

УДК 669.018.2-034.715

М. С. Симонова*, Д. В. Ковалев

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

*degmarcer@mai.ru

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук Т. А. Орелкина.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И ЖИДКОТЕКУЧЕСТЬ СПЛАВА АК12

Исследовано влияние содержания стронция на структуру и жидкотекучесть высокотехнологичного сплава АК12. Методом термического анализа определены температуры ликвидуса и солидуса сплава, модифицированного стронцием. Определена жидкотекучесть сплава АК12.

Ключевые слова: алюминиевый литейный сплав, силумин, модифицирование, жидкотекучесть, структура.

M. S. Simonova, D. V. Kovalev

STUDY OF MODIFYING THE STRUCTURE AND FLUIDITY OF ALLOY AK12

The influence of the content of strontium on the structure and fluidity of high-tech alloy AK12. By thermal analysis, the temperature of the liquidus and solidus of the alloy modified with strontium. Determined the fluidity of the alloy AK12.

Keywords: aluminum foundry alloy, silumin, modification, fluidity, structure.

Автомобильные диски колес изготавливают методом литья под низким давлением из силуминов, что обусловлено их высокими литейными свойствами. Лучшими литейными свойствами обладают безмедистые силумины с узким интервалом кристаллизации. Значение литейных свойств тем выше, чем ближе состав сплава к эвтектическому.

Сплав АК12 обладает важными свойствами, которые не удается достичь в других более прочных сплавах: высокой жидкотекучестью и свариваемостью. Сплав имеет малую усадку при литье и пониженную склонность к образованию усадочных трещин [1,2].

Жидкотекучесть является технологическим свойством, которое зависит от методики и условий проведения экспериментов, от температуры литья и формы, металлостатического напора и состава сплава. Все эти факторы влияют на жидкотекучесть через физические свойства расплава и формирующуюся в процессе затвердевания структуру [3].

Модифицирование силуминов сдвигает эвтектическую точку в область более высокой концентрации кремния, изменяя интервал кристаллизации сплава, в связи с чем модифицированный сплав АК12 по структуре является доэвтектическим сплавом. В связи с этим в работе ставилась задача исследовать влияние содержания модификаторов на структуру и жидкотекучесть сплава АК12 [3].

Объектом исследования в работе был выбран сплав АК12, который для изменения эвтектического строения кремния модифицировали стронцием в количестве 0,003; 0,009; 0,016 и 0,019 мас. %.

Приготовление расплава осуществляли в следующей последовательности: расплавление алюминия А8, введение в расплав кремния Кр00, далее губчатого титана ТГ90. Для модифицирования силуминов на последнем этапе приготовления расплава вводили лигатуру AlTi5B1 и AlSr10. Лигатуру AlTi5B1 использовали для измельчения дендритов алюминиевого твердого раствора. Предварительно был произведен расчет шихты исследуемого сплава.

Жидкотекучесть сплавов определяли по спиральной пробе в соответствии с ГОСТ 16438-70. Изучение микроструктуры сплава АК12 в литом состоянии проводили на образцах, вырезанных из спирального прутка.

Был выполнен термогравиметрический анализ сплава АК12 с использованием дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). На ДСК-кривых нагрева и охлаждения исходного немодифицированного образца сплава АК12 фиксируется ярко выраженный пик, соответствующий плавлению, при нагреве, кристаллизации, при охлаждении, эвтектике (α +Si); температура эвтектического превращения соответствует 574 °С (рис. 1, а). По данным работ [4] температура кристаллизации эвтектики в сплаве АК12 составляет 577 °С, следовательно, в исследуемом сплаве она несколько ниже, по сравнению с литературными источниками.

На термограммах сплава АК12, модифицированного стронцием в количестве 0,009 мас. %, регистрируется второй пик, который более выражен на кривой охлаждения и соответствует кристаллизации α -твердого раствора (рис.1, б). Интенсивность второго пика существенно ниже первого, что связано с затвердеванием небольшого количества α -твердого раствора перед эвтектической кристаллизацией. Температура ликвидуса сплава АК12–0,009 % Sr соответствует 577 °С, температура солидуса – 574 °С, интервал кристаллизации составляет 4 °С.

