

Підвищення продуктивності виготовлення та якості виробів в формуютьючих процесах холодного листового штампування

Повышение производительности изготовления изделий в формообразующих процессах листовой штамповки

Increased productivity of manufacturing products in the processes of sheet metal forming

1. **Номер державної реєстрації теми - 0113U001854, НГУУ «КП» - 2646-п.**
2. **Науковий керівник -** д.т.н., проф. Калюжний В.Л., Калюжный В.Л., Kalljuzhny Vladimir L.
3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Зменшення кількості переходів виготовлення виробів або збільшення ступеню деформації за один перехід в формуютьючих процесах листового штампування дозволяє підвищити продуктивність виготовлення та робить отриману продукцію конкурентоспроможною.

В процесах витягування розроблені способи формоутворення з прикладанням диференційованого радіального підпору фланця за допомогою рідини, витягування в матриці спеціального профілю та комбінованого витягування в двоконусній матриці спеціального профілю. З використанням комп'ютерного моделювання методом скінчених елементів встановлено, що прикладання підпору суттєво зменшило величину розтягувальних напружень в небезпечному перерізі, які приводять до руйнування стінки. Зменшення вказаних напружень дозволило збільшити ступінь деформації за один перехід і зменшити кількість переходів витягування. Використання традиційного витягування в матриці спеціального профілю та комбінованого витягування в двоконусній матриці спеціального профілю також дозволило скоротити кількість переходів штампування. Проведені експериментальні дослідження підтвердили результати розрахунків. Отримані аналітичні залежності для визначення параметрів комбінованого витягування в двоконусній матриці;

Для процесів обтиску трубчатих і порожнистих заготовок з дном було використане прикладання протитиску за допомогою рідини на внутрішню поверхню заготовок та застосований обтиск в матриці спеціального профілю. Розрахунком встановлено, що прикладання протитиску при обтиску трубчастих заготовок із сталі приводить до виключення втрати стійкості стінки заготовки та утворенню поперечних гофр на стінці та zdeформованій частині заготовки, що дозволило отримувати вироби з горловиною за один перехід. Застосування конусних матриць спеціального профілю, в яких деформуюча поверхня утворена перетином кіл постійного діаметру, центри яких розташовані під кутом з певним кроком, забезпечило зменшення впливу сил тертя при формоутворенні та збільшення ступеню деформації за один перехід. Використання попередньої операції профілювання стінки трубчастих або порожнистих заготовок з дном приводить до отримання обтиском виробів з постійної товщиною стінки. Експериментальні дослідженнями отримані дослідні зразки виробів, що підтвердило дані розрахунків. Отримані аналітичні залежності для визначення зусилля обтиску, форми та розмірів zdeформованої частини заготовки

Розроблений спосіб відбортування отворів в листових заготовках та профілях забезпечує отримання zdeформованої частини з постійною товщиною стінки без викривлення. Постійна товщина стінки приводить до збільшення висоти виробів після відбортування з потоншенням та підвищення надійності і довговічності роз'ємних та нероз'ємних з'єднань отриманих виробів з іншими деталями. Використання попереднього профілювання листових заготовок та профілів шляхом формоутворення отворів холодним видавлюванням з подальшим пробиванням перемички приводить до економії металу. Розрахунком та експериментом показана можливість отримання стінки постійної товщини. Для інженерних розрахунків параметрів попереднього профілювання заготовок

та параметрів відбортування отримані аналітичні залежності для визначення силових режимів, питомих зусиль на деформуючому інструменті та кінцевих форми та розмірів zdeформованих заготовок.

Для отримання фланців різноманітної конфігурації на трубчастих заготовках та трубах розроблений спосіб роздачі пуансоном спеціального профілю. У такого пуансону деформуюча поверхня утворена перетином кіл постійного діаметру, центри яких розташовані під кутом з відповідним кроком. Комп'ютерним моделюванням встановлений та підтверджений експериментом профіль пуансону, який забезпечує зменшення впливу сил тертя на формоутворення при роздачі та збільшення коефіцієнта роздачі.

