

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

სანდრო ქათამაძე

ღითონების წნევით დამუშავების ახალი სპეციალიზირებული
პროცესების დამუშავება და კვლევა

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი

2014 წ.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი
მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტში

ხელმძღვანელი: პროფ. ჯ. ლომსაძე

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის "-----" -----, ----- საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და
მეტალურგიის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

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

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

თემის აქტუალობა. ცნობილია ლითონების წნევით დამუშავების ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესები, რომლებიც კაცობრიობის ცივილიზაციის განვითარებასთან ერთად თანდათანობით იქმნებოდა. ეს პროცესებია: ჭედვა, შტამპვა, წნეხა, აღიდვა, გრძივი და განივი გლინვა. აღნიშნული ტექნოლოგიური პროცესებით წარმოებული პროდუქციის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა სარკინიგზო, საავტომობილო, საავიაციო და სამშენებლო ინდუსტრიების განვითარება (ამ პროდუქციის ქვეშ იგულისხმება – რელსები და სხვა ფასონური პროფილის ნაგლინი, უნაკერო მილები, ფოლადისა და ფერადი ლითონების ფურცლები, არმატურა და სხვ.)

XX საუკუნის დასაწყისიდან მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში ჩნდება ლითონების წნევით დამუშავების ე.წ. სპეციალიზირებული პროცესები და შესაბამისი მოწყობილობები ესენია: ვალცვა, პერიოდული პროფილების გრძივი და განივი გლინვა, ხრახნული პროფილების გლინვა, განივ სოლური გლინვა, კბილათვლების კბილების შემოგლინვა ან დაწნეხით ფორმირება, მასიური ხასიათის ლითონური ნაკეთობების მიღების ავტომატური და როტორულ-კონვეიერული მოქმედების დანადგარები, ლითონის დასამუშავებელი რადიალურ-მომჭიმავი მანქანა, ელექტროდასმა, შტამპვა აფეთქების ენერჯის გამოყენებით და სხვა. მათი ძირითადი მიზანია სხვადასხვა ლითონური ნაკეთობების მისაღები ისეთი ნამზადების წარმოება რომელთა ფორმები და ზომები მიახლოებული იქნება მზა ნაკეთობების ფორმასთან და ზომებთან. ამით მინიმუმამდე შემცირდება ან სულ გამოირიცხება შემდგომი ჭრით დამუშავება. აგრეთვე ჩვეულებრივი ან ფასონური ნაგლინის მიღება რომლისგანაც მზა პროდუქციის მისაღებად მინიმალური გადასვლების რიცხვი იქნება საჭირო.

მოცემულ სადისერტაციო ნაშრომში დამუშავებული, თეორიულად გამოკვლეული და პრაქტიკულად შემოწმებული ლითონების წნევით დამუშავების ახალი სპეციალიზირებული პროცესები სწორედ ზემოთ ჩამოთვლილ მიზნებს ემსახურება, რაც ნაშრომის თემის აქტუალობაზე მეტყველებს.

მეცნიერული სიახლე.

* დამუშავებულია კვადრატული კვეთის ნაგლინის მიღების ახალი ტექნოლოგიური პროცესი და მისი განხორციელების ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს შედარებით დიდი კვეთის მქონე ნამზადის უწყვეტ ჩამოსხმას, მის შესურებას გლინვის ტემპერატურამდე და მისგან რამოდენიმე მცირე კვეთის კვადრატული ნამზადების ერთდროულ გლინვას სპეციალურ კალიბრებში (საქპატენტი გამოგონებაზე №P5498,2012წ.)

* დადგენილი იქნა დიაგონალური სიბრტყეებით დაკავშირებული კვადრატული პროფილების ერთდროული გლინვისას დეფორმაციის კერის გეომეტრიული და ძალური პარამეტრები.

* გლინვის პროცესში აღძრული ხახუნის ჭარბი ძალების თეორიული ანგარიშის საფუძველზე დადგენილი იქნა მათი გამოყენების შესაძლებლობა გლინებიდან გამოსვლის პროცესში დიაგონალური სიბრტყეებით დაკავშირებული კვადრატების განცალკევებისათვის.

* თეორიული კვლევის საფუძველზე მიღებულია მოძრავ თვალაკებში საკონტაქტო და ადიდვის ხვედრითი ძალების საანგარიშო ფორმულები.

* დამუშავებული და რეალიზებული იქნა ლაბორატორიულ პირობებში ცილინდრული კბილათვლის კბილების პლასტიკური ფორმირების ახალი პროცესი (საქპატენტი № P5870,13.08.2013)

ავტორის პირადი წვლილი. ავტორის მიერ უშუალოდ შესრულებული იქნა ნაშრომში მოცემული თეორიული ანგარიშები. მისი მონაწილეობით დაგეგმილი და დამზადებული იქნა ექსპერიმენტალური კვლევებისათვის საჭირო მატერიალურ-ტექნიკური აღჭურვილობა. ექსპერიმენტები ჩატარებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ლითონების წნევით დამუშავების ლაბორატორიაში

ნაშრომის აპრობაცია. დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენებულია: 2010-2013 წლებში, ყოველწლიურ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე.

პუბლიკაციები. დისერტაციის მასალები გამოქვეყნებულია სტატიებში. მიღებულია ორი პატენტი გამოგონებაზე (№5497, 2013წ. და №5870 2013წ.)

ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავალისაგან, ოთხი თავისაგან, დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. მასალა მოიცავს 123 გვერდს, მათშორის 9 ცხრილს, 40 ნახაზსა და 70 დასახელების გამოყენებულ ლიტერატურას.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

პირველ თავში განხილულია ლითონების წნევით დამუშავების არსებული ძირითადი სპეციალიზირებული პროცესები, მათი დანიშნულება, დადებითი მხარეები და ნაკლი. უნდა აღინიშნოს რომ, სპეციალიზირებული პროცესების გაჩენა განპირობებული იყო მანქანათმშენებლობის სწრაფი განვითარებით და მასიური ხასიათის ლითონურ ნაკეთობებზე გაზრდილი მოთხოვნით. მოცემული პროცესები უზრუნველყოფენ ლითონურ ნაკეთობათა ხარისხის ამაღლებას, მწარმოებლობის ზრდას და ლითონის მნიშვნელოვან ეკონომიას.

ახალი სპეციალიზირებული პროცესების შექმნაში მნიშვნელოვანი წვლილი მიუძღვის ჩვენი უნივერსიტეტის ლითონების წნევით დამუშავების კათედრის პროფესორებს ჯემალ ლომსაძეს და მერაბ მიქაუტაძეს, რომლებმაც წლების განმავლობაში აღნიშნულ პროცესებს მიუძღვნეს მეტად მნიშვნელოვანი გამოგონებები.

დღეისათვის საქართველოში მრეწველობა თითქმის არ არსებობს, ამიტომ იგი ძირითადად მომხმარებელია ლითონების წნევით დამუშავების როგორც ტრადიციული ისე არატრადიციული პროცესებით მიღებული პროდუქტისა.

სამწუხაროდ აღარც მეტალურგიული წარმოებაა თავის სიმაღლეზე. რუსთავის მეტალურგიული ქარხანა და კერძო საამქროები ძირითადად არმატურაზე მუშაობენ აღარ იგლინება ისეთი ფართო მოხმარების პროდუქცია როგორცაა გლინულა. აღნიშნული მდგომარეობის გათვალისწინებით ჩვენს მიერ დამუშავებული, გამოკვლეული რიგი სპეციალიზირებული პროცესები პრაქტიკულად ლაბორატორიულ პირობებში იქნა განხორციელებული, რომლებიც განხილულია დისერტაციის მომდევნო თავებში.

მეორე თავი ეძღვნება წვრილსორტული ლითონპროდუქციის გასაგლინ მცირე კვეთის კვადრატული ნამზადების გლინვის ორიგინალურ მეთოდს. დღეისათვის წვრილსორტული ლითონპროდუქციის გასაგლინად მეტალურგიული ქარხნები იყენებენ 100X100 მმ კვეთის ნაგლინს ან უწყვეტი ჩამოსხმის ნამზადებს. მოცემული ნამზადებიდან მცირე კვეთის მზა პროდუქციის მიღება

მოითხოვს მრავალჯერად გადასვლებს და შესაბამისად მრავალ საგლინავ დგანებს.

წვრილსორტული ლითონპროდუქციის წარმოებისათვის კი მეტად მომგებიანია მცირე კვეთის (60X60მმ ან 50X50მმ) კვადრატული ნამზადების გამოყენება, რადგან ისინი მოითხოვენ მცირე გატარებათა რიცხვს და შესაბამისად ნაკლებ საგლინავ დგანებს.

ბლუმინგის და სანამზადე საამქროს გამოყენებით 100X100მმ კვეთის ნამზადების წარმოება საკმარისად ძვირი იყო. ბოლო წლებში იგი შეცვალა ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმის მანქანებით ჩამოსხმულმა ნამზადებმა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ 100X100მმ და 80X80მმ-ზე უფრო ნაკლები კვეთის ნამზადების უწყვეტი ჩამოსხმა არაეკონომიურია ჩამოსხმის დაბალი სიჩქარის გამო.

აქედან გამომდინარე ჩვენს მიერ წამოყენებული, დამუშავებული, გამოკვლეული და ექსპერიმენტალურად განხორციელებული იქნა ლაბორატორიულ პირობებში მცირე კვეთის კვადრატული ნამზადების გლინვის ორიგინალური მეთოდი (საქპატენტი, გამოგონებაზე № 5498 2012წ.), რომელიც მდგომარეობს შემდეგში: ვინაიდან ფოლადის უწყვეტი ჩამოსხმის მანქანებზე მცირე კვეთის ნამზადების ჩამოსხმა არაეფექტურია, დაბალი წარმადობის გამო (განსაკუთრებით დიდი ტონაჟის მანქანებზე თითქმის შეუძლებელია), ამიტომ ჩამოსხმება რამოდენიმე მცირე კვეთის კვადრატების ჯამურ ფართზე ორჯერ მეტი ფართის მქონე მართკუთხა ნამზადი (რაც ადვილად მიიღწევა), რომელიც ჩამოსხმის პროცესში იჭრება გარკვეული სიგრძის ნამზადებად და ცხელ მდგომარეობაში თანდათანობით ჩაიტვირთება მეთოდურ ღუმელში, რათა გახურდეს გლინვის ტემპერატურამდე (1170-1200C⁰) გახურების შემდეგ სპეციალური კალიბრების მქონე დუო რევერსულ დგანზე ერთდროულად (დაწყვილებულად) გაიგლინება რამოდენიმე მცირე კვეთის კვადრატული ნამზადები, რომლებიც ერთმანეთთან დიაგონალურ სიბრტყეში დაკავშირებული იქნებიან ლითონის თხელი ფენით. მათი განცალკევება მოხდება გლინებიდან გამოსვლისთანავე გლინვის პროცესში აღძრული ხახუნის ჭარბი ძალების გამოყენებით.

ნაშრომში დამუშავებულია სამი კვადრატული კვეთის (60X60მმ) ნამზადის დაწვეილებული გლინვის ტექნოლოგიური პროცესი.

პირველყოფლისა ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტები ლაბორატორიულ დგან 150-ზე ტყვიის მართკუთხა კვეთის სხვადასხვა ზომის ნიმუშებზე, სამი კვადრატი 15X15მმ დაწვეილებულ გლინვაზე. ჩვენს მიზანს წარმოადგენდა დაგვედგინა მართკუთხა კვეთის სხმულის საწყისი ზომების ოპტიმალური პარამეტრები (სიმაღლე – H_0 და სიგანე B_0), რომლებიც მინიმალური გატარებით უზრუნველყოფდა კალიბრების ნორმალურ შევსებას გვერდითი ფხაურის წარმოქმნის გარეშე.

ამ მიზნით ჩამოსხმული იქნა სხვადასხვა სიმაღლისა და სიგანის მქონე მართკუთხა კვეთის ტყვიის სხმულები, ზომებით: სიმაღლე $H_0=18, 20, 22, 24, 26$ მმ. ხოლო სიგანე: $B_0=50, 55, 60, 65$ მმ.

