

Научноёмкие технологии в машиностроении. 2023. №2 (140). С. 40-48.  
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2023. №2 (140). P. 40-48.

Научная статья  
УДК 621.7  
doi:10.30987/2223-4608-2023-2-40-48

## Технологические методы продления долговечности цилиндрических поверхностей трения

Александр Олегович Горленко<sup>1</sup> к.т.н.,  
Алмосшо Набот Шохиён<sup>2</sup>, к.т.н.,  
Андрей Николаевич Щербаков<sup>3</sup>, к.т.н.

<sup>1, 3</sup> Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

<sup>2</sup> Институт технологий и инновационного менеджмента в городе Куляб, Таджикистан

<sup>1</sup> buqi12bk.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

<sup>2</sup> a\_shoev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

<sup>3</sup> taiga78@list.ru, <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

**Аннотация.** Рассмотрены технологические методы восстановления изношенных цилиндрических поверхностей трения, применимые как в сфере производства деталей для устранения брака, так и при ремонте машин для восстановления изношенных поверхностей трения.

**Ключевые слова:** восстановление, выдавливание, наварка, электромеханическая обработка, износ

**Для цитирования:** Горленко А.О., Шохиён А.Н., Щербаков А.Н. Технологические методы продления долговечности цилиндрических поверхностей трения // Научноёмкие технологии в машиностроении. – 2023. – № 2 (140). – С. 40-48. doi: 10.30987/2223-4608-2023-2-40-48.

Original article

## Technological methods for durability extending of cylindrical friction surfaces

Alexander Olegovich Gorlenko<sup>1</sup>, Dr.Sc.Tech.,  
Almosho Nabot Shohnyon<sup>2</sup>, Cand. Sc. Tech.,

Andrey Nikolaevich Shcherbakov<sup>3</sup>, Cand. Sc. Tech.

<sup>1, 3</sup> Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

<sup>2</sup> Institute of Technology and Innovation Management in Kulyab, Tajikistan

<sup>1</sup> buqi12bk.ru, <sup>2</sup> a\_shoev@mail.ru, <sup>3</sup> taiga78@list.ru

**Abstract.** Technological methods of worn cylindrical friction surfaces restoration, applicable both in parts production for the elimination of defects, and in machine maintenance for worn friction surfaces restoration, are viewed.

**Keywords:** restoration, extrusion molding, welding, electromechanical processing, wear

**For citation:** Gorlenko A.O., Shohnyon A.N., Shcherbakov A.N. Technological methods for durability extending of cylindrical friction surfaces. / Science intensive technologies in mechanical engineering, 2023, no. 2 (140), pp. 40-48. doi: 10.30987/2223-4608-2023-2-40-48.

Долговечность цилиндрических поверхностей трения деталей в значительной мере определяется их износостойкостью. Износ цилиндрических сопряженных поверхностей приводит к увеличению зазора, а, следовательно, к потере точности, появлению дополнительных нагрузок, вибраций и зачастую к разрушению деталей. Поэтому, как правило, максимально допустимый зазор в цилиндрических соединениях оговаривается в технических условиях.

При достижении предельно допустимого износа (зазора в сопряжении) встает вопрос о необходимости либо замены данной пары трения, либо восстановления прежних размеров изношенных поверхностей деталей. Совершенно очевидно, что в большинстве случаев продление долговечности цилиндрических поверхностей трения за счет восстановления их размера будет экономически целесообразно. При ремонте для восстановления размеров изношенных поверхностей деталей машин применяют разнообразные технологические методы. Выбор приемлемого метода определяется величиной восстанавливаемого поверхностного слоя [1, 2].

Восстановление рабочих поверхностей трения деталей включает в себя три процесса: подготовка детали под восстановление; восстановление; обработка восстановленных поверхностей деталей.

Пластическое деформирование материала применяют для восстановления формы и размеров поверхностей трения за счет перемещения материала в объеме самой детали. Этот способ используют для восстановления деталей, изготовленных из пластичных материалов (стали, меди, бронзы и др.), а также для обработки хрупких материалов, которые превращаются в пластичные путем нагрева или создания благоприятных условий нагружения. Основная особенность данного способа состоит в том, что при восстановлении большого количества параметров деталей обходятся без применения дополнительного материала.

