

М.В. Попова, Н.В. Кибко

Сибирский государственный индустриальный университет

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ И ТЕПЛОВОГО РАСШИРЕНИЯ СИЛУМИНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ В НИХ КРЕМНИЯ

Благоприятное сочетание литейных, механических и ряда эксплуатационных свойств позволяет применять силумины в машино-, авиа- и приборостроении. Свойства сплавов Al – Si зависят от их микроструктуры, которая определяется химическим составом, условиями плавки (в том числе обработки шихты и расплава), кристаллизации и термической обработки.

Актуальной проблемой для промышленности остается разработка легких сплавов с низким температурным коэффициентом линейного расширения (α). Как известно [1 – 7], основным легирующим элементом, который оказывает значительное влияние на снижение удельного веса сплавов Al – Si и коэффициент α , является кремний.

Целью работы являлась качественная оценка формы структурных составляющих и оценка количественных параметров микроструктуры силуминов с различным содержанием кремния (размеров выделений первичного и эвтектического кремния, дендритов α -твердого раствора).

В работе проведено исследование влияния содержания кремния на температурный коэффициент линейного расширения силуминов.

В расплав алюминия вводили кристаллический кремний в количестве 3, 5, 7, 11 и 15 %.

Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе OLYMPUS GX51 с программным обеспечением компании СИАМС, диапазон увеличения 100 – 1000. Для определения температурного коэффициента линейного расширения использовали дилатометр Шевенара.

Металлографический анализ позволил установить, что структура силумина, содержащего 3 % кремния, представляет собой дендриты размером 62 – 415 мкм α -твердого раствора, между которыми располагается мелкодисперсная эвтектика с частицами эвтектического кремния размером 0,5 – 2,4 мкм (рис. 1, а). Наблюдаются поры небольшого (13,4 – 124,0 мкм) размера.

Повышение содержания кремния в силумине до 5 % способствует росту дендритов α -твердого

раствора до 120 – 1433 мкм и устранению пористости (рис. 1, б).

При легировании сплава кремнием в количестве 7 % наблюдаются диспергирование дендритов α -твердого раствора до 77 – 549 мкм, увеличение частиц эвтектического кремния в незначительной степени (до 0,5 – 4,0 мкм) и повышение объемной доли эвтектики по сравнению с силумином, содержащим 5 % кремния (рис. 1, в). Введение в расплав алюминия 7 % кремния вызывает порообразование в силумине; размер пор гораздо больше (42 – 393 мкм), чем при легировании кремнием в количестве 3 %.

Повышение содержания кремния до эвтектического и заэвтектического составов способствует еще большему увеличению объемной доли эвтектики.

При легировании алюминия кремнием в количестве 11 % наблюдаются диспергирование эвтектического кремния (0,3 мкм), рост дендритов α -твердого раствора до 86 – 865 мкм при уменьшении их объемной доли и увеличение размера пор до 200 – 428 мкм (рис. 1, г). Повышение содержания кремния с эвтектического до заэвтектического состава способствует появлению в структуре первичных кристаллов кремнистой фазы в местах скопления дендритов α -твердого раствора и участков слабо модифицированной эвтектики, а также устранению пористости (рис. 1, д, е).

Изменение количества кремния, содержащегося в силуминах, оказывает влияние на величину и характер изменения температурного коэффициента линейного расширения (рис. 2).

Введение в алюминий 3 и 5 % кремния способствует возникновению аномалии теплового расширения в интервале температур испытания 250 – 350 °С. Увеличение содержания кремния до 7 – 15 % устраняет аномалию и уменьшает значение α в интервале температур испытания 50 – 450 °С. Наименьшие значения температурного коэффициента линейного расширения ($\alpha_{50-250\text{ °С}} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$) наблюдаются у силуминов с наибольшим (15 %) содержанием кремния.

