

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ეკა სარიშვილი

მხატვრული ავეჯის რთულპროფილიანი მოცულობითი  
ელემენტების ჭრის პროცესის კვლევა

სადოქტორო პროგრამა „მექანიკის ინჟინერია და ტექნოლოგია“  
შიფრი 0715

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარმოდგენილი დისერტაციის  
ავტორ ეფერ ატი

თბილისი  
2023 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში  
სატრანსპორტო სისტემებისა და მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტი  
სამრეწველო ინჟინერიისა და ტექნოლოგიების დეპარტამენტი.

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფესორი **ზაურ ჩიტბე**

რეცენზენტები:

დაცვა შესდგება 2023 წლის „—“ „————“ „—“ საათზე  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო სისტემებისა და  
მექანიკის ინჟინერიის ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის  
კოლეგიის სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია \_\_\_\_\_

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

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

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი  
ასოც. პროფესორი

ირინე უგრეხელიძე

## ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

**თემის აქტუალობა.** სადისერტაციო ნაშრომის თემის აქტუალობა განისაზღვრება მერქნისა და მერქნული კომპოზიციური მასალებისაგან დიდი მოცულობის ავეჯის და მის ელემენტების წარმოებით, რომელიც სტატისტიკური მონაცემებით იზრდება ყოველწლიურად. ამ ზრდასთან დაკავშირებულია ავეჯის ელემენტების დამზადების მწარმოებლურობის ზრდა ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებით, აგრეთვე მჭრელი ინსტრუმენტების და მერქანდამამუშავებელი ჩარხების მოდერნიზაციის გზით.

**სამუშაოს მიზანი:** სამუშაოს მიზანია სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხის მოდერნიზაცია, ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გაფართოება, დამუშავების ტექნოლოგიური დროის შემცირება და დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავის ამაღლება. ზემოაღნიშნული მიზნის მისაღწევად სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხის საკოპირე სუპორტი იყო აღჭურვილი. ორი შპინდელით თავისი ამბრავებით, მათ შორის ერთი აღჭურვილია დისკური ფრეზით, მეორე კი სახეხი იარაღით ქარგოლით, რომლებიც ზედაპირის ერთდროულ დამუშავებას ასრულებენ.

აგრეთვე ზემოაღნიშნულ პროცესს უწოდეთ როტოფრეზირების პროცესი და მისი ეფექტურობის და წარმოებლურობის ამაღლება შესაძლებელია მჭრელი ინსტრუმენტის დისკური ფრეზის მჭრელი კბილების ცვეთამედეგობის გაზრდით.

სამუშაოს ერთ-ერთი მიზანი აგრეთვე იყო დისკური ფრეზის მჭრელი კბილების ცვეთამედეგობის კვლევა დაუფარავი და ტიტანის ნიტრიტით (TiN) დაფარული საჭრისების.

### ნაშრომის მეცნიერული სიახლე:

მათემატიკურად დაგეგმილი და სტატისტიკურად დამუშავებული ექსპერიმენტალური მონაცემებით გამოყვანილია რეგრესიის განტოლებები, რომლის მეშვეობით შეგვიძლია განვსაზღვროთ დამოკიდებულება ჭრის მდგენელი ძალებისა ჭრის რეჟიმებზე და მჭრელი ინსტრუმენტის

გეომეტრიულ პარამეტრებზე. მიღებული რეგრესიის განტოლებების გამოყენებით აგებულია შესაბამისი გრაფიკები და მათი გამოყენებით შესაძლოა გაიცეს, როგორც ტექნოლოგიური, ასევე კონსტრუქციული რეკომენდაციები.

### **კვლევის პრაქტიკული ღირებულება**

- წარმოდგენილია ახალი როტოფრეზირების ჭრის პროცესი, რომლის გამოყენება გარეცილინდრული ზედაპირების დამუშავების დროს იძლევა დიდ მწარმოებლურობას ავეჯის დეტალების დამზადებისას და ეკონომიკური გაანგარიშების საფუძველზე ძალიან მომგებიანია სერიულ და მსხვილსერიულ წარმოების პირობებში.
- წარმოდგენილია დისკური ფრეზის კბილების ცვეთამდეგობის გაზრდის მეთოდი მჭრელი კბილის ზედაპირების ტიტანი ნიტრიტს (TiN) დაფარვის პროცესის გამოყენებით, რის შედეგად მჭრელი კბილების ცვეთამდეგობა იზრდება 1,4-ჯერ.
- წარმოდგენილია დეტალების დამუშავება კომპლექსური მეთოდით, კერძოდ, ერთდროული როტოფრეზირების და ხეხვის პროცესებით. ასეთი მეთოდის გამოყენება იძლევა დეტალის დამუშავების ტექნოლოგიური დროის შემცირებას და დიდ ეკონომიკურ ეფექტს.

**სამუშაოს აპრობაცია.** სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხის მოდერნიზაციის კვანძი-საკოპირე სუპორტი დავაპატენტე და ყველა კვლევა და ექსპერიმენტები ჩავატარე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის მერქნული მასალების დამზადების და დამუშავების სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრში.

**სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:** სადისერტაციო ნაშრომი მოიცავს შესავალს, ხუთ თავს, ძირითად დასკვნებს და რეკომენდაციებს, ცხრილების და ნახაზების ნუსხას და გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალს.

დისერტაციის ტექსტი წარმოდგენილია 112 A4 ფორმატის ფურცელზე. ილუსტრირებულია 66 ნახაზით და 18 ცხრილით.

## ნაშრომის შინაარსი

**შესავალში** დასაბუთებულია დისერტაციის თემის აქტუალობა, მოყვანილია დასმული საკითხების გადაწყვეტის გზები.

**პირველ თავში** მოცემულია ლიტერატურის მიმოხილვა ავეჯის დიზაინის სხვადასხვა სტილზე, მოყვანილია უამარავი ფოტოები, რომელზეც იკვეთება ის ელემენტები, რომლებიც ითხოვენ ახალი ტექნოლოგიების გამოყენებას მათი სწრაფი და ხარისხიანი დამუშავებისათვის.

**დისერტაციის მეორე თავში** განხილულია უნივერსალური-სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხი და მოცემულია მისი მოდერნიზაციის დასაბუთება და გაკეთებულია მოდერნიზებული კვანძის შესაბამისი გაანგარიშებები.

კერძოდ, უნივერსალური სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ავეჯის წარმოებაში, კერძოდ, მბრუნავი სხეულების ფორმის დეტალების დამუშავებისას.

მბრუნავი სხეულების ფორმის დეტალების დასამუშავებლად ცნობილია სახარატო ჩარხი, რომელიც შეიცავს სადგარს, მთავარი მოძრაობის ამძრავს, სუპორტს მჭრელი იარაღის დასამგრებლად, უკანა ვეგს. ასეთ ჩარხზე ხორციელდება მარტივი პროფილის, ანუ დეტალის ბრუნვის ღერძისადმი სიმეტრიული პროფილის მქონე ზედაპირის მიღება. მოყვანილ ჩარხზე ვერ ამუშავებენ ბრუნვის ღერძისადმი ასიმეტრიულ ზედაპირებს, რთულ-პროფილიანი და სპირალურ დეტალებს.

აღნიშნული ნაკლის აღმოსაფხვრელად შემოთავაზებულია ხის დასამუშავებელი ჩარხი, რომელიც შეიცავს სადგარს, მთავარი მოძრაობის ამძრავს, განივ სუპორტს. სუპორტზე მიმართველებში თავისუფალი გადაადგილების შესაძლებლობით განთავსებულია საფრეზი თავი, რომელსაც აქვს ამძრავის მქონე შპინდელი, ბოლოვანი ფრეზის დასამგრებლად და, სულ მცირე, ერთი საკოპირე გორგოლაჭი, რომელიც მუდმივ კონტაქტშია სადგარის თავზე დამაგრებულ ორ საკოპირე გორგოლაჭთან, რომელთაგან ერთს აქვს ნამზადის ღერძისადმი კუთხით დაყენების და სადგარისადმი ფიქსირების შესაძლებლობა, ხოლო მეორე დაყენებულია სადგარზე

განთავსებულ ცენტრში და მთავარი მოძრაობის ამძრავთან კინემატიკური კავშირის მეშვეობით გააჩნია ბრუნვის შესაძლებლობა, კინემატიკური კავშირი, მაგალითად, შესაძლოა იყოს შესრულებული ჯაჭვური გადაცემით. გორგოლაჭების მუდმივი კონტაქტი კოპირებთან ხორციელდება ტვირთის ძალით, რომელიც კოპირების მხრიდან ჩამოკიდებულია საფრეზ თავზე.

მოდერნიზაციის ტექნიკური შედეგია ჩარხის ტექნოლოგიური შესაძლებლობის გაფართოება, რთული პროფილის მქონე დეტალების დამუშავების შესაძლებლობა, დამუშავების ხარისხის და სიზუსტის გაზრდა.

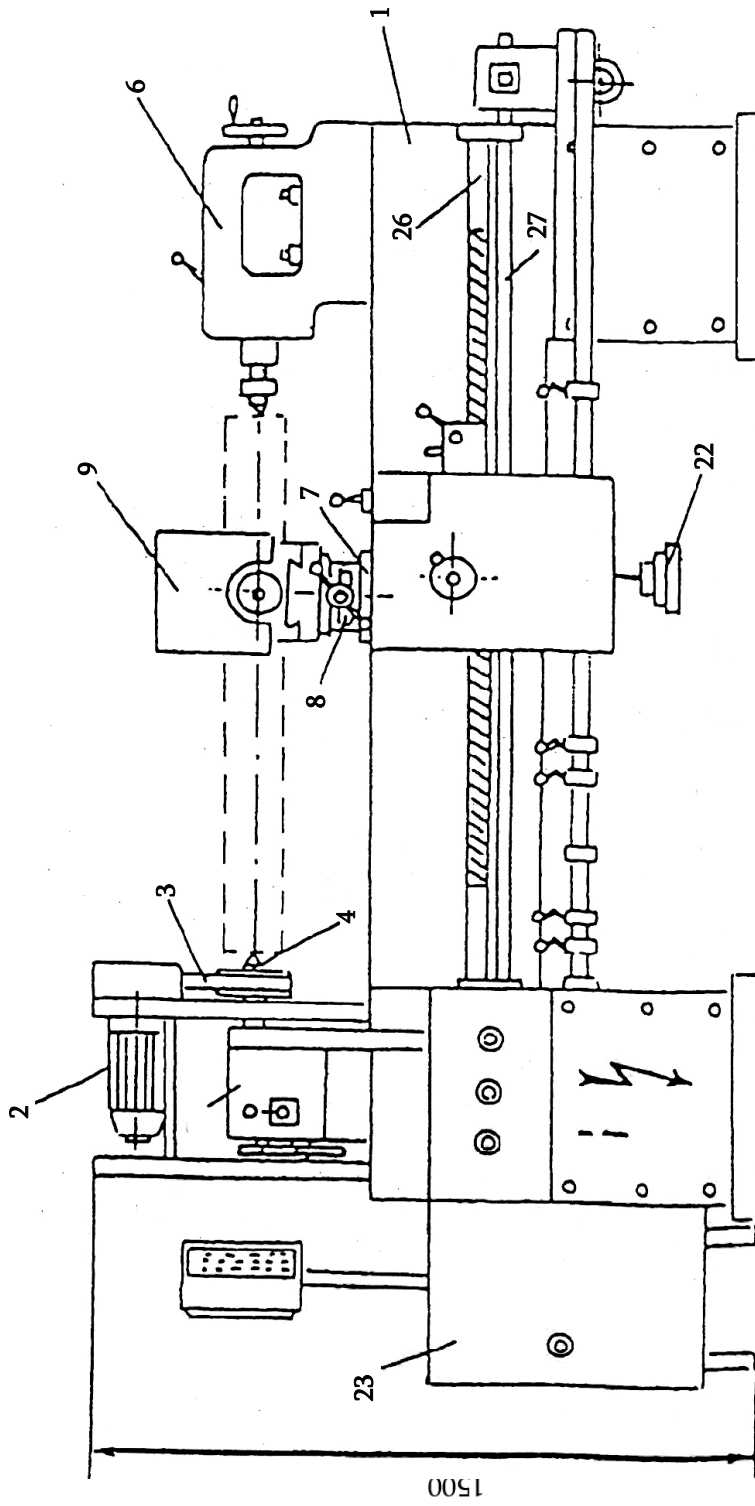
ჩარხის მოდერნიზაციის მიზანია ტექნოლოგიური შესაძლებლობების გაფართოება, დამუშავების ტექნოლოგიური დროის შემცირება და დამუშავებული ზედაპირის სისუფთავის ამაღლება.