Пластическая деформация кристаллических тел проявляется в результате смещения атомных слоев по плоскостям скольжения под действием внешних сил. Чем больше плоскостей сдвига образуется в объеме материала, тем более он пластичен, тем при меньших напряжениях деформируется заготовка.

Степень и усилие деформирования мате-

риала зависят от его химического состава и структуры, температуры нагрева, скорости деформирования и схемы главных напряжений.

Наибольшую пластичность имеют чистые металлы. Введение в состав металла легирующих элементов чаще всего уменьшает его способность к пластическому деформированию. Неоднородность структуры и неравномерность распределения примесей также приводят к уменьшению пластичности. Величина зерна влияет на пластичность при холодном деформировании. Чем меньше размер зерна, тем прочнее металл и ниже его пластичность. При горячем деформировании размер зерна не сказывается на пластичности.

Пластичность материала увеличивается при его нагреве. Различают холодное и горячее деформирование в зависимости от соотношения температур процесса и рекристаллизации. При холодном деформировании температура обработки меньше температуры рекристаллизации, а при горячем – наоборот.

Нагрев до температурыковки в 10 – 15 раз уменьшает сопротивление деформированию по сравнению с процессом в холодном состоянии. Нагрев деталей из углеродистых сталей до 350 °С не увеличивает, а снижает пластичность, а нагрев более 700 °С приводит к появлению окалины. Поэтому нагрев таких сталей целесообразен в указанном интервале температур.

При восстановлении деталей машин пластическим вытеснением материала основным технологическим режимом является усилие выдавливания. При расчете данных усилий учитывается то, что пластическая деформация наступает тогда, когда напряжения сдвига в материале детали превышают предел его упругости. В то же время, наряду с пластической деформацией присутствует и упругая деформация, в результате действия которой размеры детали в конечный момент нагружения отличаются от размеров после снятия нагрузки.

Восстановление размеров элементов деталей пластическим вытеснением за счет перемещения материала включает подготовку детали, нагрев (при необходимости), приложение деформирующего усилия и последующую обработку.

Подготовка детали к деформированию представляет собой отжиг или высокотемпературный отпуск. В некоторых случаях заготовку непосредственно перед деформированием на-

гревают до температурыковки.

Процессы перемещения материала при пластическом деформировании классифицируют в зависимости от соотношения направления внешних сил и деформаций: осадка, раздача, обжатие, вытяжка и вдавливание (рис. 1).

Осадка (см. рис. 1, а) применяется для увеличения наружного размера сплошных деталей.

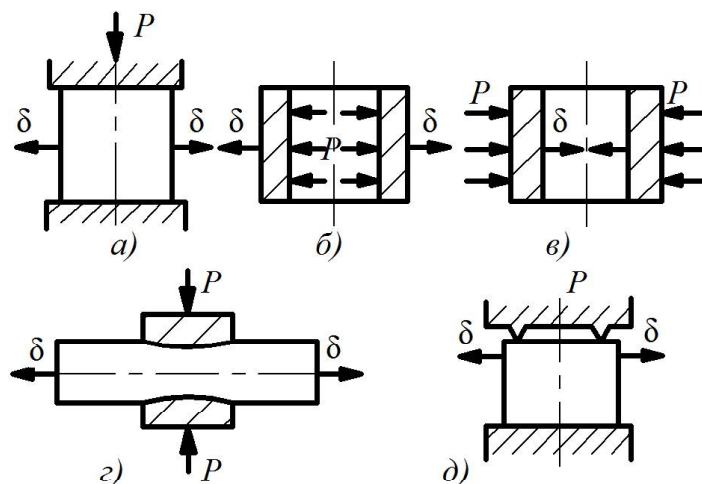


Рис. 1. Способы восстановления размеров деталей:  
 а – осадка; б – раздача; в – обжатие; г – вытяжка; д – вдавливание

Направления действующих сил и деформаций при раздаче (см. рис. 1, б) совпадают и направлены изнутри детали. Раздачу применяют для восстановления по наружному диаметру поршневых пальцев, чашек дифференциала, втулок и других деталей с нежесткими требованиями к внутренним размерам.

