

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ КІЛЬЦЕВИХ ФЛАНЦІВ

Стаття посвячена определению и исследованию перспективных направлений штамповки с обкатыванием. В статье представлены результаты разработки экономических технологий изготовления кольцевых фланцевых деталей. Отличительная особенность процессов – практически полное отсутствие отходов и операций со снятием стружки. Полученные изделия имеют минимальную себестоимость при достаточном качестве. Эксперименты выполнены на кафедре механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов. Намечены направления дальнейших экспериментальных и теоретических исследований.

The article is devoted determination and research of perspective directions of development of a rotary forming. The article presents the results of development of economical technologies of production of ring flange parts. A distinctive feature of the process is almost complete absence of waste and operations with the removal of chips. The products have a minimum cost with a sufficient quality. The experiments were carried out at the department of mechanics of plasticity of materials and resource-saving processes. Directions of further experimental and theoretical researches are set.

Кільцеві деталі мають найширше застосування в сучасному машинобудуванні. Підвищення продуктивності, зменшення витрат матеріалів та інших ресурсів при їх виготовленні є актуальним і позитивно впливає на собівартість та конкурентоспроможність виробу. В багатьох випадках ці питання вирішуються за рахунок застосування сучасних ресурсозберігаючих технологій обробки металів тиском.

На сьогоднішній день на виробництві використовують декілька найбільш поширених схем промислового виготовлення кільцевих вісесиметричних деталей:

гаряче штампування з суцільної заготовки з прошиванням або вирубуванням центрального отвору;
гаряче відкрите і закрите та холодне штампування з трубчастої заготовки попередньо відокремленої від труби;

гаряче подовжнє прокатування прошитої або трубчастої заготовки;
гаряче та холодне торцеве розкочування (штампування обкочуванням) заготовок.

Аналіз перелічених методів показує, що використання кільцевої заготовки при об'ємному деформуванні дає очевидні технологічні переваги. Але треба враховувати, що вартість труби $\approx 1,5$ (1,4-1,7) рази дорожча за сортовий суцільний прокат [1, 2].

За технологією [1] товстостінну трубу виготовляють на малогабаритному переналагоджуваному стані (див. рис. 1, а), розділяють її на заготовки та в напівгарячому стані штампують. Обробка в гарячому і напівгарячому стані потребує додаткових енерговитрат на нагрів. Також можливе відхилення маси та розмірів труб і окремих заготовок, за рахунок асиметричності, яку можна зменшити або видалити введенням додаткової операції калібрування.

