ISSN 0002-306Х. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2003. Т. LVI, № 2.

*Հ*SԴ 539.374

ՄԵՔԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ

Գ.Լ.ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Հ.Հ.ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ, Լ.Գ.ՀԱՍՐԱԹՅԱՆ

ՆՅՈՒԹԻ ԴԵՖՈՐՄԱՅՄԱՆ ԳՐԱՖԻԿԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՓՈԽԱԿԵՐՊՎԱԾ ՄԵԹՈԴ

Բերված է նյութի դեֆորմացման գրաֆիկի աստիձանային ֆունկցիայով մոտարկման գործակիցների որոշման ալգորիթմը՝ հիմք ընդունելով նյութի ձգման գրաֆիկից հեշտությամբ որոշվող՝ վզիկի առաջացման պահին նյութի պայմանական մեխանիկական բնութագրերը։ Թվային հաշվարկները կատարվել են գրականությունից [2] վերցրած նյութերի՝ պողպատ 45-ի և պողպատ 40x-ի տվյալների օգտագործմամբ։ Մոտարկված դեֆորմացման գրաֆիկների և փորձով ստացված իրական գրաֆիկների համեմատությունը ցույց է տալիս վերջիններիս մեծ ձշտությունը միջին և մեծ պլաստիկ դեֆորմացիաների դեպքում։

Առանցքային բառեր. լոգարիթմական դեֆորմացիա, իրական լարում, տեխնոլոգիական խնդիրներ։

Պլшимիկության տեսության խնդիրների լուծման համար անհրաժեշտ է ունենալ նյութի ամենակարևոր մեխանիկական բնութագրերից մեկը՝ դեֆորմացման գրաֆիկը։ Դա լարումների (δ) և լոգարիթմական դեֆորմացիաների (ε) ինտենսիվությունների միջև եղած ֆունկցիոնալ կապն է՝ $\sigma_i = \Phi(\varepsilon_i)$, որը կախված չէ լարվածային վի*մ*ակի տեսակից։ Քանի որ նմուշի առանցքային ձգման դեպքում մինչև վզիկի առաջանալը σ_i -ն հավասար է իրական լարմանը՝

$$\sigma_i = \sigma_h = F/A \,, \tag{1}$$

իսկ \square ն նյութի ծավալային լոգարիթմական դեֆորմացիայի բացակայության $(\overline{e}_0 = 0)$ դեպքում հավասար է առանցքային լոգարիթմական դեֆորմացիային՝

$$\varepsilon_i = \overline{\varepsilon} = \ln(1 + \varepsilon), \tag{2}$$

ապա մինչև վզիկի առաջանալը նյութի դեֆորմացման գրաֆիկը համընկնում է նյութի ձգման իրական գրաֆիկի հետ $(\sigma_i - \overline{\varepsilon})$ [1]: (1) և (2) բանաձևերում *F*-ը նմուշը ձգող ուժն է, *A*-ն՝ նմուշի լայնական հատույթի ընթացիկ մակերեսը, իսկ *D*-ը՝ առանցքային հարաբերական դեֆորմացիան։

Պլաստիկ դեֆորմացիաների դեպքում հաշվարկների պարզեցման համար նյութի դեֆորմացման գրաֆիկը մոտարկում են, այսինքն՝ փոխարկում են պարզ մաթեմատիկական տեսք ունեցող կորերով, որոնք բավականին մեծ ձշտությամբ համընկնում են փորձարարական արդյունքների հետ։ Մասնավորապես, նյութի դեֆորմացման գրաֆիկը մոտարկում են հետևյալ տեսք ունեցող աստիձանային ֆունկցիայով.

$$\sigma_i = \sigma_h = B \varepsilon_i^m, \qquad (3)$$

որտեղ *B*-ն և *m*-ը փորձնական տվյալների մշակման հետևանքով ստացված գործակիցներ են։

Աշխատանքի նպատակն է՝ (3) բանաձևով նյութի դեֆորմացման գրաֆիկի մոտարկումն իրականացնել՝ օգտագործելով գործնականում մեծ կիրառություն ունեցող և նյութի ձգման գրաֆիկից հեշտությամբ որոշվող [2] վզիկի առաջացման պահին նյութի հետևյալ պայմանական մեխանիկական բնութագրերը. առանցքային հարաբերական դեֆորմացիան (Հկզ) և ժամանակավոր դիմադության լարումը (Ժղ)՝

$$\sigma_{d\eta} = F_{\max}/A_0$$
,

որտեղ *F*_{max} -ն առավելագույն ձգող ուժն է, *A*₀-ն` նմուշի լայնական հատույթի սկզբնական մակերեսը, որը, ծավալի անփոփոխ մնալու պայմանի հիման վրա արտահայտվում է լայնական հատույթի ընթացիկ մակերեսով և հարաբերական առանցքային դեֆորմացիայով.

