

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ამირან ხვედელიძე

საწყისი კომპონენტების სტრუქტურის გავლენა მყარფაზა
რეაქციის მიმდინარეობაზე მაღალ $P-T$ პირობებში

სადოქტორო პროგრამა - ქიმია

შიფრი - 0531

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი
დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2024 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის აკად.თ.ლოლაძის სახ.
აღმასწავლებლისა და კომპოზიციური მასალების სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრში

ხელმძღვანელები: პროფ. ნიკოლოზ ლოლაძე
ასოც. პროფ. მედეა წეროძე

რეცენზენტები: _____

დაცვა შედგება ----- წლის ” -----” -----, -----საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის სხდომაზე,
კორპუსი - X, აუდიტორია - გურამ და ნიკოლოზ ქაშაკაშვილების სხდომათა დარბაზი,
მისამართი: 0160, თბილისი, მ.კოსტავას ქ. № 69

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა – ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი _____

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა

მეცნიერებასა და ტექნიკაში შესასწავლი და მიმდინარე პროცესები ცილდება სამყაროში თავისთავად მიმდინარე პროცესებს, ამდენად, ბუნებრივად წარმოიშვა მოთხოვნა ახალი თვისებების მქონე მასალებზე. ეს გარემოება განსაზღვრავს და ამაღლებს განსაკუთრებით ქიმიის როლს მეცნიერული საფუძვლების შესაქმნელად წინასწარ დაგეგმილი თვისებების მქონე ახალი მასალების მისაღებად.

სწორედ ამ მოთხოვნებმა მოიტანა ის გარემოება, რომ თანამედროვე ეპოქაში უფრო და უფრო დიდი წილი უკავიათ ე.წ. კომპოზიციურ მასალებს, რომელთა გამოყენების არეალი მეცნიერებისა და ტექნიკის სფეროში განუსაზღვრელია. როგორც ცნობილია, კომპოზიციური მასალები წარმოადგენენ სხვადასხვა ქიმიური შემადგენლობისა და ბუნების ნივთიერებების გაერთიანებულ სტრუქტურულ მასალას, რომელთა აღნაგობიდან გამომდინარე შესაძლებელი ხდება უნიკალური თვისებების შეთავსებათა რეალიზება, რაც ზოგიერთ შემთხვევაში კლასიკური მიდგომით წარმოუდგენლად შეიძლება ჩაითვალოს.

ეს გარემოება განაპირობებს კომპოზიციური მასალების ფორმირებისას მრავალ პარამეტრულ შეზღუდვასა და სიძნელების დაძლევის აუცილებლობას, რაც შესაძლებელია მხოლოდ სხვადასხვა ბუნების ნივთიერებებს შორის სხვადასხვა თერმოდინამიკურ პირობებში მიმდინარე ქიმიური ურთიერთქმედების რეაქციების მექანიზმის ღრმა ცოდნით და შესაბამისად, პროგნოზირების უნარით.

თანამედროვე კომპოზიციური მასალების ერთ-ერთ გამორჩეულ და ფართოდ მოთხოვნად კლასს განეკუთვნება ლითონ-ნახშირბადთა კომპოზიტები. მთელ რიგ შემთხვევაში ნახშირბადოვანი კომპონენტი წარმოდგენილია მაღალი წნევის ფაზის ალმასის სახით, რომელიც ნორმალურ პირობებში წარმოადგენს ნახშირბადის მეტასტაბილურ მოდიფიკაციას (გრაფიტის, გრაფენის ანაც ფულერენისაგან

განსხვავებით), რაც როგორც უკვე იყო აღნიშნული, დამატებით სიძნელეებს ქმნის მისი გამოყენებისას აღმასკომპოზიციური მასალების მიღებისას.

ახალი თვისებების მატარებელი კომპოზიციური მასალების წარმატებული მიღების შესაძლებლობას განაპირობებს ტექნოლოგიურ პროცესში სწორად შერჩეული ქიმიური შემადგენლობების და ბუნების საწყისი კომპონენტები, ასევე, პროდუქტის საბოლოო ფორმირებისათვის გამოყენებული ტექნოლოგიური ოპერაცია — შეცხოვის პროცესი მაღალ $P - T$ პირობებში.

აღსანიშნავია, რომ რიგი მრავალკომპონენტიანი კომპოზიციური მასალების ფორმირებისას საწყისი რეაგენტები (კომპონენტები) წარმოდგენილი არიან სხვადასხვა დისპერსულობის ფხვნილების სახით, რომელნიც შემდგომში ექვემდებარებიან საჭირო წნევისა და ტემპერატურის ზემოქმედებას. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ტექნოლოგიურ ფაქტორებად, რომელნიც გავლენას ახდენენ თვით შეცხოვის პროცესზე განეკუთვნებიან: საწყისი ფხვნილების თვისებები, ფორმირების წნევები, ტემპერატურა, ხანგრძლივობა და შეცხოვის გარემო, შეასაბამისად, ლითონური ფხვნილების მიღების პირობები და დისპერსულობა განსაზღვრავენ მათ ქცევას შეცხოვისას.

$P - T$ პირობებში დისპერსულ მრავალკომპონენტთან სისტემებში მიმდინარე ქიმიური და ფიზიკური პროცესების ცოდნა მნიშვნელოვანია, რადგან იძლევა საშუალებას მიზანმიმართულად ჩავერთოთ პროცესებში უფრო მაღალი ხარისხის საბოლოო პროდუქტის მიღების მიზნით, რაც თუ გავითვალისწინებთ ასეთი ტიპის მასალებზე არსებული მოთხოვნის მასშტაბებს ძალიან აქტუალურია.

სამუშაოს მიზანი და ამოცანები

სამუშაოს მიზანია, რომ შესწავლილი იქნება საწყის კომპონენტებად გამოყენებული ნივთიერებების სტრუქტურა, ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები, ფაზური შემადგენლობა და ამ ფაქტორების ზემოქმედების გამოვლენა-დადგენა საბოლოო პროდუქტის ფორმირების პროცესსა და თვისებებზე. დაგეგმილი სტრუქტურისა და ფაზური შემადგენლობის რეგულირება განხორციელდება საწყის

ფხვნილოვან კომპონენტთა ქიმიური შემადგენლობის, ბუნების (მიღების ქიმიური ტექნოლოგიის) და მორფოლოგიის რეგულირებით.

კვლევის ობიექტი და გამოყენებული მეთოდოლოგიები

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა Fe - C სისტემაში P - T პირობებში მიმდინარე პროცესების ანალიზი და ამ ანალიზის საფუძველზე ოპტიმალური ქიმიური შემადგენლობის, სტრუქტურისა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მატარებელი საწყისი კომპონენტების შერჩევა გაუმჯობესებული თვისებების მქონე კომპოზიციის მიღების შესაძლებლობის დაფიქსირებაში.

აღმასურ კრისტალებსა და ლითონური მატრიცის კომპოზიციას შორის მაღალი ტემპერატურების დროს მიმდინარე პროცესების მექანიზმის და კინეტიკის ღრმა შესწავლას ხელს უშლის ის მეთოდოლოგიური და ტექნიკური სიძნელეები, რომელიც არსებობს აღმასური კრისტალების მცირე ზომების გამო.

მიუხედავად ამისა, ადჰეზიური ძალების გარდა პირდაპირი შეფასების არსებობს რიგი ირიბი მეთოდებისა, რომელნიც იძლევიან საშუალებას ლითონური მატრიცის აღმასის მიმართ ადჰეზიურობის შედარებითი არარაოდენობრივი შეფასებისათვის. ასეთ მეთოდს განეკუთვნება TRS მეთოდი - განივი ტეხვის ძალა, რომელიც ფართოდ გამოიყენება მყიფე მასალების შესწავლისას, როგორცაა თუჯი, სალი შენადნობები და აღმასური სეგმენტები. სწორედ ეს მეთოდია გამოყენებული ექსპერიმენტული ნაწილის შესრულებისას.

ასევე, აღმასურ კრისტალებსა და ლითონურ მატრიცას შორის არსებული ურთიერთქმედების ხასიათის აღსაწერად გამოყენებულია ელექტრონული მიკროსკოპია (SEM).

ფხვნილოვანი მასალების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების საკვლევად გამოყენებული იყო ელექტრონული მიკროსკოპიის მეთოდი, რენტგენული და ლაზერული დიფრაქტომეტრიის მეთოდი, დაყრითი სიმკვრივის განსაზღვრის მეთოდი, ხოლო ფხვნილების დისპერგაციისა და აქტივაციისათვის გამოყენებული იყო სპეციალური დანიშნულების ბურთულებიანი დოლური და

მაღალენერგეტიკული პლანეტარული წისქვილები. ექსპერიმენტები მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში ტარდებოდა ცხელი დაწნეხვის დანადგარზე.

P – T პირობებში კონსოლიდირებული ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესასწავლად გამოიყენებოდა სტანდარტული მეთოდები.

სამეცნიერო სიახლე

როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, კომპოზიციური მასალა ეს არის ხელოვნურად შექმნილი ერთიანი არაერთგვაროვანი მასალა. შემუშავებულია უამრავი რაოდენობის კომპოზიციური მასალები განსხვავებული კონსტრუქციული და ფუნქციონალური დანიშნულებით. ამ მიმართულების განვითარება შეუძლებელია კომპოზიციური მასალების თვისებების პროგნოზირების გარეშე, რომელიც ემყარება მის სტრუქტურაში შემავალი ფაზების ურთიერთქმედების თეორიებს.

ამ თეორიების ძირითადი ამოცანაა ადჰეზიური ძალების წინასწარმეტყველება, რომელიც წარმოიშვება სუბსტანციებს შორის მათი ქიმიური აღნაგობის, სტრუქტურისა და მათ შორის კონტაქტის პირობებიდან გამომდინარე. ადჰეზია ფაზებს შორის კომპოზიციურ მასალებში მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რომელიც განაპირობებს კომპოზიციური მასალების თვისებებს.

ლიტერატურული მონაცემები ცხადყოფენ, რომ ყველაზე მაღალი ადჰეზიურობით ნახშირბადთან (ალმასი) ხასიათდებიან VIII ჯგუფის ლითონები, მათ გააჩნიათ ყველაზე დაბალი დასველების კუთხის მნიშვნელობები.

მყარფაზა ურთიერთქმედებებისას დაბალი ტემპერატურების დროს ტენდენცია ნარჩუნდება, მაგრამ, როგორც ლიტერატურული მონაცემები ცხადყოფენ, მნიშვნელოვან ფაქტორად ამ შემთხვევაში გვევლინება მყარი ლითონური კომპონენტის სტრუქტურა და ზედაპირის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები.

ჩვენი სამუშაო სწორედ ამ მიმართულებისაა.

შესწავლილი და გამოვლენილი იქნა საწყის რეაგენტთა აღნაგობისა და სტრუქტურის როლი კომპოზიტის კომპონენტთა ურთიერთქმედების ხასიათსა და მექანიზმზე. უმეტეს შემთხვევაში, ურთიერთკავშირის ძალები განპირობებულია

ზედაპირებს შორის ადჰეზიის ენერგიით, სწორედ ეს განაპირობებს მრავალკომპონენტური მასალის კონსოლიდაციის ხარისხსა და თვისებებს.

შესაბამისად, ადჰეზიური შენაერთის სიმტკიცის წინასწარმეტყველება ძალიან მნიშვნელოვანია. შემცხვარი მასალების თვისებების ოპტიმიზაციის ასეთი მიდგომა განსაკუთრებით ალმასკომპოზიტების მიმართებით სამეცნიერო-საინჟინერო წყაროებში ნაკლებად იძებნება, ამიტომ შეიძლება ჩაითვალოს მეცნიერულ სიახლედ.

დებულების, დასკვნებისა და პრაქტიკული რეკომენდაციების სარწმუნოება.

მიღებული შედეგების სარწმუნოება დასტურდება პირველ რიგში, იმით რომ სრულ თანხვედრაშია ფუნდამენტურ, თეორიულ კანონზომიერებებთან და მეორე, ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევების სტატისტიკით.

პრაქტიკული ღირებულება.

კომპოზიციური მასალები, რომელნიც გამოიყენება ტექნიკის სხვადასხვა დარგში უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენენ მრავალკომპონენტურ სისტემებს, რომელშიც საჭირო ფაზური შემადგენლობის (მყარი ხსნარები, ქიმიური და ელექტრონული ნაერთები) ჩამოყალიბებას ადგილი აქვს უშუალოდ შეცხოების პროცესში.

