

Таблица 3. Влияние микролегирования и рафинирования на свойства силумина (10% Si 0,5% Fe 0,3% Mn 0,25% Mg) с 30% сплава АК9

Состояние сплава	Механические свойства в литом состоянии		
	$\sigma_{\text{в}}$ , кг/мм <sup>2</sup>	НВ, кг/мм <sup>2</sup>	$\delta$ , %
Исходный силумин	18,2	54	6,0
+30% АК9	17,8	57	3,0
+30% АК9, 0,05% S и 0,5% флюса	19,8	58	5,5

ния. Расчеты показывают, что количество сплава АК9 в шихте не должно превышать 30%. Механические свойства силумина с указанным количеством в шихте вторичного сырья показаны в табл. 3.

Из табл. 3 следует, что при замене 30% первичного сырья вторичным сплавом АК9 с последующим микролегированием серой и обработкой флюсом, механические свойства сплава АЛ4 остаются достаточно высокими.

Резюме. На основании приведенных в работе исследований следует, что частичная замена первичных шихтовых материалов вторичным сырьем с последующим рафинированием жидким универсальным флюсом и микролегированием не ухудшает механических свойств сплава АЛ4. Результаты исследований внедряются на Минском моторном заводе.

УДК 621.74:669.715

А.М. Галушко, канд.техн.наук,  
Г.В. Довнар, Б.М. Немене -  
нок

### ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И СОЕДИНЕНИЙ НА ВЕЛИЧИНУ ЗЕРНА АЛЮМИНИЯ

В работе изучено влияние микролегирования на величину переохлаждения алюминия марки А995 с одновременной оценкой действия вводимых присадок на его макроструктуру. В опытах применена методика термического анализа с использованием в качестве регистрирующего прибора пирометра ФПК-59. Величина переохлаждения фиксировалась с точностью до  $\pm 0,06^{\circ}\text{C}$ .

На рис. 1 представлена зависимость числа зерен алюминия на единице площади шлифа и переохлаждение расплава от величины вводимой добавки элементов 4-го периода. Анализ кон-

центрационных зависимостей числа зерен и переохлаждения показывает, что при определенной величине добавки наблюдается резкий перегиб кривых. Так, при введении титана, ванадия и хрома можно считать, что критическая концентрация составляет соответственно 0,2; 0,1 и 0,4%, что весьма близко совпадает со значениями концентрации элементов в перитектике. Переохлаждение жидкого расплава при этом уменьшается с 3 до 1—0,5°С, число зерен увеличивается в 2,5—10 раз. Наиболее эффективным измельчением зерна является титан. В опытах установлено, что добавки марганца могут измельчать зерно алюминия более чем в три раза при введении его в количестве свыше эвтектического (эвтектика содержит 1,82% Mn ).

Резкое возрастание микролегирующего эффекта и снижение переохлаждения расплава при добавках переходных металлов свыше трехфазной точки могут быть связаны только с появлением дополнительных центров кристаллизации, которыми являются частички первичных фаз.

С точки зрения термодинамики гетерогенного затвердевания качество подложки как катализатора характеризуется косинусом краевого угла смачивания. Увеличение доли сильных ковалентных и ионных связей влечет за собой ухудшение смачивания. В работах В.С. Синельниковой [1,2] установлено, что наиболее прочными в энергетическом отношении алюминиды являются те, которые образованы переходными металлами с заполненной d-электронной оболочкой (в частности, d-оболочки, содержащей 5 и 10 электронов). При этом такие алюминиды могут даже проявлять полупроводниковые свойства, т.е. являться кристаллами с ковалентным типом связи.

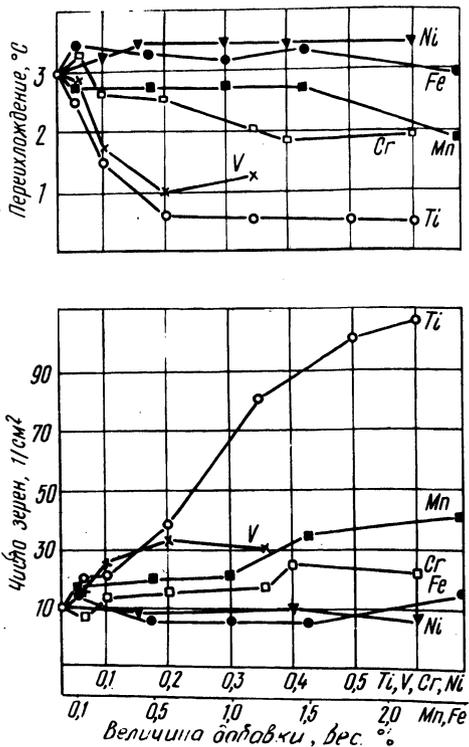


Рис. 1. Влияние добавок некоторых переходных металлов на число зерен и величину переохлаждения алюминия марки А986.

