

force, the stress-strain state of the workpiece and the damage of the blank metal were researched. The optimal angle of the inlet cone of the double-cone die for the combined drawing process was defined for the production of the different thick wall and bottom part products.

Key words: the combined drawing process, the finite element method, the angle of the inlet cone of the double-cone die, the drawing process force, the stress-strain state of the workpiece.

УДК 621.961; 621.983; 621.774

О.В. Калюжний, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ ВИРОБУ З ДВОМА ФЛАНЦЯМИ ІЗ ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ОПЕРАЦІЙ ВИТЯГУВАННЯ, РОЗДАЧІ І ОСАДЖУВАННЯ

Розроблена технологія для серійного виготовлення виробу із листової заготовки з використанням операцій витягування, роздачі і осаджування. Методом скінченних елементів встановлені силові режими і робота деформації вирубування вихідної заготовки і по переходах формоутворення. При розрахунках розмірів напівфабрикатів враховані накопичені деформації і напруження, ресурс пластичності металу після деформації. Визначені розміри матриці, які забезпечують витягування за один перехід взамін традиційних двох. Процеси штампування можуть бути реалізовані на кривошипному обладнанні зусиллям 160 і 400 кН.

Ключові слова: холодне листове штампування, метод скінченних елементів, вирубування, витягування, роздача, осаджування фланця.

Вступ. Холодне штампування листових заготовок дозволяє виготовляти вироби з підвищеною продуктивністю і коефіцієнтом використання металу, зниженими енерговитратами. В теперішній час область промислового використання технології холодного штампування постійно розширюється в напрямку ускладнення геометричної форми виробів, скорочення кількості переходів штампування, зниження собівартості виробів, що збільшує конкурентоспроможність вказаної технології. При виготовленні деталі із низьковуглецевої сталі, ескіз якої показаний на рис. 1, можна використовувати трубчасту заготовку з наступними переходами роздачі і осаджування фланців. Однак, це приведе до великої собівартості деталі. Тому раціональним є використання формоутворення вказаного виробу з використанням операцій холодного листового штампування. Традиційно порожнисті вироби з фланцем і дном отримують витягуванням, що можна використати для отримання трубчастої заготовки з фланцем подальшим пробиванням дна. По даним джерел [1–3] традиційним витягуванням і комбінованим витягуванням [4] отримати показаний на рисунку напівфабрикат з фланцем за один перехід не можливо. Крім того в джерелах [1–3] практично відсутні дані по використаному ресурсу пластичності металу після витягування за два переходи, тому неможливо провести подальші розрахунки переходів роздачі і осаджування. Використати витягування з радіальним підпором фланця заготовки для серійного виробництва дозволить отримати напівфабрикат з фланцем циліндричної форми за один перехід, однак не забезпечить необхідну продуктивність для серійного виробництва [5]. Для скорочення кількості переходів при витягу-

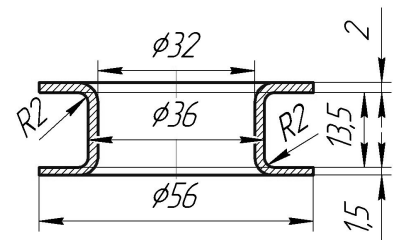


Рис. 1. Ескіз деталі

ванні автором в роботі [6] запропоновано використовувати матрицю зі спеціальним профілем, що дозволило отримати виріб за один перехід замість трьох по даним джерела [1].

Постановка задачі. Метою роботи є визначення розрахунковим шляхом параметрів штампування виробу з двома фланцями з використанням операцій холодного листового штампування та розроблення технології серійного виробництва таких виробів з використанням операцій витягування, роздачі та осаджування. Вказану задачу можна вирішити математичним моделюванням з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Застосування МСЕ дозволяє врахувати основні фактори, які впливають на формоутворення виробів холодним штампуванням з листової заготовки, накопичені напруження і деформації при штампуванні за декілька переходів, встановити розміри напівфабрикатів та кінцеві розміри виробів. В роботі використана ній ліцензований скінченно-елементний пакет програм DEFORM.