აქედან გამომდინარე, ტექნოლოგიურ ციკლში მიმდინარე პროცესების და კანონზომიერებების ღრმა ცოდნა არის აუცილებელი წინაპირობა ახალი ნოვაციური მეთოდების შესამუშავებლად დასახული მიზნის მისაღწევად – წინასწარ დაგეგმილი თვისებების კომპლექსის მქონე მასალების მისაღებად კონკრეტულ სფეროში გამოსაყენებლად, რაც კიდევ ერთხელ ცხადყოფს კვლევის შედეგების პრაქტიკულ ღირებულებას.

ნაშრომის აპრობაცია და პუბლიკაციები

ნაშრომის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია კონფერენციაზე და სამ სამეცნიერო გამოცემაში

Khvedelilze Amiran, Tabatadze Mikheil, Avalishvili Zurab, Tserodze Medea, Loladze Nikoloz.
“EFFECT OF TIN CONTENT ON THE HARDNESS AND STRUCTURE OF THE Cu-Sn ALLOY AT DIFFERENT

SINTERING P - T - τ PARAMETERS". XXXIV International Multidisciplinary Conference "Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World". Spain, 28.08.2023. <https://internauka.org>

გამოქვეყნებული ნაშრომები წარმოადგენს სადისერტაციო თემის ძირითად შინაარსს, რომლის ექსპერიმენტული შედეგებიც მიღებულია დოქტორანტის მიერ.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.

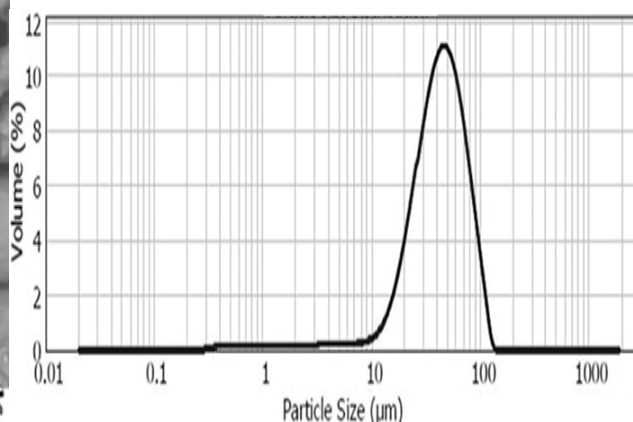
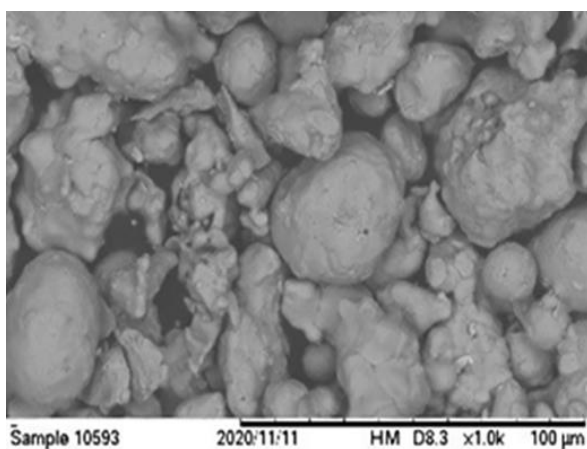
სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს 126 ნაბეჭდ გვერდს, შესავალს, ლიტერატურულ მიმოხილვას, ექსპერიმენტული კვლევის შედეგებს და მათ განსჯას და დასკვნებს. ნაშრომს თან ერთვის 15 ცხრილი, 9 ნახაზი და 54 სურათი. ნაშრომში მითითებულია გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხა.

კვლევის ძირითადი შედეგები და მათი განსჯა.

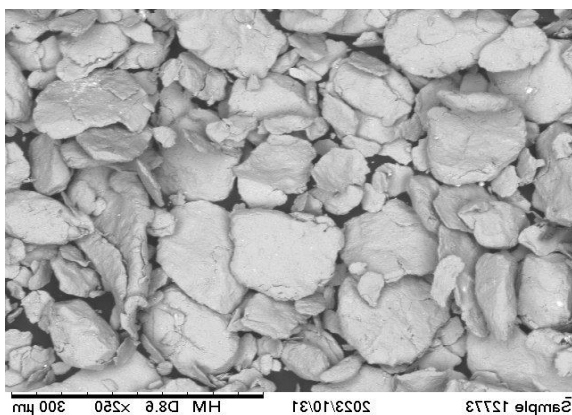
ჩვენი კვლების ერთერთ ძირითად ამოცანას წარმოადგენდა მეტალ - ალმას სისტემაში მაღალი წნევისა და ტემპერატურებისას მყარფაზა რეაქციის პირობებში ლითონსა და ალმასს შორის ადჰეზიური ურთიერთქმედების დაფიქსირება და ამ რეაქციის მიმდინარეობაზე ისეთი ფაქტორების გავლენის შესწავლა, როგორიცაა საწყისი ლითონური კომპონენტის ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები. მახასიათებლებში მოვიაზრებთ ლითონური ფხვნილის მარცვლოვანებას, მარცვლების მორფოლოგიასა და ჰაბიტუსს, ზომების განაწილებას, ხვედრით ზედაპირს, დაყრით სიმკვრივეს.

ვსწავლობდით აგრეთვე, ტემპერატურის ზემოქმედებას სხვადასხვა ბუნებისა და სტრუქტურის მქონე ლითონური კომპონენტის ურთიერთქმედების ინტენსივობაზე ალმასური ფაზის ზედაპირთან ტემპერატურულ ინტერვალში 850 – 900°C.

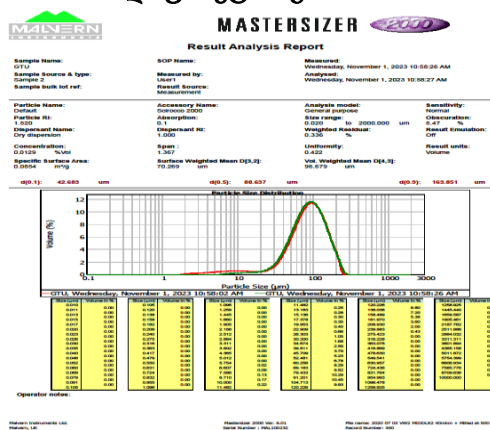
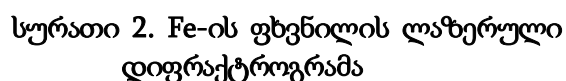
Me – C სისტემაში ლითონურ კომპონენტად შერჩეულ იყო რკინა, რომელიც, მოგეხსენებათ, წარმოადგენს მერვე ჯგუფის d ელემენტს, და მაღალი ტემპერატურების პირობებში (თხევად მდგომარეობაში) ნახშირბადის ფაზების (ალმასი-გრაფიტი) მიმართ ხასიათდება კარგი დამასველებლობითა და მაღალი ადგეჰიზიის ენერგიით.



სურათი 1. Fe 100/63 ფხვნილის ელექტრონულ მიკროსკოპული გამოსახულება

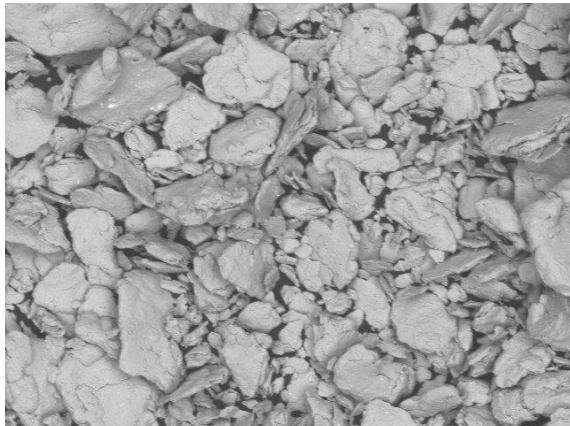


სურათი 3. Fe 100/63 ფხვნილი 600 ბრ/წთ
დამუშავების დრო 12 წთ



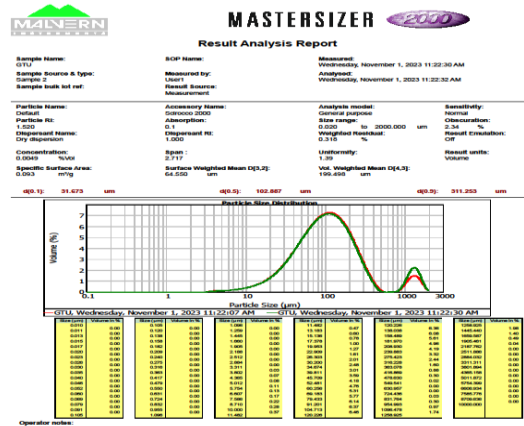
სურათი 4. Fe-ის ფხვნილის ლაზერული დიფრაქტოგრამა

იმ მიზნით, რათა შეგვესწავლა საწყისი კომპონენტის (რკინის) სტრუქტურის და ბუნების გავლენა მისი აღმასთან ურთიერთქმედებაზე, საწყისი რკინის ფხვნილი მარცვლოვანებით 100/63 დამუშავდა ბურთულებიან დოლურ საფეკავში 30, 60 და 80სთ-ის განმავლობაში. აგრეთვე, საწყისი ფხვნილი დაექვემდებარა მაღალ ენერგეტიკულ აქტივაციას პლანეტარულ წისქვილში 600 – 1000 ბრ/წთ-ის სიჩქარით 12 – 30წთ-ის განმავლობაში.



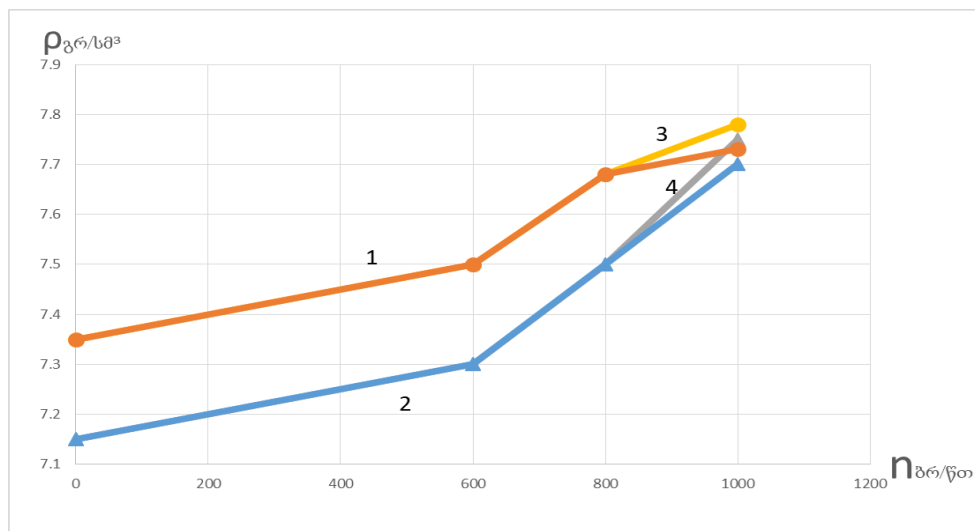
Sample 12789 2023/10/31 HM D8.6 x300 300 µm

სურათი 5. Fe 100/63 ფხვნილი 800 ბრ/წთ დამუშავების დრო 12 წთ.



ლაზერული დიფრაქტომეტრით მიღებული ფხვნილების მახასიათებლები, აქვე მოყვანილია ამ ფხვნილებით შემცხვარი ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკომექანიკური მახასიათებლები (ნახ. 1-2). მიღებული მონაცემების ანალიზი აჩვენებს რომ რკინის ფხვნილის დამუშავება პლანეტარულ წისქვილში იწვევს როგორც ფხვნილის მარცვლების მორფოლოგიურ მნიშვნელოვან ცვლილებებს ასევე თვით ფხვნილის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების (ხვედრითი ზედაპირი, დაყრითი სიმკვრივე) შესამჩნევ ცვლილებებს, იცვლება მარცვლის ფორმა და იგი სფერულიდან მიისწრაფის ფირფიტოვანი ფორმისაკენ (სურათი 1-8).

ნახ. 1 და ნახ. 2 მოყვანილი ამ ფხვნილების შემცხვარი ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები ნათლად აჩვენებს, რაც უფრო მატულობს რკინის ფხვნილის დამუშავების ინტენსივობა და ხანგრძლივობა მით მაღალია ნიმუშების სიმკვრივე და სისაღე ანუ დაბალია ფორიანობა. ტემპერატურის მატება 850-900°C-მდე აღმავებს კონსოლიდაციის პროცესის მიმდინარეობას.