При обжатии (см. рис. 1, в) направления действующих сил и деформаций совпадают, но направлены внутрь детали. Этот способ применяют при восстановлении внутренней поверхности детали с нежесткими требованиями к наружному размеру.

Вытяжку (см. рис. 1, г) применяют для увеличения длины детали за счет уменьшения ее поперечного сечения. Вытяжкой восстанавливают, например, размеры толкателей при износе торцовых поверхностей.

Вдавливание (см. рис. 1, д) объединяет в себе признаки осадки и раздачи. Одновременное протекание осадки и раздачи сохраняет длину детали, что является преимуществом способа. Вдавливание применяют при восстановлении зубьев шестерен, шлицев и других поверхностей деталей. Как правило, процесс ведут при высокой температуре нагрева (до 680...920 °С). Частным случаем вдавливания

При осадке действие силы  $P$  перпендикулярно к направлению деформации  $\delta$ . В результате воздействия площадь поперечного сечения детали увеличивается вследствие уменьшения ее высоты. Способ применяют для восстановления диаметров пальцев, коротких осей при нежестких требованиях к их длине.

является накатка (рис. 2).

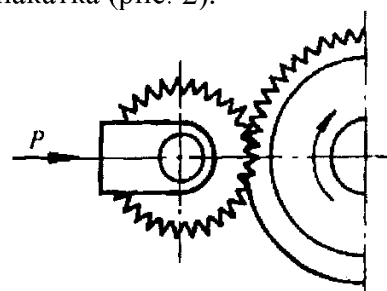


Рис. 2. Накатка поверхности

Ее применяют для увеличения наружного или уменьшения внутреннего размера деталей за счет вытеснения металла из отдельных участков рабочих поверхностей. Накатку применяют для восстановления размеров шеек и отверстий под подшипники, а также подшипников, залитых свинцовистой бронзой. Образовавшиеся лунки заливают баббитом для восстановления несущей способности антифрикционного слоя. Поверхности накатывают специальным инструментом – зубчатым роликом с прямыми или косыми зубьями.

Наиболее перспективным восстановлением соединений, величина износа которых составляет 0,004...0,02 мм, представляется увеличение наружного диаметра за счет высоты наплывов,

образующихся по краям микроканалов при формировании рельефа поверхностей пластическим деформированием. При этом удается решить одновременно две задачи: восстановить размер и придать обработанной поверхности положительные антифрикционные свойства (наличие маслосъемных каналов предотвращает в эксплуатации сухое трение и связанные с ним задиры контактирующих поверхностей, их заклинивание).

Одним из методов восстановления такой малой величины износа поверхностей деталей машин пластическим деформированием является алмазное выдавливание. При восстановлении алмазным выдавливанием в качестве инструмента применяются, как правило, выглаживатели из синтетического алмаза марки АСПК (Нормаль ВНИИАЛМАЗа ОН 037-103-67). Инструмент применяется с рабочей частью конуса, имеющей радиус сферы такой же, как и для алмазного выглаживания. В отличие от выглаживания, которое проводится для упрочнения поверхностного слоя и уменьшения высотных параметров шероховатости, при выдавливании величина подачи составляет 0,3...1,5 мм/об. В зависимости от условий эксплуатации восстанавливаемых поверхностей деталей машин величина подачи инструмента может устанавливаться непрерывно, и на поверхности будет образовываться винтовая линия, либо восстановление производится образованием на поверхности деталей замкнутых кольцевых канавок.

Алмазное выдавливание, например, можно применять для восстановления изношенных поверхностей прецизионных направляющих скольжения (восстановление с образованием винтовой канавки) или деталей плунжерных пар (восстановление с образованием кольцевых канавок) и др.

При проведении экспериментов по восстановлению алмазным выдавливанием наружных цилиндрических поверхностей трения в качестве инструмента применялся выглаживатель из синтетического алмаза марки АСПК-3. В результате обработки данных, после определения коэффициентов уравнения, проверки на адекватность уравнения, имеем следующую зависимость величины восстановленного размера от условий обработки:

$$\Delta d = \frac{2,46 \cdot 10^{-3} \cdot P^{0,388}}{r^{1,063} \cdot s^{0,169}}, \quad (1)$$

где  $\Delta d$  – величина восстановленного размера, мм;  $P$  – усилие выдавливания, Н;  $r$  – радиус инструмента, мм;  $s$  – подача инструмента, мм/об.

