

АНАЛІЗ ОБТИСКУ ГОРЛОВИН В СФЕРИЧНІЙ МАТРИЦІ НА ТРУБЧАТИХ ЗАГОТОВКАХ З ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИМ ПРОТИТИСКОМ

Kaliuzhnyi A.

The National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

THE ANALYSIS OF BLOCK PRESSING PROCESS OF THE CYLINDER NECKS ON TUBULAR PREFORMS IN A SPHERICAL MATRIX WITH A DIFFERENTIATED BACKPRESSURE

Описаний спосіб отримання горловин обтиском з прикладанням протитиску на внутрішню поверхню заготовки. Методом скінчених елементів проведений розрахунковий аналіз традиційного обтиску та обтиску з протитиском горловин на трубчатих заготовках в сферичній матриці. Встановлено кінцеві форми виробів при традиційному обтиску та обтиску з протитиском. Прикладання протитиску виключає руйнування металу при деформуванні та збільшує висоту горловин. Розраховані силові режими формоутворення виробів, напружено-деформований стан металу, а також точні розміри горловин. Дія протитиску призводить до збільшення інтенсивності деформацій та зміцнення металу після обтиску.

Ключові слова: обтиск, сферична матриця, диференційований протитиск, метод скінчених елементів.

Вступ. Отримання горловин на трубчатих заготовках або порожнистих заготовок з дном за допомогою операції обтиску широко розповсюджена формоутворююча операція листового штампування для виготовлення деталей балонів, перехідників для трубопроводів, ємностей для нагрівання води, гільз та інших. При традиційному обтиску горловин на трубчатих заготовках виникають дефекти у вигляді гофр, тому що стінка заготовки втрачає стійкість від значних осьових напружень, які виникають при формоутворенні виробу. Для збільшення ступеню деформації при обтиску використовують жорсткі оправки на зовнішній і внутрішній поверхнях заготовки, які запобігають утворенню вказаних дефектів. Використання таких оправок приводить до виникнення сил тертя при переміщенні заготовки або зміщенні оправок. Прикладання протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки по розробленому способу [1] приводить до суттєвого зменшення можливості втрати стійкості стінки заготовки і частини, що обтискується. В роботах [2, 3] проведені дослідження, які продемонстрували переваги способу обтиску з дією протитиску, в порівнянні з традиційним обтиском, що достатньо вивчений в джерелах [4-7].

В теперішній час мало даних для проектування традиційного обтиску в сферичній матриці горловин на трубчатих заготовках і відсутні рекомендації для визначення параметрів обтиску в сферичній матриці при дії протитиску на заготовку.

Мета роботи і постановка задачі. Метою роботи є вивчення впливу величини диференційованого тиску рідини на внутрішню поверхню заготовки на формоутворення горловин на трубчатих заготовках при обтиску в сферичній матриці. Схема штампу для реалізації способу [1] при обтиску горловин показаний на рис. 1. Вихідний стан перед обтиском показаний ліворуч від вісі симетрії. Нерухомий контейнер 1 з опорою 2 зафіксований на плиті 3 болтами 13. В контейнер 1 встановлена рухома ступінчата матриця 4, рухома втулка 5 з пружиною 6. В опору 2 і плиту 3 встановлений на пружину 7 шток-виштовхувач 8, який має отвір для відводу повітря при встановленні вихідної заготовки. Зверху на контейнері 1 болтами 12 закріплене кільце 9. Порожнини діаметром d_1 і D заповнюють робочою рідиною. Порожнисту або трубчатую заготовку 10 розміщують в рухомій втулці 5, до якої штоком 11 прикладають зусилля деформування P . Під дією зусилля P заготовка 10 опускається разом з рухомою втулкою 5 до штока-виштовхувача 8 з одночасним витисненням повітря через отвір у ньому. Пружина 6 необхідна для повертання у вихідне положення рухома матрицю 4 та рухома втулку 5. Рухома матриця 4 та опора 2 мають ущільнення 14. При опусканні штока 15 заготовка 10 перекидає канал в штоку-виштовхувачі 8 і в порожнинах діаметрами d_1 і D під дією зусилля P створюється тиск q , що діє на внутрішню поверхню заготовки 10. Від тиску q за рахунок різниці площ порожнин матриця 4 починає рухатись вгору створюючи зусилля P_0 . Таким чином на внутрішню поверхню заготовки 10 також діє

