



Плазменно-электролитная обработка

Микродуговое оксидирование, полирование и химико-термическая обработка металлов в электролитной плазме

Кафедра высокоэффективных технологий обработки (ВТО)
Научно-образовательная лаборатория плазменно-электролитных технологий



Коллектив направления, МГТУ «СТАНКИН», 2026 год.

СОСТАВ КОЛЛЕКТИВА

17 человек: 5 докторов наук · 3 кандидата наук · 6 аспирантов · 3 магистранта

Суминов Игорь Вячеславович — профессор, доктор технических наук, руководитель научного направления

Доктора наук

Кусманов Сергей Александрович

доктор наук, ведёт программы ДПО

Мухачева Татьяна Леонидовна

д.т.н., доцент, профессор кафедры ВТО

Крит Борис Львович

д.т.н., доцент

Борисов Анатолий Михайлович

доктор наук

Кандидаты наук

Тамбовский Иван Владимирович

кандидат наук

Кусманова Ирина Александровна

кандидат наук

Комаров Артем Олегович

кандидат наук

Аспиранты

Гапонов В. А.

Тамбовская М. И.

Вдовиченко Р. А.

Палёнов И. Р.

Голубева Т. М.

Залетова А. А.

Магистранты

Феклистова В. М.

Шавырин Д. А.

Нджана Авела С. Д.

Команда направления

Суминов Игорь Вячеславович — профессор, доктор технических наук, руководитель научного направления



**Кусманов
Сергей Александрович**

доктор наук, ведёт
программы ДПО



**Мухачева
Татьяна Леонидовна**

д.т.н., доцент, профессор
кафедры ВТО



**Кусманова
Ирина Александровна**

кандидат наук



**Комаров
Артем Олегович**

кандидат наук



**Тамбовская
Мария Ивановна**

аспирант

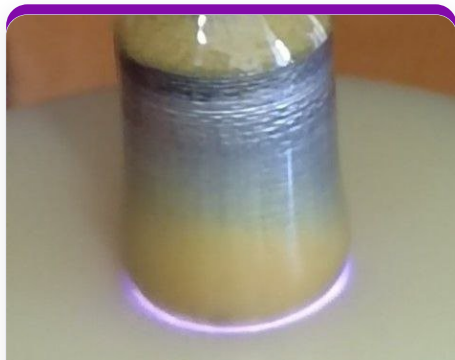
Пять процессов в электролитной плазме

**01**

Микродуговое оксидирование (МДО)

Керамический слой растёт из металла основы: Al, Ti, Mg.

До 2100 HV, адгезия до 90 МПа*

**02**

Плазменно-электролитное полирование (ПЭП)

Полировка и удаление заусенцев в 3–6 % растворах солей.

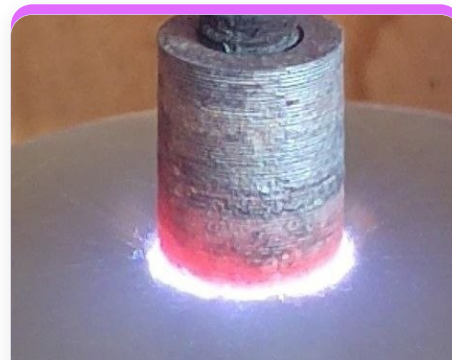
Полировка 2–5 мин, заусенцы — 5–20 с*

**03**

Катодная химико-термическая обработка

ПЭХТО: цементация, азотирование и борирование.

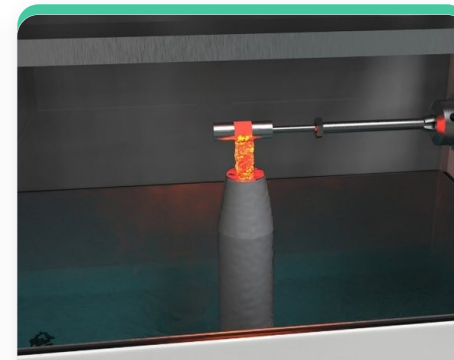
Нагрев 10^2 – 10^4 °C/с: секунды и минуты вместо часов*

**04**

Анодная химико-термическая обработка

Диффузионный слой и гладкая поверхность за один цикл.

Шероховатость ниже до 6 раз, закалка в электролите*

**05**

Локальная обработка

Струйный и концевой нагрев только рабочей зоны.

