

УДК 621.77

Федірко П. П.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: pavlo.fedirko@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-3724-8937

Дуганець В. І.

кандидат технічних наук,
завідувач кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: duganec.vasil@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2946-2850

Бончик В. С.

кандидат технічних наук,
доцент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9155-2465

Синчак М. О.

асистент кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: Synchak.muk@gmail.com
ORCID: 0009-0003-3183-5043

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ОТВОРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ УСТАНОВКОЮ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК НА КЛЕЮ

Анотація

У роботі представлені результати досліджень методів відновлення отворів корпусних деталей. Встановлена перспективність впровадження у виробництво технологічного процесу відновлення спрацьованих посадкових отворів корпусних деталей установкою згортних втулок на клею. Під час експлуатації з вини агрегатів трансмісії відбувається від 20 до 40% всіх відмов, а на долю корпусних деталей припадає близько 16%. Найбільша повторюваність дефектів характерна для посадкових отворів під підшипники та стакани. Вибір способу відновлення залежить від багатьох факторів. Для реалізації кожного способу відновлення розроблені та впроваджені різноманітні конструкції устаткування та пристроїв, що дають змогу найбільш повноцінно реалізувати той чи інший спосіб. Запропоновано спосіб відновлення посадкових отворів у корпусних деталях установкою згортних втулок на клею з подальшим розкочуванням. Мета розкочування – підвищення міцності посадки втулки в корпусі завдяки повному заповненню клеєм мікронерівностей; створення залишкових стискаючих напружень у корпусі. З розкочуванням збільшується щільність стикованих поверхонь, досягається номінальний розмір посадкового отвору, підвищується клас шорсткості поверхні втулки. У процесі розкочування пластично деформуються не тільки шорсткості оброблюваної поверхні, але й підшар металу, що їх несе. У зоні контакту з деформуючими роликками має місце пластично спрямований перебіг металу, що супроводжується згладжуванням внутрішньої поверхні й одночасним взаємним контактом мікрорельєфів зовнішньої поверхні втулки й отвору корпусу.

Ключові слова: корпусна деталь, посадковий отвір, спосіб відновлення, листова вставка, згортна втулка.

Вступ. У сучасних умовах виробництва ефективність ремонту техніки тісно пов'язана з розробкою, впровадженням нових і вдосконаленням існуючих способів відновлення деталей машин, що дають змогу підвищити продуктивність технологічних процесів відновлення.

Одні з найскладніших, найвідповідальніших і найдорожчих деталей у машин – корпусні деталі трансмісії, корпуси редукторів, муфт зчеплення, коробок передач, роздавальних коробок, задніх мостів тощо. У корпусах розміщуються вали з підшипниками, шестернями, вали перемикання передач із вилками й інші деталі [11].

У процесі експлуатації машин корпусні деталі спрацьовуються й пошкоджуються. Дефектами корпусів можуть бути тріщини, обломи, пробійні, пошкодження нарізі, спрацювання отворів під підшипники, стакани підшипників, осі шестерень, вали перемикання передач тощо. Вагомість дефектів у деталях оцінюється коефіцієнтами повторності, які показують, якій частині корпусів, що підлягають ремонту, властиві ті чи інші дефекти. Коефіцієнти повторності дефектів не є незмінними величинами. Вони змінюються в певних межах – більших чи менших залежно від конструктивних особливостей корпусів, умов роботи. Ресурс відремонтованих агрегатів значною мірою залежить від рівня технології та якості відновлення корпусних деталей [2].

Відновлення зношених отворів корпусів призводить до порушення міжосьових відстаней, співвісності отворів, паралельності осей, що є причиною низького ресурсу відремонтованих вузлів та агрегатів. Корпусні деталі трансмісій виготовляють переважно із сірого чавуну шляхом лиття. Тому в них присутні великі внутрішні напруги. З подальшою механічною обробкою заготовки відбувається їх частковий перерозподіл із подальшим інтенсивним перерозподілом напруг під час експлуатації, що може викликати зміни просторової геометрії корпусної деталі. Відновлення посадкових отворів у корпусах дає змогу використовувати «зістарену» природним чином заготовку, що призводить до значного зростання довговічності відремонтованого агрегату порівняно з новим.

