

УДК 621.891

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7263754>

Повышение качества поверхности деталей при пластическом деформировании

А.А. Дудніков¹, І.А. Дудников², В.В. Дудник³, О.А. Бурлака⁴

Полтавская государственная аграрная академия (г. Полтава, Украина)

email:¹ anat_dudnikov@ukr.net, ² igor.dudnikov@pdaa.edu.ua,

³ volodymyr.dudnyk@pdaa.edu.ua, ⁴ oleksii.burlaka@pdaa.edu.ua;

ORCID:¹ 0000-0001-8580-657X, ² 0000-0002-0448-2241,

³ 0000-0002-6553-2951, ⁴ 0000-0002-2296-7234

В данной работе рассматривается проблема повышения качества деталей почвообрабатывающих машин и повышения их долговечности и ресурса машин за счет применения более эффективной технологии как в машиностроении при их изготовлении, так и в ремонтном производстве при их восстановлении.

Цель исследования состоит в обосновании и выборе более эффективного технологического процесса повышения долговечности деталей почвообрабатывающих машин, работающих в условиях абразивного изнашивания с учетом конструктивных факторов.

Как показали проведенные исследования, износостойкость данных деталей зависит от следующих факторов: продолжительности и условий эксплуатации, состава обрабатываемой почвы, способов предварительной обработки их материала, методов восстановления. Анализ указанных факторов, определяющих интенсивность изнашивания режущих элементов детали почвообрабатывающих машин, позволяет разрабатывать технологию как их упрочнения в машиностроении, так и восстановления в ремонтном производстве.

Проведены тензометрические исследования параметров режущих рабочих органов машин при различных технологических процессах упрочнения для выбора более эффективного технологического метода их восстановления.

На основании проведенного комплекса исследований и экспериментов разработана и внедрена в производство технология восстановления стрельчатых культиваторных лап, плужных лемехов и дисков копачей свеклоуборочных машин методом вибрационного упрочнения, позволяющая повысить их долговечность и надежность.

Полученные результаты исследований могут быть использованы в машиностроении для упрочнения указанных деталей почвообрабатывающих машин при изготовлении.

Ключевые слова: *пластическое деформирование, упрочняющая обработка, вибрационное упрочнение, остаточные напряжения, шероховатость поверхности, интенсивность изнашивания.*

Постановка проблемы. Использование эффективных технологий при восстановлении изношенных деталей сельскохозяйственных машин способствует повышению качества их рабочих поверхностей, а, следовательно, и долговечности.

В этой связи перед ремонтной службой ставится задача, заключающаяся в повышении их ресурса. Повышение качества восстановления деталей может быть обеспечено использованием эффективных технологий, а также оптимальными режимами эксплуатации.

Ресурс деталей сельскохозяйственных машин определяется долговечностью их трущихся поверхностей. Поэтому, проблемой является проведение исследований по изысканию эффективного технологического процесса упрочнения материала контактирующих деталей.

Одним из методов решения данной проблемы является упрочнение материала восстанавливаемых деталей за счет использования вибрационных колебаний обрабатываемого инструмента.

Анализ последних исследований и публикаций. Во многих случаях износ деталей машин начинается с поверхностного слоя, что приводит к образованию выемки новой структуры, по сравнению с сердцевиной. Частот разрушение деталей начинается с их поверхности. В этой связи, к поверхностному слою предъявляются более высокие требования, чем к глубинным слоям. Авторы [1, 2] отмечают, что упрочняющая обработка обеспечивает снижение исходной шероховатости поверхности на 2-3 класса.

В ремонтном производстве при восстановлении деталей иногда применяют дорнование – технологический процесс протягивания рабочего инструмента (дорна) через отверстие детали. Следует отметить, что для осуществления данного технологического процесса требуются значительные усилия обработки.

Этот метод обычно используется для обработки деталей невысокой твердости.

В литературе дискутируется вопрос о влиянии наклепа и остаточных напряжений на изменение сопротивления усталости. При этом увеличение предела выносливости материала деталей при поверхностном деформировании зависит от структурного состояния материала.

Повышение долговечности деталей может быть достигнуто преданием поверхностному слою необходимых физико-механических свойств.

В прошлом столетии появилось понятие «вибрационная технология», связанное с процессами, основанными на исследовании колебаний, непосредственно воздействующих на обрабатываемый объект.

