

А. А. Щерецкий, В. П. Головаченко, В. М. Дука

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ВЛИЯНИЕ МОРФОЛОГИИ ПЕРВИЧНЫХ КРИСТАЛЛОВ α -ТВЕРДОГО РАСТВОРА В АЛЮМИНИЕВЫХ ОТЛИВКАХ НА ИХ ТЕРМОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Приведены термофизические характеристики литых образцов с дендритной и розеточной микроструктурой (температура и теплота распада пересыщенного твердого раствора алюминия, теплота плавления). Исследована взаимосвязь модуля упругости (E') и внутреннего трения ($tg \alpha$) в зависимости от температуры испытаний и морфологии кристаллов α -твердого раствора. Показано, что образцы с дендритной микроструктурой имеют более высокие показатели упругих свойств по сравнению с образцами с розеточной структурой.

Ключевые слова: модуль упругости, внутреннее трение, температура, α -твердый раствор, морфология, литье в кокиль.

Наведено термофізичні характеристики литих зразків з дендритною та розеткоподібною микроструктурою (температура та теплота розпаду пересиченого твердого розчину алюмінію, теплота плавлення). Досліджено взаємозв'язок модуля пружності (E') та внутрішнього тертя ($tg \alpha$) залежно від температури випробувань та морфології α -твердого розчину. Показано, що зразки з дендритною микроструктурою мають більш високі показники пружних властивостей у порівнянні зі зразками з розеткоподібною структурою.

Ключові слова: модуль пружності, внутрішнє тертя, температура, α -твердий розчин, морфологія, лиття в кокиль.

Thermophysical behaviour of the cast parts with a dendritic and rosette-like α -Al microstructure (temperature and heat of disintegration of supersaturated α -solid solution, fusion heat). It was studied interdependence of the elastic modulus (E') and internal friction ($tg \alpha$) depending on the temperature of tests and morphology α -solid solution. It is shown that parts with a dendritic microstructure have high indexes of elastic characteristics as compared to parts with a rosette-like structure.

Keywords: elastic modulus, internal friction, temperature, α -solid solution, morphology, gravity die casting.

Прогрессивные процессы рео- и тиксолия алюминевых сплавов базируются на использовании металлической суспензии с недендритной морфологией α -твердого раствора.

Исследование сравнительных термофизических характеристик отливок с дендритной и недендритной структурой, полученных с использованием новых технологий, является актуальной задачей металловедения и литейного производства, и может найти практическое применение в процессах плавки и упрочняющей термической обработки алюминевых сплавов.

Литые образцы ($\varnothing 50 \times 30$ мм) из алюминевого сплава АК7ч получали литьем в тонкостенный подогретый кокиль для двух температур заливки: 620 и 680 °С, аналогично прямому термическому методу реолия [1, 2]. Скорость охлаждения металла при его кристаллизации составляла 0,3-0,7 °С/с.

Анализ макро- и микроструктур образцов, полученных при температуре заливки 680 °С (рис. 1, а), выявил типичную дендритную структуру первичных кристаллов.

Кристаллизация и структурообразование сплавов

Измерение термофизических характеристик опытных образцов с различной морфологией кристаллов α -твердого раствора проводили с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Исследование методом ДСК проводилось на приборе STA 449 F1 немецкой фирмы NETZSCH. Эксперименты проводили в динамической (40 мл/мин.) атмосфере высокочистого аргона. Все образцы исследовали при скорости нагрева 20 °С/мин. Результаты исследований представлены в таблице и на рис. 2.

