

Ա.Ղ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԿԼՈՐ ՀԱՏՈՒՅԹՈՎ ՓՈՐՁԱՆՄՈՒՇԻ ՄԵՂՄՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԾԱԿՈՏԿԵՆ ՆՅՈՒԹԻ ՊԼԱՍՏԻԿՈՒԹՅԱՆ ՀՈՍՈՒՆՈՒԹՅԱՆ
ՏԵՍՈՒԹՅԱՄԲ

Օգտագործվել են ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության հոսունության տեսության ծակոտկենության որոշման և կլոր հատույթով փորձանմուշի ճակատներում շփման սահքի դեպքում հպակային նորմալ ճնշման չափում չունեցող բանաձևերը: EXCEL ծրագրային միջավայրում կատարված թվային հաշվարկների հիման վրա որոշվել են ծակոտկենության աճի, ինչպես նաև ծակոտկենության արժեքները լայնական հատույթի տարբեր կետերում, և դրանք համեմատվել են ծակոտկեն նյութի պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսությամբ ստացված տվյալների հետ:

Առանցքային բառեր. գլանական փորձանմուշ, եռակալված նյութ, նստեցում, հպակային նորմալ ճնշում, սահք, ծակոտկենություն:

Ներկայումս հոծ, եռակալված և չեռակալված փոշենյութերի ճնշմամբ մշակմամբ ստացվում են տնտեսության տարբեր բնագավառներում օգտագործվող մեխանիկական և շահագործական բարձր հատկություններ ունեցող առարկաներ և մեքենամասեր [1,2]: Հայտնի է, որ ծակոտկեն նյութերի հիմնական փորձարկման մեթոդը կլոր հատույթով փորձանմուշների սեղմման փորձարկումն է: Այն հնարավորություն է տալիս որոշել եռակալված նյութի իրական մեխանիկական հատկությունները՝ նյութի ծակոտկենության պարամետրերը, և կառուցել դրա դեֆորմացման գրաֆիկը [3]:

[4]-ում կլոր հատույթով փորձանմուշի հպակային մակերևույթներում շփման տարբեր դեպքերում նստեցման գործընթացի [1,2] լարվածադեֆորմացիոն վիճակը հետազոտվել է փորձարկման տարբեր գործոնների հաշվառմամբ՝ ըստ դրա դեֆորմացման աստիճանի, չափերի և ծակոտկենության: Փորձանմուշի ճակատներում՝ արտաքինում սահքի շփումը ու կենտրոնում կայունը համակցելով՝ ստացվել է տարբեր նյութերի համար կիրառելի հպակային նորմալ ճնշման չափում չունեցող բանաձև:

Եռակալված փորձանմուշի ծակոտկենության փոփոխման արժեքների որոշման համար օգտագործվել է ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության դեֆորմացիոն մոտավոր տեսության համաձայն ծակոտկենության որոշման բավականին պարզ բանաձև [3], որում արտացոլված է նյութի սկզբնական ծակոտկենությունը: Ուստի ստացված արդյունքները մոտավոր են: Նշենք, որ [2]-ում Wolfram Mathematica

ծրագրային միջավայրում կատարված թվային հաշվարկների հիման վրա որոշվել են հպակային ճնշման և ծակոտկենության արժեքները լայնական հատույթի տարբեր կետերում:

Այսպիսով, եռակալված փոշենյութերում ծակոտկենության և հպակային մակերեսներում շփման առկայության պարագայում այդ հարցերը գլանական փորձանմուշների սեղմման դեպքում լիովին հետազոտված չեն: Հետևաբար, նյութի ծակոտկենության հաշվառմամբ կլոր հատույթով փորձանմուշների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի հետազոտումը՝ դրանց հպակային մակերևույթների վրա սահքի շփման ազդեցության դեպքում, օգտագործելով ավելի ճշգրիտ պլաստիկության տեսություն, հիմնավորում է տվյալ աշխատանքի արդիականությունը:

Աշխատանքի նպատակը կլոր հատույթով եռակալված փորձանմուշի առանցքային սեղմման գործընթացի, հպակային մակերևույթների վրա սահքի դեպքում, հետազոտումն է՝ ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության հոսունության տեսության (ՄՆՊՀՏ) հիման վրա:

Խնդիրը լուծվում է հետևյալ հաջորդականությամբ.

