

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕННОМОДИФИЦИРУЮЩЕГО СИНТЕЗА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

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

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

При разработке теоретических основ процессов получения новых генетически модифицированных конструкционных материалов существенное значение приобретает адекватность моделей процессов, протекающих при генномодифицирующем синтезе (ГМС). Общие сведения о ГМС алюминиевых сплавов были представлены на втором международном конгрессе «Цветные металлы – 2010» [1].

Генномодифицирующий синтез – это совокупность управляемых процессов, протекающих при взаимодействии между расплавленным алюминием и искусственной реакционной смесью, создающих такие условия формирования и роста новых фаз управляемого состава в жидкой среде, которые позволяют получать заданные структуры конечного литого сплава.

На рисунке 1 представлена микроструктура заэвтектического силумина, полученного по технологии ГМС, различных областей отливки (кромка и центр). Для сравнения на рисунке 2 представлена структура заэвтектического силумина до и после обработки фосфористым алюминием [2].

Сравнительный анализ структур заэвтектических силуминов обычного приготовления, модифицированных фосфористым алюминием, и генномодифицированных силуминов свидетельствует о том, что последние по размерам, форме и характеру распределения кристаллов первичного кремния близки к модифицированным фосфором силуминам. Отличительной особенностью генномодифицированных силуминов является то, что они характеризуются сильно измельченными структурными составляющими эвтектики, особенно в области кромки отливки. Об этом свидетельствуют данные, представленные на рисунке 3.

Исходя из совокупности данных, вытекающих из выполненного сопоставительного анализа структуры (является одной из характеристик, определяющих потребительские свойства металлических сплавов) заэвтектических силуминов обычного приготовления с применением традиционного модифицирования и полученных в результате ГМС, можно

констатировать, что ГМС следует относить к нанотехнологиям в соответствии с их определением, установленном в [3].

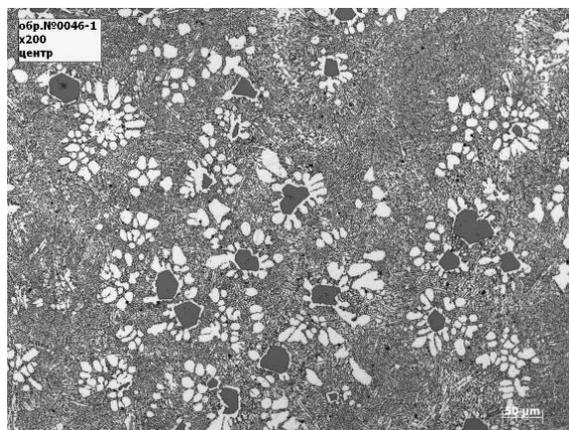
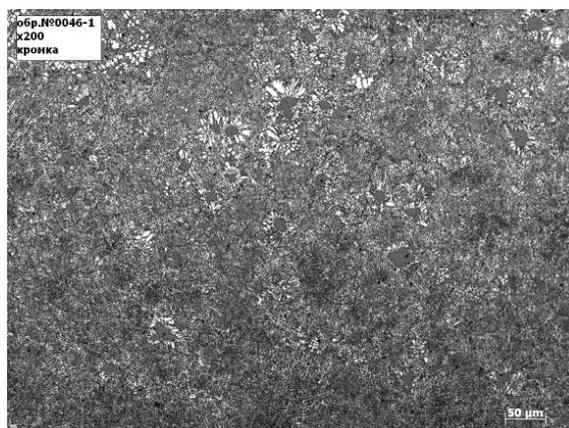


Рисунок 1 – Структура сплава Al-15,85%Si-0,98%Fe, x200

В Положении о национальной нанотехнологической сети [3] понятие «нанотехнологии» определено, как технологии, направленные на создание и практическое использование нанобъектов и наносистем с заданными свойствами и характеристиками. Исходя из такой трактовки, в процессе ГМС в реакционной среде, предположительно, создаются наноразмерные гены кремнистой фазы (силикогены) и гены первичного алюминия (алюмогены).



Рисунок 2 – Структура заэвтектического силумина (Al-18%Si) по данным [2]

На основе результатов экспериментальных исследований процесса ГМС [4-6] и общих представлений в области кинетики гетерогенных реакций можно сделать предположение о том, что процесс синтеза генетически модифицированных алюминиевых сплавов является сложным и включает совокупность, как минимум, двух видов процессов, а именно:

- процессы, протекающие в газовой фазе, и отражающие в совокупности газофазный механизм ГМС;

- процессы, протекающие на поверхности жидкость-твердое и жидкость-газ и определяющие в совокупности жидкофазный механизм ГМС.

