

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ნინო ბოლათაშვილი

კურსების ტემინტის ქვის დამუშავების ძირითადი
კანონზომიერებანი, ახალი შემადგენლობის აღმასური იარაღის ცვეთის
თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევა

საინჟინრო მეცნიერებებში დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი

დისერტაცია

05.02.11-კონტროლის მეთოდები და დიაგნოსტიკა მანქანათმშენებლობაში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი:

ამირან ხვადაგიანი
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი

ქუთაისი, 2009

სარჩევი

შესავალი _____	4
თავი 1. კვლევის ობიექტის მიმოხილვა და ანალიზი	
1.1. მთის ქანების ძირითადი თვისებები და მათი კლასიფიკაცია _____	9
1.1.1. კურსების “ტემენიტის” ფიზიკო-მექანიკური თვისებების ზოგადი დახასიათება და თვისებები _____	13
1.2. ქვის დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ზოგადი მიმოხილვა _____	15
1.2.1. ქარგოლების შერჩევის ზოგადი მოთხოვნები _____	15
1.2.2. მეცნიერულ-კვლევითი სამუშაოების განვითარების მდგომარეობის მიმოხილვა ბუნებრივი ქვის დახერხვისას ზოლურა ხერხით: სახერხი იარაღი თავისუფალი აბრაზივის გამოყენებით; ალმასურ აბრაზიული იარაღები _____	17
1.2.3. ალმასური გადასაჭრელი სეგმენტური ქარგოლების მუშაობისას გამოყენებული ჩარხ-დანადგარები _____	28
1.2.4. ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლების კონსტრუქციები, ძირითადი პარამეტრების კონტროლი _____	30
1.3. დასკვნები _____	32
თავი 2. თეორიული გამოკვლევები _____	34
2.1. სამშენებლო მასალების ალმასური დამუშავება _____	34
2.1.1. ალმასური დამუშავების პროცესების თავისებურებანი _____	34
2.1.2. ბუნებრივი ქვის დამუშავების ტექნოლოგია _____	39
2.2. საიარაღო მასალები და შემკვრელები _____	58
2.2.1. ზესალი მასალების კლასიფიკაცია _____	59
2.2.2. საიარაღო მასალების ფიზიკური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებების კვლევა _____	61
2.2.3. ქვისმჭრელი ალმასური იარაღი ადჰეზიურ შემკვრელზე _____	75
2.3. დასკვნები _____	83
თავი 3. ექსპერიმენტალური გამოკვლევები _____	85
3.1. სეგმენტური ქარგოლები და მათი ხარისხის კონტროლის მეთოდები _____	85

3.1.1. აღმასების ხარჯის კონტროლი სეგმენტური ქარგოლებით ქვის ჭრისას_____	95
3.2. აღმასური ზოლურა ხერხების კონსტრუქციული პარამეტრების, შრომისუნარიანობის და მათი დამზადების ტექნოლოგიური თავისებურებების კვლევა _____	97
3.2.1. საწარმოო ცდები _____	102
3.2.2. რეკომენდაციები აღმასური ზოლურა ხერხების ექსპლუატაციაზე _____	103
3.3. დასკვნები _____	107
თავი 4. აღმასური იარაღის ცვეთის კოეფიციენტის გამოკვლევა “ტემენიტის” ჭრისას_____	109
4.1. ხაზოვანი და მოცულობითი ცვეთის კონტროლი ჭრის ტემპერატურითა და დროით_____	109
4.1.1. ცვეთის კოეფიციენტის ექსპერიმენტალური შესწავლა _____	110
4.1.2. ცვეთის კოეფიციენტის პრონოზირება ტემპერატურასთან და დროსთან დამოკიდებულებით_____	112
4.2. ახალი აღმასური იარაღის ცვეთის გაზომვა, კონტროლი და დიაგნოსტიკა _____	120
4.3. დასკვნები _____	121
საერთო დასკვნები და რეკომენდაციები_____	122
გამოყენებული ლიტერატურა_____	124

შესავალი

დღესდღეობით სახალხო მეურნეობის უმთავრესი ამოცანა ეკონომიკის განვითარების ინტენსიფიკაციაა. აუცილებელია უზრუნველვყოთ ეკონომიკის ეფექტურობის შემდგომი ზრდა, რისთვისაც მთავარ საყრდენად უნდა მიჩნეულ იქნეს მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის დაჩქარება, დამატებითი ტექნიკურ-ეკონომიური რეზერვების მოძიება, რითაც მიღწეულ უნდა იქნას შრომის მწარმოებლურობის ამაღლება და პროდუქციის თვითღირებულების შემცირება, ნაკეთობის ხარისხის გაუმჯობესება.

მნიშვნელოვანი როლი ამ ამოცანების რეალიზაციაში მიუძღვის სინთეზურ ზესალ ფხვნილოვან და მჭრელ მასალებს, რომელთა გამოყენებამაც საშუალება მოგვცა დასრულებულიყო ახალი ხარისხობრივი ზრდა სალი შენადნობების შეცხოების ტექნოლოგიების განვითარებაში, რასაც მივყავართ მისი ტექნოლოგიურობის, ეკონომიურობისა და სპეციალური მაჩვენებლების ძირეულ გაუმჯობესებასთან. ამიტომ ქვის დამუშავებისას განსაკუთრებით აქტუალური ამოცანაა იარაღის ახალი სახეების შექმნა, ცვეთამედეგი დაფარვების, უვოლფრამო სალი შენადნობების, სინთეზური ალმასებისა და სხვა ზესალი მასალების გამოყენება, მათი მუშაობის პროცესის კონტროლისა და ოპტიმიზაციის საკითხების გადაჭრა.

დისერტაციაში განხილულია ბუნებრივი ქვის დამუშავების პრობლემები, ჭრის პროცესის პარამეტრული კონტროლი და მჭრელი იარაღის ცვეთის დიაგნოსტიკა.

მოსაპირკეთებელი ნაკეთობების წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში არსებითი ადგილი უკავიათ ოპერაციებს, რომლებიც სრულდება ალმასური გადასაჭრელი ქარგოლებით (ბლოკების დახერხვა ფილებად და ნამზადებად, ფილების გადაჭრა მოცემულ ზომებზე და სხვა). ქვისდამამუშავებელ საწარმოებში ეს ოპერაციები ამ დროისათვის წარმოებს პრაქტიკულად მხოლოდ ალმასური იარაღით, რომელმაც მთლიანად შეცვალა აბრაზიული ქარგოლები. ამ ოპერაციების წარმატებით შესრულება მნიშვნელოვან წილად დამოკიდებულია ალმასური იარაღის სწორად შერჩევაზე.

ფიზიკასა და მექანიკაში კონტრაქტური ურთიერთქმედების თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევების საფუძველზე ალმასურ-აბრაზიული

დამუშავების პირობებისათვის შემუშავებულია, გამოკვლეულია და ფართოდაა დაწერილი წარმოებაში ახალი, მაღალეფექტური იარაღები და ალმასური დამუშავების მეთოდები.

ნაშრომში განსაზღვრულია ბუნებრივი და სინთეზური ალმასების მახასიათებლები ალმასური იარაღის მუშა ზედაპირზე. დადგენილია მჭრელი ელემენტების გეომეტრიული პარამეტრები, მათი დამაგრების მეთოდები, მოცემულია რეკომენდაციები მჭრელი იარაღის გამოყენებაზე.

მოსაპირკეთებელი ნაკეთობების წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესში არსებითი ადგილი უკავიათ ოპერაციებს, რომლებიც სრულდება ალმასური გადამჭრელი ქარგოლებით (ბლოკების დახერხვა ფილებად და ნამზადებად, ფილების გადაჭრა მოცემულ ზომებზე და სხვა). ქვისდამამუშავებელ საწარმოებში ეს ოპერაციები ამ დროისათვის წარმოებს პრაქტიკულად მხოლოდ ალმასური იარაღით. ამ ოპერაციების წარმატებით შესრულება უმეტესად დამოკიდებულია ალმასური იარაღის სწორად ამორჩევაში.

სამრეწველო წარმოების ეფექტურობა და პროდუქციის ხარისხი მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება მექანიკური დამუშავების მწარმოებლობით და სისუფთავით, იარაღების მედეგობით და შრომისუნარიანობით, კერძოდ, ზესალი მასალების იარაღების – ალმასის, ბორის კუბური ნიტრიდის, სილიციუმის კარბიდის, კორუნდის და სხვა სწორად ამორჩევაში. ეს მასალები (ბუნებრივი და სინთეზური) მოიპოვება ან მიიღება შედარებით მცირე ზომის ფრაგმენტების ან კრისტალების სახით ან აბრაზიული ფხვნილებით. იარაღის დამზადებისას მჭრელი ელემენტი ჩამაგრებული უნდა იყოს შესაბამის ბუდეში, მატრიცაში ან საჭერში.

დასაბუთებულია, რომ ალმასური ქვისმჭრელი იარაღის მედეგობის გაზრდა, ალმასის შემცველობის შემცირება, ხერხების კონსტრუქციების შეცვლა პროცესის კონტროლისა და რაციონალური რეგულირების საკითხები – ქვის დამუშავების მრეწველობის მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

მყარი სხეულის ზედაპირის მდგომარეობამ (ბზარების, ძაბვის კონცენტრატორების არსებობამ) შეიძლება ძალიან იმოქმედოს მისი დარტყმითი დატვირთვების სიმტკიცეზე და წინააღმდეგობაზე. აქედან გამომდინარე, სამუშაოს მიზანია კურსების “ტენიანების” ქვის ჭრისათვის შეირჩეს ისეთი ზესალი მასალებისაგან შედგენილი მჭრელი ელემენტის მქონე იარაღი, რომელიც მტკიცედ იქნება ჩამაგრებული კარ-

კასში და უზრუნველყოფს მის მაღალ ექსპლუატაციურ თვისებებს.

ამ მიზნის მისაღწევად ჩამოყალიბებული იქნა შემდეგი ამოცანები:

- ზესალი საიარაღო მასალების ფიზიკური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებების შესწავლა;
- კურსების საბადოს “ტემენიტის” ქვის შემადგენლობის და სახეობების შესწავლა;
- სპეციალურ აპარატურაში ალმასი-ლითონის კომპოზიციის მაღალ ვაკუუმში სანიმუშო იარაღების შეცხოვა ტემპერატურის თანდათანობით გაზრდით;
- შემკვრელში შემდგენების დაზუსტება და მათი ოპტიმიზაცია წარმოების საბოლოო რეკომენდაციებისათვის. ახალი იარაღი-ნიმუშის გამოცდა;
- ალმასური იარაღის ხაზოვანი და მოცულობითი ცვეთის თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევა ჭრის ტემპერატურისა და ხანგრძლივობის მიხედვით და კონტროლის რაციონალური მეთოდების დამუშავება;
- კონტაქტური ურთიერთქმედების პროცესის სხვადასხვა პარამეტრების გავლენის დადგენა ცვეთის კოეფიციენტის კინეტიკაზე და ცვეთის დიაგნოსტიკის მეთოდის შემუშავება.

კვლევის საგანს წარმოადგენს ქვისმჭრელი ალმასური იარაღი ადჰეზიური შემკვრელით კურსების “ტემენიტის” ქვის ჭრისათვის. აღნიშნული მიმართულებით მთავარ პრობლემას წარმოადგენს შემკვრელების ოპტიმალური შედგენილობის შერჩევა, რომლებისგანაც შემდგომ შემუშავდება ალმასური იარაღი.

დასმული ამოცანების გადაწყვეტის მიზნით სპეციალურად შექმნილ აპარატურაში მაღალ ვაკუუმში ალმასი-ლითონის კომპოზიციის თხევადფაზური შეცხოვით მიღებულია ახალი ალმასური იარაღი და შემუშავებულია მისი ცვეთის კონტროლის და დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია.

ნაშრომში შემუშავებულია კურსების “ტემენიტის” ქვის ჭრისათვის ახალი შემკვრელი M50-G, რომელიც ფლობს აუცილებელი თვისების განსაზღვრულ კომპლექსებს: სისაღეს, ცვეთამედეგობას, თვითაღესვის უნარიანობას. ასეთი შემკვრელის ადჰეზიური თვისების გაუმჯობესება მისი ფიზიკო-მექანიკური თვისების შენარჩუნებით, ხელს უწყობს იარაღის შრომისუნარიანობის მნიშვნელოვან ზრდას. ამ მიზ-

ნით შენადნობში შეყვანილია ადჰეზიური დანამატი (TiH_2), რომლებიც ძლიერი აღსორბციული ეფექტის გამო მკვეთრად ცვლის დასველების ხარისხს, ფაზათაშორის დაჭიმვას და ადჰეზიას ზღვარზე ალმასი-ლითონი. გარდა ამისა, ფხვნილისებრ შემკვრელში შეყვანილია სპილენძი-კალის შენადნობი (Cu,Sn). ამ შემკვრელის შემადგენლობაში დამატებულია ძნელდნობადი სალი აბრაზიული შემდგენი: ბორის და ქრომის კარბიდი, BK ტიპის შენადნობი, რომლებითაც, მატრიცის ცვეთამედეგობის გაზრდით, შენარჩუნებულია სისალე ოპტიმალურ ზღვრებში (გამოყენებულია სპილენძი-ვერცხლის შემკვრელი ტიტანის დამატებით). მჭიდრო ნიმუშების მიღებისათვის აუცილებელია ძალა 1500 კგ/სმ². ეს მონაცემები გამოყენებულია იარაღების საცდელი ნიმუშების წარმოებისას.

საუკეთესო შედეგები იქნა მიღებული ტიტანურ შემკვრელზე იარაღით მუშაობისას. (შემკველობა Cu-Sn შენადნობი თანაფარდობით 4:1; Ti-10%, BK-25%. ალმასის პირობითი კონცენტრაცია - 50%.

ნაშრომში წარმოდგენილია ახალი ალმასური იარაღი ადჰეზიურად-აქტიურ შემკვრელებზე კურსების “ტემენიტის” დამუშავებისათვის. განსაკუთრებით საუკეთესოა შემკვრელი ტიტანის ფუძით. ამ შემკვრელში: Co=36,2 ÷ 44,8; Ti=13,0 ÷ 14,0; Cu=40 ÷ 32; Sn=10 ÷ 8; FeS=0,8 ÷ 1,2. ალმასის კუთრი ხარჯი 1,5-2-ჯერ მცირეა, ვიდრე ადრე არსებულ ქარგოლებში.

ნაშრომში ჩამოყალიბებული სამეცნიერო დებულებებისა და შედეგების რეალიზაცია განხორციელებულია კურსების “საქტემენიტის” საწარმოში.

დასაცავად გამოტანილი დებულებები.

- კურსების “ტემენიტის” ჭრისათვის ახალი ადჰეზიურად აქტიური შემკვრელის მასალის M50-G შემუშავება;
- კურსების “ტემენიტის” დამუშავების ახალი ადჰეზიურად-აქტიური შემკვრელების მქონე იარაღის ნიმუშის დამზადების მეთოდი;
- ახალი ალმასური იარაღის თბური და დრეკადი მდგომარეობის კონტროლის მეთოდი კურსების “ტემენიტის” ქვის ჭრისას;
- ალმასური ზოლურა ხერხების ალმასის ტევადობის შემცირებისათვის მათემატიკური დამოკიდებულებების შემუშავება;
- კურსების საბადოს “ტემენიტის” დახერხვისას – 60 მმ/სთ ალმასური ელემენტის ალმასურ ზოლურა ხერხების კორპუსზე რჩილვის სამარჯვის

შემუშავება და რჩილვის წარმოებისათვის მაღალი მწარმოებლურობის უზრუნველყოფა;

- გასქელებული კორპუსის მქონე ზოლურა ხერხების გამოყენების შემთხვევაში (5-6მმ) ალმასური ელემენტების “ხტულად“ დაყენება;
- ალმასური ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილნი არიან სინთეზური ალმასებით მარკა M50-G ლითონურ შემკვრელზე უნდა უზრუნველყოფდეს M50 შემკვრელთან შედარებით “ტემენიტის” დახერხვის სტაბილურ მწარმოებლობას და ალმასების ხარჯის შემცირებას.

თავი 1. კვლევის ობიექტის მიმოხილვა და ანალიზი

1.1. მთის ქანების ძირითადი თვისებები და მათი კლასიფიკაცია

მთის ქანების თვისებები გვევლინება ძირითად ფაქტორად, რომელიც განსაზღვრავს ალმასური იარაღის და მისი მუშაობის ტექნოლოგიური პარამეტრების შერჩევას [1].

ალმასური გადამჭრელი ქარგოლებით დამუშავებადობის თვალსაზრისით, მთის ქანების თვისებებიდან უმთავრესია სიმტკიცე, სისაღე და აბრაზიულობა.

ქანების სიმტკიცე, რომელიც მიუთითებს მის უნარიანობას დაუპირისპირდეს გარე მექანიკურ ზემოქმედებებს, დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, კერძოდ კი მინერალურ შემადგენლობაზე, მარცვლების ფორმაზე, ტექსტურაზე, ფორიანობაზე, ცემენტის შემადგენლობაზე, რომელიც აკავშირებს მინერალურ მარცვლებს, ნაპრალოვნებაზე და ა.შ. მაჩვენებელი, რომელიც უფრო ხშირად გამოიყენება ბუნებრივი ქვის სიმტკიცური თვისებების შესაფასებლად, არის დროითი წინაღობა ერთღერძა კუმშვაზე [20, 21].

მაგრამ სიმტკიცე სრულფასოვნად არ ახასიათებს მთის ქანის ტექნოლოგიურ თვისებებს. მეორე, არანაკლებ მნიშვნელოვანი თვისებაა მისი სისაღე, რომელიც მიუთითებს ქვის უნარიანობაზე წინააღმდეგობა გაუწიოს მასში უფრო სალი სხეულის ჩაწნევას. მთის ქანების სისაღის რაოდენობრივი მაჩვენებლები, რომლებიც უფრო მეტი სიზუსტით ასახავენ პროცესების ფიზიკურ არსს, წარმოქმნილს ალმასური იარაღებით ქანების რღვევისას, არიან მიკროსისაღე და სისაღე შტამპით, რომლებიც განისაზღვრება ქანში კონუსის ან შტამპის ჩაწნევის გზით. იმასთან დაკავშირებით, რომ მთის ქანის რღვევის მექანიზმის ფიზიკური არსი ცალკეული ალმასური მარცვლით ახლოსაა პროცესების არსთან, რომლებიც მიმდინარეობს ქანში კონუსის ან შტამპის ჩაწნევისას, ქანთწარმოქმნის მინერალების მიკროსისაღის და შტამპით სისაღის მაჩვენებლებს, შეუძლიათ აჩვენონ, როგორც მთის ქანების წინააღმდეგობის საკმაოდ სრული რაოდენობრივი მაჩვენებლები მისი ალმასური იარაღით რღვევისას. მთის ქანების წინაღობა რღვევაზე-გაერთიანებულ მაჩვენებლად წარმოდგენილია კომპლექსური სისაღე:

$$Q = \sqrt{H_c P_{III}}, \text{ კგძ/მმ}^2,$$

სადაც, H_c – ქანთწარმოქმნილი მინერალების გასაშუალებული მიკროსისალეა, კგმ/მმ² ;

P_{III} – ქანის სისალეა შტამპით, კგმ/მმ² .

მთის ქანების ერთ-ერთ ძირითად თვისებად, სიმტკიცესთან და სისაღესთან ერთად, გვევლინება აბრაზიულობა, ანუ დასამუშავებელი მასალის უნარი გაცვითოს ქანისმრღვეველი იარაღი. ალმასური იარაღით მუშაობისას ქანის აბრაზიული თვისებები გამოვლინდება ალმასური მარცვლების ცვეთაში მათი ქანზე ხეხვისას გაცვეთის ხარჯზე და შემკვრელის ცვეთით, რომელშიც ჩამაგრებულია ალმასები, მისგან დარღვეული მასალის ნაწილაკების მოქმედების შედეგად. ალმასური მარცვლები ცვდება დაურღვეველ მასივში ჩანერგვის პროცესში, შემკვრელი კი გაიცვითება დარღვეული მთის ქანის უკვე დისპერსირებული ნაწილაკების ზემოქმედების შედეგად. ამიტომ აბრაზიულობის მაჩვენებელი, დამახასიათებელი მთის ქანის უნარიანობისა გაცვითოს მთლიანად ალმასური იარაღი, უნდა ავლენდეს როგორც დაუმსხვრეველი მასივის აბრაზიულ თვისებებს, ასევე მთის ქანის უკვე დისპერსირებული ნაწილაკების აბრაზიულ თვისებებს. ასეთი მაჩვენებლის სახით შემოთავაზებულია აბრაზიულობის კოეფიციენტი :

$$R_i = \sqrt{\frac{H_c}{P_{III}}}$$

აქამდე, როგორც ჩვენს ქვეყანაში, ასევე საზღვარგარეთ, ჯერ კიდევ არაა ქანების ერთიანი კლასიფიკაცია აბრაზიულ უნარიანობაზე და მათი ალმასური იარაღით დამუშავებადობის ხარისხზე. ქანების არსებული ტექნოლოგიური კლასიფიკაციები ძალიან მიახლოებულია, ხშირად არ აქვთ თვისებების კლასიფიცირებული მაჩვენებლები, შედგენილია ემპირიული გზით, ქვის დამუშავების დაგროვილი ცდების საფუძველზე და არ არის გათვალისწინებული სრულიად ალმასური იარაღის მუშაობის თავისებურებები [15, 16, 17].

ქვის დამამუშავებელი იარაღის მუშაობის ფართო ანალიზის საფუძველზე მოცემულ ნაშრომში წარმოდგენილია ბუნებრივი ქვის ორი კლასიფიკაცია, რომელთაგან პირველი (ცხრილი 1.1) საშუალებას იძლევა შეფასდეს მთის ქანების ალმასური იარაღით დამუშავებადობა და ახასიათებს ჭრის მწარმოებლობას და ალმასების ხარჯს, მეორე კი – (ცხრილი 1.2) – აჯგუფებს უმეტესად გავრცელებულ დასამუშავებელ სამშენებლო ქვებს მათი აბრაზიულობისაგან დამოკიდებულებაში, აიოლებს ქვისდამამუშავებელი იარაღის შემკვრელის არჩევას [61].

მთის ქანების კლასიფიკაცია დამუშავებადობის ხარისხის მიხედვით ალმასური
გადამჭრელი ქარგოლების გამოყენებით

დამუშავების კატეგორია (სისაღე)	დასამუშავებელი მასალები			
	დასახელება	ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები		
	მთის ქანები და მასალები	საშუალო მიკროსისაღე, H_c , კგძ/მმ ²	სისაღე შტამპით, P_{100} , კგძ/მმ ²	კომპლექსური სისაღე Q, (კლასიფიკაცი- ური მაჩვენებელი), კგძ/მმ ²
1	2	3	4	5
1	თაბაშირი, კირქვები, ანჰიდრიტი, ფორიანი ნიჟარქვები, ვულკანური ტუფები.	100-180	30-60	100-მდე
2	მარმარილოები, მარმარილოსებრი კირქვები, ტრავერტინები, ხელოვნური მარმარილოები, დოლომიტები, მკვრივი ტუფი.	100-130	100-210	100-200
3	მარმარილოები და ტუფები კვარცის და სხვა მინერალების ჩართვით, ფელზირებული ტუფები.	180-280	230-270	200-300
4	სუსტცემენტისანი ქვიშაქვა, ტემენიტი, ბაზალტი.	400-800	200-250	300-400
5	გაბრო, ლაბრადორიტი	600-800	260-350	400-500

1	2	3	4	5
6	დიაბაზი, გაბრო-დიაბაზი, სიენიტი, გრანოდიორიტი.	700-880	300-410	500-600
7	მცირედმტკიცე გრანიტები.	890-980	400-440	600-700
8	საშუალოდმტკიცე გრანიტები.	900-1020	510-600	700-800
9	მტკიცე გრანიტები, კვარციტები, რქაქანები	1000-1200	600-700	800-ზე მეტი

ცხრილი 1.2

მთის ქანების კლასიფიკაცია აბრაზიული უნარის მიხედვით აღმასური
გადამჭრელი ქარგოლების გამოყენებით

დამუშავების კატეგორია	დასამუშავებელი მასალები			
	დასახელება	ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლები		
	მთის ქანები და მასალები	საშუალო მიკროსისა ლე, H_c , კგძ/მმ ²	სისაღე შტამპით, P_m , კგძ/მმ ²	აბრაზიულობის კოეფიციენტი (კლასიფიკაციური მაჩვენებელი)
1	2	3	4	5
1	ქვიშაქვები, ფორიანი ვულკანური ფორიანი კირქვები, ტუფები, ნიჟარქვები,	100-1100	30-200	2.0-2.5
2	ტემენიტი, ბაზალტი, ანდეზიტები.	450-880	150-300	1.8-2.0
3	ა)ლაბრადორიტები, გაბრო, სიენიტი, გაბრო-დიაბაზი, გრანოდიორიტი.	750-900	300-350	1.6-1.8
	ბ)დოლომიტები, ტრავერტინები, ფელზიტირებული ტუფები.	110-150	40-60	

1	2	3	4	5
4	მცირედმტკიცე და საშუალოდმტკიცე გრანიტები.	900-1000	350-500	1.4-1.6
5	მტკიცე გრანიტები, კვარციტები.	1000-1300	500-700	1.2-1.4
6	მარმარილოები, მარმარი- ლოსებრი კირქვები, ხელოვ- ნური მარმარილოები (დეკო- რატიული ბეტონი კარბონა- ტული დანამატით)	100-200	160-210	0.5-1.2

1.1.1. კურსების ტემენიტის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების ზოგადი დახასიათება და თვისებები

გამოსაკვლევი მასალის სახით გამოყენებული იქნა მთის ქანის ნიმუშები, კერძოდ, კურსების «ტემენიტი» [67].

ტემენიტი - (ანალციმური გაბრო), კურსების საბადოს ეკუთვნის, მაგმური ქანისაა, თავისი დასახელება მიიღო ადგილის დასახელების გამო – «ტემენ» ჩეხოსლოვაკიაში.

პირველად აღწერილი იყო 1961 წელს ჰონენგერის მიერ.

ტემენიტი – ტუტე გაბროიდების ჯგუფის სრულკრისტალური ჰიპაბისალური ქანია. შეიცავს ფუძე პლაგიოკლაზს, ავგიტს, ანალციმს, ტუტე რქატყუარას (ბარკევიკიტი), ცეოლითებს, აქცესორულ მინერალებს- აპატიტს, მაგნეტიტს, სფენს და სხვა. აქვს დიაბაზური სტრუქტურა. გვხვდება მცირე ზომის ჰიპაბისალური მასივების, დაიკებისა და სილების სახით. ტემენიტი გავრცელებულია კავკასიაში, საქართველოში - კურსების საბადო, სამხრეთ ციმბირში - (მინუსინსკის ქვაბული) და სხვა; საზღვარგარეთ - კარპატის მთებში, ჩეხოსლოვაკიაში.

ტემენიტი-ჰიპაბისალური და ძარღვიანი სრულკრისტალური ანალციმის შემცველი ტუტე მელანკრატული ქანია, შედგენილი მთავარი სახით ტიტან-

ავგეტისაგან, ბარკევიკიტისაგან, ძირითადი პლაგიოკლაზისაგან და ანალციზმისაგან. მეორე ხარისხოვანი მინერალებისაგან ხანდახან არის ბიოტიტი, ნეფელინი, ორთოკლოზი, მადნეულის და აქცესორული მინერალები, მეორადიდან არაიშვიათად მდიდარი ცეოლიტი, ქლორიდი, ეპიდოტი, კალციტი.

ფერის მიხედვით კურსების ტემენიტი იყოფა სამ სახეობად:

- ღია-ნაცრისფერი (მსხვილმარცვლიანი),
- ნაცრისფერი (უფრო წვრილმარცვლოვანი),
- მუქინაცრისფერი (წვრილმარცვლოვანი),

მათგან ყველაზე უკეთეს დეკორატიულ თვისებებს ფლობენ მეორე და მესამე სახეობები. მოცულობითი წონა 2500-3000 კგ/მ³, კუთრი წონა - 2,7-3,0 კგ/მ³, დროებითი წინააღმდეგობა კუმშვაზე - 1000-1890კმ/სმ² ანუ სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე.

იმის გამო, რომ კურსების ტემენიტი ხასიათდება დადებითი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, მისგან მზადდება მოსაპირკეთებელი ფილები, მოსაპირკეთებელი და პროფილური ნაკეთობები, როგორც კედლისთვის, ასევე იატაკისთვის, კიბეებისთვის, შენობების ციკოლებისთვის, ღია მოედნებისათვის, ასევე სხვადასხვა ნაკეთობების დამზადებისათვის.

გარდა ამისა, მისი ნარჩენებისაგან შეიძლება დამზადდეს ღორღი მაღალმდგრადი ბეტონის ან რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვის.

ბლოკები მოიპოვება ზომით 0,3-დან 2,0 მ³-მდე.

შტუფში: წვრილკრისტალურმარცვლიანი მჭიდრო ქანი ლაქოვანი ტექსტურით, შეპირობებული ღიანაცრისფერ და შავი ლაქების არასწორი მოხაზულობის მონაცვლეობით. განახეხში: ქანის სტრუქტურა გაბრო-ოფიტური.

შედგენილობა %-ში:

- პლაგიოკლაზი-83;
- მონოკლინური პიროქსენი-9;
- ქლორიდი-2;
- ანალციმი-3,5;
- მადნეული (გაუმჭვირვალე)-2,5;
- ლეიციტი
- ელიდოტი

1.2. ქვის დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის ზოგადი მიმოხილვა

1.2.1. ქარგოლების შერჩევის ზოგადი მოთხოვნები

მთავარ, გადამწყვეტ ფაქტორად, რომელიც უზრუნველყოფს ალმასური ქარგოლის მუშაობის მაღალ ეფექტურობას, გვევლინება მისი ტექნიკური მახასიათებლის შესაბამისობა დასამუშავებელი მასალის თვისებებთან, და აგრეთვე ექსპლუატაციის და რაციონალური ჭრის რეჟიმების ტექნოლოგიების დაცვა.

ალმასური გადამჭრელი ქარგოლის ამორჩევისას საჭიროა გათვალისწინებულ იქნას არსებული მოწყობილობა და მოთხოვნები, წაყენებული დასამუშავებელი მასალის ზედაპირის სისუფთავესთან [62].

ქვისდამამუშავებელ საწარმოებში უფრო ფართოდ გამოყენება ქარგოლები, რომელთაც აქვთ ფართო სეგმენტაშორისი კილოები, გამოიყენებიან მხოლოდ ნაკეთობის სისუფთავეზე და პირზე მაღალი მოთხოვნილებისას, და აგრეთვე მყიფე, ადვილად მსხვრევადი მთის ქანების ჭრისას. ასეთი ტიპის ქარგოლების დამუშავების დიდი შრომატევადობა მათ ეკონომიურად უფრო ნაკლებ სარგებლიანს ხდის.

ალმასური ქარგოლის დიამეტრი შეირჩევა გამოყენებული ჩარხის და გადასაჭრელი მასალის სისქისაგან დამოკიდებულებით. ამ დროს ჩასასმელი ნახვრეტის დიამეტრი უნდა შეესაბამებოდეს ჩარხის ლილვზე ჩასასმელი ადგილის დიამეტრს. იმ შემთხვევაში, თუ ქარგოლის ჩასასმელი დიამეტრი უფრო მეტია, მაშინ დასაშვებია შიგა დიამეტრთან შესაბამისობით სპეციალურად დამუშავებული რგოლის ჩაწნევა, რომლის სისქეც არ უნდა აღემატებოდეს კორპუსის სისქეს.

შემკვრელი შეირჩევა დასამუშავებელი ქანების აბრაზიული თვისებებისაგან დამოკიდებულებით, რომელთა კლასიფიკაციაც აბრაზიულობის მიხედვით მოცემულია ცხრ. 1.2.1-ში. მაღალაბრაზიული ქანები მოითხოვენ ცვეთამედეგი სალი შემკვრელების გამოყენებას, ნაკლებაბრაზიულები კი - რბილებს. ქვემოთ მოცემულია ქანების ჩამონათვალი, დამუშავებული ქარგოლებით შემკვრელებზე, ათვისებული ქარხნების მიერ, რომლებიც უშვებენ ალმასურ იარაღს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ტრავერტინები, ნიჟარქვები, მათი მაღალი სიმყიფის გამო ზოგიერთ შემთხვევებში მიზანშეწონილია დამუშავდეს ქარგოლებით M1 შემკვრელზე.

გრანტის ზოგიერთი ტიპის და პირველ რიგში წვრილმარცვლოვნების, როგორცაა იანცევსკის, ტოკოვსკის, და აგრეთვე კვარციტების დამუშავებისას შემკვრელი M50 არ

უზრუნველყოფს ალმასური მარცვლების თავისდროულ გახსნას, რასთან დაკავშირებითაც საჭიროა ჩატარდეს ალმასების პერიოდული გახსნა მუშა ზედაპირზე აბრაზული ქანების ჭრით-ქვიშაქვის, შამოტის, ტუფის, დინასის ცვლის განმავლობაში მიზანშეწონილია ნაკლებაბრაზული გრანიტების დამუშავების შენაცვლება ტუფის, ქვიშაქვის და სხვა მსგავსი მასალის დამუშავებასთან.

ცხრილი 1.2.1

შემკვრელის შერჩევა ქტანების აბრაზიული თვისებებისაგან დამოკიდებულებით

შემკვრელის ტიპი	დასამუშავებელი მასალის დასახელება
M 1	მარმარილოები, დოლომიტები, თაბაშირები, ონიქსები და სხვა წვრილმარცვლოვანი მკვრივი კალციტური ქვები.
M 50-10	მაგარი მარმარილოები, ტრავერტინები (შირიმები), დამარმარილოებული კირვები, მკვრივი ბაზალტები, გაბრო, ლაბრადორიტები და სხვა.
M 50	გრანიტები, ტეშენიტი, ბაზალტები, ანდეზიტები, მკვრივი ტუფები და კირქვები.
MII	ქვიშაქვები, ტუფები, ნიჟარქვები და კირქვები, ბეტონები, შამოტები, დინასი, ხელოვნურად მდნარი კორუნდები.

არადანიშნულებით ქარგოლების გამოყენება აუარესებს მუშაობის მაჩვენებლებს: რადგანაც ნაკლებაბრაზიული ქანების დამუშავებისას ქარგოლები M50 შემკვრელზე გაიზვინთება და მათი მწარმოებლურობა მცირდება, მაღალაბრაზიული ქანების დამუშავებისას გაძლიერებული ცვეთის გამო მათი გამოყენების ეფექტურობა მცირდება.

იარადის შრომისუნარიანობა მნიშვნელოვნად განისაზღვრება ალმასების ხარისხით და მარცვლოვანებით, მკვრივი წვრილმარცვლოვანი ქანების დამუშავება მოითხოვს გამოყენებულ იქნას წვრილი ალმასები მაღალი ხარისხის, ნაკლებად მკვრივი ქანები კი – ნაკლებად ხარისხოვან ალმასებს უფრო მსხვილი ფრაქციით. ასეთნაირად, კვარციტების და მტკიცე გრანიტების დამუშავებისათვის მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას XY ჯგუფის ალმასები მარცვლოვანებით 800-400 ცალი კარატზე; საშუალო სიმტკიცის და მცირესიმტკიცის გრანიტების დიორიტების, დიაბაზების, ბაზალტების დამუშავებისათვის კი XXXY ჯგუფის დამსხვრეული ალმასები და

ფხვნილები ზომით 600-300 მლმ; მარმარილოს ტუფის, ტრავერტინების, ქვიშაქვების და ანალოგიური ქანების დამუშავებისათვის XXI და XXXY ჯგუფის მსხვილი ალმასები და ფხვნილები ГОСТ 9206-70 მარცვლოვანებით 500/400 630/500 (500-800მკმ) [31].

იარაღში ალმასის კონცენტრაცია შეირჩევა დასამუშავებელ მასალასთან და მოთხოვნილი მწარმოებლურობასთან დამოკიდებულობით. პირველი კატეგორიის ქანები ქვიშაქვების და ტუფების ტიპის ადვილად მუშავდებიან გადამჭრელი ქარგოლებით ალმასების კონცენტრაციით 25. დამუშავებისათვის მეორე კატეგორიის ქანების ჭრისას გამოყენებული უნდა იქნას ქარგოლები ალმასების კონცენტრაციით 30-50. ქარგოლები უფრო მეტი კონცენტრაციით (75 და 100) გამოყენებულია ძირითადად დამუშავებადობის მე-9 კატეგორიის ქანების დამუშავებისას, თუ მეორე კონცენტრაციის ქარგოლების გამოყენება შეამცირებს მწარმოებლურობას ან როდესაც ნაკეთობას წაუყენდება სპეციალური მოთხოვნები. ასეთნაირად, აზბესტცემენტის დამუშავებისას, ფილები, რომლისგანაც უნდა იყოს სუფთა ნაწიბურები მოტეხილის გარეშე, უფრო რაციონალურია კონცენტრაცია 75. ჩამოსხმული ხელოვნური ქვების (ბაკორი, სიტალი) ჭრისას ასევე გამოყენებულ იქნას ქარგოლები ალმასების მაღალი შემცველობით.

1.2.2. მეცნიერულ-კვლევითი სამუშაოების განვითარების მდგომარეობის მიმოხილვა ზოლურა ხერხით ბუნებრივი ქვის დახერხვისას

პრობლემის განვითარების თანამედროვე მდგომარეობის ანალიზი აჩვენებს, რომ დღეისათვის არსებითად ახალ საფეხურზე დგება საკითხები წარმოების ახალი პროცესის შემუშავება და სამშენებლო მასალების დამუშავების შესახებ ახალი შემსრულებელი ორგანოების შექმნის სრულყოფის საფუძველზე, რომელიც აღჭურვილია ალმასებით და სხვა ზესალი მასალებით [31] დაკომპლექტებული მჭრელი იარაღებით.

საქართველო მდიდარია ბუნებრივი ქვებით, გამოთვლები აჩვენებენ ბუნებრივი ქვისგან დამზადებული ფილების მნიშვნელოვან უპირატესობას უფრო გავრცელებულ სამშენებლო მასალის- აგურის მიმართ. დახერხილ ქვებს იყენებენ სამოქალაქო და წარმოებების შენობების, ხიდების, საყრდენი კედლების, ძეგლების, გადამტანი თაღების, ჰიდროტექნიკური აღჭურვილობის მშენებლობისათვის.

პრაქტიკაში ერთ-ერთი შრომატევადი ოპერაციიდან, ბლოკების დახერხვა ფილებად და ნამზადებად (დამუშავებაზე საერთო დანახარჯი 40-45%-მდე) შედარებით მეტი გავრცელება ჰპოვა ზოლურა ხერხებმა- ფოლადის ტანი გლუვი მუშა წახნაგით ან პერფორირებული ნახვრეტებით-რომელიც აღჭურვილია ალმასური ელემენტებით აბრაზიული მასალების მჭიდრო მოდებისათვის.

კურსების საბადოს ტემენტის ნაკეთობის დამუშავების ტექნოლოგიაში «საქტემენტის» საწარმოში ჩართულია ბლოკების დახერხვა ალმასური ზოლურა ხერხებით, რომელიც აღჭურვილია ბუნებრივი ალმასების მუშა ელემენტებით ლითონურ შემკვრელზე M50. დახერხვა წარმოებს CMP-032 ტიპის ჩარჩო ქვისსახერხ ჩარხზე. დახერხვის შემდეგ წარმოებს ფაქტურული დამუშავება, რომელიც ჩართულია საჩორტნი და უხეში ხეხვა ალმასური სახეხი თავებით.

სერიული წარმოების ალმასურ ზოლურა ხერხებს აქვთ მთელი რიგი არსებითად უარყოფითი მხარეები, რომლებიც ამცირებენ მათ გამოყენებას. შემკვრელი M50 განსაკუთრებით სალია, არ უზრუნველყოფს ალმასების თავისდროულ გამჟღავნებას.

ხერხების კორპუსს აქვთ ღარი, რომლებიც არიან დამაბულობის კონცენტრატორები, რომლებსაც ექსპლოატაციის პროცესში კორპუსები რღვევამდე მიჰყავს. ხერხებს აქვთ ამაღლებული ალმასების შემცველობა დაუსაბუთებელი ალმასური ელემენტების რაოდენობის ხარჯზე, რის შედეგადაც ადგილი აქვს ალმასების გაუმართლებლად მაღალ კუთრ ხარჯს.

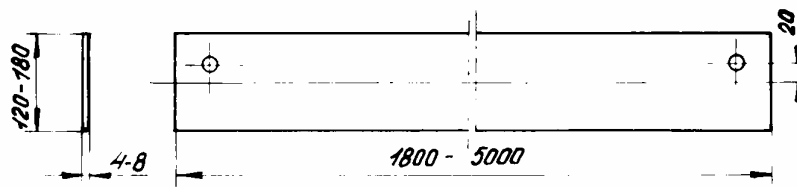
შემუშავებულია ზოლურა ხერხების კონსტრუქციები, რომელნიც აღჭურვილია სინთეზური ალმასებით ლითონურ შემკვრელებზე, რომელიც უზრუნველყოფს ალმასების თავისდროულ გახსნას. ხერხების კორპუსები მზადდება კილოების გარეშე, რაც უზრუნველყოფს მათი ექსპლოატაციის საკმაო სიმტკიცეს.

ალმასურ ზოლურა ხერხებში ალმასის ტევადობის შემცირების, ალმასების ხარჯის შემცირების, დახერხვის მწარმოებლობის ამაღლების მიზნით დაყენებულია ამოცანა: შემუშავდეს ალმასური ზოლურა ხერხების კონსტრუქცია ალმასური ელემენტების დასაბუთებული ბიჯით.

სახერხი იარაღი თავისუფალი აბრაზივის გამოყენებით.

ქვის დამუშავების ამ ეტაპზე დახერხვის მეთოდი თავისუფალი აბრაზივის გამოყენებით მიღებულია სალი მთის ქანის ქვის დახერხვისათვის და აგრეთვე, საშუალო სისალისათვის, რომელსაც აქვს კვარცის მაღალი შედგენილობა.

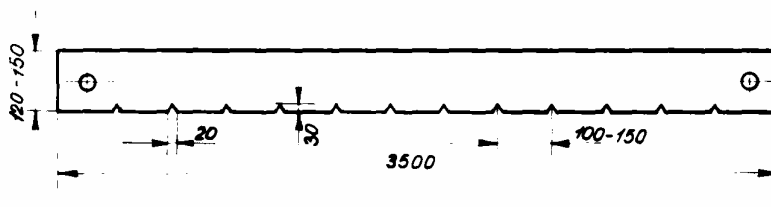
დახერხვისათვის ჩარჩოხერხის ქანქარისებრი მოძრაობით ჩარხებზე იარაღად იყენებენ ბრტყელ ფოლადის ზოლებს. ტრადიციულად ასეთი სახის იარაღს უწოდებენ შტრიფსს ან ბრტყელ ხერხს.(ნახ. 1.2.1).



ნახ.1.2.1. ბრტყელი ზოლურა ხერხი გლუვი მუშა წახნაგით

ასეთი იარაღების ცენტრალიზირებული დამზადება არაა, მას ამზადებენ ქვისდამამუშავებელ საწარმოებში. ფოლადის ზოლს ჩამოჭრიან მოთხოვნილ ზოლებზე და ორივე ბოლოზე გაბურღავენ ნახვრეტს დამჭიმი ღეროსათვის. ხერხის უფრო მეტი ცვეთამდეგობისათვის სასურველია დამზადდეს ის მაღალლეგირებული ფოლადისაგან, მაგრამ ჩვეულებრივად იყენებენ შემდეგი მარკის ფოლადებს: CM3, CM5, ГОСТ 380-60. შტრიფსების სიგრძე დამოკიდებულია ჩარხის სახერხი ჩარჩოს სიგრძეზე და მერყეობს 1800-5000 მმ ზღვრებში. სიგანე 120-180 მმ და სისქე 4-8 მმ დამოკიდებულია დასახერხი მასალის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე. ნაგლის შტრიფსების დამზადებისათვის ირჩევენ ГОСТ103-87 (ზოლებიანი ფოლადი) ან ГОСТ82-87 (ფართოზოლებიანი ფოლადი).

სწორხაზოვანი (წრფივი) მოძრაობის ჩარჩოხერხის ჩარხებზე დახერხვისათვის, ე.ი. იმ პირობით, როდესაც არ ირღვევა კონტაქტი ხერხსა და აბრაზივს შორის, ხერხზე აკეთებენ ამონაჭრებს. ხერხის ასეთი კონსტრუქციისას (ნახ. 1.2.2.).



ნახ. 1.2.2. ზოლურა ხერხი სამკუთხა ამონაჭრებით.

აბრაზიული მასა უფრო ინტენსიურად გადაადგილდება იარაღის მოძრაობის მიმართულებით. ამონაჭრების არსებობა იწვევს ადგილობრივი დაძაბულობის მკვეთს

ზრდას და უმჯობესია ხერხები დამზადდეს მაღალლევირებული ფოლადისაგან.

სალი ქანების დახერხვისას თავისუფალ აბრაზივის სახით გამოიყენება ტექნიკური თუჯის ან ფოლადის საფანტი. ГОСТ 11964-86. უმეტესად მოხმარებული საფანტის ნომრებია 2 და 3, რაც შეესაბამება საფანტის დიამეტრის ზომებს 1,6-დან 3,5-მდე.

საშუალო სისალის ქანების დახერხვისას რეკომენდირებულია ვაწარმოთ კვარცული მრავალწახნაგა სუფთა ქვიშის გამოყენებით, მარცვლოვანების ზომა 0,2 - 0,5 მმ, მაგრამ უმეტესად საშუალო სისალის ქანებს ხერხავენ ან ალმასის ზოლურა ხერხებით, ან გლუვი ბრტყელი ხერხებით ტექნიკური საფანტის გამოყენებით.

ფოლადის (შტრიფსის) ხარჯის ნორმა სალი ქანების დახერხვისას შეადგენს საფანტის 14,2კგ 1მ² დახერხვაზე. ქვის დამამუშავებელ საწარმოებში დასახერხ მთის ქანების ფიზიკო- მექანიკური ხასიათთან დახერხვის რეჟიმების, მიწოდების მეთოდის და შემცხებ-გამაგრილებელი სითხის სახესთან დამოკიდებულებით, ფოლადის და საფანტის ფაქტიური დანახარჯი იმყოფება შესაბამისად ზღვრებში 4-10 და 14-22 კგ/მ².

