

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СПЛАВОВ

М. В. Федотов, А. В. Федотова, В. М. Федотов

Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецкий филиал-институт Кемеровского государственного университета,
г. Новокузнецк, Россия

Одним из эффективных направлений в решении проблемы гарантированного повышения потребительских свойств отливок при одновременном снижении энергетических и материальных затрат на их изготовление является разработка новых методов литья, основанных на использовании внешних воздействий на жидкий и твердеющий металл на всех этапах формирования структуры и свойств литых изделий [1].

При разработке теории формирования структуры литого металла или сплава необходимо учитывать следующие факторы:

- классическая теория переохлаждения [2] применима в определенных границах;

- возможно формирование наноструктур, устойчивость которых, по данным [3], достигается при их сборке из атомов с идентичным квантовым состоянием;

- переход от микромира к макромиру происходит при увеличении размера наноструктур более 100 нм, которая авторами работы [3] определяется как критическая величина, сверх которой состояние системы описывается классическими законами;

- изменение свойств веществ и материалов, образованных структурными элементами размерами в нанометровом интервале, обусловлено не только малым размером структурных элементов, но и проявлением квантово-механических эффектов, волновой природой переноса и доминирующей ролью поверхностей раздела [4];

- при объединении атомов и обобществлении валентных электронов [5] происходит перекрытие волновых функций ядер и электронов атомов и новая структура (молекула, кластер и т.п.) сохраняет информацию их квантового состояния [4];

- структурой металлических расплавов можно эффективно управлять, используя генетическую взаимосвязь процессов, протекающих в системе «твердое-жидкое-твердое» [6-8].

Алюминиево-кремневые сплавы составляют 90 % от общего объема литейных алюминиевых сплавов при этом, по мнению авторов работы [9], создание износостойких по-

верхностей деталей из этих сплавов является особо актуальным для машиностроения. Одним из самых распространенных и простых способов измельчения структурных составляющих металлов и сплавов является повышение скорости охлаждения расплава. Повышение скорости охлаждения облегчает получение тонкого конгломерата фаз и недендритной литой структуры, а быстрая кристаллизация позволяет получать твердые растворы и эвтектики при существенно более высоких концентрациях компонентов [10].

Новые структурные составляющие сплавов, отличные по составу от сплавов, получаемых жидкофазными методами, можно создать механосинтезом. Так в работе [11] отмечается, что в процессе механосинтеза (механического легирования) происходит взаимодействие измельчаемых материалов с получением измельченного материала нового состава. Так получают нанопорошки легированных сплавов, интерметаллидов, силицидов и дисперсноупрочненных композитов с размером частиц 5...15 нм.

Автор работы [11] отмечает, что главным достоинством механосинтеза является то, что за счет взаимодиффузии в твердом состоянии возможно получение «сплавов» таких элементов, взаимная растворимость которых при использовании жидкофазных методов пренебрежимо мала.

С учетом представленных выше предварительных замечаний общие представления феноменологической теории кристаллизации генетически модифицированных сплавов, получаемых в процессе генномодифицирующего синтеза [12], рассмотрим на примере эвтектической системы Al-Si.

В данной системе ведущая фаза при кристаллизации промышленных литейных алюминиевых сплавов – α -твердый раствор кремния в алюминии, в литой структуре металла представлена в виде дендритов, при этом дисперсность дендритной структуры, как отмечается в работе [13], является одной из важнейших характеристик качества слитков и отливок.

Основным фактором, определяющим ме-

ханизм и кинетику процесса кристаллизации генетически модифицированных алюминиевых сплавов, является наличие в них генов кремнистой фазы (силикогенов) и генов α -твердого раствора кремния в алюминии (алюмогенов). Состав и концентрация алюмогенов и силикогенов в металлическом расплаве, а также условия охлаждения в совокупности будут определять структуру литого металла или сплава.

В настоящее время отсутствуют надежные инструментальные методы исследования наноструктурированных объектов, к которым следует относить силикогены и алюмогены, поэтому их влияние на процесс кристаллизации генетически модифицированных алюминиевых сплавов будем рассматривать на основе гипотетической модели формирования литой структуры нового класса алюминиевых сплавов.