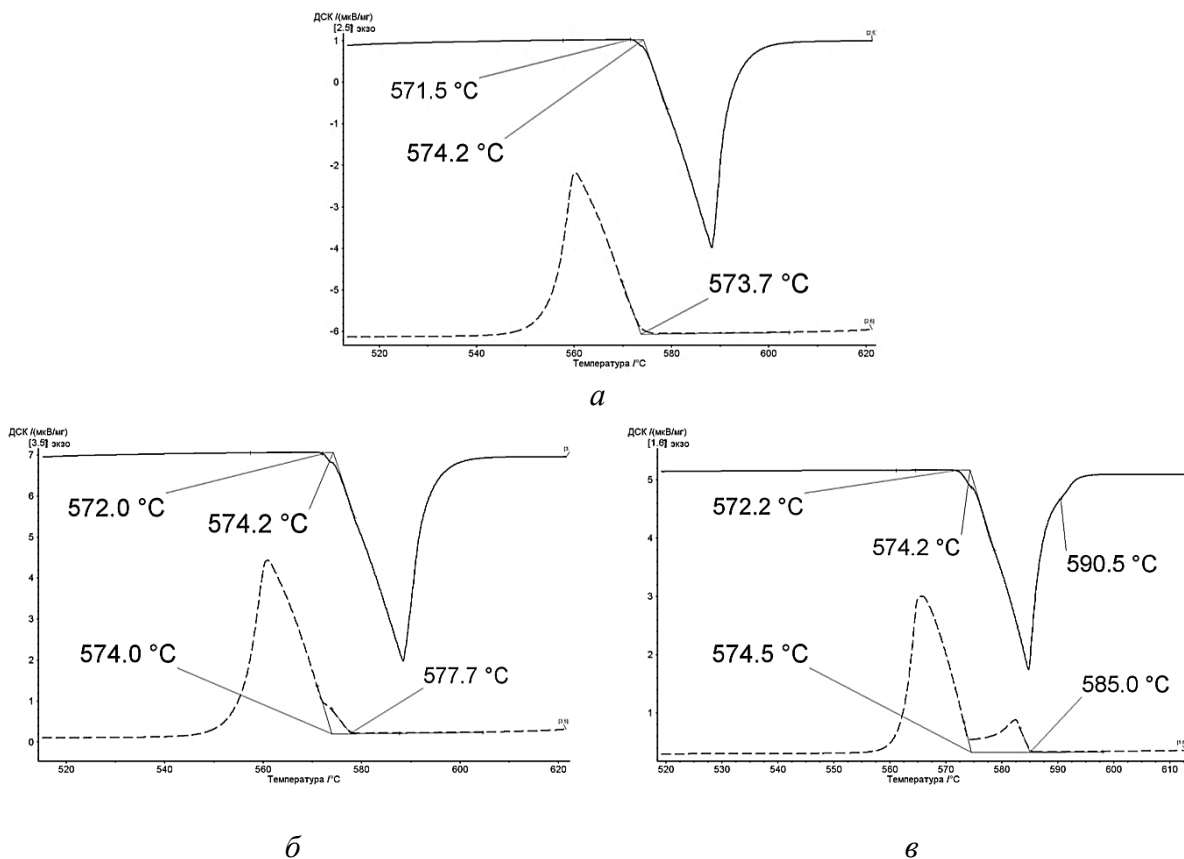


Рис. 1. Термограммы сплава АК12 (нагрев – сплошная линия, охлаждение – пунктирная линия): *а* – без Sr; *б* – 0,009 % Sr; *в* – 0,016 % Sr

Увеличение концентрации стронция в сплаве АК12 до 0,016 мас. % приводит к появлению на ДСК-кривых нагрева и охлаждения двух последовательных эндотермических и экзотермических пиков, соответствующих плавлению или кристаллизации эвтектики (α +Si) и первичных кристаллов α -твердого раствора. Температура ликвидуса сплава АК12 – 0,016 % Sr соответствует 585 °С, температура солидуса – 574 °С. По результатам данных с увеличением содержания стронция увеличивается температурный интервал кристаллизации и в этом сплаве составляет 12 °С.

Анализ термограмм нагрева и охлаждения показал, что температура солидуса модифицированного и немодифицированного сплава АК12 составляет 574 °С, а температура ликвидуса повышается, с увеличением содержания стронция.

Значения жидкотекучести сплава АК12 немодифицированного и модифицированного стронцием определяли по спиральной пробе, результаты эксперимента приведены в табл.1.

