

ЗАСТОСУВАННЯ ХПД В ПРОЦЕСАХ ЗІ СКЛАДНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ ТА НЕМОНОТОННИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Е.К. Посвятенко, доктор технічних наук

О.В. Нахайчук, доктор технічних наук

Представлені результати застосування ХПД в умовах складного навантаження та немонотонного деформування. Описані процеси формування внутрішніх шлиців і круто вигнутих труб, а також збирання пари «поршень-шатун».

In the work the results of application of cold flowage are presented in the conditions of the difficult loading and unmonotonous deformation. The processes of forming of internal slots and steeply outbowed pipes, and also assembling of pair "piston-tiller" are described

Стан проблеми. Визначення мети дослідження.

Холодне пластичне деформування (ХПД) серед способів модифікування поверхневого шару має ряд суттєвих особливостей і переваг, які полягають в наступному. Процес здійснюється при звичайних температурах, завдяки чому деталь не зазнає термічної дії. Для реалізації ХПД використовується серійне обладнання: верстати, преси, волочильні стани тощо. На відміну від інших способів модифікування, цей процес може бути формоутворювальним, тобто заготовка може отримувати нові потрібні розміри [1].

У період з кінця 80-х років минулого століття по теперішній час авторами даної роботи та під їх керівництвом було проведене фундаментальне теоретико-експериментальне дослідження ХПД як одного з методів інженерії поверхні деталей машин [1–8]. Результати цього дослідження були широко впроваджені у виробництво при виготовленні та відновленні поршневих пальців, коромисел клапанів, поршнів, гільз гідرو- і пневмоциліндрів та амортизаторів, втулок балансира та ланок гусениць тракторів, інших деталей ДВЗ та засобів транспорту в цілому. При цьому процеси ХПД були спрямовані як на отримання гладких циліндричних отворів, так і циліндричних отворів з системами регулярних канавок для поліпшення мащення рухомих контактів пар тертя.

Однак ці дослідження показали, що ХПД можна застосовувати не тільки для обробки осесиметричних циліндричних поверхонь, а й для отримання більш складних профілів, а також для формування не рознімних з'єднань. Тому метою даної роботи є аналіз окремих випадків нового застосування ХПД.

Результати розробки та дослідження нових процесів на основі ХПД.

В Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України за участю авторів даної статті були виконані наступні роботи:

- досліджено напружено-деформований стан при поетапному формуванні заготовок шлицьового профілю карданного вала дизель-поїзда експериментально-розрахунковим методом з використанням методу твердості та застосуванням диференційних рівнянь рівноваги, умов пластичності для плоского деформованого стану [9];
- оцінена деформівність металу при обтисненні матрицею втулки і вдавлюванні шлицьової оправки в пластичний матеріал на стадіях формування внутрішнього шлицьового профілю [10];
- дана розрахункова оцінка впливу проміжних відпалів на відновлення запасу пластичності сталі 20Х;
- надані рекомендації з удосконалення технологічного процесу формування внутрішнього шлицьового профілю [10].

Суть процесу (рис. 1) полягає в тому, що труба заготовка 1 разом з розміщеною всередині з мінімальним зазором шлицьовою оправкою 2 проштовхується через деформуючу матрицю 5. Після обтиснення по всій довжині виробу (здійснюється кілька проходів через різні робочі діаметри матриць) оправка випресовується. Процес дозволяє отримувати виріб підвищеної точності без подальшої чистової обробки у серійному та масовому виробництвах і може бути здійснений на вертикально-протяжних верстатах чи на гідропресах.

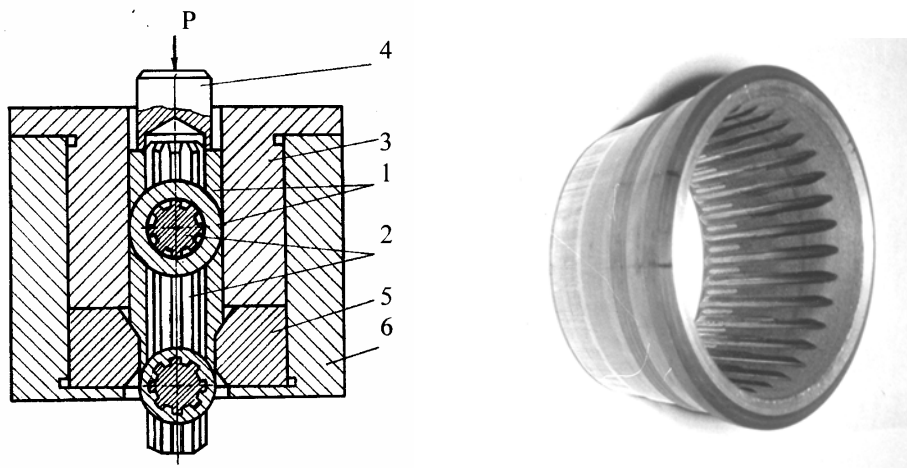


Рис. 1. Схема формування внутрішніх шліців у трубній заготовці шліцьового з'єднання карданного вала дизель-поїзда ДП-2

