

ВИГОТОВЛЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК ВЕЛИКИХ ДІАМЕТРІВ З ФЛАНЦЕВОЮ ЧАСТИНОЮ З ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядаються технологічні особливості виготовлення циліндричних заготовок великих діаметрів з фланцевою частиною з листових металевих матеріалів. Проаналізовано основні проблеми цього процесу: нерівномірність товщини матеріалу, пошкодження поверхні, відхилення від проектних розмірів та зниження довговічності виробів. Порівнюються традиційні методи відборткування – пресове, ротаційне, роликове та ручне – з визначенням їх переваг і недоліків у контексті виробництва великогабаритних деталей. Вказується на важливість забезпечення рівномірного розподілу навантаження, стабільного кріплення заготовки та контролю деформації, що є критичними факторами для досягнення високої якості готової продукції. Робота підкреслює необхідність удосконалення технологічних процесів та впровадження спеціалізованого обладнання для оптимізації виробництва та забезпечення надійності деформованих зварних з'єднань.

Ключові слова: виробництво, відборткування, обробка металів тиском, листові матеріали, деформації, пошкодження

Abstract

The paper examines the technological features of manufacturing large-diameter cylindrical blanks with a flanged part from sheet metal materials. The main problems of this process are analyzed: uneven material thickness, surface damage, deviations from design dimensions, and reduced product durability. Traditional methods of flanging are compared - press, rotary, roller, and manual - with the determination of their advantages and disadvantages in the context of the production of large-sized parts. The importance of ensuring uniform load distribution, stable workpiece fixation, and deformation control is indicated, which are critical factors for achieving high quality of finished products. The paper emphasizes the need to improve technological processes and introduce specialized equipment to optimize production and ensure the reliability of deformed welded joints.

Keywords: production; flaring; metal stamping; sheet materials; deformations; damage

Сучасна харчова промисловість вимагає високої якості та точності деталей, що використовуються в обладнанні, зокрема для виготовлення ректифікаційних колон. Однак виготовлення циліндричних деталей великого діаметру з фланцевою частиною, методами холодної пластичної деформації стикається з низкою проблем: нерівномірність товщини матеріалу, пошкодження поверхні, відхилення від проектних розмірів, що впливають на загальну якість виробів та їх довговічність в умовах експлуатації. Недосконалість традиційних технологічних процесів та методів контролю якості обумовлює потребу у дослідженні та розробці ефективних підходів для забезпечення якості таких деталей [1,2].

Дана робота присвячена загальному огляду методів, підходів та проблем пов'язаних, з формуванням фланцевої частини у деталях циліндричної форми, а саме – обичайках теплообмінників ректифікаційних колон.

Основною метою створення відбортунків є на циліндричних заготовках з листових матеріалів є: підвищення жорсткості виробу, забезпечення герметичності з'єднань, підготовка до подальших технологічних операцій [1]. При цьому поставлене завдання досягається двома принципово різними методами – створення зварної конструкції (приварювання фланцевої частини) та створення відборткування обробкою тиском. Застосування зварних з'єднань створює локальне послаблення виробу через наявність термічних пошкоджень та напружень, що є наслідком процесу приварювання. Альтернативою є обробка тиском, яка, в свою чергу, може відбуватись в холодному чи гарячому стані. Нагрівання виробів великого діаметру вимагає спеціального обладнання та

є енерговитратним, тому значну частину таких виробів виготовляють методами холодної пластичної деформації.

При обробці заготовок великих діаметрів з листових матеріалів методами холодної пластичної деформації виникає низка специфічних завдань:

- Рівномірний розподіл навантажень: Забезпечення однакового тиску по всьому колу заготовки є критично важливим, і будь-яка нерівномірність може призвести до появи гофр, деформацій або навіть тріщин. При цьому рівномірний тиск може створюватись одночасно по всій поверхні, що підлягає деформуванню, або локально [3]. Локальне створення тиску може призводити до спотворення форми всього виробу, тому величина зусилля має оптимально співвідноситись з жорсткістю деталі та забезпечувати високу продуктивність.

- Стабільне кріплення: Для таких виробів використовують спеціалізовані пристрої для центрування, вакуумні присоси або механічні затискачі, які запобігають зсуву заготовки під час обробки, а також системи для обертання інструменту, так і самої деталі.

- Контроль деформації: Особлива увага приділяється оптимізації режимів роботи обладнання, щоб зберегти геометричну точність та уникнути небажаних дефектів.

- Контроль цілісності ділянки зварного шва: У випадку утворення заготовки з листового матеріалу шляхом зварювання, під час холодної пластичної деформації, ділянка зварювального шва має неоднорідні властивості, що спричиняє нестабільність умов деформування та може призводити до руйнування матеріалу заготовки [4].

Незалежно від наявності труднощів, існують кілька традиційних методів, що дозволяють ефективно побудувати процес:

- Пресове відборткування: Використання гідравлічних або механічних пресів із штампами дозволяє досягти високої точності загину. Цей метод часто застосовується для заготовок середнього діаметра, але за належних умов може бути адаптований і для великих деталей.

- Ротаційне відборткування: При цьому методі заготовка обертається на шпинделі, а спеціальний інструмент поступово формує борт. Ротаційний спосіб дозволяє досягти високої однорідності деформації, що є критичним для великих циліндричних заготовок, де навіть невеликі відхилення можуть вплинути на якість кінцевого виробу.

