

Гипохлоритный метод позволяет получать дешевый порошок кобальта, кроме того он достаточно прост в применении, не требователен к оборудованию, но чувствителен к посторонним примесям. Поэтому данный метод следует применять, если не предъявляются слишком высокие требования к получаемому порошку.

#### Литература

Ежовска-Тршебятовска Б и др. Редкие элементы : Распространение в природе и технология извлечения. — М.: Мир, 1979. —369 с.

Перельман Ф. М., Зворыкина А. Я. Кобальт и никель. — М.: Наука, 1975, 215 с.

УДК 621.357

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОЙ ЧАСТИЦЫ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ ПРИ НАНЕСЕНИИ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

асп. Новиков А.К., проф. Клименков С.С., доц. Трубников Ю.В.  
(Витебский государственный технологический университет)

Основные тенденции развития в области ресурсосберегающих технологий касаются упрочнения изделий из металла методами механического и термомеханического воздействия. К ним относятся модифицирование потоками излучений, радиационное облучение и облучение высокоэнергетическими потоками, ультразвуковая обработка и алмазное выглаживание; восстановление изделий из металла методами твердофазного плакирования, наплавки, закрепления порошков, газотермического напыления, газофазного и электролитического осаждения.

Среди всех методов восстановления и упрочнения следует выделить метод композиционного электролитического осаждения. Он отличается тем, что наряду с восстановлением размеров изделия позволяет получить покрытие с улучшенными физико-химическими свойствами. По сравнению с обычным

электролитическим осаждением метод композиционного электролитического осаждения (КЭП) предпочтителен и тем, что вместе с металлом из гальванической ванны на детали осаждаются неметаллические частицы: карбиды, бориды, оксиды, сульфиды, нитриды и т. д., включение которых в металлическую матрицу существенно изменяет свойства покрытия, увеличивают твердость и износостойкость покрытия.[1].

КЭП по своим уникальным свойствам представляют большой интерес в машино- и приборостроении, ремонтном производстве. Однако широкое распространение КЭП в промышленности сдерживается недостаточной разработкой технологии получения покрытий с заданными свойствами.

Цель проводившихся исследований – разработка способа осаждения композиционного электрохимического покрытия с использованием математической модели для получения композиционного материала с требуемым составом; экспериментальная проверка адекватности составов композиционных электрохимических покрытий, применявшихся при расчете режимов электроосаждения и фактически полученных при осаждении с рассчитанными режимами.

Была составлена математическая модель движения керамической частицы с некоторой начальной скоростью. Целью проведения математического анализа было выявление зависимости между начальной скоростью частицы и временем проведения процесса электролиза. Оптимизация этих параметров, как двух факторов влияющих на процесс образования КГП, позволила бы получать покрытия с высокими характеристиками твердости и износостойкости, за счет включения в материал покрытия максимально возможного числа керамических частиц.

Изучение математической модели движения твердых частиц в растворе электролита. Предполагается, что раствор электролита содержит твердые частицы, каждая из которых имеет массу  $m$ , распределенные в растворе с объемной плотностью  $\rho$  (т.е.  $\rho$  частиц в единице объема раствора). В течение некоторого времени  $T$  происходит оседание частиц под действием силы тяжести, затем в течение времени  $Q$  происходит процесс электрического осаждения на детали  $D$ , которая одновременно является катодом; а затем данный цикл повторяется.

Простейшая математическая модель получается, если учесть силу тяжести и силу сопротивления среды.

Таким образом

$$1) \quad N = \frac{\pi R^2 l_0 \rho_1}{t_*},$$

где  $N$  – количество осаждаемых частиц в единицу времени;

$\rho_1$  – объемная плотность частиц в электролите;

$$2) \quad \frac{S}{\pi r^2} = \frac{S}{\pi^3 \sqrt{\left(\frac{3m}{4\pi\rho}\right)^2}} = N_1,$$

где  $N_1$  – количество частиц одного слоя;

$S$  – площадь детали;

$\rho$  – плотность частицы;

$$3) \quad T = \frac{N_1}{N} = \frac{S \cdot t_*}{\pi^2 R^2 l_0 \rho_1^3 \sqrt{\left(\frac{3m}{4\pi\rho}\right)^2}},$$

где  $T$  – время, за которое оседает один слой частиц;

Математическая модель осаждения керамической частицы, при начальной скорости  $V_0$ , может быть использована для расчета времени процесса осаждения и количества осевших за это время частиц. Зависимость этих параметров от объемной плотности дисперсных частиц в электролите представлена в виде диаграммы.



