

пектральных исследований. Анализ данных эксперимента и количественных расчетов диффузии цинка позволяет утверждать, что образование фаз осуществляется путем объединения кластеров, содержащих атомы Al, Si, Fe, Zn, поступающих к межфазной границе растущего кристалла в результате массопереноса.

УДК 669.782:536.66

А.Г. Пригунова¹, М.В Кошелев², С.С. Петров³, С.В. Пригунов³

¹Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев;

²Институт проблем материаловедения им. И.Н.Францевича НАН Украины, Киев;

³Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

С целью разработки эффективных способов модифицирования силуминов исследовано влияние обработки расплава однополярным импульсным электрическим током по специально разработанным режимам (*II, j↑* и *III, j↑↑*) на температуры и термодинамические характеристики фазовых превращений при нагреве и охлаждении, микроструктуру заэвтектического сплава Al-18,5 мас. % Si. Отличие *II, j↑* и *III, j↑↑* - в более высоких плотностях тока при режиме *III, j↑↑*. Результаты дифференциального термического анализа (ДТА) приведены в таблице.

Таблица

Параметры кристаллизации сплава Al - 18,5 мас. % Si по данным ДТА

Образец	$T_{н1}$	$T_{р1}$	$T_{н2}$	$T_{р2}$	ΔT_p	ΔT_1	ΔT_2	Δt	Δt_1	ΔH^1	ΔH^2
Исходный	898	880	843	830	50	55	94	920	390	-14,7	-
Обработка II, j↑	918	891	838	816	75	80	101	1300	540	-6,8	-
Обработка III, j↑↑	923	889	840	824	65	99	84	1170	420	-	-
	384,9										
	367,5										
	376,6										

Примечание: индекс 1 – Si-фаза, индекс 2 – эвтектика, T_n – температура начала кристаллизации, К; T_p – температура пика (максимальной скорости тепловыделения), К; ΔT – интервал температур, К; Δt – продолжительность кристаллизации, с; ΔH – удельная теплота кристаллизации, Дж/г.

Обработка заэвтектического силумина в жидком состоянии периодическим (циклическим) однополярным импульсным электрическим током по специальным

режимам и способам подачи сигнала изменяет его строение, уменьшает степень микронеоднородности. Изменение ближнего порядка атомов в кремнийсодержащих кластерах, уменьшение их размера и объёмной доли приводит к уменьшению удельной теплоты кристаллизации первичных кристаллов кремния (Si^1) более, чем на 50 %, эвтектики на 2 – 4 %, повышению температуры ликвидус сплава на 20 – 25 К и снижению температуры солидус на 6 – 14 К по сравнению с характеристиками сплава, не обработанного электрическим током.

В зависимости от режимов обработки расплава электрическим током, при кристаллизации образуются новые модификации кремния с металлическим типом межатомного взаимодействия, уменьшается размер и количество Si^1 по сравнению с заэвтектическим силумином, модифицированным фосфористой медью, вплоть до полного их отсутствия в микроструктуре при исследованиях стандартными методами световой микроскопии. Формируется тонкодифференцированная $\alpha-Al+\beta-Si$ эвтектика со сфероподобными кристаллами эвтектического кремния.

По сравнению с исходным сплавом, в котором объёмная доля Si^1 по данным ДТА составляет 9,7 %, обработка расплава импульсным электрическим током по режиму II, $j \uparrow$ приводит к уменьшению их количества в 1,5 раза (6,5 %), а при режиме III, $j \uparrow \uparrow$ – в 3,6 раза (2,7 %). Сравнение данных ДТА и металлографического анализа показало, что кажущееся отсутствие Si^1 в микроструктуре сплава, обработанного в жидком состоянии электрическим током по режиму III, $j \uparrow \uparrow$, связано с уменьшением их размера до значений, находящихся за пределами разрешающей способности оптического микроскопа. Методом растровой электронной микроскопии установлено, что металлизация межатомных связей способствует дендритному росту эвтектических кристаллов кремния с наноразмерной толщиной плоских ветвей, а также образованию Si^1 трубчатой формы с диаметром поперечного сечения около 100 нм, толщиной стенок – порядка 40 нм.

Изменения в фазовом составе, уменьшение размера структурных составляющих в сплаве Al – 18,5 мас. % Si, обработанном импульсным электрическим током по режиму II, $j \uparrow$, приводят к сокращению температурного интервала плавления Si^1 более, чем в три раза, и понижению температуры плавления сплава по сравнению с исходным на 50 К. При увеличении интервала и времени кристаллизации заэвтектического силумина, обработанного в жидком состоянии электрическим током (см. табл.), усиление металлизации межатомных связей обуславливает некоторое сокращение времени кристаллизации Si^1 в общей продолжительности процесса кристаллизации сплавов. В частности, в исходном сплаве период их формирования со-

ставляет 43,15 %, в сплавах, обработанных электрическим током, соответственно 41,6 % и 35,7 % при режимах II, $j \uparrow$ и III, $j \uparrow \uparrow$.

УДК 517.972.8

И.В. Прокопович, М.А. Духанина, М.М. Костина, К.В. Волянская
Одесский национальный политехнический университет, Одесса

УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОК ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

По существующим представлениям сложный объект – это система, обладающая эмерджентностью, т.е. состоящая из множества взаимодействующих составляющих (подсистем), вследствие чего сложная система приобретает новые свойства, которые отсутствуют на подсистемном уровне и не могут быть сведены к свойствам подсистемного уровня [1, 2]. Эмерджентность в теории систем – наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её элементам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов [3].

С другой стороны, даже весьма сложный объект, в зависимости от задач его анализа, может считаться простым (в метеорологии, например, многомиллионный мегаполис считают точкой, обладающей одним параметром – температурой) и, наоборот, простая композиционная двухкомпонентная отливка (например, антифрикционная втулка) проявляет ярко выраженную эмерджентность.

Поэтому строгое определение сложной системы ещё не найдено, говорят только о некоторых общих чертах сложной системы как объекта управления [4]:

- отсутствие полного математического описания или алгоритма,
- «зашумленность», выраженная в затруднении наблюдения и управления, обусловленная не столько наличием генераторов случайных помех, сколько большим количеством второстепенных для целей управления процессов,
- «нетерпимость» к управлению: система существует не для того, чтобы ею управляли,
- нестационарность, выражающаяся в дрейфе характеристик, изменении параметров, эволюции почти всех свойств во времени,