диференційований протитиск, величина якого залежить від зусилля P . В свою чергу, рухома втулка 5 опускається вниз одночасно з заготовкою 10, при цьому виключається тертя на зовнішній поверхні заготовки 10.

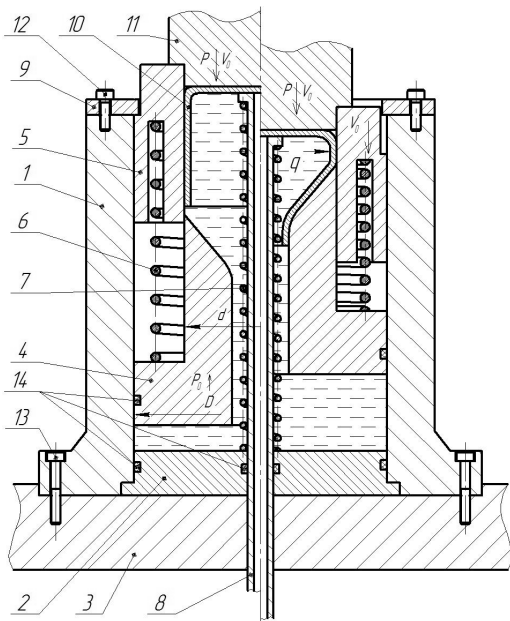


Рис. 1. Схема штампу для обтиску в умовах дії диференційованого протитиску на стінки заготовки

зовнішній діаметр 80 міліметрів (мм), висота 120 мм, товщина стінки 2 мм. Радіус заокруглення матриці 40 мм.

Виключення тертя приводить до зменшення зусилля обтиску. При обтиску горловин на трубчатих заготовках по даному способу виштовхування виробу виконується за допомогою виштовхувача, через якого прикладається зусилля до торця горловини. Для розрахункового аналізу такого процесу необхідно використовувати пружно-пластичну модель, оскільки осередок деформації розповсюджується не на весь об'єм заготовки з розподілом формоутворення на певну кількість кроків навантаження для виявлення втрати стійкості, встановлення утворення тріщин чи потовщення стінки заготовки при обтиску. Обов'язкове врахування наступних факторів: дію протитиску q , причому величина протитиску повинна визначатися в залежності від зусилля обтиску P ; тертя на контактуючих поверхнях; зміцнення та ступінь використання ресурсу пластичності zdeформованого металу. Комплексне врахування вказаних факторів можливе в скінченно-елементному формулюванні моделі обтиску. Для аналізу було використано програму DEFORM-2D.

Результати досліджень. Розрахунковий аналіз проводили для обтиску трубчатої заготовки в сферичній матриці по традиційній схемі з жорстким підпором зовнішньої поверхні заготовки та з протитиском на внутрішню поверхню заготовки і жорстким підпором зовнішньої поверхні заготовки. Розміри заготовки з маловуглецевої сталі були наступні:

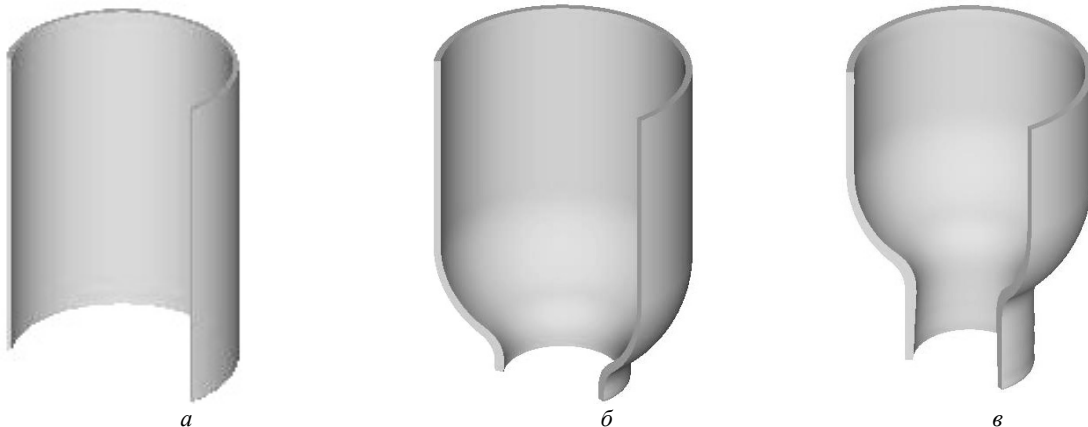


Рис. 2. Вихідна заготовка в розрізі (а) та zdeформовані заготовки з протитиском $q=0$ (б), $q=70$ МПа (в)

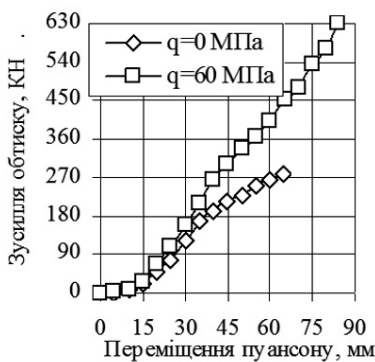


Рис. 3. Залежність зусилля обтиску від переміщення пуансону

На рис. 2 наведені вихідна заготовка (а) та zdeформовані заготовки в розрізі, які отримані моделюванням при традиційному обтиску (б) та обтиску з протитиском (в). Протитиск $q=0$ МПа – це традиційний обтиск.

Величина коефіцієнта обтиску (відношення діаметра заготовки до діаметра отвору) складає 2. При традиційному обтиску подальше формоутворення горловини неможливе, тому що виникають тріщини на торці горловини, що буде показано нижче. Залежність зусилля обтиску від переміщення пуансону зображена на рис. 3. Прикладання протитиску приводить до зростання зусилля обтиску. Аналогічний вид має залежність величини протитиску від переміщення пуансону згідно розробленому способу обтиску (див. рис. 1). Максимальне значення протитиску в кінці обтиску складає 60 МПа.

На рис. 4 зображена послідовність формоутворення виробу при традиційному обтиску трубчатої заготовки в сферичній матриці. Наведена zdeформована частина заготовки в місці заокруглення сферичної поверхні матриці в циліндричну. Зовнішній радіус горловини складає 21 мм.

