УДК 621.7

І. С. АЛІЄВ, В. Л. КАЛЮЖНЫЙ

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДВОХПЕРЕХІДНОГО ШТАМПУВАННЯ ВИСОКИХ КОНУСНИХ ВИРОБІВ З ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ ІЗ ПЛАСТИЧНОЇ МІДІ

Методом скінченних елементів проведене визначення параметрів та кінцевих розмірів високих конусних виробів при формоутворенні із мідної листової заготовки за два переходи. На першому переході комбінованим витягуванням в конусній матриці спеціального профіля отриманий порожнистий напівфабрикат з конусною та циліндричною поверхнями. На другому переході обтиском циліндричної частини в конусній матриці формується кінцева форма виробу. Моделюванням витягування встановлені зусилля витягування, зусилля виймання пуансона із напівфабриката та зусилля виштовхування напівфабриката із матриці. Визначена форма деформуючого інструмента, яка забезпечила необхідний напружено-деформований стан та ресурс пластичності здеформованого металу на першому переході для виконання другого переходу без проміжного відпалу напівфабриката. З урахуванням накопичених деформацій проведений розрахунок обтиску напівфабриката. Встановлені кінцева форма і розміри виробу, зусилля обтиску, розподіл результуючих значень інтенсивності деформацій для прогнозування механічних властивостей здеформованого металу.

Ключові слова: порожнистий конусний виріб, метод скінченних елементів, комбіноване витягування, обтиск, зусилля витягування, зусилля обтиску, напружено-деформований стан металу.

Методом конечных элементов проведено определение параметров и конечных размеров высоких конусных изделий при формообразовании из медной листовой заготовки за два перехода. На первом переходе комбинированной вытяжкой в конусной матрице специального профиля получен полый полуфабрикат с конусной и цилиндровой поверхностями. На втором переходе обжимом цилиндрической части в конусной матрице достигается конечная форма изделия. Моделированием вытяжки установлены усилия вытяжки, вынимания пуансона из полуфабриката и выталкивания его из матрицы. Определена форма деформирующего инструмента, которая обеспечила необходимое напряженно деформированный состояние и ресурс пластичности сдеформированного металла на первом переходе для выполнения второго перехода без промежуточного отжига полуфабриката. С учетом накопленных деформаций проведен расчет обжима полуфабриката. Установлены конечная форма и размеры изделия, усилия обжима, распределение результирующих значений интенсивности деформаций для прогнозирования механических свойств сдеформированного металла.

Ключевые слова: полое конусное изделие, метод конечных элементов, комбинированная вытяжка, обжим, усилие вытяжки, усилие обжима, напряженно-деформированное состояние сдеформированного металла.

There are determined parameters and finite size high conical products received by the forming in two stages of plastic copper sheet workpiece by finite element method. In first stage received the hollow semi-finished product with conical and cylindrical surfaces by combined drawing in conical matrix of special profile. In second stage reached the final form of the product by reducing a cylindrical part in conical matrix. There are determined the drawing's forces, forces of removing the punch from the semi-finished product, and ejecting it from the matrix by modeling the drawing. There're identified the form of deforming die, that provided the necessary stress-strain state and the resource of plasticity in deformed metal in first stage for fulfillment the second stage without intermediate annealing of semi-finished product. Conducted calculation of reducing the semi-finished product with considering the accumulated strain. There're identified the final shape and sizes of product, reducing's forces, distribution of the resulting values of strain intensity for prediction of mechanical properties of the deformed metal.

Keywords: hollow conical product, finite element method, combined drawing, reducing, drawing's forces, reducing's forces, stress-strain state, final sizes of product.

Вступ. В залежності від співвідношення висоти конусної деталі (h) до зовнішнього діаметра (d) та величини кута твірної конуса (α) автор роботи [1] розподіляє такі вироби на три групи – низькі, середні та високі. Найбільшу складність у виготовленні штампуванням із листової заготовки методом витягування мають високі конусні деталі, для яких h/d =0,8 і α =10°÷30°. Застосовують багатоперехідне витягування, яке включає 4–7 переходів [1–4]. Застосування операцій витягування порожнистого напівфабриката з подальшим обтиском дозволяє зменшити кількість переходів виготовлення конусних виробів [5]. Перевагами такого підходу є отримання виробів з практично однаковою товщиною стінки по висоті, тому що при витягуванні має місце потоншення стінки донної частині порожнистого напівфабриката, а при обтиску відбувається потовщення цієї частини. При цьому значно зпрощується штампове оснащення та виключається використання пресового обладнання подвійної дії. Однак в неведених джерелах відсутні дані по силових режимах формоутворення та кінцевих розмірах виробів, зокрема для високих конусних виробів із $h/d \geq 0{,}8$ і α =10°÷30°.

