

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИФИ»

**VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЛАЗЕРНЫЕ, ПЛАЗМЕННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ
ЛАПЛАЗ-2020»**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 2

Москва

А.М. ЖУКЕШОВ, Б.М. ИБРАЕВ, М.И. ПШИКОВ МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПОТОКАМИ ПЛАЗМЫ, ГЕНЕРИРУЕМЫМИ ИМПУЛЬСНЫМИ УСКОРИТЕЛЯМИ.....	209
Е.Д. ВОВЧЕНКО, О.В. ДЕРЯБОЧКИН, К.И. КОЗЛОВСКИЙ, А.Е. ШИКАНОВ, МАЛОГАБАРИТНЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ КОРОТКИХ ПАКЕТОВ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫХ НУКЛИДОВ ВОДОРОДА.....	211
А.М. БУЛЫГИН, Е.Д. ВОВЧЕНКО, О.В. ДЕРЯБОЧКИН, А.Р. КАРИМОВ, К.И. КОЗЛОВСКИЙ, А.Е. ШИКАНОВ ПРОЕКТ МАЛОГАБАРИТНОГО ИМПУЛЬСНОГО УСКОРИТЕЛЯ ПЛАЗМЫ.....	213
А.С. ВОРОНОВ, И.Д. ЕГОРОВ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКЕ.....	216
Л.Б. БЕГРАМБЕКОВ, А.Е. ЕВСИН МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРХПРОВОДНИКОВ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ ПУТЕМ СООСАЖДЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ	218
А.Е. ЕВСИН, Л.Б. БЕГРАМБЕКОВ, Э.М. ГЛАГОВСКИЙ, А.Н. ВОЙТЮК, А.М. ЗАХАРОВ, Я.А. САДОВСКИЙ НАПРАВЛЕННОЕ ОСАЖДЕНИЯ ПАРОВ МЕТАЛЛОВ КАК МЕТОД УСКОРЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ АМОРФНОГО СЛОЯ КОМПОНЕНТОВ ВТСП-2	220
А.Е. ЕВСИН, Л.Б. БЕГРАМБЕКОВ, Г.П. ТИМКОВСКИЙ, И.Д. ЖДАНОВ ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ОКСИДИРОВАНИЯ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ	222
А. С. МАРТЫНЕНКО, С. А. ПИКУЗ, С. Н. РЯЗАНЦЕВ, И. Ю. СКОБЕЛЕВ, К. Д. БАИРД, Н. БУЗС, Н. ВУСЛИ, Л. ДОЭЛЬ, Ф. ДЮРЕЙ, Р. КОДАМА, К. ЛАНКАСТЕР, П. МАК КЕНА, К. Д. МЁРФИ, Т. А. ПИКУЗ К. СПИНДЛО, А. Я. ФАЕНОВ, Д. ФАРЛИ ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ПЛАСТИКОВОГО ПОКРЫТИЯ НА ПЛОТНОСТЬ ПЛАЗМЫ, ОБРАЗОВАННОЙ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МИШЕНЯХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИХ СВЕРХКОНТРАСТНЫМИ РЕЛЯТИВИСТСКИМИ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ.....	224

Секция
ФИЗИКА ПЛАЗМЫ И УПРАВЛЯЕМЫЙ
ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

Руководитель секции – д.ф.-м.н., профессор
кафедры № 21 Курнаев В.А

Секретарь секции – инженер кафедры №21
Хомяков А.Ю

Тел. : 8 (495) 788-56-99, доб. 9321

E-mail: VAKurnaev@mephi.ru, DLKirko@mephi.ru

А.М. ЖУКЕШОВ, Б.М. ИБРАЕВ, М.И. ПШИКОВ

Казахский национальный университет им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан

МОДИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПОТОКАМИ ПЛАЗМЫ, ГЕНЕРИРУЕМЫМИ ИМПУЛЬСНЫМИ УСКОРИТЕЛЯМИ

Обсуждаются результаты модификации материалов с применением плазменного ускорителя с коаксиальной геометрией электродов и перспективы использования геометрии «плазменный фокус» для получения импульсных плазменных потоков как эффективного инструмента в материаловедении, в том числе в нанотехнологии.

