УДК 544.72 : 538.9

Д.С.БЫСТРОВ
аспирант кафедры общей и технической физики
Т.М.МАГОМЕДОВ
Горный факультет, группа ВД-04, ассистент профессора
А.Г.СЫРКОВ
профессор кафедры общей и технической физики
И.В.ПАНТЮШИН
Металлургический факультет, группа АПМ-02, ассистент профессора

НАНОСТРУКТУРНОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ВЛИЯНИЯ ПОДСЛОЯ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПАВА

Проанализированы данные по реакционной способности различных порошков алюминия в зависимости от программы наноструктурного модифицирования. Получены ряды усиления реакционной способности в процессе окисления (при 1173 К) модифицированных алюминиевых порошков. Выявлены образцы, превосходящие по активности исходные алюминиевые порошки, включая порошок марки ПАП-2. Обнаружен эффект пассивации стали в защитном покрытии, содержащем «триамоновый» подслой.

Data on reactivity of different powders of aluminium depending on the program of nanostructure modification are analysed. Rows of increase of reactivity modified aluminium powders are obtained. Samples, exceeeding the initial aluminium powder on activity, are exposed. The effect of passivation of steel in coating containing a «triamon» under-layer is established.

Неблагородные металлы с покрытиями и порошки на их основе в наноструктурированном состоянии – весьма перспективные материалы для современной науки и техники. Получение высокодисперсных частиц металлов и методы их нанометрической обработки относят к числу наиболее актуальных направлений материаловедения XXI в. [1]. Одним из перспективных и интересных направлений в этой области нанотехнологии является наноструктурное модифицирование металлов различными способами, в том числе методом молекулярного наслаивания [5]. Ранее было показано, что в результате совместной (или последовательной) адсорбции нанопленок триамона (Т) и алкамона (А) – доступных отечественных препаратов на основе катионактивных поверхностно-активных веществ (ПАВ) – антифрикционные свойства стали повышаются в 7-10 раз по сравнению с образцами, обработанными только алкамоном или триамоном [4, 5]. Кроме того, наблюдался эффект роста энергии связи уровня N1*s*-азота в адсорбированных ПАВ [4].

Цель исследования состояла в изучении влияния наноподслоя триамона, а также других видов покрытий на реакционную способность алюминия и защитные свойства стали.

Опыты проводились с алюминиевыми порошками марок ПАП2 (ГОСТ 5494-71), ПА3 (ГОСТ 6058-73), АСД (ГОСТ 4960-72) и сталью 3 (Ст). Алюминиевые порошки обрабатывали из газовой фазы следующими соединениями: алкамоном – катионактивным препаратом на основе четвертичных соединений аммония со значительным (C_{10}-C_{18}) углеводородным радикалом у атома азота; триамоном – аналогичным препаратом с

низкомолекулярными (C_1-C_3) радикалами, а также – парами гидрофобизирующей кремнийорганической жидкости ГКЖ на основе органогидридсилоксанов. На сталь наносили защитные покрытия, содержащие последовательно адсорбированные алкамон и триамон, ГКЖ и фосфатный подслой, два слоя битумного лака, два слоя олифы натуральной, усиленной наноструктурированным наполнителем, и алкамон. Адсорбцию ПАВ и ГКЖ контролировали гравиметрически и методами РФЭС, АСМ, РФлА. Образцы на основе алюминиевых порошков подвергались высокотемпературному (900 °С, 300 с) окислению на воздухе в печи, а образцы на основе стали – длительным (более 6 мес.) натурным коррозионным испытаниям в воздушной атмосфере, содержащей агрессивные примеси HCl, KCl, SO_2 на уровне 40-200 мкг/м^3 (соляные рудники РУП ПО «Беларуськалий»). Относительная погрешность гравиметрических измерений не превышала 10 %.

Определенные удельные приросты массы $\Delta m/m$ (см. таблицу) алюминиевых образцов показали, что наиболее реакционноспособными (выше ПАП-2) оказались образцы, обработанные парами над жидкостью, содержащей смесь А и Т (А + Т) в массовом отношении 1 : 1, и последовательно обработанные Т и А (Al/Т/А).