Результати досліджень. Діаметр вихідної круглої листової заготовки для першого переходу витягування визначений по даним джерела [1]. Круглу листову заготовку традиційно отримують вирубуванням із полоси. Схема вирубування для розрахунку МСЕ з позначеннями і необхідними розмірами приведена на рис. 2. Полоса 1 встановлена в матриці 2 і зафіксована притискачем 3. Заготовка діаметром 83 мм вирубується пуансоном 4.

На рис 3. зображена розрахункова залежність зусилля вирубування від переміщення пуансону. Максимальне зусилля вирубування досягає величини 138 кН.

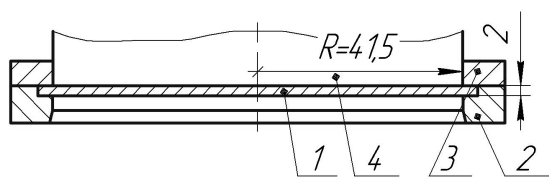


Рис. 2. Схема вирубування



Рис. 3. Залежність зусилля вирубування від переміщення пуансону

Найбільш складною є операція витягування. Було запропоновано провести витягування за один перехід в матриці спеціального профілю з отриманням фланця конічної форми

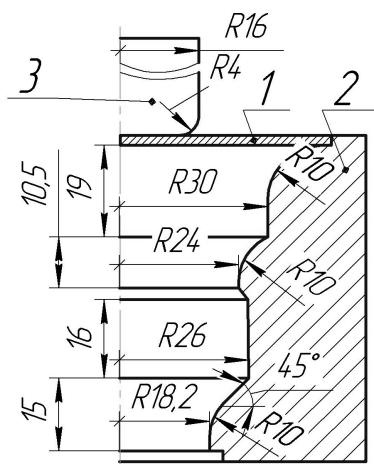


Рис. 4. Схема витягування в матриці спеціального профілю

взамін циліндричної. При подальшому пробиванні дна вказаний фланець можна буде зробити шляхом осаджування циліндричним. Моделюванням встановлений профіль матриці, який забезпечує отримання витягуванням за один перехід напівфабрикат необхідної форми і розмірів (рис. 4). Наведена половина розрахункової схеми витягування. Заготовка 1 встановлена на матриці 2. Витягування виконується пуансоном 3. Сутність спеціального профілю полягає в розподілу процесу витягування на декілька стадій, що запропоновано в роботі [4]. В даному випадку витягування виконується за три стадії. Спочатку, на першій стадії, заготовка з радіусу 41,5 мм до радіусу $R = 30$ мм деформується на радіусі матриці $R = 10$ мм. Після цього починається друга стадія формоутворення з радіусу $R = 30$ мм до радіусу $R = 24$ мм на матриці з радіусом заокруглення також $R = 10$ мм. Після

деформування на матриці з $R = 10$ мм починається третя стадія, на якій отримується кінцевий зовнішній радіус напівфабрикату $R = 18,2$ мм і фланець під кутом 45° .

На рис. 5 показані результати розрахунку витягування в матриці спеціального профілю. Кінцеві форма і розміри в міліметрах половини напівфабрикату після витягування зображені на рис. 5, а. При витягуванні відбувається потоншення стінки на радіусі заокруглення пуансону з 2 до 1,74 мм, а фланець потовщується до 2,6 мм. Загальний вигляд напівфабрикату в розрізі наведений на рис. 5, б. На рис. 5, в показана залежність зусилля витягування від переміщення пуансону. На графіку видно три стадії витягування, причому кожна стадія починається після завершення попередньої (після суттєвого зменшення зусилля деформування). Максимальне зусилля витягування складає 65 кН. Отримана залежність дозволяє розрахувати роботу деформації.

