

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ВІБРАЦІЙНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ НА ПІСЛЯРЕМОНТНИЙ РЕСУРС МАШИН

Іванкова Олена Володимирівна

Полтавська державна аграрна академія

Розглядається питання доцільності застосування вібраційного деформування при відновленні сталевих і бронзових втулок та інших зношених деталей машин з метою підвищення їх зносостійкості.

Щоб отримати повне відновлення агрегату потрібно замінювати зношені деталі новими, що мають значно більший ресурс або забезпечувати цей ресурс при їх відновленні, використовуючи зміцнюючі технології. Розробка і впровадження технологій відновлення деталей, які забезпечують економічність технологічного процесу, сприяють підвищенню післяремонтного ресурсу машин є важливим і актуальним. Методи відновлення зношених деталей машин направлені на досягнення максимального післяремонтного ресурсу роботи машини. Надзвичайно важливою умовою в наш час є зниження затрат на відновлення деталей.

Проведений нами аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок, що значна кількість зношених деталей типу втулок можуть бути відновлені обробкою тиском. Приводиться аналіз зносів та дефектів поришневих пальців, який показує, що близько 72% їх можуть бути відновлені

Дослідження проводилися з використанням інформаційного матеріалу з вирішуючої проблеми у літературних джерелах і електронних ресурсах.

Приведені результати досліджень, а саме: виявлена залежність між величиною зносу і припуском на обробку; виявлені закономірності зміни зусилля обробки, на основі чого отримані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску на обробку, кута нахилу твірної конуса пуансона і довжини деталі; розроблений технологічний процес відновлення зношених деталей; визначений прогнозований коефіцієнт підвищення післяремонтного ресурсу. Результати досліджень доводять, що відновлені вібраційним деформуванням деталі мають вищу зносостійкість і сприяють підвищенню післяремонтного ресурсу машин. Отже, вібраційне деформування має позитивний вплив на зносостійкість відновлених деталей.

Ключові слова: ресурс, зносостійкість, пластична деформація, деталь, втулка, поришневий палець, вібрації, установка, знос, припуск на обробку, зусилля деформування, пуансон, коефіцієнт підвищення ресурсу.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Різноманітні методи відновлення зношених деталей, що використовуються на підприємствах технічного сервісу, основним завданням мають досягнення максимального

післяремонтного ресурсу машин. Надзвичайно важливим є забезпечення зниження затрат і підвищення надійності і довговічності відновлених деталей.

Деградаційні процеси, що пошкоджують деталі, впливають на їх роботоздатність, це погіршує умови роботи машини, хоча вона залишається ще цілком роботоздатною. Тому, щоб отримати повне відновлення машини потрібно замінювати зношені деталі новими, що мають значно більший ресурс або забезпечувати цей ресурс при їх відновленні, використовуючи зміцнюючі технології [1].

Розробка і впровадження технологій відновлення деталей, які забезпечують підвищення післяремонтного ресурсу машин сприяють економічності процесу, є важливим і актуальним.

Методична основа досліджень це - системний підхід, що передбачає формулювання проблеми, постановку завдань, вибір шляхів вирішення проблеми, проведення експерименту, аналіз результатів і математичну обробку; апробацію і впровадження запропонованих рішень. Дослідження проводилися з використанням інформаційного матеріалу з вирішуємої проблеми у літературних джерелах і електронних ресурсах [1,2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням питань надійності і розробкою технологічних процесів відновлення зношених деталей машин, які забезпечували б підвищення післяремонтного ресурсу машин займалися багато вчених. У своїх роботах, присвячених розробці технологічних процесів відновлення, зокрема пластичним деформуванням, вони дають різні рекомендації по визначенню параметрів обробки [1, 3, 4].

Вивчення інформаційних джерел дозволило зробити висновок, що значна кількість зношених деталей типу втулок, які використовуються в техніці, можуть бути відновлені обробкою тиском без попереднього нагрівання з використанням механічних коливань інструменту або відновлюваної деталі [3,4]. У технічній літературі є цілий ряд робіт, присвячених дослідженням по підвищенню експлуатаційного ресурсу деталей машин.