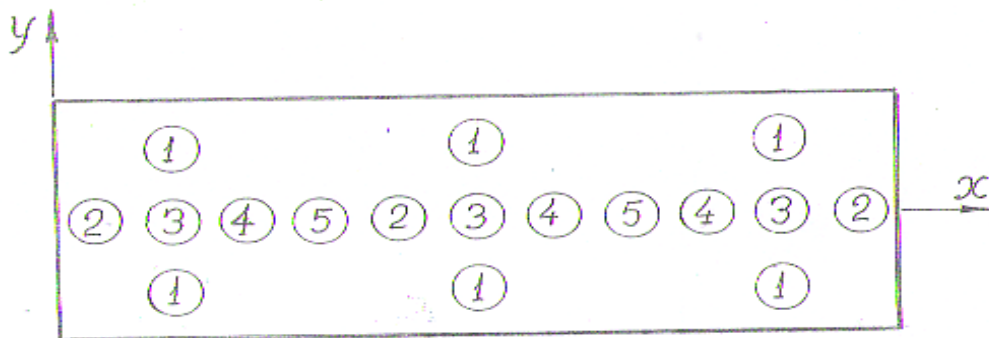
როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენა მართკუთხა სხმულის ოპტიმალურ ზომებად შეიძლება მივიღოთ სიგანე B_0 , სამი კვადრატის დიაგონალების ჯამზე 5-7%-ით ნაკლები, ხოლო სიმაღლე H_0 კვადრატის დიაგონალზე 30-35%-ით მეტი. უფრო მეტი სიმაღლის შემთხვევაში საჭირო იქნება სიგანის უფრო მეტად შემცირება. ნამზადის სიმაღლის გაზრდა როგორც წესი გამოიწვევს გატარებათა რიცხვის ზრდას, რაც აგრეთვე არასასურველია.



ნახ.1. ლაბორატორიულ დგან 150-ზე გაგლინული ტყვიის ნიმუშების

ტემპლებები სხვადასხვა გატარების დროს
ა – ნამზადის არასწორი ზომებით გაგლინვისას
ბ – ოპტიმალური ზომის ნამზადის გაგლინვისას

ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა აგრეთვე დაწყვილებული გლინვის პროცესში დეფორმაციის კერის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობა, რისთვისაც ტყვიის მართკუთხა კვეთის ნამზადის ტორსულ ზედაპირზე დავიტანეთ საკოორდინაციო ბადე (ნახ.2) წრეების სახით და ყოველი გატარებისას ვაკვირდებოდით (ინსტრუმენტალური მიკროსკოპით) ბადის ზომების ცვლილებას.



ნახ.2. ნამზადის ტორსულ ზედაპირზე დატანილი საკოორდინაციო სიბრტყე

ელემენტალური მოცულობები წარმოდგენილი იქნა სფეროების სახით, რომელთა რადიუსი იყო $r_0=1,65\text{მმ}$. დეფორმაციის შემდეგ ისინი გარდაიქმნებოდნენ ელიფსოიდებად. მთავარი დეფორმაციები ასე გამოითვლებოდა:

დიდი დერძის მიმართ:

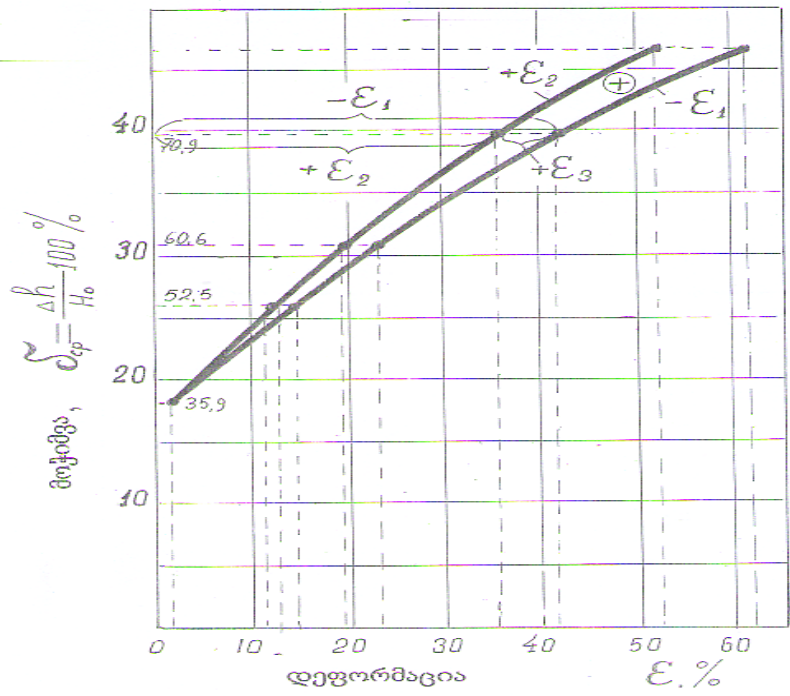
$$\varepsilon_1 = \ln \frac{x}{r}$$

მცირე დერძის მიმართ:

$$\varepsilon_2 = \ln \frac{y}{r}$$

სოლო მოცულობის მუდმივობის პირობიდან $\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 0$, გამომდინარე განისაზღვრებოდა მესამე მთავარი დეფორმაცია – $\varepsilon_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$.

დეფორმაციის კერის ყველაზე მახასიათებელ უბნად ჩვენ ჩავთვალეთ №1 უბანი. მის ფორმაცვლილებებზე დამოკიდებულია მისაღები კვადრატების კუთხეების შევსება. ნახ.2-ზე მოცემულია აღნიშნული ელემენტალური მოცულობის დეფორმაციების ცვლილებების გრაფიკული სახე.



ნახ. 3. მოჭიმვის მიხედვით მოცემულ ელემენტზე მოქმედი მთავარი დეფორმაციების ცვლილებების გრაფიკული სქემა

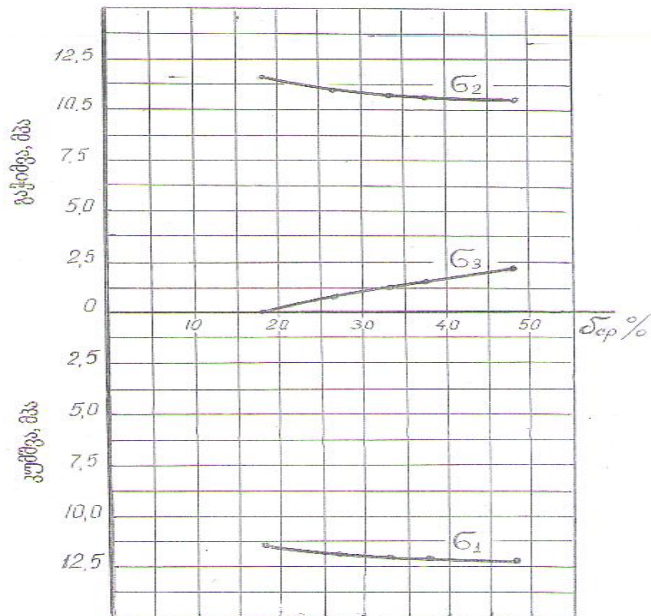
მოცემული დეფორმაციების მიხედვით ვიანგარიშეთ აგრეთვე ძაბვების სიდიდეები. ამ მიზნით გამოვიყენოთ გ.გენკის თეორია მთავარ კოორდინატთა სისტემაში, რომელიც ამყარებს დამოკიდებულებას მთავარი დეფორმაციის კომპონენტებსა და შესაბამის ძაბვებს შორის:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= K\Delta + \frac{2}{3\varphi} \left[\varepsilon_{xx} - \frac{\varepsilon_{yy} + \varepsilon_{zz}}{2} \right] \\ \sigma_2 &= K\Delta + \frac{2}{3\varphi} \left[\varepsilon_{yy} - \frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{zz}}{2} \right] \\ \sigma_3 &= K\Delta + \frac{2}{3\varphi} \left[\varepsilon_{zz} - \frac{\varepsilon_{xx} + \varepsilon_{yy}}{2} \right] \end{aligned} \right\}$$

აგრეთვე პლასტიკურობის პირობა მთავარ კოორდინატთა სისტემაში:

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

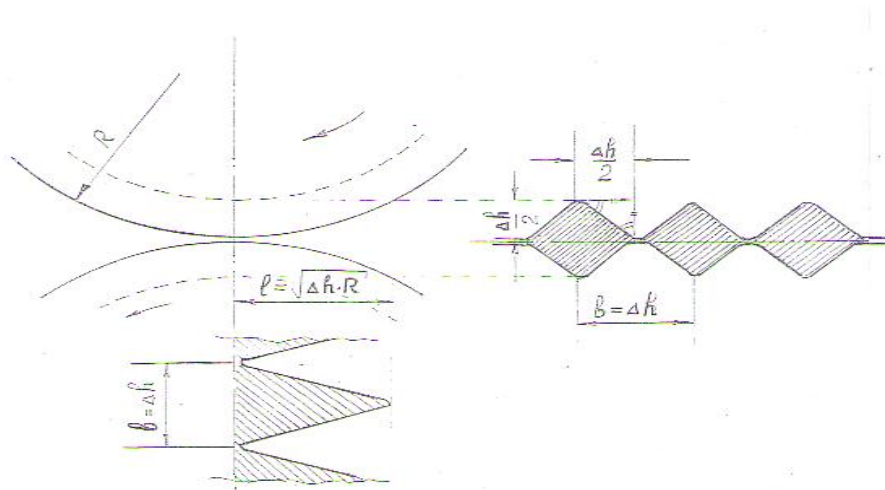
ნახ.3-ზე მოცემულია ელემენტზე მოქმედი ძაბვები მოჭიმვების მიხედვით.



ნახ. 4. მოცემულ ელემენტზე მოქმედი მთავარი ძაბვების ცვლილებები მოჭიმვების მიხედვით

როგორც თეორიულ-ექსპერიმენტალურმა კვლევამ გვიჩვენა კვადრატების დაწვეილებული გლინვისას დეფორმაციის კერა იმყოფება ძვრასთან მიახლოებულ პირობებში, სადაც დეფორმაცია ადვილად მიმდინარეობს, თითქმის ნარჩენი დაძაბულობის გარეშე, მიუხედავად ნაგლინის სიგანის მიხედვით მოჭიმვათა დიდი სხვაობისა, საკმარისად დიდი განივი მკუმშავი ძაბვები აწონასწორებენ დეფორმაციის კერას და კალიბრები თავისუფლად ივსება.

