

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО КАРБИДА ТИТАНА В РАСПЛАВЕ АЛЮМИНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИТНОЙ СМЕСИ

Ионов М.К., Пешкова Д.А.

*ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д.244*

e-mail: ionovmk@gmail.com

поступила в редакцию 12 октября 2016 года

Аннотация

В статье рассматривается проблема синтеза наноразмерного карбида титана в расплаве алюминия. Как известно, уменьшение размеров армирующей фазы композиционного материала приводит к качественному улучшению свойств материала. Рассмотрено современное состояние в данной области исследования. Предложен способ получения наноразмерного карбида титана в расплаве алюминия с помощью термитной смеси.

Ключевые слова: *Композиционный материал, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, иницирование реакции, наноразмерный карбид титана, расплав алюминия, термитная смесь.*

Введение. В настоящее время всё больший интерес со стороны науки проявляется к композиционным материалам на основе алюминия, армированным частицами тугоплавкой ультрадисперсной фазы карбида титана (TiC). Научный и прикладной интерес к карбиду титана вызван тем, что в настоящее время он входит в группу наиболее востребованных на мировом рынке синтетических материалов и обладает уникальными характеристиками: высокой удельной прочностью, твёрдостью, большим модулем упругости, повышенным сопротивлением износу, и т. д. Потребность в новых высокоэффективных сплавах делает эту отрасль одной из перспективных направлений развития современного материаловедения и машиностроения. Такие композиционные материалы при небольшом содержании армирующей фазы могут применяться в качестве эффективных модифицирующих лигатур алюминиевых сплавов, а при повышенном ее количестве – в качестве дискретно-упрочненных алюмоматричных композиционных материалов с высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств [1-3].

Композиционные материалы на основе алюминия, армированные дискретными частицами тугоплавкой фазы карбида титана Al–TiC могут изготавливаться различными методами, но лучшими технологиями их получения признаны жидкофазные способы [2, 4], так как они приводят к образованию сильной межфазной связи, необходимой для высоких механических свойств композитов, и позволяют использовать стандартное литейное оборудование, что привлекательно с экономической точки зрения. Жидкофазное соединение компонентов композиционных сплавов может осуществляться двумя способами: введением готовых армирующих частиц в матричный расплав (ex-situ), например механическим замешиванием, и за счет проведения химической реакции синтеза упрочняющих частиц непосредственно в расплаве (in-situ). Второй способ является приоритетным, так как в таком случае обеспечиваются наиболее плотный контакт и хорошая связь (адгезия) между фазами композиционного сплава.

В настоящее время, методом in-situ удалось синтезировать сплав Al–TiC с массовой долей 10–15 % армирующей фазы TiC с характерным размером частиц 2–4 мкм [4].

Несомненный интерес представляет разработка приёмов повышения дисперсности армирующей фазы сплава, так как уменьшение размеров частиц карбида титана TiC должно приводить к увеличению модифицирующей способности и повышению уровня свойств

композиционного сплава Al–TiC, а особый интерес представляет разработка приёмов получения наноразмерной фазы карбида титана в расплаве алюминия.

Востребованность композиционных сплавов, армированных наноразмерными частицами, можно объяснить уникальным повышением механических характеристик даже при малых объемах вводимых наночастиц [5-8].

Основной проблемой получения наночастиц армирующей фазы в расплаве является необходимость создания условий, препятствующих их коагуляции.

Как известно, температура среды оказывает прямое влияние на размер синтезируемых частиц. Повышение температуры интенсифицирует процессы коагуляции частиц. Соответственно снижение температуры синтеза высокодисперсной фазы является магистральным направлением исследования.

При получении композиционного материала Al-TiC при пониженной температуре печи (<900°C), процесс синтеза карбида титана проходит неустойчиво [9], и, возможно, начинается с образования интерметаллидной фазы TiAl₃ с большим выделением тепловой энергии и ростом температуры расплава. Этот энергетический импульс является необходимым условием для начала синтеза карбида титана TiC, так как реакция титана и углерода инициируется при температурах, близких к температуре плавления титана (1700°C) [10]. В конечном продукте отмечается большое количество интерметаллидов, что отрицательно влияет на характер упрочнения алюминиевой матрицы [11]. Таким образом, можно сделать вывод, что для устойчивого прохождения реакции синтеза наноразмерного карбида титана необходим энергетический импульс извне при сохранении пониженной температуры расплава.

Такие особенности образования карбида титана в расплаве создают необходимость поиска новых методов его получения.

Таким методом может являться синтез карбида титана в расплаве алюминия при пониженной температуре с помощью термитной смеси.

Материалы и методы исследования. Для исследования были выбраны следующие реагенты: порошок титана (ТПП7), технический углерод (П700), алюминий чушковый (А7), порошок магнезия, порошок оксида никеля.

