

UDC 621.778. 426 (075)

SCOPUS CODE 2206

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-3-206-213>

გორგოლაჭებიან მატრიცაში ადიდვის ძალოვანი პარამეტრების თეორიული კვლევა

სლავა მებონია	მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: meboniaslava@gtu.ge
ზურაბ ლომსაძე	მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 75 E-mail: zlomsadze@gtu.ge
ალექსანდრე შერმაზანაშვილი	რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტი, საქართველო, 0175, თბილისი, მინდელი 10 E-mail: hermazanashvilia@gmail.com

რეცენზენტები:

ნ. ხიდაშელი, სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის პროფესორი

E-mail: khidly@gtu.ge

დ. ნიჟარაძე, რ. დვალის მანქანათა მექანიკის ინსტიტუტის უფროსი მეცნიერი თანამშრომელი, აკადემიური დოქტორი

E-mail: danizh1961@gmail.com

ანოტაცია. ადიდვა ლითონის წნევით დამუშავების პროცესია, რაც გულისხმობს ნამზადის გათრევას შვეიწროებად ნახვრეტში, რომლის ზომები ნამზადის განივკვეთის ზომებზე ნაკლებია. ადიდვა ლითონების პლასტიკური დამუშავების ეფექტური ხერხია, რომელიც ფართოდ გამოიყენება წნელების, მავთულის, მილებისა და სხვა ზომარეული ნაკეთობების წარმოებაში [1,2].

სტატიაში განხილულია გორგოლაჭებიან მატრიცაში ადიდვის პროცესში მოქმედი ძალოვანი ფაქტორები, კონკრეტულად ადიდვის ძაბვა და საკონტაქტო წნევა. თეორიული კვლევის შედეგად დადგენილია კავშირი ადიდვის ძაბვასა და დეფორმაციულ პარამეტრებს შორის სხვადასხვა საკონტაქტო ხახუნის პირობებში, რაც საშუალებას გვაძლევს შევარჩიოთ დეფორმაციის ხარისხისა და გამოჭიმვის კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობები, რომლებიც საჭიროა მცირე დიამეტრის

წნელოვანი ნაგლინიდან მავთულის მისაღებად. გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვისას მოქმედი ხვედრითი წნევის დიფერენციალური განტოლების ამოხსნის საფუძველზე მიღებულია საანგარიშო ფორმულები ადიდვის ძაბვისა და საკონტაქტო წნევის განსაზღვრისათვის. გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ცხრილებისა და გრაფიკების სახით. თეორიული კვლევის შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ ადიდვის ძაბვა გამოჭიმვის კოეფიციენტის მაღალი მნიშვნელობებისას მეტია მასალის დენადობის ზღვარზე, რის გამო გამოჭიმვის კოეფიციენტი არ უნდა იყოს (1,4 – 1,5)-ზე მეტი.

საკვანძო სიტყვები: ადიდვა, გორგოლაჭებიანი მატრიცა, წნევა, ძაბვა.

შესავალი

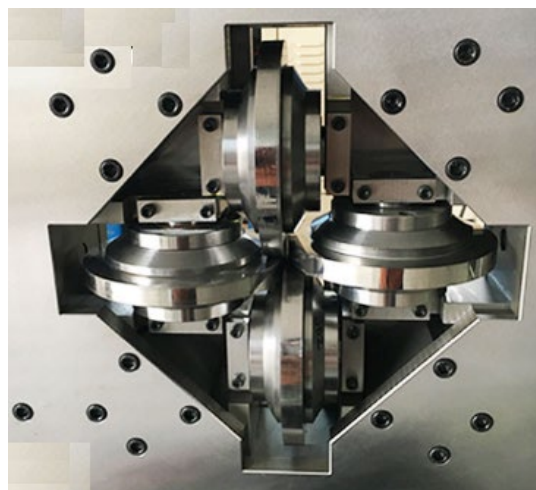
ადიდვა ძირითადად ხორციელდება ხისტი თვალაკების გამოყენებით და მიმდინარეობს სრიალის ხახუნის პირობებში, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ადიდვის ძალას. პროცესის ნორმალური მსვლელობისათვის აუცილებელია, რომ ადიდვის ძაბვა დაახლოებით 25 %-ით ნაკლები იყოს დასამუშავებელი ლითონის დენადობის ზღვარზე, რომ არ მოხდეს ლითონის გაწყვეტა. ხისტ თვალაკებში ასადიდად იყენებენ მცირე დიამეტრის მავთულს, ვინაიდან დიდი დიამეტრის ნამზადის ადიდვა დაკავშირებულია ძალებისა და გატარებათა რიცხვის ზრდასთან, რაც არაეკონომიურია [3,4].

