

Գ.Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Մ.Ա. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Գ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ա.Ա. ԲԱԲԱՅԱՆ
ԲԱՐԱԿԱՊԱՏ ԵՌԱԿԱԼՎԱԾ ԽՈՂՈՎԱԿԻ ԿՈՆԱԿԱՆ ՄԱՍԼԱՄԱՅՐՈՒՄ
ԿՈՐՁԱՆՄԱՆ ԳՈՐԾՐԱԹՅՈՒՆԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Պարզեցված մեթոդով ուսումնասիրվել է եռակալված տարբեր նյութերից բարակապատ խողովակների կոնական մամլամայրում կորզանման գործընթացի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը շփման բացակայության և առկայության դեպքերում: Կիրառվել է մեթոդ, ըստ որի օգտագործվում են դրանց տարբեր ծակոտկենությունների դեպքերում հոսունության սահմանների լարումները, որոնք ֆունկցիա են հիմնանյութի հոսունության սահմանի լարումից ու նյութի ծակոտկենությունից:

Առաջարկվում է խողովակի դեֆորմացման աստիճանը որոշել ոչ միայն ε_i դեֆորմացիաների ինտենսիվությամբ, այլ նաև ε_{eq} դեֆորմացիաների համարժեքայինով, որի համար ստացվել է լարվածային վիճակի բաղադրիչները հաշվի առնող բանաձև: Ծակոտկենության բացակայության և առկայության դեպքերում կատարված հաշվարկները ցույց են տալիս, որ փոքր դեֆորմացիաների դեպքերում դրանց արժեքները, մինչև 50% պլաստիկ դեֆորմացիան, բավականին մոտ են մեկը մյուսին, ինչը նշանակում է, որ այդ դեպքերում նյութի ընթացիկ ծակոտկենությունը որոշող բանաձևում կարելի է օգտագործել հոծ նյութերի համար կիրառվող ավելի պարզ ε_i տվյալները: Թվային հաշվարկները կատարվել են MS EXEL ծրագրային միջավայրում 14° կոնականությամբ մամլամայրում բարակապատ խողովակների կորզանման դեպքում:

Առանցքային բառեր. բարակապատ խողովակ, կորզանում, եռակալված նյութ, ծակոտկենություն, հիմնանյութ, չափագուրկ լարումներ, փոքր դեֆորմացիաներ:

Խողովակի դեֆորմացիան առանցքասիմետրիկ է: Այդ պատճառով լարումները, դեֆորմացիաները և պատի հաստությունը կախված են միայն շառավղից: Պտտման թաղանթի առանցքասիմետրիկ անմոմենտ բեռնավորման ժամանակ թաղանթի բոլոր կետերի լարվածային վիճակը հարթ է, իսկ σ_m միջօրեականային և σ_{θ} շրջանային լարումները գլխավոր լարումներ են: Առանցքասիմետրիկ բեռնված պտտման թաղանթից գլխավոր հատույթներով կտրված տարրի հավասարակշռության հավասարումներն ունեն հետևյալ տեսքը [1-4].

$$\frac{d}{dr}(\sigma_m r h) - \sigma_t h + \frac{p_m r}{\sin \alpha} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_{\theta}}{\rho_{\theta}} = -\frac{p_v}{h}, \quad (2)$$

որտեղ ρ_m -ը թաղանթի միջօրեական հաստության կորության շառավիղն է, ρ_{θ} -ն՝ միջօրեական աղեղին ուղղահայաց կոնական մակերևույթով հատված թաղանթի

կորության շառավիղը, r - ը՝ թաղանթի առանցքին տարված ուղղահայաց հաստությամբ շրջանագծի շառավիղը, h - ը՝ թաղանթի պատի հաստությունը, p_m - ը և p_v - ն՝ միջօրեականի և նորմալի ուղղություններով բաշխված բեռնվածքի ինտենսիվությունները, α - ն՝ մամլամայրի կոնականության անկյունը:

