

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ФОРМОУТВОРЕННЯ РІЗЬБИ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ

### 1. Актуальність

У цей час різьби на деталях виготовляються переважно обробкою різанням. Однак відомо, що різьба, виготовлена методом пластичної деформації має ряд більш високі показники зносостійкості й міцності.

Серед методів виготовлення різьб пластичним деформуванням найпоширенішим є метод накатки. Однак для деталей з малою відносною товщиною стінки існує небезпека втрати стійкості стінки й правильності геометричної форми під дією високого деформуючого зусилля з боку роликів накатної головки, що обмежує область застосування накатки.

У цьому зв'язку було поставлене завдання досліджувати можливість виготовлення різьби іншим методом пластичного деформування, зокрема методом штампування.

### 2. Основна частина

Завдання вирішувалося стосовно до переводників насосно-компресорних труб, що мають внутрішню та зовнішню різьбу (див. рис. 1).



**Рис. 1** – Зовнішній вигляд (а), поздовжній перетин переводника (б)

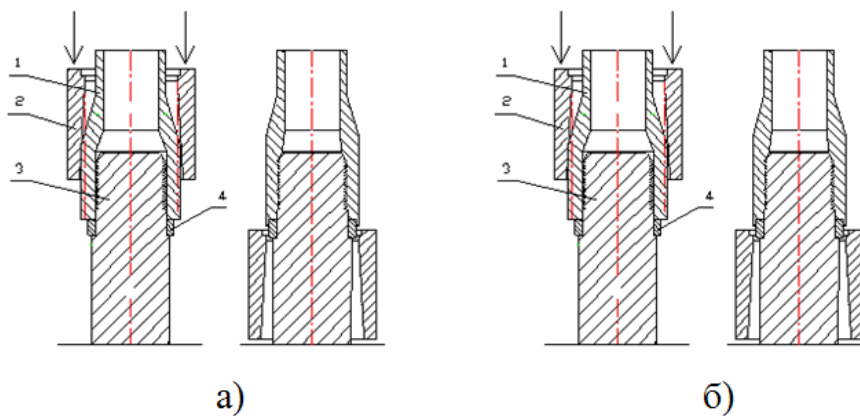
Конструктивно переводник є втулкою, на одному кінці якої нарізана зовнішня, а на іншому кінці внутрішня конічна різьба. За допомогою різьби переводник з'єднує елементи бурильної колони й труб.

Досвід експлуатації показав, що слабким місцем переводників є приєднувальна різьба. Наявність двох ділянок з нарізною зовнішньою і внутрішньою різьбами значно знижує механічні характеристики виробу.

Таким чином, міцність і довговічність переводника багато в чому залежить від якості різьби. Різьба, отримана різанням, є концентратором напруг, структура металу в зоні різьби має перерізані волокна, що знижує міцнісні характеристики деталі.

Для підвищення експлуатаційних характеристик переводника, поставлена мета зміни технології виготовлення різьби, а саме – заміна нарізування різьби процесом формоутворення різьби методом пластичного деформування без зняття стружки.

Схема процесу штампування різьби на переводнику показаний на рис. 2.



**Рис. 2** – Схема штампування зовнішньої різьби (а), внутрішньої різьби (б)

При штампуванні зовнішньої різьби корпус 1 переводника встановлюється в штамп із різьбовою матрицею 2 так, що його ніпельна частина розміщається усередині цієї матриці з мінімальним зазором. Конічний пуансон 3 має циліндричний пасок, що калібрує, діаметр якого більше внутрішнього діаметра отвору ніпельної частини переводника. Тому при русі пуансона вниз відбувається роздача стінки заготовки та деформований метал

