



УДК 539.376

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ДОВГОТРИВАЛОГО В'ЯЗКОГО РУЙНУВАННЯ ПРИЗМАТИЧНИХ СТЕРЖНІВ ЗА УМОВ ОДНОВІСНОГО РОЗТЯГУ

Русінов О.О.

Інститут механіки ім.С.П.Тимошенка НАН України, flc@ukr.net

Розглядається задача визначення часу довготривалого в'язкого руйнування гладких призматичних стержнів за умов одновісного розтягу. Для розв'язку задачі використовується модель довготривалого в'язкого руйнування, що побудована на основі концепції в'язкої течії Хоффа. Матеріальні константи моделі знаходяться з первинних діаграм повзучості за методикою, що дозволяє чітко ідентифікувати усталену стадію повзучості. Апроксимація експериментальних діаграм повзучості виконується згладжувальними кубічними сплайнами, які дають змогу врахувати усі характерні стадії повзучості. Отримано задовільне узгодження результатів розрахунку часу в'язкого руйнування з експериментальними даними розтягу стержнів із алюмінієвого сплаву Д16Т та жароміцного сплаву ХН55МВЦ.

1. Постановка задачі. Розглядається довготривале в'язке руйнування гладких однорідних призматичних стержнів за умов постійної температури θ та стаціонарного одновісного розтягу. У якості вихідного рівняння обрано уточнену модель довготривалого в'язкого руйнування Хоффа. [1], що побудована на основі концепції в'язкої течії

$$t_p^s = \frac{1}{nB\sigma_0^n}, \quad (1)$$

де t_p^s – час в'язкого руйнування, σ_0 – початкове значення напружень, B та n – матеріальні константи, що залежать від температури θ та визначаються за результатами обробки експериментальних даних з повзучості на усталеній стадії.

Для визначення констант B та n використовуємо степеневий закон [2,3], що встановлює залежність швидкості усталеної повзучості $\dot{\epsilon}_{st}^c$ від величини напружень σ_0 , який побудовано на основі первинних діаграм повзучості у вигляді

$$\dot{\epsilon}_{st}^c = B\sigma_0^n, \quad (2)$$

Для ідентифікації стадії усталеної повзучості застосовуємо згладжувальні кубічні сплайни у вигляді [4]

$$S(x) = a_{0i} \cdot x^3 + a_{1i} \cdot x^2 + a_{2i} \cdot x + a_{3i}, \quad (i = \overline{1, L-1}) \quad (3)$$

де $S(x) = \varepsilon$ – відносна деформація, $x = t$ – фізичний час, $a_{0i} \dots a_{3i}$ – коефіцієнти сплайн-апроксимацій, L – кількість вузлів.

Розв'язок задачі розрахунку часу в'язкого руйнування полягає у визначенні констант B та n та зводиться до знаходження мінімуму функціонала Φ

$$\min_{n, B} (\Phi(B, n)) = \min_{n, B} \left[\sum_{j=1}^m (\dot{\varepsilon}_j^c - (B \sigma_{0j}^n)^2) \right], \quad (j = \overline{1, m}). \quad (4)$$

2. Визначення ділянки усталеної стадії повзучості. Проводимо апроксимацію згладжувальними кубічними сплайнами експериментальних даних по повзучості (рис. 1) алюмінієвого сплаву Д16Т [5] за температури $\theta=250^\circ\text{C}$ для напружень $\sigma=68,6$ МПа (а) та $\sigma=78,4$ МПа(б).

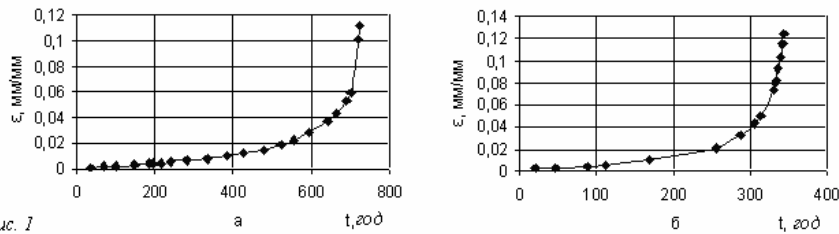


Рис. 1

Згладжувальні сплайн-апроксимації дають можливість розрахунку першої та другої похідної в будь-який момент часу t , які визначають швидкість та прискорення повзучості.

Для визначення ділянки стадії усталеної повзучості два рази диференціюємо за часом рівняння, що отримано у результаті сплайн-апроксимації згідно рівняння (3). На рис. 2 зображено графіки швидкості (а,б) та прискорення (в,г) повзучості алюмінієвого сплаву Д16Т за температури $\theta=250^\circ\text{C}$ для напружень $\sigma=68,6$ МПа (а,в) та $\sigma=78,4$ МПа(б,г).

На підставі аналізу графіків прискорення повзучості, визначаємо ділянку з мінімальною швидкістю повзучості $\dot{\varepsilon}_{st}^c$ та, як наслідок, знаходимо інтервал стадії усталеної повзучості (t_{st}).

