

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ТОРФЯНЫХ МАШИН

И.В. ГОРЛОВ, д-р техн. наук

Тверской государственной технической университет,  
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: gorloviv@yandex.ru

© Горлов И.В., 2024

Представлены результаты исследования изменения механических свойств поверхностей, восстановленных пластическим деформированием с использованием прилегающей поверхности. Отмечено, что данный способ восстановления обладает рядом преимуществ перед традиционными методами восстановления изношенных поверхностей и может быть использован при ремонте дефицитных деталей торфяных машин. Для оценки изменения механических свойств восстановленных пластическим деформированием поверхностей проведены исследования их микротвердости. Для изученных материалов установлено, что значительных изменений механические свойства восстановленных поверхностей не претерпевают.

*Ключевые слова:* торфяные машины, ремонт, восстановление, пластическая деформация, механические свойства.

**DOI: 10.46573/2658-5030-2024-3-74-80**

### ВВЕДЕНИЕ

Прекращение серийного производства большой номенклатуры торфяного оборудования в нашей стране привело к серьезной проблеме, а именно отсутствию качественных запчастей для ремонта торфяных машин старых модификаций, которых еще достаточно много находится на балансе добывающих предприятий [1, 2]. Организации, осуществляющие текущий и капитальный ремонт торфодобывающего оборудования, изготавливают необходимые запасные части самостоятельно, с помощью имеющегося на балансе универсального оборудования. Качество изготовленных таким образом комплектующих часто не соответствует необходимым требованиям [3], поэтому может быть использован вариант восстановления локально изношенных деталей ремонтируемых торфяных машин.

Одним из наиболее перспективных методов восстановления указанных деталей является метод пластического деформирования, который не требует сложного технологического оборудования и высоких энергетических затрат на реализацию (например, здесь можно назвать способ восстановления локально изношенной поверхности (см. патент РФ 2447981 [8])). Этот способ обеспечивает восстановление локально изношенных поверхностей деталей машин методом пластического деформирования с использованием прилегающей поверхности. При этом возникают вопросы: как изменятся механические свойства восстановленной поверхности?; не приведет ли пластическая деформация к разрушению контактной поверхности? Чтобы ответить на них, необходимо определить перечень деталей, которые могут быть восстановлены вышеназванным способом; материалы, из которых изготавливаются данные детали; параметры изношенных поверхностей. Кроме того, требуется установить критерии оценки механических свойств и провести экспериментальные исследования.

## ДЕТАЛИ, ПОДВЕРГАЕМЫЕ ВОССТАНОВЛЕНИЮ

Восстановлению обычно подвергают дорогостоящие и металлоемкие детали: муфты фрезерных барабанов, цапфы подъемных механизмов, гильзы направляющих втулок, корпуса редукторов и др. При наличии необходимых деталей используются отработанные методы ремонта, но в условиях отсутствия запасных частей и сложного технологического оборудования процесс восстановления работоспособности торфяных машин значительно усложняется.

Рассмотрим конкретный пример. Муфта привода фрезы выходит из строя из-за износа контактных поверхностей сферической полумуфты и цилиндрической направляющей корпуса фрезы (рис. 1), что приводит к дисбалансу и интенсивному разрушению узла. Замена сферической части полумуфты не представляет проблем, а ремонт корпуса фрезы традиционными методами дорог и трудоемок.

