

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

აკად. თ.ლოლაძის სახ. აღმასვლის და კომპოზიციური მასალების
სამეცნიერო ცენტრი

პროექტი №17

ახალი ზესალი მასალით შექმნილი
ინსტრუმენტი და მისი გამოყენება
მშენებლობაში

ა ნ ბ ა რ ი შ ი

ხელმძღვანელი

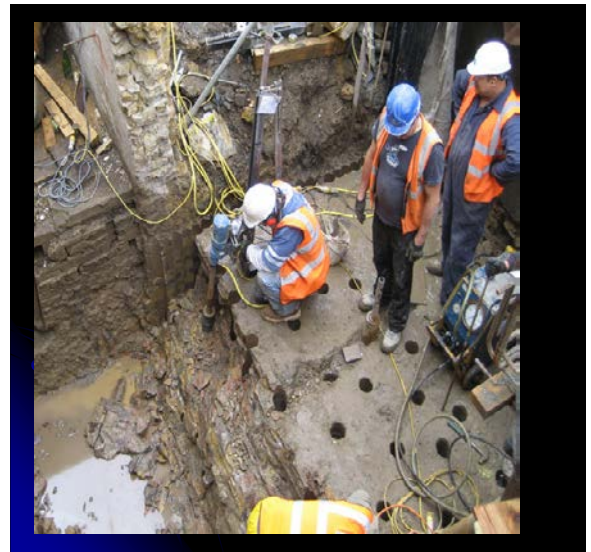
მეღვაწე

2011

შესავალი

წარმოების ისეთი მნიშვნელოვანი დარგების შემდგომი განვითარება, როგორცაა სამშენებლო ინდუსტრია და ბუნებრივი რესურსების მოპოვება-დამუშავება (ნავთობი, გაზი, ბუნებრივი ქვები) მოითხოვს ახალი ტექნოლოგიების შექმნას და გამოყენებას.

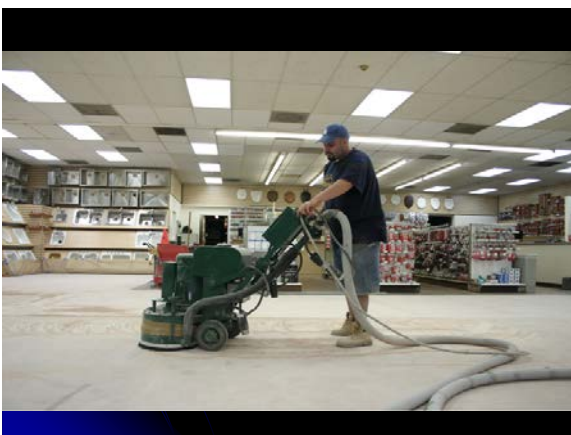
თანამედროვე მსოფლიოში მშენებლობისას (გვირაბები, აეროდრომების ასაფრენი ბილიკები, ჰიდროტექნიკური ნაგებობები და ა.შ.) ძირითადად მოიხმარება მაღალი ხარისხის მძიმედ არმირებული ბეტონები. რენოვაციისა და რეკონსტრუქციის ამოცანები და სხვადასხვა კონსტრუქციული ჭრილების გაკეთება კი მოითხოვს თანამედროვე აღმასური ტექნოლოგიების გამოყენებას. ასეთი ტექნოლოგიებით ხორციელდება მთელი რიგი რთული ოპერაციები, რომელთა ჩასატარებლად მთავარი მოთხოვნაა დიდი წარმადობა და მაღალი სიზუსტე.



აღმასკომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ინსტრუმენტების გამოყენება სხვადასხვა საბურღ ოპერაციაზე



აღმასკომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ინსტრუმენტების გამოყენება
ბეტონისა და რკინაბეტონის ჭრის ოპერაციებზე



აღმასკომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული ინსტრუმენტების გამოყენება
ხეხვის ოპერაციაზე

ახალი, არატრადიციული, ენერგოდამზოგავი მასალები სულ უფრო ფართოდ იმკვიდრებს ადგილს სამშენებლო ტექნოლოგიებში. დღეისათვის გაჩნდა პრეცედენტები, თანამედროვე შენობა-ნაგებობების ასაშენებელ ფუნქციონალურ მასალად გამოყენებულ იქნას სპეც. მინები, არმირებული მინები, მაღალი სიმტკიცის ბეტონები და ა.შ. ასეთი ახალი თაობის მასალებით შენობა-ნაგებობების კონსტრუირება მოითხოვს დიდი რაოდენობით სხვადასხვა კონფიგურაციის ტექნოლოგიურ ჭრილებს, რაც გულისხმობს მხოლოდ და მხოლოდ ალმასური ინსტრუმენტის მოხმარებას და ალმასური ტექნოლოგიების გამოყენებას.

ალმასური ტექნოლოგიები მშენებლობაში დღეისათვის ფართოდ არის შემოსული ყველა განვითარებულ და პერსპექტივაში განვითარებად ქვეყნებში. არსებული ინსტრუმენტები და მეთოდები, რომლითაც მიმდინარეობს სხვადასხვა მასალების ბურღვა თუ ჭრა სხვადასხვა ტიპის სამშენებლო სფეროში საგრძნობლად ჩამოუვარდება ალმასურ ტექნოლოგიას, როგორც დროის ეკონომიურობის თვალსაზრისით, ასევე მუშაობის ხარისხით.

ალმასურ დამუშავებაზე სამშენებლო სფეროში, რიგ ქვეყნებში მოქმედებს ტექნიკური რეგლამენტები და არსებობს პრესკურიანტები კონკრეტულ ოპერაციებზე. სამწუხაროდ, საქართველოში სამშენებლო და სატრანსპორტო სფეროში ალმასური ტექნოლოგიები არ არის შემოსული, შესაბამისად “საქართველოს სტანდარტების, ტექნიკური რეგლამენტებისა და მეტროლოგიის ეროვნულ სააგენტო“-ს არ დაუმუშავებია და არ შემოუთავაზებია სტანდარტები და ტექნიკური პირობები.

ცხრილის სახით წარმოდგენილია რკინა-ბეტონის ალმასური ინსტრუმენტით დამუშავების ტექნოლოგიის უპირატესობა სხვა მეთოდებთან

ალმასური ტექნოლოგია	სხვა მეთოდები
<ul style="list-style-type: none"> * კონსტრუქციაზე დარტყმის ძალის უზულებელყოფა; * კონსტრუქციაზე ვიბროდატვირთვის უზულებელყოფა; * მზიდი კონსტრუქციების ჭრა. 	<ul style="list-style-type: none"> * ბეტონის სიმტკიცის დარღვევა; * სასაზღვრო ფენის დასუსტება, ნაპრალების წარმოქმნა და ნარჩენი დაძაბულობები, არმატურასთან შეჭიდულობის დარღვევა.

<ul style="list-style-type: none"> * არ საჭიროებს დასამუშავებელი ადგილების დამატებით დამუშავებას, ხასიათდება მაღალი სიზუსტით. * კონსტრუქციის სისქესა და სიღრმეს არა აქვს მნიშვნელობა. * არ წარმოიქმნება საწარმოო ნაგავი და მტვერი. 	<ul style="list-style-type: none"> * არადამაკმაყოფილებელი სიზუსტე; * აუცილებელი ხდება დიდი მოცულობის სამუშაოს შესრულება საბოლოო შედეგის მიღწევისათვის. * დიდი რაოდენობით გამოიყოფა მტვერი და მცირე რაოდენობით ნაგავი.
<ul style="list-style-type: none"> * სამუშაოს შესრულების დიდი სიჩქარე, შრომისა და ენერგორესურსების მცირე დანახარჯი; * სამუშაოები ტარდება მოქმედი წარმოების გაჩერების გარეშე; * კომპლექსური ამოცანების სწრაფი გადაწყვეტა 	<ul style="list-style-type: none"> * დროის, შრომისა და ენერგორესურსების დიდი დანახარჯი; * საწარმოო პროცესის შეჩერება და პერსონალის ევაკუაცია;
<ul style="list-style-type: none"> * ხმაურის დაბალი დონე 	<ul style="list-style-type: none"> * ხმაურის მაღალი დონე
<ul style="list-style-type: none"> * გარემოზე მავნე ზემოქმედება უზულებელყოფილია. 	<ul style="list-style-type: none"> * უარყოფითად მოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე და გარემოზე.

ამჟამად, რიგ სამშენებლო კომპანიებში არსებობს ჩანაფიქრი, ტექნოლოგიები შემოიტანონ უცხოეთიდან. ტექნოლოგიის შემოტანის განხორციელება ნაგარაუდევია უცხოური კომპანიების შემოყვანით, რომელნიც თავიანთი აღჭურვილობითა და ტექნოლოგიით მომსახურებას გაუწევენ დაინტერესებულ სამშენებლო ინდივიდებს.

თანამედროვე ნოვაციური ტექნოლოგიების შემოტანა და დანერგვა ჩვენს ქვეყანაში, რა თქმა უნდა მისასაღებელი ფაქტია, მაგრამ გასათვალისწინებელია, რომ 1987 წლიდან საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში ფუნქციონირებს “ალმასებისა და კომპოზიციური მასალების სამეცნიერო ცენტრი” და არსებობს მსგავსი ტექნოლოგიების შექმნის თითქმის 30-წლიანი გამოცდილება.

წლების განმავლობაში, სტუ-ში მიმდინარე სამუშაოების შედეგად დაგროვებულია დიდი გამოცდილება მძიმედ დასამუშავებელი მასალების (გრანიტი, რკინა-ბეტონი, ბეტონი, მინა, ლითონკერამიკა) აღმასურ დამუშავებაში.

შემუშავებულია არალითონური მასალების ალმასური დამუშავების ეფექტური ტექნოლოგიები, რომელიც მოიცავს ახალი ალმასკომპოზიციური მასალის შექმნას ინსტრუმენტის მჭრელი ნაწილისათვის, ალმასური ინსტრუმენტის კონსტრუქციაში შეტანილ ნოვაციებს, ასევე ალმასური დამუშავების ახალი კინემატიკური სქემების შექმნას. დამუშავებული ტექნოლოგიები ეფექტურია, განსაკუთრებით მძიმედ დასამუშავებელი მასალების ჭრის, ბურღვის და ხეხვის ოპერაციებზე.

შემოთავაზებული პროექტის უპირატესობად შეიძლება ჩაითვალოს ის გარემოება, რომ საწარმოო პროცესში შემავალი ყველა ტექნოლოგიური ოპერაციის (საჭირო ალმასების მიღება, ალმასკომპოზიციური მასალის დამზადება, საბოლოო კონსტრუქციის ინსტრუმენტის შექმნა, შესაბამისი დანადგარის გამოყენებით საბოლოო ოპერაციის ჩატარება) რეალიზაცია ხორციელდება ერთი (საწარმოს) ერთეულის ფარგლებში. ეს გარემოება განაპირობებს საწარმოო პროცესის მობილურობას და მოქნილობას, მარტივ ადაპტაციას ადგილობრივ პირობებთან და ბაზართან, რაც თავის მხრივ განაპირობებს შედარებით დაბალ თვითღირებულებას და ეკონომიურობას.

ძირითადი ნაწილი

როგორც ცნობილია, ნებისმიერი პროდუქციის შექმნის აქტუალობა განპირობებულია მასზე არსებული მოთხოვნებით სამომხმარებლო ბაზარზე. ერთიანი სამომხმარებლო ბაზარი პირობითად შეიძლება პირობითად დაიყოს ეგრეთწოდებულ ადგილობრივ და საერთაშორისო ბაზრად. ადგილობრივ ბაზრად ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში, ბუნებრივია, მოიაზრება საქართველოს სამომხმარებლო სივრცე.