Относительное изменение массы $\Delta m/m$ в процессе высокотемпературного окисления образцов на основе алюминия, обработанных в парах веществ-модификаторов, %

Марка алюминиевого порошка	ГКЖ	А	А + Т	Т	Т/А	Исходные порошки
ПАП-2	32,407	34,353	36,228	32,143	50,318	39,423
ПА-3	–0,153	0,154	0,277	0,140	0,027	–0,152
АСД-1	1,546	2,231	2,358	2,169	2,96	2,62

В предыдущих исследованиях с алюминиевой пудрой (ТУ 48-08-09-7-85) подобные факты для модифицированных образцов наблюдали только после предварительной выдержки их на воздухе [3].

После коррозионных испытаний в промышленной воздушной среде соляных рудников, методом рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) были измерены энергии связи уровня 2*p* железа в поверхностных слоях, содержащих защитные покрытия, результаты измерений в образцах на основе стали следующие:

Образец	Энергия связи, эВ	Образец	Энергия связи, эВ
Ст	711,2	А/Т/Ст	710,0
2 ОН(Н)/Ст	710,7	А/Ст	712,0
ГКЖ/Ф/Ст	711,4	2 Бл/Ст	712,3

Обнаружено, что энергия связи (степень окисления) железа в поверхностном слое у образца Ст/Т/А, содержащего «триамоновый» подслой, после испытаний и у исходной стали до коррозии (710,2 эВ) практически одинаковы. Это показывает, что комбинация слоев А/Т обладает более сильным пассивирующим металл эффектом, чем один А-слой или даже самые «толстые» и эффективные, по данным работы [6], покрытия из двух слоев битумного лака (2 Бл) или двух слоев олифы натуральной, усиленной наноструктурированным наполнителем [2ОН(Н)], или комбинированное покрытие на стали ГКЖ/Ф, где Ф – фосфатный подслой.

Впервые с использованием молекулярного наслаивания катионных ПАВ осуществлено наноструктурное модифицирование поверхности алюминиевых порошков ПАП-2, ПА-3 и АСД-1 путем их обработки парами доступных отечественных препаратов (А, Т, ГКЖ). Установлены ряды увеличения реакционной способности порошков алюминия:

ПАП-2: Al/Т/А > Al > Al/(А + Т) > > Al/А >Al/ГКЖ > Al/Т

ПА-3: Al/(А + Т) > Al/А > Al/Т > > Al/Т/А > Al ≥ Al/ГКЖ

АСД-1: Al/Т/А > Al > Al/(А +Т) > > Al/А > Al/Т > Al/ГКЖ

Выявлен образец Al/Т/А, который по реакционной способности заметно (примерно 1,3 раза) превосходит исходный порошок ПАП-2, активность которого находится на

уровне нанопорошка алюминия [2]. Методом РФЭС обнаружен эффект пассивации поверхности стали, содержащей «триамоновый» подслой в бислойном защитном нанопокрытии Т/А, после длительных коррозионных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арсентьева И.П.* Ультрадисперсные металлические порошки и их свойства / И.П.Арсентьева, Э.Л.Дзидзигури, Н.Д.Захаров и др. // Технология металлов. 2002. № 10. С.46-48.

2. *Громов А.А.* О влиянии типа пассивирующего покрытия, размеров частиц и сроков хранения на окисление и азотирование порошка алюминия / А.А.Громов, А.П.Ильин, У.Фозе-Бат и др. // Физика горения и взрыва. 2006. № 2. С.61-69.

3. *Магомедов Т.М.* Наноструктурное регулирование реакционной способности поверхности алюминия / Т.М.Магомедов, А.Г.Сырков, И.К.Ярцев и др. // Цветные металлы. 2007. № 5. С.10-15.

4. *Махова Л.В.* О влиянии энергии связи N1s адсорбированных наноструктур на смазывающее действие поверхностно-активных веществ на границе раздела металл – стекло и металл – полимер / Л.В.Махова, А.Г.Сырков, И.В.Степанова и др. // Конденсированные среды и межфазные границы. 2003. Т.5. № 4. С.423-428.

5. *Меретуков М.А.* Кластеры, структуры и материалы наноразмера: инновационные и технические перспективы / М.А.Меретуков, С.А.Воробьев, А.Г.Сырков и др. М.: Изд. дом «Руда и Металлы». 2005. 128 с.

6. *Ярцев И.К.* О взаимосвязи гидрофобности покрытий на поверхности стали и о роли наноструктурных добавок / И.К.Ярцев, В.Н.Плескунов, А.Г.Сырков и др. // Цветные металлы. 2005. № 9. С.36-40.