

вения межкристаллитной коррозии – в 1,4 раза и в 3,7 раза уменьшает размах колебаний её величины. При 25 °С/с в магнитном поле в 1,05 раза растёт глубина проникновения коррозии, но существенно уменьшаются размеры коррозионных язв – в 4,1 раза глубина и в 2,8 раза ширина.

УДК 669.017.12/15:621.745.56:537.84

Е. В. Середенко, В. А. Середенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ФОРМИРОВАНИЕ ЛИТОЙ СТРУКТУРЫ СПЛАВА ТИПА ВАЛ 10 С ДОБАВКОЙ МИШМЕТАЛЛА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Одним из современных направлений повышения комплекса служебных и технологических свойств высокопрочных сплавов системы Al – Si является легирование их элементами, обеспечивающими формирование литых структур с большим количеством дисперсных интерметаллидов и эвтектических составляющих. Добавки редкоземельных элементов, в том числе в виде мишметалла, в количестве до 15 % мас. повышают свойства Al, в том числе твёрдость и прочность. Механические свойства сплавов увеличиваются с ростом количества таких добавок. Данный эффект усиливается с повышением скорости охлаждения. Это связано с модифицированием литой структуры сплавов, заключающейся в измельчении эвтектик и интерметаллидов. Снижение размеров интерметаллидов, наиболее актуально для сплавов с содержанием мишметалла ~ 10 – 15 % мас. Для промышленного применения сплавов с содержанием мишметалла до 15 % мас. с целью предотвращения огрубления структуры необходимы скорости охлаждения $\sim 10^3 - 10^4$ °С/с.

Модифицирование литых структур сплавов происходит под влиянием различных внешних воздействий, в том числе постоянного магнитного поля. Имеется ряд данных, указывающих на изменение морфологии зерен металлических сплавов под влиянием магнитного поля, причём проявление этого воздействия носит сложный характер. Только отдельные сведения касаются воздействия на эвтектические составляющие и включения интерметаллидов в сплавах, в частности, алюминиевых. Так, в непрерывнолитом слитке сплава АЛ4, обработанного магнитным полем с индукцией (В) до 0,257 Тл произошло истончение эвтектики и повышение однородности её строения, а при $B \geq 0,1$ Тл подавлялось

образование фазы AlMnFeSi. Под воздействием поля с индукцией до 10 Тл на сплав Al – Cu эвтектического состава, приготовленного из чистых компонентов, происходило уменьшение эвтектических колоний и преобразование их составляющих.

Целью представленной работы было изучение влияния магнитного поля на литую структуру сплава типа ВАЛ 10, не содержащего Cd, легированного 13 % мас. мишметалла с содержанием 7,5 % Ce (остальное La, Nd, Pr). Скорость охлаждения сплава составляла 25 °С/с, индукция магнитного поля, действовавшего на сплав при охлаждении и затвердевании - 0,1 Тл. Состав фаз определялся микрорентгеноспектральным анализом. В структуре сплава, не обработанного магнитным полем, наблюдались зёрна α -твёрдого раствора Al (средний размер 25 мкм), занимавшие площадь по отношению к общей площади шлифа 30 %, а на остальной площади располагались эвтектики: с пластинчатыми включениями толщиной до 2 мкм и укороченными включениями с толщиной до 1 мкм. Интерметаллидные включения были представлены фазой Al₄Ce призматической и удлинённой форм размерами до 500 мкм. Многие включения имели полости, заполненные α -твёрдым раствором Al. Также в структуре имелись выделения до 15 мкм, среди которых преобладала фаза компактной формы, содержащая, по сравнению с другими, наибольшее количество Cu. Остальные включения имели наибольшее количество Ti (до 5 мкм, призматической формы) и Fe (до 15 мкм, компактной формы).

Под воздействием магнитного поля средний размер зерна сплава уменьшился до 20 мкм, площадь, занятая α -твёрдым раствором Al увеличилась до 50 %. Возросла в 5 раз доля дисперсной эвтектики с укороченными включениями ~1 мкм. Только единичные образования Al₄Ce сохранили призматическую форму. Полостей в них не наблюдалось. Остальные выделения этой фазы были раздроблены на фрагменты размерами до 5 мкм. В 10 раз уменьшилось количество включений с наибольшим содержанием Cu и в 3 раза сократились их размеры. Форма включений стала сложной. Количество интерметаллидов с наибольшим содержанием Ti возросло в 10 раз, размеры максимальных включений снизились в 3 раза, их форма стала компактной и сложной. Сократились размеры фазы с наибольшим содержанием Fe – до 5 мкм.

Таким образом, под воздействием магнитного поля при скорости охлаждения сплава ~10¹ °С/с существенно измельчились включения интерметаллидов и возросла доля дисперсной эвтектики. Легирование сплава типа ВАЛ10 без Cd

мишметаллом увеличило его твёрдость на 12,8 %, а действие легирования и магнитного поля на 24,6 %.

УДК 669.131.5:537.34

В. А. Середенко, С. Г. Голубчик

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ПРИ ЭЛЕКТРОТОКОВОЙ ОБРАБОТКЕ НЕБОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ РАСПЛАВОВ

Подвод электротока в электропроводные расплавы электродами, погруженными под их уровень, наиболее применяемый способ в ряде процессов электрообработки, в частности, небольших масс металла (до 100 кг). Основным условием при использовании электропроводных материалов для электродов является их стойкость в агрессивных расплавах при воздействии электротока. Исключением являются технологии, в которых электроды разрушаются (расплавляются) в жидкой среде (электрошлаковое литье, ввод лигатур). Наиболее распространенная схема ввода электротока в металлические расплавы в литейных ковшах и формах – бифилярная. Диаметр ($d_э$) стержневых электродов – от 2 мм (нихром) до 30 мм (сталь), плотности в них электротока i от $5 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^7$ А/м². В условиях медленного течения расплава (критерии $Re < 100$ и $Nu \approx 1$) в приэлектродных зонах критерий Био (Bi), характеризующий отношение внутреннего (электрода) и внешнего (расплава) термических сопротивлений, определяется как $Bi = \lambda_p / \lambda_э$, где λ_p и $\lambda_э$ соответственно теплопроводности расплава и электрода. Результаты анализа электрических и термических характеристик типичных электродов приведены в табл. 1. Для определения степени неравномерности распределения электротока в электродах и связи с соотношением $K_э$ проведены опыты по вводу электротока в жидкий галлий. Электродами служили стержни диаметром от 1,8 до 3,0 мм при значении i до $1,2 \cdot 10^7$ А/м² – табл. 2. Установлено, что возникновение локального перегрева электрода и расплава в приэлектродной зоне происходит вследствие неоднородного распределения электротока по высоте электрода и характеризуется значением $K_э \gg 1$. При этом почти весь ток стекает с электрода в тонкой зоне его контакта с зеркалом расплава. Вследствие этого плотность тока в ней резко возрастает, что корре-