(рос.)

Уменьшение количества переходов изготовления изделий и увеличение степени деформации за один переход в формообразующих процессах листовой штамповки позволяет повысить производительность изготовления и делает полученную продукцию конкурентоспособной.

Для процессов вытяжки разработаны способы формообразования из приложением дифференцированного радиального подпора фланца с помощью жидкости, вытяжки в матрице специального профиля и комбинированной вытяжки в двухконусных матрице специального профиля. С использованием компьютерного моделирования методом конечных элементов установлено, что приложения подпора существенно уменьшило величину растягивающих напряжений в опасном сечении, которые приводят к разрушению стенки. Уменьшение указанных напряжений позволило увеличить степень деформации за один переход и снизить количество переходов вытяжки. Использование традиционного вытягивания в матрице специального профиля и комбинированного вытягивания в двухконусной матрице специального профиля также позволило сократить количество переходов штамповки. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили результаты расчетов. Получены аналитические зависимости для определения параметров комбинированной вытяжки в двухконусных матрицы;

Для процессов обжима трубчатых и полых заготовок с дном было использовано приложения противодавления с помощью жидкости на внутреннюю поверхность заготовок и применен обжим в матрице специального профиля. Расчетом установлено, что приложение противодавления при обжиге трубчатых заготовок из стали приводит к исключению потери устойчивости стенки заготовки и образования поперечных гофр на стенке и сдеформированной части заготовки, что позволило получать изделия с горловиной за один переход. При обжиге применены конусные та сферические матрицы специального профиля. В таких матрицах деформирующая поверхность образована пересечением окружностей постоянного диаметра, центры которых расположены под углом с определенным шагом. Формоизменение по таких поверхностях обеспечило уменьшение влияния сил трения при формообразовании и увеличения степени деформации за один переход. Использование предварительной операции профилирования стенки трубчатых или полых заготовок с дном приводит к получению обжимом изделий из постоянной толщиной стенки. Экспериментальным путем получены опытные образцы изделий. Получены аналитические зависимости для определения усилия обжима, формы и размеров сдеформированной части заготовок.

Разработанный способ отбортовки отверстий в листовых заготовках и профилях обеспечивает получение сдеформированной части с постоянной толщиной стенки без искривлений. Постоянная толщина стенки приводит к увеличению высоты изделий после отбортовки с утончением и повышению надежности и долговечности разъемных и неразъемных соединений, которые образованы отбортованными изделиями с другими деталями. Использование предварительного профилирования листовых заготовок и профилей путем формообразования отверстий холодным выдавливанием с последующей пробивкой перемычки приводит к экономии металла. Расчетом и экспериментом показаны возможности получения стенки постоянной толщины. Для инженерных расчетов параметров предварительного профилирования заготовок и параметров отбортовки

получены аналитические зависимости для определения силовых режимов, удельных усилий на инструменте и конечных формы и размеров сформированных заготовок.

Для получения фланцев различной конфигурации на трубчатых заготовках и трубах разработан способ раздачи пуансоном специального профиля. У такого пуансона деформирующая поверхность образована пересечением окружностей постоянного диаметра, центры которых расположены под углом с соответствующим шагом. Компьютерным моделированием установлен и подтвержден экспериментом профиль пуансона, который обеспечивает уменьшение влияния сил трения на формообразование при раздаче и увеличения коэффициента раздачи.

(англ.)

Reducing the number of transitions of manufacturing products and the increase in the degree of deformation at a transition in shaping sheet metal forming processes can improve the performance of manufacturing and makes the resulting products competitive.

For the drawing process developed ways of shaping with the use of differential radial flange backwater using liquid drawing in a die of special profile and the combined drawing in the double cone die special profile. Using computer simulation by the method of finite elements, was found that application of backwater significantly reduce the amount of tensile stresses in the dangerous section, which result is the destruction of the wall. Reduction of these strains has increased the degree of deformation in one transition and reduce the number of drawing transitions. The use of traditional drawing in a die of special profiles and combined drawing in double-cone die of special profile also reduced the number of presswork transitions. The experimental results confirmed the results of the calculations. Was found the analytical dependences for determining the parameters of the combined drawing in the double-cone die.