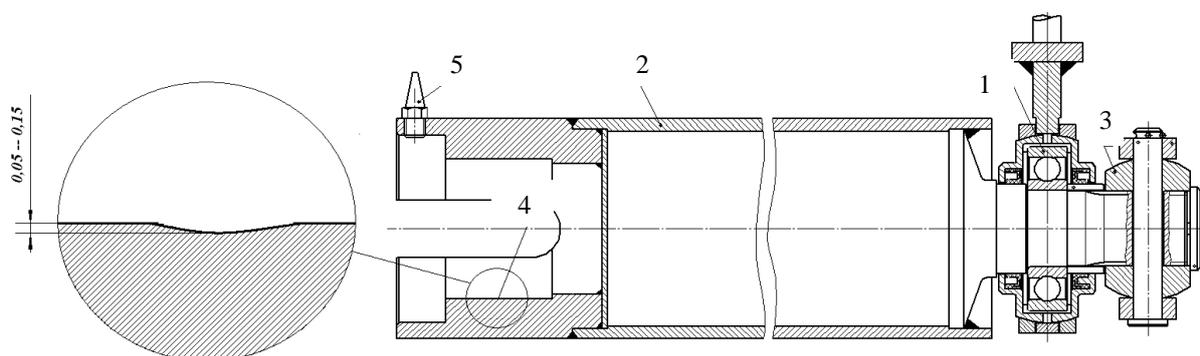


Рис. 1. Расположение зоны износа на цилиндрической поверхности муфты:  
1 – опорный подшипник фрезы; 2 – корпус фрезы; 3 – сферическая поверхность муфты;  
4 – контактная поверхность муфты в корпусе фрезы; 5 – зуб фрезы

Из-за подобной конструкции узла трения резко усложнился его ремонт. Как показывает практика, износ контактной поверхности муфты имеет локальный характер, кроме случаев критического износа механизма. Чаще всего максимальный износ наблюдается в зоне максимальных нагрузок. Из-за достаточно небольшого износа до 0,15 мм приходится растачивать, а затем завтуливать расточенные отверстия, которые снова обрабатываются в номинальный размер, что для корпуса с габаритными размерами более 1,5 м не является простой задачей. Кроме того, крепление втулок в корпусе нестабильно из-за их невысокой точности, что впоследствии может привести к разрушению всего механизма.

Аналогично были изучены другие узлы (корпуса редукторов приводов различных механизмов, цапфы, направляющие втулки и др.). В результате было обнаружено, что в большинстве случаев величина износа незначительная, а зона износа имеет локальное расположение. Исследованные детали изготавливаются из различных материалов: стали 18ГС, серого чугуна СЧ18, силумина АК9, бронзы ОЦС5-5-5 и др.

Использовать реальные детали после восстановления для проведения исследований изменения механических свойств затруднительно, поэтому в ходе испытаний применялись образцы, оставшиеся после изучения триботехнических характеристик изношенных поверхностей [4, 5]. Образцы представляли собой кольцевые детали (рис. 2), которые устанавливались в машину трения (рис. 3) для проведения исследований на износ.



Рис. 2. Изображение образца после испытаний на износ

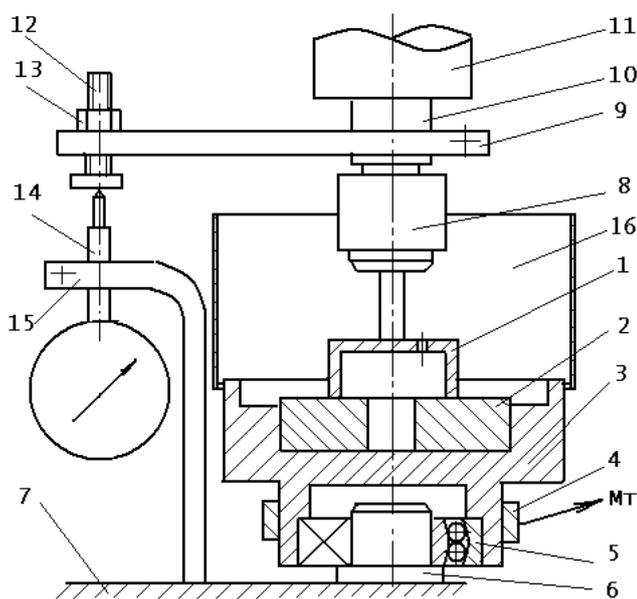


Рис. 3. Схема машины трения для испытания образца на износ:

- 1 – индентор; 2 – образец; 3 – корпус; 4 – кронштейн тензобалки;
- 5 – сферический подшипник; 6 – опора подшипника; 7 – основание машины;
- 8 – патрон; 9 – кронштейн упора; 10 – выдвижная пиноль; 11 – выдвижная пиноль;
- 12 – регулируемый упор; 13 – контргайка; 14 – индикатор часового типа;
- 15 – кронштейн индикатора;  $M_T$  – измеряемый момент трения в узле

Величина износа определяется с помощью индикатора, закрепленного на кронштейн и упирающегося измерительным наконечником в регулируемую опору. Индикатор показывал величину осевого перемещения пиноли относительно образца, установленного в корпус. После проведения испытаний образец извлекался из машины, охлаждался до комнатной температуры, после чего проводилось дополнительное измерение дорожки износа с помощью устройства сканирования поверхности (рис. 4).