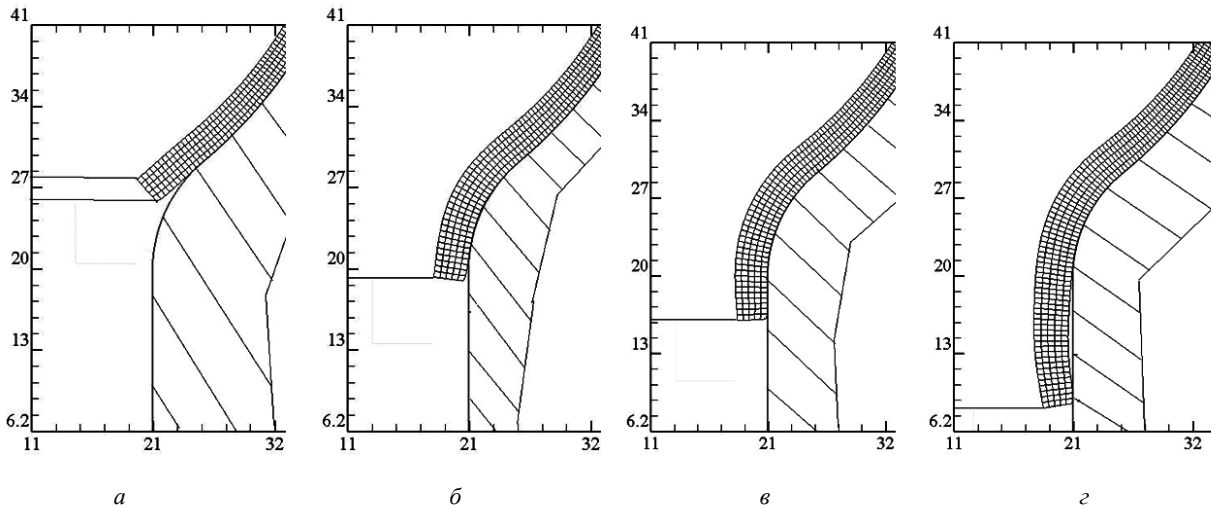


Рис. 4. Послідовність формоутворення горловини при обтиску трубчатой заготовки в сферичній матриці (розміри приведені в міліметрах)

На початку заокруглення має місце потовщення торця заготовки (рис. 4а). Далі при огинанні заготовкою радіусу заокруглення матриці заготовка дещо потоншується (рис. 4б). При повному обхваті матриці і подальшому деформуванні має місце потоншення заготовки (рис. 4в). В кінці традиційного обтиску zdeформована частина має викривлення (рис. 4г). Наведені результати моделювання по формоутворенню горловини підтверджуються дослідженнями Є.О Попова [4] та Ю.О. Аверкієва [7]. Прикладання протитиску на внутрішню поверхню заготовки при обтиску приводить до меншого відставання заготовки від поверхні матриці на радіусі заокруглення і виключення викривлення циліндричної частини горловини.

Розміри горловини при формоутворенні традиційним обтиском і обтиском з протитиском приведені на рис. 5. При традиційному обтиску (рис. 5а), як було відмічено вище, має місце викривлення циліндричної частини горловини, максимальне значення якого $L=0,42$ мм. Прикладання протитиску (рис. 5б) приводить до більшого потовщення стінки заготовки при обтиску. Так, при традиційному обтиску, максимальна величина товщини стінки на радіусі заокруглення матриці складає $L=3,21$ мм, при обтиску з протитиском - $L=3,72$ мм. Вихідна товщина стінки була 2 мм. Збільшення величини потовщення пов'язано з дією протитиску на торець заготовки. Розрахунковим аналізом встановлений напружено-деформований стан по всьому об'ємі заготовки, а також ступінь використання ресурсу пластичності ψ zdeформованого металу. На рис. 6 показаний розподіл ресурсу пластичності ψ при формоутворенні горловини традиційним обтиском та обтиском з протитиском 60 МПа. При традиційному обтиску ресурс пластичності zdeформованого металу вичерпується ($\psi > 1$) на зовнішній поверхні циліндричної частини горловини після обхвату заготовкою радіуса заокруглення матриці, що приводить до руйнування.

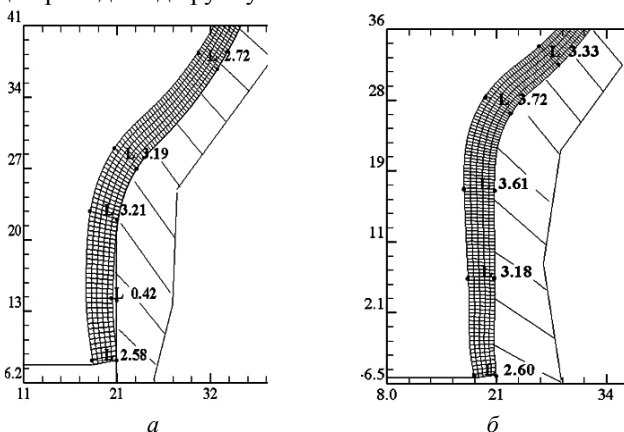


Рис. 5. Розміри (в міліметрах) горловини, яка отримана традиційним обтиском (а) та обтиском з протитиском 60 МПа (б)

яка отримана з протитиском 60 МПа, складає 0,7-0,9. При традиційному обтиску $\epsilon_r = 0,7$. Тому відкриваються можливості надійного з'єднання виробів, які отримані з протитиском, за допомогою різьби з іншими деталями.