For processes of reducing tubular and hollow bottom blanks were used the application of liquid back pressure to the inner surface of the blanks and reducing was applied in the die of special profile. Calculation found that counter-pressure application with reducing of tubular of steel billets leads to the exclusion of loss of stability of the preform wall and forming of the cross-ribbed on the wall and on the deformed part of the workpiece, which allowed to obtain products with the neck in one transition. During reducing was applied cone and spherical dies of special profile. In such dies deforming surface is formed by the intersection of the circles of constant diameter whose centers are positioned at an angle with a certain step. Forming on these surfaces ensure the reduction of the friction forces in forming and increasing the degree of deformation in one transition. Using the pre-operation profiling wall of tubular or hollow blanks with the bottom results in reducing products of constant wall thickness. Prototypes of products was obtained by experimental way. Was founded the analytical dependences for determining the reducing force, the shape and size of the deformed part of the blanks.

The developed method of outward flanging of the holes in the sheet metal blanks and profiles provides receiving of deformed part with a constant wall thickness without distortion. Constant wall thickness leads to an increase in the height of products after outward flanging with thinning and increased reliability and durability detachable and permanent joints which are formed by outward flanging products with other items. Using the pre-profiling of the blanks and profiles by cold extrusion forming holes followed by punching jumper leads to saving metal. Calculations and experiments have shown the possibility of obtaining constant wall thickness. For engineering calculation of parameters of preliminary profiling blanks and parameters of outward flanging was founded analytical according to the definition of power modes, the specific efforts on the instrument and final shape and size of deformed blanks.

For various configurations of flanges on tubular workpieces and pipes was developed method of bulging by punch of special profile. At such punch deforming surface is formed by the intersection of the circles of constant diameter whose centers are located at an angle to the corresponding step. By computer simulation was found and confirmed by experiment punch profile, which provides a reduction of the friction forces in the forming in the bulging processes and increase the bulging ratio.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

- Патент України на корисну модель №59190. Спосіб обтиску горловини типу балон, Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Піманов В.В., Паляничко Є.М., МПК(2009) B21B26/02, u201011607, подання 23.09.2010. - Опубл. в бюл. №9, 2011
- Патент України на корисну модель № 64784. Спосіб витягування з підпором фланця / В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний, І.М. Савчук. - Опубл. в бюл. №22, 2011
- Патент України на корисну модель №59190. Спосіб відборткування отворів / В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний, С.А. Пахолко та ін. – Опубл. в бюл. №8, 2012
- Патент України на корисну модель №59190. Спосіб інтенсивного деформаційного зміцнення металів навколо отворів / В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний, М.І. Бобир та ін. –Опубл. в бюл. №21, 2012

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а використання диференційованого протитиску рідини для інтенсифікації процесів витягування, обтиску та використання деформуючого інструменту для отримання виробів формуючими процесами холодного листового штампування не мають аналогів у світовій практиці.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених технологій та конструкцій штампового оснащення дозволяє значно знизити кількість переходів штампування та підвищити ступінь деформації при виготовленні виробів за один перехід, що в підсумку знижує виробів собівартість та робить продукцію конкурентоспроможною:

- застосування диференційованого підпору фланця заготовки за допомогою рідини дозволило зменшити кількість переходів витягування в 2 рази в порівнянні з існуючими технологіями. Використання традиційного витягування в матриці спеціального профілю та комбінованого витягування в двоконусній матриці спеціального профілю також дозволило скоротити кількість переходів відповідно в 3 та 2 рази;

- при обтиску трубчастих заготовок та порожнистих заготовок з дном для отримання виробів з горловиною прикладання протитиску приводить до формоутворення виробів за один перехід взамін 2-4 існуючих переходів обтиску. Використання конусних та сферичних матриць спеціального профілю дозволяє збільшити підвищення коефіцієнту обтиску в 1,3-2 рази в порівнянні з обтиском в традиційних конусних та сферичних матрицях.

