

УДК 621.793.74

**А.О. ГАРИН, Д.В. СЛЮСАРЬ, В.П. КОЛЕСНИК, Н.П. СТЕПАНУШКИН,
В.В. ЗИНОВЬЕВ, С.И. ПЛАНКОВСКИЙ***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР ПЛАЗМЫ
ДЛЯ ИОННОЙ ОЧИСТКИ ЛОПАТОК ГТД**

Данная статья посвящена проблеме предварительной очистки поверхности технологическим генератором плазмы для улучшения качества покрытий деталей газотурбинных установок, которые широко используются в авиационной и наземной технике.

модификация свойств поверхности, покрытия, очистка поверхности, автономный ионный источник, ускоритель с анодным слоем

Введение

В настоящее время газотурбинные установки (ГТУ) широко используются в авиационной и наземной технике. Высокая надежность работы ГТУ в большей степени зависит от стойкости лопаток, которая обеспечивается модификациями свойств поверхности методами напыления функциональных покрытий [1]. Однако чтобы обеспечить стойкость покрытий необходимо подготовить поверхности деталей перед напылением. Поэтому необходимо в технологический процесс нанесения покрытий включить операцию, которая бы позволила в вакуумной камере непосредственно перед напылением качественно очистить деталь и активировать ее поверхность.

1. Формулирование проблемы

Состав и строение поверхностной пленки существенно зависят от предыстории поверхностей, то есть от условий изготовления, хранения и транспортирования той или иной детали.

Для обеспечения доступа атомов напыляемого металла непосредственно к обрабатываемой поверхности необходимо удалить имеющиеся на ней загрязнения и адсорбированные атомы, т.е. очистить ее.

Методика очистки зависит от количества и состава поверхностных загрязнений.

Существующие методы очистки обладают рядом недостатков и не обеспечивают необходимое качество подготовки поверхности для получения необходимых свойств покрытия.

Одним из наиболее качественных методов очистки является очистка потоком ускоренных ионов инертного газа. Существующие источники ионов, как правило, устанавливаются непосредственно в объеме вакуумной камеры, что может привести к возникновению ряда трудностей при обеспечении совместной работы с различными генераторами плазмы.

Таким образом, существует необходимость в разработке технологического ускорителя ионов, предназначенного для очистки деталей непосредственно перед нанесением покрытия, большая часть элементов конструкции которого находилась бы вне технологического отсека. Кроме того, желательно, чтобы для питания данного ускорителя можно было использовать источники питания, применяемые для очистки деталей в существующих технологических установках, таких как «Булат», «МАП-1» и т.д.

Под эти требования попадают плазменные ионные ускорители (ПИУ), которые часто называют источниками Кауфмана [2], ускоритель с замкнутым

дрейфом электронов и протяженной зоной ускорения (УЗДП) и ускоритель с анодным слоем (УАС) [3, 4]. Обладая достаточно хорошими свойствами, как технологический ускоритель, ПИУ имеют достаточно сложную конструкцию и дороги в эксплуатации [5].

Более простые по конструкции УЗДП имеют трубчатую форму ионного пучка, нуждаются в использовании дорогостоящего и сложного в изготовлении катода-компенсатора, также имеют стенки, распыление которых вносит погрешности в компонентный состав покрытия. Для УАС также характерны некоторые из недостатков УЗДП, а именно трубчатая форма ионного пучка и распыление катода, которое может быть устранено установкой экрана аналогичного с материалом покрытия [6]. Но по сравнению с другими технологическими источниками у него есть ряд преимуществ:

- большой ресурс работы;
- простота конструкции;
- высокая надежность при эксплуатации.

2. Решение проблемы

Был разработан УАС для предварительной очистки поверхности, который представлен на рис. 1.



Рис. 1. Опытный образец ускорителя с анодным слоем для предварительной очистки поверхности

Данная конструкция отличается тем, что большинство элементов магнитной системы располагаются вне вакуумной камеры, что обеспечивает простой монтаж и эксплуатацию ускорителя.

Схема опытного образца УАС представлена на рис. 2.

