

ОСОБЕННОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СМЕСИ ПОРОШКОВ Al–TiO₂ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ТЕМПЕРАТУРЫ*

М.А. Анисимова^{1,2}, А.Г. Князева^{1,2}

¹ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Проанализированы возможные реакции фазообразования, протекающие в процессе синтеза в системе Al–TiO₂. Сформулирована задача об изменении фазового состава в окрестности частиц, в которой изменение областей, занятых фазами, связано с подвижными границами. Построено приближенное аналитическое решение. Изучены кинетические закономерности формирования упрочняющей частицы и эволюции состава матрицы в ее окрестности в предположении, что реакции начинаются при температуре, превышающей температуру плавления алюминия, который окружает твердые частицы оксида титана. Температура является функцией времени и следует из решения макрозадачи. Дана оценка сопутствующих напряжений и деформаций как в окрестности границ раздела фаз, так и осредненных по объему ячейки. При остывании диффузия и реакции тормозятся, что приводит к замедлению роста напряжений, однако их значения остаются довольно высокими.

Ключевые слова: композит, переходный слой, реакционная ячейка, подвижная граница, концентрационные напряжения.

Введение

Сплавы и композиты на основе Ti и Al с упрочняющими включениями в виде оксидов, карбидов, силицидов и др. и покрытия на их основе привлекают внимание в различных сферах [1, 2]. Способы получения этих материалов и варианты инициирования реакций в системах на основе Ti и Al также разнообразны. Например, в [3] Ti–Al-интерметаллидные покрытия на гипозвтектоидной (дозвтектоидной) стали получены механическим легированием с использованием вибрационной шаровой мельницы и с последующей обработкой лазером для получения однородной и равновесной структуры.

Интерметаллидные покрытия системы Ti–Al на стали авторами [4] получены в результате одноэтапного процесса спекания под давлением с активацией электрическим током. Покрытия на титановом сплаве, полученные в [5] методом комбинированной ультразвуковой ударной обработки и электроискрового осаждения, содержали множество новых интерметаллических соединений Ti–Al, а также небольшое количество Al₂O₃. При формировании Ti–Al-интерметаллидного покрытия на титане в условиях жидкофазного лазерного спекания смеси порошков Al и Si, кроме интерметаллидов, в [6] обнаружены различного типа силициды (Ti₅Si₃, Ti₃Si и TiSi) и тройные фазы, что говорит о возможности непосредственного получения композитных покрытий в 3D-технологиях. Наибольший интерес вызывают возможности современных технологий для получения композитных покрытий с упрочняющими включениями, формирующимися *in situ*.

Авторам работы [7] удалось реализовать формирование упрочняющих частиц оксида алюминия вследствие металлотермической реакции Al с TiO₂ непосредственно в процессе прямого осаждения металлов. Анализ разных совмещенных технологий, использующих энергию химических реакций, осуществлен в [8]. Анализируя физические явления в области действия лазерного луча, авторы [9] выявили особенности теплофизических и кинетических процессов в технологиях, использующих для получения композитных материалов оксидные частицы, которые могут быть как центрами кристаллизации, способствуя формированию мелкодисперсной структуры, так и местом формирования новых оксидных фаз и фактором, влияющим на изменение состава матрицы в окрестности частиц. Гидродинамические явления в ванне расплава способствуют перемешиванию частиц, которые беспорядочно рассеяны между порошком матрицы, имеют разные размеры, что приводит к формированию неоднородной структуры композита. Дополнительным фактором, влияющим на структуру, являются сложные и неоднозначные термические циклы [10].

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-11-00100, <https://rscf.ru/project/22-11-00100/>).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>