

Согласно данным настоящего экспериментального исследования в интервале температур заливки от 750 до 650 °С в процессе затвердевания опытных отливок формируется дендритная морфология кристаллической структуры  $\alpha$ -твердого раствора алюминия. В этих условиях превалирует тенденция повышения междендритной пористости по мере снижения температуры заливки. В результате снижается прочность на разрыв (от 185 до 175 МПа) и особенно величина относительного удлинения сплава в литом состоянии (примерно в 2,4 раза, с 6 % до 2,5 %).

При температуре заливки расплава 630 °С в кристаллической структуре опытных отливок преобладает розеточная морфология кристаллов первичной фазы с частичным присутствием дендритных форм. А уже при температуре заливки 620 °С розеточная морфология кристаллов  $\alpha$ -твердого раствора алюминия становится основной в структуре металла опытных отливок. В результате улучшения в этом случае условий фильтрационного питания затвердевающих отливок повышаются как прочностные (до 180 МПа), так и примерно вдвое пластические характеристики литого металла.

Дополнительное приложение сдвиговых нагрузок при гидроциркуляционной обработке жидкого металла в предкристаллизационной температурной области обеспечивает дальнейшее повышение показателей прочности (до 200 МПа) и особенно пластичности сплава АК7ч в литом состоянии (до 6,5%).

УДК 621. 745.56:538.65:536.421.4

**В. А. Середенко, Е. В. Середенко**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

### **ЛИТАЯ СТРУКТУРА СПЛАВА Al-Cu-Fe-Si СФОРМИРОВАННАЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Для повышения свойств сплавов используются различные внешние воздействия, в том числе постоянное магнитное поле. В настоящее время исследования по изучению влияния постоянного магнитного поля на сплавы системы Al-Cu ведутся в основном с использованием чистых компонентов, а сведений по влиянию примесей Fe и Si на структуру сплавов недостаточно.

В работе изучалось влияние слабого постоянного магнитного поля с индукцией ( $B$ ) 0,1 Тл на фазы сплава Al с 3,5 % Cu и примесями Fe и Si в количестве характерном промышленных сплавов ( $\sim 0,2$  %), охлаждённом и затвердевшем со скоростью  $\sim 1$  °C/с, что соответствовало обычным способам литья. В контрольных экспериментах  $B$  была равна 0 Тл.

В литой структуре сплава, полученного при  $B = 0$  Тл зёрна  $\alpha$  – твёрдого раствора алюминия (средний размер  $\sim 68$  мкм) были окружены межзёрнными пространствами, заполненными компактной фазой  $\text{CuAl}_2$  с неровностями на поверхности и отдельными несплошностями. Расстояние между границами двух зёрен составляло в среднем 3 мкм, а в стыках нескольких  $\sim 17$  мкм. В межзёрнных пространствах находились игольчатые включения фаз  $\text{FeAl}_3$ ,  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$  и  $\text{AlCuFeSi}$ , направленные в объём зерна. Их длина в границах между двумя зёрнами и стыках нескольких зёрен достигала соответственно для  $\text{FeAl}_3$  7 и 28 мкм,  $\text{Al}_7\text{Cu}_2\text{Fe}$  до 7 и 40 мкм,  $\text{AlCuFeSi}$  до 9 и 14 мкм. В структуре сплава наблюдался один участок  $\alpha(\text{AlFeSi})$ -фазы в виде оболочки и занимавшей менее 1 % площади исследованной поверхности шлифов сплава.

По результатам микрорентгеноспектрального анализа сплава определено, что под воздействием поля произошло перераспределение компонентов между зёрнами и межзёрнными пространствами. Содержание Cu в стыках зёрен при  $B = 0,1$  Тл уменьшалось в 1,3 раза по сравнению с  $B = 0$  Тл, а в границах между двумя зёрнами практически не изменялось. Количество Fe в межзёрнных пространствах сократилось в 2 раза, а Si возросло в  $\sim 4,7$  раза под воздействием магнитного поля. В результате изменения концентрации компонентов, в сплаве при  $B = 0,1$  Тл в пространстве между двумя зёрнами не обнаружено включений  $\text{FeAl}_3$  и  $\text{AlCuFeSi}$ , а в стыках –  $\text{AlCuFeSi}$ . Границы зёрен расширились – средние размеры между двумя зёрнами составили 6 мкм и стыков 22 мкм. В фазе  $\text{CuAl}_2$  увеличилось количество неровностей и разрывов. Вероятно, это связано с образованием  $\beta(\text{AlFeSi})$ -фазы, которая имела компактную форму, в результате влияния на неё магнитного поля, и примыкала к с фазе  $\text{CuAl}_2$ . Так же в сплаве возросло количество  $\alpha(\text{AlFeSi})$ -фазы – до  $\sim 20$  %. Известно, что фазы  $\beta(\text{AlFeSi})$  и  $\alpha(\text{AlFeSi})$  содержат меньше Fe, чем  $\text{FeAl}_3$  и намного больше Si по сравнению с тем его количеством, которое может растворяться в соединении  $\text{FeAl}_3$ . Фаза  $\beta(\text{AlFeSi})$  содержит меньше Fe и больше Si, чем то количество, которое может входить в состав соединения  $\text{AlCuFeSi}$ . Средний размер зерна в сплаве под влиянием поля существенно не изменился ( $\sim 63$  мкм). Не изменилась и длина

включений  $Al_7Cu_2Fe$  в границах между двумя зёрнами, а в стыках зёрен их максимальные размеры сократились вдвое. Длина наибольших включений  $FeAl_3$  в стыках зёрен уменьшилась втрое.

Таким образом, под действием слабого магнитного поля с  $B = 0,1$  Тл в структуре сплава Al-Cu-Fe-Si уменьшается количество игольчатых включений на ~ 50 % и сокращается их размер в 2 – 3 раза. В результате уменьшения количества Fe и увеличения Si в межзёренных пространствах под влиянием магнитного поля и его модифицирующего действия на форму  $\beta(AlFeSi)$ -фазы вместо игольчатых включений образуются компактные.

УДК 669.131.5:537.84

**В. А. Середенко, С. Г. Голубчик**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

### **СИСТЕМА НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОТОКОВОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА В ЛИТЕЙНОМ КОВШЕ**

Одним из перспективных методов повышения качества отливок является обработка расплавов электрическим током в разливочном ковше. Эффективность такой обработки во многом зависит от безопасности и экономичности электротехнического оборудования. Наиболее безопасно для персонала использование низковольтного электрооборудования в зоне обработки расплава. Для обработки небольших масс (до 50 кг) чугуна и стали в литейных цехах используется наряду с высоковольтным (>100 В) и низковольтное (до 40 В) оборудование. В нем сетевое напряжение (220 или 380 В с частотой 50 Гц) преобразуется в низковольтное с постоянным либо пульсирующим током небольшой (до 25А) силы [1]. При этом для ввода электротока в железоуглеродистый расплав используются металлические электроды. Обработка больших масс расплавов черных металлов проводится электротоком силой свыше 100 А при напряжениях более 100 В [2]. Размеры ковшей большой емкости намного превосходят ковши малой емкости и для сохранения оптимальных значений плотности электротока в расплаве, а также с учетом значительно выраженного падения величины плотности электротока при его растекании в больших объемах металла, используют электроток с высокой силой (до нескольких тысяч ампер) и электроды значительных диаметров (до 200 мм). Для низковольтной электрото-