Застосування вібрацій в технологічних процесах має науковий і практичний інтерес. Вони використовуються для підвищення точності відновлення, збільшення продуктивності обробки і зміцнення деталей. Дослідження з метою розширення технологічних можливостей і промислового використання вібрацій є однією з актуальних прикладних задач, так як процес відновлення і зміцнення зношених деталей машин вібраційною деформацією ще залишається недостатньо вивченим [4,5]. Зокрема, відсутні рекомендації по визначенню оптимальних геометричних параметрів інструментів для вібрودهформування деталей різної форми, не досліджена поведінка різних матеріалів при вібраційній деформації деталей.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень є вибір методу і обґрунтування режимів технологічного процесу відновлення деталей, який мав би найвищий коефіцієнт підвищення післяремонтного ресурсу.

Для реалізації поставленої мети необхідно:

- розробити технологічний процес відновлення деталей вібраційним способом;
- вивчити вплив параметрів обробки і робочого інструменту при звичайній і вібраційній деформації;
- визначити і порівняти значення коефіцієнту підвищення післяремонтного ресурсу відновлених деталей;
- провести оцінку зносостійкості і економічної ефективності відновлення деталей вібраційною деформацією при експлуатації.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження впливу на післяремонтний ресурс відновлення зношених деталей типу втулок, зокрема поршневих пальців двигунів внутрішнього згорання, бронзових втулок рідинних насосів, втулок сільськогосподарських машин методом пластичного деформування. Використані такі методи досліджень як вивчення структури і механічних властивостей деталей, відновлених різними методами, статистична обробка інформації.

Результати досліджень. Післяремонтний ресурс залежить: від способу відновлення деталей, вибракуваних при дефектації, від кількості деталей придатних до подальшої експлуатації. Розподіл післяремонтного ресурсу представляє собою поєднання розподілів ресурсу придатних деталей і ресурсу відновлених деталей. Рівень рентабельності ремонтного процесу при відновленні деталей В.Я. Анілович [1] розглядає як функцію коефіцієнта підвищення ресурсу.

Коефіцієнт підвищення ресурсу можна використовувати при виборі технології відновлення деталі. Коефіцієнт підвищення ресурсу приймає значення 1,89 після гартування СВЧ, відпускання; цементация поверхневого шару на 1,5...2,0 мм. [2]. Застосування поверхневого пластичного деформування, зокрема, вібронакатування, дає змогу збільшити коефіцієнт підвищення ресурсу на 20...40%.

В.Я. Аніловичем [2] сформульовані фактори, наявність яких робить доцільним підвищення ресурсу деталей при відновленні:

- 1) фактичний ресурс нових деталей або запасних частин низький порівняно з нормативним для машин;
- 2) на ремонтному підприємстві існує технічна можливість реалізації технології зміцнення при відновленні зношених деталей.

Пластичне деформування як метод відновлення зношених деталей з метою підвищення їх післяремонтного ресурсу досліджується на кафедрі технологій та засобів механізації аграрного виробництва ПДАА протягом

досить тривалого терміну. Результати досліджень є позитивними і такими, що дають можливість зробити висновки про доцільність впровадження у виробництво, а також намічають подальші шляхи дослідження.

Методика оцінки показників довговічності деталей по даних ремонтного підприємства [2] передбачає, що ресурс агрегату визначається величиною основного структурного параметру, який контролюється при дефекації. Вихідними статистичними даними для оцінки довговічності деталей при ремонті є результати вибіркового вимірювання зміни розмірів при дефекації.

У нашому випадку контролюється розмір або зазор в sprzęженні. Процес його зміни є монотонним і відноситься до деградаційних процесів зношування. Під час дефекації (виходячи із статистичних даних) деталі, які не задовольняють умову $\Delta \leq D_0$ вважаються тими, що відказали. Вони замінюються новими або відновленими.

