

УДК 621.9

В. Л. КАЛЮЖНИЙ, докт. техн. наук, проф., НТУУ “КПІ”, Київ
І. В. ВИХОВАНЕЦЬ, магістрант, НТУУ “КПІ”, Київ

ВПЛИВ РАДІУСУ ЗАОКРУГЛЕННЯ МАТРИЦІ НА ФОРМОУТВОРЕННЯ ОБТИСКОМ З ПРОТИТИСКОМ ВИРОБІВ З ГОРЛОВИНОЮ

В статті розглянутий розрахунковий аналіз процесу виготовлення вісесиметричних виробів з горловиною шляхом обтиску порожнистих заготовок з дном. Показано, що традиційним обтиском вироби заданих розмірів отримати неможливо, тому що виникає деформація донної частини заготовки. Дія протитиску на внутрішню поверхню стінки заготовки при обтиску забезпечує отримання таких деталей. Встановлено вплив радіусу матриці на енергосилові режими деформування, формозміну металу і кінцеві розміри виробів при обтиску, Визначені необхідні дані для проектування технології і штампового оснащення.

Ключові слова: обтиск порожнистих заготовок, вироби з горловиною, радіус заокруглення матриці, енергосилові режими деформування, кінцеві розміри виробів.

Вступ. Вироби з горловиною – широко розповсюджений тип деталей, які виготовляють обтиском. Це балони, перехідники для трубопроводів, ємності для нагрівання води, гільзи. Формоутворення горловини при виході металу з конічної або криволінійної частини матриці в циліндричну відрізняється значною складністю. Тому відсутні для проектування процесів обтиску трубчатих або порожнистих заготовок з дном з отриманням горловини в відомому джерелі [1] по проектуванню процесів листового штампування. В роботі [2] приводяться деякі дані по обтиску трубчатих заготовок для отримання виробів з горловиною в штампах з зовнішнім жорстким підпором стінки заготовки. Однак не приведені дані по впливу радіусу заокруглення матриці при переході з деформуючої поверхні матриці, де виконується обтиск, в циліндричну на силові режими і геометричну форму виробів. У працях [3-4] зроблені спроби теоретичного аналізу обтиску вісесиметричних трубчатих заготовок з утворенням горловини. Прийняті допущення дозволили отримати аналітичні залежності для тільки наближеного розрахунку параметрів вказаного обтиску. Складність виготовлення обтиском виробів з горловиною з порожнистих заготовок з дном також обумовлена тим, що неможливо утворити протитиск на внутрішню поверхню заготовки за допомогою жорстких оправок. Тому в теперішній час отримують вироби з невеликим коефіцієнтом обтиску (відношення зовнішнього діаметра заготовки до діаметра обтиснутої частини). Відсутність таких оправок, в залежності від відносної товщини заготовки (відношення товщини стінки до зовнішнього діаметра заготовки), приводить до виникнення при обтиску дефектів у вигляді поперечних складок на циліндричній частині заготовок, повздовжніх на обтиснутій частині та деформації донної частини [4].

Усунути вказані дефекти дозволяє розроблений спосіб обтиску [5], в якому на внутрішню поверхню діє диференційований протитиск за допомогою рідини. Крім того, прикладання протитиску приводить до збільшення коефіцієнта обтиску при формоутворенні виробів з горловиною. Розроблений пристрій для реалізації способу дозволяє додатково знизити зусилля обтиску за рахунок виключення сил тертя між зовнішньою поверхнею заготовки і деформуючим інструментом [6]. В роботі [7] проведені дослідження, які продемонстрували переваги способу обтиску з дією протитиску, в порівнянні з традиційним обтиском. Також приведені дані по величинах напружень і розмірах потовщеної частини заготовок.

В джерелі [3] відмічено, що значний вплив на формоутворення горловини при традиційному обтиску здійснює радіус заокруглення матриці в місці переходу конічної

© В. Л. Калюжний, І. В. Вихованець, 2012

частини, де виконується обтиск, в циліндричну, в якій утворюється горловина. Тому актуальною задачею є визначення впливу радіусу заокруглення на силові режими, формозміну металу та кінцеві розміри виробу при отриманні виробів з горловиною обтиском з диференційованим протитиском.