Таблица 1. Смачиваемость алюминием тугоплавких соединений

Соединения	Температура испытаний, °C	Угол смачивания, град
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	800	170
	1200	48
NbN	800	156
	1200	136
CrB <sub>2</sub>	800	96
	1200	36
TiC	700	118
	1150	20
Mo <sub>2</sub> C	900	118
	1150	20

Таблица 2. Влияние добавок тугоплавких соединений на число зерен алюминия марки А995

Используемые материалы	Температура микролегирования, °C	Число зерен на 1 см <sup>2</sup> площади шлифа
Алюминий марки А995 без добавок	800	7
	1200	12
с добавкой: 0,5% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	800	10
	1200	15
0,3% CrB <sub>2</sub>	800	64
	1200	40
0,5% TiC	800	40
	1200	150
0,5% Mo <sub>2</sub> C	800	40
	1200	200

Наибольший интерес для исследований представляют соединения переходных металлов типа карбидов, нитридов и боридов. Анализ атомного строения этих соединений позволяет предполагать, что смачиваемость их алюминием будет убывать в ряду карбид—борид—нитрид. Минимальные значения угла смачивания наблюдаются у карбидов титана и молибдена, а также боридов хрома и титана (табл. 1) [3,4]. Причем с повышением температуры свыше 1150—1200°C краевой угол смачивания данных соединений резко уменьшается.

Исследовалось влияние величины добавок TiC, Mo<sub>2</sub>C, CrB<sub>2</sub> и для сравнения — добавок Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на размер зерен алюминия марки А995. Добавки карбидов титана и молибдена при небольшой температуре (800°C) незначительно измельчают кристаллическое строение слитков (табл. 2). Однако при повышении температуры расплава выше "порога смачиваемости" данные соединения способствуют резкому увеличению числа активных зародышей. Полученный эффект измельчения зерна по своей величине значительно превосходит результат микролегирования алюминия титаном.

Резюме. Исследование процесса микролегирования с помощью термического анализа позволило уточнить некоторые стороны механизма гетерогенного затвердевания и установить принципиальную возможность получения сильного эффекта измельчения зерна алюминия при введении в расплав определенных тугоплавких соединений.

### Л и т е р а т у р а

1. Синельникова В.С. Металлохимия алюминидов. — В сб.: Металловедение. М., 1971. 2. Синельникова В.С. и др. Алюминиды. Киев, 1965. 3. Найдич Ю.В. Контактные явления в металлических расплавах. Киев, 1972. 4. Самсонов Г.В., Эпик А.П. Тугоплавкие покрытия. М., 1973.

УДК 621.746.6:536.238.2

В.Ф. Соболев, канд.техн.наук

### ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА ДЕНДРИТНУЮ ЛИКВАЦИЮ В СПЛАВЕ

При затвердевании металла на границе раздела твердой и жидкой фаз возникают поверхностные силы. Под действием этих сил образуется поверхностный слой, обладающий избыточной свободной энергией по сравнению с фазами, из которых он образовался. Эта энергия обусловлена различием межмолекулярных воздействий в соприкасающихся фазах. Гиббсом показано, что в условиях равновесия избыточная энергия поверхностного слоя имеет минимальное значение при постоянном объеме кристалла, [1] т.е.

$$\sum (\sigma_i S_i) = \min .$$

Произведение поверхностного натяжения ( $\sigma_i$ ) и площади поверхности ( $S_i$ ) можно рассматривать как свободную избыточную энергию, связанную с поверхностью раздела в системе, в которой температура и химические потенциалы поддерживаются постоянными. Эта энергия является одной из важнейших характеристик фазового равновесия. В связи с этим представляло интерес изучить влияние добавок, изменяющих эту энергию, на распределение элементов сплава.

Исследования проводили на сплаве алюминий — медь. Изучено распределение меди по сечению зерен отливок микролегированных Ca, Sn, Ni. Распределение меди изучали с помощью