

Գ.Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ն.Գ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ԵՌԱԿԱԼՎԱԾ ՆՅՈՒԹԻՑ ՀԵԾԱՆԻ ԱՌԱՁԳԱԿԱՆ ԾՌՄԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Օգտագործելով եռակալված պղնձյա փոշենյութի համար ստացված Յունգի մոդուլի և հարաբերական խտության փորձարարական տվյալները՝ կառուցվել է ծակոտկենությունից կախված Յունգի մոդուլի գրաֆիկը, որը մոտարկվել է տարբեր ֆունկցիաներով: Որոշվել են հավասարաչափ բաշխված բեռի ազդեցությամբ տարբեր սկզբնական ծակոտկենություն ունեցող եռակալված պողպատե հասարակ հեծանի ճկվածքները, և արդյունքները համեմատվել են միմյանց հետ: Խնդիրը լուծվել է հեծանի առաձգական գծի համապիտանի հավասարման միջոցով:

Առանցքային բառեր. պղնձյա և պողպատե եռակալված նյութեր, Յունգի մոդուլ, հավասարաչափ բաշխված բեռով հասարակ հեծան, հեծանի առաձգական գծի համապիտանի հավասարում, ճկվածք հեծանի կենտրոնում:

Տնտեսության տարբեր բնագավառներում ժամանակակից գործնական խնդիրներ լուծելիս անհրաժեշտություն է առաջանում օգտագործել բարձր ֆիզիկամեխանիկական և շահագործական բացառիկ հատկություններով (շփական, հակաշփական, ծակոտկեն և այլն) կոնստրուկցիոն տարրեր և մեքենամասեր: Դրանց ստացումը հիմնականում իրականացվում է փոշենյութերի խտացման և ձևափոխման փոշեմետալուրգիայի մեթոդներով՝ կոման, դրոշմման, խողովակների և ձողերի արտամղման, գլոցման և այլն: Ընդ որում, ստացված նախապատրաստվածքը հետագայում եռակալում են, և այն դառնում է որոշակի *v* ծակոտկենությամբ արտադրանք:

Եռակալված (ծակոտկեն) փոշենյութերի առաձգական և պլաստիկ դեֆորմացման գործընթացների հետազոտմանը նվիրված են բազմաթիվ փորձարարական և տեսական աշխատանքներ, որոնք հնարավորություն են տալիս որոշել փոշենյութերի հատկությունները, տեխնոլոգիական գործընթացների ռեժիմները և այլն:

[1]-ում մանրամասն քննարկվում է տարբեր գործոնների ազդեցությունը (այդ թվում՝ և ջերմաստիճանային) ծակոտկեն նյութերի ամրության բնութագրերի վրա: Վերլուծվում են առավել բարդ ուժային ազդեցության ենթարկվող ծակոտկեն նյութերի ուսումնասիրության արդյունքները (տարատեսակ լարվածային վիճակներ, փոփոխական բեռնվածություն և այլն): Նշվում է, որ ծակոտկեն նյութերի ամրության բնութագրի վրա ազդող բազմաթիվ գործոնների հաշվարկը մեծ բարդություն է ներկայացնում: Այդ պատճառով ծակոտկեն նյութերի ուսումնասիր-

րության սկզբնական փուլերում բնական է համարվում դրանց մեխանիկական հատկությունների որոշումն իրականացնել նորմալ ջերմաստիճանա-ժամանակային պայմաններում՝ կախված միայն մեկ պարամետրից՝ նյութի ν ծակոտկենությունից:

Ծակոտկեն նյութերի իրական հատկությունների որոշումը և դեֆորմացվելիս դրանց վարքագծի ուսումնասիրումը (Մ.Յու. Բալշինի կողմից [2]) փոշեմետալուրգիայի և թելքային մետալուրգիայի տեսական հիմունքների հիմնախնդիրներից մեկն է: Հաշվի առնելով, որ ծակոտկեն նյութի պինդ ֆազը (մասը) պարունակում է հենց այնպիսի քանակությամբ արատներ, ինչպիսին համապատասխան հատիկայնությամբ և ամրացման աստիճանով հոծ նյութինն է, Մ.Յու. Բալշինը ենթադրում է [2], որ ծակոտկեն մարմնի յուրաքանչյուր տարածական հոծ տարրի հիմնանյութի հատկությունները նույնն են, ինչպես համապատասխան հիմնանյութով հոծ մարմնի նմուշում: Հետևաբար, ծակոտկեն մարմնի հիմնանյութի հատկությունները չպետք է կախված լինեն իր սկզբնական ծակոտկենությունից, այսինքն՝ հանդիսանում են ինվարիանտներ: [2]-ում բերված են բազմաթիվ փոշենյութերի առաձգական հաստատունների $\rho = 1 - \nu$ հարաբերական խտությունից կախված փորձարարական տվյալներ, մասնավորապես, աղյուսակում ներկայացված են եռակալված պղնձյա փոշենյութի E_δ առաձգականության մոդուլի (Յունգի մոդուլի) արժեքները:

[3,4]-ում բերված է ծակոտկեն նյութերի առաձգականության մոդուլների որոշման հետևյալ բանաձևը՝

$$E_\delta = E_{hnd}(1 - \nu)^{2,6}, \quad (1)$$

որտեղ E_{hnd} -ը ծակոտկեն նյութի հոծ մասի (հիմնանյութի) առաձգականության մոդուլն է:

[1-4] և այլ աշխատանքներում ծակոտկեն նյութերի մեխանիկական հատկությունների փորձարարական ուսումնասիրությաննների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ ծակոտկենության մեծությունը զգալի ազդեցություն ունի փոշենյութերի մեխանիկական բնութագրի վրա: Սակայն փոշենյութերի իրական հատկությունների հաշվառման դժվարությունների պատճառով բազմաթիվ հարցեր դեռևս բավարար հետազոտված չեն: Մասնավորապես, գրականության թվում դեռևս քիչ աշխատանքներ կան տարբեր բեռնավորվածության դեպքում առաձգական դեֆորմացման ենթարկվող եռակալված նյութի՝ ծոման տարրերի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների վրա դրա սկզբնական ծակոտկենության մեծության ազդեցության վերաբերյալ: Հետևաբար, այդ ուղղությամբ աշխատանքները բավականին արդիական են:

Աշխատանքի նպատակը պղնձյա և պողպատե եռակալված նյութերի առաձգականության մոդուլների ծակոտկենությունից կախված փորձարարական տվյալների վերլուծումը, հավասարաչափ բեռի ազդեցության դեպքում տարբեր սկզբնական ծակոտկենություն ունեցող եռակալված պողպատե հասարակ հեծանի ճկվածքների որոշումը և միմյանց հետ համեմատումն են:

Սկզբում կատարենք աղյուսակում բերված եռակալված պղնձյա նյութի առաձգականության մոդուլի տվյալների գծային ֆունկցիայով մոտարկում:

Աղյուսակ

Եռակալված պղնձյա փոշենյութի E_δ -ի արժեքները ρ - ից կախված [2]

ρ	$\nu = 1 - \rho$	$E_\delta, \text{ՄՊա}$
0,708	0,29	46540
0,779	0,22	64580
0,801	0,20	70770
0,833	0,17	79920
0,849	0,15	84750
0,883	0,12	94460

Նկ.1-ում կետերով ցույց են տրված աղյուսակի E_δ առաձգականության մոդուլի ν ծակոտկենությունից կախվածության փորձարարական տվյալները: Ինչպես երևում է նկ.1-ից, այդ կետերը գտնվում են B կետով անցնող հոծ ուղիղ գծի վրա, որը ընդհատված գծով շարունակենք մինչև այդ գրաֆիկի օրդինատի հետ հատվելը (A կետը): Արդյունքում՝ նյութի ծակոտկենության բացակայության դեպքում (հոծ նյութ) ստանում ենք առաձգականության մոդուլի արժեքը՝