Внутри труб и без коробления детали*

Материалы: **МДО**

Al · Ti · Mg

ПЭП

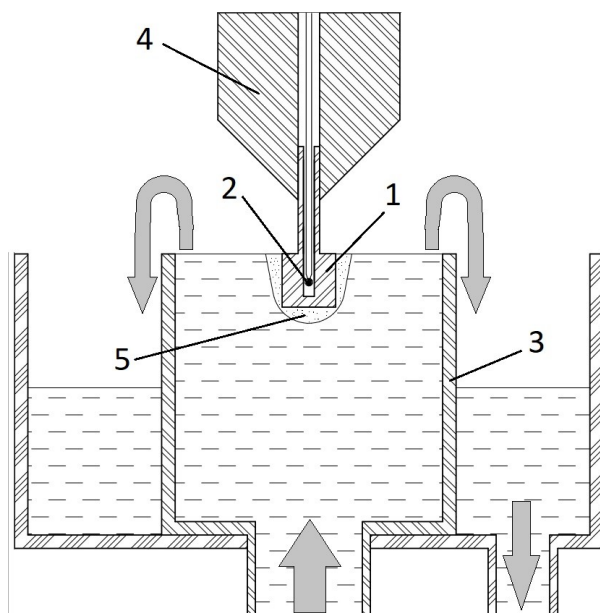
Стали · медь, латунь, бронза · Al · Ti

ПЭХТО

Стали · титановые сплавы

От схемы процесса до автоматизированной линии

Деталь служит электродом в водном растворе солей. Вокруг неё образуется тонкая парогазовая оболочка, и энергия выделяется прямо у поверхности. Полярность, напряжение и состав электролита задают результат: покрытие, полировку или диффузионный слой.



- 1** — обрабатываемый образец
 - 2** — термопара
 - 3** — рабочая камера с переливом электролита
 - 4** — держатель-токоподвод [сверить]
 - 5** — парогазовая оболочка
- Стрелки — подача электролита снизу, перелив через край камеры и слив



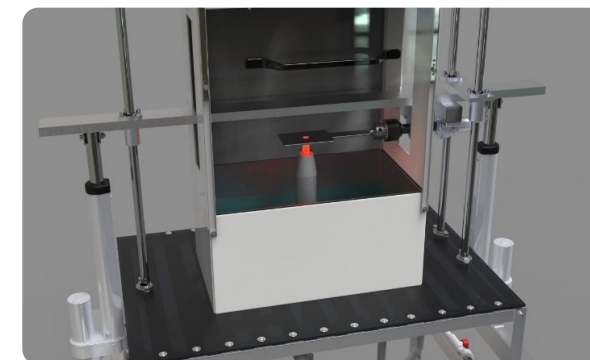
Автоматизированная линия МДО



Установки МДО



Пульт управления линией



Установка локальной анодной обработки

Научно-образовательная лаборатория плазменно-электролитных технологий, 150 м²

- установка плазменно-электролитной обработки
- стенд коррозионных испытаний

- установка анодной химико-термической обработки
- типовой план размещения оборудования МДО в цехе

Что получает производство

Задача	Как обычно	Плазменно-электролитная обработка	Результат*
Цементация, азотирование, борирование	Газовые и вакуумные печи, цикл в часах	Катодная ПЭХТО, нагрев 10^2 – 10^4 °C/с	Секунды и минуты; зерно не успевает вырасти
Упрочнение прецизионных деталей	Химико-термическая обработка, затем шлифование	Анодная ПЭХТО около 5 мин: насыщение и сглаживание одновременно	Шероховатость ниже до 6 раз, без шлифования
Износ узлов трения	Газовая цементация	Плазменно-электролитные цементация и азотирование	Износ в 2 раза ниже, чем после газовой цементации; износостойкость стали — до 55 раз выше
Полирование и снятие заусенцев	Ручная полировка; электрохимия в концентрированных кислотах	ПЭП в 3–6 % растворах солей	Затраты в среднем в 6 раз ниже; 0,1 кг солей вместо 2,5 кг кислот на 1 м²; окупаемость — до 1 года
Защита лёгких сплавов от износа и коррозии	Гальваника с опасными реактивами	МДО	До 2100 HV; абразивная и эрозионная стойкость не менее чем в 12 раз выше, чем у стали X18H10; от 0,3 кВт·ч/дм²
Энергозатраты на нагрев	Нагрев массивной печи	Тепло выделяется в оболочке у детали	Импульсный режим — минус 15–60 % мощности; 0,1 % ПАВ — минус более 50 %

Примеры из практики

■ Втулки погружных скважинных насосов из нержавеющей стали после анодного азотирования не теряют в диаметре за сотни часов работы

