

УДК 621.7

ЗУСИЛЛЯ ДЕФОРМУВАННЯ ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РОЗПОДІЛ ПРИ ГАРЯЧОМУ ЗВОРОТНОМУ ВИДАВЛЮВАННІ ВИРОБІВ ЗІ ЗМІННОЮ ТОВЩИНОЮ СТІНКИ

Калюжний В.Л., Ярмоленко О.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Методом скінченних елементів створена математична модель та проведений аналіз гарячого зворотного видавлювання із латуні вісесиметричного порожнистого виробу з виступами у донній частині та необхідним пропрацюванням структури металу у місці переходу стінки у донну частину. Використана схема гарячого зворотного видавлювання з роздачею в рухомій матриці з кутом в циліндричній частині, в якій діаметр вихідна заготовка має менший діаметр зовнішнього розміру виробу, а деформування заготовки виробу проходить при зменшеному зусиллі завдяки введеному куті на циліндричній поверхні стінки матриці. Для моделювання процесу і спрощення розрахунків була прийнята пластична модель металу. Виявлена форма пуансоні і нова форма матриця з кутом стінки, забезпечили необхідне пропрацювання структури zdeформованого металу у потрібному місці. Визначені кінцеві форма і розміри виробу. Показана залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона проведено порівняння зі звичайним видавлюванням. Отриманий точний розподіл питомих зусиль на контактуючих поверхнях заготовки з поверхнями на пуансоні та матриці для проектування штампного інструменту, а також установлений напружено-деформований стан у zdeформованій заготовки при максимальному зусиллі видавлювання. Проведено порівняння зміни температурного розподілу на протязі процесу видавлювання при використанні матриці з кутом на стінці. Приведені розподіли компонент напружень та деформацій по об'єму заготовки. Зроблена оцінка пропрацювання структури металу пластичною деформацією проводилася по розподілу інтенсивності деформацій.

Ключові слова: гаряче видавлювання; порожнистий виріб; метод скінченних елементів; зусилля видавлювання; напруження; деформації; температурний розподіл матриця з кутом стінки .

Дослідження отримання напівфабрикатів зворотного видавлювання з роздачею з застосуванням рухомої матриці було розглянуто в [1]. Також в роботі [2] наведені приклади застосування методу МСЕ який дозволяє знайти результати по отримання виробів з необхідним пропрацюванням матеріалу заготовок. В роботі [3] показані подібні схеми з використання способу зворотного видавлювання з роздачею, в якій досягається подібний ефект зменшення зусилля. Необхідні рекомендації з проектування технологічного процесу приведені в роботі [4]. Тут розглянуто питання з вибору обладнання та відомості для швидшого проектування штампувального інструменту.

Метою роботи є встановлення впливу кута матриці на зусилля процес гарячого зворотного видавлювання порожнистого виробу.

Розрахунковий аналіз проводили в програмі DEFORM із використанням циліндричної системи координат. В якості вихідного матеріалу заготовки прийняли латунь DIN-Cu-Zn28. Геометричні параметри заготовки: діаметр $D_0=230$ мм і висота заготовки $H_0=54$ мм,. Для вказаної латуні рекомендують щоб температурний інтервал гарячого штампування знаходився в межах 700-870°C. Температура заготовки перед штампуванням дорівнювала 850°C. Швидкість деформування була 40 мм/сек. Тертя на контактуючих поверхнях враховано по Зібелю з $\mu=0,2$. Деформуючий інструменту був розігрітий до 200 °C. Геометричні параметри матриці діаметр $D_m=230$ мм висота робочої частини матриці 214 мм. Кут внутрішньої стінки матриці становив 0,25°.

Розрахункові положення в розрізі процесу гарячого зворотного видавлювання на початку та в кінці показані на рис.1. Розташування інструменту на початку зображено на

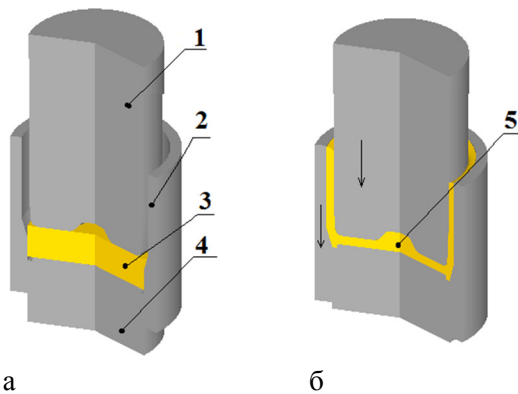


Рис. 1 - Розрахункові положення деформуючого інструмента та форма матриці: а – положення на початку штампування, б – положення в кінці штампування

рис.1а. Пуансон 1 встановлений на заготовці 3, яка розміщена на плиті 4 в матриці 2. Деформування заготовки здійснюється при переміщенні пуансона та матриці з однаковою швидкістю (рис. 1б) і отримується виріб 5.