Вибрационные технологии отличаются от традиционных методов обработки. Они позволяют создавать новые технологические процессы, которые характеризуются более высокой производительностью.

Область использования вибрационных технологий достаточно многогранна и имеет тенденцию к дальнейшему расширению.

Новизна данной работы заключается в проведении исследований по использованию вибрационных колебаний для получения оптимальных технологических параметров с целью повышения качества деталей при пластическом деформировании.

Целью работы является выявление эффективного технологического процесса упрочнения материала деталей почвообрабатывающих машин при их восстановлении.

Изложение основного материала. Следует отметить, что динамика абразивного изнашивания режущих элементов почвообрабатывающих машин еще не полностью изучена [3].

Экспериментальными исследованиями процесса упрочнения материала деталей, работающих в условиях повышенного абразивного изнашивания установлены критерии их предельного состояния.

Экспериментально установлены следующие параметры вибрационного упрочнения указанных деталей, обеспечивающие наиболее эффективный технологический упрочняющий слой обработки. При восстановлении плужного лемеха амплитуда колебаний обрабатывающего инструмента $A = 0,5$ мм, время обработки $t = 20$ с, частота колебаний $n = 1400$ мин⁻¹.

На основании анализа поверхности отклика на условиях минимум и максимум установлено, что оптимальными режимами обработки культиваторных стрельчатых лап являются: амплитуда колебаний $A = 0,75$ мм; частота колебаний обрабатывающего инструмента $n = 1400$ мин⁻¹; время упрочнения $t = 30$ с.

Оптимальными параметрами упрочняющей обработки дисков копачей являются: амплитуда колебаний $A = 0,5$ мм; частота колебаний обрабатывающего инструмента $n = 2100$ мин⁻¹; время упрочнения $t = 30$ с.

Исследования микроструктуры деформированных образцов показали, что при вибрационной обработке она более мелкозернистая и равномерная на глубину 210-340 мкм, что создает условия, способствующие упрочнению обработанной поверхности. Упрочнение микроструктуры на поверхности упрочненного слоя указанных деталей при вибрационном деформировании в 1,38-1,55 раза больше, чем без такой обработки.

Исследованиями установлено, что при восстановлении указанных деталей в материале их режущих элементов происходит возникновение и перераспределение остаточных напряжений вследствие теплового влияния на основной металл и упрочнения.

В материале культиваторных лап сжимающие напряжения составили на глубине 50-100 мкм: при восстановлении привариванием угловых пластин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением 285-305 МПа; при восстановлении привариванием угловых пластин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом 360-370 МПа. На глубине 170-240 мкм они переходят в растягивающие напряжения и на глубине 270-385 мкм соответственно составили 440-460 МПа; 570-590 МПа.

Для материала плужных лемехов сжимающие напряжения составили на глубине 0,10-0,20 мм: при восстановлении привариванием угловых пластин из стали 45 с последующей обработкой сормайтотом и вибрационным упрочнением 305-315 МПа; при упрочнении лемехов из стали 65 Г они составили 420-435 МПа. На глубине 0,25-0,32 мм они переходят в растягивающие напряжения и на глубине 0,35-0,45 мм соответственно составили: 445-460 МПа; 525-545 МПа.

Исследованиями установлено, что на поверхности лезвия ножа дисков копачей возникают остаточные напряжения сжатия: при восстановлении приваркой сегментных шин из стали 45 с последующей автоматической наплавкой сормайтотом 175-185 МПа; при восстановлении привариванием сегментных шин наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением 85-95 МПа. На глубине 0,45-0,75 мм они переходят в растягивающие, соответственно равные: 145-150 МПа; 40-45 МПа. На глубине 0,95-1,45 мм напряжения переходят в сжимающие, равные 75-90 МПа; 50-55 МПа.

Определение напряжений производим в процессе деформирования методом тензометрирования. Экспериментальные (стендовые) исследования износостойкости материала указанных деталей, восстановленных разными методами, проводились на почвенном канале, при соблюдении условия подобию их работы на стенде и в процессе эксплуатации.

Техническая характеристика используемого при испытании стенда приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика испытательного стенда

| Параметры стенда | Значения |
|-----------------------------------|----------|
| 1. Размеры стенда, мм: | |
| длина | 10000 |
| ширина | 1200 |
| высота | 800 |
| 2. Мощность электродвигателя, кВт | 10 |
| 3. Максимальное тяговое усилие, Н | 3000 |
| 4. Диапазон скоростей, м/с | 1-3 |

Для оценки влияния состава абразивной смеси в почвенном канале на величину изнашивания режущих элементов указанных деталей использовали следующий ее состав: 65-70% кварцевого песка и гравия; 30-35% глины, цемента и пыли [1].

