

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

В последнее десятилетие на российском рынке оборудования для металлообработки широко представлена продукция большинства ведущих зарубежных производителей. Выбор такого оборудования огромен, и не всегда можно понять, в чем заключаются преимущества конкретного изделия в сравнении с аналогами.

Это позволяет надеяться, что наступило время, когда, приобретая оборудование в соответствии с решаемой задачей и финансовыми возможностями, машиностроительное предприятие будет в состоянии производить продукцию, удовлетворяющую требованиям потребителя и конкурирующую по цене и качеству с импортом.

К сожалению, таких примеров на отечественном рынке не много: продукция российского производителя пока не дешевле, а если это происходит, то главным образом за счет снижения качества.

Одно из объяснений – импортные станки дорогие, а в себестоимость продукции заложена их амортизация. Кроме этого, велики эксплуатационные затраты, значительную часть которых составляет стоимость импортных комплектующих, инструмента, фирменное обслуживание.

Такая ситуация сказывается на темпах роста производства отечественной высокотехнологичной продукции, в том числе в ОПК, однако, как свидетельствует практика, существует реальная возможность управления себестоимостью выпускаемой продукции с одновременным повышением ее качества.

Повышение эффективности обеспечивается в частности за счет перехода на интенсивные режимы металлообработки при использовании инструмента с многофункциональными покрытиями. Такой подход уже апробирован и внедрен в производство ведущих предприятий развитых стран.

По оценке Европейского союза (EU Innovation project IN 10141D), один евро, потраченный на упрочняющее покрытие для режущего инструмента, дает экономию производственных издержек в пять евро.

Многофункциональные покрытия обладают комплексом свойств, необходимых для работы инструмента на высокоскоростных режимах – высокими твердостью, вязкостью, термостойкостью, низким коэффициентом трения. Такой комплекс свойств обеспечивается за счет особой, нанокompозитной структуры покрытий, представляющей собой нанокристаллитные керамические зерна, распределенные в аморфной или кристаллической матрице.

Большинство российских предприятий для металлообработки пока вынуждены приобретать обладающий вышеуказанными свойствами импортный инструмент однократного использования. Такой инструмент служит до первой перезаточки, поскольку без покрытия он не работает на требуемых режимах и выходит из строя, однако, как свидетельствует практика, если на него повторно наносится покрытие, инструмент можно использовать несколько раз.

Покрытия наносятся в вакууме на автоматизированных установках, обеспечивающих воспроизводимость свойств создаваемых высококачественных покрытий.

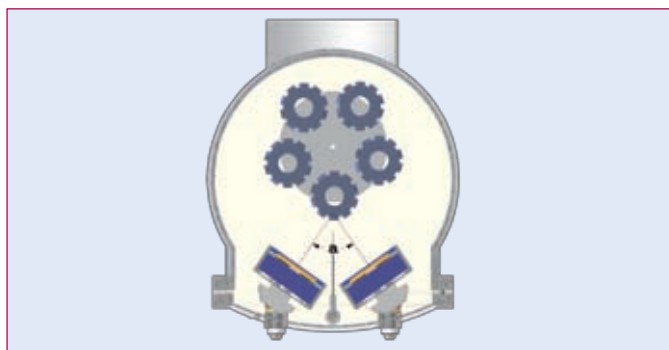


Рис. 1 Схема нанесения нанокompозитных покрытий методом "дуального" магнетронного распыления

Ведущие мировые производители вакуумных установок используют два способа нанесения нанокompозитных покрытий: вакуумно-дуговой и магнетронный.

По первому способу покрытие формируется из высокоионизированной плазмы на металлическом катоде за счет энергии разряда электрической дуги. В дуговом разряде наряду с потоком ионов образуются микроскопические капли (частицы) металла, которые входят в состав наносимого на изделие покрытия. Такие включения увеличивают шероховатость, повышают трение, снижают коррозионную стойкость и нарушают структуру нанокompозитного покрытия.

Вакуумные установки позволяют наносить широкую гамму упрочняющих покрытий для решения задач высокоскоростной обработки, металлообработки без СОЖ, штамповки, вытяжки, литья под давлением и др.