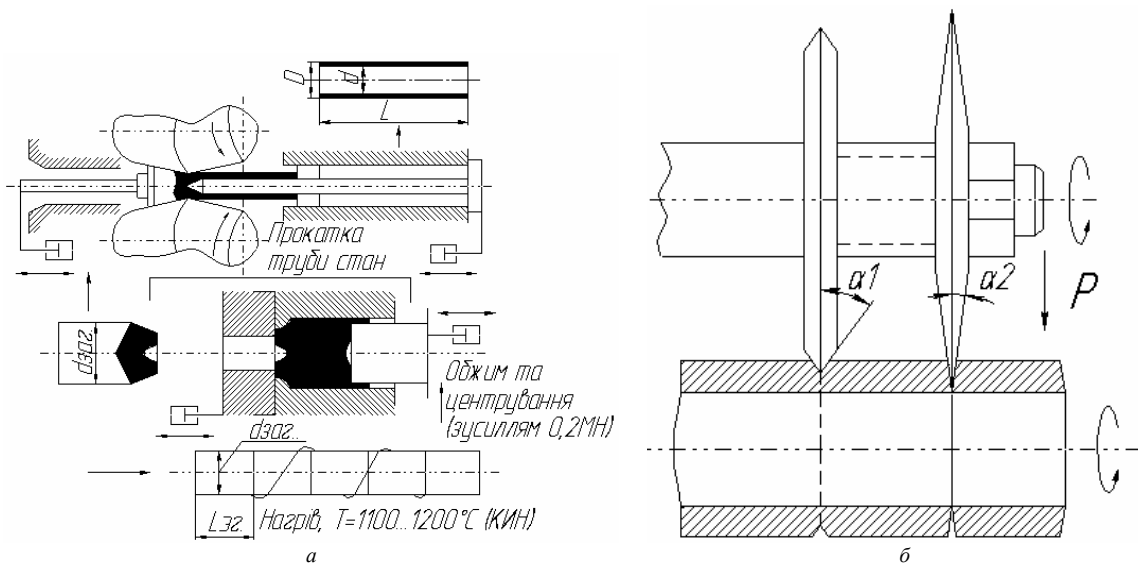


Рис. 1. Етапи виготовлення товстостінної труби на малогабаритному стані (а) та відокремлення кільцевої заготовки від труби двома дисками (б).

Очевидно, що відокремлювання одиничної заготовки від труби методами різання робить застосування такої кільцевої заготовки зовсім не ефективним. Одночасно виникає ряд технологічних проблем: низька продуктивність операцій відокремлювання трубчастої або кільцевої заготовки; значний відхід металу (до 12%) [3]; відповідна вартість ріжучого інструменту та ін. Внаслідок чого отримали розвиток безвідходні і більш продуктивні способи розтину труби на окремі заготовки.

Для безвідходного відокремлювання кільцевої заготовки використовують спеціалізовані кільцепрокатні агрегати із 3-гвинтовими калібрами [4] або спеціальні способи розтину труби двома дисками [3] (рис. 1, б) та ін. Треба врахувати, що розтин труб диференційним різанням, зсувом, крученням, поперечно-гвинтовим прокатуванням не забезпечує достатньої якості заготовок, викривляє профіль, закладає тріщини, до того ж обладнання для цих операцій складне за конструкцією та в експлуатації і має відносно високу вартість [3].

Використовують і інші шляхи отримання кільцевих заготовок. Зокрема, промислово використовується наступна технологія (див. рис. 2) за якою: проводиться відрізування штанги довжиною однієї деталі, її згинання та зварювання кінців штанги. Для достатньої якості заготовки після зварювання видаляють грат і ретельно зачищають зварний шов з усіх сторін за допомогою спеціального, але низькопродуктивного, пристрою. Кільцевий зварний напівфабрикат штампують прямим видавлюванням [5]. Основним недоліком є те, що зігнутий і зварений напівфабрикат має неякісну геометрію зовнішнього контуру, що приводить до проблем при укладанні в порожнину штампку або до неповного заповнювання цієї порожнини. Забезпечення правильної геометрії зовнішнього контуру потребує додаткових операцій при гнутті або додаткового калібрування після згинання чи зварювання, що ще більше знижує продуктивність способу і здорожує його.

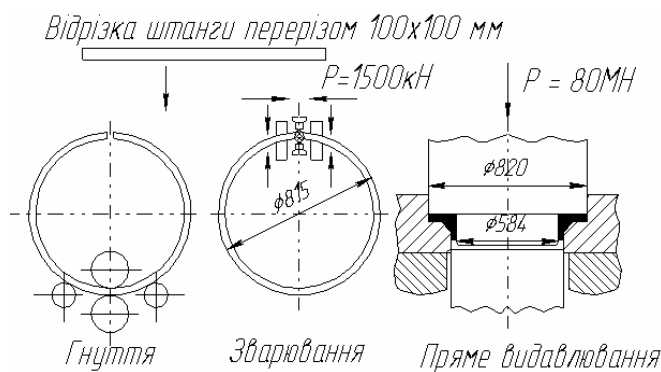


Рис. 2. Операції виготовлення фланцевої деталі з гнутої зварної заготовки за [1]

гнуті кільця збирають на оправці в пакет з орієнтацією вздовж стикових зазорів, пакет стискають вздовж осі і в такому стані зварюють місця спільних стикових зазорів спільним швом, чим утворюють нероз'ємну зварну конструкцію, спільний зварний шов зачищають із зовнішніх сторін, а потім відокремлюють окремі кільцеві заготовки крутильним моментом, які остаточно об'ємно деформують технологічним зусиллям.

2. Виготовлення кільцевих деталей за способом [7], який полягає в тому, що на відміну від попереднього процесу прутки навивають по твірній циліндру та відокремлюють заготовки у вигляді гвинтового кільця із мінімальним стиковим зазором в плані.

