

**ВЛИЯНИЕ ФЛЮСОВ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА СИЛУМИНА АК7ч. Часть 1**

Л.А. Казанцева¹, А.П. Зыкова²

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

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: zykovaap@mail.ru

**INFLUENCE FLUXES WITH DIFFERENT COMPOSITION ON THE STRUCTURE AND
MECHANICAL PROPERTIES OF Al-7%Si SILUMIN. Part 1**

L.A. Kazantseva¹, A.P. Zyкова²

Scientific Supervisor: Dr. I.A. Kurzina¹

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

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

E-mail: zykovaap@mail.ru

Abstract. *The paper presents the results of experimental studies AK7ch alloy before and after modification by industrial modifier K_2ZrF_6 and foreign flux. It was shown that the modification AK7ch alloy leads to a uniform distribution and reduction of the structural components, grinding and changing of the shape of Fe-containing phases. It is shown that all modified samples are characterized by an increase in mechanical properties.*

Особый интерес представляют сплавы системы Al-Si (силумины), которые характеризуются хорошими литейными, а также технологическими и механическими свойствами. В настоящее время металлургическому модифицированию Al-Si-сплавов, в частности АК7ч, посвящено много работ [1–6]. Представлены экспериментальные данные по модифицированию силуминов составами различных солей, стронцием, серой, фосфором, никелем и т.д. В производственных условиях машиностроительных предприятий в основном применяют флюсы на основе солей натрия, калия и K_2ZrF_6 , которые обеспечивают одновременное рафинирование и модифицирование расплава, вызывая сильное измельчение зерна [2]. Зачастую литейные цеха используют зарубежные флюсы, стоимость которых значительно превышает российские аналоги. Поэтому целью работы являлось изучение влияния промышленного K_2ZrF_6 и зарубежного флюса «Arsal 2120» на структурно-фазовое состояние и механические характеристики сплава АК7ч.

При модифицировании сплава АК7ч применяли модифицирующие смеси различного химического состава: 1) промышленный флюс состава K_2ZrF_6 (образец А-2); 2) зарубежный флюс «Arsal 2120» состава, масс. %: 20,9 О; 20,2 Cl; 19,8 F; 18,8 Na; 14,4 K; 2,9 S; 2,3 Si; 0,4 Mg; 0,1 Al; 0,1 Ca; 0,03 Cr; 0,04 Br; 0,02 Fe; 0,01 P (образец А-3). Контрольным образцом служил исходный сплав АК7ч (образец А-1). Для изучения структурно-фазового состава Al-Si-образцов использовали растровый электронный

микроскоп «Vega II LMU», совмещенный с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (РЭДМА) «INCA Energy 350». Механические испытания на растяжение осуществляли на разрывной машине УММ-5.

В структуре исходного АК7ч обнаружены ярко выраженные скопления эвтектики (α -Al+ β -Si) и разнотернистость дендритов α -Al, которая лежит в пределах ~ 13 – 93 мкм (рис. 1 а). Средний размер дендритов α -Al составляет ~ 31 мкм, кристаллов Si – $12,5$ мкм (рис. 1 в). Фаза α -(AlFeSi) кристаллизуется в виде тонких прожилок скелетообразной формы с размером отдельных элементов ~ 15 мкм, а фаза β -(Al₅FeSi) имеет форму грубодисперсных пластин длиной ~ 70 мкм (рис. 1 б). При проведении локального РЭДМА было также установлено, что в твердом растворе α -Al в небольших количествах присутствуют Si, Cu и Zn, а в фазах α -(AlFeSi) и β -(Al₅FeSi) – примеси Ni, Zn, Cu, Mg и Mn.

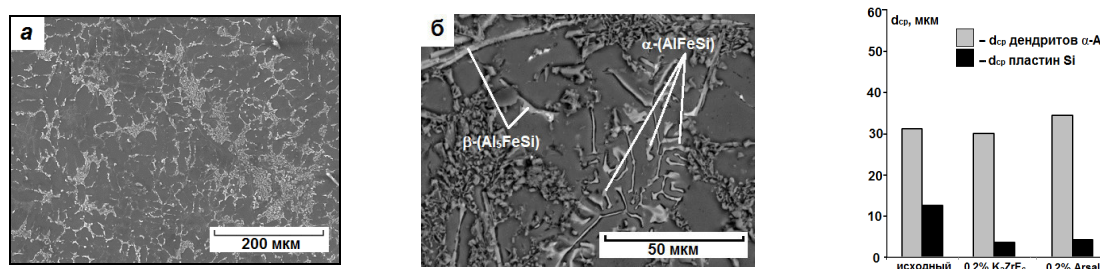


Рис. 1. Микроструктура исходного сплава АК7ч

Введение в расплав АК7ч промышленного флюса K₂ZrF₆ оказывает существенное влияние на формирование структуры исследуемых образцов (рис. 2 а, б): наблюдаются отсутствие скоплений эвтектики (α -Al+ β -Si) и сокращение диапазона размеров кристаллов Si в 2 раза (~ 11 – 40 мкм). Средний размер кристаллов Si в образце А-2 уменьшился более чем в 3 раза и составил $\sim 3,6$ мкм (рис. 1 в). Изменился и характер распределения и формирования фаз α -(AlFeSi) и β -(Al₅FeSi). По данным РЭМ, в режиме фазового контраста видно, что Fe-содержащие фазы присутствуют, что также подтверждается спектрами РЭДМА. Однако установить тип фазы не представляется возможным, и требуются дополнительные исследования. Размер Fe-содержащих фаз уменьшился и составил ~ 23 мкм. Также установлено, что в Fe-содержащих фазах присутствуют примеси Ni, F, Mg, Mn и C.