დასახული მიზანი მიიღწევა ცნობილი ჩარხის დამატებითი საკოპირე მოწყობილობის აღჭურვით, ბოლოვანა ფრეზის დისკური ფრეზით შეცვლით და კომბინირებული დამუშავების გამოყენებით, კერძოდ ზედაპირის ერთდროული დისკური ფრეზით და ხეხვით.

ჩარხი წარმოდგენილია 3 ფიგურით, სადაც ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ჩარხის წინა ხედი. ნახ. 2-ზე – ზედა ხედი, ხოლო ნახ. 3-ზე მოდერნიზებული კვანძი.

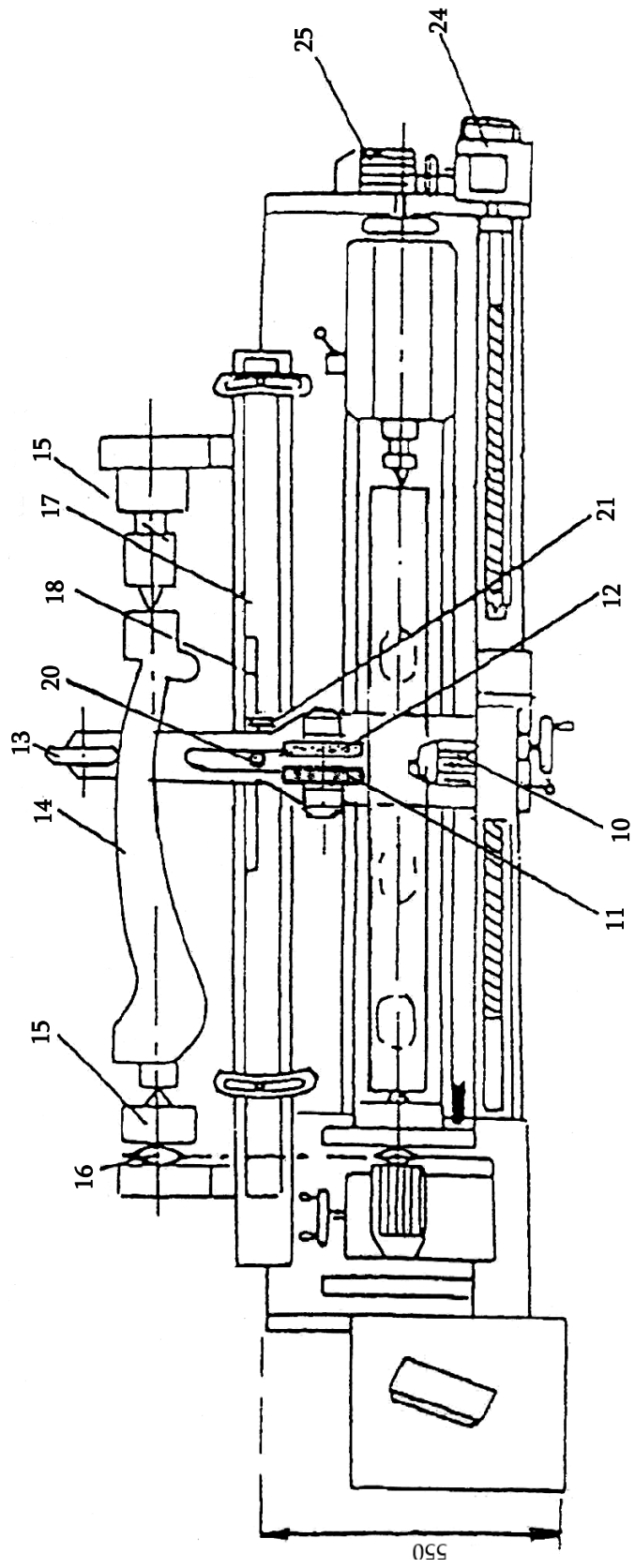
ჩარხი შეიცავს სადგარს 1, მთავარი მოძრაობის ამძრავს 2, რომელიც სოლურ-ღვედური გადაცემით 3 დაკავშირებულია შპინდელთან 4, სადგარზე 1 დაყენებულია გამყოფი თავი 5, უკანა ვეგი 6 და განივი სუპორტი 7 აღჭურვილია სახელურით 8, სუპორტის მიმმართველებში თავისუფალი გადაადგილების შესაძლებლობით განთავსებულია საფრეზ-სახეხი თავი 9, აღჭურვილი ბოლოვანა ფრეზის ამძრავით 10, დისკური ფრეზით 11 და სახეხი იარაღით 12.

საფრეზ-სახეხი თავზე 9 უძრავად დამაგრებულია საკოპირე გორგოლაჭი 13, რომელიც მუდმივ კონტაქტშია ბრუნვის შესაძლებლობის მქონე კოპირთან 14. ეს უკანასკნელი დაყენებულია სადგარზე 1 დამაგრებულ ცენტრში 15 და ჯაჭვური გადაცემის 16 მეშვეობით დაკავშირებულია შპინდელთან 4.



ნახ. 1. ჩარხის კონსტრუქციული სქემა  
 ჩარხის წინხედი

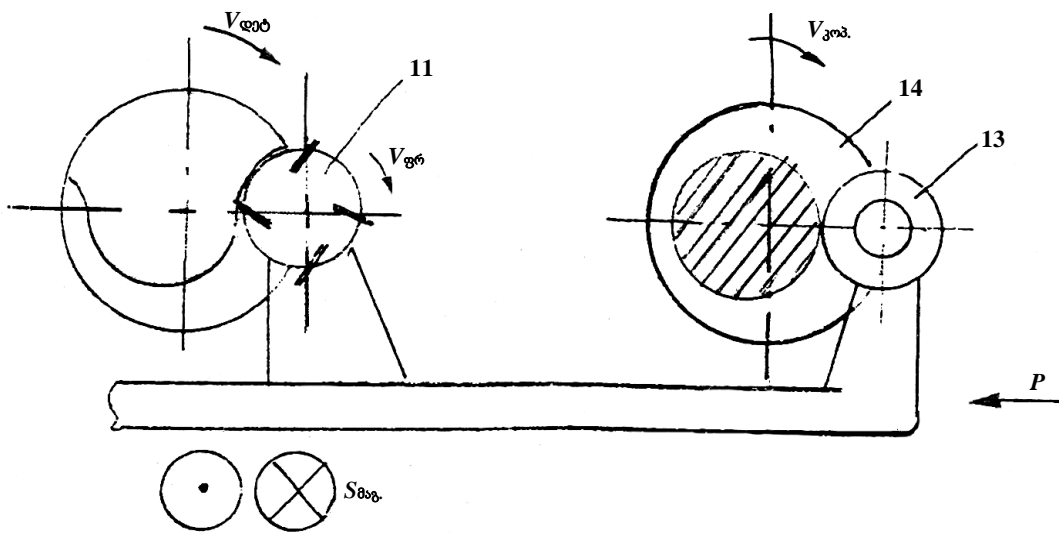
საქ. პატენტი № 3380, 25.11.2004. ზ. ჩიტოძე, ი. გელაშვილი



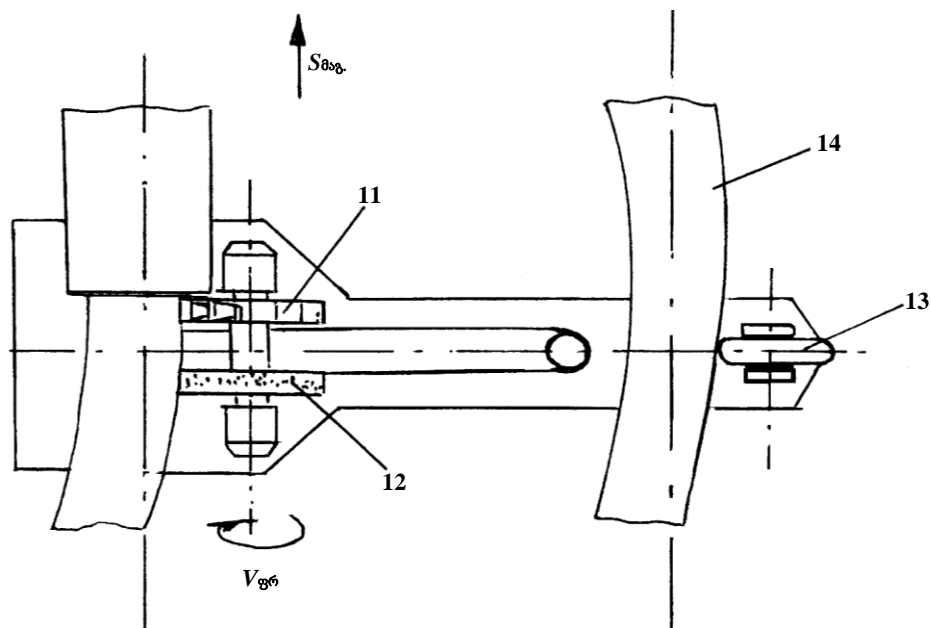
ნახ. 2. ჩარხის ზედხედი  
 საქ. პატენტი № 3380, 25.11.2004. ა. ჩიტბე, ი. გელაშვილი



სადგარზე დაყენებულია აგრეთვე თამასა 17, რომელსაც გააჩნია დასამუშავებელი დეტალის ღერძისადმი კუთხით დაყენების და სადგარზე ფიქსირების შესაძლებლობა. თამასაზე 17 დაყენებულია კოპირი 18, რომელთანაც მუდმივ კონტაქტშია საფრეზავი თავის კილოში 19 მოთავსებული გორგოლაჭი 20, რომელსაც გააჩნია კილოში 19 გადაადგილების და ფიქსატორის 21 მეშვეობით ფიქსაციის შესაძლებლობა.