Для перевірки можливості промислової реалізації процесу, якості отриманих деталей, виявлення дефектів проведено детальне експериментальне моделювання останнього технологічного процесу при отриманні кільцевих фланцевих деталей з'єднання частин трубопроводів, зокрема "Фланців сталевих плоских приварних" ГОСТ 12820-80, з прямолинійного прутка перетину 6,5x5 мм із матеріалу Сталь 20 ГОСТ 1050-88 (див. рис. 3).

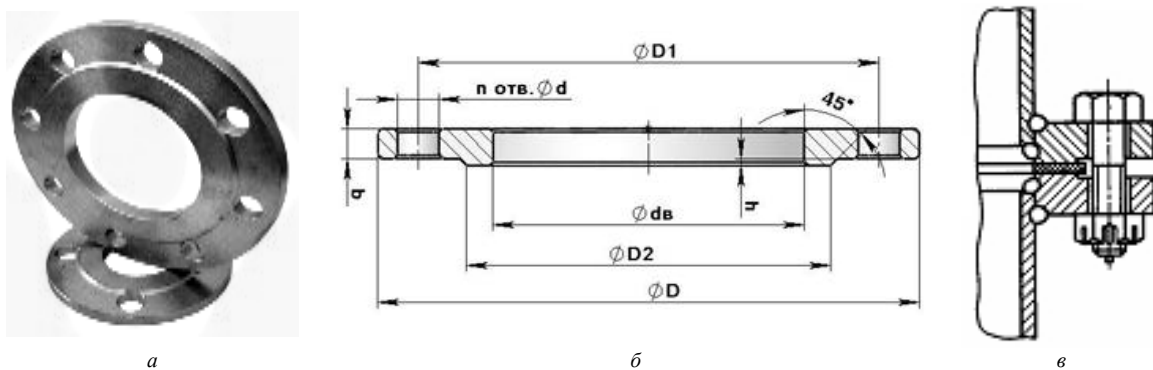


Рис. 3. Загальний вигляд (а) і конструкція (б) плоского фланця та монтажна схема з'єднання труб

Пруток 1 відповідного поперечного перерізу ($b \times h$) навивався по прямолинійній твірній циліндру L з отриманням навитої частини 2 (рис. 4) з відокремленням заготовки 3 у вигляді гвинтового кільця із стиковим зазором 4 в плані (рис. 5). Якість поверхонь розрізу (стикового зазору) не впливає на подальшу якість заготовок.

Далі кільця 3 збирали на оправці в пакет з орієнтацією вздовж стикових зазорів. Пакет гнутих кілець стискали на цій оправці вздовж осі (рис. 6, а) і в такому стані зварювали місця спільних стикових зазорів спільним швом (рис. 6, б), чим утворювали нероз'ємну зварну конструкцію. Зварну конструкцію знімали з оправки і її спільний зварний шов зачищали лише з зовнішньої сторони (рис. 6, в), а потім від цієї зварної конструкції відокремлювали крутильним моментом окремі кільця (рис. 6, г), які надалі об'ємно деформували технологічним зусиллям. Якість поверхонь відокремлення не впливає на подальшу якість деталей.

Готові кільцеві заготовки 4, укладали в штамп з мінімальним технологічним зазором, та об'ємно деформували (рис. 7 а, б) локальним технологічним зусиллям 5 до кінцевого формоутворення деталі 6 із досягненням ступеня висотної деформації у фланцевій частині $\varepsilon_z \approx 67\%$.