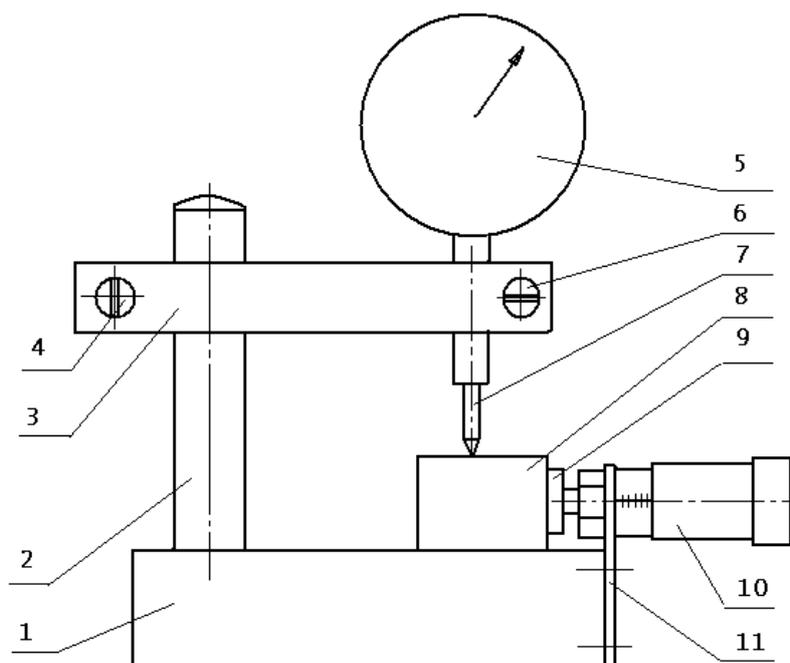


Рис. 4. Устройство для сканирования изношенной поверхности

Устройство (см. рис. 4) состоит из основания 1, в котором закреплена стойка 2. На стойке 2 винтом 4 фиксируется подвижный кронштейн 3 так, чтобы измерительный наконечник 7 индикатора 5 оставался с некоторым зазором относительно измеряемого образца 8. После этого, вращая микровинт 10, передвигали измеряемый образец 8 так, чтобы эпицентр износа находился на расстоянии около 10 мм от вершины измерительного наконечника 7. Далее ослабляли винт 6 и опускали индикатор 5 до касания измерительным наконечником 7 сканируемой поверхности, при этом шкала индикатора 5 настраивалась на ноль. Вращая микровинт 10, установленный на основании 1 через кронштейн 11, передвигали упором 9 измеряемый образец 8 шагами по 0,5 мм и снимали показания.

По значению суммарного износа корректировали результаты измерений, полученные в ходе испытаний на износ.

#### **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПОВЕРХНОСТИ В ЛОКАЛЬНОЙ ТОЧКЕ**

Исследования на устройстве для восстановления (рис. 5) проводились следующим образом [6]. Вращая ключом нажимной болт, задавали ступенчатую нагрузку через динамометр, а соответствующие глубины внедрения снимали с индикатора. Восстанавливаемый зазор имитировался прокладкой толщиной 0,1 мм. При внедрении индентора деформируемая поверхность поднималась до упора в ограничивающую поверхность, формируя площадку восстановления. Для увеличения точности исследование повторялось по 5 раз на каждом из испытываемых материалов. Испытания проводились на алюминиевых сплавах АМЦ и АК9, бронзе ОЦС-5-5-5, латуни ЛС59, чугуне СЧ18, стали 18ГС.

