



УДК 621.787

RESTORATION OF WORN PARTS OF AGRICULTURAL EQUIPMENT BY PLASTIC DEFORMATION**ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ****Ivankova O.V. / Іванкова О. В.***s. t. s. as. prof / к. т. н., доц.*

ORCID ID (0000-0003-1825-0262)

ResearcherID (Q-6470-2016)

Bartosh V. Yu. / Бартош В. Ю.*Automotor company, 12, Komarova str., Poltava, 36008, Ukraine**Автомоторна компанія, м. Полтава, вул. Комарова, 12, 36008***Obshchyy YA. O. / Общій Я. О.***Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36000, Ukraine**Полтавський державний аграрний університет, Полтава, в. Сковороди 1/3, 36003***Kisil Yu.Yu. / Кисіль Ю.Ю.***Poltava State Agrarian University, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36000, Ukraine**Полтавський державний аграрний університет, Полтава, в. Сковороди 1/3, 36003*

Анотація. Підвищення надійності сільськогосподарської техніки зараз є надзвичайно важливою задачею.

Сучасний розвиток ремонтного виробництва, як галузі технічного сервісу вимагає впровадження процесів ремонту деталей для підвищення надійності та довговічності сільськогосподарської техніки. У статті приведено огляд сучасних способів зміцнення зношених поверхонь деталей. Дослідження по з'ясуванню ролі поверхневого шару деталей при відновленні їх геометричних параметрів виявляються актуальними. Проведені дослідження по визначенню ступеню зміцнення поверхневого шару відновлених деталей і рівня його твердості та структури поверхневої зони після обробки.

Результати свідчать про, що вібраційне пластичне деформування забезпечує значний ступінь зміцнення та високі механічні властивості поверхневих шарів деталей. А це, в свою чергу, сприятиме підвищенню довговічності машин. Отже, технологічні можливості пластичного вібраційного деформування доволі широкі, і потребують проведення додаткових досліджень.

Ключові слова: відновлення, вібрації, пластична деформація, ступінь поверхневого зміцнення, поверхневий шар, довговічність.

Підвищення надійності сільськогосподарської техніки зараз є надзвичайно важливою задачею.

Тривалість експлуатації сільськогосподарської техніки до капітального ремонту у значній мірі залежить від зносостійкості її деталей та вузлів. Через низьку довговічність деталей постійно існує необхідність у ремонтах, що веде до високих витрат запасних частин та підвищує вартість робіт по технічному сервісу. Під час експлуатації сільськогосподарських машин та механізмів спрацьовуються їх деталі. Поверхня таких деталей зазнає різноманітних впливів: механічної дії, теплових впливів, дій зовнішнього середовища, яке нерідко є агресивним. Під дією цих факторів змінюється мікроструктура поверхні деталей, з'являються внутрішні напруження, що може призвести до утворення мікротріщин на поверхні, поверхня знеміцнюється, можуть додаватися прояви корозії. Від впливу сукупності усіх цих факторів



починається руйнування поверхні деталі [1, 2]. Наше завдання полягає у зниженні, або усуненні дії перелічених факторів. Це дасть нам можливість підвищити зносостійкість, корозійну та втомну міцність деталей. І, як результат, можливість підвищити довговічність сільськогосподарської техніки.

Мета досліджень. Метою наших досліджень є підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки за рахунок застосування при їх відновленні пластичного деформування як зміцнюючої технології.

У літературних джерелах є дані про вивчення параметрів процесів відновлення із застосуванням пластичного деформування. Вивченням питань створення певних механічних властивостей відновлених деталей займалися такі науковці: Єрмолов Л.С., Анілович В.Я., Скобло Т.С., Науменко О.А., Молодик М.В. та інші. Їх дослідження дозволили сформулювати технологічні основи обробки деталей для одержання заданих властивостей їх поверхонь.

Також у літературі є ряд досліджень по обґрунтуванню вимог до поверхневого, зміцненого шару деталей [2,3,7]. У них доводиться необхідність досягнення такого рівня залишкових напружень по глибині та твердості поверхневого шару металу, які б максимально відповідали експлуатаційним вимогам.

Результати досліджень. Для досягнення мети потрібно вирішити наступні **задачі**: вибрати основні параметри процесу пластичного деформування відновлюваних деталей; вивчити вплив конструктивних і технологічних параметрів інструментів на показники якості поверхні.