Дозировку компонентов шихты осуществляли с точностью 0,01 г. На лабораторных весах марки ВК-300, предназначенных для измерения массы с повышенной точностью. Смешивание исходной шихты проводилось в шаровой мельнице объемом 1 л при соотношении масс шаров и шихты 3:1. Время смешивания составляло 3 часа.

Для создания условий высокой температуры в данной работе использовалась электрическая печь марки НАКАЛ-ПП 20, с максимальной температурой 1250°C, напряжением 380 В, мощностью 12 кВт, массой 90 кг. Изготовитель ООО «Фирма Накал».

Процесс синтеза карбида титана в расплаве алюминия сводится к следующему. Смесь исходной шихты (порошка титана и сажи) в стехиометрическом соотношении компонентов готовится в шаровой мельнице. Для достижения максимально равномерного распределения компонентов время смешивания составляет 3 часа. Полученную смесь разделяют на части массой 5-7г и заворачивают в алюминиевую фольгу. Электрическую печь нагревают до температуры 900-1000°C и помещают в неё шамотный тигель, наполненный чушковым алюминием. После установления температуры расплава равному температуре печи под зеркало расплава погружают брикеты исходной шихты. После реакции синтеза, сопровождающейся вспшкой, расплав выдерживают 5 минут, при этом размешивая расплав металлической ложкой, а затем разливают по формам.

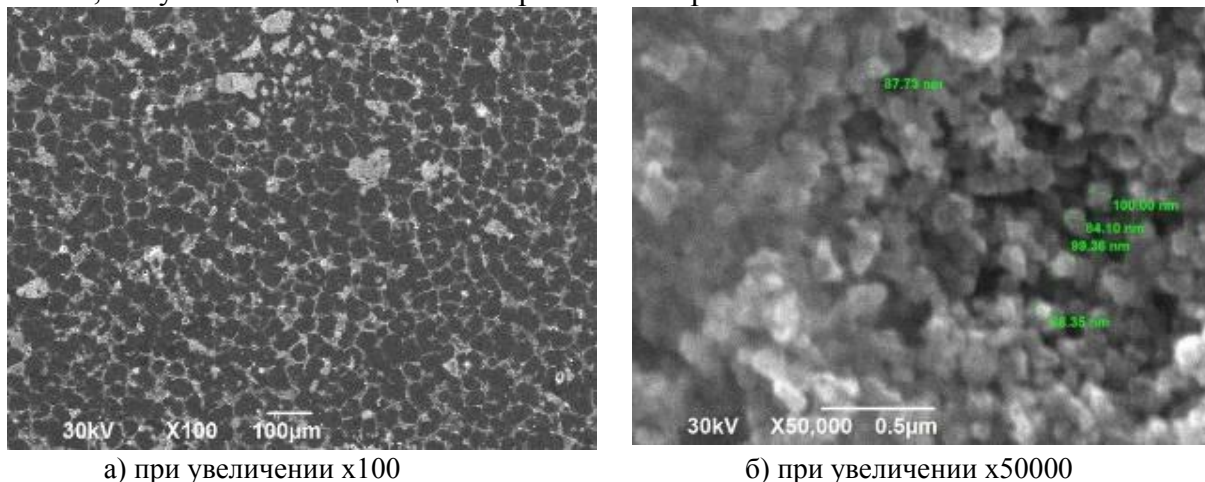
Для исследования полученных образцов использовались: дифрактометр ARL X'trA-138 фирмы Termo Scientific, растровый электронный микроскоп JSM-6390А фирмы «Jeol» с приставкой Jeol JED-2200.

Результаты и их обсуждение. Для исследования возможности синтеза наноразмерного карбида титана в расплаве алюминия с помощью термитной смеси проводили следующий опыт. В электрической печи в шамотном тигле расплавляли и нагревали 180г алюминия до

температуры 850°C. Предварительно готовили стехиометрическую смесь порошков титана и углерода массой 20г. К этой смеси добавляли гранулированную термитную смесь массой 0,2 грамма (1% от массы исходной смеси). Полученную шихту делили на четыре части и заворачивали в фольгу для удобства ввода в расплав. Далее последовательно погружали брикеты шихты под зеркало расплава, размешивая их с помощью металлической ложки. После выдержки 30 секунд полученный расплав разливали в формы.

Далее полученные образцы исследовали на электронном микроскопе и дифрактометре.

На рисунке 1 представлены фотографии излома полученного композиционного материала Al-TiC, полученные с помощью электронного микроскопа.



а) при увеличении x100
 б) при увеличении x50000
 Рисунок 1. – Внешний вид излома композиционного материала Al-TiC, полученного с помощью термитной смеси.

