

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов
XIV Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых

Том 2. Химия

РОССИЯ, ТОМСК, 25 – 28 апреля 2017 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIV International Conference of students, graduate students
and young scientists

Volume 2. Chemistry

RUSSIA, TOMSK, April 25– 28, 2017

Томск 2017

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ КРЕМНИЙ СОДЕРЖАЩИХ ФАЗ В СИЛУМИНАХ

Л.А. Казанцева¹, Н.А. Попова², М.П. Калашников³

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. И.А. Курзина¹

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

²Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

³Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск. Пр. Ленина, 34, 634050

E-mail: kazantseva2911@mail.ru

FEATURES STRUCTURAL-PHASE STATE SILICON CONTAINING PHASE IN SILUMINS

L.A. Kazantseva¹, N.A. Popova², M.P. Kalashnikov³

Scientific Supervisor: Prof., Dr. I.A. Kurzina¹

¹Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

²Tomsk State University of Architecture and Building, Russia, Tomsk, Solyanaya sq., 2, 634003

³Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kazantseva2911@mail.ru

Abstract. *The structural features of the formation of the silicon-containing particles of the alloy in the eutectic crystallization AK7ch. The crystallization of the alloys carried out throw adding of the mixture of ultrafine powders (TiO₂ and ZrO₂) and cryolite (Na₃AlF₆). It has been established that the introduction of a mixture of oxides promotes leads to uniform distribution of eutectic regions. The elemental composition of the ternary phases was established α -(Al₂FeSi) u β -(Al₃FeSi). The silicon particles have a spherical form and ternary phases have a laminar structure.*

Введение. Алюминиевые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, способностью сопротивляться динамическим нагрузкам и хорошей технологичностью. Среди алюминиевых сплавов важное место занимает силумин: алюминий-кремниевый (Al-Si) сплав. Силумины отличаются высокой технологичностью, обладают хорошими литейными свойствами [1]. Силумины не содержат дорогостоящих легирующих элементов и характеризуются широким диапазоном структурно-фазовых характеристик. Модифицирование силуминов является наиболее перспективным способом в повышении функциональных свойств конструкционных материалов. Актуальным направлением в области модифицирования является применение ультрадисперсных частиц различных химических составов [2, 3]. При таком модифицировании частицы порошка, благодаря малому размеру, хорошо усваиваются расплавом, равномерно распределяются по объему и в дальнейшем являются центрами кристаллизации [4]. Целью работы являлось изучение влияния модифицирующей смеси на основе ультрадисперсных порошков оксидов тугоплавких металлов и криолита на структурно-фазовое состояние эвтектической смеси сплава АК7ч формируемой при кристаллизации расплава.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования был сплав марки АК7ч (химический состав – по ГОСТ 1583-93). При модифицировании сплава АК7ч применяли модифицирующую смесь на основе ультрадисперсных порошков (УДП) оксидов тугоплавких металлов и криолита со средним размером частиц $d_{cp}=0,7$ мкм (следующего состава масс. %: 46,5 F; 14,3 O; 11,6 Na; 9,6 Al; 6,7 Zr; 5,8 Ti; 3,3 K; 2,2 Ca). Контрольным образцом служил немодифицированный (исходный) образец сплава АК7ч. Микроструктуру сплавов, локализацию фаз исследовали просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ, микроскоп «ЭМ-125» при ускоряющем напряжении 120 кВ, микроскоп «JEM-2100F» при ускоряющем напряжении 200 кВ. Для идентификации фазового состава областей на границе матричных зерен и в местах скопления эвтектической смеси был проведен ПЭМ анализ с приставкой «JEOL» для энергодисперсионного спектрального микроанализа.

Результаты. Ранее в работах [5-6] показаны результаты рентгенофазового анализа (РФА), из которых следует, что исходные отливки представляют собой твердый раствор α -Al, в котором содержатся фазы β -Si, α -(Al₂FeSi) и β -(Al₃FeSi). Результаты РФА подтверждаются исследованиями растровой электронной микроскопии (РЭМ), по данным которой фазы α -(Al₂FeSi) и β -(Al₃FeSi) хорошо просматриваются в режиме обратно рассеянных электронов (режим *BSE*, фазового контраста).

Железосодержащие трехкомпонентные интерметаллические фазы характеризуются преимущественно пластинчатой формой. Более подробные исследования микроструктуры сплава с помощью ПЭМ показали, наличие Fe-содержащих фаз, которые имеют пластинчатую (иглообразную) форму и выделяются во время кристаллизации эвтектики, их длина может достигать ~ 20 мкм (рис. 1,2). В ходе индиферирования микродифракционной картины был установлен локальный химический состав Fe-содержащей фазы и соответствует α -Al₂FeSi (рис. 1г.).