ნაშრომში დამუშავებულია მართკუთხა კვეთის (240X120მმ) უწყვეტი ჩამოსხმის სხმულიდან სამი კვადრატული კვეთის (60X60მმ)ნამზადის დაწვეილებული გლინვის ტექნოლოგიური სქემა (ნახ.5)



ნახ. 5. დაწვილებული კვადრატების გლინვისას საკონტაქტო ფართის გრაფიკული სქემა

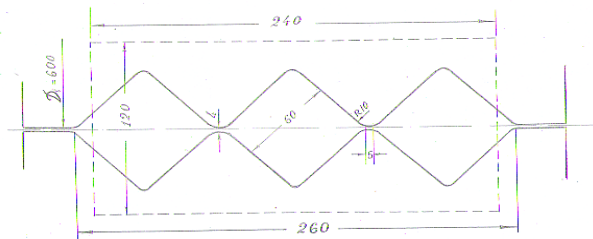
საკონტაქტო ფართის განსაზღვრა. დაწვილებული გლინვის პროცესში საკონტაქტო ფართის განსაზღვრა აუცილებელია პროცესის ძალური პარამეტრების დასადგენად. გამოვიყენეთ გრაფიკული მეთოდი. ნახ.5 ჩანს, რომ თითოეული კვადრატული ნაგლინის საკონტაქტო ფართს აქვს ტოლგვერდა სამკუთხედის ფორმა, რომლის პარამეტრებია: სამკუთხედის სიმაღლე ტოლია დეფორმაციის კერის სიგრძის ბოლო გატარებისას ე.ი.

$$l = \sqrt{\Delta h \cdot R}$$

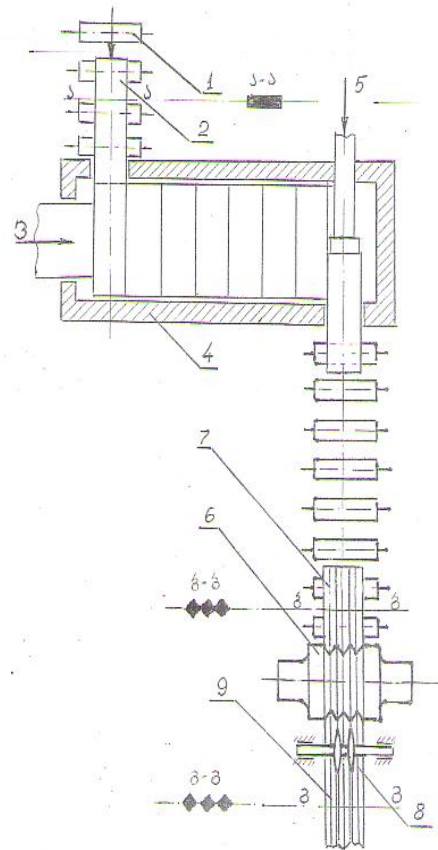
ხოლო, ფუძის სიდიდე ბოლო გატარებისას ტოლია კვადრატის დიაგონალის სიდიდის ე.ი. $b = 1,41a$ (სადაც a -კვადრატის გვერდია). ამრიგად, საკონტაქტო ზედაპირის მთლიანი ჰორიზონტალური ფართი იქნება:

$$F = n0,5bl$$

სადაც n – კვადრატების რაოდენობაა.



ნახ. 6. გლინების კალიბრების
სქემა 3 კვადრატული
ნამზადის (60X60მმ)
ერთდროული
გლინვისათვის
უწყვეტი ჩამოსხმის
სსმულიდან (240X120მმ)



ნახ. 7. კვადრატული
ნამზადების (60X60მმ)
დაწვევილებული
გლინვისათვის
მოწყობილობის
განლაგების სქემა

ცხრილი 1. მოჭიმვების განაწილება ცალკეული გატარებისას

| გატარების № | გამოჭიმვის კოეფიციენტი | აბსოლუტური მოჭიმვა Δh ,მმ | ზოლის განივი კვეთის ფართი მმ ² | ნაგლინის სიგრზე L,მ |
|----------------|---------------------------|--------------------------------------|--|------------------------|
| 0 | 0 | 0 | 2880 | 1,5 |
| 1 | 1,03 | 20 | 27961 | 1,545 |
| 2 | 1,08 | 25 | 25890 | 1,668 |
| 3 | 1,16 | 25 | 22319 | 1,935 |
| 4 | 1,18 | 25 | 18914 | 2,284 |
| 5 | 1,75 | 20 | 10808 | 4,000 |

ნაგლინის განცალკევება ხახუნის ჭარბი ძალების გამოყენებით

მოცემული კვადრატები ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან დიაგონალურ სიბრტყეზე 3-4 მმ სისქის ხიდურებით. ბოლო მეხუთე გატარებისას, გლინებიდან გამოსული კვადრატების განცალკევება ხდება თავისუფლად მბრუნავ დისკური მაკრატლებით. ხიდურების ჭრა ხორციელდება თვით ნაგლინის ღერძული ძალით, რომელსაც ანიჭებს გლინვის დამყარებული რეჟიმის დროს გლინებსა და გასაგლინ ლითონს შორის აღძრული ხახუნის ძალების ჭარბი ენერგია.

ზოლის გლინებიდან გამოსვლის შემდეგ მას გააჩნია საკმარისი კინეტიკური ენერგია, რომ გაიჭრას გლინებსა და მჭრელ დისკებს შორის მოქცეული ზოლის ნაწილი.

დაწვევილებული სამი კვადრატული ნაგლინის აღნიშნული მეთოდის განცალკევების რეალური შესაძლებლობის დასამტკიცებლად ჩატარებული იქნა პროცესის ენერგეტიკული ანგარიში.

პირველ რიგში ვიანგარიშეთ მოცემულ გლინვის პროცესში დეფორმაციის კერაში ბოლო გატარებაზე აღძრული ხახუნის ჭარბი ძალების ენერგია. რისთვისაც ვისარგებლეთ ცნობილი ფორმულით.

$$N_{\text{ჭარ}} = pBD\alpha_1 V(f - f_1) = pBD\alpha_1 V \left(\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \right)$$

სადაც: p - ლითონის ხვედრითი წნევაა გლინებზე, რომელიც გლინვის ბოლო გატარების ტემპერატურისას აიღება 15 კგ/მმ²;

B - გასაგლინი ზოლის სიგანე ბოლო გატარებისას, იგი ტოლია - 260 მმ;

D - მუშა გლინების დიამეტრი, ტოლია - 600 მმ;

α_1 - შეტაცების კუთხე გლინვის დამყარებული რეჟიმის დროს, რადიანებში, გლინვის დამთავრების ტემპერატურაზე 900°C და გლინვის მოცემულ სიჩქარისას $v = 2,8$ მ/წმ, ხახუნის კოეფიციენტი გლინებსა და ლითონს შორის შეადგენს $f_1 = 0,23$ (ე.ი. $\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} = 0,23$)

რასაც შეესაბამება კუთხე $\alpha_1 = 0,453$ რადიანი;

α - შეტაცების კუთხე, რომელიც ტოლია $\operatorname{arctg} f$; სადაც f - ხახუნის კოეფიციენტი გლინებსა და შეტაცებულ ზოლს შორის, იგი

განისაზღვრება ეკელუნდის ფორმულით და მოცემულ შემთხვევისათვის ტოლია $0,32(tg\alpha=0,32)$.

მოცემული სიდიდეების მნიშვნელობების ჩასმით, გლინვის ჭარბი ენერჯის საანგარიშო ფორმულაში მივიღებთ:

$$N_{ჭარ} = 15 \cdot 260 \cdot 600 \cdot 0,453 \cdot 2,8 \cdot (0,32 - 0,23) = 267125 \text{ კგმ/წმ}$$

რაც შეადგენს 2671 კგტ. ენერჯიას.

ამის შემდეგ ვანგარიშობთ გლინებიდან გამოსული სამი კვადრატული ნაგლინის ურთიერთდამაკავშირებელი ორი ხიდურის გასაჭრელ ძალას და საჭირო ენერჯიას, რომელიც უნდა დაძლიოს გლინებიდან გამოსულმა ლითონმა.

ჭრისათვის საჭირო ძალა მოცემულ პირობებში იანგარიშება ფორმულით:

$$P = k \cdot n \cdot 0,5 \frac{S^2}{tg\varphi} \mathcal{E}_{ჭარ}$$

სადაც k - მარაგის კოეფიციენტი, აიღება 1,3

n - ჭრის სიბრტყეთა რაოდენობა ($n = 2$)

S - ხიდურის სისქე ($S = 4\text{მმ}$)

φ - მჭრელი დისკის შეტაცების კუთხე ($\varphi = 17^\circ$)

$\mathcal{E}_{ჭარ}$ - ლითონის ჭრისადმი წინააღმდეგობა ($\mathcal{E}_{ჭ} = 10\text{კგ/მმ}^2$)

ფორმულაში შემაჯავალი სიდიდეების რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ, რომ ხიდურების გაჭრისათვის საჭიროა 694 კგ. ძალა. ამის მიხედვით ჩანს, რომ გლინებიდან გამოსულ ზოლის ჭარბ ენერჯიას უწევს ჭრის ძალის პორიზონტალური მდგენელის გადალახვა, რომლის სიდიდეც იანგარიშება

$$P_x = Ptg\varphi = 694 \cdot tg17^\circ = 231\text{ვატი}=2310 \text{ ნიუტონი}$$

აღნიშნული ძალის გადასალახავი სიმძლავრე ტოლია

$$N_x = P_x V = 2310 \cdot 2,8 = 2468\text{ვატი}=6,5\text{კგტ.}$$

აქ V - გლინვის სიჩქარეა, რომელიც გლინების დიამეტრისა (600მმ) და ბრუნვათა რიცხვისას (90ბრ/წმ), ტოლია 2,8მ/წმ.

როგორც ზემოთ მოცემული ანგარიშიდან ჩანს, გლინებიდან გამოსული ლითონის ენერჯია (2671კგტ) გაცილებით აღემატება ხიდურების გაჭრისათვის საჭირო ენერჯიას (6,5 კგტ).

ზოლის გლინებიდან გამოსვლის შემდეგ რჩება გასაჭრელი ზოლის გარკვეული სიგრძე, რომელიც ტოლია მანძილის, გლინების ღერძიდან დისკურ მაკრატელეზამდე (დაახლოებით 0,5მ). ცხადია გლინებიდან გამოსვლის შემდეგ ზოლი კარგავს ხახუნის ჭარბი ძალებით აღძრულ ენერგიას და დარჩენილი გაუჭრელი ხიდურების გაჭრა მოხდება ზოლის კინეტიკური ენერგიის ხარჯზე, რომელსაც იგი იძენს გლინებიდან გამოსვლის შემდეგ და იანგარიშება:

$$W = \frac{mv^2}{2} = \frac{340(2,8)^2}{2} = 1333 \text{ ჯ}$$

მოცემულმა კინეტიკურმა ენერგიამ უნდა გადალახოს 0,5 მეტრ მანძილზე ხიდურების ჭრისათვის საჭირო მუშაობა, რომელიც ტოლია:

$$A = P_x \cdot L = 2310 \cdot 0,5 = 1155 \text{ ჯ}$$

ამრიგად მოყვანილი ენერგეტიკული ანგარიშები გვიჩვენებს, რომ გლინებიდან გამოსული ზოლის კინეტიკური ენერგია (1333ჯ) აჭარბებს დარჩენილი ხიდურებისათვის გასაჭრელ ენერგიას (1155ჯ), რაც გაგლინული კვადრატული ნამზადების განცალკევების გარანტიას იძლევა.

მესამე თავი ეძღვნება მოძრავ გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვის პროცესის თეორიულ კვლევას. უნდა აღინიშნოს, რომ გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვის პროცესი ნაკლებად არის შესწავლილი, მათი გამოყენება საშუალებას იძლევა ადიდვა ვაწარმოოთ დეფორმაციის მაღალი ხარისხით ე.ი. გავზარდოთ ერთჯერადი გამოჭიმვის კოეფიციენტი და მაშასადამე მინიმუმამდე დავიყვანოთ გატარებათა რიცხვი. კვლევის მიზანს წარმოადგენდა აღნიშნული პროცესის შესაძლო გამოყენება (Φ8-10მმ) წნელოვანი ნაგლინიდან ცივად ადიდვით გლინულას Φ 5,0-6,5მმ მისაღებად.

საქართველოში, კერძოდ რუსთავის მეტალურგიულ ქარხანაში, გლინულა 30 წელზე მეტია აღარ იწარმოება. მისი მიღების ტრადიციული ხერხი ითვალისწინებს წვრილსორტულ საამქროში ჯერ მრგვალი კვეთის წნელოვანი ნაგლინის(Φ8-10მმ)მიღებას და შემდეგ რამოდენიმე ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ გლინებიან მუშა უჯრებში მის უწყვეტ გლინვას ე.წ. უნივერსალურ ბლოკში. აღნიშნული პროცესი მოითხოვს რთულ საგლინავ მოწყობილობას, წამური

მოცულობის ზუსტ დაცვას, მაღალი სიჩქარით (30მ/წმ და მეტი) გლინვას და სპეციალურ გრძელ კონვეირულ სამაცივრო სისტემას, რაც დღეისათვის არ არსებობს, ამიტომ გადავწყვიტეთ ძვირადღირებული უნივერსალური ბლოკის ნაცვლად გლინულას მისაღებად გამოვიყენოთ $\Phi 8-10$ მმ წნელოვანი ნაგლინის ცივად ადიდვა.