Мета роботи. Постановка задачі. Метою роботи є визначення впливу радіусу заокруглення матриці на формоутворення горловини при обтиску з диференційованим протитиском вісесиметричних порожнистих заготовок з дном.

Розміри вихідної заготовки для обтиску з маловуглецевої сталі показаний на рис. 1. Виріб, який необхідно отримати обтиском зображений на рис. 2. Схема оснащення для виготовлення виробу по пристрою [6] наведена на рис. 3. Заготовка вісесиметрична, тому показана половина схеми, яка в подальшому буде використана при розрахунках. В обоймі 1 розміщена рухома матриця 2. Також в обоймі 1 встановлені заглушка 3 з виштовхувачем 4. В порожнину матриці заливають робочу рідину для створення протитиску q на внутрішню поверхню заготовки при формоутворенні виробу. В матрицю встановлюється вихідна

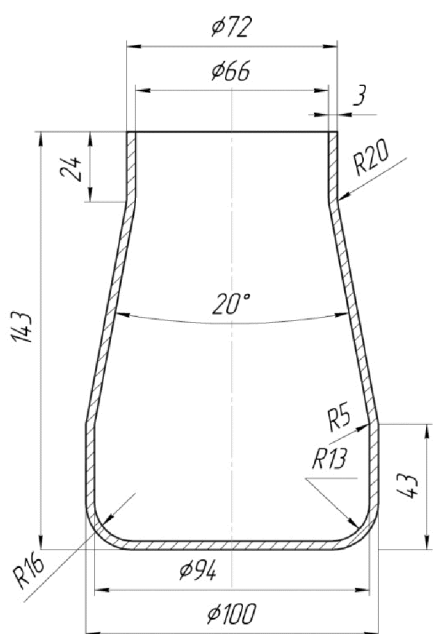


Рис. 1 – Вихідна порожниста заготовка з дном

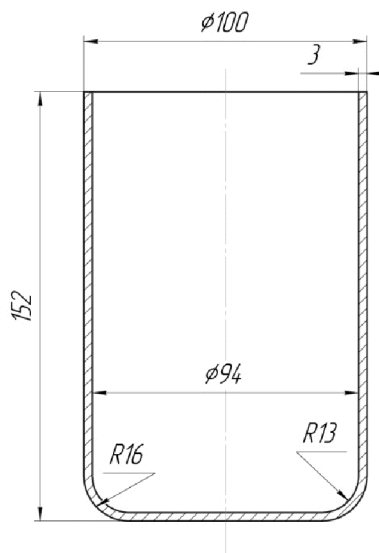


Рис. 2 – Виріб, який необхідно отримати обтиском

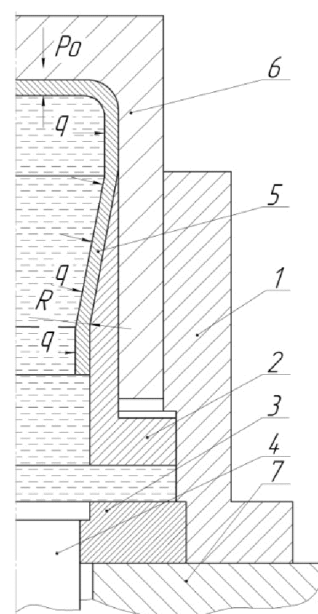


Рис. 3 – Схема оснащення для обтиску з диференційованим протитиском

порожниста заготовка з дном. Зусилля деформування P_0 прикладають за допомогою пуансону 6. Оснащення встановлюють на плиті 7. При прикладанні зусилля P_0 в рідині виникає тиск q . Величина тиску q залежить від розмірів нижнього торця матриці 2 і зусилля P_0 і змінюється пропорційно його зростанню. Вказаний тиск діє на внутрішню поверхню заготовки і створює протитиск для запобігання втрати стійкості стінки і донної частини заготовки. На формоутворення горловини виробу впливає радіус заокруглення R матриці 2.