Инструментальная оснастка для проведения экспериментов по алмазному выдавливанию представлена на рис. 3.

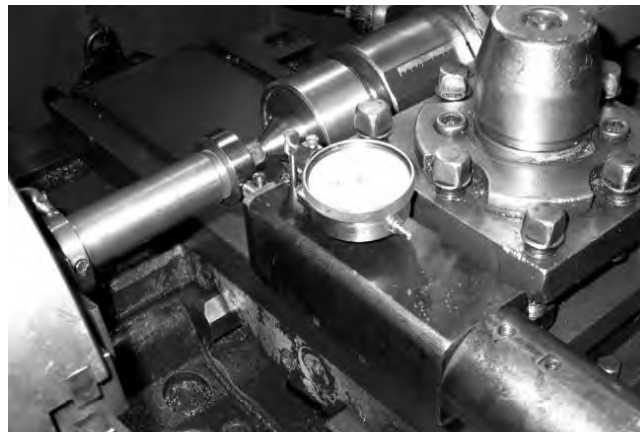


Рис. 3. Оснастка для проведения экспериментов по алмазному выдавливанию

Учитывая, что алмазное выдавливание не является окончательной размерной обработкой для получения требуемого размера, после операции восстановления образцы подвергались отделочной обработке. В качестве окончательной отделочной обработки был предложен метод доводки. По рекомендациям справочных данных был выбран материал притира серый чугун СЧ-15. Форма притира для данных образцов – разрезное кольцо. Абразивный материал – алмазная паста АСМ зернистостью 20/14. Обработка осуществлялась на токарном станке вручную. Величина снимаемого припуска составляла 0,002...0,01 мм.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что алмазное выдавливание с последующей доводкой позволяет эффективно восстанавливать размер цилиндрических деталей на 0,004...0,02 мм. Причем наибольшее влияние на величину восстановленного размера оказывает радиус инструмента и усилие выдавливания, менее значимо влияние величины продольной подачи инструмента.

Еще одним технологическим методом восстановления рабочих поверхностей трения является электромеханическая обработка (ЭМО) [1 – 3].

Высадка металла при восстановлении ЭМО осуществляется за счет внедрения инструмента, который представляет собой слегка притупленный клин с подводом к инструменту

и детали электрического тока для увеличения выдавливаемого материала и одновременного процесса закалки при подаче охлаждения в зону обработки. Схема процесса представлена на рис. 4.

Очевидно, что для достижения максимальной величины высадки, а, следовательно, и для достижения минимального предела текучести восстанавливаемого материала, необходимо подводить к месту контакта инструмента максимальную силу тока. Однако выбор силы тока ограничивается его прочностью и стойкостью. Для материала выбора инструмента, был проведен ряд экспериментов и определены значения максимальной силы тока, исходя из его стойкости, и минимальное значение, при котором начинало заметно сказываться его влияние, а также, исходя из технологических возможностей установки.

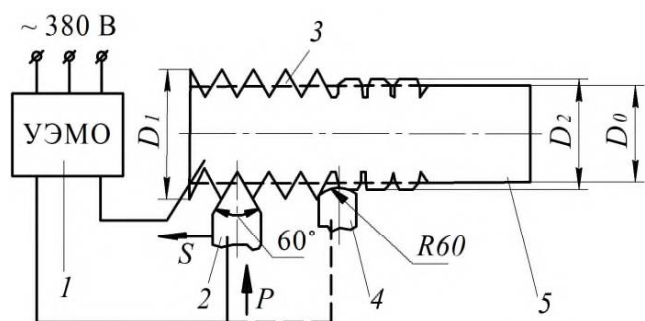


Рис. 4. Схема процесса восстановления размера детали при ЭМО:

1 – установка для электрохимической обработки; 2 – выдавливающий ролик; 3 – выдавленный профиль; 4 – сглаживающий ролик; 5 – деталь;  $D_0$  – диаметр после сглаживания;  $D_1$  – диаметр после высадки;  $D_2$  – диаметр до высадки

Как показали многие исследования, с увеличением угла заточки инструмента величина выдавливания уменьшается. Объясняется это тем, что с увеличением угла заточки уменьшается радиальная составляющая давления. Однако его уменьшение на угол, меньший  $45^\circ$ , приводит к существенному снижению стойкости инструмента, сопровождающемуся его хрупким разрушением.

