

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მარიამ ბერიძე

სამედიცინო საფირონის ალმასური დამუშავების კვლევა
იმპლანტის ზედაპირის უდეფექტო დამუშავების პირობების
დასადგენად ოპტიმალური წყვილის
შერჩევის მიზნით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2013 წ.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის მექანიკის
ინჟინერიის საწარმოო ტექნოლოგიების დეპარტანენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: რაულ თურმანიძე ტექნიკურ მეცნიერებათა
დოქტორი, სრული პროფესორი
რეცენზენტები: გივი ბოკუჩავა ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, სრული
პროფესორი
ანზორ მიქანაძე ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი, შპს
„ინჟინერი-2008“, მთავარი ტექნოლოგი

დაცვა შედგება 2013 ” ” ივლისს , საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი I , აუდიტორია გ 602
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატისა - სტუ-ს ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი ----- დ. ბუცხრივიძე

შესავალი

სამყაროს ევოლუციას განაპირობებს მხოლოდ ჯანმრთელი ადამიანი, მაგრამ მისი ჯანმრთელობა სხვადასხვა ფაქტორების ზემოქმედებით, ხშირად გამოდის მწყობრიდან და საჭირო ხდება მისი ცალკეული ორგანოების თავდაპირველი ფუნქციის აღდგენა.

ადამიანის საყრდენ-მამოძრავებელი აპარატი არის მისი ერთ-ერთი სისტემა, რომელიც ძირითადად შედგება ძვლოვანი ქსოვილისგან. ძვლები ქმნიან რბილი ქსოვილების საყრდენ და კუნთების მამოძრავებელ მექანიზმს. მათი ბიოლოგიური ფუნქცია დაკავშირებულია ნივთიერებათა ცვლაში და სისხლის წარმოქმნის პროცესებში მონაწილეობასთან. დროთა განმავლობაში ისინი კარგავენ თავიანთ ძირითად ფუნქციას სხვადასხვა ფაქტორების მოქმედების გამო.

ძვალი მისი გარდაქმნის ხარჯზე წარმოადგენს, მუდმივად განახლებად, დინამიკურ სტრუქტურას. გარდაქმნის დამუხრუჭებას ან დათრგუნვას თან სდევს ძვლის მექანიკური თვისებების გაუარესება, რაც იწვევს მიკრო და მაკრომოტეხილობების განვითარებას, სისხლის მიმოქცევის მოშლას, მისი ან მიმდებარე ქსოვილების ანთებითი პროცესების, ძვალზე თერმული ფაქტორების (დამწვრობა, მოყინვა) მოქმედებით ძვლის ნეკროზის განვითარებას, ძვლის ატროფიას.

ართროზი არის XXI საუკუნის სახსრების ყველაზე გავრცელებული დაავადებაა, რომელიც შრომის უნარის დაკარგვის, ცხოვრების ხარისხის გაუარესების მთავარ მიზეზს წარმოადგენს. დღეს მსოფლიოში ართროზით მილიონობით ადამიანია დაავადებული. ახალგაზრდა პაციენტებს შორის მამაკაცები ჭარბობენ, ხანში შესულებს შორის კი ქალები. 45 წლისთვის ეს დაავადება მოსახლეობის 2%-ს აქვს, 45-დან 64 წლამდე - 30%-ს, 65 წლიდან კი 63-85%-ს. ართროზი ყველაზე ხშირად მტევნისა და ტერფის, ხერხემლის კისრისა და წელის განყოფილებათა სახსრებს (სპონდილოართროზი) აზიანებს, თუმცაღა საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის დაზიანების

სიმძიმის მიხედვით პირველ ადგილს მენჯ-ბარძაყის (კოქსართროზი), მუხლის (გონართროზი), ტერფისა და მხრის სახსრის ართროზები იკავებენ.

ართროზის შედეგია სახსრის სრული რღვევა, ანკილოზი - სახსრის სრული უმოძრაობა - ან ნეოართროზი - არაბუნებრივი მოძრაობის მქონე სახსრის ფორმირება, რასაც თან სდევს კიდურთა ფუნქციების მოშლა.

ართროზის გამომწვევი მიზეზებია ადამიანის არაჯანსაღი ცხოვრების წესი, სხვადასხვა სახის საკვები დანამატები და მთავარი სახსრის ზედაპირის ხრტილოვანი ნაწილის დაზიანება. ყოველივე ეს კი იწვევს სახსრის ფუნქციის მოშლას. სახსრების ენდოპროთეზირება ართროზის მკურნალობის ქირურგიული მეთოდია, რომელიც მაშინ ტარდება, როცა სახსრის დაზიანების ხარისხი იმდენად მძიმეა, რომ თერაპიული, კონსერვატიული მეთოდებით მდგომარეობა გამოსწორებას არ ექვემდებარება.

ენდოპროთეზირება არის ეფექტური და ხშირ შემთხვევაში ერთადერთი მეთოდი ადამიანის სახსრების ფუნქციის აღდგენისა. აღსანიშნავია, რომ დღეისათვის ენდოპროთეზები გამოიყენება ადამიანის სხეულის 40-მდე სხვადასხვა ორგანოს მკურნალობისა და შეცვლისათვის. იმპლანტების გამოყენების სფეროებია: კონტაქტური ლინზები, მასალები ლარინგოლოგიისთვის, თავის ქალის ქირურგიისთვის, იმპლანტები სტომატოლოგიისთვის, ხელოვნური გული, სარქველები, ხერხემლის იმპლანტები, საშარდე და სასქესო ორგანოების პროთეზები, სახსრების პროთეზები, სისხლძარღვების პროთეზები, დამტვრეული ძვლების სტაბილიზატორები, ხელოვნური მყესები და ა.შ.

ენდოპროთეზების 50 წლიანმა ისტორიამ გვაჩვენა რომ მათ განიცადეს მნიშვნელოვანი ცვლილებები. მათი ყველაზე მნიშვნელოვანი ელემენტი არის მასალა რომლითაც ისინი არიან დამზადებული. ენდოპროთეზების მასალას უნდა ჰქონდეს დაახლოებით ისეთივე მექანიკური მახასიათებლები, როგორც ძვალს, ისინი უნდა იყვნენ ბიოინერტულები და მათი მექანიკური მახასიათებლები უნდა უზრუნველყოფდნენ

ენდოპროთეზების საიმედო მუშაობას, აგრეთვე ძალიან მნიშვნელოვანია იმპლანტების კონსტრუქციების სრულყოფა და მათი დამუშავების მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა.

ამჟამად ენდოპროთეზების დასამზადებლად გამოიყენება ლითონური,, კერამიკული და პოლიმერული მასალები. უკანასკნელ პერიოდში შეიქმნა რიგი განსაკუთრებული თვისებების მქონე ხელოვნური მასალები, როგორცაა, ხელოვნური საფირონი და ხელოვნური ლალი. ხელოვნურ საფირონს აქვს უნიკალური ფიზიკო-მექანიკური თვისებები: მაღალი სიმტკიცე, დარტყმითი სიბლანტე ტემპერატურის ფართო დიაპაზონში - 200-დან +100 °C, ქიმიურად მდგრადია აგრესიულ გარემოს მიმართ, ახასიათებს სრიალის მაღალი მახასიათებლები და ცვეთამედეგობა.

ხელოვნური საფირონის გამოყენება ძალზე დამაიმედებელია ენდოპროთეზების ხახუნის წყვილის დამზადებისათვის. ამიტომ მისი დამუშავებადობის ოპტიმალური პირობების დადგენა და დამუშავებული ზედაპირის მაღალი ხარისხის უზრუნველყოფა არის ძალზე აქტუალური პრობლემა.

სამუშაოს მიზანია- საფირონის კრისტალის ტრიბოლოგიური თვისებების კვლევა, მისი ხეხვით დამუშავების ოპტიმალური პირობების დადგენა და დამუშავების თანამედროვე სქემების შემუშავება.

კვლევის ჩატარების საერთო მეთოდика- დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად ჩატარებული იქნა საფირონის კრისტალის ექსპერიმენტალური ტრიბოლოგიური კვლევა.

სამუშაოში შესწავლილი იქნა საფირონის კრისტალის ორიენტაციის გავლენა მის დამუშავებადობაზე. ექსპერიმენტალური კვლევები ჭრის რეჟიმებისა და ალმასური სახეხი ქარგოლის მახასიათებლების გავლენის შესასწავლად საფირონის კრისტალის დამუშავებადობაზე ძირითადად ტარედბოდა ჩარხზე მოდელი 3D641E.



სურ. 1 ლაბორატორიული მოწყობილობა

ზედაპირის მიკროგომეტერიის პარამეტრები იზომებოდა პროფილო-გრაფ-პროფილომეტრზე მოდ.252 ქარხანა „კალიბრი“ (მოსკოვი, რუსეთი). დამუშავებული ზედაპირის მორფოლოგიის შესწავლა ხდებოდა „ოპტონის“ ფირმის მასკანერებელ ელექტრონულ მიკროსკოპზე „ნანოლაბ-7“ (გერმანია).

ექსპერიმენტალური კვლევების მხედველობაში მიღებით შემუშავებული და გაანგარიშებული იქნა მენჯ-ბარძაყის სახსრის სფერული თავაკის დამუშავების თეორიული სქემები.

სამეცნიერო სიახლე- ადამიანის მენჯ-ბარძაყის იმპლანტებისთვის გამოყენებული მასალების ფიზიკო-მექანიკური თვისებების და საექსპლუატაციო მახასიათებლების ანალიზის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია პაციენტის ასაკისა და სოციალური მდგომარეობის შესაბამისი ენდოპროტეზების ოპტიმალური წვილების შერჩევის კონცეფცია და შემუშავებულია მათი ეფექტური ფუნქციონირების რესურსის გაზრდის ძირითადი მეცნიერული საფუძვლები.