Розрахунковим аналізом встановлені силові режими видавлювання, питомі зусилля на деформуючому інструменті, зміна температури при формоутворенні, напружено-деформований стан металу та кінцеві форма і розміри виробу.

На рис. 2 показані залежності зусилля деформування від переміщення пуансона при застосуванні матриці з кутом та звичайної матриці, а також наведені розподіли нормальних напружень (в МПа) на контактуючих поверхнях. По нормальних напруженнях можна оцінити питомі зусилля. Застосування матриці з кутом

приводить до зниження зусилля видавлювання і зменшення величин питомих зусиль на деформуючому інструменті. На рисунку розподілу нормальних напружень і в подальшому тонкими лініями зображений деформуючий інструмент, а розміри по вісях приведені в міліметрах.

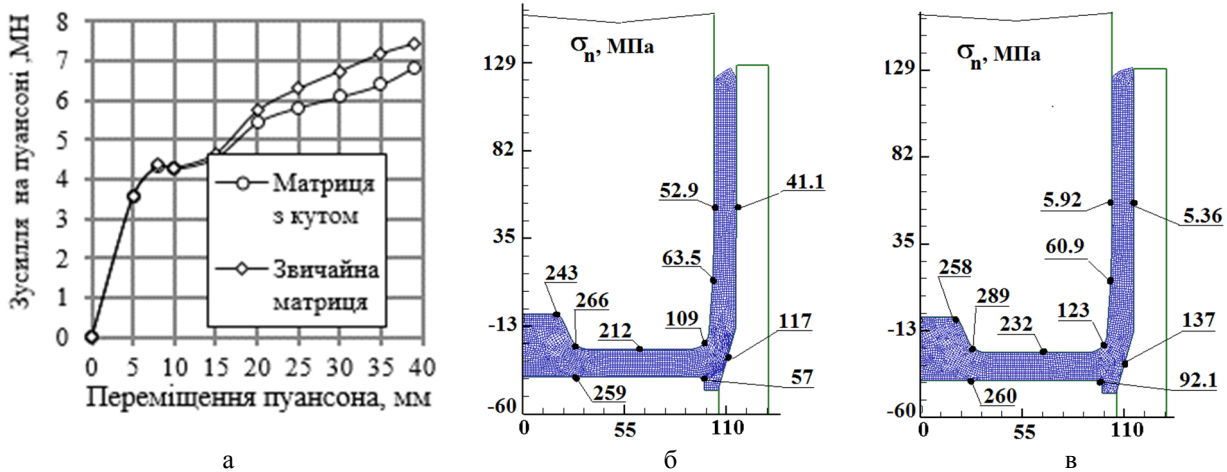


Рис. 2 – Зусилля деформування та розподіли нормальних напружень на контактуючих поверхнях а – залежність зусилля від переміщення пуансона, б – розподіл напружень при видавлюванні у матриці з кутом, в – розподіл напружень при видавлюванні у звичайній матриці

Причиною зменшення зусилля є зміна схеми напруженого стану при видавлюванні в матрицях різної форми, що видно по розподілах середніх напружень (рис. 3). Ці розподіли показані на проміжних стадіях видавлювання

Форма матриці також впливає на розподіли кінцевих температур у zdeформованих заготовках, які приведені на рис. 4.

