

Влияние геометрических особенностей анода и характеристик электролита на распределение плотности тока при электрохимическом полировании сталей с повышенным содержанием углерода

Нисс В.С., Паршуту А.Э., Сенченко Г.М., Янович В.А., Сорока Е.В.
Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

Приводятся результаты моделирования распределения плотности тока при электрохимическом полировании сталей с повышенным содержанием углерода с применением электролитов на основе органических растворителей.

Текст доклада:

Для решения проблемы качественного электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода нами разработан способ, который заключается в применении импульсного технологического тока и использовании в качестве электролитов безводных или маловодных растворов на основе органических растворителей. Электропроводность таких электролитов обычно на 1–2 порядка ниже электропроводности водных растворов [1].

Обработка в электролитах на основе органических растворителей позволяет с низкими энергетическими затратами добиться качественного полирования, глянцевого покрытия поверхности и удаления заусенцев на изделиях из сталей машиностроительного назначения с повышенной концентрацией углерода. Использование униполярных и биполярных импульсных режимов с импульсов микросекундной длительности, а также правильный подбор длительности пауз между импульсами, амплитуды импульсов и соотношения амплитуд катодного и анодного импульсов позволяет создать необходимые условия для растворения карбидов в поверхностном слое образца, релаксации и полного удаления продуктов электрохимического растворения из зоны обработки.

По результатам исследований разработанного способа установлены электролиты и режимы электрохимического полирования сталей машиностроительного назначения с повышенным содержанием углерода таких как 45, 65Г и У10А, обеспечивающие высокие показатели качества поверхности (низкое значение шероховатости обработанной поверхности и высокая отражательная способность) [1].

В работе приводятся результаты моделирования распределения плотности тока при электрохимическом полировании сталей с повышенным

содержанием углерода в электролите на основе органических растворителей.

Электролитическое полирование сопровождается изменениями анодного потенциала во время процесса в соответствии с преобладающей на отдельных участках полируемых изделий плотностью тока. Такое распределение тока с точки зрения равномерности съема было бы наименее желательным. В данном исследовании моделируются первичное и вторичное распределение плотности тока [2] в электрохимической ячейке, разработанной для исследования влияния геометрических особенностей анода и характеристик применяемых электролитов на распределение плотности тока. Для создания модели и ее исследования использована программа Comsol 5.4.

Модель создается с использованием интерфейса вторичного распределения тока с постоянной проводимостью электролита 0,14 См/см. Кинетика анода определяется с помощью экспериментальных данных поляризации, зависящие как от потенциала электрода, так и от температуры, как показано на рис. 2. Средняя плотность тока 3000 А/м² используется для анода. Предполагается, что кинетика катода (выделение водорода) очень быстрая, так что можно использовать условия первичного тока. Потенциал катода установлен на 0 В.

Задача решается с помощью стационарного исследования с вспомогательной разверткой, используемой для температур 25 °С, 35 °С и 45 °С.

Для моделирования принимались образцы из стали У10А в виде дисков диаметром 16 мм и толщиной 3 мм. Электрохимическое полирование выполняли в электролите состава: уксусная ледяная кислота концентрацией 80 % (масс.) и хлорная кислота концентрацией 20 % (масс.). Образцы погружались в электролит частично. Площадь погружаемой части образцов составляла 5 см² (рис. 1). Для поддержания плотности тока 3000 А/м² рабочее напряжение регулировалось в пределах 0–15 В. Температура электролита составляла 25, 35 и 45 °С.



а – до обработки; б – после обработки
Рисунок 1 - Внешний вид образцов

Для начала процесса моделирования распределения плотности тока и потенциала в электрохимической ячейке необходимо задать начальные параметры расчета (таблица).

Таблица – Начальные параметры расчета

Name	Expression	Value	Description
T	25[degC]	298.15 K	Temperature
sigma	0.014[S/cm]	1.4 S/m	Electrolyte conductivity
i_avg	3000[A/m^2]	3000 A/m ²	Average polishing current density
E_cell_init	15[V]	15 V	Cell potential initial value

Следующим этапом моделирования является создание геометрической модели в соответствии с реальными размерами электрода и электрохимической ячейки (рис. 2).

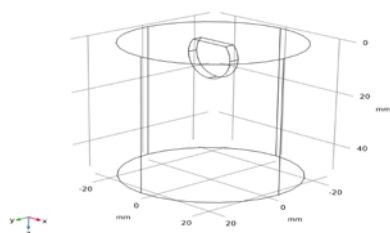


Рисунок 2 - Геометрическая модель в соответствии с реальными размерами электрода и электрохимической ячейки

На основании определенной конфигурации строится расчетная сетка конечных элементов для всех частей модели (рис. 3).

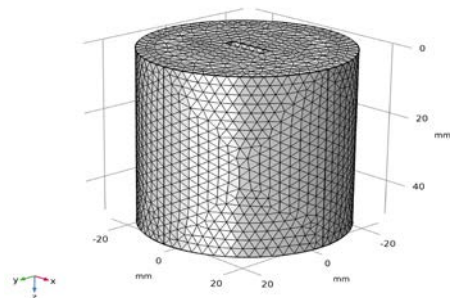


Рисунок 3 - Расчетная сетка конечных элементов модели

Полученные результаты моделирования для первичного распределения плотности тока представлены на рис. 4.

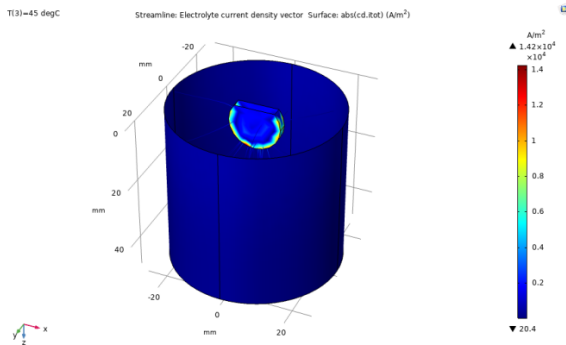


Рисунок 4 - Результаты моделирования для первичного распределения плотности тока

По результатам выполненного моделирования установлено, что при обработке в электролите состоящем из 20 % (масс.) раствора хлорной кислоты в растворителе на основе ледяной уксусной кислоты при температуре 25–45 °С и описанном расположении анода и катода, возникает неравномерное распределение плотности тока в электролите у поверхности анода и существенная ее зависимость от температуры электролита. Разница плотности тока между кромкой образца и его средней частью составляет до 0,2 А/см². При более высокой температуре электролита происходит преимущественное увеличение плотности тока на кромке погруженной части анода до 0,44 А/см² при 45 °С по сравнению с 0,40 А/см² при 25 °С. При 25 °С также наблюдается более равномерное распределение плотности тока по поверхности детали. Сравнение результатов моделирования первичного и вторичного распределения плотности тока показывают, что рассчитанная первичная плотность тока 0,145 А/см² не соответствует экспериментальным данным.

Литература

1. Применение электролитов на основе органических растворителей для электрохимического полирования сталей с повышенным содержанием углерода / В.С. Нисс, Ю.Г. Алексеев, В.А. Янович // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международной научно-технической конференции*, Могилев, 25-26 апреля 2019 г. / редкол.: М.Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2019. – С. 144–145.
2. J.S. Newman, *Electrochemical Systems*, 2nd ed., Prentice Hall, NJ, 1990.