

Технологічні основи високопродуктивного виробництва заготовок та холодного штампування з них виробів зі стінкою змінної товщини

Технологические основы высокопроизводительного производства заготовок и холодной штамповки из них изделий со стенкой переменной толщины

Technological bases of high-performance workpiece production and cold stamping of products with variable wall thickness

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0117U000499**
- 2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Калюжний В.Л., д.т.н., проф. Калюжний В.Л., Doctor of Technical Sciences, Full Professor Kalyuzhnyi Vladimir L.**

3. Суть розробки, основні результати. (укр.)

Здійснено розроблення математичних моделей та встановлені конструктивні і технологічні параметри нових високопродуктивних технологій безвідхідного розділення сортового прокату на заготовки шляхом відрізанням зсувом в штампах на пресах. Розроблені конструкції штампового оснащення для відрізання заготовок під подальше штампування з них виробів зі змінною товщиною стінок по висоті. Створені математичні моделі, досліджений вплив конструктивних, технологічних та фізико-механічних факторів на процеси холодного і гарячого формоутворення порожнистих виробів зі змінною товщиною стінок операціями зворотного видавлювання, витягування з потоншенням і обтиску. Встановлені конструктивні і технологічні параметри, які дозволяють знизити зусилля деформування, збільшити ступінь деформації за один перехід та скоротити кількість переходів холодного і гарячого штампування. На конкретних прикладах холодного штампування порожнистих виробів малого діаметра із сталей 10, 20 11ЮА, гарячого штампування виробу середнього діаметру із сталі С-60 та холодного і гарячого штампування порожнистих виробів великого діаметру із латуні Л70 і високоміцного алюмінієвого сплаву В93пч розроблені нові технології виготовлення. Розраховане і спроектоване штампове оснащення для реалізації вказаних технологій на існуючих підприємствах України. При цьому забезпечується отримання необхідної форми виробів та потрібне пропрацювання структури металу по висоті стінок змінної товщини та у донних частинах для досягнення механічних властивостей здеформованого металу. Нові технології виготовлення виробу малого діаметра із сталі 11ЮА та великого діаметру із сплаву В93пч пройшли промислову перевірку. Створено концепцію виготовлення порожнистих виробів зі змінною товщиною стінок, яка дозволяє зменшити кількість переходів штампування та суттєво знизити собівартість виробів.

Розроблено новий високоефективний процес виготовлення біметалів, який базується на комплексному використанні енергії лазерного випромінювання і енергії індукованого електромагнітного поля. Створений новий спосіб виготовлення гнутих біметалів при використанні для з'єднання пластин потужного джерела енергії. Розроблено і реалізовано ряд оригінальних способів виготовлення біметалів шляхом з'єднання окремих ділянок їх складових зварюванням з використанням потужних джерел енергії, або виготовленням спеціальних утримуючих елементів і заливкою розплавом другої складової біметалу. Розроблено ряд технологій виготовлення полегшених біметалів, що забезпечують значну економію матеріалів, суттєве зменшення собівартості їх виготовлення при забезпеченні потрібної міцності зчеплення складових.

(рос.)

Осуществлена разработка математических моделей и установлены конструктивные и технологические параметры новых высокопроизводительных технологий безотходного разделения сортового проката на заготовки путем отрезания сдвигом в штампах на

прессах. Разработаны конструкции штамповой оснастки для отрезания заготовок под последующую штамповку из них изделий с переменной толщиной стенок по высоте. Созданы математические модели, исследовано влияние конструктивных, технологических и физико-механических факторов на процессы холодного и горячего формообразования полых изделий с переменной толщиной стенок операциями обратного выдавливания, вытягивания с утонением и обжима. Установлены конструктивные и технологические параметры, которые позволяют снизить усилия деформирования, увеличить степень деформации за один переход и сократить количество переходов холодной и горячей штамповки. На конкретных примерах холодной штамповки полых изделий малого диаметра из сталей 10, 20 11ЮА, горячей штамповки изделия среднего диаметра из стали С-60 и холодного и горячего штамповки полых изделий большого диаметра из латуни Л70 и высокопрочного алюминиевого сплава В93пч разработаны новые технологии изготовления. Рассчитана и спроектирована штамповая оснастка для реализации указанных технологий на существующих предприятиях Украины. При этом обеспечивается получение формы изделий и необходимая проработки пластической деформацией структуры металла по высоте стенок и в донных частях для достижения заданных механических свойств. Новые технологии изготовления изделия малого диаметра из стали 11ЮА и большого диаметра из сплава В93пч прошли промышленную апробацию. Создана концепция изготовления изделий с переменной толщиной стенок, которая позволяет уменьшить количество переходов штамповки и существенно снизить себестоимость изделий.

