

данных образований сократилась в 6 и 3 раза после обработки сплава полем с индукцией соответственно 0,1 и 0,2 Тл. Фаза  $\text{AlFeSiMn}$  ( $\beta(\text{AlFeSi})$ -фаза, модифицированная Mn), имела в сплаве, полученном при  $B = 0$  Тл разветвлённую форму, при  $B = 0,1$  Тл преобразовалась следующим образом: более 50 % этих включений располагались по границам зёрен в виде оболочек толщиной до 5 мкм; ~ 30 % отображали переход от разветвлённого вида к оболочковому, остальная часть сохранила прежнюю форму. При увеличении индукции до 0,2 Тл отмечался некоторый рост протяжённости разветвлённой фазы  $\text{AlFeSiMn}$ .

Сокращение количества составляющих  $\alpha + \text{Si} + \text{CuAl}_2 + \text{Mg}_2\text{Si}$  и  $\text{AlCuFeSi}$ , вероятно, связано с перераспределением компонентов между фазами сплава, в результате чего может повышаться легированность зёрен  $\alpha$ -твёрдого раствора алюминия. Данное проявление влияния поля вместе с его модифицирующим воздействием на размер частиц Si и форму включений  $\text{AlFeSiMn}$  способствовало повышению твёрдости сплава с 61,3 НВ, полученного при  $B = 0$  Тл до 78,4 НВ сплава, обработанного полем с индукцией 0,1 Тл и 70,1 НВ для  $B = 0,2$  Тл. Такой уровень твёрдости характерен для сплава АК12М2, полученного литьем в кокиль (70 НВ согласно ГОСТ 1583 - 93).

УДК 669.017.12/15:621.745.56:537.84

**Е. В. Середенко**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

### **МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ МЕДИСТОГО СИЛУМИНА, ОБРАБОТАННОГО МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ И ЗАТВЕРДЕВАНИИ**

Литейные высокопрочные медистые силумины широко применяются в современном машиностроении. В перспективе для некоторых деталей они могут заменить чугун. Недостатком данных сплавов является низкая коррозионная стойкость, понижающаяся с ростом содержания Си в сплавах. Количество Си достигает 3 % мас. (ГОСТ 1583-93) и 0,9 – 1,3 % мас. в сплавах, производимых в Германии, США и Японии. Локализованная, особенно межкристаллитная, коррозия является одной из ведущих причин разрушения материала.

Разработки по повышению коррозионной стойкости медистых силуминов ведутся по направлению коррекции их химсостава (изменением количества леги-

рующих, лимитированных ГОСТ – Cu, Ti, Ni, Fe и вводом в легирующий комплекс В, Се, Cr, Pd, Zn и др.). При этом за счёт химсостава добиваются изменения морфологии фаз в литом сплаве. Однако данный метод является чувствительным к точному содержанию компонентов и возможному его негативному влиянию на другие служебные свойства сплавов. Поэтому актуальной является задача повышения коррозионной стойкости сплавов состава, определённого стандартом. Имеются отдельные данные по повышению коррозионной стойкости композиционных материалов ( $Ni + Al_2O_3$ ) для покрытий, синтезированных под воздействием постоянного магнитного поля. Целью данной работы было изучение влияния постоянного магнитного поля на литую структуру и стойкость к межкристаллитной коррозии высокомедистого силумина.

Исследования проводились на сплаве АК12М2. Образцы получались переплавом чушкового металла в печи сопротивления (температура обработки 800 °С, время выдержки расплава 10 мин) с последующей заливкой в алундовые формы, где металл охлаждался и затвердевал со скоростью  $\sim 1^\circ\text{C}/\text{с}$  без и под воздействием постоянного магнитного поля с индукцией (В) 0,1 и 0,2 Тл. Отливки разрезались в вертикальном направлении, из них готовились образцы для анализа литой структуры и проведения испытаний на межкристаллитную коррозию согласно ГОСТ 9.021-74.