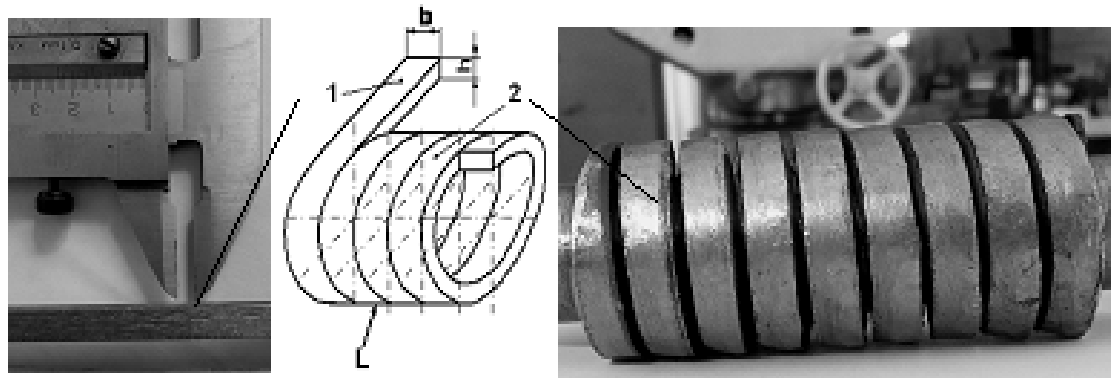


Рис. 4. Навивання прутка 1 по прямолінійній твірній L циліндричної поверхні 2 (а – початковий прямолінійний пруток; б – схема операції; в – навитий пруток)

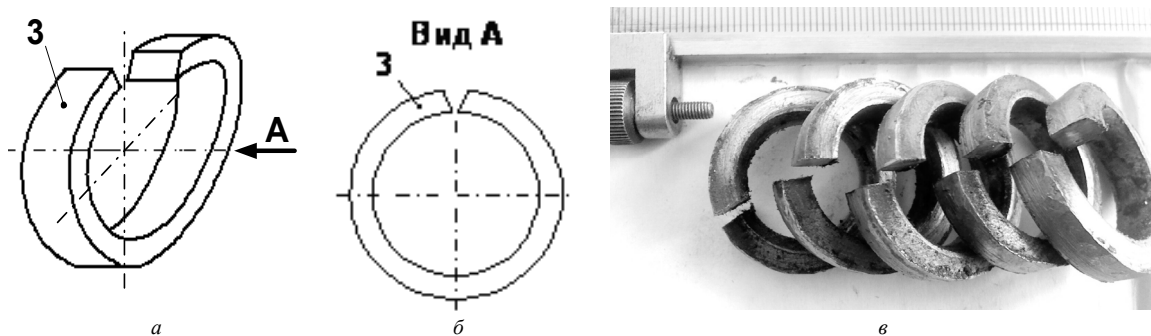


Рис. 5. Відокремлені (а, в) від навитої частини прутка заготовки у вигляді гвинтового кільця із стиковим зазором в плані (б)

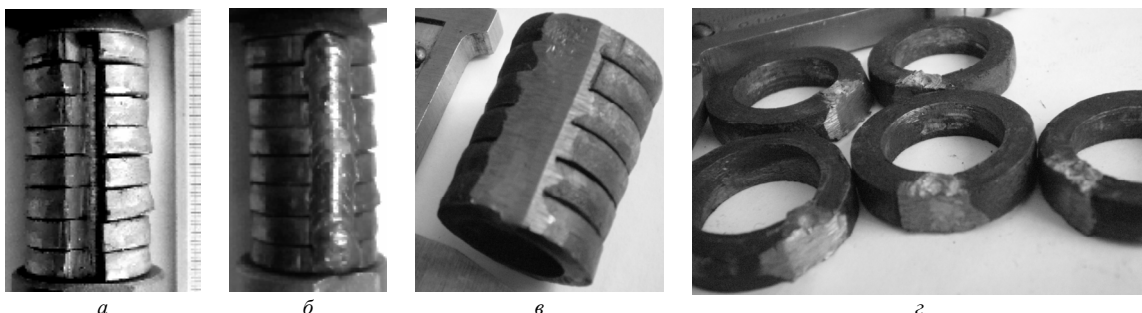


Рис. 6. Пакет кілець до (а) і після (б) зварювання та зварна конструкція із зачищенням зварним швом (в) та відокремлені від неї крутильним моментом одиничні заготовки (г)

Серед технологічних параметрів процесу основним є характеристика локалізованого осередку деформування, який описується чотирма геометричними величинами (H – параметр обробки, R – зовнішній радіус, r – внутрішній радіус та вписаним у пляму контакту сектором з кутом про вершині 2α).