გორგოლაჭებიან მატრიცაში (სურ. 1) ადიდვისას ხახუნის ძალის გავლენა დეფორმაციის კერაში ბევრად ნაკლებია და ადიდვის ძალა ძირითადად

მიმართულია ლითონის პლასტიკური დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის გადალახვაზე. ცხადია, ამ შემთხვევაში ადიდვის ძალა და გატარებათა რიცხვი მინიმალურია [5,6]. აქედან გამომდინარე, ჩვენი მიზანია გორგოლაჭებიან მატრიცაში ადიდვის პროცესის კვლევა, რის საფუძველზეც შესაძლებელი იქნება მცირე დიამეტრის ნაგლინის, კერძოდ მავთულის, მიღება მინიმალური დანახარჯებით.

ძირითადი ნაწილი

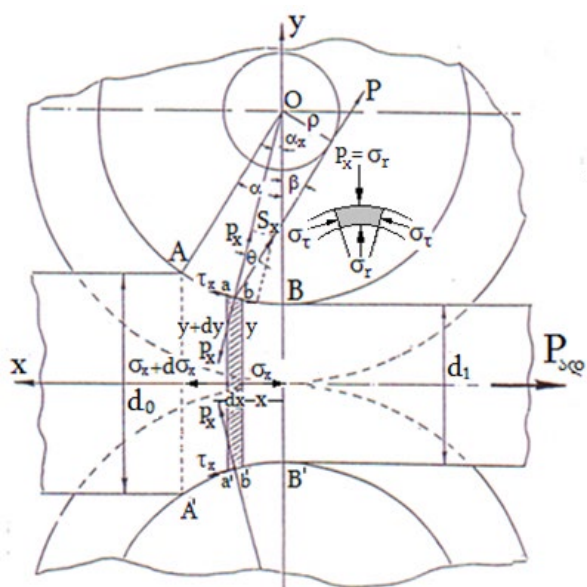
ვინაიდან გორგოლაჭებიან მატრიცაში ადიდვისას ინსტრუმენტი ბრუნვით მოძრაობას ნამზადისგან იღებს შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ გამოსართევი ლითონისა და გორგოლაჭების წრიული სიქარე საკონტაქტო ზედაპირზე ერთმანეთის ტოლია.



სურ. 1. გორგოლაჭებიანი მატრიცა

ამ შემთხვევაში დეფორმაციის კერის მთელ სიგრძეზე გვექნება ჩამორჩენის ზონა და ხახუნის ძალა იმოქმედებს ლითონის გადაადგილების საპირისპიროდ. გარდა ამისა, გორგოლაჭზე მოქმედი ლითონის წნევის ტოლქმედი მიმართული იქნება გორგოლაჭის საყრდენების ხახუნის წრის მხეზად [7].