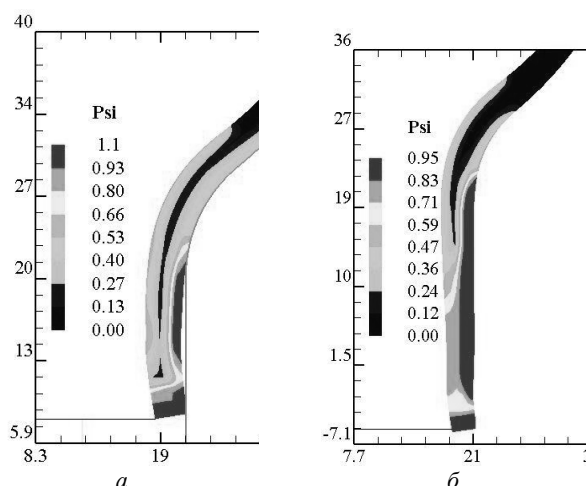


Рис. 6. Розподіл ресурсу пластичності ψ (Psi) при традиційному обтиску (а) та обтиску з протитиском 60 МПа(б)

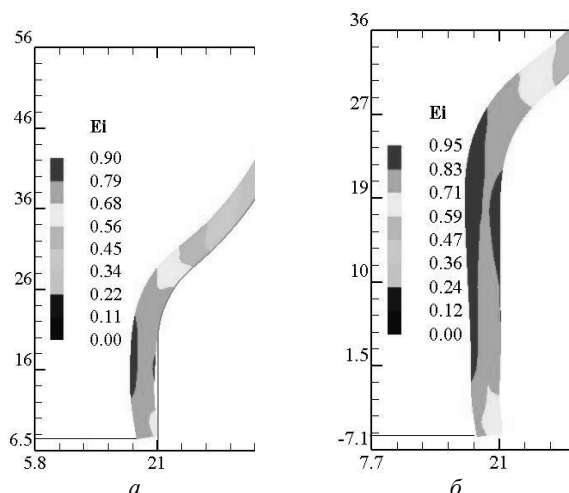


Рис. 7. Розподіл інтенсивності деформацій ϵ (Ei) при традиційному обтиску (а) та обтиску з протитиском 60 МПа(б)

Відомо, що при традиційному обтиску, в залежності від розмірів заготовки і деформуючого інструмента, виникають дефекти у вигляді гофр на стінці заготовки, на переході стінки в здеформовану частину та в здеформованій частині [7]. Причинами виникнення вказаних дефектів є значні стискаючі осьові напруження σ_z в стінці заготовки та тангенційні σ_θ

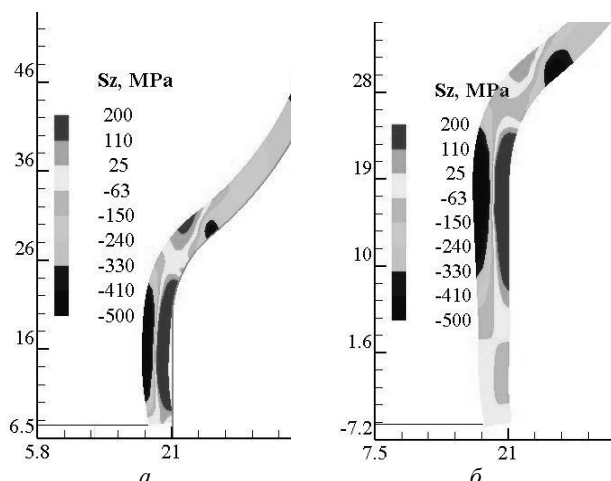


Рис. 8. Розподіл осьових напружень σ_z при традиційному обтиску (а) та обтиску з протитиском 60 МПа(б)

