

## სპეციალური მიღების მიღება გამოწნების მეთოდით

ნატო კანთელაძე<sup>1</sup>, ალექსანდრე გორდუზიანი<sup>2</sup>, ნინო კენჭიაშვილი<sup>3</sup>, გიორგი გორდუზიანი<sup>3</sup>, თამარ ცერცვაძე<sup>3</sup>, თამარ წილოსანი<sup>3</sup>

<sup>1</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის აკადემიური დოქტორი

<sup>2</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ემერიტუსი პროფესორი,

<sup>3</sup>საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი

### აბსტრაქტი

ლითონური მიღების წარმოებაში მიღწეული წარმატების მიუხედავად მისი შემდგომი განვითარება და სრულყოფა ტექნიკის სიახლეებთან დაკავშირებით მაინც პრობლემურ საკითხად რჩება.

საბრძოლო სასროლი იარაღის ლულების და სპეციალური მიღების დამზადებისათვის, რაც მიეკუთვნება წვრილსერიულ წარმოებას, მიზანშეწონილად ჩაითვალა გამოყენებულიყო გამოწნების ტექნოლოგიური პროცესი, რომელიც გამოირჩევა შედარებით მარტივი ტექნოლოგიით და მცირე რაოდენობის მანქანა-დანადგარების გამოყენებით.

ექსპერიმენტულმა სამუშაომ აჩვენა, რომ ცხლად გამოწნების დროს ხდება პრესფორმის ელემენტების გადახურება და ცვეთა, განსაკუთრებით მძიმე პირობებში მუშაობს სამილე სამართული, რომელიც იმყოფება გახურებული (800-1200°C) ნამზადის შუაგულში, რის შედეგადაც კარგავს სიმტკიცეს და ზოგჯერ გამჭიმავი ძალების ზემოქმედებით განიცდის რღვევას. აქედან გამომდინარე, პრესფორმების გამძლეობაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურული ფაქტორი, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გაცივების სისტემის გამოყენებას, რისთვისაც დაპროექტებული იქნა და თბილავიამშენებელ საწარმოში დამზადდა პრესფორმები 50 მმ-მდე დიამეტრის ნამზადის გამოწნებისათვის.

გამოწნების რეჟიმის შემსუბუქების მიზნით პროცესი გაიყო ორ ეტაპად. პირველ ეტაპზე წარმოებს მასრის მიღება, ხოლო მეორეზე - მასრიდან მილის მიღება. იმისათვის, რომ მასრის მიღების პროცესი წარიმართოს რაციონალურად, საჭიროა ნამზადს მიეცეს რადიალურად გაფართოების საშუალება, წინააღმდეგ შემთხვევაში ლითონის ჭარბი ნაწილი დაიწყებს პუანსონის საწინააღმდეგო მიმართულებით დენას. ამ მოვლენის თავიდან ასაცილებლად ნამზადს მიეცა მრავალწახნაგა პრიზმის ფორმა, იმ ანგარიშით, რომ ნამზადის კვეთის ფართობი ყოფილიყო მატრიცის კვეთის ფართობზე ნაკლები.

ნაშრომში, თეორიული და ექსპერიმენტული სამუშაოების შედეგების საფუძველზე შემუშავებული იქნა უკუგამოწნების მეთოდით მილნამზადის და შემდგომ სპეციალური მილების მიღებისათვის საწარმოო დანიშნულების პრესყალიბები.

სამუშაოში მოყვანილი პრესყალიბის კონსტრუქცია შედგება წყლით გაცივების სისტემისაგან, რომელიც იცავს პრესყალიბის ელემენტებს გახურებისაგან და შესაბამისად მნიშვნელოვნად ზრდის მათი მუშაობის ხანგრძლივობას, რაც იძლევა საგრძნობ ეკონომიკურ ეფექტიანობას.