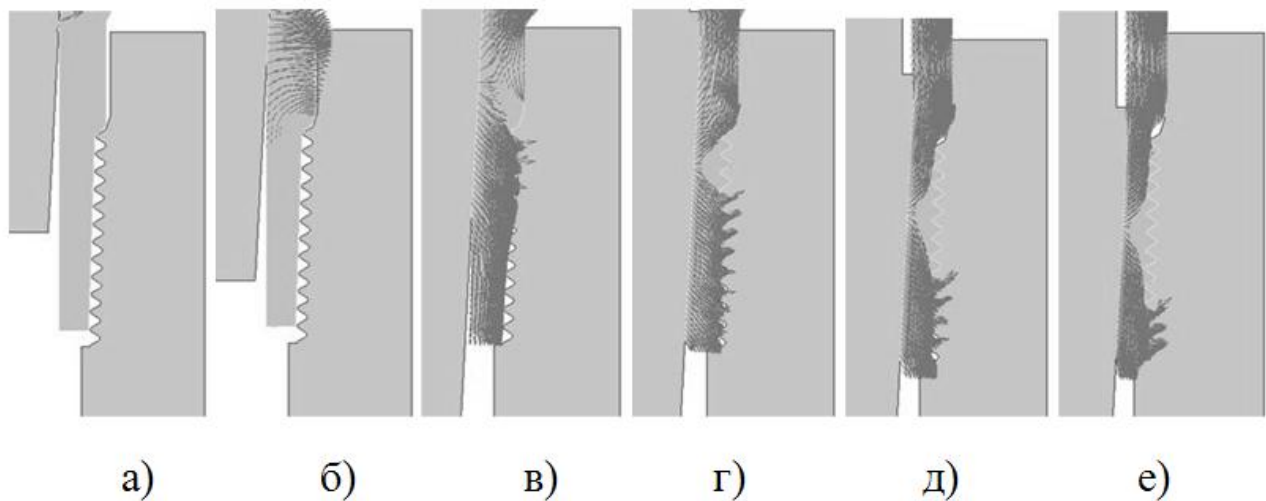
заповнює канавки профілю різьби матриці. Інакше кажучи, у результаті пластичної деформації стінки ніпельної частини переводника на ній «відбивається» необхідний профіль різьби.

На рис. 2 а ліворуч показане вихідне положення заготовки та інструмента, праворуч – положення після виконання операції. Підпірне кільце 4 перешкоджає вільному витіканню металу в осьовому напрямку та утворює із поверхнею пуансона кільцеву щілину змінного перетину, що зменшується в міру опускання пуансона.

Утворена торцева задирка, з одного боку, створює опір, що сприяє кращому заповненню канавок різьби, з іншого боку – служить компенсатором надлишку металу.

При штампуванні внутрішньої різьби на муфтовій частині переводника (див. рис. 2 б) корпус переводника 1 установлюється на різьбове оправлення 3 з мінімальним зазором між внутрішнім отвором заготовки та зовнішнім діаметром різьбового оправлення. Конічна матриця 2 має діаметр циліндричного калібрувального паска менше, ніж зовнішній діаметр заготовки. Тому при русі матриці вниз відбувається обтиск стінки муфтової частини та метал, що деформується, заповнює канавки профілю різьби оправки, інакше кажучи, на внутрішній поверхні заготовки «відбивається» необхідний профіль різьби. Підпірне кільце 4 перешкоджає вільному плину металу вниз і утворює із конічною поверхнею матриці змінний кільцевий зазор, у який впливає задирка, що компенсує надлишок металу. На рис. 2 б, ліворуч показане вихідне положення заготовки та інструмента, праворуч – кінцеве положення після виконання операції.

Експериментальному дослідженню процесу формоутворення зовнішньої різьби на ніпельній частині переводника передувало математичне моделювання цього процесу. Заповнення профілю різьби та лінії плину металу на різних стадіях процесу показані на рис. 3.



**Рис. 3** – Стадії послідовного формоутворення зовнішнього різьблення

Моделювання процесу показало, що при формоутворенні різьби на ніпелі крім радіального плину металу в профільні канавки різьби має місце й осьовий плин у двох напрямках: убік руху пуансона (попутний плин) і проти руху пуансона (зустрічний рух). Попутний плин може бути обмежено установкою на різьбовій матриці торцевого підпору або вільним (при відсутності підпору). Зустрічний плин обмежується тільки опором металу корпусної частини заготівлі.

Позиція «а» відповідає вихідному перед штампуванням відносному положенню пуансона, заготівки та матриці. Видно, що на початковому етапі деформування відбувається роздача циліндричної ділянки заготівки із заповненням зазору між заготівкою та стінкою матриці. Затікання металу в різьбі на цьому етапі не відбувається (позиція «б»).

