

МЕТОД ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ОЦІНКИ У ВИЗНАЧЕННІ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі представлено метод оцінки силових характеристик процесів обробки металів тиском для матеріалу з довільним зміцненням на основі даних силових характеристик для матеріалу з відомим зміцненням.

Ключові слова: силові характеристики, модельний матеріал, натурний матеріал

Abstract

The paper presents the method of estimation of power descriptions of processes of treatment of metals pressure is presented for material with the arbitrary work-hardening on the basis of these power descriptions for material with the known strengthening.

Keywords: power descriptions, model material, natural material.

Визначення енергосилових характеристик процесів обробки матеріалів тиском (ОМТ) є однією з важливих задач, що пов'язана з вибором устаткування, розрахунком на міцність інструменту та проектуванням оснащення. На сьогоднішній день запропоновано достатньо велику кількість методів визначення деформівних зусиль, в основі яких лежать аналітичні рішення – інженерні методи, лінії ковзання, верхньої оцінки тощо [1]. Як правило, рішення базуються на припущенні ідеально пластичного матеріалу і, за необхідністю, з подальшим врахуванням зміцнення усередненою оцінкою [2,3]. При дослідженні процесів ОМТ експериментально-аналітичними методами, методом кінцевих елементів, проведенням прямого експерименту отримані результати, як правило, не містять в явному вигляді механічні характеристики, що входять в результат рішення. Тобто, результати будуть справедливі лише для одного матеріалу, на якому проводилось дослідження [4,5]. Перехід на матеріал, з іншими механічними властивостями, потребує проведення паралельних експериментів, що звісно є суттєвим недоліком при такому підході моделювання процесів ОМТ.

Метою роботи є розробка методу оцінки силових характеристик процесів ОМТ для матеріалу з довільним зміцненням (модельний матеріал), на основі даних силових характеристик для матеріалу з відомим зміцненням (натурний матеріал).

Подальший аналіз і виведення формул будемо проводити з врахуванням таких припущень:

1) Розглядаються квазімонотонні і складні процеси навантаження матеріалу. Ефектом Баушингера нехтуємо.

2) Граничні, контактні умови (коефіцієнт тертя), форма вільної поверхні, закон руху інструменту для модельного та натурального матеріалу однакові.

3) Крива течії матеріалу слідує степеневому закону зміцнення, який з успіхом використовують як в моделюванні так і в теоретичних рішеннях:

$$\sigma_i = A e_i^n, \quad (1)$$

де A і n – емпіричні коефіцієнти – модуль і показник зміцнення матеріалу відповідно; σ_i , e_i – інтенсивність напружень та деформацій (дійсне напруження та деформація).

4) Пластичні деформації в осередку деформацій істотно перевищують деформацію текучості. Це припущення пов'язано з попереднім, так як в формулі кривої течії, що використана в якості основного закону фізичного взаємозв'язку полів напружень та деформацій, нехтували пружними деформаціями і границею текучості.

Припустимо, що для різних матеріалів криві залежності сил від переміщень є еквідистантними. Таким чином, середнє значення сили пропорційне максимальному зусиллю $P_{\max}$:

$$\bar{P} = K \cdot P_{\max} ,$$

де K – коефіцієнт форми залежності зусилля-переміщення, тобто для різних матеріалів $K = const$.
Маємо:

$$K \cdot P_{\max} l = \frac{A}{n+1} \bar{e}^{n+1} V , \quad P_{\max} = \frac{A}{n+1} \bar{e}^{n+1} \frac{V}{K \cdot l} \quad (2)$$

Скористаємось гіпотезою про слабку залежність деформованого стану від властивостей матеріалу, тобто $\bar{e}_i = const$. Тоді для двох натурних матеріалів, властивості яких визначаються коефіцієнтами A_1 , n_1 і A_2 , n_2 маємо:

$$\bar{e}_i = \left[\frac{P_{\max 2} A_1 (n_2 + 1)}{P_{\max 1} A_2 (n_1 + 1)} \right]^{\frac{1}{n_2 - n_1}} , \quad (n_1 \neq n_2) \quad (3)$$

Остаточно, сила деформування модельного матеріалу з довільними A , n (2), з врахуванням (3), визначатиметься так:

$$P_{\max} (A, n) = P_{\max 1} \frac{A(n_1 + 1)}{A_1 (n + 1)} \left[\frac{P_{\max 2} A_1 (n_2 + 1)}{P_{\max 1} A_2 (n_1 + 1)} \right]^{\frac{n - n_1}{n_2 - n_1}} . \quad (4)$$

Відмітимо, що при збільшенні показника зміцнення n деформівні сили нелінійно зменшуються, при збільшенні модуля зміцнення A – сили пропорційно збільшуються.

Таким чином, для отримання деформівного зусилля процесу ОМТ для довільного матеріалу достатньо взяти два модельних матеріали з відомими кривими течії і різними показниками зміцнення, виміряти зусилля на цих матеріалах, або провести моделювання з використанням, наприклад, методу скінчених елементів (МКЕ). Зусилля деформації для модельного матеріалу з кривою течії, згідно (1) однозначно визначатиметься на основі цих даних за виразом (4).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wang X, Wei L, Zhao J, Cheng H, Wang X, Liu Y, Hao Y. Research on dynamic mechanical behavior and damage of steel structure galvanized coating. *Proceedings of the ICSCSE*. 2017;(2017):244-47.
2. Lee S, Joun M, Kim D, Lee J. Effect of elastic-plastic behavior of coating layer on drawability and frictional characteristic of galvanized steel sheets. *J. Mech. Sci. Technol.* 2016;(30):3313-19.
3. Bahadori A. *Essentials of coating, painting, and lining for the oil, gas and petrochemical industries*. Oxford: Gulf Professional Publishing; 2015. 830 p.
4. Грушко О.В. Особливості товстолистого штампування за схемою згину та зсуву / О.В. Грушко, Т.І. Молодецька // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. – 2011. – №62. – С.193-197.
5. Грушко О. В. Моделювання зміцнення матеріалу в процесі штампування з-подібних заготовок / О. В. Грушко, Т. І. Молодецька // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – 2012. – № 1 (30). – С. 31–37.

Молодецька Тетяна Ігорівна к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, molodetska_tanya@ukr.net

Molodetska Tetiana Igorivna, Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, molodetska_tanya@ukr.net