Т. к. инструмент для восстановления изношенных деталей электрохимической обработкой (выдавливанием, наваркой) работает в жестких условиях (высокие температурные и силовые нагрузки), а также при этом способе восстановления необходима высокая электрическая проводимость материала инструмента и достаточная износостойкость контактной по-

верхности, то наиболее целесообразным является применение в качестве материалов инструмента термостойких бронз типа БрХ 0,7; жаропрочных сталей типа 95Х18; тугоплавких металлов с насыщением объема материалами на основе меди (псевдосплавы).

В качестве инструмента для электрохимической обработки могут применяться как пластины, работающие в условиях трения скольжения, так и ролики, работающие в условиях трения качения. Однако, как показали исследования, стойкость выдавливающего инструмента может быть повышена за счет применения вращающегося инструмента (ролика) и его обильного охлаждения.

Из анализа стойкостных зависимостей инструмента по литературным данным и на основе собственных экспериментальных исследований, проведенных на инструменте из быстрорежущей стали Р6М5, жаропрочной стали 95Х18, твердого сплава ВК8 принята рациональная геометрия заточки инструмента: угол заточки  $50 \dots 60^\circ$ ; радиус высаживающей кромки  $0,1 \dots 0,2$  мм.

Инструмент и оснастка для электрохимического выдавливания приведены на рис. 5 и рис. 6.

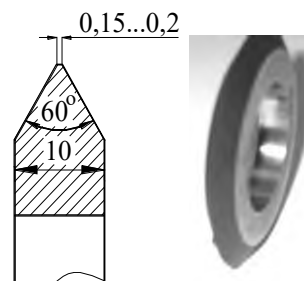


Рис. 5. Инструмент для электрохимического выдавливания из стали 95Х18



Рис. 6. Инструментальная оснастка при восстановлении электрохимической обработкой:

1 – ролик для выдавливания ЭМО; 2 – ролик для наварки и упрочнения ЭМО; 3 – ось роликов; 4 – вилка; 5 – пружинная державка; 6 – трубка для подвода охлаждения; 7 – оправка для роликов

В результате проведения экспериментов и обработки их результатов была получена эмпирическая зависимость величины восстановленного размера от условий обработки, которая имеет следующий вид:

$$\Delta d = \frac{4,873 \cdot 10^{-5} \cdot I^{0,602} \cdot P^{0,485} \cdot i^{0,572}}{s^{0,571}}, \quad (2)$$

где  $\Delta d$  – величина восстановленного размера, мм;  $P$  – сила выдавливания, Н;  $I$  – величина силы тока, А;  $i$  – число рабочих ходов;  $s$  – подача инструмента, мм/об.

В качестве окончательной отделочной обработки, после операции восстановления была выбрана доводка чугуновой колодкой с нанесением алмазной пасты. Величина снимаемого припуска составляла 0,01...0,03 мм.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что электромеханическое выдавливание с последующей доводкой позволяет эффективно восстанавливать размер наружных цилиндрических поверхностей на 0,02...0,1 мм.

При необходимости восстановления больших величин износа применяют добавочные материалы, наносимые на восстанавливаемые поверхности различными способами.

Так, например, при восстановлении размеров деталей на величину до 0,2...0,4 мм в качестве добавочного материала используют различные порошки. Порошок наносят на восстанавливаемую поверхность несколькими способами: обмазкой, свободным просыпанием в зону контакта инструмента и заготовки, удержанием порошка в зоне контакта с помощью электромагнитного поля.

На базе предварительных исследований, был проведен ряд экспериментов по выбору связующего компонента для обмазки. Эксперименты проводились с использованием этилсиликата (жидкое стекло), цапон лака, графитной смазки. Дополнительный материал (порошок) перемешивался со связующим компонентом в соотношении 1:1, и наносился равномерным слоем на восстанавливаемую поверхность. В результате проведенные эксперименты позволили выбрать в качестве связующего компонента, при нанесении порошка на поверхность обмазкой, графитную смазку, как пластичный, электропроводный материал, дающий удовлетворительные результаты по качеству наваренного слоя.

