83. ბურღები ღრმა გაბურღვისათვის	191
84. გაბურღვის პროცესი და ბურბუშელის წარმოქმნა	193
85. ჭრის სიჩქარე და ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი გაბურღვის დროს	195

XVI. ჰრისადგი წინააღმდეგობა გაბურღვის დროს

86. ჭრის ძალების შემადგენლები გაბურღვის დროს	196
87. დასამუშავებელი მასალის, ბურღის დიამეტრისა და მიწოდების გავლენა M და Px სიდიდებზე	198
88. ბურღის ფორმისა და კონსტრუქციის გავლენა მგრეხავი მომენტისა და დერძული ძალის სიდიდეებზე	200
89. გაციებისა და გაბოხების გავლენა M და Px სიდიდეებზე	205
90. დერძული ძალისა და მგრეხავი მომენტის გაზომვა გაბურღვის დროს	206
91. ბურღის მუშაობის შემლუღებელი პირობები	207
92. ბურღის მედეგობა და ჭრის სიჩქარე გაბურღვის დროს	210
93. ბურღის დაჩლუნგების ხასიათი და ნიშნები	212
94. ჭრის სიჩქარის დამოკიდებულება გაბურღვის დროს, დასამუშავებელ მასალაზე, ბურღის დიამეტრზე და მიწოდებაზე	214
95. ბურღის ფორმის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე	217
96. გაბურღვის სიღრმის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე	219
97. ჭრის სიჩქარე გაბურღვის დროს ბურღის მასალის მიხედვით	220
98. სპირალური ბურღის მუშაობის დროს დახარჯული სიმძლავრე	222
99. საბურღი ჩარხებისა და იარაღების ეკონომიურად გამოყენება	223
100. ნომოგრამა უხელსაყრეფელსი საბურღი ჩარხისა და ჭრის რეჟიმის შესარჩევად	226

XVII. გალრევა და გაშლის

101. საღრევეებისა და გამშლელების გეომეტრია და კონსტრუქცია	228
102. ჭრის წნევა გაღრევისა და გაშლის დროს	235
103. ჭრის რეჟიმები გაღრევისა და გაშლის დროს	238

XVIII. ჭრა ქანჩმჭრელებითა და გამხრანხებით

104. ქანჩმჭრელების კონსტრუქცია	240
105. გამხრანხების კონსტრუქცია	244
106. ჭრისადმი წინააღმდეგობა ქანჩმჭრელებითა და გამხრანხებით მუშაობის დროს	247
107. ქანჩმჭრელებისა და გამხრანხების მედეგობა და ხრანჯუთხვილის მოჭრის სიჩქარე	252

XIX. ფრევა

108. ზოგადი შენიშვნები	256
109. ფრევის კონსტრუქცია და გეომეტრია	256
10. ბურბუშელის განივი კვეთის ფართობი ფრევის დროს	266

XX. ზრისადმი წინააღმდეგობა ფრეზის დროს

111. ჭრის ხვედრითი წნევა ფრეზის დროს	279
112. ჭრის ძალისა და მგრეხავი მომენტის ანგარიში ფრეზის დროს	281
113. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა ჭრის ძალაზე ფრეზის დროს	283
114. ჭრის ძალების გაზომვა ფრეზის დროს	286

XXI. ფრეზების მიღებობა და ზრის სიჩქარე ფრეზის დროს

115. ფრეზების შედგომის შესახებ	288
116. სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა ჭრის სიჩქარეზე ფრეზის დროს	290

XXII. სიმძლავრე ფრეზის დროს

117. სიმძლავრის ანალიზური გამოანგარიშება	293
118. სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა N_H სიდიდეზე ფრეზის დროს	295
119. ფრეზის დროს სხვადასხვა ფაქტორების გავლენა წარმადობაზე და დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავეზე	297
120. მუშაობის ეკონომიური რეჟიმის განსაზღვრა ჩარხის სიმძლავრისა და ფრეზის შედეგობის გათვალისწინებით	300

XXIII. ხერხის ქანონება

121. შესავალი	303
122. სახეი სამუშაოების სახეები	304
123. სახეი მასალები	306
124. სახეი ქვეები	307
125. ბუზბუშელის ზომა ხეხვის დროს	310
126. ჭრის ძალა და სიმძლავრის ხარჯი ხეხვით დამუშავების დროს	312
127. ჭრის ძალების გაზომვა ხეხვით დამუშავების დროს	314
128. წრისა და ნაკეთის ბრუნვის სიჩქარე ხეხვით დამუშავების დროს	314
129. ნაკეთის სიჩქარის გავლენა ხეხვით დამუშავების პროცესზე	318
130. ნაკეთის დიამეტრის გავლენა	319
131. ჭრის სიჩქარის გავლენა ხეხვით დამუშავების პროცესზე	319
132. წრის დიამეტრის გავლენა	320
133. ჭრის სიღრმის გავლენა	320
134. მიწოების გავლენა	320
135. გაცივებისა და გაბოხვის მნიშვნელობა	321
136. სახეი წრეების არჩევა	322
137. ცნება უკენტრო ხეხვაზე	323
138. დამხმარე წრის კორექტირება	326

XXIV. ლითონების სუფთად დამუშავება

137. ნაკეთის ზედაპირის ხარისხის მნიშვნელობა	327
140. სუფთად ჩარხვა საჭრისებო	328
141. საჭრისის ფორმის გავლენა დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავეზე	330
142. დასამუშავებელი მასალის გავლენა ზედაპირის სისუფთავეზე	331
143. დასამუშავებელი ზედაპირის სისუფთავე ჩარხვისა და იარაღის მიხედვით	334
144. მუშაობა ალმასის საჭრისებო	335
145. ჰონინგ-პროცესი	337
146. ლაპინგ-პროცესი (<i>Lapping</i>)	338
147. სუპერფინი მი	340
148. გაპრიალება წნევით	341

XXV. ჰელაქინის ხარისხის გაზომვის მეთოდები

149. ზედაპირის ხარისხის შეფასების ხერხები	342
150. დამუშავებული ზედაპირის ხარისხის გაზომვის ხერხები	344

დანართები 351
დამატება353

ლიტონების ჩქაროსნული ზრით დამუშავების შესახებ

1. შესავალი 355
2. ჩქაროსნული ჩარხვა 358
3. ჩქაროსნული ფრეზვა 362
4. ხრახნუთხვილების ჩქაროსნული მოჭრა 364
5. ინსტრუქცია ჩქაროსნული ჩარხვის გამოყენებაზე 368

რედაქტორი. ხ. ფაჩულია
ტექ. რედაქტორი მ. უივიძე
გამომშვები ი. ცაგარეიშვილი

უე 00668

შეკვ. № 1613

ტირაჟი 1000.

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 20/II—51 წ. ანაწყობის ზომა 8×12; ქაღალდის ზომა 84×108;
სასტამბო ფორმათა რაოდენობა 23,5.

საქპოლიგრაფიკული ცენტრის 1-ლი სტამბა. თბილისი. ორჯონიკიძის ქ. № 50
1-я типография Грузполиграфиздата, Тбилиси, ул. Орджоникидзе № 50

3360 14 336. 50 333.

36/16

У У З М А П С С С Р
Т Б И Л И С С К И Й М А Ш И Н О С Т Р О И Т Е Л Ь Н Ы Й Т Е Х Н И К У М
Д. М. В У Л Ь Ф
Резание металлов
(На грузинском языке)

Гос. Техиздат ГССР „Техника და შრომა“

19 Тбилиси 51