

УДК 621.7

ГАРЯЧЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ІЗ СТАЛІ 20 КОНУСНОГО ВІСЕСИМЕТРИЧНОГО ПОРОЖНИСТОГО НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИТЯГУВАННЯ З ПОТОНШЕННЯМ

Калюжний В.Л., Музика В.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Розглянуте моделювання з використанням метода скінченних елементів гарячого видавлювання із сталі 20 конусного порожнистого напівфабрикату для подальшого витягування з потоншенням з нього відповідного виробу. Виконані розрахунки видавлювання, виймання пуансона та виштовхування виробу з матриці. Встановлені залежність зусилля деформування від переміщення пуансона, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті. У здеформованій заготовці визначений кінцевий температурний розподіл та напружено-деформований стан металу. По розподілу інтенсивності деформацій оцінено пропрацювання структури металу пластичною деформацією. Також встановлені кінцеві форма і розміри напівфабрикату.

Ключові слова: метод скінченних елементів, гаряче видавлювання, порожнистий конусний напівфабрикат, зусилля, питомі зусилля, температурний інтервал, інтенсивність деформацій, форма і розміри напівфабрикату.

При виробництві порожнистих виробів спеціального призначення середніх та великих розмірів використовуються операції гарячого зворотного видавлювання порожнистих напівфабрикатів і подальші переходи гарячого чи холодного витягування з потоншенням або холодного чи гарячого розкочування для зменшення товщини стінки і збільшення висоти напівфабрикатів для отримання готових виробів. Технології гарячого штампування порожнистих виробів проектуються з використанням даних експериментальних досліджень та виробничого досвіду [1]. У вказаному джерелі практично відсутні дані по питомим зусиллям штампування конусних порожнистих виробів, зусиллям виштовхування таких виробів із матриць та по пропрацюванню структури металу пластичною деформацією. Використання методу скінченних елементів для визначення параметрів технології гарячого штампування порожнистих виробів дозволяє виявити точний розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті, а також оцінити пропрацювання структури металу пластичною деформацією по розподілу інтенсивності деформацій [2,3], що є актуальним при штампуванні виробів із потрібними механічними властивостями здеформованого металу для забезпечення надійності і довговічності виробів.

Метою роботи є встановлення за допомогою метода скінченних елементів параметрів гарячого зворотного видавлювання конусних порожнистих напівфабрикатів для подальшого витягування з потоншенням.

Моделювання гарячого видавлювання проводили в скінченно-елементній програмі DEFORM. Вихідна заготовка із сталі 20 мала діаметр 110 мм і висоту 32,5 мм. Температура заготовки складала 1000 °С. Для забезпечення температури гарячого деформування швидкість деформування прийнята $V_0=60$ мм/сек. Тертя на контактуючих поверхнях враховане по Зібелю з коефіцієнтом тертя $\mu=0,2$. Задача формоутворення розглядалася як вісесиметрична в циліндричних координатах.

Проведене моделювання видавлювання, виймання пуансона із здеформованої заготовки та виштовхування напівфабрикату із матриці. Розрахункові схеми в розрізі показані на рис. 1. На рис. 1а приведена схема на початку видавлювання. Заготовка 1 розміщена на виштовхувачі 2 в матриці 3, яка спирається на плиту 4. Формоутворення виконується за допомогою пуансона 5. При опусканні пуансона 5 отримується напівфабрикат 6 (рис. 2б) з виступом на донній частині зі сторони порожнини та на торці цієї частини. При зворотному

переміщенні пуансона напівфабрикат залишається в матриці (рис. 2в). Видалення напівфабрикату із матриці виконується виштовхувачем 2 шляхом переміщення його вгору (рис. 1г)

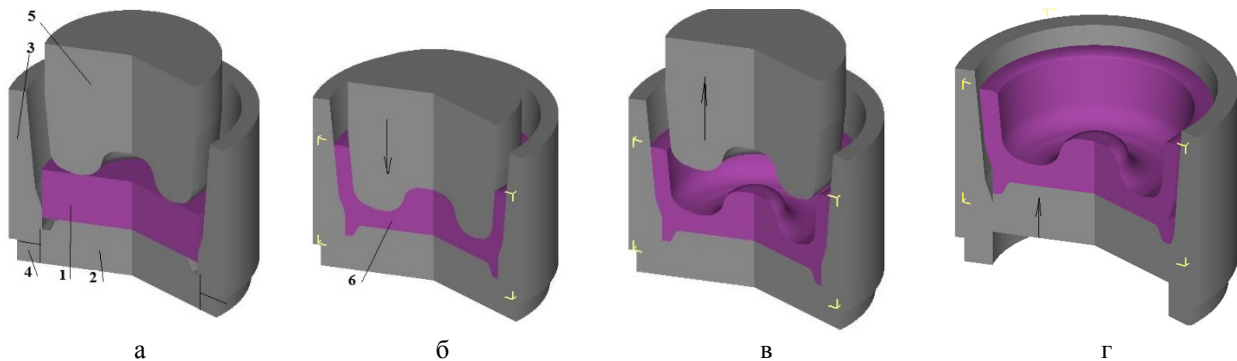


Рис. 1 – Розрахункові схеми в розрізі: а – на початку видавлювання, б – в кінці видавлювання, в – при зворотному переміщенні пуансона, г – при виштовхуванні напівфабрикату із матриці

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

На рис. 2 зображені форма і розміри половини напівфабрикату. Тут і в подальшому розміри по всіх приведено в міліметрах, а тонкими лініями показаний деформуючий інструмент.

Силові режими видавлювання представлені на рис. 3. На рис. 3а показана залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона. Зусилля постійно зростає на протязі процесу формоутворення і досягає величини 4,75 МН в кінці видавлювання. Було відмічено, що напівфабрикат залишається в матриці при зворотному переміщенні пуансона. Виявлена залежність зусилля виштовхування напівфабрикату із матриці від переміщення виштовхувача, яка приведена на рис. 3б. Максимальна величина зусилля має місце на початку видалення напівфабрикату із матриці і досягає 38 кН. Вказана величина зусилля

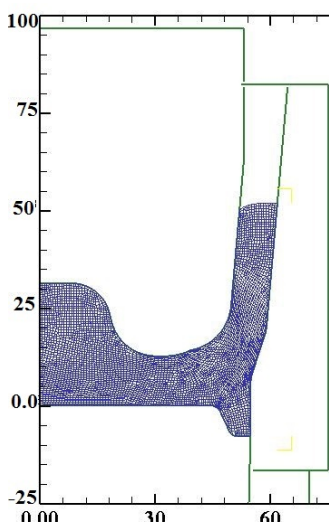


Рис. 2 – Розміри половини напівфабрикату

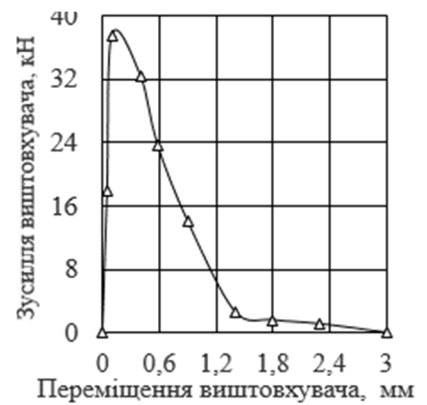
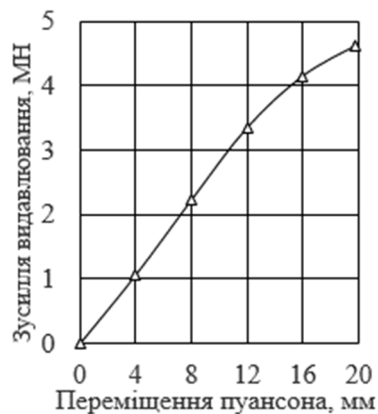


Рис. 3-Силові режими видавлювання напівфабрикату: а –зусилля видавлювання, б –зусилля виштовхування

дозволяє виконати виштовхування за допомогою коромисла, на який спирається виштовхувач та тяг, що закріплені до коромисла і до верхньої плити штампа.

