

УДК 539.3

*Н. С. Брайковська, к.т.н., професор
(перший проректор Державного економіко-технологічного університету транспорту)*

*Н. Л. Белевцова, к.т.н., доцент
(професор кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Державного економіко-технологічного університету транспорту)*

РОЗРАХУНОК ДВОЛАНКОВИХ ПРОЦЕСІВ АКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ ПРОЦЕСІВ МАЛОЇ КРИВИЗНИ

У роботі доведено використання теорії процесів малої кривизни щодо розрахунку дволанкових процесів активного навантаження залежно від кута зламу траєкторій.

Ключові слова: теорія процесів малої кривизни, дволанкові процеси навантаження.

В работе исследовано применение теории процессов малой кривизны к расчету двухзвенный процессов активного нагружения в зависимости от угла излома траекторий.

Ключевые слова: теория процессов малой кривизны, двухзвенные процессы нагружения.

У роботі [1] встановлені співвідношення між напруженнями і деформаціями для процесів деформування по траєкторіях малої кривизни з урахуванням повзучості при підвищеній температурі. Досліджуємо застосовність цих співвідношень до опису дволанкових процесів активного навантаження залежно від кута зламу траєкторії.

З цією метою на трубчастих зразках ізотропного сплаву ЭИ-437 спочатку за методикою [1] були здійснені в площині σ_1, σ_5 векторного простору А. А. Ільюшіна процеси складного навантаження, який здійснюється розтягувальною силою P та крутним моментом M по дволанкових траєкторіях з двома характерними кутами зламу $\vartheta = 90^\circ$ і $\vartheta = 120^\circ$ при одній і тій самій пластичній деформації $\varepsilon^p = 1\%$ в точці зламу і постійній температурі $T = 700^\circ \text{C}$ (подані на рис. 1 і 2 відповідно в правому нижньому куті). По заданих компонентах $\sigma_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}\sigma_{zz}$ і $\sigma_5 = \sqrt{2}\sigma_{\varphi z}$ вектора напружень $\vec{\sigma}$, де σ_{zz} і $\sigma_{\varphi z}$ – компоненти

© Брайковська Н. С., Белевцова Н. Л., 2014

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

тензора напружень в циліндричній системі координат z, r, ϕ , в кожній точці траєкторії навантаження визначали розтягувальну силу P і крутний момент M за формулами:

$$P = \sqrt{6}\pi R h \sigma_1, \quad M = \sqrt{2}\pi R^2 h \sigma_5,$$

тут R і h – відповідно середній радіус і товщина стінки недеформованого зразка.

Швидкість напруження в цих процесах дорівнювала:

$$\dot{S} = \sqrt{\dot{\sigma}_1^2 + \dot{\sigma}_5^2} = 30 \cdot 10^{-5} \text{ Па / с}.$$

Компоненти \mathcal{E}_1 і \mathcal{E}_5 вектора деформації $\vec{\mathcal{E}}$ вираховували за формулами:

$$\mathcal{E}_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}(\varepsilon_{zz} - \varepsilon_{\phi\phi}) \quad \text{і} \quad \mathcal{E}_5 = \sqrt{2}\varepsilon_{\phi z},$$

де компоненти тензора деформацій в циліндричній системі координат рівні:

$$\varepsilon_{zz} = \frac{\Delta\ell}{\ell} \quad (\Delta\ell - \text{подовження зразка на базі});$$

$$\varepsilon_{\phi\phi} = \varepsilon_{rr} = \frac{\Delta D}{D} \quad (D - \text{діаметр зразка до деформації, } \Delta D - \text{зміна діаметра});$$

$$\varepsilon_{\phi z} = \frac{R\phi}{2\ell} \quad (\phi - \text{кут повороту одного поперечного перерізу зразка щодо іншого, розташованих на базі } \ell).$$

Потім були визначені компоненти вектора пружних

$\mathcal{E}_i^e = \frac{\sigma_i}{2G}$ ($i=1,5$; G – модуль зсуву) і пластичних $\mathcal{E}_i^e = \mathcal{E}_i - \mathcal{E}_i^e$ деформацій.

За знайденими компонентами \mathcal{E}_1^p і заданими компонентами σ_i в площині \mathcal{E}_1^p і \mathcal{E}_5^p незворотних деформацій векторного простору були побудовані образи розглянутих процесів навантаження, аналіз яких показав таке: дволанкові траєкторії навантаження з кутами зламу, що змінюються в діапазоні $\vartheta = 0^\circ - 90^\circ$, відповідають траєкторіям деформування малої кривизни, тому що вектор $\vec{\sigma}$ спрямований по дотичній до будь-якої точки цієї траєкторії або близький до неї; дволанкові траєкторії активного навантаження з кутами зламу, що змінюються в діапазоні $\vartheta = 0^\circ - 120^\circ$, близькі до траєкторій деформування зі зломом $\theta = 90^\circ$, для яких напрямком $\vec{\sigma}$ не збігається з дотичною до них на довжині дуги $\Delta\xi$ точки зламу, яка визначається слідом запізнювання для даного матеріалу і зазначеної температури.

