

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИДАВЛЮВАННЯ КОНІЧНОГО СТАКАНУ МЕТОДОМ ВЕРХНЬОЇ ОЦІНКИ

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, Україна

Анотація

У роботі представлено результати аналітичного дослідження процесу видавлювання деталей з конічною порожниною. Використано метод верхньої оцінки на основі побудови кінематичних модулів для зон прямого видавлювання та обтиску. Отримано аналітичний вираз приведенного тиску для зони видавлювання, а також аналітичне вираження оптимальної висоти осередку деформування.

Ключові слова: стакан з конічною порожниною, метод верхньої оцінки, кінематичні модулі, приведений тиск, осередок деформації.

У літературі представлено роботи присвячені окремим аспектам видавлювання конічних деталей [1, 2]. Проте здебільшого ці дослідження мають імітаційний або експериментальний характер. Побудова ж узагальненої теоретичної моделі процесу видавлювання порожнистих конічних виробів, і виробів з конічними порожнинами відповідно, з отриманням інженерних розрахункових залежностей, залишається актуальним завданням.

У роботі розглянуто задачу моделювання процесу точного об'ємного штампування видавлюванням деталей з конічною порожниною з визначенням оптимальної висоти осередку деформації. Схема видавлювання і деталь після видавлювання (з третинним вирізом) приведено на рис. 1.

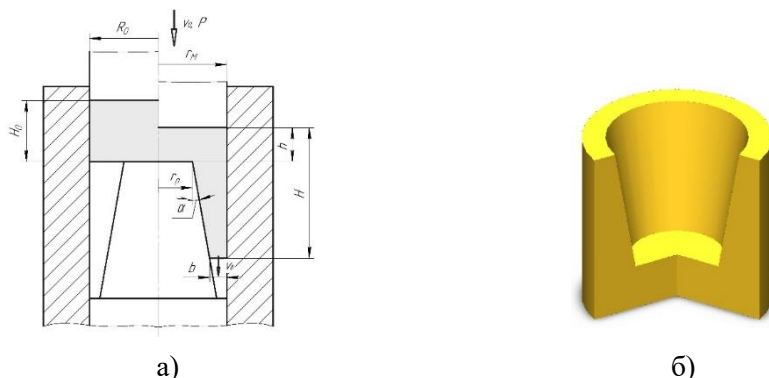


Рисунок 1 – Схема видавлювання (а) і деталь після видавлювання (б)

Моделювання процесу виконано методом верхньої оцінки (МВО) з використанням варіанту - методу кінематичних модулів [3]. Кінематичне можливе поле і годограф швидкостей видавлювання деталі з конічною порожниною приведено на рис. 2. Осередок деформації розділено на два основних модуля (зони): модуль прямого видавлювання (елементи 1–3) та обтиску стінки (елементи 5–9 і частинна 4). В залежності від розмірів стакану модуль прямого видавлювання можна представити у вигляді двох послідовних зон- модулю осадження (елементи 1 та 2) і модулю розвороту (елементи 1, 3 і частинна 4). Приведений тиск видавлювання складається з тисків деформування в межах модулів прямого видавлювання $\bar{p}_1$ та обтиску $\bar{p}_2$:

$$\bar{p} = \bar{p}_1 + \bar{p}_2 \quad (1)$$

Після визначення довжин граничних ліній та швидкостей ковзання на межах кінематичних елементів (див. рис. 1б) відповідно МВО отримано вираз приведенного тиску для модулю прямого видавлювання:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{2r_m} \left(\frac{1}{h_0} (r_p^2 + h_1^2) + \frac{1}{h_0} (r_p^2 + (h_0 - h_1)^2) + \frac{1}{r_m - r_p} [r_m (h_0 - h_1) + r_p (h_1 - h_2)] \right) + \frac{r_p}{h_0 (r_m - r_p)} \left[(r_m - r_p)^2 + (h_0 - h_2)^2 \right] + \frac{r_p}{h_0 (r_m - r_p)} \left[(r_m - r_p)^2 + h_2^2 \right] + 2\mu \frac{r_m}{r_m - r_p} h_2. \quad (2)$$

