

**ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА K_2ZrF_6 НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА
МАРКИ АК7ч**

Л.А. Казанцева¹, М.П. Калашников²

Научный руководитель: доцент, д.ф.-м.н. И.А. Курзина

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет,

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

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: kazantseva2911@mail.ru

**EFFECT OF THE K_2ZrF_6 MADIFIER ON THE PHASE COMPOSITION OF ALUMINUM ALLOY
GRADE AK7ch**

L.A. Kazantseva¹, M.P. Kalashnikov²

Scientific Supervisor: Ph.D., Dr. I.A. Kurzina

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

²National research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kazantseva2911@mail.ru

Abstract. *The result of aluminum alloy modification by the industrial modifier K_2ZrF_6 are present. The study of an alloy phase composition was carried out by modern methods of materials science. It was determined that the treatment of the alloy with the K_2ZrF_6 modifier in an amount of 0.2 wt.% based on the weight of the melt makes it possible to grind simultaneously the dendrites Al and eutectic (Al + Si).*

Введение. Алюминиевые сплавы нашли широкое применение во многих отраслях промышленности, благодаря низкой плотности, хорошей литейной способности и коррозионной стойкости. Поэтому, последнее время возрастает интерес исследователей к сплавам на основе Al-Si (силумины). Система Al-Si служит основой для большинства современных алюминиевых литейных сплавов. Тем не менее, их широкое использование в промышленности часто ограничено из-за присутствия в сплавах крупнокристаллических структур, состоящих из Al-твёрдого раствора и эвтектических фаз (мелкодисперсная смесь Al и Si). Известно, что структура формируемого сплава обуславливает прочностные характеристики и пластичность силуминов. При этом особое влияние на эксплуатационные характеристики оказывает морфология кристаллов кремния, формируемого при эвтектической и вторичной кристаллизации расплавов. В работах [1-7] показано, что при использовании модифицирующих смесей наблюдается измельчение дендритов Al, более равномерное их распределение, измельчение и изменение морфологии кристаллов Si в эвтектической смеси, что, в свою очередь, способствует улучшению механических свойств.

Экспериментальная часть. В работе исследовался алюминиевый сплав марки АК7ч (химический состав по ГОСТ 1583-93 [8]) в 2-х состояниях: 1) без добавления модифицирующей смеси (МС); 2) после введения МС, в количестве 0.2 масс.%. В качестве МС использовали промышленный модификатор K_2ZrF_6 . Плавку проводили в печах САТ-0,25 в стальных тиглях по принятой на предприятии технологии [9]. После

выдержки расплав отливали в кокиль. Современными методами материаловедения (рентгенофазовый анализ (РФА), «Shimadzu XRD6000»), оптическая микроскопия (ОМ) «Микроскоп Altami MET-1 C», сканирующая микроскопия (РЭМ) «Vega II LMU» с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (РЭДМА) «INCA Energy 350» и просвечивающая электронная дифракционная микроскопия (ПЭМ) «JEM-2100F») при ускоряющем напряжении 200 кВ с приставкой «JEOL» для энергодисперсионного спектрального микроанализа) выполнены исследования фазового состава сплава.

Результаты. Микроструктура исходного сплава АК7ч состоит из слабоветвленных дендритов Al, расположенной в междендритных пространствах грубодифференцированной эвтектики (Al + Si), и фаз α -Al₂FeSi, β -Al₅FeSi (рис.1 а). Обработка сплава АК7ч модификатором K₂ZrF₆ в количестве 0.2 масс.% от массы расплава при литье в стальной кокиль позволяет измельчить размер дендритов Al и эвтектику (Al + Si) (рис.1 б).

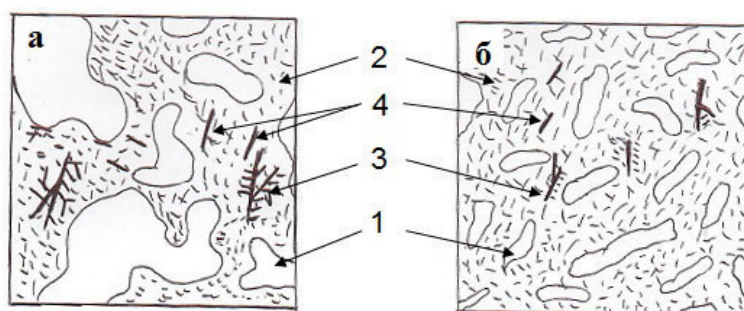


Рис.1. Схема фазового состава сплава АК7ч: а – исходный сплав; б – после введения 0.2 масс.% K₂ZrF₆. Цифрами указаны фазы: 1 – дендриты Al, 2 – эвтектика (Al + Si), 3 – α -Al₂FeSi, 4 – β -Al₅FeSi

На рисунке 2 а, представлены результаты исследования методом ПЭМ образца исходного сплава (без введения модификатора). В образце присутствуют матричные зерна алюминия и включения кремния и железосодержащих фаз.