ალმასურ-აბრაზიული იარაღები.

ახალი ტექნიკური მიმართულებების განვითარების პერიოდში გარდაუვალია ახალი ტერმინებისა და ცნებების გამოჩენა, ხშირად ერთმანეთის საპირისპირო, კერძოდ, ალმასური იარაღი ქვისა ხერხი ჩარხებისათვის იწოდება სხვადასხვანაირად: ალმასური ზოლურა ხერხი, ალმასური ბრტყელა ხერხი, ალმასური სტრიფსული ხერხი ან უბრალოდ ალმასური სტრიფსი .

1978 წლიდან ГОСТ 14706-78 იყო შემოღებული ტერმინი აღწერილ იარაღზე- ალმასური ზოლურა ხერხი.

მიუხედავად სხვადასხვანაირი კონსტრუქციის ალმასური ზოლურა ხერხების მნიშვნელოვანი რაოდენობისა, ამჟამად ყველაზე გავრცელებული კონსტრუქციები არიან ხერხები, რომლებიც შედგება მართკუთხა, ბრტყელი ფოლადის კორპუსისაგან. (ზოლები სიგრძით 2000-4200 მმ, სისქე 2-6 მმ, სიგანე 100-200 მმ) და კორპუსზე მირჩილული ალმასური ელემენტებით უკეთესად მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმით [18].

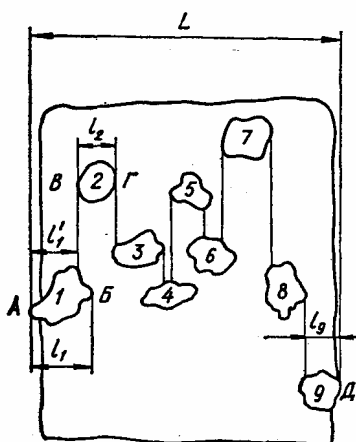
თუ ზოლურა ხერხის ალმასური ელემენტის სიგანე განპირობებულია ხერხის კორპუსის სისქეზე ჩაკიდებაზე ნამატის გათვალისწინებით (0,5:1 მმ), მაშინ მისი სისქე სხვადასხვა დამამზადებელზე იცვლება მნიშვნელოვან დიაპაზონში (10-40 მმ);

შემუშავებულია სამუშაოების ზოლურა ხერხის ალმასური ელემენტის ოპტიმალური სიგრძის განსაზღვრაზე ალმასების და მისი ალმასური ფენების სხვადასხვა კონცენტრაციისას.

ალმასების ოპტიმალური კონცენტრაციის განსაზღვრის ექსპერიმენტებისათვის დამზადებული იყო ალმასის ზოლურა ხერხები, აღჭურვილი ალმასის ელემენტებით ზომით 20x3, 5x5 ალმასის მარცვლოვანებით 500/400 ალმასის კონცენტრაციით 25, 50, 75, 100, 125 % ოპტიმალური სიგრძის არჩევის ექსპერიმენტისათვის გამოიყენება ელემენტები სიგრძით 10,20,30,40,მმ 100% ალმასის კონცენტრაციით რომელმაც აჩვენა საუკეთესო შედეგი ოპტიმალური კონცენტრაციის ექსპერიმენტებში. ექსპერიმენტების შედეგები ცხადყოფს იმაზე, რომ ალმასების კუთრ ხარჯს გამოსაკვლევ დიაპაზონში აქვს მინიმალური მნიშვნელობა 100 %-დან კონცენტრაციისას.

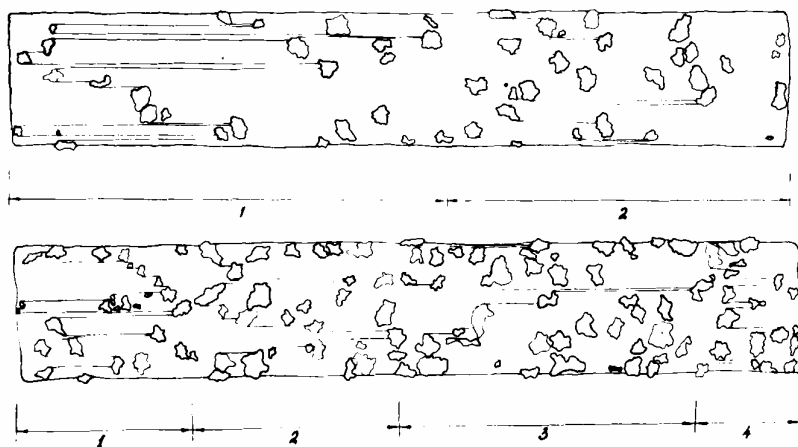
ელემენტის ცვეთის ანალიზმა ცვლადი სიგრძით აჩვენა რომ ალმასის უმცირეს კუთრი ხარჯს და იარაღზე დახერხვის ღირებულებას უზრუნველყოფენ იარაღები სიგრძით 20 მმ.

ექსპერიმენტალური გამოკვლევების საფუძველზე დადგენილია, რომ ალმასური ელემენტების მთელ სიგანეზე დასამუშავებელი მასალა ირღვევა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ალმასის ცალკეული მარცვლების მჭრელი წიბოები გადაფარავენ ერთი-მეორეს ან მჭიდროდ მაინც მიეკრობიან ერთი-მეორეზე, შექმნიან რა შედგენილ მჭრელ წიბოს. ასეთი შედგენილი მჭრელი წიბოს ყოველი მარცვალი უზრუნველყოფს დასამუშავებელი მასალის რღვევას ჭრის მთელ ხაზზე, რომელიც მდებარეობს ალმასური ელემენტის მუშა წახნაგის გასწვრივ. პირობითად ჩათვლილია, რომ ალმასის მარცვლის მჭრელი წიბოს სიგრძე (ნახ.1.2.3), რომელიც ტოლია l_1 .



ნახ.1.2.3. ალმასური ელემენტის შედგენილი მჭრელი პირის სქემა.

ეს არის ერთმანეთისაგან უფრო მეტად დაცილებულ განაპირა წერტილებს A და B შორის I მარცვლის გეგმილი შემკვრელის მუშა ზედაპირის სიბრტყეზე. დაგეგმარებულია 2 მარცვლის განაპირა B და Γ წერტილები 1 და 3 მარცვლების გეგმილების გადაკვეთამდე და ა.შ. 9 მარცვლის გეგმილამდე. მაშინ ცალკეული ალმასური მარცვლების მჭრელი წიბოების $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_9$ მონაკვეთები შეადგენენ ზიგზაგისებურ მჭრელ წიბოს სიგრძით L, შემოსაზღვრულს ალმასის მარცვლების A და B წერტილებით, რომელიც განლაგებულია ალმასური ელემენტის საპირისპირო გვერდით წახნაგებზე. მისი შრომისუნარიანობის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელია, რომ ელემენტის მუშა წახნაგებზე იყოს ერთი მაინც ასეთი მჭრელი წიბო. ალმასის ელემენტის მუშა წახნაგზე ვიზუალური დაკვირვებისას (ნახ.1.2.4) დადგენილია, რომ ალმასის მარცვლების რიცხვი, რომელიც შეადგენს ერთ მჭრელ წიბოს გამოკვლევის დიაპაზონში ყველა კონცენტრაციისათვის პრაქტიკულად ერთნაირია (13-14 ცალი). ამასთან კონცენტრაციის გაზრდისას შედგენილი ზიგზაგისებური წიბოების რიცხვი ელემენტის მუშა წახნაგის ერთგვარ ფართზე იზრდება, უბნის სიგრძე კი, რომელსაც იკავებს ერთი შედგენილი წიბოს ალმასები, მცირდება.



ნახ.1.2.4. ზოლურა ხერხის ალმასური ელემენტის მუშა წახნაგის პროექცია,

რომელიც აღებულია საათურ პროექტორზე:

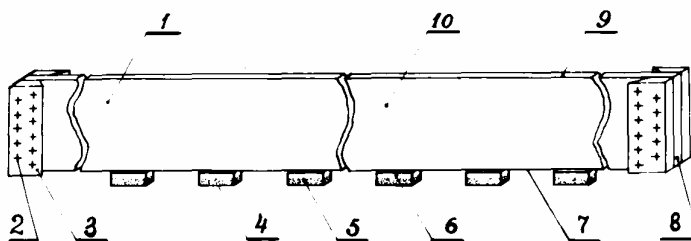
ა-ალმასების კონცენტრაცია 25%;

ბ- ალმასების კონცენტრაცია 50%;

ამრიგად, რაციონალურობის თვალსაზრისით, უფრო მეტად შეიძლება

რეკომენდირებულ იქნეს ალმასის ელემენტი სიგრძით 20 მმ 100 % ალმასის კონცენტრაციით. ასეთი მახასიათებლით ელემენტის მუშა წახნაგზე მუდმივად იმყოფება 3-დან 5-მდე შედგენილი მჭრელი წიბო, რომელიც უზრუნველყოფს მის ოპტიმალურ შრომისუნარიანობას. მჭრელი წიბოების რიცხვის გაზრდა 100 % -ზე მეტი ალმასის კონცენტრაციის ამაღლებით და ელემენტების 20 მმ-ზე მეტი სიგრძის გაზრდით მიყვავართ ალმასის კუთრი ხარჯის და დახერხვის ღირებულების გაზრდასთან მისი ცვეთამედეგობის უმნიშვნელოდ გაზრდას. ალმასურ ელემენტებს აღჭურავენ ბუნებრივი, სინთეზური ან ბუნებრივი და სინთეზური ალმასის ნარევით, რომელიც განლაგებულია ლითონურ შემკვრელში [19, 20, 34, 71].

ელემენტები შედგება ორი ფენისაგან - ალმასური 5 მმ სიმაღლემდე და უალმასო-დაახლოებით 2 მმ სიმაღლის. ალმასური ელემენტები განლაგებულია ხერხის მუშა წახნაგზე მუდმივი ან ცვლადი ბიჯით (მათ შორის მანძილით). ალმასურ ელემენტებს ამაგრებენ კორპუსზე მირჩილვით ვერცხლის ან სხვა ლითონის სარჩილით. გამოყენებული სარჩილის მარკას განსაზღვრავენ ალმასის ელემენტების გაცხელების დასაშვები ტემპერატურით ლითონური შემკვრელის მარკისაგან დამოკიდებულებით. ხერხის კორპუსის ბოლოებზე არის ან ნახვრეტები, ან სპეციალური თამასა დამაგრებისათვის და მათი დაჭიმვისათვის ჩარხის ჩარჩოში (ნახ. 1.2.5) მოყვანილია აღწერილი კონსტრუქციის ამ ტიპის იარაღის პარამეტრების დასახელება.

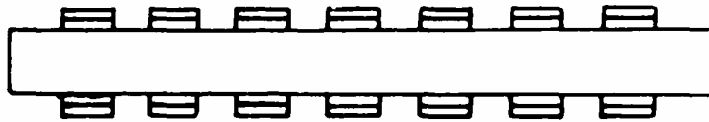


ნახ.1.2.5. ალმასური ზოლურა ხერხი

1-კორპუსი; 2-მოქლონვა; 3-სამაგრი თამასა; 4-ალმასური ელემენტი; 5-ალმასნადები ფენა; 6-უალმასო ფენა; 7-კორპუსის მუშა წახნაგი; 8-ტორსული წახნაგი; 9-არამუშა წახნაგი; 10-გვერდითი წახნაგი.

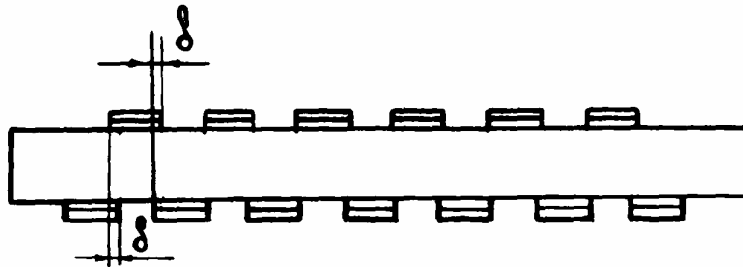
არსებობენ ალმასური ზოლურა ხერხების კონსტრუქციები, რომლებიც განსხვავდებიან ზემოთ აღწერილი ტრადიციული კონსტრუქციებისაგან. ნახ.1.2.6.

ნაჩვენებია ხერხი, რომლის ორ ურთიერთსაწინააღმდეგო წახნაგებზე დაყენებულია ალმასის ელემენტები ხერხის კორპუსის ვიბრაციის შემცირების და მისი მისი მომსახურეობის ვადის გაზრდის მიზნით [3]. ხერხი შედგება კორპუსისაგან 1, ალმასისმტარებელი ელემენტებისაგან 2 და 3, რომლებიც შედგებიან ალმასისმტარებელ 4 და უალმასო 5 ფენებისაგან. წახნაგებზე დამაგრებული ალმასისმტარებელი ელემენტები, რომლებიც მუშა წახნაგის საპირისპიროდაა, წარმოადგენს ვიბრაციის შემზღვეველს და შეხებაშია განახერხის კედლებთან.



ნახ.1.2.6. ალმასური ორმხრივი ზოლურა ხერხი.

ალმასნადები ფენის ელემენტები 2 ცვეთის შემდეგ ხდება ხერხის გადაადგილება მოცვეთილი ელემენტებით ზევით. ამ შემთხვევაში ვიბრაციის შემზღვეველის როლს ასრულებენ დარჩენილი უალმასო ელემენტების ნაწილები, მუშა ელემენტებს კი წარმოადგენენ ელემენტები 3. ვიბრაციის შემცირებისათვის ალმასისმტარებელი ელემენტები 2 და 3 საწინააღმდეგო წახნაგებზე განლაგებულია ჭადრაკულად.



ნახ.1.2.7. ალმასური ორმხრივი ზოლურა ხერხი ალმასური ელემენტების დაყენების არეს გადაფარვით.

ნახ. 1.2.7. ნაჩვენებია ხერხი, რომელზეც მისი კორპუსის სიმტკიცის ამაღლების და სამსახურეობრივი ვადის გაზრდის მიზნით ალმასისმტარებელი ელემენტები ერთმანეთისაგან მანძილზე ელემენტების მცირე სიგრძით ჭადრაკის წესით დაყენების არის გადაფარვით უმნიშვნელო სიდიდით ($\delta = 0.5 \div 1.0\text{მმ}$) ისე, რომ უზრუნველყოს ხერხის კვეთის ზრდა მთელ მის მუშა სიგრძეზე.

საინტერესოა ალმასური ზოლურა ხერხების კონსტრუქცია კალთანი კორპუსით, რომელიც შექმნილია შლამის გამოტანის გაუმჯობესების, იარაღის მჭრელი წიბოს გაცივების, ხერხის კორპუსის მასალის ტევადობის შემცირების, ალმასური ელემენტების კორპუსზე დამაგრების გამორიცხვის მიზნით, ძვირფასი ვერცხლის მისარჩილის გამოყენებით [31].

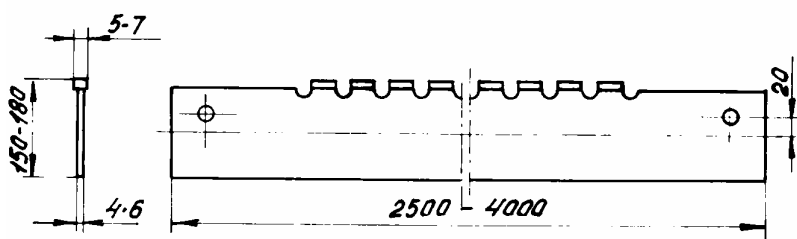
შემუშავებულია ალმასური ზოლურა ხერხის კონსტრუქცია [71], რომლის კორპუსიც შედგება ორი პარალელური ფირფიტისაგან სისქით 1.5, სიგანით 180, სიგრძით სახერხი ჩარჩოს ზომებთან დამოკიდებულებით 220-დან 380 მმ-მდე. კორპუსის ბოლოებზე დამაგრებულია გამჭიმავი თამასა, როგორც ჩვეულებრივ ხერხზე. კორპუსის პარალელურ ფირფიტებს შორის გამჭიმავი თამასების დამაგრების ადგილზე, ჩადგმულია ფოლადის ფირფიტები სისქით 2 მმ, რომელიც ტოლია ალმასის ელემენტის ბოლოს სისქის. ალმასური ელემენტები დამაგრებულია ხერხის კორპუსის ორ ურთიერთსაწინააღმდეგო მუშა წახნაგებზე რომელიც მას აძლევს საჭირო სიხისტეს.

ხერხის აკრება ხდება შემდეგნაირად: კორპუსის ორ პარალელურ ფირფიტებს შორის ჩადგამენ და ამაგრებენ ჭახრაკით 1 ალმასის ელემენტს, შემდეგ ახდენენ მის დამაგრებას კორპუსის ფირფიტებზე წერტილოვანი ელექტროშედულების მეთოდით. ამასთან ელექტრული რკალი ალმასისმტარებელ ფენაზე უშუალოდ არ მოქმედებს. შემდეგ ხდება ალმასური ელემენტის დამაგრება მოპირდაპირე მუშა წახნაგზე და ასე თანმიმდევრობით აყენებენ ყველა ალმასურ ელემენტს. ასეთი თანმიმდევრობა გამორიცხავს კორპუსის დეფორმაციას, რომელიც აღიძვრება ელექტროშედულების გამო კორპუსის გაცხელებისას ტემპერატურული გარდაქმნების შედეგად. ალმასური ელემენტების დამყარების შემდეგ ხდება ნახვრეტების ბურღვა მოქლონვის ქვეშ ხერხის კორპუსის ბოლოებზე და ამაგრებენ გამჭიმავ თამასებს [4, 5].

ალმასური ელემენტის დამზადება ხორციელდება შემდეგნაირად: პრეს-ფორმის ღრუში ყრიან ალმასისშემცვლელ კაზმს, რომელიც შედგება ალმასური ფხვნილისაგან და ფხვნილებისაგან, რომლებიც ადგენენ ლითონურ შემკვრელს, შემდეგ აყრიან უალმასო ფენას, შედგენილს ლითონური შემკვრელის ფხვნილისაგან, შემდეგ აყენებენ ალმასური ელემენტის კორპუსს, რომელიც ამ შემთხვევაში წარმოადგენს ერთდროულად პრეს-ფორმის პუანსონს. შემდეგ ახდენენ ცივ წნეხას, შეცხოვას და ცხელ კმაწნეხას. ალმასნადები ფენის დამაგრება კორპუსის პუანსონზე ხდება დიფუზიური შეცხოვით.

გლუვი მუშა წახნაგიანი ხერხების დამზადებისას ალმასური ელემენტების მირჩილვისას, კორპუსის უბნებს, რომლებზეც ელემენტებს ამაგრებენ, აცხელებენ მირჩილვის დნობის ტემპერატურამდე (605-995 °C), რის შედეგადაც კორპუსის მასალაში ხდება ფაზური გარდაქმნები, რომლებსაც მუშა წახნაგები მიჰყავთ გაჭიმვამდე, რის გამოც ხერხი იძენს ნამგლისებრ ღუნვას სიდიდით 15 მმ, მუშა წახნაგის მხარეზე ამოზნექილობით. ასეთი ხერხებით დახერხვისას ხდება ალმასური ელემენტების არათანაბარი ცვეთა.

ცნობილია ალმასური ზოლურა ხერხები კორპუსებით, რომლებსაც მუშა წახნაგებზე აქვთ კილოები, (ნახ. 1.2.8.). ღარების დანიშნულებაა კორპუსის გაცხელების ტემპერატურის გავრცელების შეზღუდვა ალმასური ელემენტების მორჩილვისას. ამ დროს კორპუსის მუშა წახნაგის გაჭიმვა არ ხდება იმის გამო, რომ ტემპერატურის გავრცელება ფაზური გარდაქმნის შეზღუდულია კილოებით, რომელთა შორისაც მთავარია ელემენტებს, ამიტომ ხერხის კორპუსი ინარჩუნებს სწორხაზოვნებას.



ნახ.1.2.8. ალმასური ზოლურა ხერხი კილოებით

გამომდინარე იქიდან, რომ ხერხი გლუვი კორპუსით უფრო მტკიცეა, ვიდრე ხერხი კილოებით, და მივიღებთ მხედველობაში, რომ ხერხის მუშა წახნაგი ალმასური ელემენტების მირჩილვის შემდეგ სწორხაზოვანი უნდა იყოს, მიზანშეწონილია, რომ ხერხის გლუვ კორპუსს მიენიჭოს წინასწარი ღუნვა, მუშა წახნაგის მხარეზე ამოზნექილობით, არამუშა წახნაგის ფაზური გარდაქმნის ტემპერატურამდე გაცხელების გზით, რომელსაც მიჰყავს მის გაჭიმვამდე. ალმასური ელემენტების მირჩილვისას კორპუსის მუშა წახნაგი ასევე მოიჭიმება და ხერხი იღებს სწორხაზოვნებას [3].

ამჟამად ზოლურა ხერხებს ამზადებენ კილოების გარეშე აღწერილი ტექნოლოგიით. ყველა გამოშვებული ასეთი ხერხების პარტიები მუშაობდნენ

ალმასური ელემენტების მთლიან ცვეთამდე. კორპუსების დამტვრევა ელემენტების ამორტიზაციამდე არ შეიმჩნევა.

ბოლო წლებში დაგროვილმა გამოცდილებამ ალმასური ზოლურა ხერხების წარმოებაში ექსპლუატაციის ჩატარებულმა კონტროლმა აჩვენა [34], რომ მათ კორპუსებს აქვთ არასაკმარისი სიმტკიცე. ეს გამოიხატება ხერხების რღვევაში, რომელიც ხშირად ხდება ალმასური ელემენტებით აღჭურვილი ხერხების გამოსადეგიანობის ვადის შუაში. ალმასური ზოლურა ხერხების კორპუსის მასალა უნდა ფლობდეს შემდეგ თვისებებს:

- ა) ჰქონდეს მაღალი პროპორციულობის ზღვარი;
- ბ) ფლობდეს დიდ დაღლილობის სიმტკიცეს;
- გ) ჰქონდეს კარგი პლასტიკური თვისებები.

ნაგლინი ფოლადი 65Γ, რომელიც გამოიყენება ალმასური ზოლურა ხერხების კორპუსების დამზადებისათვის არ ფლობს ამ თვისებებს.

კარგი შედეგი აჩვენა ხერხების კორპუსების კვლევამ შრომისუნარიანობაზე, რომელიც დამზადებულია ფოლადის მარკისაგან 30XΓCA. ასეთი ხერხების საცდელი პარტიის ექსპლუატაციისას კორპუსების რღვევა არ შეიმჩნეოდა. ალმასური ელემენტის ამორტიზაციის შემდეგ კორპუსებზე განმეორებით ხუთჯერამდე მიერჩილებოდა ახალი ელემენტები.

ტექნიკური ინფორმაციაში და საპატენტო ლიტერატურაში არის აღწერილი სხვადასხვა კონსტრუქციის ალმასური ელემენტები ზოლურა ხერხების აღჭურვისათვის. ეს ელემენტებია მოწესრიგებულად განლაგებული ალმასური მარცვლებით, ჩაზნექილი, ამოღუნული ან რთულპროფილიანი ალმასური ფენის მუშა ზედაპირით. ასეთი ელემენტების ფართო გამოყენებაზე ცნობები არ არის, მაგრამ მათი გამოყენების მიზანშეწონილობა საეჭვოა. ალმასური ზოლურა ხერხები, რომლებიც გამოყენებულია მსოფლიო ქვისდამამუშავებელ წარმოებებში, აღჭურვილია, როგორც წესი, მართკუთხა პარალელეპიპედის ფორმის ალმასური ელემენტებით, რომლებსაც ტექნიკურ დოკუმენტაციაში უწოდებენ ალმასურ ძელაკებს [13, 14].

ალმასური ძელაკების დასამზადებლად იყენებენ ალმასურ ფხვნილს GOCT 9206-80 ალმასური ფხვნილის მარკას ირჩევენ დასახერხი მთის ქანის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისაგან გამომდინარე.

რბილი და საშუალო სისალის სახეობისათვის ეს მარკებია A3, AC32, სალისათვის-

A5, A80, AC50. ალმასური ფხვნილების მარცვლოვანებით სასურველია მსხვილმარცვლოვანიანის მიღება. ჩვეულებრივად იყენებენ ფხვნილებს მარცვლოვანებით 500/400-315/250. ხანდახან იღებენ შერეულ მარცვლოვანიანს, უმატებენ უკვე აწონილ ალმასნადებ კაზმს მსხვილი ალმასებით და წვრილმარცვლიანი ალმასების განსაზღვრულ რაოდენობას. არსებობს აზრი, რომ ეს განამტკიცებს ალმასისმტარებელ ფენას და უზრუნველყოფს მის მაღალ ცვეთამედეგობას. ალმასების კონცენტრაცია ალმასისმტარებელ ფენაზე 50-100 %-ია დასაშვებელ მთის ქანის დამოკიდებულებით. ალმასური ქვისდამამუშავებელი იარაღების საუკეთესო მაჩვენებლებს შრომისუნარიანობაზე უზრუნველყოფენ ალმასები ლითონური დაფარვით.

ლითონური შემკვრელები, რომლებიც გამოყენებულია ალმასური ძელაკების დამზადებისათვის, ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან სისალით და ცვეთამედეგობით. რბილი სახესხვაობის და მცირეაბრაზული მთის ქანის დახერხვისათვის შემკვრელი უნდა იყოს შედარებით რბილი. ეს შემკვრელებია M1-01, M6-15. საშუალო სისალის და სალი სახეობებისათვის-M6-02, M6-14, M6-16.

ალმასური ზოლურა ხერხები წარმატებით გამოიენება მარმარილოს, ლაბრადორიტის, გაბრო-ნორიტის, ტემენიტის, ბაზალტის და სხვა მსგავსი მთის ქანის მსხვილი ბლოკების დასახერხად, ალმასის კუთრი ხარჯი არა უმეტეს 0.3 კარატი/მ² (მარმარილო) და არა უმეტეს 2.0 კარატი/მ² (სხვა სახეობები).

პირობითი აღნიშვნის ჩაწერის მაგალითი (შეკვეთისას), ხერხი (II), ალმასური A, ზოლურა (II), სიგრძით (L) 3800მმ, ალმასური ძელაკის სიგანე 6მმ, დამზადებული სინთეზური ალმასური ფხვნილებისაგან მარკა C32, მარცვლოვანებით 315/250, ლითონური დაფარვით (M), მასური დაფარვის ნაწილით 25%, ფარდობითი კონცენტრაციით 100, ლითონურ შემკვრელზე M6-15: ПАП 3800x6-AC32-315/250-M25-100-M6-15TY88. ყველა ხერხის კორპუსზე გამჭიმავი თამასას ახლოს ადებენ მარკირებას.

1.2.3. ალმასური გადასაჭრელი სეგმენტური ქარგოლების მუშაობისას გამოყენებული ჩარხ-დანადგარები

ალმასურ – დისკური ჩარხების გაფართოებული პარკი, ექსპლუატირებული

ქვისდამამუშავებელ წარმოებებში, ითვლის დაახლოებით 400-მდე მოწყობილობის ერთეულს (სამუშაო და იმპორტული). ყველა ეს ჩარხები თავიანთი დანიშნულების მიხედვით შეიძლება გაიყოს ორ ჯგუფად: დასახერხი ბლოკების, ძელაკების და სხვა ნამზადების ფილებად ან სხვა ნაკეთობებად დახერხვისათვის და საფრეზავ-მოსაარშიებელი-დახერხვის შემდეგ ნაკეთობების მოცემული ზომის და ფორმის ფილების ჭრისათვის.

თავის მხრივ, გადასაჭრელი დისკური ჩარხები კონსტრუქციული ნიშან-თვისებით შეიძლება დაიყოს სამ ქვეჯგუფად: ერთლილვიანი, ორლილვიანი (ორიარუსიანი) და ორთოგონალური.

ერთლილვიანი ჩარხები უმეტესად წარმოდგენილია მრავალდისკიანი კონსტრუქციებით, რომელთა შემსრულებელი ორგანო შედგება მუშა ლილვისაგან, რომელზეც ჩამოცმულია გადამჭრელი ქარგოლები (მოდელები CMP-016, CMP-004,2398,2795,3312,3360, БКС- 3М და სხვა). ჩარხზე ლილვის დამაგრება შეიძლება იყოს პორტალური (მოდელები CMP-016, CMP-004,3360) ან კონსოლური (მოდელი БКС-3М). მუშა მიწოდება ყველა შემთხვევაში ხორციელდება. გადასაჭრელ ქვასთან ერთად მაგიდის გადაადგილებით ჰიდრავლიკური ან ელექტრომექანიკური ამძრავის საშუალებით.

ორლილვიან (ორიარუსიან) ჩარხებს აქვთ ორი ჰორიზონტალური ლილვი, განლაგებული ერთიმეორეზე და აღჭურვილია გადასაჭრელი ქარგოლებით, რომლებიც მოთავსებულია ერთი-მეორეზე წყვილად (ვერტიკალურ სიბრტყეში). სამამულო საჩარხო პარკში წარმოდგენილია ასეთი ჩარხების ერთ-ერთი სერიული მოდელი (მოდელი CMP-017), რომელსაც უშვებს ლენინაკანის ქარხანა «Строймашина.»

ორთოგონალურ ჩარხებს აქვთ ორი ურთიერთპერპენდიკულარული ლილვი, აღჭურვილი ერთი ან რამოდენიმე ვერტიკალური გადამჭრელი ქარგოლებით და ჰორიზონტალური მისაჭრელი ქარგოლით, რაც საშუალებას იძლევა გამოიჭრას ფილები და ნაკეთობები უშუალოდ ბლოკისგან, ამისათვის გამოყენებული უნდა იქნას შედარებით მცირე დიამეტრის ალმასური ქარგოლები. სამამულო საწარმოებში ექსპლუატირდება იტალიური წარმოების ორთოგონალური ჩარხების რამოდენიმე მოდელი (მოდელები MPC-3 და MPG-4 Chiesa Milano VR/66 ფირმის, BRA ფირმის და სხვა).

საფრეზავ-მოსაარშიებელი დისკური ჩარხების ჯგუფი განსხვავდება დიდი

კონსტრუქციული სხვადასხვაობით და შეიძლება დაიყოს სამ ქვეჯგუფად: პორტალურად, ხიდურად და კონსოლურად.

პორტალური ჩარხები (მოდელები ГФ-49, ГФ-50, СМР-014, МР-600) წარმოდგენილია, როგორც წესი, ორი შპინდელის თავით. მუშა მიწოდება ხორციელდება ჩვეულებრივად ნაკეთობასთან ერთად მაგიდის გადაადგილებით.

ხიდურა ჩარხები (მოდელები ВШ-25, СМР-015, „Торпедо-310“ და სხვა) შეიძლება იყოს როგორც ერთდისკოიანი, ასევე ორდისკოიანი.

იარაღის ბრუნვითი მოძრაობა შეეთვისება მის გრძივ გადაადგილებას მუშა თავის ან ხიდურას გადაადგილების ხარჯზე. მაგიდა შეიძლება შესრულებულ იქნეს ბრუნვითი ან უძრავი.

კონსოლური ჩარხები მიეკუთვნებიან მსუბუქ ჩარხებს და იყოფიან უძრავ შპინდელის თავიანთ ჩარხებად და შპინდელის თავიანთ ჩარხებად, რომელთაც აქვთ გადაადგილება პერპენდიკულარული მუშა მიწოდების მიმართულებით.

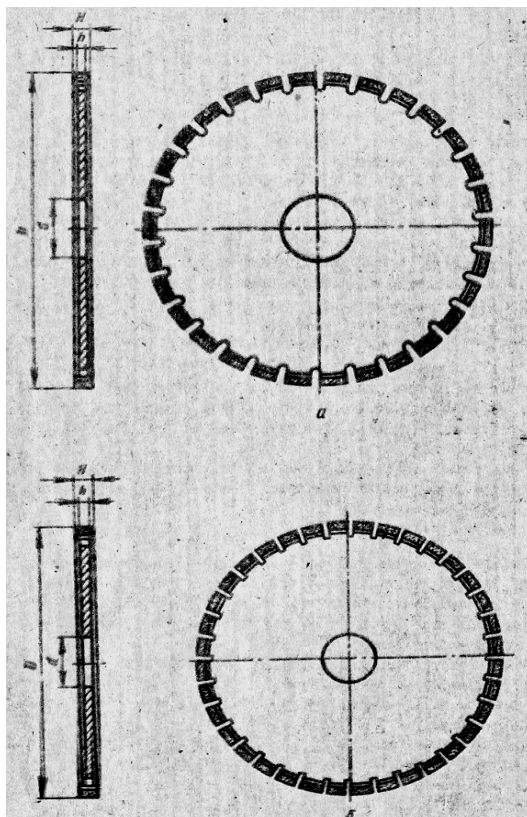
1.2.4. ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლების კონსტრუქციები და ძირითადი პარამეტრები

ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლები, დანიშნულნი სხვადასხვა მთის ქანების, ცეცხლგამძლეების, ბეტონების და რკინაბეტონების ჭრისათვის, გამოშვებულია ნორმალური და ვიწრო სეგმენტთაშორისი კილოებით.

ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლი შედგება ფოლადის კორპუსისაგან, რომელიც შესრულებულია ბრტყელი დისკოს სახით, და მასზე მირჩილული ალმასნადები ფენისაგან. ალმასური ქარგოლების საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახ.1.2.9-ზე.

ქარგოლის მუშა ელემენტები არიან სეგმენტები, რომელთა ალმასებიც არღვევენ დასამუშავებელ მასალას.

სეგმენტის საერთო ხედი და ჭრა მოცემულია ნახ.1.2.9-ზე. სეგმენტები შედგებიან ალმასნადები (Sd) და უალმასო (S-Sd) ფენებისაგან, უკანასკნელი საჭიროა კორპუსზე სეგმენტების დამაგრების მოთხოვნილი სიმტკიცის უზრუნველყოფისათვის, და ასევე ქარგოლების დამზადების სიზუსტისათვის. უალმასო ფენის სიმაღლე შეადგენს 2-3 მმ, სეგმენტის საერთო სიმაღლე 7-10 მმ.



ნახ.1.2.9. ალმასური ქარგოლების საერთო ხედი

ქარგოლის მუშაობის ექსპლუატაცირებული მაჩვენებლები ძირითადად დამოკიდებულია გამოყენებული ალმასების ხარისხზე და ზომაზე, მათ კონცენტრაციაზე მუშა ფენაში და შემკვრელის ტიპზე.

გადამჭრელი ქარგოლების სეგმენტები დაარმატურდება ბუნებრივი ალმასებით, რომლებიც განსხვავებულნია ხარისხით და მარცვლოვანობით. არსებული ტექნიკური დოკუმენტაციით (ტექნიკური პირობები «ალმასური ნედლეული» და «ალმასური ფხვნილები»). ამ იარაღში შეიძლება გამოყენებულ იქნას შემდეგი ალმასური ნედლეული:

ალმასები XY ჯგუფის, ქვეჯგუფი «ხ» სიმსხოთი 600-400, 400-200 ცალი კარატზე (600-1000 მკმ);

ალმასური კონცენტრატი, XXY ჯგუფი, I -ხარისხი (ძირითადი ფრაქციის ზომა 200-600მკმ);

დამსხვრეული ალმასები XXXY ჯგუფის, ქვეჯგუფი «ა» სიმსხოთი 200-600, 600-400 და 400-200 ცალი კარატზე (500-1000 მკმ);

ალმასური ფხვნილები მარცვლოვნებით 400/315, 500/400, 630-500 (315-630 მკმ).

ნედლეულის მოცემული მახასიათებლებიდან უფრო ხარისხიანია XY ჯგუფის ალმასები, რომლებიც წარმოდგენილია სხვადასხვა ფორმის მთლიანი კრისტალებით და მცირე დამახინჯების მქონე მათი ნატეხებით.

XXXI ჯგუფის ალმასები და ფხვნილები წარმოადგენენ დაბალი ხარისხის ნედლეულს, რომლებმაც გაიარეს მსხვრევეთი დამუშავება, ძირითად ფრაქციას შეადგენენ ალმასების იზომეტრიული ნატეხები. კონცენტრატები - ეს ალმასური ნედლეულის სახეა, არა უმეტეს 5 % მინარევების შემცველობით.

ალმასების კონცენტრაცია ახასიათებს მათ გაჯერების ხარისხს იარაღის მუშა ფენის მოცულობის ერთეულზე. მიღებულია ჩაითვალოს, რომ კონცენტრაციისას 100 პირობით ერთეულში 1 სმ³ მოცულობაში შეიცავს 0.878 გ (4.4 კარატი) ალმასს, რაც დაახლოებით შეესაბამება ალმასნადები ფენის ¼ მოცულობას.

მასალას, რომელშიც დამაგრდებიან ალმასები სეგმენტებში ეწოდება შემკვრელი. შემკვრელების მიმართ წაყენებული ძირითადი მოთხოვნებია: ალმასური მარცვლების შეკავების სიმტკიცე და ახლების თავისუფალი გახსნა გაცვეთილი ალმასების ამოვარდნისას. გადამჭრელ ქარგოლებში გამოიყენება ლითონური შემკვრელები: სპილენძკალიანი M1(80-100HBR) და სალშენადნობიანი (25-35 HBR). ქარგოლის კორპუსზე სეგმენტები მაგრდებიან ვერცხლის ან თითბერის სარჩილით.

1.3. დასკვნები

ბუნებრივი ქვის დამუშავებისას ცნობილი მეთოდების, მოწყობილობების, შემკვრელთა ფართო სპექტრის და მათი მედეგობის მიმართულებით ჩატარებული ლიტერატურის მიმოხილვით ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. ბუნებრივი ქვის დამუშავება, კერძოდ კურსების “ტემენიტის“ მექანიკური დამუშავებისათვის ალმასური იარაღი უალტერნატივოა;
2. ალმასური იარაღის სწორად შერჩევაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ქვის დამუშავების პროცესის წარმატებით შესრულება;
3. ქვის დამუშავებისას მაღალეფექტურია გამოყენებულ იქნას ალმასური

გადასაჭრელი სეგმენტური ქარგოლები და ზოლურა ჩარჩოხერხები;

4. ალმასური გადასაჭრელი სეგმენტური ქარგოლები უნდა შეირჩეს დასამუშავებელი მასალის სისქისაგან დამოკიდებულებით;
5. ალმასური იარაღის შრომისუნარიანობა დამოკიდებულია ალმასების ხარისხზე და მარცვლოვანებაზე;
6. აუცილებელია სწორად შეირჩეს ლითონური შემკვრელი, რომელიც ხელს შეუწყობს ალმასურ მარცვლებს უკეთ ჩამაგრებაში;
7. შემკვრელი უნდა აკმაყოფილებდეს ძირითად მოთხოვნებს: ალმასური მარცვლების შეკავების სიმტკიცეს და ახლების თავისუფალ გახსნას - გაცვეთილი ალმასების ამოვარდნისას;
8. ქარგოლის და ჩარჩოხერხის კორპუსზე სეგმენტები უპრიანია დამაგრდეს ვერცხლის ან თითბერის სარჩილით;
9. არსებული კონტროლის მეთოდები ვერ უზრუნველყოფენ დასამუშავების პროცესის მიმდინარეობისა და მჭრელი იარაღის ცვეთის ოპერატიულ დიაგნოსტიკას, რის გამოც აუცილებელია მათი სრულყოფა - ცალკეული ტექნოლოგიური პარამეტრის არსებითობიდან და მმართველი (მარეგულირებელი) ზემოქმედების უნარიანობიდან გამომდინარე.

თავი 2. თეორიული გამოკვლევები

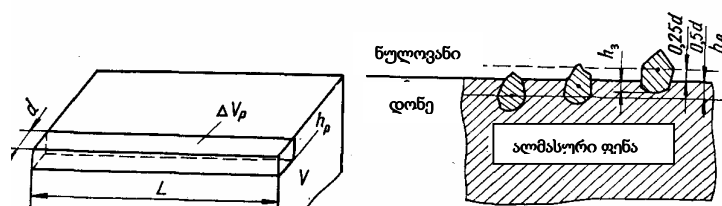
2.1. სამშენებლო მასალების ალმასური დამუშავება

2.1.1. ალმასური დამუშავების პროცესის თავისებურებები

როგორც მრავალრიცხოვანი გამოკვლევების შედეგების ანალიზი ადასტურებს, ალმასურ-აბრაზიული იარაღის მუშა ზედაპირის პრაქტიკაში გამოყენებისას მოითხოვება კონკრეტულ პირობებში იარაღის არსებითი მოდერნიზაცია [22, 24, 44, 45, 50, 51, 52, 53, 54, 64, 68, 69, 77, 79, 90],

ალმასურ-აბრაზიული იარაღების დამუშავების ტექნოლოგიის და დასამუშავებელ მასალასთან მათი ურთიერთქმედების თავისებურებების გამოკვლევების შედეგების ანალიზის საფუძველზე აქტიური მარცვლების რიცხვების გამოთვლისათვის მოცემულია მოდელი [39, 40] ალმასნადებ მუშა მოცულობის ΔV_p გამოყოფით ჭრის ერთი ხაზის სიგანით, რომელიც ტოლია საშუალოდაწონილი მარცვლის დიამეტრის (ნახ. 2.1.1). ნახაზიდან ჩანს, რომ მუშა მოცულობაში h_p სიმაღლეზე მოხდებიან მარცვლები გეომეტრიული ცენტრებით, რომლებიც განლაგებულია როგორც შემკვრელის ნულოვანი დონის ქვემოთ, ასევე ზემოთ. მარცვლების რიცხვი, რომელთა გეომეტრიული ცენტრები იმყოფება ნულოვანი დონის ზემოთ, განისაზღვრება შემკვრელის მაკავებელის უნარით, დასამუშავებელი მასალის თვისებებით და რეჟიმების პარამეტრებით. ერთობლიობაში ყველა ეს პარამეტრები განსაზღვრავენ h_3 ჩაღრმავების მინიმალურ სიღრმეს. ჩამაგრების სიღრმე შეიძლება განისაზღვრებოდეს ექსპერიმენტალურად და ზემოთ ნაჩვენები თვისებების ცოდნისას ის შეიძლება განისაზღვროს გამოთვლების გზითაც.

მაგრამ მუშა მარცვლების რიცხვი, რომელიც მონაწილეობას ღებულობენ რღვევის პროცესში, დამოკიდებულია უპირველეს ყოვლისა ჭრის რეჟიმზე, რომელიც განსაზღვრავს ჭრის სიგანეს, იარაღის მიერ მოხსნილს. სხვა სიტყვებით, მუშა მარცვლების რიცხვების განსაზღვრის ამოცანა მიდის მისი ალბათობების განაწილების კანონის პოვნასთან გადანაჭერის სიგანესთან დამოკიდებულებაში, რომელიც მოიხსნა იარაღით, თუ მივიღებთ ათვლის საწყისად მაქსიმალურად გამოშვებული მარცვლის დონეს შემკვრელის ზემოთ [19].



ნახ.2.1.1. სქემები: ა-ალმასნადები ფენის ჭრის ერთი ხაზის მუშა მოცულობის; ბ-მარცვლების გეომეტრიული ცენტრების მდებარეობები სიმაღლით ხერხის ალმასნადები ფენის მუშა მოცულობაში

ალბათობის მეთოდის დახმარებით მოხერხდა ალმასური დისკური სეგმენტური ხერხის მარცვლების რიცხვის ანალიტიკური დამოკიდებულების მიღება, რომელიც უშუალოდ მონაწილეობენ ჭრაში, კონსტრუქციული პარამეტრებზე და დამუშავების პირობებზე (ჭრის ერთი ხაზისთვის, რომელიც ტოლია d სიგანის, დასამუშავებელ მასალეობთან იარაღის კონტაქტის რკალის ზღვრებში)

$$N_k = \frac{1,65n_1 K d^2 l_c \cdot z \varphi_h \cdot [1 + \Phi(t_1)]}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 2} \quad (2.1.1)$$

სადაც n_1 - ალმასური ფხვნილის მარცვლის საშუალო რიცხვია 1კარ.-ში, ათასი ცალი;

l_c - სეგმენტის სიგრძე, მმ;

z - ხერხში სეგმენტების რიცხვი;

φ_h - იარაღის ნაკეთობასთან კონტაქტის კუთხე;

$\Phi(t_1)$ - გაუსის ინტეგრალური ფუნქცია;

t_1 - განაწილების ნორმალური კანონის სტანდარტიზირებული პარამეტრი;

$$t_1 = (a_{\max} - b) / \sigma \quad (2.1.2)$$

სადაც a_{\max} -ცალკეული გადანაჭერის მაქსიმალური სიგანეა, რომელიც აიღება ხერხით კონტაქტური რკალის ზედა წერტილში, მმ.

$$a_{\max} = S_{np} R \varphi_h \sin \varphi_n / 60v_{kp} \quad (2.1.3)$$

(R -იარაღის რადიუსი,მმ); σ –რიგის საშუალოკვადრატული გადახრაა შვერზე, მმ;

ბუნებრივი ქვის ალმასური დამუშავების გამოკვლევების შედეგად ჩანს [2, 9], რომ მუშა პროცესს თან ახლავს უმეტეს ალმასურ მარცვლებში ცვეთის გლუვი ფართობის წარმოქმნა. ამასთან ალმასურ-დისკური ჭრისათვის ცვეთის ფართობის საშუალო ზომა პრაქტიკულად არაა დამოკიდებული კონცეტრაციაზე, ის იზრდება მარცვლოვანობის

ზრდისას და მცირდება მწარმოებლურობის ზრდასთან ერთად წრფივი კანონით. ალმასის ცვეთის დინამიკის შესწავლით AC32 400/315 გრანიტის საჩორტნი ხეხვის პროცესში სპეციალურად შემუშავებული მეთოდით [9], მოხერხდა არა მარტო მისი განცალკავება სახეებად, არამედ მთელი რიგი რაოდენობრივი და ხარისხობრივი თანაფარდობების მიღებაც, რომლებიც საშუალებას იძლევა უფრო დასაბუთებული იყოს მიდგომა განსაზღვრულ პირობასთან, რომელიც აუცილებელია იარაღის თვითალესვაზე. აღმოჩნდა, რომ ალმასური მარცვლების ცვეთის ძირითადი სახე არის აბრაზიული ცვეთა, მყიფე რღვევა, მოხლეჩა და კომბინირებული ცვეთა (შემკვრელიდან მარცვლის ამოგდების ჩართვით).