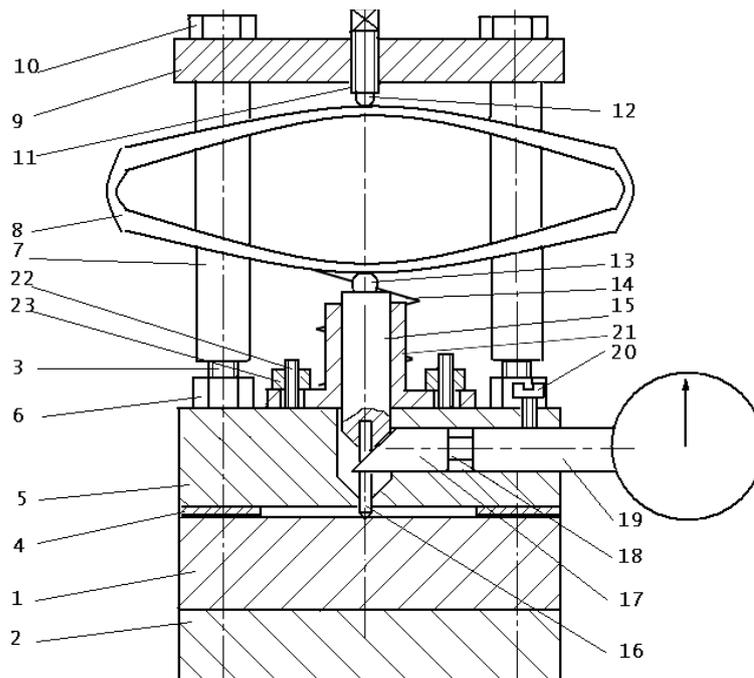


Рис. 5. Схема деформирующего устройства:

- 1 – восстанавливаемая деталь; 2 – основание устройства; 3 – резьбовые шпильки; 4 – прокладка; 5 – прилегающая поверхность устройства; 6, 10, 23 – гайка; 7 – стойка; 8 – динамометр; 9 – плита; 11 – нажимной болт; 12, 13 – шар; 14 – пружина, компенсирующая вес динамометра; 15 – направляющая индентора; 16 – индентор; 17 – клин индикатора; 18 – наконечник индикатора; 19 – индикатор часового типа; 20 – винт крепления индикатора; 21 – направляющая втулка; 22 – резьбовая шпилька

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

При проведении экспериментов по восстановлению локально изношенных деталей по ограничивающей поверхности важно было определить не только силовые и геометрические параметры, но и изменение механических свойств восстановленной поверхности. Эти изменения могут существенно повлиять на работоспособность восстановленного узла.

Одним из методов оценки механических свойств приповерхностных слоев трущихся поверхностей является метод измерения микротвердости. Он используется при оценке твердости относительно малых объемов исследуемых материалов, в том числе тонких приповерхностных слоев. Главные преимущества метода – это исследование твердости отдельных фаз и структурных составляющих различных сплавов, а также определение различий твердости на отдельных их участках и по глубине [7].

Для исследования применялся микротвердомер ПМТ-3. Микротвердость измерялась до и после деформации на различных материалах. При этом выяснилось, что микротвердость не является однородной, а сильно отличается даже на ограниченных участках поверхности. Измерения проводились на нескольких участках (размером 1–2 мм) изучаемой поверхности с интервалом 0,1 мм. Конкретное значение получалось как средняя величина по всем измерениям на данной поверхности. Судить об изменениях микротвердости можно было только по усредненным значениям вследствие значительного разброса измеренных значений.

Результаты сравнения механических свойств изношенных и восстановленных предлагаемым способом поверхностей представлены ниже:

		Микротвердость, Н/м <sup>2</sup> × 10 <sup>8</sup>											
Нагрузка, Н	Значение	АК-9		АМЦ		ОЦС5-5-5		ЛС59		СЧ-18		18ГС	
		Исх.	Вос.	Исх.	Вос.	Исх.	Вос.	Исх.	Вос.	Исх.	Вос.	Исх.	Вос.
2	Ср.	6,3	6,5	3,6	3,7	8,7	9,8	8,8	11,8	8,2	10	9,2	12
	Макс.	7,7	7,8	3,8	3,9	9,3	11,1	9,3	12,1	9,3	12	10	13
	Мин.	4,5	5,8	3,5	3,5	8,2	8,5	8,2	11,6	7,3	8,7	8,3	10
1	Ср.	6,1	6,3	3,4	3,6	9,1	11,3	9,1	12,3	10	12,6	11	14,6
	Макс.	8,5	8,7	3,7	3,7	9,6	13,5	9,5	13,8	13	16	12	16,6
	Мин.	5,2	5,3	3,3	3,4	8,5	9,1	8,7	10,8	7,4	9,6	10	13,5
0,5	Ср.	5,8	6	3,5	3,6	9,5	11,7	9,3	12,6	11,3	13,1	12,5	13,9
	Макс.	7,2	7,5	3,6	3,8	9,8	13,5	9,7	13,1	13,2	15,4	13,9	16,4
	Мин.	4,5	5	3,4	3,4	9,2	11,1	8,9	12,1	9,	10,8	11,1	11,1

