

УДК 538.95:544.034

DOI: 10.17223/00213411/64/4/16

М.А. АНИСИМОВА

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ МЕЖДУ
ВКЛЮЧЕНИЕМ И МАТРИЦЕЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ ***

Закономерности формирования состава и, следовательно, свойств композитов в значительной степени зависят от динамики изменения температуры. Между исходной частицей и матрицей существует переходный слой, состоящий из нескольких новых фаз, соотношение между которыми зависит как от процессов на микроуровне (физических механизмов диффузии и химических реакций), так и от условий, диктуемых экспериментом. Представлена модель образования многофазной переходной зоны между матрицей и включением в рамках теории реакционной диффузии. Последовательность фазообразования принята соответствующей фазовым диаграммам и зависит от температуры. Задача о росте новых фаз с движущимися границами частично решается аналитически в квазистационарном приближении. Изучена динамика фазообразования при заданных термических циклах, характерных для процессов приближения и для процессов селективного лазерного плавления и электронно-лучевого плавления, полученных на основе численного моделирования. Исследования осуществлены на примере синтеза карбидосталей.

Ключевые слова: композит, переходный слой, карбидосталь, реакционная ячейка, подвижная граница, термический цикл.

Введение

Физические закономерности синтеза композитов сложны и многообразны и зависят не только от состава исходных смесей, но и от условий синтеза [1–4]. Это можно видеть на примере порошковых композитов. Среди большой группы износостойких материалов на основе железа, которые изготавливаются методами порошковой металлургии, особое место занимают карбидостали – композиты на основе легированных сталей с дисперсными включениями карбидов переходных металлов (главным образом, карбида титана) и массовой долей последних от 20 до 70% [5–7]. Из опыта получения и обработки гетерофазных материалов известно, что наилучшая связь между фазами обеспечивается в условиях выделения фаз при распаде твердых растворов. В случае реализации этого эффекта появляется возможность воздействовать на скорость роста зарождающихся карбидных зерен, влияющих как на физико-механические параметры материала, так и на его износостойкость [5].

Существуют разные методы получения карбидосталей [8]. Одним из наиболее экономичных и высокопроизводительных методов получения композиционных порошков с карбидной упрочняющей фазой следует признать самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) [9–12]. Таким образом, из порошковых смесей титана, углерода и инертных в тепловом отношении металлических добавок синтезируются композиты на основе карбида титана с различными металлическими связками. Исследования [9, 11] показывают, что существуют две характерные особенности синтезированных композитов: образование нестехиометрического, дефицитного по углероду карбида титана; появление в структуре интерметаллических соединений титана с металлом связки при его избытке в реакционных смесях по сравнению с количеством, требуемым для образования эквивалентного карбида титана.

Подобные проблемы появляются при попытке синтеза композиционных материалов на подложке при воздействии электронного луча или лазера [13, 14]. Каждый участок образца в процессе обработки претерпевает сложные термические циклы, что в результате приводит к неоднородному фазовому составу [15–17]. В целом, конечные фазовый и элементный составы карбида и связки определяются совокупностью термодинамических (теплоты образования соединений) и кинетических (коэффициенты диффузии, скорости охлаждения) факторов.

Разработанная и проиллюстрированная ниже модель роста переходного слоя между частицей и матрицей в процессе синтеза композита основана на представлениях о реакционной ячейке, развитых в теории горения [18, 19].

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2019-0035.

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>