

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОГО ПРЯМОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РОЗДАЧЕЮ МЕТОДОМ ВЕРХНЬОЇ ОЦІНКИ

Донбаська державна машинобудівна академія<sup>1</sup>,  
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України<sup>2</sup>

### Анотація

В роботі представлено результати моделювання процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею з використанням методу верхньої оцінки. Аналіз на основі розробленої математичної моделі показав істотні відмінності в силовому режимі за рахунок зміни висоти контактної поверхні по ходу процесу, що треба враховувати при виборі величини переміщення інструменту при покрокових розрахунках.

**Ключові слова:** комбіноване пряме видавлювання, метод верхньої оцінки, приведений тиск, кінематично можливе поле швидкостей, коефіцієнт тертя.

Різновидом поперечно-прямого видавлювання з елементами радіальної течії металу є спосіб послідовного прямого видавлювання комбінованого з роздачею, використання якого дозволяє знизити сили деформування на пуансоні і підвищити його стійкість [1-3]. Представляє інтерес аналіз силового режиму такого способу в порівнянні з традиційними схемами видавлювання порожнистих деталей з глухим отвором. Оперативний наближений аналіз закономірностей впливу параметрів процесу на силовий режим можна забезпечити за допомогою методу верхньої оцінки (МВО). Розрахункова схема процесу (рис. 1, а) містить модулі для аналізу течії металу в характерних зонах деталі: в центральній зоні, де відбувається стиснення і поперечне видавлювання металу, і в перехідній, де на похилій ділянці (фасці) матриці метал піддається обтисненню та розвороту.

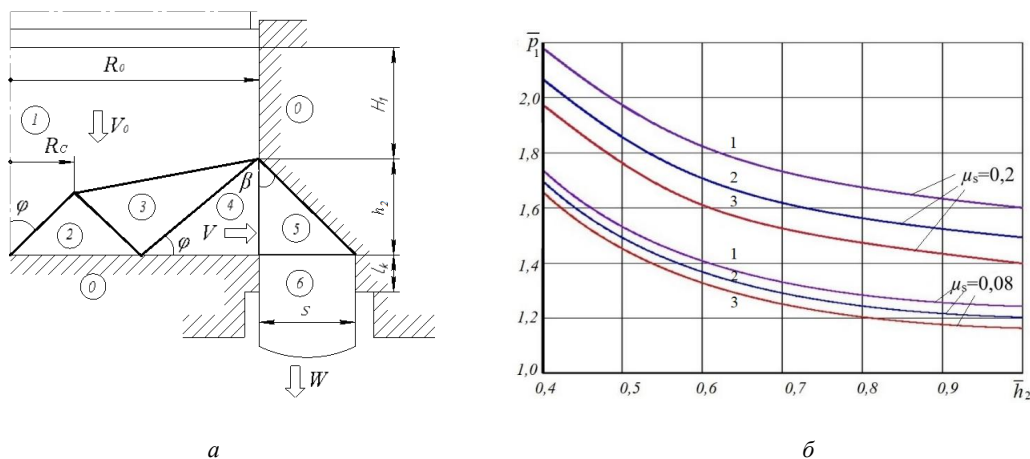


Рисунок 1 – Схема процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею для аналізу МВО (а) та залежність приведенного тиску від відносної товщини відростка при  $H_1$ : 1 – 2,0; 2 – 1,5; 3 – 1,0 (б)

За основу брали кінематично можливе поле швидкостей, розроблене для двостороннього симетричного видавлювання пуансонами, які зустрічно рухаються, і складається з двох жорстких блоків [4].

Розрахункова формула приведенного тиску для процесу:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{1}{\bar{h}_2} + \bar{h}_2 \right) + \mu_s \cdot (2 - \bar{h}_2 + \bar{H}_1), \quad (1)$$

де  $\bar{h}_2 = h_2/R_0$ ,  $\bar{H}_1 = h_1/R_0$ ,  $\mu_s$  коефіцієнт тертя за Зібелем.

На рис. 1, б наведено графік приведенного тиску для залежності (1). У розглянутому діапазоні значень  $h_2$  тиск деформування зростає зі зменшенням висоти  $h_2$ , тобто немає на кривих лунки, яка б показала мінімум тиску  $p_1$ . Також отримано очікуваний вплив тертя: зі зростанням значення коефіцієнта тертя приведенний тиск збільшується. Наприклад, при  $h = 0,6$  при зміні  $\mu$  з 0,08 до 0,2 тиск зростає на 30%. При збільшенні відносної висоти контакту зони  $l$   $H_1$  в два рази, приведенний тиск збільшується на 14%. Ці істотні зміни в силовому режимі, пов'язані зі зміною умов тертя або протяжності контактних поверхонь по ходу процесу, слід враховувати таким чином, що розрахунки процесів видавлювання треба виконувати для послідовних етапів деформування заготовки з достатньо невеликим кроком.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриев А. М., Воронцов А. Л. Технологияковки и объемной штамповки. Часть 1. Объемная штамповка выдавливанием: учебник для вузов. Москва : Машиностроение–1. 2005. 500 с.
2. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания : монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с.
3. Алиева Л. И. Процессы комбинированного деформирования и выдавливания. *Обработка материалов давлением*. Краматорск : ДГМА. 2016. 1 (42). С. 100–108.
4. Алиева Л. И., Титов А.В., Корденко М. Ю. Моделирование процессов поперечного бокового выдавливания. *Обработка материалов давлением*. Краматорск : ДГМА. 2019. 1 (48). С. 35-44.

**Алієва Лейла Іграмотдієвна**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютеризованих дизайну і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, [leyliali2017@gmail.com](mailto:leyliali2017@gmail.com).

**Левченко Володимир Миколайович**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний інженер відділу поширення радіохвиль в природних середовищах, Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України, Харків, [goldangel271@gmail.com](mailto:goldangel271@gmail.com).

**Картамішев Дмитро Олександрович**, асистент кафедри автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, [dima\\_kartamyshev@ukr.net](mailto:dima_kartamyshev@ukr.net).

**Корденко Марія Юрїєвна**, аспірант кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, [kordenko.mariia@gmail.com](mailto:kordenko.mariia@gmail.com).

#### THE SIMULATION OF THE COMBINED FORWARDS EXTRUSION PROCESS WITH EXPANSION USING UPPER BOUND METHOD

##### Abstract

*The thesis considers the results of modeling the process of combined forwards extrusion with expansion using the upper bound method. The analysis based on the developed mathematical model showed significant differences in the power mode due to changing the height of the contact surface during the process, that have been taken into account when choosing the value of the tool displacement during step-by-step calculations.*

**Keywords:** combined forwards extrusion, upper bound method, unit pressure, kinematically possible velocity field, friction coefficient.

**Aliieva Leila**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Computer Design, Processes and Machine Simulation Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, [leyliali2017@gmail.com](mailto:leyliali2017@gmail.com).

**Levchenko Volodymyr**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Lead Engineer of Department of Radiowave Propagation in Natural Media, O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, [goldangel271@gmail.com](mailto:goldangel271@gmail.com).

**Kartamyshev Dmytro**, Assistant of the Department of Manufacturing Processes and Automation Engineering, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, [dima\\_kartamyshev@ukr.net](mailto:dima_kartamyshev@ukr.net).

**Kordenko Mariia**, PhD student of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, [kordenko.mariia@gmail.com](mailto:kordenko.mariia@gmail.com).