Сучасне виробництво має широкі можливості по керуванню рівнем довговічності деталей машин на усіх стадія їх життєвого циклу: проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту. Одним із результативних є зміцнення поверхні методами зміни структури поверхневого та приповерхневого шарів. Це, насамперед: механічна, фізико-термічна, електрофізична обробки, а також наплавка чи напилення легованим металом [5].

Зміцнення поверхні деталей машин є одним із шляхів підвищення довговічності сільськогосподарської техніки, що сприяють отриманню заданих властивостей поверхонь. Застосування методів зміцнення поверхонь деталей дає можливість оптимізувати параметри поверхневих шарів, а саме: мікротвердість, шорсткість [2,7] та залишкові напруження.

Найбільш ефективним способом зміцнення поверхневих шарів деталей є спосіб поверхневого пластичного деформування (ППД). Використання цього способу дозволяє отримати поверхневий зміцнений шар із підвищеними показниками якості.

У літературних джерелах, переважно, описуються технології зміцнення певних деталей при їх виготовленні. Про використання пластичного деформування з вібрацією в ремонтному виробництві даних недостатньо, що вимагає самостійних досліджень [7].

На наш погляд, одним з найефективніших способів збільшення довговічності деталей машин є пластичне деформування. Застосування пластичного деформування дозволяє отримати зміцнення поверхневого шару деталі з підвищеними показниками якості.



Але, прикладів використання пластичного деформування у процесі відновлення зношених деталей машин недостатньо. Тому, робимо висновок про необхідність проведення ґрунтовних додаткових досліджень пластичного деформування як метода відновлення деталей.

Протягом досить тривалого часу на кафедрі агроінженерії та автомобільного транспорту Полтавського державного аграрного університету ведуться роботи по вивченню пластичного деформування при відновленні зношених деталей сільськогосподарської техніки з метою підвищення післяремонтного ресурсу машин. Співробітниками кафедри виконуються дослідження впливу вібрації на процес пластичного деформування деталей.

Зараз вивчення впливу параметрів обробки на якість відновлення проводяться спочатку на зразках, а після – деталях, а саме, на деталях двигунів та інших агрегатів.

Деформування здійснюється на експериментальній установці для вібраційного деформування деталей. [6]. Коротка схема процесу дії експериментальної установки: у матрицю експериментальної установки встановлюється деталь (або експериментальний зразок) та закріплюється кришкою матриці. Гідросистема установки, яка складається з гідроциліндрів, опускає плиту із закріпленням на ній вібратором. Робочий інструмент – пуансон, встановлений у патроні, опускається разом із плитою та прошиває втулку. Манометр фіксує зусилля [3,7]. Деформування здійснювалося пуансонами (рисунок 1) з інструментальної сталі У8 (з термообробкою) твердістю робочої поверхні 62...65 HRC [6, 7]. Кути нахилу твірної конуса пуансона β складали: 10° , 11° , 12° . Мастилом було М-10Г2 з додаванням 1% ПАФ – 4.

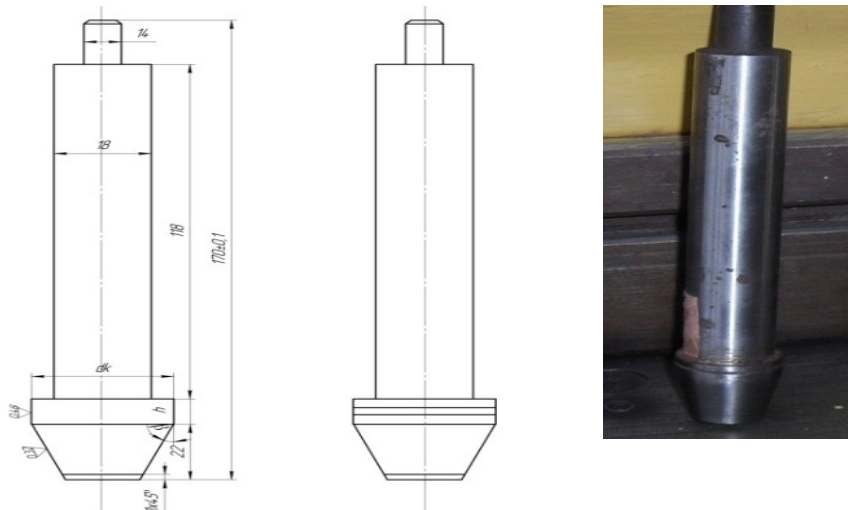


Рисунок 1 - Пуансони для проведення деформування

Авторська розробка

При формуванні рельєфу поверхні оброблюваної деталі вібраційне напруження має інтенсифікуючий вплив.