Значения жидкотекучести сплава АК12 с различным содержанием стронция

Сплав	Концентрация стронция, мас.%	Жидкотекучесть, мм
AlSi11+AlTiB	-	590
AlSi11+AlTiB+AlSr	0,003	610
AlSi11+AlTiB+AlSr	0,009	350
AlSi11+AlTiB+AlSr	0,016	380
AlSi11+AlTiB+AlSr	0,019	265

По данным таблицы жидкотекучесть исследуемых сплавов неоднозначно связана с составом сплава, что объясняется влиянием не только интервала кристаллизации, но и условий приготовления расплава на это свойство. Также показано, что при модифицировании стронцием происходит уменьшение жидкотекучести силумина.

Модифицирование силуминов стронцием влияет на повышение температуры ликвидуса и, следовательно, на микроструктуру. В работе изучали микроструктуру литейных проб силумина АК12, модифицированного стронцием, который относится к эффективным модификаторам эвтектических кристаллов кремния.

Структура немодифицированного сплава АК12 в литом состоянии состоит из аномальной эвтектики (α +Si), в которой кремний имеет пластинчатую форму (рис 2, а). Для повышения уровня прочностных и пластических свойств отливок сплав модифицируют. Измельчение размера зерна α -твердого раствора происходит при введении в расплав модификатора в виде лигатуры Al–5Ti–1B, а изменение формы и размеров эвтектики – при введении модификатора в виде лигатуры Al–10Sr. Добавки стронция в сплав АК12 вызывают сильное измельчение и сфероидизацию кристаллов кремния в эвтектике (рис. 2, б).

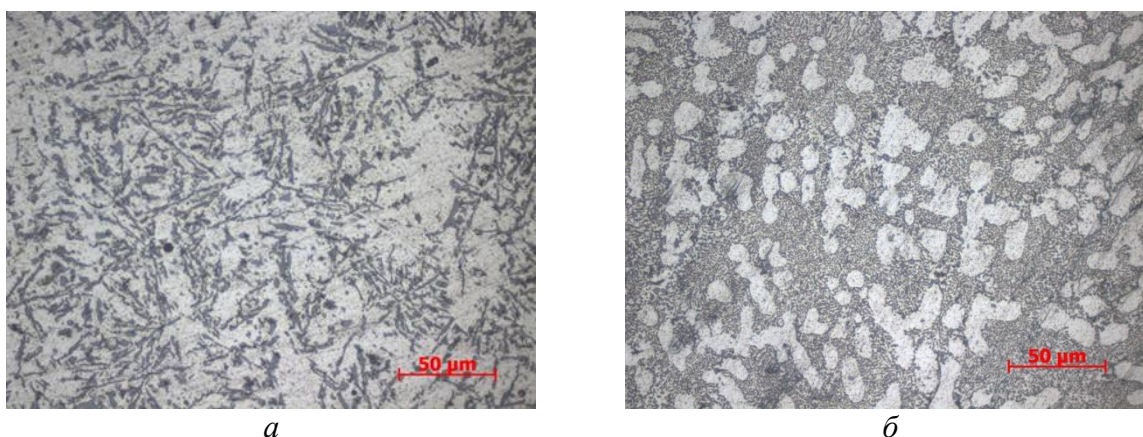


Рис. 2. Структура сплава АК12 в литом состоянии:
а – немодифицированного; б – модифицированного стронцием 0,016 %

В модифицированном сплаве, кристаллизующемся в более широком интервале температур, образуются дендритные разветвленные кристаллы

α -твердого раствора, которые быстро перекрывают сечение канала на ранних стадиях затвердевания, и жидкотекучесть пробы сплава АК12, модифицированного стронцием, снижается.

По результатам работы можно сделать выводы:

1. Метод термического анализа показал, что модифицирование сплава АК12 малыми добавками стронция несколько увеличивает температурный интервал кристаллизации.

2. Эксперименты, проведенные в лабораторных условиях, показали, что модифицирование сплава АК12 стронцием понижает жидкотекучесть спиральной пробы.

3. Микроскопические исследования структуры модифицированных силуминов подтвердили результаты термического анализа. В структуре сплавов со стронцием присутствуют первичные кристаллы твердого раствора и эвтектика, содержащая кристаллы кремния глобулярной и тонкопластинчатой формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров А. М. Промышленные сплавы цветных металлов. Фазовый состав и структурные составляющие. М.: Металлургия, 1980. 256 с.
2. Белов Н. А., Савченко С. В., Хван А. В. Фазовый состав и структура силуминов М.: МИСИС, 2007. 284 с.
3. Модифицирование силуминов стронцием / под ред. К. В. Горева. Минск: Наука и техника, 1985. 143 с.
4. Мондольфо Л. Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов: пер. с англ. М.: Металлургия, 1979. 640 с.