

УДК 621.762

**МОДЕЛЮВАННЯ УМОВ УТВОРЕННЯ СТРУКТУР ЕВТЕКТИК У
СИСТЕМАХ НА ОСНОВІ БЕЗКИСНЕВИХ ТУГОПЛАВКИХ СПОЛУК**

Унрод В.І.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУР ЭВТЕКТИК В
СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ БЕСКИСЛОРОДНЫХ ТУГОПЛАВКИХ
СОЕДИНЕНИЙ**

Унрод В.И.

**MODELING OF CONDITIONS STRUCTURES OF FORMATION EUTECTICS IN
THE SYSTEM BASED OXYGEN-FREE REFRACTORY COMPOUNDS**

Unrod V.

**Черкасский государственный технологический университет,
г. Черкассы, Украина
unrod@mail.ru**

Аналізуються експериментальні значення, добуті шляхом побудови діаграм стану ряду систем, які відносять до евтектичних з участю тугоплавких металоподобних фаз. Зроблено оцінку параметрів складу та характеру моделювання специфічних структур евтектичних сплавів при зміні швидкості охолодження.

Ключові слова: *діаграми стану, тугоплавкі металоподобні фази, моделювання структури евтектик, швидкість охолодження*

Анализируются экспериментальные значения, полученные путем построения диаграмм состояния ряда систем, которые относятся к эвтектическим с участием тугоплавких металлоподобных фаз. Проведена оценка параметров состава и характера моделирования специфических структур эвтектических сплавов при изменении скорости охлаждения.

Ключевые слова: *диаграммы состояния, тугоплавкие металлоподобные фазы, моделирование эвтектической структуры, скорость охлаждения*

The experimental values, got by the construction of phase diagrams row of the systems that behave to the eutecticum with participation metalloid refractory phases, are analysed. The estimation of parameters of composition and character of design specific structures of eutecticum alloys is conducted at the change of cooling speed.

Keywords: *phases diagrams, refractory metalloid phases, design eutecticum structures, cooling speed*

Введение

В перспективе создания и моделирования новых сплавов, которые способны проявлять особые эксплуатационные свойства при воздействии высоких температур, механических нагрузок, коррозионной стойкости уделяется большое внимание со стороны материаловедов. К таковым относятся перспективные материалы с участием

бескислородных тугоплавких соединений-карбидов, боридов, нитридов d-переходных металлов на основе некоторых псевдобинарных композиций.

Постановка задачи

Как правило, целесообразным является изучение поведения гетерофазных систем при воздействии изменения температур плавления и кристаллизации с учетом химического состава, физико-химической природы составляющих сплав компонентов, что достигается путем построения соответствующих диаграмм состояния [1-5]. Среди многих исследователей, которые заложили научную основу современного материаловедения, следует отметить фундаментальные работы Г.В. Самсонова, Р.А. Андриевского, С.С. Орданьяна, Г. Глейтера, В.В. Скорохода и их последователей. Особое внимание необходимо уделять термодинамической стабильности исследованных фазовых составляющих при высоких температурах и давлениях, условий формирования структур сплавов, имеющих эвтектические превращения. Основным акцентом при создании уникальных свойств в 2-х компонентных сплавах является учет размера исходных частиц, их химической чистоты, стехиометрию металлоподобных фаз, поведение веществ между собой в широком интервале воздействия температур, установление температур эвтектического превращения сплавов в жидком состоянии и возможности регулирования теплоотвода в процессе их кристаллизации.

Анализ исследований

Систематизация и анализ целого ряда исследованных нами диаграмм состояния систем MeC_x - MeB_2 , MeN_x - MeB_2 , позволили выявить закономерности взаимодействия тугоплавких соединений и сформулировать термодинамические критерии существования квазибинарных разрезов для двойных и тройных систем. На основании раннее экспериментальных исследований установлено, что изученные разрезы на основе исходных фаз MeC_x - MeB_2 описываются эвтектическим типом диаграмм состояния [3-6].