■ Ресурс пар «болт-гайка» после анодного бороазотирования выше примерно в 5 раз

■ Алюминиевые гребные винты с МДО-покрытием годами работают в морской воде

Технологии упрочнения, проверенные промышленностью

Для сталей, титана, алюминия, жаропрочных сплавов и аддитивных изделий

Авиадвигатели и турбины



Рабочие лопатки турбин (входные и выходные кромки), лопатки компрессоров и газоперекачивающих установок, МДО-покрытия сопел

Машиностроение и металлообработка



Режущий инструмент (фрезы, свёрла), детали узлов трения, оснастка, штампы и пресс-формы сложной формы

Автомобили и тракторы



МДО-покрытия поршней ДВС; кулачки распредвалов, клапаны, валы стартёров, диски сцепления, втулки звеньев гусениц

Медицина



Хирургические имплантаты, инструмент и детали медицинской техники

Химия и нефтегаз



Детали насосов, распорные втулки погружных скважинных насосов

Лёгкая и текстильная промышленность



Нитеводители, петлители, детали вязальных и швейных машин

Электротехника и электроника



Антидиффузионные слои нагревательных систем, диэлектрические слои теплоотводов микросхем

Аддитивное производство



Меньше шероховатость и объём постобработки напечатанных деталей

Также: **Энергетика:** теплообменники

Пищевая промышленность: направляющие мембранных насосов

Инструмент: калибры из дюралюминов

Научные проекты, публикации и партнёры

Научные проекты

РНФ № 24-79-10166 · 2024–2027 · выполняется
Комбинированная обработка титановых сплавов
ПЭХТО, полирование и МДО для узлов машин и агрегатов

РНФ № 24-19-00391 · 2023–2026 [сверить сроки] · выполняется
Локальная (дифференциальная) обработка поверхности
Электролитно-плазменные методы для функциональных узлов машин

РНФ № 21-79-30058-П · [ЗАПОЛНИТЬ: сроки, статус]
Плазменные процессы для изделий с адаптивной реакцией
Контролируемая реакция на внешние воздействия — для механообработки и узлов машин

Госзадание FSFS-2025-0006 · [ЗАПОЛНИТЬ: сроки, статус]
Импульсная лазерная обработка
Износоустойчивые углеродные и керамические материалы

Публикации 2025–2026

Журнал «Электронная обработка материалов»

Год	Статья	Направление	Выпуск
2026	Возможность комбинирования плазменно-электролитных химико-термической обработки, полирования и микродугового оксидирования технического титана	Комбинированная обработка	т. 62, № 2, с. 1–11
2026	Влияние условий локальной плазменно-электролитной нитроцементации стали 45 на трибологические и коррозионные свойства	Локальная ПЭХТО	т. 62, № 1, с. 1–11
2025	Особенности локальной плазменно-электролитной обработки боковой поверхности вращающегося цилиндра	Локальная обработка	т. 61, № 1, с. 30–41

Партнёры: ООО «Термическая обработка пластических масс» · АО «Рязанское конструкторское бюро «Глобус» · АО «НПЦ автоматики и приборостроения имени академика Н. А. Пилюгина» · Московский государственный медико-стоматологический университет имени А. И. Евдокимова [сверить название]

Сотрудничество

1 Полный цикл в одной лаборатории

От исследования процесса и подбора электролита до режима для детали заказчика и типового участка МДО.

2 Сильная научная команда

5 докторов и 3 кандидата наук, 6 аспирантов; индекс Хирша в Scopus: С. А. Кусманов — 24, Б. Л. Крит — 19.

3 Опыт работы с индустрией

АО «РКБ «Глобус», АО «НПЦАП им. Н. А. Пилюгина», ООО «Термическая обработка пластических масс» [предмет работ — уточнить].

4 Готовим кадры

Магистратура 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» с курсом «Основы технологий плазменно-электролитной обработки»; аспирантура по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Форматы

- совместные НИОКР и заявки на гранты
- отработка режимов на деталях заказчика
- проектирование участка МДО и размещение оборудования
- испытания на коррозию и износ
- ДПО «Высокоэффективные технологии обработки материалов», 72 ч
- ДПО «Методы исследования материалов», 144 ч (для инженеров предприятий и преподавателей)

Контакты

[ЗАПОЛНИТЬ: ФИО контактного лица, должность, степень]

[ЗАПОЛНИТЬ: e-mail @stankin.ru] · stankin.ru · kafedravto.stankin.ru