

ЛИТЕРАТУРА

1. А б р а м о в В.В. Напряжения и деформации при термической обработке. — Киев, 1985. — 134 с. 2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. — М., 1981. — 424 с. 3. Справочник по машиностроительным материалам. — М., 1959. — Т. 1. — 630 с. 4. Физические свойства сталей и сплавов, применяемых в энергетике. — М., 1967. — 239 с.

УДК 669.018:66.094.3

Г.М.ЛЕВЧЕНКО, А.В.ЛОМАКО,
А.А.МАКСИМОВ, А.С.МОСЕКИН

ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ МОЛИБДЕН—ТИТАН—КРЕМНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ЖАРСТОЙКОСТИ

Настоящее исследование является частью цикла работ по изучению процессов получения композиционных материалов системы $Me^{IV-VI}Si_2 - Me^{IV-VI}B_2$, $Me_1^{IV-VI}Si_2 - Me_2^{IV-VI}Si_2$ и их свойства при высоких температурах.

Композиционные материалы получали способом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Использовались порошки молибдена, титана, кремния КР-1 и дисилицидов молибдена и титана. Смешивание компонентов шихты проводилось в шаровой мельнице с использованием шаров из оксида алюминия. Составы смесей указаны в табл. 1.

Табл. 1. Результаты исследований фазового состава и жаростойкости композиционных материалов системы молибден—титан—кремний

Содержание компонентов исходной смеси, %					Объемное содержание компонентов смеси после реакции, %					Изменение массы материала за 50 ч испытаний при 1400°C
MoSi ₂	TiSi ₂	Me ₁	Me ₂	Si	MoSi ₂	Mo ₅ Si ₃	Mo ₃ Si	TiSi ₂ тип ZrSi ₂	TiSi ₂ оригинальный	
—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	32,0
10	90	8,8	39,4	51,8	7	14	24	24	31	69,8
20	80	16,8	33,5	49,7	23	19	33	12	13	95,3
30	70	24,1	28,2	47,7	13	18	42	23	4	72,2
40	60	31,1	23,1	45,8	—	—	—	—	—	80,0
50	50	37,2	18,6	44,2	25	21	31	23	—	87,3
60	40	43,1	14,3	42,6	—	—	—	—	—	50,0
70	30	48,5	10,4	41,1	22	16	23	39	—	45,0
80	20	53,5	6,7	39,8	36	16	28	20	—	22,0
90	10	58,2	3,2	38,6	81	2	9	8	—	27,0
100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,9

СВС осуществляли в корундовых тиглях с плавким затвором для предотвращения попадания воздуха в реакционное пространство в процессе нагрева смеси. Тигель загружали в рабочее пространство печи при 600 °С и после выдержки в течение 10–20 мин повышали температуру до начала реакционных процессов. Полученные спеки измельчали до фракции не более 0,063 мкм.

Фазовый состав (соотношение фаз и объемы кристаллических ячеек каждой фазы) композиционного материала определяли методом рентгеноструктурного анализа (РСА) на дифрактометре ДРОН-3,0 в медном монохроматическом излучении.

Образцы для исследования жаростойкости материалов изготавливали прессованием с последующим спеканием в окислительной атмосфере при температуре 1200 °С в течение 10 мин. Пористость образцов после спекания составляла 25–30 %.

Как видно из табл.1, максимальную жаростойкость имеют композиции составов 9/1 и 8/2 (MoSi_2 : TiSi_2). Их жаростойкость выше, чем чистых дисилицидов титана и молибдена. Задача рентгеноструктурного анализа состояла в выяснении причин этого, поскольку широко известно мнение о том, что титан (или другой металл), замещая молибден в структуре его дисилицида, повышает жаростойкость последнего, не подтверждено прямыми доказательствами.

Идентифицированные в образцах фазы перечислены в таблице. В целом из данных РСА следует, что

1) введение в состав композиции титана ведет к "обескремниванию" силицидов молибдена и уменьшению содержания его дисилицида; быстро растет содержание Mo_5Si_3 , а затем и Mo_3Si . Одновременно объем ячеек силицидов молибдена начинает уменьшаться, проходя через минимум (лежащий много ниже табличных значений) в эквимольной смеси (5/5). Поскольку легирование силицидов молибдена металлами должно способствовать увеличению, а не уменьшению объема ячеек, уменьшение их объема можно отнести на счет дефицита в них кремния, но не растворенного титана;

2) содержание дисилицидов титана (среди которых преобладает фаза со структурой типа ZrSi_2) изменяется в зависимости от состава исходной шихты: его максимум приходится на составы 8/2–7/3, который соответствует и максимальной жаростойкости материала. Объемы ячеек обоих дисилицидов титана близки к табличным значениям и практически не зависят от состава шихты.

Таким образом, предположение о повышении окалинотойкости материала вследствие растворения титана в MoSi_2 не оправдывается. Это явление связано, по-видимому, с появлением в его структуре высокостойкого дисилицида титана (дисилициды титана и молибдена высокодисперсны и весьма слабо диффузионно взаимодействуют в процессе окисления).