დეფორმაციის კერაში მოქმედ ძალთა სქემა მოცემულია მე-2 სურ-ზე, სადაც P_x არის გორგოლაჭებზე მოქმედი ლითონის ნორმალური წნევა; τ_x – დეფორმაციის კერის საკონტაქტო ზედაპირზე მოქმედი მხები ძაბვა; σ_x – ნამზადის განივ კვეთში მოქმედი ნორმალური ძაბვა; S_x - სრული საკონტაქტო ძაბვა; α, α_x – შეტაცების კუთხე და მისი მიმდინარე მნიშვნელობა; h^1 – ნამზადის საწყისი და საბოლოო სიმაღლე; P - ლითონის სრული წნევა გორგოლაჭებზე; ρ - ხახუნის წრის რადიუსი.



სურ. 2. დეფორმაციის კერაში მოქმედ ძალთა სქემა

დეფორმაციის კერაში ნამზადის $abb'a'$ ელემენტის წონასწორობის პირობა ჰორიზონტალური ღერძის მიმართ $\sum P_x = 0$ ასეთნაირად ჩაიწერება:

$$(\sigma_x + d\sigma_x) \cdot \pi(y + dy)^2 - \sigma_x \cdot \pi y^2 + p_x \cdot 2\pi y \cdot dy + \tau_x \cdot 2\pi y \cdot dx = 0 \quad (1)$$

გარკვეული მათემატიკური გარდაქმნების შემდეგ

(1) განტოლება ასეთ სახეს მიიღებს:

$$2\sigma_x dy + d\sigma_x y + 2p_x dy + 2\tau_x dx = 0 \quad (1a)$$

თუ მივიღებთ, რომ $\tau_x = \mu p_x$, სადაც μ ხახუნის კოეფიციენტი, და გავითვალისწინებთ დამოკიდებულებას $dx = dy \cdot C \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, სადაც α არის შეტაცების კუთხე, გვექნება:

$$2\sigma_x dy + d\sigma_x y + 2p_x dy + 2\mu p_x dy C \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0 \quad (1b)$$

აღვნიშნოთ $\mu C \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = m$, მივიღებთ:

$$2\sigma_x dy + d\sigma_x y + 2p_x dy + 2m p_x dy = 0 \quad (1c)$$

ან

$$2\sigma_x dy + d\sigma_x y + 2(1+m)p_x dy = 0. \quad (1d)$$

რადიალური ღერძის მიმართ წონასწორობის პირობიდან ვიღებთ ასეთ გამოსახულებას:

$$\sigma_r \cdot \pi y dx = -p_x \pi y dx + \tau_x \pi y dx \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 0 \quad (2)$$

ან

$$\sigma_r = -p_x + \tau_x \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = -p_x + \mu p_x \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = -p_x (1 - \mu \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}) \quad (2a)$$

ნამრავლი $\mu \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ ძალიან მცირეა, ამიტომ შეგვიძლია ის უგულებელვუყუთ და ჩავთვალოთ, რომ $\sigma_r = -p_x$. მაშინ პლასტიკურობის პირობა ღერძი-მეტრიული დამაბული მდგომარეობისათვის ასე ჩაიწერება [8]: $\sigma_x + p_x = 2k$, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $p_x = 2k - \sigma_x$.

ამის გათვალისწინებით, გარკვეული გარდაქმნების შემდეგ, მივიღებთ გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვისას ხვედრითი წნევების დიფერენციალურ განტოლებას [9]:

$$2\sigma_x dy + d\sigma_x y + 2(1+m)(2k - \sigma_x) dy = 0 \quad (3)$$

ან

$$d\sigma_x y + 2[2k(1+m) - m\sigma_x]dy = 0. \quad (3a)$$

ცვლადების განცალკევების შემდეგ ვიღებთ:

$$\frac{d\sigma_x}{m\sigma_x - 2k(1+m)} = 2 \frac{dy}{y} \quad (4)$$

მოცემული დიფერენციალური განტოლების გაინტეგრალებით ვიღებთ [10]:

$$m\sigma_x - 2k(1+m) = Cy^{2m} \quad (5)$$

ინტეგრირების მუდმივას განვსაზღვრავთ სასაზღვრო პირობებიდან. როცა $x=l, \sigma_x=0, y=\frac{d_0}{2}$, მაშინ C მუდმივა იქნება:

$$C = -2k(1+m)\left(\frac{d_0}{2}\right)^{-2m}.$$

განტოლებაში (3) ინტეგრირების C მუდმივას შეყვანით ვიღებთ ღერძული ანუ ადიდვის ძაბვის საანგარიშო ფორმულას:

$$\sigma_x = \frac{2k(1+m)}{m} \left[1 - \left(\frac{2y}{d_0} \right)^{2m} \right] \quad (6)$$