Розрахунковий аналіз виконували методом скінчених елементів (МСЕ). Метал вважався ізотропним, пружно-пластичним зі зміцненням. Враховано тертя на контактуючих поверхнях, дія змінного протитиску q у вигляді розподіленого навантаження. Деформуючий інструмент був абсолютно жорстким. Процес обтиску порожнистої заготовки розподілявся на певну кількість кроків навантаження для виявлення послідовності формоутворення горловини при традиційному обтиску та обтиску з протитиском. В МСЕ використаний

підхід початкових напружень. При розрахунках брали радіус заокруглення матриці $R=10, 20, 30, 40$ і 50 міліметрів (мм).

Для встановлення можливості виготовлення виробу традиційним обтиском з жорсткою оправкою на зовнішній поверхні заготовки проведено моделювання обтиску з протитиском $q=0$ на внутрішню поверхню заготовки.

Результати досліджень. Комп'ютерним моделюванням з використанням МСЕ встановлено, що традиційним обтиском (без протитиску) вищевказаний виріб (див. рис. 2) отримати неможливо. На певній стадії обтиску плин металу по конічній поверхні матриці обмежується і починає деформуватися донна частина заготовки. На рис. 4. показана половина zdeформованої заготовки, яка отримана моделюванням МСЕ традиційного обтиску. Розміри по осях приведені в міліметрах. Загальний вигляд виробу в розрізі після традиційного обтиску зображений на рис. 5. Виникнення дефекту у вигляді втрати стійкості донної частини заготовки визначається відносною товщиною заготовки, що підтверджується експериментальними даними джерела [2].

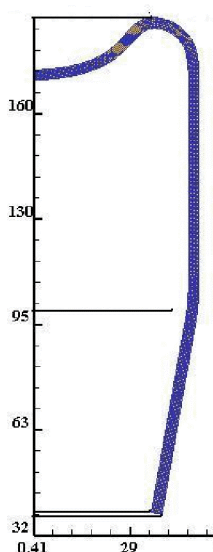


Рис. 4 – Розрахункова форма при традиційному обтиску



Рис. 5 – Загальний вигляд виробу в розрізі після традиційного обтиску

Розрахунковим аналізом встановлена максимальна величина протитиску ($q=20$ МПа), яка забезпечує отримання горловини при необхідних співвідношеннях розмірів та для всіх прийнятих радіусів заокруглення матриці R . Отримані залежності зусилля обтиску від переміщення пуансону. На рис. 6 приведена залежність максимального зусилля обтиску з протитиском $q=20$ МПа від радіусу R . Збільшення радіусу заокруглення R приводить до зменшення енерго-силових режимів формоутворення виробів з горловиною. При збільшенні радіусу з $R=10$ мм до $R=50$ мм максимальне зусилля деформування знижується на 23 КН.

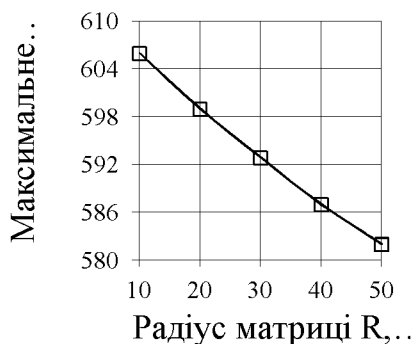


Рис. 6 – Залежність максимального зусилля обтиску від радіусу заокруглення матриці R

Виявлений вплив радіусу R на формозміну металу при обтиску з протитиском. Для прикладу, на рис. 7 показана послідовність формоутворення горловини при обтиску в матриці з радіусом заокруглення R= 10 мм. На ньому зображена zdeформована частина заготовки на матриці в місці переходу конічної частини в циліндричну при різних величинах переміщення пуансону (U). При U=92 мм заготовка залишається прямолінійною на радіусі заокруглення матриці. Збільшення переміщення до значення U=100 мм приводить до згинання торця, але він відстає від циліндричної поверхні матриці. При подальшому деформуванні (U=105 мм) торець викривляється і доторкається до поверхні матриці. В кінці обтиску (U=110 мм) отримується виріб з горловиною, яка має викривлення по всій довжині.