$$A = A_0 / (1 + \varepsilon): \tag{4}$$

A-ի արժեքը տեղադրելով (1) բանաձևի մեջ` կստանանք.

$$\sigma_{\rm h} = \sigma(1 + \varepsilon), \tag{5}$$

որտեղ $\sigma = F/A_0$ - ն ընթացիկ պայմանական լարումն է։

(5)-րդ բանաձևը գրենք վզիկի առաջացման պահի համար.

$$\sigma_{\mathfrak{h}(\mathfrak{q}\mathfrak{q})} = \sigma_{\mathfrak{d}\mathfrak{n}} (1 + \mathcal{E}_{\mathfrak{q}\mathfrak{q}}):$$
(6)

Այնուհետև (2) բանաձևով կապ ենք ստեղծում *Ա*վզ-ի և լոգարիթմական դեֆորմացիայի միջև.

$$\overline{\varepsilon}_{uq} = \ln(1 + \varepsilon_{uq})$$

որտեղից

$$1 + \mathcal{E}_{\mathsf{dq}} = e^{\bar{\mathcal{E}}_{\mathsf{dq}}} : \tag{7}$$

Վերջինս տեղադրելով (6)-ի մեջ` կստանանք.

$$\sigma_{\mathfrak{h}(\mathfrak{q}\mathfrak{q})} = \sigma_{\mathfrak{d}\mathfrak{q}} e^{\varepsilon_{\mathfrak{q}\mathfrak{q}}} : \tag{8}$$

Այժմ, հաշվի առնելով (1)-ը և (2)-ը, (3) բանաձևը գրենք վզիկի առաջացման կետի համար.

$$\sigma_{\rm h(lq)} = B \overline{\varepsilon}_{\rm lq}^m$$

որի մեջ տեղադրելով (8)-ը՝ կստանանք.

$$\sigma_{d\eta} e^{\overline{\varepsilon}_{lq}} = B \overline{\varepsilon}_{lq}^{m} :$$
(9)

Բաժանելով (3)-ը (9)-ի, կաստանանք.

$$\frac{\sigma_{i}}{\sigma_{d\eta}e^{\overline{\varepsilon}_{uq}}} = \left(\frac{\varepsilon_{i}}{\overline{\varepsilon}_{uq}}\right)^{m},$$

որտեղից

$$\boldsymbol{\sigma}_{i} = \boldsymbol{\sigma}_{d\eta} e^{\overline{\varepsilon}_{lq}} \left(\frac{\boldsymbol{\varepsilon}_{i}}{\overline{\boldsymbol{\varepsilon}}_{lq}} \right)^{m} :$$
 (10)

Ձևափոխենք (10)-ը հետևյալ տեսքի.

$$\sigma_{i} = \sigma_{d\eta} e^{\overline{\varepsilon}_{dq}} \overline{\varepsilon}_{dq}^{-m} \varepsilon_{i}^{m}$$
203

որը, համեմատելով (3)-ի հետ և հաշվի առնելով (7)-ը, կստանանք.

$$B = \sigma_{d\eta} e^{\overline{\varepsilon}_{lq}} \overline{\varepsilon}_{lq}^{-m} = \sigma_{d\eta} (1 + \varepsilon_{lq}) \overline{\varepsilon}_{lq}^{-m}$$
(11)

m-ի որոշման համար օգտվում ենք պայմանական լարումների գրաֆիկի σ - ϵ (նկ.1), [2] հետևյալ կարևոր առանձնահատկությունից, վզիկի առաջանալու պահին, երբ $\sigma = \sigma_{a_n}$, այն ունի առավելագույն արժեք։



Նկ.1. Նյութերի պայմանական լարումների գրաֆիկները

2μωμωμή μρε
$$\sigma = \sigma_{dq}$$
, $\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = 0$: (12)