$\Phi 8-10$ მმ წნელოვანი ფოლადის ადიდვა უძრავ თვალაკებში თითქმის შეუძლებელია მრავალი გადასვლისა და ადიდვის ძალის სიდიდის გამო, როგორც ცნობილია უძრავ თვალაკებში ადიდვის ძალას უხდება ორი წინააღმდეგობის გადალახვა: 1) ლითონის დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის და ხახუნის ძალების. ამ პირობებში საკმარისად იზრდება ამდიდავი ძაბვის სიდიდე, რომელიც ადიდვის პროცესის ნორმალური წარმართვისათვის აუცილებელია 25%-ით ნაკლები იყოს ასადიდი ლითონის დენადობის ზღვარზე რათა ადგილი არ ქონდეს ლითონის გაწყვეტას.

თუ უძრავ რგოლურ მატრიცებში ამდიდავი ძალის საანგარიშოდ ვისარგებლებთ, ადიდვის პრაქტიკაში ფართოდ მიღებული ა. გაერლენკოს ფორმულით

$$P = \sigma_{\text{ღრ}}(f_0 - f_1)(1 + fctg\alpha)$$

სადაც P - ადიდვის ძალა, კგ;

F_0 და F_1 ღერძის საწყისი და საბოლოო კვეთის ფართი მმ².

σ_F - ლითონის სიმტკიცის ზღვარის საშუალო მნიშვნელობა ადიდვამდე და მის შემდეგ, კგ/ მმ².

f - ხახუნის კოეფიციენტი ლითონის და მატრიცის ზედაპირებს შორის.

α - ადიდვის კუთხე, გრად

ვნახავთ, რომ უძრავ თვალაკებში ნორმალური ადიდვა შეიძლება ვაწარმოოთ ერთეული გამოჭიმვით – 1,14 ამ შემთხვევაში $\Phi 10$ მმ-დან $\Phi 9,5$ მმ-ის მისაღებად საჭირო იქნება 7 გატარება, კვეთის ფართის შემცირების შემდეგი თანმიმდევრობით.

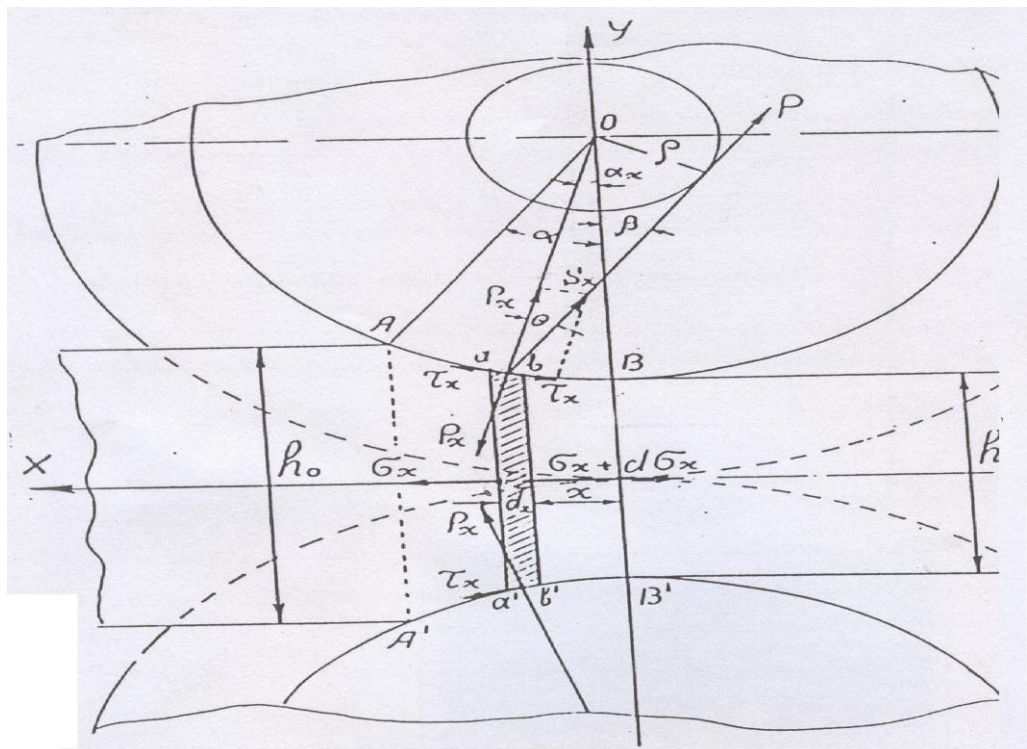
$$68,8 \rightarrow 60,4 \rightarrow 52,9 \rightarrow 46,5 \rightarrow 40,7 \rightarrow 35,7 \rightarrow 31,16$$

რაც ყოვლად მოუხერხებელია და არაეკონომიურია, ამიტომ დასახული მიზნის განსახორციელებლად ჩვენ გადავწყვიტეთ მოძრავ მატრიციანი ადიდვის პროცესის გამოყენება, სადაც სრიალის ხახუნის ნაცვლად საქმე გვაქვს გორვის ხახუნთან (გორგოლაჭების სატაცის

ბურთულა საკისრებში, რომლებშიც ხახუნის კოეფიციენტი უმნიშვნელოა ($f = 0.05$). დეფორმაციის კერაში კი ხახუნის ძალები, გორგოლაჭების თავისუფალი ბრუნვის გამო ძალზე მცირეა, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ინსტრუმენტის ცვეთას.

გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვის პროცესი ნაკლებად არის შესწავლილი, მათი გამოყენება საშუალებას იძლევა ადიდვა ვაწარმოთ დეფორმაციის მაღალი ხარისხით ე.ი. გავზარდოთ ერთჯერადი გამოჭიმვის კოეფიციენტი და მაშასადამე, მინიმუმამდე დავიყვანოთ გატარებათა რიცხვი.

გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვის ტექნოლოგიური პროცესის პარამეტრების დასადგენად (როგორებიცაა: დეფორმაციის ხარისხი მოცემულ გატარებისას, ადიდვისათვის საჭირო ძალა და გატარებათა მინიმალური რიცხვი) განვიხილოთ დეფორმაციის კერაში მოქმედ ძალთა წონასწორობის პირობა და განვსაზღვროთ საკონტაქტო და ადიდვის ხვედრითი ძალები.



ნახ.8 გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვისას დეფორმაციის კერაში მოქმედ ძალთა სქემა

დეფორმაციის კერაში მოქმედ ძალთა სქემის აღნიშვნებია:

P_x - გორგოლაჭებზე მოქმედი ლითონის ნორმალური წნევა;

T_x - დეფორმაციის კერის საკონტაქტო ზედაპირზე მოქმედი მხები ძაბვები;

σ_x - ნამზადის განივკვეთში მოქმედი ნორმალური ძაბვა;

S_x - სრული საკონტაქტო ძაბვა;

$\alpha_1 \alpha_x$ - შეტაცების კუთხე და მისი მიმდინარე მნიშვნელობა;

$h_0 h_1$ - ნამზადის საწყისი და საბოლოო სიმაღლე;

P - ლითონის სრული წნევა გორგოლაჭებზე;

p - ხახუნის წრის რადიუსი.

დეფორმაციის კერაში ნამზადის ელემენტის წონასწორობის პირობიდან გამომდინარე გვაქვს:

$$2P_x \frac{d_x}{\cos \alpha_x} \cdot \sin \alpha_x + 2\tau_x \frac{d_x}{\cos \alpha_x} \cos \alpha_x - (\sigma_x + d\sigma_x) \cdot 2y + \sigma_x \cdot 2(y + dy) = 0 \dots\dots$$

მოცემული განტოლება გამარტივების შემდეგ ვღებულობს შემდეგ სახეს:

$$P_x \cdot d_x \cdot \operatorname{tg} \alpha_x + \tau_x \cdot d_x - d\sigma_x \cdot y + \sigma_x \cdot dy = 0 \dots\dots$$

აღნიშნული განტოლების ამოხსნისათვის ვიყენებთ პლასტიკურობის პირობას, რომელიც ბრტყელდეფორმირებული მდგომარეობისათვის შემდეგია:

$$P_x - \sigma_x = \pm 2k$$

სადაც k - დენადობის ზღვარია სუფთა ძვრის დროს ვღებულობთ

$$P_x - \delta_x = -2k$$

$$\text{საიდანაც } dP_x = d\delta_x$$

პლასტიკურობის პირობის გათვალისწინებით და მხედველობაში მიღებით, რომ

$$d_x = \frac{dy}{\operatorname{tg} \alpha_x}$$

ვღებულობთ

$$P_x \cdot dy + \tau_x \frac{dy}{\operatorname{tg} \alpha_x} - dP_x \cdot y + (P_x + 2K) \cdot dy = 0 \dots\dots$$

ამ უკანასკნელი განტოლებიდან ვღებულობთ გორგოლაჭების მატრიცებში ადიდვისას ხვედრითი წნევის დიფერენციალურ განტოლებას:

$$dP_x \cdot y - 2P_x \cdot dy + \left(2K + \frac{\tau_x}{tg \alpha_x}\right) \cdot dy = 0 \dots\dots\dots$$

მოცემული განტოლების ამოხსნა დამოკიდებულია საკონტაქტო ზედაპირზე ხახუნის ძალების განაწილების კანონზე. თუ მივიღებთ ხახუნის ძალების განაწილებას კულონ-ამონტონის კანონის შესაბამისად

$$\tau_x = \mu P_x$$

მაშინ გვექნება:

$$\frac{dP_x}{\left[\left(2 + \frac{\mu}{tg \alpha_x}\right)P_x + 2K\right]} = dy \dots\dots\dots$$

AB კონტაქტის რკალის შეცვლით შესაბამისი ქორდით გვექნება:

$$tg \alpha_x \cong tg \frac{\alpha}{2} = \frac{\Delta h}{2\ell}$$

სადაც: Δh - ნამზადის აბსოლიტური მოჭიმვა;

ℓ - შეტაცების რკალის სიგრძე.

ავღნიშნოთ:

$$\left(2 + \frac{\mu}{tg \alpha_x}\right) = m$$

მაშინ განტოლება მიიღებს სახეს:

$$\frac{dP_x}{mP_x + 2K} = \frac{dy}{y}$$

მოცემული დიფერენციალური განტოლების გაინტეგრირებით ვღებულობთ

$$mP_x + 2K = Cy^m \dots$$

ინტეგრირების მუდმივას C , ვსაზღვრავთ სასაზღვრო პირობიდან, როცა: $x = \ell$; $\sigma_x = 0$; $P_x = -2K$, მაშინ:

$$C = \frac{2K(1 - m)}{\left(h_0/2\right)^m}$$

ამ უკანასკნელის მხედველობაში მიღებით, ვღებულობთ შეტაცების რკალის გასწვრივ ხვედრითი წნევის განაწილების განტოლებას:

$$P_x = \frac{2K}{m} \left[1 + (m-1) \left(\frac{2y}{h_0} \right)^m \right]$$

თუ შევიტანთ ხვედრითი წნევის მოცემულ მნიშვნელობას პლასტიკურობის პირობაში მივიღებთ გორგოლაჭებიან მატრიცებში ღერძული ძაბვის (ადიდვის ძაბვის) განმსაზღვრელ ფორმულას:

$$\sigma_x = \frac{2K}{m} (1-m) \left[1 - \left(\frac{2y}{h_0} \right)^m \right]$$

გამოსახულებების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ინსტრუმენტზე ხვედრითი წნევა და ღერძული ძაბვა (ადიდვის ძაბვა) დამოკიდებულია ლითონის მექანიკურ თვისებებზე, დეფორმაციის კერის გეომეტრიულ პარამეტრებზე და ლითონისა და ინსტრუმენტს შორის ხახუნის პირობებზე. ზემოთმოყვანილი ანალიზური ფორმულები შეიძლება გამოყენებული იქნეს გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვის პროცესის ენერგოძალური და ტექნოლოგიური რეჟიმის დასადგენად.