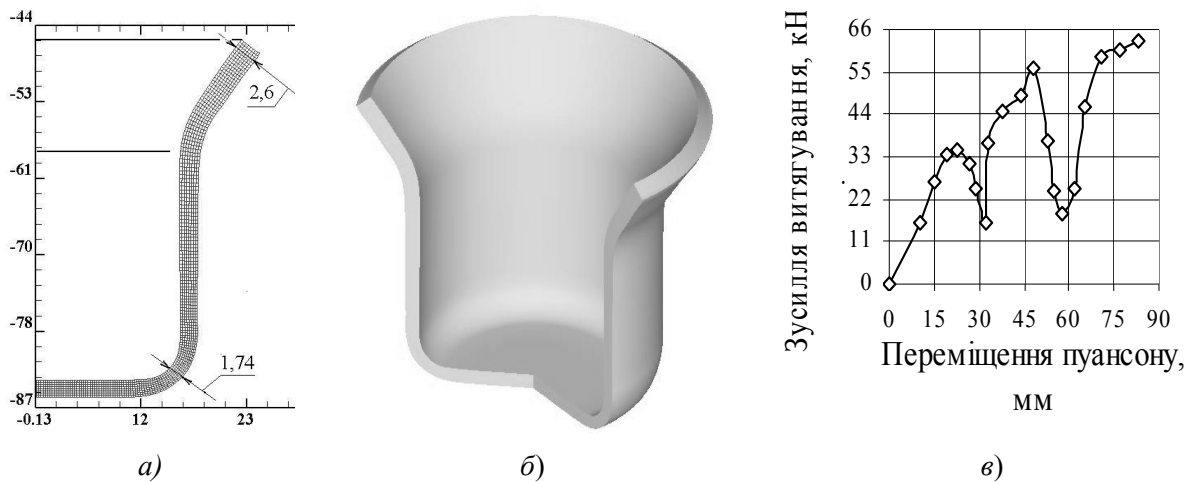


Рис. 5. Результати розрахунків переходу витягування

Наступний перехід виготовлення — пробивання дна і осаджування фланця. Схема цього переходу та результати розрахунків показані на рис. 6. В силу симетрії наведена половина схеми з формою і розмірами деформуючого інструменту (рис. 6, а). Напівфабрикат 1, який отриманий витягуванням, встановлений в матриці для вирубування 2. Деформування виконується пуансоном 3. Форма і розміри напівфабрикату після другого переходу наведені на рис. 6, б. При осаджуванні фланця відбувається його потоншення і він отримує товщину 2 мм по всій довжині. На рис. 6, в показана залежність зусилля вирубування і подальшого осаджування фланця від переміщення пуансону. Спочатку відбувається вирубування при максимальному зусиллі 85 кН, а осаджування завершується при зусиллі 140 кН.

