

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ

*Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь*

Композиционные электрохимические покрытия (КЭП) применяются в промышленности для восстановления и упрочнения деталей машин, и представляют собой металлическую матрицу с распределенными в ней дисперсными частицами оксидов, боридов, нитридов и т.п. [1]. При определенных условиях электролиза возможно получение покрытий в которых могут быть частицы от самых минимальных размеров до соизмеримых с толщиной осадка. По толщине матрицы частицы располагаются неравномерно. Наибольшее количество частиц осаждается ближе к основному металлу и в тех местах, где выше плотность силовых линий тока. Включение дисперсных материалов в металлическую матрицу сильно изменяет свойства покрытий и, главное в несколько раз увеличивает их износостойкость. По различным литературным и экспериментальным данным процентное включение дисперсных частиц (1...10 мкм) в покрытие (по объему), приводящее к наилучшим физико-механическим характеристикам материала, различно и колеблется от 5 до 30%. Установлено, что чем больше размер частиц, тем меньшее количество их внедряется в осадок. Так, например, при получении КЭП на основе никеля при изменении размера частиц от 1 до 10 мкм содержание частиц в осадке снижается в 2–3 раза [2]. Общая закономерность для всех типов покрытий одна – увеличение процентного содержания дисперсного материала в покрытии при его равномерном распределении способствует увеличению механических свойств покрытия, однако, неизбежно наступает предел, при котором дальнейшее увеличение количества частиц приводит к появлению трещин и разупрочнению матрицы.

Одним из способов получения композиционных электрохимических покрытий с высоким содержанием дисперсной фазы является седиментационный способ [1]. Способ заключается в выделении композиционных электрохимических покрытий из густых суспензий с высоким (до 60–70%) содержанием дисперсной фазы при горизонтальном расположении катода, на поверхность которого седиментируют макрочастицы вещества. Так, были получены КЭП с матрицей из никеля с содержанием макрочастиц Al_2O_3 на горизонтально расположенном катоде, нижняя сторона которого была изолирована лаком.

Для того чтобы обеспечить встречу частицы с катодом (и растущим покрытием), необходимо их в достаточном количестве подвести к нему с определенной скоростью. Скорость оседания частиц можно оценить формулой Стокса, которая имеет вид:

$$V_s = \frac{gd(\rho_n - \rho_{ж})}{18\eta},$$

где η – вязкость жидкости (электролита), Па·с; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ_n – пикнометрическая плотность порошка кг/м³; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости (электролита), кг/м³; d – диаметр частицы, м.

Теоретические расчеты и практика показывают, что скорость оседания дисперсных частиц (1–10 мкм) значительно больше скорости осаждения многих электролитических покрытий. Следовательно, по истечении определенного времени, дисперсные частицы, не успевшие зарости металлом-матрицей, покроят тонким слоем поверхность катода. Таким образом, при седиментационном способе получения композиционного электрохимического покрытия, имеет место экранирование поверхности катода, происходящее тем больше, чем менее электропроводна частица. Данное обстоятельство существенно снижает скорость процесса получения покрытия, вплоть до его полного прекращения.

Ускорить процесс образования покрытия можно, уменьшая толщину прикатодного (диффузионного) слоя, обедненного ионами осаждаемого металла. Так, известен способ получения композиционного электрохимического покрытия, при котором осуществляется прокачивание электролита-суспензии фронтально к катоду, вызывающее турбулентное движение электролита в околокатодном пространстве [3]. При прокачивании электролита-суспензии частицы оказывают воздействие на характер протекающих на электродах процессов и качество поверхности кристаллизуемого металла. Их воздействие препятствует образованию экранирующего слоя, а также приводит к механическому снятию пассивирующих пленок (ослабляется поляризация). Движущиеся твердые частицы очищают поверхность от адсорбированных пузырьков газа и механических загрязнений. Пассивирующие пленки обладают защитной способностью против истирания абразивом, но при малых скоростях движения. Существует значение критической скорости, при которой скорость разрушения пленки равна скорости ее образования, при более высоких скоростях движения наступает депассивация. Однако при высоких скоростях движения электролита-суспензии частицы не задерживаются на поверхности катода и не успевают зарости металлом-матрицей, что приводит к получению покрытий с низким содержанием дисперсной фазы.

Таким образом при совместном осаждении металлов с частицами различной электропроводности действуют два противоположно направленных фактора: с одной стороны, депассивация поверхности за счет абразивных частиц, очищающих поверхность катода от пассивных пленок, окислов, газов, которая увеличивает их активную поверхность; с другой стороны, экранирование поверхности катода, происходящее тем больше, чем менее электропроводна частица.

Нашей задачей является получение композиционных электрохимических покрытий с высоким содержанием дисперсной фазы и с равномерной структурой, а также интенсификация процесса осаждения композиционного покрытия.

Поставленная задача решается за счет того, что процесс осаждения композиционного покрытия включает две циклически повторяющиеся стадии: стадию предварительного закрепления дисперсных частиц (седиментационное осаждение) и стадию ускоренного осаждения металла-матрицы на слой, толщиной в линейный размер частицы при прокачивании электролита-сuspензии, при повышении плотности тока.

Принципиальная схема реализации способа изображена на рис. 1.

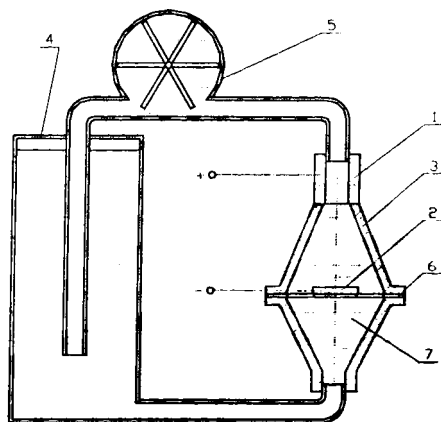


Рис. 1

На рис.1 обозначены анод 1, катод (заготовка) 2, гальваническая ванна 3, бак 4, насос 5, диафрагма 6, электролит-сuspензия 7.

