

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ალექსანდრე შერმაზანაშვილი

დერძიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის
პლასტიკური ფორმირების პროცესის კვლევა და სრულყოფა

სადოქტორო პროგრამა - მასალათმცოდნეობა

შიფრი - 0412

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი
დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2021 წელი

დისერტაცია შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობის და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი - ასოცირებული პროფესორი **სლავა მეზონია**

რეცენზენტები: -----

დისერტაციის დაცვა შედგება 2021 წლის „____“ _____ საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი ----

აუდიტორია -----

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას ქ. №69

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო

ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი:

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. რადიალური ჭედვის მეთოდი გამოიყენება მანქანათმშენებლობაში, მეტალურგიაში და მრავალ სხვა დარგში რთული ფორმის ზომაგრძელი ღერძსიმეტრიული დეტალების დამუშავებისათვის. ასეთ დეტალებს მიეკუთვნება საფეხურებიანი ლილვები და ღერძები, კონუსური და შლიცებიანი (ღარებიანი) დეტალები. შიგა ზედაპირის რთული კონფიგურაციით გამოირჩევა ზომაგრძელი ღერძსიმეტრიული დეტალების მრავალრიცხოვანი ჯგუფი, რომელთა შორის შეიძლება გამოვყოთ ღერძსიმეტრიული დეტალები შიგა საფეხურებიანი პროფილით, კერძოდ გარდამავალი მილისები, ნიპელები და საფეხურებიანი ქუროები; სიმეტრიული დეტალები მუდმივი განივკვეთის შიგა პროფილით, ამ ქვეჯგუფის ტიპური დეტალებია შლიციანი მილისები, ექვსწახნაგა და კვადრატულ-ნახვრეტებიანი მილისები; ღერძსიმეტრიული დეტალები შიგა კუთხვილიანი ან შიგა სპირალური შლიცებიანი, შიგა კუთხვილიანი მილები.

აღნიშნული დეტალების დამზადება მექანიკური დამუშავებით ლითონსაჭრელ ჩარხებზე შრომატევადი და არაეკონომიურია, ვინაიდან ჭრით დამუშავების პროცესებს ახასიათებს ლითონის გამოყენების კოეფიციენტის შედარებით დაბალი მნიშვნელობა, რაც დაკავშირებულია ლითონის დანაკარგებთან ბურბუშელის სახით.

რადიალური ჭედვის მეთოდი, რომელიც მეტად ეფექტურია ზომაგრძელი ღერძსიმეტრიული დეტალების დამუშავებისთვის უზრუნველყოფს ლითონის გამოყენების კოეფიციენტის მკვეთრ გაზრდას, ნაშაადების ჭედვის ტექნოლოგიური პროცესების სრულ მექანიზაციასა და ავტომატიზაციას, შრომატევადობის შემცირებას. ამასთან, რადიალური ჭედვით მიღებულ ნაკეთობებს ახასიათებთ ზომების და ზედაპირის სისუფთავის მაღალი სიზუსტე. ცხლად რადიალური ჭედვის შედეგად მიღებული დეტალების სიზუსტე მე-4,

მე-5 კლასისაა, ხოლო სიმქისე – მე-5, მე-6 კლასის. ცივად დამუშავებისას სიზუსტის მაჩვენებელი უფრო მაღალია – მე-2, მე-3 კლასის, შესაბამისად ზედაპირის სისუფთავე უახლოვდება მე-9, მე-10 კლასს. ასეთი ხარისხობრივი მაჩვენებლები დამახასიათებელია სახარატო დამუშავების პროცესისათვის, მაშასადამე რადიალური ჭედვის მეთოდი საშუალებას იძლევა მივიღოთ ლითონური ნაკეთობა საბოლოო სახით. გარდა აღნიშნულისა, რადიალური ჭედვის მეთოდი უზრუნველყოფს ლითონის სტრუქტურისა და მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებას. დატვირთვის პულსაციური ხასიათი, რომელიც დამახასიათებელია რადიალური ჭედვისათვის, უზრუნველყოფს ლითონის პლასტიკურობის რესურსის სრულ გამოყენებას, მადეფორმირებელი ძალების შემცირებას, რაც საშუალებას გვაძლევს ვაწარმოოთ დეტალები დაბალი პლასტიკურობის მქონე ძნელად დეფორმირებადი ლეგირებული ფოლადებისაგან და შენადნობებისაგან.

რადიალური ჭედვის პროცესი და მოწყობილობა, როგორც ამას გვიჩვენებს სამეცნიერო ტექნიკური და საპატენტო ლიტერატურის ანალიზი მოითხოვს შემდგომ სრულყოფას, რაც წარმოადგენს აქტუალურ ამოცანას.

რადიალური ჭედვის პროცესის სრულყოფისათვის აუცილებელია მისი ძალოვანი პარამეტრების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევა, რათა მიღებული შედეგები გამოყენებული იყოს შემდგომ რადიალური ჭედვის პროცესის დამუშავების და რადიალურ-საჭედი მანქანების დაპროექტების დროს. რადიალურ საჭედი მანქანების ტექნოლოგიური შესაძლებლობები, საიმედოობა და საექსპლუატაციო თვისებები ბევრად არის დამოკიდებული მათი ძალოვანი პარამეტრების სწორად გამოთვლაზე.

კვლევის მიზანი და ძირითადი ამოცანები. კვლევის მიზანს წარმოადგენს მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული ღერძსიმეტრიული ნამზადების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის რადიალური ჭედვის

პროცესის და მანქანების არსებული მდგომარეობის მეცნიერული ანალიზი და მათი განვითარების ტექნიკური ღონისძიებების შემუშავება. აქედან გამომდინარე განისაზღვრება კვლევის ძირითადი ამოცანები:

1. ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რადიალური ჭედვის პროცესში მოქმედი ძალების ანგარიშის მეთოდის შემუშავება;
2. რადიალური მოჭიმვის ძალების და ძაბვების ექსპერიმენტული კვლევა რადიალური ჭედვის პროცესში ლითონის დეფორმაციის რეჟიმის სათანადო შერჩევისათვის და ხარისხიანი პროდუქციის მიღებისათვის;
3. რადიალურ-საჭედი მანქანის დინამიკური პარამეტრების ანგარიშის მეთოდის შემუშავება დეტალების ზუსტი გაანგარიშებისათვის;
4. რადიალურ-საჭედი მანქანების არსებული კონსტრუქციების ანალიზი და აირ-ჰიდრავლიკური მანქანის ახალი კონსტრუქციის შემუშავება;
5. აირ-ჰიდრავლიკური რადიალურ-საჭედი მანქანის კონსტრუქციული პარამეტრების ანგარიშის მეთოდის შემუშავება.

თემის შესწავლის მდგომარეობა. რადიალური ჭედვის პროცესი და მოწყობილობა შესწავლილია უცხოელი და ქართველი მეცნიერების მიერ. უცხოელი მეცნიერებიდან აღსანიშნავია მ. სტოროჟევის, ე. პოპოვის, ი. ოხრიმენკოს, ჰ. ალბერტის, ა. კენდალის, ი. რადიუჩენკოს, ვ. ლიუბინის, ვ. ტიურინის, ვ. ლაზორკინის, ი. პოსპელოვის, ხ. ფლახოვსკის შრომები. ასევე მნიშვნელოვანია ქართველი მეცნიერების ა. ნოზაძის, რ. ადამიას, ჯ. ლომსაძის, მ. მიქაუტაძის, თ. ჩხაიძის და სხვა მეცნიერების შრომები. ზემოთ ნახსენები მეცნიერების ნაშრომებში განხილულია რადიალური ჭედვის ტექნოლო-გიური და ენერგომალოვანი პარამეტრების ანგარიშის საკითხები. აღსანიშნავია, რომ ამ მიმართულებით მუშაობა გააქტიურდა საქართველოში, კერძოდ, რაფიელ დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტში და საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში, რაც ასახულია პროფესორ მ. მიქაუტაძის და მისი მოწაფეების შრომებში. მიუხედავ ზემოთ აღნიშნულისა, ეს საკითხი მოითხოვს შემდგომ შესწავლას.

კვლევის ობიექტი და საგანი. სადისერტაციო ნაშრომის კვლევის ობიექტია რადიალური ჭედვის მეთოდით ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის პლასტიკური ფორმირების პროცესი და მოწყობილობა, რადიალური ჭედვის პროცესის დინამიკური პარამეტრები, მანქანათმშენებლობაში გამოყენებული ღერძსიმეტრიული დეტალების მიღების ტექნოლოგია და რადიალურ-საჭედი მანქანები, მათი კონსტრუქციების სრულყოფა.

კვლევის მეთოდოლოგია და მეთოდიკა. დისერტაციის მეთოდოლოგია ემყარება ლითონების წნევით დამუშავების თეორიის დებულებებს.

რადიალური ჭედვის პროცესის კვლევისათვის გამოყენებული იყო სპეციალური ექსპერიმენტული მომჭიმავი მოწყობილობა, რომელმაც გამოსაცდელი წნეხის დახმარებით საშუალება მოგვცა რადიალური დეფორმაციის სხვადასხვა რეჟიმებზე დაგვედგინა ტყვიის ნიმუშებზე მოქმედი ძალები და ძაბვები. ძალების გაზომვა ხდებოდა ДОСМ 3 -5 ტიპის ეტალონური დინამომეტრით, ხოლო ძაბვების განსაზღვრისათვის გამოყენებული იყო საკოორდინატო ბადეების მეთოდი.

ცდების შედეგები დამუშავებული იყო ექსპერიმენტის მათემატიკური დაგეგმვის მეთოდით, რამაც მნიშვნელოვნად შეამცირა ცდების რაოდენობა და საშუალება მოგვცა მიგველო ზუსტი შედეგები. ექსპერიმენტები ჩატარდა გამოსაკვლევი ფაქტორების მხოლოდ ექსტრემალურ მნიშვნელობებზე.

მეტალოგრაფიული კვლევები ჩატარდა მიკროსტრუქტურული ანალიზის მეტალოგრაფიულ მიკროსკოპ „Neophot-32“- ის საშუალებით x100 გადიდებით, ქიმიური ანალიზი - „BRUKER“ - ის ფირმის ვაკუუმერი ოპტიკით აღჭურვილ ოპტიკურ-ემისიურ სპექტრომეტრზე „Q8 Magellan“.

ნაშრომში გამოყენებულია ასევე უცხოელი და ქართველი მეცნიერების სამეცნიერო გამოკვლევები, მონოგრაფიები, სტატიები.