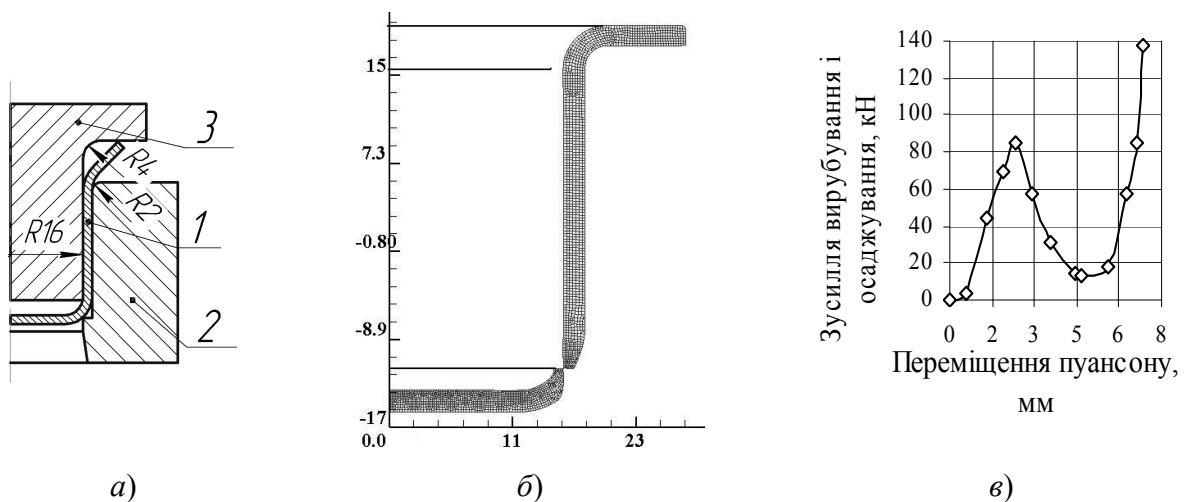


Рис. 6. Результати моделювання другого переходу формоутворення: вирубування з осаджуванням

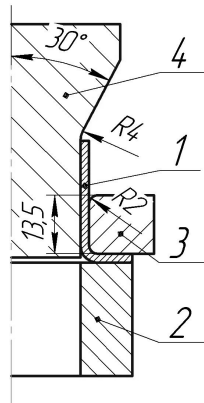


Рис. 7. Схема роздачі

Третій перехід штампування виробу — роздача трубчастій частині напівфабрикату, який отриманий на другому переході. Схема для розрахунку МСЕ формоутворення при роздачі з розмірами деформуючого інструменту зображена на рис. 7. Напівфабрикат 1 встановлений на плиті 2 в роз'ємній матриці 3. Роздача виконується пуансоном 4. На рис. 8. приведені результати моделювання. Половина напівфабрикату з розмірами після роздачі зображена на рис. 8, а. Довжина конічної частини після роздачі повинна забезпечити необхідну довжину другого фланця після наступного переходу осаджування. Загальний вигляд напівфабрикату в розрізі наведений на рис. 8, б. На рис. 8, в показана залежність зусилля роздачі від переміщення пуансону. Максимальне

зусилля має місце в кінці роздачі і складає 103 кН.

Останній перехід отримання виробу — осаджування конічної частини, яка отримана роздачею. Цей перехід можна виконувати на кривошипному пресі в двохпозиційному штампі одночасно з попереднім переходом. Схема для розрахунку МСЕ осаджування з розмірами деформуючого інструменту показана на рис. 9. Напівфабрикат 1 встановлений на плиті 2 в роз'ємній матриці 3. Осаджування виконується пуансоном 4.