Разработан новый высокоэффективный процесс изготовления биметаллов, основанный на комплексном использовании энергии лазерного излучения и энергии индуцированного электромагнитного поля. Создан новый способ изготовления гнутых биметаллов при использовании мощного источника энергии для соединения пластин. Разработан и реализован ряд оригинальных способов изготовления биметаллов путем соединения отдельных участков их составляющих сваркой с использованием мощных источников энергии, или изготовлением специальных удерживающих элементов и заливкой расплавом второй составляющей биметалла. Разработан ряд технологий изготовления облегченных биметаллов, обеспечивающих значительную экономию материалов, существенное уменьшение себестоимости их изготовления при обеспечении необходимой прочности сцепления составляющих.

(англ.)

Mathematical models have been developed and structural and technological parameters of new high-performance technologies of waste-free separation of high-quality rolled products by blanks cut off in presses have been established. Designs of die tooling have been developed for cutting workpieces for subsequent stamping of products with variable wall thickness in height. Mathematical models have been created, the influence of structural, technological and physical-mechanical factors on the processes of cold and hot forming of hollow products with variable wall thickness by operations of back extrusion, drawing with thinning and compression has been investigated. Structural and technological parameters have been established which allow to reduce the deformation efforts, to increase the degree of deformation in one transition and to reduce the number of transitions of cold and hot stamping. On specific examples of cold forging of hollow products of small diameter from steels 10, 20, 11YA, hot forging of medium diameter of steel C-60 and cold and hot forging of hollow products of large diameter of L70 brass and high-strength aluminum alloy B93pch, new manufacturing technologies have been developed. Stamping equipment for the implementation of these technologies at the existing enterprises of Ukraine is calculated and designed. This ensures that the shape of the products is obtained and the necessary working of the structure of the metal along the height of the walls and in the bottom parts is achieved to achieve the mechanical properties of the deformed metal. New technologies for manufacturing small diameter 11YA steel and large diameter alloy B93pch have been tested by industry. The concept of manufacture of products with change of wall thickness is

created, which allows to reduce the number of transitions of stamping and to significantly reduce the cost price of products.

A new highly efficient bimetal manufacturing process has been developed, based on the integrated use of laser radiation energy and the energy of the induced electromagnetic field. A new method for manufacturing bent bimetals using a powerful energy source for connecting plates has been created. A number of original methods have been developed and implemented for the manufacture of bimetals by connecting individual sections of their components by welding using powerful energy sources, or by manufacturing special retaining elements and melt pouring the second component of bimetal. A number of technologies have been developed for the production of lightweight bimetals, which provide significant material savings, a significant reduction in the cost of their manufacture while ensuring the necessary adhesion strength of the components.

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

1. Патент № 133083 UA, B23D 19/00, B23D 19/08. Пристрій для ливарного виготовлення біметалів з застосуванням утримуючих елементів / Романенко В.В.; Головка Л.Ф.; Блощизин М.С.– № u 201809889 ; заявл. 04.10.2018 ; опубл. 25.03.2019 Бюл. № 6, 2019 р.
2. Патент № 133111 UA, B22D 19/16. Пристрій для ливарного виготовлення біметалічних матеріалів з застосуванням утримуючих елементів / Романенко В.В.; Головка Л.Ф.; Блощизин М.С., Салій С.С. –№ u 201810064 ; заявл. 09.10.2018 ; опубл. 25.03.2019 Бюл. № 6, 2019 р.
3. Патент № 133173 UA, B23D 19/08. Спосіб ливарного виготовлення біметалів з використанням технологічних отворів та утримуючих елементів / Романенко В.В.; Головка Л.Ф.; Блощизин М.С., Салій С.С. –№ u 201810447 ; заявл. 23.10.2018 ; 25.03.2019 Бюл. № 6, 2019 р.
4. Патент № 133218 UA, B23D 19/08 (2006.01) Спосіб виготовлення біметалів електродуговим зварюванням з використанням технологічних отворів та утримуючих елементів // Романенко В.В.; Головка Л.Ф.; Блощизин М.С., Салій С.С. дата 25.03.2019
5. Патент № 128468 UA, B23K 26/354 (2014.01), B23K 23/00 Спосіб виготовлення біметалевих листових композицій / Головка Л.Ф., Салій С.С. – № u 201712550 ; заявл. 18.12.2017 ; опубл. 25.09.2018, Бюл. № 18, 2018 р.
6. Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощизин М.С.Спосіб виготовлення біметалів при з'єднанні його пластин потужним джерелом енергії з використанням ступінчатих технологічних отворів; Назва охоронного документу - Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 13807/ЗУ/17 дата 08.06.2017
7. Спосіб виготовлення біметалів при з'єднанні його пластин потужним джерелом енергії з використанням технологічних отворів та шайб; Назва охоронного документу - Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 13808/ЗУ/17 дата 08.06.2017
8. Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощизин М.С. Спосіб виготовлення алюмо-сталевих біметалів при з'єднанні пластин потужним джерелом енергії.; Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель. ; № 14737/ЗУ/18 дата 06.06.2018
9. Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощизин М.С. Спосіб виготовлення гнутих біметалів при з'єднанні його пластин потужним джерелом енергії; Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель. ; № 14809/ЗУ/18 дата 06.06.2018
10. Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощизин М.С. Спосіб ливарного виготовлення біметалів із застосуванням нахилених утримувачів / Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 8326/ЗУ/19 дата 04.04.2019
11. Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощизин М.С. Пристрій для ливарного виготовлення полегшених корозійностійких біметалевих виробів / Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 10975/ЗУ/19 дата 07.05.2019
12. Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощизин М.С. Пристрій для ливарного виготовлення біметалів із застосуванням нахилених трубчатих утримувачів / Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 12568/ЗУ/19 дата 07.05.2019