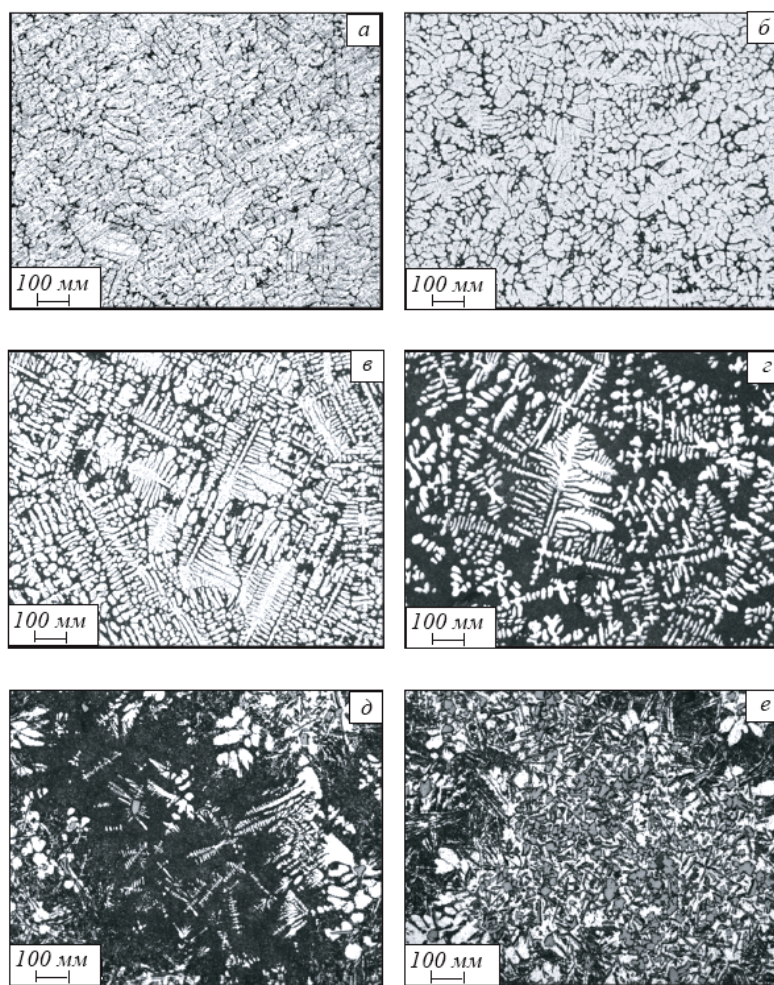


Рис. 1. Микроструктура силуминов с содержанием кремния 3 % (а), 5 % (б), 7 % (в), 11 % (г), 15 % (д, е)

Выводы. Повышение содержания кремния в силуминах способствует уменьшению объемной доли твердого раствора и размера дендритных ветвей, а также увеличению объемной доли эвтектики дисперсного строения. При изменении содержания кремния с 3 до 15 % уменьшается средний размер частиц эвтектического кремния с 0,5 – 2,4 до 0,2 – 1,9 мкм.

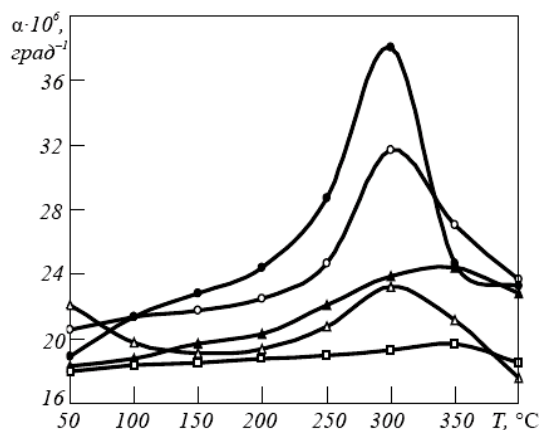


Рис. 2. Влияние содержания кремния на температурный коэффициент линейного расширения силуминов:
○ – 3 %; ● – 5 %; △ – 7 %; ▲ – 11 %; □ – 15 %

Максимальная степень диспергирования кремния в составе эвтектики до 0,3 мкм наблюдается у сплава Al – 11 % Si. При содержании кремния 15 % в структуре сплава присутствуют частицы кремнистой фазы. Между численными характеристиками параметров микроструктуры и величиной температурного коэффициента линейного расширения существует корреляция: общее снижение значений α связано с уменьшением размеров структурных составляющих. Повышение содержания кремния в сплаве до 7 % и более устраняет аномалию теплового расширения и способствует снижению α в интервале температур испытания 50 – 450 °C. Наименьшие значения температурного коэффициента линейного расширения наблюдаются у сплава Al – 15 % Si ($\alpha_{50-250\text{ °C}} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$), что существенно ниже значений α сплава Al – 3 % Si ($\alpha_{50-250\text{ °C}} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием. – М.: Металлургия, 1977. – 272 с.

