

УДК 621.7

В.Л.Калюжний, д-р техн.наук, доц., С.Ф.Сабол, асс., П.В.Поліщук, студ.
НТУ України „Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна

РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ ДЕФОРМАЦІЇ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ ІЗ СТАЛІ 20 З ПРИКЛАДАННЯМ РОЗТЯГУЮЧОГО ЗУСИЛЛЯ ДО ЗАГОТОВКИ

На примерах моделирования методом конечных элементов процессов выдавливания изделий с различной степенью деформации показана возможность определения силовых режимов, удельных усилий, прогнозирования качества изделий на стадии проектирования технологических процессов.

On the examples of the finite element method modeling of the different deformation range extrusion process the opportunity of determination of the force conditions, loads per unit surface, products quality forecasting on the production methods projecting phase was shown.

Велику кількість сталених деталей, які виготовляють методами холодного об'ємного штампування, складають порожнисті вироби з порожниною постійного та ступінчатого діаметра, порожнисті вироби із ступінчатою зовнішньою поверхнею. Останній тип деталей для зменшення зусилля деформування і підвищення стійкості пуансонів виготовляють холодним зворотним видавлюванням з прикладанням розтягуючого зусилля до бурта заготовки. Запропонований спосіб видавлювання [1] не знайшов широкого розповсюдження на виробництві, тому що потребує для реалізації складне штампове оснащення з пристроями для переміщення матриці і створення розтягуючого зусилля або спеціалізоване пресове обладнання. На кафедрі МПМ та РП НТУУ „КПІ” розроблені конструкції штампів для видавлювання порожнистих виробів із ступінчатою порожниною та зовнішньою поверхнею [2]. Штampi прості по конструкції, в них відсутні додаткові приводи та пристрої для створення розтягуючого зусилля до бурта заготовки. Вихідні заготовки для видавлювання отримують шляхом різання прокату в штампах. Після відпалу, очистки та нанесення змащення заготовки підлягають попередній операції холодного прямого видавлювання для утворення бурта на зовнішній поверхні з одночасним формоутворенню порожнини на глибину, яка дорівнює висоті бурта. Наступний перехід – холодне зворотне видавлювання порожнини з прикладанням розтягуючого зусилля до бурта заготовки.

Метою даної роботи є визначення шляхом моделювання методом скінчених елементів впливу розтягуючого зусилля на силові режими на пуансоні, розподіл питомих зусиль на пуансоні, матриці і виштовхувачі, а також на якість виробів при холодному видавлювання з різним ступенем деформації заготовок із сталі 20 конусними пуансонами. Використовували пакет програм, який створений на кафедрі МПМ та РП НТУУ „КПІ”. Розміри деформуючого інструмента, величини розтягуючих зусиль P_T та значення відносних осьових розтягуючих напружень в стінках виробів $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}$ (для відпаленої сталі 20 умовна межа течії $\sigma_{0,2} = 260$ МПа), які

виникають від зусилля P_T , показані в таблиці 1. Нульові значення зусиль та відносних напружень відповідають традиційному зворотному видавлюванню порожнистих виробів. При покроковому навантаженні шляхом переміщення поверхні пуансона моделюванням визначається пружно-пластичний стан по всьому об'єму заготовки з

Таблиця 1

Розміри пуансонів, величини розтягуючих зусиль та відносних розтягуючих напружень в стінках виробів

Ступінь деформації ε , %	40		50		60		70	
Радіус пуансона, мм	12,6		14,14		15,5		16,73	
Кут конусу 2α , град.	150		150		150		150	
Зусилля P_T , КН/ відносні напруження $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}$	0	0	0	0	0	0	0	0
	49,2	0,25	40,8	0,25	32,6	0,25	18,2	0,25
	98,6	0,5	81,6	0,5	65,2	0,5	36,4	0,5
	147,7	0,75	122,4	0,75	97,8	0,75	54,6	0,75
	197	1	163,3	1	130	1	72,8	1

урахуванням тертя на контактуючих поверхнях, зміцнення та розвантаження після пластичної деформації, можливості руйнування по критерію В.А. Огородникова.

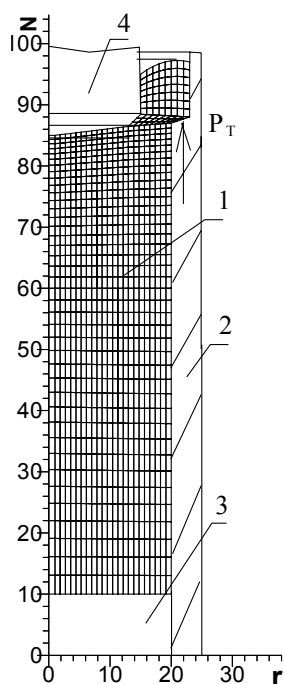


Рис. 1. Вихідний стан заготовки перед видавлюванням (розміри в міліметрах)

Розрахункова схема наведена на рис. 1. Заготовку 1, яка розподілена на восьмивузлові ізопараметричні скінчені елементи, встановлюють в матриці 2 на виштовхувач 3. До бурта заготовки при видавлювання прикладали розтягуюче зусилля P_T , яке задавали у вигляді розподіленого навантаження на поверхнях скінчених елементів, які апроксимують поверхню бурта. Розрахунковий аналіз закінчували на переході процесу видавлювання в усталену стадію, на якому має місце максимальне зусилля видавлювання.

