

а также возможности эффективной оценки коррозионной стойкости электрохимическими методами была проведена оптимизация процесса получения данного покрытия на предварительно никелированных углеродистых сталях с целью достижения максимальной коррозионной стойкости в азотной кислоте.

Параметром оптимизации является ток коррозии, определяемый по методу четырех точек. В результате были установлены следующие условия получения коррозионно-стойкого покрытия на углеродистых сталях:  $t_{\text{ХТО}} = 920 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\tau_{\text{ХТО}} = 4 \text{ ч}$ , состав среды (% по массе) – 49 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  + 4,5 %  $\text{Al}^+$  + 42,8 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  + 2,7 % СК25 + 1 %  $\text{KBF}_4$ .

Оптимальные режимы химико-термической обработки и состав смеси были использованы при проведении промышленного опробования изделий и внедрены на предприятиях БелоМО с экономическим эффектом 114 тыс. руб. в год. Как показали результаты опытно-промышленного опробования изделий, данные покрытия могут служить защитой изделий от атмосферной коррозии и от воздействия хлорсодержащих солевых сред.

УДК 621.785.5

С.Н.ЛЕВИТАН, А.ФРИДЖАТ,  
И.М.ИВАНОВА

### СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЦИНКАЛЮМИНИЕВЫХ ТЕРМОДИФУЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОБРАЗЦАХ ИЗ СТАЛИ 08 КП\*

В практике антикоррозионных мероприятий широкое распространение получили металлические и неметаллические защитные покрытия. При выборе того или иного типа покрытия прежде всего необходимо учитывать влияние на его эксплуатационные характеристики взаимообусловленных факторов, к которым следует отнести: место защищаемого металла и металла покрытия в электрохимическом ряду напряжений; свойства и природу коррозионной среды; физико-химические свойства продуктов коррозии; химический, фазовый состав покрытия, его толщину и сплошность; явление электрохимической поляризации.

По механизму защитного действия различают покрытия анодного и катодного типов. Очевидно, что в случае протекания процессов атмосферной коррозии для повышения коррозионной стойкости изделий целесообразно использовать металлические покрытия анодного типа. По отношению к железу и сплавам на его основе анодными являются только цинковые и частично кадмиевые покрытия\*\*, а в определенных средах алюминиевые и станнатные [1]. Поэтому не случайно в условиях промышленной эксплуатации широкое применение находят изделия с покрытиями на основе цинка, получаемыми жидкостным методом, подвергнутые соответствующей термической обработке.

\* На воздухе и в водной среде кадмий становится анодом по отношению к железу вследствие большей склонности последнего к пассивированию.

\*\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук Б.С.Кухарева.

Японскими исследователями [2] установлено, что в процессе атмосферной коррозии протекание анодного процесса на поверхности оцинкованной стали сопровождается растворением цинка с образованием  $Zn(OH)_2$ , который легко дегидратирует в  $ZnO$ . Последний, являясь полупроводником, практически не препятствует ионизации кислорода, тогда как  $Zn(OH)_2$  сильно тормозит эту реакцию и процесс коррозии в целом. При легировании оксида цинка железом понижается электропроводимость последнего и тем самым усиливаются защитные свойства  $ZnO$ . Это, в частности, может служить объяснением необходимости термообработки изделий из горячеоцинкованной стали, приводящей к образованию железоцинкидных фаз, корродирующих с образованием оксида цинка, легированного железом.

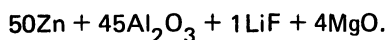
Авторы работы [3] обращают внимание на возможность стабилизации  $Zn(OH)_2$ , образующегося в условиях атмосферной коррозии при легировании цинка алюминием, магнием, никелем, кобальтом, хромом, марганцем. Этим обусловлено преимущественное применение в последние годы цинкалюминиевых покрытий, характеризующихся повышенной атмосферостойкостью по сравнению с чисто цинковыми [4].

Из многих известных способов нанесения металлических покрытий наиболее простым, а также по существу единственно пригодным для обработки мелкомерных деталей сложной конфигурации является способ диффузионного насыщения из порошковых сред. Однако в литературе практически отсутствуют сведения об атмосферостойком покрытии, полученном газоконтактным способом на основе цинкалюминиевого сплава.

Ставилась задача изучить особенности структуры и свойства цинкалюминидного термодиффузионного покрытия, формирующегося на образцах из стали 08 кп в результате осуществления дуплекс-процесса по схеме алитирование + цинкование.