Мета дослідження. Розробка технології відновлення посадкових діаметрів опорних поверхонь корпусних деталей методом, що полягає у встановленні на спрацьовану поверхню металевої листової вставки з відповідними міцнісними властивостями й геометрією. Використання елементів технології розкатування листової вставки у спрацьованих отворах з попередньо нарізаною гвинтовою канавкою дасть змогу забезпечити задані умови роботи з'єднання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зараз пропонується багато методів відновлення зношених отворів у корпусних деталях. Основними є: слюсарно-механічні; зварювально-наплавлювальні; напилення; нанесення полімерно-композитних матеріалів і гальванопокриттів та теплофізичний метод.

Слюсарно-механічний метод. Велике поширення на практиці ремонтного виробництва набув спосіб встановлення додаткових ремонтних деталей – товстостінних і тонкостінних кілець. Товстостінні кільця запресовують у попередньо розточені отвори й розточують під номінальний розмір. Іноді кільця стопорять гвинтами, розвальцюванням або клеєм [13]. Спосіб досить простий, проте попереднє розточування знижує механічну міцність корпусної деталі, а запресування створює концентрацію місцевих розтягувальних напруг, що призводить до виникнення тріщин під час експлуатації, а іноді і під час запресування кільця. Крім того, він трудомісткий і не універсальний, оскільки через конструктивні особливості деяких деталей він взагалі не застосовується, потребує значної витрати металу.

Вклеювання кілець зі сталеві стрічки товщиною 1,0–1,2 мм незначно знижує міцність деталі. Спосіб також простий, але трудомісткий і не забезпечує високої міцності з'єднання «стрічка – деталь».

Існує спосіб відновлення посадкових місць установкою сталевих згортних втулок на клеї з подальшим розкочуванням. Для деталей, що працюють за температури понад 80 °С, рекомендується застосовувати теплостійкий клей типу ВС – 10Т. Затвердіння клею відбувається за температури 175–185 °С протягом 1 години, що створює певні незручності.

Відновлювати посадкові місця можна постановкою стрічкових елементів із натягом за допомогою клину зі стрічки, з відборткуванням його боків або його приклеюванням із подальшою механічною обробкою.

Цей спосіб забезпечує технічні вимоги на точність розмірів, точність розташування місць, але є досить трудомістким.

Пластичне деформування. Способи відновлення посадкових місць із застосуванням накатки й електромеханічного видавлювання, незважаючи на очевидну простоту, не знаходять застосування через зменшення площі робочої поверхні отвору, порушення структури та недостатньої довговічності посадки. Повторне відновлення цими способами неможливе.

Напилення та наплавлення. Процеси напилення та пропано-порошкового наплавлення забезпечують високу продуктивність, але разом із цим супроводжуються великою витратою матеріалів, напилений шар пористий і має погану адгезію з основою. Наплавлення другого роду дають змогу наносити на зношені поверхні шар практично будь-якої товщини та хімічного складу із заданою твердістю та зносостійкістю [3]. Однак вони супроводжуються високими температурами, що призводить до порушення структури чавуну, викликаючи його «відбілювання», що створює великі труднощі при подальшій механічній обробці. Наплавлені шари містять велику кількість пор, раковин та тріщин. Значні внутрішні напруги призводить до утворення тріщин у перемичках і короблення.

Відомий метод контактного приварювання сталеві стрічки або порошку на зношені поверхні посадкового отвору. Перевагою розробки є унеможливлення перегріву деталі. Однак через складність устаткування і труднощі подальшої механічної обробки застосування його обмежене.

Термофізичний метод. Існує спосіб відновлення посадкових отворів, заснований на властивості чавуну збільшуватися в об'ємі під час нагрівання до певної температури [4]. Спосіб досить простий і універсальний, але максимально зменшити діаметр отвору цим способом можна тільки на 0,15 мм, при цьому погіршуються механічні властивості металу, утворюються перенапруги в складних перерізах, що призводить до виникнення тріщин і жолоблення.

Нанесення полімерно-композитних матеріалів. Останнім часом у ремонтному виробництві знаходять застосування полімерні покриття з різними наповнювачами та фізико-механічними властивостями. Для відновлення посадкових отворів рекомендують наносити композиції на основі епоксидної смоли, з їх затвердінням під час нагрівання за ступінчастим циклом чи у магнітному полі [14]. Зазначені способи прості й економічні, частково або повністю запобігають фретинг-корозії. Однак викришування покриттів під час механічної обробки, багатошаровість, невисока твердість, низька теплопровідність, зміна фізико-механічних властивостей покриттів у часі, потреба в проведенні термічної обробки для затвердіння обмежують застосування полімерних матеріалів.