Розроблено також нову технологію отримання крутозігнутих колін методом ХПД [11], яка дозволяє виготовляти коліна із собівартістю в 2–5 разів меншою в порівнянні з існуючими технологіями. Технологія є know-how, якій немає аналогів.

Спосіб дозволяє виготовляти вироби з мінімально допустимим радіусом вигину в діапазоні зовнішніх діаметрів $D = 20\text{--}219$ мм з товщиною стінок $(0,03\text{--}0,075)D$ і кутами вигину від 45° до 90° з різних марок сталей, зокрема і неіржавіючих. Спосіб заснований на застосуванні пристрою виконаного за схемою, що поєднує в собі деформуюче протягування з обмеження укорочення заготовки [12] і методу намотування труб. Застосування деформуючого протягування дозволяє використовувати процес втрати стійкості заготовки для формування виробу з мінімально допустимим радіусом вигину. Основним елементом технологічного устаткування розробленого способу є пристрій, схема, зовнішній вигляд і елементи якого показані на рис. 2.

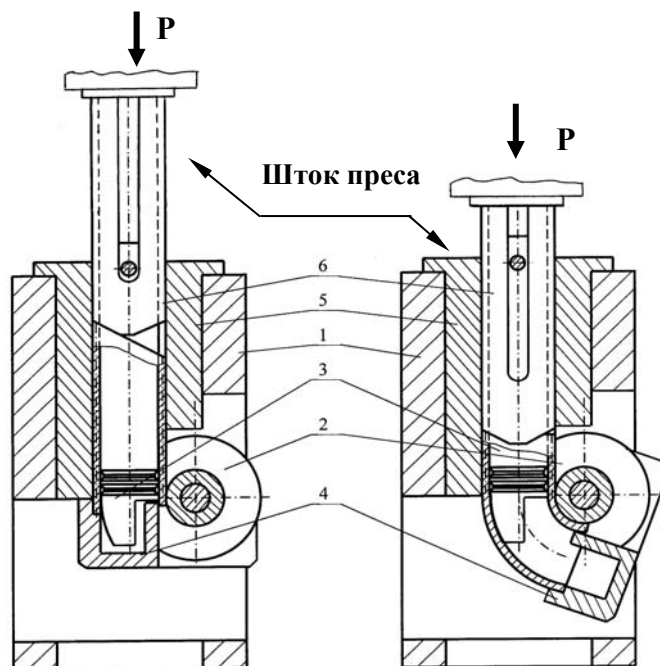


Рис. 2. Схема пристрою для формоутворення крутовигнутих труб методом ХПД:
1 – корпус, 2 – ролик, 3 – деформуючий елемент, 4 – важіль, 5 – гільза, 6 – штовхач

Пристрій складається з корпусу 1, в якому закріплені ролик 2, що обертається, і деформуючий елемент 3. Важіль 4 встановлений на одній осі з роликом. У центральний отвір корпусу вставлена гільза 5 із закріпленим на ній деформуючим елементом, який є напрямною для штовхача 6. У початковий момент роботи важіль знаходиться в горизонтальному положенні. Труба заготовка встановлюється на гладкій частині деформуючого елемента. Шток преса тисне на торець штовхача, заготовка проходить по робочій частині деформуючого елемента, внаслідок чого відбувається роздача і калібрування її отвору. При подальшому переміщенні заготовка входить у захватну ділянку важеля і спільно з ним переміщується по робочій поверхні ролика. При цьому частина радіуса деформуючого елемента перешкоджає отриманню овальності виробу вище за межі допуску і запобігає виникненню гофрів у місці вигину. Після закінчення формування готовий виріб видаляється через вікно у корпусі.

У ЗАТ “Будгідравлика” (м. Одеса) проводились дослідження процесу з’єднання поршня із шатуном аксіально-роторного поршневого насоса шляхом заочування.