Индивидуально металлоподобные соединения обладают высокой твердостью вследствие большого вклада ковалентной составляющей химической связи и поэтому отличаются повышенной хрупкостью.

Следовательно, целесообразно искать пути получения повышенных пластических свойств подобного рода материалов, изучая структуру и свойства исключительно в гетерофазных материалах. Решение задачи управлением формирования заданной структуры сплавов наиболее эффективно осуществлять при исследовании процесса плавления и последующей кристаллизации, установив закономерности поведения сосуществующих фаз.

Плавление и термообработка исследованных систем осуществлялись различными методами. Среди них наиболее перспективными являются метод индукционной плавки в магнитном поле, метод плавающей зоны с регулированием процесса направленной кристаллизации, а также плавление образцов в микрообъемах с помощью специально установок для определения начала плавления в условиях высокого вакуума или высокого давления инертного газа, позволяющего сохранять стехиометрию фаз переменного состава карбидов и нитридов d-переходных металлов 4-5 групп Периодической системы Д.И. Менделеева.

На примере изучения диаграмм состояния в системах MeC_x - MeB_2 , где металлом

является титан и цирконий, экспериментально было установлено, что растворимость диборидов в соответствующих карбидах не превышает 3...7%, а металлоподобные карбиды в кристаллической структуре диборидов практически нерастворимы.

На основании построенных диаграмм состояния нами проведен комплекс исследований кристаллообразования ряда сплавов до- и за-эвтектических составов, а также самих эвтектик. Моделирование условий термообработки, при котором происходит формирование специфической микроструктуры для бинарных сплавов, показал, что при кристаллизации из расплава одна из ведущих фаз имеет форму чередующихся пластин и стержней и отличается рядом особых механических свойств (в частности, повышенной пластичностью и пониженной твердостью). Было установлено, что сплавы эвтектического состава обладают высокой термостойкостью при длительном отжиге вплоть до $T=0.8...0.9$ от температуры эвтектического плавления. Температура, при которой наблюдалась термическая стабильность для изученных систем ZrC_x-ZrB_2 , TiC_x-TiB_2 , NbC_x-NbB_2 , оценивается в пределах 2500-2900 К. Подобное состояние эвтектического сплава можно трактовать с позиции энергетической характеристики кристаллографических связей на межфазных границах зерен, отличающихся когерентным или полукogerентным строением, а также минимизацией межфазной энергии, что позволяет сохранять структурно-чувствительные свойства композиций, такие как жаростойкость и термопрочность.

Измерение агрегатной твердости эвтектик при температуре 298 К показало значительное снижение этой величины по сравнению с таковой для индивидуальных фаз карбидов титана циркония, ниобия и соответствующих диборидов. Сопоставление результатов определения ряда механических свойств сплавов, а именно ползучести при высоких температурах и износостойкости приводит к выводу о проявлении признаков повышения пластичности нехарактерной для таких металлоподобных соединений [7]. Уменьшение размеров и объема деформируемых частиц, вероятно, приводит к увеличению относительных прочностных величин. С учетом вероятности возникновения на межфазных границах дислокаций несоответствия, отсутствия микротрещин на отпечатках после измерения микротвердости и снижения агрегатной твердости эвтектик можно предположить проявление повышенной деформируемости в гетерофазной структуре за счет скольжения дислокаций несоответствия по этим межфазным разветвленным границам. Повышенная пластичность отмечалась при измерении высокотемпературной твердости и ползучести сплавов в интервале температур 1000-1200 К [7, 8].

Выводы

Закономерности взаимосвязи морфологических особенностей структуры и моделирование поведения эвтектик в системах карбид-диборид d-переходных металлов свидетельствуют об актуальности исследования влияния скорости охлаждения сплавов на комплекс физико-механических свойств сплавов в изученных системах [9-14].