- отримання постійної товщини стінки здеформованої частини після відборткування забезпечує підвищення надійності та надійності роз'ємних та нероз'ємних з'єднань деталей, які отримані відборткуванням, з іншими виробами та машинобудівних конструкцій в цілому. Заміна отримання отворів під відборткування обробкою різанням або пробиванням на формоутворення холодним видавлюванням конусним пуансоном дозволяє економити метал до 85 % для сталей і до 92 % для пластичних кольорових металів на одному отворі;

- для отримання фланців різноманітної конфігурації на трубчастих заготовках розроблений спосіб роздачі, розраховані параметри та створене штампове оснащення, що в підсумку забезпечило зменшення впливу сил тертя при формоутворенні виробів та зниження зусилля роздачі. В порівнянні з існуючими технологіями, коефіцієнт роздачі збільшений в 1,5 рази.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Споживачами створеної продукції можуть бути підприємства автомобілебудування, авіабудування, атомної енергетики, оборонної промисловості, приладобудування, суднобудування та інші. В київському регіоні результати роботи можуть бути впроваджені на державному авіабудівному концерні «Антонов» м. Київ; Державному

підприємстві «Жуляньський машинобудівний завод» м. Київ, Державному підприємстві «Завод ім. Корольова» м. Київ., Холдинговій компанії «Артем» м. Київ.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені технології витягування, обтиску, відбортування, роздачі та створені конструкції штампового оснащення можуть бути впроваджені у промислове виробництво.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати НДР впроваджені на Державному підприємстві «Конструкторське бюро «Артилерійське озброєння» м. Київ. Річна економічна ефективність склала 160 тис. грн.

Результати роботи використані в навчальному процесі. Створені нові розділи в курсі лекцій «Інтенсифікація листового штампування», зокрема розділи «Інтенсифікація витягування вісесиметричних виробів за допомогою рідини, яка знаходиться під високим тиском», «Інтенсифікація обтиску трубчастих заготовок та порожнистих заготовок з дном за допомогою рідини, яка знаходиться під високим тиском», «Відбортування круглих отворів з забезпеченням відбортованої частини з постійною товщиною стінки», «Витягування, обтиск та роздача деформуючим інструментом спеціального профілю».

В курсі «Чисельні методи аналізу процесів обробки металів тиском» доповнені розділи «Інженерний метод» та «Метод скінченних елементів».

В курсі «Холодне листове штампування та конструювання штампів» доповнений розділ «Конструювання штампів».

В процесі виконання НДР захищено 5 магістерських робіт, виконувалися курсові та розрахункові роботи по курсах «Технологія холодного об'ємного штампування» та «Чисельні методи аналізу прикладних задач обробки металів тиском».

10. Назва організації, телефон, E-mail

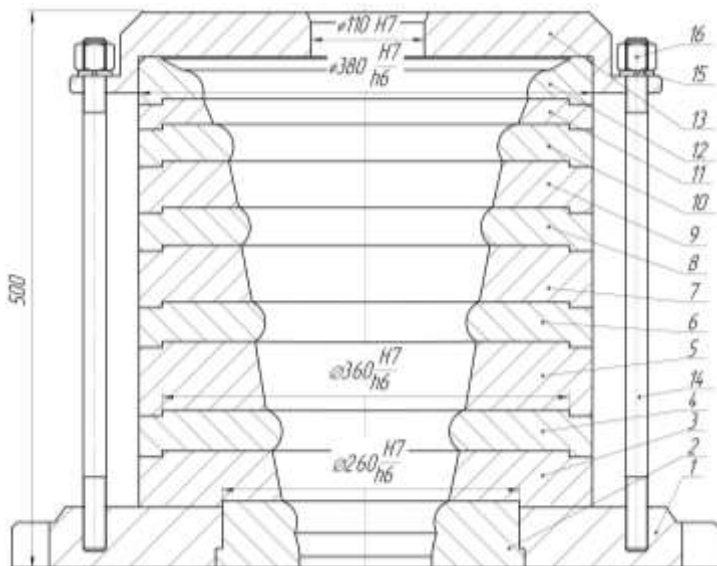
НТУУ"КПІ", механіко-машинобудівний інститут, кафедра механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів, 454-96-11, kwl_2011@ukr.net