Нанесення гальванічних покриттів. Переваги гальванопокриттів полягають у можливості отримувати шляхом електроосадження шари будь-якої товщини в межах від кількох мікрометрів до 1–2 мм. Після нанесення покриття міцність деталі знижується незначно, структура основного металу не зазнає змін, короблення відсутнє, а самі покриття мають досить високі фізико-механічні й експлуатаційні властивості [12].

Основними способами нанесення гальванічних покриттів на поверхні отворів посадкових корпусних деталей є осадження в стаціонарних ваннах; електролітичне натирання (контактне); осадження з використанням місцевих ванн в електроліті, що не циркулює; осадження в проточному електроліті.

Недоліками методу є великі витрати електроенергії, екологічні загрози й висока вартість очисних заходів.

Вибір методу відновлення посадкових отворів залежить від багатьох факторів, таких як номенклатура відновлюваних деталей, їх типорозмір, габаритні розміри та маса, матеріалу корпусної деталі, характеру навантаження та режимів роботи деталей, вимог щодо точності та зносостійкості відновлених посадкових отворів, забезпечення можливості багаторазового відновлення тощо.

Статистичні дані, одержані за результатами мікрометражу різних корпусних деталей, свідчать, що коефіцієнт повторності тріщин, обломів і пробойн, а також пошкодження нарізи може змінюватися в межах 0,03–0,20. Коефіцієнт повторності спрацювання отворів під валики перемикачів передач і під фіксатори може змінюватися в межах 0,03–0,15. Найбільшу повторність у корпусах мають спрацювання отворів під підшипники, стакани підшипників та осі шестерень. Коефіцієнт повторності цієї групи дефектів може змінюватися від 0,15 до 0,90. Значення коефіцієнта тим більше, що більша кількість цих отворів і що менша їхня жорсткість [5].

Поверхні отворів під підшипники, стакани підшипників і осі шестерень є одними з основних робочих поверхонь корпусів. Від їхніх розмірів і взаємного розміщення залежать довговічність підшипників, валів і шестерень, витрати енергії на передачу потужності, шумність роботи агрегатів. У нових корпусах розміри отворів забезпечуються за сьомим квалітетом. Для отворів під підшипники окремо регламентується відхилення від циліндричності – овальність не повинна перевищувати половини поля допуску на діаметр. Шорсткість поверхонь отворів має відповідати $Ra = 1,25–2,5$ мкм. Особливо важливе для нормальної роботи агрегатів взаємне розміщення вказаних поверхонь – співвісність отворів у межах 0,040–0,050 мм, відхилення від паралельності та перекіс осей – не більше ніж 0,060 мм. Допуск на міжцентрові відстані для автомобільних корпусів задається в межах 0,050 мм, а тракторних і комбайнових – у межах 0,070–0,100 мм. Надмірні відхилення в розміщенні прискорюють процеси спрацювання підшипників, зубів шестерень та інших деталей. Тому під час виготовлення корпусних деталей та їхнього ремонту якості посадкових отворів треба приділяти посилену увагу [5].

Найкращим вирішенням проблеми ремонту посадкових отворів було б забезпечення їхньої ремонтпридатності під час виготовлення корпусних деталей встановленням швидкозмінних додаткових деталей. Важливим при цьому є забезпечення нерухомого з'єднання деталі з корпусом для того, щоб поверхня отвору, спряжена з деталлю, не спрацьовувалася і її можна було б неодноразово використовувати під час ремонту для встановлення нової додаткової деталі замість спрацьованої [15]. Для реалізації такого підходу потрібні принаймні дві передумови. Перша – це наявність простого й ефективного способу кріплення додаткових деталей; друга – можливість простої реалізації способу на ремонтних підприємствах під час відновлення корпусів.