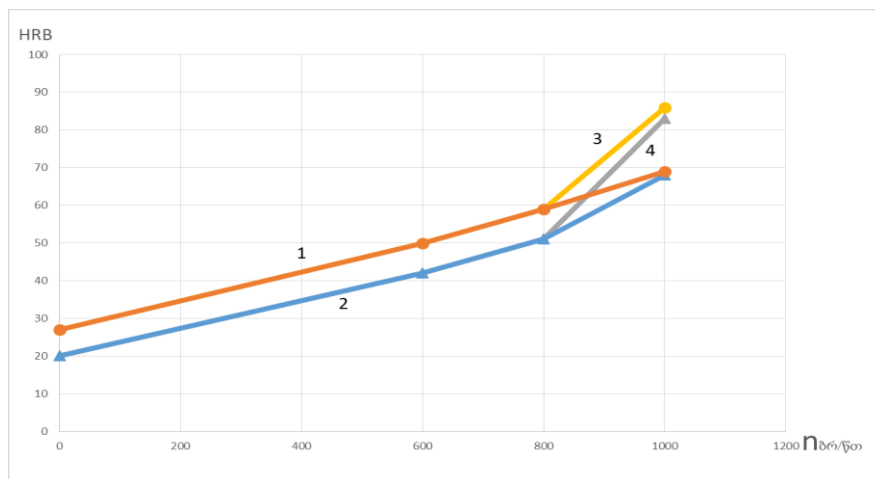


ნახ.1. Fe-ის ფხვნილის კონსოლიდირებული ნიმუშების სიმკვრივის ცვლილებს დამოკიდებულება პლანეტარულ წისქვილში დამუშავების რეჟიმებზე და ცხელი დაწნევის ტემპერატურებზე

1 – 900°C; 2 - 850 C; 3 - 900°C n=1000ბრ τ – 30წთ; 4 - 850°C n=1000ბრ τ – 30წთ;

სხვადასხვა ტექნოლოგიური ოპერაციების ჩართვით კომპოზიციური მასალების საწყისი კომპონენტების მიღება აუცილებელს ხდის მათი სტრუქტურისა

და ფაზური შემადგენლობების ღრმა შესწავლას. თუ გავითვალისწინებთ იმ უტყუარ გარემოებას, რომ ერთი და იგივე ქიმიური შემადგენლობის ლითონური კომპოზიციის მიღებისას გამოყენებული ტექნოლოგიები რიგ შემთხვევაში განსხვავდებიან, როგორც მიღების პროცესის თერმოდინამიკური პარამეტრებით, ასევე პროცესების მიმდინარეობის კინეტიკითა და დინამიკით. შესაბამისად, ლოგიკური იქნებოდა მოლოდინი, სხვაობა ყოფილიყო სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესით მიღებული ერთი და იგივე შემადგენლობის ლითონური კომპოზიციის სტრუქტურასა და ფაზურ შემადგენლობებში.



ნახ. 2. Fe-ის ფხვნილის კონსოლიდირებული ნიმუშების სისაღის ცვლილებას დამოკიდებულება პლანეტარულ წისქვილში დამუშავების რეჟიმებზე და ცხელი დაწნევის ტემპერატურებზე

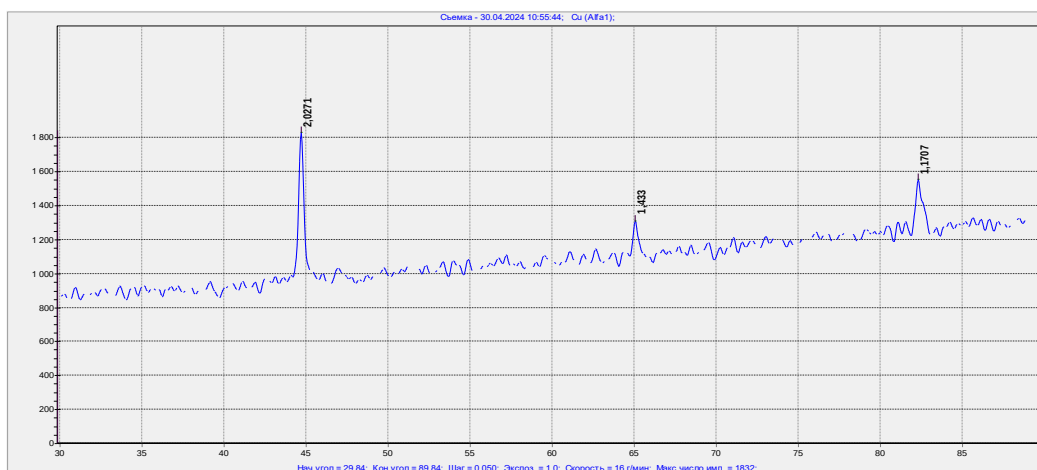
1 – 900°C; 2 - 850°C; 3 - 900°C n=1000ბრ τ – 30წთ; 4 - 850°C n=1000ბრ τ – 30წთ;

განსაკუთრებით გამოხატული და თვალსაჩინო შეიძლება იყოს ასეთი განსხვავება, თუ საწყის რეაგენტებად მოიაზრებიან კომპონენტები ფხვნილების სახით. ასეთ შემთხვევებში რეაგენტების რეაქციისუნარიანობა დამოკიდებულია არა მარტო თვით ნივთიერების ატომურ აღნაგობაზე (ანუ ადგილზე მენდელეევის სისტემაში), არამედ თვით ამ ნივთიერების კონდენსირებულ მდგომარეობაში ჩამოყალიბებულ მიკრო და მაკრო სტრუქტურებზე. ფხვნილოვანი მასების შემთხვევაში, რეაგენტების სხვადასხვა თერმოდინამიკურ პირობებში აქტივობა დამოკიდებული იქნება რეაქციაში მონაწილე კომპონენტების ისეთ ფიზიკურ-ქიმიურ

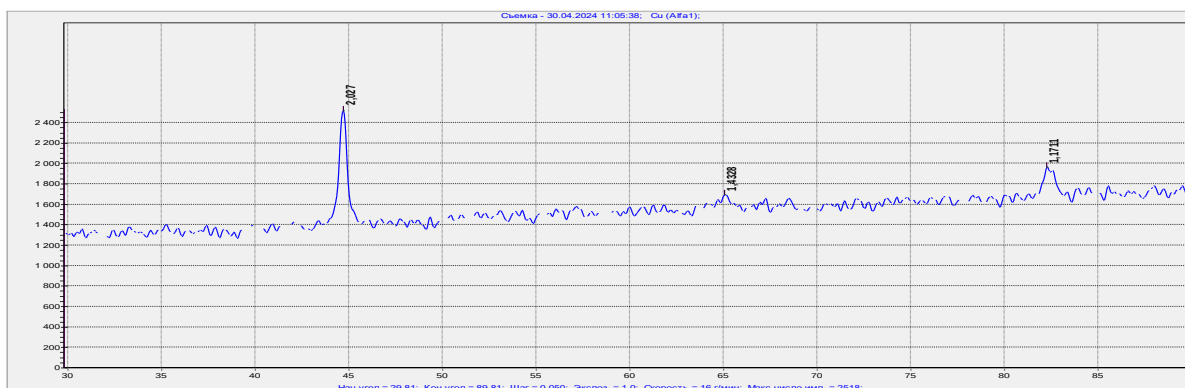
მახასიათებლებზე, როგორცაა რეაგენტების ნაწილაკთა დისპერსულობა, ხვედრითი ზედაპირი, მორფოლოგია, მარცვლებში კრისტალიტების ზომები და თვით ნივთიერების კრისტალოგრაფია - კრისტალური მესრის პარამეტრები და სრულყოფილება. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ასეთ მახასიათებლებს, როდესაც საქმე გვაქვს რეაქციების მიმდინარეობასთან მყარ ფაზაში, ე.ი. იმ ტემპერატურულ პირობებში, როდესაც საწყის რეაგენტებს შენარჩუნებული აქვთ საწყისი კრისტალური აღნაგობის ძირითადი პარამეტრები.

ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში კვლევის მიზანს წარმოადგენდა დაგვედგინა და შეგვესწავლა CaO - Fe სისტემაში, საწყის კომპონენტად გამოყენებული რკინის ფხვნილის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების ფართო დიაპაზონში ცვლილების ზეგავლენა ალმასთან მისი ადჰეზიური ურთიერთქმედების ხასიათზე ტემპერატურულ ინტერვალში $850 - 900^\circ \text{C}$.

ამ მიზნით საწყისი რკინის ფხვნილი გადიოდა შესაბამის ენერგეტიკულ დამუშავებას სხადასხვა ტიპის საფეკვავეებში. ქვემოთ მოყვანილია სხვასხვა პირობებში დამუშავებული რკინის ფხვნილის რენტგენოგრაფიული კვლევის შედეგები: ნიმუშების დიფრაქტოგრამები მოყვანილია სურათებზე 9,10.



სურათი 9. საწყისი რკინის ფხვნილის (დაუმუშავებელი) მარცვლოვანებით 100/63 დიფრაქტოგრამა

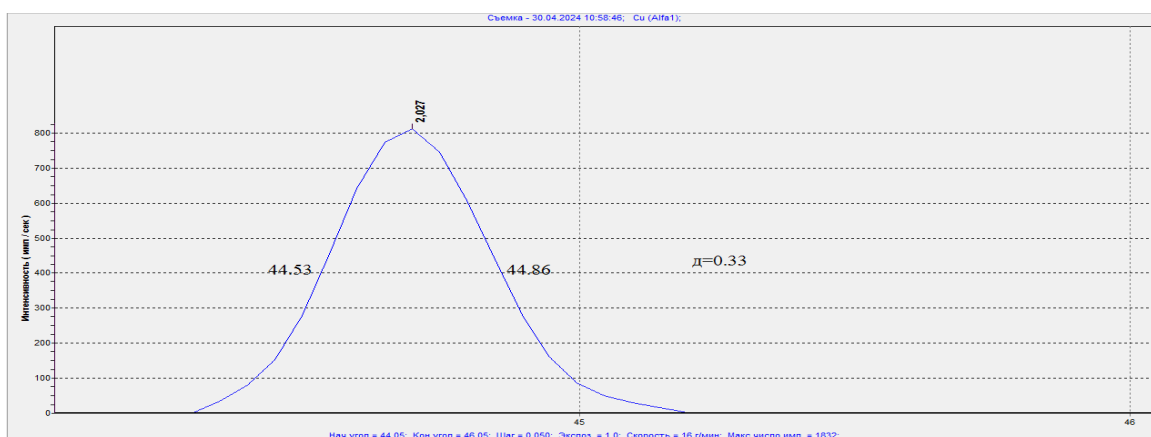


სურათი 10. პლანეტარულ წისქვილში 1000ბრ/წთ სიჩქარით $\tau=13$ წთ=ის განმავლობაში დამუშავებული 100/63 მარცვლოვანების რკინის ფხვნილის რენტგენოგრამა

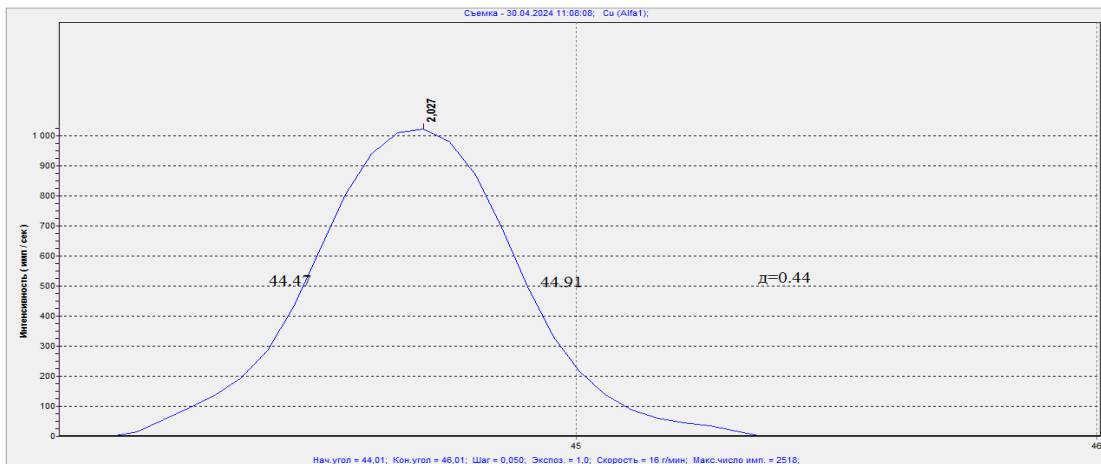
ამრიგად, მიღებული სიბრტყეთაშორისი მანძილები d მახასიათებელ კუთხეზე ფაქტიურად შეესაბამება სტანდარტულ ცხრილებში მოცემულ მნიშვნელობებს 2.0270 Å, 1.4328 Å და 1.1711 Å (სტანდარტულ ცხრილებში 2.0268 Å – 100%, $d_2=1.4332$ Å – 19% და $d_3=1.1702$ Å).