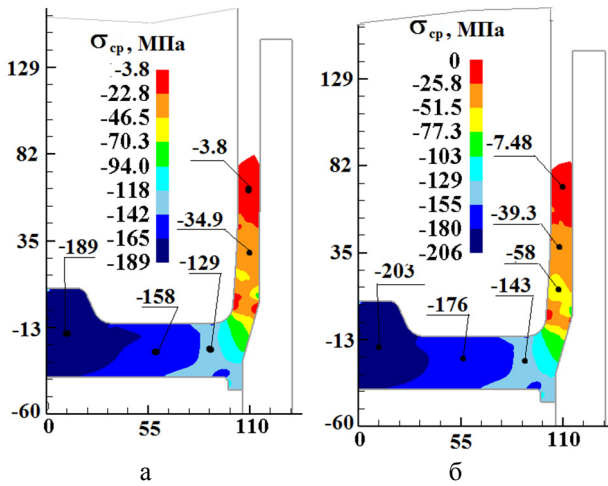


Рис. 3 – Розподіли середніх напружень:
а - при видавлюванні у матриці з кутом, б – при видавлюванні у звичайній матриці

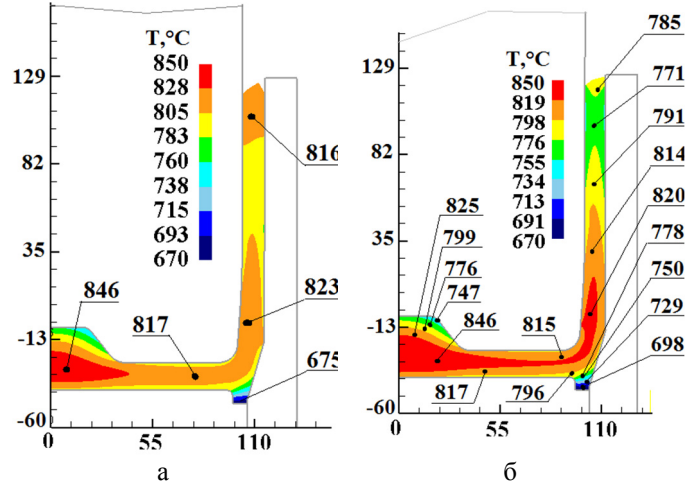


Рис. 4 – Розподіли температури: а - при видавлюванні у матриці з кутом, б – при видавлюванні у звичайній матриці

Розподіли компонент напружень (в МПа) при максимальному зусиллі видавлювання у матриці з кутом представлені на рис. 5.

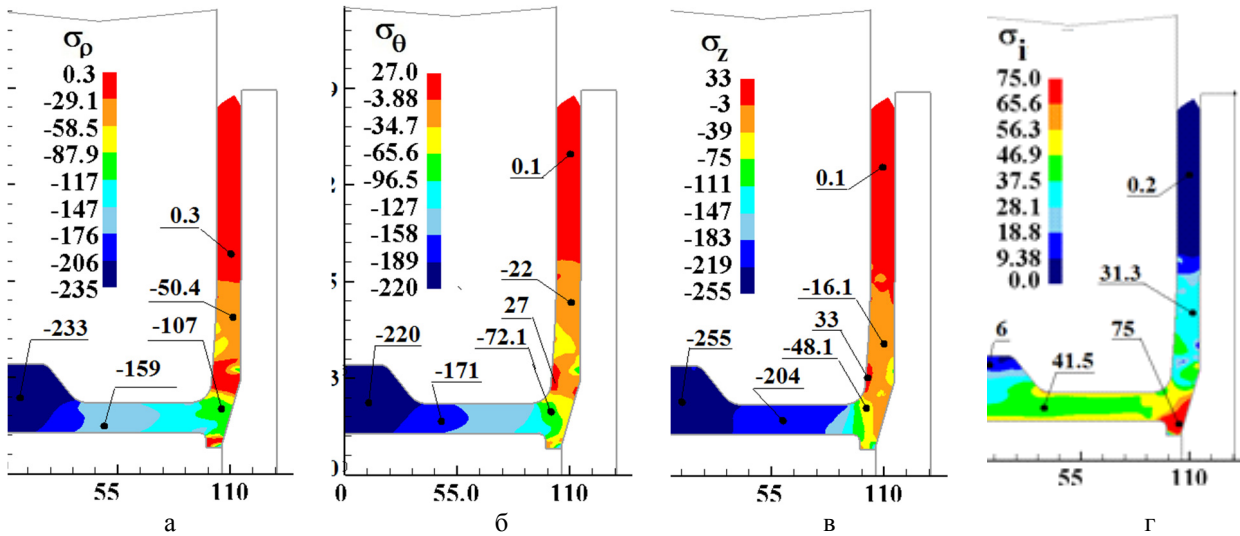


Рис. 5 – Розподіли компонент напружень при видавлюванні у матриці з кутом: а - розподіл радіальних напружень σ_p , б - розподіли тангенціальних напружень σ_θ , в – розподіл осьових напружень σ_z , розподіл інтенсивності напружень σ_i