В развиваемой нами феноменологической теории кристаллизации генетически модифицированных алюминиевых сплавов априорно установлены следующие положения:

а) центрами роста новой фазы являются созданные в результате генетически модифицирующего синтеза силикогены и алюмогены;

б) кристаллизующаяся фаза имеет такой же химический состав, что и соответствующие гены;

в) рост новой фазы из расплава продолжается до тех пор, пока в жидком металле имеются все необходимые компоненты, включая элементы внедрения;

г) при отсутствии в расплаве одного или более необходимых компонентов рост фазы такого состава прекращается и стадия генноструктурной кристаллизации завершается, а оставшаяся часть расплавленного металла кристаллизуется в полном соответствии с классической теорией переохлаждения (стадия термодоброуправляемой кристаллизации);

д) генетически структурированная фаза не влияет на процесс зарождения и роста новой фазы на этапе классической (термодоброуправляемой) кристаллизации;

е) при кристаллизации генетически модифицированных алюминиевых сплавов происходит смена стадий в следующей последовательности: генноструктурная кристаллизация – термодоброуправляемая кристаллизация.

Таким образом, феноменологическая теория кристаллизации генетически модифицированных алюминиевых сплавов предполагает многостадийность процесса кристаллизации. В первом приближении можно выделить две основные стадии (этапа процесса), а именно:

- стадия генноструктурной кристаллизации;
- стадия термодоброуправляемой кристал-

лизации, когда только теплообмен инициирует процесс изменения строения одиночных атомов в ту или другую сторону, чего не происходит при отсутствии теплообмена [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Борисов Г. П. Научные основы разработки методов дальнейшего повышения свойств и технико-экономических показателей производства высококачественных отливок из алюминиевых сплавов / Г. П. Борисов // Литейное производство, 2008, № 9. – С.17-23.

2 Баландин Г. Ф. Теория формирования отливки: Основы тепловой теории. Затвердевание и охлаждение отливки / Г.Ф.Баландин. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1998. – 360 с.

3 Кабалдин Ю.Г. Новая интерпретация Периодического закона Д.И.Менделеева / Ю.Г. Кабалдин // Металлургия машиностроения, 2009, № 1. –С.14-16.

4 Кабалдин Ю. Г. Квантовый механизм формирования наноструктурных состояний/ Ю. Г. Кабалдин, С. Н. Муравьев // Металлургия машиностроения, 2007, № 4. – С. 48-53.

5 Иванов В. К. Электронные свойства кластеров / В. К. Иванов// Соросский образовательный журнал, 1999, № 8. – С. 97-102.

6 Никитин В. И. Перспективы технологий генной инженерии в сплавах / В. И. Никитин// Литейное производство, 1999, № 1. – С.5-9.

7 Марукович Е. И. Наследственность в заэвтектических силуминах / Е. И. Марукович, В. Ю. Стеценко// Наследственность в литейных процессах: Тр.7-го междунар. научн.-техн. симпозиума. – Самара, 2008. – С.290-295.

8 Никитин К. В. Исследование наследственного влияния структуры лигатур Al-Si на свойства бинарных силуминов / К. В. Никитин, В. И. Никитин, И. Ю. Тимошкин и др. // Литейщик России, 2009, № 12. – С. 23-27.

9 Криштал М. М. Влияние структуры алюминиево-кремниевых сплавов на характеристики оксидного слоя при микродуговом оксидировании / М. М. Криштал // Металловедение и термическая обработка металлов, 2004, № 9. – С.20-24.

10 Семенов В. И. Закономерности сегрегационных атомных пере-группировок при кристаллизации эвтектик /В. И.Семенов// Заготовительные производства в машиностроении, 2009, № 3. – С.43-47.

11 Данилов А. Производство и применение нанопорошков <http://www.nanojournal.ru/science>.

12 Федотов В. М. Теоретические основы генномодифицирующего синтеза алюминиевых сплавов. Сообщение 1. Общие представления о генномодифицирующем синтезе /В. М. Федотов, А. В. Федотова, М. В. Федотов// Цветные металлы-2010: Сборник докладов второго международного конгресса – Красноярск, ООО «Версо», 2010. – С.811-813.

13 Кац А. М. Влияние условий охлаждения и физических свойств сплавов на дисперсность дендритной структуры слитков и отливок / А. М. Кац // Известия вузов. Цветная металлургия, 2008, № 4. – С.32-38.

14 Семенов В. И. Трудности кинетической теории кристаллизации металлов и сплавов /В. И. Семенов// Металлургия машиностроения, 2005, № 1. – С.16-21.