მეცნიერული სიახლე. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი

სიახლეებია რადიალური მოჭიმვის ძალების ექსპერიმენტული კვლევის შედეგად მოჭიმვის ძალების და ძაბვების ძირითადი ფაქტორებთან დამოკიდებულების შესწავლა და მათემატიკური მოდელების მიღება; მეტალოგრაფიული კვლევების შედეგად რადიალური მიჭიმვის გავლენის შესწავლა ლითონის მიკროსტრუქტურაზე; ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ზედაპირის პლასტიკური ფორმირების პროცესის ოპტიმალური ტექნოლოგიური რეჟიმების და მუშა ინსტრუმენტის რაციონალური პარამეტრების დადგენა; რადიალურ-საჭედი მანქანის დინამიკური პარამეტრების ანგარიშის მეთოდის შემუშავება; აირ-ჰიდრავლიკური რადიალურ-საჭედი მანქანის სრულყოფილი კონსტრუქციის შემუშავება; აირ-ჰიდრავლიკური რადიალურ-საჭედი მანქანის ძირითადი პარამეტრების ანგარიშის მეთოდის შემუშავება.

სადისერტაციო ნაშრომის მეთოდოლოგიური და თეორიული მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ იგი შეიძლება გამოყენებული იქნას რადიალური ჭედვის თეორიის, ტექნოლოგიის და მოწყობილობის სრულყოფისათვის. დისერტაციაში მიღებული შედეგები წარმოადგენს რადიალური ჭედვის თეორიის და ტექნოლოგიის საკითხების რაციონალურ გადაწყვეტას და ის ხელს შეუწყობს მათი შემდგომ განვითარებას.

სადისერტაციო ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა. სადისერტაციო ნაშრომის დასკვნები და შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას რადიალური ჭედვის ტექნოლოგიის და მოწყობილობების შემდგომი სრულყოფისათვის, მიღებული რეკომენდაციების პრაქტიკული დანერგვა საქართველოს მანქანათ-მშენებელ საწარმოებსა და ფირმებში ხელს შეუწყობს მათი ეფექტიანობის და სიმძლავრეების ამაღლებას, შესრულებული სამუშაოების დანახარჯების შემცირებას და ხარისხის გაზრდას. ამით კი შესაძლებელი იქნება მანქანათმშენებელი საწარმოების

განვითარება, რაც ხელს შეუწყობს ქვეყანაში სამუშაო ადგილების ზრდას და საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობის გაუმჯობესებას.

სადისერტაციო ნაშრომის აპრობაცია და პუბლიკაციები.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენდა საქართველოში და საზღვარგარეთ ჩატარებულ სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე:

1. Шермазанашвили А.Г., Мебония С.А. Исследование силовых факторов при радиальном обжатии цилиндрических образцов. Материалы I-й научно-практической конф. "Приоритетные направления развития науки и технологии". Киев, 27-29 сентября 2020. - С. 274 – 279.

2. Шермазанашвили А.Г., Мебония С.А. Исследование напряжений при радиальном обжатии цилиндрических образцов. Материалы I I I-й научно-практической конф. "Мир науки и инноваций". Лондон, 14-16 октября 2020. - С. 607 – 615.

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა.

სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს კომპიუტერზე სტუ-ს მოთხოვნათა შესაბამისად აკრეფილ 121 გვერდს. იგი შედგება შესავლის, ლიტერატურული მიმოხილვის, ხუთი თავის, დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის სიისაგან. ნაშრომში წარმოდგენილია 10 ცხრილი და 75 ნახაზი.

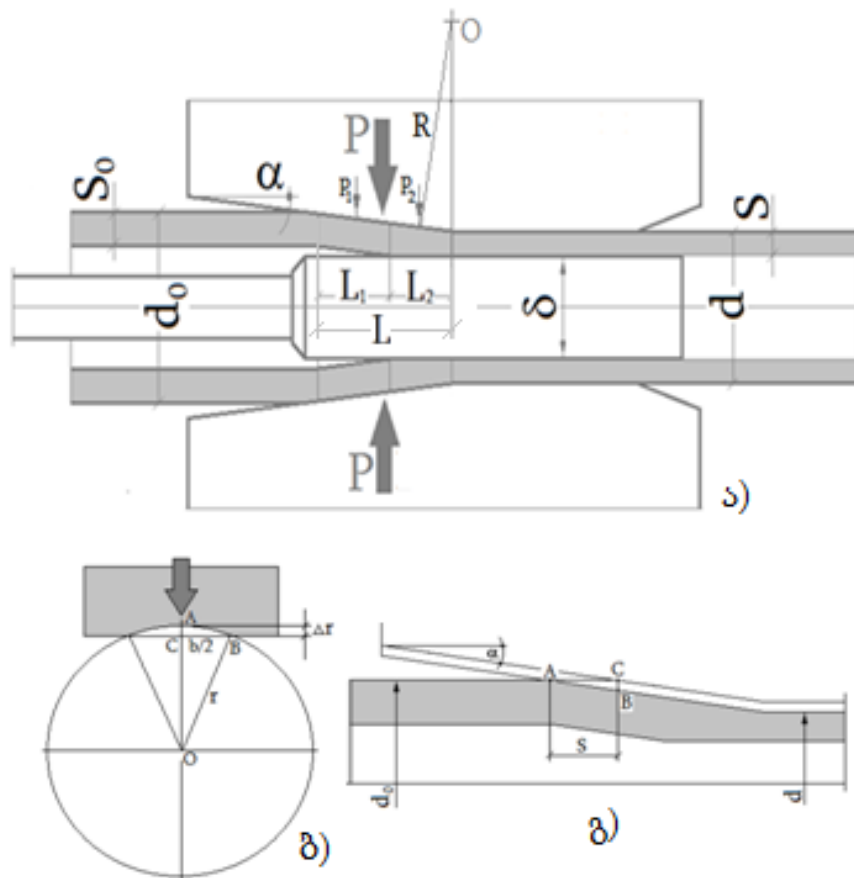
შინაარსი

დისერტაციის პირველ განყოფილებაში - ლიტერატურულ მიმოხილ-ვაში წარმოდგენილია რადიალურ ჭედვასთან დაკავშირებული ნაშრომების ანალიზი, განხილულია როგორც უცხოელი, ასევე ქართველი მეცნიერების ნაშრომები, რომლებიც ეხება რადიალური ჭედვის ტექნოლოგიას და მოწყობილობებს.

ამავე განყოფილებაში შესრულებულია ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის, მათ შორის სპირალური შლიცების ფორმირების არსებული პროცესების ანალიზი და დადგენილია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები. განხილულია ხრახნულ-შლიციანი დეტალების მიღება ლითონსაჭრელ ჩარხებზე, მათ შორის ცეცხლსასროლი იარაღის ლულების, შიგა კუთხვილიანი დეტალების მიღება გამოწნევის მეთოდით და რადიალური ჭედვით. დადგენილია, რომ ჭრით დამუშავებით სპირალური შლიცების მიღება მიღების შიგა ზედაპირზე მოითხოვს სპეციალური საწელავი ჩარხების და ძვირად-ღირებული ინსტრუმენტის გამოიყენებას და დაკავშირებულია ლითონის მნიშვნელოვან დანაკარგებთან ბურბუმე-ლაზე. ამიტომ რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის, კერძოდ, შიგა კუთხვილიანი დეტალების მიღების ყველაზე პროგრესული მეთოდია ჭედვა რადიალურ-საჭედ მანქანებზე.

დისერტაციის მეორე ნაწილი წარმოდგენილია რამოდენიმე პარა-გრაფით. ესენია: „ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების რადიალური ჭედვის პროცესში მოქმედი ძალების ანგარიშის მეთოდის შემუშავება“, „რადიალური მოჭიმვის ძალების და ძაბვების ექსპერიმენტული კვლევა“, „ღერძსიმეტრიული დეტალების რადიალური ჭედვის ტექნოლოგიური პროცესის შემუშავება“, „რადიალურ-საჭედი მანქანების ახალი კონსტრუქციების შემუშავება“, „აირ-ჰიდრავლიკური საჭედი მანქანის შემუშავება.“

ამ ნაწილის პირველ პარაგრაფში შემოთავაზებულია ლერძსიმეტრიული ნაკეთობების რადიალური ჭედვის პროცესში მოქმედი ძალების ანგარიშის მეთოდოლოგია. მოცემულია ლითონსა და მადეფორმირებელ ინსტრუმენტს შორის საკონტაქტო ზედაპირის სიგანის, დიამეტრის შემცირების და კედლის სისქის მოჭიმვის ზონებში მოქმედი საკონტაქტო წნევების საანგარიშო ფორმულები. დეფორმაციის კერის სქემა მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ. 1. დეფორმაციის კერის სქემა:

ა - დეფორმაციის კერის გრძივი კვეთი; ბ - განივი კვეთი;

გ - ერთეული მოჭიმვის განსაზღვრის სქემა

ნახ. 1ა-ს თანახმად დეფორმაციის კერის სიგრძე უდრის:

$$L = \frac{d_0 - d}{2 \operatorname{tg} \alpha} + S$$

სადაც d_0 არის ნამზადის საწყისი დიამეტრი; d_1 - ნაჭედის დიამეტრი; S - ნამზადის გრძივი მიწოდება;

ნახ. 1ბ-დან დეფორმაციის საკონტაქტო ზედაპირის სიგანე უდრის:

$$b = 2\sqrt{2r \cdot \Delta r},$$

სადაც r არის ნამზადის რადიუსი; Δr –ერთეული მოჭიმვა.

ნამზადის ერთეული მოჭიმვა Δr მიიღება ნახ. 1გ-ზე მოცემული სქემის მიხედვით: $\Delta r = S \cdot tg\alpha$.

