

ПРО ТЕХНОЛОГІЧНУ СПАДКОВІСТЬ ПРИ ОБРОБЦІ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено розрахунковий апарат, за допомогою якого визначають пластичність попередньо деформованих металів при обробці тиском. Розрахунковий апарат оснований на моделі руйнування, яка ґрунтується на тензорному опису накопичених руйнувань. Модель руйнування дозволяє при відомих механічних характеристиках, а також при відомих діаграмах пластичності оцінити пластичність попередньо деформованих заготовок за умов будь-якого напруженого стану.

Ключові слова: обробка тиском, пластичність, технологічна спадковість, тензор руйнування, ресурс пластичності.

Abstract

Checking device developed by which plasticity is determined by a pre-deformed metal when treated with pressure. Estimated unit is based on the destruction of the model based on the tensor describing the accumulation of damage. destruction model allows under certain mechanical characteristics, as well as the famous charts to evaluate the plasticity of the pre-deformed blanks for any form of stress.

Keywords: pressure processing, flexibility, technological heritage, the tensor of damage, plasticity resource.

Вступ

Після операцій обробки металів тиском формується технологічна спадковість – залишкові напруження, зміцнення, градієнт деформацій, залишкова пластичність. Вказані фактори впливають в подальшому на експлуатаційні якості виробів, що і передбачає задачу створення методик кількісної оцінки вказаних факторів. Більшість з цих факторів достатньо досліджено, проте деякі з них, наприклад, оцінка пластичності попередньо деформованої заготовки залишається складною та недостатньо дослідженою проблемою. Ціль роботи є розробка методики оцінювання пластичності попередньо деформованого метала при обробці тиском. Мірою пластичності на момент руйнування матеріалу заготовки в області кінцевих деформацій доречно прийняти накопичену на всіх етапах деформування інтенсивність деформацій (параметр Удквіста), що відповідає граничній деформації e_p :

$$e_p = \int_0^{\tau_p} \dot{\epsilon}_u d\tau, \quad (1)$$

де $\dot{\epsilon}_u$ – інтенсивність швидкостей деформації.

Результати дослідження

Пластичність металів залежить від багатьох факторів, серед яких, крім природи матеріалу, основними є термомеханічні параметри процесу обробки тиском: температура, швидкість деформації, вид напруженого стану, історія деформування, градієнт деформації тощо. Залежність пластичності від виду напруженого стану при простому деформування та фіксованих температурно-швидкісних умовах є його механічною характеристикою. Для її побудови виконують випробування матеріал за умов різних напружених станів в умовах простих видів навантаження, коли компоненти тензора напружень змінюються пропорційно одному параметру.

Напружений стан характеризують показниками напруженого стану. Показник напруженого стану за Г. А. Смирновим-Аляєвим:

$$\eta = \frac{I_1(T_\sigma)}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_1}, \quad (2)$$

де $I_1(T_\sigma)$ – перший інваріант тензора напружень, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруження, $I_2(D_\sigma)$ – другий інваріант девіатора напружень або інтенсивність напружень:

$$\sigma_u = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}. \quad (3)$$

Параметр η є зручним при використанні діаграм пластичності в координатах $e_p = f(\eta)$, і відповідно складає $\eta = 1$ (одновісний розтяг, $\eta = -1$ – одновісний стиск, $\eta = 2$ – двовісний розтяг, $\eta = -2$ – двовісний стиск, $\eta = 0$ – зсув).

Показник напруженого стану, який враховує вплив третього інваріанта тензора або девіатора напружень за В. А. Огородніковим:

$$\chi = \frac{\sqrt[3]{I_3(T_\sigma)}}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}} = \frac{\sqrt[3]{\sigma_1\sigma_2\sigma_3}}{\sigma_u} \quad (4)$$

або

$$\chi = \frac{\sqrt[3]{I_3(D_\sigma)}}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}} = \frac{\sqrt[3]{S_1S_2S_3}}{\sigma_u}, \quad (5)$$

де $S_1 = \sigma_1 - \sigma$, $S_2 = \sigma_2 - \sigma$, $S_3 = \sigma_3 - \sigma$ – головні девіатори тензора напружень,

$\sigma_u = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ – середнє значення напружень.

Показники напруженого стану знайшли широке застосування при оцінюванні використаного ресурсу пластичності заготовок, які деформовано за умов об'ємного напруженого стану. Залежність граничної деформації від показників напруженого стану, називається діаграмою пластичності. При цьому вона може бути побудованою або двовимірною $e_p(\eta)$ або тривимірною $e_p(\eta, \chi)$ діаграмою. Для випадку дослідження технологічних процесів обробки тиском листових матеріалів руйнування може супроводжуватися або відривом або зрізом, інколи спостерігаються змішані види руйнування.

Середнє значення нормальних напружень σ_u – див. (2), σ_1 – найбільше з головних напружень, S – параметр матеріалу.

Для випадку руйнування зрізом діаграма пластичності є функцією $e_p(\theta)$, де

$$\theta = \frac{1 - k\eta}{\omega}, \quad (8)$$

$$\omega = \frac{\tau_{\max}}{\sigma_u}. \quad (9)$$

Тут τ_{\max} – максимальне дотичне напруження, k – параметр матеріалу.

Таким чином, залежності $e_p(\eta, \chi, \theta, \beta)$ – діаграми пластичності, які показують залежність граничної деформації від показників напруженого стану. Діаграми отримують після проведення випробувань матеріалів за умов лінійного або плоского напруженого стану (розтяг, стиск, кручення (зсув)).

Висновки

1. Розроблена методика оцінювання пластичності попередньо деформованого металу, яка ґрунтується на тензорному опису накопичення руйнувань в умовах холодного пластичного деформування. Методика дозволяє за відомими механічними характеристиками, а також за відомими діаграмами пластичності оцінювати пластичність попередньо деформованих заготовок при будь-якому виді напруженого стану.

Огородніков Віталій Антонович – д.т.н., професор, завідувач кафедри Опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: va.ogorodnikov@mail.ru

Ogorodnikov Vitaliy Antonovich – Dr. Sc., professor and Chief of Department materials resistance and applied mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: va.ogorodnikov@mail.ru

Архіпова Тетяна Федорівна – к.т.н., доцент кафедри Опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tfarhipova@gmail.com

Arhipova Tetiana – candidate of technical Sciences, associate Professor of Strength of Materials and Applied Mechanics Cathedra Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tfarhipova@gmail.com