ნახ. 3. ჩარხის მოდერნიზებული კვანძის სქემა  
 ა - მოდერნიზებული კვანძის წინხედი



ნახ. 3, ბ - მოდერნიზებული კვანძის ზედახედი

გორგოლაჭების 13 და 20 კოპირებთან 14 და 18 მუდმივი კონტაქტი ხორციელდება კოპირების მხრიდან საფრეზ თავთან ჩამოკიდებული ტვირთის 22 წონით. სადგარზე განლაგებულია მიწოდების კოლოფი 23, ჭია რედუქტორი 24 ელექტროძრავით 25, სავალი ხრახნი 26 და სავალი ლილვი 27, რომელთა მეშვეობით ხორციელდება სუპორტის 7 გადაადგილება.

ჩარხის ექსპლოატაცია ხორციელდება შემდეგნაირად:

კონუსური ზედაპირის მისაღებად თამასას 17 და, შესაბამისად, მასზე დამაგრებულ კოპირს 18 აყენებენ განსაზღვრული კუთხით და ახორციელებენ სუპორტის 7 გრძივ გადაადგილებას.

ნამზადის ღერძის მიმართ არასიმეტრიული დეტალების, მოცულობითი, ბარელიეფური, მაგიდების ან სკამების ფეხების დასამუშავებლად იყენებენ ცენტრებში 15 ჯაჭვური გადაცემის 16 მეშვეობით მბრუნავ კოპირს 14 და სუპორტის 7 განივ გადაადგილებას.

**დისერტაციის მესამე თავი ეძღვნება** მერქანმჭრელი ინსტრუმენტის ცვეთამედეგობის განსაზღვრას.

თანამედროვე მერქანმჭრელი ინსტრუმენტი უნდა გამოირჩეოდეს საიმედოობის და ხანგამძლეობის მაღალი მაჩვენებლებით, ანუ დროის მაქსიმალურ ფარგლებში უნდა ინარჩუნებდეს თავისი მჭრელ შესაძლებლობებს ცვეთის მინიმუმის პირობებში. ამიტომ ცვეთამედეგი მერქანმჭრელი ინსტრუმენტის შექმნა წარმოადგენს ერთ-ერთ აქტუალურ საკითხს.

ბოლო წლების კვლევებით დადგინდა, რომ მერქანმჭრელი ინსტრუმენტის დაბლაგვის ხარისხი და ხასიათი დამოკიდებულია უამრავ მოვლენაზე, რომლებიც წარმოიქმნება ჭრის ზონაში. ჭრის პირობებიდან გამომდინარე შესაძლებელია მოხდეს მჭრელი ელემენტების ჟანგვა, ელექტროქიმიური და ეროზიული დაშლა და ა.შ. მაშასადამე მერქანმჭრელი ინსტრუმენტის ცვეთამედეგობის კვლევები მიმართული უნდა იყოს ცვეთის ფიზიკური არსის შესწავლაზე.

**ცვეთამედეგობა** – ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისებაა მერქანმჭრელი იარაღის, რათა მასზეა დამოკიდებული დამუშავების როგორც

მწარმოებლურობა ასევე დამუშავების ეკონომიურობა. ჭრის რეჟიმების რაციონალური პარამეტრების შერჩევასა და მერქანმჭრელი იარაღის ცვეთამდედგობა არის ძირითად ფაქტორად გასათვალისწინებელი.

მერქანმჭრელი იარაღების წარმოებაში საიარაღო მასალად გამოიყენება თერმულად დამუშავებული ნახშირბადოვანი, ლეგირებული და სწრაფ-მჭრელი ფოლადები შემდეგი მარკების Y8A; Y10A; XBF; X6BF; 8XHFT; 9X5BF; P12F3; P6M5 და სხვა), რომლებისაგან მზადდება ხერხები, ფრეზები და ბურღები ფართო ასორტიმენტით.

ბოლო პერიოდში, როგორც მშენებლობა აგრეთვე ავეჯის წარმოებაში მასალად იყენებენ ძნელად დასამუშავებელ მერქნულ მასალებს, მათ შორის არის მერქანბურბუმელოვანი, მერქანბოჭკოვანი, მერქანდისპერიული და მერქანპოლიმერული მასალები. ზემოაღნიშნული მასალები ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით და სიმკვრივით. გარდა ამისა მათ შემცველობაში შედის წებოვანი მასალები, რაც იწვევს ინტენსიურ ცვეთას მერქანმჭრელ ინსტრუმენტებში.

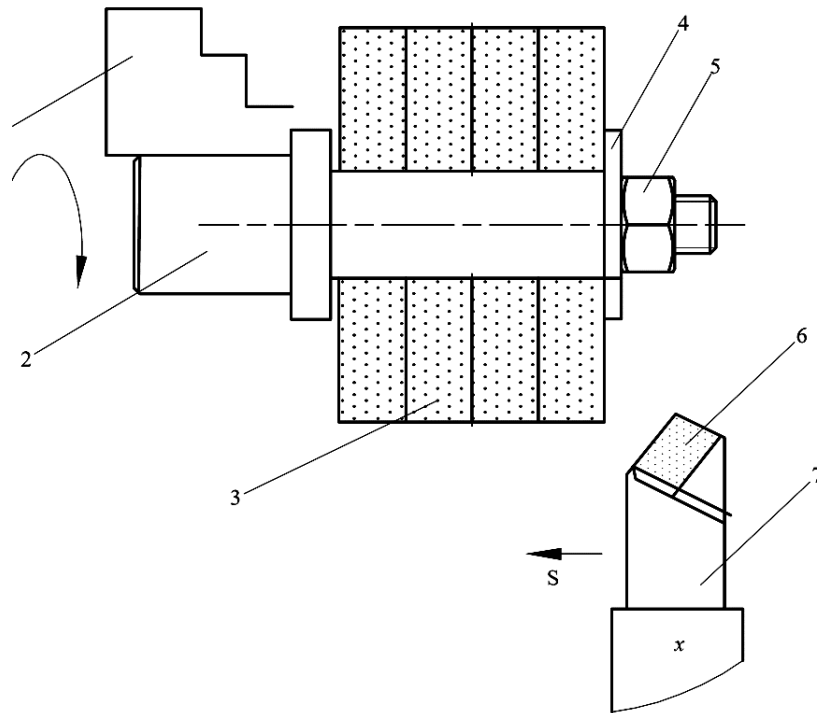
ამიტომ ასეთი მასალების დამუშავება ფოლადის თერმულად დამუშავებულ ინსტრუმენტებით არ არის გამართლებული, რათა ახლად ალესილი სწრაფად ცვდება და მოითხოვს ხელახლა გადალესვას. ზემოაღნიშნულთან დაკავშირებულ მერქნულ მასალების დასამუშავებლად სულ უფრო ფართოდ იყენებენ BK20; BK15; BK8; BK6 და სხვა სალიმენადნობის ფირფიტებს.

მაშასადამე BK ტიპის სალიმენადნობის იარაღებს თუ გამოვიყენებთ აუცილებელია ვიცოდეთ მათი ცვეთამდედგობის პარამეტრები.

კონკრეტულად გადავწყვიტეთ ჩავატაროთ შედრებითი ექსპერიმენტები ცვეთამდედგობაზე BK20 ტიპის სალიმენადნობიანი სახარატო საჭრისის მერქანბურბუმელოვანი მასალის ახარატებაზე ერთი მხრივ დაუფარავად, ხოლო მეორე მხრივ TiN (ტიტანის ნიტრიტით დაფარული 5 და 10 მკმ-ით).

ექსპერიმენტებს ვატარებდი სახარატოხრახნსაჭრელ ჩარხებზე 16 K20.

პირველ ეტაპზე მოვამზადეთ დასამუშავებელი მასალა: მზგ – მერქანბურბუმელოვანი ფილები და მერქანკომპოზიციური, რათა ვიხილავთ



ნახ. 4. იარაღის ცვეთამდეგობაზე ექსპერიმენტების ჩასატარებელი ხელსაწყოები:

- 1 – სამმუშტოვანი თვითმაცენტრებელი ვაზნა; 2 – დასამუშავებელი მასალების დამაგროვებელი ლილვი 3 – დასამუშავებელი მასალები (მზფ); 4 – საყელური; 5 – მომჭერი ქანჩი; 6 – საღმენადნობიანი საცდელი ფირფიტა BK 20; 7– სახარატო საჭრისის კორპუსი.

ხარატების ჭრის პროცესს, ამიტომ მოვამზადეთ სპეციალური სამარჯვი რომელშიც ვათავსებთ ასახარატებელ მასალას.

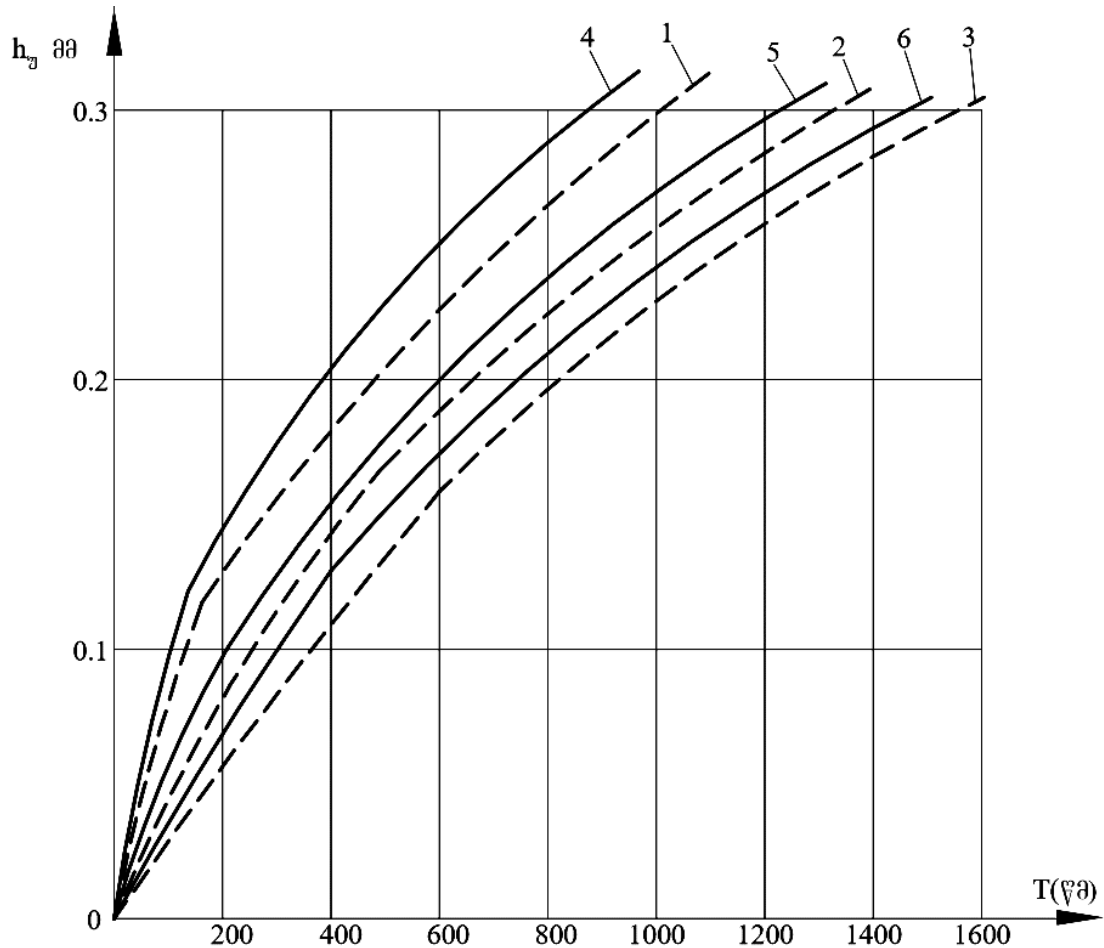
ცვეთის კრიტერიუმად მიღებული გვაქვს ცვეთა საჭრისის უკანა წახნაგზე  $h_{\eta} = 0,3$  მმ.