სინთეზური ალმასების ეფექტური მუშაობა აიხსნება მარცვლების ცვეთამდეგობის და სიმყიფის რაციონალური თანაფარდობით, რომლებიც შეიძლება შეფასდეს თანაფარდობით აბრაზიული h_a , კომბინირებული ცვეთის h_{R0} და მოხლეჩა h_c , AC32 400/3/5 ალმასებისათვის გრანიტის დამუშავებისას ის შესაბამისად ტოლია 1.0; 2.5; 3.5. ამასთან, საშუალოდ მარცვლების 20% ცვდება ცვეთის აბრაზიულობის სახით, 10 % კომბინირებულით და 70 % მოიხლიჩება. შემკვრელში ჩერდებიან მარცვლები, გაცვეთილნი 62 %-ზე, რაც მიანიშნებს ალმასების და შემკვრელების ფიზიკო-მექანიკურ თვისებების შესაბამისობაზე.

ურთიერთქმედების პირობებისაგან დამოკიდებულებით ალმასური მარცვლების (ცვეთა) მდგომარეობა მნიშვნელოვან წილად განისაზღვრება მათი ფიზიკო-მექანიკური თვისებებით, აგებულების სტრუქტურული თავისებურებებით.

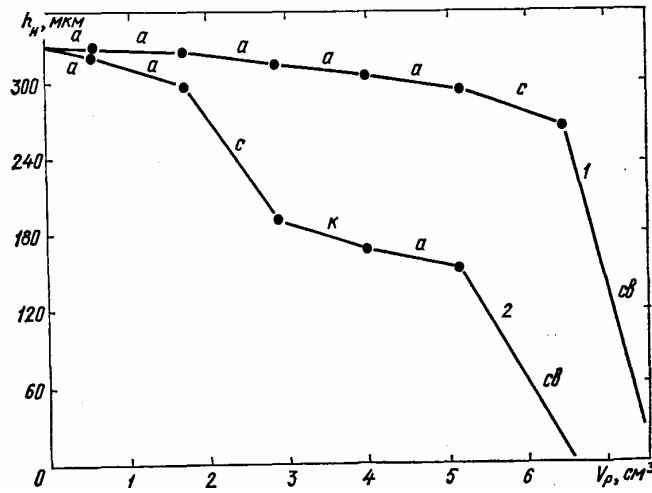
მარმარილოს და სხვა საშუალო მასალის არააბრაზიული ქანების ხერხვისას იარაღის გამოყენება M3 შემკვრელზე, რომელიც აღჭურვილია სინთეზური ალმასებით AC32 და AC50 მარცვლოვანებით 400/315, 500/400 და 630/500, საშუალებას იძლევა გაიზარდოს მწარმოებლურობა 1.5-ჯერ და შემცირდეს ალმასების კუთრი ხარჯი 30-40%. ანალოგიური დანიშნულების სერიულ ნიმუშებთან შედარებით, რომლებიც ბუნებრივი ალმასისგანაა შემკვრელზე M1. მოცემულ პროცესებში, დამახასიათებელია დიდი დამარღვეველი მოცულობები, სინთეზური ალმასების სიმტკიცე უზრუნველყოფს ალმასური მარცვლების სტაბილურ გამოვარდნას, იარაღი კი ინარჩუნებს ჭრის უნარს სრულ ცვეთამდე.

რამდენადმე სხვა ხასიათი აქვს ურთიერთქმედებას ალმასური იარაღისა მაღალი სისალის მქონე დასამუშავებელ მასალასთან- გრანიტთან, კვარციდან და სხვა,

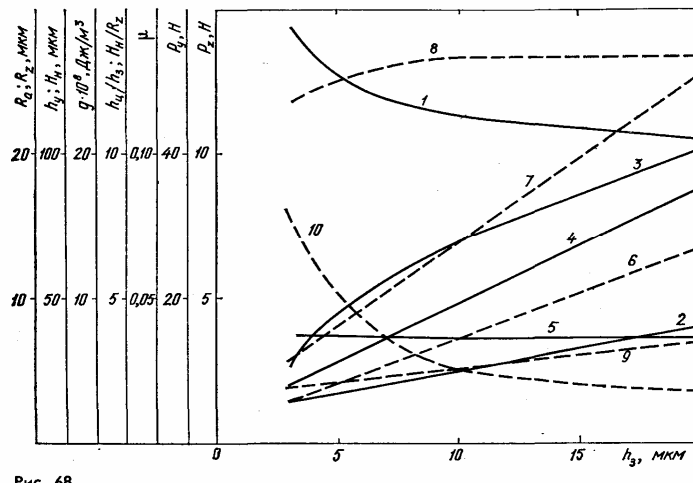
რომელთა შემადგენლობაშიც შედის 30% და უფრო მეტი კვარცი. სალი ქანების დამუშავებისას ძალური და ტემპერატურული ფაქტორების მოქმედებით როგორც სინთეზური, ასევე ბუნებრივი ალმასები ცვდებიან დაბლაგვების ფართის წარმოქმნით. ამ დროს მარცვლების სიმტკიცე და ფორმა, და ასევე სისალე და შემკვრელის შემაკავებელი უნარი არსებით გავლენას ახდენს იარაღის შრომისუნარიანობაზე. ექსპერიმენტალურად ნაჩვენებია, რომ ბუნებრივი ალმასების მუშაობისას მარცვლების ცვეთის ფართის საშუალო დიამეტრია 15-20 %-ით და მარცვლის შემაკავებელი ნაწილი 5-8 %-ით მეტია, ვიდრე სინთეზური ალმასების მუშაობისას, ანუ ბუნებრივი ალმასების რამდენადმე დიდი ცვეთამედეგობისას და (ნახ.2.1.2) მცირე სიმყიფისა მათი ჭრის უნარი აღმოჩნდება უფრო მცირე. ეს არის ერთ-ერთი იმ ძირითადი მიზეზებიდან, რომ იარაღები ბუნებრივი ალმასებისაგან ვოლფრამისშემცველ შემკვრელზე M50 მთელ რიგ შემთხვევებში მოითხოვენ დამატებით გახსნას დაბლაგვებული მარცვლების მოცილების მიზნით.

ალმასური იარაღების დასამუშავებელ მასალასთან ურთიერთქმედებას საფუძვლად უდევს ერთეული ალმასური მარცვლების რღვევის პროცესი მისი სისტემით, რომელსაც თან ახლავს ერთდროულად მისი დანერგვა და ფხაჭნა სხვადასხვა სიჩქარეებით ყოველ მის ელემენტზე. ერთეული ალმასური მარცვლებით მთის ქანების ფხაჭნის პროცესის შესწავლას მიეძღვნა მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები [1, 11, 36, 46, 55, 62, 80, 85, 87] მაგრამ მეთოდური მიდგომის სხვადასხვაგვარობა საშუალებას არ იძლევა მოცემულ მომენტში მივიღეთ ერთმნიშვნელოვან რაოდენობრივ და ხარისხობრივ დასკვნამდე.

მიკროსკოპით დაკვირვებისას განაფხაჭნი ზედაპირები შესრულებული სახეხ ზედაპირზე $R_a=0,16$ მკმ-ით, ოსცილოგრამით გაშიფრული ჭრის ძალა, განაფხაჭნის განივი და გრძივი პროფილოგრამა, ამტკიცებენ ალმასური მარცვლით ქანის რღვევის ციკლურ ხასიათს [11, 55]. მრავალ შემთხვევაში ფიქსირდებოდა განაფხაჭნის ძირში დაპრესილი დარღვეული მასალის არსებობა, რომელიც გასუფთავების შემდეგ ფოლადის ნემსით შორდებოდა.



ნახ.2.1.2. 460 მკმ ზომის ბუნებრივი (1) და სინთეზური (2) ალმასის მარცვლის ცვეთის დამოკიდებულება დარღვეული მასალის მოცულობასთან (გრანიტი): a-აბრაზიული ცვეთა; k-კომბინირებული ცვეთა; c-მოხლეჩა (მყიფე რღვევა); cb-მარცვლის მოგლეჯა და ამოვარდნა.



ნახ.2.1.3. ენერგოტევადობის (1), სიმქისის პარამეტრების R_a (2) და R_z (3) დარღვეული ფენის სიღრმის (4), დარღვეული და რელიეფური ფენების სიღრმის ფარდობის (5), ტანგენციალური (6), გადაფხაჭნის სიღრმის (9) და მარცვლის გაუხეშებასთან (10) მისი ფარდობა დამოკიდებული არიან მარცვლის გაუხეშებასთან: უწყვეტი მრუდები-საწყისი ზედაპირის ფორმირება, განაჭრებს შორის მანძილი 160 მკმ; დაშტრიხული-ზედაპირია წინასწარ დარღვეული ფენით, მანძილი განაჭრებს შორის 640 მკმ.

მიღებული მონაცემების სტატისტიკურმა დამუშავებამ აჩვენა, რომ განაფხაჭნის სიღრმე h_{II} 1,2-1,9-ჯერ მეტია h_3 მარცვლის სიღრმეზე, ნაფხაჭნის სიგანე კი B_{II} იცვლება სიღრმის პროპორციულად დიაპაზონში 5-18 მკმ. H_{II} შემდგომი გაზრდით სიგანის ზრდა შენელებდა.

მოხლეჩის ნამდვილი კუთხე შეადგენს 150-160°, რაც განსხვავდება მნიშვნელობებისაგან, რომელიც მიღებულია ნაშრომებში [80, 87] (120° და 130° შესაბამისად), და აიხსნება, მარცვალზე დაბლაგვების ფართის არსებობით.

ფხაჭნისას წინასწარ დარღვეულ ზედაპირზე (ნახ.2.1.3) თანაფარდობა დარღვეულ დარელიეფურ ფენებისა სტაბილურია დაბლაგვების მთელ დიაპაზონზე. დარღვეული ფენა იზრდება მარცვლის დაბლაგვების და შესაბამისად, ჭრის ძალის ზრდასთან ერთად.

სტატისტიკურმა დამუშავებამ აჩვენა, რომ წრფივი რეგრესიის განტოლებას ფხაჭნისას ხეხვის ზედაპირზე აქვს სახე:

$$H_H=8+2f_N,$$

რღვეულ ფენაზე კი

$$H_H=5+1,5f_N$$

დარღვეული ფენის ზომები – მკმ, ძალა - ნ; ჭრის ენერგომატარებელი იცვლებოდა ვიწრო ზღვრებში ($29 \cdot 10^8 - 21 \cdot 10^8$ ჯ/მ³).

უნდა აღინიშნოს, რომ გამოკვლევის შედეგებისაგან განსხვავებით [11, 87] ფხაჭნის პროცესში გაბლაგვებული მარცვლით ზედაპირზე, რომელსაც აქვს დარღვეული ფენა, მოხლეჩის ეფექტური რღვევა ხდება მხოლოდ იმ პირობით, როცა განაჭერს შორის მანძილი არ აღემატება დაბლაგვების ფართის ზომას.

ჭრის ძალის გაზრდით ტანგენციალური ძალა, შესაბამისად, დარღვევის ენერგოტევადობა, პრაქტიკულად არ იცვლება, ხეხვის კოეფიციენტს კი აქვს ტენდენცია შემცირებისაკენ. მონაცემების ამ შედეგების განსხვავება, რომელიც მოცემულია ნაშრომში [85], აიხსნება დარღვეული ფენის არსებობით. გაკეთებული შედეგების დამამტკიცებად არის სამუშაოები [1, 46, 62], რომლებშიც ნაჩვენებია ჭრის სიმძლავრის სტაბილურობა მთის ქანების ჭრის სიჩქარის ცვლილებისას, მათ რიცხვში აგრეთვე გრანიტისთვისაც.

2.1.2. ბუნებრივი ქვის დამუშავების ტექნოლოგია

როგორც ბუნებრივი ქვებიდან მოსაპირკეთებელი ნაკეთობის თვითღირებულების სტრუქტურის ანალიზი აჩვენებს, უფრო მეტად შრომატევადი (საერთო დანახარჯების

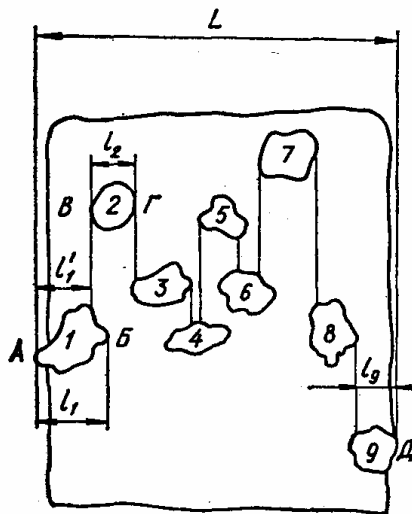
40-45 %-მდე) არის მიახლოებით დამუშავების ოპერაციებიდან ერთი-ბლოკების დახერხვა ფილბად ან ძელაკ ნამზადებად. ფაქტურული დამუშავების წილზე მოდის 25-35 %, მოარშიების წილზე-საერთო დანახარჯების 10 %-მდე; ნედლეულის ღირებულებას პროდუქციის თვითღირებულებაში უკავია 20-25 %-მდე.

ზოლურა ხერხებით დახერხვა. დღესდღეობით შემუშავებულია ზოლურა ხერხები, რომლებიც აღჭურვილნი არიან სინთეზური ალმასებით, საშუალო სისალის ბუნებრივი ქვების დახერხვისათვის (კირქვები ქვიშაქვები, მარმარილოები) სახერხი ჩარჩოს ქანქარისებრი და წრფივი წინსვლით-უკანსვლით მოძრაობის ჩარხებზე და მაგარი ქანების (გაბრო-ნორიტი, ლაბრადორიტი, ბაზალტი, ტემენიტი) ჩარჩოს წრფივი მოძრაობის ჩარხებზე. მათი გამოყენების შედეგები ადასტურებენ იმას, რომ დახერხვის მწარმოებლურობა ლითონის საფანტთან შედარებით იზრდება დაახლოებით ორჯერ, მზა პროდუქციის გამოშვება -25%-ზე ფილების სისქის და განახერხის სიგანის შემცირების ხარჯზე; $R_z=40 \div 10$ მკმ ГОСТ 2789-73, რის გამოც აუცილებელი აღარ იქნება შავად ხეხვა.

გაბრო-ნორიტის დახერხვის პროცესში შესრულებული ექსპერიმენტების საფუძველზე დადგენილია [30], რომ საუკეთესო შედეგებს ალმასების კუთრ ხარჯზე უზრუნველყოფს ხერხები AC15 500/400, МЖС კონცენტრაციით 100 %. ამ დროს ალმასნადები ფენის მახასიათებლის და გახერხვის რეჟიმების ამორჩეულ პარამეტრებზე მიზანშეწონილია 20 მმ სიგრძის მუშა ელემენტის გამოყენება [31].

ჩატარებული გამოკვლევები საშუალებას იძლევა გაკეთდეს დასკვნა, რომ ალმასური ელემენტის მთელს სიგანეზე დასამუშავებელი მასალა ირღვევა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ალმასური მარცვლების ცალკეული მჭრელი წიბოები გადაფარავენ ერთმანეთს ან მჭიდროდ მაინც მიეკვრებიან ერთი-მეორეს, შექმნიან შედგენილ მჭრელ წიბოს. პირობითად ჩაითვალოს, რომ ალმასური მარცვლის მჭრელი წიბოს სიგრძე 1 (ნახ.2.1.4) ტოლია l_1 მანძილის, რომელიც არის 1 მარცვლის პროექციის კიდურა, უფრო მეტად მოცილებულ წერტილებს A და B-ს შორის მანძილი შემკვრელის მუშა ზედაპირის სიბრტყეზე, დავაპროექტოთ მარცვალი 2-ის კიდურა წერტილები B და Γ მარცვლის 1 და 3 პროექციის გადაკვეთამდე და ა.შ. მე-9 მარცვლის პროექციის გადაკვეთამდე და ა.შ. მე-9 მარცვლის პროექციამდე, მაშინ გადანაჭერები l_1 , l_2 , ..., l_n ცალკეული ალმასის მარცვლების მჭრელი წიბოების შეადგენენ ზიგზაგისებრ მჭრელ წიბოს სიგრძით L, შემოსაზღვრულს ალმასური მარცვლების კიდურა წერტილებით A

და D, რომლებიც განლაგებულია ალმასური ელემენტის საპირისპირო გვერდით წახნაგებზე. მისი შრომისუნარიანობის უზრუნველყოფისათვის საჭიროა, რომ ელემენტის მუშა წახნაგზე იყოს ერთი მაინც ასეთი შედგენილი მჭრელი წიბო ალმასური ელემენტის მუშა წახნაგის ვიზუალურად დათვალიერებისას დადგენილია, რომ ალმასური მარცვლების რიცხვი, რომლებიც შეადგენს ერთ მჭრელ წიბოს, არის ფაქტიურად ერთნაირი (13-14 ცალი) ყველა კონცენტრაციისათვის გამოკვლეულ დიაპაზონში. ამ დროს კონცენტრაციის ამალეებისას შედგენილი ზიგზაგისებრი წიბოების რიცხვი ელემენტის მუშა წახნაგის ერთნაირ ფართზე იზრდება, იმ უზნის სიგრძე კი, რომელიც დაკავებულია ერთი შედგენილი წიბოს ალმასებით, მცირდება.



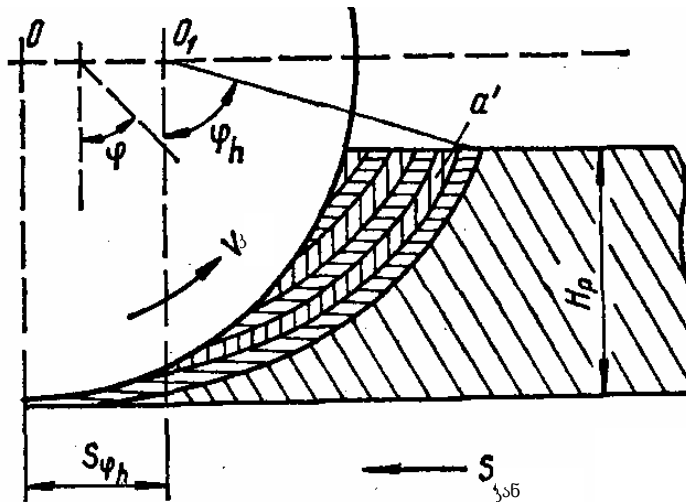
ნახ.2.1.4. ალმასური ელემენტის შედგენილი მჭრელი წიბოს სქემა

ანალიზი აჩვენებს, რომ ელემენტის მუშა წახნაგზე მუდმივად იმყოფება 3-5 შედგენილი მჭრელი წიბო, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალ შრომისუნარიანობას. მჭრელი წიბოების რიცხვის გაზრდას ალმასების კონცენტრაციის 100 %-ზე მეტი და ელემენტების სიგრძეებს 20 მმ-ზე მეტი გაზრდის ხარჯზე მიჰყავს ალმასის კუთრი ხარჯის და დახერხვის თვითღირებულების გაზრდასთან ცვეთამედეგობის უმნიშვნელო გაზრდით.

დისკური ხერხებით ჭრა. ჭრის ალმასურ-აბრაზიული მეთოდების გამოყენებისას იარაღის მუშაობის ცვეთამედეგობა და სხვა ექსპლუატაციური მაჩვენებლები უმეტესად დამოკიდებულია გადანაჭერის სისქეზე α^1 , რომელიც მოხსნილია ერთი მარცვლით, და ხახუნის ჯამურ გზაზე $\sum I_{\text{ხახ.}}$ მრავალრიცხოვანი გაამოკვლევების დასკვნების

შესაბამისად α^1 სიდიდე ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია, რომელიც განსაზღვრავს ბურბუმელის ფორმის წარმოქმნას და მისი გამოყოფის პირობას დასამუშავებელი მასალისაგან. დადგენილია, რომ სხვადასხვა მასალების დამუშავებისას α^1 -ის მცირე r -ს დიდი მნიშვნელობისას პრაქტიკულად მყიფე ქვის ქანის დროსაც, როგორც მაგალითად, მარმარილო და გრანიტია [30, 59, 85], ურთიერთქმედების პროცესში ხდება პლასტიკური დეფორმირება დიდი ენერგოდანახარჯებით. α^1 -ის გაზრდით იცვლება დაძაბული მდგომარეობის ხასიათი კონტაქტურ ზონაში, და განსაზღვრული შეფარდების α^1/r მიღწევისას ხდება მყიფე რღვევა მისი ენერგოტევადობის შესაბამისი შემცირებით, ამასთან დაკავშირებით, ბუნებრივი ქვის ალმასურ-აბრაზიული ჭრისას დიდი მნიშვნელობა აქვს ისეთი α^1 -ის ისეთი მნიშვნელობის დადგენას, რომლის დროსაც დამუშავების პროცესი განხორციელდებოდა მყიფე რღვევის პროცესში მინიმალური ცვეთით და ენერგიის ხარჯით.

საერთოდ გადანაჭერის სისქე, რომელიც მოხსნილია ერთი მარცვლით, შეიძლება წარმოვიდგინოთ ნახ.2.1.5-ზე გამოსახულის სახით.



ნახ.2.1.5. გადანაჭერის სისქის ანგარიშის სქემა, რომელიც მოხსნილია ერთი მარცვლით

$$\alpha^1 = \frac{S_{np}}{n_{06}} \cdot \frac{\varphi_h}{2\pi N_k} \cdot \sin\varphi, \quad (2.4)$$

სადაც, n_{06} - ხერხის ბრუნვის სიხშირეა, წთ⁻¹;

φ - იარაღის ნაკეთობასთან კონტაქტის კუთხის მიმდინარე მნიშვნელობაა.

როგორც (2.4)-დან ჩანს, მოცემულ ჭრის რეჟიმებში α^1 დამოკიდებული იქნება

იმაზე, თუ როგორ იცვლება N_k და $\sin \varphi$ კონტაქტის რკალის ზღვრებში.

ადრე ნაჩვენები იყო, რომ მარცვლების განაწილება ალმასნადები ფენის მუშა ზედაპირის შვერებზე ექვემდებარება ნორმალურ განაწილებას, რომელიც აღწერილია გაუსის ინტეგრალური ფუნქციით. მაშინ მუშა მარცვლების რიცხვი, თუ ათვლის საწყისად მიღებული იქნება მათი შვერილის მაქსიმალური დონე, მცირე ცდომილებით შეიძლება წარმოდგენილი იქნას წრფის სახით.

$$N_k = \gamma_1 \alpha_z, \quad (2.5)$$

სადაც, α_z - ერთეულოვანი გადანაჭერის სისქეა, რომელიც მოიხსნება ხერხით;

γ_1 - წრფის კუთხური კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს მარცვლების განაწილების სიმკვრივეს შვერილებზე.

იარაღის ნაკეთობასთან კონტაქტის კუთხის მიმდინარე მნიშვნელობასთან დამოკიდებულებით α_z განისაზღვრება ფორმულით

$$\alpha_z = \frac{Snp}{\text{ნობ}} \cdot \frac{\varphi_h}{2\pi} \cdot \sin \varphi, \quad (2.6)$$

(2.5) გამოსახულების (2.4) ტოლობაში ჩასმით მივიღებთ

$$\alpha^1 = \frac{1}{\gamma_1} = \text{const.} \quad (2.7)$$

ასეთნაირად, გადანაჭერის სისქე, რომელიც მოხსნილია ერთი მარცვლით, უკუპროპორციულია მარცვლების განაწილების სიმკვრივის შვერილებზე ალმასნადები ფენის მუშა ზედაპირზე და არ იცვლება კონტაქტის რკალის ზღვრებში (2.1) გამოსახულების (2.4) ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ

$$\alpha^1 = \frac{4 \cdot 3,17 Snp \cdot \sin \varphi_{cp} \cdot R}{v_{kp} n_1 K d^2 L_{cz} [1 + \phi(t_1)]} \quad (2.8)$$

მიღებული დამოკიდებულების ანალიზი ადასტურებს იმას, რომ სალი ქვის ქანის ალმასურ-დისკური ჭრის პირობის მიხედვით გადანაჭერის სისქის საშუალო შესაძლო მნიშვნელობა, მოხსნილი ერთი მარცვლით, მცირდება სხვადასხვა ინტენსივობით ალმასების კონცენტრაციის იარაღის დიამეტრის, ჭრის სიღრმის, გრძივი მიწოდების სიჩქარის ზრდისას და იზრდება ალმასების მარცვლოვანების ზრდისას. α^1 ზოგიერთი შემცირების ტენდენცია მჟღავნდება აგრეთვე ჭრის წრიული სიჩქარის ზრდისას. ამავე დროს ანალიზური გამოსახულების (2.8) სტრუქტურა, რომელიც ადგენს ურთიერთკავშირს ალმასნადები ფენის მახასიათებლების ძირითად პარამეტრებსა და

დასამუშავებელ მასალას, ჭრის ტექნოლოგიურ რეჟიმსა და იარაღის კონსტრუქციულ პარამეტრებს შორის, არ გამოირიცხავს შესაძლებლობებს, რომ ამ პარამეტრების განსაზღვრული შეხამებისას α^1 სიდიდე არ განიცდის რაიმე არსებულ ცვლილებას. ბოლო დრომდე მოცემულმა დაშვებამ, და აგრეთვე მნიშვნელოვანმა დასკვნამ, თეორიული თვალსაზრისით, იმის შესახებ, რომ α^1 სიდიდე არ იცვლება კონტაქტის რკალის ზღვრებში, მიიღო მხოლოდ ერთი დადასტურება ბურბუმელის პარამეტრების გაზომვის შედეგების სტატისტიკური დამუშავების პროცესში (სისქე, სიგანე და სიგრძე), რომელიც წარმოიქმნება ხეხვისას ჯამური ქარგოლით ბორის კუბიკური ნიტრიდისაგან) [21].

ცნობილია, რომ მასალის გადანაჭერის სისქე, რომელიც მოხსნილია პერიფერიული ტიპის იარაღის მუშა ზედაპირის ელემენტით Δl_1 , შეიძლება წარმოდგენილი იქნას შემდეგი სახით:

$$\alpha_3 = \frac{S_{np}}{v_{kp}} \Delta l \sin \varphi, \quad (2.9)$$

α_3 -ს მნიშვნელობას ქარგოლის მუშაობისას შეუსაბამებენ გაგლუვებული მარცვლების, მათ მიერ მოხსნილი ბურბუმელის ჭრის ფართს და აქტიური მარცვლების მნიშვნელობებს. კონკრეტული რეჟიმისათვის, ავლნიშნოთ $S_{np} = R^1 \cdot v_{kp}$ (R^1 - პროპორციულობის კოეფიციენტი), მივიღებთ $\alpha_3 = k^1 \Delta l \sin \varphi$. თუ პროპორციულობის კოეფიციენტი შენარჩუნდება მუდმივი ჭრის რეჟიმის დიაპაზონში ნულიდან v_{kp} -მდე, მაშინ $v_{kp} = 0$ -თვის, განვსაზღვრავთ რა ზღვარს α_3 , $v_{kp} \rightarrow 0$ -სას, განუსაზღვრელობის გახსნის შემდეგ მივიღებთ $\alpha_{30} = \alpha_3$, სადაც α_{30} -მასალის გადანაჭერის სისქეა, მოხსნილი ელემენტით $v_{kp} = 0$ -ის დროს. ასეთნაირად, $k^1 = \text{const}$ პირობის დროს, რომელიც შეიძლება უზრუნველყოფილი იყოს S_{np} და v_{kp} სინქრონიზაციით მთელს დიაპაზონში ნულიდან v_{kp} -მდე, ქარგოლის გაჩერებისას მივიღებთ გაგლუვებული მარცვლების, ბურბუმელის კვეთის ფართის, მათი განაწილების იგივე მნიშვნელობებს და აქტიური მარცვლების იგივე რიცხვს, რაც v_{kp} -ისას.

ნაჩვენები მეთოდის გამოყენებით, ეტალონური ნიმუშის ჭრაზე შესრულებული ექსპერიმენტები ქარგოლით АПН 200×10×3×75- АС 15 315/250-М3-50 % საშუალებას იძლევა გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები, რომლებიც კარგადაა შეთანხმებული

გამოთვლებთან და ამტკიცებენ ანალიზური დამუშავების ძირითად მდგომარეობას: მარცვლების აქტიური რიცხვი იზრდება ქარგოლის ბრუნზე h_{06} მიწოდების და მოცემული გადანაჭერის სისქის α^1 გაზრდის პროპორციულად, რომელიც გამოთვლილია $\Delta l=1$ სმ-თვის; მარცვლების გაგლუვების და ბურბუმელის კვეთის ფართის საშუალო მნიშვნელობები არაა დამოკიდებული h_{06} და α^1 -ზე, რომლებიც იცვლებიან შესაბამისად დიაპაზონში 0,1-0,3 მმ/ბრ და 2-4 მკმ, რაც მტკიცდება დაახლოებით ერთნაირი პროფილოგრამის ხასიათით, რომელიც მიღებულია 201 მოდელის პროფილოგრამზე ხელსაწყოს საცეცის მოძრაობისას ნიმუშების ზედაპირზე იმ მიმართულებით, რომელიც პერპენდიკულარულია განაფხაჭვნისა; აღმოჩენილია კორელაციური დამოკიდებულება მარცვლების გაგლუვებასა და ბურბუმელის კვეთის ფართის შორის, ის აღიწერება ტოლობით:

$$S^1 = 36 + 92,4\alpha^1$$

ჯამური ხახუნის გზა:

$$\sum I_{np} = I_k n_{06} \frac{L_{\dot{a}}}{S_{np}} = \frac{30v_{kp} L_p \varphi_h}{\pi S_{np}}, \quad (2.10)$$

სადაც L_p - განახერხის სიგრძეა ერთგასვლიან ჭრის მოცემულ სიღრმეზე;

ჭრის პროცესი განიხილება ორი ურთიერთდაკავშირებული და ამავე დროს მიმდინარე ფაზის გათვალისწინებით: მარცვლების დანერგვა დასამუშავებელ მასალაში (გრძივი მიწოდებიდან) და უშუალოდ ჭრა (გაფხაჭვნა). მარცვლების დანერგვის პროცესი ხასიათდება ქანის რღვევის წინააღმდეგობით, რომელიც შეიძლება შეფასებული იქნას მისი აგრეგატული მიკროსისალით H_α , ქანის მინერალური შემდგენების თვისებების გათვალისწინებით, მაშინ ჭრის ძალის ნორმალური მდგენელი ერთი მარცვლით დამოკიდებული იქნება ქანის სისალის H_α მაჩვენებელზე და მარცვლის კონტაქტურ ზედაპირზე $S_3 : f_N = H_\alpha \cdot S_3$.

ამ პირობის გათვალისწინებით:

$$f_N = \frac{\pi H_\alpha}{K_{II}} \left[\alpha^1 \left(r + \sqrt{r^2 - \frac{\Delta^2}{4}} \right) + \frac{\Delta^2 - \alpha^{12}}{2} \right], \quad (2.11)$$

სადაც K_{II} - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გადანაჭრელების გადაფარვას და მარცვლის დანერგვის წინააღმდეგობის შემცირებას ქანის კონტაქტური ზედაპირის სტრუქტურის რღვევის გამო; K_{II} -ს მნიშვნელობა განისაზღვრება ექსპერიმენტალურად

(მარცვლოვანების გაზრდით 250/200-დან 630/500-მდე ის მცირდება 11,5-დან 7-მდე).

ჭრის ძალის ტანგენციალური მდგენელი ერთი მარცვლით f_{τ} განისაზღვრება თანაფარდობის მუდმივობიდან:

$$f_N / f_{\tau} = m = \text{const},$$

$$f_{\tau} = \frac{\pi H_{\alpha}}{K_{\Pi} m} \left[\alpha^1 \left(r + \sqrt{r^2 - \frac{\Delta^2}{4}} \right) + \frac{\Delta^2 - \alpha^{12}}{2} \right], \quad (2.12)$$

თუ მხედველობაში მივიღებთ გადანაჭერის სისქეს, რომელიც მოხსნილია ერთი მარცვლით, არ იცვლება კონტაქტის რკალის ზღვრებში, მარცვლის ჭრის მუშაობა შეიძლება ჩაიწეროს ასეთნაირად:

$$A^1 = f_{\tau} l_k = \frac{\pi H_{\alpha}}{10^3 K_{\Pi} m} \left[\alpha^1 \left(r + \sqrt{r^2 - \frac{\Delta^2}{4}} \right) + \frac{\Delta^2 - \alpha^{12}}{2} \right] R \phi_h, \quad (2.13)$$

მუშაობა ხერხის ერთ ბრუნზე:

$$A_{os} = \frac{1,65 n_1 K d l_c z \pi H_{\alpha} R s \phi_h}{2 \cdot 10^8 m K_{\Pi}} \left[\alpha^1 \left(r + \sqrt{r^2 - \frac{\Delta^2}{4}} \right) + \frac{\Delta^2 - \alpha^{12}}{2} \right] [1 + \phi(t_1)], \quad (2.14)$$

სადაც s - ხერხის აღმასნადები ფენის სიგანეა, მმ; $\Delta = 0,0352 + 0,424d$ მმ.

საშუალო სიმძლავრე, მოხმარებული ჭრაზე,

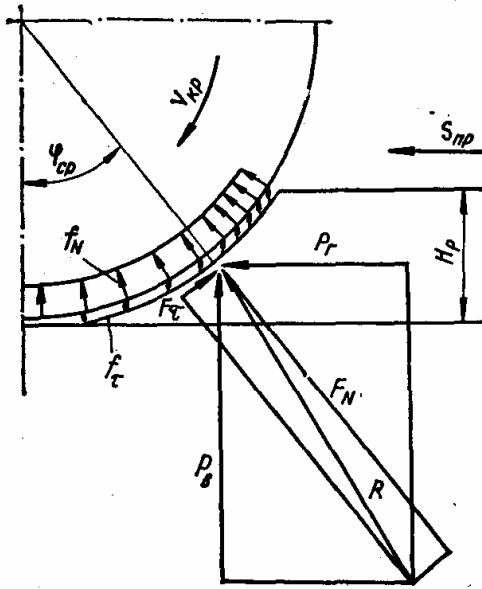
$$N_{cp} = \frac{A_{os} \cdot v_{kp}}{102 \pi d}, \quad (2.15)$$

ხერხით შედგენილი ჭრის ძალების მხები F_{τ} და ნორმალური F_N საშუალო გამოთვლილი მნიშვნელობები შეიძლება განსაზღვრული იქნას გამოსახულებიდან

$$F_{\tau} = A_{os} / \pi d;$$

$$F_N = F_{\tau} m. \quad (2.16)$$

მიღებული მნიშვნელობების ექსპერიმენტული შემოწმების პროცესში ჭრის პროცესის ძალოვანი პარანეტრები საკმაო სიზუსტით ფასდება ჭრის ძალების მხები და ნორმალური მდგენელების საშუალო მნიშვნელობებით. (ნახ.2.1.6):



ნახ.2.1.6. ალმასურ-დისკური ჭრის ძალური პარამეტრები.

$$F_{\tau} = P_B \sin \varphi_{cp} - P_T \cos \varphi_{cp}; \quad (2.17)$$

$$F_N = \frac{P_T + F_{\tau} \cos \varphi_{cp}}{\sin \varphi_{cp}}; \quad (2.18)$$

სადაც P_B, P_T - შესაბამისად ჭრის ძალის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მდგენელებია;

φ_{cp} - კუთხე, რომელიც განსაზღვრავს მოდებულ წერტილზე საშუალო შემაჯამებელ ჭრის ძალების მდგენელებს, $\varphi_{cp} \approx 0,7\varphi_h$.

გამოსაკვლევი პარამეტრების ექსპერიმენტალური და გამოთვლითი მნიშვნელობების ანალიზი ($P_B, P_T, F_{\tau}, F_N, N$) 1250მმ დიამეტრის ხერხებისათვის და ალმასების მარცვლოვანების ყველა დიაპაზონისათვის ადასტურებს საკმაოდ დამაკმაყოფილებელ მათ კრებადობას (ფარდობითი ცდომილება არ აღემატება 5-7 %).

ალმასურ-დისკური რღვევის პროცესის ღრმა ანალიზისათვის, მათი ოპტიმიზაციების, და აგრეთვე სხვა პრაქტიკული ამოცანების ამოხსნისას, განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენს ენერგეტიკული და ძალური პარამეტრების შესწავლა [1].

ალმასური ხერხით ჭრის ძალის მხები მდგენელის საერთო სახე, შეიძლება წარმოდგენილ იქნას:

$$F_{\tau} = F_{\tau_{\text{რღ}}} + F_{b_{\text{ab}}}^a + F_{b_{\text{ab}}}^{\text{II}} + F_B. \quad (2.19)$$

აქ $F_{\tau_{\text{რღ}}}$ - ალმასური მარცვლებით ქანის რღვევის ძალაა, ნ;

$F_{b_{\text{ab}}}^a$ - ალმასური მარცვლების ხახუნის ძალაა, ნ;

$F_{b_{\text{ab}}}^{\text{II}}$ - რღვევის პროდუქტების ხახუნის ძალაა იარაღის მუშა ზედაპირზე, ნ;

F_B - ძალა, რომელიც აუცილებელია რღვევის პროდუქტების გამოტანისათვის ჭრის ძალიდან, ნ.

ალმასური მარცვლების ხახუნის ძალა ქანზე

$$F_{b_{\text{ab}}}^a = f_N N_p \mu_a, \quad (2.20)$$

სადაც N_p - ხერხში მუშა მარცვლების რიცხვია [1];

μ_a - ალმასური მარცვლის ხახუნის კოეფიციენტი ქანზე, საშუალოდ $\mu_a = 0,06$.

სიმძლავრე, რომელიც დახარჯულია ქანზე ალმასური მარცვლების ხახუნზე,

$$N_{b_{\text{ab}}}^a = 10^{-3} F_{b_{\text{ab}}}^a v_{\text{წრ}}. \quad (2.21)$$

გამოსახლება $F_{b_{\text{ab}}}^{\text{II}}$ ძალისათვის საერთოდ შეიძლება ასე წარმოვადგინოთ:

$$F_{b_{\text{ab}}}^{\text{II}} = S_k \frac{I_c}{I_c + I_a} \mu_{cb} \cdot P_{\text{მღ}}, \quad (2.22)$$

სადაც S_k - იარაღის კონტაქტის ფართობი ქანზე, $S_k = R_{\phi} h$;

μ_{cb} - რღვევის პროდუქტების შემკვრელის მასალაზე ხახუნის კოეფიციენტი.

ალმასური იარაღით მთის ქანების რღვევისას მიქოდებებზე, რომლებიც არ არემატებიან 1,2 მ/წთ.

$\mu_{cb} = 0,25 \div 0,45$, რასთან დაკავშირებითაც გრანიტის დისკური სეგმენტური [11, 78] ხერხებით ალმასური დამუშავების პირობისათვის მიწოდების სიჩქარით 0,5 მ/წთ, მისი საშუალო მნიშვნელობა მიიღება 0,35-ის ტოლი; $P_{\text{მღ}}$ იარაღზე რღვევის პროდუქტების წნევაა.

მიღებული $P_{\text{მღ}}$ მნიშვნელობები რღვევის პროდუქტების კონცენტრაციასთან დამოკიდებულებით (10-60%), საშუალებას იძლევა გამოისახოს დამოკიდებულება ამ პარამეტრებს შორის შემდეგი სახით;

$$P_{\text{მღ}} = 9.81 \cdot 10^4 (0,36 + 1,36 K_3) \quad (2.23)$$

როგორც გამოკვლევების შედეგები [1] აჩვენებენ, ალმასურ-დისკური წრის პროცესი ხორციელდება საკმაოდ მაღალი მწარმოებლურობით ალმასების კუთრი

ხარჯის უმნიშვნელო გაზრდით $K_3 = 0,3 \div 0,42$ მნიშვნელობისას.

სიმძლავრე, დახარჯული რღვევის პროდუქტების იარაღზე და სანგრევის ხახუნზე, გამოითვლება ფორმულით:

$$N_{b_{sb}}^{\text{II}} = 10^{-3} F_{b_{sb}}^{\text{II}} (v_{0,n} + v_{0,u}), \quad (2.24)$$

სადაც $v_{0,n}$, $v_{0,u}$ - რღვევის პროდუქტების მოძრაობის სიჩქარეა შესაბამისად ქანზე და იარაღზე დამოკიდებულებით, მ/წმ; როგორც ნაშრომებში [11, 34] ნაჩვენებია $v_{0,n} \approx 0.75v_{\text{წგ}}$, და $v_{0,u} \approx 0.25v_{\text{წგ}}$.

სიმძლავრე N_B , დახარჯული ჭრის ზონიდან რღვევის პროდუქტების გამოტანაზე, განისაზღვრება კინეტიკური ენერჯის დანახარჯებით, რომელიც შეეცოზინება დარღვეულ მოცულობას დროის ერთეულში:

$$N_B = 10^{-3} S_{g_{sb}} H_p h K_p \rho v_{\text{წგ}}^2 \quad (2.25)$$

სადაც K_p - მასალის გაფხვიერების კოეფიციენტი;

ρ - ქანის სიმკვრივე, კგ/მ³

შესაბამისად ჯამური ძალა, რომელიც საჭიროა მოედოს დარღვეულ ქანს წრის ზონიდან მისი გამოტანისათვის,

$$F_B = S_{np} H_p h K_p \rho v_{\text{კპ}}. \quad (2.26)$$

როგორც გამოთვლები აჩვენებენ, სიმძლავრე $N_{b_{sb}}^a$ და ძალა $F_{b_{sb}}^a$ შეადგენენ ამ პარამეტრების საერთო მნიშვნელობების დაახლოებით 75 %, რომელიც ვითარდება ჭრის პროცესში. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ძირითადად ქანზე კონტაქტირდება ალმასური მარცვლები, რომლებიც იღებენ საერთო დატვირთვის მნიშვნელოვან ნაწილს. სიმძლავრე N_B და ძალა F_B , რომელიც დახარჯულია ჭრის ზონიდან რღვევის პროდუქტების გამოტანაზე, დაახლოებით ორი თანრიგით მცირეა ალმასური მარცვლების ხახუნის შესაბამის პარამეტრებზე ქანის და იარაღის რღვევის პროდუქტებზე. ფორმულა (2.19) და ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე შეიძლება განისაზღვროს ძალა და სიმძლავრე, რომელიც იხარჯება მხოლოდ დასამუშავებელი მასალის რღვევაზე:

$$F_p = F_{\tau} - F_{\tau p}^a - F_{b_{sb}}^{\text{II}} - F_B;$$

$$N_p = N - N_{b_{sb}}^a - N_{b_{sb}}^{\text{II}} - N_B. \quad (2.27)$$

შედეგები რომლებიც მიღებულია 320 მმ დიამეტრის ხერხით გრანიტის ჭრის

პირობისათვის, აჩვენებენ, რომ ძალა და სიმძლავრე, დახარჯული მხოლოდ რღვევაზე, შეადგენს ჭრის ძალის და სიმძლავრის საერთო მნიშვნელობის 12-16 %. დანარჩენი 84-88% იხარჯება ალმასური მარცვლის ქანის ხახუნზე.

დისკური ქვისმჭრელი ხერხის ალმასნადები ფენის ცვეთის შესწავლისათვის აუცილებელი ხდება მისი შეფასების კრიტერიუმების შესწავლა.

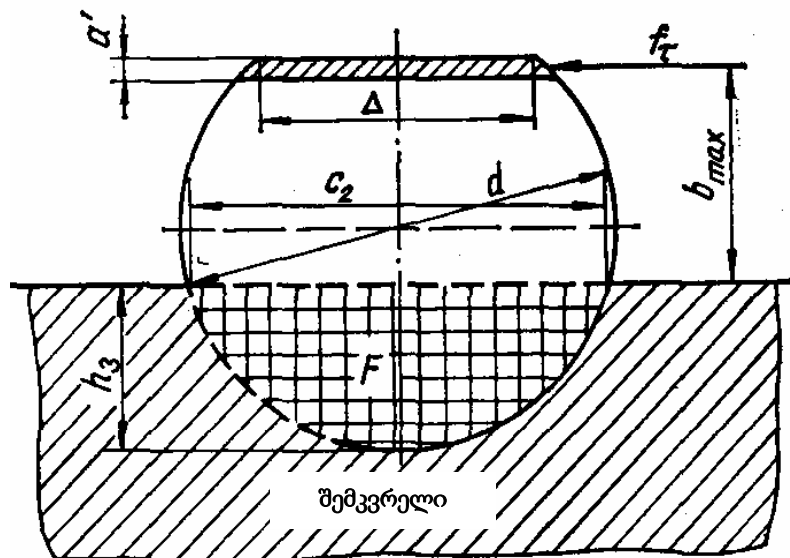
შემკვრელით მარცვლის დაკავების სიმტკიცის და ხანგამძლეობის შედარებითი შეფასებისათვის შემოტანილია ძაბვის ფარდობითი კოეფიციენტი, რომელიც ახასიათებს მარცვლის დამაბულ მდგომარეობას მისი კონტაქტის ადგილში შემკვრელით (ნახ.2.1.7) [41];

$$K_{\sigma} = K_{II} / K_c \quad (2.28)$$

სადაც K_{II} და K_c - შესაბამისად მარცვალზე მღუნავი მომენტის ცვლილების და შემკვრელში მარცვლის გადამბის ზედაპირის კოეფიციენტებია ალმასნადები ფენის და ჭრის ტექნოლოგიური რეჟიმების მახასიათებლების სხვადასხვა ვარიანტების შესწავლისას.

$$K_{II} = M_i / M_0; \quad K_c = F_i / F_0; \quad (2.29)$$

M_0, F_0 - შესაბამისად მღუნავი მომენტია, რომელიც მოქმედებს მუშა მარცვლებზე, მიღებულია საწყისად ალმასნადები ფენის მახასიათებლის და ჭრის ტექნოლოგიური რეჟიმების შედარების ვარიანტების სისტემაში.



ნახ.2.1.7. ძაბვის ფარდობითი კოეფიციენტის ანგარიშის სქემა მარცვლის შემკვრელთან კონტაქტის ადგილში

M_i, F_i - შესაბამისად მღუნავი მომენტია, რომელიც მოქმედებს მუშა მარცვლებზე აღმასნადები ფენის და ჭრის ტექნოლოგიური რეჟიმების მახასიათებლების შედარების ვარიანტებში.