ახალგაზრდა და მარეტიალურად უზრუნველყოფილი პაციენტებისთვის დასაბუთებულია საფირონის მონოკრისტალისგან დამზადებული

იმპლანტების გამოყენება და დადგენილია მათი არასრული სფერული ზედაპირების ხარისხისა და გეომეტრიული პარამეტრების სიზუსტის ამადლების უზრუნველსაყოფად აუცილებელი ტექნოლოგიური პროცესების დადგენების პრინციპები.

შემოთავაზებულია იმპლანტების საპასუხისმგებლო სფერული ზედაპირების მიღებისთვის საჭირო პროგრესული კინემატიკური სქემები, რომელთა პრაქტიკული მატერიალიზება საგრძნობლად გააუმჯობესებს ენდოპროთეზის საექსტლუატაციო მახასიათებლებს და შესაბამისად გაზრდის პაციენტის საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის უსაფრთხო ფუნქციონირების ხანგრძლივობას.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა- შემუშავებულია საფირონის მონოკრისტალის იმპლანტების დამუშავების ოპტიმალური პირობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გეომეტრიული პარამეტრების დიდ სიზუსტეს და ზედაპირების დაბალ სიმქისეს, კერძოდ:

შესწავლილი იქნა მისი ტრიბოლოგიური მაჩვენებლები. დადგინდა, რომ საფირონის კრისტალს აქვს დაბალი ხახუნის კოეფიციენტი და ძალზე მაღალი ცვეთამედეგობა. დადგენილი იქნა ჭრის რეჟიმებისა და აღმასური იარაღის მახასიათებლების ოპტიმალური მნიშვნელობები საფირონის კრისტალის ხეხვით დამუშავებისას.

იმპლანტების მწარმოებელი ნებისმიერი დაინტერესებული ფიზიკური თუ იურიდიული პირისთვის შემუშავებულია რეკომენდაციების სრული პაკეტი, რაც ხელს შეუწყობს ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში წინასწარ დასახული ტექნიკური მოთხოვნების უზრუნველყოფას.

შემუშავებული რეკომენდაციების გათვალისწინებით საფირონის მონოკრისტალისგან ადამიანის მენჯ-ბარძაყისთვის დამზადებულია იმპლანტების საცდელი პარტია, რომლებიც ხარკოვის სამედიცინო კლინიკაში გამოყენებულია პაციენტების ენდოპროთეზირებისთვის. მიღებულია დადებითი შედეგები და პაციენტებზე მიმდინარეობს სისტემატიური დაკვირვება პროცესის მიმდინარეობის შესწავლის მიზნით.

აღნიშნული ლაბორატორიული მოწყობილობა შემდგომში შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ბაკალავრიატის და მაგისტრატურის სასწავლო პროცესშიც, ლაბორატორიული და პრაქტიკული მეცადინეობების ჩატარების დროს.

სამუშაოს აპრობაცია – სადისერტაციო სამუშაოს შედეგები მოხსენებული და განსჯილი იქნა

1. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე “MicroCAD 2008”, სექცია საწარმოო ინჟინერია და სისტემები. მიშკოლცის უნივერსიტეტი, უნგრეთი 2008;
2. მე-5 საერთაშორისო კონფერენციაზე „მასალები და დაფარვები ექსტრემალურ პირობებში, წარმოების ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიები“ სექცია F, დიდი იალტა, ჟუკოვკა, უკრაინა 2008 წ;
3. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე „ტექნოლოგია და ავტომატიზაციის ტექნიკა“, ერევანი 2009;
4. აკადემიკოს თ. ლოლაძის ხსოვნისადმი მიძღვნილი სამეცნიერო კონფერენციაზე „ინოვაციური ტექნოლოგიები და მასალები“, სტუ, თბილისი, 2011 ;
5. 66-ე პრეციზიული დამუშავების საერთაშორისო კონფერენციაზე ICPM, ჯონ მურის სახელობის უნივერსიტეტი, ლივერპული, 2011 წ.
6. საერთაშორისო კონფერენციაზე „ სამეცნიერო და ტექნოლოგიური ინოვაციების ნაციონალური გამოცდდილება საერთაშორისო თანამშრომლობის მიზნით“, რომი 2012.

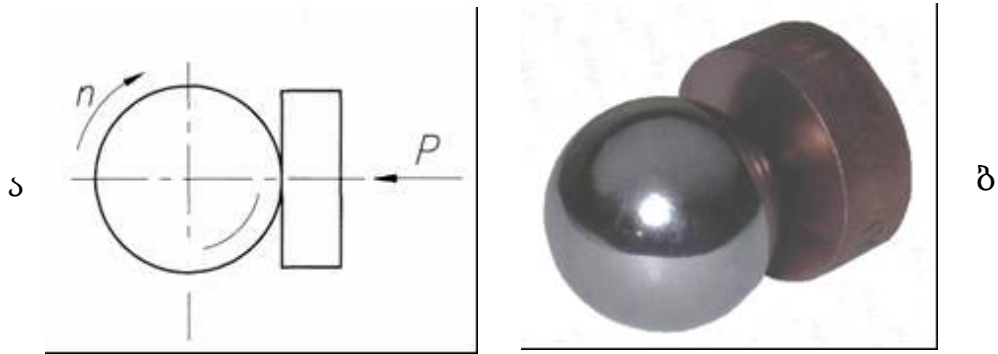
სამუშაოს მოცულობა და სტრუქტურა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, 2 თავისა და დასკვნებისაგან. იგი შეიცავს 141 ნაბეჭდ გვერდს, მათ შორის 34 ილუსტრაციას, 8 ცხრილს, 2 დანართს, რომელშიც შედის მიკროფოტოები და აღმასური სახეხი ქარგოლის მედეგობის ცხრილები, 59 დასახელების გამოყენებული ლიტერატურის სიას და დასკვნებს.

პირველ თავში, ლიტერატურული მიმოხილვა შესულია არსებული ლიტერატურის ანალიზი, რომელიც ეძღვნება ენდოპროთეზირებისათვის გამოყენებული მასალებისა და მათი ზედაპირების დამუშავების თანამედროვე ტექნოლოგიებს. აქ მოყვანილია ნ. ნოვიკოვის, ო. როზენბერგის, ი. გავლიკის, ს. სოხანის, ა.კოსიაკოვის, ვ.ვოზნის, ნ. ულიანჩიჩის, გ. გაიკოს, ვ. პოდგაეცკის, ა. სულიმას, დ. კრივორუჩკოს, ი. ბორისოვის, ს. ვოინაროვიჩის, ა. პუზირევის, ვ. მელნიჩენკოს, ა. მიკიშჩენკოს, მ. შჩერეკის, ტ. ნედვეცკის, ზ. დომბროვსკის, მ. ნემჩევსკა-ვუიჩიკის, ვ. პეკოშევსკის, ი. დრუკალას, ა. ოსიჩკას, დ.ჯ. კიმის, ხ.ჯ. კიმის, კ.-ი. ლის, ჯ. -ც. ხანის, რ. თურმანიძის და დ. ბუცხრიკიძის ნაშრომების ანალიზი, რომელთაც მნიშვნელოვანი როლი შეიტანეს თანამედროვე ენდოპროთეზების კვლევაში. გაანალიზებული და ჩამოყალიბებულია ენდოპროთეზების 50 წლიანი ისტორია, მოყვანილია მენჯ-ბარძაყის ენდოპროთეზებისთვის წაყენებული მოთხოვნები, ენდოპროთეზების სახეები, ადამიანის მენჯ-ბარძაყის ძვლების პათოლოგიები და მათი გამომწვევი მიზეზები, ენდოპროთეზების დასამზადებელი მასალების თვისებები, მოყვანილია, ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციაა მონაცემები სხვადასხვა ქვეყნებში ენდოპროთეზირების ოპერაციების რაოდენობასა და ენდოპროთეზების დამამზადებელ ფირმებსა და ღირებულებებზე. ანალიზის საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა, რომ საჭიროა ახალი სინთეზურად მიღებული მასალების გამოყენება. კერძოდ ხელოვნური საფირონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებების და ბიოთავსებადობის გამო იგი საინტერესო იქნება მენჯ-ბარძაყის იმპლანტების დასამზადებლად და დასახულია მიზანი საფირონის ტრიბოლოგიური თვისებებისა და მისი დამუშავების ოპტიმალური პირობების დადგენისა.

მეორე თავი „შედგები და მათი განსჯა“ შედგება ხუთი ქვეთავისაგან.

პირველი ქვეთავი ეძღვნება ექსპერიმენტალური კვლევების ჩატარების მეთოდიკას. სამუშაოში ექსპერიმენტალურად შესწავლილი იქნა საფირონ-საფირონის ხახუნის წყვილის ტრიბოლოგიური კვლევა, რომე-

ლიც შესრულებული იქნა პოლონეთის ქ. რადომის ინსტიტუტის ლაბორატორიაში შექმნილ დანადგარზე – ტესტერზე T-20. ტესტერში რეალიზებული იყო ტრიბოლოგიური სქემა წინსვლა–უკუქცევითი ხახუნის კონტაქტის გეომეტრიით „ბურთულა–დისკზე“



ნახ. 2 ბრუნვითი ხახუნის სქემა– ა და კონტრსხეულების მაგალითი – ბ

ბრტყელი დისკი დამზადებული იქნა საფირონისაგან და ბურთულა კი საფირონისაგან ან ლალისაგან. გამოკვლევებისას იზომებოდა ხახუნის ძალა, დისკის გრძივი ცვეთა და ხახუნის ციკლების რაოდენობა.