გადაღებაში გარკვეული კორექტირების შეტანამ გარკვეული ცვლილება შეიტანა მახასიათებელი რენტგენოგრამის პროფილშიც და შესაბამისად დაკორექტირდა პიკების ნახევარსიგანის მნიშვნელობები: b^0 საწყისი ფხვნილისათვის შეადგინა 0.3370^0 , ხოლო დამუშავებული რკინის ფხვნილისათვის $b^0=0.4368$.

სურათზე 11-ზე მოყვანილია α Fe-ის ძირითადი რეფლექსი $(44 - 46)^0$ -ის დიაპაზონში.

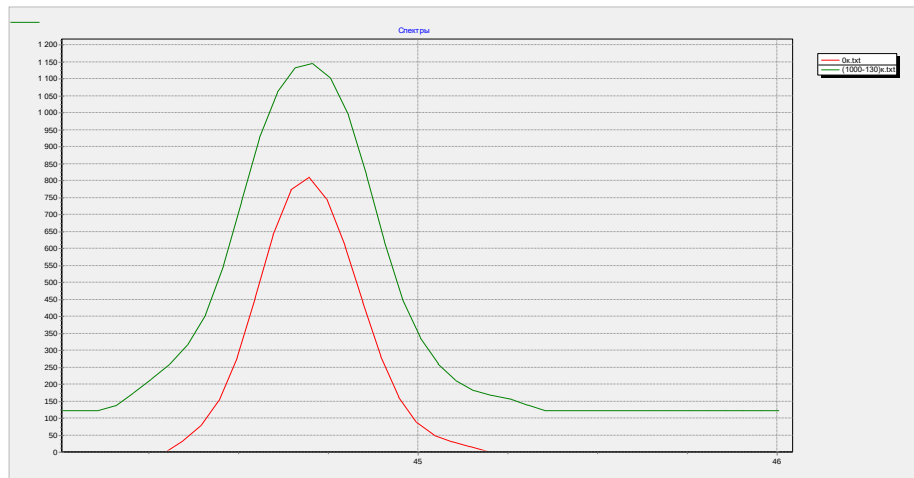


სურათი 11. საწყისი Fe-ის ფხვნილის დიფრაქციული სურათი (44 – 46) კუთხეების დიაპაზონში



სურათი 12. $V=1000$ ბრ/წთ $\tau = 13$ წთ პირობებში დაუმუშავებული Fe-ის ფხვნილის დიფრაქციული სურათი (44 – 46) კუთხეების დიაპაზონში

სურათზე 12 მოყვანილია $V=1000$ ბრ/წთ $\tau = 13$ წთ პირობებში დაუმუშავებული Fe-ის ფხვნილის დიფრაქციული სურათი (44 – 46) კუთხეების დიაპაზონში. ხოლო სურ. 13 მოყვანილია ამ ორი შესწავლილი ნიმუშების შედარებითი გრაფიკები მეტი თვალსაჩინოებისათვის. თუ გავასაშუალოებთ b^0 -ის მნიშვნელობებს, მივიღებთ დაუმუშავებელი რკინის ნიმუშებისათვის $b^0 = (0.3337+0.3370+0.3300)^0/3=0.3336^0 = 0.333$ ხოლო დაუმუშავებული ნიმუშებისათვის $b^0 = (0.4353+0.4368+0.4400)^0/3=0.4373^0 = 0.44^0$



სურათი 13. დაუმუშავებელი და დაუმუშავებული Fe-ის ფხვნილის შედარებითი რენტგენოგრაფიული პიკები

მიღებული შედეგები ცხადყოფენ, რომ როგორც საწყისი რკინის ფხვნილის (დამუშავებელი), ასევე პლანეტარულ წისქვილში დამუშავებული რკინის ფხვნილის კრისტალურ მესერში სიბრტყეთა შორისი მანძილები იდენტურია, მაგრამ ადგილი აქვს დამუშავებული ნიმუშის დიფრაქციულ სურათზე პიკის ნახევარსიგანის მატებას დაუმუშავებელთან შედარებით, რაც მიუთითებს კრისტალურობის სხვადასხვა ხარისხზე (კოჰერენტული გაბნევის ბლოკების ზომები - ანუ ე.წ. კრისტალიტების ზომები). ეს უკანასკნელი (კრისტალიტების ბლოკების ზომები) კი გამოითვლება სტანდარტული ფორმულით:

$$L = 0.9 \lambda / b(\text{radian}) \cos \theta^0$$

$$\lambda = 1.54178 \text{ \AA}, b(\text{radian}) = \pi / 180^0 \theta^0 = 44.7^0 / 4 = 22.35^0$$

$$\cos \theta^0 = \cos 22.35^0 = 0.925$$

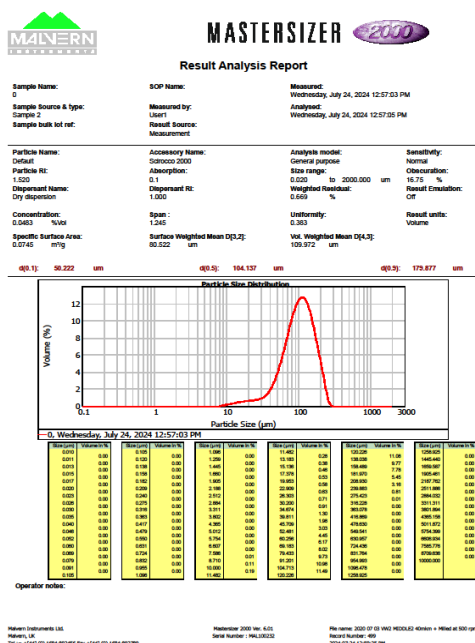
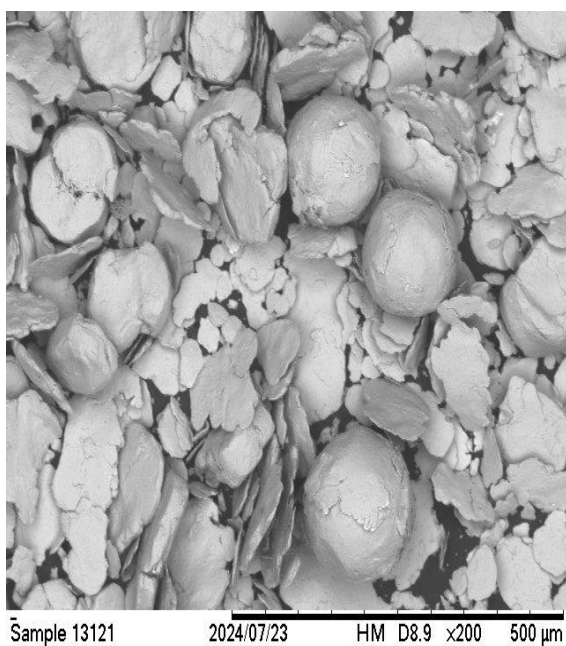
$$L = 0.9 * 1.54178 \text{ \AA} * 180^0 / b^0 * \pi * 0.925 = (86^0 / b^0) \text{ \AA}$$

თუ საბოლოო გამოსახულებაში შევიყვანთ საკვლევი ნიმუშების საშუალო b^0 - ის მნიშვნელობებს, მივიღებთ:

$$L_{\text{დამუშავებული}} = 86 / 0.33 = 260 \text{ \AA}$$

$$\text{ხოლო } L_{\text{დამუშავებული}} = 86 / 0.44 = 195 \text{ \AA}$$

რკინის (Fe) ფხვნილის დამუშავება მაღალენერგეტიკულ პლანეტარულ წისქვილში დამუშავების ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის მატებასთან ერთად იცვლება ფხვნილის დაყრითი სიმკვრივე. მნიშვნელოვნად იცვლება ფხვნილის ნაწილაკთა ფორმა და მორფოლოგია; მაშინ როდესაც ხვედრითი ზედაპირის და ნაწილაკთა საშუალო დიამეტრის მნიშვნელობები განიცდიან უმნიშვნელო შემცირებას. რენტგენოსტრუქტურული კვლევებით დადგინდა, რომ ყველა რეჟიმზე დამუშავებული Fe წარმოადგენს α - Fe მოდიფიკაციას. კრისტალური მესრის პარამეტრები უცვლელია, ხოლო მრუდის შემადგენელი კრისტალიტების ზომები შესამჩნევად მცირდება 260 $\text{\AA}$ -დან 195 $\text{\AA}$ -მდე.

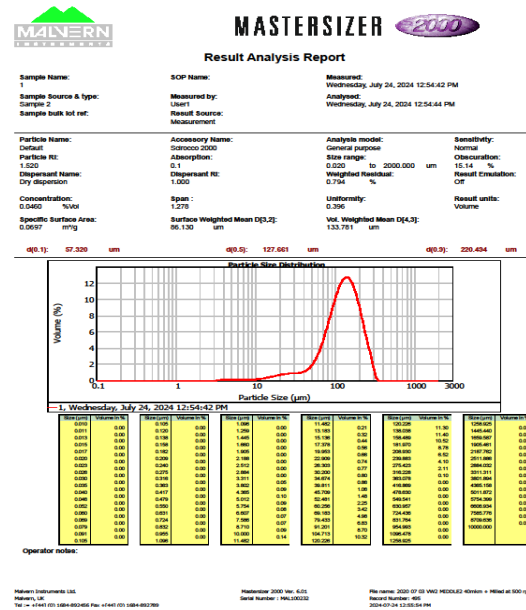
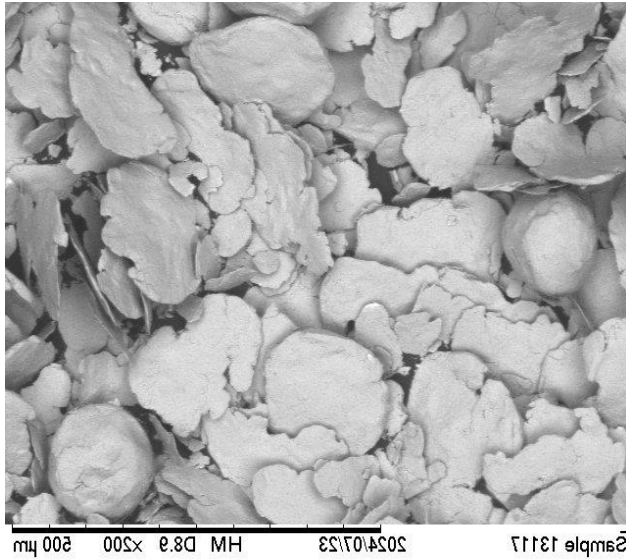


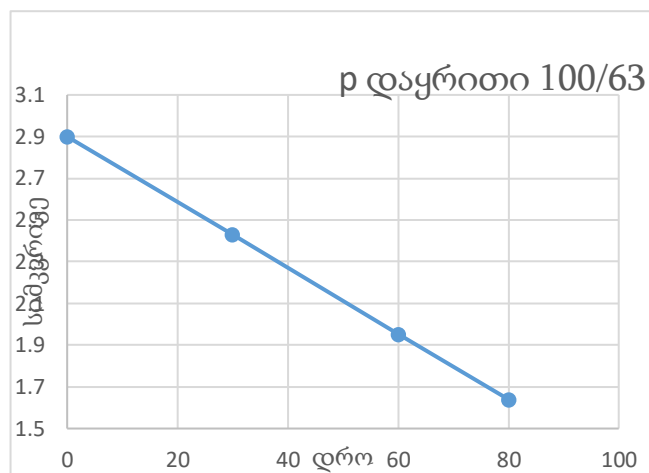
სურათი 14. რეჟიმი Fe 30 სთ დოღურ წისქვილში დისპერგირებული რეჟიმი

სურათი 15. ლაზერული დიფრაქტოგრამა
Fe 30 სთ დოღურ წისკვილში
დისპერგირებული

ექსპერიმენტულ მონაცემთა გაფართოების მიზნით საწყისი რკინის ფხვნილი დაექვემდებარა აგრეთვე სხვა ტიპის - მეთოდით დამუშავებას, კერძოდ, საწყის რკინის ფხვნილს ჩაუტარდა აქტივაციის პროცესი დოლური ტიპის საფქვავეში სხვადასხვა დროის განმავლობაში 30სთ, 60სთ და 80სთ.