σ_x -ის მნიშვნელობის ჩასმით პლასტიკურობის პირობაში მიიღება საკონტაქტო წნევის ფორმულა:

$$p_x = -\frac{2k}{m} \left[1 - (1+m) \left(\frac{2y}{d_0} \right)^{2m} \right] \quad (7)$$

ეს ფორმულები გამოიყენება გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვის ენერგომალოვანი და ტექნოლოგიური რეჟიმის დასადგენად.

განვსაზღვროთ ადიდვის ძაბვისა და ხვედრითი წნევის დამოკიდებულება გამოჭიმვის კოეფიციენტზე: $\lambda = \frac{F_0}{F_1} = \frac{\pi d_0^2}{4} : \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{d_0^2}{d_1^2}$, სადაც F_0 და F_1 არის ნამზადისა და ნაკეთობის განივკვეთების ფართობები [11]. ამისათვის ფორმულებში (4) და (5) უნდა

შევიტანოთ y ცვლადის მნიშვნელობა დეფორმაციის კერის გამოსავალი კვეთისათვის ანუ $y = \frac{d_1}{2}$,

რის შედეგად მივიღებთ:

$$\sigma_x = \frac{2k(1+m)}{m} \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_0} \right)^{2m} \right] = \frac{2k(1+m)}{m} (1 - \lambda^{-m}) \quad (8)$$

ანალოგიურად ხვედრითი საკონტაქტო წნევისათვის

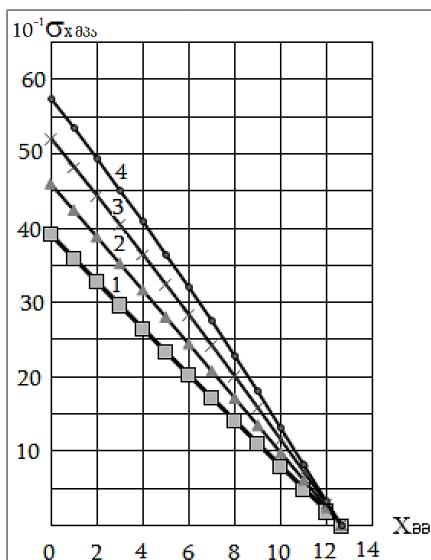
$$p_x = -\frac{2k}{m} \left[1 - (1+m) \left(\frac{d_1}{d_0} \right)^{2m} \right] = -\frac{2k}{m} [1 - (1+m)\lambda^{-m}] \quad (9)$$

ქვემოთ განხილულია ადიდვის ძაბვების განსაზღვრის კონკრეტული მაგალითები გორგოლაჭებიან მატრიცებში (გორგოლაჭის რადიუსი $R=100$ მმ) 10 მმ დიამეტრის წნელიდან 8,4 მმ მავთულის მიღებისას. მასალა – საშუალონახშირბადიანი ფოლადი $k=450$ მეგაპა, $\sigma_s=550$ მეგაპა. გამოსაკვლევი ფაქტორები იცვლება ასეთ ფარგლებში: ხახუნის კოეფიციენტი $\mu=0,02 \div 0,08$; შეტაცების კუთხე $\alpha=0,126$ რად, მაშინ $Ctg \frac{\alpha}{2} = Ctg 0,063 = 15,79$; შეტაცების რკალის სიგრძე $l=12,6$ მმ, ე.ი. x ცვლადი იცვლება (0–12,6 მმ) დიაპაზონში, ხოლო y ცვლადი გამოითვლება ფორმულით $y=4,2+0,063x$. ადიდვის ძაბვის გამოთვლა ზემოთ მოყვანილი საანგარიშო ფორმულებით შესრულებულია Excel პროგრამაში [12].

