

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев, В. Я. Лебедев**

## **ОСНОВЫ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Минск  
БГАТУ  
2012

УДК 621.923

**Акулович, Л. М.** Основы магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев, В. Я. Лебедев. – Минск : БГАТУ, 2012. – 316 с. : ил. – ISBN 978-985-519-544-4.

Приведены основные закономерности формирования в процессе магнитно-абразивной обработки поверхностей деталей машин различной геометрической формы с позиций явлений синергетизма. Описаны механизмы формирования и топография магнитного поля в рабочей зоне при магнитно-абразивной обработке металлических поверхностей. Представлены результаты исследований режущих и магнитных свойств ферроабразивных порошков, а также технологии их изготовления, активирующих технологических сред на интенсивность съема материала, синергетизм свойств металлических поверхностей при магнитно-абразивной обработке.

Предназначена для научно-технических работников, занимающихся разработкой технологий финишной обработки поверхностей деталей машин. Будет полезна аспирантам и студентам машиностроительных специальностей высших учебных заведений.

Табл. 39. Ил. 113. Библиогр.: 114 назв.

Рецензенты:

профессор, доктор технических наук *М. Л. Хейфец*,  
профессор, кандидат технических наук *Г. Я. Беляев*

ISBN 978-985-519-544-4

© БГАТУ, 2012

112. *Шатуров, Г. Ф.* Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей / Г. Ф. Шатуров, Ж. А. Мрочек. – Минск : УП «Технопринт», 2001. – 460 с.

113. *Барон, Ю. М.* Характеристика поверхностного слоя закаленных инструментальных сталей, подвергнутых магнитно-абразивной обработке / Ю. М. Барон. – Ленинград, 1983. – 12 с. – Деп. в НИИмаше, № 93.

114. *Миркин, Л. И.* Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л. И. Миркин. – Москва : Изд. физ.-мат. лит., 1961. – 863 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1. ПРОЦЕССЫ ФИНИШНОЙ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ</b> .....	7
1.1. ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТАМИ С ЗАКРЕПЛЕННЫМИ АБРАЗИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ .....	8
1.2. ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ СВОБОДНЫМИ АБРАЗИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ .....	14
1.3. ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОДВИЖНО-КООРДИНИРОВАННЫМИ АБРАЗИВНЫМИ ЧАСТИЦАМИ .....	25
1.4. МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ	28
1.4.1. Особенности способа магнитно-абразивной обработки...	28
1.4.2. Механизм стружкообразования при МАО .....	32
1.4.3. Разновидности способов магнитно-абразивной обработки .....	41
1.4.4. Магнитно-абразивная обработка различных материалов .....	43
1.4.5. Магнитно-абразивная обработка поверхностей различной геометрической формы .....	49
1.4.6. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей .....	57
<b>2. ФОРМИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В ПРОЦЕССЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ</b> .....	67
2.1. ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ .....	67
2.2. АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РТС .....	68

2.3. ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ КОМПОНЕНТОВ РТС ПРИ МАО .....	73
2.4. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РТС ДЛЯ МАО СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ .....	78
2.5. ФЕРРОАБРАЗИВНЫЕ ПОРОШКИ ПРИ МАО .....	81
2.5.1. Структура и фазовый состав ФАП.....	81
2.5.2. Методы получения ФАП .....	84
2.5.3. Исследование и разработка ФАП на основе оксидов титана и ванадия.....	93
2.6. АКТИВИРУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ ПРИ МАО .....	102
2.6.1. Механизм действия активирующих технологических сред .....	102
2.6.2. Влияние активирующих технологических сред на процесс резания материалов.....	106
2.6.3. Физико-химические характеристики активирующих технологических сред и оптимизация их составов .....	110
2.6.4. Интенсификация создания СОТС для МАО цветных материалов .....	114
2.6.5. Обеспечение эффективности магнитно-абразивной обработки путем использования смазочно-охлаждающих технологических средств СинХО-2М.....	119
2.6.6. МАО с использованием смазочно-охлаждающих технологических средств на основе эмпикола .....	123
2.6.7. Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки путем применения смазочно-охлаждающих технологических средств «Пенол-1» и «Пенол-2».....	128
2.6.8. Магнитно-абразивная обработка цветных металлов с использованием СОТС «Аквапол-1».....	131
2.6.9. Использование смазочно-охлаждающих технологических средств на основе лигносульфонатов при магнитно- абразивной обработке .....	135
2.6.10. Смазочно-охлаждающее технологическое средство на основе оксиэтилированных алкилфенолов для магнитно-абразивной обработки алюминиевых сплавов.....	143

2.6.11. Смазочно-охлаждающее технологическое средство на основе «Неонола» для финишной обработки алюминиевых сплавов .....	147
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

### **3. ФОРМИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ПРИ МАО РАЗЛИЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ .....**

3.1. ТОПОГРАФИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	155
3.1.1. Исследование топографии магнитного поля матричными формами представления системы уравнений Максвелла ...	155
3.1.2. Исследование топографии магнитного поля решением системы дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутта .....	177
3.1.3. Исследование топографии магнитного поля методом конформных отображений .....	185
3.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ МАГНИТНО- АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	204
3.2.1. Магнитное поле при магнитно-абразивной обработке сферических поверхностей.....	204
3.2.2. Магнитно-абразивная обработка мелкозубчатых зубчатых колес .....	207
3.2.3. Финишная магнитно-абразивная обработка плоских поверхностей для достижения высокого коэффициента светоотражения .....	212
3.2.4. Финишная магнитно-абразивная обработка внутренних конических поверхностей для достижения высокого коэффициента светоотражения.....	218
3.2.5. Магнитно-абразивная обработка длинномерных изделий .....	223
3.2.6. МАО биметаллических наружных конических поверхностей .....	229
3.2.7. Прогнозирование магнитно-абразивной обработки средне- и крупномодульных зубчатых колес .....	236
3.2.8. Магнитно-абразивная обработка прерывистых поверхностей металлорежущего инструмента .....	246

3.3. РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИСТЕМ .....	252
3.3.1. Расчет электромагнитных систем для магнитно- абразивной обработки отверстий.....	253
3.3.2. Экспериментальное определение оптимального типа электромагнитной системы для МАО отверстий .....	259
<b>4. СИНЕРГЕТИЗМ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПРОЦЕССЕ МАО .....</b>	<b>264</b>
4.1. МЕХАНИЗМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ МАО .....	264
4.1.1. Физико-механические свойства поверхностного слоя рабочей поверхности зуба после магнитно-абразивной обработки и шлифования .....	264
4.1.2. Оценка массового съема металла с рабочих поверхностей зубьев колеса в процессе магнитно-абразивной обработки .....	266
4.1.3. Влияние формы и величины рабочего зазора на производительность процесса магнитно- абразивной обработки.....	267
4.1.4. Геометрическая форма наконечника для магнитно- абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей в плоскости вращения .....	268
4.1.5. Процесс резания ферроабразивным зерном рабочих поверхностей зуба в уплотненном состоянии во впадине зубчатого колеса.....	272
4.1.6. Влияние концентрации силовых линий магнитного поля на торцах зубьев на процесс обработки .....	279
4.2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПОСЛЕ МАО .....	283
4.3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ .....	292
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>296</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>299</b>