Для визначення зносу проводилися вимірювання зовнішнього діаметру в перерізах п'яти поясів і чотирьох площинах. Статистична обробка даних для кожного поясу виконувалась окремо.

Аналіз зносів і дефектів поршневих пальців показує, що максимальний знос пальці одержують у зоні контакту їх з бобишками поршня, і в з'єднанні поршневої палець – втулка верхньої головки шатуна. Близько 8 % пальців придатні без ремонту і 72 % можуть бути відновлені [5].

Дослідження процесу відновлення деталей методом вібраційної роздачі проводилися в кілька етапів. Перший етап – випробуванням піддавалися зразки – втулки, виготовлені зі сталі та бронзи. Одна група зразків термообробки не піддавалася, інша була загартована в мастилі з наступним відпусканням.

Деформування проводилося пуансонами зі сталі У8, з наступною термообробкою. Твердість інструменту - 58...62HRC. Деформування здійснювали на експериментальній установці [4]. Втулка (деталь) встановлюється в матрицю і закріплюється кришкою. Гідросистема опускає встановлений у патроні пуансон, який прошиває втулку. Зусилля роздачі фіксується за допомогою манометра. Зразки-втулки роздавалися вібруючим пуансоном з кутом $\alpha=11^\circ \dots 13^\circ$ і амплітудою коливань $A=3 \dots 5$ мм.

Величина деформації визначалась величиною припуску на обробку для компенсації зносу. На підставі одержаних експериментальних даних після математичної обробки одержана емпірична залежність, що зв'язує величину деформації ΔD і величину припуску Π на обробку:

$$\Pi = 0.716 \Delta D^{1.39} \text{ - для пальців двигунів Д-240;}$$

$$\Pi = 0.0432 \cdot \Delta D^{1.72} \text{ - для пальців двигунів СМД60(62);}$$

$$\Pi = 0.053 \cdot \Delta D^{0.19} \text{ - для пальців двигунів ЗМЗ-405 (406);}$$

$$P = 0.568 \cdot \Delta D^{1.648} - \text{для пальців двигунів КамАЗ};$$

$$P = 1.025124 \cdot \Delta D^{-0.03524} - \text{для бронзових втулок насосів СВН-80А}.$$

Результатом математичної обробки експериментальних значень параметрів отримані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску (P), кута нахилу твірної пуансона ($tg \beta$), коефіцієнта деформації втулки по зовнішньому діаметру (K_L) для відновлення без вібрації та з вібрацією відповідно, представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Емпіричні залежності зусилля деформування деталей

Двигун	Зусилля деформування при відновленні поршневих пальців	
	При деформуванні без вібрації	При деформуванні з вібрацією
СМД-60(62)	$P = K_L [1882(0.4 + tg \beta) P + 52.2]$	$P = K_L [404(0.4 + tg \beta) P + 46.6]$
КамАЗ	$P = K_L [1078(0.4 + tg \beta) P + 68.2]$	$P = K_L [417(0.4 + tg \beta) P + 108.5]$
ЗМЗ-405 (406)	$P = K_L [91(0.4 + tg \beta) P + 54.9]$	$P = K_L [124(0.4 + tg \beta) P + 21.2]$
бронзові втулки рідинних насосів	$P = K_L [(0.7 + tg \beta) P + 52.2]$	$P = K_L [(0.4 + tg \beta) P + 42]$

Дані залежності з достатнім ступенем точності можуть бути використані для визначення зусилля при деформуванні зразків, виготовлених з низько – і середньо вуглецевих легованих сталей шляхом введення коефіцієнтів, пропорційних відношенням модулів пружності.

Результати проведених експериментів показали, що величина зносу зразків, відновлених вібраційним методом в 1,31...1,47 рази менша, ніж деталей, відновлених без вібрації. Тобто, пластичне вібродеформування має зміцнюючий вплив на поверхню деталей [5,6].