Для получения более равномерного слоя рекомендуется наносить тонкий слой связующего компонента на восстанавливаемую поверхность, а потом наносить дополнительный материал путем его свободного просыпания на обмазанную поверхность.

В качестве рабочего инструмента при проведении данных экспериментов применялись ролики из бронзы марки БРХ 0,7 и псевдосплава карбида вольфрама с медью. После наварки трех слоев производилось упрочнение восстановленного слоя путем прохождения инструментом на тех же режимах с подачей СОТС поливом в зону обработки.

В результате обработки данных, после определения коэффициентов уравнений и проверки их на адекватность были получены следующие зависимости величины восстановленного размера  $\Delta d$  (мм) от условий обработки: при наварке бронзовым роликом с обмазкой:

$$\Delta d = \frac{419,95 \cdot v^{0,244}}{P^{0,158} \cdot I^{0,753}} \quad (3)$$

и при наварке псевдосплавным роликом с обмазкой:

$$\Delta d = \frac{3626,6 \cdot v^{0,125}}{P^{0,485} \cdot I^{0,758}} \quad (4)$$

Т. о., результаты проведенных исследований показали, что электромеханическая наварка дополнительного материала (порошка), наносимого обмазкой, бронзовым и псевдосплавным роликами позволяет эффективно восстанавливать размер наружных цилиндрических поверхностей (с последующей отделочной обработкой алмазным точением или шлифованием) на 0,1...0,3 мм. При данном способе восстановления основное влияние на величину восстановленного размера оказывает величина силы тока. Данный фактор будет сказываться на качестве сцепления частиц порошка между собой и с основным материалом, а также на величине пористости покрытия.

При нанесении дополнительного материала (порошка) на восстанавливаемую поверхность обмазкой, получается покрытие с очень большой пористостью. Это вызвано наличием так называемого «третьего тела» – графитной смазки, которая при наварке из-за высоких температур выгорает в зоне контакта инструмента и слоя дополнительного материала.

Для улучшения качества восстановленного слоя (уменьшения его пористости и лучшего припекания к поверхности), предлагается изба-

виться от «третьего тела» путем нанесения порошка свободным просыпанием из бункера. Однако при таком способе нанесения дополнительного материала происходит очень большой его перерасход. Поэтому, для избегания данного недостатка, предлагается использовать элек-

тромагнитное поле для удержания порошка в зоне наварки.

Для проведения экспериментов с таким способом нанесения дополнительного материала было разработано и изготовлено специальное приспособление, представленное на рис. 7.

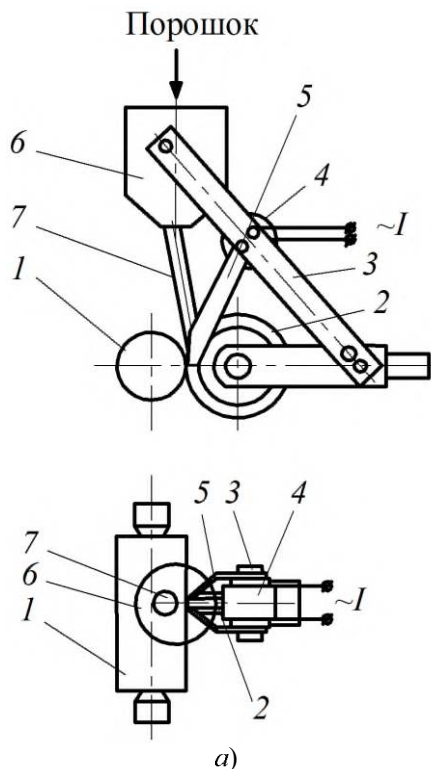


Рис. 7. Приспособление для подачи и удержания порошка в зоне наплавки:

*а* – схема приспособления: 1 – заготовка; 2 – инструмент; 3 – направляющие; 4 – электромагнит; 5 – удлинительные планки; 6 – бункер; 7 – сопло;  
*б* – общий вид приспособления

После наварки восстановленный слой упрочнялся путем прохождения инструментом с теми же режимами и поливом СОТС в зону обработки.