1. Դիտարկվել է d_0 և H_0 չափերով գլանային փորձանմուշի նստեցման խնդիրը՝ F սեղմող ուժի դեպքում, երբ դեֆորմացումից հետո դրանք դարձել են d և H : Խնդրի լուծումն իրականացվում է [5]–ի մեթոդով՝ իդեալական կոշտ – պլաստիկ նյութի համար հպակային մակերեսներում սահքի շփման առկայության դեպքում ընդունելով շրջանային ε_θ և շառավղային ε_r դեֆորմացումների հավասարությունը, ինչից հետևում է նաև σ_θ շրջանային և σ_r շառավղային լարումների հավասարությունը՝

$$\sigma_r = \sigma_\theta:$$

Ընդունվում է, որ սահքի շփման առկայության դեպքում փորձանմուշի հպակային մակերեսների վրա առաջանում են, նորմալ լարումների համեմատ, փոքր $\tau_{ry} = q$ շոշափող լարումներ: Այդ դեպքում դեֆորմացիոն և լարվածային վիճակների բաղադրիչները՝ գլխավոր լարումներով և դեֆորմացումներով արտահայտված, հետևյալն են.

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_r = \varepsilon_\theta = \varepsilon/2, \varepsilon_3 = \varepsilon_y = -\varepsilon, \\ \sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_r = \sigma_\theta \neq 0, \sigma_3 = \sigma_y = -p, \end{aligned} \quad (1)$$

որտեղ $\sigma_y = -p$ –ն փորձանմուշի առանցքի նկատմամբ հպակային նորմալ ճնշումն է:

Նշենք, որ (1)–ով դեֆորմացումների ստացման համար օգտագործվել է նյութի ծավալի անփոփոխ մնալու պայմանը: Այդ տվյալներով որոշվող դեֆորմացումների ε_i ինտենսիվության արժեքն է [1]՝

$$\varepsilon_i = \varepsilon: \quad (2)$$

(1) –ում բերված լարվածային վիճակի բաղադրիչները տեղադրելով σ_i լարումների ինտենսիվության [1] բանաձևի մեջ և գրելով Հուբեր-Միզեսի պլաստիկության պայմանը՝

$$\sigma_i = \sigma_h, \quad (3)$$

ինչը արտահայտվում է σ_r և σ_y -ով՝ $\sigma_r - \sigma_y = \sigma_h$, կամ (1)-ի համաձայն կստանանք.

$$\sigma_r + p = \sigma_h, \quad (4)$$

որտեղ σ_h -ն նյութի հոսունության սահմանի լարումն է:

2. Խնդիրը լուծելու համար օգտագործվում է գլանական փորձանմուշից անջատված տարրի հետևյալ հավասարակշռության հավասարումը [5].

$$d\sigma_r/dr = 2q/H,$$

որը (4) – ի հաշվառմամբ ընդունում է հետևյալ տեսքը՝

$$dp/dr = -2q/H: \quad (5)$$

(5) հավասարման լուծման համար անհրաժեշտ է նախօրոք ունենալ շոշափող $\tau_{ry} = q$ լարումների փոփոխման օրենքը: Խնդիրը լուծվում է սահքի գոտու համար՝ ընդունելով, որ հպակային մակերեսների վրա շոշափող լարումների q ինտենսիվությունը կախված է կոնտակտային p ճնշումից Կուլոնի օրենքով՝ $q = fp$ [5], որտեղ f – ը շփման գործակիցն է:

Այդ դեպքում (5) –ը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{dp}{p} = -\frac{2f}{H} dr,$$

որն ինտեգրելով և օգտագործելով հետևյալ եզրային պայմանը, երբ $r = \frac{d}{2}$, $\sigma_r = 0$ կամ (4)-ի հիման վրա՝ $r = d/2$ $p = \sigma_h$, որոշվում են սահքի միջակայքում p –ն և դրա չափում չունեցող մեծությունը՝

$$p = \sigma_h \exp \left[\frac{2f}{H} (d/2 - r) \right], \bar{p} = \frac{p}{\sigma_h} = \exp \left[\frac{2f}{H} (d/2 - r) \right]:$$