Կոնական մամլամայրում գլանական խողովակի դեֆորմացման դեպքում՝

$$\rho_m = \infty, \rho_\theta = r / \cos \alpha ::$$

Մասնավոր դեպքում՝ հոծ նյութերից խողովակի կոնական մամլամայրում կորզանման խնդրի լուծման համար օգտագործվում է նաև հետևյալ մոտարկված Միգելսի պլաստիկության պայմանը (ՊՊ) [2]՝

$$\sigma_m - \sigma_\theta = m \sigma_h, \quad (3)$$

որտեղ m - ը Լոդեի գործակիցն է, σ_h - ը՝ նյութի հոսունության սահմանի լարումը, իսկ σ_m և σ_θ - ը՝ գլխավոր լարումները՝ $\sigma_1 = \sigma_m$, $\sigma_2 = 0$, $\sigma_3 = \sigma_\theta$: Այդ դեպքում (1) և (2) հավասարումների լուծումը նեկայացվում է հետևյալ տեսքով [1-4]՝

$$d\sigma_m / [\sigma_m \mu \tan \alpha - m \sigma_h (1 + \mu \tan \alpha)] = dr / r, \quad (4)$$

որի ինտեգրումից հետո խողովակի կոնական մամլամայրում կորզանման դեպքում $\bar{\sigma}_m$ չափագուրկ միջօրեականի լարման որոշման համար ստացվում է հետևյալ բանաձևը՝

$$\bar{\sigma}_m = \frac{\sigma_m}{m \sigma_h} = \left(1 + \frac{1}{\mu \tan \alpha}\right) \left\{1 - \left(\frac{r}{r_0}\right)^{\mu \tan \alpha}\right\}, \quad (5)$$

որտեղ r_0 - ն մամլամայրի մուտքի մոտ խողովակի միջին շառավիղն է:

Շփման բացակայության դեպքում (5) - ից ստացվում է [2]՝

$$\bar{\sigma}_m = m \ln r_0 / r: \quad (6)$$

Ինչ վերաբերում է չափագուրկ շրջանային լարման որոշմանը, ապա դրա համար օգտագործվում է (3) բանաձևը՝

$$\bar{\sigma}_\theta = \bar{\sigma}_m - 1, \quad (7)$$

որտեղ $\bar{\sigma}_m = \sigma_m / m \sigma_h$, $\bar{\sigma}_\theta = \sigma_\theta / m \sigma_h$ և դրանց հիման վրա որոշվող գործնական կարևոր նշանակություն ունեցող տարբեր նյութերի σ_m և σ_θ իրական լարումների արժեքներն են.

$$\sigma_m = \bar{\sigma}_m m \sigma_h \text{ և } \sigma_\theta = \bar{\sigma}_\theta m \sigma_h: \quad (8)$$

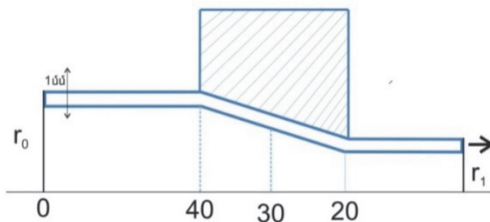
Եռակալված նյութերից խողովակների պլաստիկ դեֆորմացման վերաբերյալ գիտական աշխատանքների վերլուծությունը [4,5] ցույց տվեց, որ կոնական

մամլամայրերում և կալակների վրա եռակալված գլանական բարակապատ խողովակների դեֆորմացման տեսական հետազոտությունները հիմնված են ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության հոսունության տեսության (ՄՆՊՀՏ) հավասարումների [4] վրա: Սակայն այդ հետազոտությունները բարդ են և դժվար կիրառելի: Հետևաբար, այդ բնագավառում կատարվող աշխատանքների պարզեցումը բավականին արդիական է:

Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել պարզեցված մեթոդով տարբեր եռակալված նյութերից խողովակների կոնական մամլամայրում կորզանման գործընթացի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը շփման առկայության և բացակայության դեպքերում:

Օգտագործելով (6) և (7) բանաձևերը դեֆորմացվող խողովակի r շառավղի տարբեր արժեքների համար՝ որոշենք $\bar{\sigma}_m$ - ը և $\bar{\sigma}_\theta$ - ն, երբ $m_1 = 1.1$, $r_1 = 20$ մմ և $r_0 = 40$ մմ (նկ. 1): Այդ 1-ում բերված են $\bar{\sigma}_m$ - ի և $\bar{\sigma}_\theta$ - ի հաշվարկային չափազուրկ, ինչպես նաև հիմնական $\mathcal{E}_\theta = \ln(r/r_0)$ շրջանային դեֆորմացիայի ու ε_i դեֆորմացիաների ինտենսիվության տվյալները: Ընդ որում, ընդունելով գլխավոր դեֆորմացիայի արժեքները՝ $\varepsilon_1 = \varepsilon_m = -\varepsilon_\theta$, $\varepsilon_2 = \varepsilon_v = 0$ և $\varepsilon_3 = \varepsilon_\theta$ - ի (որտեղ $\mathcal{E}_m$ - ը և $\mathcal{E}_v$ - ն խողովակի միջօրեական և մակերևույթի նորմալի ուղղություններով լուգարիթմական դեֆորմացիաներն են), ε_i - ն որոշվել է հետևյալ բանաձևով [1,4].

$$\varepsilon_i = \left(\sqrt{2/3} \right) \sqrt{(\varepsilon_m - \varepsilon_v)^2 + (\varepsilon_v - \varepsilon_\theta)^2 + (\varepsilon_\theta - \varepsilon_m)^2} = \left(2/\sqrt{3} \right) |\varepsilon_\theta| = (1.155) \ln(r_0/r): \quad (9)$$



Նկ. 1. Խողովակի կորզանման հաշվարկային սխեման

Աղյուսակ 1

$\bar{\sigma}_m$ - ի, $\bar{\sigma}_\theta$ - ի, ε_θ - ի և ε_i - ի արժեքները տարբեր r - երի դեպքում

r , մմ	$\frac{r_0}{r}$	$\bar{\sigma}_m = \ln \frac{r_0}{r}$	$\bar{\sigma}_\theta = \bar{\sigma}_m - 1$	$\varepsilon_\theta = \ln(r/r_0)$	ε_i
40	1	0	-1	0	0
35	1,14	0,134	-0,866	-0,134	0,154
30	1,33	0,288	-0,712	-0,288	0,333
25	1,60	0,470	-0,530	-0,470	0,543
20	2	0,693	-0,307	-0,693	0,800

Եռակալված խողովակի կոնական մամլամայրում պլաստիկ դեֆորմացման գործընթացների պարզեցված մեթոդով հետազոտման համար [6,7] կիրառենք ծակոտկեն չամրացվող նյութից լայն շերտի հարթ դեֆորմացիայի պայմաններում մաքուր պլաստիկ ծոման մեթոդը [7]: Ընդ որում, շառավղային և շրջանային լարումների որոշման համար եռակալված նյութի ՊՊ ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության դեֆորմացման տեսություն (ՄՆՊՂՏ) [7] հիման վրա ներկայացվում է հետևյալ տեսքով՝

$$\sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] + \alpha_0^m (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2} = \beta^{n+0.5} \sigma_h, \quad (10)$$

որտեղ $\alpha_0 = \nu_0$ - ն, $\beta = 1 - \nu$ - ն, m -ը և n -ը՝ ծակոտկենության ֆունկցիաները և պարամետրերն են, ν -ն և ν_0 -ն՝ նյութի ընթացիկ ու սկզբնական ծակոտկենությունները: [7]-ում (10)-ի համաձայն՝ եռակալված նյութի տարբեր ծակոտկենությունների դեպքերում հոսունության սահմանի σ_{hv} լարումներն արտահայտվում են ծակոտկեն նյութի հիմնանյութի հոսունության սահմանի σ_h լարումով և ծակոտկենության $\beta^{n+0.5}$ ֆունկցիայով: Դրանք որոշվում են հետևյալ բանաձևով [4,6,7]՝

$$\sigma_{hv} = \sigma_h \cdot \beta^{n+0.5}. \quad (11)$$

Հետևաբար, եռակալված խողովակների դեպքում (8) - ի փոխարեն անհրաժեշտ կլինի օգտագործել հետևյալ բանաձևերը՝

$$\sigma_m = \bar{\sigma}_m \beta^{n+0.5} m_1 \sigma_h \text{ և } \sigma_\theta = \bar{\sigma}_\theta \beta^{n+0.5} m_1 \sigma_h : \quad (12)$$