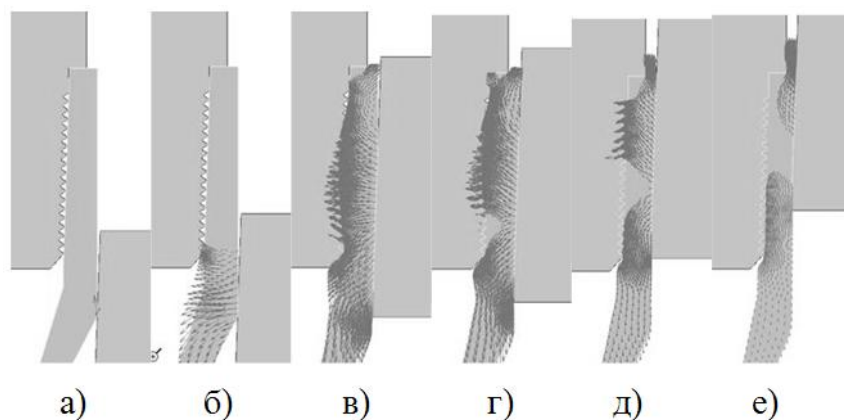
Після повного заповнення зазору при подальшому русі пуансона починається формоутворення різьби з послідовним заповненням витків різьби, починаючи від верхнього (позиція «в»). При цьому в місці переходу від циліндричної частини до різьби утворюється застійна зона, відносно якої метал тече як у попутно – радіальному напрямку, заповнюючи профіль різьби та збільшуючи висоту ніпельної частини, так і в зустрічному напрямку, у корпус заготівки.

У міру просування пуансона відбувається послідовне заповнення витків і, відповідно, збільшення висоти застійної зони, де деформація вже закінчилася.

Оскільки стінка заготовки при просуванні пуансона продовжує деформуватися в радіальному напрямку, метал витісняється як у попутному так і в зустрічному напрямках, причому границя переділу, що перебуває приблизно посередині застійної зони, зміщується в міру збільшення застійної зони по ходу руху пуансона (позиції «г», «д», «е»).

При заповненні крайніх нижніх витків різьби, метал, що тече в попутному напрямку, зустрічає опір з боку торцевого підпору матриці та витісняється в кільцева задирка, а метал, що тече в зустрічному напрямку, зміщує муфтову частину корпуса нагору за рахунок збільшення висоти верхньої частини ніпеля (видна втрата контакту задирки з матрицею, див. позицію «е»)

На рис. 4 показані лінії плинину металу на різних стадіях процесу штампування внутрішньої різьби на муфтовій частині переводника. Поступове заповнення профілю різьби в міру переміщення конічної матриці відбувається аналогічно розглянутому раніше.



**Рис. 4** – Стадії послідовного формоутворення внутрішньої різьби, де:  
а – вихідне положення, б–г – заповнення профілю,  
д–е – утворення торцевої задирки

Були проведені натурні експерименти на гідравлічному пресі УІМ-50 силою 1,6 МН.

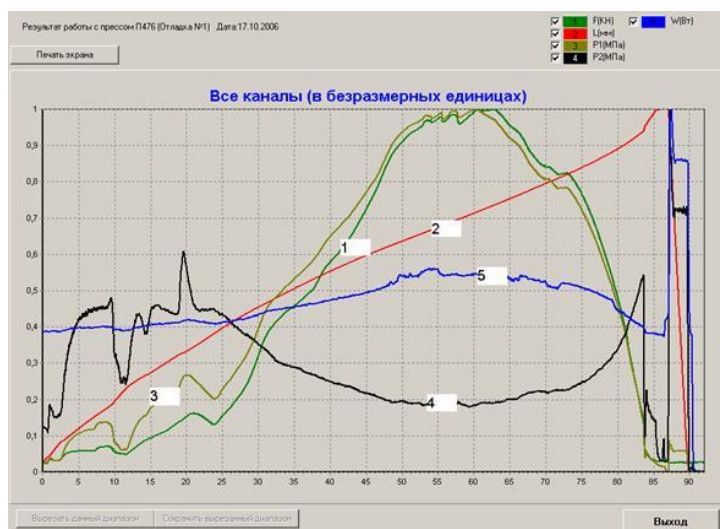
Для реєстрації параметрів процесу прес був оснащений засобами виміру: датчик сили, датчики тиску, установлені на трубопроводах верхньої та нижньої порожнини робочого циліндра преса, датчик переміщення (ходограф), датчик струму.

