

## СЕКЦІЯ

# Теорія ресурсозберігаючих процесів пластичної обробки матеріалів

УДК 621.777, 621.77.01

## РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИМ МЕТОДОМ СИЛ, ЩО ДІЮТЬ НА ВЕРХНЮ НАПІВМАТРИЦЮ ПРИ БОКОВОМУ ВИДАВЛЮВАННІ

Алієв І.С., Левченко В.М., Корденко М.Ю.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Процеси холодного об'ємного видавлювання широко використовують для отримання суцільних і порожнистих деталей, а також напівфабрикатів з фланцями або бічними відростками різної геометрії. Зокрема, при виготовленні деталей бічним видавлюванням для забезпечення вилучення деформованої заготовки доводиться використовувати складені матриці, що складаються з двох елементів: верхній та нижній напівматриць. В процесі деформування метал, що перетікає в бічний відросток, чинить силову дію на ці елементи, як у вертикальному (розкриття матриці), так і в горизонтальному (зміщення напівматриць) напрямках, що викликає їх пружні деформації, а також може привести до відносного зміщення верхньої напівматриці відносно нижньої в одному або обох напрямках і навіть поломки складеної матриці. Зсув елементів складеної матриці негативно впливає на якість отримуваної деталі: внаслідок вертикального зсуву збільшується товщина бічного елемента, що видавлюється, а горизонтального – його довжина. Також в результаті утворення зазорів між напівматрицями можливе затікання в них металу і утворення задирок, для видалення яких потрібна додаткова операція. Оскільки холодне видавлювання характеризується досить значною силою, що деформує, то і навантаження на елементи матриці теж може досягати великих значень. Тому, визначення сил, діючих, зокрема, на верхній елемент складеної матриці (верхню напівматрицю), є актуальним завданням. Для розрахунку навантажень на інструмент можна застосовувати добре зарекомендувавший себе метод скінчених елементів (МСЕ). Він дозволяє не тільки визначити силу деформації, але і сили та розподілені навантаження, що діють на робочий інструмент штампа як при навантаженні в процесі видавлювання, так і під час розвантаження. Так, наприклад, за допомогою МСЕ було показано, що сила розкриття напівматриць при розвантаженні може різко зростати, значно перевищуючи показники при навантаженні [1], що необхідно враховувати при проектуванні інструменту. Однак використання МСЕ пов'язано зі значними витратами часу на розрахунки, особливо якщо необхідно враховувати пружну деформацію інструменту (це необхідно для стадії розвантаження) і, отже, будувати додатково сітку скінчених елементів і для нього. Слід зазначити, що в багатьох випадках знати розподіл тиску на інструменті і не потрібно, так як досить мати верхню оцінку середнього тиску на відповідних поверхнях верхньої напівматриці і величину інтегральної сили, що діє на неї в вертикальному і горизонтальному напрямках. Тому в таких випадках виправданий підхід, застосований для оцінки реактивних зусиль тиску в контейнері при осаджуванні кільцевої заготовки (осесиметрична задача) Л.Г. Степанським [2]. Суть цього підходу полягає в тому, що верхня оцінка реактивних сил можлива з енергетичного рівняння балансу потужностей всіх сил на кінематично можливих швидкостях за умови включення в це рівняння потужностей, що розвиваються реактивними силами на малих віртуальних швидкостях відповідних поверхонь інструменту.

$$W_p = p_e \cdot A_b \cdot v_0 + p_i \cdot A_i \cdot v_i, \quad (1)$$

де  $W_p$  – потужність сил на кінематично можливих швидкостях;  $p_e$  – верхня оцінка середнього тиску для операції;  $A_b$  – контактна площа тиску інструменту, що деформує;  $v_0$  – швидкість інструменту, що деформує;  $p_i$  – тиск реактивної сили на відповідній поверхні інструменту;  $A_i$  – площа тиску реактивної сили;  $v_i$  – віртуальна швидкість в напрямку дії  $p_i$ .