*საკვანძო სიტყვები: გამოწნება, პრესყალიბი, სამართული, პუანსონი, მასრა, მილნამზადი.*

## შესავალი

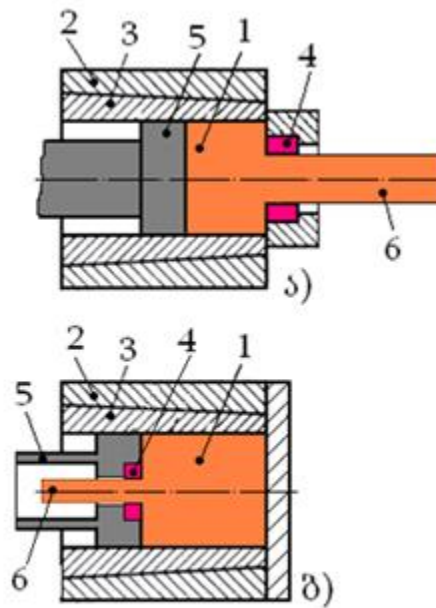
ტექნიკის მრავალ დარგში ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა მარკის ფოლადის, ფერადი ლითონებისა და მათი შენადნობებისაგან დამზადებული საკონსტრუქციო და სპეციალური დანიშნულების მილები. ლითონური მილების წარმოებაში, მისი განვითარებისა და სრულყოფისათვის დიდი ძვრებია განხორციელებული, მაგრამ საბრძოლო და სანადირო სასროლი იარაღის ლულებისათვის მილნამზადების მიღების ტექნოლოგიური პროცესების შერჩევა-შემუშავება განსაკუთრებულ აქტუალურ და პრობლემურ საკითხს წარმოადგენს და განვითარებული ქვეყნების ერთ-ერთ პრიორიტეტულ მიმართულებათა დარგს მიეკუთვნება.

## ძირითადი ნაწილი

სამუშაოს მიზანს წარმოადგენს სასროლი იარაღის ლულების და საერთოდ სპე-ციალური მიღების მიღწევის მიღება საშუალო ნახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადისაგან, გამოწნევის ტექნოლოგიური პროცესის გამოყენებით. ეს მეთოდი გამოიყენება ძირითადად ფერადი ლითონების პროფილებისა და მიღების ცივ მდგომარეობაში წარმოებისათვის. უფრო სალი ლითონებისა და შენადნობებისაგან დიდი კვეთის პროფილებისა და მიღების ზოგიერთი სახეობის მიღება ცივი გამოწნევის მეთოდით შეზღუდულია, ამიტომ ლითონდამუშავების ამ სფეროში უმეტესად გამოიყენება გამოწნევა ცხელ მდგომარეობაში, რომელიც ნაკეთობის კონსტრუქციული ელემენტების მიღების სიზუსტით გამოირჩევა. სხვადასხვა სახის ნაკეთობის სორტამენტის დამზადებისათვის აღნიშნული მეთოდი დიდი მოქნილობით მიღების გამოცვლა, ერთი ტიპის ნაკეთობიდან მეორეზე გადასვლის მარტივი და სწრაფი გადაიარაღების საშუალებას იძლევა, პროცესს ეკონომიურად უფრო ხელსაყრელს ხდის და ნაკეთობის თვითღირებულება მცირდება გლინვის პროცესთან შედარებით, რომელიც უფრო რთულ მოწყობილობას, ხანგრძლივსა და ძვირ ტექნოლოგიურ პროცესს მოითხოვს. გარდა ამისა, გლინვას არ ექვემდებარება მაღალლეგირებული შენადნობებისაგან მიღების და რთული პროფილების დამზადება.

არჩვენ გამოწნევის ორ მეთოდს: პირდაპირს და შექცევადს (ნახ. 1). პირდაპირ მეთოდთან შედარებით, შექცევადი მეთოდით გამოწნევისას, ლითონის ნარჩენი შესამ-ჩნევად მცირდება, ასევე 25%-ით მცირდება გამოწნევის ძალა.

პირდაპირი მეთოდით გამოწნეხით ძირითადად 6-12 მ სიგრძის მიღები იწარმოება, ხოლო მოკლე 0,8 მ სიგრძის მიღების წარმოებისათვის მიზანშეწონილია უკუგამოწნევის პროცესის გამოყენება, სადაც გამოსაშვები პროდუქციის რაოდენობა შეესაბამება წვრილ სერიულ წარმოებას.