На рис. 2 показані результати розрахунків по силових режимах на пуансоні для всіх ступенів деформації та розподілу відносних радіальних напружень $\sigma_r / \sigma_{0,2}$ на поверхні заготовки по висоті матриці для $\varepsilon=40\%$. Практично для всіх розглянутих ступенів деформації величини зниження зусилля видавлювання склали: при дії $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}=0,25$ – до 9%; $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}=0,5$ – до 16%; $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}=0,75$ – до 24%; $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}=1$ – до 30%. Максимальні по абсолютній величині значення $\sigma_r / \sigma_{0,2}$ мають місце на поверхні заготовки в осередку деформації. Встановлений також практично рівномірний розподіл

відносних осевих напружень $\sigma_z / \sigma_{0,2}$ на поверхні заготовки, яка контактує з виштовхувачем. По вказаним розподілам вибрані максимальні значення відносних напружень $\sigma_r / \sigma_{0,2}$ і $\sigma_z / \sigma_{0,2}$, які показані на 3а і 3б відповідно).

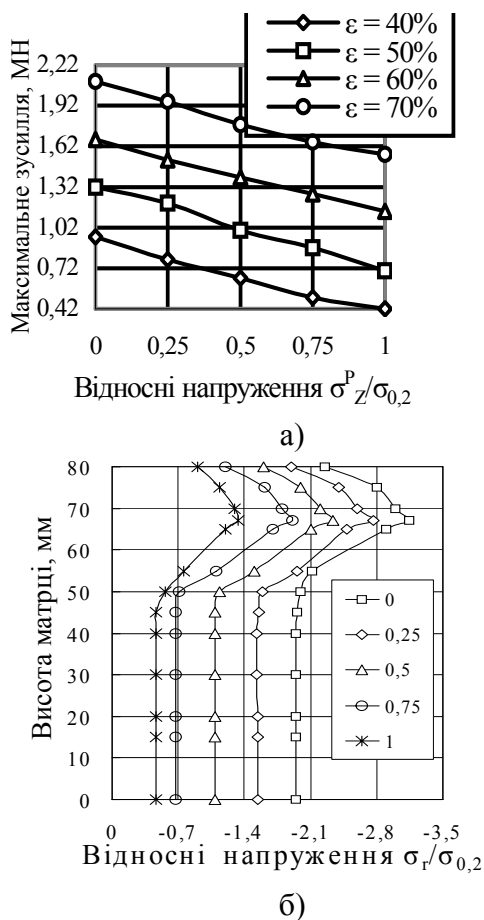


Рис. 2. Залежність зусилля видавлювання від величини $\sigma_z^P / \sigma_{0,2}$ (а) та розподіл відносних радіальних напружень по висоті матриці (б)

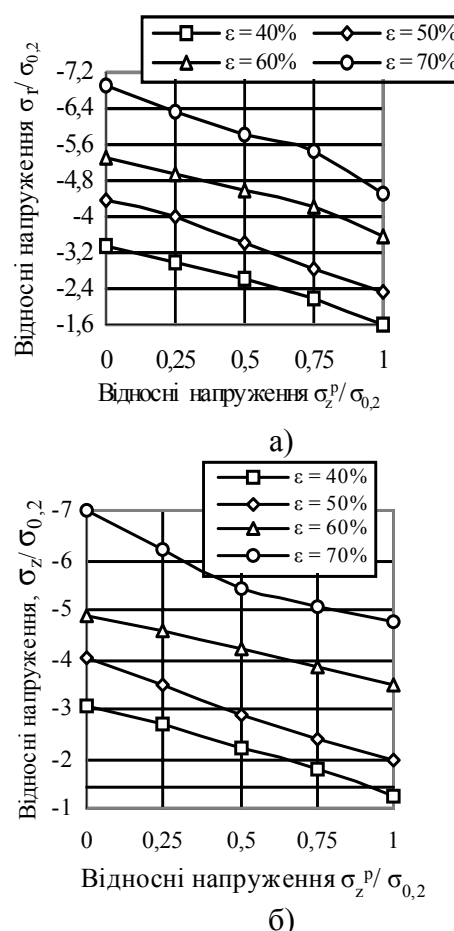


Рис. 3. Максимальні значення відносних осевих напружень на виштовхувачі (а) та відносних радіальних напружень на матриці (б)