По результатам исследования микротвердости восстановленных поверхностей из различных материалов можно сделать вывод, что значительного изменения механических свойств не установлено. Некоторое увеличение микротвердости (около 12 %) было у ЛС-59, СЧ-18, 18ГС, около 8 % – у ОЦС 5-5-5, незначительное – у сплавов АМЦ и АК-9. Это позволяет говорить о том, что восстановление локально изношенных участков рабочей поверхности деталей по прилегающим поверхностям не приводит к существенному изменению механических свойств (для сравнения: твердость по Виккерсу HV<sub>20</sub> прутков из ЛС59 в состоянии поставки может колебаться в пределах от 80 до 140 единиц).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вследствие прекращения в нашей стране производства практически всей номенклатуры запасных частей для торфяного оборудования старых модификаций появилась проблема ремонта таких машин. Высокие затраты на производство непрофильными предприятиями запасных частей для торфяных машин старых поколений и относительно низкое их качество заставляют обращаться к технологиям восстановления частично изношенных деталей. Известно, что более половины деталей, отбракованных во время ремонта, являются ремонтпригодными. Следовательно, альтернативой производства новых запасных частей для торфяных машин на непрофильных предприятиях становится повторное использование восстановленных во время ремонта деталей.

В ходе исследования было установлено, что предлагаемый способ восстановления локально изношенных деталей с применением прилегающей поверхности не приводит к существенному изменению механических свойств восстановленной поверхности. Следовательно, восстановленные предлагаемым способом детали не будут характеризоваться ускоренным разрушением, поэтому их можно использовать в течение длительного времени.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов А.В., Иванов С.Л., Бондарев Ю.Ю. Состояние технического перевооружения машинно-тракторного парка торфодобывающих компаний // *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. 2014. № 3 (202). С. 229–235.

2. Михайлов А.В., Иванов С.Л., Габов В.В. Формирование и эффективное использование машинного парка торфодобывающих компаний // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2015. № 14. С. 82–91.

3. Труханов В.М. Надежность изделий машиностроения. Теория и практика: учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Спектр. 2013. 334 с.

4. Болотов А.Н., Измайлов В.В., Новоселова М.В. Теоретические и экспериментальные исследования процессов в триботехнических системах. Тверь: ТвГТУ. 2019. 164 с.

5. Горлов И.В. Система анализа результатов испытаний на износ трибоэлементов торфяных машин // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2021. № 3 (11). С. 52–62.

6. Горлов И.В. Анализ результатов эмпирического исследования пластического деформирования при восстановлении деталей торфяных машин // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2020. № 2 (6). С. 71–78.

7. Хрущов М.М. Трение, износ и микротвердость материалов. Избранные работы (к 120-летию со дня рождения). М.: КРАСАНД, 2012. 512 с.

8. Патент РФ 2447981. *Способ восстановления локально изношенной поверхности корпусных деталей, изготовленных из пластинчатых материалов и материалов с ограниченной пластичностью, и устройство для его осуществления* / Болотов А.Н. Заявл. 12.04.2010. Оpubл. 20.04.2012. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2447981C2\\_20120420](https://yandex.ru/patents/doc/RU2447981C2_20120420) (дата обращения: 22.03.2024).

**Для цитирования:** Горлов И.В. Исследование изменения механических свойств поверхностей восстановленных деталей торфяных машин // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2024. № 3 (23). С. 74–80.

## INVESTIGATION OF CHANGES IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF SURFACES OF RESTORED PARTS OF PEAT MACHINES

I.V. GORLOV, Dr. Sc.

Tver State Technical University,  
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, e-mail: gorloviv@yandex.ru

The results of investigation of changes in mechanical properties of surfaces restored by plastic deformation using adjacent surface are presented. It is noted that this method of restoration has a number of advantages over traditional methods of restoration of worn surfaces and can be used in the repair of scarce parts of peat machines. To estimate the change of mechanical properties of the surfaces restored by plastic deformation, their microhardness has been investigated. For the investigated materials it is established that there are no significant changes in mechanical properties of the restored surfaces.

*Keywords:* peat machines, repair, restoration, plastic deformation, mechanical properties.

Поступила в редакцию/received: 27.04.2024; после рецензирования/revised: 02.05.2024;  
принята/accepted: 07.05.2024