

Изобретение относится к электрохимическим и электрофизическим методам обработки и, в частности, может быть использовано для электроэрозионного легирования.

Наиболее близким по наличию сходных признаков к заявляемому является способ электроэрозионного легирования, включающий возбуждение разрядов между обрабатываемой деталью и электродом из материала детали, предварительное нанесение на упрочняемую поверхность порошковой экзотермической смеси, о которую вводят соединение типа $C_nN_mO_kH_l$ с заданным соотношением $n:m:k:l$, образующие в процессе экзотермической реакции с металлами 4-6 групп периодической системы сплавы внедрения (карбиды, нитриды, карбонитриды, оксикарбиды, оксикарбонитриды), позволяющие формировать упрочнение слои с заранее заданными определенными свойствами [1].

Недостатком прототипа является то, что для расчета шихты стехиометрического состава требуется использование только чистых органических соединений, в состав которых входят С, N, O, H. Кроме того использование в качестве растворителя полистирола четыреххлористого углерода (ССЦ) чревато отравлениями для работающих с таким веществом. Предлагаемое использование в качестве материала электрода основного металла детали не правомерен для деталей из алюминиевых сплавов. В этом случае металл подложки (катода) будет переноситься на электрод-анод, а предварительно нанесенная шихта разрушаться и переноситься в окружающую среду. Характер переноса алюминия с катода на алюминиевый анод экспериментально доказан.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствовать способ электроэрозионного легирования вводом в состав шихты новых компонентов в определенном соотношении и обеспечении возможности получения покрытия в регламентированном диапазоне частот электрических разрядов, что обеспечит получение покрытий высокого качества за счет увеличения толщины и сплошности покрытия.

Поставленная задача достигается тем, что в способе электроэрозионного легирования, включающем предварительное нанесение на упрочняемую поверхность порошковой экзотермической смеси, состоящей из связующего, окислов легирующих металлов и элементов-восстановителей в стехиометрическом соотношении с последующей обработкой электроискровым разрядом, согласно изобретению в состав экзотермической смеси дополнительно вводят порошковую композицию на основе кобальта с одним или несколькими элементами из ряда никель, хром, вольфрам не более 13% в составе общей шихты, в качестве связующего вводят лак на нитроцеллюлозной основе в отношении к массе шихты 1:(9-10), а к основным элементам восстановителя добавляют алюминиевую пудру, не нарушая их стехиометрического соотношения, при этом процесс электроэрозионного легирования осуществляют в диапазоне частот электрических разрядов 0,5-8,0 кГц. Кроме того, осуществляют многократное покрытие после предшествующей электроискровой обработки, причем, после вторичного и последующих нанесений покрытия процесс ведут при частоте электрических импульсов 0,5 кГц.

Дополнительный ввод в состав экзотермической смеси порошковой композиции на основе кобальта с одним или несколькими элементами, из ряда никель, хром, вольфрам обусловлен созданием на поверхности детали пластичной матрицы, состоящей из металлов этой композиции и подложки. Наличие неметаллов в составе шихты, таких элементов, как В, С, способствуют созданию износостойких фаз, образующих с пластичной матрицей прочную физико-химическую связь.

При отсутствии в шихте порошковой композиции наблюдается чешуйчатое отслаивание износостойких фаз, что свидетельствует об их слабой связи с подложкой. Превышение содержания порошковой композиции сверх 13% дифрактограммы фиксируют снижение износостойких фаз на единицу поверхности.

Введение лака на нитроцеллюлозной основе обеспечивает технологичность нанесения смеси, скорость высыхания, а также хорошую ее сцепляемость с подложкой. Изменение отношения количества лака к массе всей шихты, например, 1:8 увеличивает расход лака, приводит к охрупчиванию и сколам во время электроэрозионного процесса, снижает сплошность покрытия. Изменение этого соотношения в другом случае, например, соотношением 1:11 увеличивает расход дорогостоящей шихты без особого изменения свойств.

Добавление к основным элементам восстановителя в стехиометрических пределах алюминиевой пудры фракцией 5-10 мкм (например, к кремнию и алюминию фракций 100-150) повышает энергетику процесса и обеспечивает электропроводность предварительно нанесенного покрытия, что повышает сплошность покрытия.

Осуществление процесса в диапазоне частот от 0,5 до 8,0 кГц обусловлено тем, что уменьшение частоты ниже 0,5 кГц при первичной обработке приведет к разбрызгиванию наносимого слоя, а превышение частоты порога 8,0 кГц уменьшает удельную энергию единичного разряда, ухудшая тем самым сцепляемость высокотвердых фаз с подложкой.