(5)-ից հետևում է, որ $\sigma = \frac{\sigma_{\rm h}}{1+\varepsilon}$, որը դիֆերենցելով ըստ *ε*-ի և հաշվի առնելով (12)-ը, կունենանք [1]. երբ $\sigma = \sigma_{\rm dn}$,

$$\frac{d\sigma_{\rm h}}{d\varepsilon} = \sigma_{\rm dn} \, (13)$$

(3)-ն ածանցելով ըստ ${\cal E}$ -ի` կստանանք.

$$\frac{d\sigma_{\mathfrak{h}}}{d\varepsilon} = Bm\varepsilon_i^{m-1}\frac{d\varepsilon_i}{d\varepsilon},\qquad(14)$$

որտեղ, համաձայն (2)-ի,

Վերջինս տեղադրելով (14)-ի մեջ՝ կստանանք.

$$\frac{d\sigma_{\mathsf{h}}}{d\varepsilon} = Bm\varepsilon_i^{m-1}\frac{1}{1+\varepsilon},\tag{15}$$

որը $\sigma = \sigma_{dn}$ և $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{dq}$ կոորդինատներ ունեցող կետի համար կունենա հետևյալ տեսքը.

 $\frac{d\varepsilon_i}{d\varepsilon} = \frac{1}{1+\varepsilon}:$

$$\frac{d\sigma_{\rm h}}{d\varepsilon} = Bm\overline{\varepsilon}_{\rm uq}^{m-1} \frac{1}{1+\varepsilon_{\rm uq}} : \qquad (16)$$

Համատեղ լուծելով (13)-ը, (16)-ը և հաշվի առնելով (11)-ը, կստանանք.

$$m = \overline{\mathcal{E}}_{uq} : \tag{17}$$

(11)-ը և (17)-ը տեղադրելով (3) մեջ և հաշվի առնելով (7)-ը՝ կստանանք.

$$\boldsymbol{\sigma}_{i} = \boldsymbol{\sigma}_{h} = \boldsymbol{\sigma}_{dn} \left(1 + \boldsymbol{\varepsilon}_{uq} \right) \boldsymbol{\overline{\varepsilon}}_{uq}^{-\boldsymbol{\overline{\varepsilon}}_{uq}} \boldsymbol{\varepsilon}_{i}^{\boldsymbol{\overline{\varepsilon}}_{uq}} = \boldsymbol{\sigma}_{dn} \boldsymbol{\varepsilon}^{\boldsymbol{\overline{\varepsilon}}_{uq}} \left(\frac{\boldsymbol{\varepsilon}_{i}}{\boldsymbol{\overline{\varepsilon}}_{uq}} \right)^{\boldsymbol{\overline{\varepsilon}}_{uq}}$$
(18)

Նշենք, որ նյութի դեֆորմացման գրաֆիկի աստիձանային մոտարկման այս բանաձևը համընկնում է [3]-ում բերված բանաձևի հետ։

Οգտագործելով [2]-ում բերված պողպատ 45-ի (Η_{RB}=83) և պողպատ 40X-ի (Η_{RB}=95) պայմանական լարումների գրաֆիկները (նկ. 1ա և բ)՝ վերոհիշյալ մեթոդով կատարենք այդ նյութերի դեֆորմացման գրաֆիկների մոտարկում աստիձանային ֆունկցիայով։ Գրաֆիկներից պողպատ 45-ի և պողպատ 40X-ի համար համապատասխանաբար ստանում ենք. ϵ_{lq1} =0.13, σ_{dq1} =620 ՄՊա և ϵ_{lq2} =0.1, σ_{dq2} =825 ՄՊա: (17) և (2) բանաձներից հետևում է, որ

$$m_1 = \overline{\varepsilon}_{dq1} = \ln(1 + \varepsilon_{dq1}) = \ln 1.13 = 0.125$$
 u $m_2 = \ln 1.1 = 0.095$:

$$B_1 = \sigma_{d\eta 1} (1 + \varepsilon_{dq 1}) \overline{\varepsilon}_{dq 1}^{-m} = 620 \cdot 1.13 \cdot 0.125^{-0.125} = 911 \text{ UTum}$$
$$B_2 = 825 \cdot 1.1 \cdot 0.095^{-0.095} = 1137 \text{ UTum}$$