Після відновлення партії деталей формувалась певна група деталей, що складалась із тих, що були замінені замість тих, які відказали.

Післяремонтний ресурс залежить від способу відновлення деталей, вибракуваних при дефекації та від кількості деталей, придатних до подальшої експлуатації.

Вимірюючи величину зносу у вибірці деталей об'ємом n при дефекації, було виділено групу деталей n_o , які є придатними до подальшого використання [2]. Виражені реалізації величини зносу степеневими функціями, які з достатнім ступенем точності можуть бути використані для визначення величини припуску при деформуванні зразків, виготовлених з низько – і середньо вуглецевих, легованих сталей та бронзи.

$$\Delta_i = a_i \cdot t_g^\alpha, \quad (1)$$

де a_i – випадковий коефіцієнт, який визначається для групи деталей за формулою:

$$a_i = \frac{\Delta_i}{t_g^\alpha} \quad (2)$$

де t_g – середній наробіток деталей на момент дефектації (середній доремонтний ресурс).

Значення ресурсу деталей визначалось з виразу:

$$t_i = \left(\frac{\Delta_n}{a_i}\right)^{\frac{1}{\alpha}} = t_g \left(\frac{\Delta_n}{\Delta_i}\right)^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (3)$$

де Δ_n – граничне значення величини зносу.

Підраховані значення приведені в [4].

Далі були визначені відповідні середні значення ресурсів[2]:

Якщо частка придатних деталей $\gamma = \frac{n_0}{n}$, то середній післяремонтний ресурс виражається:

$$T_{np} = (1 - \gamma_0) \cdot \bar{t} + (\bar{t}_0 - t_g) \gamma_0 \quad (4)$$

Якщо ж, як у нас використовуються не нові, а відновлені деталі, то середній післяремонтний ресурс був представлений виразом:

$$T_{np} = (1 - \gamma_0) \beta_p \cdot \bar{t} + (\bar{t}_0 - t_g) \gamma_0, \quad (5)$$

де β_p – коефіцієнт відновлення (підвищення) ресурсу деталей, вибракуваних при дефектації.

Для нашої вибірки деталей було розраховано середнє значення ресурсу:

- для деталей придатних $\bar{t}_0 = 4380$ год.;

- для всіх деталей $\bar{t} = 4260$ год.

Частка придатних деталей після дефектації – 0,75.

Був визначений середній післяремонтний ресурс як функцію коефіцієнта β_p :

$$T_{np}(\beta_p) = (1 - 0,75) 4260 \beta_p + (4380 - 3000) 0,65 = 1065 \beta_p + 1035 \quad (6)$$

Використання зміцнюючих технологій, приводить до збільшення середнього післяремонтного ресурсу $T_{np}(\beta_p)$, разом з тим збільшує і витрати ремонтного підприємства.

Користуючись методикою, розробленою В. Я. Аніловичем [2], було визначено оптимальну величину β_p .

За результатами розрахунків був зроблений висновок, що раціональне значення коефіцієнта підвищення ресурсу β_p знаходиться в інтервалі от 2 до 2,5.

Відновлені деталі пройшли експлуатаційні випробування в умовах аграрних підприємств Полтавської області. Величина зносу поршневих пальців, відновлених методом вібраційного деформування в 1,25..1,41 рази менше, ніж відновлених звичайною роздачею. Результати випробувань також показують, що відновлені методом вібраційного деформування поршневі пальці сприяють підвищенню наробітку двигунів в середньому на 8,6 %. [5,6].

Висновки

- виявлена залежність між величиною зносу і припуском на обробку;
- виявлені закономірності зміни зусилля обробки, на основі чого отримані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску на обробку, кута нахилу твірної конуса пуансона і довжини деталі;
- визначений прогнозований коефіцієнт підвищення післяремонтного ресурсу.