გამოთვლების შედეგები მოყვანილია ცხრილებისა და გრაფიკების სახით:

ადიდვის ძაბვების მნიშვნელობა დეფორმაციის კერის კვეთებში

x	y	Ctg $\alpha/2$	$\mu = 0,02$		$\mu = 0,04$		$\mu = 0,06$		$\mu = 0,08$	
			m	$10^{-1}\sigma_x$	m	$10^{-1}\sigma_x$	m	$10^{-1}\sigma_x$	m	$10^{-1}\sigma_x$
0	4,20	15,79	0,3158	39,10	0,6316	45,96	0,9474	52,05	1,2632	57,45
1,00	4,26	15,79	0,3158	35,91	0,6316	42,40	0,9474	48,22	1,2632	53,45
2,00	4,33	15,79	0,3158	32,74	0,6316	38,83	0,9474	44,35	1,2632	49,36
3,00	4,39	15,79	0,3158	29,59	0,6316	35,24	0,9474	40,43	1,2632	45,18
4,00	4,45	15,79	0,3158	26,45	0,6316	31,64	0,9474	36,45	1,2632	40,90
5,00	4,52	15,79	0,3158	23,33	0,6316	28,03	0,9474	32,42	1,2632	36,54
6,00	4,58	15,79	0,3158	20,22	0,6316	24,40	0,9474	28,35	1,2632	32,07
7,00	4,64	15,79	0,3158	17,14	0,6316	20,76	0,9474	24,22	1,2632	27,51
8,00	4,71	15,79	0,3158	14,06	0,6316	17,11	0,9474	20,04	1,2632	22,86
9,00	4,77	15,79	0,3158	11,00	0,6316	13,44	0,9474	15,81	1,2632	18,11
10,00	4,83	15,79	0,3158	7,96	0,6316	9,77	0,9474	11,53	1,2632	13,26
11,00	4,90	15,79	0,3158	4,93	0,6316	6,07	0,9474	7,20	1,2632	8,32
12,00	4,96	15,79	0,3158	1,92	0,6316	2,37	0,9474	2,82	1,2632	3,27
12,64	5,00	15,79	0,3158	0,00	0,6316	0,00	0,9474	0,01	1,2632	0,01



სურ. 3. დეფორმაციის კერაში ადიდვის ძაბვების განაწილების გრაფიკები:

მე-3 სურ-ზე მოცემულია 1-ლი ცხრილის მონაცემების საფუძველზე აგებული გრაფიკები ხახუნის სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის.

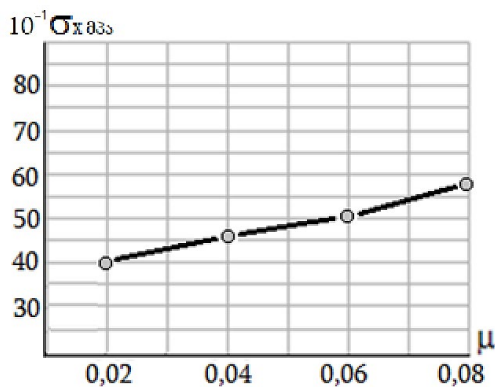
1 - ხახუნის კოეფიციენტი $\mu = 0,02$; $m = \mu \text{ Ctg } \frac{\alpha}{2} = 0,02 \cdot 15,79 = 0,3158$; 2 - $\mu = 0,04$;

$m = 0,6316$; 3 - $\mu = 0,06$; $m = 0,9474$; 4 - $\mu = 0,08$; $m = 1,2632$

მე-4 სურ-ზე მოცემული გრაფიკი ასახავს დამოკიდებულებას დეფორმაციის კერიდან გამოსავალ კვეთში მოქმედი ადიდვის ძაბვასა და ხახუნის კოეფიციენტს შორის.

