

**А. Л. ГОЛОЗУБОВ**

УО МГПУ им. И. П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Исторически сложилось так, что первоначально основной областью применения тонкопленочных покрытий (ТП) являлась радиоэлектронная промышленность, где к качеству пленок предъявлялись такие специфические требования, как стехиометричность химического состава и эпитаксиальность роста, что и предопределило пути технического развития, связанные преимущественно с вакуумными технологиями, позволяющими получать ТП высокого качества.

Исследования в области расширения технологии нанесения ТП показали принципиальную возможность применения плазменных технологий, существенно расширяющих область их использования. Покрытия, получаемые из плазмы, имеют незначительные посторонние примеси в своем составе и несовершенства роста, что делает невозможным их использование в электронной промышленности, в то же время такие ТП можно эффективно использовать в машиностроении, т. к. повышение степени несовершенства структуры вызывает улучшение эксплуатационных характеристик с точки зрения упрочняющих покрытий (микротвердость, износостойкость, адгезия).

Защитные покрытия, наносимые существующими методами упрочнения, как правило, требуют последующей механической обработки упрочненной поверхности, что часто затруднено ее высокой твердостью, вязкостью или другими специфическими свойствами, а также возможностью отслоения покрытия от подложки в процессе обработки. Поэтому разработка новых методов упрочнения деталей, исключая последующую механическую обработку на финишных стадиях изготовления, является актуальной задачей. Улучшить показатели шероховатости поверхности и повысить ее триботехнические свойства позволяет нанесение износостойких ТП толщиной до 2 мкм из дуговой плазмы. Высокая точность нанесения ТП по толщине (до 0,3 мкм) позволяет применять разработанный технологический процесс для упрочнения контактирующих поверхностей прецизионных узлов трения, штамповой оснастки и других деталей, не допускающих последующей механической обработки из-за высоких требований к точности изготовления и сборки.

Нанесение ТП из дуговой плазмы с применением металлоорганических соединений (МОС) является новым направлением в технологии нанесения защитных покрытий и отличается от известных технологических процессов простотой и надежностью, связанных со способом подачи МОС в плазму – в паровой фазе.

Наиболее перспективным методом является метод осаждения из газовой фазы, который получил распространение благодаря синтезированию летучих МОС. Физической основой метода получения ТП из МОС является их способность выделять чистые вещества или их соединения в конденсированной фазе в результате воздействия различных видов энергии. Достоинствами метода термического разложения МОС для получения ТП являются: ведение процесса при атмосферном давлении; получение покрытий широкого спектра: окислов, нитридов, карбидов, а также их сочетаний в различных пропорциях; нанесение покрытий одинаковой толщины на горизонтальные и вертикальные поверхности сложной конфигурации; высокая адгезия получаемых ТП; высокая производительность процесса.

Среди способов термического разложения МОС наиболее перспективным является использование плазмы газового разряда. Основным преимуществом данного способа является способность осаждения тонких пленок на подложки, имеющие комнатную температуру. Преимущества дуговых плазмотронов заключаются в высокой удельной мощности ( $10^2$ – $10^7$  Вт); достижении высоких температур ( $10$ – $25 \cdot 10^3$  К); высокой скорости истечения плазмы ( $1$ – $10^4$  м/с); хорошей управляемости энергетическими, тепловыми, газодинамическими параметрами и возможностью автоматизации; отсутствию ограничений по размерам и массе обрабатываемых деталей; незначительном разогреве подложки; возможности проведения процесса при атмосферном давлении.

Учитывая способ подачи МОС в реакционную камеру плазмотрона – парообразное состояние – наиболее приемлемым является дуговой плазмотрон косвенного действия. Генерируемая в таком плазмотроне плазма свободно истекает из канала, что обеспечивает некоторый промежуток времени,  $10^{-1}$ – $10^{-3}$  с, необходимый и достаточный для протекания процесса термического разложения МОС ( $10^{-5}$ – $10^{-7}$ ).

С точки зрения технологии следует отметить возможность осаждения ТП на подложки, имеющие комнатную температуру или с незначительным нагревом при обработке предварительно термоупрочненных стальных подложек, что затруднительно или невозможно при использовании других способов. Отсутствие необходимости последующей термообработки термически упрочняемых подложек значительно повышает эффективность использования плазмы газового разряда.

Малая толщина ТП, а также особенности осаждения из газовой фазы, позволяют получать качественные покрытия на поверхностях, расположенных под различными углами к плазменной струе. Отличительная способность метода – возможность нанесения ТП в сквозных отверстиях малого диаметра, что исключено при применении других методов.

Пример развития технологии нанесения ТП позволяет заключить следующее:

1. Разработка новых конкурентноспособных ресурсосберегающих технологических процессов должна производиться на основе всестороннего анализа существующих технологий с использованием информации, содержащейся в создаваемых базах данных.

2. Для повышения эффективности необходимо тесное сотрудничество специалистов различных отраслей, допускающее свободный обмен информацией, для чего необходимо решить проблему создания общей базы предложений и запросов от предприятий РБ.

3. Для активизации процесса внедрения новых технологических процессов необходимо проведение тендеров, заявляемых предприятиями, с участием возможно большего числа участников из числа представителей различных исследовательских учреждений (институты, НИЛ и т. д.).

4. Сдерживающим фактором внедрения новых технологических процессов является низкая активность предприятий, не заинтересованных в повышении эффективности работы, поэтому необходимо принятие новых законов, стимулирующих предприятия не только на внедрение новых технологий, но и на выделение средств под разработку новых НИР.

МГТУ им. И.П.Шамаякина