По результатах виконаних експериментів була виконана математична обробка отриманих параметрів технологічного процесу та отримані емпіричні залежності зусилля деформації від припуску обробки (II), кута нахилу твірної



пуансона ($tg\beta$), коефіцієнта деформації по зовнішньому діаметру деталі (K_L) для процесів деформування без вібрації та з вібрацією відповідно (таблиця 1).

Таблиця 1 - Емпіричні залежності зусилля деформування деталей

Деталь	Зусилля деформування	
	без вібрації	з вібрацією
Поршневі пальці СМД-60(62)	$P = K_L [1882(0.4 + tg\beta)l + 52.2]$	$P = K_L [404(0.4 + tg\beta)l + 46.6]$
Поршневі пальці ЗМЗ-405 (406)	$P = K_L [91(0.4 + tg\beta)l + 54,9]$	$P = K_L [124(0.4 + tg\beta)l + 21,2]$
Поршневі пальці КамАЗ	$P = K_L [1078(0.4 + tg\beta)l + 68,2]$	$P = K_L [417(0.4 + tg\beta)l + 108,5]$
Втулки ролика картоплекопачів КТН-2В	$P = K_L [18,94(0,4 + tg\beta)l + 4,002]$	$P = K_L [70,83(0,4 + tg\beta)l + 3,41]$
Втулки рідинних насосів	$P = K_L [(0,7 + tg\beta)l + 52,2]$	$P = K_L [(0,4 + tg\beta)l + 42]$
Втулки натяжних пристроїв гноєрозкидачів ПТР-10	$P = K_L [8,4(1,1 + tg\beta)l + 12,26]$	$P = K_L [45,74(1,1 + tg\beta)l + 7,99]$

Авторська розробка

Одним із значимих показників ефективності дії вібрацій при деформуванні можемо назвати ступінь зміцнення матеріалу. Отже, необхідно досліджувати цей показник.

Ступінь зміцнення матеріалу деталі при обробці можна охарактеризувати зміною величини твердості (HV), або мікротвердості (H_μ) у залежності від глибини (h).

Зміна мікротвердості ΔH_μ [7] визначається за формулою:

$$\Delta H_\mu = \frac{H_\mu - H_{\mu n}}{H_{\mu n}}, \quad (1)$$

де H_μ – мікротвердість поверхні деталі після обробки;

$H_{\mu n}$ – початкова мікротвердість поверхні (до обробки).

На характер зміни мікротвердості поверхневого шару після обробкою поверхні пластичним деформуванням першочерговий вплив мають властивості матеріалу деталі та параметри режиму обробки.

Характер зміни твердості деформованого шару після поверхневого пластичного деформування насамперед залежить від властивостей матеріалу деталі та режимів обробки.

У таблиці 2 наводимо деякі результати розрахунків значень ступеню зміцнення.