Для отримання порожнистого напівфабриката під подальший обтиск, що дозволить підвищити ступеня деформації при витягуванні за один перехід та збільшити його висоту, можна застосувати комбіноване витягування з притискачем в одноконусній матриці, ефективність якого приведена в роботі [6]. Додаткове збільшення ступеня деформації за один перехід та суттєве зменшення кількості переходів витягування забезпечує використання матриці спеціального профіля [7–11].

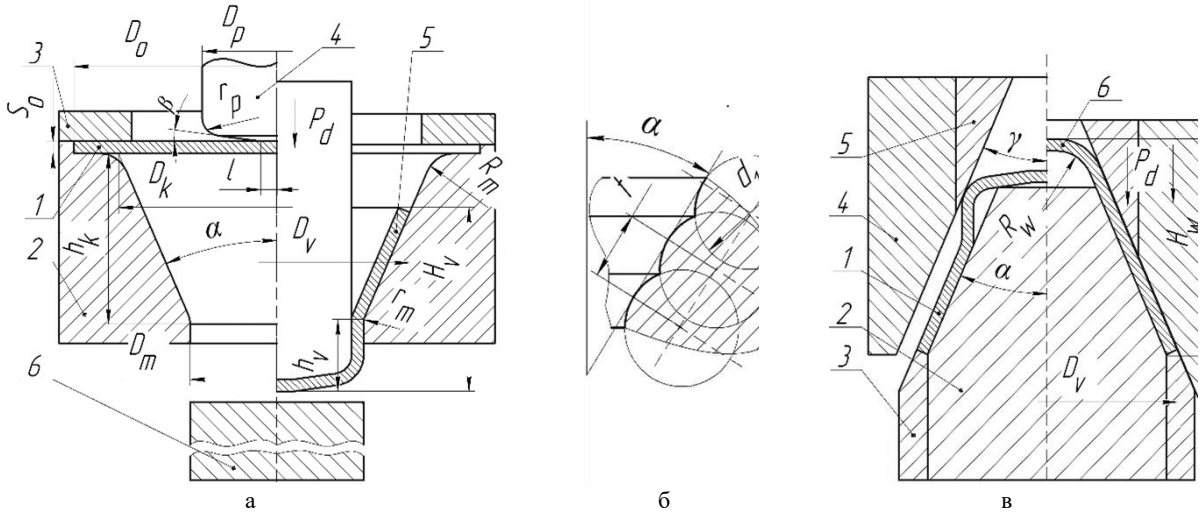
Формоутворення конусних порожнистих виробів. Формоутворення конусного виробу з використанням витягування із притискачем в одноконусній матриці спеціального профіля та

© І. С. Алієв, В. Л. Калюжный. 2016

обтиску зображена на рис. 1. На рис. 1а показана схема витягування напівфабриката в одноконусній матриці. Ліворуч від вісі симетрії наведений вихідний стан перед витягуванням, а праворуч – після витягування. Вихідну листову заготовку *1* діаметром D_o і товщиною S_o встановлюють між матрицею *2* та притискачем *3*. Зусилля деформування P_d прикладають за допомогою пуансона *4*. В результаті витягування отримують напівфабрикат *5* із зовнішнім діаметром D_v, висотою H_v та кутом α конусної частини. При цьому висота h_v та діаметр D_m циліндричної частини повинні бути такими, щоб забезпечити виконання подальшого обтиску за один перехід та отримання необхідної висоти конусного виробу. Для видалення напівфабриката із матриці *2* використовують виштовхувач *6*. Форма деформуючої поверхні матриці утворена перетином торів з діаметром перерізу d_1 та з кроком розташування t (рис. 1б). Дотична до поверхонь торів утворює кут α з віссю симетрії матриці, який необхідний з креслення виробу. Крок t розташування торів повинен бути таким, щоб не було прогинання стінки заготовки між виступами деформуючої поверхні матриці. Такий профіль забезпечує суттєве зниження сил тертя між здеформованою заготовкою і матрицею та зменшення величини розтягувальних напружень в стінці циліндричної частини. Отриманий напівфабрикат підлягає подальшому обтиску (рис. 1в). Напівфабрикат *1* встановлюють на пуансон *2* до упору на виштовхувач *3*. Зусилля деформування P_d прикладають за допомогою одночасного переміщення матриці *4* і штовхача *5*. В результаті отримують конусний виріб *6* діаметром D_v, висотою H_w та кутами α і γ, які можуть бути однакової або різної величини. Радіус R_w донної частини виробу при обтиску може утворюватися довільно або за допомогою виштовхувача *5*.

Мета роботи. Метою роботи є встановлення параметрів комбінованого витягування напівфабриката в одноконусній матриці спеціального профіля, подальшого його обтиску та виявлення кінцевих розмірів високого конусного виробу.