Для проектування штампового оснащення і вибору матеріалу для деформуючого інструмента потрібно мати точний розподіл питомих зусиль на ньому. Питомі зусилля на контактуючих поверхнях заготовки з деформуючим інструментом визначали по розподілу нормальних напружень σ_n при максимальному зусиллі видавлювання. Розподіли питомих зусиль зображені на рис. 4. Найбільші величини вказаних напружень у межах $\sigma_n = 630 \div 380$ МПа виникають на поверхні заготовки, яка контактує з пуансоном та з виштовхувачем. На поверхні матриці ці напруження отримані у межах $\sigma_n = 100 \div 430$ МПа. При наведених величинах питомих зусиль пуансонів, виштовхувачів і опорних плит можна використовувати традиційні штампові сталі для гарячого деформування, а матриця не потребує бандажування.

На рис. 5 показані розподіли температури та інтенсивності деформацій у здеформованому металі в кінці видавлювання. Розподіл температури зображений на рис. 5а. Практично по всьому об'єму напівфабрикату при такій швидкості деформування температура здеформованого металу практично не змінюється ($T = 1000$ °С). На поверхнях напівфабрикату, які контактують з деформуючим інструментом, відбувається зменшення температури до величин у межах $T = 880 \div 970$ °С. Таким чином, другий перехід гарячого витягування із потоншенням можна виконати одразу після видавлюванням на одному пресовому обладнанні без використання розігріву напівфабрикату.

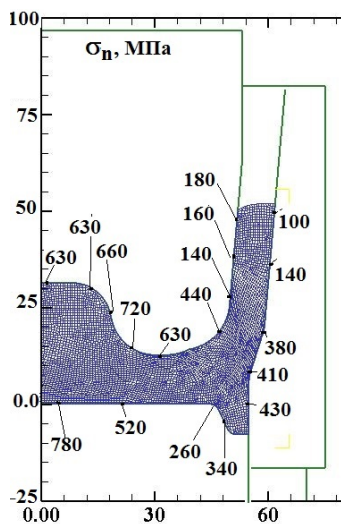
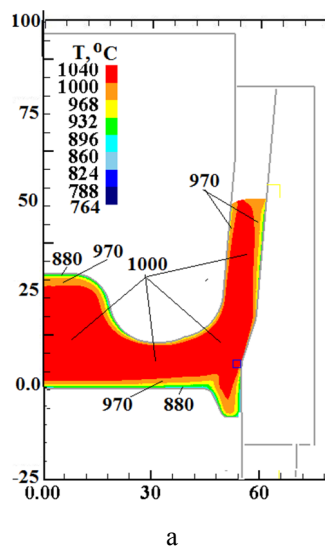
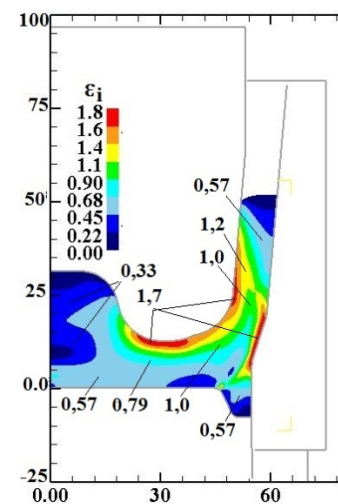


Рис. 4 – Розподіли питомих зусиль на поверхнях здеформованої заготовки



а



б

Рис. 5 - Розподіли температури T та інтенсивності деформацій ε_i в кінці видавлювання: а – розподіл температури, б – розподіл інтенсивності деформацій

Розподіл інтенсивності деформацій по об'єму половини напівфабрикату приведений на рис. 5б. Пропрацювання структури металу пластичною деформацією відбувається у донній частині та стінці напівфабрикату. У виступі донної частини зі сторони порожнини інтенсивність деформацій знаходиться у межах $\varepsilon_i = 0,22 \div 0,68$. У поверхневих шарах металу донної частини зі сторони порожнини під пуансоном отримано $\varepsilon_i = 1,7$ із подальшим зменшенням до $\varepsilon_i = 0,57$ в області нижнього торця цієї частини. По ширині і висоті сімки інтенсивність деформацій розподілена нерівномірно. По ширині стінки інтенсивне пропрацювання відбувається у внутрішніх шарах металу стінки ($\varepsilon_i = 1,7$) зі зменшенням до $\varepsilon_i = 0,57$ у поверхневих шарах металу стінки. В області торця стінки проходить незначне пропрацювання структури металу. У виступі на торці донної частини отримано $\varepsilon_i = 0,57$.