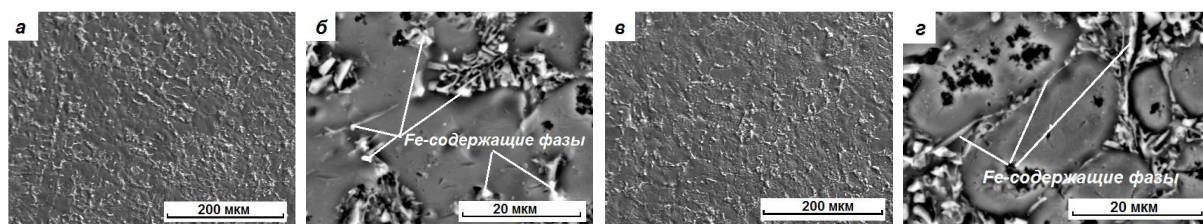


Рис. 2. Микроструктура сплава АК7ч с модификаторами: а, б – 0,2 % K₂ZrF₆; в, г – 0,2 % флюс «Arsal 2120»

При модифицировании сплава АК7ч зарубежным флюсом «Arsal 2120» («Schafer», Германия) в количестве 0,2 мас.% также наблюдаются значительное измельчение кристаллов Si, изменение формы и размера Fe-содержащих фаз (рис. 2 в, г). Распределение размеров Si лежит в пределах ~ 1 – 20 мкм, что существенно ниже по сравнению с другими образцами, при этом $d_{cp} \sim 4$ мкм (рис. 1 в). Размер дендритов

α -Al составляет ~ 35 мкм, что сравнимо с другими образцами (рис. 1 в). Fe-содержащие фазы α -(AlFeSi) и β -(Al₃FeSi), так же как и в других модифицированных образцах, формируются в виде пластин различной длины, средний размер составляет ~ 26 мкм. По данным РЭМ, как и в предыдущем случае, установить тип Fe-содержащих фаз не представлялось возможным. Анализ спектров РЭДМА показывает, что в Fe-содержащих фазах присутствуют Mn, Mg и, в некоторых случаях C.

Известно, что силумины с грубоигольчатой эвтектикой вследствие большой хрупкости кремния и наличия Fe-содержащих фаз характеризуются невысокими механическими свойствами. В таблице 1 приведены результаты исследований механических свойств отливок, полученных при модифицировании сплава АК7ч различными МС, а также данные согласно ГОСТ 1583-93. Для образца А-2 наблюдается увеличение временного сопротивления разрыву и повышение пластичности в 2,5 раза по сравнению с исходным образцом. Введение в расплав силумина 0,2 мас. % зарубежного флюса «Arsal 2120» приводит к снижению σ_b и повышению δ , что по-видимому связано с увеличением размеров дендритов α -Al и уменьшением размеров кристаллов Si и Fe-содержащих фаз.

Таблица 1

Механические свойства исходного сплава АК7ч и после введения флюсов

Образец	Состояние сплава АК7ч	Временное сопротивление разрыву σ_b , кгс/мм ²	Относительное удлинение δ , %	Твердость, НВ
А-1	Исходный	20,6	1,3	73
А-2	0,2 мас. % K ₂ ZrF ₆	22,0	3,7	69
А-3	0,2 мас. % Arsal 2120	18,5	2,5	48

Таким образом, исследовано влияние промышленного и зарубежного флюсов на структурно-фазовое состояние сплава АК7ч. Установлено, что после модифицирования у всех образцов наблюдаются отсутствие скоплений эвтектики (α -Al+ β -Si) и равномерное распределение размеров дендритов α -Al. Также отмечается уменьшение размеров кристаллов Si, содержания и размеров Fe-содержащих фаз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доценко Ю.В., Селиверстов В.Ю. Влияние комплексной технологии на свойства отливок из сплава АК7ч с повышенным содержанием железа // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. Прикладная физика и материаловедение. – 2011. – Т. 54. – № 6/5. – С. 45–48.
2. Деев В.Б., Пономарева К.В., Прохоренко А.В., Алхимов В.Н., Махина О.В. Эффективные способы модифицирования структуры литейных сплавов // Сборник научных трудов РАЕН. – 2013. – Т. 31. – С. 44–48.
3. Семенихин Б.А., Петридис А.В., Куприянова И.Ю. Возможность использования комплексного модификатора длительного действия на основе нанопорошков для повышения качества отливок из алюминиевых сплавов // Сборник научных трудов КГТУ. – 2011. – С. 35–39.
4. Чернега Д.Ф., Могилатенко В.Г. Влияние дисперсных тугоплавких частиц в расплаве на кристаллизацию алюминия и силумина // Литейное производство. – 2002. – № 12. – С. 6–8.
5. Li Q., Xia T., Lan Y., Zhao W., Fan L., Li P. Effect of in situ γ -Al₂O₃ particles on the microstructure of hypereutectic Al–20% alloy // Alloys Compounds. – 2013. – Vol. 562. – P. 25–32.
6. Molina C.M., Valdes A.F., Valdez R.M. et al. Modification of Al–Si alloys by metallurgical reduction using submerged SrO powders injection // Materials Letters. – 2009. – Vol. 63. – P. 815–818.