Анализ структуры сплава (В = 0 Тл) показал, что она состояла из зёрен  $\alpha$ -твёрдого раствора алюминия (средний размер зерна 60 мкм), эвтектических составляющих -  $\alpha_{\text{AL}} + \text{Si}$  (с игольчатыми и удлинёнными частицами кремния до 90 мкм) и  $\alpha_{\text{AL}} + \text{Si} + \text{CuAl}_2$  (с компактной фазой  $\text{CuAl}_2$  длиной до 50 мкм), участки  $\alpha_{\text{AL}} + \text{Si} + \text{CuAl}_2 + \text{Mg}_2\text{Si}$  протяжённостью до 40 мкм, разветвлённой скелетообразной фазы  $\text{AlFeSiMn}$  (протяжённостью до 130 мкм) и игольчатых включений интерметаллида  $\text{AlCuFeSi}$  (длиной до 100 мкм). Глубина межкристаллитной коррозии данного металла составила  $672,0 \pm 168,0$  мкм. Наложение постоянного магнитного поля на сплав вызвало наибольшие изменения в морфологии фаз  $\text{AlFeSiMn}$  и  $\text{AlCuFeSi}$ . При В = 0,1 Тл более 50 % образований  $\text{AlFeSiMn}$  трансформировалось в оболочки (толщиной  $\sim 3$  мкм), покрывавшей зёрна сплава, а остальные её включения имели вид, отображающий процесс перехода от скелетообразной к оболочковой форме. Длина игл  $\text{AlCuFeSi}$  сократилась до 15 мкм. Измельчение фаз способствовало снижению глубины межкристаллитной коррозии до  $244,8 \pm 50,5$  мкм по сравнению со сплавом, не обработанным полем. Воздействие на сплав поля с В = 0,2 Тл вызвала следующие изменения в

морфологии фаз: протяжённость образований AlFeSiMn увеличилась до 150 мкм, количество её разветвлений возросло и вместе с тем вдвое сократилась их толщина; длина AlCuFeSi уменьшилась до 30 мкм. Глубина межкристаллитной коррозии в таком сплаве была  $516,0 \pm 86,2$  мкм.

Таким образом, постоянное магнитное поле оказывает наиболее сильное влияние на железосодержащие фазы медистого силумина, увеличивая протяжённость AlFeSiMn и сокращая в 3 – 6 раз длину AlCuFeSi. Поскольку самым неблагоприятным элементом для развития коррозии в таких сплавах является Си, то вероятно большая протяжённость фазы AlFeSiMn является препятствием для развития коррозии по наиболее богатым медью включениям  $\text{CuAl}_2$ . В результате магнитное поле уменьшает глубину межкристаллитной коррозии сплава при  $B = 0,1$  Тл в 2,8 раза и в 1,3 раза при  $B = 0,2$  Тл. Перспектива дальнейших исследований заключается в установлении влияния поля на перераспределение элементов между фазами.

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

**ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ ФАЗАМИ ЛИТОГО СПЛАВА  
ТИПА ВАЛ 10, ЛЕГИРОВАННОГО РЗМ, В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЙСТВИЯ  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОХЛАЖДАЮЩИЙСЯ И ЗАТВЕРДЕВАЮЩИЙ СПЛАВ**

Повышение свойств сплавов системы Al – Си достигается формированием специальных структур, в том числе за счёт усложнения химсостава. Основные направлениями повышения прочностных свойств включают: увеличение легированности зерна, прежде всего Си (создающей в результате термообработки дисперсную упрочняющую фазу); создание в литой структуре дисперсных алюминидов (с Mn, Ti, Ce, Zr и др.); уменьшение количества фаз, содержащих Fe (они растворяют Си в результате чего она не участвует в упрочнении).

Для влияния на содержание элементов в фазах сплава применяются различные скорости охлаждения, так же в комплексе с внешними воздействиями, в том числе с постоянным магнитным полем. По имеющимся данным действие постоянного магнитного поля с индукцией ( $B$ ) 9 и 12 Тл на сплав Al с 5,0 % мас. Си (количество примесей  $< 0,1$  % мас.), охлаждённого со скоростью  $\sim 1,0$  °C/c