

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Л. М. Акулович, А. В. Миранович

**МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ
ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Минск
БГАТУ
2016

Акулович, Л. М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л. М. Акулович, А. В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с. : ил. – ISBN 978-985-519-817-9.

Приведены особенности технологии магнитно-электрического упрочнения поверхностей деталей, подверженных абразивному изнашиванию. Описан механизм формирования покрытий и упрочнения поверхностного слоя при совместных интенсивных воздействиях концентрированными потоками энергии магнитного поля и электрических разрядов. Показаны влияние в рабочем зазоре суперпозиции импульсов электрических разрядов и магнитного поля на стабилизацию процесса упрочнения, а также зависимость износостойкости покрытий от технологических параметров. Предлагается методика определения конструктивных параметров магнитной системы для устройств магнитно-электрического упрочнения.

Для научно-технических работников, занимающихся разработкой технологий упрочняющей обработки поверхностей деталей машин. Будет полезна студентам, аспирантам и магистрантам машиностроительных специальностей учреждений высшего образования.

Табл. 26. Ил. 77. Библиогр.: 186 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом
Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет» (протокол № 1 от 25 февраля 2016 г.)

Рецензенты:

заведующий НИИЛ «Лазерных и плазменных технологий»
НИЧ Белорусского национального технического университета,
доктор технических наук, профессор *О. Г. Девойно*;
ведущий научный сотрудник НИИ МЭСХ
Белорусского государственного аграрного технического университета,
кандидат технических наук, доцент *Г. Ф. Бетенья*

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	10
1.1. Технологии нанесения материалов покрытий.....	10
1.2. Специальные способы упрочнения и восстановления поверхностей деталей.....	15
1.3. Использование энергии электромагнитного поля в процессах упрочнения и восстановления металлических поверхностей.....	18
1.4. Способы магнитно-электрического упрочнения.....	23
1.5. Источники тока и виды магнитных систем в устройствах магнитно-электрического упрочнения.....	35
1.6. Направления совершенствования технологии магнитно-электрического упрочнения.....	48
2. ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ УПРОЧНЕНИИ.....	52
2.1. Физические основы нанесения покрытий при магнитно-электрическом упрочнении.....	52
2.1.1. Формирование рельефа поверхности в процессе магнитно-электрического упрочнения.....	52
2.1.2. Кинетика частиц ферромагнитного порошка.....	55
2.1.3. Тепловые процессы в рабочей зоне при воздействии энергии электромагнитного поля.....	70
2.1.4. Модели тепловых процессов в поверхностном слое упрочняемой детали.....	73
2.2. Влияние вида источника технологического тока на стабильность процесса магнитно- электрического упрочнения.....	78

2.3. Влияния внешнего магнитного поля на формирование в рабочем зазоре цепочек-микроэлектродов из частиц ферромагнитного порошка.....	86
2.3.1. Теоретические исследования влияния внешнего магнитного поля на формирование цепочек-микроэлектродов из частиц ферромагнитного порошка в рабочем зазоре.....	86
2.3.2. Экспериментальные исследования процесса магнитно-электрического упрочнения.....	99
2.4. Исследования магнитной системы из постоянных магнитов.....	107
2.4.1. Выбор материала для постоянных магнитов.....	108
2.4.2. Расчет параметров магнитной системы.....	109
2.4.3. Оптимизация конструктивных параметров магнитной системы.....	114
2.4.4. Определение вида конфигурации магнитопровода.....	116
2.5. Экспериментальное исследование стабильности характеристик постоянного магнитного поля.....	122
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ.....	129
3.1. Моделирование процесса магнитно-электрического упрочнения.....	129
3.2. Влияние технологических факторов на параметры оптимизации.....	133
3.3. Оптимизация технологических режимов магнитно-электрического упрочнения.....	137
4. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ.....	140
4.1. Оборудование и материалы, применяемые для нанесения покрытий.....	140
4.2. Исследование физико-механических свойств покрытий.....	142
4.2.1. Методики проведения исследований физико-механических свойств покрытий.....	142

4.3. Микроструктура, фазовый состав и свойства покрытий.....	148
4.3.1. Микроструктура покрытий.....	148
4.3.2. Тонкие исследования покрытий.....	153
4.3.2.1. Рентгенофазовый анализ.....	153
4.3.2.2. Рентгеноструктурный анализ.....	154
4.3.3. Микрорентгеноспектральный анализ покрытий.....	155
4.3.4. Микротвердость поверхностного слоя.....	158
4.3.5. Сплошность, пористость и разнотолщинность покрытий, трещинообразование.....	160
4.4. Износостойкость упрочненных поверхностей.....	168
4.4.1. Методика проведения исследования износостойкости покрытий.....	170
4.4.2. Износостойкость покрытий в условиях трения скольжения.....	176
4.4.3. Износостойкость покрытий в условиях трения качения с проскальзыванием.....	179
4.5. Остаточные напряжения в упрочненном поверхностном слое.....	189
5. ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ.....	211
5.1. Технологический процесс магнитно-электрического упрочнения.....	212
5.2. Перспективы развития технологии магнитно- электрического упрочнения и восстановления цилиндрических поверхностей деталей.....	216
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	218
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	220