Штамп для витягування здиференційованим підпором на фланець заготовки



Деталі, які отримані по традиційній технології (ліворуч) та витягуванням з підпором



а

б

Конструкція матриці спеціального профілю (а) та отриманий виріб в такій матриці (б)

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Калюжный В.Л. Повышение качества изделий в процессах отбортовки круглых отверстий в листовых заготовках и профилях / В.Л. Калюжный, А.В. Калюжный, С.А. Пахолко // - Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2014, № 5. – С. 22-25.
2. Калюжный В.Л. Комбинированная вытяжка осесимметричных изделий в матрице специального профиля // В.Л. Калюжный, О.В. Калюжный, А.С. Запороженко // - Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2014, № 5. – С. 42-47.
3. Калюжный О.В. Силові режими та формозміна металу при відбортуванні отворів у попередньо зпрофільованій заготовці в матриці з різним радіусом заокруглення / О. В. Калюжный, А.С. Пахолко // Вісник НТУ «ХП», Серія «Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії», Харків, 2014. № 43. - С. 52-60.
4. Калюжный О.В. Напружено-деформований стан заготовок при роздачі трубчастих заготовок традиційним конусним пуансоном та пуансоном спеціального профілю / В.О. Калюжный // Вісник НТУ «ХП», Серія «Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії», Харків, 2014. № 44. - С. 70-80.
5. Калюжный О.В. Уточнена теорія витягування в двохконусній матриці // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво), Полтава, НТУ, Вип. 2(41), 2014. – С. 121-131.
6. Калюжный О.В. Інтенсифікація процесу роздачі вісесиметричних заготовок / О.В. Калюжный, В.В. Піманов, Я.С. Олександренко та ін. // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, №1 (38), 2014. - С. 103-109.
7. Калюжный О.В. Зменшення кількості переходів витягування вісесиметричних виробів з використанням матриці спеціального профілю // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, №4 (37), 2013. - С. 93-97.
8. Калюжный О.В. Розрахунково-експериментальний аналіз відбортування круглих отворів у традиційній і зпрофільованій заготовці із алюмінію/ О.В. Калюжный, С.А. Пахолко // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, №4 (37), 2013. - С. 97-102.
9. Калюжный О.В. Зменшення зусилля та підвищення продуктивності формоутворення при комбінованому витягуванні вісесиметричних виробів // Вісник НТУ «ХП», Серія «Нові рішення в сучасних технологіях», Харків, № 42'2013. - С. 126-131.

