

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ  
И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ  
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ  
В СОВРЕМЕННОМ  
МАШИНОСТРОЕНИИ**



**ТОНКИЕ  
НАУКОЕМКИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

# **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов  
по образованию в области автоматизированного машиностроения  
(УМО АМ) в качестве учебного пособия для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся по направлениям  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»,  
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Старый Оскол  
ТНТ  
2021

**УДК 621**  
**ББК 30.61**  
**П 543**

Авторы:

Полянчиков Ю. Н., Схиртладзе А. Г., Воронцова А. Н.,  
Полянчикова М. Ю., Крайнев Д. В., Сидякин Ю. И.,  
Егоров Н. И.

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *А. М. Каунов*  
доктор технических наук, профессор *О. И. Драчев*

**П 543**    **Электрохимические и электрофизические методы  
обработки в современном машиностроении : учебное пособие /**  
Ю. Н. Полянчиков [и др.]. — Старый Оскол : ТНТ, 2021. —  
228 с. : ил.

**ISBN 978-5-94178-558-2**

Учебное пособие соответствует программе курса «Электрохимические и электрофизические методы обработки». Рассмотрены физические основы электроэрозионной обработки, разновидности электрофизических методов обработки, физические основы электрохимической обработки и примеры её применения. Приведены примеры и технологические возможности электрохимических, электрофизических и комбинированных методов обработки в современном машиностроении.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизация технологических процессов и производств».

**УДК 621**  
**ББК 30.61**

**ISBN 978-5-94178-558-2**

© Полянчиков Ю. Н., Схиртладзе А. Г.,  
Воронцова А. Н., Полянчикова М. Ю.,  
Крайнев Д. В., Сидякин Ю. И.,  
Егоров Н. И., 2021  
© Оформление. ООО «ТНТ», 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>ГЛАВА 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ (ЭЭО)</b> .....	7
1.1. Возникновение метода ЭЭО и его разновидности. Научная терминология в области ЭЭО .....	7
1.2. Общая характеристика методов ЭЭО .....	15
1.3. Теория процесса электроэрозионной обработки (ЭЭО) .....	20
1.4. Электрический разряд в жидком диэлектрике. Пробой рабочей среды .....	21
1.5. Электрический разряд в жидком диэлектрике. Разновидности рабочих разрядов .....	24
1.6. Первоначальное расширение канала разряда и создание газового пузыря .....	25
1.7. Процессы в столбе канала разряда .....	28
1.8. Эмиссия электронов с катода и поступление энергии на катод .....	31
1.9. Поступление энергии на анод .....	33
1.10. Тепловые задачи для электродов .....	35
1.11. Движение рабочей среды в межэлектродном промежутке (МЭП) и захват продуктов эрозии .....	39
<b>ГЛАВА 2. РАЗНОВИДНОСТИ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ</b> .....	42
2.1. Электроискровая обработка .....	42
2.2. Электроимпульсная обработка .....	43
2.3. Электроконтактная обработка .....	44
2.4. Электронно-лучевая обработка .....	46
2.5. Светолучевая (лазерная) обработка .....	47
2.6. Ультразвуковая обработка .....	49
2.7. Электроискровое легирование. Сущность. Классификация методов .....	51
2.8. Метод бесконтактного электроискрового легирования. Наложение электрического и магнитного полей. Электроискровое легирование в электролитной плазме .....	54
2.9. Совмещённое упрочнение .....	57
2.10. Физические основы плазменной обработки .....	58

### **ГЛАВА 3. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ (ЭХО)**

<b>И ПРИМЕРЫ ЕЁ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>69</b>
3.1. Разновидности ЭХО .....	69
3.2. Теория ЭХО. Электродные процессы .....	70
3.3. Катодные процессы .....	74
3.4. Анодные процессы .....	75
3.5. Гидродинамические процессы при ЭХО .....	77
3.6. Химические реакции в потоке при ЭХО .....	81
3.7. Подбор раствора при ЭХО .....	82
3.8. Выход по току при ЭХО .....	84
3.9. Виды ЭХО: ЭХ-шлифование, ЭХ-шлифование-полирование, ЭХ-глянцевание, ЭХ-полирование .....	86
3.10. Электрохимическая размерная обработка (ЭХРО) .....	88
3.11. Анодно-механическая обработка .....	93
3.12. Оборудование для ЭХ-размерной обработки .....	94
3.13. Типовые операции ЭХРО .....	96

### **ГЛАВА 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ В СОВРЕМЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ .....**

<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ .....</b>	<b>98</b>
4.1. Современные достижения электрохимических и электрофизических методов обработки .....	98
4.2. Комбинированные электрофизикохимические процессы обработки .....	106
4.3. Повышение срока службы деталей машин с помощью комбинированных электротехнологических методов .....	113
4.4. Прогрессивные электрофизические методы модификации инструментальных твёрдых сплавов .....	121
4.5. Упрочнение рабочих поверхностей деталей машин лазерным модифицированием .....	127
4.6. Физические методы упрочнения режущего инструмента .....	131
4.7. Влияние лазерной обработки, карбонитрации и сочетания с вакуумно-плазменным покрытием TiN на некоторые свойства стали Р6М5 .....	134
4.8. Лазерная обработка материалов: возможности, перспективы .....	143

4.9. Современные методы быстрого прототипирования с применением лазерного излучения .....	150
4.10. Применение лазеров в механической обработке .....	161
4.11. Лазерная технология обработки материалов .....	172
4.12. Особенности лазерно-механической обработки инструментом, оснащённым твёрдым сплавом и синтетическими сверхтвёрдыми материалами .....	182
4.13. Эффективность использования электронно-лучевых технологий при изготовлении двигателей внутреннего сгорания .....	194
4.14. Влияние режима ультразвуковой упрочняющей обработки на качество обрабатываемой поверхности .....	199
4.15. Особенности ультразвукового алмазного выглаживания .....	202
4.16. Перспективы применения ионно-плазменных технологий в машиностроении .....	207
4.17. Эффективность использования режущего инструмента с ионно-плазменным покрытием .....	214
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>226</b>