Постановка задачі для визначення параметрів штампування. Встановлення параметрів проведене шляхом створення математичних моделей з використанням метода скінченних елементів (МСЕ) та проведенням чисельних експериментів із застосуванням програми DEFORM. Використана пружно-пластична модель ізотропного металу, що деформується. Деформуючий інструмент вважався абсолютно жорстким. Тертя на контактуючих поверхнях враховане по Кулону з коефіцієнтом тертя μ = 0,08. Швидкість деформування складала 2 мм/сек. При моделюванні операції обтиску враховані накопичені деформації та вичерпаний ресурс пластичності здеформованого металу, які отримані на першому переході витягування напівфабриката в одноконусній матриці спеціального профіля.



а б в

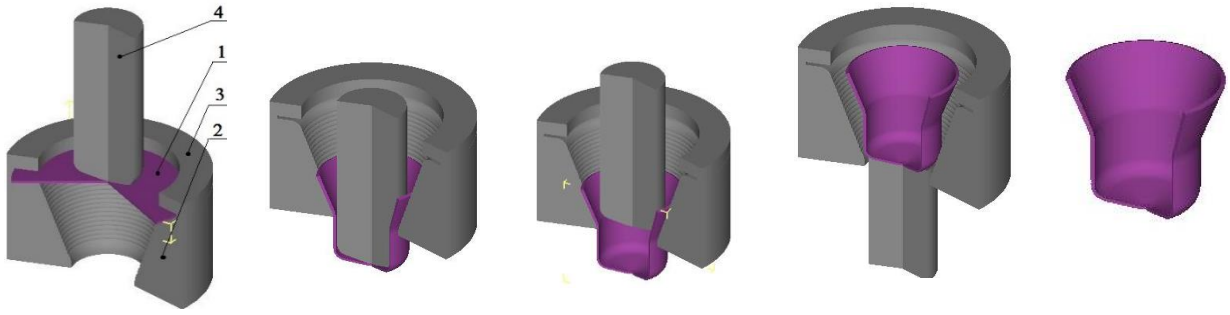
Рис. 1 – Формоутворення конусного виробу з використанням витягування із притискачем в одноконусній матриці спеціального профіля та подальшого обтиску: а – схема витягування в одноконусній матриці, б – профіль деформуючої поверхні матриці, в – схема обтиску напівфабриката з отриманням конусного виробу

Витягуванню підлягала листова заготовка діаметром D_o = 128 мм і товщиною S_o = 3,5 мм із відпаленої міді М2 з умовною межею текучості $\sigma_{0,2}$ = 100 МПа. Розміри пуансона (див. рис. 1а):

D_p = 46,8 мм, r_p =15 мм, β =15°, l =5 мм. Наведені розміри пуансона встановлені розрахунком і забезпечували необхідну форму напівфабриката з мінімальним потоншенням стінки на радіусі заокруглення r_p та в донній частині. Кут конусної поверхні матриці α визначався формою конусного виробу та складав α = 21°. Інші розміри матриці: D_m = 90 мм, D_k = 198 мм, R_m = 16 мм, r_m = 30 мм, h_k = 133 мм, d_m = 100 мм.

Моделюванням встановлено, що деформуюча поверхня матриці, яка утворена перетином торів із d_1 = 6 мм з кроком розташуванням t = 6 мм забезпечує формоутворення напівфабриката при витягуванні без прогинання стінок здеформованої заготовки між виступами деформуючої поверхні.

Послідовність формоутворення конусних виробів двохперехідним штампуванням. Моделюванням за допомогою МСЕ виявлені всі етапи отримання напівфабриката. На рис. 2 зображена послідовність формоутворення напівфабриката витягуванням в одноконусній матриці спеціального профіля. Положення штампу перед витягуванням показане на рис. 2а. Вихідна заготовка *1* встановлена між матрицею *2* і притискачем *3*. Зусилля прикладається за допомогою пуансона *4*. На рис. 2б наведене положення в кінці витягування. Витягування завершували при переміщенні пуансона 205 мм, при якому не починається інтенсивне потоншення стінки здеформованої заготовки на радіусі заокруглення пуансона. Розрахунок показав, що при зворотному ході пуансона напівфабрикат залишається в матриці (рис. 2в). Положення після виштовхуванні напівфабриката зображене на рис. 2г. Загальний вигляд напівфабриката наведений на рис. 2д.