**ნახ. 1. გამოწნების პროცესის სქემა:**  
**ა - პირდაპირი მეთოდი; ბ - შექცეული მეთოდი**

ცხლად გამოწნების პროცესში პრესყალიბის დეტალები ერთდროულად მაღალ-ტემპერატურულ და დაძაბულ მდგომარეობაში იმყოფება. ეს დეტალებია: მატრიცა, მილის სამართული, მადეფორმირებელი თავი და შიგა მილისა. მატრიცა უშუალოდ შეხებაშია ცხელ ლითონთან, რომლის ტემპერატურაა 800-1250°C-ს აღწევს. ყველაზე მეტად ცვეთა მიმდინარეობს მატრიცის კონუსთან, საიდანაც ლითონის გამოდინება სრიალით წარმოებს. განსაკუთრებით რთულ პირობებში მუშაობს სამილე სამართული, რომელიც გავარვარებული ნამზადის შუაგულში იმყოფება. მისი ხურების ხარისხი იმდენად მაღალია, რამდენადაც დიდხანს მიმდინარეობს გამოწნების პროცესი. სამართულის ცვეთა არათანაბარია მთელ სიგრძეზე და უმეტესად მიმდინარეობს პუანსონთან შეერთების ადგილზე, სადაც წნევა მაქსიმალურია [1].

სპეციალური მილების გამოწნების პროცესის შესწავლის საფუძველზე დადგინდა, რომ საჭიროა შეიქმნას პრესყალიბის კონსტრუქციის ისეთი ელემენტები, რომლებზეც აცილებული იქნება მაღალი ტემპერატურის უარყოფითი გავლენა, რაც გაზრდის მისი ექსპლოატაციის ხანგრძლივობას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, გამოწნების მეთოდით სასროლი იარაღის ლულების მილნამზადების მიღება საშუალო ნახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადისაგან პრობლემურ საკითხს წარმოადგენს და ახლებურ მიდგომას მოითხოვს.

გამოწნების ინსტრუმენტის (პრესფორმის) დასამზადებლად განკუთვნილმა მასალამ მაღალი თბომედეგობა, სისალე, პროფილის და ზომების მუდმივობა უნდა უზრუნველყოს.

ამისათვის გამოწეხის ინსტრუმენტი მზადდება 3X2B8, 4XB2C, 5XHB, 38XMIOA და სხვა ლეგირებული ფოლადისაგან.

ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის 50 მმ გარე დიამეტრის ნამზადის გამოწეხი-სათვის დამზადდა ორი პრესფორმა. რეჟიმების შემსუბუქების მიზნით პროცესი გავყავით ორ ეტაპად: სხმულიდან მილნამზადის (მასრის) მისაღებად, ხოლო მეორე მილნამზადიდან მილის მისაღებად. მიუხედავად პროცესის წარმადობის შემცირები-სა, ასეთმა დაყოფამ საშუალება მოგვცა გაგვეზარდა დეფორმაციის სიჩქარე და პრესფორმების დეტალების ცვეთამედეგობა. შესაბამისად, დიდი მნიშვნელობა ენიჭებოდა პრესფორმების მუშაობის პროცესში მისი ელემენტების გაცივების სისტემის კონსტრუირებას. გაკეთდა თეორიული ანგარიში გამოწეხისათვის ჰიდ-რავლიკური წნეხის საჭირო სიმძლავრეზე, სადაც გამოყენებული იქნა გუბკინის [2] ფორმულა:

$$P = nc\sigma_s F \ln \frac{F}{f}$$

სადაც,  $n$  - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ლითონის ხახუნს მიმღების კედლებზე, როცა ნამზადის სიმაღლე მეტია მიმღების დიამეტრზე და იგი ტოლია

$$n = 1 + 0,08 \frac{H}{D} = 1,16.$$

$C$  – ნამზადის ხახუნის ძალების განაწილების კოეფიციენტი და დადგენილია, რომ გლუვი მიღებისათვის, როცა  $F/r < 1,8$ , იგი ტოლია 5-ის;

$D$  - მიმღების დიამეტრია, მმ;

$F_0$  - დასაწეხი ნამზადის ფართობია, 50 მმ ფოლადისათვის 1950 მმ<sup>2</sup>-ის ტოლია.

