

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ СЛИТКОВ СПЛАВА АД31

Антонов М.М, Орелкина Т.А.

научный руководитель д-р. хим. наук Жереб В.П.

Сибирский федеральный университет

На металлургических предприятиях для повышения технологических показателей, а также увеличения прочностных свойств полуфабрикатов используют модифицирование слитков. Модифицирование для измельчения зерна слитка является технологической операцией, при которой в расплав перед кристаллизацией вводят малые добавки модификаторов.

Современной промышленности известно несколько видов модификаторов. Это лигатуры – промежуточный сплав, содержащий в достаточно большом количестве легирующий металл; ультрадисперсные порошки, в составе которых присутствуют частицы тугоплавких элементов и другие модификаторы.

Лигатура для модифицирования алюминиевых сплавов может быть в виде прутка или слитка, и делится на следующие типы: содержащая интерметаллиды Al-Ti, Al-Zr, Al-Sc; с интерметаллидами без атомов алюминия; содержащая интерметаллиды с алюминием Al-Ti-B, Al-Sc-B, Al-Zr-B, Al-Ti-C [1]. Ультрадисперсные порошки или нанопорошки могут включать в себя частицы химических соединений тугоплавких элементов на основе боридов, нитридов, оксидов и т.п.

Частицы нанопорошков легко «слипаются», их окисление начинается при сравнительно низких температурах, они плохо смачиваются жидким металлом и легко образуют в воздухе пылевидную и самовозгорающуюся взвесь [2]. Нанопорошки вводят в расплав следующими методами: прямое введение нанопорошков металлов в расплав с помощью установок ультразвуковых колебаний или электромагнитных перемешивателей; прямое введение нанопорошков из оксидов тугоплавких элементов в расплав, с диссоциацией восстановителей и восстановление активных элементов из оксидов при температуре расплава [3]; а также введение нанопорошков в виде спрессованного прутка или брикета.

Результаты исследований авторов [2, 4] показали, что модифицирование ультрадисперсными порошками более эффективный способ измельчения зерна, чем модифицирование традиционными лигатурами. Однако метод модифицирования ультрадисперсными порошками с диссоциацией восстановителей и восстановлением активных элементов из оксидов недостаточно исследован, и представляет наибольший интерес с технических и научных позиций.

Объектами исследования в работе являются слитки сплава АД31Г, полученные полунепрерывным литьем. В качестве модификаторов слитков использовали лигатурный прутки AlTi5B1 и модифицирующую смесь МС-М.

Цель работы – оценка влияния модифицирующей способности порошковой смеси МС-М на макро и микроструктуру слитков из сплава АД31Г.

На предприятии «ЛПЗ «СЕГАЛ» была проведена опытно-промышленная плавка слитков диаметром 145 мм сплава АД31Г. Химический состав сплава соответствует техническим условиям предприятия. Расплав готовили в индукционной печи, модификатор, порошковую смесь МС-М вводили с помощью «колокольчика» при температуре расплава 780 °С.

Изучен фазовый и химический состав модифицирующей смеси МС-М. Исследована макро и микроструктура и фазовый состав слитков сплава АД31Г.

Изучение макроструктуры темплетов слитков сплава АД31Г диаметром 145 мм, полученных с использованием модификатора МС-М, показало, что по сечению и длине слитков структура неоднородна. В литниковой части слитка, средней и центральной зонах поперечного сечения наблюдаются участки крупнозернистой структуры. Размер литого зерна слитков определяли в поляризованном свете по микроструктуре на образцах, полученных после оксидирования поверхности, рисунок 1а. Средний размер зерна соответствует 220 мкм.

Для сравнения эффективности влияния модификаторов определяли размер зерна на слитках диаметром 145 мм, отлитых по стандартной технологии с использованием модификатора АТi5В1, средний размер которого соответствовал 145 мкм.

Макро- и микроанализ слитков, изготовленных с применением разных модификаторов, позволил сделать вывод о том, что модифицирующий эффект с использованием МС-М достигнут. Однако, размер зерна в опытных слитках крупнее, чем в слитках, полученных по серийной технологии. Учитывая неоднородность структуры и недостаточно мелкое зерно в слитках опытно-промышленной партии необходимо продолжать работы по совершенствованию технологии ввода с учетом химического взаимодействия составляющих ультрадисперсной смеси МС-М.