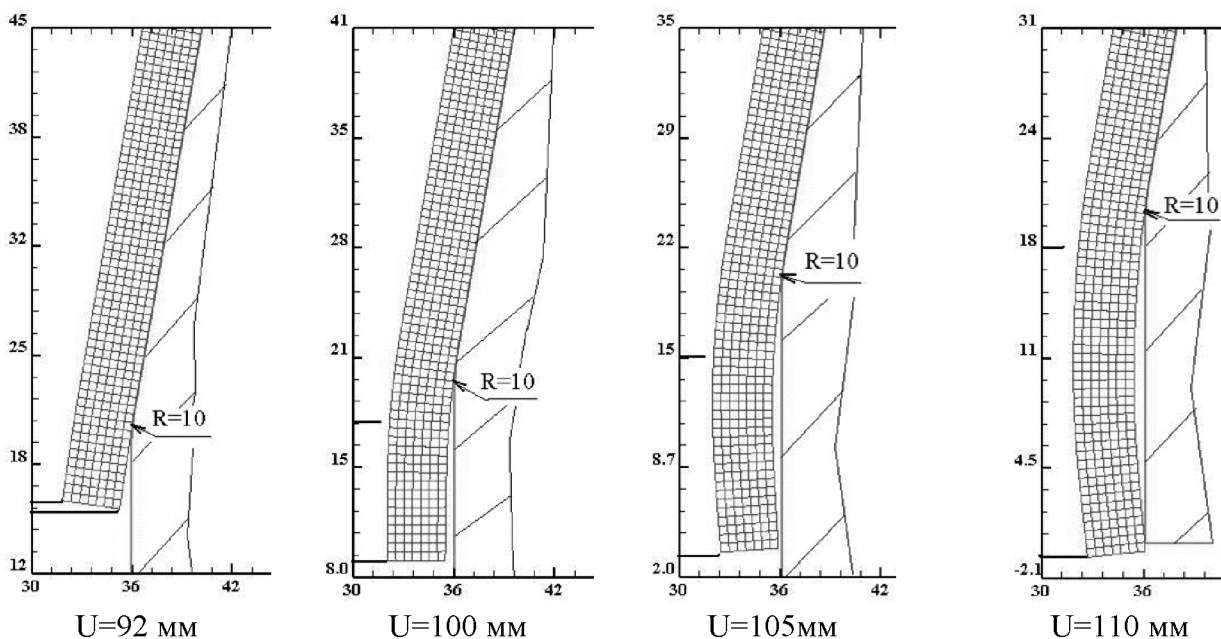


Рис. 7 – Послідовність формоутворення горловини в матриці. Розміри по осях в міліметрах

На рис. 8 показана половина виробу, яка отримана моделюванням обтиску з протитиском в матриці з R=20 мм. Загальний вигляд виробу в розрізі зображений на рис. 9. Моделюванням встановлені кінцеві форми виробів. На рис. 10 зображені розміри zdeформованих частин заготовок, які отримані в матрицях з R=10, 30 і 50 мм. При обтиску з протитиском, як і при традиційному обтиску, має місце потовщення стінок заготовок при формоутворенні на конічній поверхні матриці (з вихідної товщини 3 мм товщина збільшується до 3,74 мм). На радіусі заокруглення матриці і в самій горловині має місце потоншення zdeформованої стінки. Товщина зменшується з 3,74 мм до 3,49 мм. Збільшення радіусу R приводить до зменшення викривлення горловини по довжині, а радіус матриці R=50 мм забезпечує отримання виробу з рівною горловиною.

