СТАНКИН

Электроэрозионная обработка

Прецизионная обработка труднообрабатываемых материалов и керамики электрическими разрядами

Кафедра высокоэффективных технологий обработки (ВТО)
Учебная лаборатория технологий механообработки



Коллектив направления, МГТУ «СТАНКИН»

СОСТАВ КОЛЛЕКТИВА **11 человек: 3 доктора наук · 3 кандидата наук · 2 аспиранта · 3 магистранта**

Захаров Олег Владимирович — профессор, доктор технических наук, руководитель научного направления

Доктора наук
Крапоткина Е. Ю.
Козочкин М. П.

Кандидаты наук
Окунькова А. А.
Федоров С. В.
Идармачев И. М.

Аспиранты
Александров Д. А.
Зоткин И. А.

Магистранты
Каунг Кхант Аунг
Вай Ян Лин
Глотова В. А.

Виды обработки и направления исследований



01

Копировально-прошивная ЭЭО

Штампы, пресс-формы, матрицы для литья, сложные полости.

2013: опытный образец станка для Минпромторга



02

Проволочно-вырезная ЭЭО

Фильеры, штампы, зубчатые колёса, шлицы, калибры.

2012: опытный образец станка для Минпромторга



03

Прошивная ЭЭО (супердрель)

Глубокие отверстия в авиадвигателях, стартовые отверстия.

Глубокие отверстия за одну операцию

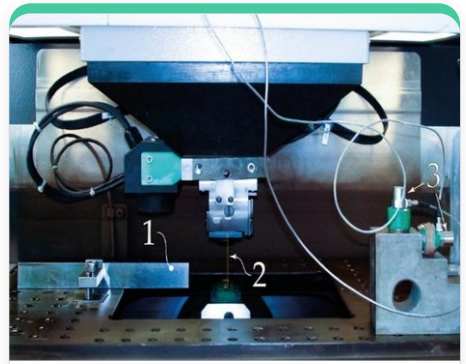


04

ЭЭО керамики

Электропроводная керамика и диэлектрики с покрытием.

2 патента на микротекстуры режущих пластин



05

Акустический мониторинг

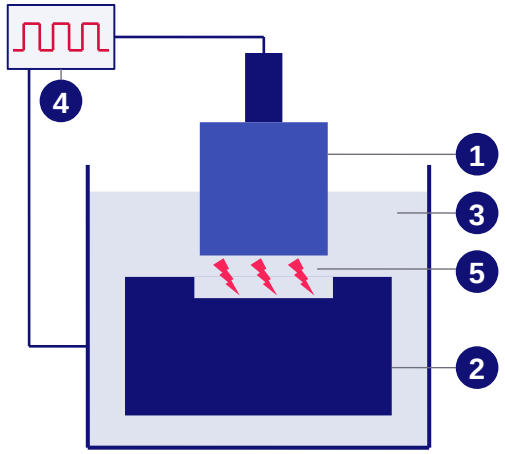
Датчики акустической эмиссии у зоны обработки.

Online-диагностика и коррекция режимов

Материалы: Сплавы — жаропрочные · твёрдые; Керамика — электропроводная · с покрытием; Условие — электропроводность

От разряда до станка с ЧПУ

Металл снимают электрические разряды между электродом-инструментом и заготовкой в диэлектрической жидкости: каждый импульс расплавляет и испаряет микрообъём материала. Инструмент не касается детали, поэтому важна не твёрдость, а электропроводность.



1 — электрод-инструмент
2 — заготовка
3 — диэлектрическая жидкость
4 — генератор импульсов
5 — межэлектродный зазор с разрядами

Копировально-прошивная ЭЭО: схема процесса

0,16–18 мкм шероховатость Ra: зависит от режима и времени обработки



Участок электроэрозионной обработки



Вырезной станок CUT 1000 OilTech



Прошивной станок ZK genius



Вырезной станок Seibu M500SG

Учебная лаборатория технологий механообработки, 250 м²

- проволочно-вырезные станки AgieCharmilles и Seibu
- датчики акустической эмиссии и система регистрации сигналов
- копировально-прошивной станок ZK genius
- по плану: токарный центр, фрезерный станок с ЧПУ, микроскоп

ЭФФЕКТ

Что получает производство

Задача	Как обычно	Электроэрозионная обработка	Результат*
Твёрдые и сверхтвёрдые материалы	Лезвийная обработка затруднена	Материал снимают разряды, инструмент не касается детали	**Сверхтвёрдые материалы обрабатываются — нужна только электропроводность**
Сложные поверхности и глубокие отверстия	Несколько операций и инструментов	Копировально-прошивная, вырезная и прошивная ЭЭО	**Сложный контур или глубокое отверстие — за одну операцию**
Шероховатость и поверхностный слой	Черновой режим оставляет «белый слой» с микротрещинами	Подбор режима и времени обработки, анализ поверхностного слоя	**Шероховатость Ra от 18 до 0,16 мкм**
Диэлектрическая керамика	Не проводит ток — ЭЭО невозможна	Токопроводящее покрытие на заготовке перед обработкой	**Формообразование и микротекстуры на керамических пластинах**
Контроль процесса	Станок с ЧПУ ведёт режимы по закрытой программе	Датчики акустической эмиссии вблизи зоны обработки	**Online-диагностика и адаптивная коррекция режимов**