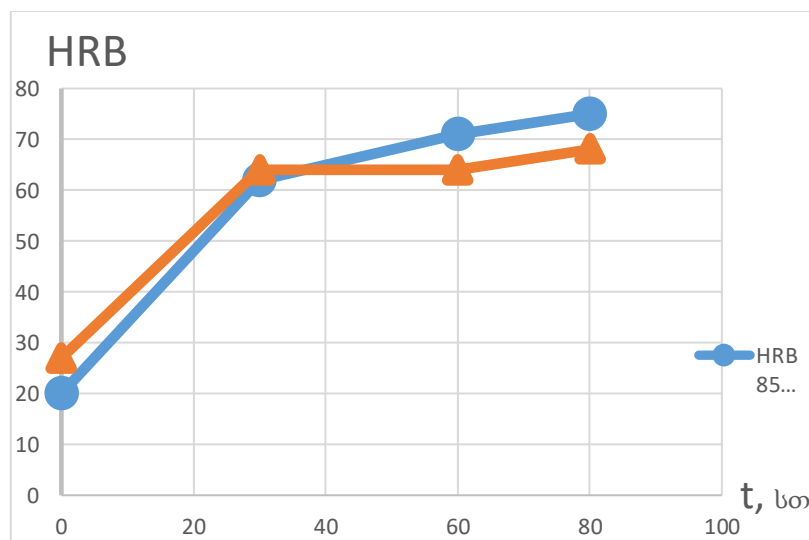
დამუშავების შედეგად მიღებული ფხვნილების ელექტრონულ-მიკროსკოპიული გამოსახულებები და ლაზერულ-დიფრაქტომეტრით მიღებული მონაცემები მოყვანილია სურათები 14, 16, 18 და სურათები 15, 17, 19 შესაბამისად.





ნახ. 3. საწყისი Fe-ის ფხვნილის დაყრითი სიმკვრივის ცვლილების დამოკიდებულება დოლურ საფეხავში ფხვნილების მუდმივი რეჟიმის პირობებში აქტივაციის პროცესის ხანგრძლივობაზე

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია საწყისი რკინის ფხვნილის დაყრითი სიმკვრივის ცვლილების დამოკიდებულება დოლურ საფეხავში ფხვნილების მუდმივი რეჟიმის პირობებში აქტივაციის პროცესის ხანგრძლივობაზე.



ნახ. 4. $P=35\text{მპა}$ და $T=850 - 900^\circ\text{C}$ პირობებში ცხელი დაწნეხვით მიღებული კონსოლიდირებული (შემცხვარი) ნიმუშების სისაღების ცვლილების დამოკიდებულება ფხვნილების დამუშავების ხანგრძლივობაზე და შეცხობის ტემპერატურაზე

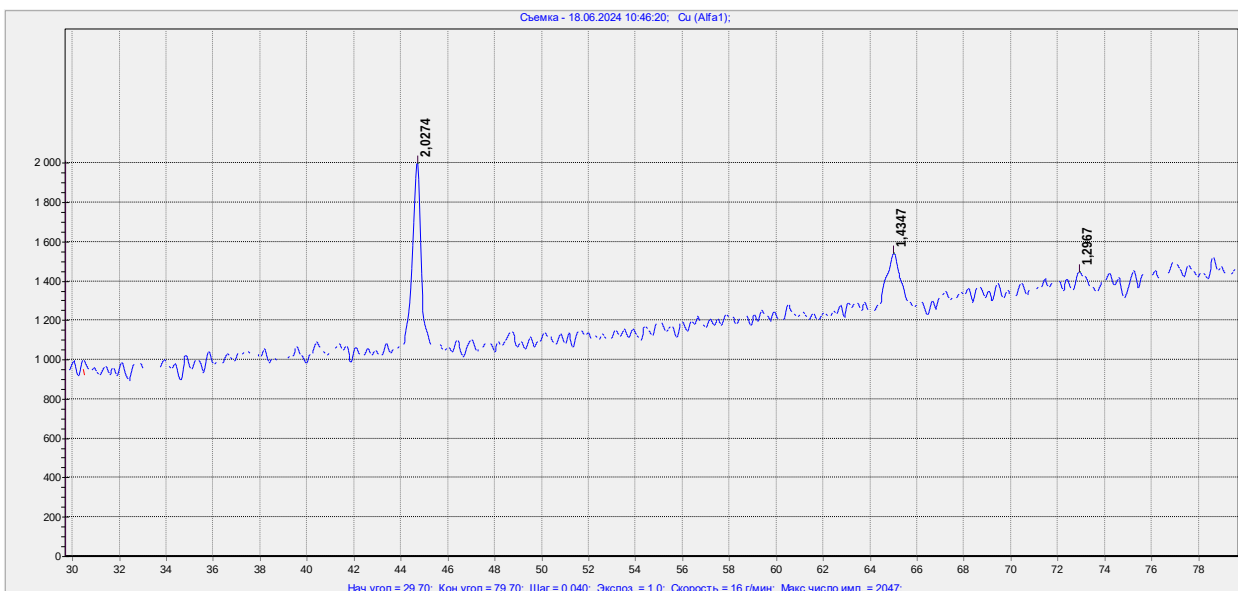
შესწავლილია შერჩეულ პირობებში დამუშავებული და შედეგად სხვადასხვა ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მქონე რკინის ფხვნილების $P = 35 \text{ მპა}$ და $T = 850^\circ - 900^\circ \text{C}$ პირობებში ტემპერატურებზე შეცხოვით მიღებული კონსოლიდირებული ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები (ნახ. 4).

დადგინდა, რომ დოლურ საფქვავში დამუშავების შედეგად, დამუშავების ხანგრძლივობის მატებასთან ერთად, შესამჩნევად მცირდება ფხვნილის დაყრითი სიმკვრივე, მნიშვნელოვნად იცვლება (ნახ. 3). მარცვლების ფორმა და მორფოლოგია, მაშინ როდესაც ხვედრითი ზედაპირის და ნაწილაკთა საშუალო დიამეტრის მნიშვნელობები განიცდიან უმნიშვნელო ცვლილებებს (შემცირებას).

რაც უფრო მატულობს რკინის ფხვნილის დამუშავების ინტენსივობა და ხანგრძლივობა მით მაღალია ნიმუშების სიმკვრივე და სისაღე ანუ დაბალია ფორიანობა. ტემპერატურის მატება $850-900^\circ \text{C}$ -მდე აღრმავებს კონსოლიდაციის პროცესის მიმდინარეობას (ნახ. 4).

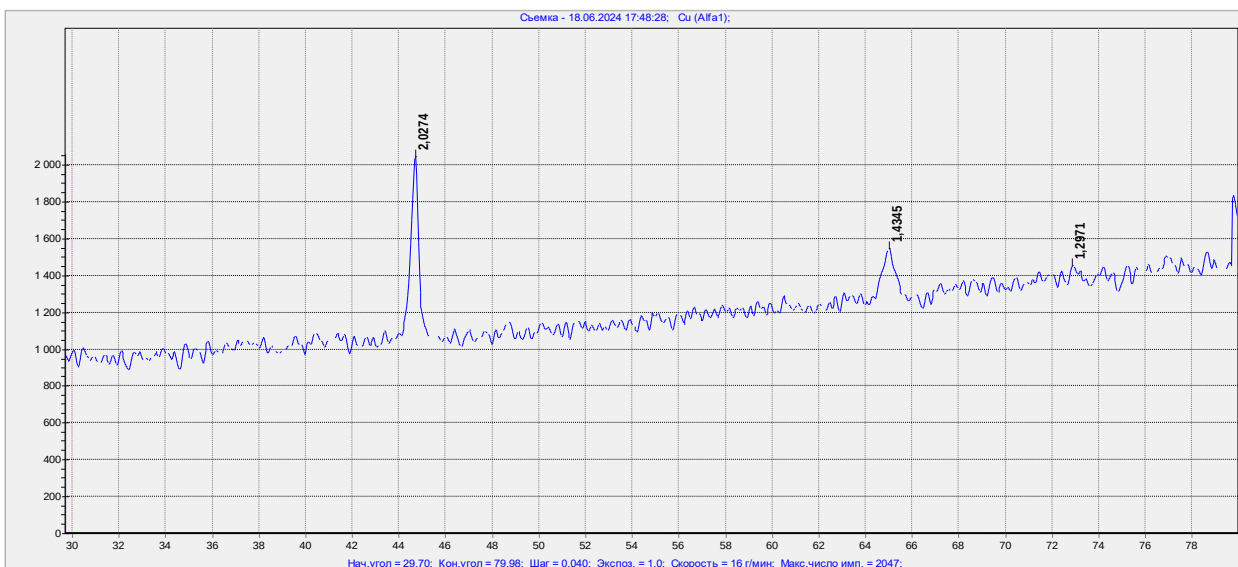
ექსპერიმენტულ მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა, რომ საწყისი რკინის ფხვნილის აქტივაციის შედეგად, როგორც დოლურ საფქვავში, ასევე პლანეტარულ წისქვილში მათი გამოყენებით მიღებული შემცხვარი ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები (სიმკვრივე, ფორიანობა, სისაღე, მიკროსისაღე) საგრძნობლად უმჯობესდება დამუშავების ინტენსივობის და ხანგრძლივობის მომატება იწვევს კონსოლიდირებულ ნიმუშებში ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების ზრდას.

რენტგენოსტრუქტურული კვლევებით დადგინდა, რომ რკინის კრისტალური მესერი არ განიცდის დეფორმაციას, ხოლო კრისტალიტების ზომები იცვლება უმნიშვნელოდ $260 \text{ \AA}$ -დან $230 \text{ \AA}$ -მდე.

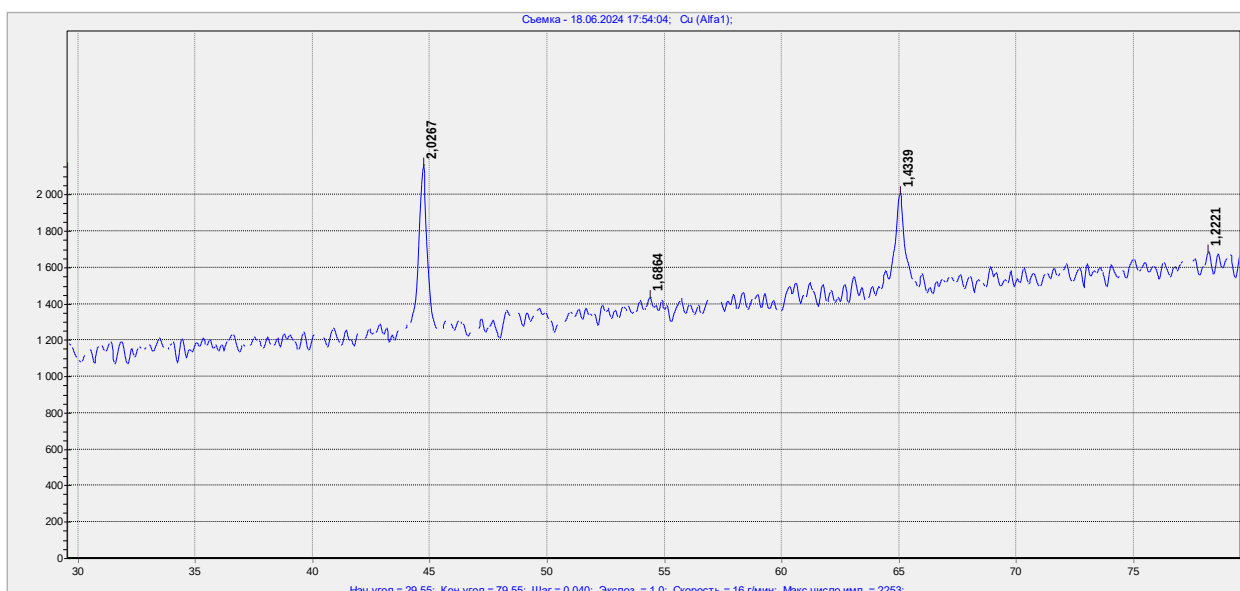


სურათი 20. 30სთ განმავლობაში დამუშავებული რკინის ფხვნილის სრული რენტგენოგრამა

ქვემოთ მოყვანილია საფქვავეში დამუშავებული 30, 60 და 80სთ-ის განმავლობაში ფხვნილების რენტგენოგრაფიული კვლევის შედეგები (სურათი 20-22).