Первую стадию обработки — алитирование — осуществляли при температуре 800, 850 °С в течение 4 ч в средах на основе ферроалюминия с содержанием алюминия от 10 до 50 % (по массе).

Цинкование предварительно алитированной стали проводили в течение 4 ч при 400–450 °С в смеси, содержащей (% по массе) :



На основании проведенных исследований установлено, что структура и химический состав алюмоцинкидных покрытий определяются структурой алюминидной подложки. Так, алитирование в средах на основе 30–50 % ферроалюминия ( $t \geq 800$  °С) и последующее цинкование при 500 °С приводят к формированию диффузионного слоя, представляющего  $FeAl$ -фазу, легированную цинком с микротвердостью 4000–4800 МПа.

Содержание алюминия от поверхности по толщине слоя изменяется от 30 до 17 %, а цинка — от 13 до 4 %. Результаты электрохимических исследований свидетельствуют о затрудненности протекания реакций анодного растворения алюмоцинкидных покрытий по сравнению с цинкидными или алюминидными покрытиями. Причем это усиливается по мере увеличения содержания алюминия в  $FeAl$ -фазе. Объяснением может служить образование продуктов коррозии на основе гидроксида цинка и оксида цинка, легированного железом.

Испытания образцов из стали 08 кп с цинкидным, алюминидным и алюмоцинкидным покрытиями в условиях, имитирующих различные виды атмосферной коррозии (атмосфера с 98 %-й влажностью,  $t_{\text{исп}} = 25^\circ\text{C}$ ; периодическое погружение в 3 %-й водный раствор NaCl), показали, что у алюмоцинкидного покрытия коррозионная стойкость в 9 и 5 раз выше, чем у алюминидного и цинкового соответственно.

Показатель жаростойкости образцов из стали 08 кп с алюмоцинкидным покрытием при  $t_{\text{исп}} = 500^\circ\text{C}$ ,  $\tau_{\text{исп}} = 300$  ч не превышает  $5 \text{ г/м}^2$ , в то время как для сталей, подвергнутых диффузионному цинкованию и алитированию при прочих равных условиях, он достигает 40 и  $15 \text{ г/м}^2$  соответственно.

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что получаемое покрытие по своим свойствам не уступает лучшим зарубежным аналогам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Б а к а л ю к Я.Х., П р о с к у р к и н Е.В. Трубы с металлическими противокоррозионными покрытиями. — М., 1985. — 200 с. 2. J a s u h i r o M., J o j i O., S h i g e y o s h i M. Fundamental research on corrosion of protected steel of automobiles // Trans. Iron and Steel Inst. Jap. — 1983. — Vol. 23, No 11. — P. 974–983. 3. S a i l o T., O k a J., W a k e R. Development and properties of Zn–Al alloy electroplated steel sheet // Nippon techn. Rept. — 1985. — No 25. — P. 1–10. 4. T a n o K., H i g u s h S. Developments and properties of Zn–Al alloy coated steel sheet with high corrosion resistance (superzink) // Nippon steel techn. Rept. — 1985. — No 25. — P. 29–37.

УДК 621.785.539

В.Ф.ПРОТАСЕВИЧ, Б.С.КУХАРЕВ

### ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМОТЕРМИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ДВУХФАЗНОГО БОРИРОВАНИЯ

Характерной особенностью порошковой металлотермической среды является изменение ее первоначального фазового состава и строения в процессе ее восстановления. В результате металлотермических реакций фазовый состав смеси, составленной из определенных компонентов, изменяется. Его можно примерно предсказать исходя из реакций, предположительно происходящих в процессе восстановления. Однако только из расчетов установить точный фазовый состав, а тем более строение порошковой среды после металлотермического восстановления не представляется возможным.

В настоящей работе представлены результаты исследования алюмотермической смеси для двухфазного борирования, составленной из оксида бора, оксида алюминия, алюминия и хлористого аммония. Исследования проводили в такой последовательности: 1) восстановление смеси; 2) размол смеси; 3) выделение из смеси фракции менее 0,01 мм методом отмучивания; 4) ситовое разделение смеси на фракции; 5) микроскопический анализ смеси с целью выявления ее состава по видам зерен, отличающихся по форме, цвету и строению; 6) рентгеноструктурный анализ смеси, фракций и отдельных