პროექტის სტრატეგიული გეგმიდან გამომდინარე, ფუნქციონირების პირველ ეტაპზე, ნავარაუდევია იყო ადგილობრივი ბაზრის შესწავლა და ეტაპობრივი ათვისება. აქედან გამომდინარე, პროექტის ფარგლებში ჩატარდა საძიებო-კვლევითი სამუშაოები, რომელიც მიმართული იყო ჩვენს მიერ ათვისებული ალმასური და სხვა ზესალი მასალისაგან დამზადებული ინსტრუმენტების ნომენკლატურის მოთხოვნის მასშტაბის (გამოხატული ფულად ექვივალენტში) განსაზღვრაში და მოთხოვნის დინამიკის (წლების მიხედვით)

დაფიქსირებაში. პირველ რიგში დასაფიქსირებელია ის გარემოება, რომ საქართველოში დღეისათვის ჩვენთვის საინტერესო პროფილის – ალმასური და სხვა ზესალი ინსტრუმენტის წარმოება არ არსებობს. აქედან გამომდინარე, ძირითადი აქცენტი გაკეთდა შემოსულ იმპორტული წარმოების პროდუქციაზე. შესწავლილი იყო სტატისტიკის სამმართველოს მონაცემთა ბაზა და ზოგიერთი საბაჟო ტერმინალის მონაცემები. ქვემოთ მოყვანილია შესაბამისი საერთაშორისო კოდები, რომლითაც შემოსულია მოხმარებადი ალმასური და ზესალი ინსტრუმენტის პროდუქციის სრული ნომენკლატურა.

6804

დოლაბები, სალესი ქვები, სახეხი რგოლები და ანალოგიური უკარკასო ნაწარმი, განკუთვნილი სახეხად, სალესად, საპრიალებლად, ქვები ხელით სალესად ან საპრიალებლად და მათი ნაწილები ბუნებრივი ქვისაგან, აგლომერირებული ბუნებრივი ან ხელოვნური აბრაზივების ან კერამიკისაგან, სხვა მასალების დეტალებთან აწყობილი ან ამ დეტალების გარეშე.

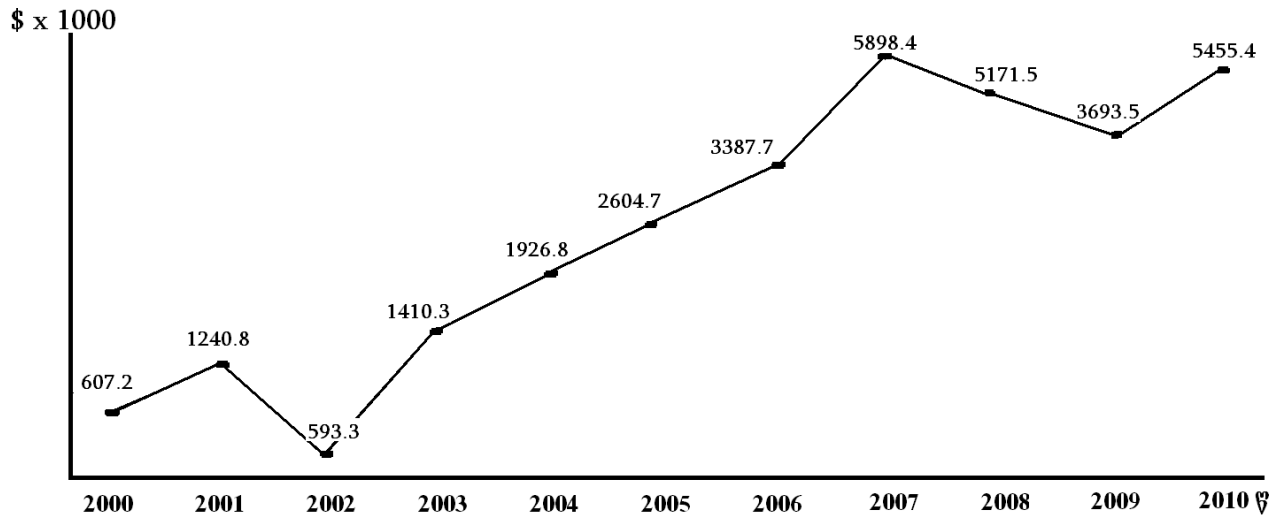
8205

ხელის ინსტრუმენტები (ალმასიანი მინასაჭრელების ჩათვლით), სხვა ადგილას დაუსახელებელი ან ჩაურთველი; მოსაჭერი და ანალოგიური ნაწარმი, ჩარხების საკუთნობისა და ნაწილების გარდა; სახეხი რგოლები საყრდენი კონსტრუქციებით, ხელის ან ფეხის ამძრავით.

8207

ხელის ინსტრუმენტების საცვლელი მუშა ინსტრუმენტები, მექანიკური ამძრავით ან მის გარეშე, ან ჩარხებისათვის ლითონების ადიდვისა ან ექსტრუდირების თვალაკების ჩათვლით, კლდის ქანებისა ან გრუნტის საბურღი ინსტრუმენტები.

(სეს ესნ) კოდებით შემოსული იმპორტული ალმასური ინსტრუმენტის ღირებულება წლების მიხედვით



ნახ. 1. სეს ესნ კოდებით შემოსული იმპორტული ალმასური ინსტრუმენტის ღირებულება წლების მიხედვით

ზემოთმოყვანილი სტატისტიკური მონაცემების დინამიკა წლების მიხედვით ცხადყოფს დასახელებულ პროდუქციაზე მზარდ მოთხოვნას და დასახული მიზნის აქტუალობას.

უახლოეს პერიოდში ადგილობრივ ბაზარზე შესვლის შესაძლებლობა განპირობებულია შემოთავაზებულ პროდუქტზე მოთხოვნილების არსებობით, ანუ რეალიზაციის სეგმენტის მასშტაბით. მაგრამ, ყოველივე ამასთან აუცილებლად გასათვალისწინებელია სტუს-ის მიერ წარმოებული ინსტრუმენტის ფასისა და ხარისხის მაჩვენებლის უპირატესობა იმპორტული წარმოების ანალოგებთან.

სტუს-ში შექმნილი პროდუქციის კონკურენტუნარიანობას განაპირობებს:

1. ალმასური ინსტრუმენტების ხარისხი, რომელიც განისაზღვრება მისი ჭრისუნარიანობითა და მედეგობით;

2. შექმნილი სამეცნიერო პროდუქციის თვითღირებულება, რომელიც განისაზღვრება გამოყენებული მასალების ღირებულებით და დამზადების პროცესის მაღალტექნოლოგიურობით.

ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში, გეზი იყო აღებული როგორც ინსტრუმენტში გამოსაყენებელი ალმასკომპოზიციური მასალის მიღების ტექნოლოგიაში ნოვაციური ელემენტების შეტანაზე, ასევე ისეთი მეთოდოლოგიის შექმნაზე, რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას მაღალი ექსპლოატაციური მაჩვენებლების მქონე ფუნქციონალური მასალები, რომლის საწყის კომპონენტებად გამოყენებულ იქნა ხელმისაწვდომი, არაძვირადღირებული მასალები.

ნებისმიერი მასალის თვისებების კომპლექსს უმეტეს წილად განაპირობებს მისი მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება მიღების პირობებს მრავალკომპონენტიანი კომპოზიციური მასალების ფორმირებისას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტექნოლოგიური პარამეტრების შესამჩნევი ზეგავლენა ისეთი მასალის მიღებისას, რომელსაც განეკუთნებიან ალმასკომპოზიციური და ლითონკერამიკული კომპოზიციები, ანუ სალი შენადნობები. ისეთი პარამეტრების ცვალებადობა, როგორცაა საწყისი ფხვნილოვანი კომპონენტების მარცვლოვანება, მარცვლების ფორმა და გეომეტრია, პრესვადობა და შესაბამისად პლასტიფიკატორების გამოყენების აუცილებლობა, შეცხობის წნევის და ტემპერატურის მნიშვნელობები, შეცხობის გარემო და სხვა მთლიანად განაპირობებენ მიღებული მასალის ხარისხს.

საწყის მასალებად ფხვნილების გამოყენება საშუალებას იძლევა პრეს-ფორმებში დაიპრესოს და მივიღოთ ზუსტი ზომის და ფორმის ნამზადები, რაც საშუალებას იძლევა მინიმუმამდე დავიყვანოთ მექანიკური დამუშავების მოცულობა. ჩამოსხმის მეთოდისგან განსხვავებით, ფხვნილთა მეტალურგიის ტექნოლოგია საშუალებას იძლევა შეიქმნას ისეთი კომპოზიციები, რომლებიც შეიცავენ ერთმანეთთან შეუღნობად კომპონენტებს, რაც საშუალებას იძლევა შეიქმნას ეფექტური შემადგენლობის მასალები გამოყენების კონკრეტული სფეროსთვის. მნიშვნელოვანია, ის უპირატესობა, რომ შეცხობის ტემპერატურა შესამჩნევად უფრო დაბალია, ვიდრე ჩამოსხმის დროს, რაც გარკვეულ წილად განაპირობებს მის ტექნოლოგიურობას.

ფხვნილების მნიშვნელოვანი მახასიათებლებია მარცვლების ფორმა და ზომა, „დაყრის“ მასა და პრესვალობა. მარცვლების ფორმა და ზომები დამოკიდებული არის ფხვნილების მიღების ტექნოლოგიაზე. ეს მახასიათებლები სხვა თვისებებთან ერთად გავლენას ახდენენ დაპრესვის შედეგად მიღებული ბრიკეტის სიმტკიცეზე. შეცხოების დროს ფორმის მიხედვით განიხივიან სფერული, დენდრიტული და ნამსხვრევი ტიპის ფხვნილები. ბრიკეტის სიმტკიცე, რომელიც დაპრესილია დენდრიტული ფორმის მარცვლებიდან უფრო მაღალია, ვიდრე იმავე მეტალის ბრიკეტისა, რომელიც სფერული ან ნამსხვრეული ტიპის ფხვნილებიდან არის დაპრესილი. ლითონური ფხვნილების ნაწილაკების ზომები მერყეობს მიკრომეტრიდან *0,5-მმ-დე*. ინსტრუმენტის დამზადებისას ძირითადად გამოიყენება დენდრიტული ფორმის დისპერსული ფხვნილები, რომელთა ნაწილაკებიც გადიან კვადრატული ფორმის საცრის უჯრედებში *40-100 მკმ* ზომით.

ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა შედარებით მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მქონე მასალის მიღება მომავალში ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში გამოყენებისათვის. კერძოდ, ალმასური ინსტრუმენტის წარმოებისათვის.

აქედან გამომდინარე, პოტენციალურ მასალას წაეყენებოდა ძირითადად მოთხოვნა - ჰქონოდა მაღალი სისაღე, ცვეთამედეგობა და გარკვეული დონის სიმტკიცე. ერთერთ განმსაზღვრელ მახასიათებელს, რომელიც განაპირობებს ალმასკომპოზიციური მასალის მუშაუნარიანობას, წარმოადგენს შერჩეული ლითონური შემკვრელის ალმასდაჭერის უნარი. ამ პარამეტრის მნიშვნელობის აწევის მიზნით, კომპოზიციის შემადგენლობაში შეყვანილ იქნა ნახშირბადის მიმართ ქიმიურად აქტიური *d* - ელემენტები. გარდა ამისა, შექმნილიყო მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას მოგვცემდა საწყისი მაკროგანზომილებიანი ფხვნილოვანი კომპონენტები გადაგვეყვანა ულტრადისპერსულ ზომებში. შექმნილი ტექნოლოგიით გვეძლევა საშუალება ერთი და იგივე საწყისი ნედლეულის გამოყენების პირობებში კომპლექსურად გაგვეუმჯობესებინა საბოლოო პროდუქცია, ანუ აგვემაღლებინა ხარისხის მაჩვენებელი – შესაბამისად შეგვემცირებინა თვითღირებულება.

ამოცანის განსახორციელებლად დაიგეგმა ალმასკომპოზიციური მასალის შექმნა, რომლის შემკვრელის შემადგენლობა განეკუთვნებოდა ლითონკერამიკულ

კლასს (სალი შენადნობები), ხოლო მისი კონკურენტუნარიანობა არსებულ ძვირადღირებულ სალ შენადნობებთან მიმართებაში განპირობებული იყო მისი მიღების ტემპერატურის მნიშვნელოვანი შემცირებით, რაც იძლევა საშუალებას გამოყენებულ იქნას სტუ-ში არსებულ ცხელი პრესვის მაღალტექნოლოგიური და წარმადი ოპერაცია. ალმასკომპოზიციური მასალის შემადგენლობა დაიგეგმა $Cu - Ti - Ni - TiC$ -ს ბაზაზე.