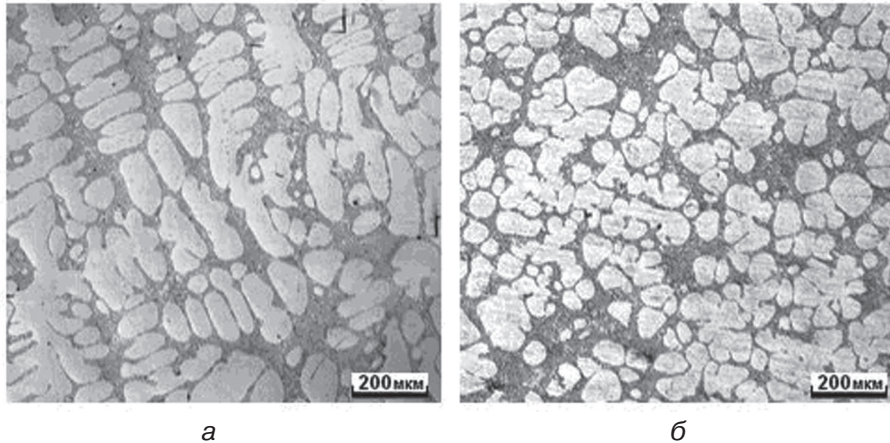


Рис. 1. Дендритная (а) и недендритная (б) микроструктура отливок, полученных в условиях литья в тонкостенный кокиль из сплава АК7ч

Как следует из таблицы, образцы с розеточной микроструктурой α -твердого раствора имеют температуру плавления выше на 1,4 °С, большую теплоту плавления (на 34,3 Дж/г), содержание эвтектики больше на 0,8 % и меньшее пересыщение α -твердого раствора алюминия.

Термофизические характеристики опытных образцов из сплава марки АК7ч

Образец	$T_{р.т.}, ^\circ\text{C}$	$T_{пл.}, ^\circ\text{C}$	$-\Delta H_{пл.}, \text{Дж/г}$	$\Delta H_{р.т.}, \text{Дж/г}$	Количество эвтектики, %
с дендритной структурой	195,1	578,7	505,7	14,28	77,3 *
с глобулярной структурой	189,6	580,1	540,0	12,61	78,1

* $T_{р.т.}, ^\circ\text{C}$ – температура начала распада пересыщенного твердого раствора алюминия; $T_{пл.}, ^\circ\text{C}$ – температура начала плавления; $\Delta H_{пл.}, \text{Дж/г}$ – теплота плавления; $\Delta H_{р.т.}, \text{Дж/г}$ теплота распада пересыщенного твердого раствора алюминия

Такое различие в термофизических характеристиках сплавов можно объяснить ликвацией эвтектической составляющей сплава, поскольку образцы для исследований были вырезаны из центральной части отливок, где для случая низкотемпературной заливки в структуре образцов наблюдали большие эвтектические области между первичными кристаллами α -твердого раствора.

Дополнительно исследовали методом динамического механического анализа (ДМА) [3] влияние морфологии первичных кристаллов α -твердого раствора на изменение упругих свойств алюминиевых образцов в зависимости от температуры.

На рис. 3 приведены результаты исследований изменения упругих свойств образцов в зависимости от температуры. Образцы с дендритной структурой имели значительно большие значения модуля Юнга и внутреннего трения (кривые 2, 4), чем