У даній роботі вищеописаний підхід застосували до визначення верхніх величин тиску на верхню напівматрицю в вертикальному і горизонтальному напрямках при холодному бічному видавлюванні відростка з прямокутною формою поперечного перерізу (пласка задача) (рис. 1). Для визначення потужності сил на кінематично можливих швидкостях  $W_p$  на основі

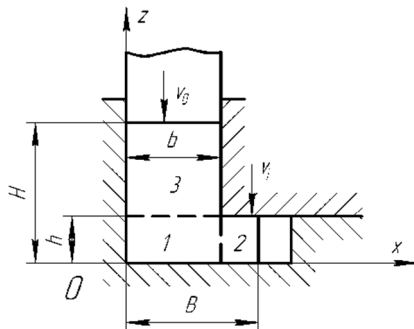


Рис. 1. Розрахункова схема процесу бокового видавлювання

енергетичного методу розроблено дві математичні моделі процесу бокового видавлювання з урахуванням потужностей реактивних сил розкриття матриці і зсуву напівматриць. Виходячи з того, що для цих моделей співвідношення (1) при підстановці в нього  $W_p$  тотожно виконується при будь-яких швидкостях  $v_0$  та  $v_i$  при перетворенні в нуль множників при них, отримано залежності верхньої оцінки середнього тиску  $p_e$ , тиску  $p_i^z$  для вертикальної (розкриття матриці) і

$p_i^g$  для горизонтальної (зсуву напівматриць) реактивних сил, що діють на верхню напівматрицю. Це дозволило провести верхню оцінку питомих сили на пуансоні, а також вертикальної і горизонтальної питомих сил на верхній напівматриці як функцій від ходу пуансона для різних коефіцієнтів тертя. На рис. 2 показано результати розрахунку питомих сил на пуансоні і верхній напівматриці для різних коефіцієнтів тертя при  $\bar{L} = 2$ ;  $\bar{h} = 0,5$ ;  $\bar{H} = 4$ ;  $\bar{b} = 1$  (всі розміри віднесено до ширини  $b$ ).

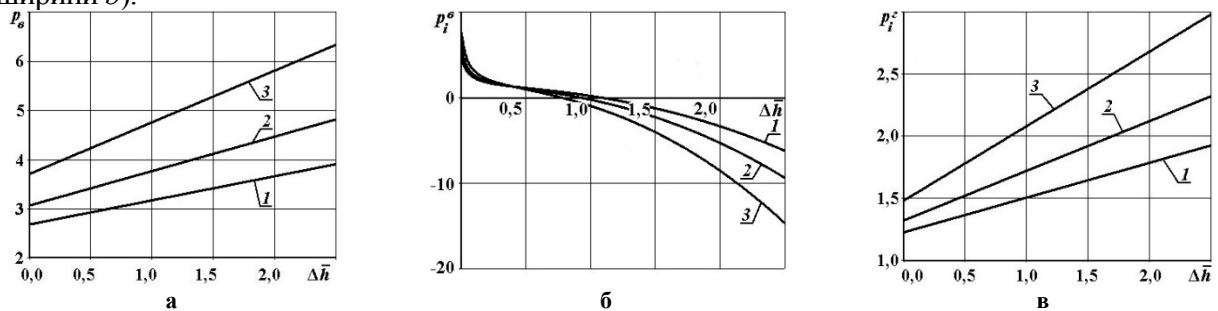


Рис. 2. Графіки залежності питомої сили на пуансоні (а), вертикальної (б) і горизонтальної (в) питомих сил на верхній напівматриці як функцій від ходу пуансона для коефіцієнтів тертя: 1 –  $\mu = 0,07$ ; 2 –  $\mu = 0,1$ ; 3 –  $\mu = 0,15$

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки: отримані результати у вигляді інженерних формул дозволяють виробляти верхню оцінку для навантажень на пуансон і навантажень, що діють на верхню напівматрицю у вертикальному та горизонтальному напрямках при бічному видавлюванні деталей.

Список використаних джерел

1. Алієв І. С. Моделювання процесу радіального видавлювання деталей з фланцем / І. С. Алієв, В. М. Левченко, О. А. Кузенко // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА. 2019. – №2 (47). – С. 12–18.
2. Степанский Л. Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением / Л. Г. Степанский. – М. : Машиностроение, 1982. – 217 с.