დაგეგმილი ალმასკომპოზიციური მასალის მიღებისათვის გამოყენებული იყო ტრადიციული ფხვნილთა მეტალურგიის მეთოდი. ლითონური შემკვრელის საწყის კომპონენტებად გამოყენებული იყო ლითონთა დისპერსული ფხვნილები: სპილენძი, ნიკელი, ტიტანის კარბიდი, ტიტანის ჰიდრიდი და სხვა. საწყისი ფხვნილები იცრებოდა მექანიკურ საცერში 30წთ-ს განმავლობაში. გამოცრილი საწყისი ფხვნილების მარცვლოვანება (დისპერსიულობა) შესაბამის საცერში გატარების შემდეგ შეადგენდა ≤ 63 მკმ-ს.

მიღებული ფხვნილები შემდგომი დაწვრილმარცვლოვანების მიზნით გადიოდნენ შემდგომი აქტივაციის პროცესს. აქტივაციის პროცესი – დაფქვა ხორციელდება ბურთულებიან წისქვილში. როგორც ცნობილია, მყარი ნაჭრების ან ნაწილაკების დაწვრილმარცვლოვანების და დაფქვის ეფექტი ბურთულებიან წისქვილში მიიღწევა ბურთულების მოძრაობის შედეგად დოლის ბრუნვის დროს. ბურთულების გადაადგილების ხასიათი დოლში დამოკიდებულია მის ბრუნთა რიცხვზე. დოლის გარკვეული ბრუნთა რიცხვის დროს ცენტრიდანული ძალების გავლენით ბურთულები მიჭერილნი არიან დოლის კედელზე და მოძრაობენ მბრუნავ დოლთან ერთად ამ დროს ბურთულები არავითარ ზეგავლენას არ ახდენენ დოლში ჩაყრილ მასალაზე. ბრუნთა ამ რიცხვს ეწოდება კრიტიკული და დამოკიდებულია დოლის დიამეტრზე: $N_{კრ} = \frac{42.2}{\sqrt{D}}$, სადაც D - დოლის დიამეტრია.

დადგენილია რომ დოლის ბრუნთა რიცხვისას, რომელიც შეადგენს $N_{კრ}$ -ის 75%-ს, მასალის ნაჭრების დაწვრილმარცვლოვანება ხორციელდება ჩამოვარდნილი ბურთულების დარტყმის ზეგავლენით. თუ დოლის ბრუნთა რიცხვი არ აღემატება კრიტიკულ ბრუნთა რიცხვის 60%-ს, ბურთულების მოძრაობის ხასიათი დოლში მნიშვნელოვნად იცვლება [1].

შეიძლება მიღწეულ იქნას; ე.წ გადაგორების რეჟიმი, როდესაც მასალის დაწვრილმარცვლოვნებას ადგილი აქვს ბურთულების ერთმანეთის მიმართ ხახუნის შედეგად მათ დახრილ ზედაპირზე ჩამოგორების დროს. აგრეთვე, შეიძლება მიღწეულ იქნეს რეჟიმი, როდესაც დაწვრილმარცვლოვნება ხორციელდება მასალის მოცვეთით ბურთულების გარე ზედაპირსა და დოლის კედლებს შორის. ასეთ რეჟიმს უწოდებენ “სრიალის” რეჟიმს. რეჟიმების შერჩევა განპირობებულია დასაფქვავე მასალის ბუნებით და თვისებებით. სალი შენადნობის წარმოებისას, როდესაც დასაფქვავე მასალები წარმოდგენილია წვრილმარცვლოვანი კარბიდებისა და შემკვრელი ლითონების (კობალტი, ნიკელი) ფხვნილებით, ძირითადად გამოიყენება დაფქვის სრიალის ან გადაგორების რეჟიმი.

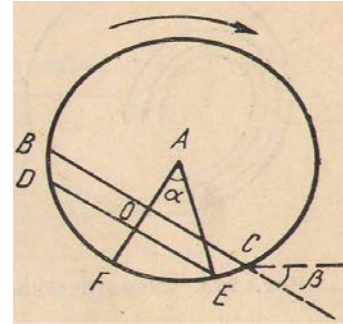
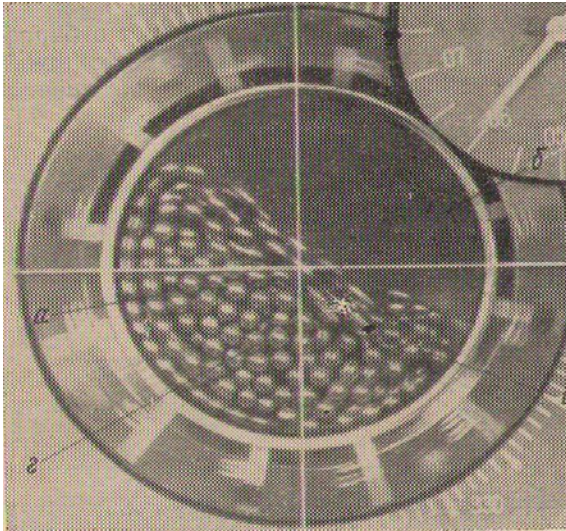
იმისათვის რომ, ბურთულებს ჰქონდეთ საშუალება დოლის კედელთან ერთად აწევის შემდეგ ჩამოგორდნენ ქვემოთ და სრიალის რეჟიმი შეიცვალოს გადაგორების რეჟიმად, აუცილებელია რომ, ბურთულების მასის ზედაპირზე დახრის კუთხე იყოს მეტი ვიდრე ბუნებრივი დახრისა. ბურთულების მასაზე მოქმედი ძალების განხილვისას რომელიც მოქმედებენ დოლის ბრუნვის დროს და გეომეტრიული სქემის გამოყენებით (ნახ. 2) გამოიყენება ფორმულა დახრის კუთხისათვის, როდესაც მყარდება წონასწორობა: $\sin \beta = \frac{A}{\cos \alpha}$

სადაც: β - ბურთულების ზედაპირის დახრის კუთხეა;

A - ხახუნის კოეფიციენტი ბურთულებს და დოლის კედელს შორის

α - კუთხეა რომელიც იქმნება ორი რადიუსით, ერთი AF , რომელიც გადის ფიგურის ცენტრში და რომელიც გამოსახავს ბურთულების ჩატვირთვის მოცულობის (სეგმენტი BFC) და მეორე AF , როდესაც აერთებს ქორდის გადაკვეთის წერტილს და ჰყოფს სეგმენტის ფართს შუა წერტილზე.

α - კუთხის სიდიდე დამოკიდებულია ბურთულების ჩატვირთვის მოცულობაზე ან (გეომეტრიულად) სეგმენტის ფართზე, რომელიც გამოსახავს ამ მოცულობას. ბურთულებით ჩატვირთვის ზრდასთან ერთად (სეგმენტის ფართი) კუთხე α იზრდება 0-დან 90° -მდე, ხოლო $\cos \alpha$ მცირდება 1-დან 0-მდე.

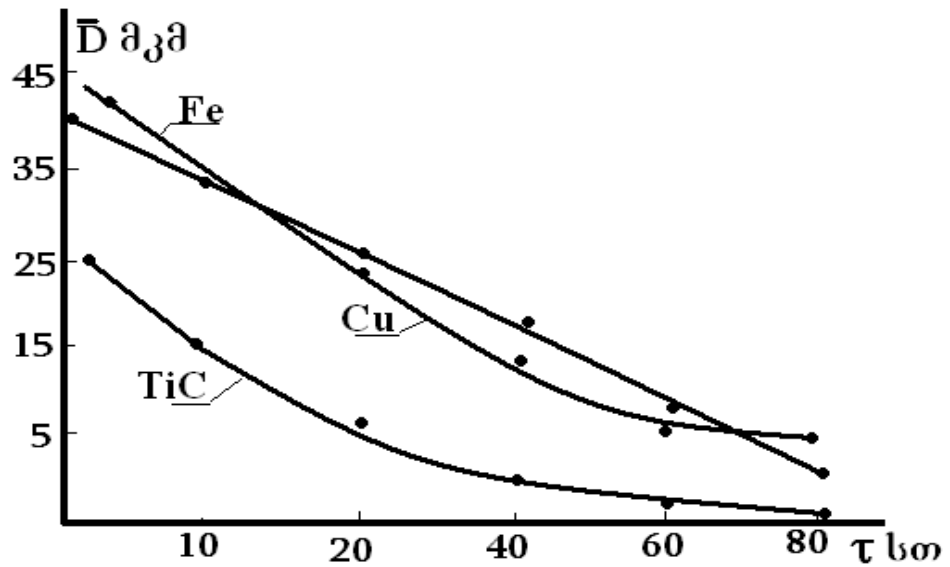


ნახ. 2. ბურთულების გადაადგილების ზომები დოლში

ჩვენს შემთხვევაში, საწყისი კაზმის კომპონენტების დაფქვისას (TiC , Cu , Ni , Sn , TiH_2) ზემოთ ჩამოთვლილი ფორმულების გამოყენებით დოლის ჩატვირთვა და ბრუნთა რიცხვი ისე იყო შერჩეული, რომ მიღწეული იყო დაფქვის “გადაგორების” რაჟიმი.

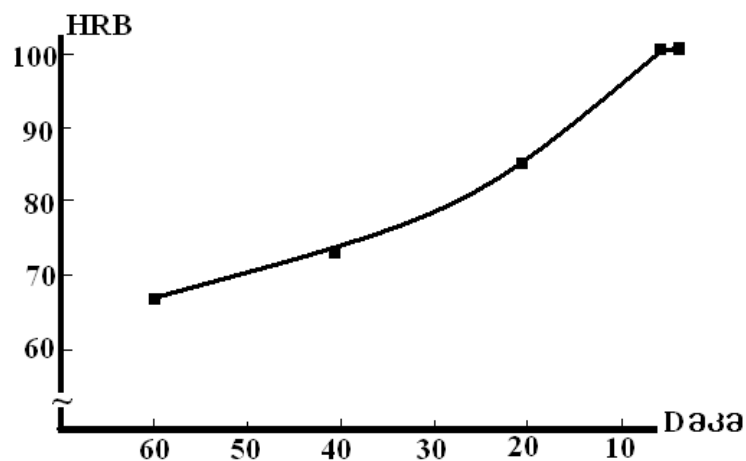
ცნობილია, რომ გარდა დამფქვაგი დანების მაძრაობის ხასიათისა, მნიშვნელოვან როლი დაფქვის პროცესში ენიჭება არეს, რომელშიც მიმდინარეობს დაწვრილმარცვლოვანება. ანსხვაგვებენ დაფქვის ორ ძირითად სახეს: მშრალ და სველ დაფქვას. სალი შენადნობების და ლითონკერემიკული მასალების დაფქვისას ძირითადად იყენებენ სველი დაფქვის მეთოდს. ჩვენი სამუშაოს შესრულებისას ვიყენებდით სველი დაფქვის მეთოდს, სითხის არედ ვიყენებდით ეთილის სპირტს.

დასაფქვაგი ნივთიერების მასის შეფარდება ბურთულების რაოდენობასთან აღებული გეკონდა $1 : 6$. დაფქვის ხანგრძლივობა მყიფე მასალების დაფქვისას (TiC , SiC) ძირითადად ადგენენ ექსპერიმეტრულად, და განისაზღვრება იმ მოთხოვნებით, რაც წაყენება კაზმის კომპონენტების მარცვლის ზომებს.



ნახ.3. *TiC*-ს ფხვნილის მარცვლების საშუალო ზომის დამოკიდებულება აქტივაციის დროზე

ჩვენს მიერ გამოყენებული დოლის კონსტრუქციისთვის დადგენილი იქნა ფხვნილოვანი ტიტანის კარბიდის, სპილენძის და რკინის მარცვლის ზომების დამოკიდებულება დაფქვის დროზე ანუ აქტივაციის პროცესის კინეტიკა. დაფქვილი ნივთიერებების (*TiC*, *Ni*, *Cu*) დისპერსულობის განსაზღვრა ხორციელდება სტუ-ს აღმასებისა და კომპოზიციური მასალების ცენტრში. მეთოდის გამოყენებით მიღებული შედეგები მოყვანილია (ნახ.3).