იმის გათვალისწინებით, რომ $M = f\tau \cdot b_{\max}$ და $F = \frac{1}{16} \pi d^2$, საბოლოო სახით ფორმულა შეიძლება ასეთი სახით იყოს წარმოდგენილი:

$$K\sigma = M_i F_0 / M_0 F_i \quad (2.30)$$

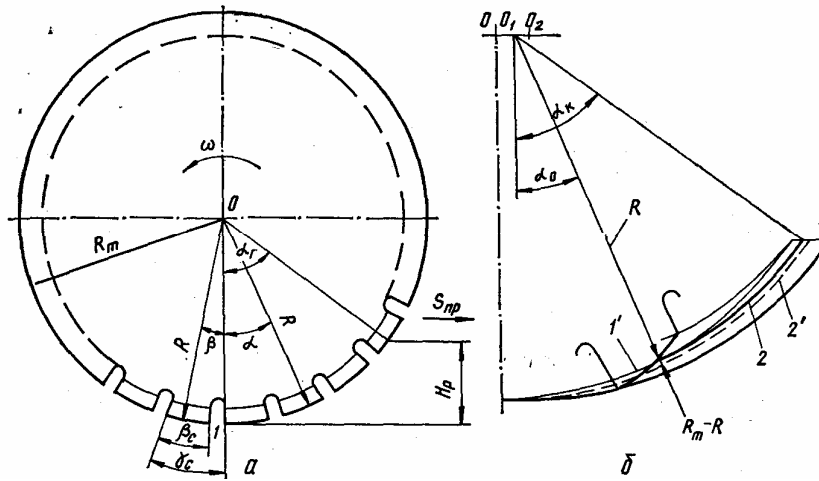
ცხადია, რომ მარცვლებზე კუთრი დატვირთების ზედა ზღვარი არ უნდა აღემატებოდეს მათ სიმტკიცეს, ქვედა კი უნდა ამოირჩეს აღმასნადები ფენის თვითაღესვის გათვალისწინებით. მიღებულია სეგმენტის მუშა ზედაპირის ტანგენციალური და ნორმალური ძალების ანალიტიკური გამოსახვა:

$$P_\tau = \frac{q}{R} \left(\frac{S_{np}}{\omega} \cdot \sin \alpha + \frac{dR}{d\beta} \right);$$

$$P_n = \frac{q}{\mu R} \left(\frac{S_{np}}{\omega} \cdot \sin \alpha + \frac{dR}{d\beta} \right); \quad (2.31)$$

სადაც q – აღმასური იარაღით მასალის რღვევის ენერგოტევადობაა; α – იარაღის მუშა ზედაპირის ელემენტალური უბნის დასამუშავებელ მასალასთან კონტაქტის კუთხეა (ნახ. 2.1.8); β – კუთხეა საწყის სხივსა, რომელიც გადის სეგმენტის ჭრის ძალის მიმართულების ბოლოზე, და სხივს, რომელიც გადის ელემენტალურ უბანს, შორის; $dR/d\beta$ – სეგმენტის ხაზის დიფერენციალური განტოლება.

როგორც (2.31) ჩანს, ფორმულებში P_τ და P_n – სათვის შეაქვთ ორი მდგენელი: პირველი განსაზღვრავს ძალას, რომელიც შეესაბამება იარაღს მთლიანი აღმასნადები ფენით, მეორე – ძალის გაზრდას სეგმენტური იარაღის მუშაობისას, Δb ელემენტის სიბრტყის დახრის კუთხის გაზრდის შედეგად წრიული სიჩქარის ვექტორთან.



ნახ.2.1.8. სქემები: (ა)-კუთრი დატვირთვის ანგარიშისათვის და (ბ)-პერიფერიული ტიპის იარაღის სეგმენტის ხაზის დიფერენციალური განტოლების დასკვნისათვის:

1-წერტილი; 1¹-1 წერტილის ტრაექტორია; 2-იარაღის მუშა ზედაპირის Δl ელემენტის ნამდვილი ტრაექტორია; 2¹-Δl ელემენტის პირობითი ტრაექტორია, რომელიც დევს წრეზე R_m-ით.

(2.31) ფორმულის ანალიზი აჩვენებს, რომ P_r და P_n პირდაპირპროპორციულია S_{np} / v_{kp} თანაფარდობის და სეგმენტების და ღარების მუდმივი სიგრძისას არაა დამოკიდებული იარაღის რადიუსზე.

რღვევის მცირედისპერსიული პროდუქტების შემკვრელზე ზემოქმედება, რომლებიც მოქმედებს მისი ცვეთის ინტენსივობაზე, შეიძლება შეფასდეს იარაღის მუშა ზედაპირზე ამ პროდუქტების წნევით, მაგრამ წნევის რეალური მნიშვნელობის დადგენის სირთულის გამო ალმასური ხერხების გამოყენების პირობის დიდი მრავალფეროვნებისათვის შეიძლება მხოლოდ დაახლოებით შეფასდეს ეს პარამეტრი დარღვეული მასალის მოცულობის სიდიდის შეფარდებით მარცვალთშორისი სივრცის თავისუფალ მოცულობასთან; ეს არის K_3 - გამკვრივების კოეფიციენტი [41]. ალმასური-დისკური ჭრის პროცესებისათვის მიღებული სიდიდე თავისი შინაარსით შეიძლება მიეკუთვნებოდეს იარაღის მუშა ზედაპირის ნაკეთობასთან კონტაქტის რკალს:

$$K_3 = V_k / V_m, \quad (2.32)$$

სადაც V_k - დარღვეული მასალის მოცულობაა იარაღის ნაკეთობასთან კონტაქტური რკალის ფარგლებში;

V_m - ხერხის აღმასნადები ფენის მარცვალთშორისი სივრცის მოცულობაა, რომელიც იმყოფება კონტაქტის რკალის ზღვრებში.

K_3 -ს გამოთვლისათვის ფორმულას აქვს სახე:

$$K_3 = \frac{2\pi R S_{np} H_p K_p}{60 \cdot 10^3 v_{kp} z l_c \left[b_{max} \frac{-3,25\pi n_1 d K b \left(\frac{3}{2} \Delta^2 + 6b \sqrt{r^2 - \frac{\Delta^2}{4}} - 2b^2 \right)}{6 \cdot 10^5} - 0,0075d \right]} \quad (2.33)$$

ბოლო ხანებში მთელ რიგ შრომებში [42, 86] ნაჩვენებია, რომ რღვევის პროდუქტები მოძრაობენ სიჩქარით $v_{III} = 0,75v_{kp}$, მაგრამ მასში არაა განხილული დარღვეული მასალის მოცულობის რიცხობრივი განსაზღვრის საკითხები, რომლებიც მოქმედებენ იარაღის მუშა ელემენტზე (სეგმენტზე), ამ ამოცანის ამოსახსნელად მხედველობაში იქნა მიღებული, რომ სეგმენტის მოძრაობისას რღვევიდან დაწყებული დასამუშავებელი მასალის კონტაქტიდან გამოსვლამდე $\varphi_0, \dots, \varphi_h$ ადგილი აქვს შლამის დაგროვებას სეგმენტით დარღვეულ V_c მოცულობაში. V_c შეიძლება განსაზღვრული იქნას, როგორც სხვაობა დარღვეულ მოცულობებისა V_2 და V_1 სეგმენტის φ_2 და φ_1 კუთხურა კოორდინატების მნიშვნელობებისაგან დამოკიდებულებით:

$$V_c = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} dV_p = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \alpha(\varphi) h R d\varphi, \quad (2.34)$$

სადაც dV_p - ელემენტალური დარღვეული მოცულობაა კონტაქტის სიგრძის უბანზე;

$Rd\varphi; \alpha(\varphi)$ - გადანაჭერის სისქე, რომელიც მოხსნა სეგმენტმა,

$$\alpha(\varphi) = \frac{S_{np} R \varphi_h}{60 v_{kp} n} \sin \varphi = \frac{S_{np} R}{60 v_{kp}} (\varphi_c + \varphi_{II}) \sin \varphi. \quad (2.35)$$

(2.35) ფორმულაში n - სეგმენტების რიცხვია კონტაქტის რკალის ზღვრებში,

$$n = \varphi_h / (\varphi_c + \varphi_{II}), \quad (2.36)$$

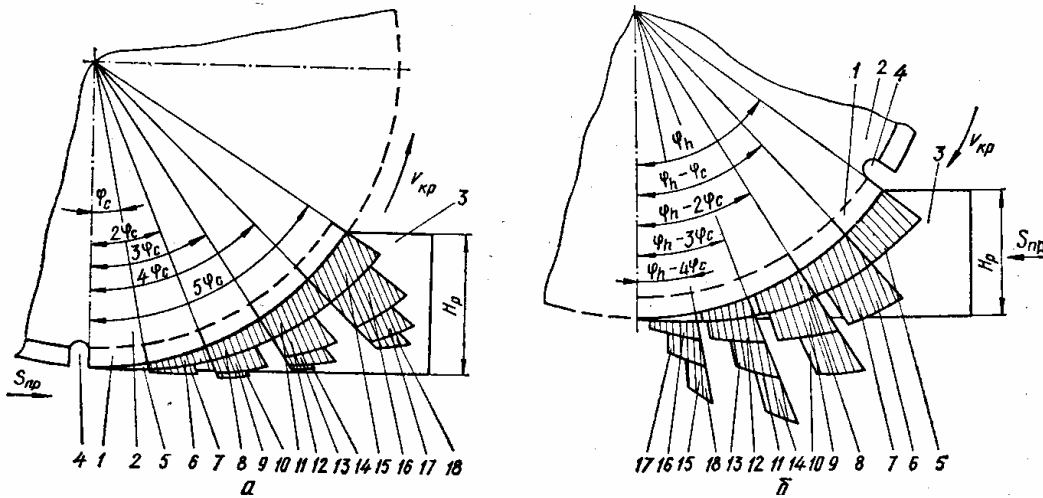
სადაც φ_c, φ_{II} - შესაბამისად სეგმენტის და კილოს კუთხეებია ხერხში.

მაშინ

$$V_c = \frac{R^2 S_{np} h}{60 v_{kp}} (\varphi_c + \varphi_{II}) (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2). \quad (2.37)$$

განვიხილოთ რღვევის პროდუქტების დაგროვების პროცესი 2 ხერხის 1 სეგმენტის

გადაადგილებისას დასამუშავებელი მასალის 3 კონტაქტის რკალზე ჭრის სქემით «მიწოდების საწინააღმდეგო» (ნახ. 2.1.9, ა) და «მიწოდებით» (ნახ.2.1.9, ბ). სეგმენტის მოძრაობისას ირღვევა მოცულობა 5, და შლამის დაგროვება არ ხდება. სეგმენტის გადაადგილებისას მდებარეობაში $\varphi_c, \dots, 2\varphi_c$ დარღვეულ მოცულობაზე 6 ზედ დაედება მოცულობა 7, რომელიც ტოლია მოცულობა 5-ის ნაწილის. ამ დრო სეგმენტი გადაადგილდება მანძილზე $s_1 = v_{\text{კპ}} t_c = l_c$, (t_c - დრო, რომელზეც სეგმენტი 1 გადაადგილდება მანძილზე, რომელიც შეესაბამება φ_c).



ნახ.2.1.9. სქემა ალმასურ ფენაზე რღვევის წვრილდისპერსიული პროდუქტების მოცულობების მოქმედების განსაზღვრისათვის სეგმენტის გადაადგილებისას დისკური იარაღის დასამუშავებელ მასალასთან კონტაქტის რკალის ზღვრებში (ა) შემხვედრ და (ბ) თანმხვედრ ჭრისას.

1-სეგმენტი; 2-დისკური იარაღი; 3-დასამუშავებელი მასალა; 4-კილო; 5,6,8,11,15-მასალის დარღვეული მოცულობები იარაღის φ_c კუთხით მობრუნებისას მისი სხვადასხვა მდებარეობისას კონტაქტის რკალის ზღვრებში; 7,9,10,12-14,16-18- დარღვეული მასალის დაგროვებული მოცულობები იარაღის სხვადასხვა მდებარეობისას მისი კონტაქტის რკალის ზღვრებში, რომელიც წარმოიქმნება იარაღის და ახლად დარღვეული მოცულობების ერთობლივი გადაადგილებისას სხვადასხვა სიჩქარეებზე.

ამავე დროს შლამი გადაადგილდება კონტაქტის რკალზე $s_{\text{შლ}}$ მანძილზე:

$$s_{\text{შლ}} = 0,75 v_{\text{კპ}} t_c = 0,75 l_c, \tag{2.38}$$

ანალოგიური გარდაქმნებით მივიღებთ გამოსახულების დარღვეული მასალის მაქსიმალური მოცულობების გამოთვლისათვის მისი დაგროვების გათვალისწინებით ჭრის სქემებისას «მიწოდების საწინააღმდეგო» (სეგმენტის მდებარეობისათვის

$(\varphi_h - \varphi_c), \dots, \varphi_n)$

$$V_c^I = \frac{2R^2 S_{np} h}{60v_{kp}} (\varphi_c + \varphi_{II}) \times \left(\sin \frac{2\varphi_h - \varphi_c}{2} \sin \frac{\varphi_c}{2} + \sin \frac{2\varphi_h - 2,75\varphi_c}{2} \sin \frac{0,75\varphi_c}{2} + \sin \frac{2\varphi_h - 4,5\varphi_c}{2} \sin \frac{0,5\varphi_c}{2} + \sin \frac{2\varphi_h - 6,25\varphi_c}{2} \sin \frac{0,25\varphi_c}{2} \right) \quad (2.39)$$

„მიწოდებით” (სეგმენტის მდებარეობისას $(\varphi_h - 3\varphi_c), \dots, (\varphi_h - 2\varphi_c)$)

$$V_c^I = \frac{2R^2 S_{np} h}{60v_{kp}} (\varphi_c + \varphi_{II}) \times \left(\sin \frac{2\varphi_h - 5\varphi_c}{2} \sin \frac{\varphi_c}{2} + \sin \frac{2\varphi_h - 3,75\varphi_c}{2} \sin \frac{0,75\varphi_c}{2} + \sin \frac{2\varphi_h - 1,5\varphi_c}{2} \sin \frac{0,5\varphi_c}{2} \right). \quad (2.40)$$

მიღებული გამოსახულების ანალიზი მოწმობს იმაზე, რომ ჭრის სიღრმის გაზრდისას რღვევის პროდუქტების დაგროვება იზრდება და სეგმენტზე მდებარეობაში $\varphi_h - \varphi_c$ გარდა ახლად დარღვეული მოცულობისა მოქმედებს დარღვეული მოცულობა მისი წინა სამი მდებარეობიდან. $\varphi_h > 4\varphi_c$ -სას რღვევის პროდუქტების დაგროვება მეორდება $4\varphi_c$ -ს შემდეგ.

ქვის ალმასური რღვევა. ლოკალიზირებული ზედაპირული კონტაქტის პირობებში ალმასური იარაღების მუშა ელემენტები (მარცვლები) ხილული რღვევის ზონის გარდა წარმოქმნიან ეგრეთ წოდებულ წინასწარ რღვევას, რომელიც შეიცავს მაკრო და მიკროზარებს და შესაბამისად არსებითად მოქმედებენ რღვევის პროცესის ძირითად პარამეტრებზე. ამ დროს წინასწარ რღვევის ზონის სიღრმე 5-7-ჯერ აღემატება ხილული რღვევის ზომებს, რაც მტკიცდება გამოკვლევებით.

ქანის წინასწარ რღვევის ზონის სიღრმის h_1 შეფასებით დისკური ხერხის ალმასური მჭრელი ელემენტების სტრუქტურული შესაბამისობის და ძალური დატვირთვების პირობიდან და დასახული ამოცანის სქემის და ჰერცის დასკვნების გამოყენებით, და აგრეთვე მთელი რიგი როისლერის და ლინგერის მიერ მიღებული თანაფარდობების გათვალისწინებით, მოხერხდა ანალიტიკური გამოსახულების მიღება რღვევის ამ პარამეტრის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის:

$$h_1 = 8,9_{10} - 2 \left[\frac{f_N^2}{K_{Ic}(x_1 + 1)} \right]^{\frac{1}{3}} - 0,32(f_N dm)^{\frac{1}{3}}, \quad (2.41)$$

სადაც K_{Ic} - დამაბულობის ინტენსიურობის კრიტიკული კოეფიციენტი;

$h_1 = 40 \div 20$ მკმ, რაც საშუალებას იძლევა გაკეთდეს დასკვნა ქანის წინასწარდარღვეული ზონის სიღრმის უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაზე მის ბზარმდეგობასთან. ეს გამოთვლები მოწმობენ აგრეთვე იმაზე, რომ იარაღის ელემენტებში ალმასური მარცვლების საშუალოდაწონილი დიამეტრის 2-ჯერ გაზრდას მიყვავართ წინასწარდარღვეული ზონის სიღრმის 1,5-ჯერ გაზრდასთან.

ბრტყელი ზედაპირების ხეხვა და გაპრიალება. ბუნებრივი ქვების ბრტყელი ნაკეთობები, მოსაპირკეთებელი ფენები, ქვის დამუშავების მასიური პროდუქციაა და გამოირჩევა ზომების დიდი სხვადასხვაობით. გარდა ამისა, ფართო დიაპაზონში იცვლება მთის ქანის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რომლებისგანაც მზადდება ფილები. ეს განაპირობებს ხეხვის და გაპრიალების ტექნოლოგიური პროცესის სირთულეს, იარაღების და მოწყობილობების ტიპის სხვადასხვაობას.

ქვის დამუშავების პრაქტიკაში უმეტესი გავრცელება ჰპოვა ტორსული ტიპის იარაღებმა. იარაღი დაკალიბრებისათვის შედგება კორპუსისაგან, რომელზეც მიმაგრებულია გარე ამღები კონუსის ძელაკები და ტორსული სეგმენტები (ნახ.2.1.10) ამღები კონუსის დახრის კუთხე კორპუსის სიბრტყესთან შეადგენს 12° რადიალურ მიმართულებით ძელაკების სიგანისას 10 მმ. ზომების ასეთი თანაფარდობისას უზრუნველყოფილია იარაღის შეჭრა 2 მმ-ზე და გარე კონუსის ძელაკების თანაბარი ცვეთა შემდგომი ექსპლოატაციის პროცესში.

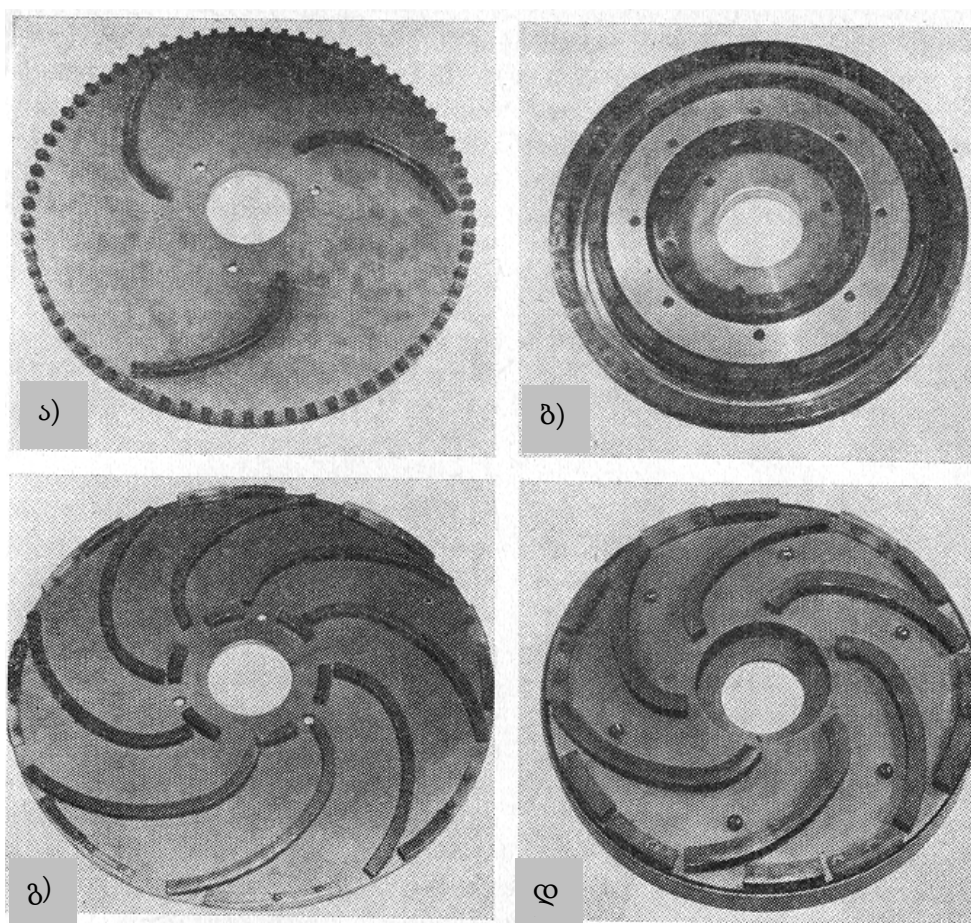
იარაღი საჩორტნი ხეხვისათვის (ნახ.2.1.10, ბ) შედგება კორპუსისაგან, რომელზეც კონცენტრიულ წრეწირზე დამაგრებულია უალმასო საყრდენი ელემენტები აღჭურვილნი საღმენადნობიანი ჩადგმებით. მათ შორის დაყენებულია ალმასნადები მუშა ელემენტები რომელთა სიმაღლეც კორპუსის ზედა ზედაპირთან შეფარდებით უფრო დიდია, ვიდრე საყრდენი ელემენტების სიმაღლეები სიდიდით, რომელიც ტოლია მასალის ფენის ოპტიმალური სისქის, თანახეხვა იარაღის ერთ გასვლაზე. ცვეთის გათვალისწინებით მუშა ელემენტები შეიძლება გამოიწიოს ღერძული მიმართულებით. ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა ამაღლდეს წნევა მუშა ზედაპირზე და ერთდროულად დასტაბილიზირდეს ხეხვის ძალა [6].

იარაღი უხეში ხეხვისათვის (ნახ.2.1.10,) შედგება კორპუსისაგან. მასზე დამაგრებულია ალმასნადები სეგმენტები, რომელთა ფორმა და მდებარეობა უზრუნველყოფს მათ თანაბარ ცვეთას მთელს სიგრძეზე [7].

იარაღის მუშა ზედაპირის პერიფერიებზე სეგმენტებს შორის დაყენებულია

დამატებითი აღმასისშემცვლელი ძელაკები, და აგრეთვე უაღმასო შემკავებელი ელემენტები, რომლებსაც უნარი აქვთ სეგმენტების უფრო ინტენსიური გაცივებისა და რღვევის პროდუქტების გამოტანისა [8].

იარაღი ნახევრადსუფთა და სუფთა ხეხვისათვის (ნახ.2.1.10, დ), გამოირჩევა უხეში ხეხვის იარაღისაგან მხოლოდ იმით, რომ სეგმენტები, დამატებითი ძელაკები და შემკავებელი ელემენტები დამაგრებულია თხელ ფირფიტაზე-რგოლზე, რომელიც მექანიკურად შეერთებულია მეორე ფირფიტა-რგოლზე. ფირფიტა-რგოლებსა და კორპუსს შორის არის დრეკადი შუასადები ღრუბლოვანი რეზინისაგან, რომელიც ახშობს იარაღის ვიბრაციას.



ნახ.2.1.10. იარაღების მუშა ზედაპირი დამუშავების სხვადასხვა სახისათვის. ა-დაკალიბრება; ბ-საჩორტნი ხეხვა; გ-უხეში ხეხვა; დ-ნახევარსუფთა და სუფთა ხეხვა; დ-გაპრიალება.

გაპრიალების იარაღის კორპუსზე ასევეა მიმაგრებული დრეკადი შუასადები ღრუბლოვანი რეზინი, რომელზეც მიწებებულია თხელი ფირფიტა-რგოლი მასზე

დამაგრებული გასაპრიალებელი ფენით. უკანასკნელი წარმოადგენს მატრიცას, რომელიც შესრულებულია პლასტიკატისაგან, მასში ჩასხმულია ალმასნადები ელემენტები რეზინის შემკვრელით, თანაც მატრიცის სიხისტე მეტია შემკვრელის სიხისტეზე [75]. ეს საშუალებას იძლევა შემცირდეს ალმასების ხარჯი.

მოსაპირკეთებელი ფილების დამუშავების ტექნოლოგიურ პროცესში მნიშვნელოვანი ეტაპია ზედაპირის საბოლოო ფორმირება, რომელსაც ასრულებს უხეში ხეხვის იარაღი. შემდგომი დამუშავებისას ნახევრადსუფთა და სუფთა ხეხვის ოპერაციებზე, და აგრეთვე გაპრიალებისას დამუშავებული ზედაპირის სიბრტყეობა არ უნდა გაუარესდეს.

2.2. საიარაღო მასალები და შემკვრელები

სამრეწველო წარმოების ეფექტურობა და პროდუქციის ხარისხი მნიშვნელოვანი ხარისხით განისაზღვრება მექანიკური დამუშავების მწარმოებლობით და სისუფთავით, იარაღების მედეგობით და შრომის უნარიანობით, კერძოდ ზესალი მასალების იარაღების – ალმასის, ბორის კუბური ნიტრიდის, სილიციუმის კარბიდის, კორუნდის და სხვა. ეს მასალები (ბუნებრივი და სინთეზური) მოიპოვება ან მიიღება შედარებით მცირე ზომის ფრაგმენტების ან კრისტალებისან აბრაზიული ფხვნილების სახით. იარაღის დამზადებისას მჭრელი ელემენტი დამაგრებული უნდა იყოს შესაბამის ბუდეში, მატრიცაში ან საჭერში.

საერთოდ ზესალი მასალების იარაღების მედეგობა და მუშაობის უნარი განისაზღვრება საიარაღო მასალის სისალით და სიმტკიცით და მატრიცაში მისი ჩამაგრების სიმტკიცით.

მყარი სხეულის ზედაპირის მდგომარეობამ (ბზარების, ძაბვის კონცენტრატორების არსებობამ) შეიძლება ძალიან ძლიერ იმეკმედოს მის ჩარტყმითი დატვირთვების სიმტკიცეზე და წინალობაზე. უმნიშვნელოვანესი ფაქტორთა ზესალი მასალის მჭრელი ელემენტის იარაღში ჩამაგრების სიმტკიცის ამაღლება. უმატივესი მეთოდი - მექანიკური დამაგრება, რომელიც ჩართავს ჩაწნეხვას და შემოჭერას, ჩაკერვას, სპეციალური მოჭერის მოწყობილების გამოყენებას და სხვა, უზრუნველყოფს მხოლოდ მექანიკურ გარემოცვას.

ეს დამაგრების მეთოდებია, როგორც მცირე აბრაზიული მარცვლებისათვის, ასევე შედარებით მსხვილი მჭრელი ელემენტებისათვის (საჭრისებისათვის, თვალაკებისათვის და სხვა), თუმცა ისინი ფართოდ გამოიყენებიან, მცირედ ეფექტურია და საშუალებას იძლევიან გამოყენებულ იქნას ზესალი მასალების მაღალდამმუშავებელი თვისების მხოლოდ მცირე ნაწილი.

ცნობილია რომ ალმასურაბრაზიულ სახეხ იარაღებში ალმასის მარცვლების გამოყენება მისი პოტენციალური რესურსის მხოლოდ 3-10%, 90-97% ალმასური მარცვლები ცვივდებიან, იმსხვრევიან, გადადიან შლამში, ვერ ასრულებენ სასარგებლო მუშაობას.

იარაღების მჭრელი ელემენტების დამაგრების დაბალი მედეგობა ზღუდავს ჭრის რეჟიმებს, დამუშავების სიჩქარეს და პროცესის მწარმოებლობას.

მჭრელი ელემენტის ზესალი მასალების ქიმიური, ადჰეზიური დამაგრება, ანუ დამაგრება მყარი ქიმიური ძალების კავშირით, ზესალი ელემენტის ზედაპირისა და მატრიცას შორის, წარმოადგენს იარაღის მედეგობის და შრომისუნარიანობის ამალლების უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს და რეზერვს. დამაგრების ამ მეთოდის განხორციელების სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ ბევრი ზესალი მასალები წარმოადგენენ კოვალენტურ და იონურ ნივთიერებას ატომებით, რომელსაც მდგრადი ელექტრონული კონფიგურაციები აქვთ, ქიმიურად ინერტული არიან უმეტეს ლითონებთან და სარჩილთან ურთიერთობაში, არაადჰეზიურნი და მათთან არაურთიერთმოქმედნი.

2.2.1. ზესალი მასალების კლასიფიკაცია

ზესალ მასალებად ჩვეულებრივ განიხილავენ მასალებს, რომელთა სისალე 4500 კგ/მმ²-ზე მეტია, ასეთ მასალებად ითვლება ალმასები და ალმასური მასალები (სინთეზური ბალანსები, კარბონადო და სხვა), ბორის კუბიკური ნიტრიდი და მის ფუძეზე საიარალო მასალები (ელბორი, კუბონიტი, გექსანიტი), სილიციუმის კარბიდი, ბორის კარბიდი გარდამავალი მასალების კორუნდი და ბორიდები, მათ რიცხვში BK-ს ტიპის შენადნობი. ამ ნივთიერებების და მასალების კლასიფიკაცია შეიძლება იწარმოოს სხვადასხვა თვისებებით, მათ რიცხვში სისალით, ამასთან მიზანშეწონილია გამოიყოს

ცალკე ჯგუფად აღმასი და ბორის კუბიკური ნიტრიდი, როგორც უფრო მეტი სისხლის მქონე ნივთიერებები.

ზესალი მასალების კლასიფიკაცია აუცილებელია იწარმოოს ატომთაშორისი კავშირის ძალით. ამ თვისებით ზესალი ნივთიერებები და მასალები იყოფა კოვალენტურ, იონურ და ლითონის მსგავსად.

ა) კოვალენტური კრისტალები (სუფთა ნივთიერებები ან ქიმიური ნაერთები). ამ ჯგუფში შედიან აღმასი, ბორის კუბიკური ნიტრიდი, სილიციუმის კარბიდი, ბორის კარბიდი, სილიციუმის ნიტრიდი. ეს ნივთიერებები ხასიათდებიან ლოკალიზირებული მიმართული მტკიცე ატომთაშორისი კავშირით და კრისტალებში ატომების მდგრადი ჩაკეტილი ელექტრონული კონფიგურაციით.

კავშირები აღმასში კოვალენტურია, სილიციუმის კარბიდს, აგრეთვე ბორის კარბიდს აქვს კავშირის იონური შემადგენელის მინაერთი დაახლოებით 10-15% წარმოქმნის სითბოები H_{298} , შემდეგია BN-60; SiC-15; Si_3N_4 -15; B_4C -12 კკალ/მოლ.

ეს ნივთიერებები ხასიათდებიან მაღალი ქიმიური ინერტულობით, არ ურთიერთქმედებენ ბევრ ლითონთან და არ სველდებიან.

ბ) იონური ნაერთი ზესალი მასალებიდან - მათ ეკუთვნით კორუნდი - ალუმინის ჟანგი. ამ ნაერთში ატომთაშორისი კავშირი იონურია დაახლოებით 70% წარმოქმნის სითბო ელემენტებიდან-150კკალ/გ.ატ. ჟანგბადია. ჟანგის ზედაპირი წარმოიქმნება ზომით დიდი ჟანგბადის იონებით. ამასთან დაკავშირებით რეაქციის ხასიათი ლითონი - ალუმინის ჟანგი განისაზღვრება ლითონის ჟანგბადთან ურთიერთქმედებით. კორუნდი - ქიმიურად ინერტიული ნივთიერებაა. უმეტესი ლითონები სარჩილები ვერ ასველებენ ალუმინის ჟანგს და მათთან არ ურთიერთქმედებენ. აქტიური მეტალები, რომელთაც უნარი აქვთ რეაგირება მოახდინონ ალუმინის ჟანგზე და დაასველონ, არიან ჟანგბადთან მაღალი ქიმიური მსგავსების მქონე ლითონები.

გ) ლითონისმსგავსი ნაერთები. ამ ჯგუფში შედიან გარდამავალი ლითონების კარბიდები და ბორიდები -Tic, Tib₂, Zrc, We და სხვა. მათი ქიმიური მედეგობა იზრდება კარბიდებიდან ბორიდებში გადასვლისას. შეერთება დიდი სითბოს წარმოქმნით ქიმიურად უფრო მდგრადია და მცირედ ურთიერთქმედებენ ლითონებთან [56].

2.2.2.საიარაღო მასალების ფიზიკური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები

(ძირითადად შემდგომში განხილული იქნება კოვალენტური კრისტალების მქონე ნივთიერებები).

კოვალენტური კრისტალები. 1) ალმასი – ნახშირბადის ერთ-ერთი კრისტალური მოდიფიკაციათაგანია. ძირითადი ფიზიკური თვისებები მოცემულია ცხრილში 2.2.1. ალმასის კრისტალური მესერი წარმოადგენს ტეტრაედურ სტრუქტურას. ალმასის მესერში ნახშირბადის ატომებს შორის კავშირს ტიპიური კოვალენტური ხასიათი აქვთ, რაც განაპირობებს მისთვის დამახასიათებელ თვისებებს-მაღალ სისალეს და დაბალ ელექტროგამტარობას. კავშირი C-C ალმასში ცალმხრივია. კავშირის სიგრძე შეადგენს 1.5445Å; ტიპის მხრივ ეს σ - კავშირია, წარმოქმნილი SP^3 – ნახშირბადის ატომების გიბრიდული ელექტრონული ორბიტებით. ალმასი სტაბილურია მხოლოდ რიგითი ათეული კილობარის წნევის არეში, ამიტომ ჩვეულებრივ პირობებში ატომების საკმაოდ მოძრაობისას (ტემპერატურის მომატება) შეინიშნება ალმასის გრაფიტში გადასვლა. ცნობები ალმასის გრაფიტიზაციის დაწყების ტემპერატურის თაობაზე მრავალრიცხოვანია და ხშირად ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ იდეალურ ინერტულ გარემოში ალმასი იწყებს სწრაფ გრაფიტიზირებას, დაწყებული 1600 °C-დან. ვაკუუმში ალმასის გრაფიტიზაცია $5 \cdot 10^{-6}$ მმ ვერცხ.სვ. არ იყო აღმოჩენილი 1500 °C ტემპერატურამდე. სულ მცირე ჟანგბადის კვალის არსებობაც კი ხელს უწყობს გრაფიტიზაციის ტემპერატურის შემცირებას, ინერტული ატმოსფეროსათვის ან ვაკუუმისათვის $1 \cdot 10^{-4}$ მმ.ვერცხ.სვ. ის შეადგენს 1200 °C, ჰაერზე ატმოსფერული წნევის პირობებში - 1000 °C უნდა აღინიშნოს, რომ ალმასის გრაფიტიზაციის საწყისი და ინტენსიური დინების ტემპერატურა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორებზე – ალმასის კრისტალების დისპერსიულობაზე, მისი ზედაპირის მდგომარეობაზე, გარემოზე და სხვა. სინთეზურ ალმასში გრაფიტიზაციაზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე ლითონი – გამხსნელის კვალი, დატაცებული კრისტალების ზრდისას.

ალმასების ნატურალური კრისტალები რიგი ნიშან-თვისებებით (შეფერვა, ფორმა, კრისტალური სტრუქტურის თვისება) იყოფა საიუველირო და ტექნიკურად. ტექნიკური ალმასები, თავის მხრივ, იყოფა ბორტად, კარბონადოდ და ბალასად. ალმასური ბორტი - არასწორი ფორმის წვრილი ალმასის კრისტალების გამჭვირვალე შენაზარდება, რომელთაც არა აქვთ პობადობის განსაზღვრული სიბრტყე. ისინი გამოიყენებიან

აბრაზიული ალმასის იარაღის დასამზადებლად, აგრეთვე მჭრელ საბურღ და მართვის იარაღებში.

კარბონადო - ალმასის წვრილმარცვლოვანი აგრეგატებია, ძირითადად ოვალური ფორმის, შედგება მიკროკრისტალებისაგან. სიმკვრივე- 3.1-3.45გ/სმ³, ისინი ნაკლებად მყიფეა, ვიდრე ბორტი.

ბალანსები - ალმასის მსხვილმარცვლოვანი აგრეგატებია, უმეტეს წილად რადიალურსხივური აღნაგობით, სფეროსებრი ფორმით. კარბონადო და ბალანსი გამოიყენება საბურღი იარაღის დასამზადებლად.

ალმასების განხილული ნაირსახეობები ქიმიურ დამოკიდებულებაში ძირითადად იქცევიან ანალოგიურად. მათი ურთიერთქმედება და დასველება მეტალური ნაღობით ძირითადად განისაზღვრება უკანასკნელების ნახშირბადთან ქიმიური სწრაფვით. რაოდენობრივად სხვადასხვა მარკის რეაქციული უნარი (გრაფიტიზაცია, ჟანგბადთან ან თხევად ლითონებთან რეაქცია) შეიძლება რამდენიმე განსხვავდებოდეს, რაც განისაზღვრება სტრუქტურით და ზედაპირის არასრულყოფილებით. სინთეზური ალმასებისაგან გამოიშვება ფხვნილები: ASO, ACP, ACB, ACK, ACC, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან კუთრი ზედაპირის სიმტკიცით, სიმყიფით და სიდიდით, და მიკროფხვნილები ACM და ACK ჩვეულებრივი და ამაღლებული აბრაზიული თვისებებით. ბალასის და კარბონადოს ტიპის სინთეზური ალმასები-პოლიკრისტალური ცხოზურებია, მათ იღებენ ალმასების საწყისი ფხვნილების საფუძველზე, იყენებენ საჭრისების დასამზადებლად.

2) ბორის კუბური და ვიურციტის მსგავსი ნიტრიდი. ბორის ნიტრიდი ცნობილია სამი მოდიფიკაციით: ჰექსაგონალური (გრანიტის ტიპის) α -BN, კუბური (სფალერიტის ტიპის, ანუ თუთიის კრიალა) β -BN, ჰექსაგონალური მჭიდროდ ჩაწყობილი (ვიურციტის ტიპის) γ -BN. საიარაღო ზესალ მასალებს წარმოადგენს ბორის კუბური და ვიურციტისმსგავსი ნიტრიდი. ბორის კუბური ნიტრიდის ძირითადი ფიზიკური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები წარმოადგენილია ცხრ.2.2.1.

მჭიდრო ალმასის მსგავსი ფორმის BN სფალერიტის ტიპის β -BN და ვიურციტის Γ -BN ტიპის გისოსებით ხასიათდება ატომების ტეტრაედრული მანდაგებით, რომლის დროსაც ერთი სორტის თითოეული ატომი გარშემორტყმულია მეორეს ოთხი ატომით. იდეალურ გისოსებში β -BN და γ -BN ყველა ოთხი კავშირის სიგრძე-B-N ერთნაირია და ტოლია 1.57Å, კავშირის შორის კუთხეები შეადგენს 109,5°.

სფალერიტის ტიპის β -BN ბორის კუბური ნიტრიდი პირველად მიღებული იქნა ვენტორფის მიერ 1957 წ. საბჭოთა კავშირში – 1960 წ.; მას სინთეზირებას უკეთებენ ბორის ჰექსაგონალური ნიტრიდით სტატიკური წნევის ქვეშ 30-75 კბარ და ტემპერატურაზე 1200-2000 °C კატალიზატორების (გამხსნელების) თანდასწრებით ძირითადად ტუტე და ტუტემიწა ლითონებით, გარდამავალი ლითონების ნიტრიდებით რიგ შემთხვევებში ბორის კუბური ნიტრიდის სინთეზისას ცალკეული მონოკრისტალების ზომებმა შეიძლება მიაღწიონ მილიმეტრს. ბორის ჰექსაგონალური ნიტრიდი შეიძლება გარდაიქმნეს კუბურში სწორი ცალფაზა გადასვლის გზით, მაგრამ უფრო მაღალ ტემპერატურაზე (2500- 4000 °K) და წნევებზე 115-130 კბარ. ბორის კუბური ნიტრიდის კრისტალები საწყისი კაზმის და შემცველობის პირობებისაგან დამოკიდებულებით შეიძლება იყვნენ უფერულნი ან შეღებილნი ფერებით ყვითლიდან მუქ-წაბლისფერ და შავამდე. კრისტალური სტრუქტურა – თუთიის კრიალას ტიპის ZnS ანალოგიურია აღმასის გისოსთან პერიოდით 3.615 +0.01Å, ბმის სიგრძე B-N 1,567-1.59Å. ბორის კუბური ნიტრიდი-დიელექტრიკია, სიმკვრივე მისი 3.44-3.49გ/სმ³, მიკროსისალე 9000-9250კგ მ/მ², კუთრი ელექტროწინალობა განსხვავდება-10³ -10⁴ და 10⁵-10⁷ომ.სმ, თერმული გაფართოების კოეფიციენტი შეადგენს 3.4 · 10⁻⁶ გრად⁻¹. ბორის კუბური ნიტრიდის კრისტალებში ქიმიური ბმის ხასიათი ძირითადად კოვალენტურია.

ჰექსაგონალურ მჭიდროდ ჩაწყობილ ბორის ნიტრიდს (ვიურციტის ტიპის) γ -BN ჩვეულებრივ იღებენ (კატალიზატორი-გამხსნელის გარეშე) ჰექსაგონალური ბორის ნიტრიდის ვიურციტებში ცალფაზა გადასვლისას 2000 °C-ზე ნაკლებ ტემპერატურისას ოთახის ტემპერატურამდე და წნევაზე დაახლოებით 155-130 კბარ. ამ დროს წარმოქმნილი ფაზები ხასიათდებიან კრისტალების მცირე ზომებით. (მიკრონზე მცირე). ჰექსაგონალური ბორის ნიტრიდი დარტყმითი შეკუმშვის მოქმედებით გარდაიქმნება ვიურციტის მსგავსში, ამ დროს მარცვლების საშუალო ზომა γ -BN პოლიკრისტალურ ნაწილაკებში შეადგენს 500-1000 Å, ბლოკების-150-200 Å. ვიურციტისმსგავსი ბორის ნიტრიდის პოლიკრისტალები შავი ფერისაა, მისი სიმკვრივე შეადგენს 1,8 გ/სმ³. ქიმიური ბმის ხასიათი უპირატესად კოვალენტურია, ბმის სიგრძე B-N 1,44Å, და რეალურ კრისტალებში კოორდინაციული ტეტრაედრი შესამჩნევლად დამახინჯებულია. ვიურციტის მსგავსი ბორის ნიტრიდი ვაკუუმში გაცხელებისას 1·10⁻⁵ მმ ვერცხ.სვ.1000 °C იწყებს გრაფიტისმსგავს ბორის ნიტრიდში α -BN-ში გადასვლას. სუფთა აზოტის ატმოსფეროში γ -BN გრაფიტიზაცია პრაქტიკულად მთლიანად

მთავრდება 1300 °C ტემპერატურაზე. ჟანგვა γ -BN ისევე, როგორც β -BN, ჰაერზე იწყება 800-1000 °C.

ვიურციტის მსგავსი ბორის ნიტრიდის თერმული სტაბილურობა მაღალია, ვიდრე სფალერიტის (თუთიის კრიალა) ფორმის. ის ბევრადაა დამოკიდებული ბორის ნიტრიდის კრისტალურ სტრუქტურაზე და მის ურთიერთქმედებაზე კატალიზატორის ნარჩენებთან, რომელთა რაოდენობაც სხვადასხვა ფორმებში შეიძლება იყოს არაერთნაირი.

ალმასის მსგავსად ბორის ნიტრიდის სხვადასხვა მოდიფიკაციები ქიმიურ ფარდობაში იქცევიან ერთტიპობრივად. ამიტომ დასველება, ადჰეზიის უნარი და კონტაქტური ურთიერთქმედება ამ მასალებისა ლითონებთან ასევე ანალოგიურია.

ცხრილი 2.2.1

ზესალი მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

მახასიათებელი	ალმასი	ბორის კუბური ნიტრიდი	ბორის კარბიდი	სილიცი უმის კარბიდი	სილიცი- უმის ნიტრიდი	კორუნდი- ელექტრო- კორუნდი	მინერალ- კერამიკა
სიმკვრივე ρ , გ/სმ ³	3,48-3,56	3,44-3,49	2,51	3,21	3,19-3,21	3,93-4,1	3,96-3,98
მიკროსისალე Hv, კგ/მმ ²	10 000	9250 - 9000	4500	3500	3340-120	2000- 2300	2000- 2300
აორთქლების სითბო, კკალ/გ-ატ	170.0	-	-	-	-	-	-
წვის სითბო, კკალ /გ-ატ	94.5	-	-	-	-	-	-
გადასვლა მოდიფიკაციის ალმასი-გრაფიტი სითბო კკალ/გ-ატ	0.5	-	-	-	-	-	-
დნობის ტემპერატურა, C	-	-	2350	2830- 40	1900	-	-
დრეკადობის	90 000	72 000	-	39400	11600-	32000	35000-

მოდული E, კვ/მმ ²				(20°C)	14500		40000
სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას ნ, კვ/მმ ²	200	–	150(20C)	150(20C)	–	–	90-150
სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას ნ,კვ/მმ ²	21-49	–	31	25(20C)	16	8-9	40-55
სიმტკიცის ზღვარი გაჭიმვისას ბ, კვ/მმ ²	–	–	7.3(25C)	4.2(800C)	1.5-2.75	–	–
მდგრადობა წვაზე, °C	700-800	800-1000	–	–	–	1700- 1900	1200
წრფივი თერმული გაფართოების კოეფ-ტი, X10 ⁶ გრად ⁻¹	1.5 (0- 150°C)	3-4 (0-15°C)	4,5	4,5-4,7	2,75 (20- 1000°C)	–	–
თბოგამტარობის კოეფიციენტი λ, კალ/სმ ^X წმ ^X გრად.	0.35(0C)	0.100(0C)	0.29(100C)	0.24(200 C)	0.011	0.047	0.010
კუთრი ელექტროწინა- ლობა	10 ¹² -10 ¹³	–	10 ⁶	–	10 ¹³ -10 ¹⁴	–	–

ბორის ნიტრიდი ვიურციტის და სფალერიტის ფორმის საფუძველზე დამუშავებულია რიგი ფხვნილური და კომპაქტური საიარაღო მასალები, მათ შორის ელბორი, ისმიტი, კუბონიტი. «ელბორი» წარმოადგენს ტექნიკურ პროდუქტს, რომელიც შეიცავს არაუმცირეს 90% ბორის კუბურ ნიტრიდს და მის თანმხლებ სინთეზის არამთავარ პროდუქტებს, გამოიშვება ელბორის აბრაზიული ფხვნილების და ელბორი

P-ს აირის ელემენტების სახით, გამოიყენება უმეტესად საჭრისებში.