13 Романенко В.В., Головка Л.Ф., Блощин М.С. Пристрій для ливарного виготовлення полегшених біметалів із застосуванням нахилених трубчатих утримувачів / Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 12573/ЗУ/19 дата 22.05.2019

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню. Розроблені технологічні основи, технологічні процеси і конструкції штампного оснащення не мають аналогів у світовій практиці.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Використання розроблених нових технологічних процесів і конструкцій штампного оснащення для отримання порожнистих виробів зі змінною товщиною стінки не мають аналогів у світовій практиці та забезпечують наступні переваги:

- при виготовленні порожнистих виробів зі змінною товщиною стінки особливо малого діаметра кількість переходів штампування зменшена в 2 р., витрати металу на одному виробі зменшені до 15%, проведена заміна марки матеріалу виробів на більш дешеву без зміни службових властивостей виробів;
- при виготовленні порожнистих виробів зі змінною товщиною стінки малого діаметру кількість переходів холодного штампування зменшена в 2 р., до 15-20% зменшено зусилля холодного видавлювання та в 1,5 р. підвищена стійкість деформуючого інструменту, зменшені витрати металу до 10% на одному виробі;
- при виготовленні порожнистих виробів зі змінною товщиною стінки середнього діаметру витрати металу на одному виробі зменшені на 10-15%, зусилля видавлювання зменшено до 15% і в 1,5 р. підвищена стійкість деформуючого інструмента, кількість переходів холодного штампування зменшена в 2р.;
- при виготовленні порожнистих виробів зі змінною товщиною стінки великого діаметру кількість переходів штампування зменшена в 2-3р., витрати металу на одному виробі зменшені на 15%, зусилля видавлювання зменшено до 15% і в 1,5 р. підвищена стійкість деформуючого інструмента;
- вперше розроблено новий високоефективний процес виготовлення біметалів, який базується на комплексному використанні енергії лазерного випромінювання і енергії індукованого електромагнітного поля;
- розроблено новий спосіб виготовлення гнутих біметалів при використанні для з'єднання пластин потужного джерела енергії;
- розроблено і реалізовано ряд оригінальних способів виготовлення біметалів шляхом з'єднання окремих ділянок їх складових зварюванням з використанням потужних джерел енергії, або виготовленням спеціальних утримуючих елементів і заливкою розплавом другої складової біметалу;
- розроблено ряд технологій виготовлення полегшених біметалів, що забезпечують значну економію матеріалів, суттєве зменшення собівартості їх виготовлення при забезпеченні потрібної міцності зчеплення складових.

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

Розроблені технологічні основи, технології та штампне оснащення можуть застосовуватись на підприємствах та в організаціях різних галузей промисловості: машинобудуванні, авіа - і суднобудуванні, атомній енергетиці та оборонній промисловості.

8. Стан готовності розробки.

