

ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ В ОПЕРАЦІЯХ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі представлено результати розробки розрахункового апарату для оцінки пластичності, а також ресурсу пластичності попередньо деформованих заготовок. Модель руйнування дозволила при відомих механічних характеристиках заготовок оцінити характеристики пластичності при будь-якому напруженому стані. Методику апробовано на прикладі виготовлення круто зігнутої попередньо заневоленої труби. Показано задовільну сходиність розрахункових та експериментальних даних

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

Abstract

The results of development of calculation vehicle are in-process presented for the estimation of plasticity, and also resource of plasticity of the preliminary deformed purveyances. The model of destruction allowed at the known mechanical descriptions of purveyances to estimate descriptions of plasticity at any tense state. Methodology approved on the example of making steeply of arcuated preliminary pipe. It is shown satisfactory сходиність of calculation and experimental data.

Keywords: treatment, plasticity, technological inheritance, tensor of damages, used resource of plasticity.

В процесі виконання певних операцій обробки металів тиском формується технологічна спадковість – залишкові напруження, зміцнення, градієнт деформацій, залишкова пластичність та інші фактори. Вказані фактори впливають в подальшому на експлуатаційні якості виробів, саме це і обумовлює задачу створення методик кількісної оцінки вказаних факторів. Більшість із перелічених факторів достатньо повно досліджено [1], проте деякі з них, як наприклад пластичність попередньо деформованої заготовки досі залишається недостатньо визначеною проблемою. Метою дослідження є розробка методу оцінки пластичності попередньо деформованого металу.

Мірою пластичності на момент руйнування матеріалу заготовки в області кінцевих деформацій приймають накопичену на всіх етапах деформування інтенсивність деформацій (параметр Удквіста):

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

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

Пластичність металів залежить від багатьох факторів, серед яких, окрім природи матеріалу, основними виступають термомеханічні параметри процесу обробки тиском: температура, швидкість деформації, вид напруженого стану, історія деформування, градієнт деформації тощо. Залежність пластичності від виду напруженого стану при простому деформуванні та фіксованих температурно-швидкісних умовах є його механічною характеристикою. Для її побудови проводять випробування матеріалу при різних напружених станах в умовах простого навантаження, коли компоненти тензора напруження змінюються пропорційно одному параметру. Напружений стан прийнято характеризувати показниками напруженого стану. Показник напруженого стану за Г. А. Смірновим-Аляєвим [2]:

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

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:

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

Параметр η є зручним при використанні діаграм пластичності в координатах $e_p = f(\eta)$, та відповідно складає $\eta = 1$ (однорізне розтягування, $\eta = -1$ – однорізне стискання, $\eta = 2$ – двоосне розтягування, $\eta = -2$ – двоосне стискання, $\eta = 0$ – чистий зсув).

Якщо в умові пластичності (3) розглядати $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ як поточні координати, то рівняння прийме вид:

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} = 2\sigma_m. \quad (4)$$

Вираз (4) являє собою поверхню циліндра радіусом r , який є необмеженим за довжиною твірної циліндра, вісь якого проходить через початок координат та має однакові напрямі косинуси $\frac{1}{\sqrt{3}}$ до декартових вісей координат

Показник напруженого стану, який відображає вплив третього інваріанту тензора або девіатора напружень за В. А. Огородніковим [3]:

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

або

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

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

$$\sigma_u = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \text{ – середнє напруження.}$$

Показники напруженого стану знайшли широке застосування при оцінці використаного ресурсу пластичності заготовок, які піддають деформації в умовах об'ємного напруженого стану. В цих випадках залежність граничної деформації від показників напруженого стану називають діаграмою пластичності. При цьому вона може бути представленою двовимірною $e_p(\eta)$ або тривимірною $e_p(\eta, \chi)$ діаграмою. Для випадку дослідження технологічних процесів обробки тиском листових матеріалів руйнування може супроводжуватися відривом або зрізом, інколи спостерігають змішані види руйнування.

Таким чином, залежності $e_p(\eta, \chi, \theta, \beta)$ – це діаграми пластичності, які відображають залежність граничної деформації від показників напруженого стану. Діаграми будують після випробування матеріалів в умовах лінійного або плоского напруженого стану (розтяг, стиск, кручення (зсув)) та інших видів випробування. Розв'язання задачі ґрунтується на тензорному описі накопичених руйнувань [4]. Якщо відома початкова діаграма пластичності, то компоненти тензора руйнувань ψ_x, ψ_{xy} , та накопичена деформація на фініші пластичного деформування, яка визначена в системі декартових координат X, Y, Z , то стає можливим розрахунок діаграми пластичності деформованого металу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ящерицын П. И. Технологическая наследственность в машиностроении. / Ящерицын П. И., Рыжов Э. В., Аверченков В. И. – Минск. : Наука и техника, 1977. – 256 с.
2. Смирнов-Аляев Г. А. Сопротивление материалов пластическому деформированию / Смирнов-Аляев Г. А. – Л. : Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – Киев : Вища школа, 1983. – 175 с.
4. Dell H. A Comprehensive Approach for the Prediction of Sheet Metal Failure / H. Dell, H. Geese, G. Obezhover // Materials Processing and Design, Modeling, Simulation and Applications/ Part 1. Numiform 07. American Institute of Physics. – 2007. – P. 165-170.

Огородников Віталій Антонович – доктор техн. наук., професор, завідувач кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: va.ogorodnikow@gmail.com

Vitaliy Ogorodnikov – Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Strength of Materials and Applied Mechanics, Vinnitsia National Technical University, E-mail: va.ogorodnikow@gmail.com