Виконані такі роботи:

- проведені дослідження стадій формування виробів;
- розроблена математична модель для визначення НДС в області контакту інструмент-деталь і прилягаючої поверхні;
- визначені небезпечні області деформування (з позиції руйнування);
- проведено оцінку деформівності виробів з метою забезпечення якості і сприятливої технологічної спадковості готових виробів;
- надані практичні рекомендації з удосконалення технологічного процесу;

Технологічні процеси обкочування труб, холодного розкочування прецизійних заготовок і кільцевих деталей, заочування пари поршень-шатуни аксіально-роторного поршневого насоса є різновидом обробки металів тиском і містять зміни форми заготовок відповідно до необхідних обрисів виробу шляхом періодичного обтиснення робочими органами, що здійснюють відносно осі заготовки радіальний обертальний рух. Заготовка при цьому може залишатися нерухомою, або робити обертальний рух.

Обкочування – це швидкісний високоточний метод виготовлення деталей постійного і змінного поперечного перерізу з простих вихідних заготовок. За допомогою технологічного процесу обкочування труб, розкочування заготовок одержують різні порожнисті осесиметричні металовироби. Зазначені процеси поєднують механізм деформації, а саме: у них реалізується дві деформації стиску і одна – розтягу. Така механічна схема деформації створює сприятливі умови для пластичної деформації, тому що загальмовуються міжкристалічні зсуви, що призводять до порушення механічних зв'язків, і пластична деформація протікає в основному за рахунок внутрішньокристалічних зсувів.

Процес обкочування зводиться до пластичної зміни форми шляхом переміщення часток металу. При цьому відбувається зменшення поперечного перерізу і відповідного йому видовження заготовки за рахунок переміщення металу уздовж осі в двох протилежних напрямках. Застосування обкочування як методу обробки можливе для матеріалів, що піддаються не тільки значній пластичній деформації, але і мають деякий рівень крихкості. Як заготовку застосовують холоднотягнуту чи калібровану сталь. При обкочуванні зберігається об’єм, збільшується міцність металу, у той час, як при обробці металів різанням відбувається зменшення початкового об’єму, а також погіршення вихідної якості металу через перерізання волокон.

Холодна деформація при обкочуванні у значній мірі впливає на зміну фізико-механічних властивостей металу. Усі показники опору деформації збільшуються. Це пояснюється зміцненням, що підвищує опір зсуву, а отже, підвищує усі механічні характеристики.

Операцію заочування поршня із шатуном виконують на різьбонакатному верстаті ГД-8. При цьому зібрана деталь поршня із шатуном 2 (рис. 3) встановлюється у пристрій АП-999 різьбонакатного верстата ГД-8 на стіл 3 з фіксацією осьового положення (розмір “а”) пружинним підпором 5. Прижимний ролик 1 обертається з однаковою швидкістю з заочувальним роликом 4 і при цьому обертає зібрану деталь 2. Заочувальний ролик 4 з визначеною швидкістю підводиться гідроциліндром до поверхні поршня і вдавлюється на глибину “б”, яку регулюють гайкою 7 відносно жорсткого упора 6.

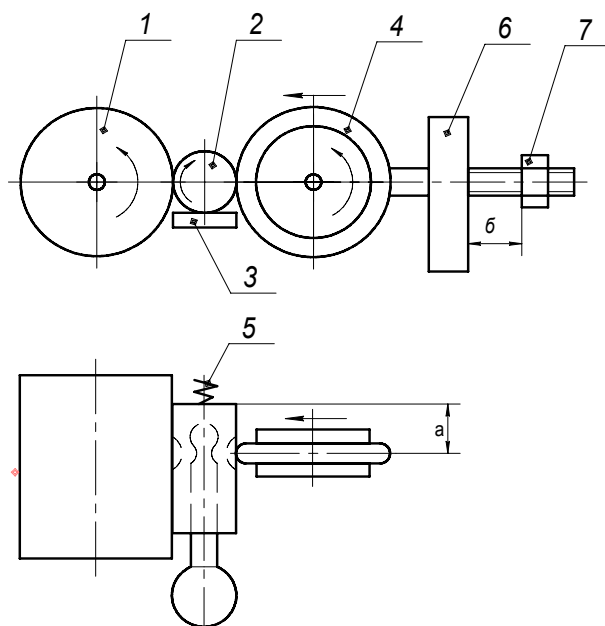


Рис. 3. Схема пристрою АП-999 різьбонакатного верстата ГД-8 для заковування поршня із шатуном:
 1 – прижимний ролик; 2 – зібрана деталь поршня із шатуном; 3 – опора для деталі (стіл);
 4 – заковувальний ролик АР-1749; 5 – підпірна пружина; 6 – жорсткий упор; 7 – гайка

Після досягнення упора тиск у порожнині приводного гідроциліндра починає зростати, і при величині тиску налаштування спрацьовує реле тиску, що забезпечує включення реле часу. Налаштуванням реле часу задається тривалість паузи (виходжування заготовки). Після паузи заковувальний ролик повертається у вихідне положення, деталь знімають з верстата і проводять контроль виробу.

