УДК 621.77

В. М. Михалевич,
Ю. В. Добранюк,
Є. А. Трач
ВНТУ, м. Вінниця

ДЕФОРМІВНІСТЬ ЗАГОТОВОК ПРИ ОСАДЦІ

Вісесиметрична осадка циліндричних зразків є не тільки поширеною технологічною операцією із наявністю вільної поверхні, але і одним із основних видів лабораторних досліджень для визначення найважливіших технологічних властивостей матеріалів.

Теорія процесу осадки є базовою для створення та удосконалення певних теоретичних методик розрахунку технологічних параметрів різноманітних процесів кування, об'ємного штампування та ін. Тому дані про її особливості та закономірності представляють теоретичний та практичний інтерес [1 – 3].

Протягом останніх років значного поширення набуло моделювання процесів деформування методами скінченних та граничних елементів за допомогою спеціалізованих пакетів. Тому важливим є порівняльний аналіз та комбінування сучасних методик дослідження процесів пластичного деформування.

Суть комбінованої методики дослідження НДС заготовок при осадці полягає в об'єднанні імітаційного моделювання за допомогою програмного комплексу DEFORM 3D та експериментально-аналітичного підходу [4]. Відповідно до цієї методики, вихідними даними для визначення залежності між осьовою ε_z та коловою ε_φ деформаціями є результати чисельного моделюванням процесу деформування (рис. 1).

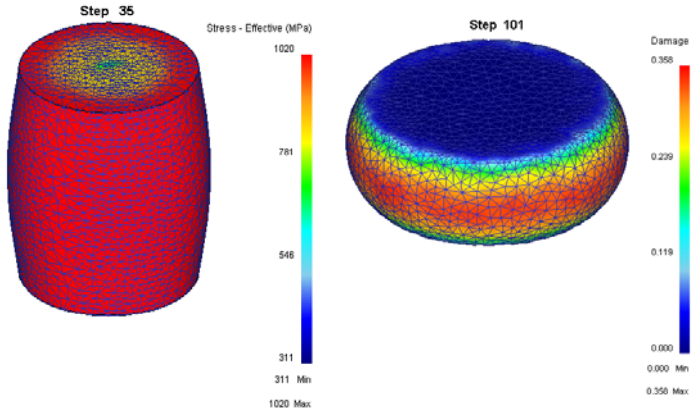
Залежність між компонентами деформацій бічної поверхні циліндричних зразків при вісесиметричній осадці апроксимується у вигляді розв'язку диференціального рівняння:

$$\frac{d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi} = -\frac{1}{2} - \frac{3}{2} e^{-\varepsilon_\varphi / m}, m > 0, \qquad (1)$$

де $m>0$ – константа, яка визначається експериментально.

Використовуючи апроксимацію між компонентами деформацій при осадці, вирази для обчислення показника напруженого стану η [1 – 3] та накопиченої деформації ε_u [1 – 3], отримано співвідношення для аналітичного опису напружено-деформованого стану небезпечної, з точки зору накопичення розсіяних пошкоджень, частини заготовок при осадці. Використовуючи співвідношення (2) будуємо траєкторії деформацій бічної поверхні циліндричної заготовки при вісесиметричній осадці (рис. 2).

$$\begin{cases} \varepsilon_u(t,m) = m\int_0^t \sqrt{\dfrac{1}{(1-x)^2}+3}\cdot dx = \dfrac{m}{2}\left[4+\ln\left(\dfrac{1}{3}\cdot\dfrac{\sqrt{1+3(1-t)^2}+1}{\sqrt{1+3(1-t)^2}-1}\right)-2\sqrt{1+3(1-t)^2}\right], t\in[0,1); \\ \eta(t) = \dfrac{3t-2}{\sqrt{1+3(1-t)^2}}, t\in[0,1); \end{cases} \quad (2)$$



а) б)

Рис. 1. Розподілення по об’єму циліндричної заготовки при осадці інтенсивності напружень а), накопичених пошкоджень б)

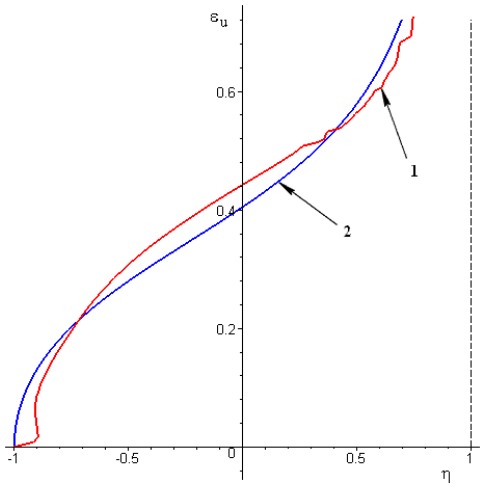


Рис. 2. Траєкторії деформацій:
1 –DEFORM 3D;
2 – комбінована методика

Комбінування імітаційного моделювання процесу деформування точок бічної поверхні із експериментально-аналітичним підходом дозволило: упевнитися в достовірності результатів обчислення НДС; отримати аналітичне описання траєкторії деформацій з урахуванням особливостей механіки формозміни, що, в свою чергу, розширює можливості моделювання руйнування матеріалу згідно теорії деформівності.

Література

1. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников – К. : Высшая шк., 1983. – 200 с.
2. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с. ISBN 978-966-379-317-7.
3. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевич – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1998. – 195 с. – ISBN 966-7199-20-7.
4. Mikhalevich V. M. Modeling of plastic deformation in a cylindrical specimen under edge compression / V. M. Mikhalevich, A. A. Lebedev and Yu. V. Dobranyuk // Strength of Materials. – Volume 43, Number 6 (2011), P. 591–603, DOI: 10.1007/s11223-011-9332-7.