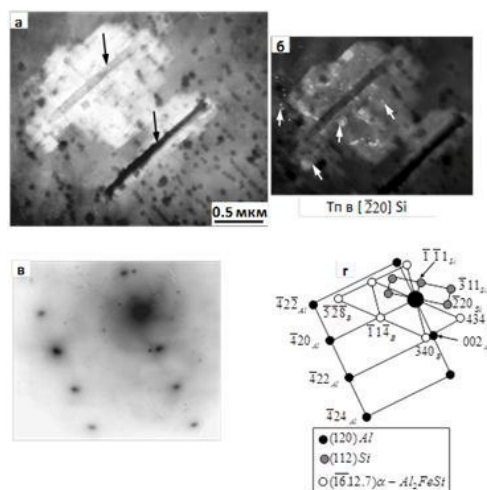


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение исходного состояния сплава АК7ч: Зерно Al: а – светлопольное изображение; б – темнопольное изображение, полученное в рефлексе $[-220]$ Si; в – микродифракционная картина участка (а); г – её индиферированная схема. Пластинчатые частицы α -Al₂FeSi отмечены на (а) черными стрелками, округлые частицы Si на (б) – белыми

При проведении локального энергодисперсионного спектрального микроанализа (рис.2) обнаружено, что в эвтектической области присутствуют фазы α (Al)-твердый раствор, Si, Fe-содержащие

фазы. Фаза β - Al_5FeSi имеет форму грубодисперсных столбчатых пластин и может входить в эвтектику (α (Al)+ Si+ β).

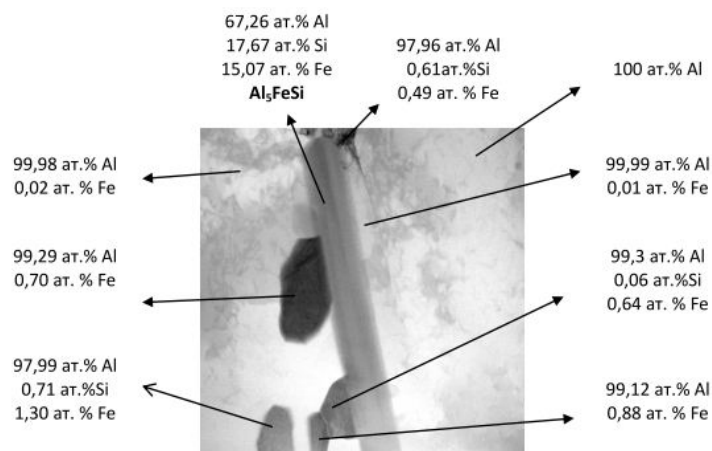


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение сплава АК7ч после введения 0,4 масс.% УДП. Представлен элементный состав локальных областей.

Заключение. ПЭМ была установлена микроструктура фаз выделяемых в эвтектической области. Кроме алюминиевой матрицы и Si в силумине присутствуют избыточные пластинчатые фазы, содержащие железо. Трехкомпонентные железосодержащие фазы имеют пластинчатую форму и соприкасаются с отдельными выделениями α -фазами Al. Фазы, содержащие железо α - Al_2FeSi , β - Al_5FeSi практически не изменяют свою морфологию в результате модифицирования. Выделения трехкомпонентных фаз вызывают сильные напряжения кристаллической решетки в алюминиевой матрице.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов.- М.: Металлургия, 1980. – 316 с.
2. Li Q., Xia T., Lan Y., Zhao W., Fan L., Li P. Effect of in situ γ - Al_2O_3 particles on the microstructure of hypereutectic Al–20% alloy // J. Alloys Compd. – 2013. – Vol. 577. – P. 232.
3. Molina C.M., Valdes A.F., Valdez R.M., Torres J.T., Rosales N.R., Estrada R.G. Modification of Al–Si alloys by metallothermic reduction using submerged SrO powders injection // Mater. Lett. – 2009. – Vol. 63. – P. 815.
4. Чернега Д.Ф., Могилатенко В.Г. Влияние дисперсных тугоплавких частиц в расплаве на кристаллизацию алюминия и силумина // Литейн. пр-во. – 2002. – № 12. – С. 6.
5. A.P. Zykova, L.A. Kazantseva, I.A. Kurzina, V.Kh. Dammer, A.V. Chumaevaski. Influence of the Modifying Ability of Various Compositions on the Microstructure and Properties of the AK7ch Alloy // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2015. – Vol. 56. – No. 6. – P. 593–598.
6. A.P. Zykova, L.A. Kazantseva, I.A. Kurzina. The effect of ultrafine powders on the structural formation processes and mechanical properties of Al–7%Si alloy // AIP Conference Proceedings. – 2016. – P. 3–7.