Співставлення розрахункових даних з експериментальними (подані на рис. 1 штриховими лініями і трикутниками відповідно) показало, що теорія процесів малої кривизни добре описує відповідні їй в просторі деформацій дволанкові процеси навантаження з кутами зламу, які не перевищують 90° . Для процесів навантаження з великими кутами зламу ($\vartheta = 90^\circ - 120^\circ$) результати розра-

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

хунку значно відрізняються від експериментальних (на рис. 2 – штрихові лінії і трикутники відповідно). У таких випадках слід застосовувати теорію активних процесів навантаження по довільних плоских траєкторіях [1, 2]. Співставлення виконаного з цієї теорії розрахунку (результати подані на рис. 2 суцільною лінією) з експериментальними даними показало не погану їх узгодженість.

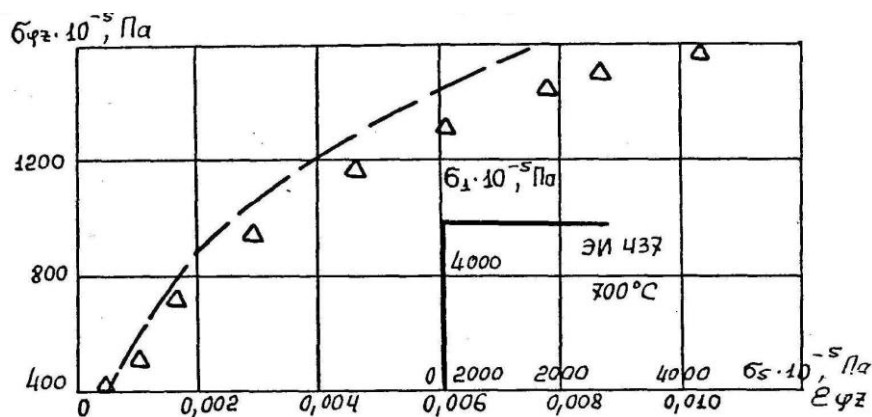


Рис. 1

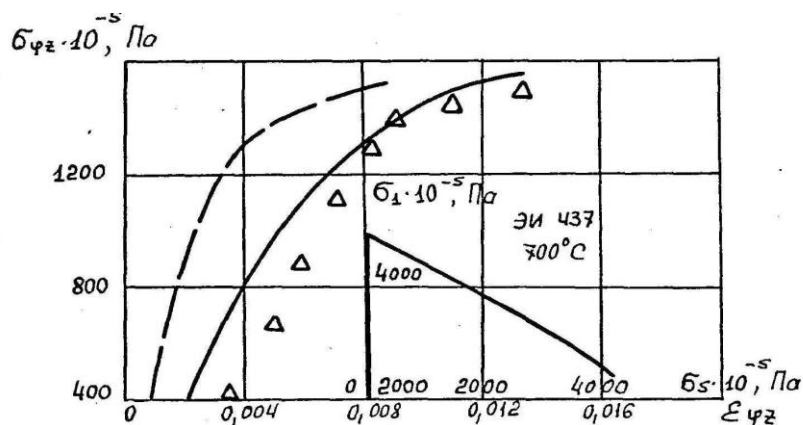


Рис. 2

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевченко Ю. Н., Терехов Р. Г. Физические уравнения термовязкопластичности. – К.: Наук. думка, 1982. – 240 с.
2. Шевченко Ю. Н., Бабешко М. Е., Терехов Р. Г. О конкретизации функциональных зависимостей в уравнениях термовязкопластичности при сложном нагружении. // Сб. II Всесоюзного симпозиума «Прочность материалов и элементов конструкций при сложном напряженном состоянии», 1984. – С. 70.

*Nadiia S. Braikovska, PhD (Technical Sciences), Professor
(Vice Rector of State University for Transport Economy and
Technologies)*

*Natalia L. Belevtsova, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Professor of Theoretical and Applied Mechanics Chair, State University
for Transport Economy and Technologies)*

**CALCULATION OF TWO-SECTION PROCESSES UNDER ACTIVE
LOADING USING THEORY OF PROCESSES OF LESSER
CURVATURE**

Application of theory of processes of lesser curvature concerning calculation of two-section processes of active stressing depending on the angle of a trajectory sharp bending was studied in this work.

Purposely, processes of compound stressing, using tensile force and twisting moment along two-section trajectories with two relevant break angles were implemented on tube samples of isotropic alloy ЭИ-437 on the plane of A.A.Iliushin vector space.

Comparison of experimental data and theory are provided also.

Keywords: theory of processes of lesser curvature, two-section processes of stressing.

REFERENCES

1. *Shevchenko Iu. N., Terekhov R. H. Fyzycheskye uravneniya termoviaz-koplastychnosti. – Kyev: Nauk. dumka, 1982. – 240 p.*
2. *Shevchenko Iu. N., Babeshko M. E., Terekhov R. H. O konkretyzatsyy funktsyonalnykh zavysymostei v uravneniyakh termoviazkoplastychnosti pry slozhnom nahruzhennyy. // Sb. II Vsesoiuznogo sympozyuma «Prochnost materyalov y elementov konstruktsyi pry slozhnom napriazhenom sostoianyy», 1984. – S. 70.*