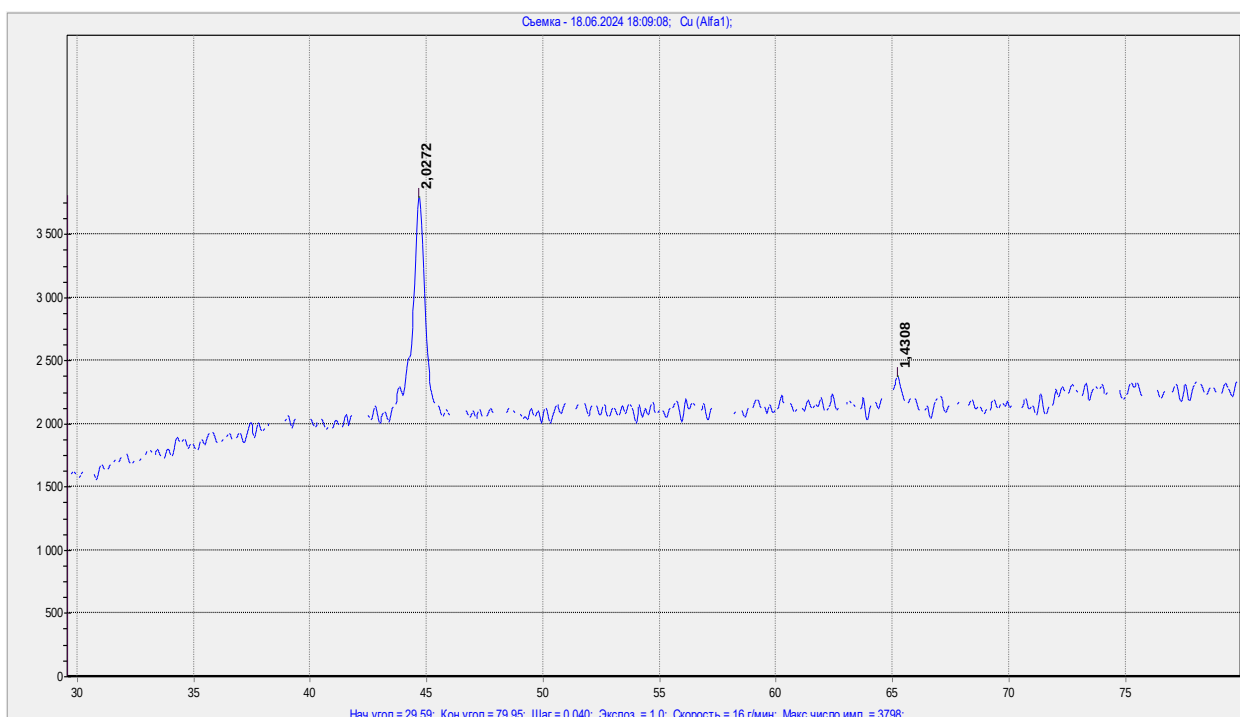
სურათი 21. 60სთ განმავლობაში დამუშავებული რკინის ფხვნილის სრული რენტგენოგრამა



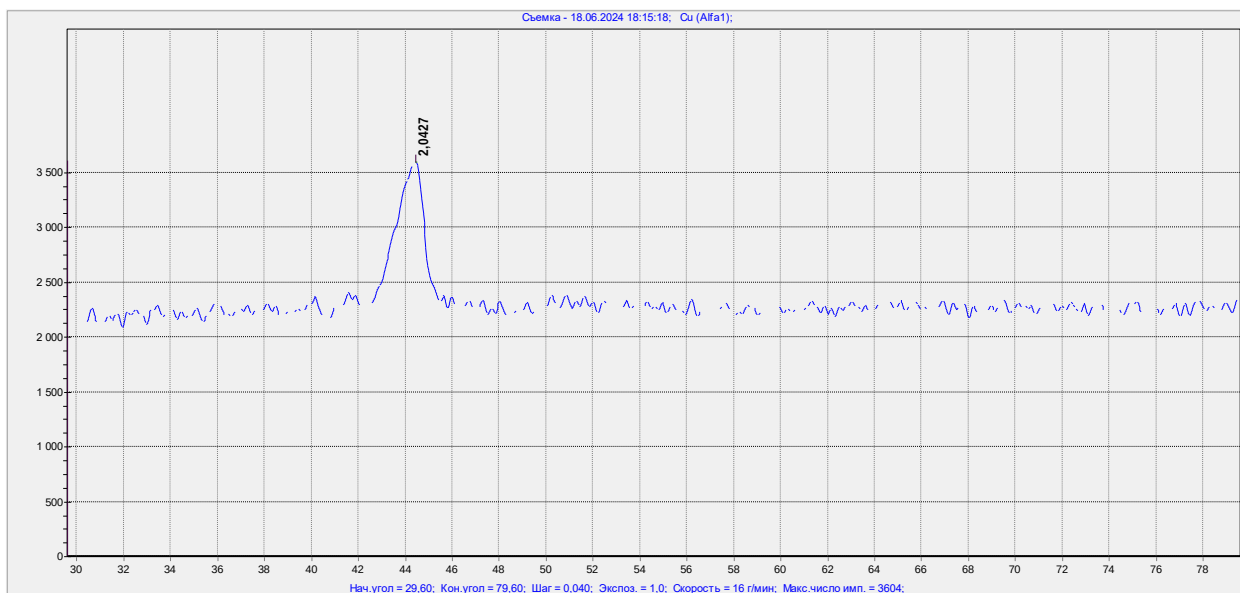
სურათი 22. დოლურ წისქვილში 80სთ-ის განმავლობაში დამუშავებული რკინის ფხვნილის სრული დიფრაქტოგრამა

განსაკუთრებულ ინტერესს წარმოადგენდა სხვადასხვა პირობებში დამუშავებული ფხვნილებით (30, 60, 80სთ) $P-T$ პირობებში შემცხვარი ნიმუშების რენტგენოსტრუქტურული და რენტგენოფაზური კვლევა. კვლევის შედეგები საინტერესოა იმ თვალსაზრისით, რომ იძლევა წარმოდგენას, კომპოზიციური სისტემის Fe - ალმასი შეცხოების ტემპერატურებზე ურთიერთქმედებისას თუ რა კრისტოლოგრაფიული და ფაზური მდგომარეობით იქნებოდა წარმოდგენილი $Fe-C$ სისტემის ლითონური (Fe) კომპონენტი და რა გავლენა შეიძლება აღნიშნულმა პარამეტრებმა იქონიონ ადჰეზიურ პროცესებზე.

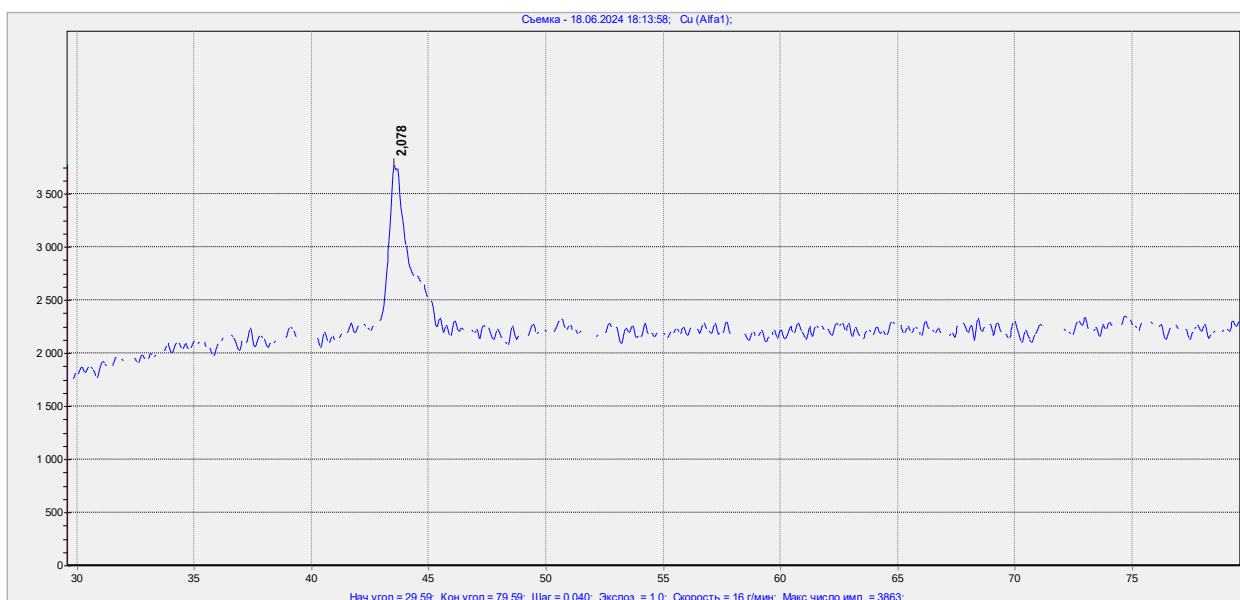
ქვემოთ წარმოდგენილია საფქვავში დამუშავებული შემცხვარი ფხვნილების კონსოლიდირებული ნიმუშების რენტგენოგრაფიული კვლევის შედეგები (სურათები 22-24).



სურათი 23. 30სთ განმავლობაში დაბუშავებული $P=35$ მპა და $T=850^{\circ}\text{C}$ პირობებში შემცხვარი ნიმუშის სრული რენტგენოგრამა



სურათი 24. 60სთ განმავლობაში დაბუშავებული $P=35$ მპა და $T=850^{\circ}\text{C}$ პირობებში შემცხვარი ნიმუშის სრული რენტგენოგრამა

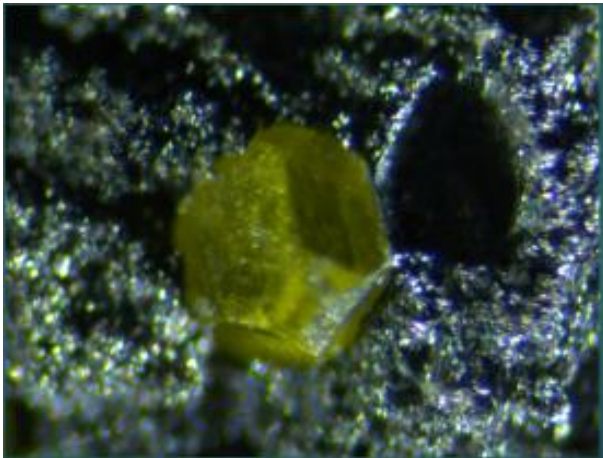


სურათი 25. 60სთ განმავლობაში დამუშავებული $P=35\text{მპა}$ და $T=930^{\circ}\text{C}$ პირობებში შემცხვარი ნიმუშის სრული რენტგენოგრამა

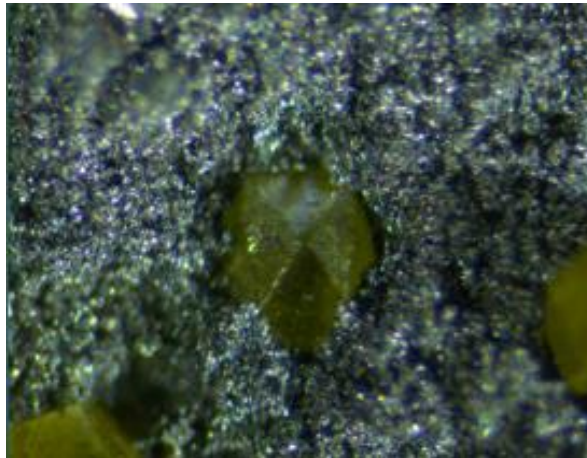
სხვადასხვა ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მექონე ფხვნილების გამოყენებით ცხელი დაწნეხვით სხვადასხვა ტემპერატურაზე მიღებული კონსოლიდირებული (შემცხვარი) ნიმუშების რენტგენოსტრუქტურულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ, როგორც დოლურ საფეკავში, ასევე პლანეტარულ წისქვილში დამუშავებული Fe-ის შემთვევაში 850°C -ზე მიღებული ნიმუშები წარმოდგენილია $\alpha\text{-Fe}$ -ის მოდიფიკაციით. კრისტალური მესრის დეფორმაცია არ აღინიშნება, მაგრამ ადგილი აქვს კრისტალიტების ზომების შემცირებას საწყის რკინის ფხვნილთან მიმართებაში $260\text{ \AA}$ -დან $65\text{ \AA}$ -მდე.