а б в г д

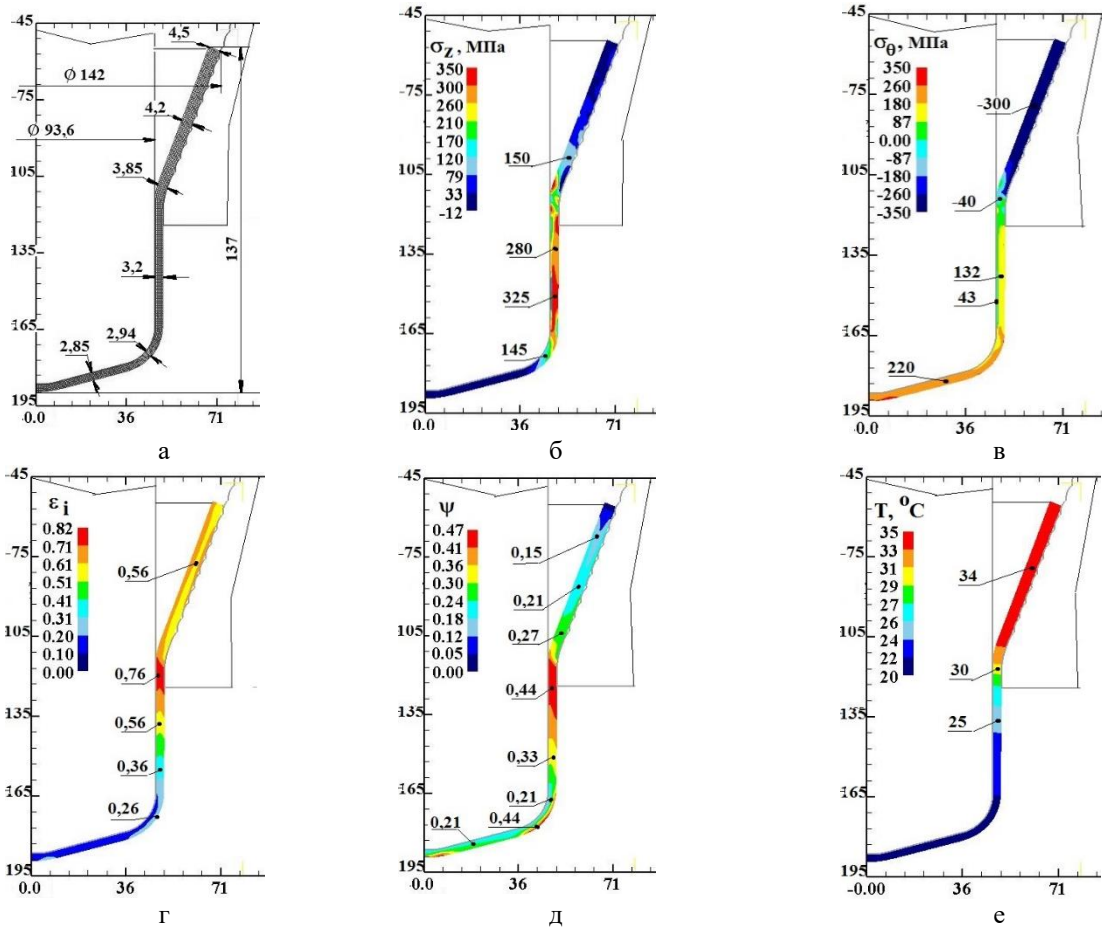
Рис. 2 – Послідовність формоутворення напівфабриката витягуванням в одноконусній матриці спеціального профіля: а – вихідне положення при витягуванні, положення в кінці витягування, в – положення після виймання пуансона із здеформованої заготовки, г – положення після виштовхування напівфабриката із матриці, д – загальний вигляд напівфабрикату

Силові режими витягування. Розрахунковим шляхом встановлені силові режими при формоутворенні витягуванням: зусилля витягування, зусилля виймання пуансона із напівфабриката та зусилля видалення його із матриці (рис. 3). На рис. 3а зображена залежність зусилля витягування, яке отримане на пуансоні від його переміщення. Зусилля постійно зростає, невелике зменшення спостерігається на стадії виходу фланця із притискача. На кінцевій стадії витягування зусилля досягає величини 285 кН. З наведеного графіка можна визначити роботу деформації. Для проектування штампового оснащення необхідно знати величину зусилля на притискачі при витягуванні. Найбільше значення такого зусилля (87 кН) виникає при переміщенні пуансона 67 мм (рис. 3б). Використання пружно-пластичної моделі металу дозволило виявити зусилля виймання пуансона при зворотному ході пуансона та зусилля видалення напівфабриката із матриці. Залежність зусилля виймання від переміщення пуансона приведена на рис. 3в. Максимальне значення зусилля виймання виникає на початку зворотного ходу і досягає 30 кН з невеликим зменшенням до величини 27 кН на кінцевій стадії виймання. Зусилля виймання напівфабриката із матриці складає 3 кН.

