

Табл. 2. Масс-спектр пара чистого PbO и сегнетокерамики при $T = 1350$ К

Вещество	Pb^+	PbO^+	Pb_2O^+	$Pb_2O_2^+$	$Pb_3O_3^+$	$Pb_4O_4^+$
PbO	50	100	27	65	14	26
Сегнетокерамика	46	100	24	47	12	24

Интенсивность ионного тока $Al_2Cl_6^+$ уменьшается. При $T = 1263$ К ионный ток $Al_2Cl_6^+$ значительно падает, а масс-спектр пара сегнетокерамики отвечает масс-спектру чистого PbO, что свидетельствует о практически полной отгонке элементарного свинца. Съемка масс-спектра пара чистого PbO была проведена в отдельном опыте с использованием платиновой эффузионной ячейки (табл. 2).

Таким образом, начиная с $T = 1260$ К и выше, элементарный свинец и хлорид алюминия практически полностью отгоняются за определенный промежуток времени. Состав пара при этих температурах отвечает молекулярным формам $(PbO)_n$, т. е. имеет место следующий процесс: [Сегнетокерамика] $\rightarrow (PbO)_n$, где $n = 1..4$.

В результате проведенных исследований установлено, что при диффузионном насыщении, начиная с $T = 960$ К, из сегнетокерамики выделяется атомарный свинец. Это подтверждено и рентгенографическим анализом. Наличие в паровой фазе чистого свинца свидетельствует о восстановлении PbO алюминием в процессе диффузионного насыщения образца из керамики. Полученные результаты доказывают также, что свинец располагается преимущественно в переходной зоне. Наличие в паре при этих температурах дихлорида алюминия можно объяснить процессами диффузии и скапливанием $AlCl_3$ и порак и по границам зерен в процессе диффузионного насыщения. Оксид свинца, присутствующий в порах сегнетокерамики в свободном виде, начинает переходить в пар только при температуре выше 1160 К.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлизация сегнетокерамики системы ЦТС / В.В. Миронович, Л.Г. Ворошнин, Л.А. Васильев и др. // Физико-химические основы технологии сегнетокерамических и родственных материалов. — М.: Наука, 1983. — С. 135.
2. Ратьковский И.А., Наливайко А.Г., Суровцев В.В. // Приборы и техника эксперимента. — 1982. — № 5. — С. 232.

УДК 621.793

Л.С. ЛЯХОВИЧ, В.А. ВЕЙНИК, А.А. ШМАТОВ

МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ ДИФфуЗИОННЫЕ ЖАРОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОБРАЗЦАХ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Известно, что жаро- и термостойкость алитированных сталей может быть повышена путем их легирования. Несмотря на значительный практический и научный интерес, вопросы, связанные с нанесением многокомпонентных жаро-

стойких покрытий, включающих алюминий, остаются еще мало изученными.

Целью работы являлось исследование влияния элементов ПА–IVA групп периодической системы элементов на структуру, фазовый состав, микротвердость, жаро- и термостойкость алитированных слоев на образцах из жаропрочных сталей.

Диффузионное насыщение проводили газоконтактным методом при температуре 1100 °С в течение 5 ч. По данным микроструктурного и рентгеноструктурного анализа структура и фазовый состав покрытий определяются содержанием алюминия в насыщающей смеси, а также типом легирующего элемента. Уже при незначительном содержании алюминия (по массе) формируются типично алюминидные структуры. Диффузионный слой состоит из двух зон. Поверхностная зона, обладающая высоким сопротивлением окислению, представляет алюминиды железа, преимущественно FeAl и Fe₃Al, легируемые вводимыми элементами. Внутренняя зона столбчатых кристаллов является α-твердым раствором алюминия и других элементов в железе. Наличие на поверхности образцов высокоалюминидных фаз (FeAl₂, Fe₂Al₅, FeAl₃), име-

Табл. 1. Сравнительная жаростойкость диффузионных покрытий на образцах из стали 12Х18Н10Т