Նշենք, որ գլանային նմուշի անսեղմելիության $H_0 d_0^2 = H d^2$ պայմանից հետևում է՝ $d = d_0 \sqrt{H_0/H}$: Դա հնարավորություն է տալիս $\bar{p}$ - ի որոշման բանաձևը ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$\bar{p} = \frac{p}{\sigma_h} = \exp \left[f (H_0/H) \sqrt{H_0/H} (1 - 2r/d) / (H_0/d_0) \right], \quad (6)$$

ինչից երևում է փորձանմուշի սկզբնական չափերի՝ H_0/d_0 և նստեցման աստիճանի՝ H_0/H ազդեցությունը չափում չունեցող հպակային նորմալ ճնշման վրա:

3. Կլոր հատույթով նմուշի դեֆորմացման տարբեր աստիճաններում նյութի v_0 սկզբնական ծակոտկենության փոփոխության արժեքների համար օգտագործվում է ՄՆՊՀՏ-ն նյութի ծակոտկենության աճի որոշման հետևյալ բանաձևը [3].

$$dv = \frac{9v^m \sigma_0 \overline{d\varepsilon}_i}{(1-v)^{3n-1} \sigma_i}, \quad (7)$$

որտեղ $\sigma_0 = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$ -ն միջին լարումն է, չամրացվող նյութի համար $\sigma_i = \sigma_h$, m և n -ը՝ ծակոտկենության պարամետրերը:

Հաշվի առնելով (1) առնչությունները և $\sigma_r + p = \sigma_h$ պլաստիկության պայմանը, $\overline{\sigma}_0$ - չափում չունեցող մեծությունը ներկայացվում է հետևյալ տեսքով՝

$$\overline{\sigma}_0 = (2\overline{\sigma}_r - \overline{p})/3 = 2/3 - \overline{p}: \quad (8)$$

Փորձանմուշի նստեցման $H_0/H = 1,1$ աստիճանի դեպքում՝ $\overline{\Delta\varepsilon}_i = \ln H_0/H = 0,1$: Հետևաբար, $\overline{\Delta\varepsilon}_i$ -ի տվյալ աճի դեպքում ծակոտկենության աճի համար (7)-ը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$\Delta v = \frac{9 v^m \overline{\sigma}_0 \overline{\Delta\varepsilon}_i}{(1-v)^{3n-1}}: \quad (9)$$

Խնդրի լուծման համար օգտագործում ենք նաև հետևյալ բանաձևը [3]՝

$$v_i = v_{i-1} + \Delta v_i: \quad (10)$$

Ինչպես տեսնում ենք, այս դեպքում Δv - ի արժեքը կախված է գլանի շառավղով փոփոխվող ընթացիկ ծակոտկենության և չափում չունեցող $\overline{p}$ ճնշման մեծություններից:

4. Թվային հաշվարկները կատարվել են EXCEL ծրագրային միջավայրում՝ ընդունելով փորձանմուշի հպակային մակերեսներում շփման գործակիցը՝ $f = 0,1$, նստեցման աստիճանը՝ $H_0/H = 1,1$ ($\overline{\Delta\varepsilon}_i = \ln H_0/H = 0,1$) և նյութի սկզբնական ծակոտկենությունը՝ $v_0 = 0,1$ -ի, երբ $n = 0,25$, $m = 1$ [3]: Խնդիրը լուծվել է $d_0 = 20$ մմ, $H_0 = 25$ մմ չափերով փորձանմուշի նստեցման հաջարդական դեպքերի համար, ընդունելով, որ յուրաքանչյուր նստեցում իրականացվել է $\overline{\Delta\varepsilon}_i = 0,1$ չափով: Օգտվելով նաև վերը բերված $d = d_0 \sqrt{H_0/H}$ և $H_i/H_{i+1} = 1,1$ բանաձևերից՝ ստացվել են համապատասխանաբար d , H չափսերը, ինչպես նաև դրանց համապատասխան հարաբերությունները, որոնք ներկայացված են աղ. 1-ում:

Աղյուսակ 1

Նմուշի չափերը դեֆորմացման հաջորդական
դեպքերից հետո, երբ $d_0=25$ մմ, $H_0=20$ մմ

H_i , մմ	d_i , մմ	H_i/d_i
22,73	20,98	1,083
20,66	22,01	0,939
18,78	23,08	0,814
17,07	24,21	0,705