По результатам микроструктурного анализа видно, что с помощью синтеза в расплаве алюминия при использовании термитной смеси удалось добиться мелкозернистой структуры материала и снизить средний размер зерна, а также удалось достигнуть нанодисперсности отдельных частиц армирующей фазы (87-100 нм).

На рисунке 2 представлена рентгенограмма полученного образца.

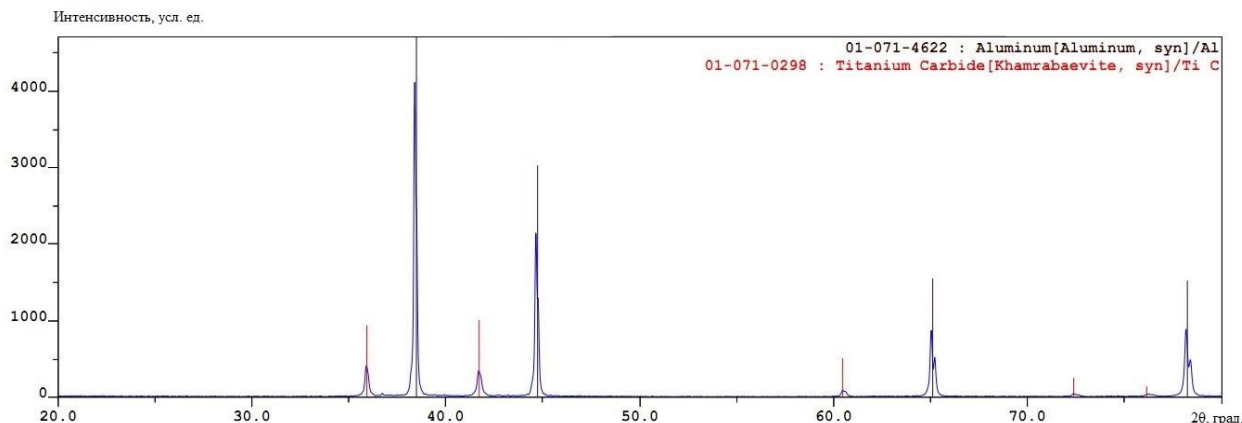


Рисунок 2. – Рентгенограмма образца Al-TiC, полученного с помощью термитной смеси.

Рентгенограмма подтверждает наличие фазы карбида титана в полученном образце.

Заключение. С помощью термитной смеси удалось синтезировать композиционный материал Al-TiC при пониженной температуре расплава с мелкозернистой структурой, а также достичь наноразмеров отдельных частиц армирующей фазы.

Список литературы

1) Vinod Kumar G.S., Murty B.S., Chakraborty M. Development of Al-Ti-C grain refiners and study of their grain refining efficiency on Al and Al-7Si alloy // Journal of alloys and compounds. 2005. №396. P.143-150.

- 2) Михеев Р.С., Чернышова Т.А. Дискретно армированные композиционные материалы системы Al-TiC // Загот. пр-ва в машиностр. 2008. №11. С.44-53.
- 3) Напалков В.И., Махов С.В. Легирование и модифицирование алюминия и магния. М.: МИСиС, 2002. 376 с
- 4) Луц А.Р., Макаренко А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез алюминиевых сплавов. М.: Машиностроение. Самара: СамГТУ. 2008. 175 с.
- 5) Casatti R., Vedani M. Metall Matrix Composites Reinforced by Nano-Particles. A Review // Metals. 2014. V.4. P.65-83.
- 6) Sanaty-Zadeh A. Comparison between current models for the strength of particulate-reinforced metal matrix nanocomposites with emphasis on consideration of Hall–Petch effect // Material Science and Engineering. 2012. V.531. P.112-118.
- 7) Zhang Z., Chen D.L.. Consideration of Orowan strengthening effect in particulate-reinforced metal matrix nanocomposites: A model for predicting their yield strength // Scripta Materialia. 2006. V.54.
- 8) Луц А.Р., Тимошкин И.Ю., Латухин Е.И. Эксплуатационные характеристики наноструктурных алюмоматричных композиционных сплавов // Взаимодействие науки и литейно-металлургического производства: сб. статей. Самара, 2016. С.200-205.
- 9) Кандалова Е.Г., Макаренко А.Г., Луц А.Р., Орлов А.В. Исследование закономерностей процесса свс в расплаве алюминия при получении композиционных сплавов Al-TiC // Современные наукоемкие технологии. 2005. №11. С.29.
- 10) Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов // М.: Машиностроение-1, 2007. 567 с.
- 11) Кечин В.А, Панфилов А.В., Панфилов А.А., Прусов Е.С. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы, армированные эндогенными и экзогенными керамическими и интерметаллидными фазами // Литейщик России. 2008. №7. С.60-64.