დამუშავებული რკინის ფხვნილის შეცხოვისას $T=930^{\circ}\text{C}$ პირობებში კონსოლიდირებული ნიმუში წარმოდგენილია რკინის γ ფაზით. ხოლო კრისტალიტების ზომები გაზრდილია $\approx 100\text{ \AA}$ -მდე. აღნიშნული ფაქტი, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია როგორც ფაზური გარდაქმნებით, $\alpha \rightarrow \gamma$, ასევე, მაღალი ტემპერატურების ($\geq 900^{\circ}\text{C}$) ზემოქმედებით, რაც პროვოცირებს მარცვლების (კრისტალების) ზრდას.

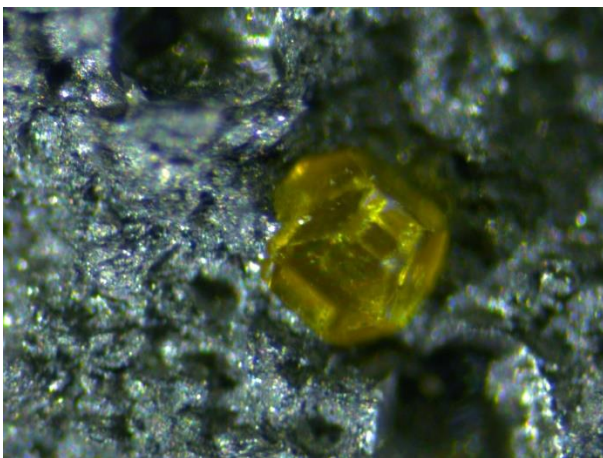
ჩვენი სამუშაოს ძირითად ამოცანას წამოადგენდა სწორედ ასეთი ფიზიკური და ფიზიკურ ქიმიური მახასიათებლების მექონე რკინის ფხვნილის ურთიერთქმედების შესწავლა ალმასური კრისტალების ზედაპირებთან.



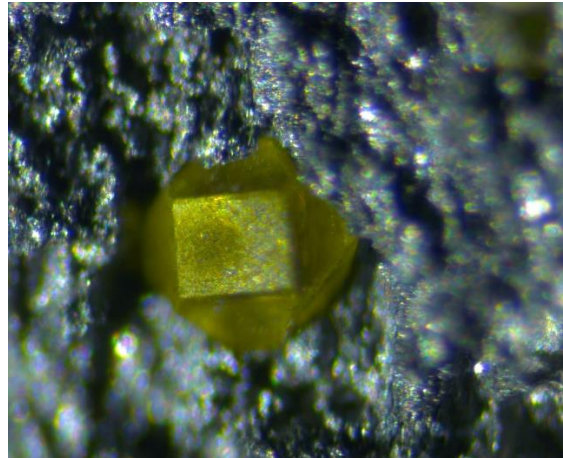
სურათი 26. Fe 100/63; ალმასი 500/400მკმ
შემცხვარი 850°C



სურათი 27. Fe 100/63; ალმასი 500/400მკმ
შემცხვარი 900°C

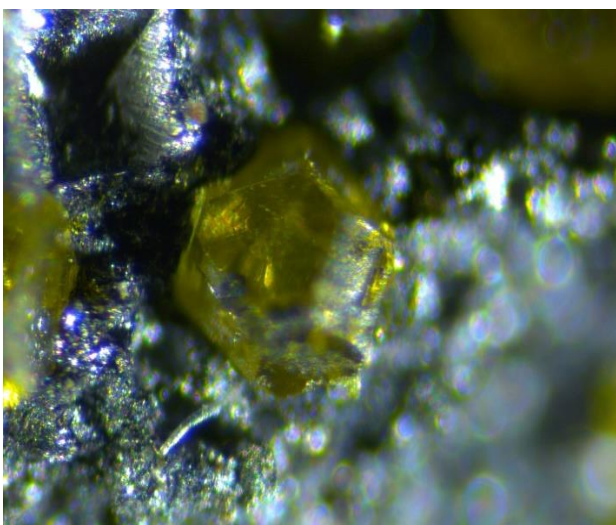


სურათი 28. Fe 30 სთ (დოლურ წისკვილში)
შემცხვარი 850°C

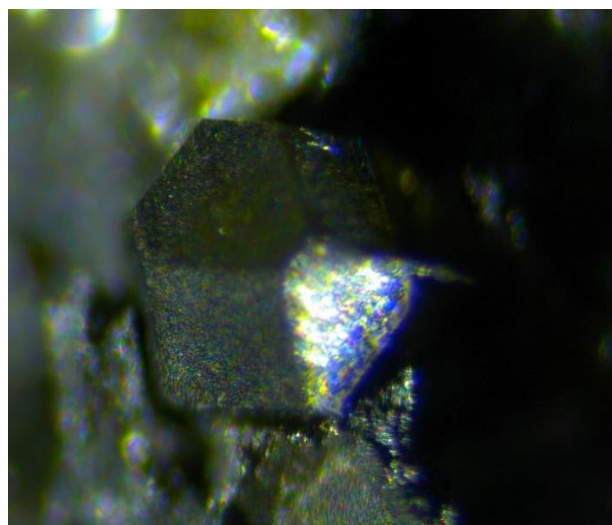


სურათი 29. Fe 30 სთ (დოლურ წისკვილში)
შემცხვარი 900°C

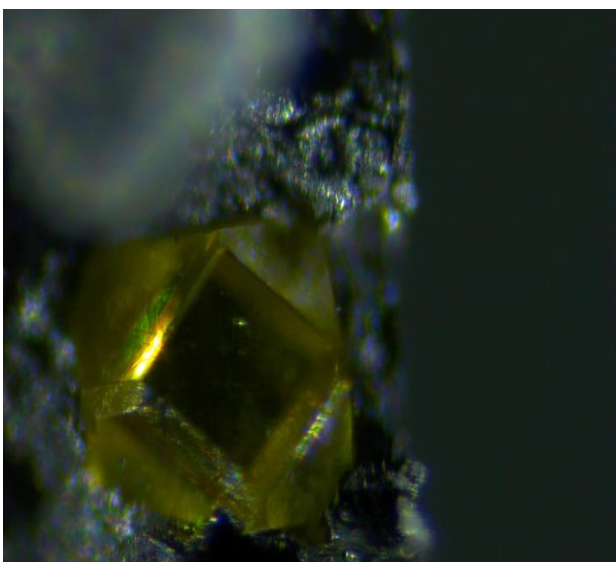
შესწავლილი იყო ამ ფხვნილების გამოყენებით რკინა + ალმასი შემადგენლობის შემცხვარი ნიმუშების ტეხები 850 და 900°C ტემპერატურაზე მუდმივი წნევისა და დაყოვნების პირობებში.



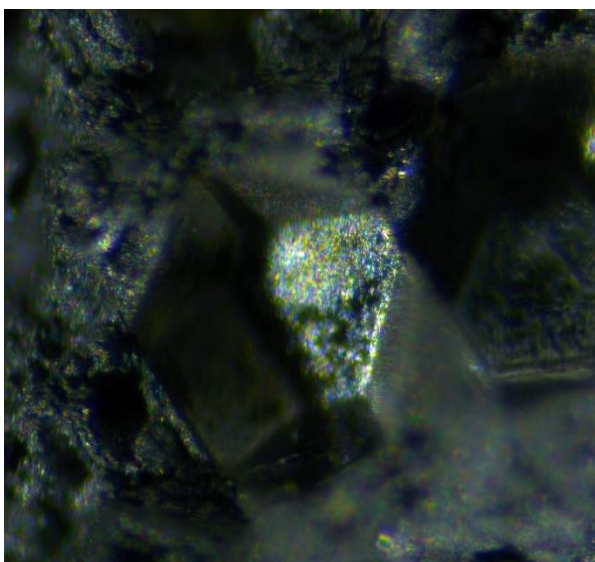
სურათი 30. Fe 60 სი (დოლურ წისქვილში)
შემცხვარი 850°C



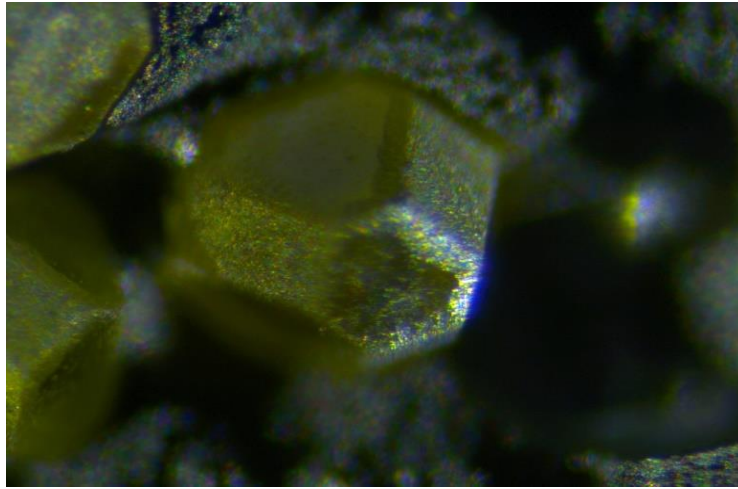
სურათი 31. Fe 60 სი (დოლურ წისქვილში)
შემცხვარი 900°C



სურათი 32. Fe 80 სი (დოლურ წისქვილში)
შემცხვარი 850°C



სურათი 33. Fe 80 სი (დოლურ წისქვილში)
შემცხვარი 900°C



სურათი 34. Fe 1000 ბრ./წთ 30წთ $t=860^{\circ}\text{C}$ ალმასი 500/400მკმ

ტეხების ოპტიკურმიკროსკოპული გამოსახულებები მოყვანილია სურათებზე 26 – 34. მიღებული შედეგების ანალიზი ცხადყოფს, რომ რკინის საწყისი ფხვნილის გამოყენებისას ტემპერატურულ ინტერვალში $850-900^{\circ}\text{C}$ ინტერვალში რკინას და ალმასს შორის შესამჩნევ ურთიერთქმედებას ადგილი არ აქვს, ნიმუშების ტეხებში ალმასური კრისტალების ზედაპირები აბსოლუტურად სუფთაა როგორც 850 ასევე 900°C კრისტალების წახნაგებზე ლითონის კვალი არ ფიქსირდება (სურათი 26,27).

დადგინდა, რომ $T = 850^{\circ}\text{C}$ პირობებში არც ერთი მახასიათებლის მქონე რკინის ფხვნილი საგრძნობლად არ რეაგირებს ალმასური კრისტალების წახნაგებთან, რაც მეტყველებს ფაქტიურად უმნიშვნელო ადჰეზიაზე (სურათი 28, 30, 32).

$T = 900^{\circ}\text{C}$ პირობებში - საწყისი რკინა არ რეაგირებს ალმასთან, არ რეაგირებს ალმასთან ასევე 30სთ-ის განმავლობაში დამუშავებული დოლურ წისქვილში რკინა და 600ბრ/წთ პირობებში დამუშავებული პლანეტარულ წისქვილში რკინის ფხვნილიც (სურათი 27,29).

მაღალ და ხანგრძლივ რეჟიმებზე (როგორც დოლურ, ასევე პლანეტარულ საფეკავებში) დამუშავებული რკინის ფხვნილები აქტიურად რეაგირებენ ალმასური კრისტალის წახნაგებთან (სურათი 31,33). ადჰეზიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით აქტიურია 1000ბრ/წთ -ის პირობებში დამუშავებული რკინა, რომლის

ურთიერთქმედების კვალი ფიქსირდება 860° - 870°C -ზე, და მეტყველებს მაღალი ადჰეზიურობის უნარზე (სურათი 34).

მიღებული შედეგების ანალიზი იძლევა საშუალებას დავასკვნათ, რომ მყარ ფაზაში Fe – C_{ალმ.} სისტემაში ადჰეზიური ურთიერთქმედების ინტენსივობაზე $T = 850^{\circ}$ - 900°C ტემპერატურატურულ რეჟიმში ძირითადი განმსაზღვრელია არა კრისტალოგრაფიული პარამეტრები (მესრის სრულყოფა, კრისტალიტების ზომები), არამედ ფხვნილის მიკრო სტრუქტურა - ხვედრითი ზედაპირი, მორფოლოგია, ჰაბიტუსი.

