

УДК 621. 983

Калюжний О. В.

ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПЕРЕХОДІВ ВИТЯГУВАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТРИЦІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ

Сучасне виробництво вісесиметричних деталей холодним витягуванням з листової заготовки ставить задачі скорочення кількості переходів формоутворення, підвищення точності форми і розмірів виробів. Вирішення вказаних задач приводить до суттєвого зниження собівартості виробів та робить продукцію конкурентоспроможною. Традиційне витягування вісесиметричних виробів, рекомендації по визначенню параметрів для проектування технології, які викладені в джерелах [1–4], вже не відповідають вказаним вимогам, особливо по точності форми і розмірів виробів. Використання комбінованого витягування дозволяє збільшити глибину витягування за один перехід та підвищити точність виробів завдяки потоншенню стінки [5]. Сутність комбінованого витягування в двох конусних матрицях полягає у розділі формоутворення виробу на певні стадії. При цьому, наступна стадія починається після завершення попередньої. Однак і таке витягування не дозволяє суттєво скоротити кількість переходів при штампуванні виробів з відношенням висоти H до діаметру $D - (H/D) > 1,5$. Якщо потрібно отримати витягуванням виріб діаметром $D = 110$ мм, висотою $H = 250$ мм і товщиною 2 мм із листової заготовки з низьковуглецевої сталі, то по даним роботи [1] потрібні три переходи штампування, які зображені на рис. 1.

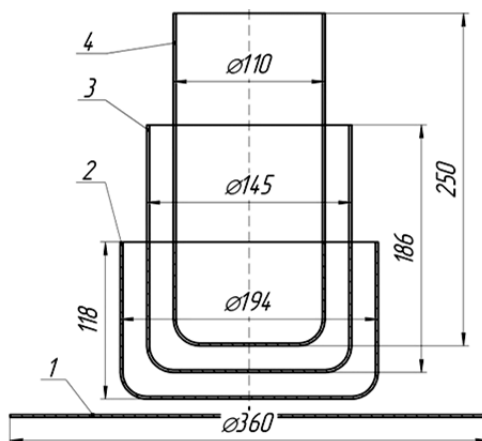


Рис. 1. Існуючі переходи штампування виробу діаметром 110 мм і висотою 250 мм

З заготовки 1 діаметром 360 мм на першому переході отримують напівфабрикат 2 діаметром 194 мм і висотою 118 мм, на другому переході напівфабрикат 3 відповідно з розмірами 145 мм і 186 мм. Третій перехід забезпечує отримання виробу 4. Вказаний виріб можна отримати за один перехід витягуванням з диференційованим радіальним підпором фланця заготовки за допомогою рідини [6], але виникають складнощі при ущільненні конструкції штампового оснащення для запобігання втрат рідини при деформуванні заготовки великого діаметру.

Глибину витягування за один перехід можна суттєво збільшити, якщо використати матрицю спеціального профілю, в якій формоутворення виробу також розділяється на певну кількість стадій [7]. На відміну від деформування по кінечним поверхням при комбінованому витягуванні, в даному випадку заготовка деформується на послідовно розташованих поверхнях у вигляді тору зі зменшеними діаметрами. Це приводить до локалізації осередку деформації в заготовці, зменшення контакту заготовки з матрицею та вірогідності втрати стійкості

геометричної форми заготовки. Реалізація витягування потребує використання матриць, які мають велику висоту. Такі матриці можна зробити набірними, в яких тільки деформуючі елементи виконані із інструментальних сталей.

Метою даної роботи є встановлення спеціального профілю матриці, який забезпечить витягування конкретного виробу за мінімальну кількість переходів.

Вказану задачу можна вирішити проведенням чисельних експериментів з використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Моделювання МСЕ дозволяє одночасно врахувати конструктивні фактори (геометричну форму пуансону і складну форму матриці), технологічні фактори (коефіцієнт витягування, величину зазору між пуансоном і матрицею, розвантаження металу при наявності позаконтактної деформації, тип змащення, швидкість деформування) та фізико-механічні фактори (пружні властивості металу, діаграму істинних напружень і діаграму пластичності металу, що деформується). Послідовність розташування стадій формоутворення виробу в матриці спеціального профілю повинна бути такою, щоб забезпечити деформування заготовки з мінімальним використанням ресурсу пластичності здеформованого металу після кожної стадії та виключити втрату стійкості геометричної форми заготовки.

