

**УДК 621.793.182**

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТОДА ВЫСОКО-ИМПУЛЬСНОГО МАГНЕТРОННОГО НАНЕСЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК**

Антон Вадимович Сиков

*Студент 3 курса, бакалавриат*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.И.Беликов,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Одной из актуальных проблем в современном мире является повышение надежности деталей, машин и механизмов. Решение заключается в тонкопленочных покрытиях, обладающих уникальными свойствами. Различного рода пленки способны увеличить износостойкость, прочность, твердость, коррозионную стойкость деталей. Свойства покрытий и качество их нанесения зависит от особенностей вакуумной и распылительной систем, характеристик и режима работы источника питания, а также метода нанесения покрытия.

Магнетронное нанесение тонких пленок относится к ионно-плазменному методу нанесения, что подразумевает выбивание частиц напыляемого материала (распыление катода-мишени) ионами рабочего газа (обычно аргона Ar). Также может осуществляться реактивное напыление посредством напуска кислорода O<sub>2</sub> или азота N<sub>2</sub>. Магнетронная распылительная установка состоит из вакуумной камеры, катода-мишени с системой охлаждения, анода, источника питания, магнитной системы и системы напуска газа. В качестве источников магнитного поля широко используются несбалансированные магнетроны, отличие которых в наличии дополнительного “аксиального” магнитного поля, оттекающего от мишени к подложке [1]. Благодаря такому магнетрону возможно увеличить расстояние от мишени до обрабатываемого объекта, тем самым увеличить “эффективную” зону нанесения покрытий (возможно наносить покрытия на изделия больших размеров) [2].

Магнетронное нанесение покрытий может осуществляться на различных режимах источника питания: в режиме постоянного тока (DC), импульсном либо высоко-импульсном режимах (HIPIMS). Наиболее перспективный метод – HIPIMS (с англ. - High-Power Impulse Magnetron Sputtering). Суть метода заключается в подаче высокой мощности на катод в коротких импульсах, что предотвращает перегрев и расплавление мишени [3].

HIPIMS обладает рядом преимуществ: во-первых, благодаря импульсам высокой мощности повышается плотность ионов около мишени, а значит, повышается интенсивность ионного воздействия. Это даёт возможность наносить “трудные” покрытия (например, нитриды и карбиды металлов TiC, TiN, ZrN) [2]. Во-вторых, значительно уменьшается термическое воздействие и на мишень, и на объект напыления, что позволяет использовать материалы со слабой устойчивостью к высокой температуре. Третье преимущество заключается в ионизации самого распыляемого материала. Ионизированные частицы мишени можно использовать для предварительной обработки перед нанесением покрытия для усиления адгезии. Еще одним преимуществом метода высоко-импульсного магнетронного нанесения тонких пленок является отсутствие микрокапельной фазы: покрытие строится только на

атомарном уровне – это также усиливает адгезию [3]. Технология HIPIMS отличается относительной легкостью масштабирования, то есть может использоваться в промышленных масштабах [1].

Нанесение тонких пленок методом высоко-импульсного магнетронного напыления применяется в авиакосмической, автомобильной и медицинской промышленности. Например, напыляются антикоррозионные и износостойкие покрытия TiAlCN/VCN (на ортопедические имплантаты, сверла), CrAlYN/CrN (детали в авиационно-космических и автомобильных двигателях).

Таким образом, метод высоко-импульсного магнетронного нанесения тонких пленок является перспективным и активно изучаемым методом, который нашел применение во многих отраслях промышленности.

### **Литература**

1. Нанесение покрытий с использованием несбалансированных магнетронов // Элан-Практик. Режим доступа: <http://www.elanpraktik.ru/wp-content/uploads/2017/12/Nanesenie-pokrytijj-s-ispolzovaniem-nesbalansirovannykh-magnetronov.pdf> (дата обращения: 14.03.2018).
2. Агабеков Ю.В., Сутырин А.М. Несбалансированные магнетронные распылительные системы с усиленной ионизацией плазмы // Постоянно действующий научно-технический семинар “Электроракуумная техника и технология”: тр. Т. 1. М., 1999. С. 102-108.
3. Кирюханцев-Корнеев Ф.В., D.Horwat, J.F.Pierson, Е.А.Левашов Сравнительный анализ покрытий Cr-V, полученных с помощью магнетронного напыления при постоянном токе и в режиме высокоомощного импульсного распыления // Письма в ЖТФ . 2014. №14. С. 1-2.