Розроблені технологічні процеси і конструкції штампного оснащення можуть бути впроваджені у промислове виробництво на існуючих підприємствах України.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати роботи у вигляді розроблених технологічних процесів і конструкцій штампного оснащення використані в ПрАТ «Завод «Кузня на Рибальському» (м. Київ) та ДАХК «Артем» (м. Київ). Результати розробок по біметалах використані на ТОВ «ОЛІМП

ГРУПП» (м. Київ), ТОВ «Компанія СІАЙТІ», м. Київ, ТОВ «Чернігівський автозавод» (м. Чернігів).

1. Назва організації, телефон, E-mail

КПІ ім. Ігоря Сікорського, механіко-машинобудівний інститут, кафедра технологій виробництва літальних апаратів
(044) 204-96-11, kwl_2011@ukr.net

14. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

Монографія:

Калюжний В.Л. Холодне об'ємне штампування порожнистих і стержневих Виробів / В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний // - Київ, 2019, -223 с.

Перелік статей у журналах, що входять до наукометричної бази даних Scopus:

1. Kalyuzhnyi V.L. Simulation of Cold Extrusion of Hollow / V.L. Kalyuzhnyi, L.I. Alieva, D.A. Kartamyshev // - Parts Metallurgist, Vol. 61, Nos. 5–6, September, 2017 (Russian Original Nos. 5–6, May–June, 2017). - Pp. 359-365.

2. L. Golovko, S. Sali, M. Bloshchytyn, W. Alnusirat. Development of the laser-foundry process for manufacture of bimetalls. Eastern-European journal of enterprise technologies. 2018. Vol. 4, No. № 1 (94). Pp. 47–54.

3. Kapustynskyi, O.; Višniakov, N.; Černašėjus, O.; Golovko, L.; Chayeuski, V. "Optimization of the Parameters of Local Laser Treatment for the Creation of Reinforcing Ribs in Thin Metal Sheets" // Proceedings of 24th International Conference "МЕХАНІКА 2019" 2019, Pp. 71-75.

Перелік статей у журналах, що входять до переліку фахових видань України:

1. Калюжний В.Л. Горячая штамповка полых изделий из высокопрочного алюминиевого сплава с заданной проработкой структуры металла пластической деформацией / В.Л. Калюжний, В.Н. Горноста́й, А.А. Гулюк и др. // Обработка материалов давлением: Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2017. - №1 (44). - С. 137-143;

2. Калюжний В.Л. Вплив тертя на формоутворення вісесиметричних порожнистих виробів із сталі 10 комбінованим витягуванням в одноконусній матриці / В.Л. Калюжний, С.С. Соколовська // Обработка материалов давлением: Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2017. - №1 (44). - С. 77-84;

3. Калюжний В.Л. Визначення параметрів витягування з потоншенням зпрофільованим пуансоном порожнистих заготовок після видавлювання / В.Л. Калюжний, О.В. Калюжний // Вісник НТУ «ХП», Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії. – Харків: НТУ «ХП», 2017, № 36 (1258).-С. 21-28.

4. Калюжний В.Л. Прогнозування механічних властивостей здеформованого металу при холодному видавлюванні стержневих виробів по схемі «заготовка за заготовкою» / В.Л. Калюжний, А.М. Потятиник, І.П. Куліков // Вісник НТУ «ХП», Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії // - Харків: НТУ, 2017, № 35 (1258). - С. 31-38.

5. Калюжний В.Л. Моделирование процесса холодного выдавливания полых изделий / В.Л. Калюжний, Л.И. Алиева, Д.А. Карамышев // - Металлург, 2017, №5. - С. 22-28.

6. Калюжний В.Л. Аналіз схем холодного видавлювання вісесиметричних порожнистих виробів / В.Л. Калюжний, А.М. Потятиник // Наукові нотатки Міжвузівський збірник.– Луцьк: НТУ, 2017, № 59. - С. 137-143.

7. Калюжний В.Л. Розрахунково-експериментальне дослідження холодного прямого видавлювання по схемі «заготовка за заготовкою» круглих стержнів із сталі / В.Л.

Калюжний, А.М. Потятиник // Наукові нотатки Міжвузівський збірник. -Луцьк: НТУ, 2017, № 60, - С. 127-133;

8. Kalyuzhnyi V. Hot forming hollow products from high strength aluminum alloy with required treatment of metal structure by plastic deformation/ V. Kalyuzhnyi, V. Gornostay, a. Gulyuk // *Mechanics and Advanced Technologies*, 2017, №2 (80). – Pp. 65-70.