Розподіли компонент деформацій у здеформованій заготовці, яка отримана видавлюванням в матриці з кутом представлені на рис. 6

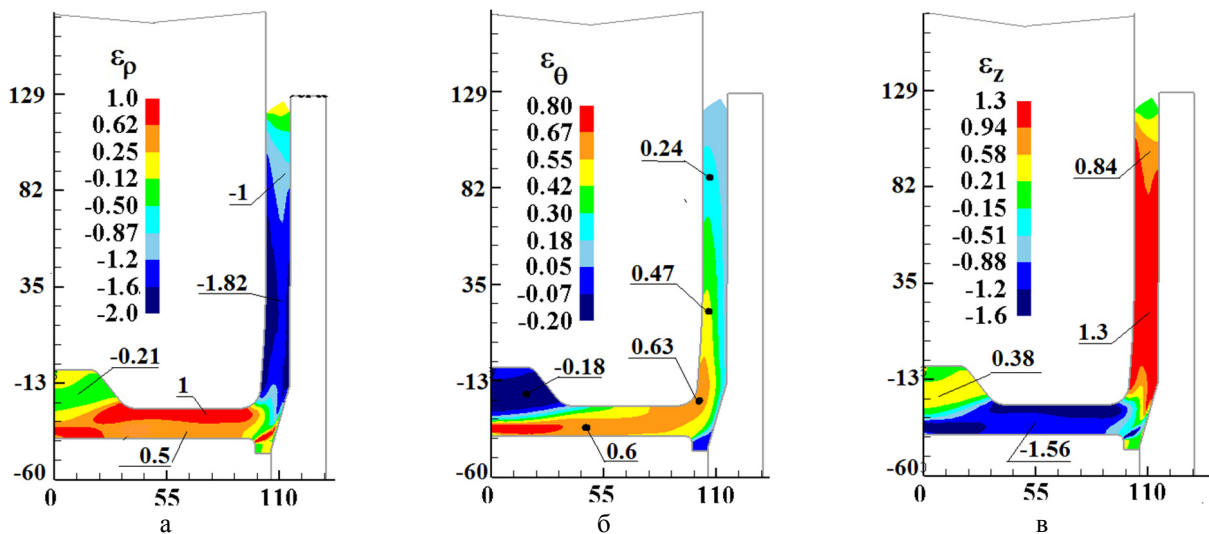


Рис. 6 - Розподіли компонент деформацій по об'єму zdeформованої заготовки: а – розподіл радіальних деформацій ϵ_ρ , б – розподіл тангенціальних деформацій ϵ_θ , розподіли осьових деформацій ϵ_z

Висновки.

В роботі за допомогою методу скінченних елементів виконане моделювання гарячого видавлювання із латуні вісесиметричного порожнистого виробу з виступами на донній частині при використанні матриці з кутом. Розраховані форма пуансона і матриці, які забезпечили потрібне пропрацювання структури металу пластичною деформацією в області переходу стінки у донну частину виробу. Наведено розміри матриці і показано значення кута при якому спостерігається ефект зменшення зусилля. Приведено графік зусилля видавлювання, що дозволило показати значне зменшення зусилля при використанні нової матриці. Показано та порівняно розподіли питомих зусиль на деформуючому інструменті в процесах видавлювання з роздачою. Установлена зміна температури zdeформованого металу в кінці процесу видавлювання. Досліджена структура матеріалу після штампування за допомогою розподілу інтенсивності деформації по об'єму заготовки заготовці

Список використаних джерел.