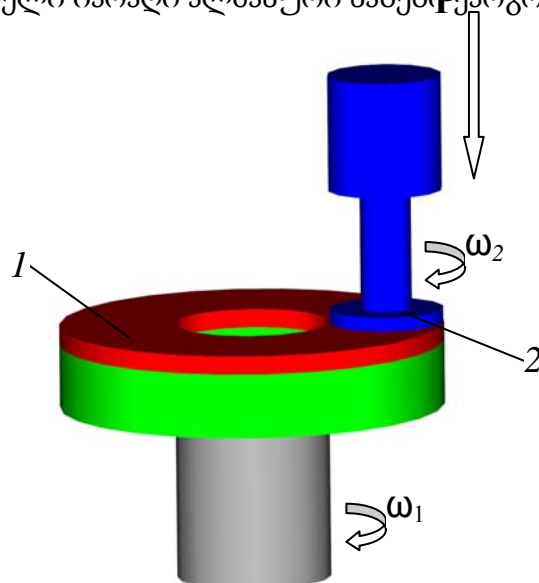
საფირონის კრისტალის ორიენტაციის გავლენის დასადგენად მის დამუშავებადობაზე ექსპერიმენტებისათვის გამოყენებული იქნა დაბალ-ტემპერატურული პრეციზიული სახეხი ჩარხი, რომელიც შექმნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მექანიკის ინჟინერიის საწარმოო ტექნოლოგიების დეპარტამენტში (ნახ. 3), ეს დანადგარი განკუთვნილია მცირე ზომის სალი და მყიფე ძნელადდასამუშავებელი არალითონური მასალების ბრტყელი ზედაპირების დამუშავებისათვის. ეს მეთოდი ერთმანეთში აერთიანებს ხეხვისა და დაყვანის ოპერაციების საუკეთესო მაჩვენებლებს, კერძოდ იგი უზრუნველყოფს მაღალ მწარმოებლურობას და დამუშავებული ზედაპირის მაღალ ხარისხს. დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვა ხორციელდება სახეხი ქარგოლის ტორსით, ნამზადის ან იარაღის ზამბარული მიწოდებით. სახეხი ქარგოლი ფარავს მთელ დასამუშავებელ ზედაპირს. ამ მეთოდის თავისებურებას წარმოადგენს, იარაღის მჭრელი ნაწილის გეომეტრიის სიზუსტის შენარჩუნება და ჭრის

დაბალი სიჩქარე (10 მ/წმ-მდე), რაც უზრუნველყოფს ზედაპირული დეფექტების თავიდან აცილებას. საფირონის კრისტალის ორიენტაციის გავლენის კვლევა მასალის დამუშავებადობაზე ტარდებოდა საფირონის ნიმუშებზე ორიენტაციით (0001), (1010) და (1012) ნიმუშების ზომები 10x10x6 მმ და Φ 10x6 მმ.

ჭრის რეჟიმებისა და ალმასური იარაღის მახასიათებლების გავლენა საფირონის კრისტალის დამუშავებადობაზე შესწავლილი იქნა ექსპერიმენტალურად. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ლაბორატორიულ მოწყობილობაზე სპეციალური პრეციზიული თავაკით. (ნახ. 3)

დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვისათვის ძირითად ჩარხად გამოყენებული იყო უნივერსალური სალესი ჩარხი მოდ.3D641E და აგრეთვე ალმასური ქარგოლები მარცვლოვანებით 28/20 და 14/10 ლითონური, კერამიკული და ბაკელიტური შემკვრელებით.

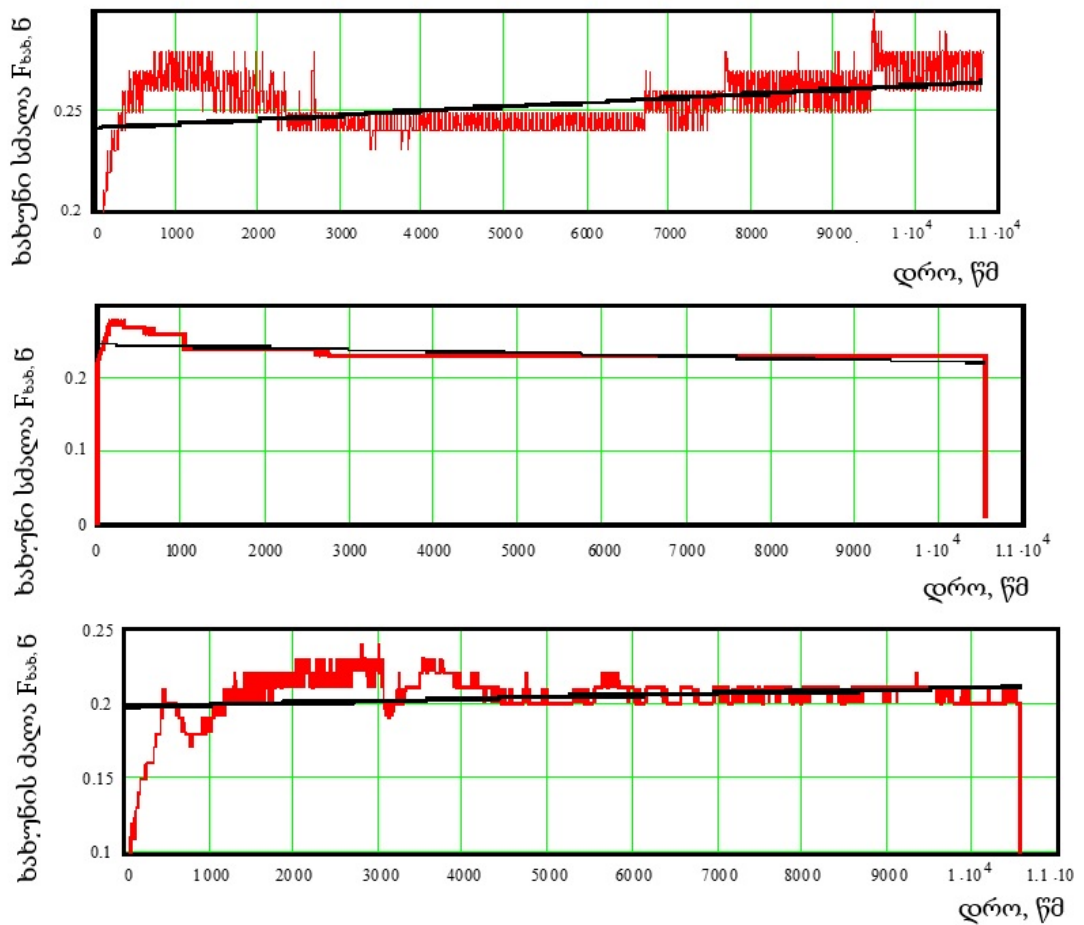
დამუშავების რეჟიმების გავლენის დასადგენად ზედაპირის ხარისხზე და მწარმოებლურობაზე ექსპერიმენტები ტარდებოდა პირობებში: ჭრის სიჩქარის დიაპაზონი $V=1-12$ მ/წმ, წნევა ჭრის ზონაში $P= 100-1500$ მპა, გამაცივებელი სითხე გაფილტრული გამდინარე წყალი, ამლესი იარაღები ელექტროკორუნდის და კარბორუნდის სახეხი ქარგოლები მარცვლოვანებით 8–125 მმ, მჭრელი იარაღი ალმასური სახეხი ქარგოლი ფორმით 6A2.



სურ. 3 დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვის სქემა : 1- სახეხი ქარგოლი; 2- კასეტა დეტალებით.

მეზობდა ქარხანა „კალიბრის“ მიერ დამზადებულ პროფილოგრაფ-პროფილომეტრზე მოდ. 252. დამუშავებული ზედაპირის მორფოლოგიის შესასწავლად მზადდებოდა საფირონის ნიმუშების ირიბი მიკროშლიფები, რომლებიც შემდეგ მუშავდებოდა „ოპტონის“ ფირმის გერმანულ მასკანერებელ ელექტრონულ მიკროსკოპზე „ნანოლაბ-T“.

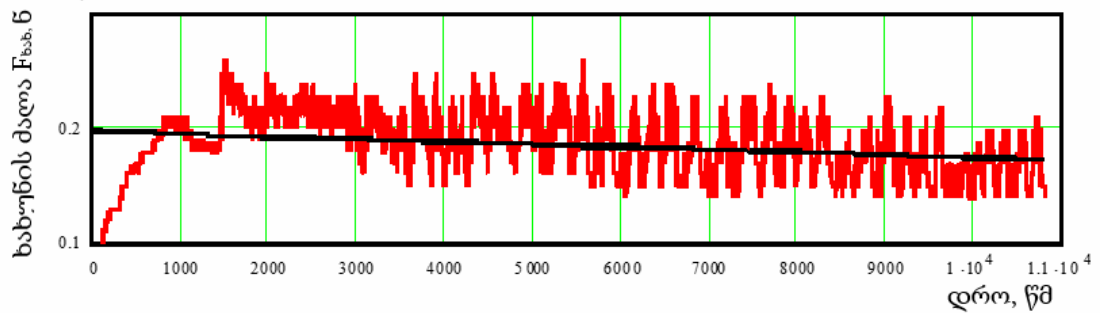
მეორე თავის მეორე ქვეთავში მოცემულია ენდოპროთეზის საფირონ-საფირონის ხახუნის წყვილის ტრიბოლოგიური კვლევა. როგორც ცნობილია ადამიანის მენჯ-ბარძაყის სფერული წყვილის მუშაობის ხანგრძლივობა დამოკიდებული მოხახუნე წყვილების ტრიბოლოგიურ თვისებებზე. ამ მიზნით შესწავლილი იქნა საფირონ-საფირონის და საფირონ-ლალის წყვილების კრისტალური მესერის ანიზოტროპიის გავლენა ხახუნის კოეფიციენტზე. ტრიბოლოგიური კვლევები ტარდებოდა T-20 ტესტერზე.



ნახ. 4 წყვილის საფირონ-საფირონ ხახუნის ძალის დამოკიდებულება დროზე სიბრტყეზე 1010 – ა, სიბრტყეზე 1012 – ბ, სიბრტყეზე 0001– გ

კვლევებისათვის იყო შექმნილი ადამიანის მენჯ-ბარძაყის სახსრის

მუშაობასთან მაქსიმალურად მიახლოებილი პირობები. ექსპერიმენტებისათვის ხდებოდა საფირონის ნიმუშების წინასწარი სტერილიზაცია გამა გამოსხივებით მათი დასხივებით და შემდეგ ხდებოდა მათი გარეცხვა და საბოლოოდ გამშრალება. გამოკვლევების ხანგრძლივობა იყო 1 სთ და ძირითადი ექსპერიმენტის დროს 3 საათი. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ორ სტადიად 4000 ციკლი და 11000 ციკლი. კვლევების დროს ტესტერზე ხდებოდა ხაზოვანი ცვეთის, ხახუნის ძალის და ციკლების რაოდენობის კონტროლი საფირონის კრისტალის სხვადასხვა ორიენტაციისათვის.