Вихідні сигнали всіх датчиків подавалися на реєструвальний прилад Spider-8, що є аналого-цифровим перетворювачем, і далі, у персональний комп'ютер, де записувалися в табличному виді програми Exell .

Засобами цієї програми за числовим значенням параметрів будувалися графіки досліджуваних параметрів у функції часу.

Спеціально створена програма перебудовувала ці графіки у функції переміщення, розраховувала роботу деформування, спожиту електричну потужність і КПД процесу.

Приклад вихідного запису параметрів процесу у функції часу показаний на рис. 5, де позначено: 1 – графік сили деформування, 2 – графік переміщення пуансона, 3 – графік тиску у верхній порожнині циліндра преса, 4 – графік тиску в нижній порожнині циліндра преса, 5 – графік фазового струму електродвигуна (для наступного розрахунку потужності). Для показаного процесу час деформування зовнішньої різьби становив 87 с при швидкості пуансона 2,7 мм/с.



**Рис. 5** – Осциллограмма процесу

Кінцеві результати штампування зовнішньої та внутрішньої різьби показані на рис. 6 та на рис. 7. Експеримент проводився над заготівками з матеріалу АД0.

Варійованими параметрами при штампуванні зовнішньої різьби були: кут конусності пуансона ( $5^\circ$ ,  $3^\circ$ ,  $2^\circ$ ), форма пуансона (гладкий конічний, з

кільцевими канавками, із гвинтовою канавкою), наявність або відсутність торцевого підпору плинну металу, внутрішній діаметр і висота ніпельної частини заготовки, що визначають обсяг металу, що деформується.

Експериментальне оснащення для штампування внутрішньої різьби не передбачало можливості проведення експериментів з різними кутами конуса обтискної матриці.

Тому єдиним варійованим параметром для внутрішньої різьби була товщина стінки заготовки. Досліджувалося формоутворення різьби в процесі деформування, а також вплив товщини стінки на заповнюваність профілю різьби та силу деформування при куті конуса обтискної матриці  $3^0$ .



а)

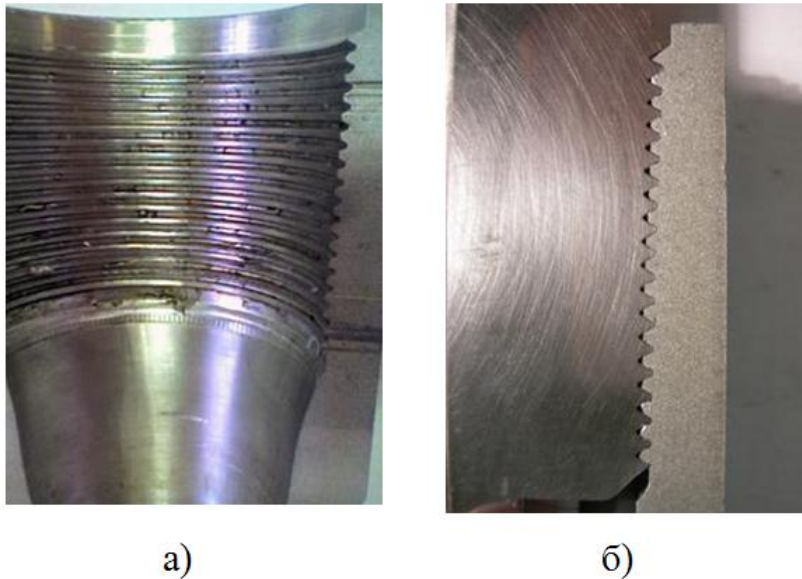


б)

**Рис. 6** – Ніпельний кінець переводника 3 відштампованою зовнішньою різьбою, де: а – заповнення профілю різьбової матриці в розрізі, б – зовнішній вигляд

За результатами проведених експериментів і проведеного моделювання встановлене наступне. *При штампуванні зовнішньої різьби:*

Встановлено, що деформування заготовки починається з роздачі конічної частини ніпеля та заповнення зазору, з яким ця частина ніпеля вставлена в матрицю. Тільки після цього відбувається формування різьби, що починається з верхніх витків і поширюється вниз по мірі пуансона.