გორგოლაჭებიან მატრიცებში 10მმ დიამეტრის მქონე წნელოვან ნაგლინიდან $\phi 6,5$ მმ გლინულას მისადები მაქსიმალური შესაძლო გამოჭიმვის კოეფიციენტის სიდიდის დასადგენად, ვისარგებლეთ ზემოთმოყვანილი საკონტაქტო ხვედრითი წნევის და ადიდვის ძაბვის საანგარიშო ფორმულების კომპიუტერული გამოთვლებით.

ვინაიდან მრგვალი კვეთის ნამზადის გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვისას საქმე გვაქვს კვეთის არათანაბარ მოჭიმვებთან ამიტომ დეფორმაციის კერის პარამეტრების დასადგენად გამოვიყენეთ საშუალო მნიშვნელობები, კერძოდ: საწყისი ნამზადის საშუალო სიმაღლე ($H_{ს.შ.}$) იქნება მისი კვეთის ფართი (F_0) შეფარდებული კალიბრის სიგანესთან (b).

აღნიშნულის გათვალისწინებით ფორმულებში შემავალი სიდიდეები გამოითვლება:

$$m = \left(2 + \frac{\mu}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right)$$

$$\alpha = \operatorname{arc} \cdot \cos \left(1 - \frac{\Delta h}{2R} \right)$$

$$\Delta h = \frac{F_0}{b} \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right)$$

$$y = \frac{h_1}{2}$$

$$h_0 = \frac{F_0}{b}$$

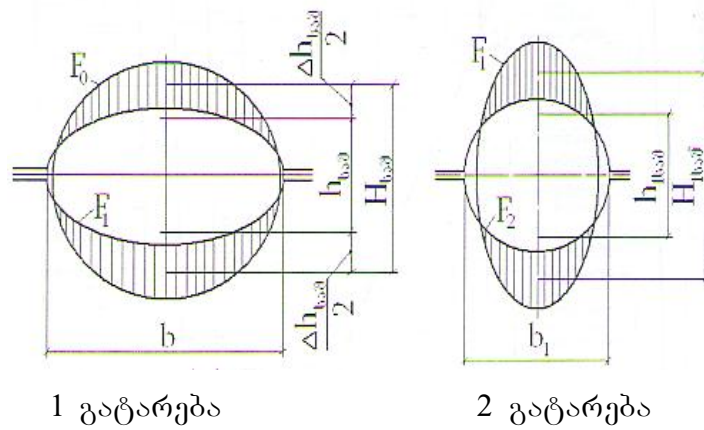
$$h_1 = \frac{F_0}{\lambda b}$$

$$K = \frac{\sigma_{\text{გ}} \cdot \sqrt{3}}{2}$$

გამოთვლები ჩატარებული იქნა გამოჭიმვის კოეფიციენტის (λ) და საკონტაქტო ხახუნის (f) სხვადასხვა მნიშვნელობებისათვის.

კომპიუტერული გამოთვლებისათვის მომზადებული იქნა ძირითადი ტექნოლოგიური პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობები.

| პირველი გატარება | მეორე გატარება |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $b = 10,0$ მმ | $b = 6,5$ მმ |
| $F_0 = 78,5$ მმ | $F_0 = 78,5/\lambda \text{მმ}^2$ |
| $R = 100$ მმ | $R = 100$ მმ |
| $\delta_s = 10$ კგ/ მმ ² | $\delta_s = 10$ კგ/ მმ ² |
| $\lambda = 1,1 \div 2,0$ ბიჯი 0,1 | $\lambda = 1,1 \div 2,0$ ბიჯი 0,1 |
| $f = 0,0; 0,1; 0,2$ | $f = 0,0; 0,1; 0,2$ |



ნახ. 9. მოჭიმვების განაწილება მრგვალი ნამზადის მოძრავ მატრიცებში ადიდვისას

პროგრამაში გამოყენებული ოპერატორების მოკლე აღწერა

b - კალიბრის სიგანე;

λ - გამოჭიმვის კოეფიციენტი;

f - ხახუნის კოეფიციენტი;

R - გორგოლაჭის რადიუსი;

σ_s - დენადობის ზღვარი;

K - დენადობის ზღვარი ხაზობრივი გამოჭიმვის დროს;

F_0 - ნამზადის საწყისი ფართობი;

α - შეტაცების კუთხე;

P_x - ხვედრითი წნევა გორგოლაჭზე;

σ_x - ადიდვის დაბვა;

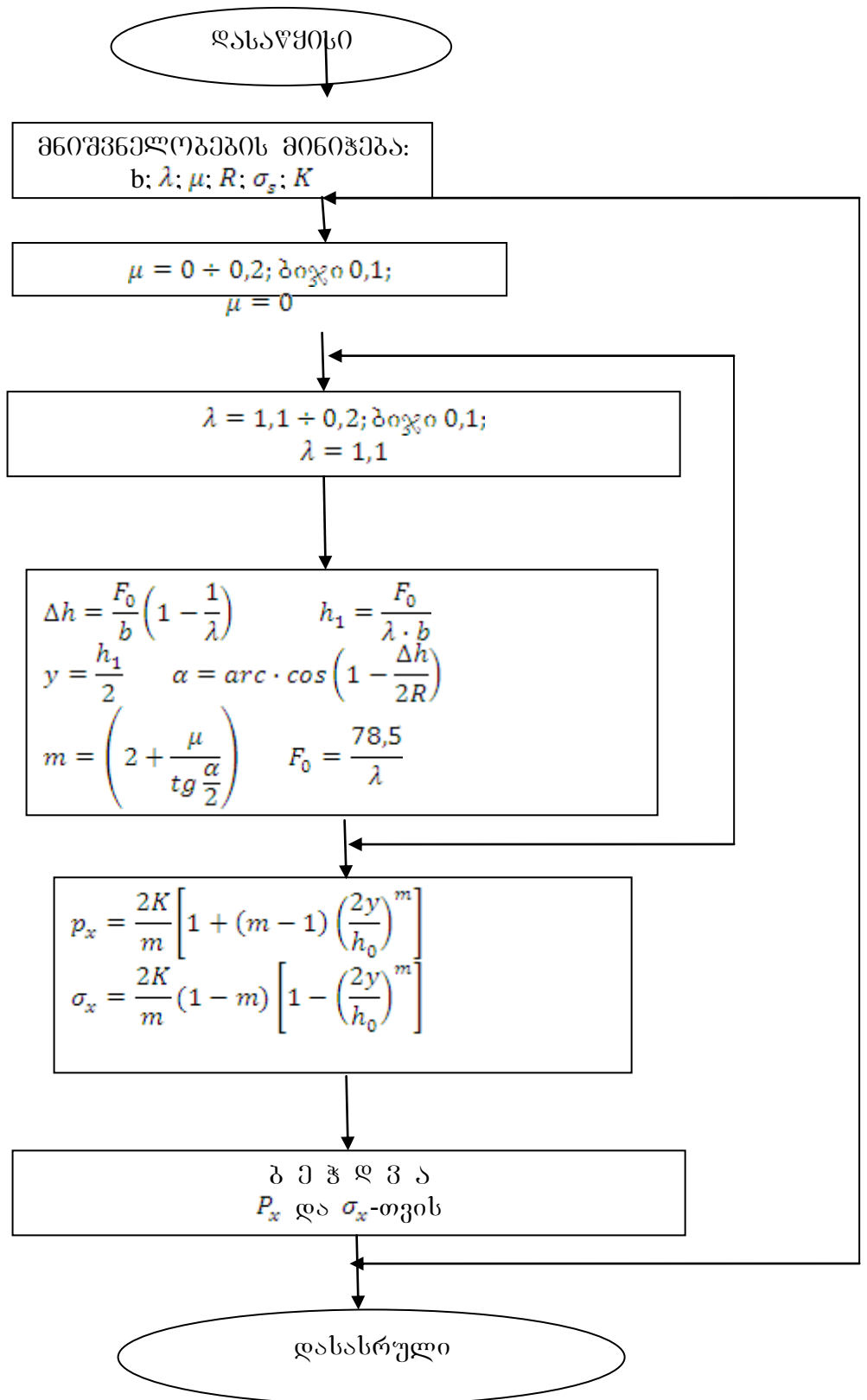
For - ციკლის ოპერატორი;

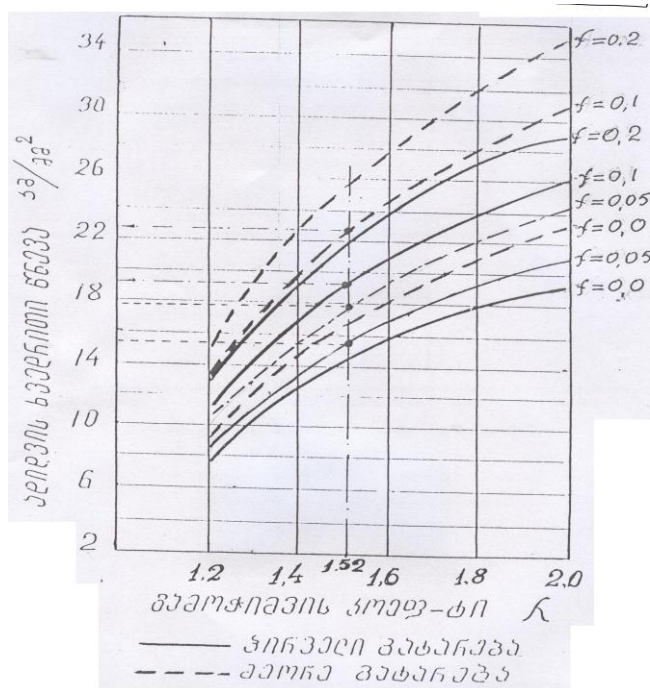
Begin - გადასვლის ოპერატორი;

Writeln - შეყვანის ოპერატორი;

End - დამთავრების ოპერატორი.

ამოცანის ალგორითმი და მისი ბლოქქემა





ნახ. 10. ადიდვის ხვედრითი წნევის დამოკიდებულება გამოჭიმვის კოეფიციენტზე ხახუნის სხვადასხვა კოეფიციენტის პირობებში

ქვემოთ მოცემულია პროგრამაში გამოყენებული ოპერატორების მოკლე აღწერა, ამოცანის ალგორითმი და მისი ბლოქსქემა გამოთვლის შედეგები მოცემულია ჯამური დიაგრამის სახით (ნახ.10), სადაც მოცემულია ადიდვის ხვედრითი წნევის (ხვედრითი ძაბვის) დამოკიდებულება მოჭიმვის და ხახუნის კოეფიციენტზე, როგორც პირველ ისე მეორე გატარებისას. მოცემული დიაგრამიდან ნათლად ჩანს, რომ ადიდვის ხვედრითი ძალა ანუ ადიდვის ძაბვა, გამოჭიმვის კოეფიციენტის შედარებით მაღალი მნიშვნელობების ($\lambda = 1,2 - 2,0$) პირობებში საკმარისად მცირეა მოცემული ასადიდი მასალის დენადობის ზღვართან შედარებით, რაც ერთჯერადი ადიდვისას დეფორმაციის ხარისხის გაზრდის საშუალებას იძლევა. ადიდვის ძაბვა მით უფრო ნაკლებია, რაც მცირეა საკონტაქტო ხახუნის კოეფიციენტი. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვისას, ხახუნის წინააღმდეგობების ძალები განპირობებულია ლითონის ჩამორჩენით დეფორმაციის კერაში და თავისუფლად მბრუნავ გორგოლაჭების სატაცების ბურთულა საკისრების ხახუნის

წინააღმდეგობით, რაც საკმარისად მცირეა, ვინაიდან მათში ხახუნის კოეფიციენტი არ აღემატება 0,05-ს. ჩვენ შემთხვევაში კი თუ საცხსაც გამოვიყენებთ ხახუნის წინააღმდეგობების ძალების მნიშვნელობა თითქმის ნულს მიუახლოვდება, რაც კიდევ უფრო ამცირებს აღიდვის ძალების მნიშვნელობას.

