

## КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ СОДЕРЖАЩИХ ЖЕЛЕЗО, ЛЕГИРОВАННЫХ И МОДИФИЦИРОВАННЫХ В СОЛЕВОМ РАСПЛАВЕ

Барбин Н.М.\*, Бродова И.Г.\*\* , Ватолин Н.А.\*\*\*

\*Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН  
Россия, 620219, Екатеринбург, ГСП-146, Ул. Ковалевской, 22

\*\*Институт физики металлов УрО РАН  
Россия, 620219, Екатеринбург, ГСП-170, Ул. Ковалевской, 18

\*\*\*Институт металлургии УрО РАН  
Россия, 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, 101

Изучение кристаллизации сплавов, как процесса перехода из жидкого состояния в твердое с формированием кристаллической структуры, имеет важное значение для физики металлов и металлургии. Явления кристаллизации связаны непосредственно или косвенно с многочисленными технологическими производственными процессами [1].

Современный уровень развития производства требует создания перспективных литейных Al – Si сплавов, обладающих высокими прочностными и пластическими свойствами.

В данной работе изучалась кристаллическая структура силумина легированного и модифицированного в жидком состоянии в солевом расплаве.

Для экспериментов использовали алюминиевый сплав (силумин) АЛ9 содержащий 0,6 масс. % железа (основными компонентами сплава являются Mg (до 0,4 масс. %) и Si (до 8,0 масс. %)).

Смесь солей  $BaCl_2 - NaF - AlF_3$  и  $MnO_2$  перемешивали, загружали в тигель и помещали в печь. После расплавления солей в тигель опускали навеску металла и выдерживали при  $835\text{ }^{\circ}C$ . Соотношение металла к расплаву солей было 1,29.

Расплав солей и металла выливали в графитовую изложницу, после застывания отделяли металл от соли и анализировали структуру металла.

Полученный металл был свободен от оксидов и шлака, т.к. солевой расплав рафинирует алюминий.

Металлографические исследования проводились на бинокулярном микроскопе МБС-9, оптическом «НЕОРНОТ-2» при разных увеличениях на нетравленных и травленных шлифах. Подсчет металлографических характеристик осуществлялся по стандартным методикам.

Основными структурными составляющими отливки до переплава являются дендриты Al твердого раствора –  $\alpha$  фазы и грубопластинчатая Al-Si эвтектика, расположенная по границам дендритных ячеек. Железо присутствует в виде избыточных иглоподобных кристаллов  $FeSiAl_5$ , которые из-за своей формы снижают пластические характеристики металла. Кроме того, в области эвтектики наблюдается скелетообразная фаза  $Mg_2Si$ .

Структура отливки после переплава в солевом расплаве показывает изменения фазового состава сплава и морфологии его структурных составляющих. Солевая среда оказывает модифицирующее действие на основную Al-Si эвтектику, в частности, пластины Si становятся более короткими и тонкими. Изменения дендритов  $\alpha$ -фазы обнаружено не было. Кроме того, вместо единичных кристаллов  $Al_5FeSi$ , содержащих Fe, в сплаве сформировались первичные кристаллы, в состав которых вошел Mn. Эти кристаллы имеют довольно сложную ростовую форму дендритного типа и размеры порядка 40 мкм. Анализируя морфологию, размеры и расположение данных кристаллов, можно предположить, что они первыми кристаллизуются из алюминиевого расплава. Для идентификации этой фазы был проведен локальный количественный рентгеноспектральный

анализ на сканирующем электронном микроскопе JСХА – 733. Результаты полученные в отраженных электронах и характеристических излучениях Mn, Fe и Si показывают, что эти элементы входят в состав интерметаллидов. Пересчет весовых процентов в атомные показал, что состав фазы близок к  $(\text{Fe,Mn})_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$ . Соотношение Fe и Mn в алюминидах равно 1:13, т.е. вероятнее всего при данных условиях опыта интерметаллиды представляют собой твердый раствор Fe в тройной фазе  $\text{Mn}_3\text{Si}_2\text{Al}_{15}$ .

Процессы модифицирования и легирования Mn структуры осуществляются непосредственно за счет влияния солевого расплава (т.е. среды, в которой происходят синтез и (или) переплав материала) на металлический расплав. Для объяснения этого явления проведено термодинамическое моделирование системы силумин – солевой расплав. Особенности термодинамического моделирования описаны в работе [2]. Установлено, что происходит ассимиляция натрия и марганца в расплавленном силумине.

Для силуминов натрия является модификатором. Механизм действия поверхностно-активных веществ, как модификаторов рассмотрен в работе [3]. Введение натрия в качестве поверхностно-активного вещества в жидком алюминии и инактивного в жидком кремнии приводит к снижению поверхностной энергии на межфазной границе между ними и тем самым уменьшает термическую устойчивость микрогетерогенного состояния Al-Si – расплавах.

Если рассматривать процессы зародышеобразования на уровне структурных составляющих расплава, то данное обстоятельство должно усиливать переохлаждение на фронте кристаллизации, инициировать образование и рост центров кристаллизации и как следствие увеличивать дисперсность образующейся твердой фазы, в частности эвтектики [4].

Ассимиляция марганца в расплавленном силумине позволяет частично удалить хрупкие алюминиды Fe и заменить их на более пластичные интерметаллиды, содержащие в своем составе Mn [5].

Солевые расплавы применяются для переработки лома и отходов алюминия [6]. Фундаментальные исследования эволюции структурообразования в силуминах, выплавленных с использованием солевых расплавов, послужили предпосылками для создания новых технологий производства качественных отливок.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ-Урал (код проекта 04-03-96114).

#### Список литературы

- [1] Н.Н. Сирота. Физика и физико-химический анализ конденсированных сред. Избранные труды. Том I, часть 1. С. 203. Минск. (2001).
- [2] Г.К. Моисеев, Г.Ф. Казанцев, Н.М. Барбин, И.Г. Бродова, Н.А. Ватолин. Расплавы 2, 35 (1999).
- [3] Н.Н. Сирота. Физика и физико-химический анализ конденсированных сред. Избранные труды. Том I, часть 3. С. 97. Минск. (2003).
- [4] И.Г. Бродова, Д.В. Башлыков, Т.И. Яблонских, Н.М. Барбин. ФММ 1, 57 (1999).
- [5] Н.М. Барбин, Г.Ф. Казанцев, Н.А. Ватолин, И.Г. Бродова, Д.В. Башлыков, Т.И. Яблонских. Труды научн. конф. «Физическая химия и технология в металлургии». Екатеринбург. (2005). С. 92.
- [6] Г.Ф. Казанцев, Н.М. Барбин, И.Г. Бродова, Н.А. Ватолин, Г.К. Моисеев, Д.В. Башлыков. Переработка лома и отходов цветных металлов в ионных расплавах. УрО РАН. Екатеринбург. (2005). 211 с.