პრაქტიკული თვალსაზრისით ინტერესს წარმოადგენს ადიდვის ძაბვის დამოკიდებულება გამოჭიმვის კოეფიციენტზე. მე-2 ცხრილში მოცემულია ადი-

დვის ძაბვების მნიშვნელობები სხვადასხვა გამოჭიმვისას. ამ მონაცემების საფუძველზე აგებულია აღნიშნული დამოკიდებულების გრაფიკი (სურ. 5).

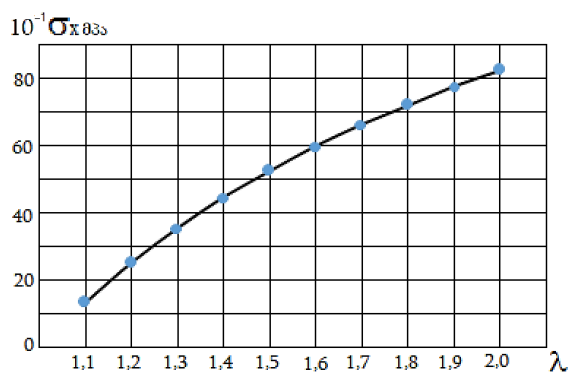


სურ. 4. ადიდვის ძაბვების დამოკიდებულება ხახუნის კოეფიციენტზე

ცხრილი 2

ადიდვის ძაბვების მნიშვნელობები სხვადასხვა გამოჭიმვისას

d_0	Δd	d_1	μ	$C_{tg} \alpha/2$	m	λ	$10^{-1} \sigma_x$
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,10	13,59
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,20	25,29
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,30	35,51
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,40	44,52
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,50	52,54
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,60	59,73
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,70	66,22
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,80	72,11
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	1,90	77,50
10,00	1,60	8,40	0,04	15,8	0,63	2,00	82,44



სურ. 5. ადიდვის ძაბვების დამოკიდებულება გამოჭიმვის კოეფიციენტზე

მოცემული თეორიული კვლევის შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ ადიდვის ძაბვა გამოჭიმვის კოეფიციენტის შედარებით მაღალ მნიშვნელობებზე საკმარისად მაღალია ასადიდი მასალის დენადობის ზღვართან შედარებით. ასე რომ, ერთჯერადი ადიდვისას გამოჭიმვის კოეფიციენტი უნდა იყოს არაუმეტეს 1,4 – 1,5.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გორგოლაჭებიან მატრიცებში ადიდვისას, ხახუნის წინააღმდეგობის ძალები განპირობებულია ლითონის ჩამორჩენით დეფორმაციის კერაში და თავისუფლად მბრუნავი გორგოლაჭების საყრდენების გორვის საკისრების ხახუნის წინააღმდეგობით. ეს წინააღმდეგობა საკმარისად მცირეა, ვინაიდან გორვის საკისრებში ხახუნის კოეფიციენტი არ აღემატება 0,05-ს, ხოლო უძრავ მატრიცაზე თვალსაზრისით ადიდვისას იგივე პირობებში (საცხის გარეშე ადიდება) ხახუნის კოეფიციენტის მნიშვნელობა აღწევს 0,4-ს. განსახილველ შემთხვევაში კი თუ საცხსაც გამოვიყენებთ

ხახუნის წინააღმდეგობის ძალების მნიშვნელობა თითქმის ნულს უახლოვდება, რაც კიდევ უფრო ამცირებს ადიდვის ძალის მნიშვნელობას.

დასკვნა

1. დადგენილია კავშირი ადიდვის ძაბვასა და დეფორმაციულ პარამეტრებს შორის ხახუნის განსხვავებულ პირობებში, რაც საშუალებას გვაძლევს შევარჩიოთ დეფორმაციის ხარისხის და გამოჭიმვის კოეფიციენტის ოპტიმალური მნიშვნელობები.