$$E_{h\delta} = 1,3 \cdot 10^5 \text{ ՄՊա}: \quad (2)$$

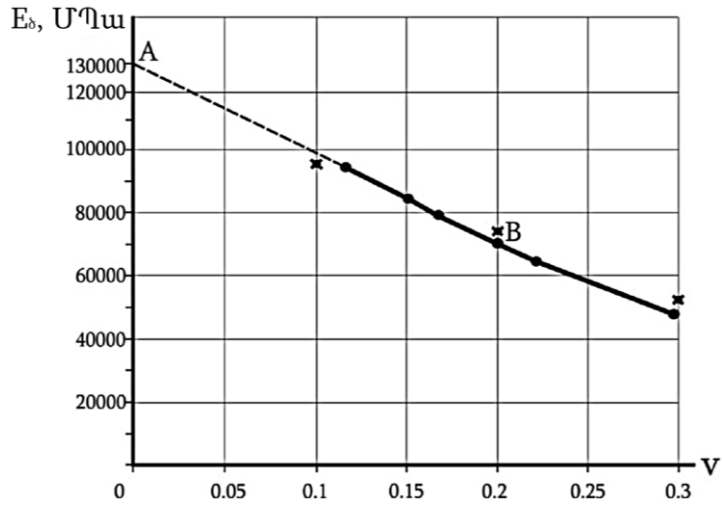
Այդ դեպքում եռակալված պղնձյա փոշենյութի $E_\delta - \nu$ գրաֆիկի գծային ֆունկցիայով մոտարկման բանաձևը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$E_\delta = 1,3 \cdot 10^5 + a\nu: \quad (3)$$

Ինչ վերաբերում է այդ բանաձևում a գործակցի որոշմանը, ապա դրա համար օգտվենք աղյուսակի հետևյալ տվյալներից՝ երբ $\nu = 0,2$, $E_\delta = 70770 \text{ ՄՊա}$, որոնք տեղադրելով (3)-ի մեջ՝ կստանանք $70770 = 1,3 \cdot 10^5 + a \cdot 0,2$ և $a = -296150 \text{ ՄՊա}$:

Հետևաբար, հաշվի առնելով (2)-ը և (3)-ը, E_δ -ի համար կստանանք հետևյալ բանաձևը՝

$$E_\delta = E_{h\delta}(1 - 2,28\nu): \quad (4)$$



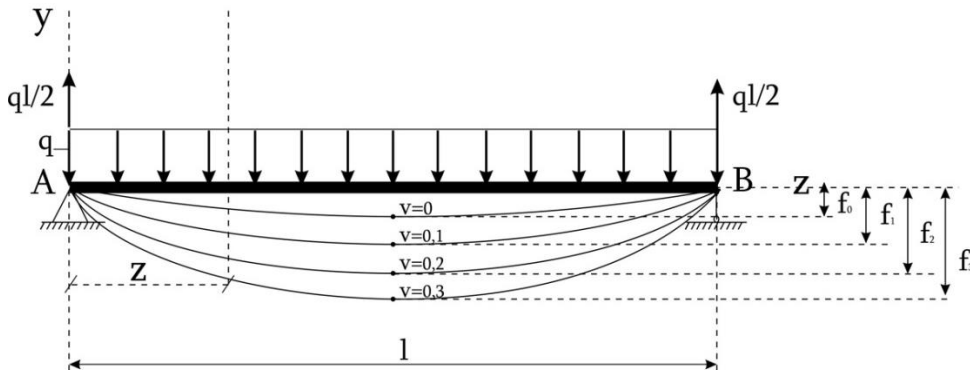
Նկ. 1. Պղնձյա փոշենյութի $E_{\delta}(V)$ գրաֆիկը

Նշենք նաև, որ նկ.1-ի վրա աստղանիշերով նշված են (1) բանաձևով հաշվարկված տվյալները: Ինչպես տեսնում ենք, նյութի առաձգականության մոդուլի այդ տվյալները բավականին մոտ են [2] – ում բերված փորձարարական և դրանց հիման վրա ուղիղ գծով մոտարկված տվյալներին: Դա հնարավորություն է տալիս եռակալված փոշենյութերից պատրաստված հեծանների առաձգական ծոման խնդիրները լուծելիս օգտագործել առաձգականության մոդուլի որոշման (1) բանաձևը: Որպես օրինակ դիտարկենք հավասարաչափ բեռի ազդեցության դեպքում եռակալված պողպատե հասարակ հեծանի (նկ.2) ձկվածքների որոշման խնդիրը:

Հայտնի է, որ հեծանի առաձգական ծոման դեպքում դեֆորմացումների որոշման բանաձևերը կախված են նյութի առաձգականության մոդուլից, մասնավորապես՝ ուղիղ հեծանի համար մեծ կիրառություն ունի դրա առաձգական գծի ընդհանուր տեսքով գրված հետևյալ համապիտանի հավասարումը [5]՝

$$E_{\delta} I_x y = E_{\delta} I_x y_0 + E_{\delta} I_x \theta_0 + \frac{M(z-a)^2}{2} + \frac{P(z-b)^3}{6} + \frac{q(z-c)^4}{24} - \frac{q(z-d)^4}{24}, \quad (5)$$

