

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

Табл. 1. Некоторые характеристики диффузионного слоя в зависимости от соотношения  $B_2O_3/Al$

Соотношение $B_2O_3/Al$	Содержание $Al_2O_3$ , %	Тип слоя	Толщина слоя, мкм	
			общая	FeB
2,3	30	Борированный	110	—
1,5	30	То же	210	80
1,27	30	— " —	230	100
1	30	Неборированный	150	—
0,6	30	То же	200	—
1,27	70	Борированный	180	40

зерен; 7) исследование строения поверхности отдельных зерен их химического состава с привлечением микрорентгеноспектрального анализа.

Исследованию были подвергнуты борированные смеси, отличающиеся по составу соотношением  $B_2O_3 / Al = 2,3; 1,5; 1,27; 1,0; 0,6$  и содержанием оксида алюминия в размере 30 или 70 % от всей массы смеси, включающей также порошки оксида бора, алюминия и хлористого аммония (табл. 1).

Изменение соотношения между содержанием оксида бора и алюминия приводит к переходу диффузионного слоя от однофазного к двухфазному, а затем к неборированному.

Гранулометрические составы исследуемых порошковых сред представлены на рис. 1. Характер фракционного распределения смесей изменяется в зависимости от массы первоначально вводимого в состав оксида алюминия. Увеличение его до 70 % приводит к росту доли мелких фракций в смеси при максимальном содержании фракций размером 0,1–0,05 мм. Такая смесь отличается сыпучестью и отсутствием спекаемости ее частиц в процессе насыще-

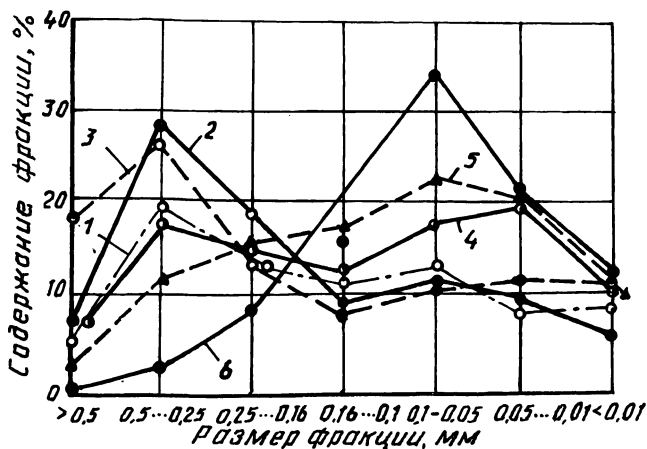


Рис. 1. Характер фракционного распределения смеси при соотношении  $B_2O_3/Al$ :  
1 — 2,3; 2 — 1,5; 3 — 1,27; 4 — 1; 5 — 0,6; 6 — 1,27; 1–5 — при 30 %  $Al_2O_3$ ; 6 — 70 %  $Al_2O_3$

ния. Смеси, содержащие 30 % оксида алюминия, сильно спекаются. Соответственно доля крупной фракции 0,5–0,25 мм после размола выше, чем мелких.

При использовании рентгеноструктурного анализа был частично идентифицирован фазовый состав порошковых сред. После алюмотермического восстановления смеси содержат: алюминий, оксид алюминия и соединение  $9\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ , которое образуется преимущественно в смесях с соотношением  $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al} = 2,3; 1,5$ . Алюминий в смеси сохраняется в основном при малых соотношениях  $\text{B}_2\text{O}_3/\text{Al} = 1; 0,6$ . Исследования фазового состава порошковых сред после алюмотермического восстановления не подтвердили образования в смеси боридов алюминия и кристаллического бора. По-видимому, в данных смесях формирование борированного слоя происходит за счет бора аморфного.

УДК 669.017:539.219.3:620.186.6

Г.Г.ПАНИЧ, Н.А.ГАЛЫНСКАЯ,  
Е.Ф.КЕРЖЕНЦЕВА

## РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА БОРОХРОМИРОВАНИЯ СТАЛЕЙ

Соединения системы бор – хром обладают многими ценными свойствами: высокими твердостью, износостойкостью, коррозионной и окислительной стойкостью. Во многих отношениях бориды хрома более ценны, чем бориды железа. Попытки исследователей создать технологический процесс одновременного насыщения сталей бором и хромом с целью получения покрытий, содержащих бориды хрома, к успеху не привели. При этом образовывались либо борированные слои, либо хромированные, либо бориды хрома в смеси при отсутствии покрытий на металле [1].

Учитывая высокие эксплуатационные свойства хромоборидных покрытий, исследователи перешли к последовательному способу их получения. Весьма интересна в этом отношении работа [2], в которой исследовано хромирование борированных сталей. В ней, однако, имеется ряд не вполне ясных вопросов, которые нуждаются в дальнейшем изучении.

Авторами работ [1, 2] механизм процесса последовательного насыщения стали активными боридообразующим элементом представляется в следующем виде. При насыщении железоборидного слоя хромом последний постепенно замещает железо в структуре фазы  $\text{Fe}_2\text{B}$ , так как фазы  $\text{Cr}_2\text{B}$  и  $\text{Fe}_2\text{B}$  изоморфны. Автором [2] в диффузионных слоях обнаружены также карбиды хрома. Данные о точном составе всех перечисленных соединений не приводятся. При анализе приведенных результатов возникли следующие вопросы, нуждающиеся в уточнении. Во-первых, фазы  $\text{Fe}_2\text{B}$  и  $\text{Cr}_2\text{B}$  не изоморфны [3] и растворение в гемибориде железа значительных количеств хрома маловероятно. Во-вторых, было установлено [4], что состав боридов железа, получаемых при борировании углеродистых сталей постоянен: не зависит от способа насыщения изделий, температуры и длительности процесса, содержания в стали угле-