Схема заравнивания частиц металлом-матрицей показана на рис.2.

На рис.2 обозначены слой предварительного закрепления металлы-матрицы I, слой скоростного заравнивания металла-матрицы II, частицы III,

Способ осуществляется следующим образом.

Заготовка 2, на которую планируется нанести композиционное покрытие, подвергается предварительной обработке, состоящей из химического обезжиривания, промывки и травления. Заготовку помещают на диафрагму 6 и закрепляют в закрытой гальванической ванне 3. Ванна заполняется электролитом-сuspензией 7. Процесс осаждения композиционного покрытия состоит из двух циклически повторяющихся стадий. Первая стадия заключается в седиментационном осаждении (условия электролиза – стандартные), при котором происходит заравнивание частицы металлом-матри-

цей на слой I, необходимый для ее удержания. Вторая стадия заключается в ускоренном осаждении металла-матрицы на слой II, толщиной в линейный размер частицы III путем прокачивания электролита-суспензии со скоростью 25–50 мм/с при повышении плотности тока до 25–100 А/дм².

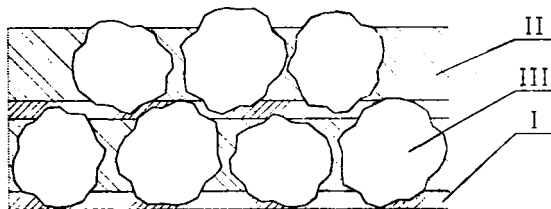


Рис. 2

Прокачивание электролита-суспензии позволяет смыть частицы, экранирующие поверхность катода а также повысить плотность тока, а следовательно интенсифицировать процесс осаждения. Кроме того, движущиеся частицы оказывают благоприятное влияние на поверхность осаждаемого слоя, улучшая тем самым качество поверхности. Прокачивание электролита-суспензии осуществляется при помощи насоса 5.

В качестве примера было получено композиционное покрытие на основе никеля с включениями дисперсных частиц Al_2O_3 .

Заготовка, на которую планируется нанести композиционное покрытие, подвергается предварительной обработке, состоящей из химического обезжиривания, промывки и травления.

После проведения предварительной обработки заготовку помещают горизонтально на диафрагму в гальваническую ванну с электролитом следующего состава:

никель сернокислый ($NiSO_4 \cdot 7H_2O$)	180 г/л;
никель хлористый ($NiCl_2 \cdot 6H_2O$)	40 г/л;
кислота борная (H_3BO_3)	30 г/л.

В электролит добавляется мелкодисперсный порошок Al_2O_3 с гранулометрическим составом 5–10 мкм, распределенных по всему объему раствора. Концентрация порошка в электролите составляет 150–200 г/л. pH-электролита 5,2–5,5. Плотность тока 0,5–1,2 А/дм².

Частицы седиментируют на поверхность катода и зарастают металлом-матрицей. Время седиментационной стадии составляет 5–7 мин.

Вторая стадия составляет 12–15 мин. За это время частица полностью зарастает металлом-матрицей. Стадия ускоренного зарастания дисперсных частиц металлом-матрицей осуществляется путем прокачивания электролита-суспензии со скоростью 25–50 мм/с. Плотность тока повышают до 75 А/дм².

Анализ макроструктуры полученного композиционного материала показал высокое содержание дисперсной фазы (25–30%) и равномерность распределения керамических частиц в матрице, а также отсутствие пор и трещин, что свидетельствует о низкой напряженности композиционного материала. Вследствие высокого содержания керамических частиц равномерной структуры полученного покрытия его износостойкость повысилась в 1,3–1,5 раза по сравнению с покрытием полученным седиментационным способом. Предлагаемый способ также позволил увеличить скорость образования КЭП в 2–3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сайфуллин Р.С. Комбинированные электрохимические покрытия и материалы. – М.: Химия, 1972. – 170 с. 2. Антропов Л.И., Лебединский Ю.Н. Композиционные электрохимические покрытия и материалы. – Кисв: Техника, 1986. – 199 с. 3. Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные покрытия и материалы. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

УДК 621.83.06:622.248.13

Р.М. Игнатицев, Д.М. Макаревич, М.Е. Лустенков

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗНАШИВАНИЯ СЕПАРАТОРОВ СИНУСОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШАРИКОВЫХ РЕДУКТОРОВ

*Могилевский государственный технический университет
Могилев, Беларусь*

Продолжают оставаться актуальными работы по созданию новых видов передач, несмотря на достижения в теории и практике зубчатых передач. Особый интерес представляют планетарные синусоцилиндрические шариковые передачи, в которых тела качения перемещаются по замкнутым периодическим дорожкам, выполненным на внутренней и наружной цилиндрических поверхностях, и вдоль прорезей сепаратора. Из трех звеньев (внутренняя втулка, наружная втулка и сепаратор) одно звено является ведущим, другое – заторможенным, а третье – ведомым. Передаточное отношение таких передач зависит от числа периодов периодических дорожек и от кинематической схемы.

Синусоцилиндрические шариковые передачи обладают повышенной несущей способностью, высокой ремонтпригодностью и высокими кинематическими возможностями [1].

В добывающей промышленности, при геологоразведочном бурении, бурении на нефть и газ, где максимальные габариты редуктора ограничены диаметральными размерами скважины, целесообразно применять именно такие передачи, так как, в отличие от зубчатых передач, передаточное отношение у них не зависит непосредственно