В магнетронном способе ионизированная плазма создается в результате бомбардировки металлической мишени ионами аргона. Осаждаемое на изделии покрытие формируется исключительно на атомарном уровне без каких-либо включений микрокапель.

Преимущества магнетронного метода нанесения нанокompозитных покрытий наиболее ярко проявляются при использовании "дуальных" магнетронных распылительных систем, состоящих из двух одинаковых и расположенных рядом под некоторым углом друг к другу магнетронов (рис.1). Магнетроны оснащаются мишенями, выполненными из различных материалов, что позволяет формировать сфокусированные на изделии потоки атомов и ионов именно тех металлов, из которых формируется нанокompозитное покрытие.

При подаче на дуальный магнетрон импульсного двуполярного напряжения частотой 20–40 кГц система начинает работать в особом режиме. В половину периода один магнетрон



Рис.2 Вакуумные установки НПФ "Элан-Практик" с блоками питания ООО "Плазматех"

работает катодом, а другой – анодом, во вторую половину периода – наоборот. Такой режим работы позволяет получить высокую степень ионизации плазмы и полностью исключить генерацию микрочастиц, которая возможна в обычном магнетронном разряде. В результате формируется совершенная нанокompозитная структура покрытия с высокой гладкостью поверхности, обладающая низким коэффициентом трения и обеспечивающая высокоэффективную защиту от износа и от коррозии при повышенных температурах.

Например, многофункциональное покрытие **nc-CrN/nc-AlN**, состоящее из нанокристаллитов нитрида хрома, распределенных в кристаллической матрице нитрида алюминия, имеет твердость 3700 HV, температурную стойкость до 1150°C, коэффициент трения по стали – 0,25. Покрытие хорошо зарекомендовало себя при высокоскоростной обработке металлов без СОЖ, при обработке вязких материалов (нержавеющая сталь, титан, никелевые сплавы), а также как низкофрикционное покрытие, работоспособное при высокой температуре.

Ключевым элементом современных вакуумных установок нанесения нанокompозитных покрытий методом "дуального" магнетронного распыления являются специализированные системы асимметричного питания магнетронов.

Ведущим производителем специализированных блоков импульсного питания магнетронов, включая блоки асимметричного питания, в России является фирма "Плазматех" (г. Москва).

Благодаря многолетнему сотрудничеству ООО "Плазматех" и НПФ "Элан-Практик" (г. Дзержинск) уже в 2003 году в России было организовано производство современного промышленного оборудования для нанесения нанокompозитных

покрытий, которое в настоящее время достаточно активно используется на ряде производств.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ УСТАНОВОК НПФ "ЭЛАН-ПРАКТИК", УКОМПЛЕКТОВАННЫХ БЛОКАМИ ПИТАНИЯ ООО "ПЛАЗМАТЕХ" (рис.2):

Упрочнение металлообрабатывающего инструмента:

- Московский монетный двор (упрочнение монетных штемпелей, в том числе для имеющих зеркальную поверхность proof- монет);
- ГосНИИМаш – упрочнение режущего инструмента и штампов;
- "КЭМЗ-Инструмент" – упрочнение режущего инструмента и штампов;
- Пермский государственный технический университет – упрочнение режущего инструмента;
- Московский институт стали и сплавов – упрочняющие покрытия на основе боридов.

Блоки питания ООО "Плазматех" и установки НПФ "Элан-Практик" с целью замены гальванопокрытий на нанокompозитные износ- и коррозионностойкие покрытия используют Чистопольский и Угличский часовые заводы, Ковровский электромеханический завод, Московский монетный двор, фирма LIW LEWANT (Польша).

В 2006 году блоки питания ООО "Плазматех" были поставлены в Нижегородский инновационно-производственный центр "Нанокompозитные покрытия", который, эффективно решая задачу обработки титановых и жаропрочных сплавов, организовал мелкосерийное изготовление покрытий на инструмент заводов Нижегородского региона (ГАЗ, Гидромаш, Машзавод и др.), а также для НПО "Сатурн", Уфимского машиностроительного ПО. 