

Д.П. Єлагін, аспір.
П.О. Киричок, д.т.н., проф.
Національний технічний університет України "КПІ"
Є.С. Попов, ген. дир.
Дніпропетровський трубопрокатний завод

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБКИ БІМЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ

Запропоновано технологічні процеси виготовлення біметалевих виробів з метою підвищення міцності з'єднань та зносостійкості.

В першому випадку з'єднання біметалевих труб здійснюється шляхом дифузійного зварювання під дією температури та тиску при згоранні палива у замкнутому об'ємі труби.

Другий технологічний процес стосується біметалевих втулок і здійснюється шляхом поверхневого пластичного деформування дорнуванням внутрішньої втулки з кольорового металу. При цьому на внутрішній поверхні зовнішньої втулки і зовнішній поверхні внутрішньої втулки попередньо утворено повністю регулярні мікрорельєфи методом оздоблювально-зміцнюючої обробки.

Утворення нових механізмів і агрегатів потребує такого підвищення антифрикційних характеристик міцності та інших експлуатаційних властивостей виробів, яке не забезпечує жоден з відомих металів.

Ефективним шляхом отримання необхідних експлуатаційних властивостей виробів є застосування біметалевих виробів.

Проведені дослідження показали, що в найбільшій мірі вказаним вимогам відповідають біметалеві вироби з антифрикційним шаром зі зносостійких і міцних бронз типу ОФ 6,5-0,15 у вигляді смуг, стрічок або труб.

Крім того, застосування сталевонікельового прокату для виготовлення втулок вигідно, воно обумовлює:

1. Значне зменшення витрат кольорових металів.
2. Можливість утворення спеціалізованого автоматизованого виробництва і прогресивного технологічного процесу.
3. Значне зменшення трудомісткості виробництва й підвищення його культури.

Дослідження встановлено, що біметалеві втулки і труби підвищують довговічність і зносостійкість бронзових литих виробів в 1,5-2 рази.

Для виробництва біметалевих виробів розроблено декілька технологічних процесів.

У першому випадку зібрану двошарову трубу-заготовку нагрівають до температури гарячої пластичної деформації і розташовують у спеціальній матриці. Потім її ущільнюють по кінцям і в утворений об'єм послідовно подають стиснуте повітря і рідинне паливо, яке згорає в ній. Тиск в об'ємі труби зростає до значень, достатніх для деформації заготовки. Сумісна деформація шарів при високій температурі призводить до їх міцного дифузійного зварювання. В подальшому труби розрізають на частини і піддають механічній обробці.

Цим методом виготовляють труби діаметром від 6 до 60 мм при товщині стінки від 1,5 до 8 мм. Межа відхилення розмірів труб така:

- А) для зовнішнього діаметру – $\pm 0,15$ мм;
- Б) для товщини стінки – $\pm 0,15$ мм.

Труби виготовляють довжиною від 0,5 до 9 м. Кривизна труб – 2 мм на метр довжини.

Труби можуть бути виготовлені з застосуванням термічної обробки або без неї, що залежить від умов експлуатації.

Мікротвердість бронзового шару для термічно оброблених труб складає 80-170 кг·с/мм², для труб без термічної обробки – 110-120 кг·с/мм².

Інший технологічний процес базується на використанні технологій оздоблювально-зміцнюючої обробки (ОЗО) та стосується біметалевих втулок. Біметалева втулка складається з двох порожніх циліндрів: зовнішній – охоплюючий, внутрішній – охоплюємий. Твердість охоплюємої деталі на 140-160 одиниць, за шкалою Бринеля, менша, ніж твердість охоплюючої.

Також вона має необхідні фрикційні властивості. Як правило, вона виготовлена з міді, бронзи, латуні або чавуну. Матеріал охоплюючої деталі біметалевої втулки – сталь 3, 10, 20, 45. Найбільш поширено використання біметалевих втулок як підшипників ковзання. Як правило, найчастіше причиною виходу підшипника з ладу є знос внутрішньої поверхні втулки, яка працює в умовах тертя, та порушення нерухомості з'єднання охоплюємої деталі та деталі, що охоплюється.