Աղյուսակ

E	$\overline{\mathcal{E}}$	Պողպատ 45		Պողպատ 40X	
		$\sigma_{h}[2]$	op(19)	$\sigma_h[2]$	<i>西</i> 加(20)
			բասաձս		բասաձս
0.0000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.0125	0.0124	384.709	530.247	596.644	751.141
0.0250	0.0247	466.019	574.824	696.085	798.997
0.0375	0.0368	524.272	605.123	745.805	831.025
0.0500	0.0488	565.534	625.715	795.525	852.579
0.0625	0.0606	597.087	643.493	830.329	871.051
0.0750	0.0723	621.359	657.157	852.704	885.168
0.0875	0.0839	643.204	668.950	872.592	897.298
0.1000	0.0953	662.621	680.145	887.508	908.764
0.1125	0.1066	679.612	689.341	899.938	918.151
0.1250	0.1178	694.175	698.320	909.882	927.288
0.1375	0.1288	706.311	705.863	917.340	934.942
0.1500	0.1398	716.019	713.363	924.798	942.533
0.1625	0.1506	723.301	720.270	932.256	949.508
0.1750	0.1613	728.155	726.195	939.714	955.479
0.1875	0.1719	730.583	732.190	949.658	961.508
0.2000	0.1823	730.583	737.380	957.116	966.719

Հետևաբար, պողպատ 45-ի և պողպատ 40X-ի մոտարկված դեֆորմացման գրաֆիկները կունենան հետևյալ տեսքը.

$$\boldsymbol{\sigma}_{i1} = 911 \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{i1}^{0.125}, \tag{19}$$

$$\sigma_{i2} = 1137 \cdot \varepsilon_{i2}^{0.095} :$$
 (20)

Աղյուսակում և նկ.2-ում բերված են պողպատ 45-ի և պողպատ 40X-ի փորձնական իրական կորերի $(\sigma_{\rm h} - \varepsilon)$ [2] և (19), (20) բանաձներով մոտարկված նյութերի դեֆորմացման գրաֆիկների տվյալները։





Աստիձանային ֆունկցիայով մոտարկված նյութերի դեֆորմացման գրաֆիկների համեմատությունը փորձնական ($\sigma_{\rm p} - \varepsilon$) կորերի հետ ցույց է տալիս, որ միջին (մինչև վզիկի առաջանալը) և մեծ (վզիկի առաջանալուց հետո) պլաստիկ դեֆորմացիաների դեպքում տվյալները բավականին մեծ ձշտությամբ համընկնում են։ Հետևաբար, պլաստիկության տեսության տեխնոլոգիական խնդիրներ լուծելիս, երբ նյութը ենթարկվում է միջին և մեծ պլաստիկ դեֆորմացիաների, (19) և (20) բանաձների կիրառումը հնարավորություն կտա հաշվի առնել նյութի իրական հատկությունները և այդպիսով բարձրացնել ստացված արդյունքների ձշտությունը։

Ինչ վերաբերում է փոքր պլաստիկ դեֆորմացիաների դեպքում գրաֆիկների տարբերությանը, դա հոսունության հարթակի գոյության հետևանք է և այդ դեպքում անհրաժեշտ է օգտագործել իրական լարումների գրաֆիկների մոտարկման այլ ձևեր [1]:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

- Պետրոսյան Գ.Լ. Կիրառական պլաստիկության տեսություն, դասախոսությունների տեքստեր / ՀՊՃՀ. - Երևան, 2002. – 31 էջ։
- 2. Пономарев С.Д. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. М.: Машгиз, 1958. 974 с.
- Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.

ՀՊՃՀ։ Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 24.06.02։

Г.Л. ПЕТРОСЯН, Г.Г. ХАЧАТРЯН, Л.Г. АСРАТЯН МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА

Приведен алгоритм аппроксимации диаграммы деформирования материала степенной функцией на основе легко определяемых из диаграммы растяжения условных механических характеристик материала при образовании шейки. Численные расчеты выполнены с использованием данных материалов Сталь 45 и 40х, взятых из источника [2]. Сравнение аппроксимированных диаграмм деформирования с действительными диаграммами, полученными опытным путем, показало их высокую точность при средних и больших пластических деформациях.

G.L. PETROSSYAN, H.H. KHACHATRYAN, L.G. HASRATYAN MODIFIED METHOD OF MATERIAL STRAIN DIAGRAM PARAMETER DETERMINATION

An algorithm for material strain diagram approximation by a power function based on conditional mechanical properties which are easily determined from the tension diagram at necking is presented. Using the data of steel 45 and 40x the numerical calculations are performed. The comparison of approximated strain diagrams with the real ones obtained experimentally has shown their high precision under average and great plastic deformation.