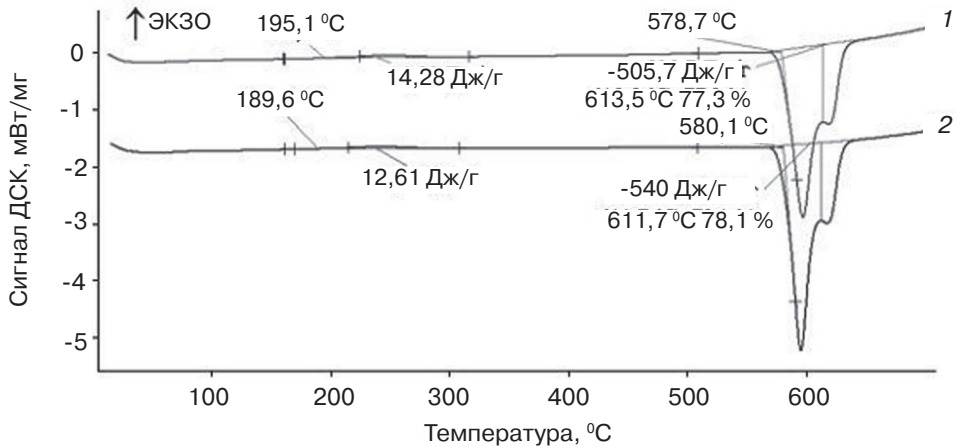
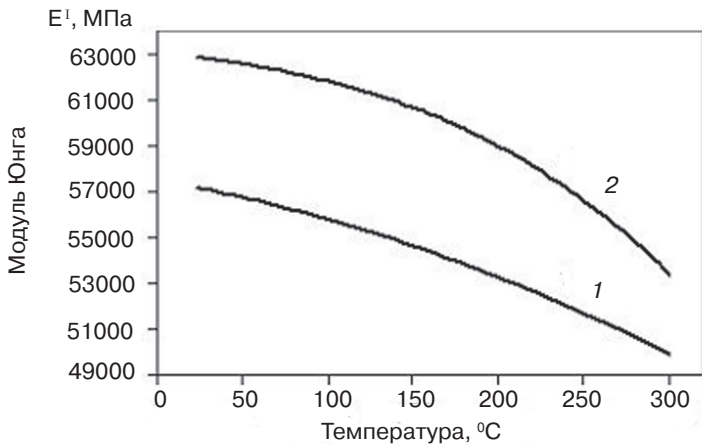
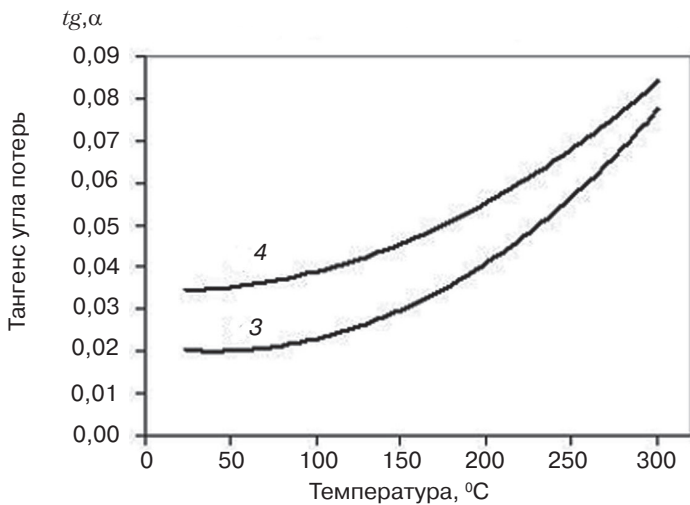


Рис. 2. ДСК термограммы образцов из сплава АК7с с дендритной (1) и недендритной (2) структурой, полученных литьем в тонкостенный кокиль



а



б

Рис. 3. Температурные зависимости упругих свойств образцов из сплава АК7с с дендритной (2, 4) и недендритной (1, 3) структурой, полученных литьем в тонкостенный кокиль

образцы с розеточной структурой (кривые 1, 3). Это можно объяснить как неоднородностью распределения эвтектических областей между первичными кристаллами α -твердого раствора в образцах с недендритной структурой, так и менее прочным межкристаллитным каркасом розеточных зерен.



References

1. *Browne D. J., Hussey M. J., Carr A. J., Brabazon D.* Direct thermal method: new process for development of globular alloy microstructure. *International Journal of Cast Metals Research*, 2003, Vol. 16, No. 4, pp. 418-426.
2. *Browne, D.J., Hussey, M.J., Carr, A.J.*, «Towards optimisation of the Direct Thermal Method of rheocasting», *Proceedings of the 8th International Conference on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites*, Eds. D. Apelian, A. Alexandrou, G. Gergiou, J. Jorstad and M. Makhlof, (CD-ROM), Limassol, Cyprus, 21-23 September 2004.
3. *Menard Kevin P.* *Dynamic Mechanical Analysis*. – CRC Press LLC, 1999.

Поступила 19.09.2016