ნახ. 4. შემცხვარი ($P = 400$ კგ/სმ²; $T = 850^{\circ}C$) ლითონური კომპოზიციური მასალის (*Fe-Cu-Ni-Sn*) სისაღის დამოკიდებულება საწყისი ფხვნილოვანი კომპონენტების დისპერსულობაზე.

შემუშავებული მეთოდის მეშვეობით, შესაძლებელი გახდა საწყისი ფხვნილოვანი კომპონენტების გადაყვანა მაკროგანზომილებიდან (>50 მკმ) მიკროგანზომილებაში (<5 მკმ). შედეგები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ისეთი პლასტიური მასალების წვრილდისპერსული ფხვნილების მისაღებად, როგორცაა რკინა და სპილენძი, რადგან ასეთი ელემენტების მიკროდისპერსული ფხვნილების მიღება სხვა მეთოდების გამოყენებით (ელექტროქიმია, კონდენსირება გაზური ფაზიდან, გაფრქვევა დამცავ არეში) საკმაოდ მაღალტექნოლოგიური და შესაბამისად ძვირადღირებული ტექნოლოგიებია.

ფხვნილების აქტივაციის შედეგად მიღებული სხვადასხვა დისპერსიულობის ფხვნილები შემდგომში გამოყენებული იყვნენ კომპოზიციურ მასალების მისაღებად. როგორც მოსალოდნელი იყო, აქტივაციის შედეგად, მიღებული წვრილმარცვლოვანი ფხვნილების გამოყენებამ შესამჩნევად გააუმჯობესა მიღებული ცხობილების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები, შეცხოების იმავე $P - T$ პირობებისათვის. ლითონური მატრიცის (შემკვრელის) ისეთი ფიზიკური მახასიათებლებების გაუმჯობესება, როგორცაა სისაღე, სიმტკიცე და ა.შ. წარმოადგენს მთლიანად ალმასკომპოზიციური მასალის ექსპლოატაციური პარამეტრების ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს, რადგან, ადგილი აქვს ალმასდაჭერის უნარის და ცვეთამედგობის ამაღლებას.

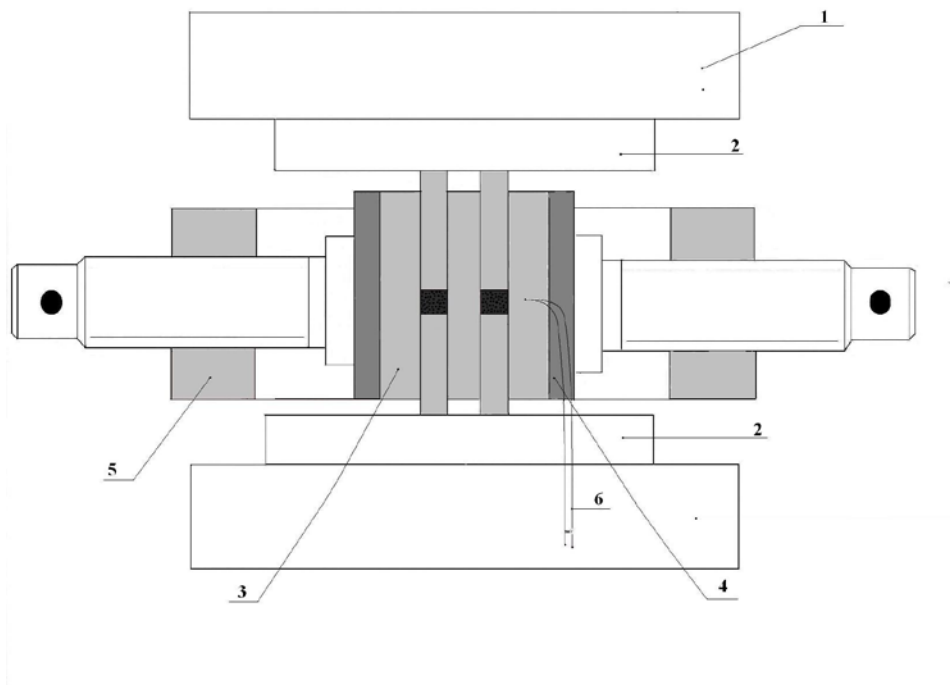
ექსპერიმენტი მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში ხორციელდებოდა ე.წ. ცხელი დაწნევის დანადგარზე, რომლის ძირითადი ნაწილია 30 ტ ძალის პრესი და 15 კგტ სიმძლავრის გახურების ავტომატური სისტემა.

დანადგარი შექმნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ალმასების და კომპოზიციური მასალების სამეცნიერო ცენტრში. ცხელი დაწნევა ხორციელდება სპეციალურ პრესფორმაში.

მსოფლიო პრაქტიკაში, ანალოგიური პროცესის განსახორციელებლად (ცხელი დაწნევა) გამოიყენება გრაფიტის პრესფორმები. როგორც ცნობილია, ასეთი ტიპის პრესფორმები საშუალებას იძლევა უზრუნველყონ არაუმეტეს 400 კგ/ს² წნევის განვითარება, რაც განპირობებულია გამოყენებული სპეციალური გრაფიტის სიმტკიცით. წნევის დიაპაზონის გაზრდის მიზნით იქნა შემუშავებული

სპეციალური კონსტრუქციისა და შედგენილობის პრესფორმა, რომელიც საშუალებას იძლევა მიღებულ იქნას $900-950^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურა და 1200 კგ/სმ² წნევა.

პრინციპიალური სქემა მოცემულია (ნახ. 5) გახურება ხდება რეგულირებადი ცვლადი დენის გატარებით. ტემპერატურის გაზომვა მუშა არეში ხორციელდებოდა თერმოწყვილების მეშვეობით $\pm 2^{\circ}\text{C}$ სიზუსტით, წნევა კონტროლირდება პიდროსისტემაში შექმნილი წნევის ჩვენებით მანომეტრზე, რომელიც წინასწარ იყო გამოთვლილი და დაგრაღირებული ელექტრონული დინამომეტრით, წინასწარ განსაზღვრული წნევის მოდების შემდეგ ხორციელდებოდა გახურება $\approx 100^{\circ}\text{C} / \text{წთ}$, დაყოვნება მაქსიმალურ ტემპერატურაზე 120 წმ. გაციება $\approx 100^{\circ}\text{C} / \text{წთ}$.



ნახ. 5. კომპოზიტების შესაცხოხვად გამოყენებული პრინციპიალური სქემა.

- 1 – სარყდენი ფილა, 2 – შუალედური ფილა, 3 – წნეხ-ფორმა,
 4 – ელექტრო თბო იზოლაცია, 5 – დამჭერი რგოლი, 6 – თერმოწყვილი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ცხელი პრესვის პროცესის ჩასატარებლად მის ძირითად ელემენტს წარმოადგენდა სპეციალური ფორმის პრეს-ფორმა. ჩვენს შემთხვევაში გამოყენებული იყო როგორც სპეც. გრაფიტის, ასევე სპეციალური ცეცხლგამძლე ფოლადისგან დამზადებული პრესფორმები.

პრესფორმის გეომეტრიული ზომები და ფორმა ისე იყო შერჩეული და გათვლილი, რომ უზრუნველყოფდა სამუშაოში დაგეგმილი კონკრეტული კონსტრუქციის და გეომეტრიული ზომების მქონე მასალების ნაკეთობების მიღებას.

პრესფორმის ძირითადი ნაწილები დამზადებული იყო სპეციალური მარკის ცეცხლგამძლე ფოლადისგან. შერჩეული მასალის თერმომედეგობა შეადგენდა $900-930^{\circ}C$. $200-800^{\circ}C$ - ტემპერატურულ ინტერვალში მაქსიმალური შესაძლებლო განვითარებული წნევა შეადგენდა $1400-1500$ კმ/სწ. აღნიშვნის ღირსია ის გარემოება, რომ აბრაზიული მასალის შემცველი ფხვნილების პრესვის ოპერაციები, განსაკუთრებით შედარებით გაზრდილი წნევის პირობებში ($\varphi \geq 100$ კმ/სწ) დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული.

როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები, ცხელი პრესვის ტექნოლოგიურ ოპერაციას სასურველი შემადგენლობის მასალების ნაკეთობების მიღებისას ნაკეთობების ფორმირებას სხვა ოპერაციებთან შედარებით (ჩამოსხმა, შეცხობა ვაკუუმში და სხვა) საგრძნობი უპირატესობები გააჩნია. პირველ რიგში იგი ხასიათდება მნიშვნელოვნად მაღალი წარმადობით, რაც ზრდის დაგეგმილი მასალიდან ნაკეთობების მიღების რენტაბელობას. მეორე და ძირითადი არის ის გარემოება, რომ შეცხობის პროცესი მიმდინარეობს მაღალი წნევის პირობებში, რაც განაპირობებს მის მკვეთრ ინტენსიფიკაციას. მიღებული ნაცხობები გამოირჩევიან ძალიან დაბალი ფორიანობით ე.ი მაღალი სიმკვრივით და შესაბამისად მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით, სიმტკიცით, სისაღით და სხვა. ზოგიერთ შემთხვევაში აღნიშნული პარამეტრები განსაზღვრავენ მიღებული (შემცხვარი) მასალების ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში გამოყენების შესაძლებლობას.

მიუხედავად მრავალი დადებითი ფაქტორისა, რაც თან ახლავს მასალების ფორმირებას მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, განსაკუთრებით

ისეთი ახალი კომპოზიციური მასალებისა, რომელთა შექმნა სხვა ცნობილი მეთოდებით შეუძლებელია ხასიათდება მრავალნაირი სირთულეებით, რომელთა გადაჭრა ზოგიერთ შემთხვევაში ითხოვს სხვადასხვა სფეროში აპრობორებული მაღალტექნოლოგიური მეთოდების გამოყენებას. ასე მაგალითად, უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს დაგეგმილი $P - T$ პირობების პარამეტრების შექმნა სარეაქციო არის მთლიან მოცულობაში, მისი ზუსტი შენარჩუნება τ დროის განმავლობაში და შესაბამისი კონტროლის განხორციელება. ზემოთ ნახსენები ამოცანის განხორციელება საკმაოდ რთულ ტექნიკურ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული და ისინი განპირობებული არიან თვით ცხელი პრესვის პროცესის განხორციელების თავისებურებით. აღნიშნული სირთულეების დაძლევა მაღალი წნევის და ტემპერატურების სფეროს აქტუალურ ამოცანებს წარმოადგენს, რადგან უპირობოდ აისახება საბოლოო პროდუქციის ხარისხზე.

წარმოდგენილ სამუშაოში ჩატარებული იყო სერია ექსპერიმენტებისა, რომელიც მიმართული იყო ჩვენს მიერ შერჩეული შემადგენლობის ალმასკომპოზიციური მასალის შეცხოების პირობების გაუმჯობესებისკენ.

კერძოდ, გამოყენებული იყო ცხელი პრესვის პროცესში მუშა არის ანაწყოების სხვადასხვა გეომეტრიული სქემა. იცვლებოდა აგრეთვე გახურების და დაწნევის არის შექმნაში მონაწილე მასალების ქიმიური შემადგენლობა.

ამოცანას წარმოადგენდა გამოვლენილიყო დამოკიდებულება პირდაპირი გახურების მეთოდის პირობებში, რომელიც გამოიყენება სტუ-ს ალმასების და კომპოზიციური მასალების სამეცნიერო ცენტრში გამოყენებულ მუშა არის კონსტრუქციებისას (ანაწყოების სქემების) და მათში რეალიზებული $P - T$ პარამეტრებს შორის ერთგვაროვნების მიღწევისათვის. $P - T$ პარამეტრების ერთგვაროვნება დაწნევის მუშა არეში შესაბამისად ისახება შემცხვარი ნიმუშის ისეთი ფიზიკურ-მექანიკურ მახასიათებლებზე - როგორც არის ნიმუშის სიმკვრივე, სისაღე, სიმტკიცე და სხვა.