После определения коэффициентов уравнения, проверки на адекватность, имеем следующую зависимость величины восстановленного размера от условий обработки:

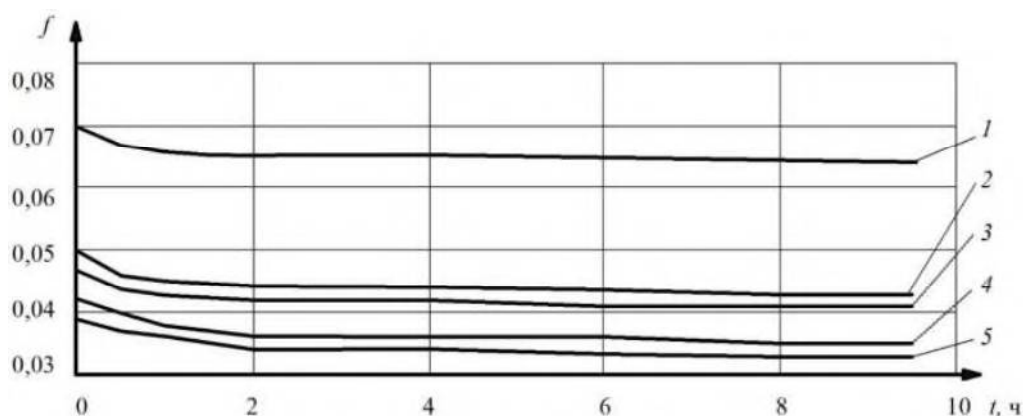
$$\Delta d = \frac{35,555 \cdot s^{0.594}}{p^{0.208} \cdot I^{0.351}} \quad (5)$$

После операции восстановления поверхности деталей подвергаются отделочной обработке для получения требуемого размера. Для поверхностей, восстановленных электрохимической обработкой с дополнительным металлом, в качестве отделочной обработки рекомендуются алмазное точение, получистовое и чистовое шлифование. Величина снимаемого припуска составляет 0,1...0,3 мм.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что электрохимическая наварка дополнительного материала (порошка) с использованием электромагнитного поля позволяет эффективно восстанавливать размер наружных цилиндрических поверхностей с последующим шлифованием на 0,2...0,4 мм.

После восстановления изношенных поверхностей трения естественно возникает вопрос, как они будут себя вести в парах трения. Для этого исследованию были подвергнуты как исходные образцы термообработанные и нетермообработанные, так и восстановленные по предложенным технологиям.

Результаты измерений коэффициентов трения в процессе изнашивания образцов представлены на рис. 8.



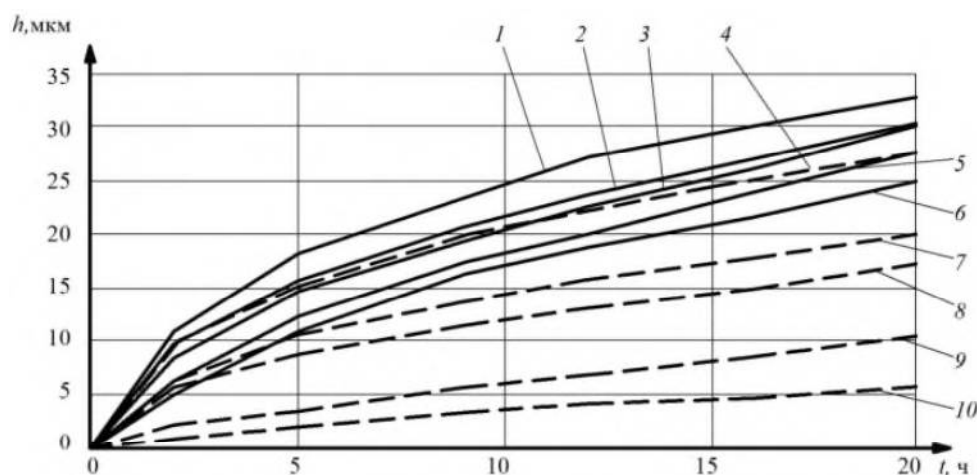
**Рис. 8. Коэффициент трения скольжения при различных методах восстановления:**