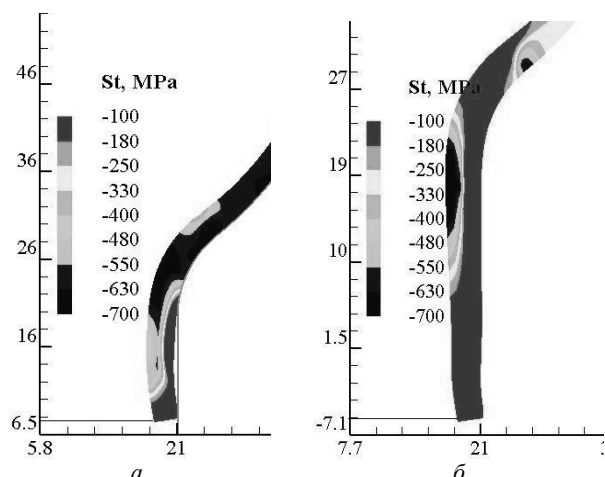


Рис. 9. Розподіл тангенційних напружень σ_θ при традиційному обтиску (а) та обтиску з протитиском 60 МПа(б)

в здеформованій частині заготовки, які виникають при формоутворенні обтиском. На рис. 8 і 9 показані розподіли напружень σ_z і σ_θ при традиційному обтиску та обтиску з протитиском 60 МПа. Як видно з рисунків, величини вказаних напружень при традиційному обтиску і обтиску з протитиском приблизно однакові. Завдяки дії протитиску на внутрішню поверхню заготовки виключається утворення дефектів у вигляді гофр.

Висновки

1. Описаний розроблений спосіб отримання горловин на порожнистих виробках з дном і трубчатих заготовках шляхом формоутворення обтиском з прикладанням диференційованого протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки. Спосіб дозволяє збільшити ступінь деформації за один перехід, виключити утворення дефектів у вигляді гофр при обтиску.
2. Методом скінченних елементів проведений розрахунковий аналіз традиційного обтиску горловин на трубчатих заготовках в сферичній матриці з прикладанням жорсткого підпору на зовнішню поверхню заготовки та обтиску з дією диференційованого протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовки.
3. Встановлені залежності зусилля обтиску від переміщення деформуючого інструмента. Прикладання протитиску приводить до збільшення зусилля формоутворення виробів.

4. Виявлена послідовність формоутворення горловини та встановлена кінцева геометрична форма виробів. Прикладання протитиску збільшує висоту горловини, яка отримується за один перехід, завдяки виключення руйнування zdeформованого металу.

5. Визначені точні розміри zdeформованої частини заготовок, встановлений напружено-деформований стан при обтиску горловин. При обтиску з протитиском проходить більш інтенсивне пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією та зміцнення металу по висоті циліндричної частини горловини. Вказане забезпечує надійність з'єднання з допомогою різьби обтиснутих виробів з іншими деталями.

6. Подальші дослідження обтиску з протитиском необхідно проводити в напрямку отримання горловин на порожнистих виробках з дном та виявлення впливу товщини стінки заготовки на формоутворення горловин.

