

Отзыв официального оппонента о диссертационной работе
МЕНЬШАКОВА АНДРЕЯ ИГОРЕВИЧА
«ИСТОЧНИК ШИРОКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ НА ОСНОВЕ
РАЗРЯДА С САМОНАКАЛИВАЕМЫМ ПОЛЫМ КАТОДОМ
ДЛЯ АЗОТИРОВАНИЯ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ»

представленной на соискание ученой степени

кандидата технических наук

по специальности: 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки

Цель работы заключалась в разработке эффективного сильноточного источника широких электронных пучков и исследовании особенностей ионно-плазменного азотирования сталей и сплавов в плазме электронного пучка.

На сегодняшний день существует достаточно много способов ионно-плазменного азотирования сталей и сплавов. Преимуществом использования электронного пучка для азотирования является возможность задать энергию электронов, соответствующую максимуму сечения ионизации газа электронным ударом и таким образом повысить эффективность генерации плазмы в сравнении с традиционными газоразрядными системами. Однако существующие прототипы плазменных эмиттеров электронов на основе тлеющего разряда с полым катодом не позволяют обрабатывать изделия с площадью поверхности более 100 см^2 . Для повышения производительности этого метода упрочнения необходимо было не только разработать способ генерации широкого электронного пучка, но и создать эффективный сильноточный генератор эмиссионной плазмы.

Целью работы было совершенствование метода азотирования в плазме низкоэнергетичного электронного пучка, а именно разработка сильноточного эффективного плазменного источника широких электронных пучков, а также исследование особенностей азотирования сталей и сплавов в созданной разрядной системе.

В ходе выполнения работы автором были проведены экспериментальные исследования и получен целый ряд результатов, отличающихся научной новизной.

Во-первых, разработана разрядная система с трубчатым самонакаливаемым полым катодом и газоразрядной системой инициации вспомогательного разряда и показана возможность использования технического титана для изготовления термохимического трубчатого самонакаливаемого полого катода, определены оптимальные режимы азотирования титановых катодов при прокачке через них азота, обеспечивающие формирование фазы нитрида титана по всей толщине катода без его локального расплавления и разрушения.

Во-вторых, предложен метод формирования широкого радиально-расходящегося электронного пучка с начальной площадью сечения $\sim 700 \text{ см}^2$ с использованием электродной системы на основе разряда с самонакаливаемым полым катодом, обеспечивающий приемлемую степень неоднородности газоразрядной плазмы в области обработки изделий.

В-третьих, впервые экспериментально получена немонотонная зависимость скорости роста азотированного слоя от плотности ионного тока на поверхность образцов при низкотемпературном азотировании аустенитной нержавеющей стали 12Х18Н10Т, обусловленная конкурирующим влиянием процессов распыления поверхности и диффузии азота в объем металла.

В-четвертых, исследовано влияние начальной энергии электронов пучка на величину плавающего потенциала изолированной металлической пластины в широком диапазоне ускоряющих напряжений и давлений рабочего газа.

В процессе выполнения работы получены важные практические результаты, а именно:

1. Создан сильноточный эффективный генератор плазмы на основе разряда с самонакаливаемым трубчатым полым катодом, получены рабочие характеристики этого генератора плазмы и найден способ замены дорогостоящих тугоплавких катодов, на более дешевые и доступные катоды из титана.
2. Создан источник широкого радиально расходящегося электронного пучка, а также генератор плазмы на его основе. В созданной разрядной системе реализован режим осцилляций электронов при сеточном потенциале коллектора, что позволило существенно повысить эффективность генерации плазмы и увеличить максимальную плотность ионного тока вблизи обрабатываемой поверхности.
3. Реализован способ управления потенциалом изделия, помещенного в плазму электронного пучка путем изменения давления газовой смеси и ускоряющего напряжения, что позволяет регулировать интенсивность распыления поверхностного слоя азотируемого изделия и дает возможность формировать на поверхности изделий модифицируемые слои нужного фазового состава и с требуемыми механическими характеристиками.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием независимых дублирующих методик измерения характеристик полученных упрочненных слоев. Кроме того, материалы диссертации неоднократно докладывались на международных и национальных конференциях и симпозиумах в России и за рубежом и встретили положительный отклик научного сообщества.

Однако диссертационная работа не свободна от недостатков.

- 1) Терминология: используется по 2 и более понятий для одного явления, например, “скорость” и “изменение во времени”, также сомнительно используемое выражение “фазовый переход $Ti \rightarrow TiN$ ”.
- 2) В работе практически нет оценок погрешностей измерений, не указана неопределенность на графиках.
- 3) Нет перечня сокращений.

В целом работа добротная, сочетает в себе хорошую и явную постановки решаемых технических задач и их оригинальные и технически красивые решения, экономичные и технологичные. Диссертация написана хорошо и понятно, хотя есть шероховатости стиля и повторы. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Основные результаты работы полностью опубликованы в 12 печатных работах, в том числе опубликовано 6 статей в реферируемых журналах.

Таким образом, можно заключить, что диссертация полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор Меньшаков Андрей Игоревич по уровню своей квалификации безусловно заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

Официальный оппонент,
Ведущий научный сотрудник
Группы электрофизических технологий
ИЭФ УрО РАН
д.т.н.



С. Ю. Соковнин

9 апреля 2013 г.

Подпись С. Ю. Соковнина заверяю:
Ученый секретарь ИЭФ УрО РАН
к.ф.-м.н.



Е. Е. Кокорина