ნახ. 5. წყვილის საფირონი-ლალი ხახუნის ძალის დამოკიდებულება დროზე

ნახ 4-ზე და 5-ზე მოცემულია ხახუნის ძალის დამოკიდებულება დამუშავების დროზე საფირონის კრისტალის 0001, 1010 და 1012 ორიენტაციებისათვის. ამ გრაფიკებზე გამოკვეთილად ჩანს სამი სტადია:

- მიმუშავების პერიოდი (ცვეთა), როდესაც ხდება მოხახუნე ზედაპირების ძირითადი სიმქისის და საჭირო საყრდენი ზედაპირის ფორმირება;
- ნორმალური ცვეთის უბანი, ე. ი. როდესაც მიიღება საყრდენი ზედაპირის მახასიათებლების ოპტიმალური მნიშვნელობები და იწყება ხახუნის სტაბილური პროცესი და ხახუნის ძალის თანდათანობით შემცირება;
- კატასტროფული ცვეთის უბანი, ხახუნის პროცესში ცვეთის პროდუქტების (ალმასისა და საფირონის ნაწილაკების) თავმოყრა

ხდება მოხახუნე ზედაპირებზე და შემდეგ ეს ნაწილაკები თვითონ იწყებენ მონაწილეობას ცვეთაში, როგორც თავისუფალი აბრაზივები.

ყველა ეს სტადია ყოველთვის შეიძლება არ არსებობდეს. მაგალითად 1012 ორიენტაციისათვის სამივე სტადიაა დამახასიათებელი, ხოლო 0001 და 1010 ორიენტაციებზე მხოლოდ ორია. ამ უკანასკნელებზე კატასტროფული ცვეთის უბნები არ იქნა მიღწეული, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ საფირონის კრისტალი მნელად ცვდება.

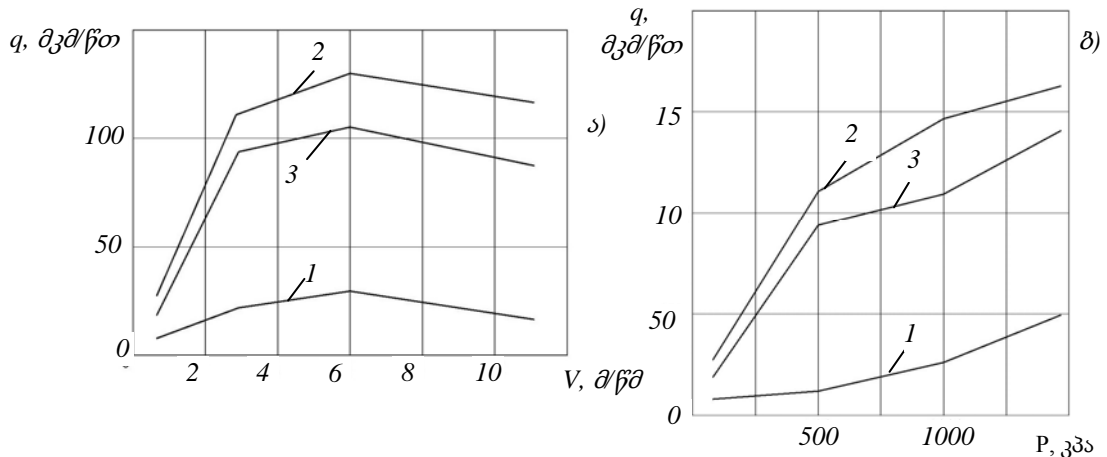
მეორე თავის მესამე ქვეთავში მოცემულია საფირონის კრისტალის ორიენტაციის გავლენა მისი ხეხვით დამუშავებადობაზე. ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა კრისტალის ორიენტაციებისათვის 0001, 1010 და 1012.

ნახ. 6-ზე მოცემულია ჭრის სიჩქარის გავლენა დამუშავების მწარმოებლურობაზე, რომელიც გვიჩვენებს, რომ ჭრის სიჩქარის გაზრდით 6 მ/წმ-მდე მწარმოებლურობა იზრდება აღწევს მაქსიმუმს და ჭრის სიჩქარის შემდგომი გაზრდით მწარმოებლურობა ოდნავ მცირდება. კრისტალის სხვადასხვა ორიენტაციისათვის ეს კანონზომიერება შენარჩუნებულია. ყველაზე უკეთეს შედეგს მწარმოებლურობის თვალსაზრისით იძლევა საფირონის კრისტალი 1010 ორიენტაციით, შემდეგ კრისტალი 1012 და ყველაზე ნაკლებს კრისტალი 0001 ორიენტაციით. მწარმოებლურობის თანაფარდობები გამოიხატება $q_{0001} : q_{1010} = 0,25 \dots 0,3$ და $q_{1012} : q_{1010} = 0,75 : 1$.

წნევის P გავლენის ექსპერიმენტალურმა კვლევამ მწარმოებლურობაზე გვიჩვენა, რომ (ნახ.6) წნევის გაზრდით 500 კპა მწარმოებლურობა ინტენსიურად იზრდება. წნევის შემდგომი გაზრდა კვლავ იწვევს მწარმოებლურობის გაზრდას, ოღონდ ნაკლები ინტენსიურობით. აქედან ყველაზე მაღალი მწარმოებლურობა დაფიქსირდა 1010 კრისტალისათვის, შემდეგ 1012 და ყველაზე ნაკლები 0001 ორიენტაციისათვის.

სამუშაოში შესწავლილი იქნა აგრეთვე ალმასური ქარგოლის მახასიათებლების გავლენა საფირონის კრისტალის დამუშავებადობაზე, კერძოდ ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანების გაზრდით (ნახ.7) მწარმოებლურობა იზრდება სწორხაზობრივად. ექსპერიმენტები ჩატარე-

ბული იყო ალმასური ქარგოლებით მარცვლოვანებით 28/20 და 14/10. როგორც გრაფიკიდან ჩანს მარცვლოვანების გაზრდით მწარმოებლურობა იზრდება 1,5–2 ჯერ. ეს ზრდა ყველაზე შესამჩნევია კრისტალის ორიენტაციისათვის 1010 და ყველაზე ნაკლებია ორიენტაციისათვის 0001.



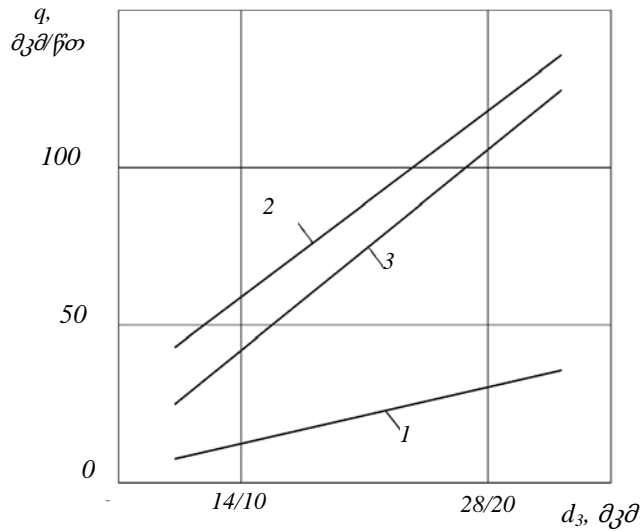
ნახ 6. დამუშავების მწარმოებლურობის დამოკიდებულება ჭრის რეჟიმებზე. 1–{0001}, 2–{1010}, 3–{1012}. ალმასური ქარგოლი: ACM 28/20, BC-11, 100%. ა) $P=750$ კვა, ბ) $V=6$ მ/წმ.

მნიშვნელოვან გავლენას დამუშავების მწარმოებლურობაზე ახდენს ალმასური ქარგოლის შემკვრელი. შემკვრელის გავლენის დასადგენად მწარმოებლურობაზე ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა ალმასური ქარგოლებით ლითონური MIII-TOნ კერამიკული CR6, ბაკელიტური BC-11 და სპეციალური ორგანული შემკვრელებით. დადგინდა, რომ მაქსიმალური მწარმოებლურობით ხასიათდებიან ალმასური ქარგოლები კერამიკული შემკვრელებით, რომლისთვისაც $q = 130-300 \text{ m}^3/\text{წთ}$, ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ კრისტალის ორიენტაციის გავლენა ასეთია $q_{0001} : q_{1010} = 0,4 - 0,5$ და $q_{1010} : q_{1012} = 0,75 : 1$ და ალმასური იარაღები კერამიკული შემკვრელებით გამოირჩევა სტაბილურობით მუშაობაში და რაც მთავარია თვითაღესვის კარგი უნარით.

ალმასური ქარგოლები ლითონური შემკვრელებით ხასიათდებიან ნაკლები მწარმოებლურობით, ვიდრე კერამიკული შემკვრელებით.

ქარგოლები არ არიან სტაბილური მუშაობისას და ადგილი აქვს მათ გაქონვას და საჭირო ხდება ხშირი ალესვა და მწარმოებლურობის კოეფიციენტი მცირდება 0,25–მდე.

ალმასური ქარგოლები ორგანული შემკვრელებით BC-11 ხასიათდება სტაბილური მუშაობით და თვითალესვის უნარით. ამასთან ქარგოლები



ნახ.7. დამუშავების მწარმოებლობის დამოკიდებულება ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანებაზე: 1–{0001}, 2–{1010}, 3–{1012}. ალმასური ქარგოლები: ACM 28/20, BC-11, 100%. ACM 14/10, BC-11, 100%. ჭრის რეჟიმები: V=6 მ/წმ, P= 750 კპა.