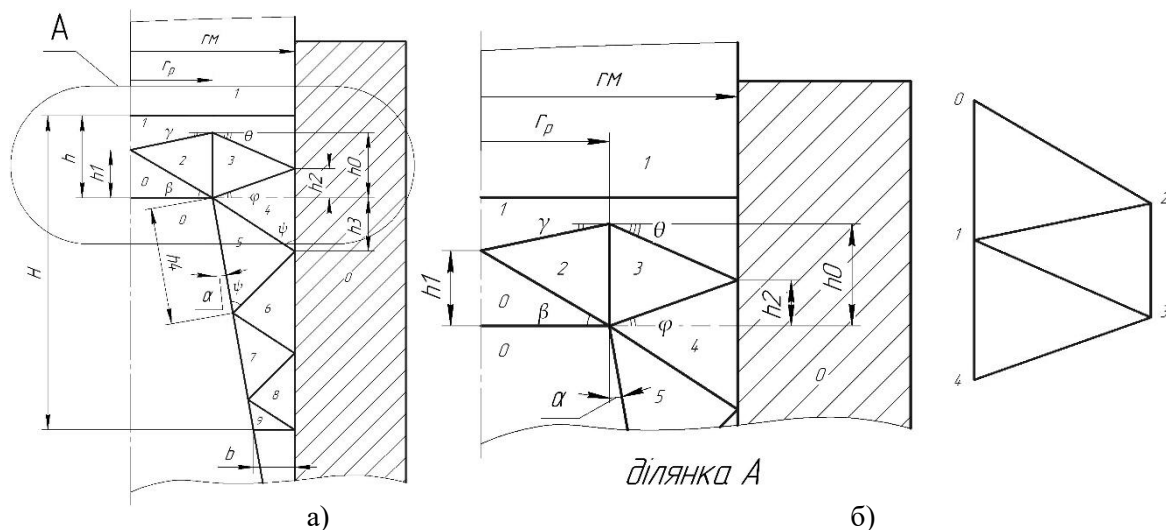


Рисунок 2 – Кінематичне можливе поле швидкостей для видавлювання деталі (а), поле і годограф швидкостей для модулю прямого видавлювання (б)

Для модулю обтиску приймаємо розрахункові вирази для приведенного тиску з відомих джерел [1].

Важливою особливістю МВО є можливість поліпшення отриманого рішення шляхом мінімізації верхньої оцінки. Для цього необхідно встановити оптимальні значення технологічних або геометричних параметрів процесу. В нашому випадку необхідно вирішити систему частинних похідних приведенного тиску $\bar{p}_1$ взятих для кожного параметру оптимізації h_0 , h_1 і h_2 . Оскільки модуль обтиску не пов'язаний зі змінними зон 1 та 2, відповідні частинні похідні від її тиску дорівнюють нулю. Таким чином отримано вираз для висоти осередку деформації:

$$h_0 = 4r_p \sqrt{\frac{r_m - r_p}{(12\mu + 7)r_p - 4\mu^2 r_m}}. \quad (3)$$

Отримане значення оптимальної висоти осередку деформації для модулю видавлювання може бути використано для оптимізації силових параметрів процесів ТОШ видавлюванням за іншими схемами простого та комбінованого деформування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алиев И.С., Гнездилов П.В. Комбинированное выдавливание полых конических деталей из заготовок различной формы. *Обработка материалов давлением*. Краматорск: ДГМА. 2015. (41). С. 162-165.
2. Kaliuzhnyi V., Alieva L., Yarmolenko O., Sytnyk S. Hot extrusion of high carbon steel cone hollow products. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2022, 6 (3). pp. 302-308.: <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2022.6.3.269897>
3. Алієв І.С. Методика аналізу процесів ТОШ за допомогою модульних полів швидкостей. *Обробка металів тиском: тематичний зб. наук. праць*. Київ: УМК ВО. 1990. С. 7–17.

Грановський Антон Євгенович – аспірант, кафедра обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ-Тернопіль, anton.hranovskyi@gmail.com

Analytical Modeling of the Conical Cup Extrusion Process Using the Upper-Bound Method

Abstract

The research presents the results of an analytical study of the extrusion process for parts with a conical cavity. The upper-bound method has been applied based on the construction of kinematic modules for the direct extrusion and wall compression zones. An analytical expression for the reduced pressure in the extrusion zone has been derived, as well as a formula for the optimal height of the deformation zone.

Keywords: conical-cavity cup, upper-bound method, kinematic modules, reduced pressure, deformation zone.

Hranovskyi Anton Yevgenovych – Postgraduate Student. The Department of Metal Forming. Donbass State Engineering Academy/ Kramatorsk-Ternopil/ anton.hranovskyi@gmail.com