

## **Определение профиля эрозионных лунок, получаемых в электроразрядном реакторе**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Рассмотрена возможность определения геометрических размеров разрядных лунок, образованных в результате диспергирования металлических электродов электроразрядного реактора, для получения активного коагулянта и металлических порошков. Выполнена обработка микрофотографий для построения 3D модели эрозионной лунки.

**Ключевые слова:** электроразрядное диспергирование, разрядный канал, геометрические размеры лунок, микрофотографии.

### **Актуальность работы**

В процессе очистки промышленных стоков методами электрофизической обработки большое значение имеет получение определенной массы коагулянта с его максимально активной поверхностью. Одним из перспективных методов решения этой задачи является использование электроразрядного реактора, в зоне электроимпульсного разряда которого происходит локальное плавление и частичное испарение прогретого металла. При этом установление массы диспергируемого материала в зависимости от физических и технологических параметров процесса утилизации представляется важным, поскольку и масса металла, и активная поверхность коагулянта определяет эффективность очистки гальванических стоков и дисперсность получаемых порошков.

Исследование зависимости энергозатрат на утилизацию отходов от физических и технологических параметров позволило найти удельные затраты на утилизацию отходов гальванических цехов.

### **Анализ предыдущих исследований**

Отраслевой диапазон применения полидисперсных металлических порошков достаточно широк – машино- и приборостроение, образование защитных покрытий и т.д. Металлические порошки получают механическими и физико-химическими способами, в различных средах, с применением широкого перечня технологического оборудования. Метод электроимпульсного диспергирования токопроводящего материала [1] позволяет очистить гальванические стоки и получить мелкодисперсные порошки в одностадийном процессе. Один из рабочих элементов данного метода – электроразрядный реактор с загрузкой токопроводящего материала, состоящего из отходов металлообрабатывающих цехов.

Изучение источников [2] показало, что важным этапом при разработке рабочего оборудования для электроимпульсного диспергирования является анализ данных о характере формирования разрядного канала и процессе образования лунок на поверхностях металлических электродов реактора.

В ходе электроимпульсного диспергирования протекают процессы воздействия на жидкость ультразвуком, УФ-излучением, магнитными, электромагнитными полями, высокой температурой [3], обеспечивающие энергию для обработки рабочей среды.

### Постановка задачи и ее решение

Для отображения процессов, сопровождающих процесс электроимпульсного диспергирования, недостаточно решить одномерную тепловую задачу, поскольку глубина распространения тепловых потоков неравномерна по отношению к поперечным размерам источника тепла. Необходимо решение трехмерной нестационарной задачи с переменными граничными условиями [4]. Полученные данные решения теоретической задачи сравнивают с результатами экспериментального измерения размеров эрозионных лунок, массы выброшенного в процессе эрозии металла и его дисперсности.

Подача импульсного напряжения на электроды приводит к образованию первичных разрядных токовых каналов, по которым в течение  $(10...60) \cdot 10^{-6}$  с вводится энергия конденсаторной батареи. Площадь привязки импульсного тока составляет  $10^{-5}-10^{-6}$  см<sup>2</sup>, при плотности тока  $10^{-6}...10^{-8}$  А/см<sup>2</sup> и температуре внутри канала  $(0,2...2) \cdot 10^4$  К.

Выброс испарившегося металла происходит под действием электродинамических сил разряда и давления испарившейся части металла и жидкости. В результате этого образуется активный коагулянт.

Дисперсность выплавленных частиц зависит от энергии, вводимой в разряд, и скорости ее ввода, теплоемкости металла и других характеристик. В результате диспергирования металлических электродов в воде образуется суспензия из частиц металла размером от 1 до 60 мкм.

Для получения информации о геометрических размерах и характере рельефа внутренней поверхности микролунок было проведено сканирование в контактной моде сканирующим зондовым микроскопом Solver PRO NT-MDT поверхностей электродов.

В дальнейшем геометрические размеры и объемы эрозионных лунок определяли по результатам обработки микрофотографий.

Сначала микрофотографии лунок (рис. 1), на которых изображены вид сверху и шкала для определения глубины (самой глубокой точке соответствует черный цвет, а находящейся на уровне поверхности – белый), были преобразованы в Photoshop так, чтобы разбить шкалу на отдельные отрезки с отчетливыми границами (рис. 2, а). Это дало возможность выделить на фотографии отдельные сечения и соотнести их с глубиной.

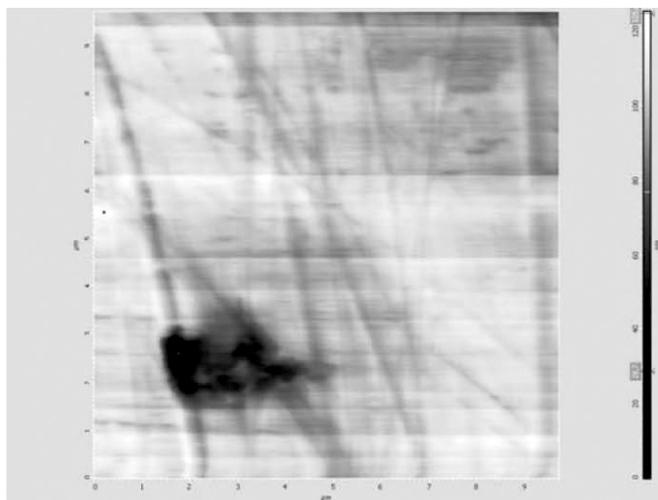


Рис. 1. Микрофотография лунки

После данного преобразования в программе КОМПАС 3D был создан плоский чертеж и экспортирована преобразованная фотография. С помощью инструмента Слайн обведено сечение на фотографии, таким образом получены эскизы для построения 3D-модели (рис. 2, б). Построение 3D-модели лунки и вычисление ее объема проведены с помощью встроенного модуля «Определение МЦХ». Для построения модели использовали операцию построения тела по нескольким сечениям-эскизам.

