

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДАЕМЫХ В ВАКУУМЕ

В. И. СЕРДЮК, инж. (Чернигов. НПП «Дельта-С»), **О. В. ГНАТЮК**, инж. (Чернигов. гос. технол. ун-т)

Рассмотрены вопросы создания качественных покрытий различного назначения на полимерах, стеклах, металлах. Показаны пути совершенствования технологических процессов нанесения покрытий.

Ключевые слова: вакуумное термическое напыление, качество вакуумных покрытий, новые технологии, оборудование

Ранее процессы обработки материалов с использованием наукоемких технологий традиционно считались дорогостоящими и применялись преимущественно в таких отраслях промышленности, как оборонная, космическая, ядерная энергетика и т. д. В последние годы спрос на эти технологии возросла при изготовлении продукции, но при этом возникла необходимость учета технических и экономических сторон использования таких технологий.

Практика показывает, что при решении конкретных технологических задач периодически приходится сталкиваться с взаимоисключающими требованиями. Например, требуется получить покрытие или оптическое прозрачное и отличающееся минимальным электросопротивлением (для систем экранирования от радиопрослушивания), или высокой прочностью на мягкой подложке (опоры трения, различные фрикционные узлы), или тонирующее большой площади (2... 5 м²) с высокой степенью равномерности и т. д.

Первоочередным фактором получения качественного покрытия является высокая адгезия с подложкой. Фактически решение данного вопроса относится к диффузионной сварочной технологии, которая предусматривает получение равномерного соединения двух материалов (в нашем случае наносимого слоя и подложки). Данный процесс можно рассматривать как исправление дефекта в твердом теле, а сварку — как способ ликвидации такого дефекта. Но в отличие от канонического случая, когда свариваемые материалы характеризуются сродством (взаимная растворимость, малая разность КЛР), материал подложки по своим физико-механическим свойствам довольно часто существенно отличается от наносимого покрытия (металл+полимер, металл+стекло, полупроводник+металл) [1, 2].

Достаточно обширным является арсенал средств и технологий нанесения покрытий. Ниже рассматриваются два примера, демонстрирующих, что не всегда прямой перенос традиционных технологий позволяет получать новую продукцию заданного качества. В каждом конкретном случае необходимо

учитывать особенности того или иного способа нанесения покрытий. Проблема состоит в том, что в классической теории нанесения декоративных, упорочняющих, функциональных покрытий большинство авторов основывается на законе Рауля [3]:

$$\frac{P - P_A}{P_A} = N_B (N_A + N_B) = n_B,$$

где P_A — давление насыщенных паров компонента A ; P — давление паров компонента A с примесью; N_A , N_B — число молей компонентов A , B ; n_B — молярная доля примеси B .

Суть этого закона состоит в том, что при увеличении содержания легирующего компонента B давление паров наносимого основного компонента A снижается пропорционально росту молярной доли компонента B .

Пренебрежение основными постулатами этого закона привело, в частности, к тому, что на законодательном уровне (ТУ 01.003986001–94) в разряд стандартных отнесена технология испарения конечной навески алюминия из вольфрамового испарителя для получения отражающего слоя на зеркалах. Скрытым дефектом этой технологии оказалось нанесение покрытий из интерметаллида, что неизбежно при испарении конечных навесок из-за ограниченной взаимной растворимости алюминия в вольфраме. На практике только 15... 20 % изначально наносимого материала (для установок типа УВН-15, УВ-18) соответствует требованиям ГОСТ 17716–91 по отражающим свойствам, остальное — это переходящий фракционированный слой интерметаллида. Долговечность такого покрытия крайне низкая, потускнение, отслоение отражающего слоя зафиксировано через 1,5... 2,0 мес эксплуатации.

Для устранения подобного дефекта предложена частичная модернизация оборудования и изменение технологического процесса. Доработка оборудования заключается в установке оригинальных систем ионной очистки и тигельного испарения (монтируются практически на весь парк вакуумного оборудования СНГ). Система ионной очистки снабжена дифференциальным натекалем и позволяет выполнять обработку поверхностей для нанесения покрытий аномальным ионным разрядом. Режим очистки ($U = 5000... 7000$ В, $I = 0,5... 1,5$ А) характеризуется такой эффективностью, что даже резистивный способ испарения позволяет достичь прочности сцепления покрытия на уровне 250... 270 МПа. Ис-

Сердюк Валерий Иванович — выпускник ЧФ КПИ 1982 г., директор НПП «Дельта-С».
Гнатюк Олег Валентинович — выпускник ЧФ КПИ 1977 г., зав. лабораториями кафедры сварочного производства.

пользование тиглей из алюмооксидной керамики сводит влияние материала испарителя на наносимое покрытие практически к нулю.

Второй пример нерационального использования технологических возможностей оборудования состоит в получении упрочняющих покрытий на основе нитрида титана на металлорежущем инструменте. Согласно существующему типовому технологическому процессу «Покрытия ионноплазменные для режущего инструмента» (ОСТ 4.054.070–85), очистка покрываемых поверхностей производится способом импульсной бомбардировки ионами распыляемого материала катода. Высокая эффективность такой очистки сопровождается отрицательным явлением — значительным зональным нагревом поверхности детали при большом давлении остаточных газов в вакуумной камере. Такого рода воздействие, а также раздельность процессов очистки и нанесения покрытия приводит к образованию на поверхности детали вторичных оксидов, очагов с глубоким диффузионным внедрением карбидов, к росту зерна, появлению микротрещин. Микротвердость полученного покрытия не превышает 16000 МПа. Существенное изменение технологии приводит к значительному повышению микротвердости покрытия (в среднем до 25000 МПа). Суть изменения заключается в реализации непрерывного процесса, совмещающего очистку и нанесение. Посредством придания подложке постоянного отрицательного потенциала удается достичь того, что высокоэнергетические частицы, попадая на подложку

и внедряясь в нее, могут нейтрализоваться и отражаться как нейтральные или метастабильные частицы. Это позволяет вызвать вторичную электронную эмиссию с распылением материала подложки.

Установлено, что при реализации такого способа очистки стабилизация ионного тока при напряжении ускорения 3 кВ и давлении азота в камере 5 Па происходит уже через 5 мин. Это дает возможность сократить процесс обработки в два раза при значительном улучшении качества покрытия. Устройство плавного регулирования, разработанное для установки «Булат-6», позволило достичь скорости осаждения покрытия на детали диаметром 30 мм до 12...17 мкм/ч.

Таким образом, не следует практиковать «слепой» перенос технологий вакуумного осаждения, применяемых в производстве с нанесением функциональных покрытий на изделия сходного типа.

Нежелательно брать за основу сопутствующие технологические процессы, поставляемые в качестве рекомендуемых совместно с вакуумным оборудованием, так как универсальность чаще всего вредит качеству.

1. *Кречмар Э., Шварц Г.* Напыление металлов, керамики и пластмасс. — М.: Машиностроение, 1966. — 432 с.
2. *Костржицкий А. И., Лебединский О. В.* Многокомпонентные вакуумные покрытия. — М.: Машиностроение, 1987. — 208 с.
3. *Кучеренко Е. Т.* Справочник по физическим основам вакуумной техники. — Киев: Виц. шк., 1981. — 264 с.

Considered are the issues associated with production of different- application quality coatings on polymers, glasses and metals. Shown are the ways of improving the coating deposition processes.

Поступила в редакцию 06.04.2001