ექსპერიმენტებს ვატარებთ დაუფარავ და ნიტრიდის ტიტანით დაფარულ საღმენადნობიან BK 20 ტიპის საჭრისებზე.

დასამუშავებელ მასალად ავირჩიეთ ერთი მხრივ მერქანბურბუმელოვანი ფილები, ხოლო მეორე მხრივ MDF ექსპერიმენტებს ვატარებდით შემდეგი ჭრის რეჟიმებზე:

1. ჭრის სიღრმე  $t = 1$  მმ;
2. მიწოდება ერთ ბრუნზე  $S_0 = 0,25$  მმ/ბრ.
3. შპინდელის ბრუნთა სიხშირე  $n = 1200$  ბრ/წთ.

სულ ჩავატარეთ 6 ექსპერიმენტი: 3 ექსპერიმენტი მზგ – მერქან-ბურბუმელოვან ფილებზე და 3 ექსპერიმენტი MDF-ზე.



ნახ. 5. ცვეთამედეგობაზე ჩატარებული ექსპერიმენტების გრაფიკები.

- 1 – BK 20 – მზგ დაფარვის გარეშე; 2 – BK 20 + TiN (5 მკმ) – მზგ;  
 3 – BK 20 + TiN (20 მკმ) – მზგ; 4 – BK 20 – MDF დაფარვის გარეშე;  
 5 – BK 20 + TiN (5 მკმ) – MDF; 6 – BK 20 - TiN (20 მკმ) – MDF.

დისერტაციის მეოთხე თავში განხილულია მსუბუქი ტიპის მერქან-პოლიმერული კომპოზიტის როტაციული ფრეზვის პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევა მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით.

მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული კომპოზიტის ახარატების პროცესის ენერგოდალური პარამეტრების კვლევა მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით ჩვენ გვადლევს შესაძლებლობას

დავადგინოთ ოპტიმალური რეჟიმული ფაქტორები სხვადასხვა პარამეტრების გამოყენებით (ჰრის სიჩქარე, მიწოდების სიჩქარე, ჰრის სიღრმე) აქედან გამომდინარე ზედაპირის სისუფთავის ხარისხი უმცირეს ხიმძლავრის დანახარჯებში.

განვიხილოთ მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული (მ.პ.კ) კომპოზიტის როტაციული ფრეზვით დამუშავების ძალური პარამეტრები. მ.პ.კ.-ის სიმკვრივე 700–750 კგ/მ<sup>3</sup>; სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე 30-35 მპა; დრეკადობის მოდული ღუნვაზე 3500-4000 მპა; სისალე 20-27 მპა.

ენერგოდამალური პარამეტრების კვლევას ვატარებთ მათემატიკური დაგეგმარების გამოყენებით, რის საფუძველში დევს სრულფაქტორიანი ექსპერიმენტი.

მუდმივ ფაქტორებად ჩავთვალოთ:

1. დასამუშავებელი მასალა – მ.პ.კ. რომლის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მოყვანილია ზემოთ.
2. მჭრელი ინსტრუმენტი – დისკური ხერხი  $\varnothing 100$  მმ. აღჭურვილი სალიშენადნობიანი საჭრისებით BK 20 მარკის მასალით; კბილთა რიცხვი  $z = 4$ .

ცვლადი ფაქტორებად ვიყენებთ:

1.  $V$  – ჰრის სიჩქარეს (მ/წმ);
2.  $U$  – მიწოდების სიჩქარეს (მ/წთ);
3.  $t$  – ჰრის სიღრმეს (მმ).

ნატურალურ და კოდირებულ მნიშვნელობებს შორის კავშირს ვამყარებთ ფორმულა (1) საშუალებით:

$$X_i = \frac{\tilde{X} - X_{i0}}{\Delta X_i},$$

სადაც  $X_i$  – დამოუკიდებელი პირობითი ცვლადია;

$\tilde{X}$  – ფაქტიური ცვლადის მიმდინარე მნიშვნელობაა;

$X_{i0}$  – ფაქტიური მნიშვნელობა ნულოვან დონეზე;

$\Delta X_i$  – ვარირების ინტერვალი.

მაშასადამე, ყოველი ცვლადი  $X_i$  ვარიირდება ორ დონეზე  $X_{iზედა}$  და  $X_{iქვედა}$  და სიმეტრიულად არიან განლაგებული ბაზისურ (წყლოვან) დონის  $X_{i0}$  მიმართ. სტანდარტირების და გაანგარიშების გამარტივების მიზნით მათ ვაკოდირებთ ციფრებით  $-1; 0; +1$ .

0-ით კოდირებულ ფაქტორს ეწოდება ნულოვანი დონე.

$(-1)$ -ით კოდირებულ ფაქტორს ეწოდება ქვედა დონე, ხოლო  $(+1)$ -ით კოდირებულ ფაქტორს ეწოდება ზედა დონე.

ექსპერიმენტების ჩატარების წესი განისაზღვრება პლანირების მატრიცით. სრულფაქტორიანი ექსპერიმენტის ჩატარებისას ცდების რაოდენობას ვსაზღვრავთ ფორმულით:

$$N = 2^K,$$

სადაც  $K$  – ცვლადი ფაქტორების რაოდენობაა.

ჩვენ შემთხვევაში  $K=3$ , შესაბამისად

$$N = 2^3 = 8.$$

მაშასადამე, რვაფაქტორიანი ექსპერიმენტებს სჭირდება არანაკლები 8 ცდის ჩატარება.

სამ ფაქტორიანი ექსპერიმენტის ჩასატარებლად ვადგენთ ცხრილებს, რომელსაც ეწოდება დაგეგმვის მატრიცა  $X_0$ -ით აღნიშნულია ფორმალური ცვლადი, რომელიც შეესაბამება რეგრესიის განტოლების თავისუფალ წევრს, რომლის მნიშვნელობა ყოველივე ცდაში მიღებულია.

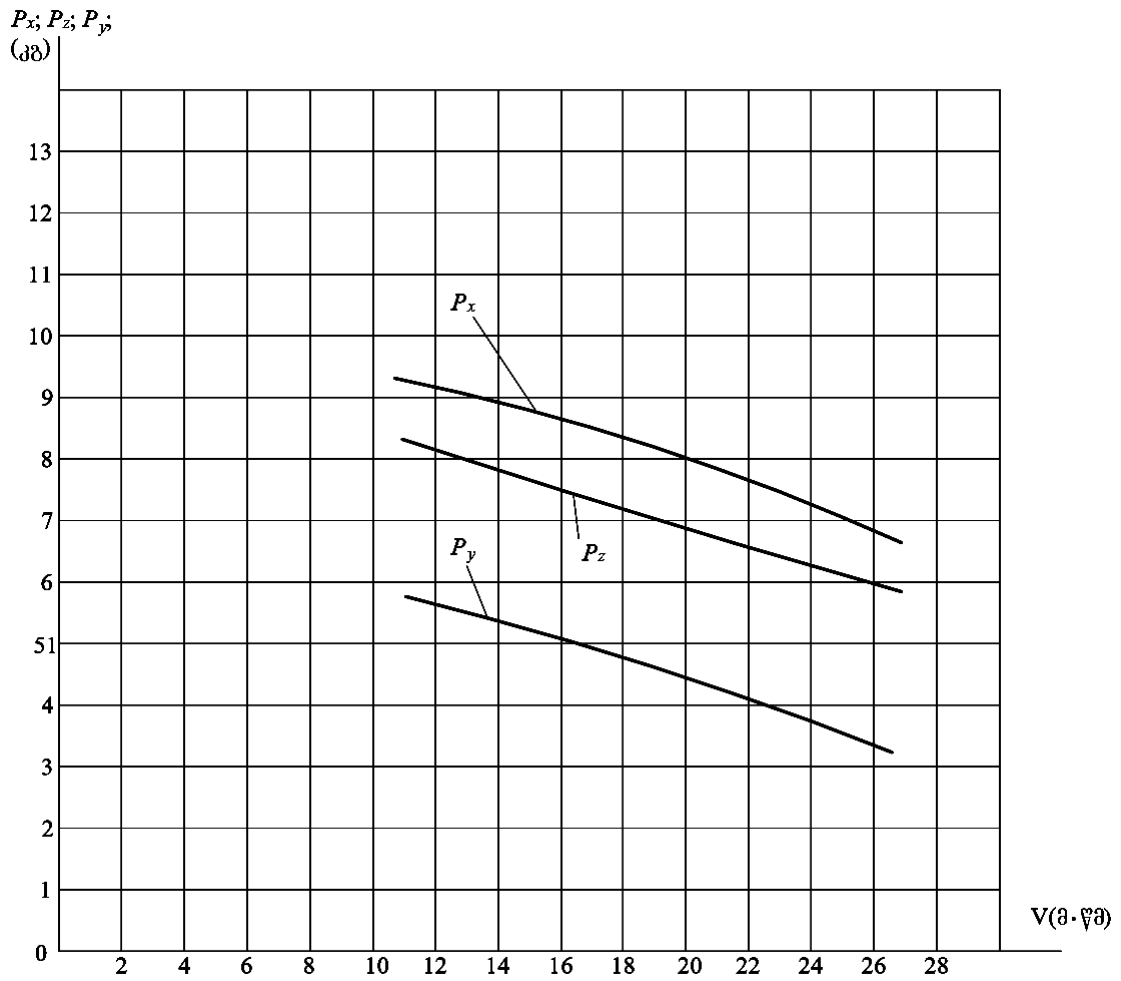
ამ ცხრილის მიხედვით ვახორციელებთ ექსპერიმენტებს და ყველა გამოთვლებს.