Насыщающие элементы	Толщина зоны алюминидов, мкм	Жаростойкость 1100 °С за 100 ч, характеризующая увеличением массы, г/м ²	Жаростойкость t = 20...1000 °С за 75 ч (15 циклов), характеризующая увеличением массы, г/м ²
Al	230	65	-310
Al-Cr	240	63	24
Al-Ta	210	19*	10
Al-W	100	50	-
Al-Mn	150	Более 100	Менее - 10
Al-Mo	130	35	-
Al-HfC	270	75	-
Al-Cr-Y	280	57	5
Al-Cr-Ta	140	16*	10
Al-Cr-Zr	250	Более 100	Менее - 10
Al-Cr-Mg	100	24*	10
Al-Cr-Ti	250	Более 100	Менее - 10
Al-Cr-W	150	45	-
Al-Cr-Mn	200	Более 100	Менее - 10
Al-Ta-Mn	150	Более 100	Менее - 10
Al-Cr-HfSi ₂	240	70	-
Al-Cr-Si-Y	160	56	-
Al-Cr-Ta-Y	350	46	-
Образец из стали 12Х18Н10Т без покрытия	-	2800	Менее - 10

*Жаростойкость · t = 1000 °С за 100 ч.

ющих низкие прочностные и пластические характеристики, нежелательно, так как приводит к сколам слоя в результате механических и термических ударов

Микротвердость зоны алюминидов и зоны столбчатых кристаллов комплексного Al–Mo-покрытия на образцах из стали 12Х18Н10Т соответственно составляет 4350...4450 и 3400...3500 МПа.

С помощью метода симплекс-планирования рассчитаны на ЭВМ и построены диаграммы: состав насыщающей смеси – толщина слоя, фазовый состав покрытий, жаро- и термостойкость диффузионно-обработанных сталей для всех легирующих элементов при двух-, трех- и четырехкомпонентном насыщении. Выбраны оптимальные составы насыщающих смесей, обеспечивающие получение диффузионных слоев с максимальной жаростойкостью.

Сравнительный анализ оптимальных свойств покрытий (табл. 1) показал, что многокомпонентные покрытия по своим защитным свойствам превосходят однокомпонентные алитированные. Максимальной жаро- и термостойкостью обладают комплексные Al–Ta-, Al–Mo-, Al–Cr–Y-, Al–Cr–W-, Al–Cr–Ta- и Al–CrTa–Y-покрытия.

Высокая жаростойкость комплексных покрытий обеспечивается повышенной термостабильностью легированных алюминидов FeAl и Fe₃Al. Исследование кинетики рассасывания диффузионных слоев при 1100 °С показывает, что за 100 ч выдержки толщина зоны α-твердого раствора при однокомпонентном алитировании увеличилась в 3,3 раза, для Al–Cr-покрытия – в 3,2 раза, Al–Mo – в 2,8, Al–Cr–W – в 2,3, для Al–Cr–Y – в 1,7 раза.

Легирование алитированных покрытий позволяет повысить их жаростойкость в 1,1...1,9 раза, а термостойкость – в 2...10 раз. Разработанные покрытия можно рекомендовать для повышения сопротивления сталей высокотемпературному окислению.

УДК 621

Б.М. ХУСИД, Б.Б. ХИНА,
В.Н. ГОНЧАРОВ, И.Г. ПТАШИНСКИЙ

ДИАЛОГОВАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА "СПЛАВ" ДЛЯ СТУДЕНТОВ-МЕТАЛЛУРГОВ

Одним из направлений интенсификации учебного процесса в технических вузах является широкое применение ЭВМ. Предпочтение отдается диалоговому режиму работы, который не требует знания языков программирования и операционной системы, исключает длительный и трудоемкий процесс отладки программ и позволяет вести профессиональный диалог с ЭВМ, решать конкретные инженерные задачи у дисплея.

Диалоговая обучающая система "Сплав" для студентов специальностей 0404, 0407, 0405, 0414 предназначена для проведения лабораторных работ и практических занятий по курсам "Теория систем и ее приложения в металлургии", "АСУ ТП", "Теория термической обработки" и др. Система "Сплав" функционирует под управлением системы виртуальных машин ЕС ЭВМ и