Такі умови вже є. Розроблено й широко впроваджено на ремонтних підприємствах України та Литви технологію відновлення спрацьованих посадкових отворів установленням скрутних втулок [9]. Сенсабельним способом полягає в тому, що із сталеві холоднокатаної стрічки чи листової сталі звичайної якості завтовшки 1,0–1,5 мм виготовляють пластини потрібної ширини та довжини, з яких виготовляють скрутні втулки, а потім встановлюють їх у попередньо підготовлені отвори корпусів – і для забезпечення нерухомої посадки втулок, і для одержання заданих розмірів розкочують їх багатоелементним розкочувальним пристроєм [6]. Завдяки підвищенню поверхневої твердості, низькій шорсткості та передусім утворенню внутрішніх напружень стискання, які є сприятливими для деталей, зносостійкість поверхонь отворів зростає вдвічі-втричі, якщо порівняти з новими чавунними.

Запропоновано спосіб відновлення посадкових отворів у корпусних деталях установкою згортних втулок на клею з подальшим розкочуванням. Схема процесу розкочування втулок у корпусах зображена на рисунку 1.

Мета розкочування – підвищення міцності посадки втулки в корпусі завдяки повному заповненню клеєм мікронерівностей; створення залишкових стискаючих напружень у корпусі. З розкочуванням збільшується щільність стику, досягається номінальний розмір посадкового отвору, підвищується клас шорсткості поверхні втулки. У процесі розкочування пластично деформуються не тільки шорсткості обробленої поверхні, але й підшар металу, що їх несе. У зоні контакту з деформуючими роликками має місце пластично спрямований перебіг металу, що супроводжується згладжуванням внутрішньої поверхні й одночасним взаємним контактом мікрорельєфів зовнішньої поверхні втулки й отвору корпусу [7, 8].

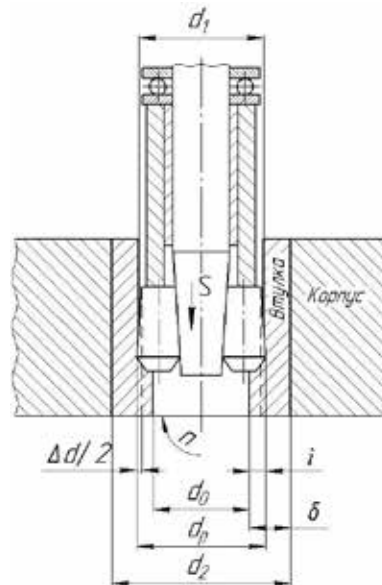


Рис. 1. Схема процесу розточування втулок у корпусах:

d_2 – діаметр отвору корпусу; d_p – діаметр розкатника; d_0 – внутрішній діаметр втулки до розточування;
 δ – товщина стрічки до розточування; i – натяг; $\Delta d/2$ – половина припуску

Форма та висота нових нерівностей залежать від багатьох факторів: характеру напруженого стану металу в зоні контакту, геометричної форми, розмірів та траєкторії руху деформуючих роликів, рельєфу та способу утворення вихідних нерівностей і фізико-механічних властивостей матеріалу [10].

Розкатник налаштовують таким чином, щоб його розмір перевищував діаметр отвору на величину натягу ($2i$). Передбачений налаштуваннями натяг викликає пластичні та пружні поверхневі й об'ємні деформації стінок корпусу.

Припустимо, що процес утворення з'єднання «втулка – корпус» шляхом радіального пластичного деформування втулки складається з двох фаз.

Перша фаза. Пластичне та пружне деформування стінок отвору, за якого зі збільшенням натягу розточування відбувається збільшення пластичної деформації.

Друга фаза. Пружне стискання корпусу і втулки, що настає після проходу розкатника, що супроводжується появою на поверхні контакту деталей, які сполучаються, залишкових радіальних і окружних напруг.

Формування геометрії вставки виконується безпосередньо на підготовленій циліндричній опорній поверхні корпусу. Технологічні операції виконуються в такій послідовності.

1. Розточка циліндричної опорної поверхні в корпусі до діаметра:

$$D = d + 2t + 2z, \quad (1)$$

де t – товщина листової вставки; d – посадковий діаметр отвору під підшипник; z – припуск на фінішну доводку посадкового отвору.

Припуск під обробку отвору z визначається за відомою формулою розрахунково-аналітичного методу [1]:

$$2z = 2 \left(Rz + \sqrt{\varepsilon^2 + \lambda^2} \right), \quad (2)$$

де R_z – шорсткість поверхні вставки до обробки; ε – відхилення спрацьованої поверхні від ідеального циліндра (вимірюється за дефектації деталі); λ – похибка обробки через неточність верстата (згідно з паспортними характеристиками верстата).

Шорсткість поверхні після розточування отвору під згортку втулку повинна бути не більше ніж 5 мкм за R_a .

2. Після розточування на поверхні отвору різбовим різцем нарізають гвинтоподібну канавку. Гвинтова спіраль трикутного профілю з глибиною різання $(D-d)/2$, кроком 1,5–2,0 мм і кутом за вершини 30–35° виконується на горизонтально-розточному верстаті (рис. 2).

Розточка гвинтової канавки виконується на чорнових режимах різання із цільовим забезпеченням високої шорсткості поверхні ($R_z 120 \dots 180$) і глибиною різання:

$$h = (D-d)/2. \quad (3)$$

3. Виготовлення заготовки згортної втулки. Заготовку одержують різкою сталеві стрічки на смуги шириною H та довжиною $L = 1 + 3 \dots$ мм. Товщина стрічки залежить від зношування деталі (табл. 1).

$$L = \pi(d_{max} - \lambda + \delta), \quad (4)$$

$$H = B(1 + \psi/100), \quad (5)$$

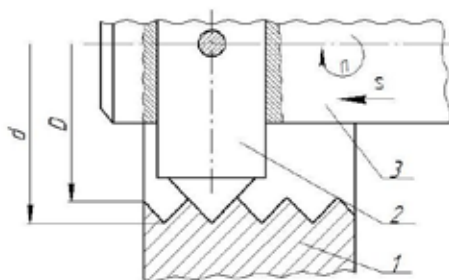


Рис. 2. Технологічна схема нарізання гвинтової канавки:

1 – корпус; 2 – різець; 3 – борштанга

де L – довжина заготовки згортної втулки, мм; d_{max} – максимальний діаметр розточеного отвору, мм; λ – номінальна товщина стрічки, мм; δ – допуск на товщину стрічки, мм; H – ширина заготовки згортної втулки, мм; B – ширина відновлюваної поверхні, мм; ψ – величина відносної осьової деформації (числові значення приведені в табл. 1).

Таблиця 1. Параметри сталеві стрічки залежно від зносу відновлюваного отвору

Збільшення діаметра ремонтного отвору, мм	Номінальна товщина стрічки, мм	Відносна осьова деформація стрічки під час скручування, %
До 0,5	0,8	15,2
0,5...0,7	1,0	13,2
0,7...1,0	1,2	12,5
1,0...1,2	1,4	11,5
1,2...1,4	1,6	10,2

4. Нанесення тонкого шару клею для фіксації металевих циліндричних деталей Loctite 638 на контактні поверхні корпусу і вставки.

5. Прокатування вставки по поверхні корпусу з формоутворенням відбитка рельєфу спіральної канавки отвору в корпусі (рис. 1).

6. Доводка розміру отвору до вимог технічної документації.

Потрібна пластична деформація для повного заповнення канавки металом досягається за 9...11 проходів розкатного ролика. При цьому висота гребня заповнення канавки металом досягає $h = 0,45...0,57$ мм. Зважаючи на максимальні осьові ударні навантаження на опору, що не повинні перевищувати 1200...1500 Н, розраховано, що 8–12 гребнів достатньо для забезпечення міцності з'єднання на зріз і змінання прокатних струмків із коефіцієнтом запасу надійності близько 2,4–2,6.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Вибір способу відновлення посадкових отворів корпусних деталей залежить від багатьох факторів, таких як їх номенклатура, типорозмір, габаритні розміри та маса, матеріал корпусної деталі і вставок, характер навантаження й режими роботи деталей, забезпечення можливості багаторазового відновлення тощо.

Основні шляхи вдосконалення способів відновлення корпусних деталей спрямовані на підвищення продуктивності, надійності та якості відновлення, зниження трудомісткості робіт і різноманітних витрат, розширення номенклатури деталей, які можливо відновлювати тим чи іншим способом, і запобігання браку.

Ефект від впровадження запропонованої технології складно підрахувати. Основним результатом впровадження запропонованої технології було б вирішення проблеми відновлення спрацьованих отворів, оскільки під час ремонту спрацьовані вставки можна було б видалити, а на їхнє місце встановити нові й розкотити. Ці роботи можна виконувати в ремонтних майстернях, забезпечених відповідними розкочувальними пристроями. Виготовлення вставок не потребує спеціалізованого обладнання й інструменту та доступне для будь-якої майстерні. Найскладніший процес відновлення отворів – їхнє розточування – не проводили б. При цьому вартість ремонту корпусів не перевищувала б 10–20% вартості нових.

Список використаних джерел

- Герук С. М., Федірко П. П., Борковський С. М. Застосування методу металокомпундної аплікації для відновлення внутрішніх циліндричних поверхонь. *Вісник державного агроєкологічного університету* : зб. наук. пр. Житомир : Вид-во ДАУ, 2005. № 1. С. 220–224.
- Дудніков А. А., Горбенко О. В., Келемеш А. О., Дудник В. В. Технологічні методи підвищення експлуатаційної надійності машин. *Наукові нотатки*. 2018. Вип. 64. С. 44–47.
- Іванкова О. В., Гаращук О. В., Куценко В. І., Щербина В. В., Чижевський Д. В., Бабич Я. В., Тіхонов М. О. Дослідження методів відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки. *Вісник ПДАА*. 2022. № 4. С. 33–42.

4. Іванкова О. В. Забезпечення надійності при відновленні корпусних деталей. Матеріали науково-практичної конференції професорсько-викладацького складу Полтава, 17–18 травня 2017 р.
5. Косташук М. Підвищимо довговічність корпусних деталей машин! [Електронний ресурс]. *Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу*. 2008. Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/pidvishchimo-dovgovichnist-korpusnih-detaley-mashin> (дата звернення: 07.04.2024).
6. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сенник А. А. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 232 с.
7. Лінчевський П. А., Джурян Т. Г., Ергян О. А. Обробка деталей на обробно-розточних верстатах. Під ред. П. А. Лінчевського. *Техніка*, 2000. 300 с.
8. Матвійчук А. В., Гевко І. Б. Технологія відновлення і розточування кільцевих канавок в корпусних деталях. *Вісник Харківського технічного університету с.г.* Вип. 17. Підвищення надійності відновлюваних деталей машин. Харків, 2003. С. 58–61.
9. Пат. 90980 Україна, МПК В21D 5/10 (2006.01). Пристрій для виготовлення згортних втулок із листових заготовок / Бондаренко О. Л., Кривінський П. П.; Кривий П. Д., Сенник А. А., Шпак Р. І.; заявник і патентотримувач Бондаренко О. Л., Кривінський П. П.; Кривий П. Д., Сенник А. А., Шпак Р. І. № U2014 02250; заявл. 05.03.2014; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.
10. Сенник А. А. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення точності форми згортних втулок. Збірник наукових праць «Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем» ДДМА. Краматорськ, 2017. Вип. № 41. С. 46–55.
11. Технологічне забезпечення якості відновлення посадочних отворів корпусних деталей : монографія / І. О. Хітров, В. С. Гавриш, Ю. А. Кононогов, П. М. Фастовець. Рівне : НУВГП, 2013. 127 с.
12. Федірко П. П., Борковський С. М. Спосіб відновлення посадочних поверхонь під підшипники в корпусних деталях. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства* : зб. наук. пр. Харків : ХДТУСГ, 2001. Вип. 8. Т. 1.
13. Хітров І. О., Кононогов Ю. А. Технологічний процес та оснащення для подовження ресурсу роботи корпусних деталей транспортних засобів. *Вісник НУВГП*. Технічні науки : зб. наук. праць. Рівне : НУВГП, 2022. Вип. 2 (98). С. 288–296. <https://ep3.nuwm.edu.ua/24972/1/Vt9825%20%281%29.pdf>.
14. Хітров І. О. Застосування полімерних матеріалів при ремонті машин [Текст] / І. О. Хітров, Р. О. Луцан / Збірник наукових праць. *Вісник НУВГП*. Вип. 4 (60), серія «Технічні науки». Рівне, 2012. С. 123–128.
15. Іє. Konoplianchenko, V. Tarellyk, Vas. Martsynkovskyy, O. Gaponova, A. Lazarenko, A. Sarzhanov, M. Mikulina, Zh. Zhengchuan, V. Pirogov. New technology for restoring Babbitt coatings. *Journal of Physics: Conference Series*. 1741 (2021), pp. 012040-1–012040-15. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012040>.

Fedirko P. P.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department Technical Service and General Technical Subjects, Higher Educational Institution “Podillia State University” Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: pavlo.fedirko@pdatu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-3724-8937

Duganets V. I.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Service and General Technical Subjects, Higher Educational Institution “Podillia State University” Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: duganec.vasil@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2946-2850

Bonchik V. S.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technical Service and General Technical Subjects, Higher Educational Institution “Podillia State University” Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: vitaliy-bonchik@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9155-2465

Synchak M. O.

Assistant at the Department of Technical Service and General Technical Subjects, Higher Educational Institution “Podillia State University” Kamianets-Podilskiy, Ukraine
E-mail: Synchak.myk@gmail.com
ORCID: 0009-0003-3183-5043

RESEARCH OF THE METHODS OF RESTORE THE HOLES OF BODY PARTS BY INSTALLATION OF FOLDING BUSHES ON GLUE

Abstract

The paper presents the results of research on methods of restoring the holes of body parts. The prospect of introducing into production the technological process of restoring the activated landing holes of body parts by installing collapsible sleeves on glue has been established. During operation, transmission units are responsible for 20 to 40% of all failures, and body parts account for about 16%. The highest repeatability of defects is characteristic of mounting holes for bearings and cups. The choice of recovery method depends on many factors. To implement each method of recovery, various designs of equipment and devices have been developed and implemented, which allow the most complete implementation of one or another method. The proposed method of restoring landing holes in body parts by installing collapsible sleeves on glue with subsequent rolling. The purpose of rolling is to increase the strength of the bushing in the housing due to the complete filling of micro-uniformities with glue; creation of residual compressive stresses in the case. During rolling, the density of the joined surfaces increases, the nominal size of the landing hole is reached, and the roughness class of the bushing surface increases. In the process of rolling, not only the roughnesses of the processed surface, but also the sublayer of the metal that carries them are plastically deformed. In the zone of contact with the deforming rollers, plastically directed flow of metal takes place, which is accompanied by smoothing of the inner surface and simultaneous mutual contact of the microreliefs of the outer surface of the sleeve and the opening of the case.

Key words: body part, landing hole, recovery method, sheet insert, collapsible sleeve.

References

1. Heruk, S.M., Fedirko, P.P., & Borkovskiy S.M. (2005). Zastosuvannya metodu metalokompoundnoi aplikatsii dlia vidnovlennia vnutrishnikh tsylindrychnykh poverkhon [Application of the method of metal compound application for restoration of internal cylindrical surfaces]. *Visnyk derzhavnoho ahroekolohichnoho universytetu – Bulletin of the State Agroecological University*, 1, 220–224 [in Ukrainian].
2. Dudnikov, A.A., Horbenko, O.V., Kelemesh, A.O., & Dudnyk, V.V. (2018). Tekhnolohichni metody pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti mashyn [Technological methods of increasing the operational reliability of machines]. *Naykovi zapusky – Scientific notes*, 64, 44–47 [in Ukrainian].
3. Ivankova, O.V., Harashchuk, O.V., Kutsenko, V.I., Stcherbyna, V.V., Tschyzhevskiy D.V., Babych, Ya.V., & Tychonov, M.O. (2020). Doslidzhennia metodiv vidnovlennia znoshenykh detalei silskohospodarskoi tekhniki [Research of methods of restoration of worn parts of agricultural machinery]. *Visnyk PDAA – Bulletin of PDAA*, 4, 33–42 [in Ukrainian].
4. Ivankova, O.V. (2017). Zabezpechennia nadiinosti pry vidnovlenni korpusnykh detalei [Ensuring reliability during the restoration of body parts]. Proceedings of the Scientific and Practical Conference of Professors and Teachers in Poltava [in Ukrainian].
5. Kostaschuk, M. (2008). Pidvyshchymo dovhovichnist korpusnykh detalei mashyn [Let's increase the durability of machine body parts]. *Propozytsiia – Holovnyi zhurnal z pytan ahrobiznesu – Offer – The main magazine on agribusiness issues*. Retrieved from: <https://propozytsiia.com/ua/pidvishchimo-dovgovichnist-korpusnih-detaily-mashin> (date of application: 04/07/2024) [in Ukrainian].
6. Kryvyi, P.D., & Senyk A.A. (2019). Konstruktorsko-tekhnolohichne zabezpechennia pidvyshchenoi yakosti zghortnykh vtulok [Design and technological support of increased quality of collapsible bushings]. Ternopil: *Ternopilskiyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Ivana Puliuia – Ivan Pulyi Ternopil National Technical University* [in Ukrainian].
7. Linchevskiy, P.A., Dzhurian, T.H., & Erhian, O.A. (2000). *Obrobka detalei na obrobno-roztochnykh verstatakh [Processing of details on machining and boring machines]*. Technika [in Ukrainian].
8. Matviichuk, A.V., & Hevko, I.B. (2003). Tekhnolohiia vidnovlennia i roztochuvannia kiltsevnykh kanavok v korpusnykh detaliakh [Technology of restoration and boring of annular grooves in body parts]. *Visnyk Kharkivskoho tekhnichnoho universytetu. Pidvyshchennia nadiinosti vidnovliuvanykh detalei mashyn – Bulletin of the Kharkiv Technical University. Increasing the reliability of machine repair parts*, 17, 58–61 [in Ukrainian].
9. Bondarenko, O.L., Kryvinskyi, P.P., Kryvyi P.D., Sennyk, A.A., & Shpak, R.I. Pat. 90980 Ukraine, MPK B21D 5/10 (2006.01). Prystrii dlia vyhotovlennia zghortnykh vtulok iz lystovykh zahotovok [Pat. 90980 Ukraine, IPC B21D 5/10 (2006.01). The device for the production of collapsible sleeves from sheet blanks]. U2014 02250; stated. 05.03.2014; publ. 10.06.2014, Bull. 11 [in Ukrainian].
10. Senyk, A.A. (2017). Konstruktorsko-tekhnolohichne zabezpechennia pidvyshchennia tochnosti formy zghortnykh vtulok [Design and technological support for increasing the accuracy of the shape of collapsible bushings]. “Nadiinist instrumentu ta optymizatsiia tekhnolohichnykh system” DDMA – “Reliability of the tool and optimization of technological systems” DDMA, 41, 46–55 [in Ukrainian].
11. Khitrov, I.O. Havrysh, V.S., Kononohov, Yu.A., & Fastovets, P.M. (2013). *Tekhnolohichne zabezpechennia yakosti vidnovlennia posadochnykh otvoriv korpusnykh detalei [Technological assurance of the quality of restoration of landing holes of body parts]*. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
12. Fedirko, P.P., & Borkovskiy, S.M. (2001). Sposib vidnovlennia posadochnykh poverkhon pid pidshypnyky v korpusnykh detaliakh [The method of restoration of landing surfaces for bearings in body parts]. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva – Bulletin of the Kharkiv State Technical University of Agriculture*, 8, Volume 1 [in Ukrainian].
13. Khitrov, I.O., & Kononohov, Yu.A. (2022). Tekhnolohichni protses ta osnashchennia dlia podovzhennia resursu roboty korpusnykh detalei transportnykh zasobiv [Technological process and equipment for extending the service life of body parts of vehicles]. Rivne: *Visnyk NUVHP. Tekhnichni nauky – Bulletin of NUVHP. Technical sciences*, 2 (98), 288–296. Retrieved from: <https://ep3.nuwm.edu.ua/24972/1/Vt9825%20%281%29.pdf> [in Ukrainian].
14. Khitrov, I.O., & Lyshchan R.O. (2012). Zastosuvannia polimernykh materialiv pry remonti mashyn [The use of polymer materials in the repair of machines]. *Visnyk NUVHP*, seriya “Tekhnichni nauky” – “Bulletin of NUVHP”, series “Technical Sciences”, 4 (60), 123–128 [in Ukrainian].
15. Konoplianchenko, Ie., Tarelnyk, V., Martsynkovskiy, Vas., Gaponova, O., Lazarenko, A., Sarzhanov, A., Mikulina, M., Zhengchuan, Zh., & Pirogov, V. New technology for restoring Babbitt coatings. *Journal of Physics: Conference Series*. 1741 (2021), pp. 012040-1–012040-15. Retrieved from <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012040> [in Ukrainian].