მარცვლოვანებით 28/20 უკეთეს შედეგებს აჩვენებენ ვიდრე ქარგოლები მარცვლოვანებით 14/10 და შესაბამისად მწარმოებლურობის კოეფიციენტი არის 0,25–0,3

მეორე თავის მეოთხე ქვეთავში განხილულია დამუშავებული ზედაპირის ხარისხი საფირონის სხვადასხვა ორიენტაციის კრისტალების ალმასური ქარგოლებით დამუშავებისას.

შესწავლილი იქნა დამუშავების შემდეგ საფირონის კრისტალზე დარჩენილი უსწორობათა სიმაღლე Rz მკმ, პროფილის ფარდობითი საყრდენი სიგრძე 0,3 მმ დონეზე t_{p03} % და ზედაპირული დეფექტური ფენის სიმაღლე H.

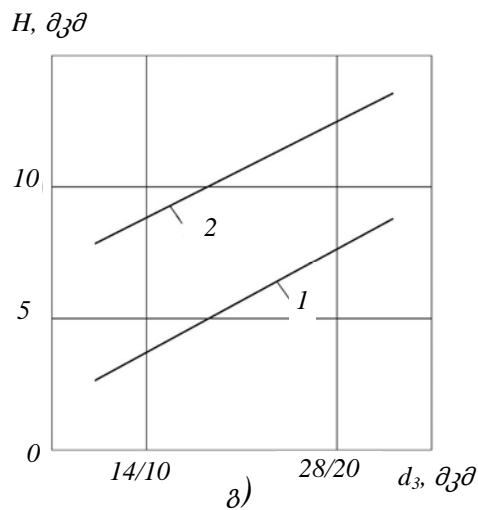
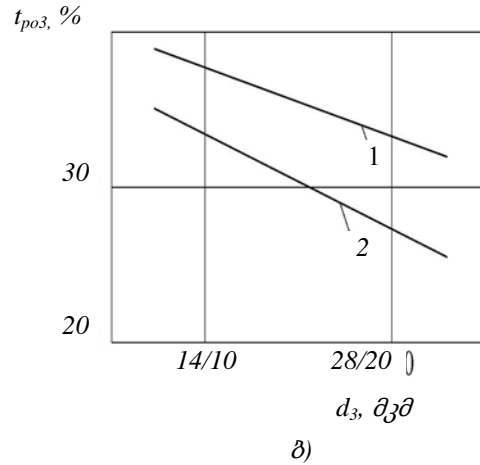
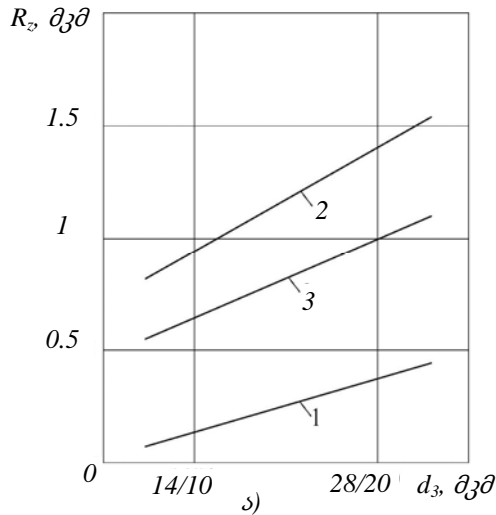
ჭრის რეჟიმების (P,V) შესაძლო გავლენამ ზედაპირის პროფილის საშუალო არითმეტიკულ გადახრაზე R_z გვაჩვენა, რომ მას აქვს მკვეთრად გამომხატული ხასიათი. კერძოდ P და V -ს გაზრდით R_z იზრდება დაახლოებით ერთი კლასის ფარგლებში. კრისტალის ორიენტაციის გავლენა R_z -ზე მნიშვნელოვანია. ყველაზე ნაკლები მნიშვნელობა R_z -ს აქვს 0001 ორიენტაციისთვის, შემდეგ 1012 და ყველაზე მეტი უსწორობა ახასიათებს ორიენტაციას 1010. უსწორობათა კლასში სხვაობა არის $1\div 1,5$ კლასი.

ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანება დიდ გავლენას ახდენს R_z -ზე. მარცვლოვანების გაზრდით უსწორობათა სიმაღლე R_z იზრდება. ამასთან სიმქისის თვალსაზრისით ყველაზე უკეთეს შედეგებს იძლევა ორიენტაცია 0001 და ყველაზე უარესს 1010. ამ პატამეტრის მიხედვით ყველაზე უკეთეს შედეგს იძლევა ალმასური ქარგოლები ორგანული შემკვრელით და ყველაზე უარესს კი ალმასური ქარგოლები ლითონური შემკვრელებით. აქ სხვაობას უსწორობებში აქვს ერთი საფეხურით განსახვავება. ასეთი დამოკიდებულება შენარჩუნებულია საფირონის კრისტალის ყველა ორიენტაციისთვის.

$t_{p0.3}$ და H პარამეტრებზე ჭრის რეჟიმების და ალმასური ქარგოლის კონცენტრაციის გავლენა აჩვენებს, რომ მათი გავლენა უმნიშვნელოა. ამ პარამეტრებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანება და შემკვრელი ნივთიერება (ნახ. 8 ბ და გ).

მარცვლოვანების გაზრდით 14/10-დან 28/20-მდე $t_{p0.3}$ მცირდება. ამასთან უკეთეს შედეგებს აჩვენებს ორიენტაცია 1010 და უარესს 0001. ექსპერიმენტები ჩატარებული იქნა ქარგოლებით ლითონური, კერამიკული და ორგანული შემკვრელებით. ამასთან $t_{p0.3}$ -ის მნიშვნელობა ალმასური ქარგოლების 14/10 მარცვლოვანების და ბაკელიტური შემკვრელის BC-11 გამოყენებისას ორჯერ მეტია ($35\div 40\%$) ვიდრე ლითონური MIII-TO და კერამიკული CK6 შემკვრელების გამოყენებისას. კრისტალის ორიენტაცია

მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს $t_{p0.3}\%$ -ზე. უკეთეს შედეგებს იძლევა საფირონის 0001 ორიენტაცია.



ნახ.8. ზედაპირის ხარისხის დამოკიდებულება ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანებაზე:
 ა) R_z - d_3 , ბ) $t_{p0.3}$ - d_3 , გ) H - d_3 1- {0001}, 2-{1010}, 3-{1012}.
 ალმასური ქარგოლები: ACM 28/20, BC-11, 100%. ACM 14/10, BC-11, 100%. ჭრის რეჟიმები: $V=6$ მ/წმ, $P=750$ კპა.

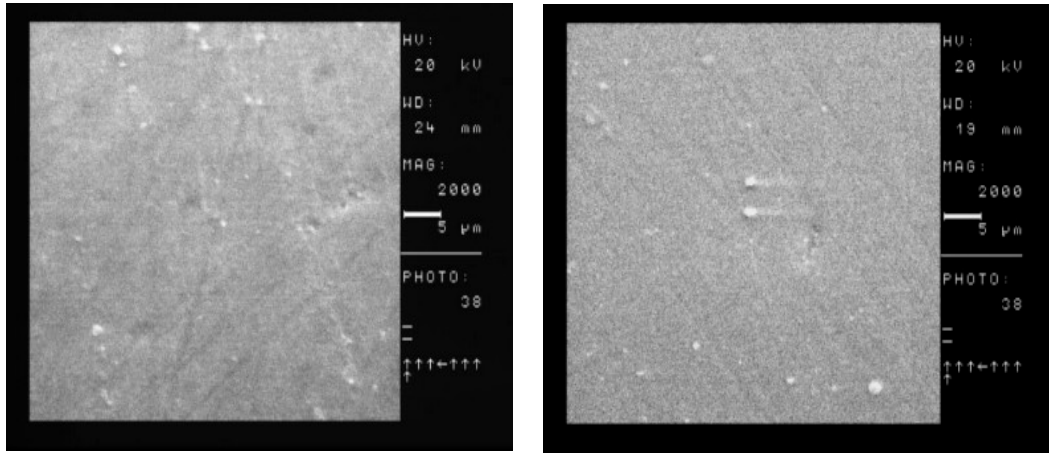
ამგვარად მარცვლოვანების გაზრდით მცირდება $t_{p0.3}\%$ და იზრდება დარღვეული ზედაპირული ფენის სისქე. მოყვანილი პარამეტრების ასეთი ხასიათი შეიძლება აიხსნას შემდეგნაირად: დიდი მარცვლოვანების შემთხვევაში მეტად ხდება მასალის დისპერგირება და მასალის მყიფე რღვევა. ზედაპირის ფორმირება ხდება ძირითადად ბზარების წარმოქმნის ხარჯზე, რასაც შემდგომ მოსდევს მასალის რღვევა, რაც დამახასიათებელია

მციფე მასალებისტვის (საფირონი). ამის გამო იზრდება R_z და ზედაპირული დარღვეული ფენის სიმაღლე H სიდიდე და მცირდება პროფილის ფარდობითი საყრდენი სიგრძე t_p . ეს კანონზომიერება საერთოა ყველა ორიენტაციისთვის. ამ პარამეტრების მიხედვით ყველაზე უკეთეს შედეგს ზედაპირის ხარისხის მიხედვით გვამღევს ალმასური ქარგოლები ორგანული შემკვრელით BC-11, რომელთათვისაც პროფილის ფარდობითი საყრდენი სიგრძე 1,5-ჯერ მეტია, ხოლო ზედაპირული დეფექტური ფენის სიდიდე კი 3÷5-ჯერ ნაკლები, ვიდრე ალმასური ქარგოლებისთვის კერამიკული და ლითონური შემკვრელებით.