$F_1$  - მისაღები მილნამზადის ფართობია და 702 მმ<sup>2</sup> -ის ტოლია.

$\sigma_s$  – დენადობის ზღვარია 1250°C-ზე და ტოლია 5კგ/მმ<sup>2</sup>-ის.

ამრიგად, ჰიდრავლიკური წნეხის სიმძლავრე დაახლოებით 130 ტონას შეესაბამება.

მასრის მიღებისათვის საჭირო ძალის საანგარიშოდ გამოვიყენეთ შემდეგი ფორმულა:

$$P = 5 \left( \sqrt{\frac{D}{d}} - 0,8 \right) \cdot F \cdot \sigma_s$$

სადაც  $D$  - ნამზადის დიამეტრია, მმ;

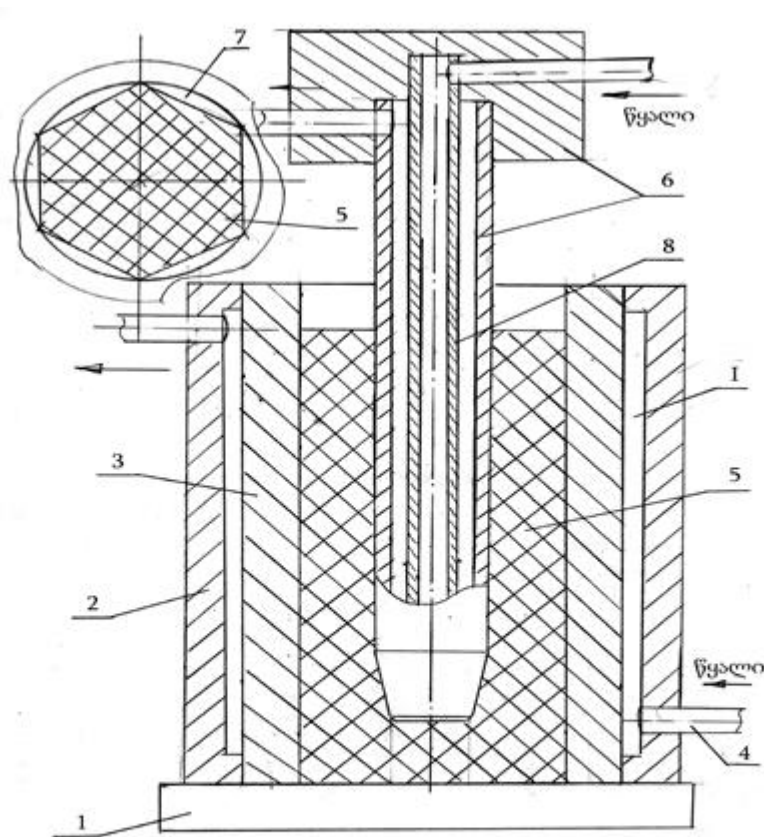
$d$  – მასრის დიამეტრი, მმ;

$F$  – ნამზადის ფართობი, მმ<sup>2</sup>;

$\sigma_s$  – ლითონის დენადობის ზღვარი წნეხის ტემპერატურაზე, კგ/მმ<sup>2</sup>.

ფორმულაში სათანადო მონაცემების შეტანით ვღებულობთ  $P$  ძალის მნიშვნელობას, რომელიც დაახლოებით 150 კგ.ძ-ის ტოლია. მასრის მისაღები პრესფორმის კონსტრუქციის სქემატური ნახაზი გამაცივებელი სისტემით მოცემულია ნახ. 2-ზე.