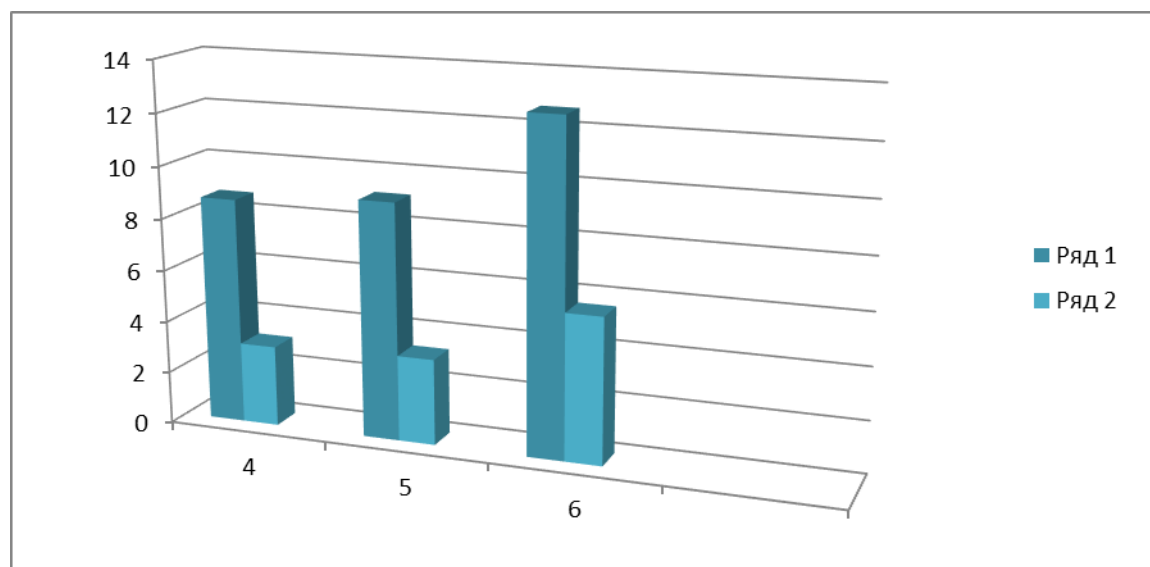
По даних наших досліджень, також висвітлених і у попередніх публікаціях [3, 7], ступінь зміцнення поверхневого шару дослідних зразків (ст. 3), яку дає вібраційне деформування з припуском на обробку 0,6мм у 1,9 рази перевищує аналогічні показники при деформуванні без вібрації. А ступінь зміцнення бронзових зразків-втулок у 1,5 рази вище у порівнянні із втулками, деформованими без вібрації при аналогічних режимах.



Таблиця 2 - Розрахункові значення ступеню зміцнення експериментальних зразків

Матеріал	Припуск на обробку, мм	Ступінь зміцнення	
		Без вібрації	З вібрацією
Сталь 45	0,2	0,012	0,017
	0,4	0,022	0,028
	0,6	0,028	0,034
Бронза Бр ОЦС555	0,2	0,021	0,035
	0,4	0,037	0,048
	0,6	0,041	0,063

Джерело: [7]



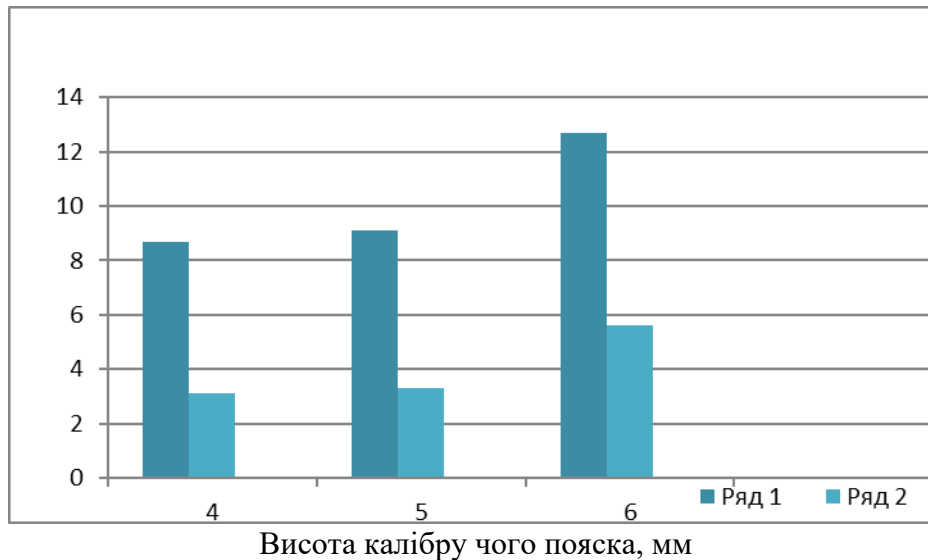
Ряд 1 - деформація без вібрації; ряд 2 - деформація з вібрацією

Рисунок 1 - Діаграма зміни ступеню зміцнення експериментальних зразків

Авторська розробка

Дослідженнями було встановлено, що при аналогічних параметрах режимів деформування дослідних деталей, глибина деформованого шару після деформування без вібраційного навантаження склала 550 мкм, а з вібраційним навантаженням – 820 мкм. А це 1.5 рази вище.

Нами також досліджувався вплив деформації на чистоту обробки поверхні деталей. Виявлено, що на шорсткість обробленої поверхні має вплив зусилля та швидкість деформування, кута твірної конуса пуансона та припуску на обробку. На рисунку 2 показана залежність шорсткості обробленої поверхні від параметрів пуансона.