Ինչ վերաբերում է խողովակի նյութի սկզբնական ծակոտկենության փոփոխման արժեքների որոշմանը, ապա անհրաժեշտ կլինի օգտագործել նաև ՄՆՊՂՏ հետևյալ հավասարումները՝

$$\varepsilon_\theta = \frac{\varepsilon_{eq}}{2\beta^{3n}\sigma_{eq}} [2\sigma_\theta - \sigma_m + 2\alpha^m (\sigma_\theta + \sigma_m)], \quad (13)$$

$$\nu = 1 - (1 - \nu_0) \exp\left(-\frac{9\alpha_0^m \sigma_0 \varepsilon_{eq}}{\beta^{3n} \sigma_{eq}}\right), \quad (14)$$

որտեղ $\sigma_0 = (\sigma_m + \sigma_\theta)/3$ - ն միջին լարումն է, ε_{eq} - ը և σ_{eq} - ը՝ համարժեքային դեֆորմացիան և լարումը: Օգտագործելով (13) - ը, կստանանք՝

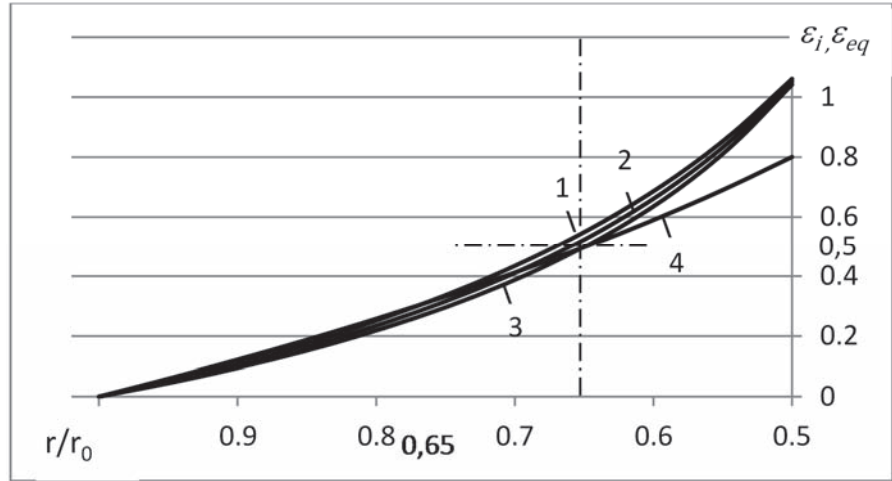
$$\varepsilon_{eq} = \frac{2\beta^{3n}\sigma_{eq}\varepsilon_\theta}{3[\sigma_\theta - (1 - 2\nu_0^m)\sigma_0]} : \quad (15)$$

Գործնական կարևոր նշանակություն ունի խողովակի դեֆորմացման տարբեր աստիճաններում ε_{eq} - ի արժեքների որոշումը նյութի տարբեր ծակոտկենությունների դեպքում: Աղ. 2 – ում և նկ. 2 – ում բերված են ε_{eq} - ի (15) բանաձևով կատարված հաշվարկային տվյալները ծակոտկենության բացակայության ($v=0$) և առկայության ($v=0.05$ և $v=0.1$) դեպքերում, ինչի իրազորման համար օգտագործվել են նաև (6), (7) և (12) բանաձևերով կատարված հաշվարկային տվյալները (աղ. 1): Աղ. 2-ում և նկ. 2-ում բերված են նաև (9) բանաձևով որոշվող ε_i դեֆորմացիաների ինտենսիվության տվյալները: Դրանց համեմատությունը ցույց է տալիս, որ փոքր դեֆորմացիաների դեպքում ε_i - ի և ε_{eq} - ի արժեքները բավականին մոտ են մեկը մյուսին: Հետևաբար, առաջանում է անհրաժեշտություն՝ գնահատելու դրանց մեծությունները:

Աղյուսակ 2

Խողովակի դեֆորմացման տարբեր աստիճաններում ε_i և ε_{eq} տվյալները

r/r_0	ε_i	$\varepsilon_{eq}(v=0)$	$\varepsilon_{eq}(v=0.05)$	$\varepsilon_{eq}(v=0.1)$
1	0	0	0	0
0,95	0,059	0,053	0,048	0,045
0,90	0,122	0,111	0,103	0,095
0,85	0,188	0,177	0,164	0,152
0,80	0,258	0,251	0,234	0,218
0,75	0,332	0,336	0,316	0,296
0,70	0,412	0,434	0,411	0,388
0,65	0,497	0,549	0,524	0,499
0,60	0,59	0,686	0,661	0,636
0,55	0,69	0,853	0,832	0,811
0,50	0,8	1,061	1,052	1,042



Նկ. 2. ε_i և ε_{eq} գրաֆիկները խողովակի դեֆորմացման տարբեր աստիճաններում, երբ փոքր դեֆորմացիաները գտնվում են $r/r_0 = 0,65$ - ի ձախ մասում

Աղ. 3-ում և 4-ում բերված են (9) և (15) բանաձևերով հաշված $\mathcal{E}_i$ -ի և $\mathcal{E}_{eq}$ -ի արժեքները (դրանք համապատասխանաբար նշանակված են a, b, c և d տառերով) շփման բացակայության և առկայության դեպքերում, ինչպես նաև դրանց բացարձակ և տոկոսային տարբերությունները:

Աղ. 2-4 – ի և նկ. 2 – ի տվյալները ցույց են տալիս.

1. a = $\mathcal{E}_i$ -ի և b = $\mathcal{E}_{eq}$ -ի արժեքները մինչև $r/r_0 \approx 0.65$, այսինքն՝ $\varepsilon_i = \varepsilon_{eq} \approx 0.5$ պլաստիկ դեֆորմացիան, բավականին մոտ են մեկը մյուսին, ինչը նշանակում է, որ փոքր դեֆորմացիաների դեպքում (14) բանաձևում $\mathcal{E}_{eq}$ - ի փոխարեն կարելի է օգտագործել $\mathcal{E}_i$ - դեֆորմացիաների ինտենսիվության արժեքը,

2. b, c և d – ի մեծությունների փոքր տարբերությունը բացատրվում է այդ դեպքերում նյութի տարբեր սկզբնական ծակոտկենությունների հաշվառմամբ:

Ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսության ծակոտկենության որոշման (14) բանաձևը, երբ $\alpha_0 = \nu_0$, $\beta = 1 - \nu_0$ գրենք հետևյալ տեսքով՝

$$\nu = 1 - (1 - \nu_0) \exp \left(- \frac{9\nu_0^m \sigma_0 \mathcal{E}_{eq}}{(1 - \nu_0)^{3n} \sigma_{eq}} \right) : \quad (16)$$

$\mathcal{E}_i$ - ի և $\mathcal{E}_{eq}$ - ի արժեքները շփման բացակայության դեպքում

r/r ₀	f = 0, α = 14°									
	a = ε _i	b = ε _{eq} v=0	c = ε _{eq} v=0.05	d = ε _{eq} v=0.1	b-a	%	c-b	%	d-c	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,875	0,154	0,143	0,132	0,123	-0,011	7,1	-0,011	7,4	-0,010	7,5
0,750	0,332	0,336	0,316	0,296	0,004	1,2	-0,021	6,1	-0,020	6,2
0,625	0,543	0,614	0,589	0,563	0,072	13,2	-0,025	4,1	-0,026	4,3
0,500	0,800	1,061	1,052	1,042	0,260	32,5	-0,009	0,8	-0,010	1,0