შემცხვარი ნიმუშების ფიზიკური მახასიათებლების განაწილების დაფიქსირებით მის მთელს მოცულობაში იძლევა საშუალებას გაკეთდეს გარკვეული კორელაცია ნიმუშის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების

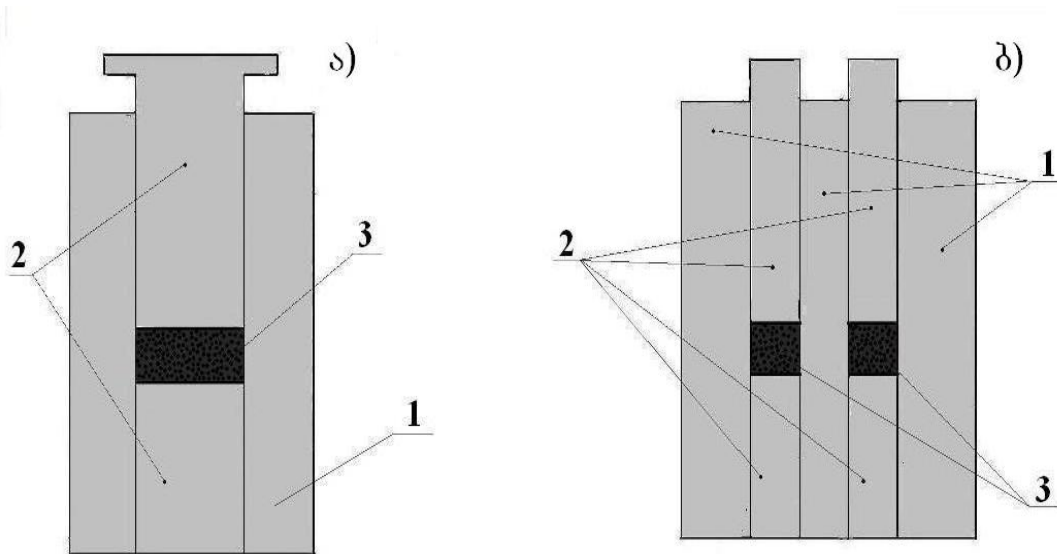
ანიზოტროპიულობასა და შეცხობის პირობებს შორის. როგორც ცნობილია, $P - T$ პარამეტრების ზეგავლენა შეცხობის პროცესზე და შესაბამისად მიღებული ნიმუშების თვისებებზე, განსაკუთრებით მკვეთრად ვლინდება მყარფაზური შეცხობის პირობებში [2, 3].

აქედან გამომდინარე, ცხელი პრესვის პროცესში მუშა V მოცულობაში შექმნილი ტემპერატურული ველის ერთგვაროვნებაზე და წნევის მთელს მოცულობაში რეგენერაციაზე უფრო მკაფიო სურათის შესაქმნელად შერჩეული იქნა ისეთი ლითონკერამიკული კომპოზიცია, რომელიც განაპირობებდა შერჩეულ მაღალ ტემპერატურის პირობებში პროცესის მიმდინარეობას მყარ ფაზაში. გამოყენებული იყო კომპოზიცია ქიმიური შემადგენლობით $Cu - Sn - Ni - TiC$. ტიტანის კარბიდის შემცველობა შეადგენდა 30%, ხოლო შემაკავშირებლის კომპონენტთა ხვედრითი წილი ისე იყო შერჩეული, რომ $900 - 910^{\circ}C$ ტემპერატურის პირობებში თხევადი ფაზა არ დაფიქსირდებოდა.

ნახ. 6, 7 მოყვანილია პროცესში დაგეგმილი შემადგენლობის კომპოზიციური მასალის შეცხობისას გამოყენებული ცხელი პრესვის სქემები. ექსპერიმენტების ჩატარებისას ადგილი ჰქონდა სხვადასხვა გეომეტრიის ნიმუშების მიღებას ერთ შემთხვევაში მრგვალი დილაკების (დიამეტრი $\phi 18$ მმ და სიმაღლე $h 8-9$ მმ) შეცხობა, ხოლო მეორეში $24 \times 8 \times 8$ მმ ზომის ძელაკებისა.

მრგვალი ნიმუშები (დისკები, დილაკები) შემდგომში გამოიყენებოდა ისეთი მახასიათებლების დასადგენად, როგორც არის მიკრო და მაკრო სისაღე, სიმკვრივე, ჩაჯდომის კოეფიციენტი და აგრეთვე მეტალოგრაფიული და რენდგენოფაზური ანალიზებისთვის.

ძელაკის ფორმის ნიმუშების მიღების აუცილებლობა განპირობებული იყო შექმნილი კომპოზიციური მასალის ღუნვაზე სიმტკიცის მნიშვნელობების დასადგენად. პირველ შემთხვევაში ნიმუშების შეცხობა ხორციელდებოდა ცილინდრული ტიპის პრესფორმაში (ნახ. 6 ა), ხოლო მეორე შემთხვევაში ორპოზიციან დასაშლელ პრესფორმაში (ნახ 6 ბ).



ნახ. 6. ცილინდრული ფორმის ნიმუშის შესაცხოვი წნეხ-ფორმა. ა), ძელაკის ფორმის ნიმუშის შესაცხოვი ასაწყობი წნეხ-ფორმა. ბ)

1 – მატრიცა, 2- პუანსონი, 3- ნიმუში

აქვე აღნიშვნის ღირსია ის გარემოება, რომ იდენტური შემადგენლობის კომპოზიციური მასალის შეცხოვისას ერთი და იგივე $P - T - \tau$ პირობებში, ცილინდრული (ნახ 6 ა) და სწორკუთხა პრიზმულ (ნახ 6 ბ) პრესფორმებში მიღებული შემცვარი ნიმუშები გარკვეულად განსხვავდებოდნენ ერთმანეთისგან ზოგიერთი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლებით. კერძოდ, უმნიშვნელო, მაგრამ სტაბილური სხვაობა იყო დაფიქსირებული ისეთ მაჩვენებლებში, როგორც არის მიღებული მასალის სიმკვრივე, სისალე და ჩაჯდომის კოეფიციენტი. კონკრეტულად მახასიათებლებში სხვაობა სხვადასხვა კონსტრუქციის პრესფორმაში მიღებული ნიმუშებისთვის აღწევდა 3-5%.

სტატისტიკურად დაფიქსირდა რომ, მთლიან ცილინდრულ წნეხფორმაში მიღებული ნაცხოვის მახასიათებლები სტაბილურად ოდნავ უფრო მაღალი იყო, ვიდრე პრიზმულ დასაშლელ პრესფორმაში. ამის მიზეზად ჩვენის აზრით შეიძლება განვიხილოდ ის გარემოება, რომ ცილინდრულ მთლიან პრესფორმას გააჩნია უფრო მაღალი სიხისტე ვიდრე დასაშლელ ანალოგს, რომელიც თავის კონსტრუქციული თავისებურებებს გათვალისწინებით (ნახ. 6 ბ) მაღალი წნევის

და ტემპერატურის ზემოქმედებით განიცდის გარკვეული სიდიდის ზომებში დაძვრას სიგრძე-სიგანის ვექტორით.

აღნიშნული ტიპის “დრეკადი” დეფორმაცია თავის მხრივ განაპირობებს მთლიანად პრესფორმაზე მოდებულ P_{max} ძალის ნაწილის ΔP -ს დაკარგვას აღნიშნულ დეფორმაციაზე. შესაბამისად, შესაცხოვ ნიმუშზე მოსული დაწოლა შემცირებულია ΔP -ს მნიშვნელობით. ეი პრიზმულ დასაშლელ პრესფორმაში შეცხოვის დაგეგმილი P -ს მნიშვნელობა რეალურად შეადგენს $(P - \Delta P)$ -ს, როგორც ზემოთ იყო ნაჩვენები. წნევის უმნიშვნელო ცვლილებაც გავლენას ახდენს ცხელი შეცხოვით მიღებული მასალების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე, განსაკუთრებით მყარფაზური შეცხოვის პირობებში.

ნახ. 6 ა, ბ-ზე მოყვანილია ცხელი პრესვის გამოყენებით ნიმუშების შეცხოვის ფართოდ გავრცელებული კლასიკური სქემა. ნიმუშზე წნევის განვითარება ხორციელდება ზედა პუანსონის გადაადგილების შედეგად და მისი ზედაპირის უშუალო კონტაქტით ნიმუშზე. გახურება ხორციელდება დენის პირდაპირი გატარებით როგორც პუანსონში, ასევე თვით ნიმუშიც და წნეხფორმის კედლებშიც.

როგორც ცნობილია მიღებული ნაცხოვების ხარისხი მნიშვნელოვნად არის განპირობებული მისი თვისებების ანიზოტროპიულობით მთელს მოცულობაში, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია შეცხოვის მოცულობაში წნევისა და ტემპერატურის გრადიენტის არსებობაზე. მყარი სხეულების (ფხვნილების) წნეხვის პირობებში ადგილი აქვს არა იზოსტატიკურ ან ჰიდროსტატიკურ პროცესებს, არამედ კვაზიჰიდროსტატიკას. ამ შემთხვევაში წნევის რეგენერაცია გარკვეულ მოცულობაში მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. კერძოდ, წნევის გავრცელება გარკვეული მიმართულებით დამოკიდებულია ფხვნილოვანი კაზმის გამოყენებისას (რასაც ადგილი ჰქონდა ჩვენს შემთხვევაში) მისი წნეხვადობაზე, მაღალი ტემპერატურის პირობებში ე.წ. პლასტიური ლითონების შესაძლებლობაზე - ფხვნილოვანი კომპონენტების მარცვლებს შორის ხახუნის ძალებზე, შიდა ხახუნის მაჩვენებლებზე, როგორც დაბალი ისე მაღალი (მუშა) ტემპერატურების პირობებში შესაცხოვობი მასალის და წნეხფორმის კედლებს შორის ხახუნის კოეფიციენტზე, რაც თავის მხრივ განპირობებულია როგორც

მოსახუნე ნივთიერებების აღნაგობით და ფიზიკური და ქიმიური თვისებებით, აგრეთვე ნახსენები მასალების მაღალ ტემპერატურაზე მოლეკულათშორისი ურთიერთქმედებით.

რაც შეეხება ტემპერატურულ გრადიენტს მუშა მოცულობაში აღნიშნული სქემის (ნახ. 6 ა, ბ) გამოყენებისას, იგი განპირობებული იქნება შესაცხოვრებელი მასალის ისეთი მახასიათებლებით, როგორც არის მისი ელექტროგამტარობა, სითბოტევადობა და თბოგადაცემის მაჩვენებლები. ლითონური ფხვნილოვანი კომპოზიციური მასალის შესაცხოვრებისას როგორც აჩვენა სტუ-ს აღმასების და კომპოზიციური მასალების სამეცნიერო ცენტრის გამოცდილებამ შეცხოვრების ეს სქემა წარმატებით იყო გამოყენებული მრავალი წლების განმავლობაში.

ლითონური ფხვნილების შეცხოვრებისას ზემოთ მოყვანილი მოთხოვნები პრაქტიკულად კმაყოფილდება. ლითონური ფხვნილებს (*Cu, Ni, Sn*) ახასიათებთ კარგი წნეხგადობა მაღალი ტემპერატურის პირობებში - პლასტიური დინება, კარგი ელექტრო- და თბოგამტარობა. აქედან გამომდინარე, მიღებულ ცხოვილებს ახასიათებთ საკმაოდ მაღალი ხარისხის თვისებების იზოტროპიულობა ნიმუშის მთელს მოცულობაში.

