

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ПРОЦЕСУ ГНУТТЯ МАЛОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджено напружено-деформований стан малопластичних матеріалів в процесі гнуття із різними технологічними умовами.

Ключові слова: *згинання, деформовність, пластичність, метод скінченних елементів*

Abstract

The paper presents the finite-element analysis of the stress-strain state of low-plasticity materials during bending with different technological conditions.

Keywords: *bending, deformability, plasticity, finite element method.*

Для вивчення можливості пластичного деформування малопластичної заготовки необхідно проводити серії дослідів з визначення граничних величин пластичних деформацій, напружень пластичності, характеру зміцнення матеріалу, поверхні граничних деформацій.

Для плоских зразків визначено граничні деформації під час розтягу, стиску, зсуву та згину. За методикою для побудови поверхні граничних деформацій, що описує залежність граничної деформації ϵ_p від показників напруженого стану η і μ_σ необхідно реалізувати умови простого навантаження при яких $\eta = \text{const}$ і $\mu_\sigma = \text{const}$ впродовж всього процесу навантаження до руйнування. Обчислюючи граничну деформацію при цих параметрах можна отримувати необхідні точки для побудови діаграми пластичності та апроксимувати поверхню в цілому.

Метою роботи є аналіз впливу технологічних параметрів процесу гнуття на напружено-деформований стан заготовки для запобігання руйнування.

Головною передумовою експериментально-теоретичного аналізу теорії згину листових заготовок є гіпотеза плоских нормалей, що встановлює в однозначну залежність повздовжні деформації з радіусом згину [1]. Дана гіпотеза знайшла своє підтвердження в експерименті, де гнуття заготовок відбувається прикладанням зусилля при великих плечах відносно товщини заготовки. Проте, здійснюючи гнуття зусиллям на малі радіуси і при плечах зусилля, що порівнянні з товщиною стінки заготовки (товстолистове гнуття), спостерігається невиконання вищезгаданої гіпотези, що може привести до неточностей в розрахунках напружено-деформованого стану (НДС) і, як наслідок, до порушення пропонованої геометрії заготовок.

Доцільніше оцінювати напруження та деформації виходячи з їх інтенсивності, оскільки це враховує сумарний вплив інструменту. Для заготовки з покриттям інтенсивність деформації на рівні покриття має першорядне значення, яка в порівнянні з допустимими деформаціями матеріалу покриття, дозволить дати можливість виявити лімітуючі параметри процесу. Напружений стан виявляється тільки у зв'язку з визначенням деформації.

Робота базується на положеннях теорії обробки матеріалів тиском, термофізичних законів, фізики твердого тіла, науки про матеріали та теорії дисперсних систем. Для моделювання процесів формування та аналізу напружено-деформованого стану були використані методи скінченних елементів (МСЕ), які широко використовуються інженерами для вивчення технологічних процесів виготовлення різних деталей. Для таких досліджень ефективно використовується програмне забезпечення ANSYS, яке також використовувалось в роботі. Для адекватного моделювання необхідно ввести правильні параметри моделі матеріалу. З цією метою було проаналізовано серію експериментальних досліджень, проведених в роботах [2-5].

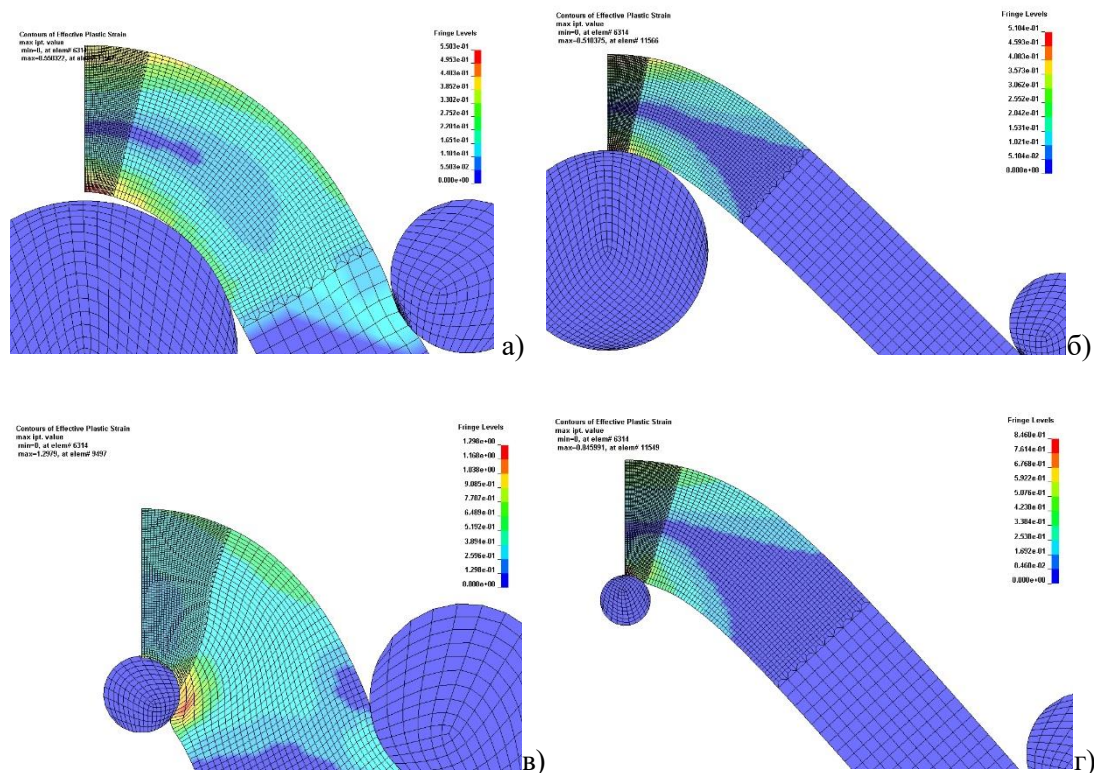


Рис. 1. Моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) процесу згину заготовки при різноманітних геометричних співвідношеннях. Розподіл інтенсивності деформацій

Використано МСЕ для аналізу деформовного стану при гнутті зусиллям [5]. Моделюємо половину симетричної заготовки, задовольняючи граничні умови. Задавались такими значеннями характеристик матеріалу заготовки: коефіцієнт Пуассона $\mu=0,3$; модуль Юнга $E = 210$ ГПа, коефіцієнт тертя між інструментом та заготовкою за Кулоном $f = 0,1$. Криву течії задавали у вигляді степеневі функції $\sigma_i = A(e_0 + e_i)^n$. Використано плоску постановку задачі – плоский деформований стан.

Результати роботи дають змогу детальніше зрозуміти процеси, які відбуваються із малопластичними матеріалами під час формоутворення виробів із складним профілем. Надано практичні рекомендації щодо технологічних параметрів обробки, які дозволяють отримати вироби без дефектів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kutz M. *Handbook of environmental degradation of materials*. London: Elsevier Science; 2018. 684 p..
2. 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.
3. 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.
4. Bahadori A. *Essentials of coating, painting, and lining for the oil, gas and petrochemical industries*. Oxford: Gulf Professional Publishing; 2015. 830 p.
5. Грушко О. В. Моделювання зміцнення матеріалу в процесі штампування z-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 Tatyana Igorivna, candidate of engineering sciences, docent, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, molodetska_tanya@ukr.net.