$\mathcal{E}_i$ - ի և $\mathcal{E}_{eq}$ - ի արժեքները շփման առկայության դեպքում

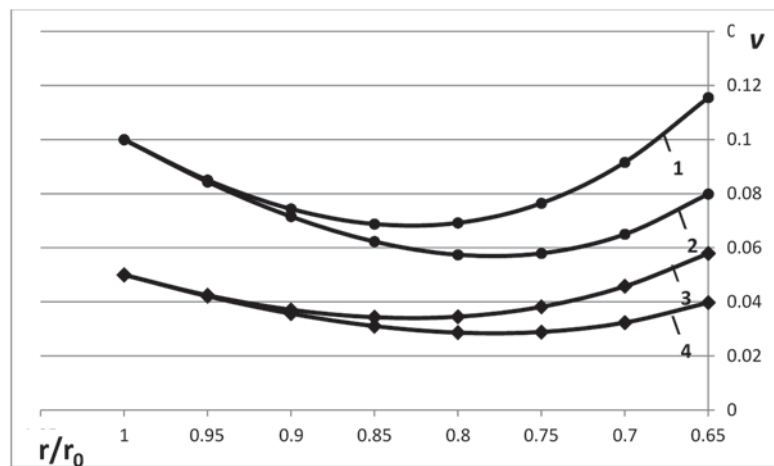
r/r ₀	f = 0.1, α = 14°									
	a = ε _i	b = ε _{eq} v=0	c = ε _{eq} v=0.05	d = ε _{eq} v=0.1	b-a	%	c-b	%	d-c	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,875	0,154	0,147	0,137	0,127	-0,007	4,7	-0,010	7,0	-0,010	7,1
0,750	0,332	0,355	0,337	0,319	0,023	6,9	-0,018	5,2	-0,018	5,4
0,625	0,543	0,671	0,655	0,639	0,129	23,7	-0,016	2,4	-0,017	2,6
0,500	0,800	1,203	1,232	1,264	0,402	50,3	0,029	2,4	0,032	2,6

(16) բանաձևով թվային հաշվարկներ կատարելու համար անհրաժեշտ է ունենալ միջին լարման՝ $\sigma_0 = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$, լարումների և դեֆորմացիաների համարժեքայինների արժեքները: Ընդունենք, որ նյութը չամրացող է, այսինքն՝ $\sigma_{eq} = \sigma_{hv}$, և դեֆորմացիաների համարժեքայինը փոխարինում ենք դեֆորմացիաների ինտենսիվությամբ՝ $\varepsilon_{eq} = \varepsilon_i$: Թվային հաշվարկները կատարվել են $a = \mu * ctg\alpha$ պարամետրի 0 և 0.4 արժեքների համար բարակապատ խողովակների նյութի սկզբնական ծակոտկենության 5% և 10% - ի դեպքերում:

Օգտագործվել է MS EXCEL ծրագրային միջավայրը: Աղ. 5 - ում բերված են բարակապատ խողովակների չափագուրկ σ_1/mY , σ_θ/mY , σ_ϕ/mY լարումների, ինչպես նաև ε_θ - ի, ε_i - ի և v - ի r/r_0 հարաբերությունից կախված փոփոխության արժեքները, երբ տրված են դրանց շփման բացակայության ($f = 0$) և առկայության ($f = 0.1$) դեպքերում կորզանման տեխնոլոգիական գործընթացի հետևյալ պարամետրերի մեծությունները՝ $m=1, n=0.25$ և $\alpha=14^\circ$: Նկ. 3 - ում ցույց են տրված բարակապատ խողովակների նյութի v ծակոտկենության փոփոխության գրաֆիկները՝ r/r_0 - ից կախված նյութի 5 և 10% սկզբնական ծակոտկենությունների դեպքերում:

Եռակալված բարակապատ խողովակների կոնական մամլամայրում
կորզանման դեպքում լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչները, երբ $\nu_0 = 5$ և 10%

r/r_0	ε_θ	ε_i	$f = 0, \alpha = 14^\circ$					$f = 0.1, \alpha = 14^\circ$				
			$\bar{\sigma}_m$	$\bar{\sigma}_\theta$	$\bar{\sigma}_0$	$\nu_{0.1}$	$\nu_{0.05}$	$\bar{\sigma}_m$	$\bar{\sigma}_\theta$	$\bar{\sigma}_0$	ν	ν
1	0	0	0	-1	-0,33	0,1	0,050	0	-1	-0,33	0,1	0,050
0,95	-0,051	0,059	0,05	-0,95	-0,30	0,084	0,042	0,07	-0,93	-0,29	0,085	0,042
0,90	-0,105	0,122	0,11	-0,89	-0,26	0,072	0,036	0,14	-0,86	-0,24	0,074	0,037
0,85	-0,163	0,188	0,16	-0,84	-0,23	0,062	0,031	0,22	-0,78	-0,19	0,069	0,034
0,80	-0,223	0,258	0,22	-0,78	-0,18	0,057	0,029	0,30	-0,70	-0,13	0,069	0,035
0,75	-0,288	0,332	0,29	-0,71	-0,14	0,058	0,029	0,38	-0,62	-0,08	0,076	0,038
0,70	-0,357	0,412	0,36	-0,64	-0,10	0,065	0,032	0,47	-0,54	-0,02	0,092	0,046
0,65	-0,431	0,497	0,43	-0,57	-0,05	0,080	0,040	0,55	-0,45	0,04	0,116	0,058



Նկ. 3. Խողովակների նյութի սկզբնական $\nu_0 = 5$ և 10% ծակոտկենությունների փոփոխությունների գրաֆիկները r/r_0 – ից կախված՝ $f = 0$ (1 և 3 կորերը) և $f = 0.1$ (2 և 4) դեպքերում

Եզրակացություն

1. Ուսումնասիրվել է եռակալված տարբեր նյութերից բարակապատ խողովակների կոնական մամլամայրում կորզանման գործընթացի լարվածադեֆորմացիոն վիճակը շփման բացակայության և առկայության պարագայում՝ օգտագործելով դրանց տարբեր ծակոտկենությունների դեպքերում հոսունության սահմանների $\sigma_{h\nu}$ լարումները՝ արտահայտված եռակալված նյութերից խողովակների հիմնանյութի σ_h - ով և ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսության ծակոտկենության երկրորդ ֆունկցիայով:

2. Առաջարկվում է խողովակի դեֆորմացման աստիճանը որոշել ոչ միայն $\mathcal{E}_i$ դեֆորմացիաների ինտենսիվությամբ, այլ նաև դեֆորմացիաների համարժեքայինով $\mathcal{E}_{eq}$, որի համար ստացվել է լարվածային վիճակի բաղադրիչները հաշվի առնվող բանաձև: Դրանցով կատարված հաշվարկային տվյալները ծակոտկենության բացակայության և առկայության դեպքերում ցույց են տալիս, որ փոքր դեֆորմացիաների դեպքերում դրանց արժեքները, մինչև $\varepsilon_i \approx 0,5$ պլաստիկ դեֆորմացիան, բավականին մոտ են մեկը մյուսին, ինչը նշանակում է, որ այդ դեպքերում $\mathcal{E}_{eq}$ - ի փոխարեն կարելի է օգտագործել ավելի հեշտ որոշվող $\mathcal{E}_i$ - ի տվյալները:

3. Թվային հաշվարկները կատարվել են MS EXEL ծրագրային միջավայրում $\alpha = 14^\circ$ կոնականությամբ մամլամայրում բարակապատ խողովակների կորզանման, հպակային շփման f (0 և 0,1), խողովակների նյութի սկզբնական ծակոտկենության v_0 (5 և 10%) դեպքերում: Ստացվել են խողովակների չափագուրկ լարումների, ինչպես նաև ε_θ - ի, ε_i - ի և ν - ի r/r_0 հարաբերությունից կախված փոփոխության արժեքները, որոնք հնարավոր կլինի կիրառել գործարանային և լաբորատոր պայմաններում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Малинин Н.Н.** Прикладная теория пластичности и ползучести. - М.: Машиностроение, 1975.- 400 с.
2. **Джонсон У., Меллор П.Б.** Теория пластичности для инженеров. - М.: Машиностроение, 1979.- 567 с.
3. **Сторожев М.Б., Попов Е.А.** Теория обработки металлов давлением. -М.: Машиностроение, 1977. -423с.
4. **Петросян Г.Л.** Пластическое деформирование порошковых материалов.- М.: Металлургия,1988.-153с.
5. **Petrosyan G.L., Hambardzumyan A.F.** Investigation of porous materials processing in conic dies // NATO Workshop. Recent Developments in Computer Modelling of Powder Metallurgy Process.- Kiev, 2000.- IOS Press, Amsterdam. NATO Science. Series III.- 2001.- Vol 176.- P.204-216.
6. **Петросян Г.Л., Петросян А.С. Левонян Г.Л.** Усовершенствование инженерного метода использования формулы для определения пористости спеченных материалов // Материалы секции “Наука и технологии будущего” Международного конгресса, посвященного 160-летию со дня рождения выдающегося русского инженера В.Г. Шухова, 17-18 апреля 2014 года. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.- С. 211-217.
7. **Петросян Г.Л., Акопян Н.Г., Левонян Г.Л.** Исследование напряженного состояния изогнутой спеченной широкой полосы // Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение.-Ереван, 2018.- N1.- С. 9-17.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 12.02.2019:

Г.Л. ПЕТРОСЯН, М.А. МАРГАРЯН, Г. Г. ВАРДАНЯН, А.А. БАБАЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ТОНКОСТЕННОЙ
СПЕЧЕННОЙ ТРУБЫ ЧЕРЕЗ КОНИЧЕСКУЮ МАТРИЦУ**

Упрощенным методом исследовано напряженно-деформированное состояние процесса волочения через коническую матрицу тонкостенных труб из различных спеченных материалов при отсутствии и наличии трения. Применяется метод, в соответствии с которым используются напряжения пределов текучести при различной пористости спеченных материалов, которые являются функцией напряжения предела текучести вещества материала и их пористости. Предлагается определить степень деформации трубы не только интенсивностью деформации ε_i , но и эквивалентной деформацией ε_{eq} , для чего была получена формула, учитывающая компоненты напряженного состояния. Расчеты, выполненные при отсутствии и наличии пористости, показывают, что при малых деформациях их значения до 50% пластической деформации довольно близки друг к другу. Это означает, что в формуле определения текущей пористости материала можно использовать данные более простого ε_i сплошного материала. Численные расчеты были выполнены в программной среде MS EXCEL в случае волочения тонкостенных труб через матрицу конусностью 14° .

Ключевые слова: тонкостенная труба, волочение, спеченный материал, пористость, вещество материала, безразмерные напряжения, малые деформации.

G.L. PETROSYAN, M.A. MARGARYAN, G. VARDANYAN, A.A. BABAYAN

**INVESTIGATING THE PROCESS OF DRAWING OF A THIN-WALLED
SINTERED PIPE THROUGH A CONICAL MATRIX**

By a simplified method, the stress-strain state of the drawing process of thin-walled pipes through a conical matrix from various sintered materials at the absence and presence of a sliding friction is investigated. A method is used, according to which the stresses of the yield points at a varying porosity of sintered materials which are a function of the stress of the yield point of the material substances and their porosity are used. It is proposed to define the degree of deformation of a pipe not only by the ε_i deformation intensity, but also by the ε_{eq} equivalent deformation for which the formula considering the stress state components is received. The calculations performed at the absence and presence of porosity show that at small deformations, their values up to 50% of plastic deformation are quite close to each other. It means that in the formula definition, the porosity of the material data of a simpler formula ε_i of continuous materials can be used. Numerical calculations were carried out in the MS EXCEL program environment in case of drawing thin-walled pipes through a matrix of taper 14° .

Keywords: thin-walled pipe, drawing, sintered material, porosity, material substance, dimensionless stress, small deformations.