3) სილიციუმის კარბიდი. სილიციუმის კარბიდი (კარბორუნდი) – სილიციუმის ნაერთი ნახშირბადთან არის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კარბიდთაგანია, რომელიც გამოიყენება ტექნიკაში. ის არსებობს ორ ძირითად კრისტალურ მოდიფიკაციებში: კუბური-β მოდიფიკაციის, სტაბილური მიახლოებით 2000-2200 °C-მდე, და ჰექსაგონალური - α მოდიფიკაციის, სტაბილური უფრო მაღალ ტემპერატურებზე, მაგრამ არსებობს აგრეთვე უფრო დაბალ ტემპერატურებზე. კუბური მოდიფიკაციისათვის დამახასიათებელია ერთი კრისტალური ფორმა, რომელსაც აქვს ალმასისმსგავსი ელემენტალური უჯრედი პერიოდით $C=4 \cdot 3596 \text{ \AA}$, ჰექსაგონალურს აქვს ფორმების დიდი რიცხვი, განსხვავებული პერიოდით ჰექსაგონალურ და რომბოედრული ელემენტალური უჯრედისგან: $a=3 \cdot 0,806 \text{ \AA}$, $C=n \cdot 2,512 \text{ \AA}$, სადაც n - ჩაწყობის შრეულობაა (შრეების რიცხვი ელემენტარულ უჯრედში). ჰექსაგონალური კარბორუნდის სხვადასხვა ფორმის წარმოქმნის მიზეზი არის კრისტალების ზრდის მინარევები და დეფექტები-ხრახნული დისლოკაციის რიცხვი და გავრცელება. SiC არ აქვს დნობის კონგრუენტული წერტილი. ის პრაქტიკულად იშლება გრაფიტად და მდიდარ სილიციუმად შენადნობი ამაღლებული წნევით.

სილიციუმის კარბიდი წარმოადგენს იზოლიატორს, მაგრამ მინარევების ხასიათისაგან დამოკიდებულებით ის იძენს ნახევარგამტარულ თვისებებს n და p გამტარობით. SiC ტექნიკური ნიმუშების კუთრი წინაღობა შეიძლება შეიცვალოს მრავალი წესით ლითონური სილიციუმის მინარევების რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით. სილიციუმის მონოლითური კარბიდი ხასიათდება მაღალი ტემპერატურა გამტარობით, თავისი მნიშვნელობით უახლოვდება ამგვარ ლითონებს. მოოსის სკალით მისი სიმკვრივე შეადგენს 9.5-9.7 (უთმობს მხოლოდ ალმასს, ბორის კუბურ ნიტრიდს და ბორის კარბიდს.). სილიციუმის უფორებო კარბიდი ფლობს საკმაოდ მაღალ მექანიკურ სიმკვრივეს, ინარჩუნებს მუდმივად დაახლოებით 1200 °C ტემპერატურამდე. სილიციუმის კარბიდის ძირითადი ფიზიკური და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები მოცემულია ცხრ.2.2.1.

სილიციუმის კარბიდი სუფთა სახით - უფერო კრისტალებია, ფლობს ალმასურ სიკრიალეს, ტექნიკური პროდუქტი შეღებილია მწვანე ან ლურჯ-შავ ფერად. მრეწველობაში აბრაზიული დანიშნულების სილიციუმის კარბიდს იღებენ მწვანე ან შავი ფორმის სახით.

სილიციუმის კარბიდი ფართოდ გამოიყენება როგორც შემავსებელი ალმასურ სახეხ ქარგოლებში და გამოიყენება ერთობლივად აგრეგირებული ლითონიზირებული ალმასურ-აბრაზული ფხვნილების მიღებისას. ასეთ ფხვნილში ყველა აგრეგატი წარმოადგენს ალმასის დასილიციუმის კარბიდის ნაწილაკების კომბინაციას, შეკავშირებული ლითონით. ასეთი აგრეგატებისაგან იარაღები გამოიყენება სალი შენადნობების ხეხვისას.

4) ბორის კარბიდი B-C სისტემაში წარმოიქმნება შეერთება B₄C, რომელსაც შეუძლია გახსნას ბორი, წარმოქმნას სალი ჩანაცვლების ხსნარი, მისი ზღვრული ფორმულა პასუხობს შედგენილობას B_{6,5}C. ბორის კარბიდის კრისტალებს აქვთ რომბოედრული ელემენტალური უჯრედი, რომელშიც ბორის ატომები წარმოქმნიან B₁₂ ჯგუფს, ნახშირბადის ატომები კი, რომლებიც განლაგდებიან კარკასის მცირე სიღრუეებში, B₁₂- ხაზოვან ჯგუფს C₃. ასეთნაირად, ბორის კარბიდის სწორ ფორმულად უნდა ჩაითვალოს B₁₂C₃(B₄C) B₁₂C₂(B_{6,5}C)-მდე იმის გამო, რომ ნახშირბადის ელემენტალურ უჯრედში ერთი ატომი სამიდან შეიძლება შეიცვალოს B ატომით. B₄C კრისტალური გისოსის მუდმივები შესაბამისად ტოლია, a=5,598Å, c=12,12Å და c/a=2,165. ბორის განზავებას B₄C –ში თან ახლავს გისოსის მუდმივების გაზრდა. B₄C კარბიდი ხასიათდება ხაზოვანი ჯაჭვით-C-C-C და გვევლინება ნახვრეტთან ნახევარგამტარად. B₁₃C₂-სთვის თვისობრივია -C-B-C და ის ამჟღავნებს ელექტრონულ გამტარობას.

ბორის კარბიდის და სილიციუმის კარბიდის კავშირის იონური შემადგენლობის არსებობას (ალმასთან შედარებით) მათი რეაქციული უნარიანობა ლათინური გადნობის კონტაქტში რაღაც შემცირებამდე მიჰყავს. ცხრ.2.2.1-ში მოცემულია ზოგიერთი ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ბორის კარბიდის. კრისტალური ბორის კარბიდი წარმოადგენს შავ ფხვნილს სიმკვრივით დაახლოებით 2,51 გ/სმ³, სისაღე მოოსის სკალის მიხედვით 9-ზე მეტი, მიკროსისაღე დაახლოებით 3700-4300 კგ/მმ². B₄C სისაღით ჩამორჩება მხოლოდ ალმასს და ბორის კუბურ ნიტრიდს. მიკროსისაღე უფრო მდიდარი ბორის კარბიდისა B₁₃C₂ აღწევს 5500-4300 კგ³/მმ².

ფხვნილის მაღალი აბრაზიული თვისება საშუალებას იძლევა წარმატებით გამოყენებულ იქნას სახეხ ქარგოლებში, ძელაკებში და სხვა აბრაზიულ იარაღებში სალი მასალების ხეხვისას და გაპრიალებისას პასტების და სუსპენზიების მომზადებისათვის. ისევე, როგორც SiC, ბორის კარბიდიც გამოიყენება ალმასურ იარაღებში შევსების სახით.

5) სილიციუმის ნიტრიდი. სისტემაში SiC წარმოიქმნება ერთი ქიმიური ნაერთი

Si_3N_4 ის არსებობს ორ მოდიფიკაციაში: α - და β - Si_3N_4 , ორივეს აქვს ჰექსაგონალური გისოსი პერიოდებით α - Si_3N_4 -თვის $a=7,758\text{\AA}$, $c=5,623\text{\AA}$; β - Si_3N_4 -თვის $d=7,608\text{\AA}$, $c=2,910\text{\AA}$.

Si_3N_4 -ში სილიციუმის და აზოტის ატომები შეერთებულია კოვალენტურად გაჯერებული კავშირებით, სადაც ყოველი მეოთხე სილიციუმის ჰიბრიდული SP^3 -ორბიტა ატომისა გადაფარებულია აზოტის ატომის ჰიბრიდული SP^2 -ორბიტით. სილიციუმის ნიტრიდი შესაბამისად ატომებს შორის ძლიერი კოვალენტური კავშირით ფლობს მაღალ სისალეს, თერმული გაფართოების დაბალ კოეფიციენტს და მაღალ ელექტროწინაღობას. სილიციუმის ნიტრიდის ერთერთ მნიშვნელოვან თვისებად ითვლება მისი განსაკუთრებით მაღალი ქიმიური მედეგობა ცხრ.2.2.1-ში მოცემულია Si_3N_4 -ის ზოგიერთი ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური სილიციუმის ნიტრიდზე შესრულებულმა გამოკვლევებმა აჩვენეს მისი საკმაოდ მაღალი აბრაზიული და მექანიკური თვისებები, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოყენებულ იქნას ეს ნიტრიდი აბრაზიულ და საპირე იარაღებში.

უკანასკნელში წარმოიქმნება პრობლემა მისი მტკიცე დამაგრებისა მატრიცაში ან იარაღის საჭერში.

იონური შეერთება. უმეტესად წარმოებაში გამოყენებულ საიარაღო მასალებს იონურ შეერთების საფუძველზე წარმოადგენს კორუნდი და ზუმფარა მინერალები ალუმინის ჟანგის ფუძეზე), ასევე კვარცი, ქვიშაქვა, სილიციუმი (მინარალები სილიციუმის ჟანგის ფუძეზე).

6) საიარაღო მასალები ალუმინის ჟანგის ფუძეზე Al_2O_3 , უფრო ხშირად გამოყენებული ალუმინის Al_2O_3 კრისტალური ჟანგის დასახელებაა კორუნდი, მისი სახესხვაობებია – საფირონი, რებინი და სხვა. α - Al_2O_3 კორუნდის სტრუქტურული ტიპი ხასიათდება კრისტალურ გისოსში ატომების შემდეგი განლაგებით: ალუმინის ატომები განლაგდებიან ჟანგბადის ატომების ჰექსაგონალურ უმჭიდროესად ჩალაგებულ ოქტაედრულ სივარტეში, და ოქტაედრული ფენები დადებულია ერთი მეორეზე ისეთნაირად, რომ C ღერძის გასწვრივ გაჭიმულ სვეტებში ოქტაედრებიდან მონაცვლეობენ ორი შევსებული ოქტაედრი ერთ შეუვსებელთან. სამი მანძილი ტოლია 1,97, სამი სხვა –1,86, უახლოესები Al-Al=2,65, O-O=2,52-2,87 \AA . α - Al_2O_3 სიმკვრივე შეადგენს 3,95გ/სმ³. ჟანგბადსა და ალუმინის ატომებს შორის ქიმიური ბმა Al_2O_3 -ში 70% იონურია.

საიარაღო მასალები ალუმინის ჟანგის ფუძეზე ფლობენ მაღალ სისაღეს (მოოსის სკალით) იცვლება 7-9 ზღვრებში, რაც განსაზღვრავს მის ფართო გამოყენებას სხვადასხვ სახის საპირე იარაღების შექმნისას.

კორუნდი მინერალია, შედგება კრისტალური ალუმინის ჟანგისაგან Al_2O_3 ზოგიერთი მინარევების შემცველობით. მას აქვს სხვადასხვა ფერი - თეთრი, ნაცრისფერი, მურა, ლურჯი, ვარდისფერი და ასე შემდეგ. კორუნდის სიმკვრივე 3,93-4,1 გ/სმ³, სისაღე მოოსის სკალით 9, მისი ძირითადი ფიზიკური თვისებები მოცემულია ცხრილში1.

აწარმოებენ ხელოვნურ აბრაზივებს $\alpha-Al_2O_3$ -ის ფუძეზე, კერძოდ ელექტროკორუნდს, შემცველობა 91-99 წონა.% ალუმინის ჟანგის:

1) ელექტროკორუნდი ნორმალური, შეიცავს მარცვალში 92-96 წონა% Al_2O_3 , ვარდისფერიდან მუქ-ყავისფერ ფერამდე;

2) ელექტროკორუნდი თეთრი 97-99 წონით % Al_2O_3 შემცველობით;

3) ლეგირებული ელექტროკორუნდები, შეიცავენ ტიტანს, ქრომს და სხვა ელემენტებს მისი თვისების არსებითად შევლის მიზნით;

4) მონოკორუნდები შემცველობით 97-98 წონა.% Al_2O_3 , ხელოვნური კორუნდები ხასიათდებიან 1750 °C დარბილების ტემპერატურით, 2040-2050 °C დნობის ტემპერატურით, სიმკვრივით 3,93-4,0 გ/სმ³, მიკროსისალით 1800-2600 კგ³/მმ², მოოსის სკალის სისალით 8,9- 9,1.

ჩამოთვლილი მასალები გამოიყენებიან აბრაზიულ იარაღში ორგანულ და კერამიკულ შემკვრელებზე. ამ დროისათვის საიარაღო მასალებში ფართოდ გამოიყენება მინერალური კერამიკა, რომლის ფუძესაც აგრეთვე შეადგენს $\alpha-Al_2O_3$ (ცხრილი2.2.1), გამოიყენება ძირითადად საპირე იარაღების დამზადებისათვის (საჭრისები, ფრეზები).

მინერალური კერამიკა IIM 332-თეთრი ფერისაა, მზადდება კორუნდის ფუძეზე მინაფაზის დამატებით. მისი სიმკვრივე 3,96-3,98 გ/სმ³, სისაღე მოოსის სკალაზე 9, მდგრადობა გახურებაზე 1200°C-მდე, დრეკადობის მოდული 35000-დან 40000-მდე ამმ/მმ², თბოგამტარობის კოეფიციენტი 0°C-ზე შეადგენს 0,010 კალ/სმ.წმ.გრად. განხილული მასალები ადკეზიური ურთიერთქმედების ხასიათით ახლოსაა ლითონებთან. კორუნდოვანი საიარაღო მასალების დამაგრება შემკვრელში მნიშვნელოვანი პრობლემაა.

7) **საიარაღო მასალები** სილიციუმის ჟანგის ფუძეზე – მინერალებია, რომლებიც ფლობენ მნიშვნელოვან მცირე სისაღეს ალუმინის ჟანგის ფუძის მინერალებთან შედარებით. ასეთნაირად კვარცი ბუნებაში უფრო მეტად გავრცელებული მინერალია, წარმოადგენს უწყლო კრისტალურ სილიციუმის მჟავას, ფლობს სისაღეს მოოსის სკალით 7, მისი სიმკვრივე შეადგენს 2,4-2,7 გ/სმ³. საიარაღო მასალები სილიციუმის ჟანგის ფუძეზე გამოიყენებიან სხვადასხვა სახის აბრაზიულ იარაღებში აბრაზივების და შემკვებების ხარისხით. SiO₂ გამოიყენება, როგორც აბრაზიული იარაღის კერამიკულ შემკვრელის ფუძე.

8) **ლითონისმსგავსი შეერთებები. კარბიდები.** ამ ტიპის კარბიდების კრისტალური სტრუქტურები წარმოქმნიან ძირითადად შეღწევის ფაზებს ან მათთან მიახლოებულ ფაზებს ნახშირბადის იზოლირებული ატომებით, რომლებიც შეღწეულია გარდამავალი ჯგუფის ლითონის ატომებიდან გისოსის სვრეტილებში შესაბამისად ხევის წესით ნახშირბადის და ლითონის ატომური რადიუსების ფარდობით $0,59 > r_{G:Fe} > 0,41$.

IV ა ქვეჯგუფის ლითონები წარმოქმნიან მონოკარბიდებს, რომლებიც კრისტალიზირდება NaCl-ის ტიპის გისოსში. მათთვის დამახასიათებელია ჰომოგენურობის ფართო არე. V ა ქვეჯგუფის ლითონები წარმოქმნიან კარბიდულ ფაზებს HeC_{1-x} და He₂C_{1-x} უკანასკნელი კრისტალიზირდება H₂C ტიპის ჰექსაგონალურ გისოსში.

მონოკარბიდები კრისტალიზირდება გისოსში ჰომოგენურობის არე რამდენადმე ვიწროა IVa ქვეჯგუფის ლითონების მონოკარბიდებთან შედარებით. IVa ჯგუფის ლითონების კარბიდებს, კერძოდ Cr₃C₂ კარბიდს, აქვთ ნახშირბადოვანი ატომების უწყვეტი ზიგზაგისებრი ჯაჭვი რომბისებრ სტრუქტურაში, Cr₃C₂-ს თვლიან კოვალენტური კარბიდების ჯგუფთან. მაგრამ ელექტროგამტარობით და სხვა თვისებებით ის ახლოსაა ლითონის მსგავს კარბიდებთან. გარდა Cr₃C₂ ქრომიწარმოქმნის Cr₂₃C₆ წახნაგდაცენტრებული კუბური სტრუქტურით და Cr₇C₃ ჰექსაგონალური გისოსით, ქრომის კარბიდები გამოირჩევა მაღალი სისალით.

მოლიბდენი და ვოლფრამი M₂C_{1-x} და MeC ფაზებს, რომლებიც კრისტალიზირდება ჰექსაგონალურ გისოსში შესაბამისად Mo₂C და MoC ტიპად. (ზოგიერთი თვალსწარმით WC არ მიეკუთვნება შეღწევის ფაზებს, მაგრამ მათთან ახლოსაა).

IV ჯგუფის გარდამავალი ლითონების კარბიდებიდან V-VIII ჯგუფის კარბიდებამდე გადასვლისას ჰომოგენურობის არის სიგანე, რომელიც განპირობებულია

ლითონის და ნახშირბადის ატომების მდგრადი ელექტრონული კონფიგურაციის სტატიკური წონით, მცირდება. ლითონებს ატომებს შორის C ატომების შეჭრით უკანასკნელი რამდენადმე გაიწვევიან, რის შედეგადაც ხდება ლითონური კრისტალური გისოსის უმნიშვნელო გარდაქმნა და ვითარდება უდიდესი შიგა წნევები, რომელთაც მიჰყავთ გარე ვალენტური ელექტრონების ნაწილის გადასვლაში ნახშირბადოვანი ატომებიდან გარდამავალი ლითონების ატომების უჯერ ელექტრონულ d-დონეზე.

ასეთნაირად, ამ კარბიდებში ატომთაშორის კავშირს აქვთ ლითონური ხასიათი, ამასთან ერთად კავშირებში მონაწილეობას ღებულობენ ნახშირბადის ელექტრონული ატომებიც. ნაჩვენები კარბიდები ფლობენ რიგ ლითონურ თვისებებს (მაღალ ელექტროგამტარიანობას, კუთრი ელექტროწინალობის დადებით თერმულ კოეფიციენტს და სხვა). ისინი ფლობენ მაღალ სისალეს და მხურვალმტკიცობას, რაც აიხსნება, ერთი მხრივ, ატომების გისოსებში სრიალის სიბრტყის გაჭედვით შეღწეული ნახშირბადოვანი ატომებით, მეორე მხრივ კი-ყველაზე ლითონურ ატომებს შორის კავშირების მაღალი სიმტკიცით.

ნახშირბადის მაღალ სწრაფვას უმეტეს ძნელდნობად ლითონებთან მიჰყავს იმასთან, რომ მათი გარბილების დნობის ტემპერატურები მაღალია თვით ლითონების დნობის წერტილებზე (გარდა WC), მაგრამ სრიალის სიბრტყის გაჭედვა, რომელსაც მიჰყავს პლასტიკურობის აცილებასთან, ქმნის მაღალ სიმყიფეს. ცხრ.2.2.2-ში. მოცემულია ზოგიერთი უფრო მეტად მნიშვნელოვანი ლითონისმსგავსი კარბიდების თვისებები.

ამჟამად მრავალი კარბიდი გამოიყენება საიარაღო წარმოებაში. მაგალითად, სალი სხმული კარბიდები W (W_2C -WC შენადნობი) გამოიყენებიან ნავთობის ბურღვისას სატეხების მუშა ზედაპირების და სხვა დეტალებისა და იარაღების აღჭურვისთვის, ტიტანის კარბიდი-აბრაზიულ და სახეხ მასალის თვისობით.

რიგ კარბიდებს იყენებენ ალმასური იარაღის შემკვრელებში ძირითადი შემადგენლობის თვისობით ან შემკვრებებად, რომლებიც ამაღლებენ მათ ცვეთამდეგობის და მთლიანობაში შრომისუნარიანობას.

ბორიდები: მათ მიეკუთვნებიან ბორის ლითონებთან ნაერთები, რომლებიც წარმოქმნიან რიგებს Me_4B , Me_3B , Me_2B , Me_3B_2 , MeB , Me_3B_4 , MeB_2 , MeB_5 , MeB_4 , MeB_6 , MeB_2 . ერთი და იმავე ლითონს შეუძლია მოგვცეს რამოდენიმე ზემოთ ნაჩვენები ნაერთი.

ბორის გარე ორბიტაზე ერთი შეუწყვილებელი p-ელექტრონის არსებობის შედეგად, ბორის ატომებს მტკიცე კოვალენტური კავშირის უნერი აქვთ როგორც საკუთარ კრისტალებში, ასევე სხვა ელემენტებთან შეერთებაში, რომელიც განაპირობებს ბორიდების კრისტალური გისოსის სტრუქტურის სხვადასხვაობას და სირთულეს. გისოსში ლითონის ატომების ჭარბობისას კი ჩვეულებრივ იზოლირებულნი არიან ერთიმეორისაგან, და ბორის ატომების ჭარბობისას კი უკანასკნელნი წარმოქმნიან ჯაჭვებს, ბადეებს, კარკასებს. მთლიანობაში ბორიდებისთვის დამახასიათებელია ქიმიური ბმის რამდენიმე ტიპის დადება. შესრულებული კვანტურ-მექანიკური გამოთვლები აჩვენებენ, რომ ბორის ატომებს შეუძლიათ წარმოქმნან კავშირის s-, p- და d- ფუნქციები, ამასთან d- ფუნქციები თავისუფალ p-ფუნქციებთან ერთად წარმოქმნიან კავშირს Me-B.

Me-B კავშირს აქვს ლითონური ხასიათი და მიჰყავს გამტარიანობის საერთო ზოლის წარმოქმნასთან, რომელიც შედგება ლითონის და ბორის გადაფარებული დონით. გარდამავალი ბორიდების ლითონებში ხდება ვალენტური და შიგა ელექტრონების განზოგადება დაუმთავრებელი d-დონის ასეთი ლითონის ატომების. ეს მჟღავნდება ამ ბორიდების მტკიცე ატომთაშორის კავშირში, დნობის მაღალ ტენპერატურებში, სისალეში, ქიმიურ მდგრადობაში, მხურვალმტკიცობაში. მათ შორის შეიძლება გამოიყოს ფაზების დიდი რიცხვი ჰომოგენობის ვიწრო არით. ხსენებული ბორიდები გარდამავალნი არიან ინტერლითონური (ელექტრონული) ფაზებს და შეღწევის ფაზებს შორის, ინტერლითონურ ფაზებს აქვთ მკაცრად განსაზღვრული შემადგენლობა, ხოლო შეღწევის ფაზებს ჰომოგენობის ფართო არე.

ცხრილი 2.2.2

ზოგიერთი ლითონისმსგავსი კარბიდების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

კარბიდი	$T_{ფობ}, ^\circ\text{C}$	სიმკვრივე გ/სმ ³	კრისტალური გისოსის ტიპი	წარმონაქმნის სითბო, კკალ/მოლ	მიკროსისაღე კგმ/მმ ²	სითბოგამტარობა კალ/სმ.წმ.გრად.	თერმული გაფართოების კოეფიციენტი $\times 10^6$, გრად ⁻¹	კუთრი ელექტრო წინაღობა, მკომ.სმ	დრეკადობის მოდული, კგმ/მმ ²
TiC	3140	4,92	კუბური, წა- ხ- ნაგდაცენტ- რ- ებული	-43,9	2850- 3000	0,263	8,3	52,5	32000
ZrC	3500	6,70	იგვე	-44,1	2925	0,049	6,95	68,0	35500
HfC	3890	12,67	«-----»	-73,7	2913	0,015	6,06	45,0	35900
VC	2830	5,46	«-----»	-24,1	2090	0,059	7,2	98,0	27600
NbC	3500	7,82	«-----»	-31	2050	0,034	6,5	51,1	-
TaC	3880	14,47		-33,7	1714	0,053	8,29	42,1	-
MO ₂ C	2690	9,06	ჰექსაგონა- ლური მჭიდროდ შეფუთუ- ლი	4,2	1480	0,076	7,8	7,1	22100
W ₂ C	2700	17,34	ასევე ჰექსაგონა- ლური	-11	3000	-	-	-	42800
WC	2600 (პერიტ- ექტი- კური დაშ- ლა)	15,7	«-----»	-8,4	1730	0,07	5,2	19,2	72200
Cr ₂ C ₂	1900 «----»	6,74	«-----»	21,0	1300	0,0458	-	75,0	-
Cr ₇ C ₃		6,97	«-----»	-42,5	1330	0,0364	9,4	109,0	-
Cr ₂₃ C ₆	1520 «----»	6,98	კუბური, წა- ხნაგ- დაცენტრე- ბული	-16,6	970	0,0437	-	127,0	-

ცხრილში 2.2.3 მოცემულია გარდამავალი ლითონების ზოგიერთი ბორიდების სტრუქტურები და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ბორიდების მექანიკური თვისებები განისაზღვრება სტრუქტურული დეფექტების, მონარეცების, ფორიანობის არსებობით. მათთვის დამახასიათებელია მნიშვნელოვანი სისაღე, რომელიც

დაკავშირებულია ატომთაშორის ბმების მიმართული ხასიათით და მაღალი ენერგეტიკული სიმტკიცით. პერიოდული სისტემის ჯგუფებში ლითონის რიგითი ნომრის და უბნის დიაგნალით ზრდასთან ერთად ბორიდების მიკროსისალე მცირდება, სადაც განლაგებულია გარდამავალი ლითონები.

ცხრილი 2.2.3

გარდამავალი ლითონების ბორიდების თვისებები:

შემადგენლობა	კრისტალური სტრუქტურა	სიმკვრივე, გ/სმ ³	t დნ, °C	კუთრი ელექტროგამტარობა, მკომ.სმ	მიკროსისალე კგზ/მმ ²
TiB ₂	ჰექსაგონალური	4,52	–	9,0	3000
ZrB ₂	>>	6,09	3040	9,7	2800
HfB ₂	>>	11,28	3250	10,6	2350
VB ₂	>>	4,61	2400	5,8	2300
NbB ₂	>>	7,0	3000	25,7	1850
Nb ₃ B ₄	რომბისებრი	7,33	2290	33,5	1400
TaB ₂	ჰექსაგონალური	11,7	3100	32,5	2450
MoB ₂	>>	–	2100	45	2200
α-W ₂ B ₅	რომბოედრული	11,0	2300	21	2250

გარდამავალი ლითონების ბორიდები ხასიათდებიან მაღალი სიმყიფით, რომელიც დაკავშირებულია ატომთაშორისი ბმის დიდ სიხისტესთან, რომელიც ართულებს ბორიდების გისოსებში დრეკადი ძაბვების რელაქსაციას.

უკანასკნელ წლებში ლითონისმსგავსი ბორიდები ჰპოვებენ უფრო ფართო გამოყენებას წარმოებაში. ბორიდები TiB₂, ZrB₂, NbB₂, W₂B₂ ფლობენ მაღალ აბრაზიულ უნარს, გადამეტებულს სხვადასხვა მარკის ელექტროკორუნდზე. ბორიდების მაღალი აბრაზიული თვისებები შეეხამება მის მდგრადობას დასამუშავებელ მასალასთან ურთიერთქმედებაში, რაც საშუალებას იძლევა გამოიყენონ ისინი ხერხვისას, მაგალითად, ტიტანის და სხვა შენადნობში, ასევე პლასტიკურ ლითონებში, ამ დროს უზრუნველყოფილი უნდა იყოს დასამუშავებელი ზედაპირის უფრო მაღალი ხარისხის და სიწმინდე, ვიდრე სინთეზური ხერხვისას. ისინი შეიძლება წარმატებით

გამოყენებულ იქნა რბილი და ბლანტი მასალების დაყვანისთვის და მიხევისათვის, აბრაზიულ ქარგოლებში, ლენტებში, ალმასური იარაღის შემვსებლების ხარისხით.

გარდამავალი ლითონების ნიტრიტები ზოგიერთ შემთხვევებში ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც აბრაზიული საიარაღო მასალები, მათი გამოყენება შეზღუდულია.

კარბიდებში, ბორიდებში, ნიტრიდებში ლითონური ბმის განსაზღვრული ნაწილის მიზეზით, მათი ურთიერთქმედება ლითონებთან და დასველებადობა უფრო მაღალია, ვიდრე იონურ და კოვალენტურ შეერთებებში.

იარაღებში ასეთი ლითონისმსგავსი შეერთებების გამოყენება ლითონის ბმებზე სუფთა სახით ან ერთობლივად სხვა აბრაზივებთან ერთად ფრიად პერსპექტიულია.

2.2.3. ქვისმჭრელი ალმასური იარაღი ადჰეზური შემკვრელით

ქვისმჭრელი იარაღის მედეგობის გაზრდა, ალმასის შემცველობის შემცირება – დასამუშავებელი მრეწველობის მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

სერიულად წარმოებული ალმასის იარაღის ექსპლუატაციის გამოცდილება და ამ მიმართულებით ჩატარებული გამოკვლევები [89] აჩვენებენ, რომ ლითონური შემკვრელით ალმასის იარაღის შრომისუნარიანობა 10-ჯერ მცირეა ალმასური მარცვლის შრომისუნარიანობაზე. ეს აიხსნება იმით, რომ ჩვეულებრივ გამოყენებული შემკვრელი, რომელიც ამაგრებს ალმასის მარცვლებს ალმასის ფენაში, არ ფლობს აუცილებელ ადჰეზიურ თვისებებს ალმასთან ფარდობით. შემკვრელების შემცველობის არჩევისას ჩვეულებრივ განიხილავენ მხოლოდ მის მექანიკურ თვისებებს. შემკვრელის შენადნობის ადჰეზიური უნარიანობა ალმასთან ჩვეულებრივ არ გაითვალისწინება და არ განიხილება.

ცვეთამედეგი იარაღი, რომელშიც ულტრაბგერის დახმარებით ალმასის პატარა ნაწილაკები გადანაწილდება იარაღის კარკასში, შემდეგ გაიჟღინთება შემკვრელით – ასეთ იარაღად მიჩნეულია ქვის დამამუშავებელი იარაღი შემკვრელით – M50.

გამოკვლევების საფუძველზე დადგინდა, რომ გრანიტის დამამუშავებისას სტანდარტული იარაღით დაახლოებით 26,5% ალმასის მარცვლებისა ცვივდებიან მატრიციდან, ვერ აღწევენ მნიშვნელოვან ცვეთას, თავის მხრივ, მიყავს შემკვრელის

მასალის ცვეთის მკვეთრ ინტენსიფიკაციასთან მატრიცის ზედაპირზე ღრმა კვალის წარმოქმნით. დარღვეული მარცვლის რაოდენობა შეადგენდა მხოლოდ 3,3%.

გრანიტის დამუშავების დროს (შემკვრელი M50) მკვეთრად გაიზარდა დარღვეული მარცვლების რიცხვი, საშუალოდ მიაღწია 10,3% , გადმოცვენილი მარცვლების რიცხვმა შეადგინა 26,5%.

ალმასის მარცვლების მუშაობის რესურსი შეიძლება ჩაითვალოს ამოწურული, მხოლოდ დარღვეულ მარცვლებზე. დანარჩენი მარცვლები ცვივდებიან მატრიციდან ცვეთის სხვადასხვა ხარისხით ან მის გარეშე [48].

ცხრილი 2.3.1

გრანიტის და მარმარილოს ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები

სახეობა	სიმკვ- რივე გმ/სმ ³	ფორი- ანობა %	ჰიგროსკოპი ულობა, %	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, კგმ/სმ ²	დარბი- ლების კოეფიცი- ენტი	ცვეთადობა ქარგოლზე, გმ/სმ ²
გრანიტი	2.65	0.89	0.48	1593	0.93	0.32
მარმარილო	2.73	1.03	0.16	663	0.92	2.44

იარაღში ალმასის მარცვლების ფაქტიური გამოყენება ადჰეზიურად აქტიური შემკვრელით შეადგენს მარმარილოს დამუშავების დროს 8%-მდე შესაძლო რესურსიდან, გრანიტის დამუშავების დროს შეადგენს დაახლოებით 6%-ს. ამის მიზეზია ალმასის მარცვლების ცუდი დამაგრება.

იარაღის მუშაობის რესურსის გამოკვლევები და საწარმოო გამოცდები ტარდებოდა ქანებზე, რომელიც ნაჩვენებია ცხრ.2.3.1-ში.

აუცილებელ პირობად გამკვრივების მაღალი ხარისხისათვის და მტკიცე ალმასი-ლითონის კომპოზიციის ფორმირებისათვის თხევადფაზური შეცხოებისას და აგრეთვე მატრიცაში ალმასის მარცვლის მტკიცე ჩამაგრებისას გვევლინება დასველების მაღალი ხარისხი და ალმასის ადჰეზია ლითონით.

მრეწველობაში თხევადფაზური შეცხოებით მზადდება შემკვრელები: M1, M3, M50. შემკვრელი MO3 იცხოება თხევადი ფაზის გარეშე და შედგება ძირითადად კობალტისაგან, რომელიც, მართალია მას აქვს განსაზღვრული ქიმიური სწრაფვა

აღმასთან, წარმოქმნის შედარებით არამტკიცე კავშირს აღმასის მარცვლებთან, რადგანაც მყარ მდგომარეობაში ლითონის კონტაქტი და აღმასის მარცვლის ზედაპირები არასრულყოფილია.

ამრიგად, აღმასის ქვისმჭრელი იარაღის შექმნისათვის ლითონურ შემკვრელით აუცილებელია უზრუნველყოფილი იქნეს:

1. მატრიცის საკმარისი სისალე: გრანიტისათვის HRC=18-40(M50,M03); მარმარილოსათვის HRB=80-100(M3,M1).

2. აღმასის მარცვლის ადჰეზიური დამაგრება მატრიცაში, უზრუნველყოფილი აღმასის კარგი დასველებით შემკვრელის გადნობით.

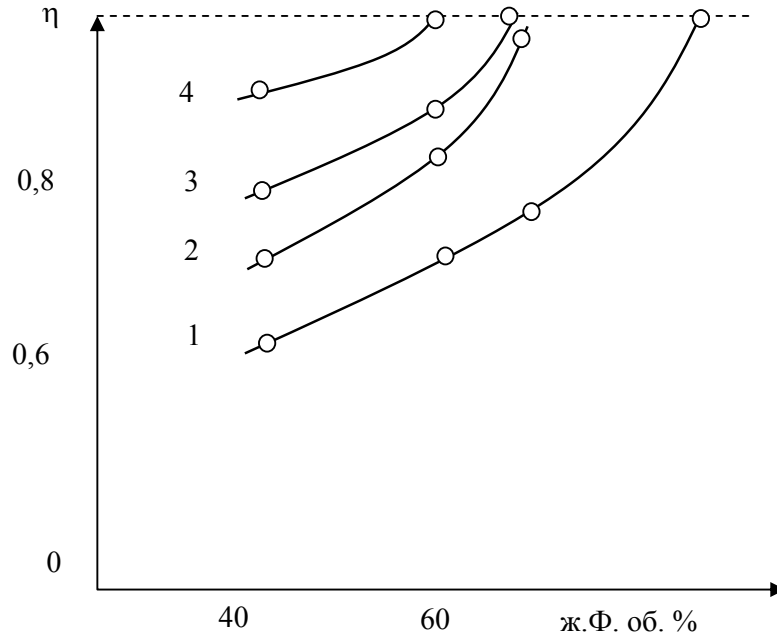
არსებული შემკვრელები – M3, M1, M50 და M03 ფლობენ აუცილებელი თვისების განსაზღვრულ კომპლექსებს: სისალეს, ცვეთამედეგობას, თვითაღსვლის უნარიანობას. ასეთი შემკვრელების ადჰეზიური თვისების გაუმჯობესება მისი ფიზიკო-მექანიკური თვისების შენარჩუნებით, ან შესაძლებელია, გაუმჯობესებითაც, ხელს უნდა უწყობდეს იარაღის შრომისუნარიანობის მნიშვნელოვან ზრდას. ამ მიზნით შენადნობში შეყავთ ადჰეზიური დანამატები (Ti, Cr), რომლებიც ძლიერი ადსორბციული ეფექტის გამო მკვეთრად ცვლიდნენ დასველების ხარისხს, ფაზათაშორის დაჭიმვას და ადჰეზიას ზღვარზე აღმასი-ლითონი, მცირედ მოქმედებენ შენადნობის მოცულობით თვისებაზე.

შემკვრელების საფუძვლის თვისებით ამორჩეული იქნენ შემდეგი შენადნობები: Cu-Ag, Cu-Sn, Cu-Ni, პირველ ორში შეყავთ ტიტანი, მესამეში-ქრომი, გარდა ამისა შესწავლილია კობალტური ფხვნილისებრი შემკვრელი, სადაც შეჰყავდათ ადჰეზიურად აქტიური შემდგენი: Cu-Sn-Ti. ქრომისებრ მყარფაზა ფხვნილისებრ შემკვრელში შეჰყავდათ სპილენძ-ნიკელის შენადნობი. ამ შემკვრელის შედგენილობაში უმატებდნენ ძნელდნობად სალ აბრაზიულ შემდგენს: ბორისა და ქრომის კარბიდი, BK ტიპის შენადნობი, რომლებითაც, მატრიცის ცვეთამედეგობის გაზრდით, შენარჩუნებულია სისალე ოპტიმალურ ზღვრებში, მოცემულია ცხრ.2.3.2.

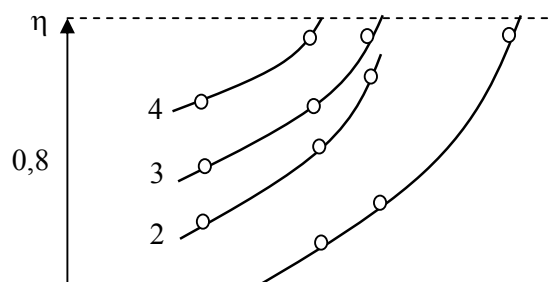
გამოკვლევული შენადნობების დასველების და ადჰეზიის მიღებული მონაცემების და ყველა ამორჩეული შენადნობების სისალის დამატებითი შესწავლის საფუძველზე, საორიენტაციოდ განსაზღვრულია მათი შემდგენები და შესაძლებელი შემკვრელის ხარისხით აღმასის იარაღის მოხმარების სფერო მარმარილოს ან გრანიტის დამუშავებისათვის, ასე მაგ. სპილენძი-ვერცხლის შემკვრელი ტიტანის დამატებით, ქრომირებული და კობალტური შემკვრელები გამოიყენება გრანიტის დამუშავების

დროს. ადჰეზიურად აქტიური ბრინჯაოს შემკვრელები მიზანშეწონილია, გამოყენებულ იქნას იარაღში მარმარილოს დამუშავებისათვის.

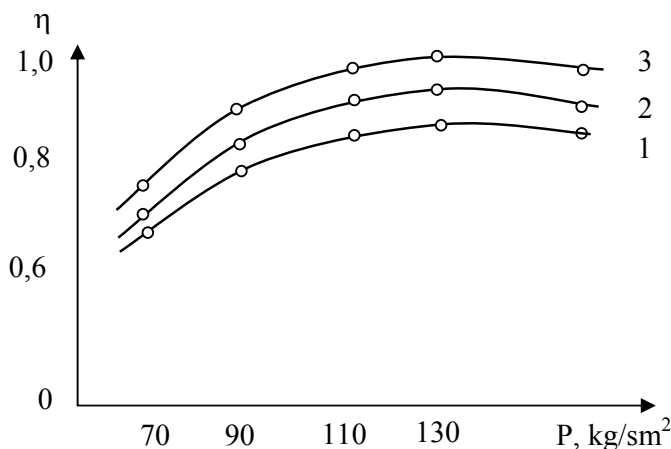
შემდგენების დაზუსტება და შედარებით ეფექტური შემკვრელების არჩევა წარმოების საბოლოო რეკომენდაციებისათვის გაკეთებული იყო იარაღი-ნიმუშის გამოცდის საფუძველზე ყველა შემდგენის შემკვრელით იარაღის ნატური ნიმუშის შემდგომი გამოცდით წარმოების პირობებში.



ნახ.2.3.1. გამამკვრივებელი სიდიდის სისტემაში ალმასი-Cu-Ag-Ti დამოკიდებულობა თხევადი ფაზის მდგომარეობასთან:
1- თავისუფალი შეცხობა; 2-წნევა 10; 3-40; 4-100 კგ/სმ²



ნახ.2.3.2. გამამკვრივებელი სიდიდის სისტემაში ალმასი-Cu-Sn-Ti დამოკიდებულება თხევადი ფაზის მდგომარეობასთან.
1- თავისუფალი შეცხობა; 2- წნევა 10; 3-40; 4-100კგ/სმ²



ნახ.2.3.3. გამამკვრივებელი სიდიდის სისტემაში ალმასი-Cr-Cu-Ni დამოკიდებულება ცხელი წნეხის დაწვევასთან:
1- Cr-10 (Cu-Ni), 2- Cr-30 (Cu-Ni), 3- Cr-50 (Cu-Ni).

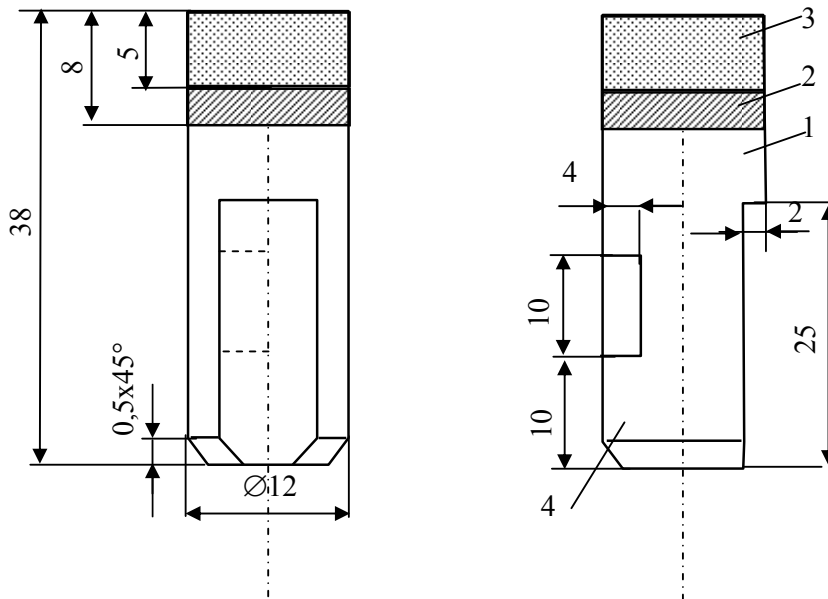
ალმასი-ლითონური კომპოზიციის გამკვრივების პროცესის კანონზომიერების შესწავლის საფუძველზე წნეხის ქვეშ შეცხობისას სხვადასხვა ფაქტორებზე დამოკიდებულებით (დამატებული წნეხის სიდიდე, მყარი ფაზის მარცვლოვანება, ლითონური შემდგენების და სხვა) მონახულია კრიტიკული წნევები და ოპტიმალური რეჟიმები მკვრივი მასალების მიღებისათვის [81].

კომპოზიციის ალმასი-Cr-Cu-Ni და სხვა ჩაჯდომის გამოკვლევის შედეგებმა თხევადი ფაზის სხვადასხვა შემცველობით (ნახ.2.3.(1,2,3), აჩვენებს, რომ გამკვრივება არსებითადაა დამოკიდებული თხევადი ფაზის რაოდენობაზე მოდებული წნეხის სიდიდეზე. მჭიდრო ნიმუშების მიღებისათვის აუცილებელია ძალა 150 კგ/სმ². ეს

მონაცემები გამოყენებულია იარაღების საცდელი ნიმუშების წარმოებისას. იყო შექმნილი სპეციალური აპარატურა ალმასი-ლითონის კომპოზიციის და მაღალ-ვაკუუმში იარაღების შეცხოვისათვის [59].

ნიმუშებს ამზადებდნენ შემდეგნაირად: ალმასის და ლითონის ფხვნილების ნარევს ცივად წნებადნენ 100-1500 კგ/სმ². ბერკეტი, რომელსაც ცილინდრული ფორმა ჰქონდა ($\Phi=12$ მმ, $h=4,5$) ფოლადის ღეროსთან კონტაქტში შედიოდა გრაფიტირებულ წნებფორმაში, რომელიც იტვირთებოდა ღუმელში. ნიმუშის წნებფორმაზე შეცხოვის შეტყობინებისათვის კონტაქტურ ზედაპირებს წაესმევა ჰექსაგონალური ბორის ნიტრიდის სუსპენზია. შეცხოვა წარმოებდა მაღალ ვაკუუმში მუდმივი წნევის ქვეშ. გახურების სიჩქარე 800 °C-მდე შეადგენდა საშუალოდ 10 გრად/წთ.

ტემპერატურის შემდგომი ზრდა შეცხოვის ტემპერატურამდე ხორციელდებოდა 2-5 წთ, და წარმოიქმნა დაყოვნება 5-10 წთ, რომელიც უზრუნველყოფს ალმასის ნაწილაკების მთლიანად დასველებას მეტალური ნადნობით და გამკვრივებას, რომელიც ახლოსაა თეორიულად გამოთვლილთან. გაცივების და წნებ-ფორმიდან ამოღების შემდეგ ნიმუშები მექანიკურად მუშავდებოდნენ (ნახ.2.3.4).



ნახ.2.3.4. ალმასური იარაღი-ნიმუში სხვადასხვა შემკვრელზე:

1-ფოლადის საჭერელა; 2-უალმასო ნაწილი; 3-ალმასნადები ნაწილი; 4-საბჯენი შემზღუდველი.

დამუშავების ხაზოვანი სიჩქარე $v=2,5-3,0$ მ/წმ, მიწოდების სიჩქარე $S=0,28$ მმ/ზრ, დამუშავების სიღრმე $h=0,15-0,2$ მმ. გრანიტის დამუშავებისას იარაღზე ძალვა შეადგენდა 12კგმ განურჩევლად შემკვრელის შემადგენლობისა. დადგენილია

ალმასის იარაღის დაბალი მედეგობა CAM 400/315 M50 შემკვრელზე [58, 59].

ადჰეზიურად-აქტიური შემკვრელების იარაღებისათვის, CAM-თვის და ბუნებრივი ალმასებისათვის მონაცემები მოცემულია ცხრილში 2.3.2.