მასრის მიღებისათვის გათვალისწინებული იქნა ის ფაქტორი, რომ საჭირო იყო პრესფორმის კონტეინერში ნამზადს ჰქონოდა რადიალურად გაფართოების საშუალება, წინააღმდეგ

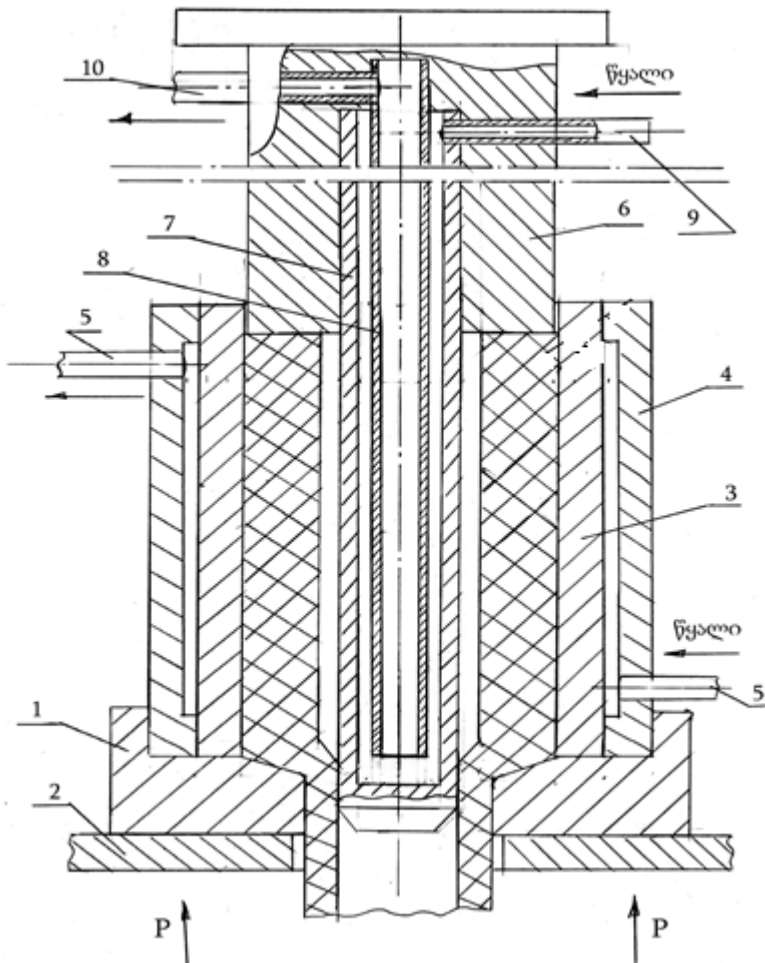


**ნახ. 2. მასრის მისაღები პრესფორმის სქემა**  
**1-ფილა; 2-ცილინდრი; 3-კონტეინერი; 4-შტუცერები;**  
**5-ნამზადი; 6-პუანსონი; 7-თავისუფალი სივრცე; 8-წყლის მილი**

შემთხვევაში ლითონი დაიწყებდა პუანსონის საწინააღმდეგო მიმართულებით დენას და მივიღებდით უკუგამოწნეხას [3]. ამის თავიდან ასაცილებლად, ნამზადს მიეცა მრავალწახნაგა პრიზმის ფორმა იმ ანგარიშით, რომ მისი კვეთის ფართობი მატრიცის კვეთის ფართობზე ნაკლები ყოფილიყო, რაც ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე, პოზიცია 7.

აღსანიშნავია, რომ ნამზადის მთელ კვეთში მექანიკური თვისებების გათანაბრებისათვის დეფორმაციის ხარისხი უნდა აღემატებოდეს 80-75%-ს. კვეთში დეფორმაციის ხარისხებს შორის განსხვავება იცვლება ხახუნის კოეფიციენტის ცვლილებით ლითონსა და ინსტრუმენტის კედლებს შორის. დეფორმაციის ხარისხის გარდა, გამოწნების პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს ასევე დეფორმაციის სიჩქარის გათანაბრება. დეფორმაციის მაღალი სიჩქარეების დროს, ცხელი ლითონის შეხება პრესფორმის კედლებთან მცირე დროში ხდება. შესაბამისად ნამზადის კვეთში და სიგრძეში ტემპერატურათა განსხვავება კლებულობს, რაც უზრუნველყოფს დეფორმაციათა უთანაბრობის შემცირებას ნამზადის კვეთში. დეფორმაციის სიჩქარის ზრდა ამცირებს ნამზადსა და პრესყალიბის კედლებს შორის ხახუნის კოეფიციენტს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნამზადის კვეთში დეფორმაციის განაწილების ხასიათი განსაზღვრავს წნებისათვის საჭირო ძალას.