მაშინ საკონტაქტო ზედაპირის ფართი იქნება:

$$F = Lb = 2 \cdot \left(\frac{d_0 - d}{2tg\alpha} + S \right) \cdot \sqrt{2r \cdot \Delta r}.$$

საშუალო საკონტაქტო წნევა განვსაზღვრება ნახ. 1ა-ზე მოცემული სქემიდან, რომლის თანახმად საშუალო საკონტაქტო წნევა უდრის:

$$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2}{2}.$$

წნევა დიამეტრის შემცირების ზონაში, მიახლოებით, შეგვიძლია ვიანგრიშოთ ფორმულით მიღების გლინვის თეორიიდან:

$$\bar{p}_1 = \eta \sigma_{ფაქტ} \frac{2S_0}{\bar{d}},$$

სადაც η არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გარე ზონების გავლენას საშუალო ხვედრით წნევაზე;

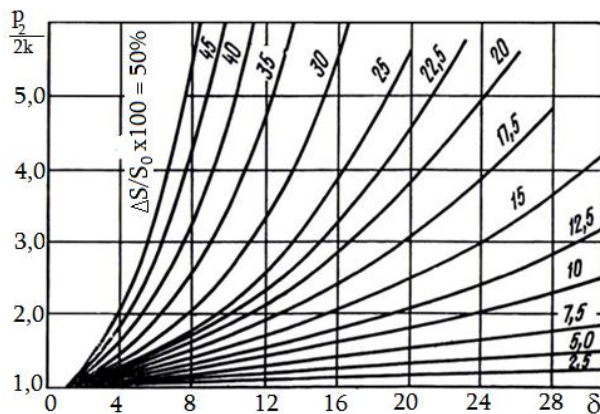
$\sigma_{ფაქტ}$ - ლითონის პლასტიკური დეფორმაციის წინააღმდეგობა;

S_0 –მილის კედლის საწყისი სისქე;

\bar{d} – მილის საშუალო დიამეტრი, რომელიც უდრის: $\bar{d} = \frac{d_0 + d_1}{2}$;

l_1 – დიამეტრის შემცირების ზონის სიგრძე.

საშუალო საკონტაქტო წნევა p_2 მოჭიმვის ზონაში შეგვიძლია განვსაზღვროთა. აკადემიკოს ი. ცელიკოვის დიაგრამიდან (ნახ. 2).



ნახ. 2. ხვედრით წნევების განსაზღვრის დიაგრამა

დიაგრამაზე აღნიშნულ ε და δ სიდიდეებს ვანგარიშობთ ფორმულებით: $\varepsilon = \frac{\Delta S}{S}$, სადაც ΔS არის მილის კედლის აბსოლუტური მოჭიმვა ანუ $\Delta S = S_0 - S_1$; პარამეტრი δ გამოითვლება ფორმულით: $\delta = 2f \sqrt{\frac{R}{\Delta S}}$, სადაც f არის ხახუნის კოეფიციენტი; R - მონაკვეთის სიგრძე კედლის მოჭიმვის ზონის შუა წერტილიდან O წერტილამდე; O წერტილი კედლის მოჭიმვის ზონის შუა და ბოლო წერტილების გადაკვეთაზე.

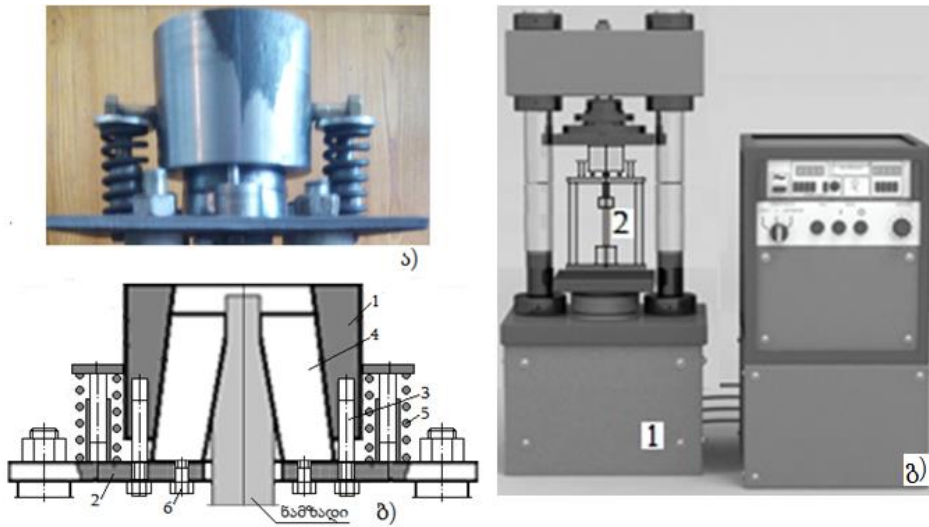
ε და δ სიდიდეების მიხედვით დიაგრამიდან აიღება $\frac{P_2}{2k}$ თანაფარდობის მნიშვნელობა, საიდანაც ვიღებთ p_2 საკონტაქტო წნევას, იმის გათვალისწინებით, რომ $2k = 1,15\sigma_{ფაქტ}$. ცივი დეფორმაციის შემთხვევაში $\sigma_{ფაქტ} = \bar{\sigma}_s$, აქ $\bar{\sigma}_s$ არის ლითონის დენადობის საშუალო ზღვარი.

ცივი დეფორმაციის დროს განმტკიცებული ლითონის დენადობის ზღვარი ხარისხიანი ფოლადებისათვის შეგვიძლია ვიანგარიშოთ ფორმულით: $\sigma_s = \sigma_{s0} + 2,4\varepsilon^{0,64}$, სადაც ε არის ნამზადის ფარდობითი დეფორმაცია.

$$\text{დენადობის ზღვრის საშუალო მნიშვნელობა იქნება: } \bar{\sigma}_s = \frac{\sigma_{s0} + \sigma_s}{2}.$$

ზემოთმოყვანილი სიდიდეების განსაზღვრის შემდეგ გამოვთვლით დეფორმაციის ძალას: $P = \bar{p}F$.

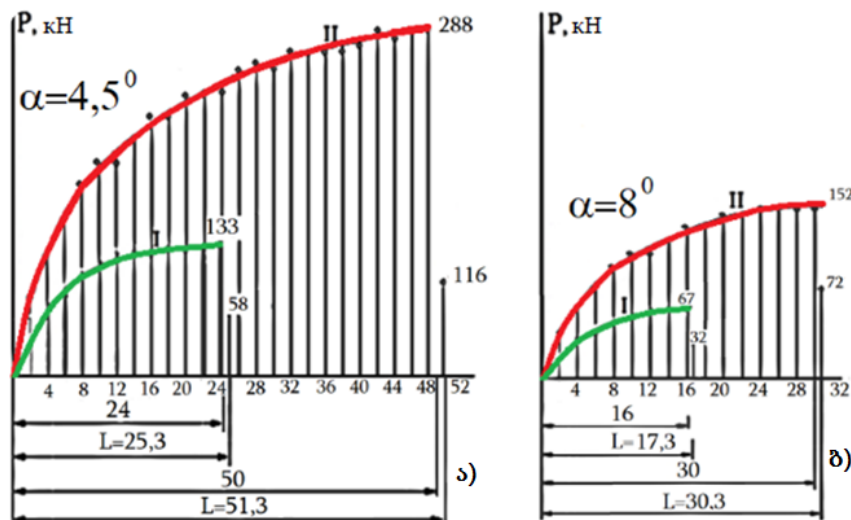
დისერტაციაში შესრულებულია რადიალური მოჭიმვის პროცესში ძალებისა და ძაბვების ექსპერიმენტული კვლევა. სპეციალურ ექსპერიმენტულ მოწყობილობაზე (ნახ. 3) საცდელი წნეხის გამოყენებით რადიალური მოჭიმვის სხვადასხვა რეჟიმებზე გაზომილია ცილინდრულ ნიმუშზე მოქმედი ძალები. ექსპერიმენტი ჩატარდა ორი ეტაპად - პირველ ეტაპზე ინსტრუმენტის მუშა ზედაპირის კონუსის კუთხე შეადგენდა $\alpha = 4^{\circ}30'$, მეორე ეტაპზე - $\alpha = 8^{\circ}$. ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული რადიალური მოჭიმვის ზალების გრაფიკები მოცემულია ნახ. 4-ზე.



ნახ. 3. მოწყობილობა რადიალური მოჭიმვისათვის

ა - მოჭიმვის ბლოკი; ბ - მოჭიმვის ბლოკის სქემა; გ - წნეხი MC – 500(პოზ. 1) და რადიალური მოჭიმვის მოწყობილობა (პოზ. 2)

გრაფიკების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ნიმუშების დეფორმაციის პროცესში რადიალური მოჭიმვის ძალა ჯერ შედარებით სწრაფად იზრდება, შემდეგ ნელა უახლოვდება დაყმარებული პროცესის ძალას. გამოსაკვლევ ფაქტორები - ნამზადის დიამეტრი და დიამეტრალური მოჭიმვა - თითქმის თანაბარ გავლენას ახდენენ მოჭიმვის ძალაზე. ინსტრუმენტის კუთის $4^{\circ}36'$ –დან 8° –მდე გაზრდამ გამოიწვია მიჭიმვის ძალის მომატება - 1,5-ჯერ D20 ნიმუშისათვის და 1,8-ჯერ D24 ნიმუშისათვის.



ნახ. 4. რადიალური მოჭიმვის ძალის გრაფიკები

ა - ($\alpha = 4^{\circ}30'$); ბ - ($\alpha = 8^{\circ}$): I - ნიმუში D20; II - ნიმუში D24

ექსპერიმენტის შედეგები დამუშავდა მათემატიკური დაგეგმვის მეთოდის სრულფაქტორიანი გეგმაით $ПФЭ^2$, რომელშიც გამოსაკვლევ ფაქტორები - ნამზადის დიამეტრი (d_0) და დიამეტრული მოჭიმვა (Δd) იცვლებოდა ზედა და ქვედა დონეებზე. მიღებული მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს რეგრესიის განტოლებას, რომელიც შეიცავს წრფივ წევრებს:

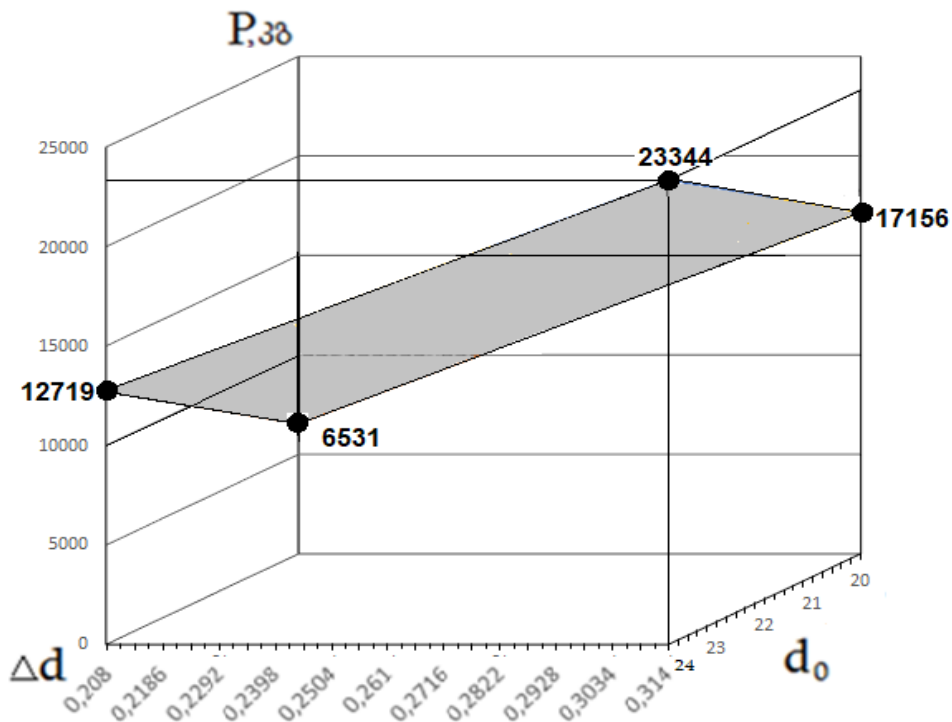
$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2,$$

სადაც b_0, b_1, b_2 მუდმივი კოეფიციენტებია; x_1, x_2 - კოდირებული ცვლადები.