**Рис. 7** – Муфтовий кінець переводника з відштампованою внутрішньою різьбою (розріз): а – заповнення профілю різьбового пуансона, б – зовнішній вигляд

При мінімальному розрахунковому обсязі металу, рівному обсягу різьби та обсягу зазору між заготовкою та матрицею, верхні 3-4 витки різьби не заповнюються повністю, тому що опір осьовому плину металу менше опору затікання в різьбі (очевидно йде заповнення зазору між заготовкою та матрицею). У міру збільшення обсягу металу, що зміщається в осьовому напрямку та заповнення зазору, опір осьовому плину збільшується, що приводить до більшого радіального плину й заповнення наступних канавок різьби.

Заповнені канавки різьби утворюють застійну зону та, якщо деформація стінки на околицях цієї зони триває, метал витісняється із шарів, приконттактних до пуансона, і обтікає застійну зону витків, що сформувалися, переміщаючись як у попутному (вниз), так і в зустрічному (нагору) напрямках.

Попутний плин металу сприяє формуванню розташованих нижче витків різьби та збільшує висоту ніпельної частини (при відсутності торцевого підпору). Зустрічний плин обтікає вже сформовані витки, збільшує опір деформуванню, загальну висоту заготовки, тобто відіграє негативну роль.

Для зменшення впливу зустрічного плину металу, у конструкції технологічного оснащення необхідно передбачати верхній притиск заготовки.



Зменшення кута конуса пуансона поліпшує заповнюваність профілю різьби та силу деформування.

Наявність торцевого підпору забезпечує заповнюваність нижніх витків різьби та точність висоти ніпельної частини заготовки. У конструкції технологічного оснащення бажано мати набір кілець, що формують торцевий підпір, для підбора величини торцевої задирки.

Експерименти показали, що пуансон із гвинтовою канавкою забезпечує кращу заповнюваність профілю й меншу силу деформування, чим пуансон з кільцевими канавками. Переваг профільних пуансонів у порівнянні із гладким конічним пуансоном не виявлено.

Оптимальною формою ніпельного кінця заготовки під штампування зовнішньої різьби, що забезпечує заповнюваність профілю при мінімальному обсязі деформованої частини є форма з висотою, на 5-7 мм меншої висоти різьби при відповідному збільшенні товщини стінки. Інакше кажучи, оптимальним рішенням є мінімальний обсяг при збільшеній товщині та укороченій висоті стінки ніпельної частини заготовки.

## **Висновки**

За результатами проведеного моделювання та експериментальних робіт можна затверджувати, що процес штампування за запропонованою схемою забезпечує одержання зовнішнього й внутрішнього різьблення повного профілю на переводнику дослідженого типорозміру. Основним фактором, що обмежує застосування даного процесу, є міцність різьбового інструмента й необхідність створення більших моментів для вигвинчування відштампованої деталі.

## **Список використаних джерел:**

1. Канареев Ф. Н. Механизм образования погрешностей образования внутренних резьб малых диаметров (М2...М6) за счет деформации кручения метчиков / Ф.Н. Канареев, Т.В. Резинкина // Технология машиностроения:

проблемы и перспективы. – Севастополь: СевНТУ. – 2003. – Вып. 11. – С. 43–47.

2. Прокофьев А. Н. Метод комбинированной обработки деталей резьбовых соединений / А. Н. Прокофьев, Г. Г. Руденков // Нетрадиционные методы обработки: сб. науч. тр. междувед. конф., Воронеж, 2002. – С. 57–61.

*Мельниченко А. А., Кондратюк О. Л., Скоркин А. О.* «Технологический процесс формообразования резьбы методом штамповки».

В данной статье рассмотрен вопрос формообразования резьбы методом штамповки. Проведены эксперименты и сформированы выводы.

**Ключевые слова:** штамповка, резьба, пуансон, резьбовая матрица.

*Мельниченко О. А., Кондратюк О. Л., Скоркин А. О.* «Технологічний процес формоутворення різьби методом штампування».

В даній статті розглянуто питання формоутворення різьби методом штампування. Проведено експерименти та сформовані висновки.

**Ключові слова:** штамповка, різьба, пуансон, різьбова матриця.

*Melnichenko O. A., Kondratyuk O. L., Skorkin A. O.* „The technological process of forming thread stamped”.

In this article the question of forming the thread by stamping. Experiments were conducted and conclusions were formed.

**Keywords:** stamping, carving, punch, threaded matrix.

Стаття надійшла до редакції 25 листопада 2010 р.