

УДК 621.78

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Д.Х. Бафоев

Бухарский инженерно-технологический институт

АННОТАЦИЯ

В статье приведены материалы актуальных вопросов повышения качества и надежности рабочих инструментов, повышения периода стойкости режущего инструмента путем увеличения микротвердости, коррозионной стойкости и термодинамической устойчивости поверхностного слоя, а также снижения фрикционного взаимодействия режущего инструмента и обрабатываемого материала.

Ключевые слова: режущий инструмент, износостойкость, поверхностный слой, покрытие, PVD технология, вакуумно-дуговой метод.

ABSTRACT

The article presents materials on current issues of improving the quality and reliability of working tools, increasing the service life of a cutting tool by increasing microhardness, corrosion resistance and thermodynamic stability of the surface layer, as well as reducing the frictional interaction of the cutting tool and the material being processed.

Keywords: cutting tool, wear resistance, surface layer, coating, PVD technology, vacuum-arc method.

ВВЕДЕНИЕ

Использование современных высокопроизводительных машин особенно в условиях гибких автоматизированных, повышает требования, предъявляемые к качеству и надежности рабочих инструментов. При этом материал детали должен одновременно обладать достаточным запасом прочности при сжатии и изгибе, приложении ударных импульсов и закономерных напряжений.

В зависимости от вида деталей и условий работы характер теплосиловых нагрузок тоже весьма разнообразен, при этом практически всегда наиболее нагружен поверхностный слой, свойства которого в первую очередь определяют работоспособность деталей в процессе эксплуатации. Для того чтобы

противостоять таким нагрузкам, рабочие поверхности деталей должны иметь высокие показатели твердости, теплостойкости и т. д.

Перечисленные свойства обычно являются взаимоисключающими, и для создания рабочих деталей, с комплексом указанных свойств на поверхности и в объеме тела, в настоящее время используют различного рода способы модификации рабочих поверхностей, заключающиеся в направленном изменении физико-механических и кристаллохимических свойств поверхности и поверхностного слоя. Модификация рабочих поверхностей позволяет создать деталь, обладающий уникальным сочетанием, на первый взгляд, противоречивых свойств – высокой прочности и твердости [2].

Постановка решаемой задачи и проблем

Износостойкое покрытие – слой материала (как правило, химического соединения тугоплавких металлов) на поверхности детали, который отличается по своим кристаллохимическим, физико-механическим и теплофизическим свойствам от соответствующих свойств поверхности.

Назначение износостойкого покрытия – повышение периода стойкости рабочих органов машин путем увеличения микротвердости, коррозионной стойкости и термодинамической устойчивости поверхностного слоя.

Основное предназначение износостойкого покрытия – это увеличение производительности за счет возможности работы с высокими скоростями. Нанесение износостойких покрытий на быстрорежущие инструменты является одним из эффективных путей повышения стойкости и расширения их технологических возможностей.

Широкое промышленное использование режущих инструментов с износостойкими покрытиями позволяет решать целый комплекс следующих вопросов:

- значительно повысить период стойкости и надежность режущих инструментов;
- увеличить производительность процессов обработки резанием;
- сократить удельный расход дорогостоящих инструментальных материалов и дефицитных элементов (вольфрам, молибден, тантал, кобальт) для их изготовления;
- расширить область использования твердых сплавов и сократить номенклатуру применяемых сплавов стандартных марок;
- повысить качество поверхностного слоя и точность размеров обработанных деталей [1].

Износостойкие покрытия наносятся как на инструменты из быстрорежущей стали, так и твердосплавные инструменты, а также сменные неперетачиваемые

пластины для инструментов сборной конструкции. В качестве материалов для таких покрытий используются карбиды, нитриды, бориды, карбо-нитриды и силициды тугоплавких металлов, а также окись алюминия и синтетические сверхтвердые материалы на основе алмаза и эльбора.

Все соединения, используемые для нанесения покрытий, условно можно разделить на ионные материалы (Al_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 , SiO_2 , MgO и др.), ковалентные материалы А (алмаз), B_4C , кубический нитрид бора CBN), SiC , Si_3N_4 , AlN и др.) и металлические материалы (ZrC , TiB_2 , TiC , TiN , TaC , WC , VC , CrB_2 и др.).

Чтобы покрытие, нанесенное на режущий инструмент, существенно повышало его эксплуатационные свойства, оно должно отвечать целому ряду требований, различных для самого слоя покрытия и для переходной зоны между покрытием и основным материалом, в том числе, низкий коэффициент трения ($\mu=0,1-0,35$), высокая твердость ($H=35-50$ GPa), высокая термостойкость ($T_{ст}=900-1200$ °C), высокая стойкость к окислению ($T_{ок}=800-1000$ °C), химическая стабильность к рабочему материалу и др [3].

Поверхность покрытия, непосредственно контактирующая с обрабатываемым материалом, не должна с ним активно взаимодействовать. Это обеспечивается:

- применением различного характера химических связей в покрытии и обрабатываемом материале, что увеличивает сопротивление адгезионному изнашиванию;
- высокой прочностью покрытия и его сопротивлением химическому взаимодействию с обрабатываемым материалом и окружающей средой.

Анализ эксперимента и полученных результатов

Существуют два основных метода нанесения износостойкого покрытия на режущий инструмент:

- CVD-методом химического осаждения из газовой фазы;
- PVD-методом физического осаждения из газовой фазы.

PVD технология – это обработка поверхности металла в вакуумной среде путём воздействия на него молекулами других металлов для получения особо прочной и твердой поверхности изделия. Для процесса PVD-обработки в основном используются титан и цирконий. Титан очень устойчив к усталости, вызванной колебаниями температуры, в то время как нержавеющей сталь подвержена разрушению и усталости. Поэтому титан является лучшим выбором, когда колебания температуры приводят к экстремальным повышениям или понижениям.