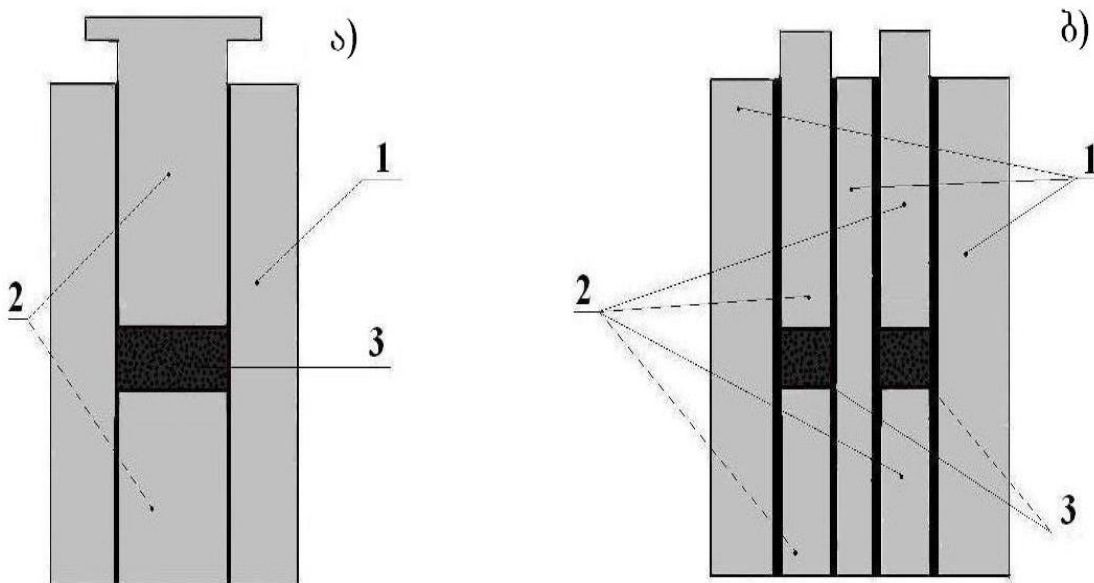
იმ შემთხვევაში, როდესაც მისაღები აღმასკომპოზიციური მასალის საწყისი ფხვნილთა ნარევი წარმოდგენილია არა მხოლოდ ლითონური ფხვნილებით, არამედ მის შემადგენლობაში გარდა აღმასური ფხვნილისა, შესამჩნევი რაოდენობით, არიან წარმოდგენილი ისეთი ქიმიური ნაერთები, როგორც არიან კარბიდები, ოქსიდები, ბორიდები და სხვა. ზემოთ ნახსენები თვისებები – პრესგადობა, პლასტიურობა, ელექტროგამტარობა, თბოგადაცემის უნარი და ტრიბოლოგიური მახასიათებლები – მკვეთრად ეცვლება.

როგორც ზემოთ, სამუშაოს მიზანში იყო ჩამოყალიბებული წარმოდგენილი სამუშაოს ფარგლებში საქმე გვაქვს აღმასკომპოზიციებთან. ტიტანის კარბიდის დიდი ხვედრითი მოცულობით (>50%) შეყვანამ მკვეთრად შეცვალა საწყისი ფხვნილოვანი კომპოზიციის ფიზიკური, ელექტრული და თბური თვისებები. შედეგად, შეცხოვრების ძველმა, უკვე არსებულმა სქემამ ამ შემთხვევაში არ მოგვცა სასურველი შედეგი. შემცხვარი ნიმუშების გამოკვლევამ (სიმკვრივე, სისაღე, ჩაჯდომის სიდიდე, მიკროსკოპია) დაადასტურა მათი მნიშვნელოვანი

არაერთგვაროვნება მოცულობაში, ძირითადად სიმაღლეში დაწნევის მიმართულებით. ყოველივე ეს განაპირობებული იყო განვითარებული წნევის შესამჩნევი გრადიენტით ნიმუშის ზედა და ქვედა ფენებში. სისაღების სხვაობა ნიმუშის ზედა და ქვედა ზედაპირზე შეადგინა 9-10 ერთეული HRB სისტემაში. წნევის ასეთი შესამჩნევი გრადიენტი ჩვენის აზრით განპირობებული იყო შემდეგი ფაქტორებით:

1. მკვეთრად შემცირება აღნიშნული ფხვნილოვანი კომპონენტების $Cu - Ti - TiC$ და $Cu - Ni - Sn - TiC$ წნეხვადობა, როგორც ცივ ისე ცხელ ($900^{\circ}C$) მდგომარეობაში.

2. ფხვნილოვან კაზში TiC -ს აბრაზივის არსებობამ მკვეთრად გაზარდა შესაცხოები მასალის ხახუნის კოეფიციენტი წნეხფორმის კედლების მასალის (გრაფიტის) მიმართ, რამაც განაპირობა მთლიანად წნეხფორმაზე მოდებული ძალის შესამჩნევი ნაწილის დანაკარგი ხახუნის ძალების დაძლევაზე.



ნახ. 7. ცილინდრული ფორმის ნიმუშის შესაცხოები წნეხ-ფორმა გრაფიტის სარჩულით. ა) სეგმენტის ფორმის ნიმუშის შესაცხოები ასაწყობი წნეხ-ფორმა, ბ) გრაფიტის სარჩულით.
1 – მატრიცა, 2- პუნსონი, 3- ნიმუში.

(ნახ 7 ა, ბ) მოყვანილია ცხელი წნეხვისას გამოყენებული სქემა, რომელმაც საშუალება მოგვცა ფაქტიურად გადაგველახა მუშა მოცულობაში

წნევის რეგენერაციის სიძნელეები. ამოცანის გადაჭრა მოხერხდა წნეხფორმის შიდა კედლების დაფარვით ისეთი ნახშირბადოვანი სპეც მასალით (ნახ. 7), რომელსაც გააჩნია ძალიან დაბალი ხახუნის კოეფიციენტი ჩვენს მიერ შერჩეული შემადგენლობის კომპოზიციურ მასალასთან და აგრეთვე გამოიჩინა მაღალი ქიმიური ინერტულობით მაღალი ტემპერატურების პირობებში.

როგორც გამოცდებმა აჩვენა, დანაფარი, რომლის სისქეც $0,2 - 0,35$ მმ-ს შეადგენს მრავალჯერადია და მისი გამოყენება შესაძლებელია არა ნაკლებ 4 -5 ციკლისა, გამყოფი შრის შექმნა წნეხფორმის კედლებსა და თვით ნიმუშს შორის ხორციელდება მექანიკურად და საკმაოდ მარტივ და იაფ ტექნოლოგიურ ოპერაციას წარმოადგენს. ე.წ. გამყოფი “სარჩულის” არსებობამ წნეხფორმის მუშა ზედაპირზე საშუალება მოგვცა საგრძნობლად შეგვემცირებინა სისაღეთა სხვაობა შემცხვარი ნიმუშის ზედა და ქვედა ზედაპირებზე და იგი 10-11 ერთეულით განსხვავებიდან დაგვეყვანა 3-4 ერთეულზე HRB-ს შკალით.

ნიმუშებზე დაფიქსირებული თვისებათა სხვაობა სიმაღლის მიმართულებით ამჯერად განპირობებული იყო არსებული ტემპერატურული გრადიენტით. ამის დასტურს წარმოადგენდა ის ფაქტი რომ, ზოგიერთ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ნიმუშის ზედა ნაწილში ნაღნობის წარმოშობას მაშინ როდესაც, თერმოწყვილის მეშვეობით კონტროლილებადი ტემპერატურის მნიშვნელობები (იზომებოდა ნიმუშის სიმაღლის შუა ნაწილში) არ იძლეოდა ამის საფუძველს. გარდა ამისა, მნიშვნელოვანი ტემპერატურული გრადიენტის არსებობას ცხადყოფდა შემცხვარი ნიმუშის გრძივი ტეხის სტრუქტურის და ფერადი ველის მიკროსკოპული კვლევა (ანალიზი).

ცხელი პრესვის ოპერაციის განხორციელებისას (ნახ. 8) მოყვანილი ა) და ბ) სქემების გამოყენებით კონსტრუქციული პირობებიდან და ამ პირობებში რეალიზებული ელექტრონული დენის წრედის სქემიდან გამომდინარე გახურების პროცესში ყველაზე ცხელ ზონას წარმოადგენს ზედა პუანსონი. ტემპერატურის შექმნა, ნიმუშის გახურება ამ შემთხვევაში ხორციელდებოდა ძირითადად ზედა პუანსონთან თბოგადაცემის მეშვეობით და მისი გავრცელების კინეტიკა ნაცხობის მთელ მოცულობაში დამოკიდებულია თვით ნიმუშის თბოფიზიკურ თვისებებზე, კერძოდ კი თბოგადაცემის კოეფიციენტზე;

რადგან ცხელი პრესვის მეთოდი საკმაოდ სწრაფმოქმედ ტექნოლოგიურ ოპერაციას წარმოადგენს (მისი დიდი უპირატესობაა) და პროცესების მიმდინარეობა წამებით იზომება, აქედან გამომდინარე, ნიმუშის მასალის თბოფიზიკური თვისებების ფენომენი მით უფრო მკაფიოდ გამოიხატება.

სითბოს გამოყოფა და ტემპერატურის შექმნა გარკვეულ წილად დენის პირდაპირი გატარების პირობებში, ნიმუშის მოცულობაში ჯოჯოხის სითბოს სახითაც აკუმულირდება. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს რომ, ნიმუშის კვეთში გატარებული დენის შედეგად გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა მხოლოდ უმნიშვნელო წილს შეადგენს იმ თბური ენერჯისა, რაც აუცილებელია სასურველი ტემპერატურების მისაღწევად.

ეს გარემოება განპირობებულია იმით, რომ ცხობილს, გამომდინარე მისი გეომეტრიიდან ($\phi \geq h$) გააჩნია საკმაოდ დაბალი წინაღობა R . R თავის მხრივ განისაზღვრება როგორც $R = \rho = \frac{\ell}{S}$ (ომის კანონი).

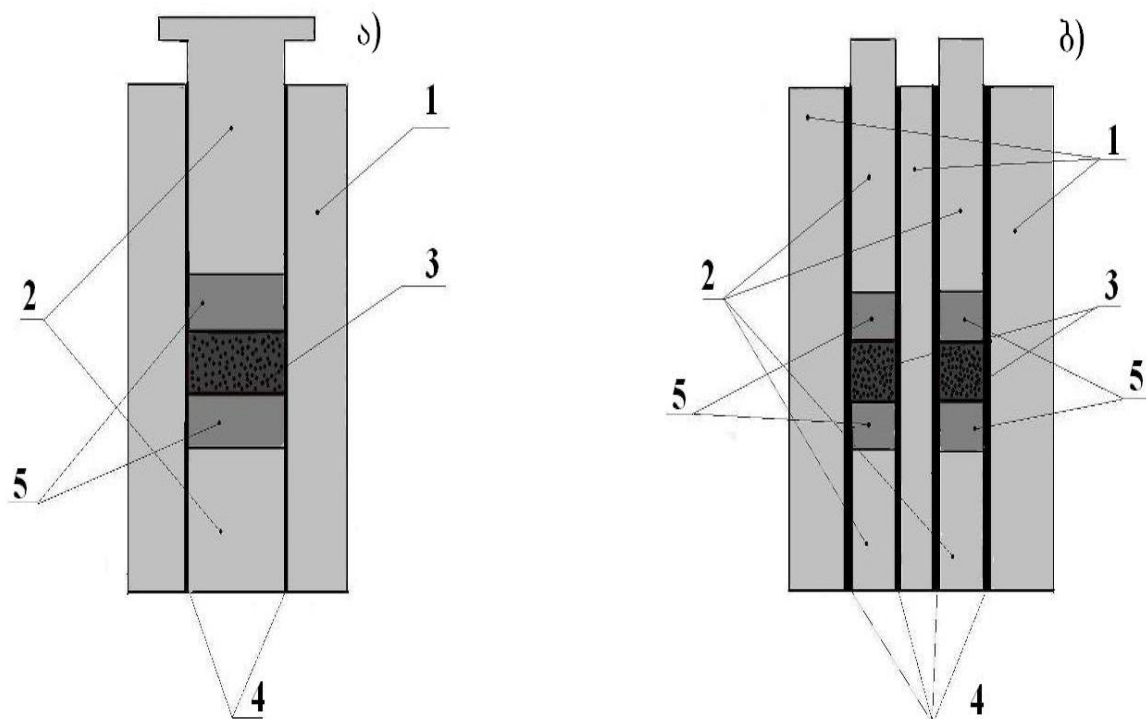
ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში გვაქვს ძალიან მცირე ℓ (7-8 მმ) და შედარებით დიდი S ($S = \pi r^2 = 3,14 \times 9^2$ მმ²)

ზემოთ მოყვანილი შედეგების განსჯის შედეგად, დაისვა ამოცანა შეგვემცირებინა თბური დარტყმა ზედა პუანსონიდან და შეგვექმნა ისეთი სქემა რომ გახურება განხორციელებულიყო შეძლებისდაგვარად ყოველი მხრიდან. ყოველივე ეს ჩვენი ვარაუდით გამოიწვევდა თბოგადაცემით სითბოს გადატანის მანძილის შემცირებას, გახურების კინეტიკის ცვლილების და შესაბამისად ტემპერატურული ველის გათანაბრებას.

