

ных смесях  $(Mo + 2Si) + (Cr + 2B)$  протекает с образованием термодинамически наиболее устойчивых фаз — дисилицида молибдена и дигборида хрома.

Результаты исследования кинетики окисления показали:

максимальный прирост массы (до 80 %) наблюдается за первые 5 ч испытаний;

изотермы окисления имеют параболический характер. Это позволяет предположить, что скорость окисления представленных псевдосплавов, как и металлических сплавов, лимитируется диффузией ионов кислорода через стекловидную пленку оксида;

жаростойкость композиций выше по сравнению с дисилицидом молибдена в 2...4 раза. Это объясняется образованием, помимо оксидов кремния и молибдена, характерных для окисления дисилицида молибдена в указанном интервале температур, борного ангидрида и оксида хрома, затрудняющих диффузию кислорода через многокомпонентную стекловидную пленку:

термостойкость исследуемых образцов не ниже термостойкости дисилицида молибдена.

Результаты измерения оксидной зоны образца, его размеров, оценки изменения состояния поверхности согласуются с приведенными данными гравиметрических исследований.

Синтезированные материалы предлагается использовать для получения компактных изделий методами порошковой металлургии, нанесения жаростойких покрытий на металлические и неметаллические подложки и в качестве насыщающих сред для химико-термической обработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование влияния керамических добавок и термической обработки на структуру и прочность дисилицида молибдена / П.С. Кислый, М.А. Кузенкова, В.Г. Какюк, О.В. Пшеничная // *Высокотемпературные бориды и силициды*. — Киев: Наук. думка, 1978. — С. 104–108. 2. Войтович Р.Ф., Пугач Э.А. Окисление силицидов металлов IV–VI групп // *Тугоплавкие бориды и силициды*. — Киев: Наук. думка, 1977. — С. 97–107. 3. Самсонов Г.В., Уманский Я.С. Твердые соединения тугоплавких металлов. — М.: Металлургиздат, 1957. — 388 с. 4. Тугоплавкие материалы в машиностроении / Под ред. А.Т. Туманова и К.П. Портнова. — М.: Машиностроение, 1967. — 392 с.

УДК 621.785.5

Б.М. ХУСИД, Ю.Г. БОРИСОВ,  
В.Н. САФРОНОВ, С.А. ТАМЕЛО

### ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ АЛИТИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ ОТ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Алитирование — один из наиболее эффективных методов защиты изделий из стали от высокотемпературной коррозии.

В настоящей работе исследовалось влияние легирующих элементов (углеорода, хрома, никеля, титана) на распределение алюминия в диффузионном слое.

В качестве объекта исследований были выбраны алитированные покрытия на образцах из армко-железа, углеродистой стали У8, специально выплавленных хромистых сталей с содержанием хрома (по массе) 4,4%; 6,9; 9,3; 12,3; 13,8; 15,9 % и углерода — 0,8...1 %; коррозионно-стойкой стали аустенитного класса 12Х18Н10Т.

Химико-термическую обработку осуществляли порошковым методом в смесях на основе ферроалюминия (содержание алюминия — 32,6 %), оксида алюминия и хлорида аммония. Температура насыщения образцов составляла 950 °С, продолжительность выдержки на изотерме ХТО — 5 ч.

Структуру диффузионного слоя исследовали методами металлографического, микродюрметрического, рентгеноструктурного и микрорентгеноспектрального анализов. Последний выполняли на микроанализаторе MS-46 фирмы "Сатеса" сканированием образца под электронным зондом вдоль выбранной на поперечном сечении нетравленного шлифа линии.

Насыщающий потенциал смесей для алитирования обеспечил формирование на поверхности всех образцов из исследованных сталей слоя упорядоченного  $\alpha_2$ -твердого раствора [1]. Обозначения фаз приняты в соответствии с диаграммой состояния [2].

Наличие в сталях углерода (до 1 %) и хрома (не более 16 %) практически не отразилось на толщине слоя фазы  $\alpha_2$  (40...50 мкм), но толщина зоны  $\alpha$ -твердого раствора по сравнению с покрытием на образцах из армко-железа уменьшилась (рис. 1). Массовая доля алюминия на поверхности образцов, рассчитанная по данным микрорентгеноспектрального анализа с использованием метода гипотетического состава [3], достигла 30...32 %. О распределении элементов по толщине диффузионного слоя на образцах из легированных сталей судили по изменению относительной интенсивности соответствующих линий характеристического спектра.