ჩატარებული კვლევების შედეგად მივიღეთ რეგრესიის განტოლებები და მათ საფუძველზე ავაგეთ შესაბამისი გრაფიკები.

$$P_{x\text{ფაქტ.}} = 2,48 - 0,18V + 1,4U + 1,89t.$$

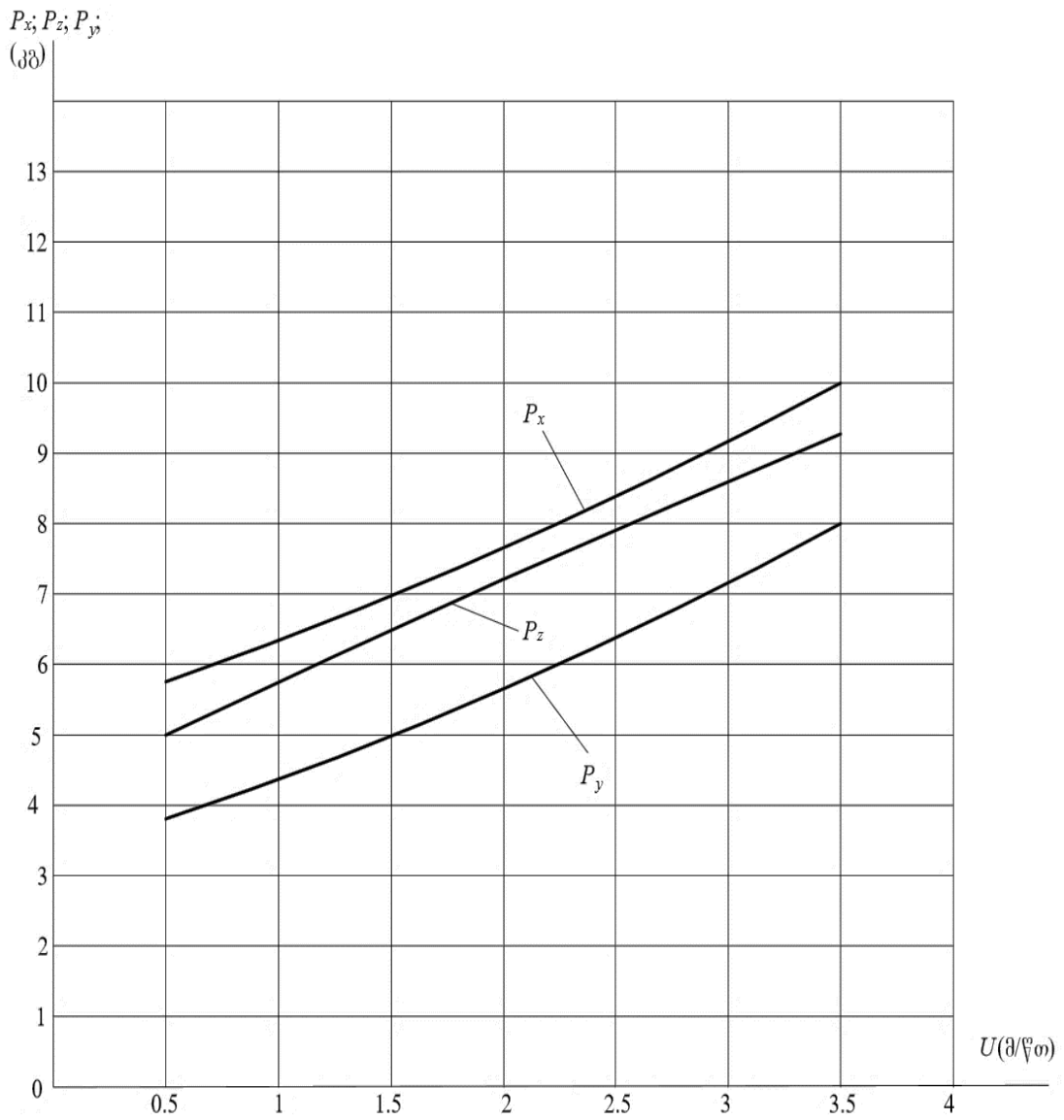
$$P_{z\text{ფაქტ.}} = 1,48 - 0,17V + 1,44U + 2,03t.$$

$$P_{y\text{ფაქტ.}} = 1,04 - 0,13V + 1,09U + 1,53t.$$

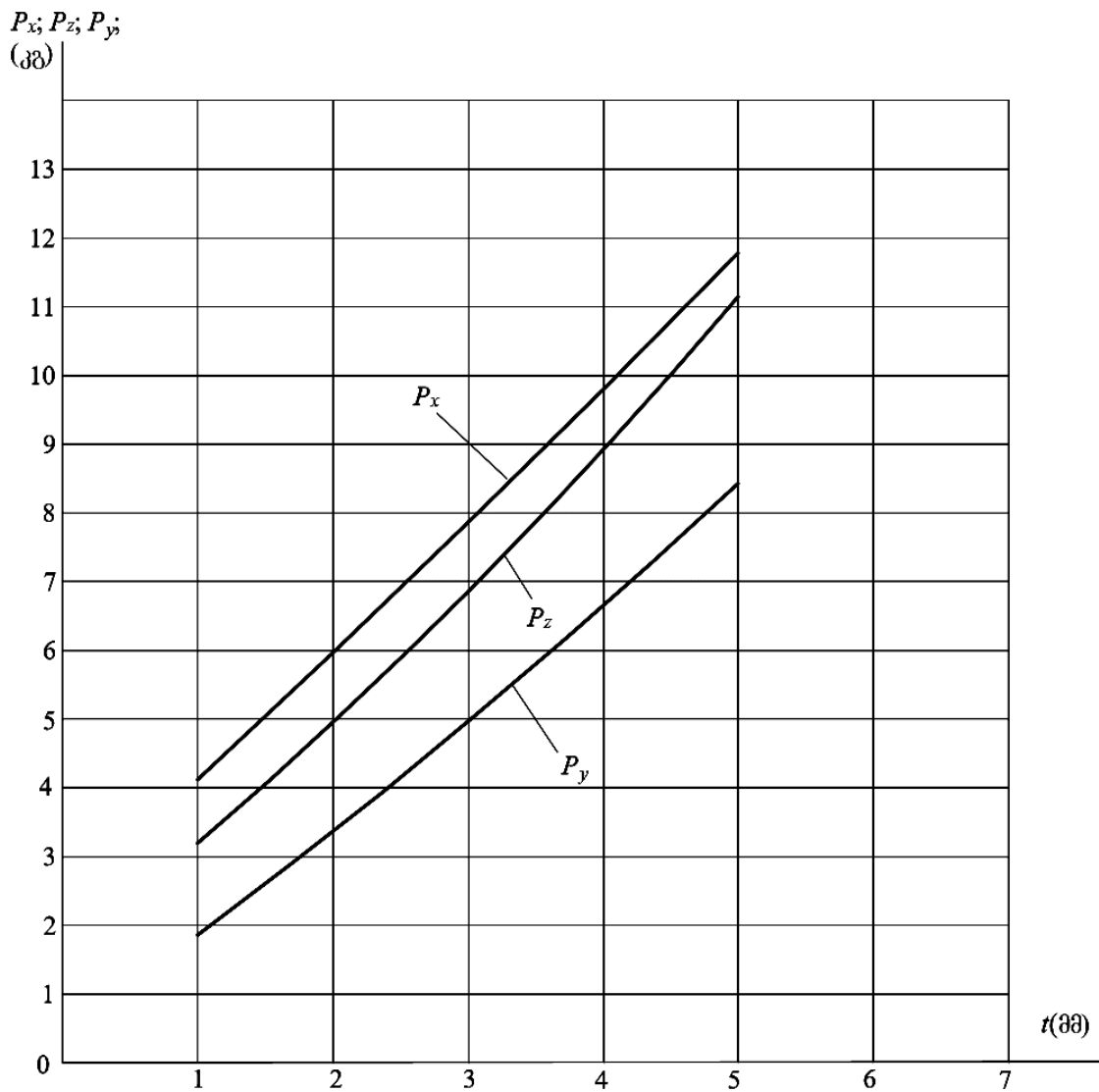


ნახ. 6.  $P_x$ ;  $P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება ჭრის სიჩქარეზე  $V$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ.; მიწოდების სიჩქარე  $U_{საშ.} = 2,0$  მ/წთ; ჭრის სიღრმე  $t = 3,0$  მმ)





ნახ. 7.  $P_x$ ;  $P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება მიწოდების სიჩქარეზე  $U$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ. ჭრის სიჩქარე  $V_{საშ.} = 18,9$  მ/წმ; ჭრის სიღრმე  $t = 3,0$  მმ)



ნახ. 8.  $P_x$ ;  $P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება ჭრის სიღრმეზე  $t$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ; ჭრის სიჩქარე  $V = 18,9$  მ/წმ; მიწოდების სიჩქარე  $U = 2$  მ/წთ)

დისერტაციის მეხუთე თავი ეძღვნება მსუბუქი ტიპის მერქანპოლი-მერული კომპოზიტის ახარატების პროცესის ენერგოძალური პარამეტრების კვლევა მათემატიკური დაგეგმარების მეთოდის გამოყენებით.

განვიხილოთ მსუბუქი ტიპის მერქანპოლიმერული (მ.პ.კ.) კომპოზიტის ახარატების ძალური პარამეტრები. მ.პ.კ-ის სიმკვრივე 700-750 კგ/მ<sup>3</sup> შეადგენს; სიმტკიცის ზღვარი ღუნვაზე 30-35 მპა; დრეკადობის მოდული ღუნვაზე 3500-4000 მპა; სისალე 20-27 მპა.

როგორც წინა შემთხვევაში ძალური პარამეტრების კვლევას მათემატიკური დაგეგმარების გამოყენებით, რის საფუძველში დევს სრულფაქტორიანი ექსპერიმენტი.

მუდმივ ფაქტორებად ჩავთვალოთ:

1. დასამუშავებელი მასალა – მ.პ.კ. რომლის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები მოყვანილია ზემოთ;
2. მჭრელი ინსტრუმენტი – სახარატო საჭრისი აღჭურვილი BK 20 ტიპის სალიშენადნობიანი ფირფიტით;
3. ნამზადის დიამეტრი  $\varnothing 140$  მმ; სიგრძე 1200 მმ; დეტალის დიამეტრი  $\varnothing 100$  მმ;
4. შპინდელის ბრუნთა სიხშირე  $n = 2000$  ბრ/წთ; ჭრის სიღრმე  $t = 4$  მმ.

ცვლადი ფაქტორები შემდეგია:

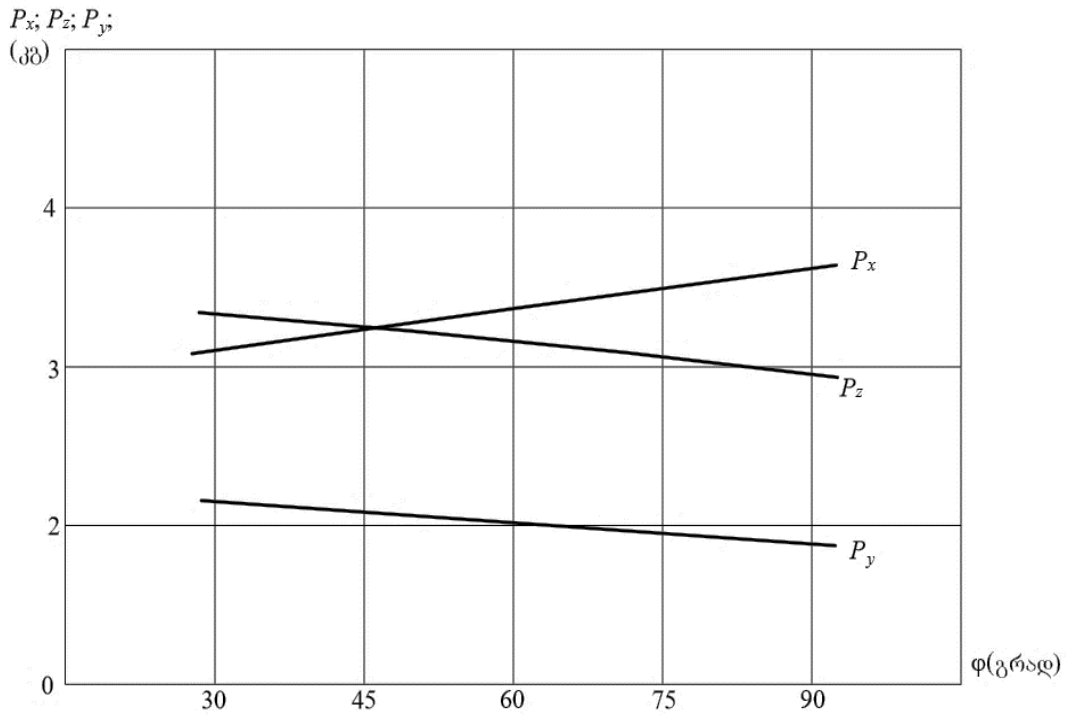
1. სახარატო საჭრისის წინა კუთხე  $\gamma$  (გრად.);
2. სახარატო საჭრისის მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi$  (გრად.);
3. მიწოდების სიჩქარე  $U$  (მმ/წთ).

ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მივიღებთ რეგრესიის განტოლებები და ავაგეთ შემდეგი გრაფიკები:

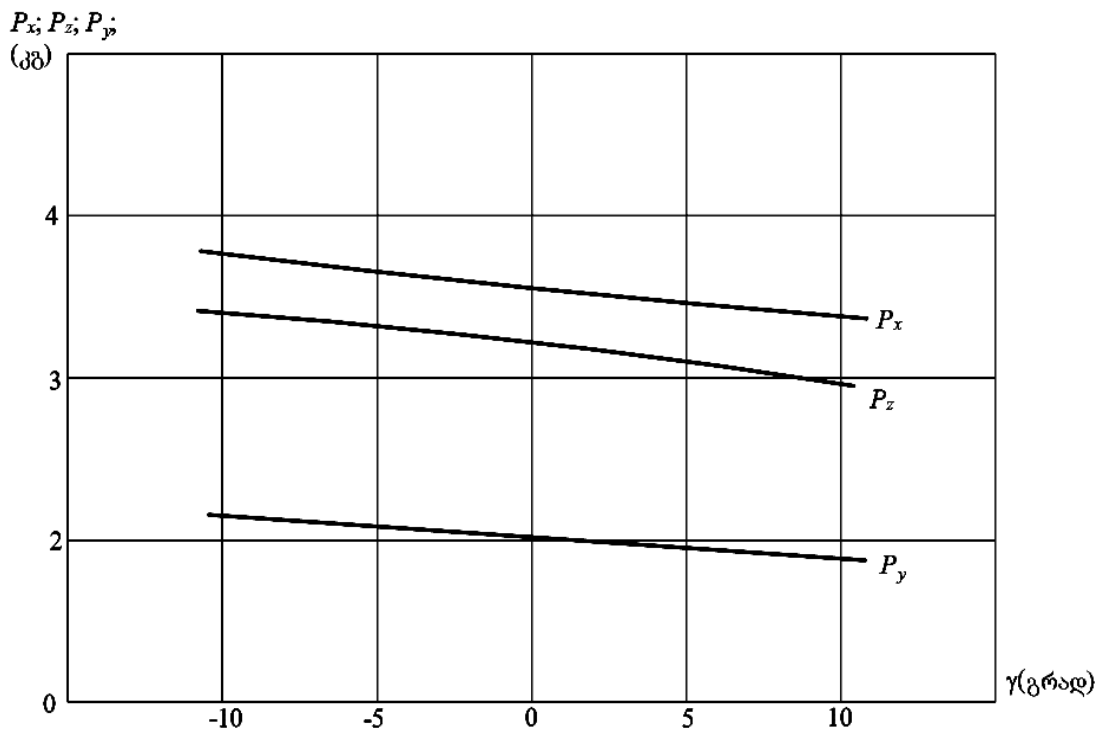
$$P_{x\text{ფაქტ}} = 2,4 - 0,0183\gamma - 0,0063\varphi + 1,88U;$$

$$P_{z\text{ფაქტ}} = 1,72 - 0,0113\gamma + 0,007\varphi + 1,994U.$$

$$P_{y\text{ფაქტ}} = 1,49 - 0,0084\gamma - 0,0047\varphi + 1,328U.$$

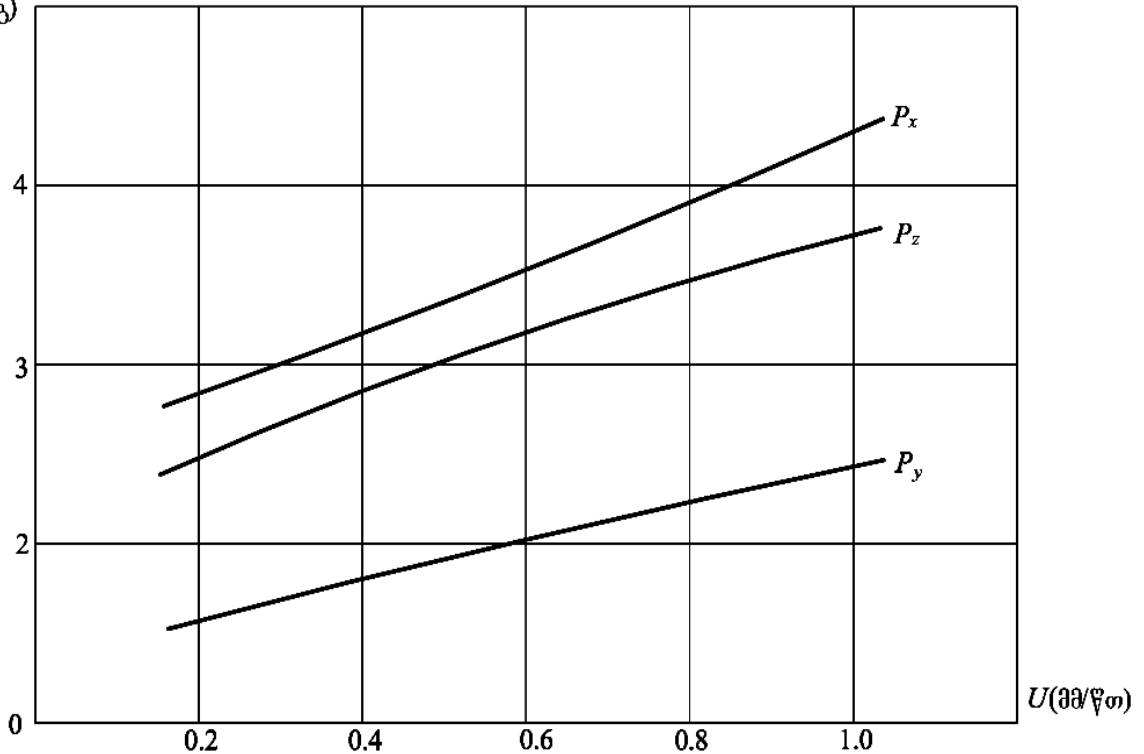


ნახ. 9.  $P_x; P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება საჭრისის მთავარ კუთხეზე გეგმაში  $\varphi$  (დასამუშავებელი მასალა მ.პ.კ. მიწოდების სიჩქარე  $U = 0,6$  მმ/წთ; წინა კუთხე  $\gamma = 0^\circ$ )



ნახ. 10.  $P_x; P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება საჭრისის წინა კუთხეზე  $\gamma$  (დასამუშავებელი მასალა მსუბუქი მ.პ.კ.);

$P_x; P_z; P_y;$   
(კმ)



მიწოდების სიჩქარე  $U = 0,6$  მმ/წთ; მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi = 60^\circ$   
 ნახ. 11.  $P_x; P_z$  და  $P_y$  ჭრის ძალის მდგენელების დამოკიდებულება  
 მიწოდების სიჩქარეზე  $U$  (მმ/წთ) (დასამუშავებელი მასალა  
 მსუბუქი მ.პ.კ. წინა კუთხე  $j = 0^\circ$ ; მთავარი კუთხე გეგმაში  $\varphi = 60^\circ$ )

დისერტაციის მეექვსე თავი ეძღვნება ეკონომიკურ საკითხებს, კერძოდ უნივერსალური სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხის გამოყენების ეკონომიკური სარგებლის განსაზღვრას.

პირველ რიგში განვიხილოთ ნამზადის დამზადების ტექნოლოგიური პროცესები ერთი მხრივ ტრადიციული მეთოდების გამოყენებით და მეორე მხრივ უნივერსალური სახარატო-საფრეზი-საკოპირე ჩარხის გამოყენებით, რომელზეც დამაგრებული იქნება საკოპირე მოწყობილობა, რომელიც გვაქვს დაპატენტებული და წარმოადგენს სიახლეს ზემოაღნიშნულ ნაკეთობების ჭრის პროცესში.

მაშასადამე ტრადიციულად ნაკეთობის დამზადება მოიცავს შემდეგ ოპერაციებს:

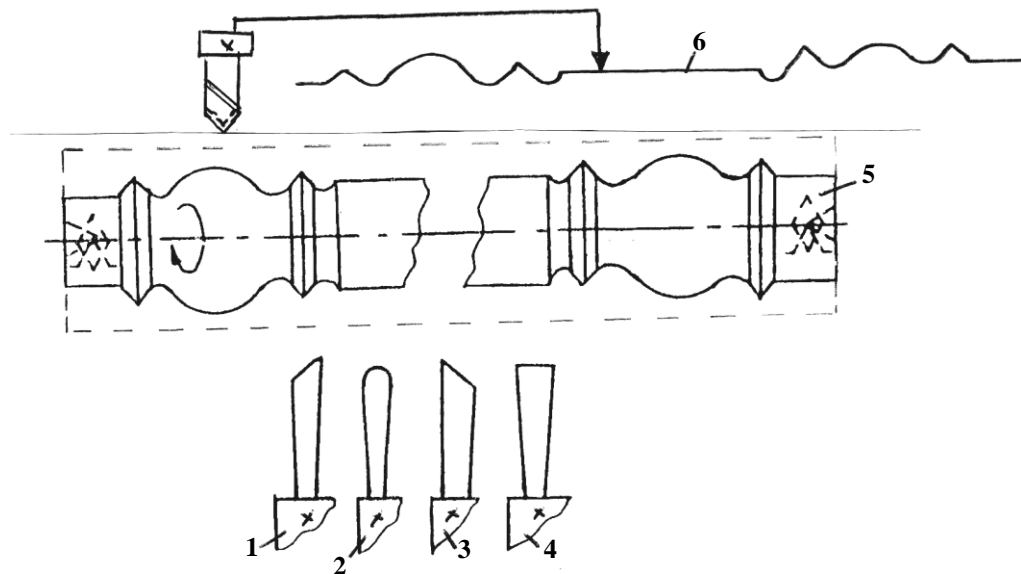
I ოპერაცია სახარატო (ნამზადის შავად და სუფთად ახარატება გარე ცილინდრული ზედაპირების, ღარების და ზოლურების მოჭრა).

პირველი ოპერაციის შესასრულებლად ვიყენებთ 4 საჭრის, ამ

შემთხვევაში I ოპერაციის დამუშავების ძირითადი ტექნოლოგიური დრო იქნება:

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_{საკ.}$$

ნახაზზე 12-ზე წყვეტილი ხაზებით ნაჩვენებია ნამზადი, რომელიც უნდა დამუშავდეს გასავლელი და მისაბრჯენი მარჯვენა და მარცხენა საჭრისების გამოყენებით.