მიზნის მისაღწევად, ზედა და ქვედა პუანსონებს და ნიმუშს შორის შეიქმნა თბო- და ელექტრო საიზოლაციო ფენა (ნახ. 8).

ელექტრო და თბოსაიზოლაციო მასალად გამოყენებული იყო სპეციალური შემადგენლობის კომპოზიცია MgO -ს ბაზაზე. წინასწარ შერჩეული შემადგენლობის კომპოზიციის დისპერსული ფხვნილები წინასწარ გულდასმით ირეოდა და შემდგომ იპრესებოდა ცივად 8მმ დიამეტრის ნამზადების მისაღებად. ტაბლეტების სიმაღლე 3 -დან 9მმ -მდე, ჩატარებული ექსპერიმენტების სერიაში

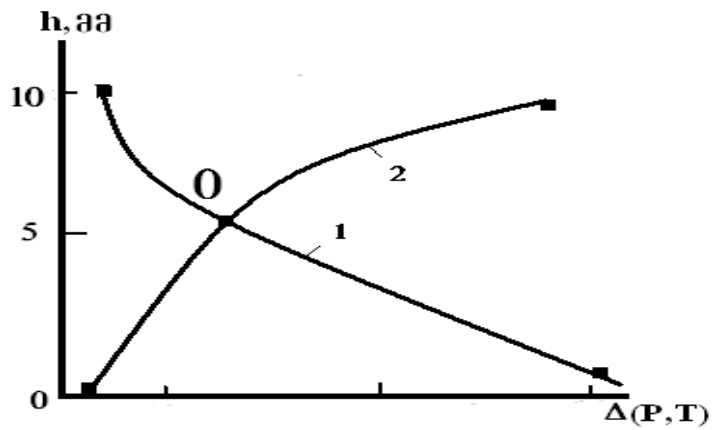
მოგვცა საშვალეა გამოგვევლინა თბოსაიზოლაციო ფენის სისქის გავლენა ტემპერატურის და წნევის განაწილებაზე შეცხობის არეში.



ნახ. 8. ცილინდრული ფორმის ნიმუშის შესაცხობი წნეხ-ფორმა გრაფიტის სარჩულით და თბოიზოლაციით. ა), სეგმენტის ფორმის ნიმუშის შესაცხობი ასაწყობი წნეხ-ფორმა. გრაფიტის სარჩულით და თბოიზოლაციით ბ).

1 –მატრიცა, 2-პუანსონი, 3-ნიმუში, 4- გრაფიტის სარჩული,5-თერმო იზოლაციორი.

ნახ. 8 მოყვანილი თბო- და ელექტროსაიზოლაციო შრის სისქის ზემოქმედება მუშა არეში (შეცხობის არეში) ტემპერატურის და წნევის გრადიენტების ცვლილებაზე, იზოლაციური შრის სიმაღლის მომატება იწვევს ტემპერატურული გრადიენტის მონოტონურ ნიველირებას.



ნახ. 9. წნევის (2) და ტემპერატურის (1) გრადიენტის დამოკიდებულება საიზოლაციო ფენის სისქეზე

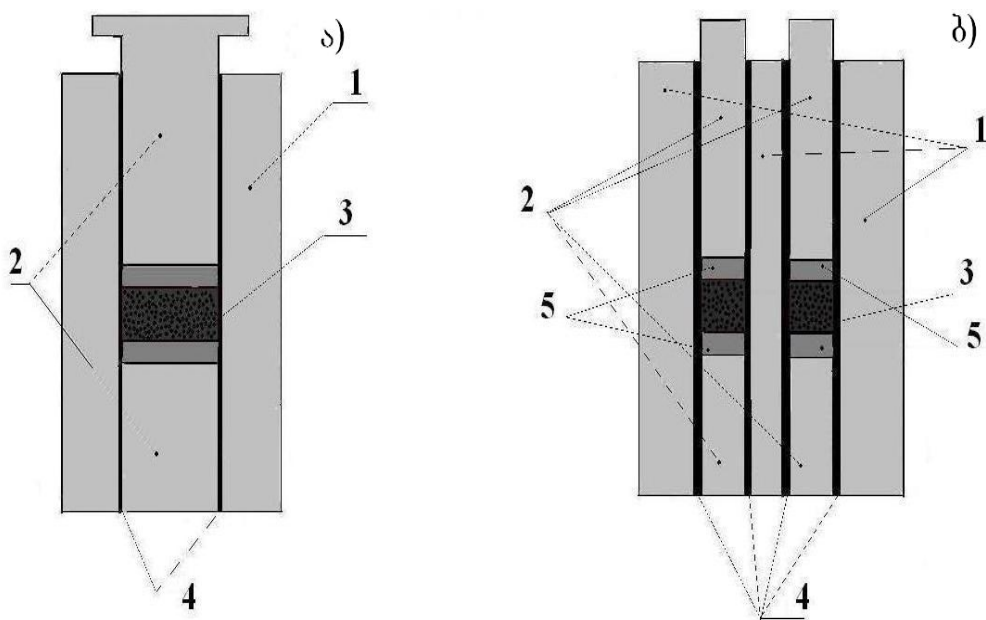
ამავე დროს, აღინიშნება წნევის გრადიენტების წარმოშობა მით მეტად, რაც მეტია საიზოლაციო შრის სისქე, გარკვეულ ოპტიმალურ წერტილებში (ნახ. 9 წერტ. 0). წნევისა და ტემპერატურის გრადიენტები გარკვეულ კომპრომისულ მნიშვნელობებს აღწევენ რაც მაინც საკმაოდ შორს არის იდიალური $P - T$ პარამეტრების პირობების შექმნისაგან.

წნევების გრადიენტის წარმოშობა, რაც აიხსნება ცხოვილების თვისებების ანიზოტროპიულობაზე მოცულობაში, განპირობებული იყო თბოსაიზოლაციო მასალის საკმაოდ დაბალი სიმკვრივით (ცივად დაპრესილი ფხვნილები), რაც განაპირობებდა წნევის რეგენერაციის პრობლემებს. ამ პრობლემის აღმოსაფხვრელად გამოყენებული იყო ახალი თბო- და ელექტროსაიზოლაციო მასალა Al_2O_3 და SiO_2 -ის ბაზაზე, რომელიც შემუშავებული იყო სტუ-ის აღმასების და კომპოზიციური მასალების სამეცნიერო ცენტრში და წარმატებით გამოიყენება მაღალი წნევების ტექნიკაში თბოსაიზოლაციო მასალად და გამახურებლად.

მიღებული მასალა წარმოადგენს გრაფიტოკერამიკულ კომპოზიციას, რომელიც მიიღება მაღალტემპერატურული თერმული დამუშავებით და შესაბამისად გააჩნია გარკვეული დონის მაღალი სიმკვრივე.

აღნიშნული მასალის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა საგრძნობლად შეგვემცირებინა საიზოლაციო ფენის სისქე და დაგვეყვანა მისი მნიშვნელობა 2,5-3 მმ-მდე. რამაც განაპირობა როგორც წნევების, ასევე ტემპერატურული გრადიენტების ფაქტორი მოხსნა (ნახ. 10).

შეცხოვის პროცესის პირობების შემდგომი გაუმჯობესების მიზნით - რაც განაპირობებს შესაცხოვი დეტალის სიმაღლის გაზრდის შესაძლებლობებს, ჩვენს მიერ შერჩეული ანაწყობის სქემით გამოყენებული იქნა ორმხრივი პრესვის მეთოდი.



ნახ. 10. ცილინდრული ფორმის ნიმუშის შესაცხოვი წნეხ-ფორმა გრაფიტის სარჩულით და თერმოიზოლატორით. ა), სეგმენტის ფორმის ნიმუშის შესაცხოვი ასაწყობი წნეხ-ფორმა. გრაფიტის სარჩულით და თერმოიზოლატორით ბ).

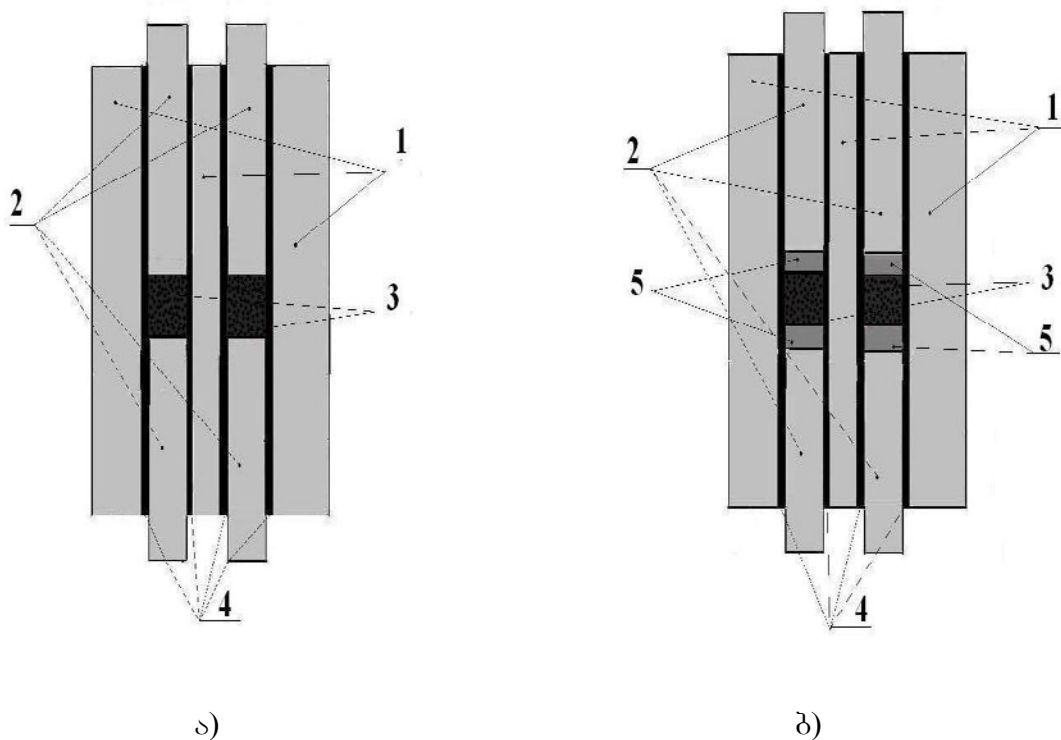
- 1 – მატრიცა, 2- პუნსონი, 3- ნიმუში, 4- გრაფიტის სარჩული,
- 5- თერმო იზოლატორი

ნახ. 11 მოყვანილი სქემის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა საბოლოოდ აბსოლუტურად გაგვეთანაბრებინა მიღებული შემცხვარი ნიმუშების მახასიათებლები (სისაღეები) დეტალების მთლიან მოცულობაში. ნახ. 11 ა) და ბ) სქემების გამოყენებამ ცხელი დაწნეხვის პროცესში გარკვეულ წილად

შეცვალა გახურების სქემაც, რაც განპირობებული იყო გახურების ელექტროწრედის სქემის შეცვლითაც.

თუ პირველ შემთხვევაში ნახ. 7 ადგილი ქონდა კლასიკური პირდაპირი გახურებას (დენი გადის ნიმუშში), ელექტროსაიზოლაციო შრეების არსებობამ გამოიწვია ნაწილობრივ ირიბი გახურების მეთოდზე გადასვლა, რაც როგორც ცნობილია, შესაძლებლობას იძლევა გახურების უკეთესი პირობების შექმნისა ნახ. 11. ელექტრული წრედის ჩართვის სქემები (ნახ. 12) საიდანაც ჩანს, რომ პირველ შემთხვევაში ადგილი აქვს პარალელურ ჩართვას, ხოლო მეორე შემთხვევაში მიმდევრობითს.

