

и лишь при удалении от оси катода в радиальном направлении на 120 мм он падает практически до нуля.

Анализ распределения толщины покрытия по длине подложки показывает, что эта зависимость носит нелинейный (параболический) характер и может быть описана уравнением вида

$$Y = ax^2 + b,$$

где x – расстояние от оси катода до искомой точки на подложке в радиальном направлении;

a и b – коэффициенты, зависящие от параметров процесса осаждения покрытия.

Характер экспериментальных зависимостей позволил сделать вывод, что коэффициент a определяется током фокусирующей катушки, а коэффициент b является функцией как тока фокусирующей катушки, так и времени осаждения покрытия.

На основании обработки результатов исследований была получена математическая модель распределения толщины покрытия на подложке как функции тока фокусирующей катушки и времени:

$$h = (-2,73 I_{\phi} - 2,8) \cdot 10^{-7} x^2 + (0,133 I_{\phi} + 0,3) \cdot 10^{-3} \cdot \tau,$$

где h – толщина покрытия, мкм;

x – расстояние от оси катода до искомой точки на подложке в радиальном направлении, мм;

I_{ϕ} – ток фокусирующей катушки, А;

τ – время нанесения покрытия, мин.

УПРОЧНЯЮЩИЕ И ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Студент В.М. Голушко

Научный руководитель – д-р техн. наук, доц. С.А Иващенко

Наиболее перспективными являются покрытия из кадмия, алюминия, титана и некоторых других металлов.

Вакуумное кадмирование широко применяется в авиационной промышленности, где для изготовления деталей используются

сверхпрочные стали. Адгезия кадмия к высокопрочным сталям улучшается при осаждении металла на поверхность, предварительно подвергнутую пескоструйной или дробеструйной обработке. Кадмиевые покрытия обычно наносят на детали, которые работают при температурах не выше 260 °С. Считается, что при более высоких температурах кадмий диффундирует по границам зерен в сталь. Кроме того, установлен ряд специфических ограничений на применение кадмиевых покрытий (например, при воздействии ряда материалов, имеющих ненасыщенные связи С-С). Наконец, кадмиевое покрытие не является достаточно блестящим. Часто для придания блеска кадмиевое покрытие полируется. Поэтому в определенных случаях предпочтение отдается алюминию.

Защитные алюминиевые покрытия могут быть анодированы и окрашены в любой цвет. Анодирование проводится для получения твердого износостойкого наружного слоя окисла. Покрытие толщиной 25 мкм наносится примерно за 6 мин. Такие покрытия могут использоваться для защиты деталей самолетов и ракет, изделий бытового назначения, деталей автомашин и др. Наряду с высокими защитными свойствами вакуумные алюминиевые покрытия имеют красивый внешний вид, поэтому могут применяться для покрытия деталей автомобилей и различных приборов. Алюминиевое покрытие может выдерживать при эксплуатации гораздо более высокие температуры, чем кадмиевое, которое кроме того, что коррозионно разрушается, при температуре выше 260 °С становится сравнительно мягким, резко уменьшается его сопротивление трению и износу. Вакуумные алюминиевые покрытия отличаются высокой пластичностью и хорошей адгезией к основе. Поэтому при изгибе, штамповке и других технологических операциях алюминиевая пленка на металле не нарушается. Есть указания на то, что вакуумные алюминиевые покрытия перспективны для защиты алюминиевых сплавов. Алюминиевые покрытия можно наносить и на алюминиевые отливки для их последующего анодирования, так как из-за наличия кремния в отливках их нельзя анодировать.

Среди других металлов выделяются цинк, титан и хром.

Цинковое покрытие на стали может служить основой для последующего нанесения алюминия. Такой материал является особенно перспективным в автомобилестроении.

Вакуумные титановые покрытия могут применяться для уstra-

нения контактной коррозии между сооружениями из титана и стальными деталями. Большая экономия титана может быть достигнута заменой сплошного титана или плакированной титаном стали вакуумными титановыми покрытиями.

Исследование структуры и состава покрытий на основе нитрида титана, осажденных в оптимальных условиях, показывает, что они характеризуются весьма плотной, мелкодисперсионной структурой с размерами зерна 0,08...0,2 мкм. Кристаллы TiN имеют ярко выраженное столбчатое строение. Покрытие состоит из нитрида титана с ГЦК решеткой ($a = 0,4245 \pm 0,05$ нм) и незначительного количества α -Ti (1,0...2,0 %). Атомная доля титана составила около 52 %. Если учесть, что 1...2 % составляет доля титана в виде микрокапель, то на соединение TiN приходится около 50 % (атомн.) чистого титана, что соответствует соединению стехиометрического состава.

Характерными особенностями нитридов являются отклонения от стехиометрии и дефектность структуры. Наличие большой концентрации вакансий, упорядоченных и неупорядоченных, существенно влияет на свойства материалов (механические, термодинамические, электрические, магнитные).

Несмотря на меньшую твердость по сравнению с карбидом титана, покрытие из нитрида титана широко используется для повышения стойкости металлообрабатывающего инструмента. Нитриды и карбиды в материале покрытия могут использоваться комбинированно. При этом нитрид титана используется как верхний слой.

Вакуумное хромирование стальной ленты также может найти широкое применение. В частности, из малоуглеродистой стали можно получить сталь с содержанием хрома у поверхности порядка 30 %. Такой материал по коррозионной стойкости не уступает нержавеющей стали, но стоит дешевле.