

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные материалы. – М.: Химия, 1983. — 304 с.
2. Гурьянов Г.В. Электроосаждение износостойких композиций. – Кишинев: Штиинца, 1985. — 238 с.
3. Антропов Л.И., Лебединский Ю.Н. Композиционные электрохимические покрытия и материалы. – Киев: Техніка, 1986. — 200 с.
4. Бородин И.Н. Порошковая гальванотехника. – М.: Машиностроение, 1990. — 240 с.
5. Жемчужный М.И., Дубинский Н.А. Распределение частиц в композиционных материалах с железной матрицей, полученных электрохимическим способом // Весці НАН Беларусі. Сер. Фіз.-тэхн. навук. – 2001. – № 4. – С.5—7.
6. Демкин Н.Б. Фактическая площадь касания твердых поверхностей. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 230 с.
7. Дубинский Н.А., Свирский Д.Н. Прочность электроформованной оболочки литьевых пресс-форм в компактной системе производства пластмассовых изделий / Акад. науч. комплекс. Ин-т тепло- и массообмена. – Минск, 2001. – 10 с. – Деп. в ВИНТИ 09.12.2000. – № 3110-В00 // ИФЖ. – 2001. – Т. 74, № 4. – С. 157.
8. Дубинский Н.А. Теоретическое определение некоторых характеристик композиционных электрохимических материалов // Материалы, технологии, инструменты. – 1999. – Т.4, № 4. – С. 27 – 30.

УДК 621.793

М.И. Жемчужный

### ГАЛЬВАНО-ПЛАЗМЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ

*Витебский государственный университет им. П.М.Машерова  
Витебск, Беларусь*

При разработке объектов новой техники, возникла потребность в нанесении износостойких покрытий на пары трения из легких сплавов, используемых в условиях атмосферного воздействия. Традиционные методы решения проблемы: применение поверхностно-активных веществ, баббитовых покрытий и смазок не устранили диффузионные эффекты. Выход из строя подшипников скольжения носил случайный, катастрофический характер.

Решить поставленную практикой задачу предложено формированием железоуглеродистого покрытия на поверхности пар трения из легких сплавов гальвано - плазменным методом.

Метод состоит из следующих этапов:

- депассивация основы;
- гальваническое осаждение на основу покрытия заданного состава и толщины;

- растворение составляющих покрытия методом импульсной плазменной обработки;
- закалка покрытия.

Депассивация образца является важнейшей операцией, способствующей улучшению адгезии покрытия и повышению интенсивности осаждения. Депассивация включает очистку от загрязнения и окисной пленки. Обладая высокой температурой плавления ( $2323^{\circ}\text{K}$ ), окисная пленка не расплавляется в процессе плазменной обработки ее покрывает металл прочной оболочкой, затрудняющей образование общей ванны.

Детали из алюминиевых сплавов очищали от загрязнения промывкой в щелочном растворе. Состав раствора представлен в табл. 1

Таблица 1

Состав щелочного раствора для промывки деталей из алюминиевых сплавов

Компоненты	Концентрация $\text{кг/м}^2$
Жидкое мыло	1,0
Углекислый натрий	4,5
Едкое кали	1,3
Фосфористый натрий	1,45

Детали погружают в приготовленный раствор, нагретый до температуры  $353^{\circ}\text{K}$  —  $368^{\circ}\text{K}$ , и выдерживают в течение 7200 — 9000 с. После этого детали промывают горячей водой и сушат на воздухе.

Для разрушения и удаления окисной пленки и защиты металла от повторного окисления, очищенные детали подвергали травлению в течение 300—500 с при температуре  $333^{\circ}\text{K}$  —  $343^{\circ}\text{K}$  в ванне с раствором, состав которого представлен в табл. 2.

Таблица 2

Состав раствора для травления деталей из алюминиевых сплавов

Компоненты	Концентрация $\text{кг/м}^2$
тринатрийфосфат	35—50
углекислый натрий	35—50
жидкое стекло	35—55

Затем детали промывают в проточной воде при температуре  $298^{\circ}\text{K}$  —  $303^{\circ}\text{K}$  и осветляют в течение 480 — 720 с при температуре  $318^{\circ}\text{K}$  —  $323^{\circ}\text{K}$  в растворе следующего состава (табл. 3).

Состав щелочного раствора для осветления деталей из алюминиевых сплавов

Компоненты	Концентрация кг/м <sup>2</sup>
ортофосфорная кислота	200—250
хромпик	4—6

После подготовки деталей, дальнейшие работы должны быть выполнены в течение семи суток.

Нанесение на подложку покрытия заданного состава и толщины производили электрохимическим способом - путем совместного осаждения частиц углерода и железа [1] (рис. 1). Осаждение производят из хлористого электролита железнения при нестационарных режимах с реверсированием тока. Частота тока - 50 Гц, отношение  $\tau_k/\tau_a = 2,6$ , отношение  $I_k/I_a = 1$  ( $\tau_k, \tau_a$  — продолжительность катодного и анодного импульсов;  $I_k, I_a$  — сила тока катодного и анодного импульсов соответственно).

