

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ ПРИ СУБСОЛИДУСНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ В СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Ti–Al–C

**Слепцов С.В., Бондар А.А., Витусевич В.Т.⁽¹⁾, Хехт У.⁽¹⁾, Халлстедт Б.⁽²⁾,
Петюх В.М., Вобликов В.М., Цыганенко Н.И., Великанова Т.Я.**

Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича,
ул. Кржижановского, 3, Киев, 03680, Украина; e-mail: bondar@ipms.kiev.ua

⁽¹⁾ ACCESS e.V.,

Intzestr. 5, Aachen, D-52072, Германия

⁽²⁾ Materials Chemistry, RWTH Aachen University,
Kopernikusstr. 10, Aachen, D-52056, Германия

Интерес к системе Ti–Al–C связан с разработкой материалов на основе γ -фазы (TiAl) и тройного соединения Ti_2AlC_{1-x} (MAX-фазы). Хорошо известно, что добавки частиц карбида титана измельчают зерна алюминиевых сплавов, улучшая их свойства. Имеет перспективу использование карбида титана TiC_{1-x} как упрочняющей фазы в титановых и алюминиевых сплавах, а также твердой составляющей Ti- и Al-матричных композитов.

Исследованию сплавов системы Ti–Al–C посвящено много работ, анализ которых недавно проведен в [1]. Однако литературных данных по фазовым равновесиям в области плавления/кристаллизации сплавов недостаточно и приведенные температуры фазовых превращений противоречивы.

В этой работе мы исследовали сплавы, содержащие до 25 ат. % C. Они приготовлены из высокочистых компонентов электродуговой плавкой с нерасходуемым вольфрамовым электродом. Образцы отжигали при субсолидусных температурах (на 30–60 °C ниже температуры начала плавления) в печи сопротивления в атмосфере очищенного титановой стружкой аргона. Часть образцов закалены в жидком галлии. Литые, отожженные и закаленные образцы исследовали методами рентгенофазового анализа, дифференциального термического анализа (ДТА) и растровой (сканирующей) электронной микроскопии (SEM/EPMA и SEM/EBSD).

Экспериментально измеренные температуры солидуса составляют: для фазовой области $Ti_3AlC_{1-x} + TiC_{1-x} + Ti_2AlC_{1-x} - 1700$ °C, $\beta + TiC_{1-x} + Ti_3AlC_{1-x} - \sim 1645$ °C, $\gamma-TiAl + \zeta-Ti_2Al_5 + Ti_2AlC_{1-x} - 1438$ °C и $\zeta-Ti_2Al_5 + \varepsilon-TiAl_3 + Ti_2AlC_{1-x} - 1418$ °C. Подтверждено существование равновесия $L + TiC_{1-x} \leftrightarrow TiAl_3 + Al_4C_3$ (при 812 °C [1]). Соответствующее превращение протекает с малой скоростью. Полученные результаты мы использовали в термодинамическом моделировании данной системы методом CALPHAD. Полученное нами термодинамическое описание адекватно воспроизводит большинство имеющихся экспериментальных данных.

Литература

1. Cornish L., Cacciamani G., Cupid D., De Keyzer J. Aluminium–Carbon–Titanium // Landolt-Börnstein, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology / ed. by W. Martensen. – New Series. Group IV: Physical Chemistry. – Ternary Alloy Systems, Phase Diagrams, Crystallographic and Thermodynamic Data Critically Evaluated by MSIT / ed. by G. Effenberg, S. Ilyenko. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. – Vol. 11E1. – P. 41–71.