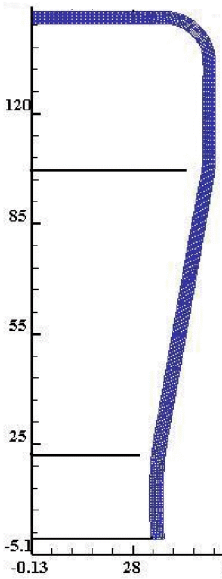


Рис. 8 – Розрахункова форма виробу при обтиску з протитиском



Рис. 9 – Загальний вигляд виробу в розрізі після обтиску з протитиском

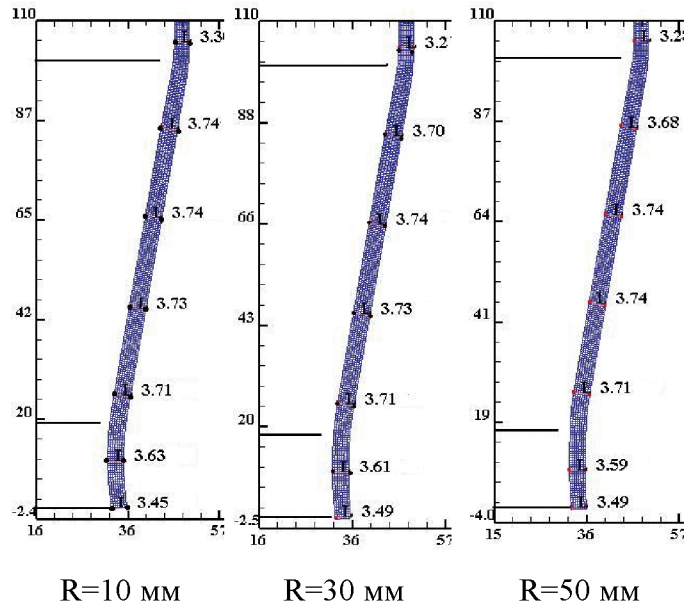


Рис. 10 – Кінцеві розміри в міліметрах zdeформованих частин заготовок, які отримані в матриці з різним радіусом R. Розміри по осях також в міліметрах

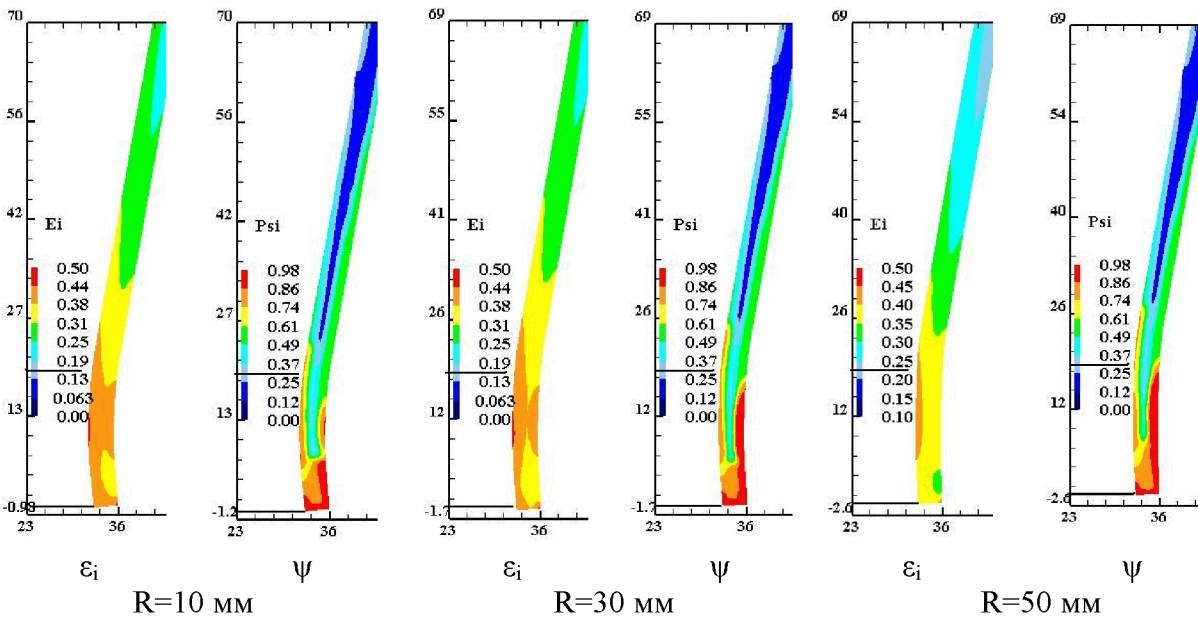


Рис. 11 – Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i та ступеня використання ресурсу пластичності ψ при обтиску з протитиском в матриці з різним радіусом заокруглення R

Моделюванням виявлений вплив радіуса заокруглення матриці на напружено-деформований стан металу при обтиску з протитиском. На рис. 11 приведений розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i та ступеня використання ресурсу пластичності ψ при обтиску з протитиском в матрицях з радіусом заокруглення $R=10$ мм, $R=30$ мм та $R=50$ мм. Для всіх радіусів матриці розподіли ϵ_i і ψ практично однакові в кінчній частині zdeформованої заготовки. Зростання радіусу R приводить до більш рівномірного розподілу ϵ_i в горловині, а зміна схеми напруженого стану при формоутворенні – до різного розподілу ресурсу пластичності zdeформованого металу. При даних співвідношеннях розмірів виробу і відносній товщині заготовки вірогідність руйнування zdeформованого металу ($\psi=1$)

може бути на торці та зовнішній поверхні горловини. Для маловуглецевої сталі ресурс пластичності не вичерпується для всіх розглянутих радіусів заокруглення матриці.