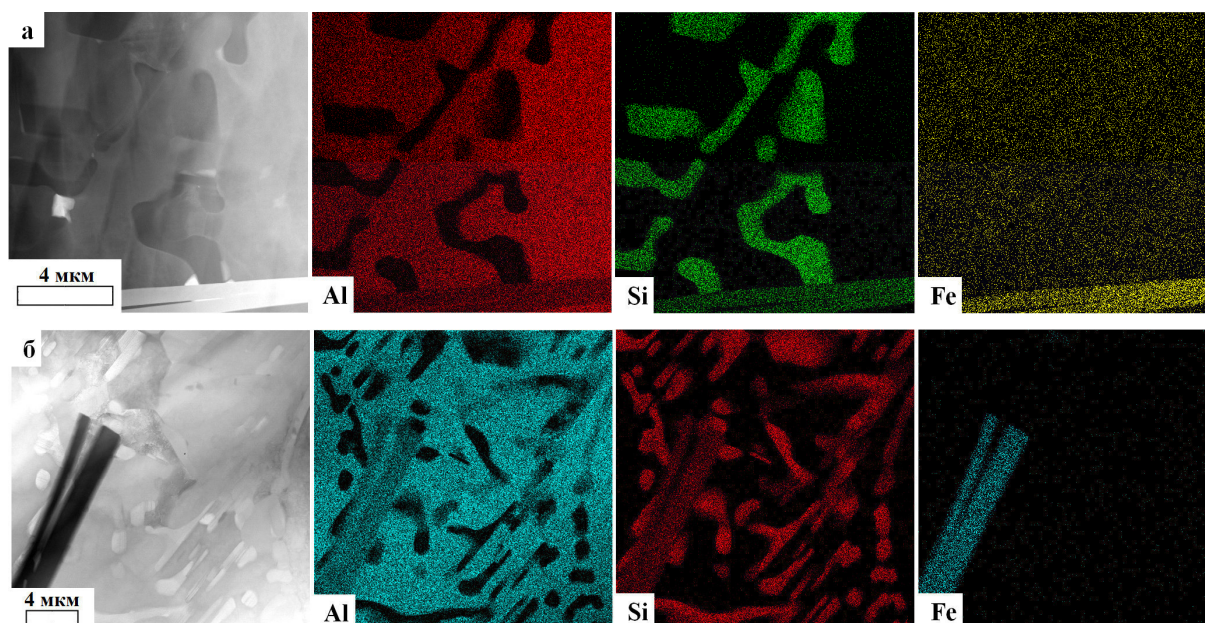


Рис.2. Светлопольное изображение и карта распределения элементов: а – исходный сплав АК7ч; б – сплав АК7ч после введения 0.2 масс.% K₂ZrF₆.

Установлено, что обработка сплава АК7ч модификатором K_2ZrF_6 в количестве 0.2 масс.% от массы расплава позволяет измельчить включения кремния (рис.2 б).

В таблице 1 представлено количественное содержание основных элементов сплава.

Таблица 1

Количественное содержание элементов

Образец	Химические элементы, масс.%		
	Al	Si	Fe
Исходный сплав АК7ч	73.47	13.83	12.70
Сплав АК7ч + K_2ZrF_6	78.02	18.57	3.41

Как следует из таблицы 1, введение модификатора приводит к уменьшению содержания железа в сплаве. Это соответствует уменьшению объемной доли железосодержащих фаз в сплаве, что приведет к увеличению механических свойств (прочности) сплава.

Закключение. В результате проведенных исследований определена возможность применения K_2ZrF_6 в качестве модификатора основных фазовых составляющих структуры алюминиево-кремниевое сплава. Установлено, что обработка таким модификатором в количестве 0.2 масс.% от веса расплава позволяет одновременно измельчить дендриты Al и эвтектику (Al + Si).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li, Q., Xia, T., Lan, Y., Zhao, W., Fan, L., Li, P. Effect of in situ $\gamma-Al_2O_3$ particles on the microstructure of hypereutectic Al-20%Si alloy // Journal of alloys and compounds. – 2013. – Vol. 577. P. 232–236
2. El-Mahallawi I.S., Shash A.V., Amer A.E. Nanoreinforced cast Al-Si alloys with Al_2O_3 , TiO_2 and ZrO_2 nanoparticles // Metals. – 2015. – Vol. 5. N. 2. P. 802–821.
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 // Materials Letters. – 2009. Vol. 63. Iss. 9–10. – P. 815–818.
4. Wang K., Jiang H.Y., Jia Y.W., Zhou H., Wang Q.D., Ye B., Ding W.J.. Nanoparticle-inhibited growth of primary aluminum in Al-10Si alloys // Acta Materialia. – 2016. – № 103. – P. 252–263.
5. Nowak M., Bolzoni L., Hari Babu N. The effect of Nb-B inoculation on binary hypereutectic and near-eutectic LM13 Al-Si cast alloys // Journal of alloys and compounds. – 2015. – Vol. 641. – P. 22–29.
6. Mohanty P.S., Gruzlesk J.E. Mechanism of grain refinement in aluminium // Acta metallurgica et Materialia. – 1995. – Vol. 43. – Iss. 5. – P. 2001–2012.
7. Петров И.А., Ряховский А.П., Моисеев В.С., Бобрышев Б.Л., Шляпцева А.Д. Перспективы использования углеродсодержащего материала для обработки силуминов // Литейщик России. – 2016. – № 1. – С. 28–32.
8. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2003.
9. Технологическая инструкция. Приготовление и разливка сплава АК7ч. Томск: ОАО «НПЦ «Полус», 2013.