На рис. 4 показаний розріз поршня-шатуну після операції заковування.

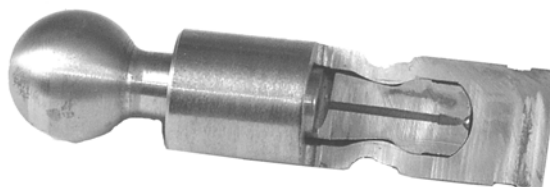


Рис. 4. Розріз пари “поршень-шатун” після операції заковування

Висновки та перспективи дослідження.

Досліджені нами процеси належать до обробки металів тиском в холодному стані, тобто характеризуються формоутворенням заготовок при складному навантаженні, в яких монотонне деформування змінюється немонотонним і навпаки. При цьому деякі технологічні операції потребують термообробки. Тому для запобігання руйнування виробів і втрати їх стійкості, виникла необхідність розробки нових підходів для рішення прикладних технологічних задач, які містять поєднання відомих теорій, включаючи феноменологічну теорію деформівності, і розрахунково-експериментальних методів. Такі дослідження нами розпочаті [13].

Створення нових та удосконалення відомих технологічних процесів на основі ХПД потребує розробок розрахункових методик, за допомогою яких стає можливим ще на стадії проектування процесів визначати ресурс пластичності матеріалів, а також прогнозувати технологічну спадковість заготовок без проведення трудомістких експериментальних досліджень.

Література

1. *Канарчук В.С., Дмитрієв М.М., Посвятенко Е.К.* Поліпшення експлуатаційних показників машин технологічними методами, побудованими на холодному пластичному деформуванні // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. – К.: НТУ. – 2000. – Вип. 9. – С. 6–16.
2. *Посвятенко Е.К.* Наукове обґрунтування ефективності процесу деформуюче-ріжучого протягування. Автореф. дис...д-ра техн. наук. 05.03.01. – К., 1993. – 35 с.
3. *Лунгол И.В.* Повышение эффективности деформирующе-режущего инструмента при протягивании глубоких отверстий. Автореф. дис...канд. техн. наук. 05.03.01. – Киев, 1988. – 16 с.
4. *Нахайчук О.В.* Підвищення ефективності одержання технологічних канавок на поверхнях отворів холодним пластичним деформуванням. Автореф. дис...канд. техн. наук. 05.03.05. – Вінниця, 1994. – 17 с.
5. *Посвятенко Е.К., Паладійчук Ю.Б.* Формування регулярного макрорельєфу поверхонь отворів деталей комбінованим протягуванням // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: Машинобудування. – 1999. – Вип.37. – С.256–261.
6. *Посвятенко Э.К., Крицкий А.Д., Маслов Р.О.* Малоотходная технология изготовления поршневых пальцев ДВС на основе редуцирования трубных заготовок // Кузнечно-штамповочное производство. – 1987. – №7. – С.8–9.
7. *Посвятенко Е.К., Алексеев В.В., Нахайчук О.В.* Розрахунок обтискного інструменту для отримання технологічного макрорельєфу на отворах гільз // Автошляховик України. – 2005. – № 8. – С.65–67.
8. *Посвятенко Е.К., Мельник О.В., Алексеев В.В.* Комбіновані методи інженерії поверхні деталей транспортних засобів // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2006. – Вип. 11. – С. 13–16.
9. *Розенберг О.А., Огородников В.А., Нахайчук О.В.* Механика формирования внутреннего шлицевого профиля методом обжатия на оправке // Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. пр. – Київ: НАН України, ІНМ ім. В. М. Бакуля. – 2003. – С. 256–266.
10. Нові технологічні процеси з використанням прогресивних методів пластичного деформування: Монографія. / *О.В. Нахайчук, О.О. Розенберг, В.А. Огородніков, та інші.* – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 158 с.
11. *Розенберг О.А., Мельниченко В.В., Студенец С.Ф.* Новая технология получения крутоизогнутых стальных отводов методом холодного пластического деформирования // Известия АИН Украины. Специальный выпуск отделения тяжёлого и транспортного машиностроения. – 1998. – С. 96–102.
12. *Посвятенко Э.К.* Деформирующее протягивание точных тонкостенных деталей с ограничением укорочения // Физические явления при деформирующем протягивании и резании пластичных металлов. – Киев: ИСМ АНУКРАИНЫ, 1978. – С.87–93.
13. *Нахайчук О.В., Посвятенко Е.К.* Розвиток принципів та методів дослідження процесів холодного пластичного деформування // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 9. – С. 51–57.