ცხრილი 2.3.2

ალმასის კუთრი ცვეთა გრანიტის დამუშავებისას არსებულ და ადჰეზიურად-აქტიურ შემკვრელებზე

შემკვრელის შემადგენლობა	ალმასის მარკა	ალმასის პირობითი კონცენტრაცია, მოც. %	ალმასის საშუალო კუთრი ცვეთა, მგ/სმ ³	მოხსნილი ქანის მოცულობა, სმ ³
Co+Cd+FeS(M03)	A+ACC400/315	50	0,18	2320,00
(Co+WC)Cu(M50)	A400/315	50	0,14	736,46
(Co+WC)Cu(M50)	CAM400/315	50	0,87	115,46
(CuAgTi)+27,5BK(A ₁)	CAM400/315	100	0,094	4488,90
(CuSnTi)+27,5BK(A ₂)	CAM500/400	50	0,12	1989,0
(CuSnTi)+15BK+12,5B ₄ C	CAM500/400	50	0,101	1978,0
(CuSnTi)+15BK+12,5B ₄ C	ACC400/315	50	0,111	900,0
(CuSnTi)+27,5BK	A400/315	50	0,09	554,76
(Cr-Cr ₃ C ₂ -CuNi)+B ₄ C	A+ACC400/315	50	0,034	4590,87
(Cr-Cr ₃ C ₂ -CuNi)	A400/315	50	0,092	1623,04
Co+40%CuSnTi	A400/315	50	0,11	1441,4

მიუხედავად იმისა, რომ ყველა იარაღში გამოყენებულია თითქმის ერთნაირი სინთეზური ალმასები, კუთრი ხარჯი იცვლება შემკვრელის შემადგენლობასთან დამოკიდებულებით. იარაღს ვერცხლისშემცველი შემკვრელით და CAM აქვთ კუთრი ხარჯი, რომელიც ტოლია 0,094 მგ/სმ³. კარგი შედეგებია მიღებული იარაღებით ალმასებისაგან CAM 500/400 შემკვრელით: BK6-15 %, B₄C-12,5 %, დანარჩენი Cu-Sn-Ti. ალმასის კუთრი ხარჯი შეადგენს 0,1 მგ/სმ³. გრანიტის სინთეზური ალმასით დამუშავებისას შედარებისათვის, ალბათ, შეიძლება აღებულ იქნას ალმასის კუთრი ხარჯი, 0,18 მგ/სმ³, შემკვრელზე M03. ამ შემკვრელზე ალმასის კუთრი ხარჯი შეადგენს

0,14 მგ/სმ³. საუკეთესო შედეგებია მიღებული იარაღით მუშაობისას ქრომულ შემკვრელზე, რომელიც შეიცავს 20 % Cu-Ni შენადნობს. კუთრი ხარჯი აქ შეადგენს 0,034 მგ/სმ³ [33, 34, 81].

ცხრილი 2.3.3.

ალმასის კუთრი ცვეთა მარმარილოს დამუშავებისას არსებულ და ადჰეზიურად-აქტიურ შემკვრელებზე

შემკვრელის შემადგენლობა	ალმასის მარკა	ალმასის პირობითი კონცენტრაცია, მოც. %	ალმასის საშუალო კუთრი ცვეთა, მგ/სმ ³	მოხსნილი ქანის მოცულობა, სმ ³
Co+Cd+FeO(M3)	ACK400/315	50	0,0081	25938,2
Cu+Sn(M1)	A400/315	50	0,0066	15195,088
(CuSnTi)+27,5BK	CAM400/315	50	0,00515	19383
CuSnTi	A500/400	100	0,00135	114663,1
(CuSnTi)+27,5BK	A400/315	50	0,03	19420

დანარჩენმა შემკვრელებმა აჩვენეს უფრო მაღალი ცვეთა, განსაკუთრებით BK-ს 27,5 %-ზე მეტი შემცველობისას, რაც შესაძლოა, დაკავშირებულია ასეთი შემკვრელის ამაღლებულ სიმციფესთან. მაგრამ, მაინც, ეს შემკვრელებიც შეიძლება ჩაითვალოს საუკეთესოდ ვოლფრამის კარბიდის ფუძეზე არსებულ შემკვრელებთან შედარებით.

ასეთნაირად, გამოკვლევების შედეგებმა აჩვენეს, რომ გრანიტის დამუშავებისას საუკეთესო შემკვრელი Cu-Sn-Ti BK-ს შეყვანით, და განსაკუთრებით შემკვრელი ქრომის ფუძეზე (Cu-Ni-Cr-Cr₃C₂-B₂C, სადაც მოცულობა Cr-Cr₃C₂ არ აღემატება 60%); ალმასების კუთრი ხარჯი იარაღებში ამ შემკვრელზე ორჯერ და მეტად დაბალია, ვიდრე არსებულელებში.

ჩატარებული გამოკვლევების შედეგად ამორჩეული იქნა შემკვრელის ოპტიმალური შემადგენლობა, რის შემდეგაც მუშავდებოდნენ უშუალოდ საწარმოო ნიმუშები (სეგმენტები ხერხებისათვის). დამზადებული იქნა ნატური იარაღები ქვის ჭრისათვის –გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლები დიამეტრით 1250 მმ შემუშავებული საუკეთესო შემკვრელის საფუძველზე (Cu-Ni-Cr-Cr₃C₂-B₄C), რომლებმაც გაიარეს

საწარმოო გამოცდები ქვისდამამუშავებელ ქარხნებში და აჩვენეს ალმასის კუთრი ხარჯი 1,5-2-ჯერ მცირე, ვიდრე ქარგოლებმა არსებულ შემკვრელებზე [10].

ასეთნაირად, ადჰეზიურად-აქტიური შემკვრელების გამოყენება მატრიცების სახით ალმასური ქვისმჭრელი იარაღისათვის საშუალებას იძლევა არსებითად ამალდეს მისი ექსპლუატაციური თვისებები.

2.3. დასკვნები

1. ალმასური მარცვლების სიმტკიცის გავლენის დადგენისათვის ალმასური სეგმენტების შრომისუნარიანობაზე კონტროლდებოდა ფხვნილები: AC 65 315/250, AC 80 315/250, AC 100 315/250. ჩატარებულმა ექსპერიმენტმა აჩვენა, რომ ალმასების კუთრი ხარჯი უკუპროპორციულია მარცვლების სიმტკიცისა. სეგმენტური ხერხებით კურსების ტემენიტის ქვის ჭრისას შერჩეული იყო შემკვრელი M50-G.
2. ალმასების ოპტიმალური კონცენტრაცია და მარცვლების ზომა ფასდებოდა იარაღზე კუთრი დანახარჯების მაჩვენებლით. კურსების ტემენიტის დამუშავების კონტროლის შედეგად საუკეთესო შედეგები იყო მიღწეული AC 80 400/315 მარკის და $40 \div 60\%$ ალმასების კონცენტრაციის გამოყენებისას.
3. კონტროლის შედეგად გამოვლინდა, რომ ალმასების მინიმალური კუთრი ხარჯის ზონა იმყოფება 30-50 მმ დიაპაზონში. კუთრი ხარჯის ზრდა ჭრის სიღრმის 50 მმ-ზე მეტი გაზრდით აიხსნება ხახუნის ძალის გაზრდით და ამასთან თბური ეფექტის შესაძლო გადიდებით.
4. დაკვირვების შედეგად მაქსიმალური ტემპერატურა აღინიშნება თხელ ზედაპირულ ფენაში, რაც თავის მხრივ უარყოფითად გამოვლინდება როგორც ალმასური მარცვლების, ასევე ქარგოლის მთელს მუშა ფენის სიმტკიცურ მახასიათებლებზე.
5. ალმასურ ფხვნილებზე ლითონური დაფარვების დადება აუმჯობესებს სითბოს არინების პირობებს ხეხვის ზონიდან და აგრეთვე უზრუნველყოფს მარცვლების უფრო უკეთესად შეკავებას შემკვრელით ე.წ. “პერანგის“ არსებობის საშუალებით - მათ ზედაპირზე ლითონური აფსკით, რომლებიც იცავს მარცვლებს მოხლეჩისა

- და რღვევისაგან, ამაღლებს მათ სიმტკიცეს. ამის შედეგად მნიშვნელოვნად მცირდება ალმასების კუთრი ხარჯი და იზრდება იარაღის მწარმოებლურობა.
6. ალმასნადები ფენის მახასიათებლის და გახერხვის რეჟიმების ამორჩეულ პარამეტრებზე მიზანშეწონილია 20 მმ სიგრძის მუშა ელემენტების გამოყენება.
 7. ელემენტის მუშა წახნაგზე მუდმივად იმყოფება 3-5 შედგენილი მჭრელი წიბო, რომელიც უზრუნველყოფს მაღალ შრომისუნარიანობას. მჭრელი წიბოების რიცხვის, ალმასების კონცენტრაციის 100%-ზე მეტით და ელემენტების 20 მმ-ზე მეტით გაზრდას ცვეთამედეგობის უმნიშვნელო გაზრდით, მივყავართ ალმასის კუთრი ხარჯის და დახერხვის თვითღირებულების გაზრდასთან.
 8. მარცვლების აქტიური რიცხვი იზრდება ქარგოლის ბრუნზე $h_{\text{ბრ}}$ მიწოდების და მოცემული გადანაჭერი სისქის a' გაზრდის პროპორციულად.
 9. ძალა და სიმძლავრე დახარჯული მხოლოდ რღვევაზე შეადგენს ჭრის ძალისა და სიმძლავრის საერთო მნიშვნელობის 12-16%, ხოლო დანარჩენი 84-88% იხარჯება ალმასური მარცვლისა და ქანის ხახუნზე.
 10. იარაღის ელემენტებში ალმასური მარცვლების საშუალოდ აწონილი დიამეტრის 2-ჯერ გაზრდას მივყავართ წინასწარ დარღვეული ზონის სიღრმის 1,5-ჯერ გაზრდასთან.
 11. კურსების ტემენიტის ქვის დამუშავებისას საუკეთესო შემკვრელია Cu-Sn-Ti BK-ს შეყვანით. ალმასის კუთრი ხარჯი ამ შემკვრელში 2-ჯერ და მეტად დაბალია, ვიდრე არსებულეებში.

თავი 3. ექსპერიმენტალური გამოკვლევები

3.1. სეგმენტური ქარგოლები და მათი ხარისხის კონტროლის მეთოდები

ქარგოლების კონსტრუქციები და ზომები. ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლები, დანიშნულნი სხვადასხვა მთის ქანების, ცეცხლგამძლეების, ბეტონებისა და რკინაბეტონების ჭრისათვის გამოშვებულია ГОСТ 16117-85 - ვიწრო სეგმენტშორისი კილოებით.

ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლი შედგება ფოლადის კორპუსისაგან, რომელიც შესრულებულია ბრტყელი დისკოს სახით, და მასზე მირჩილული ალმასნადები ფენისგან. ალმასური ქარგოლების საერთო ხედი ნაჩვენებია ნახ.1.2.9-ზე, ძირითადი ზომები და მახასიათებლები კი ცხრ.3.1-ში.

ქარგოლის მუშა ელემენტები არიან სეგმენტები, რომელთა ალმასებიც არღვევენ დასამუშავებელ მასალას. სეგმენტები შედგებიან ალმასნადები (Sd) და უალმასო (S-Sd) ფენებისაგან, უკანასკნელი საჭიროა კორპუსზე სეგმენტების დამაგრების მოთხოვნილი სიმტკიცის უზრუნველყოფისათვის, და ასევე ქარგოლების დამზადების სიზუსტისათვის. უალმასო ფენის სიმაღლე შეადგენს 2-3 მმ სეგმენტის საერთო სიმაღლისას 7-10 მმ. ქარგოლების მუშაობის ექსპლოატაციური მაჩვენებლები ძირითადად დამოკიდებულია გამოყენებული ალმასების ხარისხზე და ზომაზე, მათ კონცენტრაციაზე მუშა ფენაში და შემკვრელის ტიპზე.

ქარგოლების ძირითადი მახასიათებლები. გადამჭრელი ქარგოლების სეგმენტები დაარმატურდება ბუნებრივი ალმასებით, რომლებიც განსხვავებულია ხარისხით და მარცვლოვანებით. არსებული ტექნიკური დოკუმენტაციით (ტექნიკური პირობები „ალმასური ნედლეული“ და ГОСТ 9206-70 „ალმასური ფხვნილები“) ამ იარაღში შეიძლება გამოყენებულ იქნას შემდეგი ალმასური ნედლეული:

ალმასები XY ჯგუფის, ქვეჯგუფი „b“ სისხოთი 600-400, 400-200 ცალი კარატზე (600-1000);

ალმასური კონცენტრატი, XXY ჯგუფი, I-ხარისხი (ძირითადი ფრაქციის ზომა 200-600მკმ);

დამსხვრეული ალმასები XXXY ჯგუფის, ქვეჯგუფი „a“ სისხოთი 200-600, 600-400 და 400-200 ცალი კარატზე (500-1000მკმ);

ალმასური ფხვნილები მარცვლოვანებით 400/315, 500/400;630/500 (315-630მკმ).

ნედლეულის მოცემული მახასიათებლებიდან უფრო ხარისხიანია XY ჯგუფის ალმასები, რომლებიც წარმოდგენილია სხვადასხვა ფორმის მთლიანი კრისტალებით და მცირე დამახინჯების მქონე მათი ნატეხებით. XXXY ჯგუფის ალმასები და ფხვნილები

წარმოადგენენ დაბალი ხარისხის ნედლეულს, რომელმაც გაიარეს მსხვრევითი დამუშავება, ძირითად ფრაქციას შეადგენენ ალმასების იზომეტრიული ნატეხები. კონცენტრატები ეს ალმასური ნედლეულის სახეა, არა უმეტეს 5% მინარევების შემცველობით.

ალმასების კონცენტრაცია ახასიათებს მათ გაჯერების ხარისხს იარაღის მუშა ფენის მოცულობის ერთეულზე. მიღებულია ჩაითვალოს, რომ კონცენტრაციის 100 პირობით ერთეულში 1 სმ³ მოცულობაში შეიცავს 0,878 გ (4,4 კარატი) ალმასს, რაც დაახლოებით შეესაბამება ალმასნადები ფენის ¼ მოცულობას.

მასალას, რომელშიც დამაგრდებიან ალმასები სეგმენტებში, ეწოდება შემკვერი. ძირითადი მოთხოვნები, წაყენებული მათ მიმართ, არიან ალმასური მარცვლების შეკავების სიმტკიცე და ახლების თავისდროული გახსნა გაცვეთილი ალმასების ამოვარდნისას. გადამჭრელ ქარგოლებში გამოიყენება ლითონური შემკვერელები: სპილენძკალიანი M1 (80 ÷ 100HBR) და სალშენადნობიანი (25 ÷ 35HRC). ქარგოლის კორპუსზე სეგმენტები მაგრდებიან [34, 40, 66, 80].

სახეხი ქარგოლების მომზადება მუშაობისათვის და მათი პარამეტრების კონტროლი. ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით და ტექნოლოგიურ პროცესზე დაკვირვებით შემუშავებული იქნა ახალი შემადგენლობის სახეხი ქარგოლის მუშაობისათვის მომზადებისა და იარაღის საკონტროლო პარამეტრების შემოწმების მეთოდოლოგია ქვემოთ მოყვანილი თანმიმდევრობით. იარაღი საწყობიდან მიღების შემდეგ გულმოდგინედ უნდა გაირეცხოს ნავთით ანტიკორიზიული დაფარვის კვალის სრულ მოცილებამდე და შემდეგ მშრალად გაიხეხოს რაიმე ძველმანით.

ჩარხზე დაყენებამდე გადამჭრელი ქარგოლები გადიან საკონტროლო შემოწმებას დეფექტების აღმოჩენის მიზნით, რომლებიც შეიძლება აღმოჩენილიყო იარაღის ტრანსპორტირებისას ან შენახვისას. საკონტროლო შემოწმება ჯამდება ქარგოლის ვიზუალური კონტროლისაგან, და მისი გეომეტრიული ზომებისაგან ვიზუალური კონტროლი ტარდება ქარგოლის კორპუსის ზედაპირის და მისი სეგმენტების ყურადღებით შემოწმებით. სეგმენტების მუშა ზედაპირზე არ უნდა იყოს შენაღებები და ნიჟარები სიღრმით და სიგანით 0,5მმ-ზე მეტი, და აგრეთვე დაბრეცილები, ბზარები და ნაწიბურები, შესწორების კვლებს არ უნდა ჰქონდეთ სიღრმე 0,05მმ-ზე მეტი. დასაჯენ ნახვრეტზე ნაჩაქურჩარები და საკოჭები (ნაშტამპისაგან) დასაშვებია არა უმეტეს 0,1მმ, დასაჯენი ნახვრეტის ნაწიბურები დაბლაგვებული უნდა იყოს.

ქარგოლის კორპუსის არასიბრტყივობა მოწმდება საკონტროლო შაბლონით და საცევით კორპუსის ზედაპირსა და შაბლონის მუშა პირს შორის ღრეჩოს სიდიდეზე, რომელსაც ზედ ადებენ ვერტიკალურად დაყენებული ქარგოლის გვერდით ზედაპირების დიამეტრზე და ქორდებზე. ქარგოლის კორპუსის გვერდითი ზედაპირების არასიბრტყივობა (დაბრეცვა, ამობურცვა და სხვა) შემოწმებული მითითებული ხერხით უნდა იყოს შემდეგი:

ცხრილი 3.1.

არასიბრტყივობა ქარგოლის დიამეტრზე

ქარგოლის დიამეტრი, მმ	არასიბრტყივობა, მმ
250-დან 400-მდე	0,1
400-დან 800-მდე	0,2
1000	0,3
1100 და 1250	0,4
1400	0,5
1600	0,6
2000	0,7

კორპუსის ცენტრალური ნაწილის გვერდითი ზედაპირების არასიბრტყივობა მიმჭერი მილტუჩების ზონაში არ უნდა აღემატებოდეს დიამეტრებისათვის 1400 მმ-მდე - 0,05მმ, 1600 და 2000 მმ-თვის კი - 0,1მმ.

ჩარხზე დაყენებამდე ქარგოლები საკონტროლოდ მოწმდება შესაძლო დეფექტების აღმოჩენის მიზნით, და აგრეთვე მოწმდებიან ტორსულ რადიალურ ცემაზე საათის ინდიკატორის $\frac{1}{4}$ ტიპის საშუალებით. ინდიკატორის შტატივი (სადგარი) დაყენდება ჩარხის მაგიდაზე, მუშა წკირი კი კონტაქტირდება ან კორპუსის ტორსთან პერიფერიასთან ახლოს (ტორსული ცემის გაზომვისას) ან აღმასნადები სეგმენტის მუშა ზედაპირთან (რადიალური ცემის გაზომვისას), გადამჭრელი ქარგოლი ამ დროს მოტრიალდება ხელით (ნახ.3.1., ა, ბ).

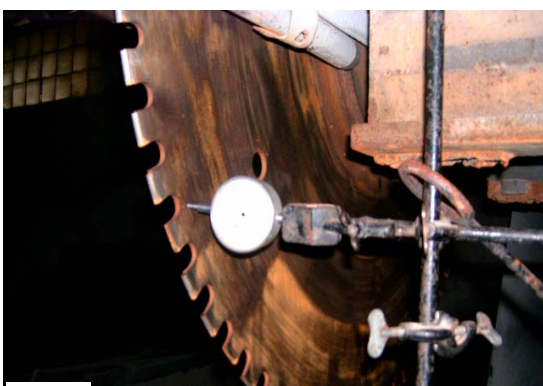
რადიალური და ტორსული ცემის დასაშვები მნიშვნელობები ქარგოლებისათვის ნორმალური სეგმენტათშორისი კილოებით (ГОСТ 16115-70) და ვიწრო კილოებით (ГОСТ 16116-70) მოყვანილია ცხრილში.

გადამჭრელი ქარგოლის ცემის დასაშვები მნიშვნელობები

ქარგოლის დიამეტრი, მმ	ცემა, მმ			
	რადიალური		ტორსული	
	სტანდარტული ქარგოლები			
	16115-70	16116-70	16115-70	16116-70
250	0,16	0,15	0,25	0,17
320	0,20	0,15	0,32	0,21
400	0,25	0,15	0,40	0,26
500	0,30	0,20	0,50	0,33
630	0,40	0,25	0,63	0,42
800	0,50	0,30	0,80	0,53
1000	0,60	0,40	1,00	0,67
1100	0,66	0,40	1,10	0,73
1250	0,75	0,50	1,25	0,83
1400	0,80	0,50	1,40	0,93
1600	0,90	0,50	1,60	1,10
2000	1,00	0,50	2,00	1,40

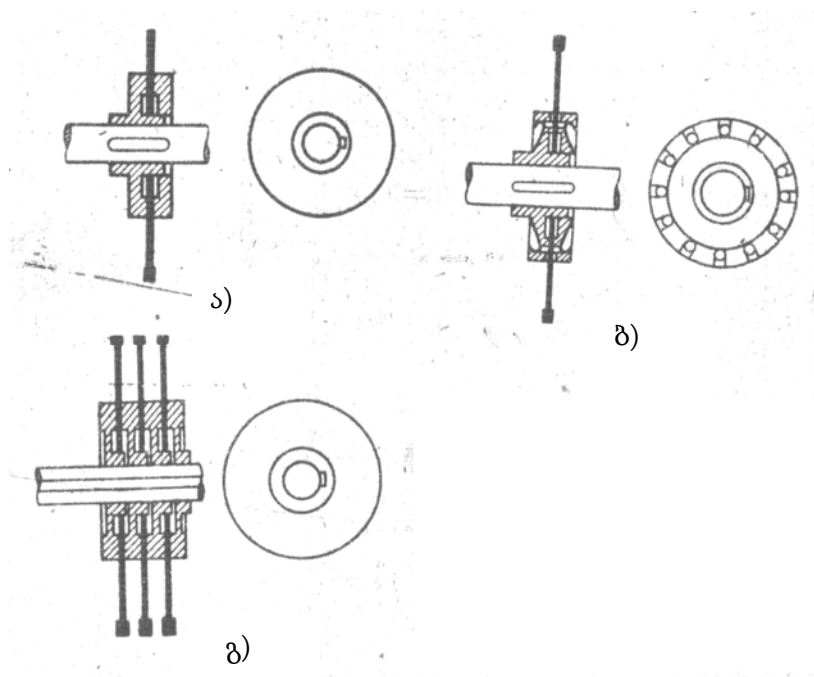
ქარგოლების დეფექტების აღმოჩენის ან დასაშვები ცემის გადაჭარბების შემთხვევაში ისინი უნდა აღმოიფხვრას გაწმენდით, შესწორებით და სხვა მსგავსებით. წინააღმდეგ შემთხვევაში ჩარხზე დაყენებისას შესაძლებელია იარაღის შრომისუნარიანობის დაქვეითება და მისი გატეხვა.

ქარგოლების დაყენება ლილვზე და ცემის კონტროლი. მუშა ლილვზე გადამჭრელი ქარგოლის დაყენების წინ საჭიროა შემოწმდეს უკანასკნელის ცემა. ამისათვის ИЧ ტიპის ინდიკატორი დაყენდება ჩარხის მაგიდაზე და მისი მუშა წვირი მიეზღინება ან უშუალოდ ლილვს (რადიალური ცემის გაზომვისას), ან საბაზო საყრდენის ტორსს (ტორსული ცემის გაზომვისას); ამ დროს ლილვი ტრიალდება ხელით. ლილვის დასაშვები ცემა შეადგენს: რადიალური-0,1 მმ; ტორსული-0,1 მმ.



ნახ.3.2. გადამჭრელი ქარგოლის ტორსული (ა) და რადიალური (ბ) ცემის შემოწმება

ჩარხის ლილვზე გადამჭრელი ქარგოლების დაყენებისათვის გამოიყენება სპეციალური მიმჭერი მილტუჩები (ნახ.3.3).



ნახ.3.3. მიმჭერი მილტუჩების სქემები:

ა- ტიპური მილტუჩა საფრეზი ჩარხისათვის; ბ- წყალგამანაწილებელი მილტუჩა საფრეზი ჩარხისათვის; გ- მილტუჩა-სადგამი მრავალხერხიანი ჩარხებისათვის

ჩვეულებრივი მიმჭერი მილტუჩა (ნახ.3.3,ა) შედგება ორი კონუსური საყელურისაგან, რომელთა შორისაც მოთავსებულია ქარგოლი. ნახ.3.3, ბ-ზე გამოსახულია გაუმჯობესებული წყალსანაწილებელი მილტუჩა ერთი ქარგოლისათვის, რომელიც საშუალებას იძლევა უფრო რაციონალურად დაიხარჯოს გამაცივებელი სითხე. ნახ. 3.2, გ-ზე წარმოდგენილია მილტუჩა-სადგამი, ჩვეულებრივად

გამოყენებული მრავალხერხიან ჩარხებში. გარდა ლილვზე ქარგოლების დამაგრებისა, ის უზრუნველყოფს მათ ფიქსაციას ერთმანეთთან მოცემულ მანძილზე. ყველა შემთხვევაში გადამჭრელი ქარგოლი დაყენდება მილტუჩას ჩასასმელ შვერილზე, რომელიც შეესაბამება ქარგოლის ნახვრეტის დიამეტრს.

ქარგოლის დაყენება უშუალოდ ლილვზე არაა რეკომენდირებული. ქარგოლს უნდა ჰქონდეს სრიალა ჩამოსაცმელი. თუ ჩამოსაცმელი აღმოჩნდება მჭიდრო, საჭიროა მილტუჩას შვერილი მსუბუქად გაიხეხოს წვრილი აბრაზიული ზუმფარით. იმ შემთხვევაში, როდესაც გადამჭრელი ქარგოლი ჩაისმება მილტუჩას ჩასასმელ შვერილზე ძალიან თავისუფლად, 0,1 მმ-ზე მეტი ღრეჩოთი, მიტუჩა უნდა შეიცვალოს.

იარაღის საჭირო სიხისტის უზრუნველყოფის მიზნით მიმჭერი მილტუჩების დიამეტრმა უნდა შეადგინოს $0,32 \pm 0,34$ % $\Phi 250-800$ მმ ქარგოლების დიამეტრებისაგან და $0,28 \pm 0,30$ % $\Phi 1000-2000$ მმ ქარგოლების დიამეტრებისაგან.

ჩარხზე დაყანებული გადამჭრელი ქარგოლი უნდა შემოწმდეს რადიალურ და ტორსულ ცემაზე, რომლებმაც არ უნდა გადააჭარბონ დასაშვებ მნიშვნელობებს. ქარგოლის ცემის გაზომვა ინდიკატორით ნაჩვენებია ნახ.3.1.2.ა,ბ-ზე. რაც უფრო ნაკლებია ქარგოლის ცემა, მით უკეთესია მისი მუშაობის პირობები, ნაკლებია ალმასების ხარჯი, უკეთესია გადანაჭერის ხარისხი. ასე მაგალითად, გრანიტის ჭრისას 30 მმ სიღრმეზე ტორსული ცემის 0,79-დან 0,15 მმ-მდე დაწევა ამცირებს ალმასების კუთრ ხარჯს 2,5-დან 1,2 კარატი/მ²-მდე 0,6 მ/წთ მუშა მიწოდების სიჩქარისას და 3,3-დან 1,7 კარატი/მ²-მდე 0,8 მ/წთ მიწოდების მიწოდების სიჩქარისას.

1250 მმ და უფრო დიდი დიამეტრის ქარგოლები ქვისსაჭრელ ჩარხზე დაყენებამდე უნდა შეწონასწორებულნი იყვნენ სპეციალური სარგულით «დენტუკულების» გადაადგილების საშუალებით მის რგოლისებრ კილოზე, რის შემდეგაც ქარგოლები სარგულებით დაყენდება შპინდელის ლილვზე [57, 63].

მრავალხერხიან ჩარხის ლილვზე გადამჭრელი ქარგოლების დაყებებისას საჭიროა დაცულ იქნას ოპერაციების შემდეგი თანმიმდევრობა: ჩამოეცვას ლილვზე საყრდენი მილისები, რომელთა რაოდენობა და სიგრძე განისაზღვრება გადამჭრელი ქარგოლების ნაკრებით; დაყენდეს საბაზო მილტუჩასთან ერთად კიდურა გადამჭრელი ქარგოლი და ამის შემდეგ დანარჩენი გადამჭრელი ქარგოლები მილტუჩებით-სადგარებით; ჩამოეცვას მიმჭერი მილისები, რომელთა რაოდენობაც განისაზღვრება ლილვის ნაწილით, რომელიც დარჩა თავისუფალი; ჩაიხრახნოს ქანჩი და წინაღქანჩი.

ქარგოლები დიამეტრით 500, 630 და 800 მმ მუშა ლილვზე ფიქსირდება ხახუნის ძალით, რომელიც იქმნება მილტუჩა სადგარებში და გადამჭრელი ქარგოლების კორპუსებში ქანჩის ჩახრახნვით; ქარგოლები დიამეტრით 1000, 1100 მმ და მეტიც – სოგმანის და ქანჩის საშუალებით.

მრავალხერხიანი ჩარხის ლილვზე გადამჭრელი ქარგოლების დაყენებისას საჭიროა თვალყურის დევნა, რათა მათი ფიქსაციის შემდეგ მეზობელი ქარგოლების სეგმენტთაშორისი კილოები არ დაემთხვენ ერთმანეთს ლილვის და ხერხების ნაკრების რეზონანსური რხევის აღძვრის გამორიცხვისათვის;

მუშაობის რეჟიმის კონტროლის ძირითადი ტექნოლოგიური ხერხები და პარამეტრები. ჩარხის მუშა მაგიდაზე გასაჭრელი ნაკეთობის დაყენებისას საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი მოთხოვნებით:

- მაგიდის სამუშაო ფართი გამოყენებული უნდა იყოს მაქსიმალური დატვირთვით;
- გასაჭრელი ნაკეთობა საიმედოდ უნდა იყოს დამაგრებული, რათა გამოირიცხოს მისი ძვრა მუშაობის პროცესში და ქარგოლის მსხვრევა; საფრეზავ-მოსაარშიებელ ჩარხებზე ფილები მაგრდებიან ხის სოლების ან სპეციალური დასამაგრებელი მომჭერების საშუალებით; მრავალხერხიან ჩარხებზე გადამჭრელი ნამზადი მაგრდება მომჭერი სავარცხლებით; ერთდროული ფრეზვისას ფილების შეკვრა მთელს სიღრმეზე დასაშვებია, ზედა ფილების ძვრის ასარიდებლად, შეკვრის მოჭერა განხორციელდეს სპეციალური ტვირთით.
- მუშაობის დაწყებამდე, აუცილებლობის შემთხვევაში, საჭიროა სეგმენტების მუშა ზედაპირზე ალმასების გახსნა დაბალი სიმტკიცის მქონე მაღალაბრაზიული მასალის ფასაჭრელით (შამოტი, დინასი, სილიკატური აგური, ქვიშა-ცემენტისანი ბეტონი და სხვა მსგავსები) მიწოდების სიჩქარით 0,5-0,8 მ/წთ და ჭრის სიღრმით 15-20 მმ. გასაჭრელი აბრაზიული მასალის საერთო ფართობი ცვლაზე შეიძლება შეადგინოს 0,2 მ² და მეტი. ალმასების გახსნის შემდეგ ახალი გადამჭრელი ქარგოლი უნდა მიესახმაროს 1-2 საათის განმავლობაში შემსუბუქებულ ჭრის რეჟიმებზე (40-50% ოპტიმალურიდან).

ალმასური გადამჭრელი ქარგოლებით მუშაობისას ტექნოლოგიური რეჟიმის მახასიათებლის ძირითადი პარამეტრებია: ჭრის სიჩქარე (წრიული), მუშა მიწოდების სიჩქარე და ჭრის სიღრმე. ჭრის სიჩქარე უმეტეს ჩარხებზე გვევლინება მუდმივ პარამეტრად, შეპირობებული მუშა ლილვის ბრუნთა რიცხვთან.

ორი სხვა პარამეტრი-მუშა მიწოდების სიჩქარე და ჭრის სიღრმე განსაზღვრავს ჩარხის მწარმოებლურობას. მათი ამორჩევა ხორციელდება დასამუშავებელი მასალების მექანიკური თვისებებიდან გამომდინარე, გამოყენებული მოწყობილობის გათვალისწინებით. ამორჩევის სისწორის კონტროლისათვის სარგებლობენ მაჩვენებლით «ქარგოლის ტექნოლოგიური მწარმოებლურობა».

$$\Pi = 10V_{\Pi} \times H_{\Pi}, \text{ სმ}^2/\text{წთ},$$

სადაც V_{Π} - მუშა მიწოდების სიჩქარე მ/წთ-ში;

H_{Π} - ჭრის სიღრმე მმ-ში.

Π მაჩვენებლის რაციონალური მნიშვნელობები შეესაბამება იარაღის ეკონომიურ მუშაობას. მწარმოებლურობის მნიშვნელობები განსაზღვრულია ალმასური გადამჭრელი ქარგოლების ექსპლუატაციის ცდების გაზიარების საფუძველზე, მაგრამ ისინი ყოველთვის არაა დაცული. ზოგიერთ ქვისდამამუშავებელ საწარმოებში მუშაობის რეჟიმები აჭარბებენ მწარმოებლურობის რეკომენდირებულ მნიშვნელობებს 2-3-ჯერ, რასაც მიყავს ალმასური იარაღის გადიდებულ ხარჯთან. უკანასკნელის შედარებით მაღალი ღირებულების გათვალისწინებით, მწარმოებლურობის ამაღლება ყოველთვის არაა ხელსაყრელი, რადგანაც მიყავს ის დამამუშავების ღირებულების გაძვირებასთან.

მწარმოებლურობაზე ჭრის სიღრმის და გრძივი მიწოდების გავლენა სხვადასხვა მნიშვნელობისაა. მწარმოებლურობის მუდმივ დონეზე შენარჩუნებისათვის შემცირებისას აუცილებელია გაიზარდოს ჭრის სიღრმე და პირიქით. იმის გათვალისწინებით, რომ ჭრის სიღრმის გაზრდა საშუალებას იძლევა შემცირდეს დროის დანახარჯი, ზოგიერთი დამხმარე ოპერაციების შესრულებაზე, რეკომენდირებულია მიღებულ იქნას ამ რეჟიმის პარამეტრის მაქსიმალურად შესაძლო მნიშვნელობა. პრაქტიკულად ჭრის სიღრმე განისაზღვრება დასაჭრელი მასალის სისქით, ქარგოლის ზომით, განაჭერის ზედაპირის მოთხოვნით სწორხაზოვნებაზე და სიბრტყივობაზე და მთელი რიგი სხვა ფაქტორებით.

დამამუშავებადობის 1-3 კატეგორიის ქანები (ნიჟარქვა, ტუფი, კირქვა, მარმარილო, თაბაშირი და სხვა) შეიძლება გადაიჭრას იარაღის ერთ გავლაზე მაქსიმალურად შესაძლო სიღრმეზე რომელიც დასაშვებია გადამჭრელი ქარგოლის დიამეტრით და ელექტროამპრავის სიმძლავრით. მრავალხერხებიან დასახერხ ჩარხებში ჭრის სიღრმის ამორჩევა განპირობებულია ჩვეულებრივად მაღალი ნამზადით, საფრეზ-მოსაარშიებელ

ჩარხებში კი-ფილების სისქით (ფილების უმნიშვნელო სისქისას დასაშვებია მათი ჩალაგება შეკვრით 6-8 ცალამდე). ბაზალტები, გაბრო, ტემენიტები, ლაბრადორიტები, ანუ დამუშავებადობის მე-4-5 კატეგორიის ქანები იფრეზება 60-100 მმ-მდე სიღრმეზე ერთ გავლაზე და ცალკეულ შემთხვევებში (ალმასების კარგი გახსნისას და მუშა მიწოდების ამძრავის რეგულირებული მექანიზმის არსებობისას) – მაქსიმალურად შესაძლო სიღრმეზე მოცემული ქარგოლისათვის. და, ბოლოს, დამუშავებადობის მე-6 და მეტი კატეგორიის ქანები, როგორც წესი, იჭრება მრავალგავლითი მეთოდით ჭრის სიღრმით ერთ გავლაზე: მე-6-8 კატეგორიის ქანებისათვის-30-60 მმ და მე-9 კატეგორიის ქანებისათვის - 20-30 მ.

დიდი სისქის ნამზადების დამუშავებისას განახერხის მიმართულების და სიბრტყივობის უზრუნველყოფის მიზნით რეკომენდირებულია შესრულდეს თავდაპირველად პირველი «მიმართველი» გაჭრა განსაზღვრული სიღრმით (10-50 მმ-მდე).

ჭრის სიღრმის, გრძივი მიწოდების სიჩქარის და მათი სწორი თანაფარდობის შერჩევა არის მნიშვნელოვანი მომენტები საფრეზ-მოსაარშიებელი სამუშაოების წარმოებისას. გამოკვლევები, რომლებიც შესრულებულია ლაბორატორიულ და წარმოების პირობებში, საშუალებას იძლევა დასამუშავებელი მთის ქანების, დასაჭრელი ნაკეთობების სისქის, გადამჭრელი ქარგოლების ზომების და სიხისტის, და აგრეთვე გამოყენებული საჩარხო მოწყობილობების გათვალისწინებით რეკომენდირებულ იქნას დამუშავების რეჟიმები. მაგრამ, ცალკეულ შემთხვევებში (მთის ქანების ბლოკების ფილებად დახერხვისას, სიმსხოსაზომის ჭრისას და სხვა მსგავსი) ჭრის მუშა რეჟიმები შეიძლება განსხვავებულ იქნან მოცემული მნიშვნელობებისაგან. ასეთნაირად, რბილი ქანების ჭრისას (ტუფი, კირქვა და სხვა) ჭრის სიღრმე შეიძლება დავიდეს 350-400 მმ-მდე და მეტზე. მხოლოდ მაგარ კვარციტებში, იასპებში ჭრის სიღრმე ხანდახან შეადგენს 5-10 მმ. თხელი ზომის ფილების დამუშავებისას ოპტიმალური მწარმოებლურობის მიღწევისათვის საჭიროა გაიზარდოს გრძივი მიწოდება, რომელიც მაგალითად, აზბესტცემენტის ფურცლების ფრეზვისას სისქით 10 მმ ჩამოდის 10-12 მ/წთ-მდე. ყველა ამ შემთხვევებში რეჟიმის პარამეტრების ამორჩევის კრიტერიუმად უნდა იმსახუროს ჭრის მწარმოებლურობამ.

ქარგოლების გაცივება. ქვის ჭრა ალმასური გადამჭრელი ქარგოლებით ტარდება უხვი წყლის გაცივებით, განსაკუთრებული შემთხვევების გამორიცხვით, როდესაც

წყლის დიდი რაოდენობით გამოყენება არასასურველია ან საერთოდ გამოირიცხება (თაბაშირის, აზბესტცემენტის და სხვა ჭრისას). წყალი უნდა მიეწოდოს ჭრის ზონაში გადამჭრელ ქარგოლს ორივე მხრიდან. ქვისდამუშავების პრაქტიკაში უფრო მეტი გავრცელება ჰპოვა გამაცივებელი სითხის (წყალი) მიწოდების შემდეგმა მეთოდებმა:

- 1) ჭავლიანი-ქარგოლის ორივე მხარეზე ორი მილისებრი საქმენის საშუალებით;
 - 2) მრავალჭავლიანი-პერფორირებული ფიწალი ფრქვევანათი ქარგოლის ორივე სიბრტყეზე;
 - 3) მრავალჭავლიანი-ორი პერფორირებული ნახევარქარგოლებით, რომლებიც განლაგებულია ორივე მხარეზე მომჭერ მილტუჩასთან ახლოს;
 - 4) მრავალჭავლური-პერიფერიული პერფორირებული საქმენით (მრავალხერხიანი ჩარხებისათვის);
 - 5) მრავალჭავლური-სპეციალური წყალგასანაწილებელი მილტუჩით
- მესამე და მეხუთე მეთოდები არიან სრულყოფილნი, დანარჩენი-ჩვეულებრივი. წყლის ხარჯის ეკონომიურობას და ეფექტურობის თვალსაზრისით უპირატესობა უნდა მიეცეს პირველ-ორ მეთოდს.

წყლის ხარჯი იარაღის დიამეტრზე და გაცივებისათვის წყლის მიწოდების მეთოდებზე დამოკიდებულებით მოცემულია ცხრილი 3.2-ში.

ცხრილი 3.2

წყლის ხარჯი გადამჭრელი ქარგოლით ქვის ჭრისას

ქარგოლის დიამეტრი, მმ	წყლის ხარჯი ქარგოლზე, ლ/წთ	
	მიწოდების ჩვეულებრივი მეთოდისას	მიწოდების სრულყოფილი მეთოდისას
250-320	10-15	8-10
400-630	20-25	15-20
800	30-35	20-25
1000-1100	40-45	30-35
1250	50-60	40-45
1400,1600	60-70	45-50
2000	70-80	55-60

წყლის ხარჯის მითითებული მნიშვნელობები შეესაბამება ქარგოლების მუშაობას მაგარ ქანებზე; რბილ ქანებზე და საშუალო სიმაგრის ქანებზე ჭრის მწარმოებლურობის გაზრდასთან ერთად უნდა გაიზარდოს წყლის ხარჯი 20-25%-ით.

3.1.1. ალმასების ხარჯის კონტროლი სეგმენტური ქარგოლებით ქვის ჭრისას

მწარმოებლურობასთან ერთად ქარგოლის შრომისუნარიანობა ხასიათდება ალმასების ხარჯითაც დამუშავებული ზედაპირის ერთეულზე, რომელიც განისაზღვრება ალმასების წონით რაოდენობით კარატებში, დახარჯული 1მ² დასამუშავებელ ფართზე.

ალმასების ხარჯის მაჩვენებელი ფართოდ გამოიყენება ქვის დამუშავების პრაქტიკაში ქარგოლის მუშაობის შეფასებისათვის. ის ადვილად განისაზღვრება ქარგოლში ალმასების თავდაპირველი წონით და მათი განაჭერის ფართის რაოდენობით. ქარგოლის ექსპლუატაციის პროცესში ალმასების ხარჯი დგინდება სეგმენტების ხაზოვანი ცვეთით. სეგმენტების ცვეთა შეიძლება გაიზომოს მიკროსკოპის საშუალებით YUM-21, კონტაქტურ-ოპტიკური კომპარატორით U3M-10 ან სპეციალური კავით, რომელიც წარმოადგენს მზომ იარაღს, აღჭურვილს საათური ტიპის ინდიკატორით. სეგმენტის სიმაღლის გაზომვისათვის კავის ყოველი მეორე საყრდენი დაყენდება სეგმენტაშორის ღრეჩოში ისე, რომ ინდიკატორის ბუნიკი იმყოფებოდეს სეგმენტის მუშა ზედაპირთან კონტაქტში. ამის შემდეგ ინდიკატორის სკალიდან ამოკითხებიან სეგმენტის სიმაღლის მნიშვნელობები. ყოველ ქარგოლზე გაზომვა წარმოებს 4-6 სეგმენტზე, რომლებიც თანაბრადაა განაწილებული მის წრეწირზე. განაჭერის მოცემული ფართის მიღების შემდეგ (მარმარილოზე არა უმეტეს 0,5-1,0 მ², გრანიტზე არაუმცირეს 0,2-0,3 მ²) წარმოებს განმეორებითი გაზომვა იგივე სეგმენტების. სიმაღლეების სხვაობით განისაზღვრება მათი ხაზოვანი ცვეთა, შემდეგ კი გამოითვლება მისი საშუალოარითმეტიკული მნიშვნელობა (Δh_{cp}). ალმასების ხარჯი განაჭერის 1 მ² ფართზე გამოითვლება ფორმულით:

$$\Delta q = \frac{P\Delta h_{cp}}{5000S}, \text{ კარატი/მ}^2,$$

სადაც P -ალმასების მასაა ქარგოლში, კარატი;

Δh_{cp} -ქარგოლის სეგმენტების საშუალო ცვეთაა სიმაღლეზე,მკმ;

S-განაჭერის ფართი, მ²;

5000-კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სეგმენტის ალმასნადები ფენის სიმაღლეს (2000 მმ დიამეტრის ქარგოლებისათვის ის საჭიროა აილოს 7000-ის ტოლი).



ნახ.3.4. სეგმენტური ალმასური იარაღის ცვეთის გასაზომი ხელსაწყო

დასამუშავებელი მასალის სახეობისაგან დამოკიდებულებით ალმასების ხარჯი იცვლება მნიშვნელოვან ზღვრებში.

ქვის დამამუშავებელ საწარმოებში, სადაც ექსპლუატირდება ალმასური იარაღი, უნდა შედგეს ქარხნის ნორმები ნაკეთობის კონკრეტულ სახეობაზე მისი ზომების, დასამუშავებელი მასალის თვისების, გამოყენებული მოწყობილობის და სხვათა გათვალისწინებით.

სხვადასხვა საწარმოებში ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლების მუშაობაზე შესრულებული ანალიზი აჩვენებს, რომ ბუნებრივი ქვის ჭრისას ალმასების ხარჯი იცვლება მნიშვნელოვან ზღვრებში. 500-630 მმ დიამეტრის მქონე ქარგოლებისათვის ხარჯის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღწევს (კარატი/მ²):

კირქვებზე, ტუფზე, ტრავერტინზე	- 0,15-0,3;
ქვიშაქვებზე, შამოტზე, დინასზე	- 0,35-0,5;
მარმარილოზე	- 0,10-0,3;
გაბროზე, ბაზალტზე, ლაბრადორიტზე	- 0,5-0,9;
გრანიტებზე	- 0,9-1,5;
კვარცის მაღალი შემადგენლობის გრანიტებზე და	

კვარცებზე

- 1,5-2,5

სხვა დიამეტრის მქონე ქარგოლების ალმასების ხარჯის მნიშვნელობა შესაბამისად იცვლება ალმასნადები სეგმენტების სისქის ცვლის პროპორციულად.