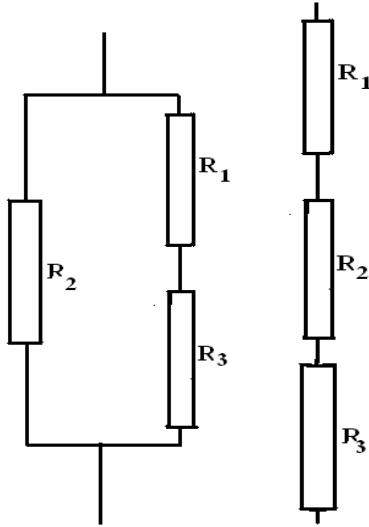
შემდგომში სამუშაოში ჩატარებული კვლევითი სამუშაოებისათვის გამოყენებული იყო ორმაგი წნეხვის მეთოდი (ნახ. 11).



ნახ. 11. სეგმენტის ფორმის ნიმუშის შესაცხობი წნეხ-ფორმა გრაფიტის სარჩულით ორმხრივი წნეხვის მეთოდით. ა), სეგმენტის ფორმის ნიმუშის შესაცხობი ასაწყობი წნეხ-ფორმა. გრაფიტის სარჩულით და თერმოიზოლაციით ორმხრივი წნეხვის მეთოდით ბ).

1 – მატრიცა, 2- პუანსონი, 3- ნიმუში, 4- გრაფიტის სარჩული, 5- თერმო იზოლაციური

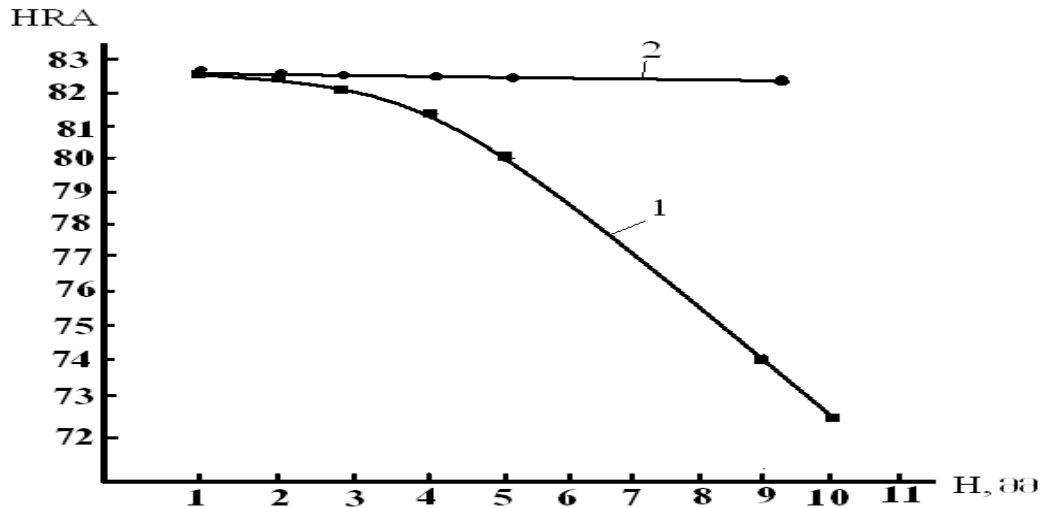
შესწავლილი იყო TiC - Ti - Cu შემადგენლობის კომპოზიტის სტრუქტურა და ფაზური შემადგენლობა და მათი გავლენა ისეთ ფიზიკურ მახასიათებლებზე, როგორცაა სიმკვრივე, მიკროსისალე, მაკროსისალე, სიმტკიცე ღუნვაზე. შესწავლილია ნიმუშები, რომელთა მიღების პარამეტრები შეადგენდა $P=350$ კგ/სმ², $T=830-920^{\circ}C$, $\tau=60-150$ წმ.



ნახ. 12. ცხელი პრესვის გახურების ელ. ჩართვის სქემები.

ნიმუშის ისეთი ფიზიკურ- მექანიკური პარამეტრების ცოდნა, როგორც არის სიმტკიცე და სისალე ღუნვაზე და ამ თვისებების ანიზოტროპიულობა ნიმუშის მთელ მოცულობაში გარკვეულ წილად გვაძლევს საშუალებას მოვახდინოთ მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრების ოპტიმიზაცია. ამ მიზნით დადგენილი იყო კონკრეტული ფიზიკური მახასიათებლების დამოკიდებულება მიღების თერმოდინამიკურ პარამეტრებზე და მეთოდოლოგიაზე.

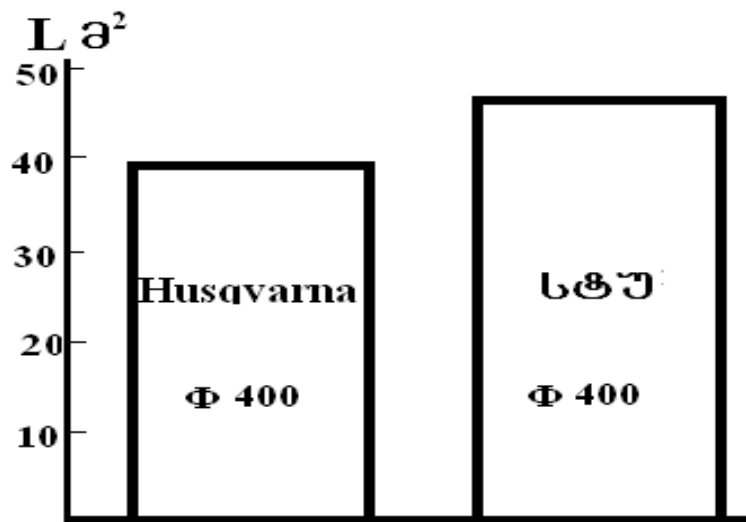
ნახ. 13-ზე მოყვანილია სისალეების ცვალებადობა ნიმუშის მოცულობაში – კერძოდ სიმაღლეში, მათი შეცხოებისას, როგორც ერთმხრივი, ასევე ორმხრივი პრესვის პირობებში. წარმოდგენილი დამოკიდებულებიდან ნათლად ჩანს, ორმხრივი პრესვის უპირატესობა ძნელადპრესვადი ლითონკერამიკული კომპოზიტის მიღების დროს პლასტიფიკატორის გარეშე. ლითონკერამიკული კომპოზიტის შეცხოებისას ორმხრივი პრესვის გამოყენება საშუალებას იძლევა მივიღოთ საკმაოდ სიმაღლის იზოტროპიული თვისებების ნაკეთობები.



ნახ. 13. სისაღის HRB ცვლილება ნიშნის სიმაღლესთან მიმართებაში

- 1) ერთმხრივი პრესვა 2) ორმხრივი პრესვა

პროექტის ფარგლებში შემუშავებული მეთოდოლოგიისა და ტექნოლოგიის გამოყენებით – ალმასკომპოზიციური მასალის საწყისი კაზმის კომპონენტების აქტივაციის პროცესის ჩატარება და შემდგომი შეცხობის პროცესის გაუმჯობესებულ ტექნოლოგიურ პირობებში ჩატარება – დამზადებულ იქნა ალმასკომპოზიციური მასალის ფუნქციონალური ელემენტები. ალმასკომპოზიციური მასალისაგან დამზადებული საჭრელი სეგმენტები შემდგომში გამოყენებულ იქნა $\Phi 400$ მმ ალმასური დისკური ხერხის არმირებისათვის. სტუ-ში დამზადებული ალმასური ინსტრუმენტი გამოცდილ იქნა საწარმოო პირობებში *M 350* მარკიანობის მქონე ბეტონის ჭრის ოპერაციაზე. შედეგებისათვის ნახ 14. მოყვანილია იმავე პირობებში მომუშავე უცხოური ანალოგის (შვედეთი) ექსპლოატაციური მაჩვენებელი, რომელიც ყველაზე ფართოდ გამოიყენება სამამულო ბაზარზე. მიღებული შედეგები ცხადყოფენ, რომ სტუ-ში შექმნილი ალმასური ინსტრუმენტი თავისი ჭრისუნარიანობით და მედეგობით არ ჩამოუვარდება საუკეთესო უცხოური წარმოების ანალოგებს.



ნახ. 14 გადამჭრელი ალმასური ქარგოლების (Φ400) შედარებითი მედეგობები ბეტონის ჭრის ოპერაციაზე.

სამეცნიერო ცენტრში დამუშავებული ტექნოლოგიით შექმნილი ინსტრუმენტი, დანადგარები, სამშენებლო მასალების დამუშავების ტექნოლოგია და თანამშრომელთა კვალიფიკაცია შესაძლებელს ხდის გამოყენებულ იქნას პროგრესული მეთოდი ქვეყნის სამშენებლო ინდუსტრიის სხვადასხვა სეგმენტში. მისი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი ტიპის სამშენებლო სფეროში საგზაო მშენებლობისა და სხვადასხვა არქიტექტურულ-დიზაინერული სამუშაოების ჩათვლით.

დღეისათვის, სტუ-ის ალმასების და კომპოზიციური მასალების სამეცნიერო ცენტრი მზად არის გამოიყენოს თავისი პოტენციალი და ნოვაციური ტექნოლოგიებით, რომელიც მოიხმარება მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში, მოემსახუროს საქართველოში როგორც მიმდინარე მსხვილ მშენებლობებს, ასევე კერძო იურიდიულ პირებს თანამედროვე ინტერიერების და დიზაინის შესაქმნელად. შეასრულოს სამუშაოები თავისი დანადგარებითა და ინსტრუმენტებით.

თუ გავითვალისწინებთ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ადგიულ გეზს - მოახდინოს მის კედლებში შექმნილი მეცნიერებატევადი

პროდუქციის საწარმოო რეალიზაცია უახლოეს პერიოდში, წარმოდგენილი პროექტის ანგარიში იძენს დამატებით აქტუალობას.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Третьяков В. И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. М. изд.Металлургия, 1976, 527 с.
2. Лолодзе Н.Т., Церодзе М.П., Дзидიშვილი Ю.Г. Физико-химические основы получения и применение алмазкомпозиционных материалов для обработки неметаллов. Тбилиси, Технический Университет, 2009.
3. Лолодзе Н.Т., Церодзе М.П. Физико-химия и технология синтеза алмазов. Тбилиси, Технический Университет, 2009.

პროექტის ფარგლებში გამოქვეყნებული სამეცნიერო ნაშრომები

- 1. *Лоладзе Н.Т., Поляков В.П., Церодзе М.П., Дзидзишвили Ю.Г. Физические основы получения некоторых алмазкомпозиционных материалов. //თეზისები, საერთაშორისო კონფერენცია "გამოყენებითი ფიზიკის აქტუალური საკითხები", თბილისი, 2011.***
- 2. *Лоладзе Н.Т., Церодзе М.П., Дзидзишвили Ю.Г., Авалишвили З.А. Исследование взаимосвязи производительности и стойкости алмазных сверл от различных факторов. //Сборник научных трудов, Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения, международная конференция 18-24 сентября, вып.14,"Логос", Киев, 2011, с. 537-541.***
- 3. *Лоладзе Н.Т., Церодзе М.П., Дзидзишвили Ю.Г., Заславский С.И., Авалишвили З.А. Некоторые методы повышения эффективности процесса горячего прессования при получении алмазкомпозиционных материалов. // Сборник научных трудов, Иновационные технологии и материалы, международная научная конференция посвященная памяти академика Т.Н.Лоладзе 24-27 октября,"Технический университет", Тбилиси, 2011, с.201-208.***
- 4. *Лоладзе Н.Т., Поляков В.П., Церодзе М.П., Заславский С.И. Физические аспекты получения некоторых алмазкомпозиционных материалов. //Известия НАН Грузии, серия Химическая. გადაცემულია რედაქციისათვის გამოსაქვეყნებლად 14.12.2011წ.***