მიღებული მონაცემები სრულ თანხმობაშია ფხვნილების კონსოლიდაციის (შეცხობის) დროს მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების არსებულ თეორიებთან.

დასკვნა

1. დაგეგმილ იქნა სამუშაოს მიზნის განსახორციელებლად Me – $C_{\text{ალმ}}$ სისტემაში ლითონურ კომპონენტად გამოყენებულიყო რკინა (Fe). საწყის რეაგენტად გამოყენებული იყო გაფქვევის მეთოდით (water atomized) მიღებული რკინის ფხვნილი ფართო დიაპაზონის ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მქონე ფხვნილების მისაღებად განხორციელდა საწყისი Fe-ის ფხვნილის სხვადასხვა მეთოდებით აქტივაცია დამუშავების რეჟიმების ფართო დიაპაზონში.
2. დამუშავდა ბურთულებიან დოლურ საფქვავეში 30, 60 და 80სთ-ის განმავლობაში საწყისი რკინის ფხვნილი მარცვლოვანებით 100/63მკმ. აგრეთვე, საწყისი ფხვნილი დაექვემდებარა მაღალ ენერგეტიკულ აქტივაციას პლანეტარულ წისქვილში 600 – 1000 ბრ/წთ-ის სიჩქარით 12 – 30წთ-ის განმავლობაში.
3. გამოკვლეული და შესწავლილია სხვადასხვა მეთოდით და სხვადასხვა რეჟიმებზე დამუშავებული ფხვნილების ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლები – დაყრითი სიმკვრივე, გრანულომეტრია, საშუალო ზომები, ხვედრითი ზედაპირები, მარცვლის ჰაბიტუსი და მორფოლოგია და კრისტალური სტრუქტურა, ელექტრომიკროსკოპული, ლაზერულ-დიფრაქტომეტრული, რენტგენოგრაფიული და სხვა ფიზიკურ-ქიმიური მეთოდების გამოყენებით.
4. დადგინდა, რომ დოლურ საფქვავეში დამუშავების შედეგად, დამუშავების ხანგრძლივობის მატებასთან ერთად, შესამჩნევად მცირდება ფხვნილის დაყრითი სიმკვრივე, მნიშვნელოვნად იცვლება მარცვლების ფორმა და მორფოლოგია, მაშინ როდესაც ხვედრითი ზედაპირის და ნაწილაკთა საშუალო დიამეტრის მნიშვნელობები განიცდიან უმნიშვნელო ცვლილებებს (შემცირებას). რენტგენოსტრუქტურული კვლევებით დადგინდა, რომ რკინის კრისტალური მესერი არ განიცდის დეფორმაციას, ხოლო კრისტალიტების ზომები იცვლება უმნიშვნელოდ 260 Å -დან 230 Å -მდე.

5. დადგინდა, რკინის (Fe) ფხვნილის დამუშავებისას მაღალენერგეტიკულ პლანეტარულ წისქვილში დამუშავების ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის მატებასთან ერთად იცვლება ფხვნილის დაყრითი სიმკვრივე. მნიშვნელოვნად იცვლება ფხვნილის ნაწილაკთა ფორმა და მორფოლოგია; მაშინ როდესაც ხვედრითი ზედაპირის და ნაწილაკთა საშუალო დიამეტრის მნიშვნელობები განიცდიან უმნიშვნელო შემცირებას. რენტგენოსტრუქტურული კვლევებით დადგინდა, რომ ყველა რეჟიმზე დამუშავებული Fe წარმოადგენს α -Fe მოდიფიკაციას. კრისტალური მესრის პარამეტრები უცვლელია, ხოლო მარცვლების შემადგენელი კრისტალიტების ზომები შესამჩნევად მცირდება 260 Å-დან 195 Å-მდე.
6. შესწავლილია შერჩეულ პირობებში დამუშავებული და შედეგად სხვადასხვა ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მქონე რკინის ფხვნილების $P = 35 \text{ მპა}$ და $T = 850^\circ - 900^\circ \text{C}$ პირობებში ტემპერატურულ პირობებში შეცხოვრებით მიღებული კონსოლიდირებული ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები.
7. ექსპერიმენტულ მონაცემთა ანალიზმა აჩვენა, რომ საწყისი რკინის ფხვნილის აქტივაციის შედეგად, როგორც დოლურ საფეხვაში, ასევე პლანეტარულ წისქვილში მათი გამოყენებით მიღებული შემცხვარი ნიმუშების ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები (სიმკვრივე, ფორიანობა, სისაღე, მიკროსისაღე) საგრძნობლად უმჯობესდება. დამუშავების ინტენსივობის და ხანგრძლივობის მომატება კი იწვევს კონსოლიდირებულ ნიმუშებში ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების ზრდას.
8. სხვადასხვა ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მქონე ფხვნილების გამოყენებით ცხელი დაწნეხვით სხვადასხვა ტემპერატურაზე მიღებული კონსოლიდირებული (შემცხვარი) ნიმუშების რენტგენოსტრუქტურულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ, როგორც დოლურ საფეხვაში, ასევე პლანეტარულ წისქვილში დამუშავებული Fe-ის შემთვევაში 850°C -ზე

- მიღებული ნიმუშები წარმოდგენილია α -Fe-ის მოდიფიკაციით. კრისტალური მესრის დეფორმაცია არ აღინიშნება, მაგრამ ადგილი აქვს კრისტალიტების ზომების შემცირებას საწყის რკინის ფხვნილთან მიმართებაში 260 Å-დან 65 Å-მდე.
9. დამუშავებული რკინის ფხვნილის შეცხოვისას $T = 900^{\circ}\text{--}930^{\circ}\text{C}$ პირობებში კონსოლიდირებული ნიმუში წარმოდგენილია რკინის γ ფაზით. ხოლო კრისტალიტების ზომები გაზრდილია ≈ 100 Å -მდე. აღნიშნული ფაქტი, ჩვენი აზრით, გამოწვეულია როგორც ფაზური გარდაქმნებით, $\alpha \rightarrow \gamma$, ასევე, მაღალ ტემპერატურების ($\geq 900^{\circ}\text{C}$) ზემოქმედებით, რაც პროვოცირებს მარცვლებში კრისტალიტების ზრდას.
 10. შესწავლილია სხვადასხვა ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების მქონე რკინის ფხვნილის ურთიერთქმედების ხასიათი ალმასური კრისტალების ზედაპირებთან $P=35$ მპა წნევისა და $T = 850^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურულ ინტერვალში. გამოყენებულია TRS და ტეხების ოპტიკუ-მიკროსკოპიული მეთოდები.
 11. დადგინდა, რომ $T = 850^{\circ}\text{C}$ პირობებში არც ერთი მახასიათებლის მქონე რკინის ფხვნილი საგრძნობლად არ რეაგირებს ალმასური კრისტალების წახნაგებთან, რაც მეტყველებს ფაქტიურად უმნიშვნელო ადჰეზიაზე.
 12. $T = 900^{\circ}\text{C}$ პირობებში - საწყისი რკინა არ რეაგირებს ალმასთან, არ რეაგირებს ალმასთან ასევე 30 სთ-ის განმავლობაში დოლურ წისქვილში დამუშავებული რკინა და პლანეტარულ წისქვილში 600 ბრ/წთ პირობებში დამუშავებული რკინის ფხვნილიც.
 13. მაღალ და ხანგრძლივ რეჟიმებზე (როგორც დოლურ, ასევე პლანეტარულ საფეკავებში) დამუშავებული რკინის ფხვნილები აქტიურად რეაგირებენ ალმასური კრისტალის წახნაგებთან. ადჰეზიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით აქტიურია 1000 ბრ/წთ -ის პირობებში დამუშავებული რკინა, რომლის ურთიერთქმედების კვალი ფიქსირდება $860^{\circ}\text{--}870^{\circ}\text{C}$ -ზე, და მეტყველებს მაღალი ადჰეზიურობის უნარზე.

14. მიღებული შედეგების ანალიზი იძლევა საშუალებას დავასკვნათ, რომ მყარ ფაზაში Fe – C_{ალმ.} სისტემაში ადჰეზიური ურთიერთქმედების ინტენსივობაზე $P = 35 \text{ მპა}$ წნევასა და $T = 850^{\circ} - 900^{\circ} \text{C}$ ტემპერატურულ რეჟიმში ძირითადი განმსაზღვრელია არა კრისტალოგრაფიული პარამეტრები (მესრის სრულყოფა, კრისტალიტების ზომები), არამედ ფხვნილის მიკრო სტრუქტურა - ხვედრითი ზედაპირი, მორფოლოგია, ჰაბიტუსი.

გამოქვეყნებული შრომების ნუსხა

1. Khvedelilze Amiran, Tabatadze Mikheil, Avalishvili Zurab, Tserodze Medea, Loladze Nikoloz. "EFFECT OF TIN CONTENT ON THE HARDNESS AND STRUCTURE OF THE Cu-Sn ALLOY AT DIFFERENT SINTERING P - T - τ PARAMETERS". XXXIV International Multidisciplinary Conference "Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World". Spain, 28.08.2023. <https://internauka.org>
2. ამირან ხვედელიძე. P – T პირობებში ლითონ-ალმასი ფაზათშორის ადჰეზიური ძალების შესწავლა Me – C სისტემის კომპოზიციურ მასალებში. საქართველოს საინჟინრო სიახლეები, 2023, ტ99, #2. p.75-80. ISSN 1512-0287. <https://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234/502112>
3. ა.ხვედელიძე,ზ.ავალიშვილი,ი.ძიძიშვილი,მ.ტაბატაძე,მ.წეროძე,ნ.ლოლაძე. რკინის ფხვნილის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების გავლენა მყარფაზა ურთიერთქმედების ხასიათზე Fe - ალმასი გამყოფ ზედაპირთან ცხელი წნეხვისას. საქართველოს საინჟინრო სიახლეები, 2024, ტ100, #1. 102-109. ISSN 1512-0287. <https://dspace.nplg.gov.ge/handle/1234502112>
4. Nikoloz Loladze, David Tavkhelidze†, Medea Tserodze, Zurab Avalishvili, Mikheil Tabatadze, Amiran Khvedelidze. Effect of Pressure on the Optimal Sintering Temperature under Hot Pressing Conditions of the Fe – Cu – Ni – Sn – Ti alloy. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, v.18, #3, 54-58. 2024. ISSN - 0132 – 1447; <http://science.org.ge › moambe › moambe-geo>

Abstract

The aim of the work was to analyze the processes taking place in P-T conditions during the preparation of diamond composite materials in the Me-C system and, based on this analysis, to select initial components with optimal chemical composition, structure and physico-chemical properties in order to determine the possibility of obtaining a composition with improved properties.

For a relatively non-quantitative assessment of the adhesion of the metal matrix to the diamond, the widely-used and tested TRS method - transverse breaking force was used. Electron and optical microscopy were also used to characterize the interaction between the diamond crystals and the metal matrix. Laser diffractometry method, bulk density determination method, X-ray structural and X-ray phase analysis were also used in the work. The experiments were carried out under high pressure and temperature conditions using the hot pressing method. Determination of physico-chemical and physico-mechanical characteristics of sintered samples was carried out on the relevant spec. devices.

The influence of the structure and nature of the initial component (iron) on its interaction with diamond was studied. Fractures of iron+diamond samples sintered from powders treated in different modes were studied in the temperature range of 800-900°C, under constant pressure and delay conditions.

It was found that at $T = 850^{\circ}\text{C}$, none of the iron powder with different characteristics reacts significantly with diamond crystallites, which indicates in fact negligible adhesion.

Iron powders processed at high and long modes (both in drum and planetary grinders) actively react with diamond crystal particles. From the adhesion point of view, the iron treated at 1000 rpm is particularly active, the trace of interaction is fixed at 860-870°C, and indicates high adhesive ability.

The analysis of the obtained results, allows us to conclude, that the main determinant of the intensity of adhesive interaction in the solid phase Fe-C_(diamond) system at temperature range $T = 850-900^{\circ}\text{C}$ is not the crystallographic parameters (the perfection of the lettise, the quantity of crystals, the diamonds of crystallites), but the microstructure of the powder - specific surface, morphology, habitus.