

концентрация титана недостаточна для образования эвтектики, также образуется β -твердый раствор титана.

ЛИТЕРАТУРА

Шипко, А.А. Упрочнение сталей с использованием электронно-лучевого нагрева / А.А. Шипко, И.Л. Поболь, И.Г. Урбан. – Минск: Навука і тэхніка, 1995. – 280 с.

УДК 551.22.19.15

Валюк В.С.

МНОГОТИГЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
Республика Беларусь*

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Боженков В.В.

Процесс нанесения покрытий термическим напылением в вакууме основан на свойстве паров металла осаждаться на поверхности [3], поставленной на их пути. Металл, из которого хотят получить покрытие, помещают в вакуумную камеру (давление $10^{-2} - 10^{-3}$ Па) и нагревают до температуры, при которой давление его паров достигает порядка 1 Па. Теплоту к испарителю можно подводить различными методами: резистивным, индукционным и электронно-лучевым. Защищаемую поверхность располагают на пути потока паров металла, которые, конденсируясь, образуют при соответствующих условиях плотное, прочно сцепленное с основой покрытие.

До сравнительно недавнего времени термическое напыление в вакууме применяли в микроэлектронике, декоративной отделке изделий (игрушки, ювелирные украшения, зеркала, пластмассовые изделия и пр.) и в стоматологии и т.д. из-за незначительной толщины покрытия (несколько десятых микрометра).

Применение в вакууме металлизации для получения толстых покрытий считается нерентабельным по следующим причинам: нужно обеспечить непрерывное и быстрое испарение больших количеств металла, что вызывает значительные трудности; практика показала, что толстые покрытия обладают худшей адгезией, чем тонкие, и часто растрескиваются и отслаиваются.

Разработка методов непрерывного длительного испарения большого количества металла в вакууме позволяет в настоящее время получать

покрытия толщиной в десятки и сотни микрометров. Такие покрытия являются прочными и пластичными, имеют хорошую адгезию и отличаются высокой коррозионной стойкостью.

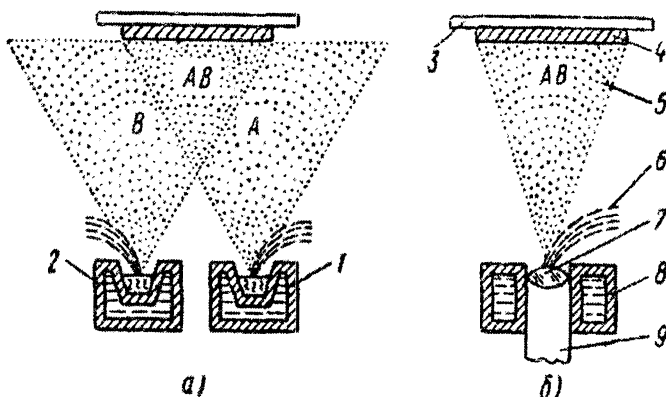
Производительность этого метода может быть достаточно высокой [4]. К их недостаткам относятся: изотропный разлет наносимых веществ при их испарении (что приводит к высоким непроизводительным потерям напыляемых материалов); невозможностью нанесения недостаточно стабильных веществ; трудность нанесения сплавов заданного состава при различной упругости паров компонентов; необходимость нагрева деталей (подложки) до высоких температур; пористость тонких покрытий [3].

При прямом нагреве температура испаряемой поверхности самая высокая [2], поэтому испарение материала проводят из водоохлаждаемых тиглей, обеспечивающих также испарение химически высокоактивных и тугоплавких материалов.

Испарение сплавов проводят при много- или однотигельном испарении.

При многотигельном испарении (рис. 1) компоненты испаряются отдельно, каждая из своего тигля, а конденсируются на подложке совместно.

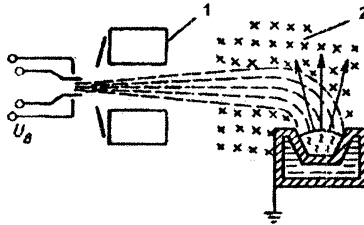
При однотигельном испарении поток пара требуемого состава создается и конденсируется при непрерывной добавке дополнительного материала в основной.



- 1 – тигель с компонентом А; 2 – тигель с компонентом В; 3 – подложка;
 4 – напыленный слой; 5 – поток пара; 6 – электронный пучок; 7 – расплав;
 8 – кольцевой тигель; 9 – штабик из испаряемого сплава
 а – смешение в паровой фазе разделным испарением компонент А и В;
 б – испарение из общего расплава с непрерывной подпиткой;
 Рисунок 1 – Принципы электронно-лучевого испарения сплавов
 Электронно-лучевые испарители состоят из электронной пушки и тигля.

Секция «Новые материалы и перспективные технологии обработки материалов»

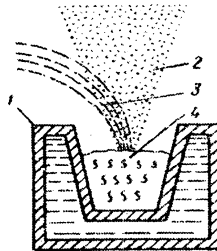
Для испарения нескольких материалов при одном электронном пучке используют (рис. 2) многотигельные устройства [3], в которых отдельные тигли поочередно устанавливают в рабочую позицию, перемещая их по прямой или окружности.