Примеры из практики

- **Минпромторг России**
  2012–2013 гг.: опытные образцы проволочно-вырезного и копировально-прошивочного станков
- **Керамические детали**
  вырезка заготовок типа «топливный элемент» из керамики с TiC/SiC до 30 %
- **Станок CUT 30P**
  акселерометр АР 2037-100 и АЦП Е20-10 регистрируют сигналы в зоне вырезки

**По данным исследований кафедры; значения зависят от материала, режима и времени обработки*

ПРИМЕНЕНИЕ

Где применяется электроэрозионная обработка

Детали из труднообрабатываемых и сверхтвёрдых материалов со сложными поверхностями и глубокими отверстиями

Инструментальное производство

Штампы и матрицы, фильеры для экструзии, пресс-формы для литья

Машиностроение

Зубчатые колёса, шлицы, резьбовые калибры

Авиакосмическая отрасль

Замковые соединения, детали двигателя и топливной системы, элементы шасси

Автомобилестроение

Топливная аппаратура, компоненты трансмиссии, прототипирование

Медицина

Имплантаты и протезы, хирургический инструментарий, стенты и катетеры

Электроника и приборостроение

Микрокомпоненты, волноводы и элементы СВЧ-техники

Часовая промышленность

Детали часовых механизмов

Ядерная энергетика

Обработка циркониевых сплавов

Виды ЭЭО: Копировально-прошивная | Проволочно-вырезная | Прошивная | Электроэрозионное фрезерование

Научные проекты, публикации и партнёры

Научные проекты

Госзадание FSFS-2021-0003 · 2022–2024 · завершён
Акустическая эмиссия в электрофизических процессах
Мониторинг и адаптация ЭЭО сверхтвёрдых и жаропрочных материалов

РНФ № 21-19-00790 · 2021–2023 · завершён
Микротекстурирование керамики для инструмента и конструкций
Электропроводные износостойкие покрытия и ЭЭО

РФФИ № 19-08-00899 · 2019–2020 · завершён
ЭЭО диэлектрической керамики
Формообразование через специализированные токопроводящие покрытия

МК-5591.2015.8 · 2015 · завершён
Виброакустическая диагностика ЭЭО
Ответственные детали авиационного назначения

Публикации 2020–2026

Год	Статья	Журнал	Выпуск
2026	Measurement and control the quality of WEDM in robotized manufacturing	Prod. Eng. Res. Devel.	т. 20, 38
2023	Advances in Electrical Discharge Machining of Insulating Ceramics	Materials (MDPI)	т. 16, № 17, 5959
2023	Display of WEDM Quality Indicators of Heat-Resistant Alloy Processing in Acoustic Emission Parameters	Sensors (MDPI)	т. 23, № 19, 8288
2020	Electrical discharge machining of oxide nanocomposite: nanomodification of surface and subsurface layers	J. Manuf. Mater. Process.	т. 4, № 3, 96

5
патентов РФ на способы ЭЭО

6
грантов и НИОКР

Индустрия: ООО «НПО прецизионного оборудования» · ООО «НПО Асферика» · ООО «Новапром»

Заказчик НИОКР: Минпромторг России

Сотрудничество

1 Полный цикл работ

От выбора вида ЭЭО и режимов до обработки деталей, анализа поверхностного слоя и мониторинга процесса.

2 Сильная научная команда

3 доктора и 3 кандидата наук, 2 аспиранта и 3 магистранта; индекс Хирша в Scopus: А. А. Окунькова — 23.

3 Опыт работы с индустрией

ООО «НПО прецизионного оборудования», ООО «НПО Асферика», ООО «Новапром»; опытные образцы станков для Минпромторга России.

4 Готовим кадры

Магистратура 15.04.05 с курсом «Электрофизические и электрохимические обработки», аспирантура 2.5.5 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»; курс бакалавриата «Основы высокоэффективных технологий обработки».

Форматы

- совместные НИОКР и заявки на гранты
- отработка режимов ЭЭО на материалах и деталях заказчика
- ЭЭО керамики и других труднообрабатываемых материалов
- анализ качества поверхностного слоя после обработки
- мониторинг процесса по акустической эмиссии
- разработка и испытания опытных образцов оборудования

Контакты

Захаров Олег Владимирович — руководитель направления, д.т.н., профессор · [ЗАПОЛНИТЬ: e-mail @stankin.ru]
127055, Москва, Вадковский пер., д. 3А · stankin.ru · kafedravto.stankin.ru