Проведення чисельних експериментів з використанням МСЕ по витягуванню проводили для випадку витягування без притискача. Це додатково спрощує процес встановлення вихідної заготовки матриці та конструкцію штампного оснащення. В результаті моделювання було встановлено спеціальний профіль матриці (рис. 2), який забезпечив витягування виробу з вищевказаними розмірами за один перехід. В силу симетрії наведено половину схеми витягування для розрахункового аналізу з позначеннями і розмірами. Заготовка 1 встановлюється на матриці 2. Формоутворення виробу виконується пуансоном 3. Спеціальний профіль матриці складається з шести послідовно розташованих деформуючих поверхонь у вигляді тору. Поверхні мають діаметр 40 мм та розташовані на певній висоті від вихідного стану заготовки. Кінцевий діаметр матриці ($d = 116$ мм) був вибраний з врахуванням суттєвого потоншення стінки заготовки. Залежність зусилля витягування у вказаній матриці від переміщення пуансону зображена на рис. 3. На графіку можна виділити характерних шість стадій, на яких виникає максимум зусилля деформування. Перші 3 стадії реалізують при зусиллі, що знаходиться в межах 100–200 кН. Наступні 3 стадії витягування виконують при зусиллі від 225 до 300 кН. Найбільше зусилля витягування (300 кН) має місце на передостанній стадії формоутворення виробу. По наведеному графіку можна визначити роботу деформації.

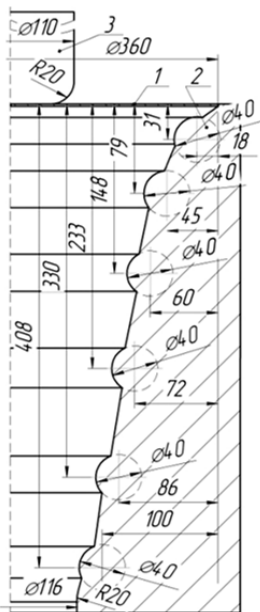


Рис. 2. Схема витягування в матриці спеціального профілю



Рис. 3. Залежність зусилля витягування від переміщення пуансону

Стадії формоутворення виробу при витягуванні в матриці спеціального профілю приведені на рис. 4. На першій стадії виконується згинання заготовки та деформування її на першій поверхні у вигляді тору, яка забезпечує виключення втрати стійкості геометричної форми заготовки. Закінчується стадія при досягненні торцем заготовки середини поверхні. На другій стадії максимум зусилля має місце при деформуванні на другій поверхні. Третя стадія закінчується при формоутворенні на третій поверхні. На четвертій стадії заготовка деформується на третій і четвертій поверхнях. П'ята стадія завершується деформуванням на п'ятій і шостій поверхнях і калібруючому пояску матриці. На шостій стадії починається кінцеве формоутворення виробу з деформуванням на шостій поверхні.

