

## Исследование процесса фазообразования в сплавах Mo-Si доэвтектического состава, легированных РЗМ (Sc, Y, Nd)

© Удоева<sup>+</sup> Людмила Юрьевна, Ларионов Алексей Валерьевич,  
Чумарев\* Владимир Михайлович, Мансурова Анастасия Нургаяновна  
и Тюшняков Станислав Николаевич

Лаборатория пирометаллургии цветных металлов. Институт металлургии УрО РАН.  
Ул. Амундсена, 101. г. Екатеринбург, 620016. Свердловская область. Россия.  
Тел.: (343) 232-90-18. E-mail: lyuid@yandex.ru

\*Ведущий направление; <sup>+</sup>Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** сплавы Mo-Si, легирование, иттрий, скандий, неодим, термодинамическое моделирование, фазовый состав, микроструктура.

### Аннотация

На примере Sc, Y и Nd рассмотрено влияние редкоземельных металлов (РЗМ) на формирование фаз в сплавах на основе Mo-Si доэвтектического состава. С помощью программного комплекса *HSC 6.1. Chemistry (Outokumpu)* выполнен термодинамический анализ процесса взаимодействия легирующих элементов со сплавами Mo-5.0Si (масс. %), рассчитаны зависимости изменения равновесных составов трехкомпонентных сплавов от содержания РЗМ и оценены концентрационные пределы легирования. Вакуумно-дуговой плавкой получен бинарный сплав Mo-5.0Si (масс.%), представляющий собой естественный композит с двухфазной структурой. На его основе выплавлены модельные образцы с содержанием Sc, Y или Nd 1.0 и 3.0 ат. %. Методами рентгенофазового анализа, электронной микроскопии и рентгеноструктурного микроанализа модельных сплавов определены фазовый состав, форма нахождения легирующих элементов и их распределение по структурным составляющим образцов. Показано, что основными фазовыми составляющими базового сплава и легированных композитов на основе Mo-5.0Si являются твердый раствор Mo<sub>ss</sub> и силицид Mo<sub>3</sub>Si. Вводимые добавки РЗМ концентрируются преимущественно в силицидном твердом растворе сложного состава (Mo, РЗМ)<sub>x</sub>Si<sub>y</sub>. Их содержание в Mo<sub>3</sub>Si и Mo<sub>ss</sub> не превышает десятых долей %, за исключением иттрия, который одинаково распределен между металлом и силицидом молибдена – 1.6 и 1.5 масс. %, соответственно. Экспериментально показано, что полученные равновесные модели адекватно описывают процесс фазообразования и могут использоваться для прогнозирования составов сплавов, легированных Sc, Y и Nd. Установлено, что при введении РЗМ в сплавы Mo-Si доэвтектического состава увеличивается дисперсность микроструктуры и возрастает доля металлической фазы, что повышает отношение Mo<sub>ss</sub>/Mo<sub>3</sub>Si в легированном композите в среднем в два раза. Концентрационный предел легирования, исключая образование интерметаллических соединений с компонентами сплава Mo – 5.0 Si, для рассмотренных РЗМ находится ниже 3.0 ат. % и определяется их растворимостью в силицидной фазе и стехиометрией тройных соединений – твердых растворов замещения.