9. Калюжний В.Л. Розрахунково-експериментальне дослідження холодного прямого видавлювання по схемі «заготовка за заготовкою» круглих стрижнів із сталі / В.Л. Калюжний, В.М. Горностай, А.М. Потятиник // *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences*, Radom, Academy of Economics: Izdevnieciba «Baltija Publishing», Republic of Poland, 2017. – Pp. 120-125

10. Kalyuzhnyi V.L. Hot forming hollow products from high strength aluminum alloy with required treatment of metal structure by plastic deformation / V.L. Kalyuzhnyi, V.N. Gornostay, S.S. Artemenko // *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences*, Radom, Academy of Economics: Izdevnieciba «Baltija Publishing», Republic of Poland, 2017. – Pp. 95-100.

11. Калюжний В.Л. Аналіз методом скінченних елементів процесу неповністю відкритого відрізання заготовок із круглого прокату зсувом у штампі на пресі / В.Л. Калюжний, Д.С. Касян, Р.Л. Русаков // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії. - Харків: НТУ «ХПІ», 2018, № 30 (1306). - С. 27-32.

12. Калюжний В.Л. Зусилля деформування, напружено-деформований стан і температурний розподіл у здеформованій заготовці при гарячому зворотному видавлюванні порожнистих виробів із латуні / В.Л. Калюжний, О.С. Ярмоленко // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія :Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії. – Харків: НТУ «ХПІ», 2018, № 23(1299). - С. 28-33

13. Калюжний О.В. Вплив радіуса заокруглення пуансона спеціального профілю на витягування вісесиметричних виробів з листової заготовки із нержавіючої сталі / О.В. Калюжний, В.Л. Калюжний, К.К. Редька // *Вісник НТУ «ХПІ»*, Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудування та металургії. -Харків: НТУ «ХПІ», 2018, № 31 (1307). - С. 25-33;

14. Калюжний В.Л. Інтенсифікація процесу холодного обтиску порожнистих напівфабрикатів для отримання виробів зі змінною товщиною стінки / В.Л. Калюжний, О.С. Ярмоленко // *Вісник КПІ ім. Ігоря Сікорського. Mechanics and Advanced Technologies*. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, №1 (85). – С. 111-117.

15. Калюжний В.Л. Аналіз методом скінченних елементів впливу осьового зазору при неповністю закритому відрізанні заготовок із круглого прокату в штампі / В.Л. Калюжний, Д.В. Касян // *Наукові нотатки Міжвузівський збірник*. - Луцьк: НТУ, 2018, №64. - С. 127-133.

16.Калюжний В.Л. Визначення параметрів холодного комбінованого видавлювання вісесиметричних порожнистих напівфабрикатів із виступом у донній частині зі сторони порожнини / В.Л. Калюжний, А.М. Потятиник, Х.В. Малій // *Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов*. –Краматорск: ДГМА, 2018, № 2(47). – С. 105-111.

17. Калюжний В.Л. Расчетно-экспериментальное исследование холодного прямого выдавливания по схеме “заготовка» за заготовкой» / В.Л. Калюжний, Л.И. Алиева, А.Н. Потятиник // - *Проблемы черной металлургии и материаловедения*, 2019, №1. – С. 1-6.

18. Калюжний В.Л. Використання методу балансу потужностей і інженерного методу для аналізу усталеної стадії холодного зворотного видавлювання з роздачою / В.Л. Калюжний, В.М. Левченко // *Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов*. – Краматорск: ДГМА, 2019, №1 (48). – С. 45-52.

19. Калюжний В.Л. Силлові режими, напружено-деформований стан металу та температурний розподіл при гарячому зворотному видавлюванні порожнистих вісесиметричних виробів з латуні / В.Л. Калюжний, С.С. Артеменко, О.С. Ярмоленко //

Наукові нотатки Міжвузівський збірник. Луцький національний технічний університет. - Луцьк: НТУ, 2019, №1 (48). – С. 151-157.

20. Kalyuzhnyi V. Definitions of mechanical properties of steels under conditions of action differentiated counterpressure / V. Kalyuzhnyi, V. Pimanov, O. Timoshenko // POLISH JOURNAL OF SCIENCE, Wojciecha Górskiego 9, Warszawa, Poland, 00-033 email: editor@poljs.com site: <http://www.poljs.com> №16 (2019) VOL. 1. - Pp. 27-37.

15. Надати ключові слова до розробки: порожнисті вироби зі змінною товщиною стінки, зворотне видавлювання, витягування з потоншенням, обтиск, біметали.