ამრიგად, წნების აბსოლიტური სიდიდე დამოკიდებულია ნამზადის ზომაზე, მასალის



გვარობაზე, წნების ტემპერატურაზე, დეფორმაციის სიდიდეზე და ხარისხზე, ასევე წნების მეთოდზე და იარაღის კონსტრუქციაზე.

უკუგამოწნების დროს, როდესაც სრიალი მინიმალურია ნამზადსა და პრესფორმის კედლებს შორის, წნების ძალა იხარჯება მხოლოდ ლითონის მატრიცასთან ხახუნზე და დეფორმაციის მუშაობაზე. გარდა ამისა, უკუდეფორმაციის დროს ნამზადის სიგრძეს მნიშვნელობა არა აქვს.

სამუშაოში გაანგარიშებების, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შემუშავებული იქნა უკუგამოწნების მეთოდით მილნამზადიდან სპეციალური მილების (ლულების) მიღებისათვის, საწარმოო დანიშნულების პრესყალიბი, წყლით გაცივების სისტემით, რომლის კონსტრუქციული სქემა მოყვანილია ნახ. 3-ზე.

ნახ. 3. მილის (ლულის) მისაღები პრესფორმა: 1-მატრიცა; 2-ფილა; 3-ცილინდრული კორპუსი; 4-გარსაცმი; 5-მილნამზადი(მასრა); 6-პუნსონი; 7-ღერო; 8-წყლის მილი; 9 და 10-შტუცერები

მასრის მიღების შემდეგ წარმოებს მისი გასუფთავება, ხელახალი გახურება და მიწოდება მილის მისაღებ პრესფორმაზე (ნახ. 3). ეს უკანასკნელი შედგება მატრიცისაგან - 1, რომელიც დადგმულია წნეხის ფილაზე - 2. მატრიცაში ჩაყენებულია კონტეინერი წყლის გაცივებით, შედგენილი ცილინდრული კორპუსისაგან - 3 და გარსაცმისაგან - 4. მილის მისაღებ კონტეინერში ჩაყენებულია მასრა (მილნამზადი) - 5. პუან-სონსა - 6 და კონტეინერს შორის ჩამაგრებულია ღერო (სამართული) - 7, ბოლოებზე ჩახრახნილია შტუცერები - 9, 10.

ცნობილია, რომ რაც უფრო ნაკლებია საწნეხი მასალის დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობა, მით სწრაფად მიმდინარეობს წნეხის პროცესი. ამ დროს ნაკლებია ნამზადის გაცივება და ასევე საწნეხი პრესფორმის გახურებაც. აქედან გამომდინარე ნაკლებია გამოწნეხისათვის საჭირო ძალა, უმჯობესდება ინსტრუმენტის მუშაობის პირობები და იზრდება პროცესის მწარმოებლობა. დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის შემცირება შესაძლებელია წნეხის წარმოებით მაქსიმალურად მაღალ ტემპერატურაზე. მაგრამ დასაშვებზე მეტი ტემპერატურის დროს ადგილი აქვს ლითონში ბზარების წარმოქმნას პლასტიკურობის დაქვეითების გამო, რაც იწვევს მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურის წარმოქმნას, კრისტალთშორისი შეჭიდულობის შესუსტებას და საერთოდ მექანიკური მახასიათებლების გაუარესებას. აქედან გამომდინარე, გამოწნეხის პროცესი უნდა განხორციელდეს ისეთ ოპტიმალურ ტემპერატურაზე, რომელიც უზრუნველყოფს ლითონის დეფორმაციისადმი მინიმალურ წინააღმდეგობას მაღალი პლასტიკურობის პირობებში.