აუცილებლად კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ ალმასების ხარჯი მნიშვნელოვანი ხარისხითაა დამოკიდებული დასამუშავებელი მთის ქანის თვისებებზე. ქანებს, რომლებიც მიეკუთვნებიან დამუშავებადობის ერთ კატეგორიას, შეიძლება ეს მაჩვენებელი ჰქონდეთ ძლიერ განსხვავებული. ასე, მაგალითად, კოელგინსკის საბადოს მარმარილოს ჭრისას ალმასების ხარჯი შეადგენს 0,07-0,15 კარატი/მ², გაზგანსკის საბადოს მარმარილოს დამუშავებისას კი-0,2-0,3 კარატი/მ². იანცევსკის, ტოგოვსკის საბადოს გრანიტები მუშავდებიან უფრო რთულად, ვიდრე ჟეჟელევსკის, ნოვოდანილოვსკის; პირველების დამუშავებისას ალმასის ხარჯი შეადგენს 0,8-1,2 კარატი/მ², მეორის კი-0,6-0,9 კარატი/მ² (მოსკოვის ქვისდამამუშავებელ კომბინატში 500 მმ დიამეტრის მქონე ქარგოლების გამოცდის მონაცემები). ალმასების ხარჯზე და იარაღის მდგრადობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ: გამოყენებული მოწყობილობის მდგომარეობა, მფრეზავის პრაქტიკული გამოცდილება, და აგრეთვე სწორად შერჩეული ქარგოლის მახასიათებლები და მისი დამზადების ხარისხი. ქვის დამუშავების ტექნიკის და ტექნოლოგიის გაუმჯობესებას მიჰყავს ამ მაჩვენებლის შემცირებამდე და უზრუნველყოფს ალმასური გადამჭრელი ქარგოლების უფრო ეკონომიურ მუშაობას.

3.2. ალმასური ზოლურა ხერხების კონსტრუქციული პარამეტრების,

შრომისუნარიანობის და მათი დამზადების ტექნოლოგიური

თავისებურებების კვლევა

ალმასური ზოლურა ხერხის კონსტრუქციის შემუშავების ამოცანის დასმის თანახმად, იარაღის ალმასისტევადობა შემცირებული უნდა იყოს იმ პირობით, რომ ალმასის კონსტრუქცია ალმასურ ძელაკებში დარჩეს უცვლელი, არჩეული ადრე ზოლურა ხერხების მუშა ალმასური ელემენტების ალმასის მატარებელი ფენის ოპტიმალური მახასიათებლების განსაზღვრის გამოკვლევების შესრულებისას. ამ დროს დახერხვის მწარმოებლობა და ხერხის ცვეთამედეგობა არ უნდა შემცირდეს.

იარაღის აღმასისტევეადობის შემცირება შეიძლება მიიღწიოს, კერძოდ, აღმასური მუშა ელემენტების რიცხვების შემცირების ხარჯზე.

I-თავში აღწერილ ზოლურა ხერხების კონსტრუქციებში აღმასური ელემენტები განლაგებულია მუშა წახნაგის მთელს ზედაპირზე თანაბრად. ასეთი ხერხების უარყოფითი მხარეა ელემენტების ჯგუფის არათანაბარი ცვეთა, რომელიც განლაგებულია პერიფერიულ უბნებზე, როცა ყოველი მომდევნო ელემენტი ხერხის ცენტრალური ნაწილის მიმართულებით ცვდება წინაზე მეტად. ამის შედეგად ცენტრალური აღმასური ელემენტების სრული ცვეთის შემდეგ ხერხი ითვლება ამორტიზირებულად, რომელსაც აქვს არასრულად გაცვეთილი პერიფერიული აღმასური ელემენტები. ამ დროს აღმასების კუთრი ხარჯი იანგარიშება შინაარსის და არასრულად გაცვეთილი აღმასური ელემენტების გათვალისწინებით. არსებობენ კონსტრუქციები, რომელთა აღმასური ელემენტებიც დაყენებულია ცვლადი ბიჯით ხერხის მუშა წახნაგის მთელ სიგრძეზე აღმასური ელემენტების თანაბარი ცვეთის უზრუნველყოფის და აღმასების ხარჯის შემცირების მიზნით. ეს იმით მიიღწევა, რომ ხერხის ცენტრალური ნაწილი კორპუსის უბნებზე, რომელიც ტოლია დასამუშავებელი მასალის სიგრძისა და ჩარჩოხერხის და სვლის სხვაობის, შესრულებულია აღმასურ ელემენტებს შორის მუდმივი მანძილით, პერიფერიულ უბნებზე კი, რომელიც ტოლია ჩარჩო ხერხის სვლის სიგრძის, აღმასურ ელემენტებს შორის მანძილი ცვლადია.

ქვემოთ მოცემულია ელემენტების ცვლადი ბიჯის გაანგარიშების მეთოდიკა, რომლის თანახმადაც აღმასურ ელემენტებს შორის ცვლადი მანძილი განისაზღვრება გამოსახულებით:

$$t_i = \frac{t \cdot A}{X_i}$$

სადაც X_i – აღმასური ელემენტის კოორდინატია პერიფერიულ უბნებზე;

t - აღმასისმატარებელ ელემენტს შორის მანძილი;

A – ჩარჩოხერხის სვლა.

ლაბორატორიული გამოკვლევებისათვის დამზადებული იყო ორი აღმასური ზოლურა ხერხი. ერთი აღმასური ელემენტების მუდმივი ბიჯით, მეორე კი ცვლადით, რომელიც გაანგარიშებულია ზემოთ მოყვანილი გამოსახულების ელემენტების რიცხვი 2200 მმ სიგრძის ხერხზე ცვლადი ბიჯით 6 ცალით ნაკლები აღმოჩნდა. ასეთივე ტიპ-ზომის ხერხის საპირისპიროდ, მაგრამ მუდმივი ბიჯი (15, 21 ცალის საპირისპიროდ

შესაბამისად) ელემენტების ალმასისმატარებელი ფენის მახასიათებლები მიღებულ იქნა ადრე შემუშავებული კვლევების საფუძველზე მთის ქანის გაბროს ტიპის დახერხვისას AC32. 400/315-100-M6-14.

ორივე ხერხი ერთდროულად დაყენდა ჩარხ-სტენდის ჩარჩოხერხში და გამოიცდებოდა ტემენიტის ბლოკის დახერხვისას.

ლაბორატორიული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ხერხებს ელემენტების მუდმივი ბიჯით, ელემენტების ჯგუფს, განლაგებულს პერიფერიულ უბნებზე, შეემჩნევათ არათანაბარი ცვეთა, და ხერხებს ელემენტების ცვლადი ბიჯით კი პერიფერიულ ელემენტების ერთნაირი ცვეთა ელემენტებთან, რომლებიც არ გამოდიან დასახერხი მასალის კონტაქტიდან.

როგორც ცხრ.3.2.1. ჩანს ალმასური ელემენტების თანაბარმა ცვეთამ და უმცირესმა მათმა რიცხვმა ხერხის მუშა წახნაგის სიგრძეზე ელემენტების ცვლადი ბიჯით უზრუნველყო ალმასების კუთრი ხარჯის დაწვეა და მაშასადამე, დახერხვის თვითღირებულების კლება.

ცხრილი 3.2.1.

ტემენიტის დახერხვის შედეგები ალმასური ზოლურა ხერხებით მუშა ელემენტების ცვლადი და მუდმივი ბიჯით

ხერხის ტიპი	ალმასური ელემენტების რიცხვი, ცალი	ხერხში ალმასების შემცველობა, კარატებში	ალმასების კუთრი ხარჯი	დახერხვის ღირებულება იარაღით ლარი/მ ²
მუდმივი ბიჯით	21	55,44	1,62	3,40
ცვლადი ბიჯით	15	39,60	1,16	2,43

ჩარჩოიან ქვის დამამუშავებელ ჩარხებს აქვთ, უფრო მეტად, ჩარჩოხერხის ორმაგი სვლის მუდმივი რიცხვი წუთში, რომელიც იმყოფება ზღვრებში 80-120 ორმ.სვლ/წთ, ამიტომ ჩარხის მწარმოებლობა შეიძლება დარეგულირდეს დასახერხ მასალაზე იარაღის განივი მიწოდების სიჩქარის ცვლის ხარჯზე. ჩვენს შემთხვევაში ეს პლატფორმის ვერტიკალური მიწოდებაა, მასზე დაყენებული დასახერხი ქვის ბლოკით, ჰორიზონტალურად გადაადგილებადი ჩარჩოხერხის მუდმივ სიბრტყესთან შეფარდებით.

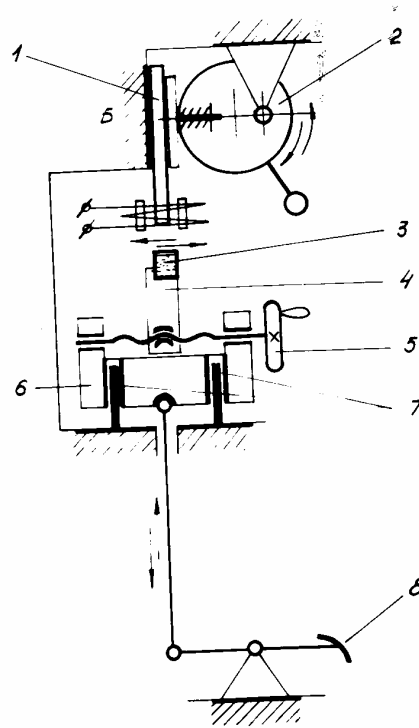
განივი კვეთის რაციონალური სიჩქარე განისაზღვრება ექსპერიმენტალურად აღმასური ელემენტების ცვლადი ბიჯის ხერხით დახერხვისას, საშუალო სიმაგრის მთის ქანის დახერხვისას დაგროვილი ცდების საფუძველზე ცდები ტარდებოდა 50-80 მმ/სთ მიწოდების დიაპაზონში ყოველ 10 მმ შემდეგ. ყოველ მიწოდებისას დახერხვა იწარმოებოდა ბლოკის მთელს სიგრძეზე, ანუ ≈ 850 მმ-ზე.

კვლევების შედეგად დადგინდა რომ მიწოდების 70მმ/სთ-მდე გაზრდისას ხერხის ნაცდენი და ბლოკის რყევა არ შეიმჩნეოდა. მიწოდების 80მმ/სთ-მდე გაზრდისას აღმოჩნდა ბლოკის რყევა და გახერხვის შემდეგ 500მმ-ზე მეტ სიღრმეზე გამოჩნდა გამრუდებული განახერხი, რომელიც წარმოიქმნა ხერხის ნაცდენის შედეგად.

აღმასური ზოლურა ხერხებით სხვადასხვა მთის ქანების დახერხვისას არსებული ცდის საფუძველზე შეილება ჩაითვალოს, რომ ხერხის ნაცდენი წარმოიქმნება აღმასების ხეხვის შედეგად განივი მიწოდების დროს, რომელიც ოპტიმალურზე მაღალია.

წარმოებისათვის ზოლურა ხერხის კორპუსზე აღმასური ელემენტების მირჩილისათვის შემუშავებული იქნა კონსტრუქცია (ნახ.3.5) და დამუშავდა სპეციალური სამარჯვი, რომელიც უზრუნველყოფს რჩილვის წსრმოების მაღალ მწარმოებლობას. სამარჯვი უზრუნველყოფს აღმასური ელემენტების დაყენებას როგორც ხერხის კორპუსის განივ ღერძზე, ასევე ელემენტების შერევას გრძივი ღერძიდან ან აქეთ, ან იქით მხარეს.

რჩილვას თუ ვაწარმოებდით შემდეგნაირად: ზოლურა ხერხის კორპუსს 1 აყენებენ ვერტიკალურად და მიაჭერენ საბაზო ზედაპირზე B, 2 ექსცენტრიკის დახმარებით აღმასურ ძელაკს 3 აყენებენ მაგიდაზე 4, რომელიც გადაადგილდება სახელის 5-ის ბრუნვით გვერდებზე ხერხის კორპუსის ღერძთან დამოკიდებულებით და არეგულირებენ აღმასური ძელაკის თანაბარ ჩაკიდულობას ხერხის კორპუსის ღერძთან დამოკიდებულებით, პედალზე 8 დაჭერით კორპუსს ვერტიკალური მიწოდების მექანიზმში გადაადგილებენ ზემოთ მიმმართველი დგარებით აღმასური ძელაკის ხერხის კორპუსთან კონტაქტის მომენტამდე. აღმასური ელემენტის დაყენების და მისი ჩაკიდების სისწორის შემოწმების შემდეგ ხერხის კორპუსთან ფარდობით აწარმოებენ შესაერთებელი ზედაპირების გაცხელებას დანადგარის TB4-ს დახმარებით. სამარჯვი წარმატებით ექსპლოატირდება საწარმოს „საქტეშენიტი“ საიარალო უზნის წარმოების პირობებში.



ნახ.3.4. ზოლურა ხერხის კორპუსზე ალმასური ელემენტების მირჩილვის სქემა

ზოლურა ხერხების კორპუსების დამზადებისათვის მხოლოდ 6მმ სისქით შემუშავებულ იქნა ზოლურა ხერხის კონსტრუქცია ალმასური ელემენტების ხტულად დაყენებით, ანუ ყოველი მომდევნო ელემენტების გადანაცვლებით ხერხის კორპუსის გრძივი ღერძის გასწვრივ, საწინააღმდეგო მხარეში. ხერხის ასეთი კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ ალმასური ელემენტები სიგანით 6,0 და 6,5მმ, რომელიც განკუთვნილია 4-5მმ სისქის ზოლურა ხერხის კორპუსზე დამაგრებისათვის. ეს გამორიცხავს გადიდებული სიგანის მქონე ალმასური ელემენტების დამზადების აუცილებლობას 6მმ სისქის კორპუსებისათვის, რომელთა წარმოებისათვის აუცილებელია დამზადდეს შესაბამისი პრეს-ფორმები.

ალმასურ ელემენტებიანი ხერხების ლაბორატორიულმა კვლევებმა, რომლებიც დაყენებულია ხტულად, აჩვენებს კონსტრუქციის საკმაო შრომისუნარიანობას, რომლებიც საშუალებას იძლევა გამოგვეყენებინა ასეთი ხერხები საწარმოო ცდებისათვის.

3.2.1. საწარმოო ცდები

საწარმოო ცდები ტარდებოდა ქვისახერხ ჩარხზე მოდელ CMP-32 „საქტემენიტის“ საწარმოს დასახერხ საამქროში.

ალმასური ზოლურა ხერხებით ბუნებრივი ქვის მსხვილი ბლოკების დახერხვის ჩარჩო ქვისდამამუშავებელ ჩარხებზე. ჩატარებული სამრეწველო გამოკვლევები საშუალებას იძლევა განისაზღვროს დახერხვის ოპტიმალური რეჟიმები. როგორც ცხრილი 3.2.2-დან ჩანს ჩარჩოხერხის მიწოდების მაქსიმალური სიჩქარე (დაშვების) მარმარილოს დახერხვისას აღწევს 35 სმ/სთ, გრანიტის დახერხვისას კი-10სმ/სთ.

კურსების საბადოს “ტემენიტი“ დახერხვა წარმოებდა 30 ზოლურა ხერხის კომპლექტით, ალმასური ელემენტების ცვლადი ბიჯით, რომლებიც დაყენებული იყო ხერხის კორპუსის გასწვრივ ხტულად, ყოველ მხარეზე 1,5მმ-ზე, ალმასის მატარებელი ფენის მახასიათებლებით AC32-400/315 M25-M6-14-100. ალმასების გახსნის შემდეგ ჩარჩოხერხის დაშვების სიჩქარე დადგენილ იქნა 60მმ/სთ, დახერხვის პროცესში ხერხის ნაცდენი (განახერხის გამრუდება) არ შეიმჩნეოდა. ჩარჩოხერხის დაშვების სიჩქარის გაზრდისას 70-80 მმ/სთ იწყებოდა განახერხის გამრუდება და ბლოკის რყევა. მიწოდების შემცირების შემდეგ 60 მმ/სთ-მდე ეს მოვლენები გაქრა. გამოცდების შედეგად დადგინდა, რომ ხერხები მითითებული მახასიათებლებით გამოსადეგია კურსების საბადოს ტემენიტის დახერხვისათვის. დახერხვის პროცესში კორპუსების დამტვრევა, ალმასური ელემენტების კორპუსისაგან მოწყვეტა არ შეიმჩნეოდა. ალმასების კუთრი ხარჯი შეადგენდა 1,18 კარატი/მ², დამუშავებული ზედაპირის სიმქისე აღწევს R_z40-R_z20, რაც გამორიცხავს საჩორტნსახეხ ოპერაციას. დახერხვის მწარმოებლობა გაიზარდა 1,5-ჯერ, ფილების გამოსვლა 1მ³ ბლოკიდან გაიზარდა 1,5-ჯერ.

ცხრილი 3.2.2

უახლესი ტიპის ქვისახერხი ჩარხების განზოგადებული ტექნიკური მახასიათებლები- ახალი ალმასური ზოლურა ხერხის გამოყენების პირობებში

მაჩვენებლები	ჩარხები ჩარჩოს ქანქარა მოდრაობით და თავისუფალი აბრაზივით	ჩარხები წრფივი მოდრაობით და აღმასური იარაღით
ხერხების რაოდენობა, ცალი	30-მდე	60-მდე
ჭრის სიჩქარე, მ/წმ	0,7-2,0	1,5-3,5
ჭრის წნევა, კგ/სმ ²		
მარმარილო	0,3-0,5	8-12
გრანიტი	0,8-1,2	30-50
ჩარჩოხერხის სვლის სიგრძე	250-400	400-650
მიწოდების სიჩქარე (ქვის, სმ/სთ)		
მარმარილო	2,0-20	8-35
გრანიტი	0,5-10	5-10
მაქსიმალური მწარმოებლობა მ ² /სთ	4,0-5,0	15,0-20,0
მარმარილო		
გრანიტი		
წყლის რაოდენობა, რომელიც მიეწოდება 1 ხერხზე, ლ/წთ	0,6-1,5 2,5-4,5	4,0-5,0 15-20
სიმძლავრე, 1 ხერხის მოხმარებული, კვტ	0,5-1,0	2,5-3,0

3.2.2. რეკომენდაციები აღმასური ზოლურა ხერხების ექსპლუატაციაზე

ხერხების მომზადება მუშაობისათვის და შენახვის წესი. მანამდე, ვიდრე დაიწყება მუშაობა ხელახლა მიღებული აღმასური ზოლურა ხერხებით, ის უნდა განთავისუფლდეს გაპოხვისაგან და ჩატარდეს გულმოდგინე გარეგნული დათვალიერება. აღმასური ზოლურა ხერხები უნდა პასუხობდნენ შემდეგ მოთხოვნებს:

ხერხის კორპუსებს არ უნდა ჰქონდეთ ბზარები და შენაწყლეტები:

- ხერხს უნდა ჰქონდეს ბრტყელი ფორმა, ხერხის კორპუსის არასიბრტყივობა 0,5მ სიგრძეზე არ უნდა აღემატებოდეს 0,25მმ. სიბრტყივობა აუცილებელია შემოწმდეს საკონტროლო სახაზავით ГОСТ 8026-64, რომელსაც ზედ დაადებენ ხერხის კორპუსის ზედაპირს და საცეცით ГОСТ 882-64.

- კორპუსის ნამგლისებურება მირჩილული ალმასისმატარებელი ძელაკებით ხერხის მთელ სიგრძეზე არ უნდა აღემატებოდეს 1,0მმ. ნამგლისებურობა მოწმდება ნაპირა ძელაკების მუშა ზედაპირზე გაჭიმული ზონარის მოდების გზით.

- ხერხი სრულად უნდა იყოს აღჭურვილი ალმასისმატარებელი ელემენტებით.

- ალმასისმატარებელ ელემენტებს არ უნდა ჰქონდეთ ხილვადი ბზარები.

- ალმასისმატარებელი ელემენტების სხვადასხვანაირი სიმაღლე, რომელიც მირჩილულია ხერხის კორპუსზე, 0,5მ სიგრძეზე არ უნდა აღემატებოდეს 0,35მმ. მოწმდება სახაზავით და საცეცით.

- მირჩილული ძელაკების არასიმეტრიულობა ხერხის კორპუსის სისქესთან ფარდობით არ უნდა აღემატებოდეს $\pm 0,2$ მმ. მოწმდება სახაზავით და საცეცით.

- ხერხის კორპუსზე მისი ბოლოდან 100მმ მანძილზე დადაღვით უნდა იყოს დადებული ნიშანდება. თუ არაა ქარხნის ნიშანდება, საჭიროა ნიშანდება გაუკეთდეს ყოველ ხერხს პირობითი ნიშანდებით ჩამოურეცხავი საღებავით;

- სამაგრი ნახვრეტები არ უნდა იყოს გავალცული ან ელიფსისმაგვარი.

- სამაგრი ბოლოს გაჭიმული განივი ზედსადებით კონსტრუქციის შემთხვევაში, რომელიც ჩამაგრებულია მოქლონვით, უკანასკნელნი უნდა იყვნენ განმოქლონვილი და დაცული თანპირად.

- ხერხების ჩარხზე დამაგრება გაჭყლეტილი მოქლონვით და შერეული გაჭიმული ზედნადებით არ დაიშვება.

- ჩარხზე დაყენებულია ალმასური ხერხების ყოველი ახალი პარტია, რომელიც თხოულობს ალმასების აუცილებელ გახსნას. ალმასების გახსნა უნდა ჩატარდეს შემდეგი შედგენილობის მქონე ქვიშა-ცემენტის ქვის ბლოკის გახეხვის გზით:

1) კვარცული ქვიშა-1მ³;

2) ცემენტი (მარკა 400)-450კგ;

3) წყალი-235ლ.

დასაშვებია მეორე აბრაზიული მასალის გამოყენება (მაგალითად, ზოგიერთი მარკის ცეცხლგამძლე აგურის, ქვიშაქვის). ეს ოპერაცია სრულდება ჩარჩოხერხის

მინიმალური დაშვების უმნიშვნელო რაოდენობის შემაგრილებელი სითხის მიწოდებით. ალმასების გაშიშვლება გაცივების გარეშე აკრძალულია. შემდგომში ნავარაუდებია, რომ ალმასების გახსნას ხერხის მუშა ზედაპირზე აწარმოებს ქარხანა-დამამზადებელი. ხერხების შენახვისას საწყობის პირობებში აუცილებელია:

- ხერხის კორპუსები დაიფაროს კოროზიის საწინააღმდეგო შედგენილობით.
- ყოველი ხერხი შეხვეული უნდა იყოს ტენშეულწევ ქალაღში.
- ხერხები უნდა ჩაიწყოს ხის ყუთებში, თითოეულში არა უმეტეს 10 ცალი და დამაგრდეს განმზღენებით, რომელიც დაიცავს მას ძვრისაგან;
- ხერხების შენახვა და ტრანსპორტირება შეხვევის გარეშე არ დაიშვება.

საამქროს პირობებში ხერხების შენახვისას აუცილებელია დაცული იქნას შემდეგი წესები:

- ხერხების ჩაწყობა მოხდეს მხოლოდ სპეციალურ ხის ქვესადგამზე (ხარისაზე), ყოველი ხერხის ქვეშ ვერტიკალური ამონაჭრელებით.
- მანძილი ორ ამონაჭერს შორის არა უმცირეს 50მმ;
- ხერხები უნდა დაიწყოს ალმასისმატარებელი ელემენტებით ზემოთ.
- აკრძალულია ხერხების გადაგდება უმნიშვნელო სიმაღლიდანაც კი.
- ხერხების ერთიმეორეზე ხანმოკლე ჩაწყობისას მათ შორის უნდა ჩაეგოს ხის შუასადები.

ხერხების დაყენება ჩარხზე.

ხერხების დაყენება სხვადასხვა კონსტრუქციის ჩარხებზე ხდება ჩარხების ექსპლუატაციის ინსტრუქციის თანახმად.

საჭიროა დაცულ იქნას შემდეგი მოთხოვნები:

- ყველა ხერხი დაჭიმული უნდა იყოს ერთნაირი გამჭიმვი ძალით.
- ხერხები აუცილებელია დაიჭიმოს ისე, რომ მათი ქვედა მუშა წახნაგი იყოს გაჭიმული მეტად, ზემოთა კი ნაკლებად, ანუ ხერხს არამუშა მდგომარეობაში უნდა ჰქონდეს ჩალუნვა ამოზნექილობით ალმასისმატარებელი ელემენტების მხარეს.
- ჩალუნვის სიდიდე დამოკიდებულია დასამუშავებელი მასალის სიმტკიცეზე და უნდა იყოს ზღვრებში 1-3მმ.
- ხერხის სწორი დაჭიმვა (აუცილებელი ჩალუნვის ისრით) მიიღწევა ხერხის კორპუსის გრძივი ღერის ზემოთ გადანაცვლების გზით გაჭიმვის ღერძთან ფარდობით. ასეთი გადანაცვლება ხდება ხერხებზე, რომელთაც აქვთ კონსტრუქცია სამაგრი ბოლოებისა

თითის ქვემოთ-სამაგრი ნახვრეტების გადანაცვლების გზით ხერხის კორპუსის გრძივი ღერძის ქვემოთ. გაჭიმულ ზედსადებიანი ხერხებისათვის-გამჭიმავ სამარჯვში მათი ქვემოთ სიდიდეზე გადაადგილების გზით.

- ხერხები საჭიროა დაყენდეს-გასწორდეს ჩარჩოხერხთან მკაცრად პარალელურად.
- პირველი ხერხის უნდა დაყენდეს თარაზოთი ან შვეულათი.
- დანარჩენი ხერხები დაყენდება დისტანციური შაბლონების გამოყენებით, რომლებიც ჩაიდგმება მოსაზღვრე ხერხებს შორის.
- ხერხების ბოლოები, რომლებიც იმყოფება დამჭიმი სამარჯვის ყუთებში დისტანციურ შაბლონებს შორის, უნდა შეიზეთოს მანქანის ზეთით.

ბლოკების დახერხვის წესები.

- ბლოკის წახნაგის ზედაპირი, რომლის მხარესაც წარმოებს დახერხვა, უნდა იყოს გასწორებული, უსწორმასწორობის სიდიდე (ბორცვების) არ უნდა აღემატებოდეს 5მმ;
- ურიკაზე ბლოკი უნდა იყოს დაყენებული და დამაგრებული ისე, რომ ნაჩვენები წახნაგი ხერხის მჭრელი წახნაგების პარალელური იყოს.
- დახერხვის წინ მოძრავი ჩარჩოხერხი მასზე დამაგრებული ხერხებით, აწეული უნდა იყოს დასამუშავებელ ბლოკის ზემოთ 30-50 მმ-ით, რის შედეგადაც ირთვება უკუქცევით-წინსვლითი მოძრაობა და მისი ვერტიკალური მიწოდება.
- დახერხვა აუცილებელია წარმოებდეს ხერხის სრულ ჩალრმავებამდე ჩარჩოხერხის დაშვების 2-ჯერ ნაკლებ სიდიდეზე (მიწოდება), ვიდრე მუშა მიწოდებისას.
- ჩარჩოს დაშვების სიმაღლე ტემენიტის, ლაბრადორის და გაბრო-ნორიტის დახერხვისას რეკომენდირებულია არა უმეტეს 10 სმ საათში.
- დახერხვა საჭიროა წარმოებდეს აუცილებლად იარაღის გაცივებით გამრეცხ-გამაგრებელი სითხით.
- გამრეცხ-გამაგრებელ სითხედ ჩვეულებრივ გამოიყენება მტკნარი წყალი რაიმე მექანიკური მინარევის გარეშე. შეძლებისდაგვარად სასურველია დარბილებული წყლის რეაგენტის (ჩვეულებრივი თხევადი საპონი) გამოიყენება, რასაც მივყავართ მწარმოებლობის და იარაღის ცვეთამედეგობის გაზრდასთან.
- დახერხვისას განსაკუთრებით გულმოდგინედ უნდა მივადევნოთ თვალი გამრეცხ-გამაგრებელი სითხის მიწოდებას.
- მიწოდებული გამრეცხ-გამაგრებელი სითხე გაკამკამებული უნდა იყოს.

- დასახერხი ბლოკის ფილის ნაწილის მოტეხვის შემთხვევაში აუცილებელია დახერხვის შეწყვეტა, ჩარხის გამორთვა და ფილის მოტეხილი ნაწილის დანახერხიდან მოცილება.
- რომელიმე ხერხზე ალმასისმატარებელი ელემენტის მოცილების შემთხვევაში უკანასკნელი უნდა შეიცვალოს.

უსაფრთხოების ტექნიკის მოთხოვნები.

ალმასური ზოლურა ხერხებით მუშაობისას, გარდა დასახერხ ჩარხებზე უსაფრთხოების ტექნიკის საერთო წესებისა, აუცილებელია დაცული იქნას შემდეგი მოთხოვნები:

ალმასურ ზოლურა ხერხებით მუშაობაზე დაიშვებიან პირები, რომლებსაც შესწავლილი აქვთ ექსპლუატაციის წესები და მათთან მართვა.

- ხერხების სოლებით დაჭიმვისას აკრძალულია იწარმოოს მათი მოჭიმვა ჩარჩოხერხის მოძრაობის დროს.
- აკრძალულია ჩარჩოხერხის ქვემოთ ყოფნა სოლებით ან სხვა დამჭიმავი მოწყობილობებით ხერხების დაჭიმვის დროს.

3.3. დასკვნები

ბუნებრივი ქვის მსხვილი ბლოკების დახერხვისას ჩატარებული მეცნიერულ-კვლევითი და საცდელი-კონსტრუქტული მუშაობები საშუალებას იძლევა გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. ალმასური ზოლურა ხერხების ალმასის ტევადობა შეიძლება შემცირდეს იარადის პერიფერიულ უბნებზე ალმასური ელემენტების რაოდენობის შემცირების გზით.

2. ხერხის პერიფერიულ უბნებზე ალმასური ელემენტების ბიჯი უნდა იყოს ცვლადი, გადიდებული ცენტრიდან პერიფერიისაკენ და განისაზღვროს შემუშავებული მათემატიკური დამოკიდებულების თანახმად.

3. შემუშავებულია და ექსპერიმენტალურად დასაბუთებულია რაციონალური მწარმოებლურობა (ჩარხების დაშვების სიჩქარე) კურსების საბადოს ტემპის დახერხვისას-60მმ/სთ.

4. ალმასური ელემენტების რჩილვა ალმასურ ზოლურა ხერხების კორპუსზე მიზანშეწონილია ჩატარდეს დამკვეთის პირობებში.

5. შემუშავებული სამარჯვი ელემენტები რჩილვის წარმოებისათვის უზრუნველყოფს რჩილვის მაღალ მწარმოებლობას.

6. გასქელებული კორპუსის მქონე ზოლურა ხერხების გამოყენების შემთხვევაში (5-6მმ) ალმასური ელემენტები, რომელიც დანიშნულია 4 მმ-მდე სისქის კორპუსებზე დაყენებისათვის, შეიძლება გამოყენებული იქნეს. ამ შემთხვევაში ისინი უნდა დაყენდეს ხერხის კორპუსის მუშა წახნაგის გასწვრივ «ხტულად» ყოველი მომდევნო ელემენტის ჩაკიდებით ერთმანეთის საწინააღმდეგო მხარეს ხერხის გრძივ ღერძთან ფარდობით.

7. ალმასური ელემენტები, რომლებიც აღჭურვილნი არიან სინთეზური ალმასებით მარკა AC 32 ლითონური შემკვრელი M6-14 უზრუნველყოფენ M50 შემკვრელთან შედარებით ტემენიტის დახერხვის სტაბილურ მწარმოებლობას და ალმასების ხარჯის შემცირებას.

8. შემუშავდა ალმასური ზოლურა ხერხის კონსტრუქცია ალმასური ელემენტების ცვლადი ბიჯით მათემატიკური დამოკიდებულების თანახმად.

9. ახალი კონსტრუქციის ხერხებში ალმასების შემცველობა უფრო მცირეა, ვიდრე იმ ხერხებში, რომელთაც აქვთ ელემენტების მუდმივი ბიჯი, შესაბამისად ნაკლებია მისი თვითღირებულება.

10. ახალი კონსტრუქციის ხერხების ექსპლოატაციური მედეგობა ერთნაირია ტრადიციულ კონსტრუქციის ხერხებთან.

11. ალმასის კუთრი ხრჯი და დახერხვის ღირებულება (იარაღზე) ცვლადი ბიჯის ხერხებით დახერხვისას მცირდება.

12. ხერხის კონსტრუქცია ალმასური ელემენტების „ხტულად“ დაყენებით შრომისუნარიანობა და შეიძლება რეკომენდირებულ იქნეს ზოლურა ხერხების საცდელი პარტიის დამზადებისათვის.

13. შემუშავებული სამარჯვი ალმასური ელემენტების ზოლურა ხერხის კორპუსზე მირჩილვის წარმოებისათვის უზრუნველყოფს რჩილვის მაღალ მწარმოებლობას.

თავი 4. ალმასური იარაღის ცვეთის კოეფიციენტის გამოკვლევა “ტემენიტის“ ჭრისას

4.1. ხაზოვანი და მოცულობითი ცვეთის კონტროლი ჭრის ტემპერატურით და დროით

მ.ა. ბაბიჩევის, ი.ვ. კრაგელსკის, ა.ს. პრონიკოვის, მ.მ. ხრუშოვის ნაშრომებში ექსპერიმენტალურად დადგენილია, რომ განტოლებას, რომელიც აღწერს ცვეთას, აქვს სახე.

$$\frac{dh}{dt} = kiv^{mi}(O,t)P^{ni}(O,t), \quad (4.1)$$

სადაც, $\frac{dh}{dt}$ – მჭრელი ქარგოლის მასალის ცვეთის სიჩქარეა;

$v(O,t)$ – სრიალის ფარდობითი სიჩქარეა;

$P(O,t)$ – არაერთგვაროვნად გავრცელებული კონტაქტური წნევებია;

Ki – ცვეთის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია კონტაქტურ ტემპერატურაზე და ჭრის პირობებზე, ხარისხის მაჩვენებლები Mi და Ni დამოკიდებულია ურთიერთქმედი მასალების მახასიათებლებზე. (4.1)-ის საფუძველზე მიღებული ალმასური ქარგოლის ცვეთის ანალიტიკური დამოკიდებულება მექანიკურ, თბოფიზიკურ და გეომეტრიულ პარამეტრებთან გვევლინება აქტუალურ კვლევად ჭრის სხვადასხვა ტექნიკური პრობლემების გადაჭრისას [1; 10; 25; 26; 27; 94; 95].

ამ დროისათვის რიგ სამუშაოებში გადაწყვეტილია დრაკადობის თეორიის ორგანოზომილებიანი კონტაქტური ამოცანები კონტაქტირებული სხეულების ცვეთის არსებობის ცვლადი წნევის გათვალისწინებით. მაგრამ მიღებული გადაწყვეტილებები არ ითვალისწინებენ კონტაქტური ტემპერატურის გავლენას ცვეთაზე და მის ფართო რხევას ფორსირებულ ჭრის რეჟიმებისას. მ.ვ. კორონჩივსკის [43] მიერ ფორმულირებული და გადაწყვეტილია თერმოდრეკადობის კონტაქტური ამოცანა ლოკალური კონტაქტისათვის ხახუნით სითბოგამოყოფისას. ცვეთის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე არაპირდაპირაა გათვალისწინებული Mi მაჩვენებლით. Mi მაჩვენებლის არჩევა ტემპერატურის არსებითად ამაღლების დროს წარმოდგენილია საკმაოდ რთული ამოცანის დიფერენციალური განტოლების ინტეგრირებისას. უფრო მისაღები მიდგომა ამ სიტუაციაში-ხაზოვანი მოდელი ცვეთის კოეფიციენტით, რომელიც დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, რაც

დაკავშირებულია ცვეთის სიჩქარის განტოლების ინტეგრირებისას გონივრულ შესაძლებლობასთან [32].

ჭრის პროცესის დიაგნოსტიკებისა და რაციონალური მართვისათვის აცუცილებელია უშუალოდ მუშა პროცესში განისაზღვროს ალმასური ქარგოლის ცვეთის კოეფიციენტი კონტაქტურ ტემპერატურასა და ჭრის დროსთან დამოკიდებულების ანალიტიკური გამოსახულების დამუშავებითა და მისი უშუალოდ საწარმოო პირობებში რეალიზაციის გზით.

4.1.1. ცვეთის კოეფიციენტის ექსპერიმენტალური შესწავლა ტემპერატურით

ალმასის ქარგოლის ცვეთის ანალიტიკური მეთოდის კვლევა მასალების ჭრისას საწყის ტოლობაში [1] შედის ცვეთის კოეფიციენტი $K_i(T)$, რომელიც დგინდება ექსპერიმენტალურად და არსებითად მოქმედებს ცვეთამედეგობაზე. ამ პუნქტში განიხილება მოდელური ექსპერიმენტით ცვეთის კოეფიციენტის ტემპერატურასთან დამოკიდებულების განსაზღვრა [29, 37, 38, 47, 93, 96].

ჩვეულებრივ, ცვეთის ანალიტიკური კვლევისას თვლიან, რომ ცვეთის კოეფიციენტი K_i -ეს მუდმივი სიდიდეა. რომელიც ხასიათდება ხახუნის ძალის მუშაობის და გაცვეთილი (კუთრი) მასალის რაოდენობას შორის დამოკიდებულებით და ხახუნის ყველა წყვილს აქვს თავისი სიდიდე, რომელიც კიდევ დამოკიდებულია მოხახუნე მასალების თვისებებზე და ცვეთის პირობებზე.

მაგრამ, პროცესების სირთულის და მრავალფეროვნების გამო, რომელიც წარმოიქმნება ალმასური ქარგოლებით მასალების ჭრისას და ძალოვანი ჩქარული და ტემპერატურული და სხვა ფაქტორების მოქმედების შედეგად იარაღის ზედაპირულ ფენაში, რომელიც განიცდიან გაცვეთას, ხდება საწყისი მექანიკური და თბოფიზიკური მახასიათებლების ხახუნის ზედაპირების სიმქისის პარამეტრების არსებითი ცვლილებები, ადგილი აქვს მნიშვნელოვან სტრუქტურულ და ფიზიკურ გადახრებს, სიმტკიცის ზღვრის შეცვლას, რასაც საბოლოო ჯამში მივყავართ უსაფუძვლოდ მუდმივი ცვეთის კოეფიციენტის გამოყენების უსაფუძვლობაში, რომელიც ინტეგრალურად ითვალისწინებს ქარგოლის მუშა ზედაპირის მრავალი მახასიათებლების მოხახუნე და საწყისი მნიშვნელობების ერთობლიობას,

რომლებიც იცვლებიან ტემპერატურის ზეგავლენით და დადგენილია უშუალოდ ექსპერიმენტებით.

ხაზოვანი და მოცულობითი ცვეთის კოეფიციენტის შესწავლა ჩატარებული იქნა კურსების გრანიტის ქვის ჭრისას ალმასური გადამჭრელი სეგმენტური ქარგოლით დიამეტრი 0.32მ ალმასით AC50 400/315 ფარდობითი კონცენტრაციით 50 შემკვრელით M6-16. პროცესს ვანხორციელებდი სტენდზე, რომელიც შექმნილი იყო ჰორიზონტალურ-საფრეზ ჩარხზე CMP-OM ბაზაზე. კვლევები სრულდებოდა ქარგოლის ხაზოვან და მოცულობით ცვეთაზე წინასწარ განსაზღვრული მეთოდით 2მ გრანიტის ქვის ნიმუშზე ერთი გავლითი ჭრით: 0.075; 0.150; 0.300; 0.450; და 0.600 ვატარებდი კონტაქტური ტემპერატურების გამოთვლას მიღებული გადაწყვეტილებით ნიმუშის თითოეულ კონკრეტულ სიგრძისათვის. (0.70მ^2 ჭრის ფართი), და ჭრის დროს ხახუნის მიმართულებას. ქარგოლის ცვეთის განსაზღვრისას $v_0 = 21\text{მ/წმ}$ ვატარებდი არანაკლებ ოთხ გაზომვას h , რომლის შედეგითაც ვპოულობდი მათემატიკურ ლოდინს h_c , ΔMc და ΔWc , ცვეთის სიდიდეები h_i , ΔM_j და ΔW_j , ექსპერიმენტალური მონაცემების გაფანტვის შემცირების მიზნით, გარდა ხაზოვანი, მასური და მოცულობითი ცვეთის მათემატიკური ლოდინის განსაზღვრა, ფორმულებით ვითვლი საშუალო კვადრატულ გადახრას, ვარიაციულ კოეფიციენტებს, ვარიაციული კოეფიციენტების საშუალო შეცდომებს და საშუალო არითმეტიკულ გადახრების საშუალებით ცდომილობებს. შემდგომი დამუშავებისათვის მიღებულ იქნა ამ სიდიდეების n_c , ΔM_c , და ΔW_c -ს საშუალო არითმეტიკული მნიშვნელობები, რომლებისთვისაც δ_m , δ_w არ აღემატებოდა 10%.

გაცვეთილი ალმასური ფენის მოცულობის და ხახუნის ძალის მუშაობის დამოკიდებულება განსაზღვრავდნენ ცვეთის კოეფიციენტის სიდიდეს.

ცვეთის კოეფიციენტის ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგები ტემპერატურასთან დამოკიდებულებაში, რომელიც კონტაქტის ზონაშია წარმოქმნილი, მოყვანილია ცხრილში 4.1.

ცდებით დგინდება, რომ ბუნებრივი ალმასის სიმტკიცე არ იცვლება 600°C ტემპერატურამდე, რასაც ადასტურებს ჩატარებული კვლევების შედეგები; საერთოდ

ცვეთის კოეფიციენტის დამოკიდებულება სიმტკიცის ზღვართან საკმაოდ რთულია და მცირედაა გამოკვლეული.

ცხრილი 4.1

ცვეთის კოეფიციენტის ტემპერატურასთან დამოკიდებულების ექსპერიმენტული ცდების შედეგები

№	ნიმუშის სიგრძე l (მ)	ერთი ჭრის დროს t_c (წმ)	რაოდენობა (ცალი)	ხაზოვანი ცვეთა h (10 ⁻³ მ)	კონტაქტური ტემპერატურა T (C°)	$K_i(T)$	
						K_i ხაზოვანი $10^{-19} \text{ მ}^2/\text{წ}$	K_i მოცულობითი $10^{-20} \text{ მ}^4/\text{წ}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.050	3.6	310	0.38	250	3.65	0.110
2	0.075	3.9	272	0.32	270	4.02	0.210
3	0.100	4.3	221	0.37	300	4.23	0.224
4	0.125	5.4	187	0.41	340	5.04	0.241
5	0.150	7.2	155	0.35	410	5.73	0.254
6	0.175	7.8	132	0.39	430	6.32	0.276
7	0.200	8.9	119	0.44	470	7.01	0.289
8	0.225	12.1	102	0.47	500	7.24	0.307
9	0.250	13.5	87	0.37	520	8.57	0.342
10	0.300	14.4	75	0.45	540	9.40	0.384
11	0.450	21.6	52	0.40	570	14.62	0.441
12	0.600	28.8	39	0.43	620	17.10	0.518

4.1.2 ცვეთის კოეფიციენტის პროგნოზირება ტემპერატურასთან და დროსთან დამოკიდებულებით

ინფორმაციის მიღება და ცოდნა ცვეთის კოეფიციენტის ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით რომელიც ვითარდება ჭრის პროცესში, ექსპერიმენტალური

გზით გაცვეთილი მასალის რაოდენობის, (ალმასური ქარგოლის მუშა ზედაპირი), ძალის და ხახუნის ძალის მუშაობის, კონტაქტური ტემპერატურის წარმოების პირობებში განსაზღვრა გამწვანებულია მრავალჯერადი კვლევების დაყენების სირთულის, შრომატევადობის და მაღალი ღირებულების გამო [32; 60, 91, 92].

ამიტომ თეორიულად გავანალიზოთ ხაზოვანი და მოცულობითი ცვეთის კოეფიციენტის დამოკიდებულება ტემპერატურასთან და დროსთან თეორიულად. ექსპერიმენტალური მონაცემების გამოთვლების თანახმად (ცხრ.4.1) უმეტესად მიღებულია შემდეგი ცვეთის ხაზოვანი კოეფიციენტის დამოკიდებულება დროსთან:

$$K_i(T) = \begin{cases} K_0 T \leq T_u = 250^\circ \text{C} \\ K_1 + K_2 T, T > T_n \end{cases} \quad (4.2)$$

K_1 და K_2 კოეფიციენტებს ვპიულობ უმცირესი კვადრატების მეთოდით მინიმუმი ფუნქციონალის პირობიდან.

$$I(K_1, K_2) = \sum_{i=1}^N (K_1 + K_2 T_i - K_i)^2 \quad (4.3)$$

სადაც K_i , $i=1, N$ -ექსპერიმენტალურად გამოთვლილი ცვეთის კოეფიციენტია T_i ტემპერატურის დროს.

პირობიდან

$$\frac{\partial I}{\partial K_1} = 0, \quad \frac{\partial I}{\partial K_2} = 0, \quad (4.4)$$

ვღებულობთ განტოლების შემდეგ სისტემას K_1 და K_2 კოეფიციენტებისათვის:

$$\begin{cases} K_1 \frac{(N+1)}{2} N + K_2 \sum_{i=1}^N T_i = \sum_{i=1}^N K_i, \\ K_1 \sum_{i=1}^N T_i + K_2 \sum_{i=1}^N T_i^2 = \sum_{i=1}^N K_i T_i \end{cases} \quad (4.5)$$

ამოხსნას ვიწერთ შემდეგი სახით

$$K_1 = \frac{K_0 M_2 - K_1 M_1}{M_0 M_2 - M_1^2} \quad (4.6)$$

$$K_2 = \frac{M_0 K_1 - M_1 K_0}{M_0 M_2 - M_1^2}$$

სადაც, $M_0 = \frac{N+1}{2} N$; $M_1 = \sum_{i=1}^n T_i$;

$$M_2 = \sum_{i=1}^N T_i^2; \quad K_0 = \sum_{i=1}^N K_i; \quad K_1 = \sum_{i=1}^N K_i T_i$$

ამგვარად, K_0 , K_1 , და K_2 კოეფიციენტებს ექნებათ შემდეგი მნიშვნელობები:

$$K_0 = 3.65 \cdot 10^{-19} \text{ მ}^2 / \text{წ}; \quad K_1 = -5.49318 \cdot 10^{-18} \text{ მ}^2 / \text{წ}; \quad K_2 = 3,64847 \cdot 10^{-21} \text{ მ}^2 / (\text{წ} \cdot \text{გრად})$$

ამასთან ასეთნაირი წარმოდგენილი ფარდობითი ცდომილება, როგორც გამოთვლები აჩვენებს, არ აღემატება 5%;

ცვეთის ხაზოვანი და მოცულობით კოეფიციენტებს შორის კავშირს აქვს სახე:

$$K_i \text{ ხაზ} \approx \frac{K_i}{2\pi R H} \text{ მოც} \quad (4.7)$$

თუ t_u - კონტაქტის ზონაში ტემპერატურის და ამოლაგების დაწვევის დაყენების დროა, ვღებულობ ცვეთის კოეფიციენტის შემდეგ დამოკიდებულებას დროსთან:

$$K_i(t) = \begin{cases} K_0, \dots, \dots, 0 \leq t \leq t_u \\ \mu_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (\mu_k^c \cos kwt + \mu_k^s \sin kwt) + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} v_{ke} \cdot \ell^{-\lambda \left(m^2 + \frac{\delta^2 k e}{R^2} \right)^{tt}}, & t > t_u \end{cases} \quad (4.8)$$

სადაც

$$\mu_0 = K_1 + K_2 \left\{ T_* + (T_k - T_*) g_0 \left[\frac{1}{H} - 2Rm^2 \cdot \sum_{\ell=1}^{\infty} \frac{1}{(\sigma^2 o_e + R^2 H^2)(m^2 + \frac{\sigma o_e}{R^2})} \right] \right\};$$

$$\mu_k^c = K_2 (T_k + T_*) \omega_x^c(R); \quad \mu_k^s = -K_2 (T_k - T_{mc}) \omega_k^2(R);$$

$$v_{ke} = 2RHK(T_k - T_*) \frac{U_0 m^2 + (U_0 - \frac{g_0}{H}) \frac{\sigma_{oe}^2}{K^2}}{(\delta_{oe}^2 + R^2 H^2)(m^2 + \frac{\sigma^2 o_e}{R^2})};$$

$$v_{ke} = K_2 (T_k - T_*) \frac{U_0 m^2 + (U_0 - \frac{g_0}{H}) \frac{\sigma o e^2}{K^2}}{(\sigma o e^2 + R^2 H^2)(m^2 + \sigma^2 + \frac{\sigma o e^2}{R^2})};$$

$$v_{ke} = K_2 (T_k - T_*) V_{ke}^c J_k(\sigma_{ke}), \quad K \geq 1 \quad (4.9)$$

აქ გამოყენებული აღნიშვნები და გამოსახულებები, მოცემილია II თავში.