При повторном нанесении покрытия уже на эродированную поверхность количество шихты и ее сцепляемость с подложкой увеличивается за счет развитой морфологии рельефа, а обработка на частоте 0,5 кГц в единичном электрическом разряде не разбрызгивает шихту в таком количестве, как на исходной гладкой поверхности.

Проведенные промышленные испытания гвоздильных пуансонов на Днепропетровском метизном заводе "Червоный профинтерн" показал, что пуансоны заявляемым способом по стойкости в два раза выше изготовленных по заводской технологии.

Экспериментальные данные по упрочненным слоям представлены таблицей.

Толщину слоя замеряли по микрофотографиям, изготовленными контактным способом по фотопластинкам, изображение которых было зафиксировано при одном и том же увеличении (x200). Рентгенофазовые исследования поверхностного слоя проводили на дифрактометре ДРОН-3. Взвешивание образцов выполняли на весах ВЛА-200М.

Обработка образцов по признаку № 1 осуществлялось на частоте 4 кГц, связующее вводилось в соотношении 1:9. По признаку № 2 и далее на образцы наносилась шихта с содержанием порошковой композиции 13%.

Обработка образцов по признаку № 3 также велась на частоте 4 кГц, а соотношение связующего к массе шихты здесь и по последующим признакам брали 1:9. По признаку № 4 изменяли частоту, Здесь и далее добавка алюминиевой пудры к элементам-восстановителям - 30%.

Влияние многослойности покрытия на характеристики упрочненного слоя исследовали на образцах, обработанных на частоте 0,5 кГц.

По признаку № 6 использовали образцы при двукратном покрытии и обработке.

Сравнительные характеристики упрочненного слоя

№ пп	Наименование признаков	Количественный показатель	Толщина покрытия (сред. значен.), мкм	Потеря веса после обработки, %	Наличие фаз	Примечание
1	Содержание порошковой композиции в шихте, мас. %	0	30	27	есть	Увеличение в шихте порошковой композиции ведет к относительному уменьшению выско- твердых фаз. При 14% вероятность появления фаз равна 0,05
		6	40	30	есть	
		13	60	32	есть	
		14	75	40	практич нет	
2	Связующий лак в соотноше- нии к массе шихты	1:8	53	35	есть	Относительно максимальное число фаз при со- отношении связующего и шихты 1,9 и 1,10
		1:9	58	20	есть	
		1:10	60	22	есть	
		1:11	55	45	есть	
3	Добавка алюминиевой пудры к элементам-восстановите- лям, мас. %	0	58	24	есть	При 30 % добавки алюминиевой пудры синтез высокотвердых фаз максимален
		30	63	20	есть	
4	Частота, кГц	0,4	48	40	есть	Фазы экзотермической смеси. Зона термиче- ского влияния (изменение структуры подлож- ки) в глубь образца 120 мкм
		0,5	60	33	есть	Максимальное количество линий износостой- ких фаз Me_xCu
		1,0	56	30	есть	То же
		2,0	54	26	есть	Дополнительно появляются линии, близкие к Cr_3C_2 и интерметаллида - никилида титана
		4,0	52	24	есть	Небольшое количество хрома и вольфрама
		8,0	50	27	есть	Дифрактограммы на уровне образцов, обрабо- танных на частоте 2 кГц
		16,0	44	35	есть	Практически только фазы экзотермической шихты
5	Многослойность покрытия, количество проходов	1	59	30	есть	В основном фазы экзотермической смеси. Зона термического влияния 130 мкм
		2	85	20	есть	Максимальное количество линий износостой- ких фаз Me_xCu . Зона термического влияния 90 мкм
		3	72	24	есть	Некоторое снижение количества износостой- ких фаз. Зона термического влияния 60 мкм
6	Частота при многослойном покрытии	0,4	78	25	есть	Износостойкие фазы присутствуют как элемен- ты экзотермической смеси, так и порошковой композиции. На поверхности наблюдаются мик- рообъемы эродированной поверхности подлож- ки, где нет компонентов смеси
		0,5	84	19	есть	То же, но сплошность покрытия элементами смеси практически стопроцентная
		1,0	70	36	есть	Зафиксированы линии Al_2O_3 . Сплошность по- крытия соответствует примерно 90%. С поверх- ности осыпается непрореагировавшая смесь примерно 0,5 %