2. Белов Н.А., Савченко С.В., Хван А.В. Фазовый состав и структура силуминов. – М.: МИСИС, 2008. – 282 с.
3. Золоторевский В.С., Белов Н.А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. – М.: МИСИС, 2005. – 376 с.
4. Водород и свойства сплавов алюминия с кремнием / В.К. Афанасьев, И.Н. Афанасьева, М.В. Попова и др. – Абакан: Хакасское кн. изд-во, 1998. – 192 с.
5. Афанасьев В.К., Горшенин А.В., Старостина М.А. Особенности влияния малых добавок кремния на линейное расширение алюминия // Изв. вуз. Черная металлургия. 2010. № 6. С. 88, 89.
6. Афанасьев В.К., Горшенин А.В., Старостина М.А. Об аномалиях линейного расширения алюминия марки А7 // Изв. вуз. Черная металлургия. 2010. № 8. С. 53, 54.
7. Попова М.В., Кривичева Н.В., Копытько А.А. Влияние малых добавок легкоплавких элементов на коэффициент линейного расширения алюминия // Изв. вуз. Черная металлургия. 2009. № 8. С. 27, 28.

© 2013 г. М.В. Попова, Н.В. Кибко
Поступила 19 сентября 2013 г.

УДК 669.162.142

А.А. Одинцов¹, В.А. Долинский²

¹ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат

²Сибирский государственный индустриальный университет

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОФИЛАКТИРОВАННОГО ИЗВЕШЬЮ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА В АГЛОМЕРАЦИИ*

Проблема обеспечения железорудным сырьем для аглофабрики ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» существует с момента пуска агломашинов в 1967 – 1971 гг. По проекту основным поставщиком железорудного сырья для аглопроизводства «ЕВРАЗ ЗСМК» был Коршуновский ГОК. Однако в период снижения объема производства горно-металлургическим комплексом России в 1990-х гг. и сменой собственника на Коршуновском ГОКе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» было вынуждено приобретать железорудное сырье у ряда ГОКов России (Кузнецкого, Михайловского, Стойленского, Оленегорского, КМАруда, Лебединского, Высокогорского, Бакальского), а также Казахстана (Лисаковского, Соколовско-сарбайского).

В условиях финансово-экономического кризиса 2008 – 2010 гг. возросла актуальность сокращения издержек, существенную долю которых на металлургических предприятиях составляют затраты на сырье. Использование местного железорудного сырья (ОАО «Евраз-руда») для ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» создало

предпосылки для достижения синергетического эффекта предприятий ЕВАЗА.

Сокращение, а затем и ликвидация доменного производства на ОАО «НКМК» в 2007 – 2009 гг. привело к перепрофилированию Абагурского филиала с обогатительно-агломерационного в обогатительное и соответствующему увеличению поставок на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» железорудного концентрата. Для отгрузки абагурского концентрата в зимний период времени в 2003 г. была проведена реконструкция аглоучастка № 2 с установкой сушильного барабана (проектная производительность 408 тыс. т/год). Однако в зимний период времени мощности сушильного барабана не позволяли перерабатывать весь влажный концентрат. Для решения проблемы транспортировки влажного концентрата в зимний период времени (2007 – 2008 гг.) было решено профилировать его от смерзаемости раствором хлористого кальция (CaCl₂).

Ввиду повышенной влажности материала разгрузка и транспортировка профилированного концентрата на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» приводила к дестабилизации работы подающих конвейеров, забивке течек и т.п. На агло-

* В работе принимали участие А.И. Шенцов, Н.Г. Дячок, А.Д. Шарига, В.К. Николаев.