ჩვენს მიერ თეორიული კვლევის საფუძველზე $\Phi 10$ მმ წნელოვან ნაგლინიდან $\Phi 6,5$ მმ გლინულას მიღება ჯამური გამოჭიმვით

$$\lambda_{\text{ჯ}} = \frac{F_{10}}{F_{0,5}} = \frac{75,5}{33,16} = 2,3$$

სავსებით შესაძლებელია ორი დამოუკიდებელი ერთჯერადი გატარებით, თუ თითოეული გატარებისას ავიღებთ გამოჭიმვის კოეფიციენტს-1,52. ვინაიდან

$$\lambda_{\text{ჯ}} = \lambda_1 \cdot \lambda_2 = 1,52 \cdot 1,52 = 2,3$$

როგორც წესი გლინულას ამზადებენ დაბალნახშირბადიანი ფოლადებისაგან, რომელთა დენადობის ზღვარი არ აღემატება 30კგ/მმ². თანახმად დიაგრამისა (ნახ.9) გამოჭიმვის კოეფიციენტი $\lambda=1,52$ მიხედვით აღვიღად დავადგენთ ამდიდავი ძალების სიდიდეს როგორც პირველ ისე მეორე გატარებისას და შესაბამისად აღიდვის უწყვეტობის შენარჩუნებისათვის მიღებულ მარჯის კოეფიციენტებს

$$K = \frac{\sigma_{\text{აღ}}}{\sigma_{\text{რ}}} \leq 0,75$$

გორგოლაჭებიან მატრიცებში მიღებული ხახუნის კოეფიციენტის ორი მნიშვნელობისათვის $f = 0,06$ და 0,1

| გატარება | $f_1 = 0,05$ | | $f_2 = 0,1$ | |
|----------|--|--|--|--|
| | $\sigma_{\text{აღ}}^{\text{ძბ}}/\text{მმ}^2$ | $K = \frac{\sigma_{\text{აღ}}}{\sigma_{\text{რ}}} \leq 0,75$ | $\sigma_{\text{აღ}}^{\text{ძბ}}/\text{მმ}^2$ | $K = \frac{\sigma_{\text{აღ}}}{\sigma_{\text{რ}}} \leq 0,75$ |
| I | $\sigma_{\text{აღ}}^I = 15,3$ | $K = \frac{15,3}{30} \leq 0,51$ | $\sigma_{\text{აღ}}^I = 19,2$ | $K = \frac{19,2}{30} = 0,64$ |
| II | $\sigma_{\text{აღ}}^{II} = 17,8$ | $K = \frac{17,8}{35} \leq 0,50$ | $\sigma_{\text{აღ}}^{II} = 22,8$ | $K = \frac{22,8}{35} = 0,65$ |

სადაც $\sigma_{\text{აღ}}^I$ და $\sigma_{\text{აღ}}^{II}$ მასალის დენადობის ზღვარია, პირველ და მეორე გატარებისას (მეორე გატარებისას მხედველობაშია მიღებული განმტკიცება).

უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად გორგოლაჭებიან მატრიცებში აღიდვის ასეთი დიდი უპირატესობის, მისი გამოყენება მცირე დიამეტრის მქონე მავთულებისათვის მიზანშეწონილი არ არის, ვინაიდან იგი მოითხოვს ყოველი გატარების წინ ღეროს 90⁰-ით შემობრუნებას და ამავე დროს იდეალური წრიული განივი კვეთის მიღება შეუძლებელია, ე.ი. ნაკლები სიზუსტით ხასიათდება. ამიტომ მათი გამოყენება მიზანშეწონილია მხოლოდ დიდი კვეთის ნაგლისის ცივად ან ცხლად აღიდვისთვის. სამწუხაროდ გორგოლაჭებიან მატრიცებში აღიდვის პროცესი ნაკლებად შესწავლილია და მისი ფართო გამოყენება ამჟამად შეზღუდულია.

რაც შეეხება გლინულებიდან (დიამეტრით: 6,3±6,7მმ) ზუსტი ზომების წვრილი მავთულების მიღებას, იგი გაცილებით უპრიანია ვაწარმოთ უძრავ თვალაკებში, სადაც გამოყენებული იქნება სპეციალური საცხი მასალები, ხახუნის კოეფიციენტის და შესაბამისად ამდიდავი ძალების შესამცირებლად. გლინულას წარმოების რეკომენდირებული ხერხი ცხადია არატრადიციულია და არამასიური მიღების საშუალებაა, მაგრამ გლინულა ერთ-ერთი ყველაზე ფართო მოხმარების საგანია, რომელიც აგრეთვე წარმოადგენს ნამზადს სხვადასხვა დიამეტრის მავთულის მისაღებად, რომლისგანაც მზადდება ლურსმნები, ლითონის ბადეები და მრავალი სხვა ლითონური ნაწარმი.

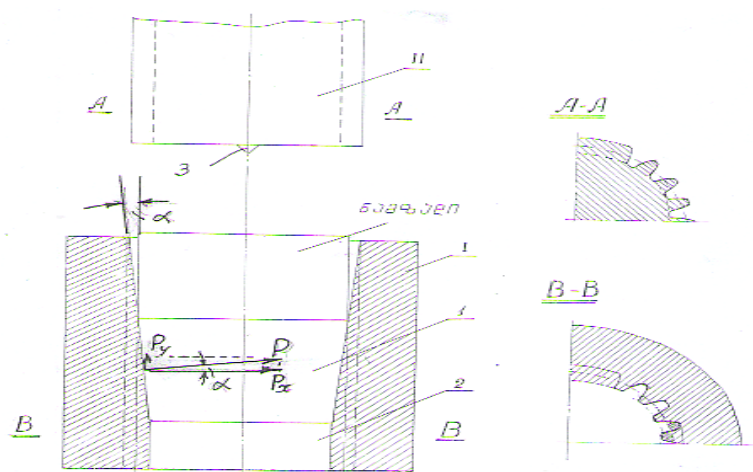
მეთხე თავში განხილულია კბილათვლების კბილანების პლასტიკური დამუშავებით ფორმირების ასალი ხერხი, როგორც ცნობილია მანქანათმშენებლობაში დიდი რაოდენობით გამოიყენება კბილათვლები, რომელთა დამზადება მექანიკური (ანუ ჭრით) დამუშავების მეთოდით ძალზე შრომატევადია და თანაც ლითონის დიდ დანაკარგებთანაა დაკავშირებული.

კბილა თვლების კბილების პლასტიკური ფორმირებისას, გარდა ლითონის მნიშვნელოვანი ეკონომიისა, კბილების ზედაპირული ფენის დეფორმაციული განმტკიცებისა და ლითონის სტრუქტურის ბოჭკოვანი აღნაგობის გამო, ჭრით დამზადებულ დეტალებთან შედარებით, მათ თითქმის 2-ჯერ მეტი აქვთ კბილების ციკლური სიმტკიცე. პლასტიკური დამუშავებისას ლითონის ეკონომია 15-30%-ია, პროცესის

შრომატევადობა – 2-ჯერ ნაკლები და სიმტკიცე ღუნვაზე 20-24%-ით მეტი.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია კბილანების პლასტიკური დამუშავებით ფორმირების ხერხი, რომლის განსახორციელებელი ინსტრუმენტის სქემა მოცემულია ნახ. 11-ზე. ინსტრუმენტი შეიცავს მატრიცას I და პუანსონს II. მატრიცას გააჩნია კონუსური 1 და მაკალიბრებელი 2 უბანი, შვერილებით და ღრმულებით. კონუსურ უბანში აღნიშნული შვერილების და ღრმულების სიდიდეები ცვლადია და თანდათანობით მატულობს და უახლოვდება მაკალიბრებელი უბნის ზომებს. პუანსონს გააჩნია ერთი და იგივე სიმაღლის შვერილები და ღრმულები, რომელიც ტოლია მისაღები კბილანის პროფილისა ე.ი. მაკალიბრებელი უბნის მსგავსი. პუანსონს ქვედა ტორსულ ზედაპირზე აქვს მაცენტრებული შვერილი – 3.

ლაბორატორიული კვლევების ჩასატარებლად ჩვენს მიერ დამზადებული იქნა ლითონში, აღნიშნული ინსტრუმენტის მოდელი (ნახ. 12), ტყვიის შაიბის მაგვარი ნამზადებისაგან ცილინდრული კბილანების მისაღებად, რომელიც ითვალისწინებდა შემდეგი ზომების (პარამეტრების) ტყვიის კბილანის მიღებას:



ნახ. 11. კბილა პროფილის მისაღები ინსტრუმენტის სქემა:

- I - მატრიცა; II - პუანსონი;
 1. მატრიცის კონუსური უბანი; 2. მატრიცის მაკალიბრებელი უბანი; 3. მაცენტრებული.
 A-A - პუანსონის განივი ჭრილი; B-B - მატრიცის განივი ჭრილი.

შიგა დიამეტრი ----- $\Phi 54$ მმ;
 გარე დიამეტრი ----- $\Phi 66$ მმ;
 ნეიტრალური დიამეტრი ----- $\Phi 60$ მმ;
 კბილთა რიცხვი ----- $Z = 20$;
 მოდული $m = \frac{60}{20} = 3$ მმ.

როგორც ავღნიშნეთ ექსპერიმენტი ჩატარებული იქნა ტყვიის შაიბისმაგვარ ცილინდრული ფორმის ნიმუშებზე. მათი დიამეტრი იცვლებოდა ზღვრებში $D_{\text{ნაჭ.}} = 60 + 60$ მმ, ხოლო სიმაღლე $H_{\text{ნაჭ.}} = 20$ მმ. მოწყობილობიდან გამოყენებული იქნა ძირითადად ხრახნული ხელის წნეხი და აგრეთვე მცირე სიმძლავრის ჰიდრავლიკური წნეხი.

კბილა ნაწარმის მიღება ხდება შემდეგნაირად; ნამზადის დიამეტრს ვიღებთ კბილანის ნეიტრალური (საშუალო) დიამეტრის სიდიდის ტოლს. ექსპერიმენტების ჩატარებამდე თეორიულად ვთვლიდით, რომ კბილანის ჩამოყალიბებისას ღრმულიდან გამოსულ ლითონს მთლიანად უნდა შეევესო კბილის ზედა (თავი) ნაწილი (ნახ. 12) ე.ი.

$$F_1 b = F_2 b$$

სადაც $F_1 = F_2$

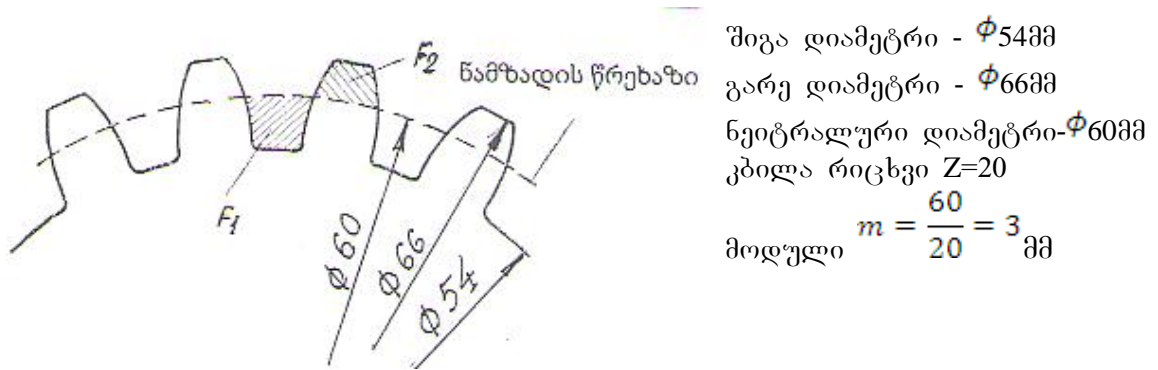
სადაც F_1 – კბილანის ღრმულის კვეთის ფართია ნამზადის დიამეტრამდე;

F_2 – კბილანის თავის კვეთის ფართია ნამზადის დიამეტრის ზემოთ.

b – კბილის სიგანე.