а б в

Рис. 3 – Силові режими витягування: а – залежність зусилля витягування від переміщення пуансона, б – залежність зусилля на притискачі від переміщення пуансона, в – залежність зусилля виймання пуансона із напівфабриката при зворотному ході

Напружено-деформований стан та температура при витягуванні. Для виявлення можливості подальшого обтиску напівфабриката, який отриманий витягуванням, без виконання проміжного відпалу встановлений напружено-деформований стан та ступінь використання ресурсу пластичності здеформованого металу. На рис. 4 зображені форма і розміри половини напівфабриката, розподіли осьових σ_z і тангенціальних σ_θ напружень, інтенсивності деформацій ε_i в ньому, вичерпаного ресурсу пластичності ψ та температури T у здеформованому металі. Тут і в подальшому тонкими лініями зображений деформуючий інструмент.



а б в

г д е

Рис. 4 – Форма і розміри половини напівфабриката та розподіли у здеформованому металі осьових σ_z і тангенціальних σ_θ напружень, інтенсивності деформацій ε_i, вичерпаного ресурсу пластичності ψ, температури T: а – форма і розміри, б – розподіл σ_z, в – розподіл σ_θ, г – розподіл ε_i, д – розподіл ψ, е – розподіл T. Розміри по вісях координат в міліметрах

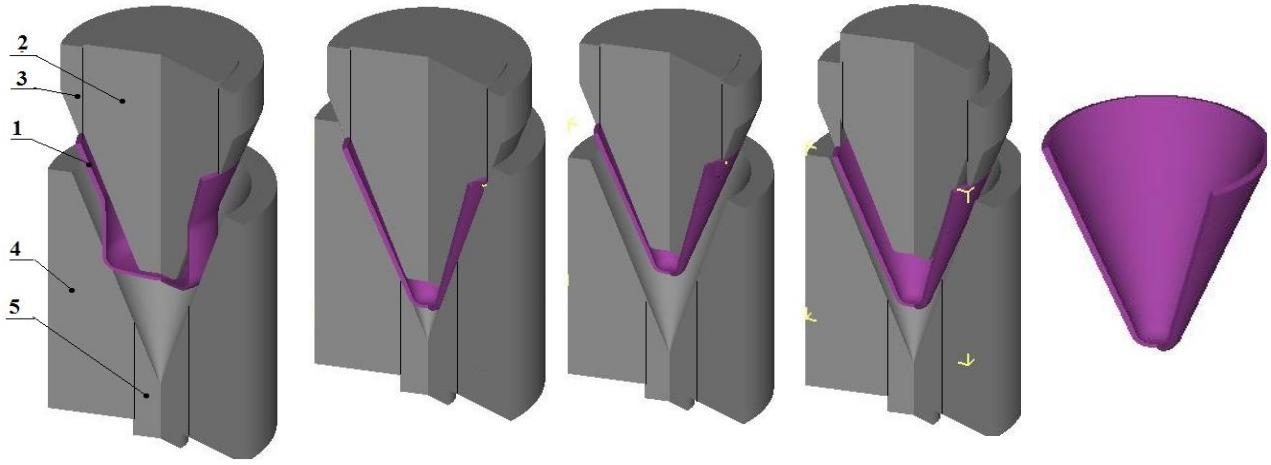
При витягуванні відбувається потовщення стінки конусної частини напівфабриката (рис. 4а). На торці напівфабриката діаметром 142 мм товщина складає 4,5 мм, посередині цієї частини отримано 4,2 мм, а в місці переходу конусної частини в циліндричну – 3,85 мм. Стінка циліндричної частини напівфабриката має постійну товщину 3,2 мм, яка відповідає величині односторонньому зазору між пуансоном і матрицею. У донній частині напівфабриката стінка потоншується з вихідної товщини 3,5 мм до 2,94 мм на радіусі заокруглення пуансона та до 2,85 мм на конусній поверхні пуансона. На рис. 4б зображений розподіл осьових напружень σ_z у напівфабрикаті, які є основним фактором, що визначає можливість формоутворення без руйнування. Всі напруження σ_z розтягувальні. Найбільше значення 325 МПа виникає у стінці циліндричної частини напівфабриката. Зона з такими напруження займає не всю товщину стінки.