Формоутворенню фланця з кільцевої заготовки можна розділити на два етапи: - осаджування вільної частини кільцевої заготовки до моменту, доки пластичні деформації охоплять усю висоту вільної частини; - остаточне висаджування фланця.

Другий етап має значно складнішу механіку пластичного формоутворення і проходить за наявності певної ступіні деформацій. Можна виділити три характерні варіанти контактної осередку кінцевої стадії формоутворення

фланця на кільцевій заготовці: - перехідний; - з широким локальним осередком; - з вузьким осередком; перехідний. В залежності від конкретної технологічної потреби можливо скористатись різними технологічними схемами обробки шляхом призначення відповідних кінематичних параметрів. При цьому позаконтактні деформації будуть відсутні із-за наявності недеформованої частини, що призводить до більш «м'яких» схем напруженого стану. На рис. 8. надані основні варіанти розподілу на зони розділу напрямків пластичних деформацій.

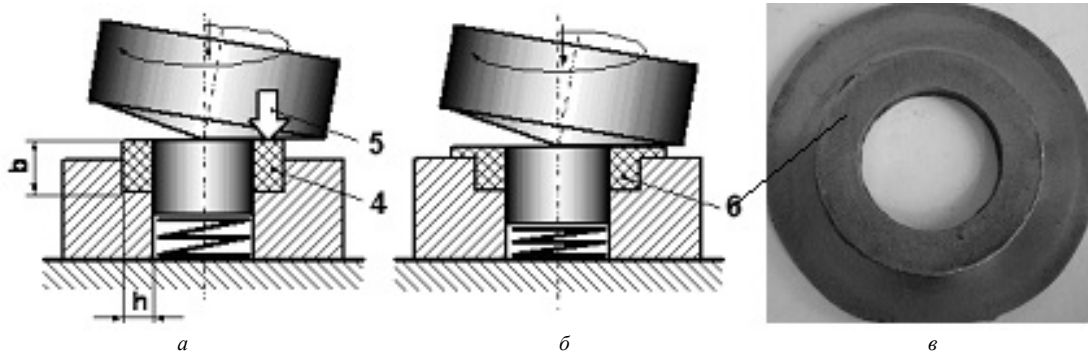


Рис. 7. Схема штампування обкочуванням кільцевої заготовки 4 технологічним зусиллям 5 до отримання кінцевого фланцю 6 (а – початок операції; б – кінцева стадія деформування; в – готовий плоский фланець)

Перший варіант (перехідний) відповідає випадку коли осередок деформацій розбитий на три зони пластичних течій та зону приставання, які мають спільну точку, що співпадає точкою O_1 . Напрямок деформацій в кожній пластичній зоні відповідає найкоротшій нормалі до фронту осередку, тобто один в радіальному напрямку і два в тангенціальному. Зона приставання є недеформованою. Такий випадок можливий лише при єдиному значенні коефіцієнту співвідношення площ $\lambda = \lambda_c$ (де: $\lambda = F_K/F$; F_K – площа контактної осередку деформації; F – площа усієї поверхні обкочування; λ_c – коефіцієнт співвідношення площ при спільній точці сполучення зон напрямків течії).

Другий варіант з широким осередком $FGVP$ (рис. 8, а) виникає при $\lambda > \lambda_c$. Він характеризується наявністю межі MN між зонами радіальних деформацій, які є переважними при такому випадку.

Третій випадок з вузьким осередком $FGVP$ (рис. 8, б) виникає при $\lambda < \lambda_c$. Характерним є наявність межі KL між зонами тангенціальних деформацій, що є переважними у такому випадку. Такий варіант є бажаним, оскільки має менш розвинуті зони радіальної течії і, відповідно до їх, вільні поверхні.

Вибір геометричних і кінематичних параметрів процесу визначає визначення енергосилових параметрів. Штампування обкочуванням проводили на гідравлічному пресі мод. Д2428 з встановленим на ньому пристроєм коливального руху активного інструменту БШО-280/30 [8]. Для штампування кільцевих заготовок було спроектоване і виготовлене дослідне штампове оснащення.