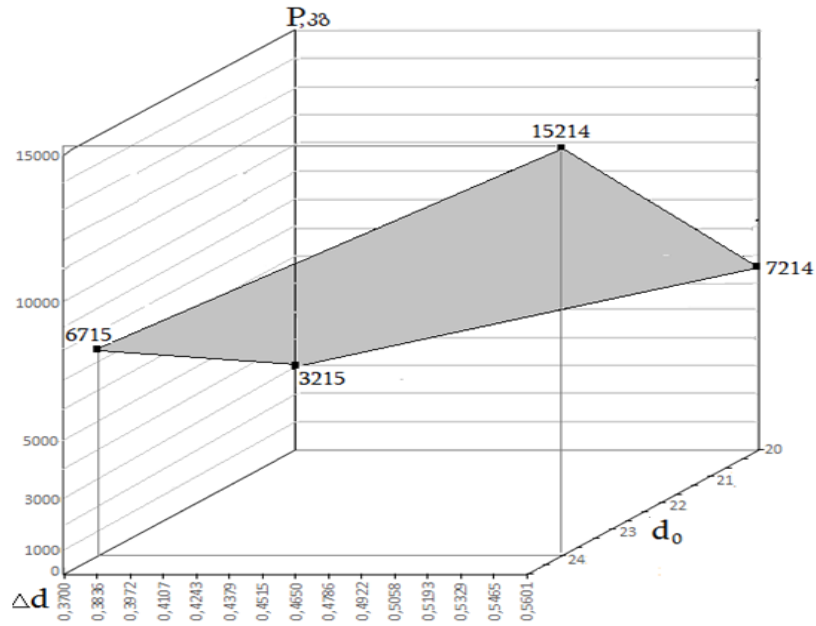
ექსპერიმენტის I-ლი ეტაპზე ($\alpha = 4^{\circ}30'$): $y = 14938 + 5312x_1 + 6188x_2$;

ექსპერიმენტის მეორე ეტაპზე: ($\alpha = 8^{\circ}$) $y = 8090 + 3125x_1 + 2875x_2$.

ამ განტოლებების საფუძველზე აგებულია რადიალური მოჭიმვის ძალების გრაფიკები სამგანზომილებიან საკოორდინატო სისტემაში, რომლებიც წარმოდგენილია 5 და 6 ნახაზებზე.



ნახ. 5. მოჭიმვის ძალების გრაფიკი: $P = f(d_0, \Delta d)$, როცა $\alpha = 4^{\circ}30'$

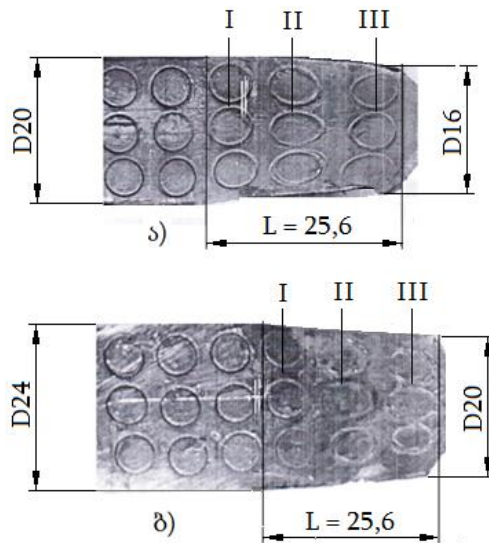


ნახ. 4. მოჭიმვის ძალების გრაფიკი: $P = f(d_0, \Delta d)$, როცა $\alpha = 8^\circ$

მიღებული განტოლებებით და გრაფიკებით შესაძლებელია მოჭიმვის ძალების განსაზღვრა ფაქტორების სხვსდასხვა მნიშვნელობებისათვის.

საკოორდინატო ბადის მეთოდის საშუალებით შესრულებულია რადია-ლური მოჭიმვის პროცესში ლითონის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომა-რეობის კვლევა.

ნიმუშების დეფორმაციის შედეგად საკოორდინატო ბადის ფორმისა და ზომების ცვლილება ნაჩვენებია ნახ. 5-ზე.



ნახ. 7. დეფორმირებული ნიმუშები: ა - D20; ბ - D24

მოჭიმვის შემდეგ ვზომავდით ბადის ნახევარღერძების ზომებს ორი მთავარი ღერძის მიმართულებით და ვანგარიშობდით მესამე დეფორმაციის სიდიდეს. დეფორმაციების მოცემული მნიშვნელობების მიხედვით განსაზღვრული იყო ელემენტში მოქმედი ძაბვების მნიშვნელობები. ვინაიდან დეფორმაციების მნიშვნელობები არ აღემატება მცირე პლასტიკურ დეფორმაციებს, ამიტომ შემდგომ ანგარიშს ვაწარმოებდით გ. გენკის თეორიაზე დაყრდნობით. ამ თეორიის შესაბამისად დადგენილია კავშირი პლასტიკური დეფორმაციებსა და ძაბვებს შორის მათემატიკურად ასე გამოისახება:

$$\sigma_1 = \frac{2}{3\varphi} \left[\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2 + \varepsilon_3}{2} \right];$$

$$\sigma_2 = \frac{2}{3\varphi} \left[\varepsilon_2 - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2} \right];$$

$$\sigma_3 = \frac{2}{3\varphi} \left[\varepsilon_3 - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \right];$$

მეოთხე განტოლებად გამოვიყენეთ გ. მიზესის პლასტიკურობის პირობა:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_s^2$$

კონკრეტული მონაცემებისათვის ტყვიის ნიმუშისათვის მივიღეთ:

$$\varepsilon_1 = 6,8; \varepsilon_2 = -6,4; \varepsilon_3 = -0,4.$$

$$\sigma_1 = \frac{2}{3\varphi} \left[6,8 - \frac{-6,4 - 0,4}{2} \right] = \frac{1}{\varphi} \times 6,73;$$

$$\sigma_2 = \frac{2}{3\varphi} \left[-6,4 - \frac{6,8 - 0,4}{2} \right] = -\frac{1}{\varphi} \times 6,34;$$

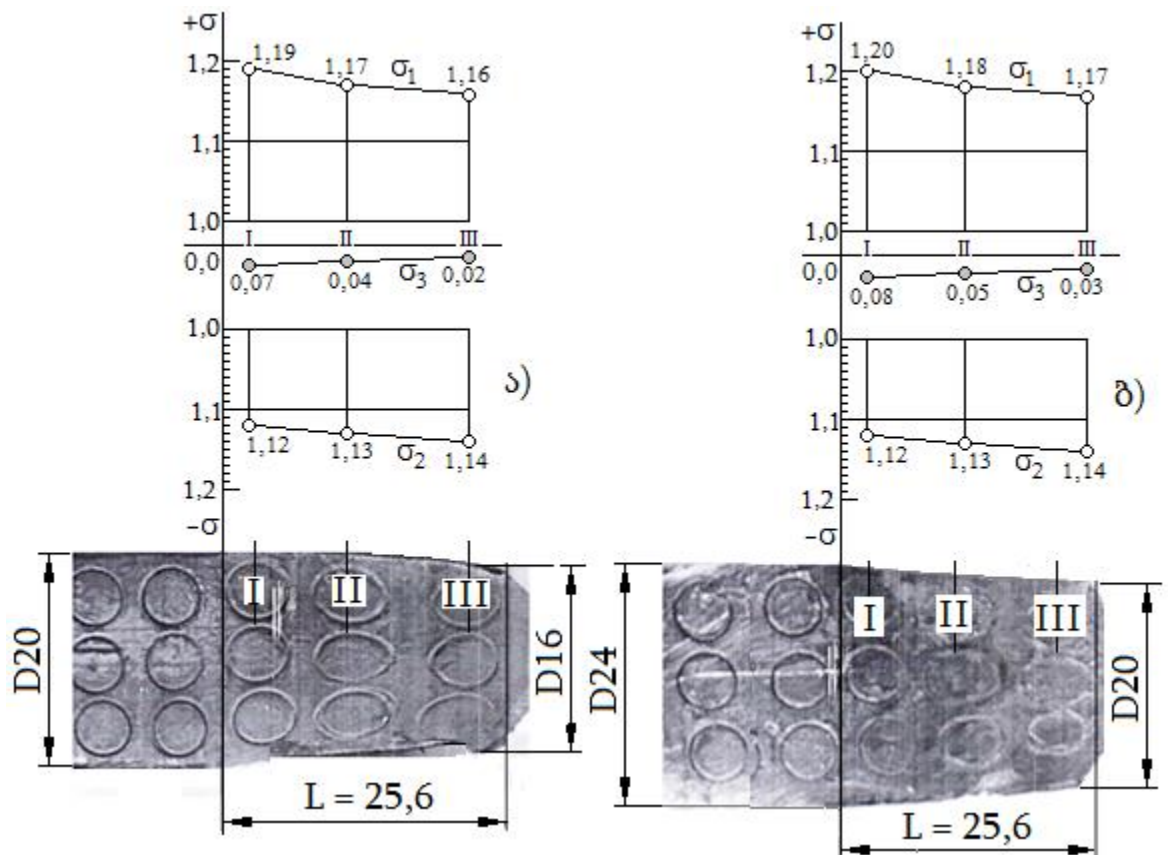
$$\sigma_3 = \frac{2}{3\varphi} \left[-0,4 - \frac{6,8 - 6,4}{2} \right] = \frac{1}{\varphi} \times 0,33.$$

პლასტიკურობის პირობიდან φ - ს განსაზღვრის შემდეგ ($\varphi = 5,63$), მივიღეთ ძაბვების შემდეგი მნიშვნელობები:

$$\sigma_1 = 11,9 \text{ მპა}; \sigma_2 = -11,2 \text{ მპა}; \sigma_3 = 0,68 \approx 0,7 \text{ მპა}.$$

ანალოგიური გამოთვლების შედეგად მივიღეთ ძაბვების მნიშვნელობები მოჭიმვის დანარჩენ სტადიებზე და ავაგეთ ძაბვების გრაფიკები, რომლებიც წარმოდგენილია ნახ. 8-ზე.