диаграмма 1

Для экспериментальной проверки разработанной математической модели был выбран медный электролит на основе серной кислоты. Состав электролита:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 220 г/л,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 60 г/л. Этот электролит обладает относительно хорошей рассеивающей способностью и хорошей выравнивающей способностью (до 85% при толщине слоя 20 мкм). Вторым компонентом электролита-суспензии, применявшегося при проверке выдвинутой гипотезы, был выбран порошок оксида алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . На первом этапе эксперимента скорость электролита равнялась нулю, а осаждение керамических частиц осуществлялось под действием сил тяжести, процесс седиментации. Данный метод осаждения КГП применялся при разработке математической модели описанной выше. Он отличается возможностью получения композиционных материалов с включениями дисперсных керамических частиц в диапазоне 2-15 % от объема композиционного материала. Полученный в результате эксперимента образец подтвердил эти сведения. Объемная доля частиц оксида алюминия в материале КГП составила 12 %. Определение процентного состава полученных в ходе экспериментов композиционных материалов производилось при помощи линейного метода А. Розиваля. Исследование процентного состава материала проводилось на шлифе полученного образца с использованием микроскопа МИМ-8. Для проверки влияния скорости движения электролита-суспензии на состав КГП проводим ряд опытов, в которых скорость движения электролита-суспензии изменяется в пределах от 0 до 75 см/с. Зависимости процентного отношения фаз в покрытии от скорости электролита-суспензии представлена на диаграмме 2.

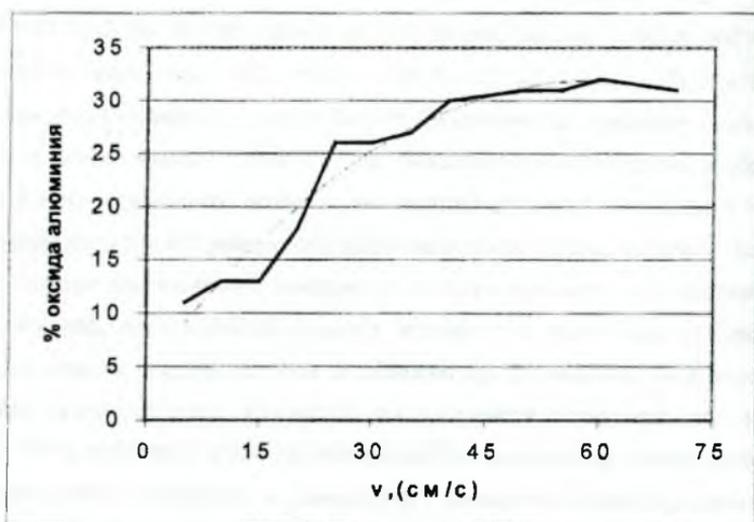


диаграмма 2

Как видно из диаграммы увеличение скорости электролита-суспензии ведет к увеличению содержания в материале КЭП керамической фазы. Однако изменение процентного содержания фаз в материале происходит до определенной скорости электролита-суспензии. Очевидно, это вызвано тем, что при скорости  $V=50$  см/с частицы порошкового материала не удерживаются на поверхности покрытия. В результате этого происходит их унос из зоны роста КЭП, и, как следствие, не включение в состав композиционного гальванического покрытия. Этим объясняется прекращение дальнейшего роста процентного содержания керамической фазы в КЭП, и стабилизация его на уровне 32 % объема.

#### Литература

Бородин И. Н. Упрочнение деталей композиционными покрытиями.  
 М.: "Машиностроение" 1982.