

стояния с помощью ЭВМ. – М.: Мир, 1972. – 326 с. 3. Вейник А.И. Тепловые основы теории литья. – М.: Машгиз, 1953. – 383 с. 4. Балычев Ю.М., Каченко Ф.К. Использование метода планирования эксперимента для исследования механических свойств марганцовистых сталей // МиТОМ. – 1984. – № 12. – С. 28–31.

УДК 669.018:66.094.3

Г.М. ЛЕВЧЕНКО, А.В. ЛОМАКО,  
В.Н. СЕНАТОР

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ $\text{MoSi}_2\text{--CrB}_2$ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ

Дисилицид молибдена широко применяется в качестве материала, работающего при высоких температурах в окислительной среде. Высокая жаростойкость  $\text{MoSi}_2$  обусловлена наличием на поверхности образцов газонепроницаемой стекловидной пленки на основе оксида кремния, образующейся при температурах выше  $1100^\circ\text{C}$  и препятствующей дальнейшему интенсивному окислению вплоть до температуры  $1700^\circ\text{C}$ .

В процессе высокотемпературного нагрева в материале происходят значительные изменения: стекловидная пленка постепенно коагулирует и затекает в поры, возрастает размер зерна дисилицида [1].

Эффект значительного повышения жаростойкости наблюдается при создании псевдосплавов из силицидов и боридов. Например, композиционный материал состава 50 %  $\text{ZrB}_2$  + 50 %  $\text{CrSi}_2$  (по массе) обладает жаростойкостью, существенно превышающей стойкость исходных компонентов [2]. Сплавы системы  $\text{TiSi}_2\text{--TiB}_2$  окисляются значительно меньше чистых дисилицида титана и диборида хрома. Наибольшим сопротивлением окислению обладает сплав состава  $8\text{TiSi}_2$  +  $2\text{TiB}_2$ , представляющий твердый раствор на основе дисилицида титана [3].

Принцип создания композиций типа "силицид–силицид" и "силицид–борид" дает широкую возможность для поиска многокомпонентных сплавов с более высокими физико-химическими свойствами в сравнении с чистыми дисилицидами и диборидами [4].

Настоящая работа является частью цикла работ по исследованию процесса получения систем  $\text{Me}^{\text{IV-V}}\text{Si}_2\text{--Me}^{\text{IV-V}}\text{B}_2$  и их высокотемпературных свойств.

Тугоплавкие соединения и композиционные материалы получали методом прямого синтеза, а их образцы – методами порошковой металлургии. Фазовый состав определяли металлографическим, микродюрометрическим и рентгеноструктурным анализами. Жаростойкость исследовали в атмосфере воздуха гравиметрическим методом при температурах  $1100, 1200, 1300, 1400^\circ\text{C}$  в течение 50 ч. Взвешивание проводили через каждые 5 ч испытаний.

Экспериментально установлено: максимальная температура синтеза составляет  $1600^\circ\text{C}$ ; высокотемпературное взаимодействие в эквимолекуляр-

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.