Підвищення зносостійкості внутрішньої поверхні підшипника ковзання запропоновано здійснити нанесенням на вказану поверхню частково-регулярного мікрорельєфу. Міцність з'єднання досягається натягом за рахунок деформування дорнуванням. Це підвищує якість збирання з'єднання за рахунок збільшення площі контактуючих поверхонь та одночасного додаткового зміцнення поверхневого шару, що призводить до підвищення міцності та зносостійкості з'єднання.

Для отримання максимальної міцності з'єднання на зовнішню поверхню охоплюємої деталі наносили повністю регулярний мікрорельєф опуклого виду. Він наносився загартованим валком (HRC 60–64), на поверхню якого був нанесений мікрорельєф ввігнутого виду. Режими вібронакаткування поверхні валка такі: кількість подвійних ходів $n = 2700 \text{ мин}^{-1}$, подача інструменту $S = 0,5 \text{ мм/об.}$, ексцентриситет $e = 2,6 \text{ мм}$, радіус сфери деформуючого елемента $r = 2,5 \text{ мм}$, зусилля втискання сфери в оброблювану поверхню $P = 250 \text{ Н}$. Таким чином, мікрорельєф на поверхні деталі, який є дзеркальним відбитком мікрорельєфу на поверхні валка, мав такі геометричні параметри: радіус виступів сферичної частини $R_{\text{ово}} = 250\text{--}1600 \text{ мкм}$, висота нерівностей $R_{\text{во}} = 60\text{--}300 \text{ мкм}$, кут напрямку розташування елементів $\gamma = 43\text{--}47^\circ$, кількість елементів регулярного мікрорельєфу на одиницю площі $N = 23\text{--}27 \text{ шт./мм}^2$, тип повністю регулярного мікрорельєфу опуклої форми – шестикутний.

Внутрішню поверхню деталі, що охоплює, також піддавали обробці вібраційним накачуванням. Його здійснювали вібраційним пристроєм, що встановлювався на поперечні салазки верстата. Визначено, що найкращі експлуатаційні властивості, наприклад, для сталі 45 досягаються при таких геометричних параметрах: радіус закруглення сферичної частини нерівностей мікрорельєфу ввігнутої форми $R_{\text{ову}} = 250\text{--}1600 \text{ мкм}$, глибина нерівностей $R_{\text{ву}} = 60\text{--}300 \text{ мкм}$, кут напрямку розташування елементів $\gamma = 43\text{--}47^\circ$, кількість елементів регулярного мікрорельєфу на одиницю площі $N = 23\text{--}27 \text{ шт./мм}^2$, тип повністю регулярного мікрорельєфу ввігнутої форми – шестикутний. Режими обробки, при яких наносили повністю регулярні мікрорельєфи, є оптимізованими. Критеріями оптимізації режимів обробки є відповідність реальних експлуатаційних властивостей бажаним та собівартість виробу.

Оптимізацію режимів обробки поверхні при нанесенні мікрорельєфу на контактуючі поверхні нерухомого з'єднання було здійснено за допомогою методу симплекс-планування. Як вихідний план експерименту при визначенні кількості факторів використовували матрицю симплекс-плану в цілообчислювальній решітці. На основі матриці вихідного симплекса, значень факторів, що оптимізуються, а також інтервалів варіювання, здійснювали перехід до робочої матриці шляхом заміни кодованих значень факторів натуральними. Рух симплекса у факторному просторі здійснювали шляхом дзеркального відображення вершин. Для його отримання на поверхнях мікрорельєфу можна використовувати токарно-гвинторізні верстати, наприклад, моделі КА – 280 та вібронакатуючий пристрій.

Після отримання на контактуючих поверхнях повністю регулярних мікрорельєфів втулки збирали, а з'єднання дорнували. Дорнування можна проводити на будь-якому промисловому пресі, що здатен забезпечити необхідне зусилля втискання та має необхідні пристрої.