1 – магнитная линза; 2 – поперечное магнитное поле

Рисунок 2 – Электронно-лучевой испаритель с аксиальной пушкой и магнитным поворотом пучка

Тигли служат для размещения в них испаряемого материала [3]. Их изготавливают из материала (рис. 3) с низкой упругостью пара и химической инертностью к испаряемым материалам. Применяют водоохлаждаемые тигли керамическими вставками.

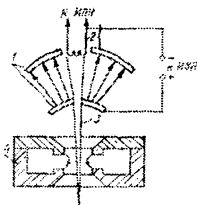


1 – водоохлаждаемый тигель; 2 – поток пара; 3 – электронный пучок;
4 – испаряемый материал.

Рисунок 3 – Тигель электронно-лучевой

Оборудование для электронно-лучевой обработке является [1], как правило, специализированным. В его состав входят блоки формирования, стабилизации и управления электронным пучком; рабочая камера; вакуумная система; система перемещения заготовки и наблюдения за ходом процесса, а также защиты персонала от рентгеновского излучения. Основным блоком формирования и управления является электронная пушка (рис. 4). Современные методы фокусировки луча позволяют достичь значительных плотностей энергии, составляющих $5 \cdot 10^{12}$ Вт/ в фокусе. Использование катода с косвенным подогревом позволяет получить более равномерное распределение тока эмиссии по сравнению с катодом прямого накала.

Ускоряющая система электронной пушки (прожектор) помимо катода и анода имеет управляющий электрод (модулятор), который позволяет регулировать силу тока в пучке. В электронной пушке предусматривают систему защиты от пробоя ускоряющего промежутка. Это особенно важно при $U > 60\text{кВ}$.



- 1 – Ускоряющие электроды; 2 – катод; 3 – электродный луч;
4 – фокусирующий электромагнит; ИПН – источник питания накала; ИВН – источник высокого напряжения (стрелками показаны направления электрического и магнитного полей)

Рисунок 4 – Схема электронной пушки

В результате проведенной работы сформулированы требования конструкции многотигельного испарителя для нанесения покрытий на стеклянной подложки для специальных целей (для снятия отпечатков пальцев и другой информации).

Выбран многотигельный источник электронно-лучевой модели 241/247/248 фирмы «TFI Telemark» с техническими характеристиками:

Характеристики	Источник электронно-лучевой модели 241/247/248
Отклонения электронного луча	270°
Номинальная мощность	6кВт
Максимальная величина высокого напряжения	10кВ
Диапазон величин высокого напряжения	От 6 кВ до 10кВ
Сопротивление катушки поперечного отклонения	8,5 Ом
Сопротивление катушки продольного отклонения	7,5 Ом
Ток эмиссии	От 0 до 500 мА при 10кВ
Мощность нити	600 Вт максимум (50 А при 12 В переменного тока максимум)
Катушка поперечной развертки	+/-1А
Катушка продольной развертки	+/-1А
Требования к воде: Температура воды на входе должна быть 60° А (15° С) при давлении 60 фунгов/кв. дюйм (4,2 кг/см²) при использовании трубопровода 3/8" (10мм)	2 галлона в минуту при 5 кВт
Габариты	Высота 9,35 см × ширина 8,26 см × длина 17,02 см

1. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Г.Л. Амитан [и др.]; под общ. ред. В.А. Волосатова. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 719 с.
2. Технология микроэлектронных устройств: справочник / З.Ю. Готра. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.
3. Ройх, И.Л. Нанесение защитных покрытий в вакууме / И.Л. Ройх, Л.Н. Колтунова, С.Н. Федосов. – М.: Машиностроение, 1976.
4. Арзамасов, Б.Н. Конструкционные материалы: справочник / Б.Н. Арзамасов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.

УДК 666.635;666.295

Гвоздевич О.Ю.

ИЗНОСОСТОЙКИЕ ГЛАЗУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ

*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск,
Республика Беларусь*

Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Левицкий И.А.

В ходе настоящего исследования получены глазурные покрытия, характеризующиеся высокой износостойкостью, которая отвечает 3-й степени, бархатисто-матовой фактурой, значениями микротвердости от 8960 до 9020 МПа, значениями блеска и белизны 15–25 % и 81–85 % соответственно.

Одновременно решалась задача снижения количества фритты, которое не превышало 27,5 %. Обжиг проводился по режимам, существующим на производстве, при температуре $1160 \pm 10^\circ\text{C}$ в течение 43 ± 2 мин в условиях ОАО «Керамин» (г. Минск). По уровню износостойкости и микротвердости данные покрытия отвечают требованиям, предъявляемым к плиткам для настила полов.

В настоящее время на ОАО «Керамин» изготавливаются плитки с использованием разработанных предприятием составов, однако стабильность износостойкости со значением 3 и более не в полной мере обеспечивается, особенно у покрытий темных тонов с применением керамических пигментов.

Задачей настоящего исследования являлось проведение структурно-управляемого синтеза износостойких покрытий, обеспечивающего в процессе обжига формирование максимального количества кристаллических фаз, высокую износостойкость, требуемую бархатисто-матовую фактуру.