### დასკვნა:

1. კვლევის საფუძველზე შემუშავდა საწარმოო დანიშნულების პრესფორმების კონსტრუქცია გამაცივებელი სისტემით მილნამზადების (მასრების) და შემდგომ სპეციალური მილების მისაღებად ცხლად უკუგამოწნევის მეთოდით, რითაც აცილებული იქნა მაღალი ტემპერატურის უარყოფითი გავლენა;
2. უკუგამოწნეხის პრესფორმები გამაცივებელი სისტემით პროცესს უფრო ეკონომიურს ხდის, ნაკეთობის თვითღირებულება მცირდება გლინვის პროცესთან შედარებით, რომელიც უფრო რთული მოწყობილობის გამოყენებას მოითხოვს და აძვირებს ტექნოლოგიურ პროცესს;
3. შემუშავებული გამაცივებელი სისტემის მქონე ცხლად გამოწნეხის პრესფორმები საშუალონახშირბადიანი და ლეგირებული ფოლადებისაგან სპეციალური მილების დასამზადებლად გამოიყენება.



### გამოყენებული ლიტერატურა:

1. М.М. Микаутадзе. Основы комплексного решения проблемы совершенствования технологического процесса и машин для производства бесшовных труб. Докт. диссерт., Тбилиси, 1987. 227 с.
2. С.И. Губкин., Теория обработки металлов давлением, Metallurgizdat, 1937, с. 90.
3. ნ. კანთელაძე. სპეციალური მიღების მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება და სრულყოფა. დისერტაცია დოქტორის აკად. ხარისხის მოსაპოვებლად, თბილისი, 2018 წ.

## Manufacture of special pipes by the method of heading

Nato Kanteladze<sup>1</sup>; Alexander Gordeziani<sup>2</sup>; Nino Kenchiashvili<sup>3</sup> Giorgi Gordeziani<sup>3</sup>

Tamar Tsertsvadze<sup>3</sup>, Tamar Tsilosani<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Academic Doctor of Georgian Technical University, Informatics and Control Systems Faculty

<sup>2</sup> Emeritus Professor of Georgian Technical University, Chemical Technology and Metallurgy Faculty

<sup>3</sup> Associated Professor of Georgian Technical University, Chemical Technology and Metallurgy Faculty

---

### Abstract

In spite of the success, achieved in the production of metal pipes, its further progress and improvement still remain a problematic issue due to the development of techniques and new technologies.

For the manufacture of barrels and special pipes of military shooting weapons, belonging to the small serial production is considered advisable applying the technological process of heading which is staying out by relatively simple technology and a small number of used equipment.

The experimental studies have shown that during hot heading, wearing and overheating processes are taking place of press mold elements. Especially in difficult conditions, a pipe mandrel works, when is heated up to 800-1200 Celsius in the middle of the specimen, after which it loses strength and sometimes under the action of tensile stress causes destruction. Based on this, the temperature factor has a great influence on the stability of the press mold; therefore, the use of a cooling system is of great importance. For this purpose, the press molds were designed and then manufactured in an aviation enterprise for heading of work piece with a diameter of 50 mm.

The process was divided into two stages to simplify the heading regime. The shell is obtained in the first stage, and the pipe is made from this shell in the second stage. It's necessary that the work piece

is being given the opportunity for radial expansion for the rational carrying out of the process of obtaining a shell, otherwise, the metal will begin to flow in the opposite direction of the punch and we will get reverse heading. To avoid this phenomenon, the specimen was given the shape of a polyhedral prism, for the purpose that the sectional area of the work piece would be less than the sectional area of the matrix.

In this paper, based on the results of theoretical and experimental studies, press molds for industrial use have been worked out for the production of special pipes and pipe work pieces by the reverse heading method.

In the work, the given design of the press form consists of a water cooling system, which protects the elements of the press mold from heating and, accordingly, significantly increases the duration of its work, which in turn gives a significant economic effect.

***Keywords:*** *heading, press mold, mandrel, punch, shell, pipe work piece*