

3. Жгунова П.А. Повышение конкурентоспособности компаний на основе логистического подхода / П.А. Жгунова // Рязанский государственный радиотехнический университет. – 2019. – С. 152–154.

УДК 620.186.5

## КОМБИНИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

*Студент – Новик В.С., 41 тс, 3 курс, ФТС  
Научный*

*руководитель – Акулович Л.М., д.т.н., профессор  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** На основе анализа энергетического воздействия при упрочнении поверхностей деталей машин показано, что большими потенциальными возможностями обладают технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии. Показано, что совмещение магнитно-электрического упрочнения с поверхностным пластическим деформированием позволяет использовать технологическое тепло электродуговых разрядов для разогрева неровностей поверхностного слоя и последующего их сглаживания.

**Ключевые слова:** упрочнение, деформация, ферромагнитный порошок, прочность сцепления, магнитный поток.

Наиболее часто встречаемая причина выхода из строя деталей сельскохозяйственной техники – износ их поверхностей до 0.6 мм, причем около 50 % отбракованных деталей имеют износ не более 0.1 мм. Разнообразие условий работы машин и видов изнашивания деталей обусловило появление множества технологий восстановления и упрочнения изношенных поверхностей, каждый из которых имеет свою рациональную область применения и не может претендовать на универсальность.

Системная модель технологии восстановления и упрочнения в общем виде может быть представлена сочетанием входных потоков вещества, энергии, информации, а способ обработки – в виде подсистем: энергетической и информационной. Первая доставляет и преобразует энергию, необходимую для воздействия на материал заготовки с целью изменения его физико-механических свойств. Вторая управляет потоками энергии и вещества, обеспечивая их доставку в необходимом количестве в заданное место рабочего пространства с целью обеспечения требуемых формы, размеров и свойств поверхности детали. Процесс энергетического

воздействия (ПЭ) осуществляется в несколько этапов. На первом этапе подводимая энергия преобразуется в рабочую Эраб с помощью технологического оборудования. На втором этапе рабочая энергия превращается в энергию воздействия Эвозд на обрабатываемую поверхность. На третьем этапе энергия воздействия приводит к образованию физико-химических механизмов Мф.х обработки заготовки, являющихся главным элементом формирования параметров процесса обработки (производительность, энергозатраты, качество поверхности и т. п.):

$$\text{ПЭ} = \{ \text{Эраб} \Rightarrow \text{Эвозд} \Rightarrow \text{Мф.х} \}. \quad (1)$$

Энергия Эраб характеризуется составляющими: способом подвода энергии в пространстве  $R_{c.p.э}$ , видом распределения энергии во времени  $R_{p.э}$ , кинематикой движений  $R_k$ :

$$\text{Эраб} = \{ R_{c.p.э}, R_{p.э}, R_k \}. \quad (2)$$

Признаки для  $R_{c.p.э}$  – точечный, линейный, поверхностный, объемный источник; для  $R_{p.э}$  – непрерывное, пульсирующее, импульсное воздействие; для  $R_k$  – прямолинейное, вращательное, два прямолинейных, вращательно-поступательное движение или его отсутствие.

Большими потенциальными возможностями обладают технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии, что практически исключает коробление деталей, вызванное температурными деформациями. Анализ таких технологий по обобщенным параметрам согласно (1) и (2) показывает, что магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) по сравнению с аналогами имеет ряд достоинств [1]: не требуется специальной подготовки поверхности детали перед упрочнением; применяется простое в обслуживании металлообрабатывающее

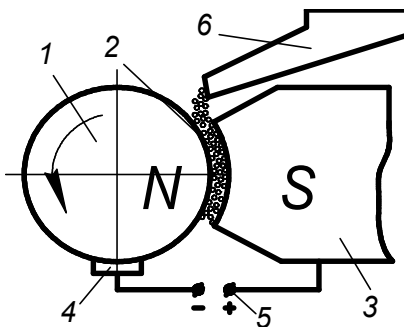


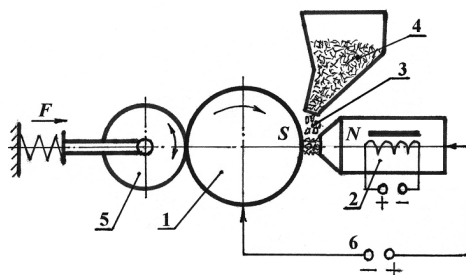
Рисунок 1 – Схема МЭУ  
наружных цилиндрических  
поверхностей

оборудование; легко поддается автоматизации, поскольку электрические и магнитные потоки энергии просты в реализации и удобны в управлении.