1 – образец нетермообработанный; 2 – образец, восстановленный электромеханическим выдавливанием; 3 – образец, восстановленный алмазным выдавливанием; 4 – образец после объемной закалки; 5 – образец, восстановленный наваркой ЭМО с электромагнитным полем

Их анализ показывает, что примерно через два часа после начала испытаний заканчивается процесс приработки на уровне микрогеометрии поверхностного слоя, т.е. формируются параметры равновесной шероховатости поверхности. Как видно из графиков, коэффициент трения с образцом, восстановленным наваркой ЭМО с подачей порошка в электромагнитном поле несколько меньше, чем у образца

после объемной закалки. Это объясняется пористостью наваренного слоя. Данные поры на рабочей поверхности трения образца выступают в роли масляных карманов, в которых удерживается смазочный материал и продукты износа.

Графики износа образцов приведены на рис. 9.



**Рис. 9. Графики зависимости износа от времени:**

1 – суммарный износ с нетермообработанными образцами; 2 – суммарный износ с образцом, восстановленным выдавливанием ЭМО; 3 – суммарный износ с образцом, восстановленным алмазным выдавливанием; 4 – износ образцов нетермообработанных; 5 – суммарный износ с образцом, восстановленным наваркой ЭМО с электромагнитным полем; 6 – суммарный износ с образцом после объемной закалки; 7 – износ образцов, восстановленных выдавливанием ЭМО; 8 – износ образцов, восстановленных алмазным выдавливанием; 9 – износ образцов, восстановленных наваркой ЭМО с электромагнитным полем; 10 – износ образцов после объемной закалки

Обработка полученных результатов позволила определить величину износа образцов в период приработки и интенсивность изнашива-

ния образцов в период нормального изнашивания (табл. 1).



1. Результаты экспериментов на изнашивание

Метод обработки	Величина износа $h$ в период приработки $L = 1269$ м, мкм	Интенсивность изнашивания $I$ (средние значения) в период нормального изнашивания	Класс износостойкости
Образцы нетермообработанные	15,2	$3,289 \cdot 10^{-9}$	VIII
Образцы, восстановленные выдавливанием ЭМО	10,5	$2,428 \cdot 10^{-9}$	
Образцы, восстановленные алмазным выдавливанием	8,8	$2,193 \cdot 10^{-9}$	
Образцы, восстановленные наваркой ЭМО с электромагнитным полем	3,4	$1,775 \cdot 10^{-9}$	
Образцы после объемной закалки	1,8	$1,07 \cdot 10^{-9}$	

Анализ полученных результатов сравнительных испытаний показывает, что предложенные технологии восстановления позволяют обеспечить износостойкость восстановленной детали, практически равную износостойкости новой детали.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Инженерия поверхности деталей / под ред. А.Г. Суслова. М.: Машиностроение, 2008. 320 с.
2. Суслов А.Г., Говоров И.В., Щербаков А.Н. Экономичная система технологического обеспечения долговечности поверхностей трения изделия // Тяжелое машиностроение. 2004. №5. С. 16–18.

3. Щербаков А.Н. Электромеханическое восстановление наружных поверхностей вращения // Справочник. Инженерный журнал. Приложение. 2004. №4. С. 63–64.

REFERENCES

1. Engineering of the surface of parts / ed. A.G. Suslova. - M.: Mashinostroenie, 2008. - 320 p.
2. Suslov A.G., Govorov I.V., Shcherbakov A.N. Economic system of technological support for the durability of friction surfaces of a product // Heavy Machine Building. - 2004. No. 5. - P. 16–18.
3. Shcherbakov A.N. Electromechanical restoration of external surfaces of rotation // Handbook. Engineering Journal. Appendix. - 2004. - No. 4. - P. 63–64.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.12.2022; одобрена после рецензирования 26.12.2022; принята к публикации 17.01.2023.

The article was submitted 26.12.2022; approved after reviewing 26.12.2022; assepted for publication 17.01.2023.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-903-592-87-39, 8-903-868-85-68.

E-mail: naukatm@yandex.ru, editntm@yandex.ru

Вёрстка С.В. Морозов. Редактор Е.В. Лукашова. Технический редактор С.В. Морозов.

Сдано в набор 17.02.2023. Выход в свет 28.02.2023.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,58.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» 241035,

Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16