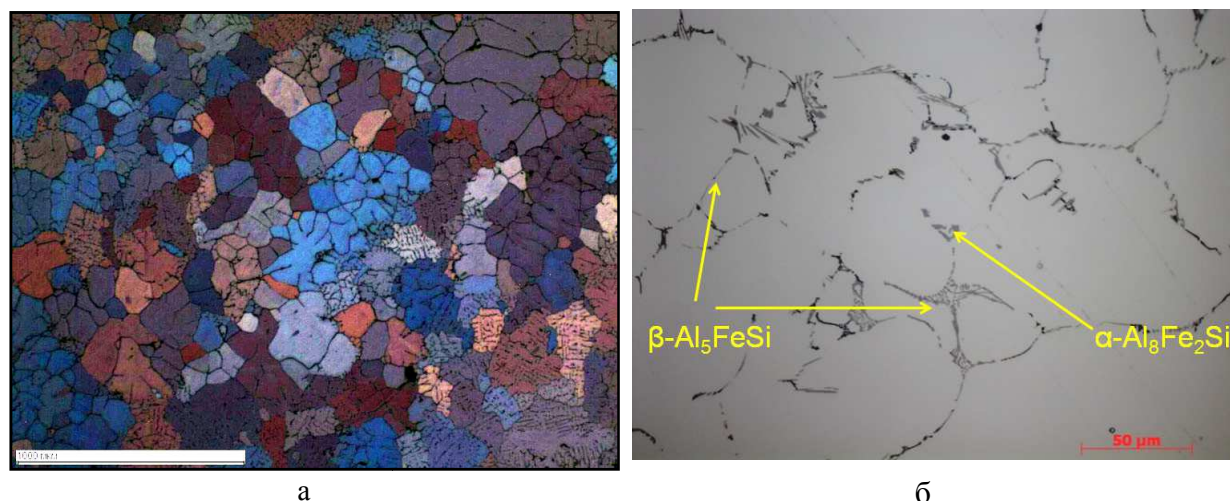


Рисунок 1. Микроструктура слитка. а – в поляризованном свете, x50; б – x500.

Микроструктура сплава АД31Г в литом состоянии состоит из дендритов алюминиевого твердого раствора и прерывистых цепочек эвтектических фаз, расположенных по границам дендритных ячеек. В микроструктуре слитка обнаружены участки крупных зерен ячеистого строения. Микроструктура слитков в литом состоянии представлена на рисунке 1б, с характерным расположением фаз $\alpha\text{-Al}_8\text{Fe}_2\text{Si}$ и $\beta\text{-Al}_5\text{FeSi}$ в виде вырожденной эвтектики.

По мнению авторов [4], после ввода модифицирующей смеси МС-М в расплав происходит диссоциация восстановителей и восстановление активных элементов из окислов при температуре расплава, после чего активные элементы образуют интерметаллиды в сплавах на основе алюминия, которые при понижении температуры расплава становятся центрами кристаллизации.

В работе определен фазовый состав модифицирующей смеси МС-М. Порошковый модификатор представляет собой механическую смесь оксидов Zr, Ti, Nb, и солей NaF, AlF_3 в виде криолита и хиолита. Многочисленные эмпирические исследования позволили выдвинуть предположения о возможных путях развития процессов взаимодействия модифицирующей смеси МС-М с расплавом, которые представлены ниже.

Вследствие плохой смачиваемости расплавом, оксиды могут коагулировать между собой и переходить в шлак. Если смачиваемость оксидов «достаточная», то алюминий может выступать в качестве восстановителя, и тем самым восстанавливать модифицирующие элементы из оксидов, однако эти элементы будут полностью растворяться в расплаве из-за столь малого количества в сплаве. Также при взаимодействии с расплавом оксиды могут выступать в роли центров кристаллизации, из-за схожести кристаллической решетки оксидов модифицирующих элементов и алюминия. При температуре расплава хиолит будет диссоциировать в жидком состоянии на NaF и AlF_3 , и оксиды в этот момент «покроются» растворившимися солями, благодаря хорошей смачиваемости оксидов солями. В результате такого взаимодействия алюминий будет восстанавливать титан, цирконий и ниобий внутри оболочки из оксидов, и в дальнейшем будут образовываться соответствующие интерметаллиды, как центры кристаллизации. Криолит при температуре расплава остается в кристаллической форме, и будет оказывать рафинирующее действие на расплав, избавляя от присутствия неметаллических включений.

Вследствие того, что поведение данного модификатора по своей природе разнообразно, необходимо провести термодинамический анализ всех возможных реакций в расплаве. С учетом рассмотрения протекающих процессов необходимо провести работы по совершенствованию технологии ввода модифицирующей смеси для достижения максимального модифицирующего эффекта.

Таким образом, модифицирующий эффект смеси МС-М при литье исследуемого сплава достигнут. Однако, зерно слитков опытной плавки несколько крупнее зерна слитков, отлитых по серийной технологии.

Список использованных источников

1 - Напалков В.И. / Непрерывное литье алюминиевых сплавов / В.И. Напалков, Г.В. Черепок, С.В. Махов, Ю.М. Черновол / М: Интермент Инжиниринг, 2005. - 512с

2 - Крушенко Г.Г / Роль частиц нанопорошков при формировании структуры алюминиевых сплавов / Г.Г. Крушенко // Металлургия машиностроения. 2011 г. № 1. 20-24 С.

3 - Пат. 2016112 РФ, МКИ С22С 1/06, С22В 9/10. Способ модифицирования алюминиевых сплавов / Д.М. Горбунов, А.В. Новиков, М.Ю. Новомейский, Ю.Д. Новомейский. – Заявка № 5036577/02. – Заявл. 08.04.1992. – 15.07.1997.

4 - Якимов В.И. / Влияние модифицирующей смеси «МС-М» на качество алюминиевых отливок / В.И. Якимов, Г.Е. Паниван, С.О. Ограков, Е.В. Захарова, А.И. Евстигнеев, Хосен Ри, Ю.Д. Новомейский // Литейное производство. 2011 г. №4. 7 – 8 С.