Після об'ємного деформування обкочуванням були отримали кільцеві деталі із фланцем (рис. 7, в). Деталі не мали зовнішніх дефектів поверхні, розташування зварного шва зовнішньо не визначається.

Під час об'ємного деформування проходять пластичні деформації в тілі заготовки і структура металу у відповідних місцях заготовки, в тому числі і в зварному шві, становиться достатньо однорідною, а отримані деталі задовольняють вимогам експлуатації.

Для вивчення якості отриманих деталей, проводили заміри твердості. Було досліджено та порівняно кільцеву зварну заготовку та фланцеву деталь з цієї заготовки. Вимірювання твердості проводили як в основній зоні, так і зоні зварного шва.

Результати дослідження показані на рис. 9. На рис. 9, а представлена схема розташування точок вимірювання та результати замірів за шкалою HB . Видно, що мала місце різниця твердості зварного шва та основної зони кільцевої заготовки (148 та 131 HB , відповідно). Це пояснюється тим, що зварний шов набув певної пластичної деформації під час відокремлення заготовки. Кільцева деталь після деформування має рівномірний розподіл твердості (161...167 HB).

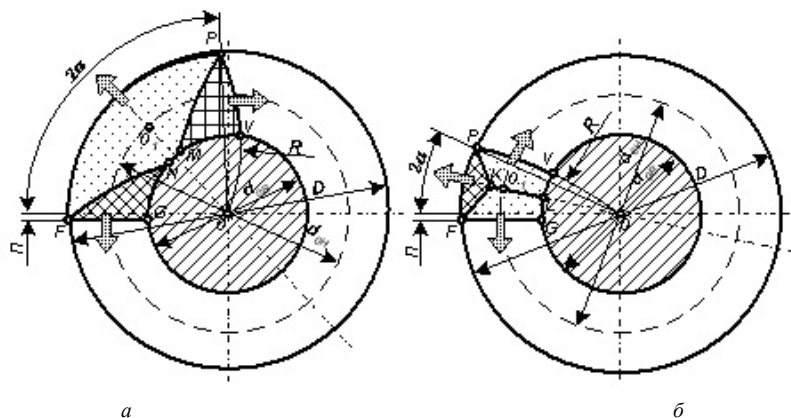


Рис. 8. Основні варіанти розподілу на зони напрямків деформацій у контактному осередку при формоутворенні фланцю на кільцевій заготовці (а - $\lambda > \lambda_c$; б - $\lambda < \lambda_c$)

На рис. 9 *в, г* представлені результати металографічного дослідження у зварній заготовці до і після деформування при $X100$ кратному збільшенні. На недеформованій зварній заготовці видно межу переходу від пруткового матеріалу до матеріалу зварного шва (рис. 9, *в*). Після пластичного локального деформування ($\varepsilon_z \approx 67\%$) має місце однорідна структура по всьому об'єму заготовки, межа розділу візуально непомітна (див. рис. 9, *г*).

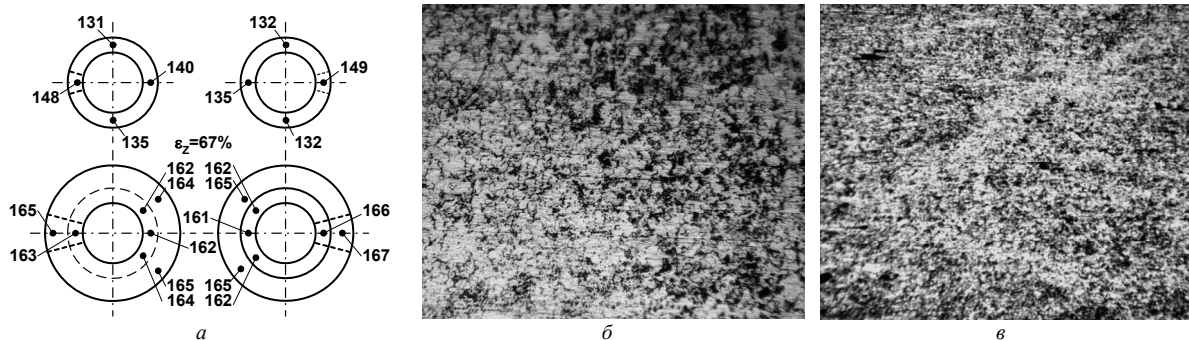


Рис. 9. Результати замірів поверхневої твердості (шкала *HB*) кільцевої зварної заготовки (а) і фланцевої деталі (б) після штампування обкочуванням та межа між основним металом кільцевої заготовки та зоною зварного шва до деформування (а) та після штампування обкочуванням (г)