Наявність на одній поверхні повністю регулярного мікрорельєфу опуклої форми, а на спряженій – повністю регулярного мікрорельєфу ввігнутої форми дозволяє при дорнуванні здійснювати зчеплення з максимальною площею контактуючих поверхонь. Та частина повністю регулярного мікрорельєфу опуклої форми, що не увійшла у западини повністю регулярного мікрорельєфу ввігнутої форми, при дорнуванні деформується, що призводить до зменшення висоти опуклого мікрорельєфу та збільшення радіусів. Як наслідок, підвищується площа контакту та збільшується міцність з'єднання.

Для підвищення зносостійкості поверхні підшипника, що працює в умовах тертя, на поверхню наносили частково-регулярний мікрорельєф, що виконував роль “змацувальних кишень”. Процес нанесення частково-регулярного мікрорельєфу поєднано з процесом дорнування. Дорнування здійснюється дорном нової конструкції, що дозволяє одночасно з

дорнуванням наносити регулярний мікрорельєф та покращувати якість поверхні за рахунок зменшення напливів, що виникають. Процес дорнування та розроблений інструмент схематично зображено на рис. 1. Дорн – інструмент, який має неріжучі кільця–зуби, що утворюють новий мікрорельєф вигладжуванням. Утворений мікрорельєф є дзеркальним відбитком вигладжуючої поверхні дорну. Сконструйований дорн 1 складається з передньої замкової частини 2, шийки 3, передньої направляючої частини 4, робочої частини, яка має деформуючі 5, калібруючі 6 та кінцеві зуби 7, задньої замкової частини 8. Зуб дорну має забірну та зворотню поверхні у вигляді конусів та циліндричну частину між ними. Профіль зуба у перерізі, що перпендикулярний напрямку складного руху деформуючого інструменту, має вигляд кола. Мікрорельєф утворюють за допомогою інденторів, які розташовані на останній калібруючій стрічці 9 по колу. Кількість їх залежить від діаметра деталі, що дорнується. Радіус інденторів 10, що утворюють мікрорельєф 3–4 мм. Крім цього, дорн споряджений згладжуючою стрічкою 11 для усунення напливів, що виникають. Відстань, на якій розташована стрічка, обов'язково повинна бути не меншою за 15 мм.

Цей розмір обрано з урахуванням того, що висота напливів дуже мала, а процес дорнування супроводжується таким явищем, як хвиля деформації. Тому для ефективного усунення напливів дуже важливо розташовувати стрічку поза зоною деформації. Діаметр згладжуючої стрічки 11 $D_{стр}$, повинен відповідати нерівності:

$$D_{отв} \leq D_{стр} < D_{отв} + h_M,$$

де $D_{отв}$ – діаметр отвору, що отримуємо, мм;

$D_{стр}$ – діаметр згладжуючої стрічки, що отримуємо, мм;

h_M – глибина канавок мікрорельєфу, що отримуємо, мм.

Одночасно стрічка, крім усунення напливів, буде змінювати геометричні параметри канавок, що отримуємо. Нова форма канавок буде сприяти підвищенню експлуатаційних властивостей внаслідок покращення затримання та виводу продуктів зносу за межі підшипника. Режими обробки поверхні такі: зусилля дорнування P , швидкість дорнування v , подача S_B . Отримані параметри виробу: діаметр отвору D_0 , глибина канавок мікрорельєфу h_M .