A.M. ZHUKESHOV, B.M. IBRAEV, M.I. PSHIKOV

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

MODIFICATION OF MATERIALS USING PLASMA FLOWS GENERATED BY PULSED ACCELERATORS

The research discussed the results of material modification using plasma accelerator with coaxial shape of electrodes and perspective use of “plasma focus” shape for achieving pulsed plasma flows as an effective tool in material science, including nanotechnology.

В последнее время можно наблюдать возрастающий интерес к методу модификации поверхностных свойств различных материалов с применением импульсных ионных пучков высокой интенсивности. Значительная часть наших исследований посвящена изучению обработке сталей импульсами азотной плазмы на установке КПУ-30 с коаксиальной формой электродов [1]. Показано, что высокие дозы азота (порядка 10^{17} см⁻²) могут быть внедрены в сталь, используя импульсы азотной плазмы с плотностью потока энергии 20-25 Дж/см². Как показал спектральный анализ, такие высокие дозы могут быть внедрены при использовании 3-5 импульсов обработки. Обработка велась азотной плазмой с различным количеством импульсов воздействия (от 5 до 30). Было показано, что с ростом количества обработок наблюдается уширение линий аустенита, а содержание нитридной фазы растет. Причина изменения структуры обработанной стали может заключаться в быстром остывании поверхностного слоя и формировании модифицированной структуры, состоящей как из наноразмерных кристаллитов новых фаз, так и квазиаморфной. Введенные концентрации азота близки или даже превышают предел, достижимый после длительной ионной имплантации. В любом случае это приводит к увеличению микротвердости (фактически, в 2-5 раз для различных марок конструкционной стали). Значительное увеличение микротвердости и поверхностной стойкости для сталей различных марок, связывается с формированием нитридной фазы при обработке импульсной плазмой. Увеличение микротвердости и формирование наноразмерной структуры должно приводить к увеличению сопротивления износа. В нашем случае, для

конструкционных сталей, обработанных 3-5 импульсами азота, коэффициент износостойкости увеличивался до 4 раз соответственно.

Получены первые результаты исследований на плазменном ускорителе с геометрией электродов типа «плазменный фокус» (ПФ-30). Особая геометрия электродов, позволяет получать в точке фокуса более высокую концентрацию энергии. Была достигнута плотность энергии потока до 250 Дж/см^2 , что в четыре раза выше чем на КПУ-30. На установках типа ПФ эрозия поверхности центрального электрода - это распыление, которое может быть использовано для осаждения пленок, т.е. напыления. Изучены как эрозия электродной системы в целом, так и особенности напыления конкретных материалов. Картина эрозии поверхности электродной системы после ряда выстрелов показывает, что эрозии подверглась в основном торцевая часть центрального электрода, что свидетельствует об контрагировании разряда на поверхности анода. В то же время, заметной эрозии боковой части электрода не наблюдалось, что дает основания полагать о резком броске тока от основания электрода к его центральной части. При сравнении данной системы с коаксиальной системой обнаружено, что при равном значении тока в системе фокуса разряд не оставляет следов эрозии по боковой поверхности электрода. Высокая плотность энергии в плазменном фокусе позволяет более эффективно воздействовать на поверхность материала при обработке, а концентрация плазмы в малой области в точке фокуса - увеличить коэффициент распыления. С этой точки зрения открываются перспективы применения установки ПФ в технологии наноматериалов.

Список литературы

1. Zhukeshov A.M., Gabdullina A.T., Amrenova A.U., S.P. Pak. Structure and microhardness of steel samples after pulse plasma flows processing // *Materials Sciences and Applications*: - 2013. №4. P.35-41.