საფირონის კრისტალის მორფოლოგიის შესწავლა ხდებოდა მასკანერებელი ელექტრონული მიკროსკოპის საშუალებით. მიკროფოტოები გვაჩვენებს, რომ საფირონის კრისტალის კერამიკული და ლითონური შემკვრელით დამზადებული ქარგოლებით დამუშავებისას მიიღება ხორკლიანი ზედაპირი, რომელზეც ჩანს ჩამონატეხები. ამასთან კერამიკული შემკვრელებით დამზადებული ალმასური ქარგოლებით საფირონის დამუშავებული ზედაპირი უფრო ერთგვაროვანია და მათზე არ ჩანს ღრმა ნაკაწრები. ღრმა ნაკაწრები გამოკვეთილად ჩანს საფირონის ზედაპირზე, რომელიც დამუშავებულია ალმასური ქარგოლებით ლითონური შემკვრელებით (ნახ. 9).

ორგანული შემკვრელით დამზადებული ალმასური ქარგოლებით დამუშავებისას კი საფირონის ზედაპირზე ჩანს არა მარტო მციფე რღვევა, არამედ აგრეთვე მასალის ჭრის კვალები-ნაკაწრები.

ამასთან მყიფე რღვევის და მასალების ჭრის კვალები ზედაპირზე დაბალი პროცენტული რაოდენობითაა. ჭრით დამუშავების ხვედრითი წილი იზრდება დაბალი ჭრის სიჩქარეების (1-3 მ/წმ) გამოყენებისას (ნახ. 9).



ა)

ბ)

ნახ.9. დვხ-ს მეთოდით დამუშავებული საფირონის ექსპერიმენტალური ნიმუშების ზედაპირების მიკროფოტოები: ა-ორიენტაცია 1010, ბ- 1012. ალმასური ქარგოლი – ACM 14/10, ორგანული შემკვრელი სპეც., 50 % ჭრის რეჟიმები: V=1მ/წმ, P=750 კპა.

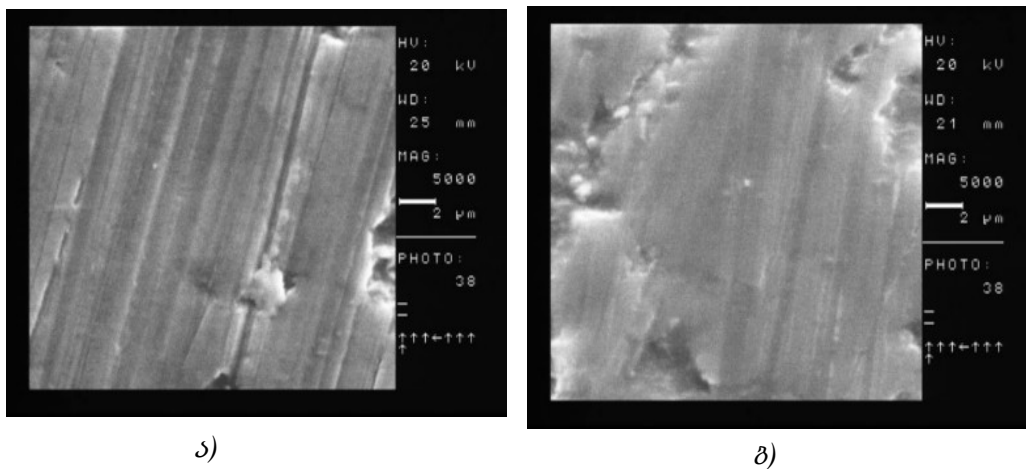
მიღებული შედეგები ადასტურებს, რომ საფირონის დამუშავებისას ადგილი აქვს პლასტიკურ დეფორმაციას და რომ შესაძლებელია მიღებული იქნას ზედაპირები დეფექტების გარეშე, რასაც ადასტურებს დარღვეული (დეფექტური) ფენის H სიმაღლე.

მეორე თავის მეხუთე ქვეთავში მოცემულია არასრული სფერული ზედაპირის მექანიური დამუშავების თეორიული მეთოდების შემუშავება. აქ განხილული და გაანალიზებულია არასრული სფერული ზედაპირების დღეისათვის არსებული დამუშავების მეთოდები, მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები და მოყვანილია არასრული სფერული ზედაპირის დამუშავების ორიგინალური სქემა (ნახ. 11)

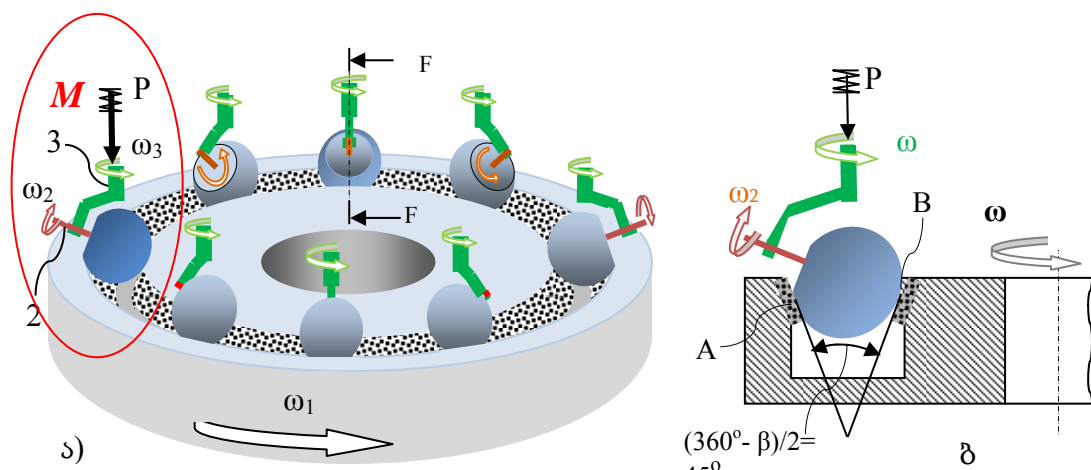
სფერული ზედაპირის მასალა არის სამედიცინო დანიშნულების საფირონის მონოკრისტალი. საფირონის თავაკი, როგორც ნაკეთობა წარმოადგენს არასრულ სფეროს. კვლევის იდეა მდგომარეობს არასრული სფერული ზედაპირის დამუშავების მეთოდის შექმნაში საფირონის

ფიზიკო-მექნიკური თვისებებისა და მისი ძნელადდამუშავებადობის მხედველობაში მიღებით.

აქ მჭრელი იარაღი არის ტორსული ალმასური სახეხი ქარგოლი ორი კონცენტრული ალმასის შემცველი ფენით, რომლის მჭრელი ზედაპირებია შიგა (A წერტილი) და გარე (B წერტილი) გადაჭრილი კონუსები. სახეხი ქარგოლი ასრულებს ბრუნვით მოძრაობას ω_1 კუთხური სიჩქარით.



ნახ.10. დპხ-ს მეთოდით დამუშავებული საფირონის ექსპერიმენტალური ნიმუშების ზედაპირების მიკროფოტოები: ა-ორიენტაცია 0001 ალმასური ქარგოლი– ACM 14/10, BC11, 100%, ჭრის რეჟიმები: $V=3\text{მ/წმ}$, $P=750$ კპა. ბ-ორიენტაცია 1010 ალმასური ქარგოლი– ACM 14/10, შემკვრელი BC-11 100%, ჭრის რეჟიმები: $V=3\text{მ/წმ}$, $P=750$ კპა.



ნახ 11. ნახევრადსფერული თავაკის ფორმირების სქემა ფორმული სახეხი ქარგოლით (დპხ მეთოდით)

დასამუშავებელი ნამზადი-სფერო ასრულებს ორმაგ ბრუნვით მოძრაობას ბრუნვას თავისი 2 ღერძის გარშემო და ბრუნვას ω_2 კუთხური სიჩქარით 3 ღერძის გარშემო. რომელიც არის დეტალის შპინდელია ღერძი. კუთხური სიჩქარეების მიმართულებები არის ერთნაირი. დასამუშავებელი ნამზადი (2) ეჭირება სახეხი ქარგოლის ზედაპირს ორ A და B წერტილებში ზამზარული P ძალის საშუალებით, სახეხი იარაღის მჭრელი ზედაპირები ღერძულ კვეთში წარმოქმნიან პრიზმას კუთხით

$$\beta = \pi - \frac{\gamma}{2} \quad (1)$$

სადაც γ არის სფერული ზედაპირის სეგმენტის კუთხე;

β კუთხის ბისექტრისა გადის სფეროს O ცენტრში და ემთხვევა დეტალის შპინდელის ბრუნვის 3 ღერძს.

აღნიშნული სქემის ნაკლს წარმოადგენს სახეხი ქარგოლის დამზადების და მისი ალესვის სირთულე, რადგან A და B წერტილებში სიჩქარეთა სხვადასხვაობის გამო ადგილი აქვს სახეხი ქარგოლის არათანაბარ ცვეთას. ამ მოვლენის შესამცირებლად და საზოგადოდ თავიდან ასაცილებლად საჭიროა A და B წერტილებში დამუშავების პირობების გათანაბრება, რისთვისაც საჭიროა ამ წერტილებში ჭრის სიჩქარეებისა და მოქმედი ძალების გათანაბრება.