- Калюжний В.Л., Ярмоленко О.С. Зусилля деформування, напружено-деформований стан і температурний розподіл у zdeформованій заготовці при гарячому зворотному видавлюванні порожнистих виробів із латуні. Вісник НТУ «ХП». Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії. Харків: НТУ «ХП». 2018. 23(1299). С. 28-33
- Данченко В.Н. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением. Численные методы. / В.Н. Данченко, А.А. Миленин, В.И. Кузьменко и др. – Днепропетровск: Системные технологии, 2008. – 448 с.
- Калюжний В.Л. Аналіз схем холодного видавлювання вісесиметричних порожнистих виробів / В.Л. Калюжний, А.М. Потятиник // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. –Луцьк: НТУ, 2017. – № 59. – С. 137-143.
- Алиев И.С., Жбанков Я.Г., Таган Л.В. Управление напряженно-деформированным состоянием заготовки в процессахковки крупных поковок. Обработка материалов давлением. Краматорск: ДГМА. 2013. 1(34). С. 50-59.

УСИЛИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ, ТЕМПЕРАТУРНОЕ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИ ГОРЯЧЕМ ВЫДАВЛИВАНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕНКОЙ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ

Калюжный В.Л., Ярмоленко А.С.

КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, Украина

Методом конечных элементов создана математическая модель и проведен анализ горячего обратного выдавливания из латуни осесимметричного полого изделия с выступлениями в донной части и необходимым проработкой структуры металла в месте перехода стенки в донную часть. Использованная схема горячего обратного выдавливания с раздачей в подвижной матрицы с углом стенки вместо цилиндрической части, в которой находится исходная заготовка имеет меньший диаметр внешнего размера изделия, а деформирования заготовки изделия проходит при уменьшенном усилии благодаря подвижной матрицы введенному углу цилиндрической поверхности стенки матрицы. Для моделирования процесса и упрощения расчетов была принята пластическая модель металла. Выявленная новая форма матрицы с углом стенки и форма пуансона, обеспечили необходимое проработки структуры деформированного металла в нужном месте. Определены конечные форма и размеры изделия. Показана зависимость усилии выдавливания от перемещения пуансона проведено сравнение с обычным выдавливанием. Получено точное распределение удельных усилии на контактирующих поверхностях заготовки с рабочими поверхностями на пуансоне и матрице для проектирования штампового инструмента, а также установлено напряженно-деформированное состояние в деформированной заготовки при максимальном усилии выдавливания. Проведено сравнение изменения температурного распределения в конце процесса выдавливания при использовании матрицы с углом на стене. Приведены распределения компонентов напряжений и деформаций по объему заготовки. Произведена оценка проработки структуры металла пластической деформацией проводилась по распределению интенсивности деформаций.

Ключевые слова: горячее выдавливание; полое изделие; метод конечных элементов; усилии выдавливания; напряжение; деформации; температурное распределение, матрица с угловой стенкой

DEFORMATION FORCE, STRESS-DEFORMED STATE, TEMPERATURE DISTRIBUTION DURING HOT EXPRESSION OF PRODUCTS FROM WALLS OF DIFFERENT THICKNESS

Kaliuzhnyi V.L., Yarmolenko O.S.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Using the finite element method, a mathematical model was created and an analysis of hot back extrusion from brass of an axisymmetric hollow product with protrusions in the bottom and the necessary study of the metal structure at the transition of the wall to the bottom was carried out. The used scheme of hot back extrusion with distribution in a movable matrix with a wall angle instead of the cylindrical part, in which the original workpiece is located, has a smaller diameter of the external size of the product, and the deformation of the product workpiece takes place with a reduced force due to the movable matrix introduced by the angle of the cylindrical surface of the die wall. To simulate the process and simplify calculations, a plastic model of the metal was adopted. The revealed new shape of the matrix with the wall angle and the shape of the punch provided the necessary elaboration of the structure of the deformed metal in the right place. The final shape and dimensions of the product have been determined. The dependence of the extrusion force on the movement of the punch is shown; a comparison is made with conventional extrusion. The exact distribution of specific forces on the contacting surfaces of the workpiece with the working surfaces on the punch and the matrix for the design of the stamping tool has been obtained, and the stress-strain state in the deformed workpiece at the maximum extrusion force has been established. A comparison is made of the change in the temperature distribution at the end of the extrusion process when using a matrix with an angle on the wall. Distributions of stress and strain components over the workpiece volume are given. The evaluation of the elaboration of the metal structure by plastic deformation was carried out according to the distribution of the intensity of deformations.

Key words: hot extrusion; hollow product; finite element method; extrusion force; stress; deformation; temperature distribution, matrix with wall angle.