Ряд 1 - деформація без вібрації; ряд 2 - деформація з вібрацією

Рисунок 2 - Залежність шорсткості поверхні залежно параметрів пуансону

Авторська розробка

Висновки.

Були розглянуті:

- методи зміцнення поверхонь деталей при їх відновленні;
- основні параметри процесу пластичного деформування деталей;
- вплив конструктивних і технологічних параметрів інструментів на показники якості поверхні

Були отримані:

- ✓ висновок про ефективність зміцнення поверхневих шарів деталей вібраційного деформування;
- ✓ емпіричні залежності зусилля деформації від припуску обробки, кута нахилу твірної пуансона, коефіцієнта деформації по зовнішньому діаметру деталі;
- ✓ виявлені технологічні параметри, що мають вплив на формування характеристик обробленої поверхні і визначають її якість: ступінь зміцнення поверхневого шару матеріалу, чистоту обробки поверхні.

Отже, поверхнєве пластичне деформування деталей при відновленні деталей машин, дозволить підвищити характеристики міцності поверхневого шару, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню надійності машин в експлуатації.

Література:

1. Надійність машин в завданнях та прикладах [Анілович В. Я., Грінченко О.С., Литвиненко В. Л.] та ін.; за ред. В. Я. Аніловича - Харків: Око, 2001. - 320с.

2. Substantiation of parameters for the technological process of restoring machine parts by the method of plastic deformation / A. A. Dudnikov, V. V. Dudnik, O. V. Ivankova, O. A. Burlaka. // Eastern-European journal of enterprisetchnologies. – 2019. – С. 75–80. DOI:<https://doi.org/10.15587/1729->



4061.2019.156779.

3. Effect of vibration treatment on increasing the durability of tillage equipment working bodies / Anatolii Dudnikov, Olena Ivankova, Oleksandr Gorbenko, Anton Kelemesh // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2/1 (110) 2021 – С. 104-108. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228606

4. Дослідження застосування технології поверхневого деформування при відновленні зношених деталей сільськогосподарської техніки / О. В. Іванкова, І. А. Велит, В. Ю. Бартош, Я. О. Обчий. // Журнал Modern scientific researches. Випуск 15, том 1. – 2021 - С. 29-33. DOI: 10.30889/2523-4692.2021-15-01-043

5. Дослідження методів відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки. / О. В. Іванкова, О. В. Гаращук, В. І. Куценко, В. В. Щербина, Д. В. Чижевський, Я. В. Бабич, М. О. Тіхонов. // Вісник ПДАА. 2020. № 4. С. 283–292. doi: 10.31210/visnyk 2020.04.36

6. Іванкова О. В. Патент на корисну модель № 59687. «Спосіб відновлення та зміцнення сталених втулок». 25.05.2011. Бюл. 310. МПК 2011.01 С21Д 1/06 (2006.01) В23Р6/00.

7. Дудніков А. А., Дудник В. В., Біловод О. І., Іванкова О. В., Лапенко Т. Г. Зміцнення матеріалу деталей пластичним деформуванням. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки». Луцьк. - 2019. Випуск 66. - С. 95-97

8. Іванкова О. В., Бартош В. Ю. Дослідження впливу зміцнюючих технологій відновлення деталей на ресурс машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків. РВВ ХНТУСГ - 2019 - Вип. 199. С. 54–61.

Abstract. Increasing the reliability of agricultural machinery is now an extremely important task. Modern development of repair production as a field of technical service requires the implementation of part repair processes to improve reliability and durability of agricultural machinery. The article provides an overview of modern methods of strengthening worn surfaces of parts. Research on clarifying the role of the surface layer of parts in the restoration of their geometric parameters is relevant. Studies were conducted to determine the degree of strengthening of the surface layer of restored parts and the level of its hardness and the structure of the surface zone after processing.

The results show that vibrational plastic deformation provides a significant degree of strengthening and high mechanical properties of the surface layers of parts. And this, in turn, will contribute to increasing the durability of machines. Therefore, the technological possibilities of plastic vibration deformation are quite wide and require additional research.

Key words: recovery, vibrations, plastic deformation, degree of surface hardening, surface layer, durability.

Стаття відправлена: 20.02.2023 р.

© Іванкова О. В.