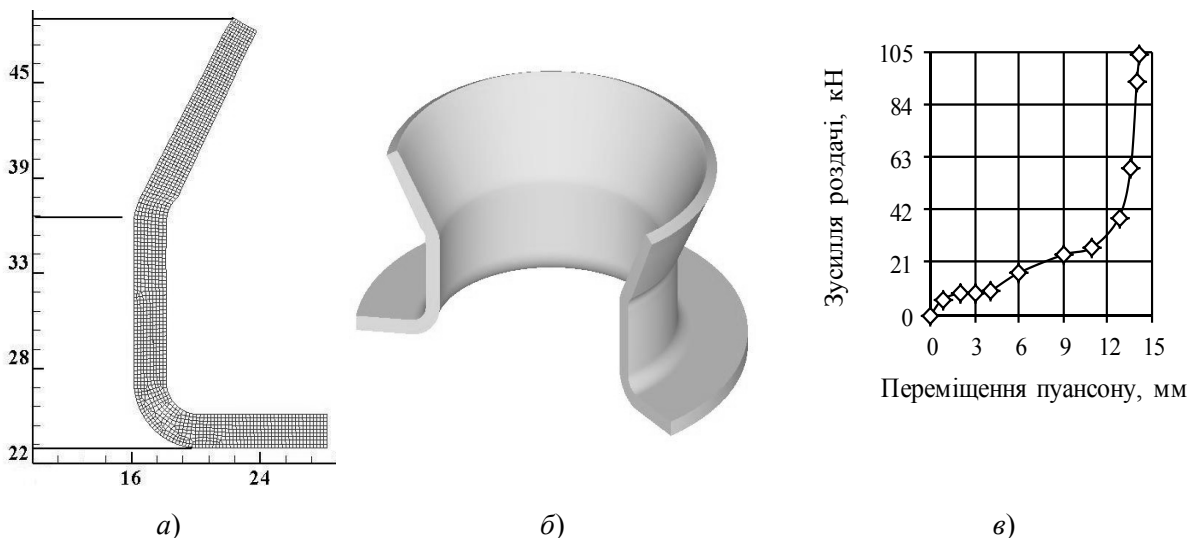


Рис. 8. Результати моделювання процесу роздачі

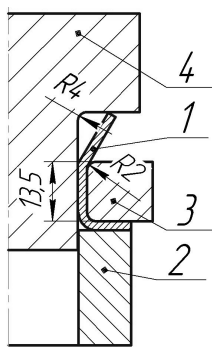


Рис. 9. Схема осаджування другого фланця

На рис. 10 приведені результати розрахункового аналізу процесу осаджування другого фланця. Кінцеві розміри виробу зображені на рис. 10, а. При осаджуванні другого фланця також відбувається потоншення і він має меншу товщину порівнянні з першим фланцем та вихідною листовою заготовкою. Однак отримана товщина відповідає кресленню виробу (див. рис. 1). Загальний вигляд виробу в розрізі наведений на рис. 10, б. На рис. 10, в зображена залежність зусилля осаджування другого фланця від переміщення пуансону. Кінцева форма виробу отримується при зусиллі 200 кН.

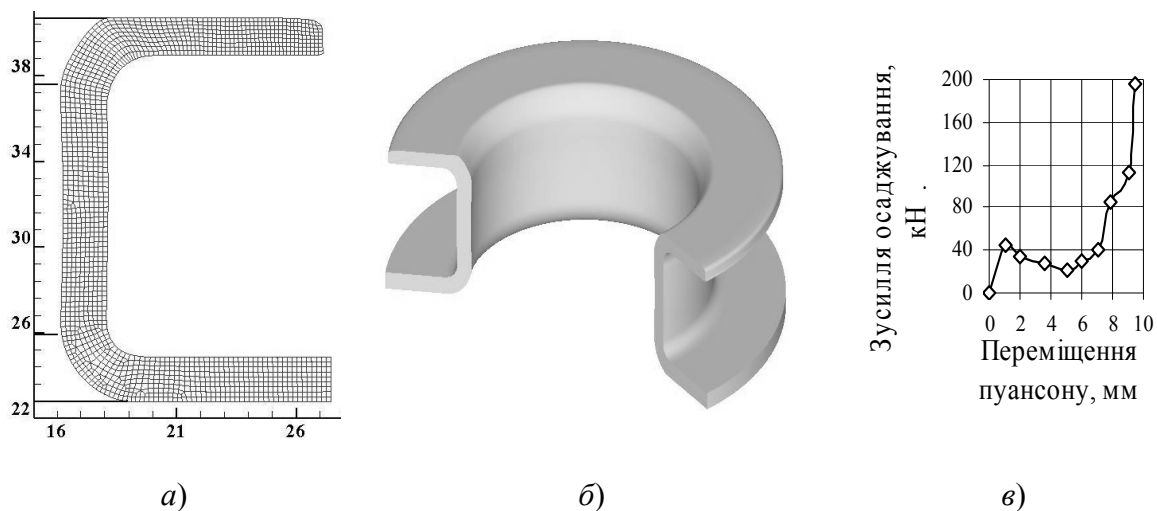


Рис. 10. Результати моделювання процесу осаджування другого фланця

Таким чином, для виробництва виробу згідно креслення необхідно використовувати наступні операції холодного листового штампування: вирубування круглої листової заготовки із полоси, витягування за один перехід порожнистого напівфабрикату з фланцем конічної форми в матриці спеціального профілю, пробивання дна з осаджуванням фланця конічної форми, роздача трубчастої частини напівфабрикату з отриманням конічної форми та друге осаджування конічної форми. Вказані процеси можна реалізувати на універсальному кривошипному обладнанні зусиллям 160 і 400 кН, яке забезпечить необхідну продуктивність для серійного виготовлення виробів.