როგორც გვიჩვენებს ექსპერიმენტი, რადიალური მოჭიმვის პროცესში დეფორმაციის კერაში ლითონი იმყოფება რთულ დამაბულ-დეფორმირებულ მდგომარეობაში. დეფორმაციის კერის ლითონით შევსების პროცესში σ_1 და σ_3 ძაბვების აბსოლუტური მნიშვნელობა მცირდება (კვთები № 1,2,3), ხოლო σ_2 ძაბვის - იზრდება.



ნახ. 8. ნიმუშის განივკვეთებში მოქმედი ძაბვების გრაფიკები
 ა - D0,02 მ; ბ - D0,024 მ; ($\Delta d = 0,004$ მ; $\Delta d_1 = 0,000314$ მ; $\alpha = 4^{\circ}30'$)

ამასთან აღსანიშნავია, რომ დეფორმაციის პროცესში რადიალური და ღერძული ძაბვების მნიშვნელობები თითქმის ერთმანეთის ტოლია, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ლითონი ამ უბანზე იმყოფება სუფთა ძვრისადმი მიახლოებულ დამაბულ მდგომარეობაში, სადაც პლასტიკური დეფორმაცია ინტენსიურად მიმდინარეობს.

დისერტაციაში ასევე შერულებულია პლასტიკური დეფორმაციის გავლენის შესწავლა ლითონის მიკროსტრუქტურაზე რადიალური მოჭიმვის დროს. ცდებისათვის გამოყენებული იქნა ალუმინის და დურალუმინის მილისებრი ნიმუშები ზომებით: დიამეტრი 0,02 -

ალუმინის ნიმუშები; 0,024 მ - დურალუმინის ნიმუშები; კედლის სისქე 0,002 მ; სიგრძე 0,1 მ.

ექსპერიმენტი ჩატარდა ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის მასალების გამოცდის ლაბორატორიაში ექსპერიმენტულ დანადგარზე განხორციელდა ნიმუშების პლასტიკური დეფორმირება. ინსტრუმენტის მუშა ზედაპირის კონუსის კუთხე შეადგენდა $\alpha = 8^\circ$. ჯერ გამოიცადა ალუმინის $\Phi 20$ ნიმუშები; ნიმუშების მიწოდება შეადგენდა 2 და 3 მმ-ს; შესაბამისად, ერთეული მოჭიმვა იყო $\Delta d_1 = S \cdot tg\alpha = 2 \cdot 0,00014 = 0,00028$ მ და $\Delta d_2 = S \cdot tg\alpha = 3 \cdot 0,00014 = 0,00042$ მ. შემდეგ გამოიცადა დურალუმინის $\Phi 24$ ნიმუშები; ნიმუშების მიწოდება შეადგენდა 2 მმ-ს; ერთეული მოჭიმვა $\Delta d = 0,00028$ მ.

ექსპერიმენტის მეორე ეტაპი ჩატარდა ფ. თავაძის მასალათმცოდნეობის და მეტალურგიის ინსტიტუტში. აქ შესრულდა დეფორმირებული ნიმუშების მეტალოგრაფიკული გამოკვლევები. ქიმიური ანალიზის შედეგად დადგინდა ნიმუშების შემადგენლობა. ქიმიური ანალიზი ჩატარდა „BRUKER“ - ის ფირ-მის ვაკუუმური ოპტიკით აღჭურვილ ოპტიკურ-ემისიურ სპექტრომეტრზე „Q8 Magellan“.

მიკროსტრუქტურული ანალიზი ჩატარდა მეტალოგრაფიული მიკროსკოპის “Neophot-32”- ის საშუალებით x100 გადიდებით. ამისათვის ნიმუშებიდან ამოიჭრა ტემპლეტები მიკროშლიფებისათვის (ნახ. 9).

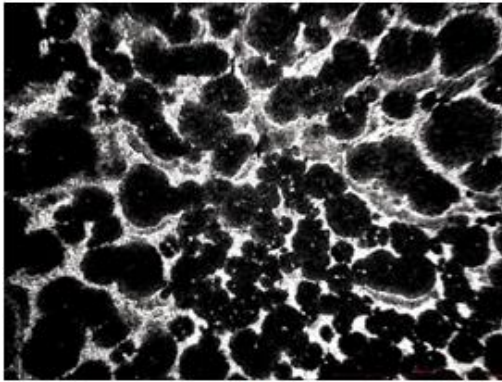


ნახ. 9. ტემპლეტები მიკროშლიფებისათვის:

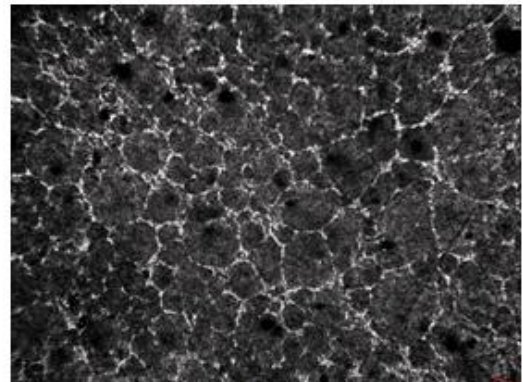
ა- ალუმინი A6; ბ - დურალუმინი D16

მიკროსტრუქტურების ფოტოსურათები წარმოდგენილია ნახაზებზე 10 და 11. დეფორმირებული ნიმუშების მიკროსტრუქტურების ფოტოსურათებზე ნათლად ჩანს, რომ მარცვლების ზომები და ფორმა შეცვლილია, მარცვლის მთლიანობა რიგ შემთხვევაში დარღვეულია,

ამასთან ეს ცვლილება ზომებში პროპორციულია დეფორმაციის ხარისხის მიმართ, რაც იმაზე მიუთითებს,

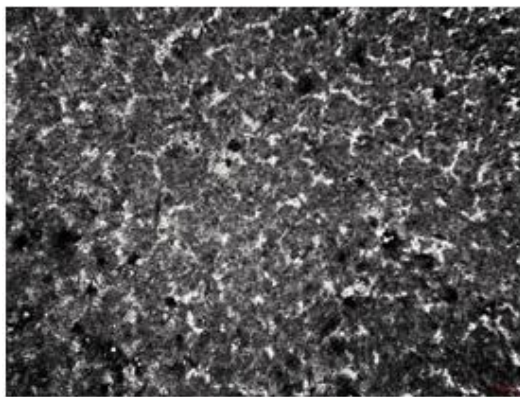


ა)

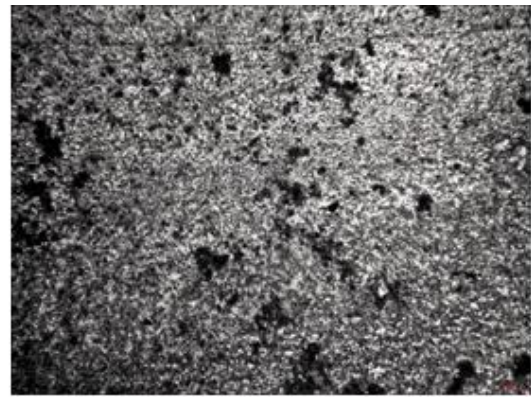


ბ)

ნახ. 10. ნიმუში - ალუმინი A6, ერთეული მოჭიმვა $\Delta d_1 = 0,00028$ მ
არადეფორმირებული (ა) და დეფორმირებული (ბ) მიკროსტრუქტურა



ა)



ბ)

ნახ. 11. ნიმუში - დურალუმინი D16, ერთეული მოჭიმვა $\Delta d_1 = 0,00028$ მ
არადეფორმირებული (ა) და დეფორმირებული (ბ) მიკროსტრუქტურა

რომ რადიალურ მოჭიმვის დროს ცივი პლასტიკური დეფორმაცია მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ლითონის მიკროსტრუქტურაზე - ცივანაჭედ ლითონში მარცვლები დეფორმირებული და დამსხვრეულია, სტრუქტურა ხდება უფრო წვრილმარცვლოვანი.

რაც შეეხება პლასტიკური დეფორმაციისათვის დამახასიათებელ მარცვლების წაგრძელებას და მიკროსტრუქტურის ორიენტაციას მოქმედი ძაბვების მიმართულებით ანუ ტექსტურას, ეს მოცემულ შემთხვევაში არ შეიმჩნევა. ამის მიზეზი, ჩვენი აზრით, მდგომარეობს იმაში, რომ რადიალური მოჭიმვის პროცესში ლითონზე მიმდინარეობს ყოველ-

მხვრივი ძალოვანი ზემოქმედება და მისი ღინება დეფორმაციის დროს უფრო შეზღუდულია, რაც არ იძლევა ტექსტურის წარმოშობის შესაძლებლობას.

ლითონის მექანიკური თვისებისგან, ექსპერიმენტულად შევისწავლეთ მიკროსისალეზე პლასტიკური დეფორმაციის გავლენა. ნიმუშების მიკროსისალე გაიზომა მიკროსკოპ “ПМТ-3”-ზე. გაზომვის შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.

ცხრილი 1: ნიმუშების მიკროსისალე

№	მასალა	მარკა	დატვირთვა, ნ	მიკროსისალე, მკა	
				არადეფორმირებული	დეფორმირებული
1	ალუმინი	A6	0,5	350	360
2	ალუმინი	A6	0,5	370	380
3	დურალუმინი	Д16	1,0	5590	6650

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ალუმინის ნიმუშების მიკროსისალე 0,5 ნ დატვირთვის პირობებში არადეფორმირებულ და დეფორმირებულ ნიმუშებში პრაქტიკულად ერთიდაიგივეა.

დურალუმინისათვის 1,0 ნ დატვირთვის დროს მიკროსისალე შეადგენს 5590 მკა არადეფორმირებული ნიმუშისათვის და 6660 მკა დეფორმირებული ნიმუშისათვის, ე.ი. ადგილი აქვს განმტკიცებას.