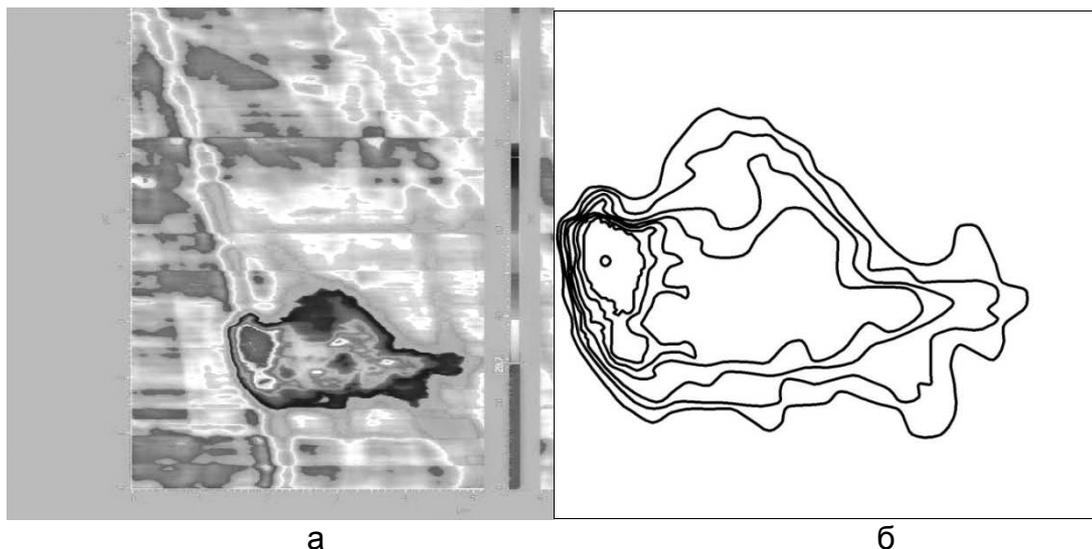


Рис. 2. Преобразование микрофотографии эрозионной лунки:  
а – преобразование в Photoshop; б – построение сечений-эскизов

Полученная погрешность измерения линейных размеров лунки при использовании данного метода – не более 6%, а суммарная погрешность определения объема эрозионной лунки не превышает 8,5%. Проведенные исследования показали, что эффективность работы электроразрядного реактора по образованию максимальной массы активного коагулянта и степени очистки гальванических стоков зависит от электрофизических характеристик генератора, энергии разряда и его частоты.

#### Выводы

1. Показано, что 3D моделирование с использованием программного продукта Photoshop и КОМПАС 3D позволяет определить форму, размеры лунки и массу выбрасываемого материала.
2. Увеличение дисперсности получаемых порошков приводит к увеличению активной поверхности коагулянта и к улучшению процесса очистки гальванических стоков.

#### Список литературы

1. Получение порошковых материалов электроимпульсным методом [Текст] / В.В. Кручина, В.Ф. Гайдуков, С.А. Стрельникова и др. // Человек и Космос: XI Междунар. молодежная науч.-практ. конф. 8-10 квітня 2009 р: тези докл. – Днепропетровск, 2009 – С. 416.
2. Зингерман, А.С. Электрическая обработка металлов [Текст] / А.С. Зингерман. – Л.: Машгиз, 1958. – 26 с.
3. Зингерман, А.С. О физических факторах, определяющих производительность электроимпульсной обработки металлов [Текст] / А.С. Зингерман, А.Л. Лифшиц, А.Б. Сосенко // Электроимпульсный и электроконтактный способы обработки металлов. – 1962. – Вып. 3. – С. 5 – 61.
4. Кручина, В.В. Моделирование процесса взаимодействия электроискрового разряда переменной интенсивности теплового потока с поверхностью электродов [Текст] / В.В. Кручина, В.Ф. Гайдуков // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – Вып. 2 (66).-X., 2011. – С.98 – 106.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. В.Н. Кобрин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков  
Поступила в редакцию 01.10.12

## **Визначення профілю ерозійних лунок, що отримуються у електророзрядному реакторі**

Розглянуто можливість визначення геометричних розмірів розрядних лунок, утворених в результаті диспергування металевих електродів електророзрядного реактора, для отримання активного коагулянта і металевих порошоків. Виконано обробку мікрофотографій для побудови 3D моделі ерозійної лунки.

**Ключові слова:** електророзрядне диспергування, розрядний канал, геометричні розміри лунок, мікрофотографії.

## **Profiling erosion holes produced in electric discharge reactor.**

The possibilities of the geometric dimensions discharge holes formed by dispersing the metal electrodes of an electric reactor for active coagulant and metal powders. Process the micrographs to build 3D models of erosion holes.

**Keywords:** an electric discharge dispersion, the discharge channel, geometric dimensions of the holes, microphotograph.