Висновки. 1. Методом скінченних елементів створені математичні моделі та проведений розрахунковий аналіз процесів гарячого видавлювання конусного порожнистого

напівфабрикату, виймання пуансона із здеформованої заготовки та видалення напівфабрикату із матриці.

2. Для вибору пресового обладнання визначені зусилля деформування та зусилля виштовхування напівфабрикату із матриці. Виявлена можливість подальшого виконання гарячого витягування із потоншенням одразу після видавлюванням на одному пресовому обладнанні без розігріву напівфабрикату.

3. Для проектування штампового оснащення та вибору матеріалу основного деформуючого інструменту розраховані точні розподіли питомих зусиль при максимальному зусиллі видавлювання.

4. Для оцінки якості напівфабрикату, крім форми і його розмірів, наведений розподіл інтенсивності деформацій у здеформованому металі.

Список використаних джерел.

1. Ковка и штамповка: Справочник в 4-х. т. Москва: Машиностроение. 1986. Т.2. Горячая объемная штамповка. Под ред. Е.И. Семенова. 1986. 592 с.
2. Калюжный В.Л., Горноста́й В.Н., Гулюк А.А. Горячая штамповка полых изделий из высокопрочного алюминиевого сплава с заданной проработкой структуры металла пластической деформацией. Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. Краматорск: ДГМА. 2017. 1(44). С. 137-143.
3. Калюжный В.Л., Ярмоленко О.С. Зусилля деформування, напружено-деформований стан і температурний розподіл у здеформованій 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

ГОРЯЧЕЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ИЗ СТАЛИ 20 КОНУСНОГО ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ПОЛОГО ПОЛУФАБРИКАТА ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ВЫТЯЖКИ С УТОНЕНИЕМ

Калюжный В.Л., Музыка В.А.

КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, Украина

Рассмотрено моделирование с использованием метода конечных элементов горячего выдавливания из стали 20 конусного полого полуфабриката для дальнейшей вытяжки с него соответствующего изделия. Выполнены расчеты выдавливания, извлечения пуансона и выталкивания изделия из матрицы. Установлены зависимость усилия деформирования от перемещения пуансона, распределение удельных усилий на деформирующем инструменте. В сдеформированной заготовке определено температурное распределение и напряженно-деформированное состояние металла. По распределению интенсивности деформаций оценена проработка структуры металла пластической деформацией. Также установлены конечные форма и размеры полуфабриката.

Ключевые слова: метод конечных элементов, горячее выдавливание, полый полуфабрикат, усилие, удельные усилия, интенсивность деформаций, форма и размеры полуфабриката.

HOT FORMING FROM STEEL 20 TAPERED AXISYMMETRIC HOLLOW SEMIFINISHED FOR FURTHER EXTRACTION WITH THINKING

Kaliuzhnyi V.L., Muzyka V.A.

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Modeling is considered using the finite element method of hot extrusion from steel 20 of a conical hollow semi-finished product for further drawing the corresponding product from it. Calculations of extrusion, extrusion of the punch and ejection of the product from the matrix were performed. The dependence of the deformation force on the movement of the punch, the distribution of specific forces on the deforming tool. The temperature distribution and stress-strain state of the metal are determined in the deformed workpiece. According to the distribution of the intensity of deformations, the study of the metal structure by plastic deformation is estimated. The final shape and dimensions of the semi-finished product are also set.

Keywords: finite element method, hot extrusion, hollow semi-finished product, force, specific forces, intensity of deformations, shape and size of semi-finished product.