Таким чином, розрахунковим аналізом встановлена можливість виготовлення виробу з горловиною потрібних розмірів обтиском з протитиском на внутрішню поверхню заготовки, а також виявлені всі необхідні дані для проектування технології: енерго-силові режими для вибору обладнання, величина протитиску і кінцеві розміри виробу для проектування штампового оснащення.

Висновки. 1. Методом скінченних елементів проведений розрахунковий аналіз по впливу радіусу заокруглення матриці на формоутворення виробів з горловиною обтиском порожнистих заготовок з дном заданих розмірів з маловуглецевої сталі. Показано, що традиційний обтиск таких заготовок з жорсткою оправкою на зовнішній поверхні заготовки приводить до деформації донної частини і неможливості отримання виробу з горловиною. 2. Дія протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки забезпечує отримання виробу потрібних розмірів. Встановлений вплив радіусу заокруглення матриці на формоутворення при обтиску з протитиском. Збільшення радіусу заокруглення матриці приводить до зменшення енергосилових режимів деформування обтиском з протитиском та зменшення викривлення горловини по довжині. 3. Встановлені кінцеві розміри виробу, розподіли інтенсивності деформацій та ступінь використання ресурсу пластичності здеформованого металу. Розрахунковим аналізом встановлені дані для проектування технології і штампового оснащення.

Список літератури. 1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке // Романовский В.П. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 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. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки: учебное пособие для вузов / Попов Е.А. – М. : Машиностроение, 1977. – 278 с. 4. Аверкиев Ю.А. Холодная штамповка// Аверкиев Ю.А. ; Издательство Ростовского университета , 1984, – 288 с. 5. Калюжний В.Л. Спосіб обтиску горловини типу балон: Патент України № 59190: МПК В21В26/02// Калюжний В. Л., Калюжний О. В., Піманов В. В., Паляничко Є. М.; Заявник і патентовласник НТУУ „КПІ”. Опубл. 10.05.2011, бюл. № 9. 6. Калюжний О.В. Пристрій для обтиску горловини типу балон: Патент України № 68396: МПК В21В26/02// Калюжний О. В., Піманов В. В., Солонуха В.М. та ін.; Заявник і патентовласник НТУУ „КПІ”. Опубл. 26.03.2012, бюл. № 8. 7. Калюжний О.В. Порівняльний аналіз традиційного обтиску та обтиску з диференційованим протитиском // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : нові рішення в сучасних технологіях: – Харків: НТУ «ХП» – 2011. – 46. С. 27-34.

Надійшла до редколегії 10.10. 2012

УДК 621.9

Вплив радіусу заокруглення матриці на формоутворення обтиском з протитиском виробів з горловиною / Калюжний В. Л., Вихованець І. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №47(953). – С. 39-45. Бібліогр.: 7 назв.

В статье рассмотрен расчетный анализ процесса изготовления осесимметричных изделий с горловиной путем обжима полых заготовок с дном. Показано, что традиционным обжимом изделия заданных размеров получить не возможно из-за деформации донной части заготовки. Действие противодавления на внутреннюю поверхность стенки заготовки при обжиме обеспечивает получение таких деталей. Установлено влияние радиуса матрицы на энерго-силовые режимы деформирования, изменение металла и конечные размеры изделий при обжиме. Определены необходимые данные для проектирования технологии и штамповой оснастки.

Ключевые слова: обжим полых заготовок, изделия с горловиной, радиус скругления матрицы, энергосиловые режимы деформирования, конечные размеры изделий.

The analysis of production process of axial-symmetric products with neck by swaging of hollow workpieces with bottom is examined. It was shown that to obtain of detail with specified dimensions is impassible by conventional technology because of deformation of the bottom part of detail. The action of coun-