ეს მიდგომა ითვალისწინებდა თეორიულ მსჯელობას, როცა კბილების ჩამოყალიბებისას ლითონი მხოლოდ რადიალურ მიმართულებით გადაადგილდებოდა. სინამდვილეში დეფორმირებული ლითონის ნაწილი გადაადგილდება აგრეთვე ღერძული მიმართულებით, რაც არასასურველია. იმიტომ რომ ღერძული მიმართულებით გადაადგილდებული ლითონი მონაწილეობას არ ღებულობს კბილების ფორმირებაში და კბილები რჩება შეუუსებელი. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი, როგორც ჩვენს შემთხვევაში ასევე კბილანების გლინვის

დროს, ამიტომაც, რომ გლინვისას კბილანის ნამზადი ოდნავ მეტი აიღება ვიდრე კბილანის საშუალო დიამეტრია.



ნახ. 12. კბილის შევსების სქემა

ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ როდესაც ავიღეთ კბილანის ნამზადი, მისაღები კბილანის საშუალო დიამეტრის ტოლი კბილები ბოლომდე არ შეივსო, ვინაიდან ნაწილი ლითონისა რადიალური მიმართულების ნაცვლად გადაადგილდა კბილების გრძივი მიმართულებით, რის შედეგადაც გაიზარდა კბილანის სიგანე. ამიტომ იძულებული ვიყავით ოდნავ გაგვეზარდა საწყისი ნამზადის დიამეტრი ე.ი. ავიღეთ კბილანის საშუალო დიამეტრზე 10%-ით მეტი. რამაც კარგი შედეგები მოგვცა. მიღებული კბილანის ფოტოსურათი მოცემულია ნახ. 13 ბ-ზე.

ჩვენს მიერ დამუშავებული ხერხი გარეგნულად წააგავს კბილანების გამოწნეხით მიღებულ ხერხს, მაგრამ იგი არსებითად განსხვავდება ლითონის დაძაბულ-დეფორმირებული მდგომარეობით. რაც განაპირობებს კბილების ფორმირებისათვის საჭირო მინიმალურ ძალას.

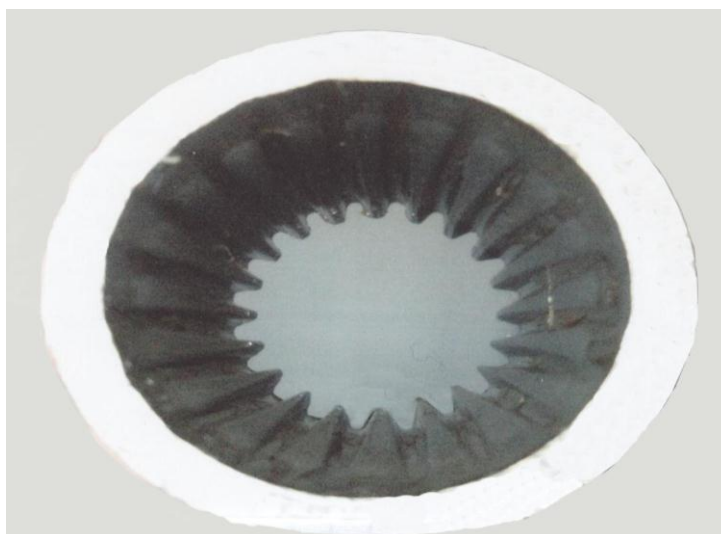
რედუცირებისას ან გამოწნეხისას ნამზადის განივი კვეთის ფართი მნიშვნელოვნად აღემატება მისაღები პროდუქციის განივი კვეთის ფართს, რაც მოითხოვს მატრიცაში მყოფი მთელი ლითონის გადაყვანას პლასტიკურ მდგომარეობაში და მის იძულებით

გამოდინებას. ეს კი შეუძლებელია კბილა მატრიცის მიმღებ უბანში ლითონის ყოველმხრივ მკუმშავი დაძაბულობის სქემის გარეშე, რომელიც ახლოსაა თანაბარ დაძაბულობის სქემასთან, რომლის დროსაც მთავარ ძაბვათა სხვაობა მინიმალურია. ცხადია ძაბვათა აღნიშნული სქემის დროს მთავარი ძაბვები უნდა იყოს საკმაოდ მაღალი, რომ მათმა სხვაობამ დააკმაყოფილოს ზღვრული მდგომარეობის პირობა.

$$\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2}{2} + \frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2} + \frac{(\sigma_3 + \sigma_1)^2}{2} = K^2$$

სადაც: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – მთავარი ძაბვებია

K – მოცემული ლითონის პლასტიკურობის მუდმივა



ნახ. 13. კბილა პროფილის მისაღები ინსტრუმენტი

ამის გამო მთავარი ძაბვები და მასთან ერთად საშუალო კუთრი წნევაც საკმარისად მაღალი უნდა იყოს, რაც მოითხოვს ასევე დიდ მადეფორმირებელ ძალებს.

ჩვენს მიერ დამუშავებული მეთოდის შემთხვევაში კბილანის ნამზადისა და მისაღები კბილანის განივი კვეთის ფართობი თითქმის ერთმანეთის ტოლია და კბილების ფორმირება წარმოებს ძირითადად ნამზადის პერიფერიული ზონის პლასტიკური დეფორმაციით და ისიც თანდათანობით. ამიტომ კბილანამზადის მთლიანად გადაყვანა პლასტიკურ მდგომარეობაში საჭირო არ არის. კბილანის ფორმირებისათვის საჭირო ძალა განისაზღვრება ცალკეული კბილის ფორმირებისათვის საჭირო ძალების ჯამით. ცალკეული კბილის სექტორის ფორმირება ნამზადის რადიალური მიმართულებით შეიძლება განვიხილოთ, როგორც თანდათანობითი შტამპვის პროცესი, რომლის დროსაც საშუალო კუთრი წნევა უნდა იყოს მოცემული ლითონის გასამკეცებელი დენადობის ზღვრის ტოლი:

$$P = 3\sigma_{\text{გ}}$$

მაშასადამე, ერთი კბილის ფორმირებისათვის საჭირო ძალა განისაზღვრება ფორმულით:

$$P_1 = pF_1$$

სადაც P – კუთრი წნევა, კგ/მმ²

F_1 – ერთი კბილა – სექტორის ფართი, მმ²; რომელიც მაქსიმალურია პროცესის დასასრულს. იგი ტოლია კბილის სიგრძისა და სიგანის ნამრავლისა.

კბილის მთლიანი საკონტაქტო ფართი იქნება

$$F = \pi D \cdot b$$

სადაც D – კბილანის გარე დიამეტრი, მმ.

b – კბილის სიგრძე (ანუ კბილანის სისქე), მმ.

კბილანის რადიალური ფორმირებისათვის მთლიანი მადეფორმირებელი ძალა იქნება:

$$P = pF$$

პუნსონის ძალამ უნდა გადალახოს რადიალურად მოქმედი ძალის ვერტიკალური მდგენელი და ხახუნის ძალა, რომელიც აღიძვრება მადეფორმირებელ ინსტრუმენტსა და ლითონს შორის.

ამრიგად, ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით კბილანის მისაღებად საჭირო ძალა, რომელიც უნდა განახორციელოს მრუდმხარა წნეხის პუანსონმა იქნება

$$P_{\text{წნეხი}} = P \sin \alpha + P \cdot \mu = P(\sin \alpha + \mu)$$

სადაც: P – კბილანის რადიალური მიმართულებით
მადეფორმირებელი ძალა;

α – მატრიცის მუშა ზედაპირის დახრის კუთხე (4° , 6°);

μ – ხახუნის კოეფიციენტი მადეფორმირებელ

ინსტრუმენტსა და ლითონს შორის (ვიღებთ 0,2).

შემოაღნიშნული თეორიული მოსაზრების დასამტკიცებლად, რომ ჩვენი მეთოდის შემთხვევაში კბილანის პლასტიკური ფორმირებისათვის ნაკლები ძალაა საჭირო ვიდრე გამოწნეხით მიღებისას. მოგვეყავს ჩვენს მიერ მიღებული ტყვიის კბილანისათვის მოწყობილობის საჭირო ძალის ანგარიში, როგორც ჩვენი მეთოდის ისე გამოწნეხის მეთოდის შემთხვევაში:

1) კბილანის რადიალური ფორმირებისათვის საჭირო ძალა იანგარიშება შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$P = p \cdot F$$

სადაც P – ხვედრითი წნევა დახურული შტამპვის პირობებში, რომელიც თანახმად მონაცემისა აიღება მასალის სამჯერადი დენადობის ზღვრის ტოლი, ტყვიისათვის იგი ტოლია 6 კგ/მმ^2 ;

F – კბილანის, როგორც ცილინდრის გვერდპირეულის ფართი
 $F = \pi D \cdot b$;

D – კბილანის გარე დიამეტრი ($D = 66 \text{ მმ}$); b – კბილის სიგრძე ანუ მიღებული კბილანის სისქე; $b = 25 \text{ მმ}$.

ამრიგად კბილანების რადიალური ფორმირებისათვის საჭირო ძალა იქნება:

$$P = p \cdot F = 3 \sigma_{\text{ღ}} \cdot \pi D \cdot b = 3 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 66 \cdot 25 = 31086 \text{ კგ} = 31 \text{ ტონა}$$

როგორც ზემოდ ავღნიშნეთ პუანსონზე მიყენებულმა ძალამ (ე.ი. მოწყობილობამ) უნდა გადალახოს მადეფორმირებელ რადიალური ძალის ვერტიკალური მდგენელი $P \sin \alpha$ და ხახუნის წინააღმდეგობის ძალა ინსტრუმენტსა და ლითონს შორის – $P \mu$.

საბოლოოდ მოცემული ტყვიის კბილანისათვის მოწყობილობის საჭირო ძალა იქნება:

$$P_{\text{წნეხი}} = P(\sin\alpha + \mu) = 31(0,0721 + 0,2) = 84351 \text{კგ} = 8,4 \text{ტ}$$

2) გამოწნეხით მიღებისას წნეხის ძალის საანგარიშოდ ვსარგებლობთ ცნობილი ფორმულით

$$P_{\text{წნეხი}} = \sigma_{\text{ღ}} \left[\left(\frac{1}{2\sin\alpha} + \frac{2}{1+\cos\alpha} \right) \ell n \frac{F}{f} + \frac{2 \cdot L}{D} + \frac{2\ell}{d} \right] \cdot F$$

სადაც: $\sigma_{\text{ღ}}$ – მასალის დენადობის ზღვარი, ტყვიისათვის $\sigma_{\text{ღ}} = 2 \text{კგ/მმ}^2$;

α – მატრიცის კონტეინერის დახრის კუთხე, $\alpha = 20^\circ$;

F – მატრიცის კონტეინერის კვეთის ფართი, $F = \frac{\pi D^2}{4} = 6358 \text{მმ}^2$;

(D – კონტეინერის დიამეტრი $D = 90 \text{მმ}$);

f – მისაღები კბილანის კვეთის ფართი, $f = \frac{\pi d^2}{4} = 2826 \text{მმ}^2$

(d – კბილანის საშ. დიამეტრი $d = 60 \text{მმ}$)

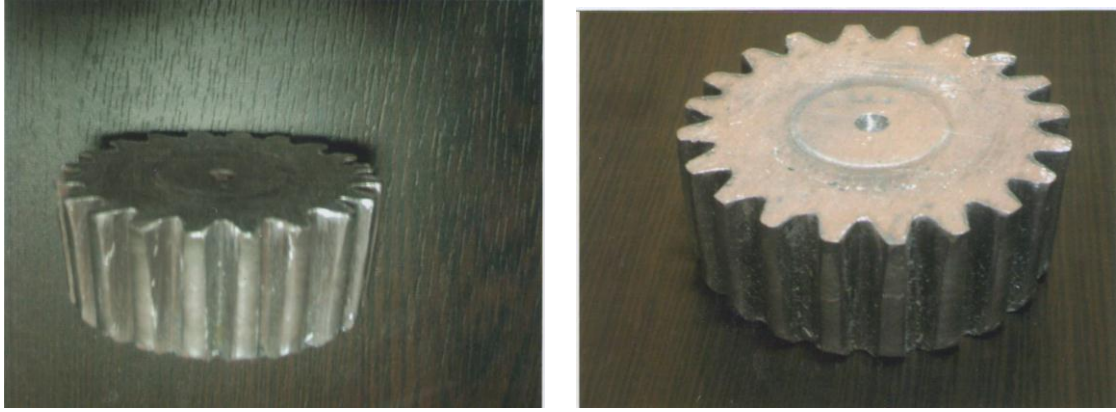
L და ℓ – მატრიცის კონტეინერის დამაკალიბრებელი უბნის სიმაღლე. აღნიშნული მონაცემების რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$P = 2 \left[\left(\frac{1}{2\sin 15^\circ} + \frac{2}{1 + \cos 15^\circ} \right) \ell n \frac{5024}{2826} + \frac{2 \cdot 50}{80} + \frac{2 \cdot 20}{60} \right] \cdot 5024 =$$

$$= 2 \left[\left(\frac{1}{2 \cdot 0,26} + \frac{2}{1 + 0,97} \right) 0,575 + 1,25 + 0,67 \right] \cdot 5024 = 181101 \text{კგ} = 18,1 \text{ტ.}$$

როგორც ვხედავთ კბილანის გამოწნეხისათვის საჭირო ყოფილა 18,1 ტონა ხოლო ჩვენ შემთხვევაში იგივე კბილანის მისაღებად საჭიროა 8,4 ტონა.

