

**В. А. Середенко, Е. В. Середенко, А. А. Паренюк**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

**СТРУКТУРА АЛЮМИНИЕВОМЕДНОГО СПЛАВА С ДОБАВКАМИ Mn и Ti,  
ЗАКРИСТАЛЛИЗОВАННОГО В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ ПРИ  
РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ**

Свойства сплавов системы Al-Cu, упрочняемых термообработкой (АЛ 19, ВАЛ 10 и т. п.), а также длительность и сложность этого процесса определяются дисперсностью и однородностью литой структуры сплава. Измельчение структуры достигается, в частности, повышением скорости охлаждения и применением внешних воздействий, в том числе, постоянного магнитного поля. Действие магнитного поля на сплав Al с Cu в условиях, характерных для обычных способов литья, исследовано недостаточно.

Изучалось влияние постоянного магнитного поля с индукцией (В) 0,1 Тл на литую структуру сплава типа ВАЛ 10 (5,0 % Cu, 0,35 % Mn, 0,02 % Ti, примеси Fe и Si ~ 0,1 %), охлаждённого и затвердевшего со скоростями (u) ~ 10, 25 и 50 °C/с. Контрольные эксперименты проводились без воздействия поля. В литой структуре сплава, полученного при В = 0 Тл наблюдались зёрна  $\alpha$  – твёрдого раствора алюминия, включения фаз  $\text{CuAl}_2$ ,  $\text{Al}_{12}\text{Mn}_2\text{Cu}$ ,  $\text{Al}_3\text{Ti}$  и  $\text{FeAl}_3$  в межзёренном пространстве. Обнаружено, что под воздействием магнитного поля вместо игольчатой фазы  $\text{FeAl}_3$  образовались компактные и разветвлённые включения  $\alpha(\text{AlSiFe})$ -фазы.

В таблице показано действие скорости охлаждения и магнитного поля на средние размеры зёрен (d) и ширины межзёренных пространств (b). Из таблицы следует, что с ростом скорости охлаждения сплава как при В = 0 Тл, так и при В = 0,1 Тл размеры его структурных составляющих уменьшаются. Увеличение скорости охлаждения повысило эффективность действия магнитного поля. Величина d при u = 50 °C/с и В = 0 Тл была аналогична этой характеристике под воздействием поля на сплав, но при вдвое меньшей скорости его охлаждения. Наложение магнитного поля привело к увеличению колебаний d, по сравнению с контрольным сплавом, но сохранилась тенденция к их уменьшению с ростом скорости охлаждения. Ширина межзёренных пространств в сплаве, обработанном магнитным полем при u ~ 10 °C/с была на уровне этой характеристики в металле,

### Параметры литой структуры сплава

u, °C/c	d, мкм	b, мкм
	B = 0,0 Тл	
10	46,70 ± 3,77	6,39 ± 1,53
25	35,40 ± 3,48	5,33 ± 0,76
50	27,75 ± 2,76	4,73 ± 1,99
B = 0,1 Тл		
10	48,17 ± 5,61	5,09 ± 0,26
25	27,63 ± 4,13	3,19 ± 0,45
50	20,91 ± 2,46	3,40 ± 0,71

полученном без воздействия поля при значительно более высокой скорости охлаждения – 25 °C/c. Применение слабого магнитного поля при u ~ 25 °C/c позволило сократить величину b в большей степени, чем скорость охлаждения 50 °C/c контрольного сплава. Колебания значений b под воздействием магнитного поля значительно сократились: при u ~ 10 °C/c в 5,9 раза, u ~ 25 °C/c в 1,7 раза и при u ~ 50 °C/c в 2,8 раза.

Таким образом, слабое магнитное поле способствует формированию компактных и разветвлённых включений железосодержащей фазы -  $\alpha(\text{AlSiFe})$  вместо игольчатых выделений соединения  $\text{FeAl}_3$ . Так же под воздействием постоянного магнитного поля уменьшается ширина межзёренных пространств в материале. Это, вероятно, связано с перераспределением компонентов сплава между зёрнами и их границами. Магнитное поле усиливает тенденцию уменьшения размеров зёрен сплава с ростом его скорости охлаждения. Данное проявление действия наиболее эффективно при скорости охлаждения сплава ~ 25 °C/c и аналогично охлаждению сплава без наложения поля со скоростью ~ 50 °C/c. Величина ширины границ между зёрнами сплава при скорости охлаждения ~ 10 °C/c под воздействием постоянного магнитного поля достигает уровня её значения в сплаве не обработанном полем при охлаждении со скоростью ~ 25 °C/c. Обработка сплава магнитным полем способствует увеличению однородности распределения фаз по границам зёрен, что проявляется в уменьшении колебаний значений ширины межзёренных пространств.