10. Калюжний О.В. Інтенсифікація холодної роздачі трубчастих заготовок конічним пуансоном // Вісник НТУ «ХП», Серія «Нові рішення в сучасних технологіях», Харків, № 43'2013. - С. 84-90.
11. Калюжний А.В. Повышение качества изделий при отбортовке круглых отверстий в листовых заготовках и профилях // Известия МГТУ «МАМИ». Научн. реценз. журнал. Серия 2. Технология машиностроения и материалы., Москва, № 2(16), 2013, т. 2. - С. 52-58.
12. Калюжний О.В. Холодне штампування виробу з двома фланцями із листової заготовки шляхом використання операцій витягування, роздачі і витягування // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво), Полтава, НТУ, Вип. 2(37), 2013. - С. 105-109.
13. Калюжний О.В. Аналіз обтиску горловин в сферичній матриці на трубчатих заготовках з диференційованим протитиском // Вісник НТУУ КП, Машинобудування, Київ, № 66, 2013, - С. 133-138.
14. Калюжний О.В. Аналіз процесу формоутворення отворів холодним видавлюванням двома конічними пуансонами // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, №1 (34), 2013. - С. 106-114.
15. Калюжний В.Л. Аналіз можливостей холодного об'ємного штампування заготовок кульок із сталей ШХ-15 і 12Х18Н10Т / В.Л. Калюжний, Г.М. Суботенко // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, № 1(34), 2013. - С. 79-84.
16. Калюжний В.Л. Визначення параметрів холодного видавлювання ступінчатих порожнин в умовах дії протитиску на заготовку / В.Л. Калюжний, В.В. Піманов // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, № 3(36), 2013. - С. 23-32.
17. Калюжний В.Л. Визначення оптимального кута вхідного конусу двоконусної матриці для комбінованого витягування вісесиметричних виробів / В.Л. Калюжний, А.С. Запорожченко // Збірник наукових праць (серія галузеве машинобудування, будівництво), Полтава, НТУ, Вип. 2(37), 2013. - С. 99-105.
18. Калюжний В.Л. Вплив кута конусу пуансону на силові режими і якість виробів при роздачі трубчастих заготовок із сталі 12Х18Н10Т / В.Л. Калюжний, В.В. Піманов, Я.С. Олександренко // Вісник НТУ «ХП» », Серія «Нові рішення в сучасних технологіях», Харків, № 43'2013. - С. 120-126.
19. Калюжний В.Л. Холодное выдавливание с дифференцированным противодействием полостей штампов / В.Л. Калюжний, В.В. Пиманов // Известия МГТУ «МАМИ». Научн. реценз. журнал. Серия 2. Технология машиностроения и материалы., Москва, № 2(16), 2013, т. 2. - С. 32-37.
20. Калюжний В.Л. Порівняльний аналіз процесів зворотного видавлювання і прямого видавлювання з роздачею виробів з порожниною постійного діаметру / В.Л. Калюжний, Л.І. Алієва, І.П. Куліков // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, №4 (37), 2013. - С. 87-92.
21. Калюжний В.Л. Порівняльний аналіз ефективності процесу комбінованого витягування в двоконусній матриці та матриці спеціального профілю / В.Л. Калюжний, А.С. Запорожченко // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, Краматорск, ДГМА, №1(38), 2014. - С. 32-37.
22. Калюжний В.Л. Двохстороння роздача трубчастої заготовки з подальшим утворенням плоского фланця / В.Л. Калюжний, В.В. Піманов, Я.С. Олександренко, І.В. Вихованець // Пластическая деформация металлов. Коллективная монография, Днепропетровск: Акцент ПП, 2014. - С. 311-315.
23. Калюжний В.Л. Моделювання методом скінченних елементів обтиску трубчастих заготовок квадратного і прямокутного перерізу / В.Л. Калюжний, В.В. Піманов, І.П. Куліков // Пластическая деформация металлов, Днепропетровск, НМетАУ, т. 1, 2014. - С. 222-225.

24. Калюжний В.Л. Порівняльний аналіз традиційного холодного видавлювання та холодного видавлювання з роздачею заготовок зубчастих коліс та валів / В.Л. Калюжний, В.М. Горностай // Збірник наукових праць (серія галузеве машинобудування), Полтава, НТУ, Вип. 2(41), 2014. - С. 108-113.
25. Калюжний В.Л. Інтенсифікація обтиску трубчастих заготовок в конусній матриці / В.Л. Калюжний, І.В. Вихованець, Є.Ю. Чувільов // Збірник наукових праць (серія галузеве машинобудування), Полтава, НТУ, Вип. 2(41), 2014. - С. 113-121.
26. Калюжний В.Л. Форма та розміри, напружено-деформований стан zdeформованих заготовок при холодній відкритій роздачі трубчастих заготовок з різною відносною товщиною / В.Л. Калюжний, І.П. Куліков, Я.С. Олександренко // Вісник НТУ «ХП», Серія «Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії», Харків, № 44'2014. - С. 62-70.