Стендовые испытания позволили в сравнительно-короткое время оценить исследуемые варианты восстановления деталей и определить наиболее эффективный (табл. 2).

Таблица 2. Изменение линейного износа режущего элемента в зависимости от метода упрочнения и времени работы

| Варианты деталей | Значение величины износа, мм | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------|------|------|
| | 6 ч | 12 ч | 18 ч | 24 ч |
| 1. Лапа культиватора, восстановленная приваркой угловой пластины из стали 45 с наплавкой сормайтотом | 1,32 | 2,61 | 3,92 | 5,18 |
| 2. Лапа культиватора, восстановленная приваркой угловой пластины из стали 45 с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением | 1,11 | 2,27 | 3,41 | 4,25 |
| 3. Лемех плуга (новый), подвергнутый вибрационному упрочнению | 0,29 | 0,61 | 0,80 | 1,18 |
| 4. Лемех плуга, восстановленный приваркой шин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением | 0,26 | 0,54 | 0,61 | 0,82 |
| 5. Диски копачей, восстановленные приваркой элементов из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом | 0,88 | 1,24 | 3,12 | 4,19 |
| 6. Диски копачей, восстановленные приваркой сегментов из стали 45 с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением | 0,70 | 1,09 | 2,85 | 3,23 |

Данные табл. 2 свидетельствуют, что величина износа культиваторных лап, восстановленных приваркой угловых пластин из стали 45 с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением в 1,22 раза меньше по сравнению с лапами, восстановленными приваркой угловых пластин из стали 45 с наплавкой сормайтотом.

Интенсивность износа плужных лемехов, восстановленных приваркой шин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением в 1,44 раза ниже по сравнению с новыми лемехами, подвергнутыми вибрационному упрочнению.

Износ дисков копачей свеклоуборочных машин, восстановленных приваркой из стали 45 с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением в 1,3 раза меньше по сравнению с дисками, восстановленными приваркой сегментов из стали 45 с последующей наплавкой сормайтотом.

Выводы.

1. Интенсивность изнашивания режущих элементов рабочих органов культиваторных лап, плужных лемехов и дисков копачей при восстановлении их методом вибрационной обработки ниже по сравнению с существующими способами.

2. Данные, полученные в результате проведенных исследований, позволяют их использовать при разработке технологических операций восстановления других деталей почвообрабатывающих машин.

Литература:

1. Бабей Ю.Н., Бутков Б.Н., Сысов В.Г. Поверхностное упрочнение металлов. Киев: Наукова думка, 1995. 253 с.
2. Дудников А.А., Беловод А.И., Дудник В.В., Каневец А.В. Упрочнение поверхностного слоя деталей машин. Вестник национального технического университета «ХПИ». Харьков: 2011, № 3. С. 39-42.
3. Долговечность трущихся деталей машин / за ред. д.т.н., проф. Д.А. Гаркунова. Москва: Машиностроение, 1998. 354 с.
4. Дудников А.А., Беловод А.И., Каневец А.В., Дудник В.В. Повышение долговечности деталей при их восстановлении. Сб. научных статей 5-й Международной научно-практической конференции. Минск: 2011. С. 142-144.
5. Пасюта А.Г. Определение характера износа режущих элементов почвообрабатывающих машин. Технологический аудит и резервы производства. Харьков: 2014, № 6/1 (20). С. 8-11.
6. Беловод А.И., Дудников А.А. К вопросу износостойкости рабочих органов свеклоуборочных комбайнов. Вестник ХГТУСХ им. П.Василенко: Механизация сельского хозяйства. Харьков: 2007, Вып. 59. Том.1. С. 288-293.

References

1. Babey, Yu., Butkov, B., Sysov, V. (1995). Poverkhnostnoye uprochneniye metallov. Kiyev: Naukova dumka, 253.
2. Dudnikov, A., Belovod, A., Dudnik, V., Kanivets, A. (2011). Uprochneniye poverkhnostnogo sloya detaley mashin. Vestnik natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta «KHPU». Khar'kov: № 3. 39-42.
3. Dolgovechnost' trushchikhsya detaley mashin. (1998). za red. d.t.n., prof. D. Garkunova. Moskva: Mashinostroyeniye, 354.
4. Dudnikov, A., Belovod, A., Kanivets, A., Dudnik, V. (2011). Povysheniye dolgovechnosti detaley

pri ikh vosstanovlenii. Sb. nauchnykh statey 5-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk:142-144.