Моделирование условий образования заданной структуры в исследованных псевдобинарных системах позволяет определить основные факторы, влияющие на создание керамических композиционных материалов, обладающих повышенными высокотемпературными механическими свойствами. Особое внимание при проведении процесса кристаллизации эвтектических сплавов необходимо уделять

химической чистоте исходных материалов, контролю дефектности фаз внедрения и контролю скорости охлаждения при кристаллизации эвтектических сплавов в системах MeC_x-MeB_2 .

Литература

1. *Орданьян, С. С.* Взаимодействие в системе $ZrC-ZrB_2$ [Текст] / С. С. Орданьян, В. И. Унрод // Порошковая металлургия. – 1975. – № 5. – С. 61-64.
2. *Орданьян, С. С.* Взаимодействие в системе $TiC-TiB_2$ [Текст] / С. С. Орданьян, В. И. Унрод, А. И. Августиник // Порошковая металлургия. – 1975. – № 9. – С. 40-43.
3. *Взаимодействие в системе $TaC-TaB_2$* [Текст] / С. С. Орданьян, В. И. Унрод, В. С. Полищук, Н. М. Сторонкина // Порошковая металлургия. – 1976. – № 9. – С. 40-43.
4. *Орданьян, С. С.* Взаимодействие в системе $NbC-NbB_2$ [Текст] / С. С. Орданьян, В. И. Унрод, Е. К. Степаненко // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1977. – Т. 13, № 2. – С. 373-375.
5. *Орданьян, С. С.* Взаимодействие в системе $HfC-HfB_2$ [Текст] / С. С. Орданьян, В. И. Унрод, А. Е. Луценко // Известия АН СССР. Неорганические материалы. – 1977. – Т. 13, № 3. – С. 546-547.
6. *Шурин, А. К.* Квазитройная система $Fe-TiC-TiB_2$ [Текст] / А. К. Шурин, Н. А. Разумова // Порошковая металлургия. – 1979. – № 12. – С. 60-64.
7. *Спивак, И. И.* Исследование ползучести в двойных системах TiB_2-TiC , ZrB_2-ZrN [Текст] / И. И. Спивак, Р. А. Андриевский, В. В. Клименко // Порошковая металлургия. – 1974. – № 8. – С. 17-21.
8. *Орданьян, С. С.* Исследования в области химии силикатов и окислов [Текст] / С. С. Орданьян, А. И. Августиник, В. Ш. Вигдергауз. – М. : Наука. 1975. – 220 с. – Библиогр. : с. 195-199.
9. *Смирнов, В. В.* Плавка во взвешенном состоянии электропроводящих образцов больших масс и объемов [Текст] / В. В. Смирнов, И. В. Коркин // Известия АН СССР. Металлы. – 1978. – № 3. – С. 89-95.
10. *Бочвар, А. А.* Исследование механизма и кинетики кристаллизации сплавов эвтектического типа [Текст] / А. А. Бочвар – М.: Металлургиздат, 1935. – 81 с. – Библиогр. : с. 71-78.
11. *Сомов, А. И.* Эвтектические композиции [Текст] / А. И. Сомов, М. А. Тихоновский – М. : Металлургия, 1975. – 304 с. – Библиогр. : с. 287-301.
12. *Таран, Ю. Н.* Структура эвтектических сплавов [Текст] / Ю. Н. Таран, В. И. Мазур – М. : Металлургия, 1978. – 312 с. – Библиогр. : с. 296-307.
13. *Пархутик, П. А.* Кинетика и механизм кристаллизации. О зарождающемся действии первичных фаз на кристаллизацию эвтектики при различных условиях охлаждения [Текст] / П. А. Пархутик. – М. : Наука и техника, 1973. – 400 с. – Библиогр. : с. 355 с.
14. *Орданьян, С. С.* Эвтектики в системах с участием тугоплавких соединений и их модели – спеченные композиции [Текст] / С. С. Орданьян, В. И. Унрод // Новые огнеупоры. – 2005. – № 7. – С. 42-48.