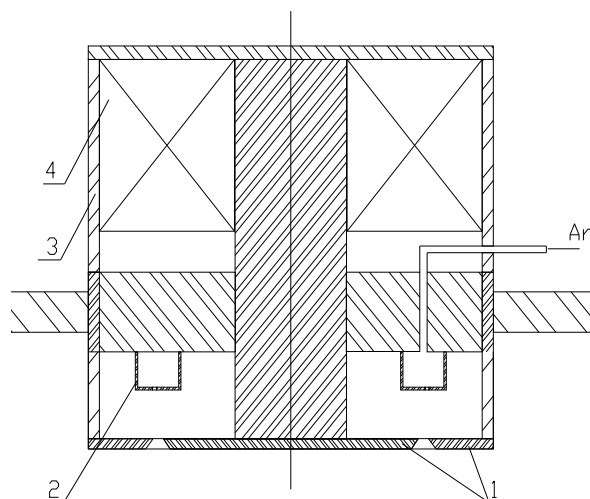


Рис. 2. Схема ускорителя с анодным слоем для предварительной очистки поверхности:
1 – полюсные наконечники; 2 – анод;
3 – магнитопровод; 4 – соленоид

Рабочий газ Ar поступает через коллектор в анод-коллектор 2 и подавался в ускорительный канал. Полюсные наконечники 1, одновременно являющиеся катодом, заземлены, что увеличивает надежность и безопасность при эксплуатации устройства. Для регулирования магнитного поля используется электромагнит 4. В процессе проведения экспериментов варьировалась ширина и глубина ускорительного канала. В предварительных экспериментах к аноду прикладывалось напряжение до 2,2 кВ. Мишень находилась на расстояниях от 20 до 50 см.

Так как разработанный УАС предполагается устанавливать на технологическое устройство для нанесения жаростойких покрытий МАП-1, в котором для нанесения защитных покрытий используется источник дугового типа, то рабочий газ подается непосредственно через анод. Это позволяет

работать при более высоком вакууме и расширяет возможности регулирования параметров источника ионов.

В ходе проведенных испытаний данного технологического ускорителя проведено распыление покрытия из нержавеющей стали X18H10T, нанесенного на медную подложку.

На рис. 3 приведены вольт-амперные характеристики технологического генератора плазмы при различных значениях индукции магнитного поля между полюсными наконечниками ускоряющего канала.

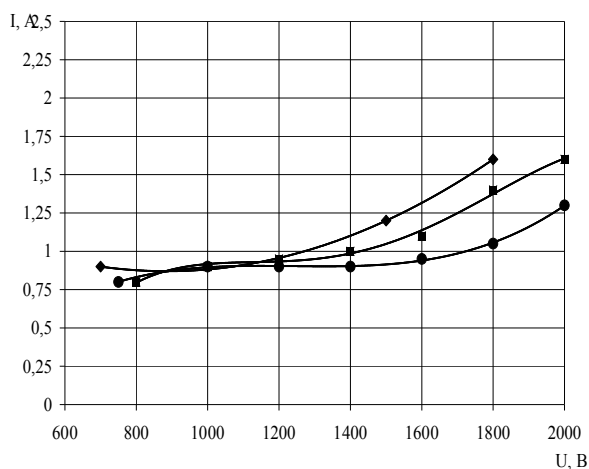


Рис. 3. Вольт-амперные характеристики технологического генератора плазмы при различных значениях индукции магнитного поля между полюсными наконечниками ускоряющего канала:
 ◆ - 85 мТл; • - 250 мТл; ■ - 300 мТл.

В рабочем диапазоне, т.е. при напряжениях 1...1,2 кВ, влияние магнитного поля на характер вольт-амперной характеристики незначительно. Более значительное влияние магнитного поля на характер вольт-амперных характеристик наблюдается при напряжениях выше 1,4 кВ, что, по мнению авторов, объясняется увеличением сопротивления разрядного промежутка в результате замагничивания электронов.

Заключение

Разработана конструкция технологического генератора плазмы, которая обладает рядом преимуществ: простотой конструкции, надежностью и большим ресурсом работы, а также возможностью установки на уже имеющееся оборудование. В настоящее время производится работа по совершенствованию конструкции и подборке оптимальных режимов работы.

Литература

1. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 328 с.
2. Kaufman H.R., Robinson R.S. Ion Source Design for Industrial Application / AIAA Journal. – 1982. – Vol. 20, № 6. – P. 745-760.
3. Ляпин Е.А., Семенкин А.В. Современное состояние исследований ускорителей с анодным слоем / Ионные инжекторы и плазменные ускорители. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – С. 20-33.
4. Гаркуша В.И., Лесков Л.В., Ляпин Е.А. Плазменные ускорители с анодным слоем / Плазменные ускорители и ионные инжекторы: Сб. научн. тр. – М.: Наука, 1984. – С. 129-138.
5. Слюсарь Д.В., Колесник В.П., Жорник О.В. Использование плазменного ионного ускорителя для обработки поверхностей // The 2-nd Korea-Ukraine Gas Turbine Technology Symposium (August 25-26, 2005). – P. 89-94.
6. Гришин С.Д., Лесков Л.В., Козлов Н.П. Электрические ракетные двигатели. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.

Поступила в редакцию 1.06.2007

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.