Традиційному осаджуванню *Сталі 20* з відповідним ступенем деформації відповідає твердість *HB 245*, причому при критичних ступенях деформації ($\varepsilon_z \approx 70\%$). Значення твердості при штампуванні обкочуванням практично рівномірно в усіх елементах деталі і досягає значень в $\approx 1,5$ рази меншу, що дає можливість прогнозувати подальші деформації без руйнування з досягненням вищої границі межевої деформації. А також стверджувати про наявність схем напруження, що викликають уповільнення зміцнення матеріалу.

Даний спосіб дозволяє забезпечити якісну геометрію зовнішнього контуру зварної кільцевої заготовки максимально наближену до кола, що надає можливість її укладання в порожнину штампу з мінімальним зазором та забезпечує якісне формоутворення кінцевої кільцевої деталі за умови досягнення відповідної якості деталі, мінімальної кількості технологічних переходів, максимальної продуктивності та можливості комплексної автоматизації, що відповідає вимогам до сучасного ресурсозберігаючого виробництва.

Запропонований спосіб виготовлення кільцевих деталей є перспективним для впровадження у масовому виробництві.

Проводяться дослідження з забезпечення стабільності і економічності процесу шляхом застосування трапецеїдального перерізу прямолінійного прутка, ефективного навівання і відокремлення кілець [7] та ін.

Подальшою напрямом досліджень є поглиблене вивчення практичного застосування способу і розширення його технологічних можливостей при виготовленні окремих типів конструкцій кільцевих вісесиметричних деталей, в тому числі складної форми, та особливостей їх формоутворення методами локального деформування, а саме штампуванням обкочуванням.

Список літератури

1. Акаро И.Л. Развитие малоотходной штамповки из толстостенных трубных заготовок. // Кузнечно-штамповочное производство. И.Л.Акаро. – 2001. - № 3. – С. 16-21.
2. Артес А.Э. Штамповка фланцев из трубных заготовок. // Кузнечно-штамповочное производство. А.Э. Артес и др. – 2003. - № 7. – С. 8-9.
3. Лазуткин Г.С. Совершенствование технологии изготовления колец подшипников. // Кузнечно-штамповочное производство. Г.С.Лазуткин, Л.А.Гринфельд. – 1996. - № 8. – С. 16-17.
4. Котенок В.И. Современное состояние технологии прокатки кольцевых заготовок диаметром 55-120 мм для машиностроения. // Кузнечно-штамповочное производство. В.И.Котенок. – 2004. - № 4. – С. 7-14.
5. Артес А.Э. Совершенствование технологии производства поковок фланцев. // Кузнечно-штамповочное производство. А.Э.Артес. – 2000. - № 1. – С. 15-17.
6. Пат. 15241 Україна, МПК В21D 37/00. Спосіб виготовлення кільцевих деталей: Пат. 15241 Україна, МПК В21D 37/00 Л.Т. Кривда, С.П. Гожій (Україна); Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - №u20512818; Заявл. 29.12.2005; Опубл. 15.06.2006, Бюл. №6. – 7 с.
7. Пат. 57704 Україна, МПК В21D 37/00. Спосіб виготовлення кільцевих деталей: Пат. 57704 Україна, МПК В21D 37/00 С.П. Гожій, А.В. Кліско, Р.М. Ландар, А.І. Носенко (Україна); Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - №u201009730; Заявл. 04.08.2010; Опубл. 10.03.2011, Бюл. №.5 – 4 с.
8. Кривда Л.Т. Блок для штамповки обкатыванием усилием 300 кН. // Вестник Киевского политехнического института. Машиностроение. Л.Т.Кривда, С.П.Гожий. - 1993. - № 30. – С. 67-72.