При МЭУ (рисунок 1) заготовку 1 и полюсный наконечник 3 электромагнита располагают с определенным зазором между собой и подключают их к источнику импульсного тока 5 с помощью скользящего контакта 4. В зазор из бункера 6 подают ферромагнитный порошок,

частицы которого выстраиваются в токопроводящие “цепочки” 2. Частицы ферропорошка, которые находятся в контакте с поверхностью детали, под действием электрических разрядов расплавляются и расплав наносится на упрочняемую поверхность.

Наибольший эффект получен при совмещении МЭУ с поверхностным пластическим деформированием (ППД) (рисунок 2). При этом для разогрева поверхностного слоя используется технологическое тепло, образовавшееся от прохождения энергии электрических разрядов через пятно контакта частиц порошка. В результате такого комбинированного упрочнения осуществляется нагрев неровностей поверхности, их деформирование и сглаживание.



1 – заготовка; 2 – электромагнит; 3 – ферромагнитный порошок;  
4 – бункер-дозатор; 5 – деформирующий инструмент; 6 – источник разрядного тока

Рисунок 2 – Схема комбинированного магнитно-электрического упрочнения и поверхностного пластического деформирования

На упрочняемую поверхность одновременно воздействуют электромагнитные и термомеханические потоки энергии, а также потоки вещества. Процессы формирования упрочненных поверхностей деталей носят, в основном, термомеханический характер, а электромагнитные потоки вследствие простоты их формирования и удобства в управлении наиболее технологичны. При этом происходят диффузионные процессы легирования поверхностного слоя материала основы как элементами материала порошка, так и элементами присадок в транспортирующей среде. Это обеспечивают высокую прочность сцепления наносимых материалов с металлом основы [2].

Проведенные исследования [1-3] показали, что при термомеханическом формировании поверхностного слоя при восстановлении и упрочнении цилиндрических поверхностей деталей с износом 0.1...0.6 мм обеспечивается высокая прочность сцепления покрытия с основным металлом без предварительной подготовки поверхности, что способствует повышению износостойкости упрочненных поверхностей.

Опираясь на результаты проведенных исследований, можно констатировать, что процессы термомеханической обработки в электромагнитном поле целесообразно применять для упрочнения и восстановления:

- деталей, контактирующих с внешней абразивной средой;
- деталей для узлов агрегатов и машин, используемых для разделки материалов, содержащих слабосвязанную абразивную массу;
- деталей быстроходных узлов, использующих эффект масляного клина (шпиндели шлифовальных станков);
- посадочных мест под подшипники;
- крупногабаритных деталей, у которых интенсивному износу подвержены лишь небольшие поверхности.

#### **Список использованных источников**

1. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л.М. Акулович. – Новополоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
2. Хейфец М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки. – М. : Машиностроение, 2005. – 272 с.
3. Акулович Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.

**УДК 621.833**

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

*Студент – Курило Д.Н., 40 тс, 4 курс, ФТС  
Научный*

*руководитель – Акулович Л.М., д.т.н., профессор  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** На основе анализа современных методов изготовления зубчатых колес установлены инновационные схемы обработки на станках с ЧПУ и режущие инструменты, реализующие формирование зубчатого профиля на операциях зубофрезерования, шлифования и хонингования.

**Ключевые слова:** метод обкатки, зубошлифование, хон, зубофрезерование, хонингование.

Одним из основных требований, предъявляемых к зубчатым передачам является малозумность их работы. С другой стороны, тенденция