Отже, прогнозований коефіцієнт підвищення післяремонтного ресурсу знаходиться в межах $\beta_p=2...2,5$. Це значення відповідає технології відновлення, яка передбачає після наплавлення чистове точіння, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням з наступним поверхневим гартуванням струмами високої частоти, відпусканням і шліфуванням ($\beta_p=2,42$). Але, враховуючи те, що технологія проведення вібраційного деформування простіша з технологічної точки зору, можемо зробити висновок про доцільність впровадження технології і подальшого проведення досліджень по вібраційному деформуванню.

Література

1. Міцність та надійність машин. [Анілович В. Я., Грінченко О.С., Карабін В.В.] та ін.; за ред. В. Я. Аніловича -К.: Урожай, 1996.-288с.
2. 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.-Рос.
3. Карпов М.Я., Воронин А.А. Вибрационный метод деформирования //Кузнецно-штамповочное производство.- 2000.-№6.- С.3-8.
4. Іванкова О.В. Патент на корисну модель № 59687. «Спосіб відновлення та зміцнення сталених втулок». 25.05.2011. Бюл. 310. МПК 2011.01 C21Д 1/06 (2006.01) B23P6/00.

5. Іванкова О. В., Бартош В. Ю., Буравський В. В. та ін. Використання пластичного деформування при відновленні зношених деталей сільськогосподарської техніки.// Перспективна техніка і технології - 2011: VII Міжнарод. наук.-техн. конф., 14...16 вересня 2011р.: Матеріали конференції. - Миколаїв: МДАУ, 2011.- С.82-87.
6. Іванкова О.В. Дослідження впливу зміцнюючих технологій на післяремонтний ресурс відновлених деталей.//Аграрна освіта і наука у XXI столітті – 2013: Міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф., 25...26 квітня 2013р.: Матеріали доповідей і виступів. – Полтава: ПДАА, 2013р. – С. 72-74.

Summary

The question of expediency of application of oscillation deformation is examined at proceeding in piston pins and bronze bushings and other details of machines with the aim of increase of their wear resistance.

The resource depends on the method of restoring the details and from amount of details suitable to further exploitation. To get complete renewal of aggregate it is needed to replace worn out details new, that have a considerably anymore resource or to provide this resource at their renewal, using strengthening technologies. Development and introduction of technologies proceeding in details, that provide the economy of technological process, assist the increase of resource of machines is important and actual. The methods of proceeding in the worn out details of machines are sent to the achievement of maximal resource of work of machine. An extraordinarily important condition in our time is a reduction of expenses spent for repairs. Application of vibrations in technological processes has large scientific and practical interest. Oscillation vibrations are used for the increase of exactness of renewal, increase of the productivity of treatment and strengthening of details. Further researches with the aim of expansion of technological possibilities and industrial use of vibrations are one of the most actual applied tasks.

The analysis of literary sources is conducted by us allowed to draw conclusion, that a large number of worn-out details such as bushings, which are used in engineering, can be recovered by pressure treatment without preheating these parts, only by using mechanical vibrations or vibrations of details. The analysis showed that in this way it is possible to restore about 72 percent of the piston fingers.

Researches were conducted with the use of information material on issue in literary sources and electronic resources. The brought results over of researches, namely: the educed dependence between the size of wear and allowance for detail processing; educed conformities to law of change of effort of treatment, on the basis of what empiric dependences of effort of deformation from assumption on treatment, angle of slope of formative are got cone of

punchion and length of detail; worked out technological process of proceeding worn-out details; certain forecast coefficient of increase of resource. The results of researches prove that renewed by oscillation deformation of detail have higher wear proofness and assist the increase of resource of machines.

Conclusions:

- it is the educed dependence between the size of wear and allowance for detail processing;

- are the educed conformities to law of change of effort of treatment, on the basis of what empiric dependences of effort of deformation from assumption on treatment, angle of slope of formative are got cone of punchion and length of detail;

- the technological process of proceeding worn-out details is worked out;

- the forecast coefficient of increase of resource is certain.