ამრიგად ჩვენი მეთოდით პროცესის განხორციელება შესაძლებელია შედარებით მცირე სიმძლავრის მრუდმხარა წნეხზე, რომლის ცოცხას ექნება სათანადო მუშა სვლის სიდიდე. კბილანის მიღება შეიძლება როგორც ცხლად, ისე ცივად, ინსტრუმენტის სათანადო მასალის შერჩევით. მაგალითად ცხლად დამუშავებისას შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი მარკის ფოლადები: 5XHM, 5XHB, 5XFM და სხვა. ხოლო ცივად დამუშავებისას: X6BΦ, X12Φ1, X12 და სხვა.



ნახ. 14. ექსპერიმენტით მიღებული კბილანების ფოტოსურათები:

ა – შეუვსებელი; ბ – ნორმალური

ცხლად დამუშავებისას, ცხადია მატრიცა უნდა იმყოფებოდეს წყლით ინტენსიური გაცივების პირობებში.

კბილანის მისაღები ნამზადები წინასწარ იქნება გაჩარხული შესაბამისი ზომებით და მათი გახურება მოხდება ინდუქციურ ღუმელში, სადაც ნაკლებ დაუანგვას ექნება ადგილი.

შესაძლებელია პროცესის ავტომატიზაცია, რომელიც ერთმანეთთან დააკავშირებს ერთი ნამზადის ხურების დროს, გახურებული ნამზადის მატრიცაში ჩადებას და წნეხის ჩართვა-გამორთვას.

როგორც ცხლად ისე ცივად დამუშავებისას საჭიროა სპეციალური საცხების გამოყენება. ცხლად დამუშავებისას მარტივიდან გამოსული კბილანა ჰაერზე გაცივდება, შემდგომში მექანიკური დამუშავების გასაადვილებლად.

დასკვნა

1. შესწავლილი და გაანალიზებული იქნა ლითონების წნევით დამუშავების არსებული ე.წ. სპეციალიზირებული პროცესები, რომელთა მთავარი ამოცანაა ისეთი კონკრეტული დანიშნულების ნამზადების მიღება, რომლის ფორმა და ზომები მაქსიმალურად მიახლოებული იქნება მზა ნაკეთობის ფორმასთან და ზომებთან, აგრეთვე ტექნოლოგიური გადასვლების შემცირება და მექანიკური დამუშავების მინიმუმზე დაყვანა.

აღნიშნული ანალიზის საფუძველზე ჩვენს მიერ დამუშავებული და გამოკვლეული იქნა როგორც ახალი, ასევე ზოგი არსებული სპეციალიზირებული პროცესები მათი უფრო ეფექტური გამოყენების მიზნით.

2. დამუშავებულია კვადრატული კვეთის ნაგლინის მიღების ახალი ტექნოლოგიური პროცესი და მისი განხორციელების ხერხი, რომელიც ითვალისწინებს შედარებით დიდი კვეთის მქონე ნამზადის უწყვეტ ჩამოსხმას გლინვის ტემპრეტურამდე და მისგან რამოდენიმე მცირე კვეთის კვადრატული ნამზადების ერთდროულ მიღებას დაწვილებული გლინვით. აღნიშნული ხერხის დადებითი მხარეა:

ა) გამოყენებულია სხმულის საწყისი ტემპერატურა.

ბ) დიდი კვეთის ნამზადის უწყვეტი ჩამოსხმა უფრო ეკონომიურია ვიდრე მცირე კვეთის.

გ) მცირე კვეთის ნამზადებიდან უწყვეტი გლინვით წერილსორტული ლითონპროდუქციის წარმოება მოითხოვს ნაკლებ საგლინავ გადასვლებს და მაშასადამე საგლინავ დგანს.

დ) დაწვილებული გლინვით მიღებული მცირე კვეთის ნამზადის სტრუქტურა გაცილებით უკეთესია ვიდრე იგივე კვეთის სხმულის.

3. ჩატარებულია დაწვილებული გლინვის პროცესის ექსპერიმენტალური და თეორიული კვლევა, რამაც საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მოცემული მცირე კვეთის კვადრატული ნამზადების დაწვილებული გლინვისათვის საჭირო უწყვეტად ჩამოსხმული მართკუთხა სხმულის ოპტიმალური ზომები, რომლებიც უზრუნველყოფდა კვადრატების სრულ შეკრებას და გამორიცხავდა გვერდითი ფხაურის წარმოქმნას.

4. დადგენილი იქნა დაწვეილებული გლინვის პროცესში დეფორმაციის კერის საკონტაქტო ფართის განსაზღვრის გრაფიკული მეთოდი და საანგარიშო ფორმულა, რამაც საშუალება მოგვცა გვეანგარიშა პროცესის ძალური პარამეტრები და შესაბამისად დაწვეილებული გლინვის პროცესში აღძრული ხახუნის ჭარბი ენერგია, რომელიც გამოყენებული იქნა დიაგონალურ სიბრტყეებში ურთიერთდაკავშირებული კვადრატების გლინებიდან გამოსვლისთანავე განცალკევებისათვის.

5. შესრულებულია ხისტ და მოძრავ თვალაკებში აღიდვის ძალური პარამეტრების კვლევა. პირველად დადგენილი იქნა მოძრავ გორგოლაჭებიან თვალაკებში საკონტაქტო და აღიდვის ხვედრითი ძალების საანგარიშო ფორმულები. მოცემულია აღნიშნული ფორმულების კომპიუტერული კვლევა კონკრეტულ მაგალითზე მაქსიმალური შესაძლო გამოჭიმვის კოეფიციენტის სიდიდის დასადგენად. თეორიულად დასაბუთებული იქნა, რომ წნელოვან ნაგლინიდან ($\Phi 8-\Phi 10\text{მმ}$), სავსებით შესაძლებელია ორი გატარებით გლინულას ($\Phi 5-\Phi 6,5$) წარმოება გორგოლაჭებიანი მატრიცის გამოყენებით.

6. დამუშავებული და პრაქტიკულად განხორციელებული იქნა ცილინდრული კბილათვლის კბილების პლასტიკური ფორმირების ახალი მეთოდი და მის განხორციელებისათვის საჭირო ინსტრუმენტი. განსაზღვრული იქნა კბილანის პლასტიკური ფორმირებისათვის საჭირო ძალის სიდიდე, რომელიც გაცილებით ნაკლებია იგივე ზომის კბილანის დაწნეხის მეთოდით მიღებასთან შედარებით.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:

1. С.Д. Катамадзе, Д.М. Ломсадзе, З.Д. Ломсадзе, С.А. Мебония. Спаренная пропатка квадратных заготовок. Теория и практика металлургии №3-4 (76-77), Днепропетровск-Украина, 2010. Стр. 44-46.
2. Д.М. Ломсадзе, С.Д. Катамадзе. Строительная арматура из амортизированных железнодорожных рельсов. Теория и практика металлургии №1-2, Днепропетровск-Украина, 2009. Стр. 53-54.

3. Д.М. Ломсадзе, З.Д. Ломсадзе, Д. Катамадзе, С.А. Мебония. Исследование очага деформации при спаренной прокатке квадратных заготовок. Теория и практика металлургии №1-2, Днепропетровск-Украина, 2012. Стр. 56-59.
4. ჯ. ლომსაძე, მ. მიქაუტაძე, ზ. ლომსაძე, ს. მებონია, ს. ქათამაძე. კვადრატული პროფილის მიღების ხერხი. პატენტი, №P5498, 2012.
5. ს. ქათამაძე. კბილა თვლის კბილების პლასტიკური ფორმირება. მეცნიერება და ტექნოლოგიები, №1-3, 2012. გვ. 78-82.
6. ჯ. ლომსაძე, ზ. ლომსაძე, ს. ქათამაძე, ს. მებონია. პროფილური ნაწარმის გამოსაწნეხი ინსტრუმენტი. საქპატენტი, სარეგისტრაციო №12068/01.

Abstract

Dissertation work concerns specialized processes of metal treatment by pressure. One gives treatment and research of new technological processes as well improving of some existing processes and increasing their effectiveness.

In the first chapter one gives analysis of general non-traditional and massive treatment (so called specialized) processes existing currently; their positive and negative aspects.

In the second chapter one gives treatment of new technological process for getting square rolled, as well research and way of implementation.

Nowadays for getting narrow-sort metal-production (as are: fittings, round steel, angles, square, line and et cetera) one uses preparations with transverse cutting 100X100 mm (rolled or chain with continuous casting). For getting the above-mentioned preparations by rolling two shops are necessary: blooming and preparing. Its production is very time-consuming and expensive. During last years getting of preparations by rolling was replaced by more economic way of casting the steel continuously.

For getting narrow-sort rolled it's better to use not 100X100 mm cutting preparations, but small cutting ones, as they demand small handling numbers and correspondingly less rolling adjustments. Casting less cutting (60X60 and 50X50 mm) preparations is non-economic because of low speed. That's why the author suggests getting several small rectangular cutting chains having square summary space, casting of which is acceptable economically. In the process of casting it may be cut in concrete sizes (1,5-20m), which will be downloaded in hot oven step by step, to raise their temperature up to rolling temperature (1100-1150gr/c) and then we can get several small cutting square preparations by paired rolling on duo-reversal adjustment, having specified caliber.

Positive side of the above-mentioned way is: 1) initial temperature of used chain; 2) casting of big cutting preparation us more economic; 3) structure of small cutting preparation got by paired rolling of rectangular chain is better than of the same cutting chain; 4) usage of small cutting preparations can increase production of narrow-sort production; 5) less rolling adjustments are necessary; 6) cost of production is decreased.

One has done experimental and theoretical research of paired rolling process, which gave us opportunity to establish the optimal sizes of rectangular chain, casted continuously, necessary for rolling the given small cutting square preparations. One has also established energy-power parameters of rolling and way of separating paired squares.

In the third chapter one gives research of power parameters of increasing in hard and moving matrix. First one established calculating formulas of contact and increasing density powers in moving rollers. One has given computer research of the mentioned formulas on the concrete example for establishing the magnitude of possible maximal stretching coefficient. It was established that by using the roller matrix it's quite possible to get two rolled (Φ 5-6,5 mm) from rod rolled (Φ 8-10 mm).

In the forth chapter one has elaborated and practically implemented new method of plastic forms of cylinder toothed and instruments necessary for its implementation. One has also determined the magnitude necessary for forming toothed, which is less comparing with pressuring the same size toothed.