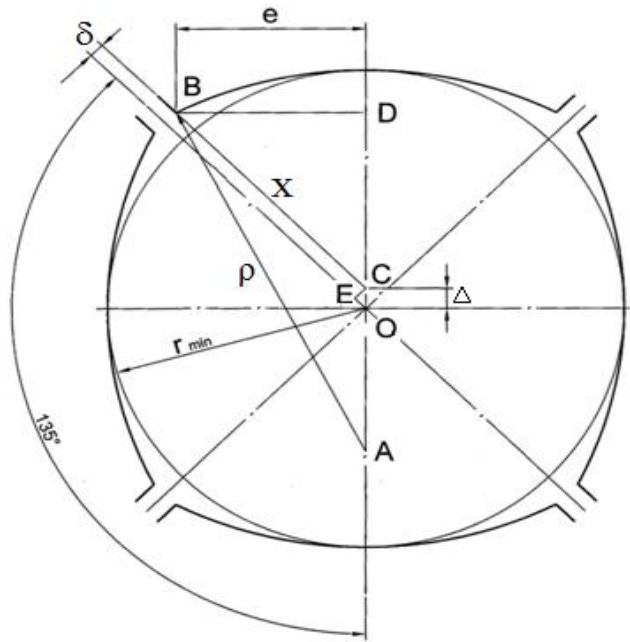
დისერტაციაში შემუშავებულია ღერძსიმეტრიული დეტალების რადიალური ჭედვის ტექნოლოგიური პროცესი, მოცემულია ტექნოლოგიური ინსტრუმენტის ანგარიშის მეთოდიკა, რომლის მეშვეობით შესაძლებელია მისი რაციონალური პარამეტრების დადგენა. მიღებულია საცემელის ღარის (ნახ. 12) საანგარიშო ფორმულა.

ნახ. 12-ს მიხედვით შედგენილია კვადრატული განტოლება:

$$x^2 + 1,4 \cdot [\rho - r_{\min} + \Delta] \cdot x - (r_{\min} - \Delta)(2\rho + r_{\min} - \Delta) = 0,$$

რომლის ამოხსნით განისაზღვრება $x = BC$ მონაკვეთის სიგრძე:

$$x = -0,7 \cdot [\rho - r_{\min} + \Delta] \pm \sqrt{0,49(\rho - r_{\min} + \Delta)^2 + (r_{\min} - \Delta)(2\rho + r_{\min} - \Delta)}.$$



ნახ. 12. საცემელის ღარის სიგანის საანგარიშო სქემა

შემდეგ მართკუთხა სამკუთხადიდან CBD ვღებულობთ საცემელის ღარის ნახევრის მნიშვნელობას: $e = x \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7x$.

რადიალურ ჭედვის პროცესის ნორმალური რეჟიმების უზრუნველყოფის თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია მოქმედი დინამიკური ფაქტორების ზუსტი მნიშვნელობების განსაზღვრა. ამასთან დაკავშირებით დისერტაციაში შესრულებულია რადიალურ-მომჭიმავი მანქანის ამძრავის დინამიკური დატვირთვების კვლევა, შედგენილია მანქანის დინამიკური მოდელის სქემა (ნახ. 13) და დიფერენციალური განტოლებები.

დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა მანქანის უქმი სვლის (ა) და დატვირთულობის (ბ) პროცესში ჩაწერილია დრეკადი ძალების მომენტების მეშვეობით:

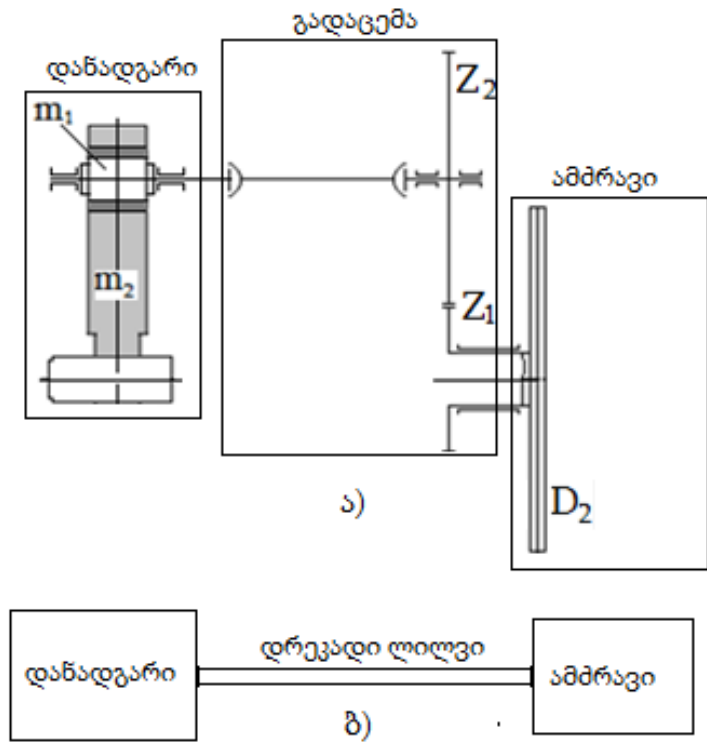
$$\ddot{M}_{12} + c_{12} \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} M_{12} = 0 \dots \dots \dots (ა)$$

$$\ddot{M}_{12} + c_{12} \left(\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} \right) M_{12} = \frac{c_{12}}{I_2} M_T \dots \dots \dots (ბ)$$

შემდეგ მიღებულია მათი ამონახსნები:

$$M_{12} = A \sin \omega t + B \cos \omega t \dots \dots \dots (ა)$$

$$M_{12} = M'_{12} + M''_{12} = A \sin \omega t + B \cos \omega t + \frac{H}{\omega^2 - p^2} \sin pt \dots \dots \dots (ბ)$$



ნახ. 13. მანქანის დინამიკური მოდელი:

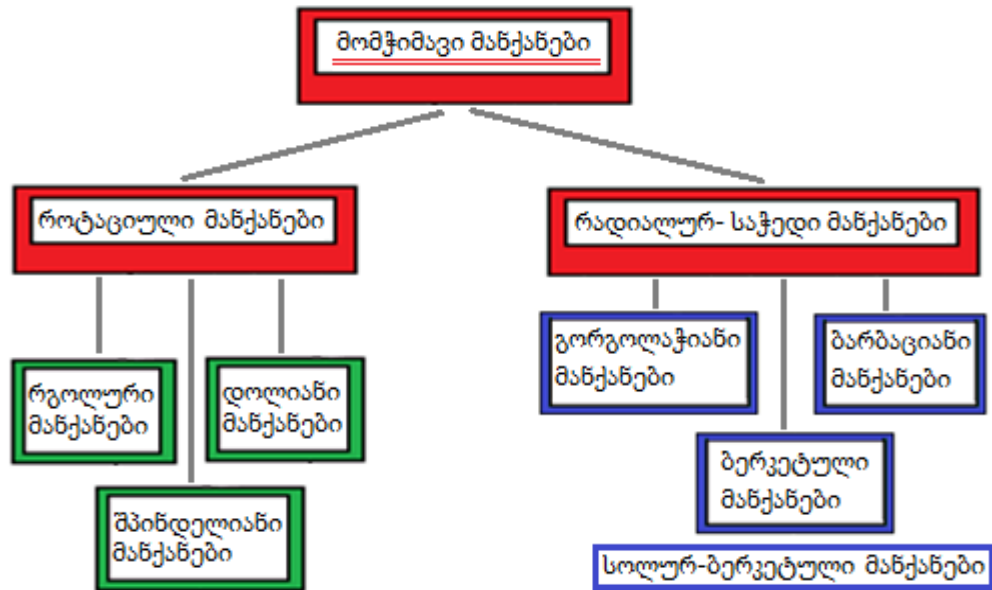
ა - დინამიკური მოდელის სქემა; ბ - დინამიკური მოდელის საანგარიშო სქემა
 მაშასადამე, რადიალურ-საჭედი მანქანის დინამიკური მოდელი

ამონახსნების ანალიზიდან დადგენილია რადიალურ-საჭედი მანქანის ამძრავის ტრანსმისიაში მოქმედი დრეკადი ძალების მომენტის მაქსიმალურ მნიშვნელობის მიღწევის პირობები. დრეკადი მომენტების მნიშვნელობა მით უფრო მეტი იქნება, რაც უფრო ნაკლები იქნება სხვაობა დატვირთვის ცვალებადობის და სისტემის საკუთარი რხევების სიხშირებს შორის.

დინამიკური ანალიზის საფუძველზე ასევე დადგენილია, რომ მანქანის ამძრავში რეზონანსული რეჟიმების აცილებება უნდა მოხდეს სისტემის საკუთარი სიხშირის ვარირებით, რაც შეიძლება კონსტრუქტორის მიერ განხორციელდეს მექანიზმის სტრუქტურული სქემის შეცვლით ან სისტემის ელემენტების დრეკად-მასური პარამეტრების სათანადო შერჩევით მანქანის დაპროექტების საწყის ეტაპზე.

სადისერტაციო ნაშრომში არსებული რადიალურ-საჭედი მანქანების

კონსტრუქციების ანალიზის საფუძველზე შედგენილია აღნიშნული მანქანების კლასიფიკაცია (ნახ.14).



ნახ. 14. როტაციულ და რადიალურ-საჭედ მანქანების კლასიფიკაცია

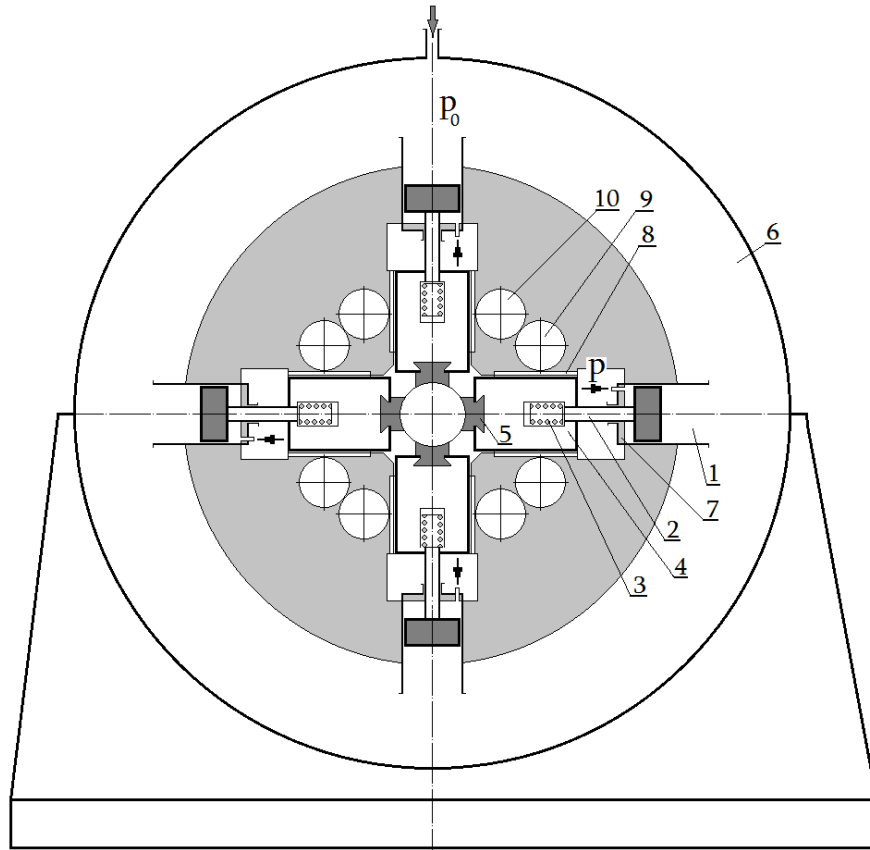
ამ კლასიფიკაციიდან გამომდინარეობს, რომ არსებული როტაციული საჭედი მანქანები სამ ჯგუფად იყოფა: 1) რგოლური მანქანები; 2) დოლური მანქანები; 3) შპინდელიანი მანქანები. ასევე სამ ჯგუფს შეადგენს რადიალურ-საჭედი მანქანები: 1) გორგოლა-ჭიანი მანქანები; 2) ბერკეტული მანქანები; 3) ბარბაციანი მანქანები.