- Роликове (вальцювальне) відборткування: Цей метод є найбільш ефективним для деталей з великим діаметром (часто понад 1000 мм). Завдяки використанню набору роликів, що поетапно загинають край заготовки, забезпечується мінімальна деформація основної геометрії та рівномірне формування борта.

- Ручне борткування: Хоча цей метод застосовується рідше, він залишається актуальним у випадках ремонтних робіт або обробки унікальних, одиничних великих деталей, де необхідно врахувати індивідуальні особливості кожного виробу.

В цілому, зазначені методи володіють певними перевагами і недоліками, представленими в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця методів відборткування

Метод відборткування	Переваги	Недоліки
Пресове відборткування	• Висока точність загину завдяки використанню штамсів і пресів. • Автоматизований процес із стабільними результатами. • Підходить для середніх заготовок, з можливістю адаптації для великих.	• Обмежена ефективність для дуже великих деталей через складності з рівномірним розподілом навантаження. • Високі витрати на обладнання та його обслуговування.

Ротаційне відборткування	• Забезпечує високу однорідність деформації завдяки обертальному руху заготовки. • Ідеальний для великих циліндричних заготовок, де навіть незначні відхилення критичні. • Рівномірний розподіл навантаження.	• Потребує спеціального обладнання для обертання як заготовки, так і інструменту. • Складність налаштування процесу, особливо для дуже великих діаметрів.
Роликове (вальцювальне) відборткування	• Найефективніший метод для деталей з великим діаметром (зазвичай понад 1000 мм). • Мінімальна деформація основної геометрії завдяки поступовому формуванню борта роликами. • Рівномірне формування загину по всьому периметру.	• Потребує високоточних роликових установок та ретельного налаштування обладнання. • Можливі технічні труднощі при обробці заготовок із перепадами товщини чи матеріалів із нижчою пластичністю. • Значні капіталовкладення.
Ручне борткування	• Гнучкий метод для ремонтних робіт або обробки одиничних, унікальних виробів. • Можливість врахування індивідуальних особливостей кожної деталі.	• Низька продуктивність і висока трудомісткість. • Результат залежить від кваліфікації оператора, що може знижувати точність і повторюваність процесу. • Не підходить для масового виробництва.

Для успішної реалізації зазначених методів використовують спеціалізоване обладнання та прийоми:

- Великогабаритні бортувальні установки – верстати з ЧПУ або гідравлічні системи з багатоточковим навантаженням дозволяють точно контролювати процес деформації.
- Спеціальні кріпильні пристрої – центрувальні кільця, вакуумні присоси та механічні затискачі гарантують стабільність заготовки, що є критичним для уникнення нерівностей поверхні фланця.
- Передпроцесна підготовка матеріалу – для запобігання появи тріщин та гофр матеріал часто піддається попередньому відпалу або фрезеруванню країв, що забезпечує оптимальну пластичність під час відборткування.

Висновки

- Виготовлення циліндричних заготовок великого діаметра з фланцевою частиною методами холодної пластичної деформації часто стикається з такими труднощами, як нерівномірна товщина матеріалу, пошкодження поверхні, відхилення від проектних розмірів, що негативно впливає на якість виробу та його експлуатаційну довговічність.
- Для підвищення жорсткості, герметичності з'єднань та підготовки до подальших технологічних операцій використовують два основні підходи – зварні з'єднання та формування за допомогою обробки тиском. Зварювання, хоч і дозволяє отримати міцні конструкції, створює локальні термічні пошкодження та залишкові напруження. Обробка тиском, особливо в холодному режимі, є ефективною альтернативою, що дозволяє уникнути термічних дефектів і знизити енерговитрати.

- Недосконалість традиційних технологічних процесів та методів контролю якості обумовлює необхідність подальших досліджень і розробок. Оптимізація технології відборткування дозволить покращити експлуатаційні характеристики деталей, забезпечити їх довговічність та знизити витрати на виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Калюжний, В. Л. Інтенсифікація технологій виготовлення виробу «Балон 180×184» / В. Л. Калюжний, А. С. Запорожченко, В. В. Піманов // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. – № 2 (31). – С. 136–140.
2. Yang, C. Blank Shape Design for Sheet Metal Forming based on Geometrical Resemblance / C. Yang, P. Li, L. Fan // Procedia Engineering. – 2014. – 81. – P. 1487-1492. – doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.178.
3. Puzyr, R. Experimental Study of the Process of Radial Rotation Profiling of Wheel Rims Resulting in Formation and Technological Flattening of the Corrugations / R. Puzyr, T. Haikova, J. Majerník, M. Karkova, J. Kmec // Manufacturing Technology. – 2018. – 18 (1). – P. 106–111. – doi:10.21062/ujep/61.2018/a/1213-2489/mt/18/1/106.
4. Артемчук О. Ю. Підвищення якості виготовлення деталей холодним листовим штампуванням [Електронний ресурс] / О. Ю. Артемчук, В. В. Савуляк // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9915>.

Савуляк Віктор Валерійович – к.т.н., доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування. Вінницький національний технічний університет, e-mail: vvs_81@vntu.edu.ua

Білостечний Володимир Олександрович – аспірант кафедри технології та автоматизації машинобудування. Вінницький національний технічний університет

Savulyak Victor V. — Associated Professor, Ph.D., Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vvs_81@vntu.edu.ua

Bilostechny Volodymyr O. – Postgraduate student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia