

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

КЕЛЕМЕШ АНТОН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 621.43-2.004.67/047

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ БРОНЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського
виробництва

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків-2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Полтавській державній аграрній академії Міністерства аграрної політики та продовольства України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Дудніков Ігор Анатолійович,
Полтавська державна аграрна академія,
професор кафедри загальнотехнічних дисциплін.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Полянський Олександр Сергійович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет,
професор кафедри технології машинобудування та
ремонту машин;

кандидат технічних наук, професор
Мажейка Олександр Йосипович,
Кіровоградський національний технічний
університет,
професор кафедри експлуатації і ремонту машин.

Захист відбудеться «24» травня 2013 р. о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.832.01 в Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка за адресою: 61002, м. Харків, вул. Артема, 44.

Автореферат розісланий «23» квітня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О. Д. Черенков

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальність теми обумовлена необхідністю розробки і застосування ефективної технології підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарської техніки шляхом застосування зміцнюючих обробок їх робочих поверхонь. До числа ефективних методів підвищення надійності може бути віднесена технологія відновлення і зміцнення поверхонь деталей з використанням вібраційних коливань.

Досить актуальними є дослідження по визначенню оптимальних значень параметрів технологічного процесу вібраційної обробки бронзових деталей сільськогосподарської техніки при їх відновленні, які забезпечують необхідну надійність і довговічність. Тому розробка і застосування технології зміцнення бронзових деталей з використанням механічних коливань можуть бути віднесені до числа актуальних науково-прикладних завдань для розвитку агропромислового комплексу України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Напрямок виконаної дисертаційної роботи відповідає тематиці «Розробка технології відновлення бронзових деталей методом вібраційного зміцнення», яка виконана з ТОВ «Моторсервіс» у 2009 – 2013 рр. Результати проведених досліджень знайшли відображення також у науково-дослідній роботі «Розробка технології відновлення і зміцнення деталей сільськогосподарських машин з використанням вібраційних коливань», виконаної спільно з Національним науковим центром «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства» (ННЦ «ІМЕСГ») протягом 2011 – 2012 рр.; відповідно до «Державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2015 року» №785-2007-п від 10.11.2011, а також згідно програми «Найважливіші проблеми в АПК на 1996-2005 р.р.», №010U007276.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення надійності бронзових деталей типу «втулка» шляхом їх відновлення методом вібраційного зміцнення.

Для реалізації поставленої мети визначено вирішення наступних завдань:

- здійснити аналіз існуючих способів відновлення бронзових деталей і обґрунтувати доцільність методу вібраційного деформування;
- вивчити вплив параметрів обробки і робочого інструменту при звичайному і вібраційному деформуванні;
- виконати математичне моделювання і провести аналіз механічних властивостей відновлених поверхонь бронзових деталей;
- розробити технологічний процес і обґрунтувати параметри відновлення бронзових деталей вібраційним методом, які забезпечують підвищену надійність, довговічність, і впровадити у виробництво;
- оцінити зносостійкість та техніко-економічну ефективність відновлення бронзових деталей по розробленій технології.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є технологічний процес відновлення і зміцнення бронзових деталей типу «втулка» сільськогосподарської техніки, зв'язок процесу з параметрами вібраційного деформування, фізико-механічними властивостями їх робочого шару.

Предмет дослідження: розробка технології відновлення та підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарських машин.

Методи дослідження. Методологічною основою проведених досліджень є оцінка працездатності сільськогосподарської техніки з вибором методу і параметрів технологічного процесу для збільшення ресурсу деталей при їх відновленні. В роботі використано математичне моделювання процесу вібраційної обробки, методи багатфакторного експерименту, комп'ютерні технології, а також такі методи досліджень як тензометрування, статистична обробка експериментальних даних, дослідження структури і механічних властивостей матеріалу деталей, відновлених різними методами.

Наукова новизна одержаних результатів:

- для підвищення надійності вперше теоретично обґрунтовані розроблений комплексний технологічний процес і параметри відновлення деталей з бронзи, при яких забезпечується їх підвищена зносостійкість [9];

- для управління і розрахунку параметрів вперше виконана теоретична оцінка характеру та рівня напружень, що виникають при відновленні бронзових деталей типу «втулка», а також проведена їх комплексна оптимізація [5, 6];

- для оцінки зносостійкості, на основі одержаних статистичних даних, створена математична модель надійності бронзових деталей, в якій вперше враховані технологічні параметри вібродеформування та фізико-механічні властивості їх матеріалу [7];

- виконана комплексна порівняльна оцінка надійності бронзових деталей, відновлених за традиційною та новою розробленою технологією, за напрацюванням та коефіцієнтом технічного використання [8].

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено і впроваджено у виробництво новий комплексний процес відновлення зношених опорних втулок розподільчих валів двигунів ЯМЗ, який забезпечує підвищену їх надійність та довговічність.

Розроблений комплексний метод їх відновлення пройшов випробування в господарствах Полтавської і Дніпропетровської областей, а також прийнятий АТ «Харківський дослідний ливарний завод» для використання при виготовленні вказаних деталей. Експлуатаційні дослідження сільськогосподарської техніки з опорними втулками розподільчих валів, відновленими за розробленою технологією, забезпечують економічний ефект 35,7 тис. грн при обсязі впровадження 300 комплектів.

На технологічний процес та вібраційну установку отримано патенти України «Установка для відновлення та зміцнення сталених деталей вібраційним методом» (№68751 від 10.04.2012); «Спосіб відновлення деталей типу тіл обертання» (№68752 від 10.04.2012); «Спосіб відновлення деталей типу тіл обертання вібраційним методом» (№68753 від 10.04.2012).

Особистий внесок здобувача. Основні дослідження по темі дисертації виконані автором самостійно [2-5, 8]. У наукових працях, опублікованих в співавторстві, визначені шляхи підвищення довговічності бронзових деталей сільськогосподарської техніки при їх відновленні з використанням вібраційних коливань [1], виявлено основні технологічні параметри обробки [6], досліджено

вплив вібраційного деформування на характер і напружений стан матеріалу відновлюваних деталей [9], вивчено зміни властивостей матеріалу відновлюваних деталей і їх вплив на зносостійкість [8], розроблено технологічний процес відновлення бронзових опорних втулок розподільчих валів [7]. Особистий внесок автора у роботах, опублікованих у співавторстві, становить від 50 до 80%.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи обговорені й отримали позитивну оцінку на: V Міжнародній науково-практичній конференції: «Інженерно-технічне забезпечення інноваційних технологій сервісу машин» (ХНТУСГ ім. Петра Василенка, Харків, 2011р.); XI Міжнародній науково-технічній конференції «Вібрації в техніці та технологіях» (ПНТУ ім. Юрія Кондратюка, Полтава, 2012р.); XIII Міжнародній науковій конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій» (Дослідницьке, 2012р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Механіка ударно-хвильових процесів в технологічних системах» (ДГТУ, Ростов-на-Дону, 2012р.); XIII Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (ВНАУ, Вінниця, 2012р.)

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень опубліковані в 9 друкованих статтях фахових видань, затверджених Мін ОН, молоді та спорту України, зокрема 5 підготовлені самостійно та 2 тезах доповідей. Одержано 3 патенти України.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел 142 найменувань і 6 додатків.

Загальний обсяг дисертації складає 196 сторінок. Основна частина викладена на 151 сторінці тексту і містить 46 рисунків, 26 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовані актуальність, мета і завдання досліджень, наведена практична значимість і наукова новизна розробок, визначається особистий вклад здобувача.

У першому розділі наведено аналіз стану питання і обґрунтовано обраний напрямок досліджень, проаналізовано методи, що використовуються для підвищення експлуатаційних показників деталей сільськогосподарської техніки.

Виконано аналіз процесів, що призводять до погіршення технічних характеристик сільськогосподарської техніки та зниження її надійності і довговічності. Одним з основних шляхів забезпечення працездатності сільськогосподарської техніки і, зокрема, двигунів сімейства ЯМЗ є підвищення довговічності бронзових опорних втулок їх розподільчих валів.

Проблемі підвищення експлуатаційних показників сільськогосподарської техніки присвячені роботи В.Я. Аніловича, І.П. Сичова, П.М. Заїки, В.А. Войтова, В.П. Юрчука, Д.Г. Войтюка, В.М. Булгакова, А.І. Бойко, А.А. Дуднікова, О.І. Біловод, О.Й. Мажейка та інших авторів.

Аналіз літературних джерел і вивчення практичного досвіду відновлення окремих бронзових деталей типу «втулка» дозволили зробити висновок, що одним з

ефективних методів їх відновлення є вібраційне зміцнення робочих поверхонь деталей.

Застосування вібраційних коливань в технологічних процесах відновлення і зміцнення бронзових деталей типу «втулка» являє науковий і практичний інтерес, оскільки дозволяє підвищити якість оброблених поверхонь і їх довговічність. Тому подальші дослідження з розширення технологічних можливостей і промислового використання вібрацій є актуальною задачею.

Однак в літературі відсутні дані з оптимального режиму технологічного процесу вібраційного зміцнення бронзових деталей типу «втулка». Відсутні рекомендації по оптимальним геометричним параметрам обробних інструментів. Відсутня оцінка поведінки матеріалів при вібраційному деформуванні пустотілих бронзових циліндричних деталей та їх вплив на роботу сільськогосподарських технологічних комплексів.

У другому розділі наведена методологія проведення досліджень. Оцінку показників надійності двигунів з бронзовими опорними втулками розподільчих валів, відновлених методом вібраційного деформування, проводили з такими ж показниками втулок, відновлених звичайною роздачею. З урахуванням цього розроблено метод та параметри відновлення бронзових опорних втулок, обґрунтовано зміцнення їх поверхонь, а також виконано експериментальні дослідження процесу відновлення вібраційним деформуванням.

Технологічний процес деформування зразків-моделей, а також відновлення зношених деталей методом вібраційного деформування, здійснювали на спеціально виготовленій експериментальній установці, яка складається з трьох основних вузлів: віброзбуджувача, що дозволяє одержувати збурюючу силу у межах 9,4...24,5 кН; системи гідравлічного підйому; основного і допоміжного устаткування.

Зразки-моделі виготовляли із бронзи БрОЦС 5-5-5 двох розмірних груп: перша група – довжина $l = 38,5$ мм; зовнішній діаметр $d = 68$ мм; внутрішній діаметр $d_0 = 54$ мм. Розміри другої групи відповідно: $l = 30$ мм; $d = 68$ мм; $d_0 = 54$ мм. Пуансони для обробки внутрішньої поверхні зразків-моделей виготовляли зі сталі У7 і піддавали гартуванню в маслі з температурою 780-800°C та подальшим відпуском при 400-420°C. Твердість робочої частини пуансона становила 55-58 HRC, а хвостовика – 40-45 HRC. Кут ухилу пуансона складав 8°, 9°, 10°, а висота калібруючої частини – 3 мм, 5 мм, 7 мм.

Для визначення характеристик міцності напружено-деформованого стану матеріалу складена матриця багатофакторного експерименту 2^3 (табл.1).

Таблиця 1

Параметри та рівні варіювання факторів експерименту

Фактори	Код	Інтервал варіювання	Рівні факторів		
			нижній –1	основний 0	верхній +1
1. Амплітуда, мм	x_1	0,5	0,5	1,0	1,5
2. Частота, хв ⁻¹	x_2	700	700	1400	2100
3. Кут ухилу пуансона, град.	x_3	1	8	9	10

Визначення напружень на зовнішній поверхні зразків (деталей), зусилля обробки, величини деформації здійснювали методом тензометрування з використанням осцилографа Н-700, підсилювача ТУП-12, тензорезисторів типу ПКБ-5-200.

Металографічні дослідження проводили на шліфах-пластинах, виготовлених із бронзових опорних втулок розподільчих валів, оброблених звичайним і вібраційним деформуванням. Оцінку мікротвердості проводили на мікротвердомірі ПМТ-3, а твердості – на приладі ТК-2М.

Залишкові напруження в деталях, підданих обробці, визначали методом пошарових розточувань з наступним розвантаженням по їхній твірній.

Дослідження зносостійкості відновлених деталей проводили на машині тертя МИ-1М відповідно до ГОСТ 23.224-86.

Для оцінки експлуатаційної надійності відновлених бронзових опорних втулок розподільчих валів двигунів ЯМЗ-236/238 їх встановлювали на 10 тракторів з указаними деталями, відновленими по традиційній технології і 10 тракторів з деталями, відновленими методом вібраційного зміцнення.

Третій розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню режимних параметрів технології відновлення бронзових опорних втулок розподільчих валів двигунів ЯМЗ-236/238 методом вібраційного зміцнення, який забезпечує підвищену надійність двигунів.

Напружений стан бронзової втулки характеризується величинами деформацій і напружень, які залежать від характеру прикладання навантаження і припуску на обробку:

$$\Pi = 2\Delta r + 2\Delta r_n, \quad (1)$$

де $2\Delta r$ – абсолютна деформація по діаметру отвору втулки при обробці; $2\Delta r_n$ – абсолютна деформація по діаметру пуансона (рис. 1).

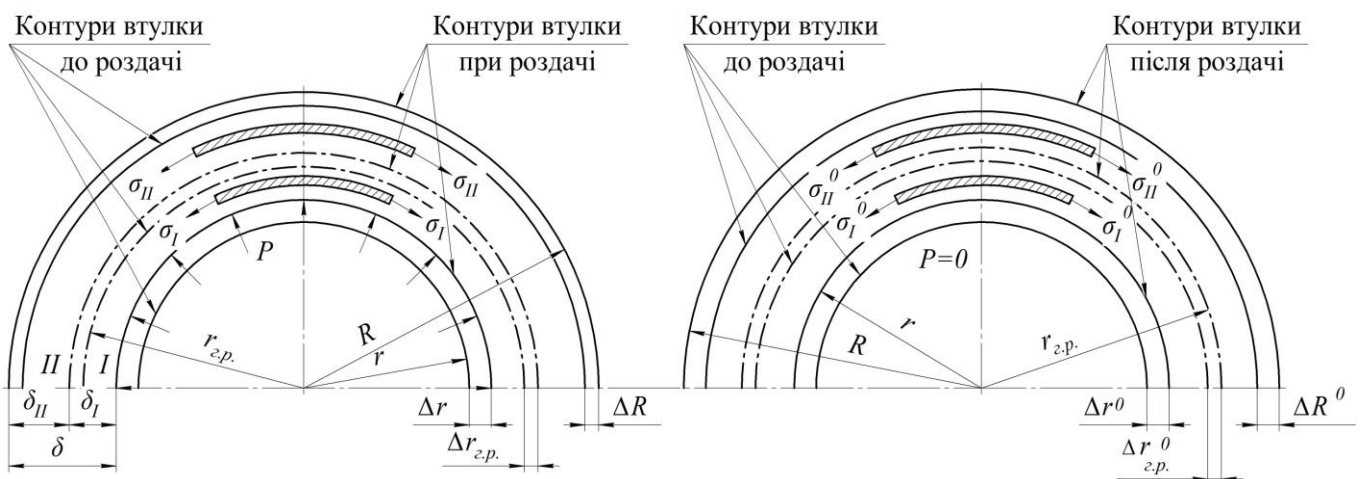


Рис.1. Розрахункова схема напруженого стану втулок

Значення Δr може бути виражено:

$$\Delta r = \kappa \Delta r_{z.p.}, \quad (2)$$

де κ – коефіцієнт, що залежить від припуску на обробку.

Приймаючи з достатньою точністю для практичних розрахунків, що $r_n \approx r$, а $\Delta r_{\varepsilon.p.} = \varepsilon_{\varepsilon.p.} \cdot r_{\varepsilon.p.}$ і $\Delta r_n = \varepsilon_n \cdot r_n$, рівняння (1) набуває вигляду:

$$\Pi = 2\kappa r_{\varepsilon.p.} \cdot \varepsilon_{\varepsilon.p.} + 2r\varepsilon_n, \quad (3)$$

де $\varepsilon_{\varepsilon.p.}$ – відносна деформація по діаметру межі розділення пластичної і пружної зон у втулці при роздачі; ε_n – відносна деформація по діаметру калібруючої частини пуансона, яка на основі загальновідомої формули теорії пружності визначається за формулою:

$$\varepsilon_n = \frac{p}{E}(1 - \mu), \quad (4)$$

де p – питомий тиск пуансона на внутрішню поверхню бронзової втулки при роздачі; E – модуль пружності матеріалу зони пружної деформації бронзової втулки; μ – коефіцієнт Пуассона.

При спільному розв'язанні рівнянь (3) і (4) отримаємо:

$$\varepsilon_{\varepsilon.p.} = \frac{\Pi}{2\kappa r_{\varepsilon.p.}} - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{rp}{r_{\varepsilon.p.}E}(1 - \mu). \quad (5)$$

В зоні пластичної деформації втулки в процесі роздачі напруження дорівнюють межі текучості σ_T і не залежать від величини припуску:

$$\sigma_I = \sigma_T. \quad (6)$$

В зоні пружної деформації в процесі роздачі напруження визначаються, виходячи із закону Гука, за наступною формулою:

$$\sigma_{II} = E\varepsilon_{\varepsilon.p.}. \quad (7)$$

Розв'язуючи спільно рівняння (5) і (7), отримаємо:

$$\sigma_{II} = \frac{E\Pi}{2\kappa r_{\varepsilon.p.}} - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{r}{r_{\varepsilon.p.}} \cdot p(1 - \mu). \quad (8)$$

При деформуванні бронзової втулки її умова рівноваги має вигляд:

$$\sigma_I \delta_I + \sigma_{II} \delta_{II} = p \, 2r, \quad (9)$$

де δ_I і δ_{II} – відповідно товщина зони пластичних і пружних деформацій бронзової втулки при роздачі.

Розв'язуючи спільно рівняння (9), (6) і (8), отримаємо:

$$\sigma_T \delta_I + \frac{E\Pi \delta_{II}}{2\kappa r_{\varepsilon.p.}} - \frac{\delta_{II}}{\kappa} \cdot \frac{r}{r_{\varepsilon.p.}} p(1 - \mu) = p \, 2r. \quad (10)$$

Звідси:

$$p = \frac{2\kappa r_{\varepsilon.p.} \delta_I \sigma_T + E\Pi \delta_{II}}{2r \left[2\kappa r_{\varepsilon.p.} + \delta_{II}(1 - \mu) \right]}. \quad (11)$$

Після підстановки виразу (11) в рівняння (4) маємо:

$$\varepsilon_n = \frac{1 - \mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{\varepsilon.p.} \delta_I \sigma_T + E\Pi \delta_{II}}{2r \left[2\kappa r_{\varepsilon.p.} + \delta_{II}(1 - \mu) \right]}. \quad (12)$$

Абсолютна деформація пуансона по діаметру дорівнює:

$$2\Delta r_n = \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{\varepsilon.p.} \delta_I \sigma_T + E\Pi \delta_{II}}{2\kappa r_{\varepsilon.p.} + \delta_{II}(1-\mu)}. \quad (13)$$

Підставляючи в рівняння (5) значення p з рівняння (11), маємо:

$$\varepsilon_{\varepsilon.p.} = \frac{1}{2\kappa r_{\varepsilon.p.}} \left[\Pi - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{\varepsilon.p.} \delta_I \sigma_T + E\Pi \delta_{II}}{2\kappa r_{\varepsilon.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} \right]. \quad (14)$$

У цьому випадку абсолютна деформація бронзової втулки по зовнішньому діаметру дорівнює:

$$2\Delta r_{\varepsilon.p.} = \frac{1}{\kappa} \left[\Pi - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{\varepsilon.p.} \delta_I \sigma_T + E\Pi \delta_{II}}{2\kappa r_{\varepsilon.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} \right]. \quad (15)$$

Після спільного розв'язання рівнянь (8) і (11) отримуємо:

$$\sigma_{II} = \frac{E}{2\kappa r_{\varepsilon.p.}} \left[\Pi - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{\varepsilon.p.} \delta_I \sigma_T + E\Pi \delta_{II}}{2\kappa r_{\varepsilon.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} \right]. \quad (16)$$

Після деформації втулки її зовнішня і внутрішня поверхні розвантажуються пружно і залишкові в них напруження σ_I^0 і σ_{II}^0 визначаються по величині залишкової деформації граничної зони:

$$\sigma_{II}^0 = E\varepsilon_{\varepsilon.p.}^0; \quad (17)$$

$$\sigma_I^0 = \sigma_T - E(\varepsilon_{\varepsilon.p.} - \varepsilon_{\varepsilon.p.}^0), \quad (18)$$

де $\varepsilon_{\varepsilon.p.}^0$ – відносна залишкова деформація по діаметру межі розділення пружної і пластичної зон у бронзовій втулці після її деформування.

Умову рівноваги втулки після деформування можна отримати, якщо тиск Пуансона на внутрішню її поверхню в рівнянні (9) прийняти рівним нулю, а σ_I і σ_{II} відповідно замінити на σ_I^0 і σ_{II}^0 :

$$\sigma_I^0 \delta_I + \sigma_{II}^0 \delta_{II} = 0. \quad (19)$$

Після підстановки в рівняння (19) значення залишкових напружень з рівнянь (17) і (18) отримаємо:

$$(\sigma_T - E\varepsilon_{\varepsilon.p.} + E\varepsilon_{\varepsilon.p.}^0) \delta_I + E\varepsilon_{\varepsilon.p.}^0 \delta_{II} = 0.$$

Звідси:

$$\varepsilon_{\varepsilon.p.}^0 = \frac{\delta_I}{\delta_I + \delta_{II}} \left(\varepsilon_{\varepsilon.p.} - \frac{\sigma_T}{E} \right). \quad (20)$$

Після підстановки значення $\varepsilon_{\varepsilon.p.}^0$ в рівняння (17) і (18) та відповідних перетворень маємо:

$$\sigma_I^0 = \frac{\delta_{II}}{\delta_I + \delta_{II}} (\sigma_T - E\varepsilon_{\varepsilon.p.}), \quad (21)$$

$$\sigma_{II}^0 = \frac{\delta_I}{\delta_I + \delta_{II}} (E\varepsilon_{\varepsilon.p.} - \sigma_T). \quad (22)$$

Після заміни в отриманих виразах $\varepsilon_{\varepsilon.p.}$ рівнянням (14) маємо:

$$\varepsilon_{z.p.}^0 = \frac{\delta_I}{2kr_{z.p.}(\delta_I + \delta_{II})} \left[\Pi - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2kr_{z.p.}\delta_I\sigma_T + E\Pi\delta_{II}}{2kr_{z.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} - \frac{2k\sigma_T r_{z.p.}}{E} \right], \quad (23)$$

$$2\Delta r_{z.p.}^0 = \frac{\delta_I}{k(\delta_I + \delta_{II})} \left[\Pi - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2kr_{z.p.}\delta_I\sigma_T + E\Pi\delta_{II}}{2kr_{z.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} - \frac{2k\sigma_T r_{z.p.}}{E} \right], \quad (24)$$

$$\sigma_I^0 = \frac{\delta_{II}}{2kr_{z.p.}(\delta_I + \delta_{II})} \left[2\sigma_T kr_{z.p.} - E\Pi + (1-\mu) \frac{2kr_{z.p.}\delta_I\sigma_T + E\Pi\delta_{II}}{2kr_{z.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} \right], \quad (25)$$

$$\sigma_{II}^0 = \frac{\delta_I}{2kr_{z.p.}(\delta_I + \delta_{II})} \left[E\Pi - (1-\mu) \frac{2kr_{z.p.}\delta_I\sigma_T + E\Pi\delta_{II}}{2kr_{z.p.} + \delta_{II}(1-\mu)} - 2\sigma_T kr_{z.p.} \right]. \quad (26)$$

Одержані залежності дозволяють визначити як характер зміни, так і числові значення глибини зміцнення, межі текучості при зміні припуску на обробку (рис. 2).

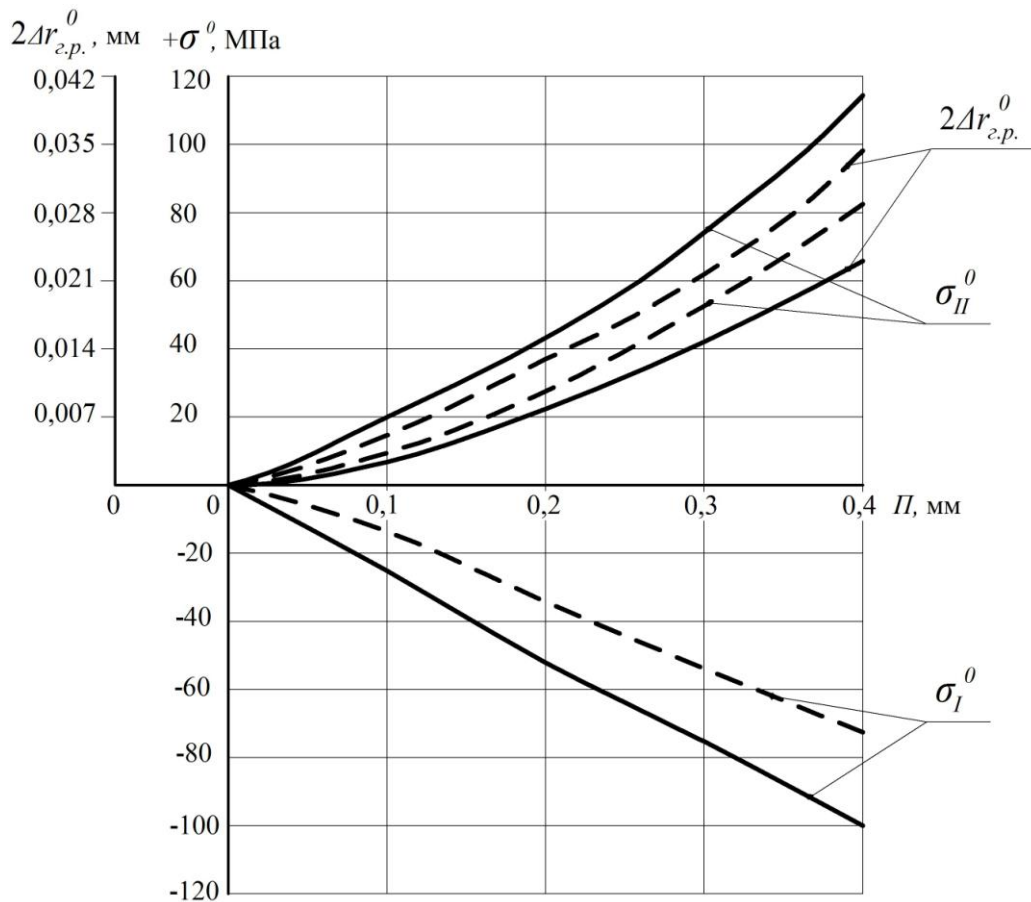


Рис. 2. Зміни залишкових напружень і деформацій в залежності від припуску:

—— звичайне деформування; - - - - вібраційне

При обробці з припуском $\Pi = 0,4$ мм розтягуючі напруження в зоні пружних деформацій бронзової втулки склали 82 МПа при вібраційному деформуванні, а при звичайному – 117 МПа. Значення залишкової деформації $2\Delta r_{z.p.}^0$ втулки по зовнішньому діаметру склали при звичайній обробці 0,024 мм, а при вібраційній – 0,033 мм, що в 1,33 рази більше.

Схема зусиль, що діють на втулку при деформуванні (рис.3), дозволяє встановити залежність між питомим тиском p і припуском на обробку Π .

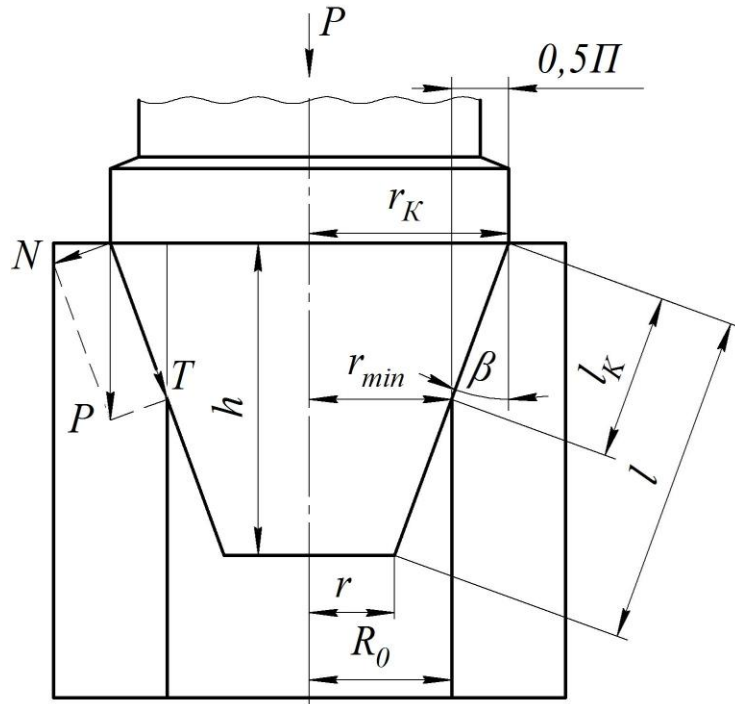


Рис.3. Розрахункова схема зусиль, що діють на втулку при деформуванні

Нормальна N і тангенціальна T складові зусилля деформування P будуть дорівнювати:

$$N = P \sin \beta; \quad T = P \cdot \cos \beta. \quad (27)$$

Величина питомого тиску:

$$p = \frac{N}{S_K}, \quad (28)$$

де S_K – площа поверхні контакту пуансона з втулкою при обробці, дорівнює:

$$S_K = \pi (r_K + r_{\min}) \cdot l_K, \quad (29)$$

де r_K – радіус калібруючої частини пуансона; $r_{\min}$ – менший радіус контактуючої поверхні пуансона; l_K – довжина контактуючої поверхні пуансона.

Із схеми можна записати:

$$0,5\Pi = r_K - R_0; \quad (30)$$

$$r_{\min} = r_K - 0,5\Pi; \quad (31)$$

$$l_K = \frac{\Pi}{2 \sin \beta}. \quad (32)$$

Підставляючи параметри (29), (30) та (32) в рівняння (28), одержуємо залежність для визначення питомого тиску від припуску і кута ухилу пуансона:

$$p = \frac{2P \sin^2 \beta}{\pi(2r_K + 0,5\Pi)\Pi}. \quad (33)$$

При вібраційному деформуванні виникає інерційна сила, яка періодично підсилює і послаблює тиск обробляючого інструменту на поверхню контакту, що викликає зміну коефіцієнту тертя.

Характер зміни коефіцієнту тертя в залежності від припуску, методу обробки при куті пуансона $\beta = 10^\circ$, який визначали по формулі (34), показано на рис. 4.

$$f_{\max} = \frac{\beta' \sigma_T}{2\sigma_1}, \quad (34)$$

де σ_T – межа текучості обробного матеріалу; σ_1 – головні нормальні напруження; $\beta' = 2/\sqrt{3}$ – коефіцієнт.

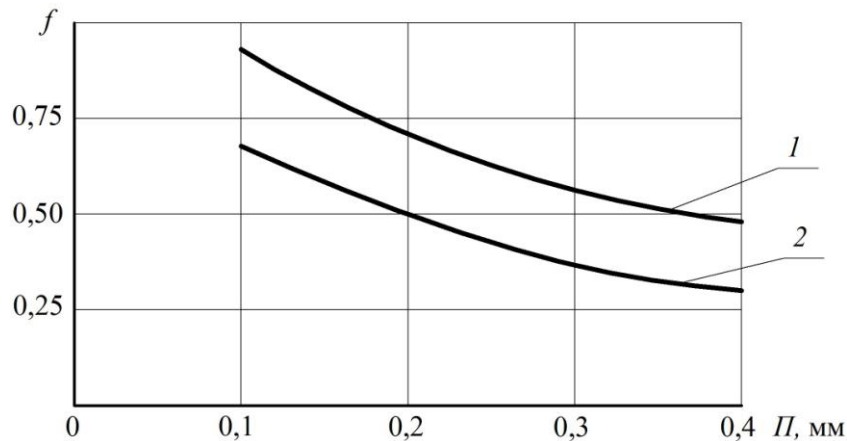


Рис. 4. Зміни значення коефіцієнту тертя в залежності від припуску і методу деформування: 1 – при звичайному деформуванні; 2 – при вібраційному

При звичайному деформуванні при указаних значеннях припусків коефіцієнт тертя знаходиться в межах 0,892-0,498, а при вібраційному – 0,688-0,371, тобто в 1,29 разів менше, ніж при звичайному деформуванні.

При пластичному деформуванні відбувається ущільнення матеріалу оброблюваної втулки в результаті зміни її розмірів і об'єму, яке визначається відношенням величини зменшення об'єму матеріалу в результаті ущільнення $V_{упл}$ до її об'єму до деформування:

$$\eta = \frac{V_{упл}}{V_0} \cdot 100\%. \quad (35)$$

Залежності зміни ступеню ущільнення від припуску, матеріалу і методу обробки, підраховані по формулі (35), показані на рис. 5.

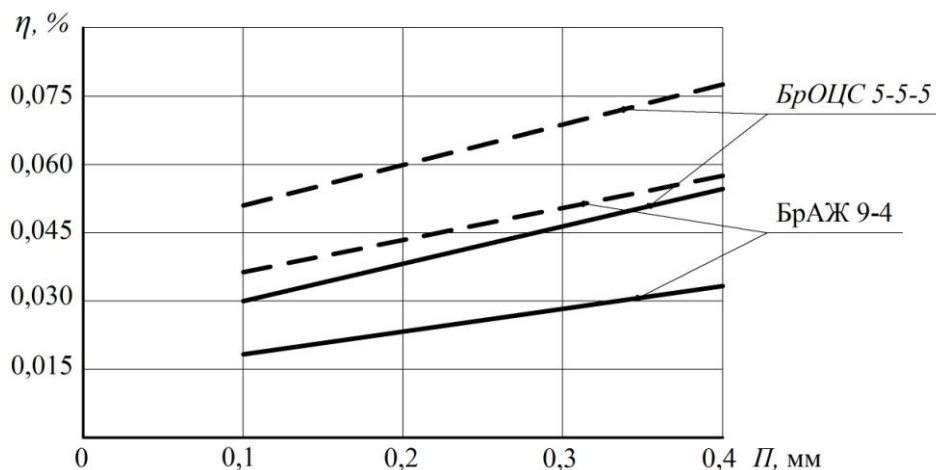


Рис. 5. Зміни ступеню ущільнення в залежності від припуску і методу деформування при $\beta = 9^\circ$

Ступінь ущільнення втулок з бронзи БрОЦС 5-5-5 при припуску $\Pi = 0,4$ мм в 1,53 разів більше при вібраційному деформуванні, ніж при звичайному.

Четвертий розділ присвячений експериментальним дослідженням при відновленні втулок розподільчих валів і аналізу отриманих результатів.

Для виявлення оптимальних значень кута ухилу обробного інструменту пуансони виготовляли з наступними його значеннями: 8° , 9° , 10° . Дослідженнями встановлено, що найменша кількість зрушеного матеріалу на торець зразка мала місце при куті ухилу пуансона $\beta = 9^\circ$ (рис. 6). При вібраційному деформуванні при даному значенні кута ухилу пуансона і припуску на обробку $\Pi = 0,4$ мм маса зрушеного металу в 6,5 разів менша в порівнянні зі звичайною роздачею.

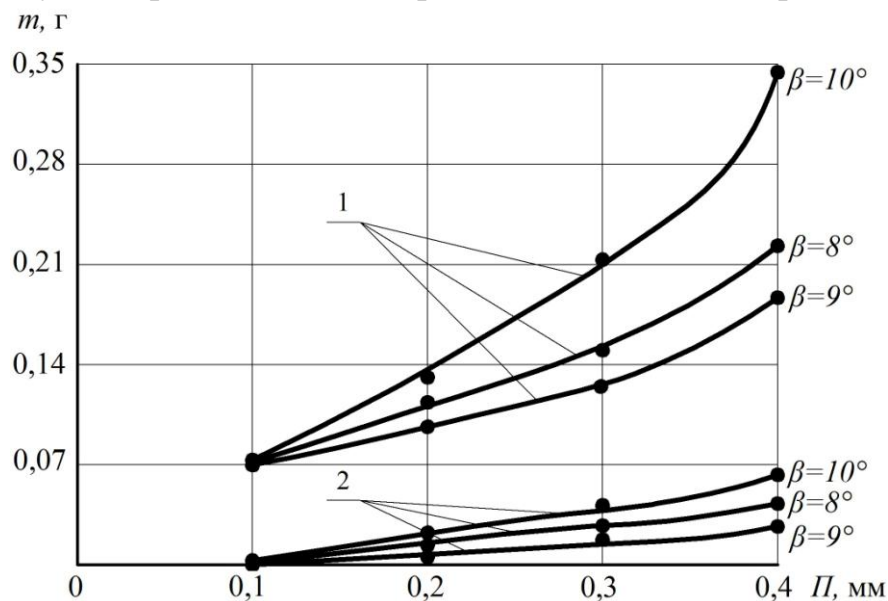


Рис. 6. Залежності зміни маси зрушеного на торець втулки металу при різних кутах ухилу пуансона: 1 — звичайне деформування; 2 — вібраційне (швидкість деформування $v = 0,030$ м/с)

Шорсткість обробленої поверхні залежить від висоти h_k калібруючої частини пуансона. Мінімальне значення шорсткості має місце при $h_k = 4 - 5$ мм.

Ступінь деформації по довжині зразка довжиною $l = 38,5$ мм при куті ухилу пуансона $\beta = 9^\circ$ і припуску $\Pi = 0,4$ мм при вібраційному деформуванні на 45,6% менше, а по зовнішньому діаметру в 1,26 разів вище в порівнянні зі звичайною роздачею.

За результатами експериментальних досліджень із визначення величини зносу Δd_1 внутрішньої поверхні опорних втулок з її віброзміцненням, відповідно до плану трьохфакторного експерименту 2^3 , побудовано поверхню відгуку її залежності від амплітуди A і кута ухилу пуансона β (рис. 7):

$$\Delta d_1 = 0,1126 - 0,0097A - 1,1 \cdot 10^{-5}n - 0,0141\beta + 0,0042A^2 + 3,5 \cdot 10^{-9}n^2 + 0,0007\beta^2. \quad (36)$$

Із достовірністю $R^2 = 83\%$ знайдено величину зносу внутрішньої поверхні опорної втулки.

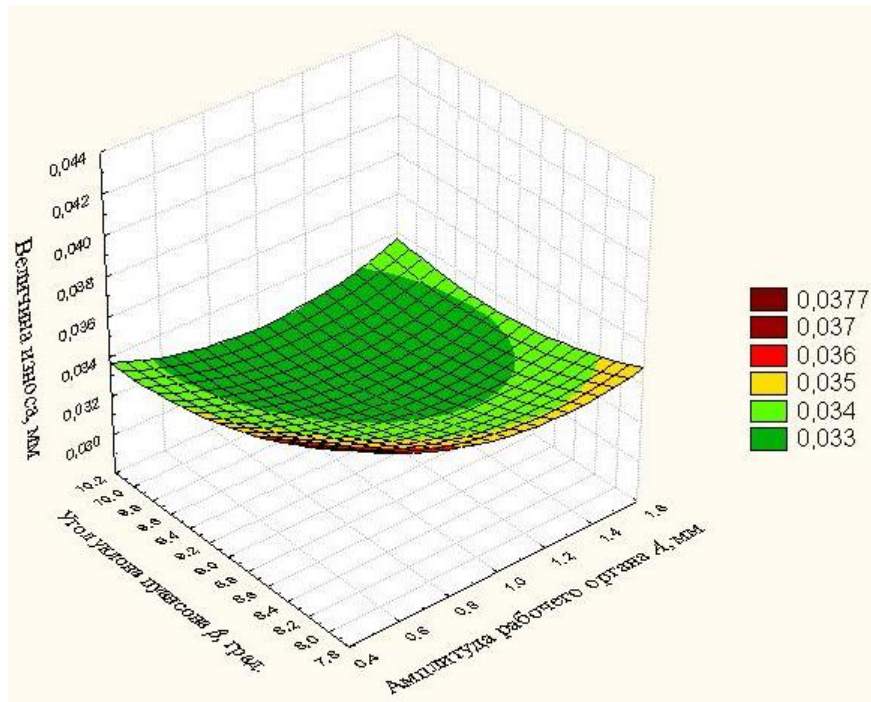


Рис. 7. Поверхня відгуку залежності величини зносу внутрішньої поверхні опорних втулок від амплітуди і кута ухилу пуансона

Дослідженнями на екстремуми одержаних поверхонь встановлено, що оптимальними режимами вібраційного зміцнення є: амплітуда робочого органу $A = 1,0$ мм; кут ухилу пуансона $\beta = 9^\circ$; частота коливання пуансона $n = 1400$ хв⁻¹.

При визначенні зусилля деформування встановлено, що його величина залежить від методу обробки, кута ухилу пуансона і припуску (рис. 8).

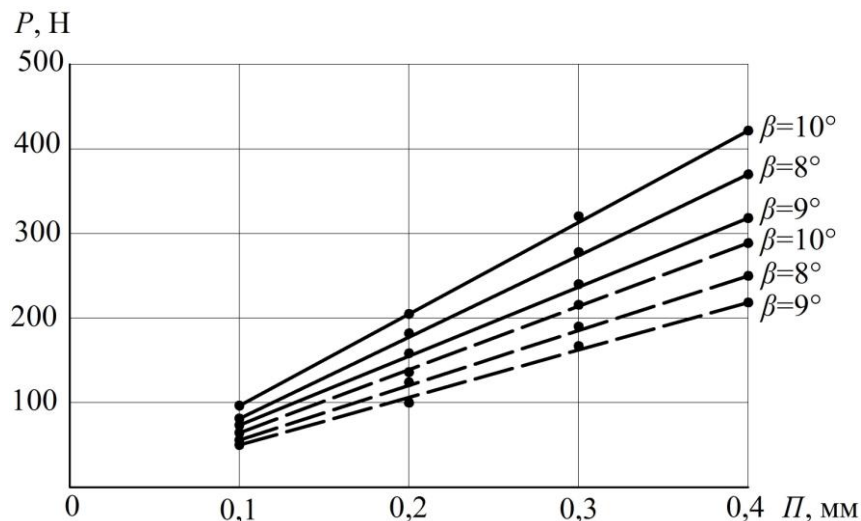


Рис. 8. Зміни зусилля деформування при $l = 38,5$ мм: — звичайне деформування; --- вібраційне

Експериментально встановлено, що величина зміни інтенсивності деформування зразків при вібраційному деформуванні в 1,36...1,57 разів менше, ніж при звичайній роздачі. Найменше значення інтенсивності зусилля деформування має місце при куті ухилу пуансона $\beta = 9^\circ$, а найбільше – при $\beta = 10^\circ$.

Дослідженнями мікроструктури деформованих зразків встановлено, що при вібраційному деформуванні вона більш дрібнозерниста. Це створює умови, які сприяють підвищенню залишкової деформації в радіальному напрямку і, як результат, зміцненню оброблюваної поверхні.

По даним тензометричних датчиків визначені значення найбільш небезпечних тангенціальних напружень. Так, при звичайному деформуванні з припусками 0,1 мм; 0,2 мм; 0,3 мм і 0,4 мм вони становлять 38 МПа; 78 МПа; 139 МПа; 195 МПа, а при вібраційному – відповідно: 28 МПа; 57 МПа; 102 МПа; 144 МПа.

Випробування на зносостійкість зразків, виготовлених зі Сталі 40 і бронзи БрОЦС 5-5-5, проводили на машині тертя МІ-1М по схемі «ролик – колодочка». Діаграми зносу зазначеної пари тертя (рис. 9) свідчать про більш рівномірне протікання зносу зразків при відновленні їх вібраційним деформуванням.

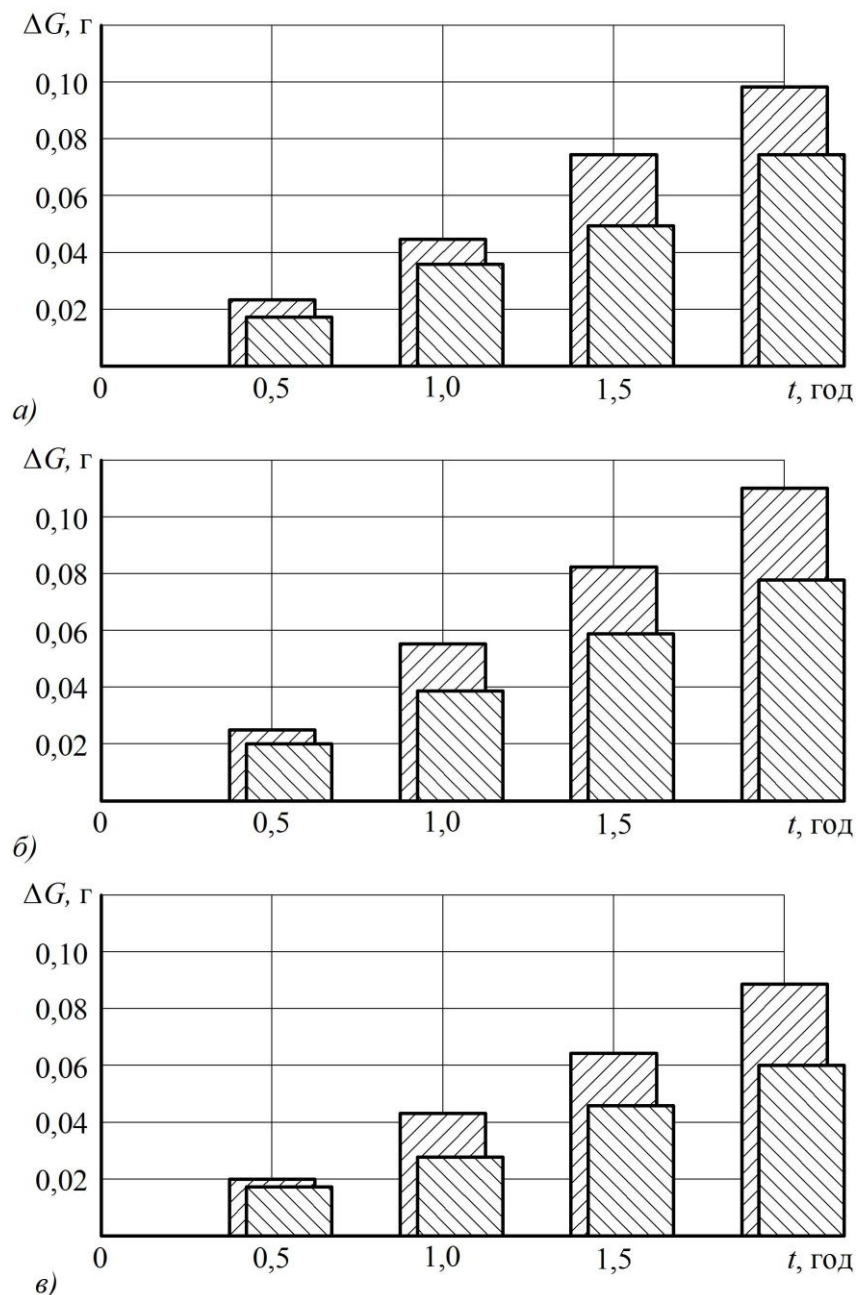


Рис. 9. Діаграми зносу колодочки –  і ролика – : а) нових зразків; б) при звичайному деформуванні; в) при вібраційному

Встановлено, що середній знос роликів склав: виготовлених з нових деталей – 0,0673 г; після звичайного деформування – 0,0772 г; після вібраційного – 0,0682 г. Середній знос колодочок склав відповідно 0,0904 г; 0,1106 і 0,0920 г. При вібраційному деформуванні знос колодочки в 1,2 і ролика в 1,13 разів менший, ніж при звичайній роздачі. Знос колодочки і ролика, виготовлених з нових деталей, практично не відрізняється від зносу при вібраційному деформуванні. Зниження величини зносу свідчить про підвищену зносостійкість деталей, відновлених методом вібраційного деформування в порівнянні з традиційно застосовуваним.

П'ятий розділ присвячений впровадженню розробленої комплексної технології відновлення опорних втулок розподільчих валів вібраційним методом. Для перевірки експлуатаційної стійкості відновлених вібраційним і звичайним деформуванням зазначених деталей їх встановлювали на двигуни тракторів Т-150К, що працюють у господарствах Полтавської і Дніпропетровської областей.

Середнє значення наробітку на відмову двигунів з відновленими звичайним деформуванням бронзовими втулками за період експлуатації в Полтавській області склало 2438 год., а в Дніпропетровській області – 2188 год. Значення середнього наробітку двигунів з відновленими втулками вібраційним методом склало відповідно 3292 год. і 2414 год.

Експлуатаційними випробуваннями встановлено, що швидкість зношування зовнішньої і внутрішньої поверхонь втулок, відновлених вібраційним деформуванням відповідно в 1,8...1,89 разів менше, ніж у втулок, відновлених звичайною обробкою.

Виконано оцінку надійності роботи двигунів тракторів, що працюють з бронзовими втулками розподільчих валів. При цьому оцінювали наступні показники: наробіток на відмову і коефіцієнт технічного використання $K_{ТВ}$ (табл. 2).

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів технічного використання

Варіанти бронзових втулок	Наробіток, год.	Коефіцієнт технічного використання
1. Відновлені вібраційним зміцненням	3292	0,982
	2414	0,940
2. Відновлені звичайною роздачею	2438	0,965
	2188	0,926

Коефіцієнт технічного використання двигунів з бронзовими втулками розподільчих валів, відновленими методом вібраційного зміцнення в 1,043 разів вище, ніж у двигунів з втулками, відновленими за традиційною технологією.

Проведені експлуатаційні дослідження дозволяють прогнозувати більшу надійність усього технологічного комплексу, а також планувати кількість технічних обслуговувань і ремонтів у певний період часу для забезпечення його безперебійної роботи.

Техніко-економічна ефективність відновлення бронзових опорних втулок розподільчих валів за розробленою технологією свідчить, що собівартість їх комплекту в 1,34 разів нижча в порівнянні з відновленими звичайною роздачею. Економічний ефект від впровадження розробленої технології складає 35,7 тис.грн. при обсязі впровадження 300 комплектів.

Розроблена технологія одержання більш зносостійких бронзових опорних втулок розподільчих валів за рахунок вібраційного зміцнення прийнята до впровадження АТ «Харківський дослідний ливарний завод» (м. Харків).

ВИСНОВКИ

В дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукового завдання, що виявляється у розробці технології відновлення та підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарських машин. Це дозволило підвищити надійність і довговічність бронзових втулок розподільчих валів, впровадити нову технологію в серійне виробництво АТ «Харківський дослідний ливарний завод» (м. Харків).

Головними підсумками виконаної роботи є наступні результати:

1. Проведеним аналізом літературних джерел і передового досвіду в галузі відновлення деталей встановлено, що надійність сільськогосподарської техніки в значній мірі визначається експлуатаційними властивостями деталей, виготовлених з кольорових металів і сплавів. Вирішення проблеми підвищення експлуатаційної надійності машин слід здійснювати за рахунок застосування ефективних технологічних процесів відновлення вказаних дорогих деталей. Одним із перспективних є метод вібраційного зміцнення. Виявлена технологічна можливість і економічна доцільність відновлення бронзових деталей типу втулок методом вібраційного деформування.

2. Наведено теоретичне обґрунтування впливу вібраційних коливань на характер пластичного деформування матеріалу бронзових втулок. Установлено, що значення залишкової деформації в 1,41 разів більше при вібраційному деформуванні в порівнянні зі звичайним. Теоретично визначені конструктивно-кінематичні параметри обробного інструменту і обробки: кут ухилу робочої поверхні пуансона 9° , амплітуда його коливань 1,0 мм і частота 1400 хв^{-1} .

3. Виявлено явище зрушення маси оброблюваного матеріалу на торець втулки по ходу руху пуансона, яке при звичайному деформуванні становить 0,72-0,77 г, а при вібраційному – 0,38-0,43 г. Найменше значення зрушеної маси має місце при куті ухилу пуансона 9° : при звичайному деформуванні 0,72 г і при вібраційному – 0,38 г, тобто в 1,89 разів менше.

4. У процесі деформування має місце ущільнення (зміцнення) бронзових втулок. Ступінь ущільнення при припуску $\Pi = 0,4 \text{ мм}$ в 1,53 разів більше при вібраційному деформуванні, ніж при звичайній роздачі. Шорсткість обробленої поверхні зразка залежить від висоти h_k калібруючої частини пуансона. Найменше значення параметру $R_a = 0,8-0,9 \text{ мкм}$ відповідає $h_k = 4-5 \text{ мм}$.

5. За результатами експериментальних досліджень з використанням тензометрування одержані аналітичні залежності з визначення зусиль деформування

при вібраційному і звичайному методах обробки, від припуску та кута ухилу пуансона. При вібраційному навантаженні зусилля деформування знижується в 1,46 разів в порівнянні зі звичайним. Одержані залежності з достатнім ступенем точності описують зусилля деформування зразків для різних припусків на обробку і конструктивних розмірів. Установлено, що залишкові тангенціальні напруження на зовнішній поверхні зразків при припусках на обробку $l = 0,1 \dots 0,4$ мм в умовах звичайного деформування складають 38 МПа; 78 МПа; 139 МПа; 195 МПа, а при вібраційному, відповідно – 28 МПа; 57 МПа; 102 МПа; 144 МПа.

6. На основі одержаних даних в умовах стендових і експлуатаційних випробувань розроблено розрахунково-експериментальний метод визначення надійності бронзових опорних втулок розподільчих валів за основними критеріями. Виконана оцінка надійності опорних втулок розподільчих валів, яку визначали за коефіцієнтом технічного використання. Найбільше значення $K_{TB} = 0,982$ мають двигуни з опорними втулками розподільчих валів, відновленими методом вібраційного зміцнення, що в 1,043 разів вище, ніж у двигунів з втулками, відновленими за традиційною технологією.

7. Експлуатаційні випробування підтвердили результати стендових досліджень. Середня величина максимального зносу зовнішньої поверхні бронзових втулок, відновлених вібраційним методом, складає 0,048-0,052 мм, а відновлених звичайною роздачею – 0,072-0,079 мм. При відновленні вібраційним деформуванням величина максимального зносу зовнішньої поверхні в 1,50-1,52 разів менше в порівнянні з відновленими звичайною роздачею. Значення середньої величини максимального зносу внутрішньої поверхні втулок, відновлених вібраційним методом, складає 0,031-0,032 мм, а оброблених звичайною роздачею – 0,048-0,049 мм, тобто в 1,50-1,58 разів менше.

8. На основі проведених досліджень, виконаних спільно з АТ «Харківський дослідний ливарний завод» (м. Харків), розроблена технологія по вібраційному зміцненню бронзових опорних втулок при їх виготовленні прийнята до використання. Проведена оцінка економічної ефективності виготовлення і відновлення опорних втулок розподільчих валів методом вібраційного деформування. Вартість одного комплексу опорних втулок по розробленій технології в 1,34 разів нижча в порівнянні зі звичайною роздачею. Економічний ефект від впровадження розробленої технології складає 35,7 тис. грн при річній програмі 300 комплектів.

СПИСОК ОСНОВНИХ ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Келемеш А.А. К вопросу определения усилий деформирования при обработке давлением / А.А. Дудников, А.В. Канивец, В.В. Дудник, А.А. Келемеш // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2011. – Вип. 110. – С. 25-29.

2. Келемеш А.А. Классификация вибрационных процессов / А.А. Келемеш // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2012. – Вип. 33. – С. 16-19.

3. Келемеш А.А. К вопросу восстановления втулок распределительных валов автотракторных двигателей / А.А. Келемеш // Збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого «Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільськогосподарства України». – Дослідницьке, 2012. – Вип. 16(30), кн. 2. – С. 453-459.

4. Келемеш А.А. Исследование эксплуатационной стойкости бронзовых втулок распределительных валов двигателей ЯМЗ-236/ЯМЗ-238 / А.А. Келемеш // Сборник научных трудов международной научно-технической конференции «Механика ударно-волновых процессов в технологических системах». – Ростов н/Д, 2012. – С. 186-190.

5. Келемеш А.А. Характер износа бронзовых втулок и способы их восстановления / А.А. Келемеш // Вібрації в техніці та технологіях. – 2012. – №3(67). – С. 77-79.

6. Келемеш А.А. К вопросу выбора формы обрабатываемого инструмента при восстановлении деталей поверхностным пластическим деформированием / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемеш // Збірник наукових праць «ПНТУ ім. Ю. Кондратюка». – Полтава, 2012. – Вип. 2(32), Т.1. – С. 58-65.

