

УДК 621.793.182, 621.7-4, 621.893

## Формирование дискретных тонкопленочных покрытий TiAlN

Данилов Максим Алексеевич<sup>(1)</sup>, Петров Василий Владимирович<sup>(2)</sup>

*Студент 3 курса<sup>(1)</sup>, ассистент кафедры<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»  
Московский государственный технический университет*

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

Актуальность проблемы снижения трения и износа контактирующих поверхностей пар трения деталей машин, повышения стойкости обрабатываемого инструмента определяется непосредственным влиянием этих свойств на такие важные характеристики машин и оборудования, как ресурс, надежность и энергоэффективность. С возникновением и развитием вакуумных методов осаждения тонких пленок, обеспечивающих высокую чистоту, химическое и структурное совершенство наносимых покрытий, одним из активно развивающихся направлений стало применение этих методов для целей защиты и повышения стойкости поверхности к различным воздействиям, улучшение трибологических свойств контактных сопряжений.

Износостойкость тонкопленочных покрытий, формируемых методами физического осаждения, в существенной степени определяется уровнем остаточных напряжений и прочностью адгезионной связи покрытия и основания (подложки). В случае образования трещин в покрытии и нарушении на локальных участках адгезионной связи происходит разрушение покрытия.

Для повышения трещиностойкости и прочности покрытий необходимо снижения уровня остаточных напряжений в покрытии, однако, их предельная величина лимитируется толщиной покрытия и прочностью его адгезионной связи с основанием. Одним из путей преодоления недостатков сплошных покрытий является применение дискретной (островковой) конфигурации покрытий. В этом случае на локальных участках покрытия происходит сдерживание процессов трещинообразования, повышение адгезионной прочности.

Отличительной особенностью технологического процесса формирования тонкопленочных не сплошных покрытий является наличие операции размерной обработки, посредством которой обеспечивается создание дискретной структуры на основе фрагментов износостойкой пленки, образующей упрочненную поверхность. Такая операция может быть реализована на основании различных технологических приемов.

Каждый из технологических вариантов обладает специфическими особенностями и преимуществами. Так, наиболее высокие разрешение, качество и универсальность в формировании рисунка покрытия предоставляют фотолитографические методы, однако, обладая при этом высокой трудоемкостью и ограниченностью применения на геометрически сложных поверхностях и габаритных деталях. Метод с использованием металлических масок наиболее прост в реализации, но имеет низкую универсальность в формировании различных рисунков покрытия, требует обеспечения плотного и равномерного прилегания маски к поверхности, а

также для повышения качества желательно использование высоковакуумных методов осаждения пленок. Метод лазерной обработки обеспечивает высокую универсальность при формировании различных рисунков покрытия, может использоваться для получения покрытия на геометрически простых поверхностях большого размера.

Композитное покрытие на основе дискретных структур характеризуется множеством параметров, среди которых можно отметить такие существенные, как материалы, форма и размерность (характерный размер и толщина фрагментов) дискретной структуры. Важным параметром является соотношение площадей износостойкого покрытий и всей поверхности. Каждый из параметров оказывает существенное влияние на трибологические характеристики дискретных покрытий.

Так, например, проведенные исследования влияния геометрических параметров дискретной структуры композитного покрытия с использованием лазерной обработки, на его трибологические характеристики, свидетельствуют о следующем. В экспериментах покрытия формировались по технологии в соответствии с которой на подложку из стали X18H10T методом магнетронного осаждения наносилось покрытие TiBN. На втором этапе, на оборудовании лазерной гравировки часть поверхности нанесенного покрытия удалялась таким образом, чтобы оставшиеся дискретные фрагменты покрытия (в виде окружностей) располагались на поверхности с заданной в плане эксперимента периодичностью и имели необходимый размер.

Полученные покрытия исследовались на трибометрическом стенде. Осуществлялись измерения коэффициента трения скольжения в контакте с шариком из стали ШХ15. Кроме того, измерялась интенсивность изнашивания покрытий методом контроля потока частиц износа из области трения.

Проведенные исследования композитных покрытий, состоящих из тонких пленок дискретных планарных структур, свидетельствуют о перспективности таких материалов в плане повышения прочности покрытий за счет выбора оптимальной структуры. Для воздействия могут использоваться такие параметры композиции, как толщина слоя, размеры и форма локальных фрагментов покрытия.