Ще одне небезпечне місце здеформованої заготовки, що виникає при витягуванні – це на радіусі заокруглення пуансона, в якому отримано σ_z=145 МПа. При витягуванні в одноконусній матриці тангенціальні напруження σ_θ також суттєво впливають на формоутворення по конусній поверхні матриці і можуть привести до складкоутворення у здеформованій заготовці. Розподіл напружень σ_θ показаний на рис. 4в. У конусній частині напівфабриката ці напруження стискаючі і досягають значення $\sigma_\theta = -300$ МПа. При цьому складкоутворення не спостерігається. Пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією можна оцінити по розподілу інтенсивності деформацій ε_i у напівфабрикаті (рис. 4г). По середині конусної частини отримано ε_i=0,56. У стінці, яка знаходиться в зазорі між калібруючим пояском матриці і пуансоном, досягається максимальне значення $\varepsilon_i = 0,76$ завдяки потоншенню стінки. Далі величина інтенсивності деформацій зменшується по довжині циліндричної частини в напрямку донної частини напівфабриката. Виявлений напружено-деформований стан дозволив встановити ступінь використання ресурсу пластичності ψ у здеформованому металі, розподіл якого приведений на рис. 4д. Найбільші величини вичерпаного ресурсу у межах ψ=0,44÷0,47 отримані в стінках напівфабриката в зазорі між калібруючим пояском матриці і пуансоном та на радіусі заокруглення пуансона. При даних розмірах заготовки і деформуючого інструмента та стадії витягування ресурс пластичності вичерпується на половину. При комбінованому витягуванні в матриці спеціального профіля змінюється температура здеформованого металу. Розподіл температури зображений на рис. 4е. У конусній частині напівфабриката температура досягає 35° С. Виявлення температури дозволяє уточнити вимоги для змащення для витягування.

Послідовність формоутворення конусного в виробу обтиском. Вище було відмічено, що при розрахунку обтиску (див. рис. 1в) враховані накопичені деформації та вичерпаний ресурс пластичності у здеформованому металі напівфабриката після витягування. Розглянуте моделювання безпосередньо процеса обтиску, зворотного переміщення матриці після обтиску та знімання отриманого виробу із пуансона за допомогою виштовхача.

На рис. 5 зображена послідовність формоутворення конусного виробу обтиском в конусній матриці. Положення перед початком обтиску приведене на рис. 5а. Напівфабрикат *1* встановлюють конусною частиною на пуансон *2* та торцем спирається на виштовхувач *3*. Деформування виконують за допомогою одночасного переміщення матриці *4* із штовхачем *5*.

Положення в кінці обтиску при переміщенні матриці *4* із штовхачем *5* на 50 мм показане на рис. 5б. При зворотному переміщенні матриці та штовхача отриманий виріб залишається на пуансоні *2* (рис. 5в). На рис. 5г наведене положення після знімання виробу із пуансона *2* за допомогою виштовхувача *3*. Отриманий конусний виріб зображений на рис. 5д.



а б в г д

Рис. 5 – Послідовність формоутворення конусного в виробу обтиском в конусній матриці: а – вихідне положення при обтиску, положення в кінці обтиску, в – положення після зворотного переміщення матриці із штовхачем, г – положення після знімання виробу із пуансона, д – загальний вигляд виробу

Силовий режим обтиску, напружено-деформований стан здеформованої заготовки. На рис. 6 приведена залежність зусилля обтиску від переміщення матриці із штовхачем. Зусилля постійно зростає і досягає максимального значення 546 кН в кінці обтиску при переміщенні 54 мм. Форма та розміри половини конусного виробу зображені на рис. 7. По довжині виробу стінка має різну товщину. Найбільше значення товщини отримано на торці з подальшим зменшенням до донної частини. Висота виробу складає 157 мм, що на 20 мм більше в порівнянні з висотою с напівфабриката. При необхідності отримання постійної товщини стінки по висоті напівфабриката можна використати операцію калібрування або ротаційного витягування. На рис. 8 наведений розподіл результуючих значень інтенсивності деформацій ε_i за два переходи штампування.

Рис. 6 – Залежність зусилля обтиску від переміщення матриці із штовхачем

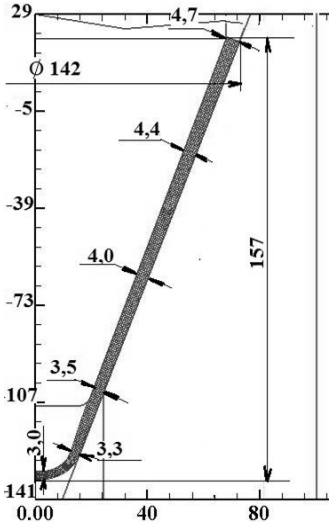


Рис. 7 – Форма і розміри в міліметрах половини конусного виробу

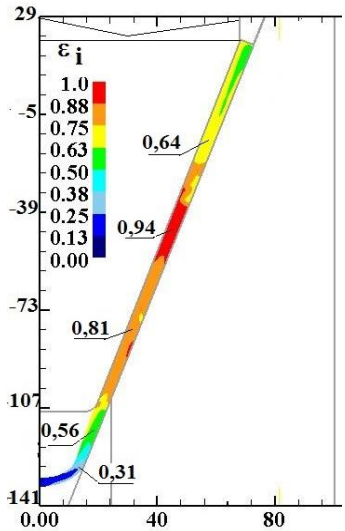


Рис. 8 – Розподіл результуючих значень інтенсивності деформацій ε_i

У верхній частині виробу отримано ε_i = 0,5÷0,75. Найбільше пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією має місце в середній частині, в якій інтенсивність деформацій знаходиться у межах ε_i = 0,81÷0,94. Далі іде зменшення величини ε_i до значення ε_i = 0,31 в місці переходу конусної частини виробу в радіус заокруглення. По даному розподілу та з використанням діаграми істинних напружень для міді М2 можна прогнозувати механічні властивості у здеформованому металі по довжині конусного виробу.