որտեղ I_x -ը լայնական հատույթի իներցիայի մոմենտն է, y -ը՝ հեծանի ընթացիկ հատույթի ձկվածքը, y_0 -ն և θ_0 -ն՝ առանցքների սկզբնակետում ձկվածքը և հատույթի պտտման անկյունը, M -ը, P -ն և q -ն՝ արտաքին մոմենտը, ուժը և բաշխված բեռը, a -ն, b -ն, c -ն և d -ն՝ դրանց կիրառման դիրքը որոշող առանցքների սկզբնակետից ունեցած հեռավորությունները:



Նկ. 2. Սկզբնական տարբեր ծակոտկենություն ունեցող եռակալված հասարակ հեծանի ճկվածքների որոշման սխեման

Նկ. 2-ի դեպքում հեծանի առաձգական զծի համապիտանի հավասարումը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$E_{\delta} I_x y = E_{\delta} I_x y_0 + E_{\delta} I_x \theta_0 z + \frac{(q l / 2) z^3}{6} - \frac{q z^4}{24}: \quad (6)$$

Տվյալ հեծանի հենարանային պայմաններն են.

1) A կետում՝ $y_A = y_0 = 0$,

2) B կետում նույնպես ճկվածքը բացակայում է, այսինքն՝ երբ $z = l, y = 0$:

Առաջին պայմանը հաշվի առնելով և երկրորդի օգտագործմամբ ձևափոխելով (6)-ը՝ որոշում ենք՝

$$E_{\delta} I_x \theta_0 = -q l^3 / 24,$$

այնուհետև (6)-ի հիման վրա ստանում ենք հավասարաչափ բեռի ազդեցության դեպքում հասարակ հեծանի ճկվածքների որոշման հետևյալ բանաձևը՝

$$y = \frac{q}{24 E_{\delta} I_x} (2 l z^3 - l^3 z - z^4): \quad (7)$$

Կատարենք հոծ և տարբեր սկզբնական ծակոտկենություն ունեցող եռակալված պողպատե $l = 6 \text{ մ}$ երկարությամբ հեծանների կենտրոններում՝ $z = \frac{l}{2}$ ճկվածքների հաշվարկ՝ հետևյալ տվյալների դեպքում. $q = 30 \text{ կՆ/մ}$, $I_x = 35 * 10^{-6} \text{ մ}^4$ [6], $E_{\text{հոծ}} = 2 \cdot 10^5 \text{ ՄՊա}$: Ընդ որում, օգտագործում ենք ծակոտկեն նյութերի առաձգական մոդուլի որոշման (1) բանաձևը:

Երբ $v = 0$, ապա՝

$$y_{(l/2)} = f_0 = \frac{q}{24 \cdot E_{\text{հոծ}} (1-0)^2 \cdot I_x} \left(-l^3 \frac{l}{2} 2 l \frac{l^3}{8} - \frac{l^4}{16} \right) = -72 \text{ մմ}:$$

Երբ $v = 0,1$, ապա՝

$$y_{(l/2)} = f_1 = \frac{q}{24 \cdot E_{hnd}(1-0,1)^{2,6} I_x} \left(-l^3 \frac{l}{2} + 2l \frac{l^3}{8} - \frac{l^4}{16} \right) = -95 \text{ մմ}:$$

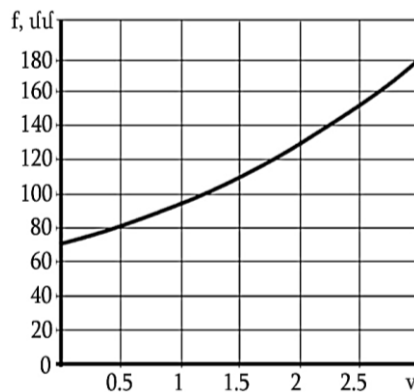
Երբ $v = 0,2$, ապա՝

$$y_{(l/2)} = f_2 = \frac{q}{24 \cdot E_{hnd}(1-0,2)^{2,6} I_x} \left(-l^3 \frac{l}{2} + 2l \frac{l^3}{8} - \frac{l^4}{16} \right) = -128 \text{ մմ}:$$