ჩატარებული ექსპერიმენტალური კვლევების ანალიტიკური გამოსახულების (2), (6), (8) მიღებული მონაცემები აჩვენებენ, რომ ცვეთის კოეფიციენტი სისტემაში «ალმასის გადამჭრელი ქარგოლი-გამაგრილებელი გარემო-ნაკეთობა» არის არა მარტო თანაფარდობა ქარგოლის მუშა ზედაპირის მოცილებული მასალის რაოდენობას და ხახუნის ძალის მუშაობას შორის, აგრეთვე არსებითად დამოკიდებულია კონტაქტურ ტემპერატურაზე, მის ცვალებადობაზე;

$$\omega_k^s(R) = A_k j e r_k \beta u + B_k j e i k \beta u$$

$$\omega_k^s(R) = B_k j e r_k \beta u - A_k j e i k \beta R;$$

$$A_k = \frac{g_k^s(\beta j e r'_k \beta R + H j e i_k \beta R) - g_k^c(\beta j e i'_k \beta R + H j e i_k \beta R)}{(\beta j e r'_k \beta R + H j e r_k \beta R)^2 + (\beta j e i'_k \beta R + H j e i_k \beta R)^2};$$

$$B_k = \frac{g_k^c(\beta j e r'_k \beta R + H j e i_r_k \beta R) + g_k^s(\beta j e i'_k \beta R + H j e i_k \beta R)}{(\beta j e r'_k \beta R + H j e r_k \beta R)^2 + (\beta j e i'_k \beta R + H j e i_k \beta R)^2};$$

$$H = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\lambda}; \quad G_0 = \frac{\alpha_2}{\lambda}; \quad G_1 = C_0 + \frac{q_m}{\lambda(T_k - T_{\text{жс}})}; \quad g_0 = G_0 + \frac{\varphi_0(G_2 - G_0)}{2\pi};$$

$$g_k^c = \frac{G_1 - G_0}{\pi R} \sin k \varphi_0; \quad g_k^s = \frac{G_1 - G_2}{\pi k} (1 - \cos k \varphi_0); \quad K \geq 1$$

$$I_k(\beta e^i j) = j e r_k \beta r + i j e i_k \beta r; \quad \beta = \sqrt[4]{m^4 + \frac{\omega^2 K^2}{K^2}};$$

$$V_{ke}^c = -\frac{B_k R_{ke} - A_k I_{ke}}{N_{ke}^2}; \quad N_{ke}^2 = \frac{R^2 [R^2 H^2 + \delta_{ke}^2 - K^2]}{2\delta_{ke}^2} I_k^2(\delta_{ke});$$

$$R_{ke} = \frac{R I_k(\delta_{ke})}{\sqrt{2} \left[\left(\frac{\delta_{ke}^2}{R^2} + m^2 \right)^2 + \frac{\omega^2 K^2}{\chi^2} \right]} \left[\frac{W K}{\chi} (\sqrt{\beta^2 + m^2} j e r'_k \beta R - \sqrt{\beta^2 - m^2} j e i'_k \beta R + H j e i_k \beta R) - \right. \\ \left. - (\delta_{ke}^2 / R^2 + m^2) (\sqrt{\beta^2 - m^2} j e r'_k \beta R + \sqrt{\beta^2 + m^2} j e i'_k \beta R - H j e i_r_k \beta R) \right];$$

$$I_{ke} = \frac{R I_k(\delta_{ke})}{\sqrt{2} \left[\left(\frac{\delta_{ke}^2}{R^2} + m^2 \right)^2 + \frac{\omega^2 K^2}{\chi^2} \right]} \left[\frac{W K}{\chi} (\sqrt{\beta^2 + m^2} j e r'_k \beta R + \sqrt{\beta^2 + m^2} j e i'_k \beta R - H j e r_e \beta R) + \right. \\ \left. + \left(\frac{\delta_{ke}^2}{R^2} + m^2 \right) (\sqrt{\beta^2 + m^2} j e i'_k \beta R - \sqrt{\beta^2 + m^2} j e r'_k \beta R + h j e i_k \beta R) \right];$$

$$m^2 = \frac{2\alpha}{(\lambda h)};$$

$$= \frac{1}{2}(\pi + \arctg \frac{WK}{\chi m^2}) \quad \delta_{ke} (\ell = 1, 2, \dots) - \text{განტოლების დადებითი ფესვებია.}$$

$$\delta I'_k(\delta) + RHI_k(\delta) = 0;$$

$I_k(z)$ - პირველი სახის ბესელის ფუნქციაა; λ და χ - მჭრელი იარაღის თბოგამტარობის და ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტებია;

φ_0 - დისკოს მასალასთან კონტაქტის კუთხეა; $q_1 = \alpha_1(T - T_{\text{ж}})$ - თბური ნაკადია კონვექციული თბოგადაცემის ხარჯზე ბუნებრივი და იძულებული კონვექციის საერთო ქმედების გამო;

$$\alpha_1 = 0.4\lambda_{\text{ж}}(R_e^2 + Gr)^{1/4} R^{-1} - \text{თბოგადაცემის კოეფიციენტი; } R_e = wR^2/\nu;$$

$Cr = \beta, qR^3 \pi^{3/2} \Delta T / \nu^2$ - შესაბამისად რეინოლდსის და გრასგოფის როცხვებია; $\lambda_{\text{ж}}$ და β , - თბოგამტარობის და სითხის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი; ν - კინემატიკური სიბლანტეა; ω - ქარგოლის ბრუნვის კუთხური სიჩქარეა; g - სიმძიმის ძალის აჩქარება; $\Delta T = T - T_{\text{ж}}$ - ქარგოლის ზედაპირის T და სითხის $T_{\text{ж}}$ ტემპერატურათა სხვაობაა; $q_2 = \alpha_2(T - T_{\text{ж}})$ - თბური ნაკადია გამაგრებელი გარემოს ორთქლში ფახური გადასვლის ხარჯზე; $\alpha_2 = 0.28R^{-1}\lambda_{\text{ж}} \cdot k(Gr Pr)^{1/4} \text{ жк.}$, Gr , Pr , $\lambda_{\text{ж}}, k$ - აიღება სითხის დუდილის ტემპერატურისას.

T_k ; $q_m \approx 0.82FrV_0/S_k$ - თბური ნაკადია ქარგოლის მასალაზე ხახუნის ხარჯზე Fr, V_0 და S_k - ჭრის ძალის მხები მდგენელი, ქარგოლის სიჩქარე და მასალასთან მისი კონტაქტის ფაქტიური ფართია;

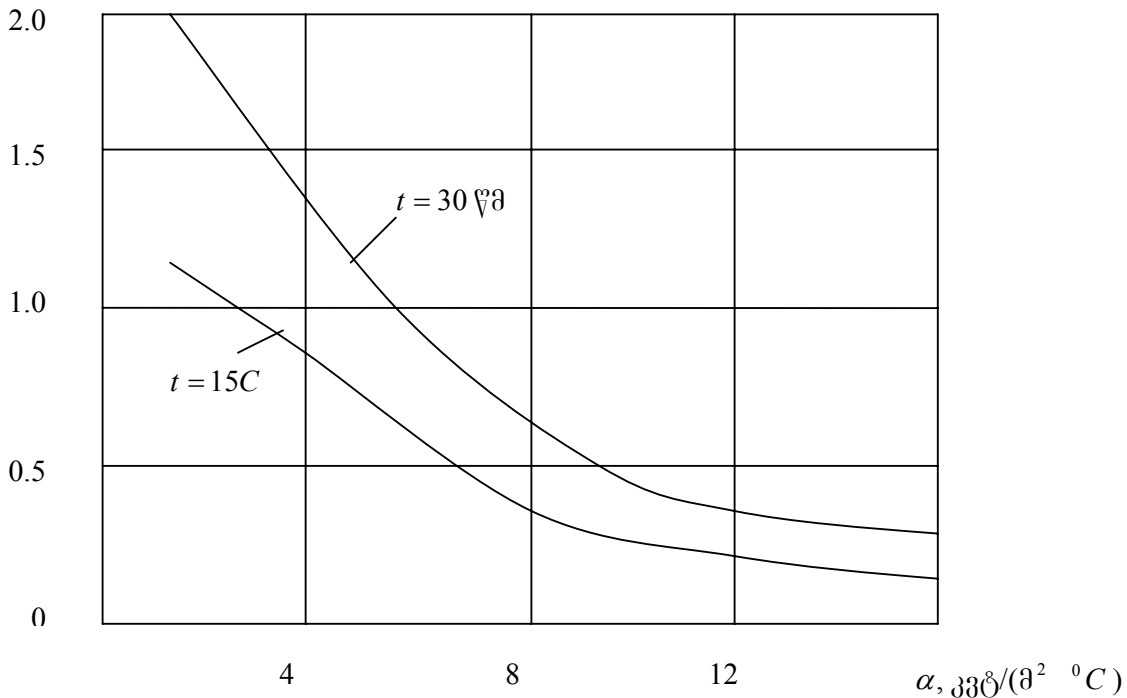
$$U(r, Q, O) = U_0 = (T_0 - T_*) / (T_k - T_*) - \text{უგანზომილებო საწყისი ტემპერატურა.}$$

ცვეთის კოეფიციენტის რიცხობრივი რეალიზაციისათვის შემუშავებულია და რეალიზირებულია ფორტანის ენაზე გამოყენებითი პროგრამების პაკეტი, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოვიკვლიოთ: K_i გაცივების სხვადასხვა ვარიანტებისათვის და ხერხებისათვის (და მისი არყოფნის ჩათვლითაც), მექანიკური, თბოფიზიკური და გეომეტრიული პარამეტრები, და აგრეთვე ჩატარდეს თვით კონექციული თბოგადაცემის ფიზიკური თავისებურებების ანალიზი.

(8)-ით გამოთვლილია ზემოთ ნაჩვენები ქარგოლის K_i დამოკიდებულება გაცივების ინტენსიურობისგან დამოკიდებულებაში. (ქარგოლი ცივდება მთელს ზედაპირზე) შემდეგი რეჟიმის პარამეტრებისათვის: $V_0=21\text{მ/წმ}$,

$V_{\pi} = 26.7 \cdot 10^{-3} \text{მ/წმ}$; ჭრის სიღრმე $HP = 0.030 \text{მ}$; t , $C:15$ და 30 გაანგარიშების შედეგების შესაბამისად, რომელიც გამსახულია ნახ 4.1, K_i α -ს გაზრდისას მცირდება ჰიპერბოლური ფუნქციით დროით კი იზრდება [23; 28; 70]:

$$K_i, 10^{-20} \text{მ}^4 / \text{წ}$$

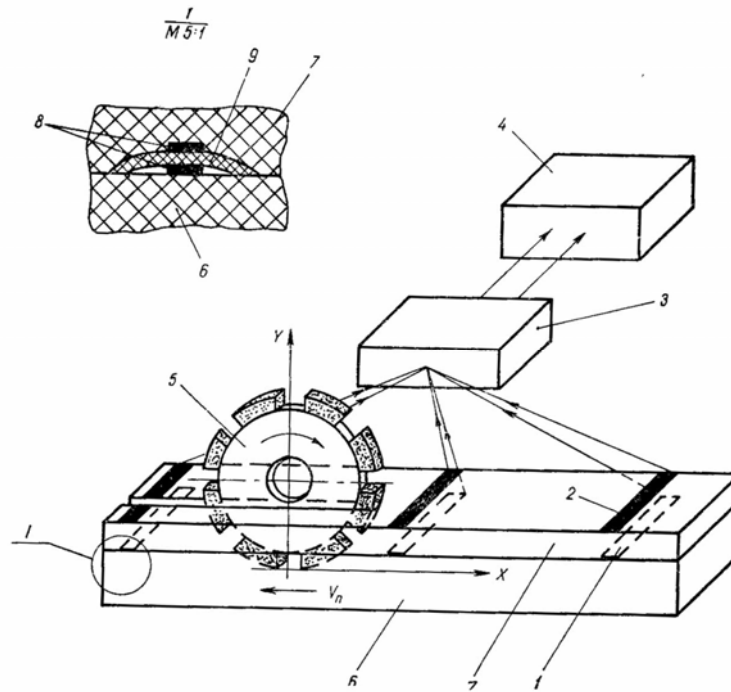


ნახ.4.1. ალმასური ქარგოლის ცვეთის მოცულობითი კოეფიციენტის დამოკიდებულება α გაცივების ინტენსიობასთან სხვადასხვა დროისთვის

ალმასური ქარგოლებისათვის თბოფიზიკური პარამეტრები α და γ უნდა ფლობდნენ როგორც ალმასის თვისებებს, ასევე შემკვრელის თვისებებს. თეორიულად დადგენილია, რომ ნამზადში სითბოს დაახლოებით 5 % მიდის, რომელიც წარმოიქმნება ჭრისას, 13% იხარჯება დასამუშავებელი ნამზადის რღვევაზე, 82 % გადადის ქარგოლში. ამასთან დაკავშირებით $q \approx 0.82 \text{ N/S}_k$, სადაც N - ჭრის სიმძლავრეა, S_k - ქარგოლის ნაკეთობასთან კონტაქტის ფაქტიური ფართობი.

მიღებული ანალიზური გადაწყვეტის ექსპერიმენტალური შემოწმებისათვის განისაზღვრებოდა ტემპერატურები კონტაქტურ ზონაში კურსების ტემპენიტის ქვის

ჭრისას. ორი ჩაშენებული ელექტროდის მეთოდის საფუძველზე შემუშავებული იქნა თერმოწყვილი ტემპერატურის გაზომვისათვის კონტაქტურ ზონაში. ის წარმოადგენს ორ ლოთონის თერმოელექტროდს, რომელიც ჩამაგრებულია ტემენიტის ფილებს შორის და იზოლირებულია ერთმანეთთან. (ნახ. 4.2) იზოლატორის სახით გამოიყენებოდა კონდენსატორული ქაღალდი სისქით 0,001 – 0,002 მმ. თერმოელექტროდების დამზადებისათვის გამოიყენებოდა სპეციალური კილიტა (ფოლგა) სისქით 0,003 – 0,004 მმ ქრომელისაგან. მათ ბოლოებზე შეერთებული იყო ПОС – 60 მირჩილვის საშუალებით ეკრანიზირებული გამტარები, მიერთებული გასაზომ აპარატურასთან. ტემენიტის ფილები შეწებებულ იქნა ეპოქსიდის ფისით AD – 20. წინასწარ მათი ზედაპირები პრიალდებოდა და დაიყვანებოდა ალმასური პასტით.



ნახ. 4.2. კონტაქტური ტემპერატურის გაზომვის სქემა:

1, 2- ქვედა და ზედა თერმოწყვილი, 3- გამაძლიერებელი, 4- ოსცილოგრაფი, 5- ალმასური გადამჭრელი ქარგოლი, 6,7- ქვედა და ზედა გრანიტის ფილა, 8- თერმოელექტროდები, 9- იზოლიატორი.

მასალის გაჭრისას იზოლატორი ალმასური მარცვლების მიერ მექანიკური დატვირთვის მოქმედებით ჩაიწნეხება, თერმოელექტროდები ჩაიკეტება და წარმოიქმნება მცირე მასის ცხელი ნარჩილი. ცხელი ნარჩილის ზონაში წარმოქმნილი ელექტრული სიგნალი შედის გამაძლიერებელში Ф 1510 შლეიფურ ოსცილოგრაფზე H 115. შემდგომში თერმოელექტროდების ნარჩილის არე მოიხსნება ალმასური

მარცვლებით. თერმოწყვილის ტარირება, ამოვსებული დასამუშავებელი მასალის ნიმუშში, ხორციელდებოდა ღუმელში T 40. კვლევების ჩატარებისათვის 500 მმ სიგრძის ნიმუშებს აღჭურავდნენ რამდენიმე თერმოწყვილით: სამი ქვედა, ჩამაგრებული გრანიტის ფილებს შორის 20 მმ სიღრმეზე და სამი ზედა. უკანასკნელს ამაგრებდნენ ზედა ფილაზე ეპოქსიდის ფისის საშუალებით. მასალის თანამიწოდების დროს ქვედა თერმოწყვილები საშუალებას იძლევა გაიზომოს ტემპერატურა ქარგოლის დეტალთან კონტაქტის ზონაში, ზედა კი - გაცივების ზონიდან იარაღის გამოსავალზე.

ექსპერიმენტები ტარდებოდა 6M82ГВ ჩარხზე, რომელიც მოდერნიზებული იყო მუშაობისათვის ქარგოლის სიჩქარეზე 21,0; 33,5; 42 მ/წმ, და გრძივ მიწოდებაზე 0,5; 0,8; 1,0; 1,25 და 1,6 მ/წთ. ჭრის სიღრმე 30 მმ. ჭრის ეფექტური სიმძლავრის კონტროლისათვის ჩარხის ელექტროსქემაზე მიერთებული იყო თვითმწერი ვატმეტრი H – 350.

ტემპერატურული ველის გაზომვისათვის აღებულ იქნა ალმასის და შემკვრელის თბოგამტარობის კოეფიციენტები შესაბამისად 146 და 125 ვტ/(მ.°C), და აგრეთვე ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტები $0,83 \cdot 10^{-4}$ და $0,35 \cdot 10^{-4}$ მ²/წმ, $\alpha \approx 3000$ ვტ/მ².°C.

გამაგრილებელი სითხე მნიშვნელოვნად ამცირებს კონტაქტურ ტემპერატურას. არსებითად მოქმედებს კონტაქტურ ტემპერატურაზე განივი მიწოდება და ჭრის სიჩქარე. ამ დროს კონტაქტური ტემპერატურის ამაღლება ნაჩვენები პარამეტრების გაზრდით შეიძლება აიხსნას შესაბამისად რღვევის საერთო ენერგიის ამაღლებით და გაცივების დროის შემცირებით.

როგორც იარაღში ტემპერატურული ველის ანალიზი გვიჩვენებს, მაქსიმალური ტემპერატურა შეინიშნება თხელ ზედაპირულ ფენაში, რაც, თავის მხრივ, უარყოფითად მოქმედებს როგორც ალმასური მარცვლების, ასევე მთლიანად ქარგოლის მუშა ფენის სიმტკიცის მახასიათებლებზე. ამას ადასტურებს ცხრილში 4.2. მოყვანილი მონაცემები, რომლიდანაც ჩანს, რომ ნიმუშის სიგრძის გაზრდისას 0,145 დან 0,480-მდე ალმასების კუთრი ხარჯი იზრდება 2-ჯერ, ტემპერატურა კი - 320-დან 600°C-მდე.

საბოლოოდ უნდა აღინიშნოს, რომ შექმნილი მოდელი, რომელიც მხედველობაში იღებს თბურ ნაკადს, განპირობებული ხახუნით და გაცივებით, უზრუნველყოფს გამოთვლების შედეგებს, სრულიად ეთანხმება ექსპერიმენტალურს (ცდომილება არ

აღმატება 15 %-ს), და საშუალებას იძლევა გამოკვლევულ იქნეს ტემპერატურული ველი დამუშავების პარამეტრების ცვლილების ფართო დიაპაზონში.

ცხრილი 4.2.

კონტაქტური ტემპერატურები და ალმასის კუთრი ხარჯი ტემენიტის ჭრისას

($v_0=21$ მ/წმ; $S_{გან}=1,25$ მ/წთ; $H=30$ მმ)

ნამზადის სიგრძე, მ	ჭრის დრო t, წმ	T°C		ალმასის კუთრი ხარჯი, კარატი/მ ²
		გამოთვლა	ექსპერიმენტი	
0,145	7	320	300	1,30
0,350	16	500	470	2,20
0,480	23	600	565	2,80

დადგენილი დამოკიდებულებები მოწმობს ალმასურ-აბრაზიული დამუშავების პროცესის ოპტიმიზაციის აუცილებლობას.

4.2. ახალი ალმასური იარაღის ცვეთის გაზომვა, კონტროლი და დიაგნოსტიკა

შეიძლება ითქვას, რომ მეცნიერების არც ერთი სფერო არ არის ისე მჭიდროდ დაკავშირებული კაცობრიობის განვითარების ყველა ეტაპთან, როგორც მზომელობის მეთოდოლოგია; მზომელობისათვის (მეტროლოგია) საჭირო ხელსაწყოების შექმნისა და განვითარების ისტორია ყველაზე მკაფიოდ ასახავს ადამიანის ცნობიერების მიერ განვლილ ეტაპობრივ და რევოლუციურ გზას.

გაზომვის პრობლემებს განიხილავს და წყვეტს მეტროლოგია. მეტროლოგიის მთავარ პრინციპთა შორის ერთ-ერთი უმთავრესია გაზომვათა ერთიანობა ანუ ერთი და იგივე ფიზიკური სიდიდის ერთი და იმავე საზომი ერთეულით გაზომვა. შემდეგ მოდის გაზომვის შედეგების საიმედოობა და მათი სიზუსტე.

თუ საზომი ტექნიკის დღევანდელ შესაძლებლობებს შევადარებთ იმ მოთხოვნებს, რომლებსაც თანამედროვე მეცნიერება მოითხოვს, ადვილი წარმოსადგენია, რა სიმაღლეებს შეიძლება მიაღწიოს კაცობრიობამ, როცა საზომი ტექნიკა შეძლებს კვანტური მექანიკის მოთხოვნათა დაკმაყოფილებას.

დღეისათვის მეტროლოგიის სფეროში არსებული გამოცდილება და ანალიზი მიგვანიშნებს, რომ ეკონომიურად ძლიერი სახელმწიფოები უზარმაზარ თანხებს

ხარჯავენ ახალი მზომი სისტემების შესაქმნელად, სტანდარტების დონის ასამაღლებლად, რაც წინა პირობაა ხარისხის რაციონალურად განვითარებისათვის.

აღმასური მჭრელი კბილების ექსპლუატაციის პროცესში აღმასის ხარჯი დგინდება სეგმენტების ხაზოვანი ცვეთით. ცვეთა შეიძლება გაიზომოს საათური ტიპის ინდიკატორით. სეგმენტის სიმაღლის გაზომვისათვის კავის ყოველი მეორე საყრდენი დაყენდება სეგმენტთშორის ღრეწოში ისე, რომ ინდიკატორის ბუნიკი იმყოფებოდეს სეგმენტის მუშა ზედაპირთან კონტაქტში. ამოვირჩიე 5 გაცვეთილი კბილი და კონტროლი ჩავატარე მათზე (იხ. ცხრილი 4.1. და ნახ.3.4.).

4.3. დასკვნები

1. მიღებული დამოკიდებულება, რომელიც წარმოდგენილია 4.8. ფორმულით, საშუალებას იძლევა ერთიანი პოზიციიდან გავაანალიზოთ კონტაქტური ურთიერთქმედების პროცესის სხვადასხვა პარამეტრების გავლენა ცვეთის კოეფიციენტის კინეტიკაზე.
2. დადგენილია, რომ $250^{\circ}C$ -ზე ნაკლებ კონტაქტური ტემპერატურისას აღმასური ქარგოლის ცვეთის კოეფიციენტი თითქმის არ იცვლება. უფრო მაღალ ტემპერატურებზე ($250^{\circ}C$ -ზე ზემოთ) K_i დამოკიდებულია ტემპერატურაზე ფუნქციით:

$$K_i(T) = -5.49 \cdot 10^{-19} m^2 / \text{წ} + T(r, Q, t) \cdot 3.65 \cdot 10^{-21} m^2 / (\text{წ} \cdot \text{გრად})$$

3. K_i -ს დადგენილი დამოკიდებულება ტემპერატურაზე და დროზე საშუალებას იძლევა ანალიზურად გადაწყდეს თერმოდრეკადობის ორგანოზომილებიანი კონტაქტური ამოცანა ქარგოლის ცვეთის არსებობისას ტემპერატურის გავლენის გათვალისწინებით, რაც იძლევა (1) დიფერენციალური განტოლების ინტეგრების საშუალებას.

ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

1. შექმნილია ახალი ალმასური ქვისმჭრელი საიარაღო მასალის შემკვრელი, რომელიც შეიცავს კობალტის (Co), ბრინჯაოს (Cu+Sn), ტიტანისა (Ti) და რკინა-გოგირდის (Fe+S) ლეგირებული შენადნობის შეცხოვრებულ ფხვნილებს, თანაც შემკვრელში ტიტანი (Ti) შესულია ტიტანის ჰიდრიდის (TiH₂) დაშლის პროდუქტის სახით. ასეთი შემკვრელი აკმაყოფილებს იარაღისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს: ალმასური მარცვლების შეკავების სიმტკიცეს და ახლების თავისუფალ გახსნას, როდესაც გაცვეთილი ალმასები ამოვარდება.
2. თეორიულად და ექსპერიმენტალურად დასაბუთებულია, რომ აღნიშნული შემადგენლობის ქვისმჭრელ იარაღში ალმასური მარცვლები უფრო მტკიცედ არიან ჩამაგრებულნი, ამის გამო თავისუფლდება ფხვნილების ზედაპირი ჟანგიანი აფსკისაგან, რადგანაც (TiH₂) დაშლის პროცესში გამოიყოფა წყალბადი და იქმნება აღმდგენი გარემო. ასეთნაირად უზრუნველყოფილია შრომისუნარიანობის 2-ჯერ ამაღლება.
3. შემუშავებულია ქვისმჭრელი იარაღის მიღების ახალი ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს ლითონურ შემკვრელზე ალმასური ფხვნილების დამატებას, არევას, ბრიკეტირებას, შეცხოვას 800°C ტემპერატურამდე და გაცივებას.

მიღებულია ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმალური პარამეტრები:

- შერევის ხანგრძლივობა - 1-2 სთ;
- დაწნევის მაქსიმალური წნევა - 2-4 ტმ/სმ²;
- შეცხოვების ხანგრძლივობა - 30-40 წთ;
- გაცივება წნევით - 1-2 ტმ/სმ².

შედეგად უზრუნველყოფილია ალმასის ნაწილაკების მთლიანად დასველება ლითონური ნადნობით

4. ალმასების ოპტიმალური კონცენტრაცია და მარცვლების ზომა ფასდებოდა იარაღზე კუთრი დანახარჯების მაჩვენებლით. კურსების ტემპის დამუშავების კონტროლის შედეგად საუკეთესო შედეგები იყო მიღწეული AC 80 400/315 მარკის და 40-60 % ალმასების კონცენტრაციის გამოყენებისას.
5. ალმასურ ფხვნილებზე ლითონური დაფარვის დადება აუმჯობესებს სითბოს არინების პირობებს ხეხვის ზონიდან და აგრეთვე უზრუნველყოფს მარცვლების

უფრო უკეთესად შეკავებას შემკვრელით ე.წ. “პერანგის” არსებობის საშუალებით - მათ ზედაპირზე ლითონური აფსკით, რომელიც იცავს მარცვლებს მოხლეჩისა და რღვევისაგან, ამალლებს მათ სიმტკიცეს. ამის შედეგად მნიშვნელოვნად მცირდება ალმასების კუთრი ხარჯი და იზრდება იარაღის მწარმოებლურობა.

6. შემუშავდა ალმასური ზოლურა ხერხის კონსტრუქცია ალმასური ელემენტების ცვლადი ბიჯით. ხერხის კონსტრუქცია ალმასური ელემენტების “ხტულად” დაყენებით უფრო შრომისუნარიანია, ალმასის კუთრი ხარჯი და დახერხვის ღირებულება მცირდება 1,5 - ჯერ.
7. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ კურსების ტემენიტის ქვის დამუშავებისათვის უფრო ეფექტურია შემკვრელი Cu-Sn-Ti BK-ს შეყვანით; ალმასის კუთრი ხარჯი 2-ჯერ და მეტად დაბალია, ვიდრე არსებულეებში.
8. თეორიულად გამოთვლილია და ექსპერიმენტით დასაბუთებული, რომ ახალი ქვისმჭრელი იარაღის გამოყენებით მისი კუთრი ცვეთა შემცირდა 0,07 კარატი/მ²-დან 0,03 კარატი/მ²-მდე.
9. ჭრის სიღრმის ზღვრული ზომები (5მმ-დან 80 მმ-მდე), როდესაც ალმასური მარცვლების ზომები რჩება უცვლელი.
10. ასეთ შემკვრელის საფუძველზე გამოყენებული იარაღი უზრუნველყოფს ჭრის სიჩქარის გაზრდას 2-ჯერ (10სმ/წთ - დან 20 სმ/წთ)
11. დაკვირვების შედეგად დადგენილია, რომ ახალი ადჰეზიურად აქტიური შემკვრელის გამოყენება საშუალებას იძლევა არსებითად ამალდეს მისი ექსპლუატაციური თვისებები.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ნ.ბოლათაშვილი, გ.ედიბერიძე. ალმასური დისკური ხერხებით კურსების ტემენიტის დამუშავების ძირითადი კანონზომიერებანი. ქსტუ. “შრომები“, 1(14), ქუთაისი, 200 4. გვ. 33-34.
2. ნ.ბოლათაშვილი, გ.ედიბერიძე. კურსების ტემენიტის ჭრისას ალმასური ქარგოლის ცვეთის კოეფიციენტის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების ექსპერიმენტალური გამოკვლევა. ქსტუ. “შრომები“, 1(14), ქუთაისი, 2004. გვ. 91-92.
3. Александров В.А., Коваленко Е.В. Аналитическое решение контактной задачи об изнашивании сопряжения вал – втулка //Трение и износ. -1987.- №6.-с.985-995.
4. Александров В.А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом.- Киев: Наук.думка, 1979.-240 с.
5. Александров В.А., Алексеенко Н. А., Сердюк В.М. исследование гидростабилизации алмазных дисковых пил.- Сверхтвердые материалы, 1983, №3, с.43-47.
6. Александров В.А., Левин М.Д. Влияние глубины однопроходного резания на износостойкость алмазных пил.- Строительные материалы и конструкции, 1970, №1, с. 21-23.
7. Александров В.А., Левин М.Д., Мечник В.А. Определение длины сегмента алмазного дискового инструмента. – Сверхтвердые материалы, 1984, №1, с. 42-45.
8. Александров В.А., Корнеев Н.В., Благоверная С.А. К вопросу определения площади контакта алмазного зерна с обрабатываемым материалом при резке природного камня // Сверхтвердые материалы. 1986.- №5.- с. 37-40.
9. Александров В.А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом.- Киев: Наук. думка, 1979.-240 с.
10. Александров В.А., Алексеенко Н. А., Мечник В.А. Исследование силовых и энергетических параметров резки гранита алмазными дисковыми пилами // Сверхтвердые материалы . -1984ю- №6.- с. 35-39.
11. Александров В.А., Мифлиг Д.М. Износ синтетических алмазов и связки при шлифовании природного камня. – Синтет. алмазы, 1977, №5, с. 36-41.
12. Алексеев М.М., Горячева И.Г., Чекина О. Г. Контактное взаимодействие шероховатых тел с учетом процессов фрикционного разрушения // Трение и износ. -1987.- Т.8, № 6.- с. 977-984.

13. Алмазный инструмент для разрушения крепких горных пород / А.Ф. Кичигин, С.Н. Игнатов, Ю.И. Климов и др. – М.: Недра, 1980.-159 с.
14. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. – Л.: Машиностроение, 1977. – 184 с.
15. А.с.659395 (СССР). Дисковый инструмент для окантовки строительных материалов / В.А. Александров, М.Д. Левин, А.П. Пирогов.- Оpubл. в Б.И.,1979, № 16.
16. А.с. 874381 (СССР). Установка для исследования динамической жесткости дисковых пил / В.А. Александров, В.М. Сердюк, Ю.А. Ганопольский, Н.А., Н.А. Алексеенко.- Оpubл. в Б.И., 1981, №39.
17. А.с. 872282 (СССР). Устройство для стабилизации алмазного диска / В.А. Александров, Н.А. Алексеенко, В.М. Сердюк.- Оpubл. в Б.И., 1981, № 38.
18. А.с. 1013297 (СССР). Устройство для резки строительных материалов / В. А. Александров, Н. А. Алексеенко, В.М. Сердюк. – Оpubл. в Б.И., 1983, № 15.
19. А.с. 722773 (СССР). Устройство для распиловки труднообрабатываемых материалов / В.А. Александров, М.Д. Левин, А.П. Пирогов. – Оpubл. в Б.И., 1980, №11.
20. А.с. 297466 (СССР). Шлифовальный инструмент / Г.Г. Карюк, Д.М. Мифлиг, Г.М. Шор и др.- Оpubл. в Б.И., 1971, № 10.
21. А.с. 297487 (СССР). Шлифовальный инструмент / Г.Г. Карюк, Д.М. Мифлиг, Г.М. Шор.- Оpubл. в Б.И., 1971, № 10.
22. Барон Л.И. Характеристики трения горных пород. – М.: Наука, 1967.
23. Боуден Ф. П., Тейбор Д. Трение и смазка твердых тел.- М.: Машиностроение, 1968.- 542 с.
24. Байкалов А.К., Суkenник И.Л. Алмазный правящий инструмент на гальванической связке, - Киев: Наук. думка, 1976. -203 с.
25. Березовский А.А., Алексанян В.Д. Температурное поле в абразивных зернах из СТМ // Докл. АН УССР. Сер. А.-1983.- №4.- с.3-5.
26. Болаташвили Н., Бабунашвили Ф., Патарая Н. Исследования конструктивных параметров алмазных полосовых пил, работоспособности и технологических особенностей их изготовления. ქსტუ. “მრეწობა“, 1(17), ქუთაისი, 2006. გვ. 160-163.
27. Болаташвили Н., Мгалоблишвили К., Дадунашвили Г. Теоретические и экспериментальные исследования износа алмазного камнерезного инструмента. Журнал «Измерительная техника», №2, Москва. 2009. –с. 45-47.
28. Варданян К.С. Современные камнеобрабатывающие станки и поточные линии.- Ереван: Айстман, 1975. -226 с.

29. Галин Л.А., Горячева И.Г. Осесимметричная контактная задача теории упругости при наличии износа // ПММ.- 1977.-41, № 5. – с.807-812.
30. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости при наличии износа //ПММ. – 1976. 40, № 6. –с. 981-989.
31. Галин Л.А., Горячева И.Г. Контактные задачи и их приложение к теории трения и износа // Трение и износ. – 1980.1., №1.- с. 105-119.
32. Гальцин А.С., Жуковский Н.Н. Интегральные преобразования и специальные функции в задачах теплопроводности. Киев: Наук. думка, 1976.-281 с.
33. Дрожжин В.И. Физические особенности и закономерности процесса резания слоистых пластмасс: Автореферат дис.....д-ра техн. наук. – Киев, 1983.-38 с.
34. Дмитриев В.И. Определение длины алмазного элемента полосовой пилы.- В кн.: Разрушение горных пород инструментом из сверхтвердых материалов. Киев: ИСМ АН УССР, 1980, с. 109-114.
35. Дорофеев В.Д. Основы профильной алмазно-абразивной обработки. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1983. – 186 с.
36. Жуковский А.Н., Александров В.А., Мечник В.А. Исследование нестационарной задачи о тепловом и упругостном состоянии алмазного круга в процессе резания строительных материалов. (Препринт / АН УССР. институт математики; 90.4) – Киев.- 1990.-35 с.
37. Задоян С.Б. – Тезисы докладов VI-VII научно-техн. конф., Ереван, 1971, с.101.
38. Задоян С.Б. – Тезисы докладов на IX республиканской научно-техн. конф. экс. Ереван, 1972, с. 45.
39. Зверев Л.И., Астахов Е.А., Шаривкер С.Ю. Детонационные покрытия в судостроении. –М.: Судостроение, 1979, - 232 с.
40. Игнатов С. Н., Кичигин А.Ф. Влияние глубины отделения на усилие резания горных пород единичным алмазным зерном.- В кн.: Вопросы горного дела. Караганда, 1965, с. 217-222.
41. Ингерсолл Л. Р., Зобель О.Д., Игнесолл А.К. Теплопроводность, ее применение в технике и геологии.- М., 1959.- 258 с.
42. Карслоу Т., Эгер Д. Теплопроводность твердых тел.- М.: Наука, 1964.- 487 с.
43. Карюк Г.Г., Александров В.А. Исследование процесса распиловки лабрадорита алмазными дисковыми пилами. – В кн.: Теория и практика алмазной обработки. М.: НИИМАШ, 1969, с.106-111.

44. Карюк Г.Г., Александров В.А., Кацалуха С.А. Исследование рабочей поверхности алмазного слоя дисковых камнерезных пил.- В кн.: Горный породоразрушающий инструмент. Киев: Техника, 1970.
45. Карюк Г.Г., Александров В.А. Оценка износа алмазосодержащего слоя дисковых камнерезных пил. – В кн.: Горный породоразрушающий инструмент. Киев: Техника, 1970, с. 22-28.
46. Кичигин А.Ф., Игнатов С.Н., Климов Ю.Н., Арема В.Д. Алмазный инструмент для разрушения крепких горных пород.- М.: Недра, 1980.
47. Коровчинский М.В. Термоупругий локальный контакт высоконагруженных деталей машин с учетом изнашивания и тепловыделения от трения: Автореферат дис....докт. техн. наук. – М. 1983. -53 с.
48. Кузнецов М.Д., Голосов И.П. Влияние геометрических параметров синтетических алмазов на их режущие свойства. – Станки и инструмент, 1964, № 12, с.28-29.
49. Кондратов А.С., Старков В.К. Закономерности расположения зерен на рабочей поверхности алмазного круга. – В кн.: Внедрение алмазов в промышленность. М.: НИИМАШ, 1967, с. 7-20.
50. Климов Ю.И. Исследование силовых показателей и режимов разрушения карагандинского песчаника алмазным режущим органом экспериментального проходческого комбайна «Алмаз 1»: Автореферат дис....канд. техн. наук. – Караганда, 1969. -31 с.
51. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. _ М.: Машгиз, 1962.- 456 с.
52. Лоладзе Г. Н., Бокучава Г. В. Износ алмазов и алмазных кругов. М., «Машиностроение», 1969. 119 с.
53. Малышев В.И., Янушкин Ю.М. Контактные температуры при алмазной правке шлифовальных кругов // Сверхтвердые материалы. - 1986.- № 5.- с. 48-54.
54. Макадамс Г. Т. Влияние характера поверхности абразивного инструмента на его режущие свойства. – Тр. Америк. о-ва инженеров-механиков. Сер. В. Конструирование и технология машиностроения, 1964, №1.
55. Макадамс Г.Т. Описание структуры абразивных поверхностей при помощи цепей Маркова. – Там же, №4, с. 93-99.
56. Макадамс Г.Т. Статистическая многогранная модель абразивного зерна. Там же, 1963, № 4, с.83-90
57. Маслов Е.Н. Основы теории шлифования металлов.- М.: Машгиз, 1981.- 177 с.
58. Механическое разрушение горных пород комбинированным способом / А.Ф. Кичигин, С.Н. Игнатов, А.Г. Лазуткин, И.Я. Янцен._ М.: Недра, 1972.- 256 с.

59. Механизм разрушения исследование сил при резании песчаников единичным алмазным зерном / А.Ф. Кичигин, Ю.И. Климов, С.Н. Игнатов и др. _ В кн.: Бурение шпуров и скважин. – Фрунзе: Илим., 1968.
60. Мирфлиг Д.М., Александров В.А. Экспериментальное определение параметров сечения стружек, срезаемых зернами алмазного инструмента. – Там же, 1976, №2, с. 60-64.
61. Мифлиг Д.М. К расчету конструкции алмазного инструмента для шлифования природного камня. – Синтетические алмазы , 1974, №1, с. 17-21.
62. Найдич Ю.В., Колесниченко Г.А. и др.- Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов. «Наук. думка», 1977. с. 163-168.
63. Найдич Ю.В. и др.- Материалы XI Всесоюз. научно-техн. конф., Ереван, 1971, с. 101.
64. Новиков Н.В., Мальнев В.И., Воронин Г.А. Прочность кристаллов алмаза при нагреве до 1373 К // ДАН.- 1983. Т 273, №6.- с. 1368-1371.
65. Овчинников А.А., Субботин Е.К. « Эксплуатация алмазных отрезных кругов при обработке природного камня», Москва. 1978. с. 3-27.
66. Оситинский Б.А., Мифлиг Д.М. Исследование износа алмазоносного слоя при резании песчаников дисковыми пилами.- В кн.: Горный породоразрушающий инструмент. Киев: Техника, 1970, с. 28-36.
67. Основы алмазного шлифования / М. Ф. Семко, А.И. Грабченко, А.Ф.Раб и др. – Киев: Техника, 1978. – 192 с.
68. Пекленик Д.К. вопросу о применении корреляционной теории к процессу шлифования . – Тр. Америк. о-ва инженеров Сер. В. Конструирование и технология машиностроения, 1964. № 4, с. 3-13.
69. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высш. шк., 1974. – 590 с.
70. Распиловка строительных материалов алмазными полосовыми и дисковыми пилами / В.А. Александров, В.И. Дмитриев, В.В. Заметайло и др.- В кн.: Синтетические алмазы – ключ к механическому прогрессу. Киев: Наук. думка, 1977, ч.2, с. 226-233.
71. Разработка новых инструментов и процессов алмазной обработки плоских и фасонных поверхностей изделий из футеровочных, природных и искусственных строительных материалов с целью повышения производительности труда до 1,5.....2,0 раз (Отчет по теме 0938, инв. №68, ИСМ АН УССР, Александров В.А., Киев, 1986, - 159 с.).
72. Резников А.Н. Краткий справочник по алмазной обработке.- Куйбышев : Кн. изд-во 1967.-202 с.

73. Резников А.Н., Федосеев О.Б., Щипачев В.В. Вопросы теории процесса резания при шлифовании сверхтвердыми материалами.- В кн.: Синтетические алмазы – ключ к техническому прогрессу. Киев: Наук. думка, 1977, ч.1, с. 88-95.
74. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1984.-359 с.
75. Резников А.Н. Теплофизика резания.-М.: Машиностроение, 1969.-288 с.
76. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов.- М.: Машиностроение. 1981.- 279 с.
77. Руденко Б.К., Сагарда А.А., Гордеев А.В. и др. Исследование контактных температур при зубошлифовании на станках типа «Найлс» // Сверхтвердые материалы.- 1985.- №6. – с. 39-45.
78. Силин С.С., Рыкунов Н.С. Расчет температуры и баланса тепла при шлифовании единичным зерном.// Физика и химия обраб. материалов. – 1975.- №1.- с. 22-28.
79. Семко М.Ф., Сустан Г.К., Дрожжин В.И. Обработка резанием электроизоляционных материалов.- М.: Энергия, 1974.-176 с.
80. Соколов В.В. А.с. № 1119244
81. Тимофеев И.И. К расчету длины и толщины среза при шлифовании.- Изв. вузов. Машиностроение, 1958, № 7/8, с.114-124.
82. Урывский Ф.П., Барвинок В.А. Теоретический метод расчета температурных полей при шлифовании с охлаждением // Изв. вузов. Машиностроение. -1971.- №9.-с.190-195.
83. Узунян М.Д. Расчет числа зерен, участвующих в резании, и расстояний между ними на поверхности алмазного круга. – Станки и режущие инструменты, 1966, № 1, с. 81-85.
84. Умов А.П. О разрушении твердых горных пород коронками, армированными овализованными алмазами.- Изд. вузов. Геология и разведка, 1982, № 4, с. 133-140.
85. Убеллоде А.Р.- Успехи химии, 1958, № 7, с. 1692.
86. Химач О.В., Ковыженко Г.И., Колмогоров П.В. Контактная температура при микрорезании твердого сплава ВК8 // Сверхтвердые материалы. – 1981._ № 2- с. 59-61.
87. Шатунов В.П., Совкин В.Ф. Аналитическое исследование температурного поля при шлифовании на основе общих законов теплопроводности // Изв. вузов. Машиностроение.- 1962. - № 2. – с. 212-223.
88. Япон. пат. № 887255 от 2.03.60.
89. Ящерицын П.И., Цокур А.К., Еременко М.Л. Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей. Минск, 1973., 184 с.

90. Bienert P. Ritzversuche zum Kreissagen von Beton mit Diamantwerkzeugen. – Ind. Diamant. Rdsch., 1977, №1. S. 17-22.
91. Bolatashvili N. Stone-cutting diamond tool on the adhesion knots. საერთაშორისო სამეცნიერო ჟურნალი “ინტელექტი”. №1(24), თბილისი, 2006. გვ.100-104.
92. Bolatashvili N. Stone-Cut Diamond Tool a New Binder. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences. №4,Tbilisi. 2009. p.54-57.
93. Osenberg W. Pat. BRD № 941246.
94. Rewlands D. Single diamond cutting rock.- Ibid., 1972, Sept., p. 394-398.
95. Shlessing X.X. Supplement diamond research, 1969, p. 16.
96. Tonshoff H.K., Warnecke G. Der Beitrag der Forschung zum Sagen von Stein.- Ind. Diamant. Rdsch., 1977. № 1, S. 5-11.