2. მიღებულია საანგარიშო ფორმულები ადიდვის ძაბვის და საკონტაქტო წნევის განსაზღვრისათვის.

3. დადგენილია, რომ ადიდვის ძაბვა გამოჭიმვის კოეფიციენტის მაღალ მნიშვნელობებზე აღემატება დასამუშავებელი მასალის დენადობის ზღვარს, ამიტომ ერთჯერადი ადიდვისას გამოჭიმვის კოეფიციენტი უნდა იყოს არაუმეტეს 1,4 – 1,5.

ლიტერატურა

1. Boguslaev, V.A., Borisevich, V.V., Borisevich, V.K. and others. (2002). *Metal forming by pressure*.
2. Krasilnikov, L.A., Lysenko, A.G. (1987). *Wire drawer*.
3. Savin, G.A. (1982). *Pipe drawing*.
4. Rozov, N.V. (1965). *Cold drawing of steel pipes*.
5. Pertsikov, Z.I. (1986). *Drawing mills*.
6. Finkelshtein, Ya.S. (1975). *Handbook of rolling and pipe production*.
7. Storozhev, M.V., Popov, E.A. (1963). *Theory of metal forming*.
8. Tselikov, A.I., Nikitin, G.S., Rokotyanyan, S.E. (1980). *Theory of longitudinal rolling*.
9. Perlin, I.L., Ermanok, M.Z. (1971). *Drawing theory*.
10. Matveev, N.M. (1965). *Differential equations*.
11. Nozadze, A., Lomsadze, J. (1961). *Basics of rolling production*.
12. Kudryavtsev, N.G., Kudin, D.V., Belikova, M.Yu. (2015). *Programming in VBA MS Excel*.

UDC 621.778. 426 (075)

SCOPUS CODE 2206

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2024-3-206-213>

Theoretical Study of Force Parameters of Drawing in a Roller Matrix

Slava Mebonia	Department Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str. E-mail: meboniaslava@gtu.ge
Zurab Lomsadze	Department Metallurgy, Materials Science and Metal Processing, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 75, M. Kostava str. E-mail: zlomsadze@gtu.ge
Aleksandre Shermaznashvili	R. Dvali Institute of Machine Mechanics, Georgia, 0175, Tbilisi, 10, Mindeli str. E-mail: shermazanashvilia@gmail.com

Reviewers:

N. Khidasheli, Professor, Faculty of Chemical Technology and Metallurgy, GTU

E-mail: khidly@gtu.ge

D. Nizharadze, Academic Doctor, Senior Scientific Employee, Institute of Machine Mechanics of R. Dvali

E-mail: danizh1961@gmail.com

Abstract. Drawing is a process of metal pressure treatment, which involves dragging the workpiece through a narrowing hole, the dimensions of which are smaller than the cross-sectional dimensions of the workpiece. Blow molding is an effective method of plastic processing of metals, which is widely used in the production of rods, wires, pipes and other long products.

Force factors acting in the process of drawing in rolling matrices are discussed, specifically, drawing stresses and contact pressure. As a result of the theoretical study, the relationship between the drawing stresses and the deformation parameters under different contact friction conditions has been established, which allows us to select the optimal values of the degree of deformation and the stretching coefficient, which are required to obtain wire from a small-diameter rod roll.

Based on the solution of the differential equation of the specific pressures acting in the rolling matrices, calculation formulas for the determination of the specific stresses and contact pressure have been obtained. The results of the calculations are given in the form of tables and graphs. From the results of the theoretical research, it is clear that the drawing stresses at high values of the stretch coefficient is higher than the yield point of the material, which is why the stretch coefficient should not be more than (1.4 – 1.5).

Keywords: drawing; roller matrix; specific pressure.

განხილვის თარიღი 01.05.2024

შემოსვლის თარიღი 05.05.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 26.09.2024