მარტივი მათემატიკური გარდაქმნებით დგინდება, რომ $\frac{\omega_2}{\omega_1} = 2$ და

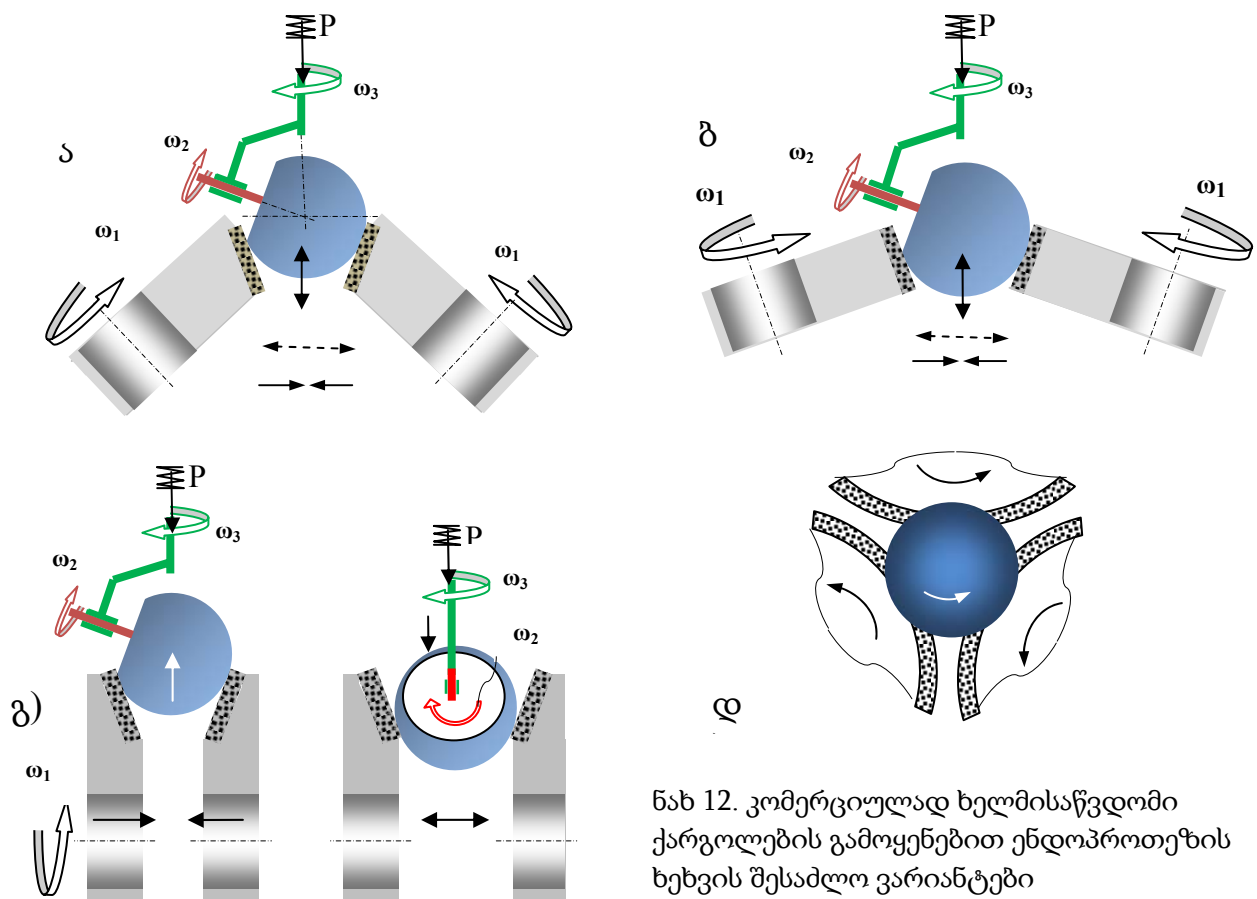
$$\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{1}{1 + 2 \cos \frac{\alpha}{4}}. \text{ ეს უკანასკნელი ორი პირობა უზრუნველყოფს სიჩქარეთა}$$

გათანაბრებას. A და B წერტილებში მოქმედი ძალები გამოითვლება გამოსახულებით

$$P_N = \frac{P}{2} \cos \frac{\gamma}{4} \text{ და } P_z = \frac{P}{2} \sin \frac{\gamma}{4}$$

სადაც P ზამზარის მიჭერის ძალაა, γ სფერული სეგმენტის კუთხეა. აღნიშნული ნაკლის თავიდან აცილება შესაძლებელია არასრული სფერული

ზედაპირის ორი ქარგოლით დამუშავებისას ნახ. 12 ა,ბ,გ. ნახ 12 ა-ზე დამუშავება ხდება ორი თეფშისებური ალმასური ქარგოლის გამოყენებით. სახეხი ქარგოლები ბრუნავენ თავისი ღერძების გარშემო ω_1 კუთხური სიჩქარით და ნამზადი კი ბრუნავს თავისი ღერძის გარშემო ω_2 კუთხური სიჩქარით და კიდევ დამატებით ასრულებს ბრუნვას ω_3 კუთხური სიჩქარით. ნამზადი ეჭირება ქარგოლებს ზამზარული P მიჭერის ძალის საშუალებით. ნახ.12,ბ-ზე ნახევრადსფერული ზედაპირის დამუშავება ხდება ორი ცილინდრული ფორმის ქარგოლის საშუალებით. ქარგოლების გაცვეთის შემთხვევაში მათ შეეძლება გადაადგილება შემხვედრი მიმართულებით და საჭირო ზომის მიღწევა. ნახ.12,დ-ზე მოყვანილია სქემა ზედაპირის დამუშავებისა სამი სახეხი ქარგოლის საშუალებით, როდესაც დამუშავება ხდება ორი სახეხი ქარგოლით ამ შემთხვევაში სახეხი ქარგოლების დიამეტრები შეზღუდული არ არის. სამი ქარგოლით ხეხვის შემთხვევაში კი დასამუშავებელი სფეროს რადიუსი r და სახეხი ქარგოლის რადიუსი R ურთიერთდამოკიდებულია. სამი ქარგოლით დამუშავება უზრუნველყოფს ხეხვის პროცესის სტაბილურობას.



ნახ 12. კომერციულად ხელმისაწვდომი ქარგოლების გამოყენებით ენდოპროთეზის ხეხვის შესაძლო ვარიანტები

დასკვნები

ჩატარებული სამუშაოებით მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება გაკეთებულ იქნას შემდეგი დასკვნები:

1. ადამიანის მენჯ-ბარძაყის იმპლანტებისთვის გამოყენებული მასალების ფიზიკო-მექანიკური თვისებების და საექსპლუატაციო მახასიათებლების ანალიზის საფუძველზე ჩამოყალიბებულია პაციენტის ასაკისა და სოციალური მდგომარეობის შესაბამისი ენდოპროთეზების ოპტიმალური წყვილების შერჩევის კონცეფცია და შემუშავებულია მათი ეფექტური ფუნქციონირების რესურსის გაზრდის ძირითადი მეცნიერული საფუძვლები. ახალგაზრდა და მარეტიალურად უზრუნველყოფილი პაციენტებისთვის დასაბუთებულია საფირონის მონოკრისტალისგან დამზადებული იმპლანტების გამოყენება და დადგენილია მათი არასრული სფერული ზედაპირების ხარისხისა და გეომეტრიული პარამეტრების სიზუსტის ამაღლების უზრუნველსაყოფად აუცილებელი ტექნოლოგიური პროცესების დადგენების პრინციპები;
2. შემოთავაზებულია იმპლანტების საპასუხისმგებლო სფერული ზედაპირების მიღებისთვის საჭირო პროგრესული კინემატიკური სქემები, რომელთა პრაქტიკული მატერიალიზება საგრძნობლად გააუმჯობესებს ენდოპროთეზის საექსპლუატაციო მახასიათებლებს და შესაბამისად გაზრდის პაციენტის საყრდენ-მამოძრავებელი სისტემის უსაფრთხო ფუნქციონირების ხანგრძლივობას;
3. საფირონი-საფირონის ხახუნის წყვილის ტრიბოლოგიური კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ კრისტალის ორიენტაციებზე 1010 და 0001 კატასტროფული ცვეთის უბნები დაფიქსირებული არ იქნა, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ საფირონის კრისტალი ძნელად ცვდება;
4. საფირონის კრისტალის დამუშავების მაღალი ხარისხისა და მწარმოებლობის მისაღწევად გამოყენებული იქნა დაბალტემპერატურული პრეციზიული ხეხვის მეთოდი; დადგენილი იქნა ჭრის სიჩქარისა და

დაწოლის ძალის გავლენა დამუშავების მწარმოებლურობაზე. ჭრის სიჩქარის გაზრდით 1-დან 6 მ/წმ-მდე დამუშავების მწარმოებლურობა იზრდება და კრისტალის სხვადასხვა ორიენტაციისათვის მიღებულია თანაფარდობა $q_{0001}/q_{1010} = 0,25 \div 0,5$, ხოლო $q_{1012}/q_{1010} = 0,75 \div 1$;

5. დაწოლის ძალის გაზრდით დიაპაზონში 500-1000 კპა მწარმოებლურობა იზრდება, ამასთან მწარმოებლურობის მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღება კრისტალის ორიენტაციაზე 1010;
6. ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანების გაზრდით დიაპაზონში 14/10-28/20 დამუშავების მწარმოებლურობა იზრდება $1.5 \div 2.5$ -ჯერ;
7. ალმასური ქარგოლის კონცენტრაციის გაზრდით 25%-დან 100%-მდე დამუშავების მწარმოებლურობა იზრდება 15–20%-ით. ყველაზე ნაკლები მწარმოებლურობა შეინიშნება საფირონის კრისტალის ორიენტაციაზე 0001;
8. საფირონის კრისტალის დამუშავებისას ყველაზე მაღალი მწარმოებლურობით გამოირჩევიან ალმასური ქარგოლები კერამიკული შემკვრელით, შემდეგ ლითონური და ყველაზე ნაკლებით ორგანული შემკვრელით;
9. ჭრის სიჩქარის და დაწოლის ძალის გადიდება იწვევს ზედაპირზე არსებული უსწორობების R_z -ის ზრდას. ზედაპირის მაღალი ხარისხი მიიღება 0001 ორიენტაციაზე კრისტალის დამუშავებისას, შემდეგ 1012 და ბოლოს 1010;
10. ალმასური ქარგოლის მარცვლოვანების გაზრდით უსწორობათა სიმძლელე იზრდება, ამასთან კრისტალის ორიენტაციისთვის 0001 მას აქვს მინიმალური მნიშვნელობა.
11. ელექტრონულ მიკროსკოპზე საფირონის ნიმუშების ზედაპირების მორფოლოგიის შესწავლით დადგინდა, რომ ქარგოლები კერამიკული და ლითონური შემკვრელებით იძლევიან ამოფხვნილ ზედაპირებს ამონატეხებით, ამასთან ქარგოლებზე კერამიკული შემკვრელით საფირონის დამუშავებული ზედაპირი უფრო ერთგვაროვანია, ცაკლეული

ღრმა ნაკაწრების გარეშე. ეს უკანასკლნელი დამახასიათებელია ლითონური შემკვრელით დამუშავებული ზედაპირებისათვის. ორგანული შემკვრელების გამოყენებისას საფირონის ზედაპირზე აშკარად ჩანს პლასტიკური დეფორმაციის კვალები, ამასთან ზედაპირის უბნების ფართობი, რომლებიც მუშავდებიან ორი განსხვავებული მექანიზმით (მყიფე მსხვრევა და პლასტიკური დეფორმაცია) დაახლოებით თანაბარია.