ნახ. 12. გარე ცილინდრული ზედაპირების დამუშავების ესკიზი  
1, 2, 3, 4 – სახარატო საჭრისები; 5 – დეტალი; 6 – კობირი

ამ ოპერაციის შესასრულებლად საჭიროა სულ მცირე 2 გადასვლის შესრულება 1 – საკობირე მოწყობილობის გამოყენებით გარე ცილინდრული ზედაპირების შავად და სუფთად დამუშავება, როგორც ვხედავთ ზედაპირების დიამეტრების სხვაობა (ნამზადის და მზა დეტალს შორის) სულ მცირე 40 მმ შეადგენს

$$D_{ნაზ} = 140 \text{ მმ}, D_{დეტ\min} = 100 \text{ მმ}.$$

სხვაობა

$$D_{სხ} = D_{ნაზ} - D_{დეტ\min} = 140 - 100 = 40 \text{ მმ}.$$

ამ შემთხვევაში საერთო ჭრის სიღრმე იქნება

$$h = \frac{D_{სხ}}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ მმ}.$$

გასავლელი საჭრისის გამოყენებით შავად დამუშავებისათვის თუ ჩავთვლით  $h_{\text{შ}} = 4$  მმ – ჭრის სიღრმეს ერთ გავლაზე, სულ მცირე 4 გავლის შემდგომ სუფთად დამუშავებისათვის დაგვრჩება  $h_{\text{ს}} = 4$  მმ. ჭრის სიღრმე

$$h_{\text{ს}} = 20 - 4 \cdot 4 = 20 - 16 = 4 \text{ მმ.}$$

ნამზადის სუფთად დამუშავებისათვისაც საჭიროა 2 გავლის შესრულება, რომ დიამეტრი დავიყვანოთ 60 მმ-მდე. მაშასადამე  $4+2=6$  გავლით ვამუშავებთ დეტალის გარე ცილინდრულ ზედაპირებს შავად და სუფთად. ამ შემთხვევაში დამუშავების ძირითადი ტექნოლოგიური დრო შეადგენს:

$$t_{\text{ძ1}} = t_{\text{ა}} + t_{\text{ბ}},$$

$$t_{\text{ა}} = \frac{\ell \cdot n}{U} = \frac{1,2 \cdot 4}{3} = 1,6 \text{ წთ,}$$

$$t_{\text{ბ}} = \frac{\ell \cdot n}{U} = \frac{1,2 \cdot 2}{1} = 2,4 \text{ წთ,}$$

სადაც  $\ell = 1,2$  მ – დამუშავების სიგრძეა.

$U = 3$  მ/წთ;  $U = 1$  მ/წთ – შავად და სუფთად დამუშავების მოწოდების სიჩქარეებია;

$n = 4$ ;  $n = 2$  – შავად და სუფთად დამუშავების საჭრისის სვლათა რაოდენობაა.

მაშასადამე I ოპერაციის 1 გადასვლის ძირითადი ტექნოლოგიური დრო შეადგენს:

$$t_{\text{ძ1}} = t_{\text{ა}} + t_{\text{ბ}} = 1,6 + 2,4 = 3,6 \text{ წთ.}$$

I ოპერაციის 2 – გადასვლა – განივი მოწოდების გამოყენებით 1, 2, 3, 4 საჭრისებით ზოლურების და ღარების სუფთად დამუშავება მარცხნივ და მარჯვნივ.

ამ საჭრისებით დამუშავების ტექნოლოგიური დრო შეადგენს:

$$t_{\text{ძ2}} = \frac{\ell \cdot n}{U} = \frac{0,5 \cdot 16}{0,5} = 12,8 \text{ წთ,}$$

სადაც 0,4 მ – თითოეული საჭრისის მოძრაობის მანძილი  $n = 16$  – დასამუშავებელი ზედაპირთა რაოდენობა.

საერთო ჯამში I ოპერაციის ძირითადი დრო შეადგენს

$$t_{\text{ძ1}} = t_{\text{ძ1}} + t_{\text{ძ2}} = 3,6 + 12,8 = 16,4 \text{ წთ.}$$

[6]-ს მიხედვით ვადგენთ დამხმარე დროს

$$t_{\text{დამხ.}} = 1,6 \text{ წთ.}$$

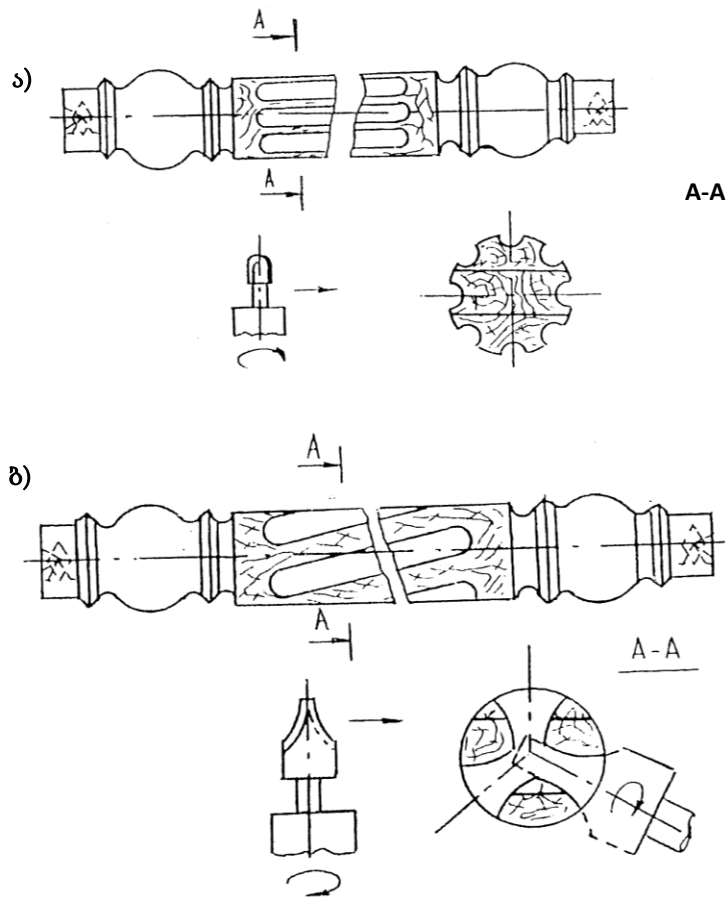
მაშინ პირველი ოპერაციის საცალო დრო იქნება

$$T_{\text{საCI}} = t_{\text{ძი}} + t_{\text{დამხ.}} = 16,4 + 1,6 = 18 \text{ წთ.}$$

II ოპერაცია – საფრეზი (ბოლოვანა ფრეზით ხდება ან გრძივი ან დახრილი ღარების ამოფრეზვა).

ძირითადი ტექნოლოგიური დრო ამ ოპერაციებზე იქნება

$$t_{\text{ძ2}} = \frac{\ell \cdot n}{U} = \frac{0,7 \cdot 8}{3} = 1,87 \text{ წთ.}$$



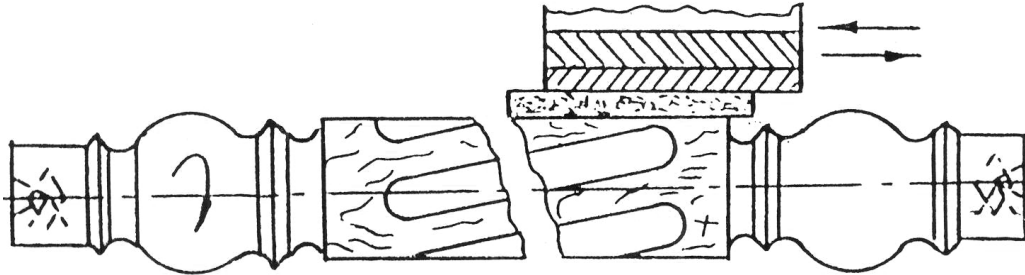
ნახ. 13. ა – გრძივი და ბ– დახრილი ღარების ამოფრეზვის ტექნოლოგიური სქემები.

[6]-ის მიხედვით დამხმარე დრო შეადგენს  $t_{\text{დამხ.}} = 0,8$  წთ საცალო დრო იქნება:

$$T_{\text{საCII}} = 1,87 + 0,8 = 2,67 \text{ წთ.}$$



III ოპერაცია – სახეხი (გარე ცილინდრული  
ზედაპირების ხეხვის პროცესი)



ნახ. 14. დეტალის ზედაპირების ხეხვის ოპერაციის სქემა

ოპერაციას ვახორციელებთ სახარატო-საფრეზი საკოპირე ჩარხზე №40 ან № 32 სახეხი ქარგოლების გამოყენებით.

[6]-ის მიხედვით ამ ოპერაციის საცალო დრო შეადგენს

$$T_{\text{საგIII}} = 3,5 \text{ წთ.}$$

მაშასადამე ზემოაღნიშნული ტექნოლოგიური პროცესის დრო, რომელიც მოიცავს 3 ოპერაციას დასრულდება ერთ სახარატო-საფრეზი საკოპირე ჩარხზე შეადგენს

$$T_{\text{საგ}} = T_I + T_{II} + T_{III} = 18 + 2,67 + 3,5 = 24,17 \text{ წთ.}$$

განვსაზღვროთ ჩარხის მწარმოებლობა ფორმულით:

$$Q_{\text{აწ}} = \frac{T \cdot K \cdot i}{T_{\text{საგ}}},$$

სადაც  $T = 420$  წთ – დღიური სამუშაო პერიოდი წუთებში;

$T_{\text{საგ}} = 24,12$  – დეტალის დამუშავების საცალო დრო;

$K$  – ჩარხის გამოყენების კოეფიციენტი,  $K = 0,7$ ;

$i$  – ერთდროულად დამუშავებული დეტალების რაოდენობა

$$Q_{\text{აწ}} = \frac{T \cdot K \cdot i}{T_{\text{საგ}}} = \frac{420 \cdot 0,7 \cdot 1}{24,17} = 12,16 \approx 12 \text{ ცალი,}$$

$$Q_{\text{აწ}} = 12 \text{ ცალი.}$$

იმ შემთხვევაში, თუ I ოპერაციაში უნივერსალურ-საფრეზი-საკოპირე ჩარხზე დავამაგრებთ საკოპირე მოწყობილობას, რომელიც აღჭურვილია

დისკური ფრეზით და სახეხი ქარგოლით. ამ შემთხვევაში სახარატო ოპერაციას შეიძლება უწოდოთ როტოფრეზირების ოპერაციად, რომელიც წარმოდენილია ქვემოთ სურათზე.