ამ მანქანების კინემატიკური სქემების განხილვის საფუძველზე გამოვლენილია, მათი დადებითი მხარეები და გამოვლენილია ნაკლოვანებები.

შემუშავებულია რადიალურ-საჭედი ახალი ტიპის რადიალურ - მომჭიმავი მოწყობილობა - ოთხსაცემელებიანი სამჭედლო ბლოკი, რომლის ასამოქმედებლად შესაძლებელია ექსცენტრულ-ბარბაცა ან ჰიდრავლიკური წნეხის გამოყენება, რაც საგრძნობლად ამარტივებს სპირა-ლური ღარების მიღების პროცესს მილის შიგა ზედაპირზე.

შემუშავებულია ასევე აირ-ჰიდრავლიკური საჭედი მანქანა, რაზედაც საქპატენტის მიერ გაცემულია პატენტი №P 7153 B (10.12.2020),

გ.ბ. №10, 2020. ანალოგებიდან განსხვავებით აირ-ჰიდრავლიკურ საჭედ მანქანაში ნამზადის ჭედვის პროცესის ინტენსივობა და მწარმოებლობა მომატებულია. მანქანის სქემა მოცემულია ნახ. 15-ზე.



ნახ. 15. აირ-ჰიდრავლიკური საჭედი მანქანის სქემა

მანქანა შეიცავს მუშა ცილინდრებს 1, რომელთა დგუშების ჭოკები 2 ამორტიზატორების 3 საშუალებით შეერთებულია დარტყმით მასებთან 4, რომლებზეც დამაგრებულია საცემელები 5. ყოველივე მუშა ცილინდრი 1 ზედა ნაწილით ხისტადაა შეერთებული რგოლური ფორმის მაღალი წნევის აირის რესივერთან 6, რომელიც ამავე დროს ფაქტობრივად წარმოადგენს მანქანის კორპუსს. მაღალი წნევის აირის რესივერი საერთოა ყველა მუშა ცილინდრისათვის. მუშა ცილინდრების 1 ქვედა არე დახურულია სახურავებით 7 და მილაკის მეშვეობით უერთდება მაღალი წნევის ჰიდრავლიკურ სისტემას. მუშა ცილინდრები განლაგებულია წრეზე რადიალურად. დარტყმითი მასების 4 გვერდებზე მიმაგრებულია კბილა ლარტყები 8, რომლებიც მოდებაშია მასინქრინიზებელ

კბილანებთან 9 და 10. კბილანები 9 და 10 მოთავსებულია მანქანის კორპუსის ცილინდრულ გამონაჩარხებში.

მანქანის მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში. ჰიდრავლიკური სისტემიდან მაღალი წნევის (p , ატმ) სითხე მიეწოდება მუშა ცილინდრების 1 ქვედა არეში, რის შედეგად ცილინდრების დგუშები გადალახავენ რესივერში 6 მაღალი წნევის (p_0 , ატმ) ქვეშ მყოფ აირის წინააღმდეგობას და რადიალურად გადაადგილებენ დარტყმით მასებს 4 საცემელებთან 5 ერთად მანქანის პერიფერიისაკენ. ამ ქმედებით მანქანა მოდის მზადყოფნაში სამუშაოს შესასრულებლად. საცემელებს შორის უბანში ნამზადის მიწოდებისთანავე მუშა ცილინდრების 1 ქვედა არე მკვეთრად გაითიშება მაღალი წნევის სისტემიდან და შეუერთდება ატმოსფეროს, რის გამო ამ არეში წნევა მკვეთრად ეცემა და რესივერის 6 ზედა არეში მყოფი მაღალი წნევის აირის ზემოქმედებით ცილინდრების 1 დგუშები დარტყმითი მასებთან 4 და საცემელებთან 5 ერთად სწრაფად გაქანდება პერიფერიიდან მანქანის ცენტრისაკენ და აწარმოებენ დარტყმას ნამზადზე, რითაც სრულდება ლითონის დეფორმაცია.

დარტყმითი მასების 4 გვერდებზე მიმაგრებული კბილა ლარტყები 8, მასინქრინიზებელ კბილანებთან 9 და 10 ერთად, უზრუნველყოფენ დარტყმი-თი მასების შეტანხმებულ მოძრაობას, რაც აუცილებელია იმისათვის, რომ საცემელებმა ერთდროულად შეასრულონ დარტყმითი ზემოქმედება ნამზადზე.

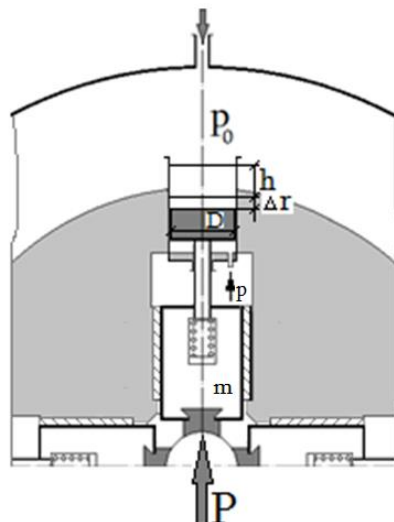
დეფორმაციის მუშაობის ციკლის დამთავრებისთანავე მუშა ცილინდრების ქვედა არეები კვლავ უერთება მაღალი წნევის ჰიდრავლიკური სისტემას და მანქანა მოდის მზადყოფნაში დეფორმაციის შემდეგი ციკლის შესასრულებლად.

წარმოდგენილი მანქანის დადებითი ეფექტი განპირობებულია იმით, რომ მისი კონსტრუქციული სქემა შეიცავს წრეზე რადიალურად განლაგებულ მუშა ცილინდრებს, რომელთა ზედა არე შეერთებულია მაღალი წნევის აირის რესივერთან, რომელიც საერთოა ყველა მუშა

ცილინდრისათვის. ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება დაერთვითი ძალით ნამზადზე ზემოქმედება ერთდროულად რამოდენიმე მხრიდან, რის გამო ნამზადის განივკვეთში იქმნება დეფორმაციის ხელსაყრელი სქემა - ყოველმხრივი კუმშვის დამაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა. ეს კი მკვეთრად ამცირებს ნამზადის განივკვეთში გამჭიმავი ძაბვების წარმოშობის და ბზარების გაჩენის ალბათობას, ე.ი. ხარისხიანი პროდუქციის გამოშვების შესაძლებლობა მატულობს, ჭედვის პროცესის ინტენსივობა არ იზღუდება (ვინაიდან ნამზადის განივკვეთში გამჭიმავი ძაბვების კრიტიკულ მნიშვნელობამდე მიღწევის კი არა, არამედ საერთოდ მათი გაჩენის ვარაუდი პრაქტიკულად უმნიშვნელოა). ამიტომ შესაძლებელია ნამზადის დეფორმაციის ხარისხის მომატება და ჭედვის პროცესის უფრო ინტენსიურ რეჟიმზე წარმართვა, რის გამო საჭედი დანადგარის მწარმოებლობა იზრდება.

დისერტაციაში შემუშავებულია აირ-ჰიდრაულიკური რადიალურ-საჭედი მანქანის პარამეტრების ანგარიშის მეთოდიკა, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია ვიანგარიშით მანქანის პარამეტრები - რესივერის ჰაერის საწყისი და საბოლოო წნევა ჰიდროსისტემის, ჰაერის საერთო მოცულობა აკუმულატორში, სიმძლავრე ტუმბოს როტორზე.

აირ-ჰიდრაულიკური საჭედი მანქანის ეფექტური ენერგია განსზღვრულია ნახ. 16-ზე მოცემული სქემის მიხედვით.



ნახ. 16. აირ-ჰიდრაულიკური მანქანის საჭედი ბლოკის სქემა

პლასტიკური დეფორმაციის მუშაობა ერთი ციკლში უდრის:

$$A_{\text{პლასტ}} = \frac{1}{2} P \cdot \Delta r,$$

სადაც P არის ლითონის პლასტიკური დეფორმაციისათვის საჭირო ძალა;

Δr – ლითონის გადაადგილება პლასტიკური დეფორმაციის დროს,

რომელიც ტოლია: $\Delta r = \frac{d_0 - d_1}{2}$, აქ d_0, d_1 – ნამზადის დიამეტრები,

შესაბამისად, საწყისი და საბოლოო დიამეტრი.

ენერგეტიკული ბალანსის განტოლებიდან მიღებულია აირის საწყისი წნევის მნიშვნელობას რესივერში:

$$p_0 = \frac{2V_0}{(n-1)P \cdot \Delta r} [1 - (\frac{V_0}{V})^{n-1}].$$

აირის წნევის მნიშვნელობა გაფართოების შემდეგ რესივერში მიღებულია ადიაბატური პროცესის განტოლებიდან:

$$pV^n = Const \text{ ანუ } p_0V_0^n = pV^n,$$

წნევა რესივერში აირის გაფართოების შემდეგ იქნება:

$$p = p_0 (\frac{V_0}{V})^n = p_0 [\frac{V_0}{V_0 + \pi D^2 (h + \Delta r)}]^n.$$

ჰაერის საერთო მოცულობა აკუმულატორში უდრის:

$$V_B = \frac{V_p K}{1/\sqrt[n]{1-m} - 1} = \frac{V_p K \sqrt[n]{1-m}}{1 - \sqrt[n]{1-m}}.$$

სიმძლავრე ტუმბოს როტორზე უდრის: $N = \frac{1000pQ_e}{\eta_0 \eta_m}$ კვტ, სადაც p

აირის ტუმბოს მიერ განვითარებული წნევა; η_m ტუმბოს მექანიკური მარგი ქმედების კოეფიციენტი, რომელიც (0,94-0,96) ფარგლებშია.