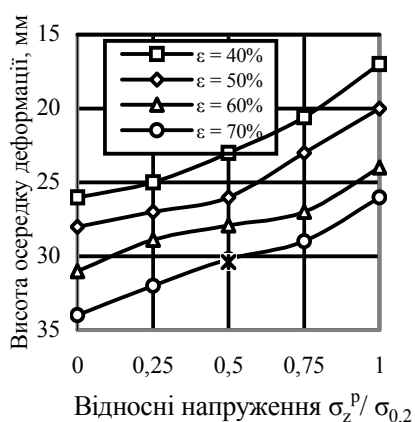


Рис. 4. Висота осередку деформації на вісі заготовки

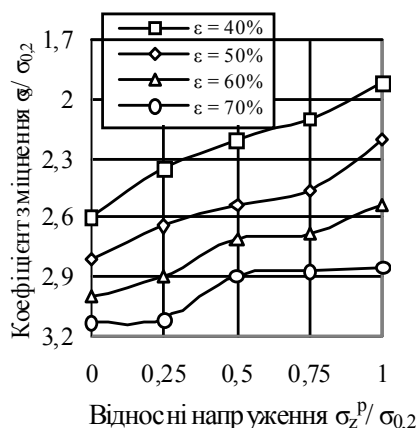


Рис. 5. Коефіцієнт зміцнення по середині стінки

По цих величинах, з урахуванням відомого значення $\sigma_{0,2}$, можна визначити питомі зусилля на матриці і виштовхувачі, які необхідні для проектування інструмента. Якість виробів оцінювали по висоті осередку деформації в заготовці та зміцненню здеформованого металу в стінках виробів. Висоту осередку деформації визначали по розповсюдженню пластичних деформацій на вісі заготовки під пуансоном. На рис. 4 зображений вплив відносних напружень $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}$ на вказану висоту при видавлюванні з різним ступенем деформації. Збільшення значень $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}$ при кожному ступеню деформації приводить до зменшення висоти осередку деформації в заготовці. Таким чином видавлюванням з розтягуючим зусиллям є можливість отримувати вироби з меншою висотою дна. Для прогнозування механічних властивостей виробів моделюванням визначний коефіцієнт зміцнення здеформованого металу $\sigma_S / \sigma_{0,2}$ в стінках виробів, який показує в скільки разів зміцнюється метал в порівнянні з вихідним станом. На рис. 5 наведені значення $\sigma_S / \sigma_{0,2}$, що визначені по середині стінок. Для кожного ступеня деформації при збільшенні значень $\sigma_Z^P / \sigma_{0,2}$ при видавлюванні зміцнення здеформованого металу зменшується.

Розрахункові дані дозволили спроектувати штамп для видавлювання конкретного порожнистого виробу із сталі 20 з прикладанням розтягуючого зусилля до бурта заготовки. На рис. 6 зображена схема штамп (зліва від осі – вихідне положення, справа – в процесі деформування). На нижній плиті штамп 1 встановлено і закріплено болтами 18 обойму 2, в якій знаходиться рухома в осьовому напрямі бандажована матриця 3 з ступінчастим внутрішнім каналом. В нижній ступені каналу встановлено та закріплену до нижньої плити заглушку 4 з ущільненнями 5. В заглушці 4 розміщений виштовхувач 6, який приводиться в дію штовхачем 23. Заглушка 4 і виштовхувач 24 утворюють з каналом матриці нижню порожнину більшого діаметра. На верхній частині проміжної втулки матриці закріплена чаша 9, що утворює резервуар 20 для робочої рідини. Резервуар 20 з'єднаний отвором 19 з каналом матриці. В резервуар 20 заливається робоча рідина, яка вільно проходить через отвори 19 і 22 в верхній і нижній канали матриці 3. Пуансон 11 з ущільненням 10, яке зафіксоване кільцем 8, встановлений на п'яті 14 та підп'ятнику 15 і прижимається до верхньої плити 16 гайкою 12.

Перед початком роботи в верхній канал матриці 3 встановлюється циліндрична заготовка з буртом 7 і спирається своїм торцем на виштовхувач 24 та буртом на виступ каналу матриці 3. При русі пуансона 11 вниз, ущільнення перекриває отвір 19. Робоча рідина за допомогою отворів перетікає з верхньої в нижню порожнину і переміщує в осьовому напрямі вверх матрицю 3 з заготовкою 7 поки верхній торець заготовки торкнеться торця пуансона 11. Між нижнім торцем заготовки 7 та виштовхувачем 24 виникає зазор, величина якого розраховується в залежності від необхідного тиску при пружному стискання рідини і створення розтягуючого зусилля за борт заготовки завдяки різниці площ верхньої та нижньої порожнин каналу матриці. При подальшому опусканні пуансона 11 починається процес видавлювання порожнини в заготовці 7 з одночасним витисканням рідини з верхньої порожнини в нижню порожнину і рухом

матриці 3 в верх, що забезпечує постійне зчеплення матриці 3 з буртом заготовки 7. Після видавлювання верхня плита з пуансоном піднімається в верх, готовий виріб виштовхується з матриці 3 виштовхувачем 24 за допомогою штовхача 23. Після виштовхування виробу з матриці 3, вона повертається в вихідне положення для наступного видавлювання.