Аннотация. *Описан способ получения горловин обжимом с приложением противодействия на внутреннюю поверхность заготовки. Методом конечных элементов проведен расчетный анализ традиционного обжима и обжима с противодействием горловин на трубчатых заготовках в сферической матрице. Установлены конечные формы изделий при традиционном обжиме и обжиме с противодействием. Приложение противодействия исключает разрушение металла при деформировании и увеличивает высоту горловин. Рассчитаны силовые режимы формообразования изделий, напряженно-деформированное состояние металла и точные размеры горловин. Действие противодействия приводит к повышению интенсивности деформаций и упрочнения металла после обжима.*

Ключевые слова: *обжим, сферическая матрица, дифференцированное противодействие, метод конечных элементов*

Abstract. *The method of obtaining of cylinder necks by block pressing with the backpressure on an internal surface of preform is presented. The finite element method carries out the calculated analysis of traditional block pressing and block pressing with a backpressure of cylinder necks on tubular preforms in a spherical matrix. Finite shapes of products are defined at traditional block pressing and block pressing with a backpressure. The backpressure usage eliminates fracture of the preform metal at a deforming and heightening of cylinder necks. Force conditions of the preforms forming, the stress-strain state of metal and exact sizes of cylinder necks are calculated. Backpressure operation leads to heightening of intensity of strains and a reinforcement of metal after block pressing. The aforesaid ensures reliability of a screw joint of the block pressed articles with other details. The further explorations of block pressing with a backpressure are necessary to lead in a direction of obtaining of cylinder necks on the hollow articles with a bottom, and also determinations of effect of width of a wall of preform on cylinder necks forming.*

Keywords: *block pressing, spherical matrix, differentiated backpressure, finite element method*

1. *Калюжний В. Л.* Спосіб обтиску горловини типу балон: пат. 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.
2. *Калюжний О.В.* Аналіз силових режимів та якості виробів при обтиску трубчатих заготовок в конусній матриці//Вісник НТУУ «КПІ», серія Машинобудування, 2011, вип. 62. С. 63-67.
3. *Калюжний О.В.* Порівняльний аналіз традиційного обтиску та обтиску з диференційованим протитиском // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск : нові рішення в сучасних технологіях: - Харків: НТУ «ХПІ» - 2011. – 46. С. 27-34.
4. *Попов Е.А.* Основы теории листовой штамповки: учебное пособие для вузов / Попов Е.А. – М. : Машиностроение, 1977. – 278 с.
5. *Романовский В.П.* Справочник по холодной штамповке// Романовский В.П. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с.
6. *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.
7. *Аверкиев Ю.А.* Холодная штамповка// Аверкиев Ю.А. ; Издательство Ростовского университета , 1984, - 288 с.

REFERENCES

1. *Kaljuzhnyj V. L., Kaljuzhnyj O. V., Pimanov V. V., Paljanichko Є. M.* Sposib obtisku gorlovini tipu balon: pat. Ukraїni no.59190: MPK V21V26/02; Zajavnik i patentovlasnik NTUU „KPI”; Opubl. 10.05.2011, bjul. no 9.
2. *Kaljuzhnyj O.V.* Analiz silovih rezhimiv ta jakosti virobiv pri obtisku trubchatih zagotovok v konusnij matrici. Journal of Mechanical Engineering of the National Technical University of Ukraine “Kyiv Politechnic Institute”, 2011, vip. 62. pp. 63-67.
3. *Kaljuzhnyj O.V.* Porivnjal'nij analiz tradicijnogo obtisku ta obtisku z diferencijovanim protitiskom. Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu «HPI». Zbirnik naukovih prac'. Tematichnij vipusk: novi rishennja v suchasnih tehnologijah: Harkiv: NTU «HPI», 2011. 46. pp. 27-34.
4. *Popov E.A.* Osnovy teorii listovoj shtampovki: uchebnoe posobie dlja vuzov. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 278 p.
5. *Romanovskij V.P.* Spravochnik po holodnoj shtampovke. 6-e izd., pererab. i dop. Lviv: Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1979, 520 p.
6. *Kovka i shtampovka:* Spravochnik: V 4 t. T. 4 Listovaja shtampovka. Pod red.. A.D. Matveeva; Red. совет: E.I. Semenov (pred.) i dr. Moscow: Mashinostroenie, 1985-1987. 544 p.
7. *Averkijev Ju.A.* Holodnaja shtampovka. Izdatel'stvo Rostovskogo universiteta, 1984, 288 p.