

ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦІЯ І ПОВЗУЧІСТЬ ЛЕГКИХ СПЛАВІВ

Є ряд матеріалів, які мають однакові діаграми пружно-пластичного деформування при розтязі та стиску, але при цьому характеризуються різними повзучостями: більшою при розтязі і меншою при стиску. До таких матеріалів відносяться легкі сплави. В данній роботі запропоновано описання пластичної деформації і повзучості таких сплавів.

Умовні позначення:

- φ_N - інтенсивність елементарної пластичної деформації;
 H_N - віддаль до площини в просторі напруження А.О.Іллюшина;
 ψ_N - інтенсивність дефектів;
 σ - середнє нормальне напруження;
 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ - складові нормального напруження вздовж відповідних осей;
 σ_p - межа повзучості;
 S_p, r, c - сталі матеріалу.

Вступ. Деформацію легких сплавів опишемо в рамках синтезної теорії пластичності, яка узагальнена на описання повзучості. У синтезній моделі [1] в кожній точці поверхні пластичності проводиться площина, дотична до вказаної поверхні. Вектор напруження штовхає ті площини, до яких він дотикається. З їх переміщенням продукується елементарна пластична деформація, інтенсивність якої позначимо через φ_N , де N - нормаль до площини. Пластична формозміна обумовлює деформаційне зміцнення, яке в рамках синтезної моделі характеризується збільшенням віддалі H_N до площини в просторі напруження А.О.Іллюшина [2]. У найпростішому випадку віддаль H_N задається у вигляді

$$H_N = S_p + r\varphi_N \quad (1)$$

де S_p і r - сталі матеріалу.

Основні співвідношення синтезної теорії [1] приймемо без зміни, а формулу (1) узагальнимо так, щоб описати пластичну деформацію і встановлену повзучість легких сплавів.

Узагальнення формули (1). Приймемо, що віддаль до площин залежить від інтенсивності дефектів (ψ_N), обумовлених незворотною деформацією, тобто замість формули (1) приймемо

$$H_N = S_p + \psi_N. \quad (2)$$

Інтенсивність дефектів ψ_N і незворотної формозміни φ_N пов'язані між собою наступним диференціальним співвідношенням

$$d\psi_N = r d\varphi_N - K\psi_N(1 + 3c\sigma)dt, \quad (3)$$

де $d\varphi_N$ і $d\psi_N$ - зміни незворотної формозміни φ_N і інтенсивності дефектів ψ_N в часі t , K - функція, яка залежить від інтенсивності дотичних напружень і від температури, c - стала, σ - середнє нормальне напруження, тобто

$$\sigma = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z), \quad (4)$$

де $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ - складові вектора напруження вздовж відповідних осей.

Встановлена повзучість при розтязі і стискові. При встановленій повзучості інтенсивність дефектів ψ_N є сталою в часі величиною, тому з формули (3) випливає

$$r\dot{\phi}_N = K(1 \pm c|\sigma_x|)\psi_N, \quad (5)$$

де знак плюс відповідає розтягові, а знак мінус – стискові.

При відомій швидкості $\dot{\phi}_N$ швидкість встановленої повзучості $\dot{\epsilon}_x$ отримується у вигляді

$$|\dot{\epsilon}_x| = \frac{2\pi\sigma_p}{9r} K(1 \pm c|\sigma_x|) F\left(\frac{\sigma_p}{|\sigma_x|}\right), \quad (6)$$

де

$$F(x) = \frac{\arccos x}{x} - 2\sqrt{1-x^2} + x^2 \ln \frac{1+\sqrt{1-x^2}}{x},$$

σ_p - межа повзучості.

З отриманої формули (6) випливає, що при однакових $|\sigma_x|$ швидкість встановленої повзучості є більшою при розтязі, а ніж при стиску.

Пластична деформація при розтязі і стискові. З формул (1)–(4) і визначальних співвідношень [1] для компонента деформації при одновісному розтязі і стиску отримаємо у вигляді

$$|\epsilon_x| = \frac{2\pi\sigma_p}{9r} \left[F\left(\frac{\sigma_p}{|\sigma_x|}\right) + \int_{t_s}^t K(1 \pm c|\sigma_x|) F\left(\frac{\sigma_p}{|\sigma_x|}\right) dt \right], \quad (7)$$

де t_s - початок часу незворотної формозміни.

Щоб підрахувати інтеграл, що входить у праву частину рівності (7), необхідно задати залежність $K(|\sigma_x|)$. Але в цьому немає потреби при навантаженні зі стандартними швидкостями, або більшими від них. При вказаних швидкостях другим доданком (інтегралом) правої частини (7) можемо нехтувати в порівнянні з першим. Другий доданок співрозмірний з першим тільки при довготривалих дослідженнях, які тривають сотні або навіть тисячі годин. У випадку, коли навантаження відбувається за декілька десятків хвилин, то з формули (7) отримаємо.

$$|\epsilon_x| = \frac{2\pi\sigma_p}{9r} F\left(\frac{\sigma_p}{|\sigma_x|}\right). \quad (8)$$

Підкреслимо, що в формулах (6)–(8) фігурує одна і та сама функція F , визначена рівністю (6). Отже, згідно з формулою (8) пластична деформація є однакова при розтязі і стиску.

Висновки. Запропоновано узагальнення синтезної теорії на описання не тільки пластичної деформації, але й повзучості. Узагальнення реалізовано шляхом введення у визначальні співвідношення нової функції – інтенсивності дефектів ψ_N , пов'язаної з інтенсивністю незворотної формозміни ϕ_N диференціальним співвідношенням (3). У

рамках такого узагальнення діаграми пружно–пластичного деформування є однакові при розтязі і стиску, але швидкість повзучості більша при розтязі, ніж при стиску.

There are many materials, which have equal diagrams of elasto-plastic strains during tension and compressing. They have higher plasticity at stretching then compressing light alloys are examples of such materials. The aim of this papears was to analyses plastic deformation and creep of light alloys.

Література

1. Андрусик Я.К., Русинко К.Н. Пластическая деформация упрочняющихся материалов при нагружении в трехмерном подпространстве пятимерного пространства девиаторов//Механика твердого тела, 1993. - №2. - С.23-30.
2. Ильюшин А.А. О связи между напряжениями и деформациями в механике сплошных сред // Прикл. математика и механика, 1943. - Т.7. - №4. - С.245-272.

Одержано 19.01.2000 р.