Երբ $v = 0,3$, ապա՝

$$y_{(l/2)} = f_3 = \frac{q}{24 \cdot E_{hnd}(1-0,3)^{2,6} I_x} \left(-l^3 \frac{l}{2} + 2l \frac{l^3}{8} - \frac{l^4}{16} \right) = -180 \text{ մմ}:$$

Այս տվյալների հիման վրա նկ.3-ում կառուցվել է $f-v$ գրաֆիկը, որը ցույց է տալիս՝ արտաքին բեռի ազդեցություն տակ եռակալված (ծակոտկեն) հեծանը հոծի նկատմամբ նյութի մեծ ծակոտկենությունների դեպքում ենթարկվում է բավականին մեծ դեֆորմացումների:



Նկ. 3. Սկզբնական տարբեր ծակոտկենություն ունեցող եռակալված հասարակ հեծանի կենտրոնի ձկվածքների՝ նյութի ծակոտկենությունից կախված $f(v)$ գրաֆիկը

Այսպիսով, օգտագործելով եռակալված պղնձյա փոշենյութի համար ստացված E_δ Յունգի մոդուլի և ρ հարաբերական խտության փորձարարական տվյալները՝ կառուցվել է E_δ Յունգի մոդուլի և v ծակոտկենության գրաֆիկը, որը մոտարկվել է տարբեր ֆունկցիաներով, և արդյունքները վերլուծվել են:

Հեծանի առաձգական գծի համապիտանի հավասարման հիման վրա կատարվել են հավասարաչափ բեռի ազդեցությամբ սկզբնական տարբեր ծակոտկենություն ունեցող եռակալված պողպատե հասարակ հեծանի ձկվածքների որոշումը և արդյունքների միմյանց հետ համեմատումը: Ցույց է տրվել, որ նյութի ծակոտկենության մեծ արժեքների դեպքում հեծանի ձկվածքներն աճում են ավելի մեծ ինտենսիվությամբ:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Белов С.В.** Пористые материалы в машиностроении.-М.: Машиностроение, 1976.- 183 с.
2. **Бальшин М.Ю.** Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна.-М.: Металлургия, 1972.- 535 с.
3. **Osakada K., Shima S.** G. Int. Pulvermetall Tag. Der DDR.-1977.-Bd.1.- P. 11/2-11/16.
4. **Петросян Г.Л.** Пластическое деформирование порошковых материалов. – М.: Металлургия, 1988. –153 с.
5. **Феодосьев В.И.** Сопротивление материалов.- М.: Наука, 1986.- 512 с.
6. **Беляев Н.М.** Сборник задач по сопротивлению материалов.- М.: Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1957.- 346 с.

ՀԱՊՀ, Մեխանիկամեթենշինական, տրանսպորտային համակարգերի և դիզայնի ինստիտուտ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 29.03.2016:

Г.Л. ПЕТРОСЯН, Н.Г. АКОПЯН

ОСОБЕННОСТИ УПРУГОГО ИЗГИБА БАЛКИ ИЗ СПЕЧЕННОГО МАТЕРИАЛА

Используя экспериментальные данные модуля Юнга и относительной плотности для спеченной порошковой меди, построен график зависимости модуля Юнга от пористости, который был аппроксимирован разными функциями. Определены прогибы спеченной стальной простой балки различной исходной пористости под действием равномерно распределенной нагрузки, результаты которых сравнены друг с другом. Задача решена на основе универсального уравнения упругой линии балки.

Ключевые слова: медные и стальные спеченные материалы, модуль Юнга, простая балка с равномерно распределенной нагрузкой, универсальное уравнение упругой линии балки, прогиб в центре балки.

G.L. PETROSYAN, N.G. HAKOBYAN

PECULIARITIES OF ELASTIC BENDING OF THE BEAM OF A SINTERED MATERIAL

Using the experimental data of the Young's module and the relative density for the sintered copper powder, the Young's modulus and porosity diagram, is plotted which was approximated by different functions. The deflections of a simple sintered steel beam with different initial porosity under the influence of a uniformly distributed load are defined whose results are compared with each other. The problem is solved on the basis of the universal equation of the elastic line of the beam.

Keywords: copper and steel sintered materials, Young's modulus, simple beam with uniformly distributed load, universal equation of the elastic line of the beam, the beam deflection at the center.