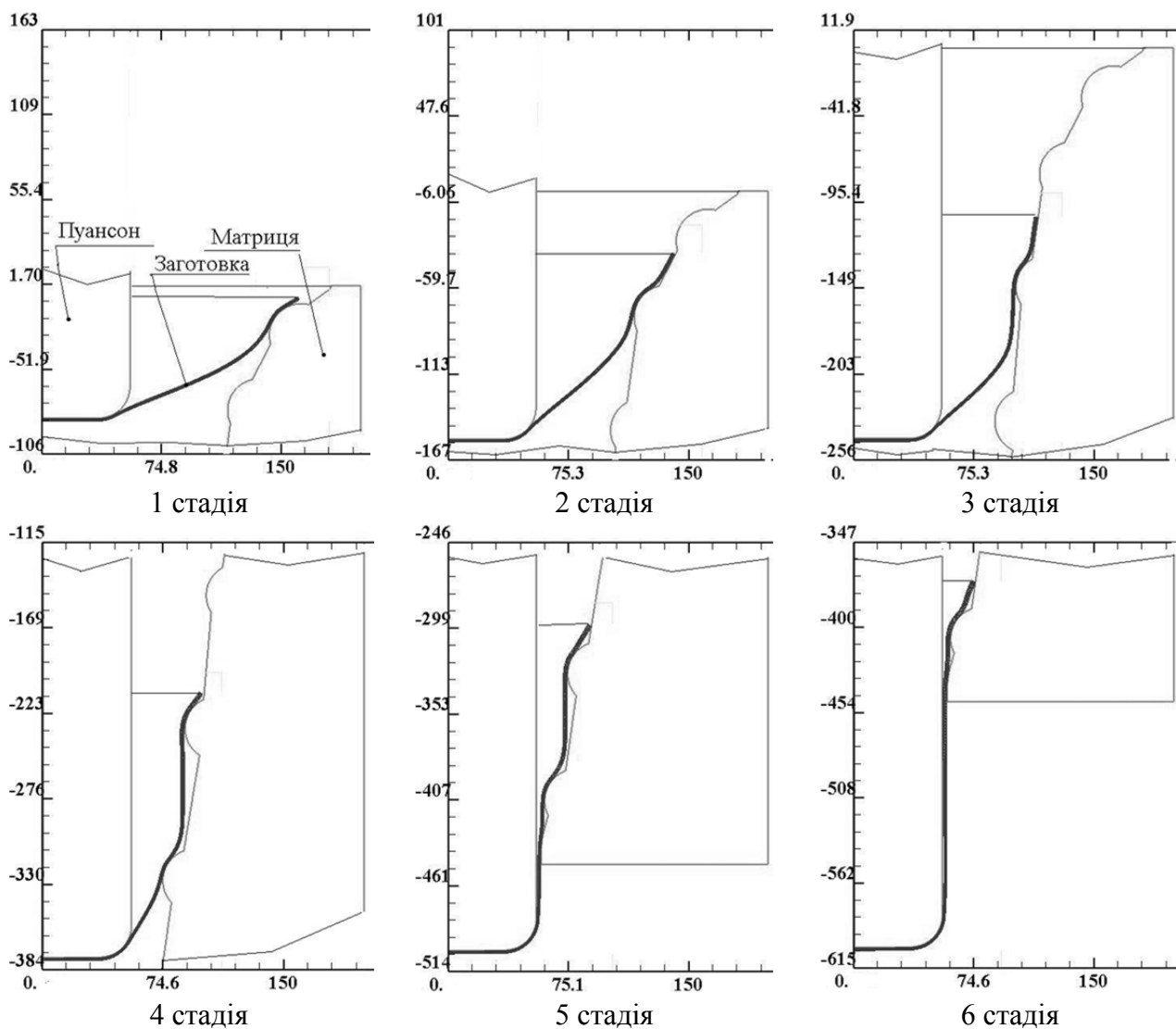


Рис. 4. Стадії процесу формоутворення виробу в матриці спеціального профілю. Розміри в міліметрах

Кінцеві форма і розміри половини виробу зображені на рис. 5. На радіусі заокруглення пуансону заготовка потоншується з 2 до 1,65 мм. Торцець стінки виробу потовщується до величини 3 мм. По середині стінки товщина складає 2,5 мм, в донній частині – 2 мм. В донній частині виробу має місце викривлення стінки (стінка відстає від пуансону). Максимальна величина викривлення складає 1 мм.

На рис. 6 зображена конструкція матриці для реалізації процесу витягування на гідравлічному пресі.

В нижній плиті 1 штампу встановлена витяжна матриця 2. На матриці 2 розміщені набірні обойми 3–12.

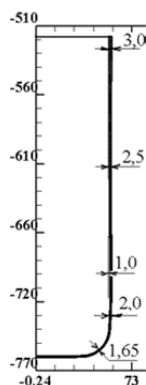


Рис. 5. Форма і розміри половини виробу

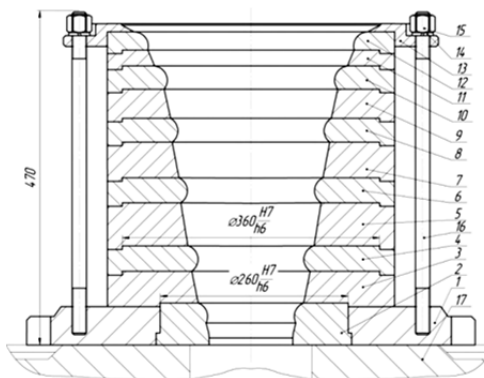


Рис. 6. Конструкція матриці спеціального профілю

Обойми і матриця фіксуються на плиті 1 за допомогою кільця 13, шпильок 16, шайб 14 та гайок 15. Причому, матриця 2, обойми 4, 6, 8, 10 і 12 виготовляються із штампових або інструментальних сталей з відповідним загартуванням, як для традиційних матриць.

ВИСНОВКИ

Розроблені скінченно-елементні математичні моделі процесу витягування круглої листової заготовки із низьковуглецевої сталі в матриці спеціального профілю. Проведенням чисельних експериментів встановлено профіль матриці, який забезпечує витягування конкретного виробу за один перехід в порівнянні з традиційним витягуванням, що виконується за три переходи. Профіль матриці розділяє процес витягування на шість стадій, причому кожна наступна стадія починається після завершення попередньої. Така кількість стадій забезпечує формоутворення виробу без вичерпання ресурсу пластичності сталі та виключення втрати стійкості геометричної заготовки.

Встановлений силовий режим витягування, кінцеві форма і розміри виробу. Стінка виробу по висоті має різну товщину, а також викривлення донної частини. Запропонована конструкція матриці для реалізації витягування на гідравлічному пресі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романовский В. П. *Справочник по холодной штамповке* / В. П. Романовский. – 6-е изд., перераб. и доп. – 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. *Холодная штамповка* / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев // *Технологи холодной штамповки*. – М. : Машиностроение, 1989. – 304 с.
5. Валиев С. А. *Комбинированная глубокая вытяжка листовых материалов* / С. А. Валиев. – М. : Машиностроение, 1973. – 176 с.
6. 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.. – № u201101217 ; заявл. 13.02.2011 ; опубл. 25.11.2011, Бюл. № 22.
7. Калюжний О. В. Зменшення кількості переходів витягування вісесиметричних виробів з використанням матриці спеціального профілю / О. В. Калюжний // *Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості освіти : тези доповідей IV Міжнародної конференції*. – Київ, 2013. – С. 63–64.

Калюжний О. В. – канд. техн. наук, доц. НТУУ «КПІ».

НТУУ «КПІ» – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ.

E-mail: k_OMD@ukr.net

Стаття надійшла до редакції 18.11.2013 р.