(6), (8)-(10) բանաձևերով փորձանմուշի նստեցման յուրաքանչյուր աստիճանի դեպքում որոշվել են համապատասխանաբար $\bar{p}$ -ի, $\bar{\sigma}_0$ -ի, Δv -ի և v -ի արժեքները: Դրանց հաշվարկները կատարվել են $0 \leq r \leq d/2$ միջակայքում՝ $\Delta r = d/16$ քայլով, և ստացված տվյալները բերված են աղ. 2-ում:

Աղյուսակ 2

Գլանի շառավղով փոփոխվող անչափ $\bar{p}$ ճնշման, $\bar{\sigma}_0$ միջին լարման, Δv և v ծակոտկենության փոփոխման և և դրանց ընթացիկ արժեքները

$d_1=20,98$ մմ, $H_1=22,73$ մմ									
r	0	$d_1/16$	$d_1/8$	$3d_1/16$	$d_1/4$	$5d_1/16$	$3d_1/8$	$7d_1/16$	$d_1/2$
r, մմ	0	1,311	2,623	3,934	5,245	6,556	7,868	9,179	10,49
$\bar{p}$	1,097	1,084	1,072	1,059	1,047	1,035	1,023	1,012	1,00
$\bar{\sigma}_0$	-0,430	-0,417	-0,405	-0,393	-0,381	-0,369	-0,357	-0,345	-0,333
Δv	-0,038	-0,037	-0,036	-0,034	-0,033	-0,032	-0,031	-0,030	-0,029
v_1	0,062	0,063	0,064	0,066	0,067	0,068	0,069	0,070	0,071
$d_2=22,01$ մմ, $H_2=20,66$ մմ									
r	0	$d_1/16$	$d_1/8$	$3d_1/16$	$d_1/4$	$5d_1/16$	$3d_1/8$	$7d_1/16$	$d_1/2$
r, մմ	0	1,376	2,751	4,127	5,503	6,878	8,254	9,629	11,01
$\bar{p}$	1,112	1,098	1,083	1,069	1,055	1,041	1,027	1,013	1,00
$\bar{\sigma}_0$	-0,446	-0,431	-0,416	-0,402	-0,388	-0,374	-0,360	-0,347	-0,33
Δv	-0,025	-0,024	-0,024	-0,023	-0,023	-0,022	-0,021	-0,021	-0,02
v_2	0,038	0,039	0,041	0,042	0,044	0,045	0,047	0,048	0,05
$d_3=23,08$ մմ, $H_3=18,78$ մմ									
r	0	$d_1/16$	$d_1/8$	$3d_1/16$	$d_1/4$	$5d_1/16$	$3d_1/8$	$7d_1/16$	$d_1/2$
r, մմ	0	1,443	2,885	4,328	5,77	7,213	8,655	10,098	11,54
$\bar{p}$	1,131	1,114	1,097	1,080	1,063	1,047	1,031	1,015	1,00
$\bar{\sigma}_0$	-0,464	-0,447	-0,430	-0,413	-0,397	-0,381	-0,365	-0,349	-0,33
Δv	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,016	-0,015	-0,015	-0,015	-0,02
v_3	0,022	0,024	0,025	0,027	0,028	0,029	0,031	0,033	0,04

$d_4=24.21$ մմ, $H_4=17.07$ մմ									
r	0	$d_1/16$	$d_1/8$	$3d_1/16$	$d_1/4$	$5d_1/16$	$3d_1/8$	$7d_1/16$	$d_1/2$
$r, \text{ մմ}$	0	1,513	3,026	4,539	6,053	7,566	9,079	10,592	12,11
$\bar{p}$	1,152	1,132	1,112	1,093	1,073	1,055	1,036	1,018	1,00
$\bar{\sigma}_0$	-0,486	-0,465	-0,446	-0,426	-0,407	-0,388	-0,369	-0,351	-0,33
Δv	-0,0096	-0,0098	-0,01	-0,0102	-0,0103	-0,0104	-0,0104	-0,0105	-0,01
v_4	0,013	0,014	0,015	0,017	0,018	0,0196	0,021	0,023	0,03

