

УДК 539.25

**РАЗРАБОТКА КОМПОНОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
МАГНЕТРОННОГО ОСАЖДЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ВНУТРЕННЮЮ РЕЗЬБУ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.**

Андрей Романович Мишкинис⁽¹⁾, Рустам Ильшатович Зайнуллин⁽²⁾

*Студент 3 курса⁽¹⁾, магистр 1 года⁽²⁾
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: А.И. Беликов,
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в
машиностроении»*

Магнетронное нанесение покрытий широко применяется в различных областях промышленности. Оно обеспечивает более высокую скорость нанесения при более низких давлениях по сравнению с другими методами и способно создавать покрытия с высокой адгезией на сложных геометрических поверхностях. Номенклатура изделий расширяется, зачастую возникают задачи, требующие создания технологических систем под новые объекты сложной формы. Кроме того, постоянно нарастающий темп внедрения новых решений побуждает к созданию и применению эффективных инструментов для ускоренной разработки внутрикамерных компоновок оборудования магнетронного нанесения [1]. Очевидно, что использование предварительного компьютерного моделирования при разработке технологической системы позволяет ускорить процесс разработки оптимального компоновочного решения.

Основной целью представляемой работы являлось выбор оптимальной компоновки системы магнетронного нанесения покрытий MoS₂ на такой объект конструкции проекта ИТЭР, как тело вращения с внутренней резьбой (гайка) и центральной вставкой (анод) в него, при помощи компьютерного моделирования. Для этих целей в системе КОМПАС-3D была подготовлена 3D-модель гайки для дальнейшего моделирования процесса магнетронного нанесения с использованием авторской программы «TFDepositionR». По результатам программной симуляции определялись толщина покрытия на разных витках, среднее значение толщины, а также неравномерность толщины покрытия при неизменных параметрах времени распыления и количестве источников области распыляемой мишени. В качестве варьируемых параметров компоновки технологической системы использовались: расстояние мишень-деталь и диаметр анода внутри гайки.

Проведенное моделирование показало, что с увеличением расстояния между мишенью и деталью, неравномерность уменьшалась до требуемых значений. Кроме того, диаметр анода, расположенного внутри отверстия резьбы, как элемента системы, оказывало существенное влияние на неравномерность покрытия. В таблице 1 приведены результаты расчётов, полученные в программе, на графиках (рисунок 1) приведены зависимости скорости осаждения и неравномерности покрытия от расстояния мишень-деталь при разных диаметрах анода.

Таблица 1. Результаты моделирования при различных геометрических параметрах магнетронной системы.

Расстояние между мишенью и деталью, мм	Диаметра анода 10 мм		Диаметра анода 15 мм		Диаметра анода 20 мм		Диаметра анода 25 мм	
	Скорость осаждения, нм/с	Средняя неравномерность	Скорость осаждения, нм/с	Средняя неравномерность	Скорость осаждения, нм/с	Средняя неравномерность	Скорость осаждения, нм/с	Средняя неравномерность
40	0,382	0,176	0,353	0,208	0,351	0,241	0,294	0,316
45	0,33	0,152	0,323	0,189	0,293	0,234	0,279	0,271
50	0,295	0,169	0,295	0,169	0,284	0,223	0,26	0,27
55	0,266	0,145	0,266	0,145	0,258	0,222	0,231	0,269
60	0,237	0,127	0,237	0,122	0,233	0,138	0,209	0,227

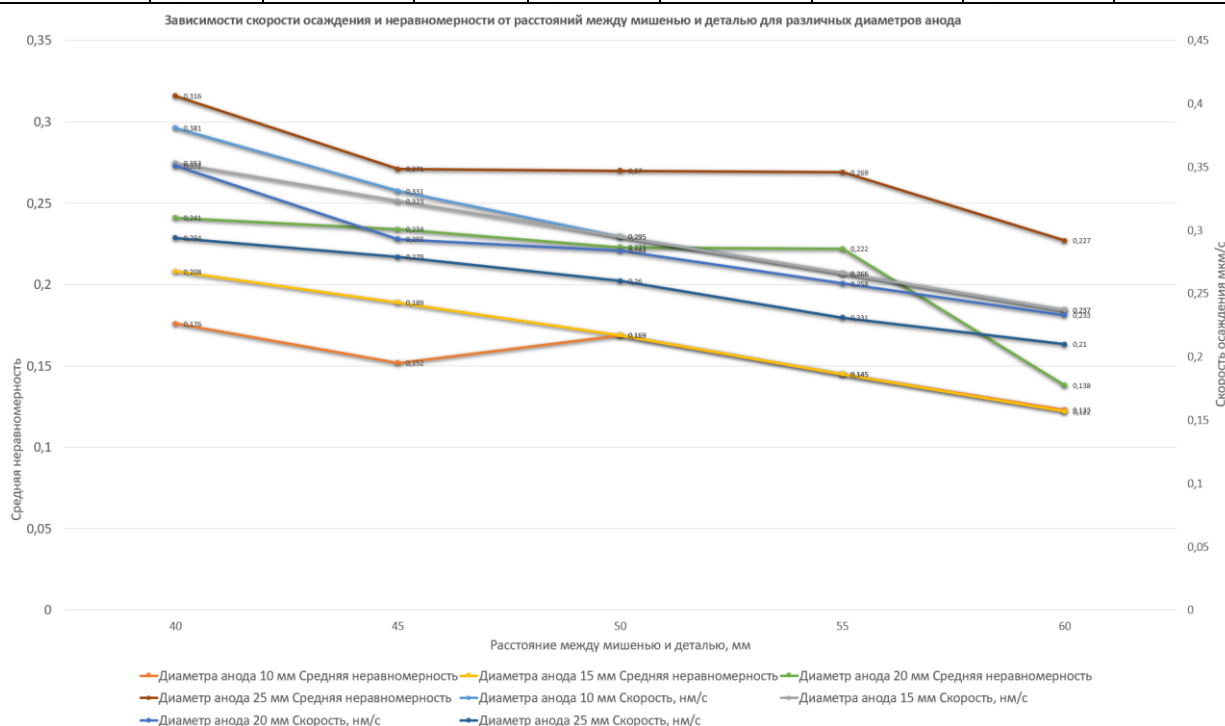


Рис.1 Графики зависимости скорости осаждения и неравномерности от расстояний между мишенью и деталью для различных диаметров анода.

По результатам моделирования была выявлена оптимальная компоновка магнетронной системы, параметрами которой являются: расстояние от мишени до детали - 60 мм; диаметр анода – 15 мм; расположение анода относительно детали - грани совпадают, анод внутри детали.

Литература

1. Fuzhen Wang, Junwei Wu (2023). Modern Ion Plating Technology, Chapter 8 Magnetron sputtering. doi:10.106/B978-0-323-90833-7.00008-5.