Висновки:

1. З використанням методу скінченних елементів встановлені параметри двохперехідного штампування високих конусних порожнистих виробів з використанням операції витягування з притискачем в конусній матриці спеціального профіля та подальшого обтиску.

2. Для першого переходу витягування виявлені зусилля на пуансоні та притискачі та зусилля виймання пуансона із напівфабриката. Визначені кінцева форма і розміри напівфабриката, напружено-деформований стан, ступінь використання ресурсу пластичності та температура деформованого металу. Вичерпаний ресурс пластичності дозволяє виконати другий перехід штампування без проміжного відпалу напівфабриката.

3. Для другого переходу обтиску в конусній матриці встановлене зусилля обтиску, визначені кінцеві форма та розміри виробу та напружено-деформований стан здеформованого металу.

4. Розрахунковим шляхом виявлені всі необхідні параметри для виконання двохперехідного штампування конусних виробів та проектування штампового оснащення.

Список літератури

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. 6-е изд., перераб. и доп. / В. П. Романовский . — Ленингр. отд-ние: Машиностроение. 1979. — 520 с.

2. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка/ Под ред.. А.Д. Матвеева; Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985–1987. – 544 с.

3. Аверкиев Ю. А. Холодная штамповка / Ю. А. Аверкиев. Издательство Ростовского университета, 1984. – 288 с.

4. Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев., А. Ю. Аверкиев. – М: Машиностроение, 1989. – 304 с.

5. Гречников В.Ф. Прогрессивные технологические процессы холодной штамповки / Ф.В. Гречников, А.М. Дмитриев, В.Д. Кухарь и др.; Под общ. ред. А.Г. Овчинникова. – М. Машиностроение, 1985. – 184 с.

6. Валиев С.А. Комбинированная глубокая вытяжка листовых заготовок / С.А. Валиев. – М: Машиностроение, 1973. – 176 с.

7. Калюжний О.В. Зменшення кількості переходів витягування вісесиметричних виробів з використанням матриці спеціального профілю / О.В. Калюжний // Обработка материалов давлением. Сб. научн. тр., Краматорськ, ДГМА, 2013. №4 (37). – С. 93–97.

8. Калюжний О.В. Зменшення зусилля та підвищення продуктивності формоутворення при комбінованому витягуванні вісесиметричних виробів / О.В. Калюжний // Вісник НТУ «ХПІ», Серія «Нові рішення в сучасних технологіях», Харків, № 42’2013. – С. 126–131.

9. Калюжний О.В. Порівняльний аналіз ефективності процесу комбінованого витягування в двоконусній матриці та матриці спеціального профілю / О.В. Калюжний // Обработка материалов давлением. Сб. научн. тр., Краматорск, ДГМА, 2014, № 1(38). – С. 32–37.

10. Калюжний О.В. Комбіноване витягування вісесиметричних порожнистих виробів із листових заготовок з різних матеріалів в двохконусній традиційній матриці та матриці спеціального профілю / О.В. Калюжний, С.С. Соколовська // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорск, ДГМА, 2016 р. – №2 (41). – С. 203–211.

11. Калюжний О.В. Комбіноване витягування вісесиметричних порожнистих виробів з листових заготовок із сталі ASSI-316L в одноконусній матриці та матриці спеціального профілю / О.В. Калюжний, С.С. Соколовська // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. -Краматорск, ДГМА, 2016 р. – №1 (42). – С. 157–164.

References (transliterated)

1. Romanovskiy V. P. *Spravochnik po holodnoy shtampovke.* 6-e izd., pererab. i dop. [Reference book of cold stamping]. Leningr. otd-nie: Mashinostroenie Publ., 1979. – 520 p.

2. *Kovka i shtampovka:* Spravochnik: Vol. 4. Listovaya shtampovka/ Pod red.. A.D. Matveeva; [Forging and Stamping]. – Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985-1987. – 544 p.

3. Averkiev Yu. A. *Holodnaya shtampovka* [Cold pressing]. Izdatelstvo Rostovskogo universiteta, 1984. – 288 p.

4. Averkiev Yu. A. *Tehnologiya holodnoy shtampovki* [The technology of cold forming]. – Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. – 304 p.