7. Келемеш А.А. К вопросу выбора режимов упрочняющей обработки / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемеш // Межвузовский сборник научных статей «Вопросы вибрационной технологии». – Ростов н/Д, 2012. – С. 45-51.

8. Келемеш А.А. Эксплуатационная стойкость и оценка надёжности работы бронзовых деталей сельскохозяйственных машин / А.А. Келемеш // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2013. – №1/7. – С.73-75.

9. Келемеш А.А. Обеспечение качества поверхностного слоя деталей при обработке поверхности пластическим деформированием / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемеш // Технологічний аудит та резерви виробництва. – Харків. 2012. – №1(3). – С. 22-25.

ДОДАТКОВІ ПУБЛІКАЦІЇ

10. Келемеш А.О. Теоретичні аспекти стану поверхневого шару при різних методах обробки / А.А. Дудніков, О.В. Канівець, В.В. Дудник, А.О. Келемеш // Матеріали V-ї міжнародної науково-практичної конференції: «Інженерно-технічне забезпечення інноваційних технологій сервісу машин». – Харків. ХНТУСГ, 2011. – С. 211-215.

11. Келемеш А.А. Пластические свойства материала деталей при обработке давлением / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.А. Келемеш, Г.И. Семчук // Матеріали XIII-ої міжнародної наукової конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій». – Дослідницьке. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2012. – С. 479-484.

12. Пат. 68751 Україна, МПК В23Р 6/00. Установка для восстановления та зміцнення сталейних деталей вібраційним методом / Дудніков І.А., Біловод О.І., Дудніков А.А., Келемеш А.О.; заявник та власник Полтавська державна аграрна академія. № u201111239; заявл. 22.09.11; опубл. 10.04.2012, Бюл. №7/2012.

13. Пат. 68752 Україна, МПК В23Р 6/00. Спосіб відновлення деталей типу тіл обертання / Дудніков І.А., Біловод О.І., Дудніков А.А., Келемеш А.О.; заявник та власник Полтавська державна аграрна академія. № u201111241; заявл. 22.09.11; опубл. 10.04.2012, Бюл. №7/2012.

14. Пат. 68753 Україна, МПК В23Р 6/00. Спосіб відновлення деталей типу тіл обертання вібраційним методом / Дудніков І.А., Біловод О.І., Дудніков А.А., Келемеш А.О.; заявник та власник Полтавська державна аграрна академія. № u201111242; заявл. 22.09.11; опубл. 10.04.2012, Бюл. №7/2012.

15. Kelemesh A.A. Effect of part cutting type on stress state of material / A.A. Dudnikov, A.I. Belovod, V.V. Dudnik, A.V. Kanivets, A.A. Kelemesh // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW: Agriculture (Agricultural and Forest Engineering). – Warsaw: Warsaw University of Life Sciences Press, 2011.–№58.–P.85-87

АНОТАЦІЇ

Келемеш А.О. Розробка технології відновлення та підвищення надійності бронзових деталей сільськогосподарських машин. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків, 2013.

Дисертація присвячена підвищенню надійності бронзових деталей сільськогосподарської техніки з використанням вібраційного методу зміцнення їх поверхонь, розробці технології відновлення.

У роботі наведено аналіз стану питання і обґрунтовано напрямки досліджень, проведено класифікацію зношування деталей сільськогосподарських машин. Проаналізовано методи підвищення зносостійкості бронзових втулок і способи їх відновлення. Теоретично обґрунтовані параметри вібраційного зміцнення та їх вплив на стан поверхневого шару оброблюваних деталей. Експериментально досліджені і встановлені оптимальні параметри розробленого технологічного процесу відновлення і зміцнення бронзових опорних втулок розподільчих валів.

Розроблено і впроваджено у виробництво технологічний процес відновлення бронзових опорних втулок розподільчих валів з їх зміцненням вібраційним деформуванням. Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої технології складає 35,7 тис. грн при річній програмі 300 комплектів.

Ключові слова: бронзові опорні втулки, вібраційний метод відновлення, параметри обробки, зношування, надійність.

Келемеш А.А. Разработка технологии восстановления и повышения надёжности бронзовых деталей сельскохозяйственных машин. – Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенка. Харьков, 2013.

Диссертация посвящена повышению надёжности бронзовых деталей сельскохозяйственной техники с использованием вибрационного метода упрочнения их поверхности, разработке технологии восстановления.

В работе дан анализ состояния вопроса и обосновано направление исследований, проведено классификацию изнашивания деталей сельскохозяйственных машин. Проанализированы методы повышения износостойкости бронзовых втулок и способы их восстановления.

Установлено влияние вибрационной упрочняющей обработки на характер упрочнения и деформированное состояние восстанавливаемых деталей. Изучено влияние параметров обработки и рабочего инструмента при обычном и вибрационном деформировании.

Исследовано действие вибрационных колебаний на структуру материала бронзовых опорных втулок, а также определены особенности процесса пластической деформации поверхностного слоя при вибрационном деформировании.

Определено влияние вибрационной упрочняющей обработки на износостойкость, напряжённое состояние и прочностные характеристики материала деталей.

Теоретически обоснованы параметры вибрационного упрочнения и их влияние на состояние поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

Экспериментально исследованы и определены оптимальные параметры технологического процесса восстановления и упрочнения бронзовых опорных втулок распределительных валов: амплитуда колебаний обрабатывающего инструмента $A=1,0$ мм, угол уклона пуансона $\beta=9^\circ$, частота колебаний – 1400 мин^{-1} . Изучено влияние скорости обработки и смазки на процесс пластического деформирования.

Исследованы величина и характер деформации по внутреннему и наружному диаметру втулок.

Исследованы механические свойства восстановленных методом вибрационного деформирования поверхностей.

Установлены закономерности деформирования деталей. В условиях вибрационного нагружения степень деформации по длине образцов при вибрационном деформировании на 45,6% меньше, а по наружному диаметру в 1,26 раза выше по сравнению с обычной раздачей.

Проведены эксплуатационные испытания восстановленных различными методами бронзовых опорных втулок распределительных валов.

Оценка надёжности работы двигателей проведена по показателям наработки на отказ и коэффициенту технического использования.

Разработан и внедрён в производство технологический процесс восстановления бронзовых опорных втулок распределительных валов с их упрочнением вибрационным деформированием.

Проведена оценка надёжности работы бронзовых деталей сельскохозяйственных машин и экономической эффективности восстановления указанных деталей вибрационным методом. Стоимость одного комплекта

бронзовых втулок, восстановленного методом вибрационного упрочнения, в 1,34 раза ниже по сравнению с восстановлением обычной раздачей.

Ключевые слова: бронзовые опорные втулки, вибрационный метод восстановления, параметры обработки, изнашивание, надёжность.

Kelemesh A.O. Development of technology for recovery and improve the reliability of bronze parts of agricultural machines. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.05.11 – Machinery and Mechanization of Agricultural Production. - Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Kharkov, 2013.

The thesis is dedicated to improving the reliability of bronze parts for agricultural machinery using vibration method surface hardening their parts, determination of the parameters and implementation of the technology developed for their recovery.

The paper includes the analysis of the issues and reasonably chosen line of research, reviewed the classification of wear parts agricultural machinery. The methods of improving the durability of bronze bushings and how their recovery.

Experimentally investigated and the optimal process parameters of restoration and strengthening of bronze bearing bushes camshafts: amplitude processing tool $A=1,0$ mm, slope angle punch $\beta=9^\circ$, punch vibration frequency 1400 min^{-1} . The influence of processing speed and lubrication to the process of plastic deformation. Developed and implemented in the production process recovery bronze bearing bushes camshafts with their strengthening vibration deformation.

The expected economic effect from the introduction of the technology developed will be 35700 hryvna at an annual program of 300 sets.

Keywords: bronze bearing bushing, vibration recovery method, processing parameters, wear and reliability.

Здано в набір 30.03.2013. Підписано до друку 1.04.2013.
Формат 60х90/16. Ум. друк арк.0,9.
Папір офсетний. Друк. Різографічний.
Тираж 100 примірників
ОП «ШвидкоДРУК», тел. 8 (0532) 50-00-54