Покрытия PVD (получаемые по методу физического осаждения покрытий)

имеют следующие основные преимущества: низкая температура нанесения, позволяющая упрочнять инструменты из быстрорежущих сталей, и небольшая толщина (1,5–6 мкм). Кроме этого PVD-покрытия обладают более высокой трещиностойкостью и лучше приспособлены для работы с ударными нагрузками.

Нанесение покрытий методом PVD происходит при невысокой температуре (обычно до 500 °С), что не приводит к практическим ограничениям по материалам, на которые наносятся покрытия. Это особенно важно при нанесении покрытия на быстрорежущую сталь, так как не превышает температуру отпуска закаленной стали (около 550 °С) [3].

Все процессы PVD происходят в вакууме или в атмосфере рабочего газа (Ar, N₂, C₂H₂) при достаточно низком давлении (около 10 мбар) в камере. Это необходимо для облегчения переноса частиц от источника (мишени (Ti)), размещенного на стенке камеры, к изделию (подложке) при минимальном количестве столкновений с атомами и молекулами газа. Это же условие определяет обязательность прямого потока частиц. В результате покрытие наносится только на ту часть изделия, которая ориентирована к источнику частиц. Скорость осаждения покрытия зависит в этом случае и от относительного расположения источника и материала.

Для равномерного нанесения покрытия необходимо систематизированное движение изделия, размещенного на специальном вращающемся приспособлении, или применение нескольких источников, расположенных определенным образом. В то же время покрытие наносится только на поверхности в прямой видимости источника, оставляя другие без покрытия.

Одними из основных факторов, определяющих качество покрытия, нанесенного методом физического осаждения, являются чистота исходных материалов, необходимый уровень вакуума и чистота реакционного газа.

Отрасль применения полученных результатов.

Вакуумно-дуговой метод характеризуется наличием потоков высокоионизированной плазмы испаряемого материала. При подаче на подложку высокого отрицательного потенциала происходит очистка и активация (путем распыления) ее поверхности ионами испаряемого материала, а также диффузия атомов покрытия в подложку. При последующем нанесении покрытия наблюдается взаимная диффузия атомов материала подложки в покрытие, и наоборот, а на границе образуется диффузионный слой толщиной 1,5–2,5 мкм. Это обеспечивает адгезию покрытий к подложке значительно более высокую, чем при других PVD-методах нанесения. При напуске в вакуумную камеру реакционных газов образуются соответствующие соединения с металлами,

обладающие высокими физико-механическими характеристиками [3].

Вакуумно-дуговой метод отличается от других PVD-методов высокой степенью ионизации испаряющихся частиц, а также их начальной энергией, которая в несколько раз выше, чем, например, при магнетронном методе. Поскольку ускоренные ионы тормозятся в поверхностном слое покрытия, толщиной в несколько нанометров, температура этого слоя может существенно отличаться от общей температуры подложки. Рост кристаллитов в покрытии сопровождается выделением второй фазы, состоящей из соединений примесных элементов. При достижении определенного количества и концентрации второй фазы она скачкообразно выделяется на поверхности покрытия, частично или полностью прерывая рост зерен первой (основной) фазы. Периоды и толщина межслойных границ определяются количеством и составом примесных элементов, а также энергией ионов и плотностью тока на подложке. Например, покрытия TiN, осажденные путем вакуумно-дугового испарения титанового сплава VT1-0, содержащего относительно небольшое количество примесей, имеют многослойную структуру (с периодом 10–30 нм).

Важным достоинством вакуумно-дугового способа является практически полное воспроизведение химического состава испаряемого материала катода в составе покрытия. Вакуумно-дуговые испарители способны работать независимо от пространственного положения, что дает возможность наносить на одну и ту же подложку материалы из различных источников. На дуговых установках можно наносить композитные и многослойные покрытия. Для этого используются несколько мишеней различного химического состава. Применение нескольких одинаковых мишеней увеличивает скорость нанесения покрытия [3].

ВЫВОДЫ

Повышение производительности, надежности, а также ужесточающиеся требования к качеству изделий и технологической среды обусловили эволюционное развитие вакуумного ионно-плазменного оборудования в направлении от установок периодического действия, требующих напуска атмосферы и перезагрузки рабочей камеры каждый технологический цикл, к установкам полунепрерывного и непрерывного действия, обеспечивающих частичное или полное совмещение рабочих и вспомогательных операций основного технологического процесса. Специфические особенности такого оборудования позволяют обеспечить непрерывность технологического процесса с использованием шлюзовых загрузочных систем и дополнительных рабочих камер для проведения вспомогательных операций, что влечет за собой существенное усложнение структуры, количественного и качественного

состава элементной базы вакуумных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Bafoev D.Kh. and others. Increasing the strength of the surface layers of worn machine parts in effective ways. EPRA International Journal of Research & Development (IJRD). 30-06-2020. Impact Faktor **(SJIF)7.001(ISI)1.241**.
2. Bafoev D.Kh. Finishing and Hardening Treatment of the Outer Surfaces of the Part with Promising Methods of Ultrasonic Treatment. Miasto Przyszłości. Kielce 2022. Impact Factor: 9.2 29.10.2022.
<https://miastoprzyszlosci.com.pl/index.php/mp/article/view/705/649>
3. Локтев, Д. Основные виды износостойких покрытий / Д.Локтев, Е. Ямашкин // Наноиндустрия. – 2007. – №5.– с. 24–31.