5. Grechnikov V.F. *Progressivnye tehnologicheskie protsessy holodnoy shtampovki* [Progressive technological processes of cold stamping]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. – 184 p.

6. Valiev S.A. *Kombinirovannaya glubokaya vytyazhka listovyh zagotovok* [Combined deep drawing blanks]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1973. – 176 p.

7. Kalyuzhniy O.V. Zmenshennya kilkosti perehodiv vityaguvannya visesimetrichnih virobiv z vikoristannyam matritsi spetsialnogo profilyu [Reducing the number of transitions pulling axisymmetrical products using special profile matrix] // Obrabotka materialov davleniem. Sb. nauchn. tr., Kramatorsk, DGMA, 2013. No 4 (37). – P. 93–97.

8. Kalyuzhniy O.V. Zmenshennya zusillya ta pidvishchennya produktivnosti formoutvorennya pri kombinovanomu vityaguvanni visesimetrichnih virobiv [The reduction efforts and productivity of forming the combined pulling axisymmetrical products]. *Visnik NTU «HPI»,* [Bulletin of the Kharkov Polytechnic Institute. Seriya «Novi rishennya v suchasnih tehnologiyah»]. Kharkiv, No 42’2013. – P. 126–131.

9. Kalyuzhniy O.V. Porivnyalniy analiz efektivnosti protsesu kombinovanogo vityaguvannya v dvokonusniy matritsi ta matritsi spetsialnogo profilyu [Comparative analysis of the efficiency of the combined pulling in dvokonusniy matrix and matrix special profile] // Obrabotka materialov davlenim. Sb. nauchn. tr., Kramatorsk, DGMA, 2014, No 1(38). – P. 32–37.

10. Kalyuzhniy O.V. Kombinovane vityaguvannya visesimetrichnih porozhnistih virobiv iz listovih zagotovok z riznih materialiv v dvohkonusniy traditsiyniy matritsi ta matritsi spetsialnogo profilyu [Combined pulling axisymmetrical hollow products from sheet blanks of different materials in dvohkonusniy traditional matrix and matrix special profile] // Obrabotka materialov davleniem. Sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk, DGMA, 2016 r. – No 2 (41). – P. 203–211.

11. Kalyuzhniy O.V. Kombinovane vityaguvannya visesimetrichnih porozhnistih virobiv z listovih zagotovok iz stali ASSI-316L v odnokonusniy matritsi ta matritsi spetsialnogo profilyu [Combined pulling axisymmetrical hollow Sheet steel blanks ASSI-316L in odnokonusniy matrix and matrix special profile] // Obrabotka materialov davleniem. Sbornik nauchnyh trudov. – Kramatorsk, DGMA, 2016 r. – No 1 (42). – P. 157–164.

Надійшла (received) 03.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Визначення параметрів двохперехідного штампування високих конусних виробів з листової заготовки із пластичної міді / І. С. Алієв, В. Л. Калюжний // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 30(1202). – С. 5–12. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2519-2671

Определение параметров двохпереходной штамповки высоких конических изделий с листовой заготовки из пластичной меди / И. С. Алиев, В. Л. Калюжный // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 30(1202). – С. 5–12. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2519-2671

Determination of the parameters of forming high conical products in two stages of plastic copper sheet workpiece / I. S. Aliev, V. L. Kaluzhny // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy. – Kharkiv: NTU «KhPI» – 2016. – No 30 (1202). – P. 5–12. – Bibliogr.: 11 – ISSN 2519-2671

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Алієв Ігрaмотдін Серажутдінович – доктор технічних наук, професор, Донбаська державна машинобудівна академія, завідувач кафедри обробки металів тиском; тел.: (050)478-03-95; e-mail: igram-aliev@mail.ru.

Алиев Играмотдин Серажутдинович – доктор технических наук, профессор, Донбасская государственная машиностроительная академия, заведующий кафедрой обработки металлов давлением; тел.: (050)478-03-95; e-mail: igram-aliev@mail.ru.

Aliyev Igramotdin Serazhutdynovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Donbass State Machine Engineering Academy, Head of the Department of Metal Forming by Pressure; tel.: (050)478-03-95; e-mail: igram-aliev@mail.ru.

Калюжний Володимир Леонідович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», професор кафедри механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів; тел.: (098)273-44-19; e-mail: kwl_2011@ukr.net.

Калюжный Владимир Леонидович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», профессор кафедры механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов; тел.: (098)273-44-19; e-mail: kwl_2011@ukr.net.

Kaluzhny Vladimir Leonidovich – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named Igor Sikorsky", Professor of the Department of Mechanics of the Materials Plasticity and Resource Processes; tel.: (098)273-44-19; e-mail: kwl_2011@ukr.net.