

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Меньшакова Андрея Игоревича «Источник широких электронных пучков на основе разряда с самонакаливаемым полым катодом для азотирования сталей и сплавов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

Актуальность темы. Технологические процессы ионного (плазменного) азотирования деталей машин и механизмов, других металлических изделий достаточно широко используются в промышленности. Ионное азотирование обладает принципиальными преимуществами по сравнению с традиционным газовым азотированием, например, существенно меньшим временем обработки. Несмотря на достаточно длительную «историю» изучения и использования ионного азотирования, и сегодня наблюдается повышенная активная в области совершенствования оборудования и технологии этого процесса. Одним из интересных, оригинальных и перспективных подходов в ионном азотировании состоит в привлечении электронного пучка. Электронный пучок может быть использован как для нагрева обрабатываемого изделия, так и для генерации газовой плазмы с управляемыми параметрами. Специфика процессов азотирования и рабочий диапазон внешних параметров этого технологического процесса накладывает определенные условия на конструкцию и параметры источников электронных пучков. Это потребовало постановки специальных исследований особенностей процессов ионного азотирования с электронным пучком. В связи с вышеизложенным, тематика рецензируемой диссертационной работы, направленной на создание экспериментального макета плазменного источника широкоапертурных электронных пучков, в наиболее полной степени соответствующего условиям его эффективного применения в процессах ионного азотирования, представляется, несомненно, актуальной.

Содержание диссертации. Диссертация состоит из 4 глав, введения и заключения.

Глава 1 является обзорной и посвящена она в основном процессам плазменного азотирования. В ней достаточно подробно описаны методы азотирования, включая общие принципы, особенности азотирования в тлеющем и дуговом разряде. Представлены результаты ранее проведенных исследований по использованию электронного пучка для азотирования. В заключении главы сформулированы задачи исследований.

Глава 2 является ключевой для рецензируемой диссертационной работы и в ней изложены наиболее важные и интересные результаты исследований. Она посвящена генераторы низкотемпературной плазмы на основе разряда низкого давления с самонакаливаемым катодом. В этой главе проведен анализ основных свойств разряда с самонакаливаемым катодом. Описана техника и методика эксперимента. Приведены результаты по реализации режима самонакаливания для катода из ниобия. Основная часть главы посвящена описанию экспериментов по созданию самонакаливаемого катода из нитрида титана и выводу его на рабочий режим. Привлекает внимание оригинальность подхода к созданию такого катода и «красота» технических решений по его реализации.

В главе 3 приведены характеристики плазменного источника широкоапертурных электронных пучков на основе разряда с самонакаливаемым катодом из нитрида титана. Приведены эмиссионные и другие характеристики устройства, включая режим радиально расходящегося пучка. Представлены результаты исследований параметров пучковой плазмы, в том числе и измерений состава плазмы спектральными методами.

В главе 4 приведены результаты исследований особенностей ионного азотирования различных сталей с привлечением электронного пучка. Здесь обратим внимание на широкое использование различных экспериментальных методов для исследования параметров и характеристик азотированного слоя.

Достоверность результатов исследований обеспечивается использованием общепринятых экспериментальных методик, совпадением результатов экспериментов и численных оценок, а также верификацией результатов исследований по достигнутым параметрам плазменного источника электронов.

Отметим основные результаты работы, определяющие ее научную новизну:

1. Показана принципиальная возможность реализации в катоде из нитрида титана режима самонакаливания с высокими эмиссионными параметрами и большим ресурсом.
2. Получены экспериментальные данные по особенностям использования разряда с самонакаливаемым полым катодом для генерации электронных пучков различной конфигурации.
3. Измерены параметры и определены характеристики азотированных слоев, полученных с использованием электронного пучка.

Практическую ценность работы заключается главным образом в демонстрации возможности использования разрядной системы с самонакаливаемым полым катодом из нитрида титана в различных ионно-плазменных и электронно-пучковых устройствах, в том числе и для технологии ионного азотирования.

Апробация результатов исследований Обращает на себя внимание высокий уровень апробации результатов диссертационных исследований. Основные результаты диссертации опубликованы в 12 работах, в том числе в 6 статьях в реферируемых отечественных журналах, входящих в список ВАК. Полученные результаты неоднократно обсуждались на различных конференциях и симпозиумах и получили одобрение ведущих специалистов. Опубликованные работы соответствуют тематике, основным положениям и выводам диссертационной работы.

Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. Главное достижение рецензируемой диссертационной работы, определяющей ее научную новизну и практическую ценность, заключается в создании разрядной системы на основе самонакаливаемого катода из нитрида титана. Использование этой системы для электронно-пучкового стимулирования ионного азотирования является лишь одним из многих возможным применений. При этом целесообразность приоритета такого использования исследованной разрядной системы именно в технологии ионного азотирования недостаточно обоснована. Кроме этого, из диссертационной работы неясно, какие преимущества в азотировании дает применение самонакаливаемого катода по сравнению с другими типами плазменных электронных источников.

2. Вывод об определяющей роли электронного пучка в процессах диссоциации молекулярного азота на поверхности обрабатываемого изделия основан только на результатах спектральных измерений состава плазмы. Не оспаривая достоверности результатов таких измерений, следует, тем не менее, отметить, что для такого вывода нет достаточных оснований. Поскольку предлагаемое объяснение во многом изменяет устоявшиеся представления о физике ионного азотирования, то для подтверждения предлагаемого механизма диссоциации необходимо проведение дополнительных исследований.

3. Первая обзорная глава диссертационной работы излишне детализирована информацией по процессам азотирования. Критический анализ известных литературных данных по физике и технике разрядных систем с самонакаливаемым катодом (главное достижение) непропорционально краток и почему то он перенесен в главу 2, которая в сущности уже является оригинальной. Такая модификация структуры диссертационной работы представляется неоптимальной.

Отмеченные замечания являются дискуссионными, они носят рекомендательный характер и не снижают общего благоприятного впечатления о рецензируемой диссертационной работе.

Заключение. Диссертационная работа Меньшакова А.И. является завершенной научно-исследовательской работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены результаты, позволяющие их квалифицировать как решение задачи, имеющей значение для дальнейшего развития современных ионно-плазменных методов модификации поверхностных свойств конструкционных материалов и создания на ее основе принципиально новых промышленных технологических процессов. Диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.13 – электрофизика, электрофизические установки.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой физики
Томского государственного университета
систем управления и радиоэлектроники

Е.М. Окс

Секретарь совета ТУСУР



Л.С. Петрова