Затем устраняли технологическую наследственность гальванического осаждения. Содержащаяся в покрытии влага служит источником водорода при интенсивных термоударах (рис. 2). Снижение концентрации растворенного в расплаве водорода является основной мерой борьбы с пористостью при дальнейшей плазменной обработке. С этой целью прокаливали покрытие и электроды, сушили защитные газы.

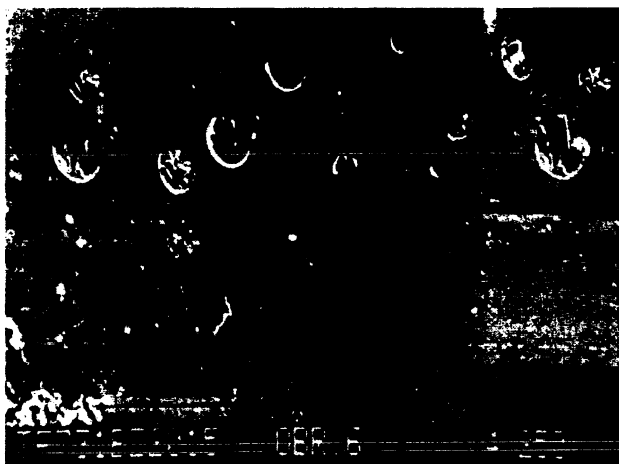


Рис. 1. Включения углерода в горизонтальном шлифе покрытия



Рис.2. Дефект гальвано - плазменного покрытия в виде пузырьков водорода

Растворение углерода в железе осуществляли импульсной плазменной обработкой [2]. Этот метод сочетает в себе одновременное воздействие плазменной дуги и диффузионное упрочнение, основанное на способности металлов растворять включения углерода при повышенных температурах.

Учитывая высокую теплопроводность основы из алюминиевых сплавов, подбирали амплитуду и длительность импульсов из условия поверхностной закалки покрытия с отводом тепла в основу. Максимальную твердость придают приповерхностному слою в допуске номинального размера для облегчения последующей финишной обработки оплавленной поверхности.

Применение аргона в качестве плазмообразующего газа дает более высокую плотность и прочность оплавленного соединения, чем воздуха. Для обработки применяли вольфрамовые электроды марки ЭВЧ, диаметром от 1 до 4 мм ГОСТ 23949—80.

Шлиф нарезали на установке “Акатом” с низкой скоростью во избежание деформации основы и перегрева покрытия. Полированный образец подвергали травлению с целью:

- выявить структуру;
- оценить распределение и идентифицировать отдельные фазы;
- определить ориентировку зерен;
- оценить признаки пластической деформации.

В качестве травителя использовали 10-% спиртовой раствор азотной кислоты. Образец травили в течение 60 - 120 с, промывали проточной водой, затем ацетоном.

Микротвердость зон определяли с помощью прибора “MicroMet-2” фирмы

“Бюллермет” (Швейцария) при величине нагрузки 20 н. Значения микротвердости приведены в табл. 4.

Таблица 4

Микротвердость упрочненной, переходной и неупрочненной зон

Наименование зоны	Значение микротвердости (МПа)	Среднее значение микротвердости (МПа)
Упрочненная зона	5463	5627
	5887	
	5470	
	5444	
	5703	
	5794	
Переходная зона	6333	6269
	5982	
	6079	
	6079	
	6701	
	6431	
	6439	
Неупрочненная зона	3884	3905
	3859	
	3859	
	3961	
	3961	

С целью выяснения причин увеличения микротвердости были проведены металлографические исследования поперечных шлифов с использованием микроскопа “MeF-2” фирмы “Reihert” (Швейцария) при увеличении в 400 раз.

Металлографическими исследованиями установлено, что приповерхностный закаленный слой (упрочненная зона) состоит из игольчатого мартенсита. Ниже упрочненного слоя расположен металл, состоящий из мартенсита и феррито-цементитной смеси. В слое металла на границе с незакаленной сталью имеет место сорбито-трооститная структура, отличающаяся дисперсностью и повышенной твердостью (рис. 3).



Рис. 3. Упрочненная, переходная и неупрочненная зоны гальвано-плазменного покрытия

Покрытиям, содержащим более 0,35% углерода, плазменное упрочнение следует только для деталей, работающих в условиях интенсивного износа и не испытывающих значительных ударных и знакопеременных нагрузок. В этом случае дополнительным фактором повышения срока службы покрытий является создание поверхностного отбеленного слоя с высокой износостойкостью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жемчужный М.И., Дубинский Н.А. Распределение частиц в композиционных материалах с железной матрицей, полученных электрохимическим способом// Вести НАН Б. Сер. Физ.-техн. наук. - 2001. - №4. - С. 5-7.
2. Витязь П.А., Жемчужный М.И. Теоретические и технологические основы импульсного плазменного упрочнения. - Мн.: БГПА, 2000. - 112с.
3. Лещинский Л.К. Плазменное поверхностное упрочнение. - Киев: Техника, 1990. - 109 с.