

шихты, когда они ещё находятся в твёрдожидком состоянии, для предотвращения образования карбидной фазой компактного объёма, обособленного в расплаве.

С этой целью была проведена корректировка электромагнитного воздействия за счёт повышения силы тока питающего индуктор и расплав перегревался до 1460-1480 °С. Вследствие структурной и химической неоднородности лигатуры, электрический ток вызывал большой разогрев локальных участков в местах соединения перлитной и карбидной фаз, способствуя образованию тонких каналов, по которым матричный расплав проникал в толщу лигатуры. Это вызывало отрыв дисперсных объёмов от куска лигатуры и перенос их в отдалённые зоны расплава. При этом вихревые течения матричного расплава, образовавшиеся вблизи разрушающегося куска лигатуры, приводили к возникновению локальных скоплений её диспергированных объёмов. Для рассредоточения таких скоплений на завершающей стадии приготовления расплава сила электрического тока была снижена на 40 %. Такой режим получения расплава обеспечил формирование его эмульгированного состояния с каплями размером до 1 мкм и их количеством $>1 \cdot 10^3 \text{ мм}^{-2}$.

УДК 669.017.12/15:621.745.56:537.84

В. И. Дубоделов, В. А. Середенко, Е. В. Середенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ, НАЛОЖЕННОГО НА ЗАТВЕРДЕВАЮЩИЙ СПЛАВ АІ ЛЕГИРОВАННЫЙ Cu, Fe И МИШМЕТАЛЛОМ НА ЕГО СТРУКТУРУ И ТВЁРДОСТЬ

В сплавах на базе системы Al-Cu производимых по ГОСТ 1583-93, эксплуатационные характеристики обеспечиваются легированием Mn, Ti и Cd, который является высокотоксичным. В аналогах этих сплавов, изготавливаемых в США, применяются легирующие Mn, Ti, Mg и Ag – дорогостоящий металл. В Германии, Франции и Японии, элементы Cd и Ag не используются, но вместе с этим значительно усложняется легирующий комплекс. Задача, поставленная в данной работе заключалась в установлении возможностей влияния на упрочнённого сплав системы Al-Cu без применения токсичных, дорогих элементов и сложного легирующего комплекса.

Известно, что формирование в структуре сплава большого числа дисперсных интерметаллидов, в частности, в сплавах Al-Cu за счёт эвтектик, образующихся при

вводе Се, в том числе, в виде мишметалла, способствует повышению прочности. Постоянное магнитное поле оказывает модифицирующее воздействие на включения. Характер его действия является сложным и в настоящее время до конца не изучен. В частности, в ряде сплавов Al влияние поля в наибольшей мере проявлялось на фазах, содержащих ферромагнитный элемент Fe, а также элементы с выраженным парамагнетизмом – редкоземельными металлами (РЗМ) и Ti. В сплавах Al-Cu количество Fe строго ограничивается из-за игольчатой формы его интерметаллидов. Вместе с тем существуют и разрабатываются сплавы на основе Al, в которых Fe применяется в качестве легирующего элемента, упрочняющего сплав, повышающего его твёрдость и жаропрочность при условии модифицирования формы его соединений. В сплавах Al-Cu-Se в некотором диапазоне концентраций Fe растворяется в эвтектике без изменения её морфологии. При получении расплавов существуют температуры особо интенсивного изменения структуры. Для сплавов Al это перегрев над температурой плавления на 100 – 200 °С и 400 - 600 °С.

Поскольку стоимость чистого Се вдвое ниже стоимости технического Ag, а мишметалл дешевле Се в ~ 7 – 8 раз, был изучен сплав Al-Cu с мишметаллом состава, % мас: Cu – 5,24, Mn – 0,55, Ti – 0,04, Fe – 0,56, РЗМ – 0,41 (Ce – 0,35, Pr – 0,06, La < 0,01, Nd < 0,01). Исследовалось влияние на структуру и твёрдость сплава температуры обработки расплава 820 и 950 °С при переплаве в печи сопротивления и постоянного магнитного поля, наложенного на сплав при охлаждении и затвердевании. Шихта для сплава готовилась в специальном МГД-устройстве при интенсивном перемешивании для нивелирования влияния наследственности от исходных материалов на структуру литого металла. Образцы затвердевали со скоростью 25 °С/с. Шихта имела зерна с размером $22,60 \pm 2,50$ мкм. В межзёрненных пространствах находилась эвтектика дисперсного строения (включения толщиной до 1 мкм). В межзёрненных пространствах присутствовали включения типа Al_4Ce от 5 до 60 мкм. Остальные фазы с размерами до 10 мкм были выделениями Al-Ce-Cu, Al-Ce-Ti, Al-Ce-Cu-Fe. Твёрдость металла составляла 59,5 НВ.

Исследование сплава, переплавлявшегося при температуре 820 °С и охлаждавшегося в магнитном поле с индукцией (В) 0,3 Тл, показало, что средний размер его зёрен был $30,63 \pm 4,13$ мкм, при этом отдельные дендриты достигали 100 мкм. Размеры включений Al-Ce-Cu, Al-Ce-Ti, Al-Ce-Cu-Fe и Al_4Ce были до 10 мкм. Твёрдость сплава составляла 62,4 НВ. Это повышение по сравнению с шихтой, вероятно, связано с сокращением максимальных размеров включений типа Al_4Ce вследствие

действия магнитного поля. Увеличение размеров зёрен и появление крупных дендритов, вероятно, обусловлены отсутствием интенсивного перемешивания расплава.

Применение перегрева сплава 950 °С и охлаждение его в поле с $B = 0,3$ Тл привело к существенному уменьшению размера зерна сплава по сравнению с металлом, переплавленным при меньшей температуре - до $16,22 \pm 1,67$ мкм и отсутствию крупных дендритов. Твёрдость металла возросла до 65,5 НВ. При уменьшении индукции магнитного поля до 0,1 Тл размер его зерна составил $11,07 \pm 0,80$ мкм. Фазы, заполнявшие межзёренные пространства, имели более светлый оттенок, чем у предыдущих отливок. Это, вероятно, связано с измельчением включений Al-Ce-Cu, Al-Ce-Ti, Al-Ce-Cu-Fe (до 5 мкм) и увеличением их количества на фоне эвтектической составляющей. Твёрдость этого металла была выше, чем у всех образцов, полученных ранее – 68,8 НВ, что соответствовало уровню твёрдости литого металла установленного ГОСТ 1583-93.

УДК 620.17/18:621.746:669.13/14:537.84

**В. И. Дубоделов, В. Н. Фиксен, Н. А. Слажнев, Ю. П. Скоробагатько,
А. В. Яценко, В. К. Погорский, М. С. Горюк**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНОГО МАГНИТОДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Разработан многофункциональный литейный МГД комплекс изготовления высококачественного алюминиевого литья, который способен эффективно работать в различных существующих литейных технологиях. Его основным элементом является магнитодинамический миксер-дозатор с повышенными напорными, расходными и тепловыми характеристиками. Комплекс функционирует при питании от электрических сетей переменного тока частотой 50-60 Гц, обеспечивает существенное улучшение структуры и повышение свойств сплавов и литых изделий из них за счет применения электромагнитных воздействий для: - ускоренного растворения в расплаве легирующих добавок и модификаторов; - гомогенизации химсостава и температуры жидких алюминиевых сплавов; - их термосиловой обработки (разрушения микрон неоднородностей); - реализации высокой эффективности рафинирования сплавов (при продувке аргоном – уменьшение содержания водорода до $0,10-0,05$ см³/100 г ме-