პუბლიკაციები სამეცნიერო ნაშრომის შესახებ გამოქვეყნებულია:

1. Turmanidze R., D. Butskhrikidze, E. Kutelia, M. Beridze, Influence of the Sapphire Crystal Anisotropy of Medical Purpose on Workability of the Endoprosthesis Material at a Low Temperature Precision Grinding. “MicroCAD 2008” International Scientific Conference. 20-21 March, 2008. Section N: Production Engineering and Manufacturing Systems. University of Miskolc, Hungary. ISBN 978-963-661-812-4 Ö; ISBN 978-963-661-823-0; pg. 149-157;
2. Турманидзе Р.С., Буцхрикидзе Д.С., Кутелия Е. Р., Беридзе М.Д., Влияние анизотропии кристалла сапфира на обрабатываемость материала при низкотемпературном прецизионном. Харьков, Национальный технический университет «ХПИ», 2008 г. 1 стр;
3. Turmanidze R , D. Butskhrikidze, M. Beridze, Workabiliti of the sapphire of medical purpose and scheme of formation of spherical surface with the increase precision. Обрабатываемость кристалла сапфира медицинского назначения и схема формообразования сферической поверхности повышенной точности. Тезисы докладов 5-ой международной конференции «Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий» МЕЕ-2008. 22-26 сентября 2008 г. Большая Ялта, Жуковка. Украина. Секция F. стр. 362;

4. Turmanidze R , O. Mgaloblishvili, D. Butskhrikidze, M. Beridze, Grindability of single crystal sapphire in medical use and the scheme of forming highly precise spherical heads, The 66th International Congress of Precision Machining ICPM 2011. Liverpool John Moores University, 13th–15th September 2011. Day 1. Liverpool. ISSN 1013-9826, ISBN-13:978-3-03785-297-2. www.ljmu.ac.uk/icpm2011; <http://www.scientific.net>; pg.13-18;
5. Турманидзе Р.С, Буцхрикидзе Д.С., Кутелия Е. Р., Беридзе М.Д., Схема формообразования сферической поверхности и обрабатываемость кристалла сапфира. Печ. Инновационные технологии и материалы. Научная конференция, приуроченная памяти проф. Т.Н. Лоладзе, 25-27 октября, 2011, Тбилиси, ГТУ. стр. 45-54;
6. Turmanidze R., Beridze M. Selection Method of Modern Highly Effective Materials for Implants of Human Hip Joint and Technology of Their Machining With Achievement of High Precision and Quality of Spherical Surfaces. International Workshop "Topical Elaborations of Scientists from Countries-Members of ICSTI in Sphere of Nano-Technologies and contemporary Material Science For Realization of Joint International Projects". 10-13 November 2011., Pretoria, SA;
7. Turmanidze R, D. Butskhrikidze, M. Beridze, Workability of the sapphire of medical purpose and scheme of formation of spherical surface with the increase precision.. Международный научно-технический сборник «Резание и инструмент в технологических системах», Выпуск №80, Национальный Технический Университет «Харьковский Политехнический Институт», Харьков 2011г. 280 стр. ББК 34.63, УДК621.91, стр. 259-267;
8. Н.В. Новиков, О.А. Розенберг, Й. Гавлик, С.В. Сохань, А.Н. Косяков, В.В. Возный, Р.С. Турманидзе, Д.С. Буцхрикидзе, М.Д . Беридзе и др. Эндопротезы суставов человека: материалы и технологии: Моногра-

фия/Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украиныб 2011-528 с. УДК 615.46:616.728 ;

9. Р. Турманидзе, Т. Апциаури, М. Беридзе, Высокоэффективные материалы для имплантов тазобедренного сустава человека, обработка с высокой точностью их сферической поверхности. Иновационные процессы в сообществе МНТЦ. Проблемы современного прикладного материаловедения, 2012. ст. 39-47.

Abstract

The healthy human being preconditions the world evolution but the human health breaks down from various factors and frequently it becomes necessary to restore the initial function of his individual organs.

The support-moving system of the human being is one of his basic organs that mainly consist of a bone tissue. The bones represent a moving mechanism of support of soft tissues and muscle. The biological function of bones is connected with their participation in metabolism and processes of blood origin and from time to time they lose their basic function because of various factors.

The bone at its transformation expense represents permanently renewable dynamic structure. Inhibition or worsening of transformation are accompanied by the deterioration of the bone mechanical properties that causes the development of micro- and macro fracture, disturbed circulation, development of inflammatory process of its or adjacent tissues, necrosis of bone by action of thermal factors (burn, frostbite) on the bone, atrophy of bone, aging.

Arthrosis is the most extended disease of joints of the XXI century that is the main cause of losing labor skills and deterioration of the life quality. Nowadays there are millions of people in the world ill with arthrosis. Among young patients men prevail and among aged people women. By 45 years old this disease has 2%, from 45 to 64 years 30%, from 65 years 63-85%. Most frequently arthrosis harms the sections of joints of hand and foot, spinal cord and hip (spondylarthrosis), although according to heaviness of damage of the support-movable system the first place has arthrosis of hip-joint (coxarthrosis), knee (gonarthrosis), foot and shoulder joint.

The arthrosis result is full destruction of joint, ankylosis-full immobility or neoarthrosis-formation of the joint with unnatural motion that is followed by destruction of functions of limbs.

Causes of arthrosis are the human unhealthy living rule, various nutrition additives and damage of the cartilage part of the main joint surface and all these cause destruction of the joint function. The endo- prosthetics of joints is the curing surgical method of arthrosis that is conducted when degree of the joint damage is

so heavy that it is not subjected to improvement of the situation by therapy, conservative methods.

Endo-prosthetics is effective and frequently the only method for restoration of the function of the human joints. It must be noted that nowadays endo-prostheses are used for curing and changing of 40 various organs of human body. The spheres of use of implants are: contact lens, materials for laryngology, for skull surgery, implants for teeth, artificial heart, valves, spinal implants, prostheses of urinal and sexual organs, prostheses of joints, cardio-vascular prostheses, stabilizers of broken bones and artificial tendons.

The 50 year old history of endo-prosthesis has shown us that they endured significant changes. The most significant element is the material from which they are manufactured. The material of endo-prostheses must have approximately such mechanical features as those of a bone; they must be bio-inert and their mechanical features must provide reliable work of endo-prostheses, also very significant is the perfection of designs of implants and provision of high degree of their machining.

Nowadays for manufacture endo-prostheses are used metals, ceramic and polymer materials. Recently artificial materials with the number of unique features such as artificial sapphire and artificial ruby have been created. Artificial sapphire has unique physical and mechanical features: high strength, hit viscosity in a wide range of temperature from -200° to 100°C , it is chemically stable towards the aggressive environment and is characterized high indices of sliding and wear resistance.

The use of artificial sapphire is very reliable for manufacture of the friction pair of endo-prostheses. Therefore, the establishment of optimal conditions of its machining and provision of high degree of the machined surface is a very topical problem.

Therefore, the significant topical problem is the perfection of design of implants and provision of the high degree of their machined surfaces.

The investigation objective of the submitted work is the establishment of optimal conditions of machining of the artificially obtained sapphire crystal for spherical pair of hip-joint. For this purpose the solution to the following tasks was necessary:

1. Studies of tribological features of sapphire-sapphire pair;
2. Establishment of the influence of the sapphire crystal orientation on its machinability by grinding;
3. Establishment of the influence of features-granularity of the diamond grinding ring, viscose substance, concentration on the machinability of sapphire crystal;
4. Influence of the cutting speed, pressure and the grinding ring features on the quality of its machined surface;
5. Creation of the original methods of machining for the spherical pair of endo-prosthesis.

The investigation subject is the establishment of optimal conditions of machining of the medical sapphire crystal.

The investigation methods are based on the use of contemporary experimental settings.

The scientific novelty of the investigation results was studied at first in the tribological indices of sapphire-sapphire friction pair for various orientation of crystal, influence of the cutting speed and pressing force, also influence of the diamond grinding ring features on its workability and indices of the machined surface quality for which the morphology of surface layers of the sapphire crystal was studied.

As a result of the conducted investigations the whole number of recommendations has been elaborated:

1. As a result of tribological investigations of sapphire-sapphire pair the friction force change manner for various orientations of the sapphire crystal has been established. On the crystal orientations 1080 and 0001 the sites of catastrophic wear have not been fixed which points out that the sapphire crystal almost does not wear and the coefficient of its friction is low;
2. Influence of the cutting speed and pressing force on manufacturability of machining has been established;
3. Optimal meanings of the diamond ring features, particularly grain viscous substances, concentration of the diamond tool with the aim of growth of manufacturability;
4. Influence of the diamond tool features on indices of the surface quality has been established, particularly on the volume of unevenness remained after machining of the sapphire crystal, with profile ratio on support length and on the volume of the surface defect layer;
5. By the investigation of the machined sapphire crystal on electronic scanning microscope was established that during machining of the sapphire crystal with the diamond ring organic viscous substance on the surface are seen the traces of plastic deformation and fractures, the machined sapphire surface by the diamond ring of ceramic viscous substance is more homogenous but on the sapphire surface with the diamond ring of the metal viscous substance scratches are seen.