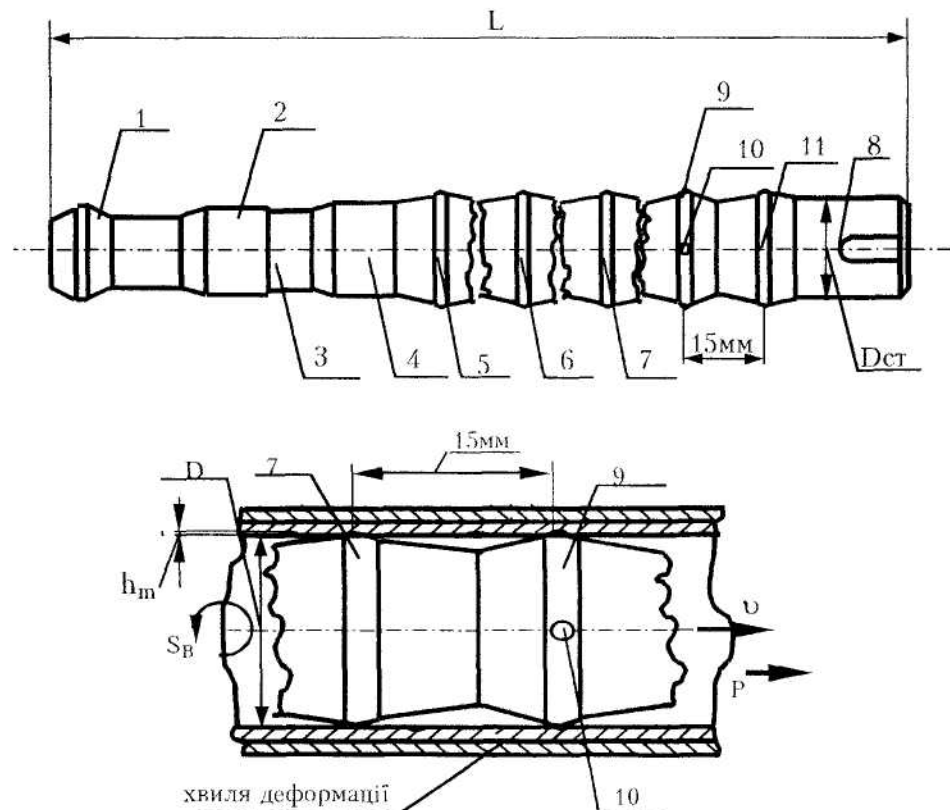


Рис. 1. Схематичне зображення інструменту та процесу обробки поверхні дорном з одночасним нанесенням мікрорельєфу

Дорнування здійснювали при таких технологічних процесах:

- натяг – $i = 0,5$ мм;
- швидкість дорнування – $V = 15$ м/хв.;
- сила тяги – $P = 23$ кН;
- мастило масло “Індустріальне”;
- подача – $S_B = 4$ мм/об.

Параметри отвору, що дорнують:

- діаметр, що отримуємо, – $D_{\text{Отв}} = 80$ мм;
- довжина отвору – $L_{\text{Отв}} = 100$ мм;

Зусилля дорнування, а отже, і діаметр дорну, розраховуються з урахуванням сил, що виникають при нанесенні частково-регулярного мікрорельєфу.

Варіюючи технологічними параметрами на поверхні можливо утворювати частково-регулярний мікрорельєф різних типів з відносною площиною нерівностей в діапазоні від 3 % до 97 %. Частково-регулярний мікрорельєф різних типів отримується завдяки наданню додаткового обертального руху дорну навколо своєї осі. Але оптимальними значеннями для поверхонь, що працюють в умовах тертя, є величина відносної площини нерівностей (F_k) у межах 25–45 %.

Запропонований технологічний процес із застосуванням розробленого дорну дозволяє підвищити зносостійкість виробу за рахунок утворення частково-регулярного мікрорельєфу у 1,25–1,5 рази, а також підвищити міцність з'єднання, у порівнянні зі з'єднаннями, де контактують обточені та шліфовані поверхні, поверхні з частково-регулярними мікрорельєфами та іншими комбінаціями методів обробки контактуючих поверхонь (при однакових натягах) у 1,4–1,7 рази.

ЄЛАГІН Дмитро Павлович – аспірант кафедри “Технологія машинобудування” Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси оздоблювально-зміцнюючої обробки поверхні тонким пластичним деформуванням.

КИРИЧОК Петро Олексійович – доктор технічних наук, професор кафедри “Технологія машинобудування” Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси оздоблювально-зміцнюючої обробки поверхні тонким пластичним деформуванням.

ПОПОВ Євген Святославович – генеральний директор Дніпропетровського трубопрокатного заводу.

Наукові інтереси:

– технологічні процеси оздоблювально-зміцнюючої обробки поверхні тонким пластичним деформуванням.

Подано 13.05.2001