5. Pasyuta, A. (2014). Opredeleniye kharaktera iznosa rezhushchikh elementov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. Tekhnologicheskii audit i rezervy proizvodstva. Khar'kov: № 6/1 (20). 8-11.

6. Belovod, A., Dudnikov, A. (2007). K voprosu iznosostoykosti rabochikh organov svekloubrochnykh kombaynov. Vestnik KHGTUSKH im. P. Vasilenko: Mekhanizatsiya sel'skogo khozyaystva. Khar'kov: Vyp. 59. Tom.1. 288-293.

Анотація

Підвищення якості поверхні деталей при пластичному деформуванні

А.А. Дудніков, І.А. Дудніков, В.В. Дудник, О.А. Бурлака

У даній роботі розглядається проблема підвищення якості деталей ґрунтообробних машин і підвищення їх довговічності і ресурсу машин за рахунок застосування більш ефективної технології як в машинобудуванні при їх виготовленні, так і в ремонтному виробництві при їх відновленні.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні і виборі більш ефективного технологічного процесу підвищення довговічності деталей ґрунтообробних машин, що працюють в умовах абразивного зношування з урахуванням конструктивних факторів.

Як показали проведені дослідження, зносостійкість даних деталей залежить від наступних факторів: тривалості і умов експлуатації, складу оброблюваного ґрунту, способів попередньої обробки їх матеріалу, методів відновлення. Аналіз зазначених факторів, що визначають інтенсивність зношування ріжучих елементів деталей ґрунтообробних машин, дозволяє розробляти технологію як їх зміцнення в машинобудуванні, так і відновлення в ремонтному виробництві. Проведено тензометричні дослідження параметрів ріжучих робочих органів машин при різних технологічних процесах зміцнення для вибору більш ефективного технологічного методу їх відновлення.

На підставі проведеного комплексу досліджень і експериментів розроблена і впроваджена у виробництво технологія відновлення стрілочастих культиваторних лап, плужних лемішів і дисків копачів бурякозбиральних машин методом вібраційного зміцнення, що дозволяє підвищити їх довговічність і надійність.

Отримані результати досліджень можуть бути використані в машинобудуванні для зміцнення зазначених деталей ґрунтообробних машин при виготовленні.

Ключові слова: пластичне деформування, зміцнююча обробка, вібраційне зміцнення, залишкові напруження, шорсткість поверхні, інтенсивність зношування.

Abstract

Improving the surface quality of parts during plastic deformation

A.A. Dudnikov, I.A. Dudnikov, V.V. Dudnyk, O.A. Burlaka

This paper deals with the problem of improving the quality of parts of tillage machines and increasing their durability and resource of machines through the use of more efficient technology both in mechanical engineering during their manufacture and in repair production during their restoration.

The purpose of the study is to substantiate and select a more effective technological process for increasing the durability of parts of tillage machines operating under conditions of abrasive wear, taking into account design factors.

As the studies have shown, the wear resistance of these parts depends on the following factors: duration and operating conditions, the composition of the cultivated soil, methods of preliminary processing of their material, restoration methods. The analysis of these factors, which determine the intensity of wear of the cutting elements of a part of soil-cultivating machines, makes it possible to develop a technology for both their hardening in mechanical engineering and restoration in repair production. Strain gauge studies of the parameters of the cutting working bodies of machines for various technological hardening processes have been carried out to select a more effective technological method for their restoration.

On the basis of the carried out complex of researches and experiments, the technology of restoration of lancet cultivator paws, plow shares and disks of diggers of beet harvesters by the method of vibration hardening has been developed and introduced into production, which will increase their durability and reliability.

The obtained research results can be used in mechanical engineering to strengthen the specified parts of tillage machines during manufacture.

Keywords: plastic deformation, hardening treatment, vibration hardening, residual stresses, surface roughness, wear rate.

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Dudnikov, A. A. et al. (2021) 'Improving the surface quality of parts during plastic deformation', *Engineering of nature management*, (2)(20), pp. 101 - 104.

Подано до редакції / Received: 19.04.2021