დასკვნა

1. დადგენილია, რომ ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების დამუშავებისათვის მიზანშეწონილია რადიალური ჭედვის მეთოდის გამოყენება, რაც უზრუნველყოფს პროდუქციის ხარისხის ამაღლებას და ლითონის მნიშვნელოვან ეკონომიას.
2. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ რადიალური მოჭიმვის პროსესში დეფორმაციის კერის ლითონით შევსების დროს ინსტრუმენტზე მოქმედი ძალები ჯერ სწრაფად იზრდება, შემდეგ უფრო ნაკლები სიჩქარით აღწევს დეფორმაციის დაყმარებული პროცესის ძალას, ამასთან მოჭიმვის ძალის მაქსიმალური მნიშვნელობა ნამზადის დიამეტრის და მიჭიმვის პროპორციულია.
3. დადგენილია, რომ დეფორმაციის კერის ლითონით შევსების პროცესში σ_1 და σ_3 ძაბვების აბსოლუტური მნიშვნელობები მცირდება, ხოლო σ_2 ძაბვის - იზრდება, ამასთან რადიალური და ღერძული ძაბვების მნიშვნელობები თითქმის ერთმანეთის ტოლია, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ლითონი ამ უბანზე იმყოფება სუფთა ძვრის დაძაბულ მდგომარეობაში, სადაც პლასტიკური დეფორმაცია ინტენსიურად მიმდინარეობს.
4. დადგენილია, რომ ნიმუშების რადიალური მოჭიმვუს პროცესში ადგილი აქვს მიკროსტრუქტურის ცვლილებას - მარცვლების ზომები და ფორმა შეცვლილია, მარცვლის მთლიანობა რიგ შემთხვევაში დარღვეულია, ამასთან ეს ცვლილება უფრო მკვეთრად არის გამოკვეთილი უფრო დიდი დეფორმაციის დროს. რაც შეეხება მექანიკური თვისებების ცვლას - დურალუმინის ნიმუშების მიკროსისალე გაზრდილია, ადგილი აქვს ასევე ალუმინის ნიმუშების მიკროსისალის შედარებით მცირე ზრდას.
5. რთული კონფიგურაციის შიგა ზედაპირის მქონე ღერძსიმეტრიული ნაკეთობების დასამუშავებლად შექმნილია ახალი ტიპის რადიალურ-მომჭიმავი მოწყობილობა ოთხსაცემელებიანი სამჭედლო ბლოკის სახით, რომლის ამძრავად შესაძლებელია ექსცენტრულ-ბარბაცა ან ჰიდრავლი-

კური წნეხის გამოყენება, რაც საგრძნობლად გაამარტივებს სპირალური ღარების ან კუთხვილების მიღების პროცესს მილის შიგა ზედაპირზე.

6. შემოთავაზებულია რადიალური ჭედვის ახალი აირ-ჰიდრავლიკური მანქანა (პატენტი P 7153B, 2020), რომელზეც შესაძლებელია ნამზადის დეფორმაციის ხარისხის მომატება და ჭედვის პროცესის უფრო ინტენსიურ რეჟიმზე წარმართვა, რის გამო საჭედი დანადგარის მწარმოებლობა იზრდება.

7. შემუშავებულია აირ-ჰიდრავლიკური რადიალურ-საჭედი მანქანის ანგარიშის მეთოდის, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვიანგარიშოთ მანქანის ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრები, როგორცაა ჰაერის საწყისი წნევა რესივერში, წნევა რესივერში ჰაერის გაფართოების შემდეგ, ჰაერის საერთო მოცულობა აკუმულატორში, ჰიდრავლიკური სისტემის ტუმბოს მიწოდება, სიმძლავრე ტუმბოს როტორზე.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში:

1. ს. მებონია, დ. გვენცაძე, ა. შერმაზანაშვილი. ცილინდრული ნამზადის რადიალური მოჭიმვის პროცესში დეფორმაციების და ძაბვების კვლევა. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, № 3 (729), თბილისი, 2018. - გვ. 47-56.
2. ა. შერმაზანაშვილი, ს.მებონია, დ. შარაშენიძე, დ. გვენცაძე. რადიალური მოჭიმვის პროცესში ძალების კვლევა ექსპერიმენტის მათემატიკური მეთოდის გამოყენებით. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1(735), თბილისი, 2021. გვ. 51– 59.
3. ა. შერმაზანაშვილი, ს.მებონია. დერძსიმეტრიული ნაკეთობების რთული კონფიგურაციის ფორმირების პროცესების ანალიზი. სტუ-ს შრომები №1(515), თბილისი 2020. – 115-123 გვ.
4. T. Natriashvili, S. Mebonia, R. Kavtaradze, A. Shermazanashvili. Analysis of Kinematic schemes of Radial-forging Machines and the Choice of Rational Scheme. Problems of Mechanics, № 3(76). Tbilisi, 2019. - p. 31-38.
5. T. Natriashvili, S. Mebonia, G. Sakhvadze, A. Shermazanashvili. Dynamic Analysis of Eccentric-rod Radial Forging Machine. Problems of Mechanics, № 2(79). Tbilisi, 2020. - Pp. 43-49.
6. T. Natriashvili, S. Mebonia, A. Shermazanashvili. Determination of Rational Parameters of the Dynamic System of Radial Forging Machine. Problems of Mechanics, № 2(75). Tbilisi, 2019. - p. 53-59.
7. T. Natriashvili, S. Mebonia, A. Shermazanashvili, M. Ben Chaim. Method of Calculating of the Compression Mechanism of an Eccentric-Rod Radial Forging Machine. Problems of Mechanics. №4(81). Tbilisi, 2020. - p. 45-52
8. T. Natriashvili, S. Mebonia, A. Shermazanashvili. Method of Calculating the Deformation Force During Plastic Processing of Axisymmetric Long-Length Hollow Product. Problems of Mechanics, №1(82). Tbilisi 2021. - p. 29-36.
9. ს. მებონია, თ. ნატრიაშვილი, ა. შერმაზანაშვილი. აირ-ჰიდრავლიკური საჭედი მანქანა. პატენტი P 7153B, 2020.
10. ა. შერმაზანაშვილი. რადიალურ-საჭედი მანქანების ანალიზი და ახალი კონსტრუქციის შემუშავება. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი: ენერჯია №2 (98) , თბილისი, 2021.

Abstract

The thesis work – “ Research and improvement of the process of plastic shaping of a complex surface configuration of axisymmetric products” - is presented in a typed (121) pattern and includes introduction, literature review, results and their discussion, conclusion and bibliography.

The introduction involves substantiation of the topic actuality, the status of studying it, research objectives and tasks, methodological grounds, scientific novelties, obtained in the framework of the thesis, theoretical and practical significance of the work.

Using the radial forging method is especially advantageous in mechanical engineering, particularly in automobile engineering, petroleum equipment construction and many other fields, in order to process the complex shaped, long sized, axis symmetric details. Such details include stepped shafts and axes, cone-shaped and grooved details.

Despite of the conspicuous achievements in this field, according to the scientific technical and patent literature review, the radial forging technology and constructions of its appliances require further improvement and is extremely important task, which leads to the actuality of this thesis.

The first section of the dissertation – literature review – provides the analysis of the works about radial forging problems, its technology and appliances, carried out by foreign and Georgian scientists.

In this part, the analysis of the existing processes of forming a complex configuration of the internal surface of axis symmetric products, including spiral slots, is carried out, their positive and negative sides are established.

The second part of the dissertation is presented in several paragraphs. These include: "A method of determining the for acting in the process of radial forging of axisymmetric products is proposed", "Experimental study of forces and stresses of radial compression", "Development of the technological process of radial forging of axis symmetric products", "Development of new designs of radial forging machines", "Development of gas-hydraulic radial forging machine".

The thesis includes a method of determining the forces acting in the process of radial forging of axisymmetric products and experimental investigation forces and stresses of radial-forging process on an special experimental device. By means of a standard test press of this device, forces, acting on cylindrical lead samples were studied on different modes of radial deformation.

Mathematical modeling of the experiment allowed us to build a formula for calculating the radial forging force analytical method for any sample size, on different deformation modes. The results of the trial is given in diagrams, which show the growth of radial forging force while filling the deformation zone with metal.

Using the coordinate grid method, the stress - strain state of the metal in the process of radial compression was studied, which showed that the values of the radial and axial stresses are almost equal in the process of deformation. This

indicates that the metal in this zone is in a very close to the state of net shift deformation, where plastic deformation develops intensively.

Metallographic studies of deformed samples were carried out. Microstructural analysis was performed using a Neofot-32 metallographic microscope. As a result, it was found that during radial compression, significant changes occur in the structure of the metal.

In the framework of the dissertation, the radial forging technology of axis symmetrical details is elaborated. In the example of a long-sized axis symmetrical detail with complex-shaped inner surface, the method of technological mode and tool calculation is presented, by which rational parameters of technological tools – heads and mandrels - are defined.

To ensure the normal operation of the radial forging process, it is very important to accurately determine the values of dynamic factors. In this regard, in dissertation the dynamic loads of the drive of the radial forging machine are studied, its equivalent scheme and differential equations are compiled. The system of differential equations is written in terms of the moments of elastic forces, after which its solutions are obtained. From the analysis of the solutions, the conditions for achieving the maximum values of the moments of elastic forces in the transmission of the drive of the radial forging machine are obtained.

Based on the analysis of modern radial-forging machines, a new gas-hydraulic radial-forging machine is elaborated. Sakpatenti has made a positive decision to grant the patent №P 7153 B (10.12.2020), B.I. №10, 2020. The technological possibilities of the machine are significantly increased in comparison with its analogues.

In the dissertation a method for calculating the main parameters for a gas-hydraulic radial forging machine is developed. This method can be used to calculate the parameters of the machine, including the initial air pressure in the receiver, the air pressure in the receiver after expansion, the total volume of air in the battery, the pump supply of the hydraulic system, the pumping power of the pump rotor.

The obtained results are given in the conclusion of the thesis.