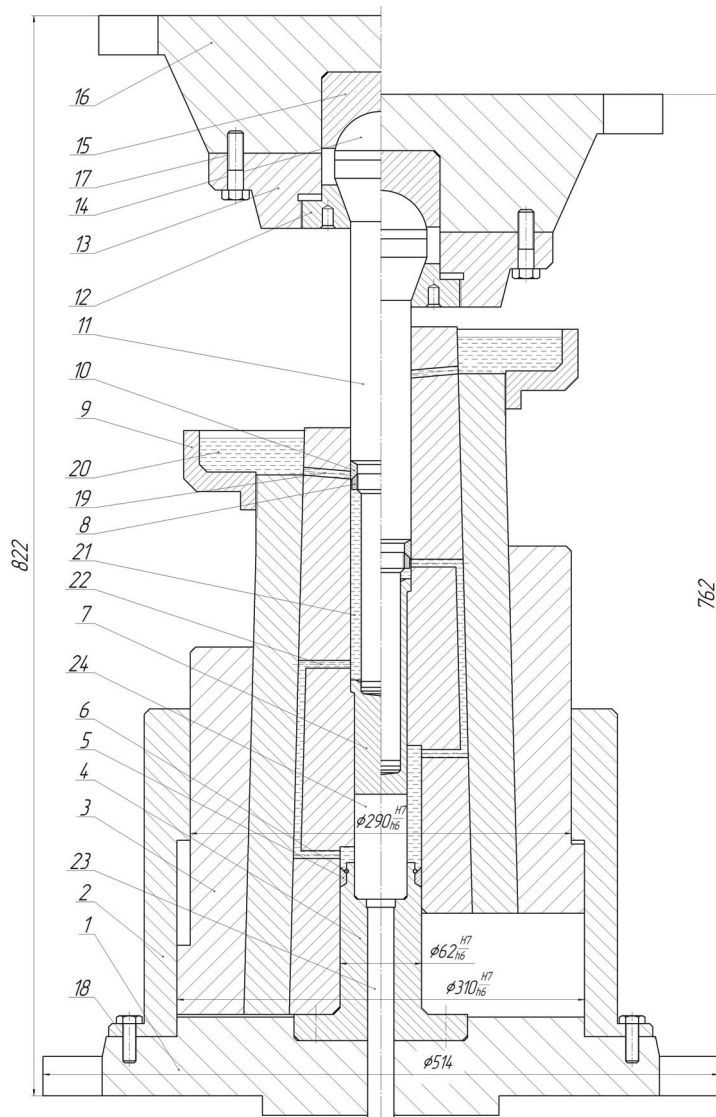


Рис. 6. Штмп для холодного видавлювання порожнистих виробів з прикладанням розтягуючого зусилля до бурта заготовки

прикладанням розтягуючого зусилля до бурта заготовки конкретного порожнистого виробу. Розтягуюче зусилля до бурта заготовки в штмпі створюється за рахунок стиснутої робочої рідини без використання додаткових пристроїв.

Список літератури

1. Кудо Х., Чинозакі К. Холодное выдавливание с растяжением. -Экспресс-информация. Технология и оборудование кузнечно-штамповочного производства.,1973 г. №42. С. 18-30.
2. Черный Ю.Ф., Калужный В.Л., Сабол С.Ф. Бондаренко А.В. Устройство для штамповки деталей А.С. СССР №1357111. – Опубл. в Бюл. №45, 1987.

Висновки

1. Методом скінчених елементів проведене моделювання отримання порожнистих виробів із ступінчатою зовнішньою поверхнею традиційним холодним видавлюванням та видавлюванням з прикладанням розтягуючого зусилля до бурта заготовки.

2. Визначені величини зниження силових режимів видавлювання на пуансонах та питомих зусиль на матрицях і виштовхувачах в залежності від дії розтягуючих напружень в стінках виробів, які виникають від прикладання розтягуючих зусиль до бурта заготовки.

3. Встановлені величини висоти осередків деформації в заготовках та зміцнення здеформованого металу для прогнозування механічних властивостей виробів.

4. По результатах розрахунків спроектовано загальний вигляд штмпу для холодного видавлювання з