

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫБОРА КОМПОНОВКИ СИСТЕМЫ МАГНЕТРОННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

О.Э. Алиханов, А.И. Беликов, Р.И. Зайнуллин

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, МАГНЕТРОННОЕ НАНЕСЕНИЕ, ПОКРЫТИЕ, ВАКУУМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

MAGNETRON DEPOSITION SYSTEM LAYOUT SELECTION FOR THE COMPLEX SHAPE PARTS COATS BY THE COMPUTER MODELING

O.E. Alihanov, A.I. Belikov, R.I. Zainullin

KEYWORDS

COMPUTER MODELING, MAGNETRON DEPOSITION, COATING, VACUUM EQUIPMENT

Расширение номенклатуры изделий, на которые необходимо наносить тонкопленочные покрытия методом магнетронного распыления мишени в вакууме, с обеспечением при этом высоких требований к их равномерности, требует создания эффективных инструментов моделирования процесса осаждения на произвольные 3D-объекты. Эффективность в данном случае определяется как возможность в кратчайшие сроки выбрать оптимальное компоновочное решение технологической системы, обеспечивающее высокую производительность при соблюдении требований по равномерности покрытия. Наиболее остро проблема отсутствия инструментов моделирования процессов осаждения покрытий проявляется в случаях, когда изделиями являются крупноразмерные объекты сложной пространственной конфигурации и/или традиционные технологические решения (например, использование многопозиционной технологической оснастки с планетарной схемой движения изделий) не применимы, требуются расчеты. В этих случаях, при определении оптимального взаимного расположения источника и изделия, невозможно использовать упрощенные аналитические модели, основанные на интегрировании потоков, распыляемых с элементарных участков мишени и осаждающихся на участки поверхности объекта.

Для создания универсального инструмента решения таких задач использовался дискретный подход, на основе которого авторами была разработана программа «TFDepositionR» (свидетельство о регистрации RU2022685121). Программа формирует распределение толщины покрытия, осажденного путем распыления мишени за некоторое время на поверхность модели произвольного 3D-объекта, представленную триангулярной сеткой. На базе имеющейся экспериментальной установки магнетронного нанесения покрытий проводилась апробация программы, по результатам которой была подтверждена корректность примененных подходов и разработанных алгоритмов.

В дальнейшем программа использовалась при разработке технологической системы установки нанесения покрытий MoS_2 на крупноразмерные болты М64 для международного экспериментального термоядерного реактора ITER. Разработанное программное решение обеспечило возможность перебора и расчета различных вариантов компоновки оснастки и позволило в кратчайшие сроки выбрать предпочтительное технологическое решение на основе четырех магнетронов и двух позиций вращения.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алиханов Орхан Эльдар Оглы – магистр (ORCID: 0000-0002-3218-4962). МГТУ им.Н.Э.Баумана, г.Москва. e-mail: orhan.alihanov@gmail.com

Беликов Андрей Иванович – кандидат технических наук, доцент (ORCID: 0000-0003-1036-9058). МГТУ им.Н.Э.Баумана, г.Москва. e-mail: belikov@bmstu.ru

Зайнуллин Рустам Ильшатovich – магистр (ORCID: 0009-0009-3022-1369). МГТУ им.Н.Э.Баумана, г.Москва. e-mail: rustam.zainullin@bk.ru