Висновки

1. Запропонована технологія виготовлення порожнистого виробу з двома фланцями холодним листовим штампуванням взамін виготовлення із трубчастої заготовки.
2. Технологія включає операції вирубування круглої листової заготовки, витягування порожнистого виробу з конічним фланцем за один перехід, пробивання дна і одночасне осаджування першого фланця, роздачі та осаджування другого фланцю.
3. Для кожного переходу встановлені силові режими, робота деформації та розміри напівфабрикатів з урахуванням накопичених деформацій на попередніх переходах.
4. Запропонований спеціальний профіль матриці для витягування порожнистого виробу за один перехід взамін традиційних двох.
5. Переходи штампування виробу можуть бути реалізовані на кривошипних пресах зусиллям 160 і 400 кН.

Література

1. Романовский, В.П. *Справочник по холодной штамповке [Текст]* / В.П. Романовский. – 6-е изд., пераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
2. *Ковка и штамповка: справ.: В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка [Текст]* / 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 [Текст]* / Ю.А. Аверкиев. – Ростов: Изд-во Ростовского ун-та, 1984. – 288 с.
4. Валиев, С.А. *Комбинированная глубокая вытяжка листовых материалов [Текст]* / С.А. Валиев. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с.
5. Патент України на корисну модель № 64784, МПК (2011) B21B21/10. Спосіб витягування з підпором фланця / Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Піманов В.В., Савчук І.М.; Заявка u201101217 від 13.02.2011, опубл. 25.11.2011, бюл. № 22/2011.

6. Калюжний, О.В. Зменшення кількості переходів витягування вісесиметричних виробів з використанням матриці спеціального профілю [Текст] / О.В. Калюжний // Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості освіти: тези доп. IV Міжнар. конф., Київ, 2013. – С. 63–64.

© О.В. Калюжний

А.В. Калюжний, к.т.н., доц.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

ХОЛОДНАЯ ШТАМПОВКА ИЗ ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗДЕЛИЯ С ДВУМЯ ФЛАНЦАМИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ВЫТЯЖКИ, РАЗДАЧИ И ОСАДКИ

Разработана технология для серийного изготовления изделия из листовой заготовки с использованием операций вытяжки, раздачи и осадки. Методом конечных элементов установлены силовые режимы и работа деформации вырубке исходной заготовки и по переходам формообразования. При расчетах размеров полуфабрикатов учтены накопленные деформации и напряжения, ресурс пластичности сформированного металла. Определены размеры матрицы, которые обеспечивают вытяжку за одну операцию взамен традиционных двух. Процессы штамповки могут быть реализованы на кривошипном прессовом оборудовании усилием 160 и 400 кН.

Ключевые слова: холодная листовая штамповка, метод конечных элементов, вырубка, вытяжка, раздача, осадка фланца.

A.V. Kaliuzhny, Ph.D., Associate Professor

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

COLD FORMING FROM SHEET PREFORM OF AN ARTICLE WITH TWO FLANGES BY USE OF PROCESSES OF A DRAWING, DISPENSATION AND DEPRESSION

The technique is developed for serial manufacture of an article from sheet preform with use of processes of a drawing, dispensation and depression. The finite element method fixes force conditions and an energy of deformation of blanking of a part. At calculations of the sizes of semifinished materials the saved up strains and stresses, a toughness resource deformed metal are considered. The sizes of a matrix which ensure a drawing in one operation instead of traditional processes are defined. Press forming processes can be realised on crank mechanism about 160 and 400 kH.

Keywords: a cold sheet-metal forming, a finite element method, blanking, a drawing, dispensation, flange depression.