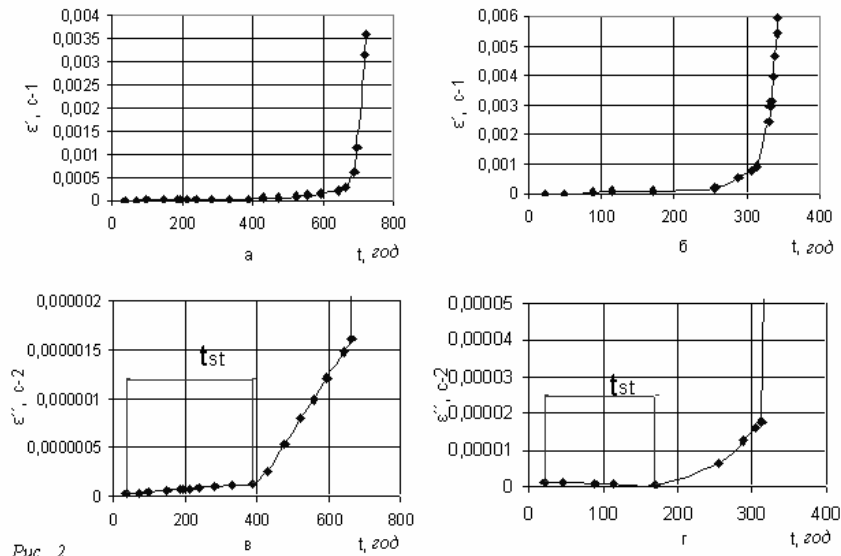


Рис. 2.

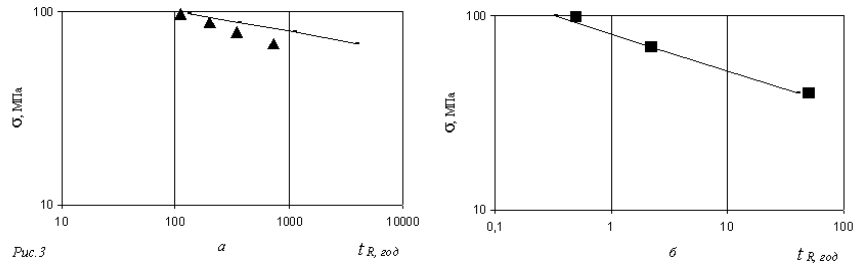
3. Розрахунок часу в'язкого руйнування. Ідентифікувавши ділянку ус-таленої стадії повзучості та відповідно значення мінімальних швидкостей ус-таленої повзучості $\dot{\varepsilon}_{st}^C$ для кожного рівня напружень, знаходимо величини B та n згідно рівняння (4). В таблиці наведені значення матеріальних кон-стант B та n , які розраховано згідно вищезгаданої методики для сплавів Д16Т [5] та ХН55МВЦ [6].

Таблиця 1. Значення матеріальних констант B и n

| Матеріал | B , МПа $^{-n} \cdot \text{ч}^{-1}$ | n | Джерела[...] |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------|--------------|
| Сплав Д16Т, $t=250^\circ\text{C}$ | $8,128 \cdot 10^{-23}$ | 9,544 | 5 |
| Сплав ХН55МВЦ, $t=950^\circ\text{C}$ | $1,758 \cdot 10^{-11}$ | 5,261 | 6 |

Отримавши значення коефіцієнтів B та n , проводимо розрахунок часу в'язкого руйнування гладких однорідних призматичних стержнів за умов постійної температури θ та стаціонарного одновісного розтягу згідно рівняння (1).

На рис. 3 наведено співставлення результатів розрахунку (лінії) з експе-риментальними даними (точки) часу в'язкого руйнування для стержнів з алю-мінієвого сплаву Д16Т (а) та жароміцного сплаву ХН55МВЦ (б).



Отримано задовільне узгодження результатів розрахунку з експериментом.

1. Hoff N.J. The necking and the rupture of rods subjected to constant tensile loads // Journ. Appl. Mech. - 1953. - **20**, № 1, pp. 105-108.
2. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. – М.: Наука, 1966. – 752с.
3. Бойл Дж., Спенс Дж. Анализ напряжений в конструкциях при ползучести. Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 360с.
4. Голуб В.П., Погребняк А.Д., Романенко И.Б. О применении сглаживающих сплайн-аппроксимаций в задачах идентификации параметров ползучести // Прикл. механика. - 1997. - **33**, № 6, сс. 52-61.
5. О.В.Соснин, Б.В.Горев, А.Ф.Никитенко Энергетический вариант теории ползучести. - Новосибирск. - 1986. – 96с.
6. Голуб В.П., Погребняк А.Д. Высокотемпературное разрушение материалов при циклическом нагружении. - Киев: Наук. думка, 1994. - 228 с.

TO THE DETERMINATION OF LONG-TERM VISCOUS LIFE TIME OF PRISMATIC RODS UNDER UNIAXIAL TENSION.

The problem of the long-term viscous life time determination of smooth prismatic rods under uniaxial tensile load is considered. The more precise long-term viscous fracture model which built on the Hoff's flow conception is used to solve the problem. Material constants of the model are determined from initial creep diagrams by the method which allows the steady creep stage to be strictly identified. Experimental creep diagram approximation is carried out with smoothed cubic spline which makes it possible to take into account all typical creep stages. The viscous life time calculation results are compared with experimental data for rods of aluminum alloy D16T and HN55MVC steel under tension and good agreement has been obtained.