Содержание хрома в покрытиях на образцах из хромистых сталей плавно уменьшалось при приближении к поверхности образца. Исключение составляли участки по границам зерен  $\alpha$ -твердого раствора, где имелись включения карбидов хрома, легированные железом и алюминием. Содержание карбидов юсло при удалении от поверхности покрытия и достигало максимума на границе диффузионного слоя с основой.

Толщина фазы  $\alpha_2$  в покрытии на образце из стали 12Х18Н10Т не превышала 25 мкм при общей толщине слоя 90 мкм. Максимум концентрационного профиля алюминия находился на границе раздела фаз  $\alpha_2$ — $\alpha$ , там же отмечалось резкое увеличение концентрации титана и в особенности никеля.

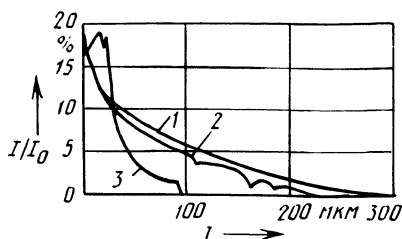


Рис. 1. Распределение алюминия по толщине диффузионного слоя на образцах из:

- 1 — армко-железа; 2 — 90Х16;
- 3 — 12Х18Н10Т

Таким образом, структура алитированных покрытий на образцах из углеродистых и хромистых сталей незначительно отличалась от структуры диффузионного слоя на армко-железе. Покрытия на образцах из стали 12Х18Н10Т имели никелевый диффузионный барьер, препятствующий росту алитированного слоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Х у с и д Б.М., Х и н а Б.Б., Б о р и с о в Ю.Г. Исследование насыщающей способности сред для диффузионной металлизации // *Металлургия*. – Минск: Выш. шк., – 1985. – Вып. 19. – С. 86–89. 2. К у б а ш е в с к и О. Диаграмма состояния двойных систем на основе железа: Пер. с англ. – М.: *Металлургия*, 1985. – 184 с. 3. Б а т ы - р е в В.А., Р ы д н и к В.И. О количественном рентгеноспектральном микроанализе многокомпонентных систем // *Завод. лаб.* – 1970. – Т. 36. – № 6. – С. 672–676.

*УДК 621.785.539*

**Б.С. КУХАРЕВ, Г.В. СТАСЕВИЧ,  
С.Н. ЛЕВИТАН**

### **ЖАРСТОЙКОСТЬ БОРИДНЫХ ПОКРЫТИЙ**

В ряде случаев одним из требований, необходимых для успешного применения борированных изделий в промышленности, является сочетание высокой износостойкости и коррозионной устойчивости в области высоких температур. Имеющиеся данные по жаростойкости однофазных и двухфазных боридных покрытий, полученных при насыщении из порошковых сред, весьма противоречивы. В данной работе представлены результаты изучения жаростойкости образцов из железоуглеродистых сплавов с одно- и двухфазными боридными слоями, а также с боридными покрытиями, легированными от 2 до 9 % (по массе) хромом.

Использование различных по составу порошковых насыщающих сред, а также проведение процесса насыщения при температурах от 850 до 1000 °С позволило варьировать толщину покрытий, их сплошность, фазовый состав и соотношение фаз в слое, а также степень легированности боридов. Исследование жаростойкости полученных покрытий позволило установить основные факторы, влияющие на коррозионную устойчивость борированных углеродистых сталей и чугуна при температурах до 800 °С.

Определение жаростойкости проводилось гравиметрическим методом. Масса образцов, нагреваемых и охлаждаемых с печью, замерялась после каждой 5-часовой высокотемпературной выдержки при 700 и 800 °С. Общая продолжительность испытаний составила 50 ч высокотемпературной выдержки.

Данные гравиметрических измерений показали, что в случае исследования боридных покрытий, не легированных хромом, содержание углерода в стали не оказывает значительного влияния на их жаростойкость. Основным фактором, определяющим стойкость покрытий при одинаковых условиях испытаний, является их фазовый состав. Так, однофазные покрытия показали в 3 раза лучшую коррозионную устойчивость к высокотемпературному окисле-