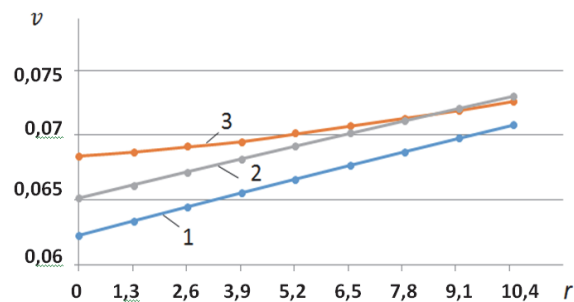
Նշենք, որ փորձանմուշի դեֆորմացման առաջին աստիճանի դեպքում (9) բանաձևում v -ն հաստատուն է (կախված չէ r -ից) և հավասար է նյութի v_0 սկզբնական ծակոտկենությանը: Ընդ որում, նմուշի ընթացիկ r շառավիղներին համապատասխան ընթացիկ v_i ծակոտկենությունները մեկը մյուսից տարբեր են և բավականին փոքրացել են: Դրանք հանդիսանալու են փորձանմուշի դեֆորմացման երկրորդ աստիճանի համար սկզբնական ծակոտկենություններ: Նույն հաշվարկային գործողությունները v_2, v_3 և v_4 ընթացիկ ծակոտկենությունների դեպքում կատարվում են նաև նմուշի դեֆորմացման մյուս աստիճանների համար:

Ստացված արդյունքների հիման վրա հնարավոր է կառուցել կլոր հատույթով փորձանմուշի նստեցման յուրաքանչյուր աստիճանից հետո ծակոտկենության բաշխման գրաֆիկները՝ դրա լայնական հատույթի տարբեր կետերում: Ինչպես երևում է աղյուսակից, յուրաքանչյուր դեֆորմացումից հետո ծակոտկենությունը նվազում է, մասնավորապես՝ փորձանմուշի կենտրոնում ընդունում է իր փոքրագույն արժեքը: Այդ արդյունքները համեմատվել են նաև ծակոտկեն նյութի պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսությամբ ստացված տվյալների հետ [4]: Հաշվի առնելով, որ ծակոտկեն նյութի պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսության բանաձևով հաշվակները կատարված են որոշակի մոտավորությամբ, նույն մոտավորությամբ կատարվում է ևս մեկ հաշվարկ՝ ծակոտկեն նյութի պլաստիկության հոսունության տեսության ծակոտկենության որոշման բանաձևով: Ընդ որում, մոտավորությունն այն է, որ սկզբնական փոքր ($v_0 = 0,1$) ծակոտկենության և $2...4$ դեֆորմացման (նստեցման) աստիճաններում ծակոտկենության v_i ընթացիկ արժեքների դեպքում (9)-ի հայտարարը վերցված է 1-ին հավասար $((1 - v)^{3n-1} \approx 1)$: Ծակոտկենության տացված արժեքները ներկայացված են աղ. 3-ում:

*Ծակոտկենության արժեքները փորձանմուշի լայնական հատույթի տարբեր կետերում
դեֆորմացման առաջին աստիճանի դեպքում՝ հաշվարկված պլաստիկության
դեֆորմացիոն և հոսունության տեսություններով*

$r, մմ$	0	1,311	2,623	3,934	5,245	6,556	7,868	9,179	10,49
V ԾՆՊԴՏ	0,0694	0,0687	0,0691	0,0695	0,0701	0,0707	0,0713	0,0719	0,0726
V ԾՆՊՀՏ մոտավոր	0,0652	0,0662	0,0672	0,0682	0,0692	0,0702	0,0711	0,0721	0,073
V ԾՆՊՀՏ հիմնական	0,062	0,063	0,064	0,066	0,067	0,068	0,069	0,070	0,071

Վերը նկարագրված հաշվարկային գործողություններից հետո կառուցվել է նյութի ծակոտկենության բաշխման գրաֆիկը պլաստիկության դեֆորմացիոն և հոսունության տեսությունների հիման վրա: Նկարում նյութի ծակոտկենության բաշխման գրաֆիկներն են դեֆորմացման առաջին աստիճանի դեպքում. 1-ը՝ հաշվարկված ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության հոսունության տեսությամբ, 2-ը՝ կրկին պլաստիկության հոսունության տեսությամբ, սակայն [4]-ում նկարագրված մոտավոր մեթոդով, իսկ 3-ը՝ պլաստիկության դեֆորմացիոն տեսությամբ:



*Նկ. Փորձանմուշի ընթացիկ v ծակոտկենության գրաֆիկները r շառավղից կախված՝
ճշգրիտ ու մոտավոր [4] պլաստիկության հոսունության (1, 2) և դեֆորմացիոն (3)
տեսություններով հաշվարկված*

1, 2 և 3 գրաֆիկների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դրանց միջև առկա որոշ շեղումները բացատրվում են մոտավոր բանաձևերի կիրառմամբ:

Ստացված տվյալների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ նմուշի դեֆորմացման 4 աստիճաններից հետո սկզբնական $v_0 = 0,1$ ծակոտկենությունը նվազել է մինչև 0,013, որը գտնվում է նմուշի լայնական հատույթի կենտրոնում:

Եզրակացություն: Եռակալված փորձանմուշի ծակոտկենության փոփոխման արժեքների որոշման համար օգտագործվել է ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության հոսունության տեսության ծակոտկենության որոշման բանաձևը: EXCEL ծրագրային միջավայրում թվային օրինակի լուծման հիման վրա որոշվել են նմուշի դեֆորմացիայի տարբեր աստիճաններում ծակոտկենության արժեքները, ինչպես նաև կառուցվել է լայնական հատույթում նյութի ծակոտկենության բաշխման գրաֆիկը: Կատարված հաշվարկները ցույց են տվել, որ.

1. Ծակոտկենության արժեքները անհավասարաչափ են բաշխված նմուշի շառավղով. կենտրոնում ծակոտկենության արժեքը ստացվում է նվազագույնը:

2. Թվային ինտեգրման գործընթացը շարունակելով՝ կարելի է նմուշի կենտրոնում ստանալ տարբեր շառավղներով նյութի անծակոտկեն գոտիներ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Малинин Н.Н.** Прикладная теория пластичности и ползучести. - М.: Машиностроение, 1975. – 399 с.
2. **Сторожев М.В., Попов Е.А.** Теория обработки металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
3. **Петросян Г.Л.** Пластическое деформирование порошковых материалов. - М.: Металлургия, 1988. – 153 с.
4. **Петросян Г.Л., Азарян Л.А., Арустамян А.М., Карапетян А.К.** Исследование процесса осадки спеченного цилиндра при различных контактных условиях // Вестник ГИУА. Серия "Механика, машиноведение, машиностроение". - 2014. - Вып. 17, N2. – С. 32-41.
5. **Малинин Н.Н.** Технологические задачи пластичности и ползучести. - М.: Высшая школа, 1979. – 119 с.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է տպագրության 25.11.2016:

Ա.Կ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАДКИ КРУГЛОГО ОБРАЗЦА ПО ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ ТЕЧЕНИЯ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА

Проведено исследование процесса осадки круглого сечения по теории пластичности течения пористого материала. Используются формула для определения пористости по теории пластичности течения пористых материалов и безразмерная формула для определения контактного нормального напряжения в случае трения скольжения на торцах образца. На основании численных расчетов, проведенных в программной среде MS Excel, определены значения приращения и величины пористости в различных точках поперечного сечения, которые были сопоставлены с данными, полученными на основе деформационной теории пластичности пористых материалов.

Ключевые слова: круглый образец, спеченный материал, осадка, контактное нормальное напряжение, скольжение, пористость.

A.GH. KARAPETYAN

**INVESTIGATING THE UPSETTING PROCESS OF A CYLINDRICAL SAMPLE
BY THE THEORY OF THE FLOW OF A POROUS MATERIAL PLASTICITY**

The dimensionless formula for determining the contact normal stress in the case of a friction slipping at the ends of the specimen and the formula for determining the growth (increment) and the value of the porosity by the theory of the flow of plasticity of porous materials are used. On the basis of numerical calculations carried out in the software environment MC Excel, the value of porosity at different points of the cross section are determined, which were compared with the data obtained on the basis of the deformation theory of plasticity of porous materials.

Keywords: cylindrical sample, sintered material, upsetting, contact normal stress, slipping, porosity.