Исходя из совокупности данных, вытекающих из выполненного сопоставительного анализа структуры (является одной из характеристик, определяющих потребительские свойства металлических сплавов) заэвтектических силуминов обычного приготовления с применением традиционного модифицирования и полученных в результате ГМС, можно констатировать, что ГМС следует относить к нанотехнологиям в соответствии с их определением, установленном в [3].

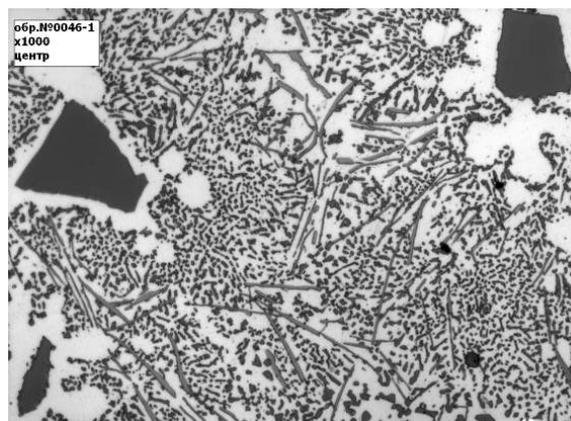


Рисунок 3 – Структура сплава Al-15,85%Si-0,98%Fe, x1000

Применительно к процессам, отражающим газофазный механизм ГМС алюминиевых сплавов, нами были сформулированы следующие научные положения:

- первое научное положение устанавливает то, что поставщиком наночастиц (атомов кремния, алюминия и атомов легирующих элементов) в зону формирования целевого гена является газовая фаза управляемого состава;

- второе научное положение устанавливает то, что устойчивость гена структурной составляющей расплава определяется его размером, составом и структурой, которые в совокупности должны обеспечить минимум свободной энергии в объеме расплава;

- третье научное положение устанавливает то, что подложкой при создании гена кремнистой фазы является поверхность частицы оксидов, а подложкой при создании гена первичного алюминия является оксигидроксид алюминия;

- четвертое научное положение устанавливает то, что процесс ограничен во времени периодом существования газовой фазы, определяемый количеством присадки, температурой синтеза и составом присадки.

Применительно к процессам, отражающим жидкофазный механизм ГМС алюминиевых сплавов, нами были сформулированы следующие научные положения:

- первое научное положение устанавливает то, что наночастицы поставляются в зону формирования гена потоком молекулярной диффузии атомов кремния и легирующих элементов, восстановленных на поверхности жидкость-твердое или жидкость-газ;

- второе научное положение устанавливает то, что основой силикогена является отдельный кластер кремния (специально созданный в процессе производства лигатурного сплава или спонтанно образовавшийся вследствие флуктуации состава расплава) или сформировавшийся по газофазной модели и внесенный в объем расплава конвективным потоком жидкости;

- третье научное положение устанавливает то, что наночастицы, участвующие в создании генов новой фазы, являются продуктами реакций восстановления оксидов легирующих элементов водородом или алюминием протекающих в объеме расплава, приграничном к поверхности твердого оксида;

- четвертое научное положение устанавливает то, что процесс синтеза не имеет технологических ограничений во времени и задается временем выдержки реакционной смеси при заданной температуре нагрева.

Рассмотренные модельные представления процесса синтеза генетически модифицированных алюминиевых сплавов являются дискуссионными и требуют экспериментальной проверки, но могут быть использованы

при разработке концепций новых технологических решений в области производства алюминиевых сплавов с повышенными потребительскими свойствами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 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.

2 Вольфганг Фогель. Обработка зерна первичного кремния в заэвтектических сплавах / <http://www.polyteg-met.ru/resheniya-dlja-lpvd-i-kokilnogo-litja/articles/obrabotka-zerna-pervichnogo-kremnija-v-zaehvtektiches-kix-splavax>.

3 Положение о национальной нанотехнологической сети. Утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 23 апреля 2010 г. № 282.

4 Федотов М.В. Влияние состава присадки на кинетику процесса синтеза лигатурного сплава Al-Si-B / М.В. Федотов, В.М. Федотов // Металлургия: новые технологии, управление, инновации и качество: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, 16 – 19 октября 2007г. – Новокузнецк: ГОУ ВПО «СибГИУ», 2007. – С. 127 – 129.

5 Федотов М.В. Влияние температуры на процесс синтеза лигатурного сплава алюминий-кремний-бор / М.В. Федотов, И.Ф. Селянин, В.М. Федотов // Литейщик России. – 2008. – №11. – С. 43 – 44.

6 Федотов М.В. Прямое легирование алюминия кремнием и бором / М.В. Федотов, И.Ф. Селянин, В.М. Федотов // Литейщик России. – 2009. – № 6. – С. 17 – 19.