### I ოპერაცია – როტოფრეზირება და ხეხვა

გავიანგარიშოთ I ოპერაციის ძირითადი ტექნოლოგიური და საცალო დროები

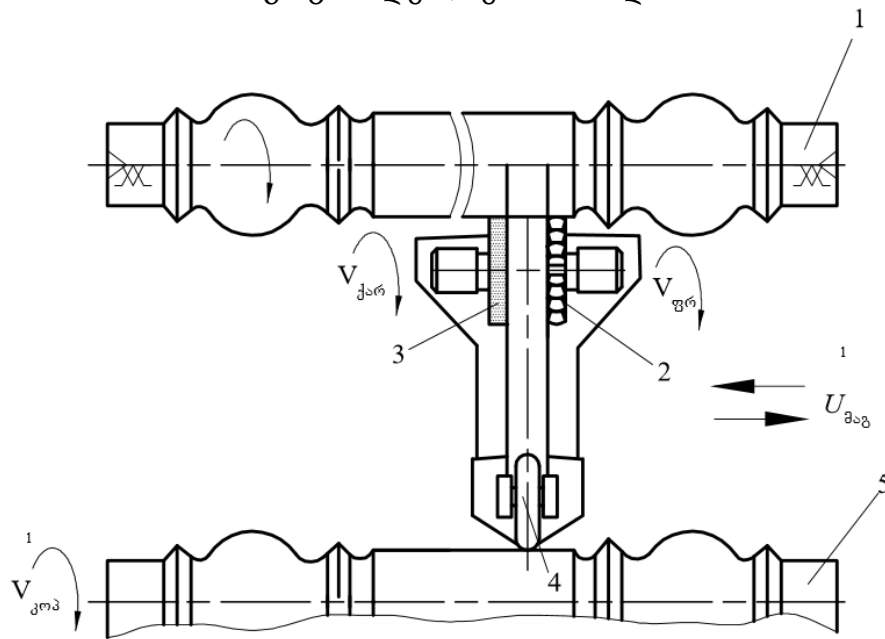
$$t_d = \frac{\ell}{U} = \frac{1,2}{2} = 1,2 \text{ მ},$$

სადაც  $\ell$  დეტალის სიგრძეა,  $\ell = 1,2$  მ;

$U$  მიწოდების სიჩქარეა  $U = 1$  მ/წთ;

$$T_{\text{საGI}} = t_d + t_{\text{დამბ.}} = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ წთ.}$$

II ოპერაციას და III ოპერაციას ვტოვებთ იგივეს, რაც წინა ვარიანტში განვიხილეთ, შესაბამისად.



ნახ. 15. გარე ცილინდრული ზედაპირების ერთდროული როტოფრეზირება და ხეხვა (1 – დეტალი; 2 – დისკური ფრეზი; 3 – სახეხი ქარგოლი; 4 – საკობირე გორგოლაჭი; 5 – კობირი).

II ოპერაციის საცალო დრო დარჩევა  $T_{\text{საGII}} = 2,67$  წთ.

III ოპერაციის დრო  $T_{\text{საGIII}} = 3,5$  წთ.

მესამე ოპერაცია მოიცავს როგორც სუფთად ხეხვას ასევე პოლიმერების ოპერაციას ზედაპირის საბოლოოდ მაღალი ხარისხის მისაღწევად მაშასადამე ტექნოლოგიური საქმის მეორე ვარიანტით დეტალის დამუშავების პეიოდი შეადგენს:

$$T_{\text{საგ}}'' = T_I + T_{II} + T_{III} = 2 + 2,67 + 3,5 = 8,17 \text{ წთ.}$$

ამ შემთხვევაში ჩარხის მწარმოებლობა იქნება:

$$Q_{\text{აწ}}'' = \frac{T \cdot K \cdot i}{T_{\text{საგ}}} = \frac{420 \cdot 0,7 \cdot 1}{8,17} \approx 34 \text{ ცალი.}$$

წინა ვარიანტის გაანგარიშება მოქცევა

$$Q_{\text{აწ}}' = 12 \text{ ცალი.}$$

სხვაობა ანუ მოგება ერთი დღის განმავლობაში ახალი მეთოდის გამოყენებისას გვაძლევს.

$$Q_{\text{აწ}}'' - Q_{\text{აწ}}' = 34 - 12 = 22 \text{ ცალი დეტალი.}$$

260 წლიური მუშაობის დღეთა განმავლობაში მარტო ერთი ჩარხი აღჭურვილი როტოფრეზვის კოპირით დაამზადებს  $260 \times 22 = 5720$  ცალზე მეტ დეტალს. თუ დავადებთ ერთ დეტალს სარეალიზაციო ფასს დაახლოებით 50\$ დოლარს წლიური მოგება ამ სიახლის გამოყენებისას გვექნება

$$5720 \cdot 50\$ = 286000\$ \text{ დოლარი.}$$

### ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

1. დადგინდა, რომ როტოფრეზირების პროცესის გამოყენება გარე ცილინდრული ზედაპირების დასამუშავებლად არის ძალზე მწარმოებლური და ეკონომიური ტრადიციული ახარატებით პროცესთან შედარებით.
2. დადგინდა, რომ როტოფრეზირების და ზედაპირის ხეხვის ერთობლივი პროცესის გამოყენება გვაძლევს ზედაპირების უფრო სწრაფ დამუშავებას და ოპერაციათა რაოდენობის შემცირებას.

3. მარტო ერთი ჩარხი აღჭურვილი როტოფრირების საკოპირე სუპორტზე სამანქანო დროის დაზოგვით იძლევა წლიურ მოგებას 286000\$.
4. ტექნოლოგიური გაანგარიშების საფუძველზე დადგინდა, რომ დამუშავების ნოვაციური მეთოდი ერთ ჩარხზე და ერთ სამუშაო დღის განმავლობაში 22 დეტალით მეტს ამუშავებს, ხოლო ერთი წლის განმავლობაში 5720 დეტალზე მეტს ტრადიციულ მეთოდთან შედარებით.
5. როტოფრირების პროცესის ენერგომაღლური პარამეტრების კვლევამ გვიჩვენა, რომ მდგენელი ჭრის ძალები მატულობენ მიწოდების სიჩქარის მომატებასთან ერთად.
6. კვლევებმა აგრეთვე გვიჩვენა, რომ ჭრის მდგენელი ძალები მატულობენ ჭრის სიღრმის მატებასთან ერთად.
7. კვლევებმა აგრეთვე გვიჩვენა, რომ ჭრის მდგენელი ძალები მცირდება ჭრის სიჩქარის მატებასთან ერთად.
8. ნოვაციური და ტრადიციული მეთოდების შედარებამ გვიჩვენა, რომ ჭრის მდგენელი ძალები 2-3-ჯერ მეტია როტოფრირების პროცესის დროს, ვიდრე ჩვეულებრივ ახარატების დროს.
9. სახარატო საჭრისით ნამზადის ახარატების დროს ჭრის მდგენელი ძალები კლებულობს, როგორც საჭრისის წინა კუთხის მატებისთანავე, ასევე მთავარი კუთხის გეგმაში მატებისთანავე.
10. სახარატო საჭრისის მიწოდების სიჩქარის მატებისთანავე ჭრის მდგენელი ძალები, ასევე მატულობენ.
11. მერქანმჭრელი ინსტრუმენტი აღჭურვილი BK 20 ტიპის სალიმენადნობი ფირფიტით დაფარული ტიტანის ნიტრიტის 20 მკმ და 5 მკმ ფენით შევადარეთ დაუფარავ საჭრისთან და ცვეთამედეგობაზე ჩატარებულ კვლევებმა გვიჩვენებს რომ მერქანბურბუმელოვანი ნამზადის ახარატების დროს მედეგობა 25 %-ით იზრდება დაუფარავ და დაფარულს შორის.
12. ანალოგიური ექსპერიმენტები ცვეთამედეგობაზე ჩავატარეთ MDF-ის მასალების დამუშავებაზე რითაც დადგინდა, რომ ცვეთამედეგობა იზრდება ნიტრიდტიტანის TiN დაფარული ფენის ზრდასთან ერთად.

**დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ ნაშრომებში:**

1. სარიშვილი ე. თანამედროვე ავეჯის და ინტერიერის დიზაინი. ჟურნალი „STYLE“ (2017 წელი).
2. ჩიტძე ზ., გელაშვილი ი., სარიშვილი ე., ჟღენტი მ., ბჟალავა ნ., გოგოტიშვილი მ. მაღალი სიმტკიცის მქონე ახალი კომპოზიციური მასალების ჭრის პროცესის კვლევა. 1 ნაწილი ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ № 2(51), თბილისი, 2021.
3. გელაშვილი ი., ჩიტძე ზ., მონიავა თ., ჟღენტი მ., სარიშვილი ე., კაპანაძე პ. მსუბუქი მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ლენტური ხერხებით ხერხვის პროცესის ძალური პარამეტრების კვლევა (I ნაწილი) ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა № 1(53), 2022, გვ. 71-79.
4. გელაშვილი ი., ჩიტძე ზ., მონიავა თ., ჟღენტი მ., სარიშვილი ე., კაპანაძე პ. მძიმე მერქანპოლიმერული კომპოზიტების ლენტური ხერხებით ხერხვის პროცესის ძალური პარამეტრების კვლევა (II ნაწილი) ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა № 1(53), 2022, გვ. 80-85.
5. ჩიტძე ზ., გელაშვილი ი., სარიშვილი ე., ჟღენტი მ., კაპანაძე პ. საკოპირე მოწყობილობა ხის დასამუშავებელი ჩარხისთვის“, განაცხადი გამოგონებაზე 07.06.2022. საქპატენტი.
6. ჩიტძე ზ., გელაშვილი ი., სარიშვილი ე., ჟღენტი მ., ბჟალავა ნ. ტყის ხანძრის სწრაფი ჩამქრობი მოწყობილობა. განაცხადი გამოგონებაზე 07.06.2022. საქპატენტი.
7. სარიშვილი ე. საკოპირე მოწყობილობა ხის დამამუშავებელი ჩარხისათვის. ჟურნალი „ტრანსპორტი და მანქანათმშენებლობა“ №3(55), თბილისი, 2022.

## Abstract

### **The Study on the cutting process of complex-profile voluminous of artistic furniture**

The work is devoted to the topical issue of the production of furniture and its components from wood and wood composite materials that is increasing annually. Therefore, increasing the productivity of processing tools and equipment from wood and wood composite materials, increasing the quality of products and reducing the cost of production are related to the application of new technologies, modernization of known technologies and reconstruction of processing tools and equipment. To solve these issues, the aim of the dissertation work is to modernize the lathe-milling-copying machine, expand its technological capabilities, reduce the technological time of processing and increase the roughness of the processed surfaces. In order to achieve these goals, the author studied the well-known methods of mechanical processing of cylindrical surfaces of furniture and proposed to use a new, innovative, fast roto-milling method of manufacturing cylindrical shaped furniture elements, which, according to technological and economic calculations, turned out to be very progressive compared to the traditional akharat process. At the same time, the author processed this method constructively and equipped the lathe-milling-copy machine with a double simultaneous processing device on the one hand with a roto-milling drive and on the other hand with a disk milling machine with a grinding tool with its own drive.

This innovative design gives the possibility to process the cylindrical elements of furniture in the shortest time, as well as to use the simultaneous milling process with roto-milling to increase the cleanliness of the treated surfaces.

The author has studied the influence of various factors on the proposed roto-milling process, for which many experiments have been conducted to determine the energy parameters of the process and to increase the wear resistance of the cutting tool.

All experiments were conducted using the mathematical planning method and regression equations were derived for the dependence of the cutting forces on the angular parameters of the cutting tool and the cutting modes of processing. Based on the regression equations obtained as a result of the experiments, appropriate graphs are built, on the basis of that practical recommendations can be made on the use of the innovative method in production.

In the work are conditions the issues of the wear resistance of the teeth of the cutting tool during the processing of wood-polymer composites and shows the ways of their growth. It has been investigated that it is possible to increase the wear resistance of the cutting tool by several times with titanium nitride coating on the surfaces of the teeth of the cutting tool.

Therefore, innovative methods of processing the above-mentioned wood and wood materials and research conducted on these methods. With its results, it can be considered a serious achievement for technological optimization of wood and wood polymer composite materials processing and productivity increase.