

УДК 669.715:621.78.084

Особливості утворення недендритної структури в зразках зі сплаву АК7ч

В.М. Дука*

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ



Досліджували вплив режимів охолодження зразків зі сплаву АК7ч в рідкому та твердорідкому стані на литу структуру. Встановлено, що кристалізація сплаву з недендритною морфологією первинних кристалів α -фази супроводжується відсутністю рекалесценції температури на кривих охолодження, що пов'язано з фізичним модифікуванням розплаву шляхом прискореного охолодження в передкристалізаційній області температур.

Перспективним напрямком отримання новітніх матеріалів та технологій в сфері ливарного виробництва є формування виливків з частково закристалізованих алюмінієвих сплавів. Суть напрямку полягає у формоутворенні виливків при заливці металу у твердорідкому стані, при забезпеченні умов, коли затверділа частина сплаву знаходиться у вигляді дисперсних глобулярних зерен алюмінієвого твердого розчину.

Незважаючи на значну кількість технологій, що реалізують трансформацію частини розплаву в дисперсні глобулярні зерна твердого металу, механізм утворення такої морфології кристалів остаточно не вивчено. Вважають, що природа їх перетворень забезпечується множинним зародкоутворенням на початку процесу кристалізації.

В основу досліджень покладено ідею щодо можливості регулювання розмірів та ступеня упорядкованості кластерів в передкристалізаційній області температур зміною швидкості охолодження розплаву. Зміна процесів утворення й розпаду кластерних структур при різній інтенсивності зниження температури розплаву, може призводити до зміни характеру зародкоутворення та умов зростання твердої фази. Наступний ріст кристалів, що переважно залежить від переохолодження, за рахунок різних умов тепловідбору при кристалізації, забезпечує певну морфологію зерен. Тому в роботі досліджувався вплив режимів охолодження сплаву АК7ч в рідкому та твердорідкому стані на морфологію первинних кристалів на основі алюмінію.

Дослідження проведені на сплаві АК7ч (7,5 % Si, 0,29 % Mg, 0,12 % Fe, 0,028 % Mn, 0,005 % Cu, 0,0015 % Ti), який розплавляли в графіто-шамотному тиглі з перегрівом до температури 710 ± 5 °С.

Методика експериментів по дослідженню умов охолодження на структуру зразків зі сплаву АК7ч полягала у відборі проб металу вагою 30 ± 4 г в циліндричну

* Третя премія ім. М.П. Брауна

Науковий керівник роботи член-кореспондент НАН України Борисов Г.П.

графітову пробницю [1] з термопарою в тепловому центрі та наступного регламентованого охолодження (таблиця). Спочатку сплав охолоджували зі швидкістю $4,2 \pm 0,1$ °C/с (на повітрі) або 32 ± 2 °C/с (у воді) до температури 620 ± 5 °C, що вище температури ліквідус сплаву на $5 - 10$ °C. Далі пробницю встановлювали в спеціальну підставку або форму для охолодження зі швидкістю $0,6 - 12,6$ °C/с при

Умови охолодження зразків зі сплаву АК7ч

Режим охолодження	Середні швидкості охолодження сплаву (°C/с) в інтервалах температур	
	680 °C – 620 °C	600 °C – 570 °C
1	4,1	0,9
2	4,3	1,7
3	4,3	0,7
4	30,9	12,6
5	33,5	3,2
6	34,8	1,9
7	29,6	0,6

кристалізації первинної α -фази. Від температури 570 ± 2 °C проводилось гартування сплаву на воду для кращої ідентифікації первинних α -зерен на фоні високодиференційованих алюміній-кремнієвих евтектичних колоній внаслідок прискореного охолодження ($9 - 17$ °C/с).

Швидкості охолодження розраховувались на основі отриманих даних кривих охолодження проб металу.

Структура зразків сплаву досліджувалась по поверхні шліфів, зроблених на поздовжніх розрізах. Для виявлення мікроструктури застосовували хімічне травлення реактивом Келлера (0,5 мл HF, 2,5 мл HNO₃, 1,5 мл HCl, 100 мл H₂O). Тривалість травлення складала $5 - 10$ с.

В результаті досліджень встановлено, що під впливом режимів охолодження отримані різні характери кривих охолодження сплаву АК7ч, що супроводжується в певних випадках зміною морфології первинних кристалів α -твердого розчину від дендритної до недендритної.

У випадку охолодження сплаву АК7ч за режимами 5 та 7 морфологія первинних кристалів α -твердого розчину набуває недендритних форм (рис. 1 а, б). При цьому середній розмір отриманих кристалів знаходиться в межах $70 - 150$ мкм, на відміну від інших режимів охолодження, за яких розмір кристалів характеризується міліметрами ($3 - 5$ мм) з розміром дендритної комірки від 20 мкм (рис. 1 в) до 50 мкм (рис. 1 г).

Реалізація кристалізації сплаву у вигляді округлих кристалів та у формі розеток супроводжується відсутністю висхідної частини (рекалесценції) та періоду стояння ліквідус сплаву на температурних кривих (рис. 2). Припускається, що це може бути пов'язано зі зменшенням швидкості виділення прихованої теплоти кристалізації, – за рахунок збільшення центрів кристалізації в об'ємі металу та уповільненого зростання з них кристалів, які не втрачають стійкість округлої фазової границі, що обумовлено переважним впливом поверхневого натягу на початкових стадіях кристалізації розплаву.

Вважають [2], що стояння температури ліквідус, є дуже важливою характеристикою процесу твердіння розплаву сплавів, що кристалізуються в інтервалі температур. Оскільки, в той момент часу, коли стояння ліквідусу закінчується, і, відповідно, починається кристалізація розплаву в центрі виливка, двофазна зона досягає найбільшої довжини. По суті вся частина, виливка, що незатверділа, є двофазною зоною [2]. Тобто, відсутність на кривій охолодження рекалесценції та періоду стояння температури ліквідус, частково може бути показником об'ємної кристалізації порції сплаву в експериментальних умовах охолодження. Також відомо, що після

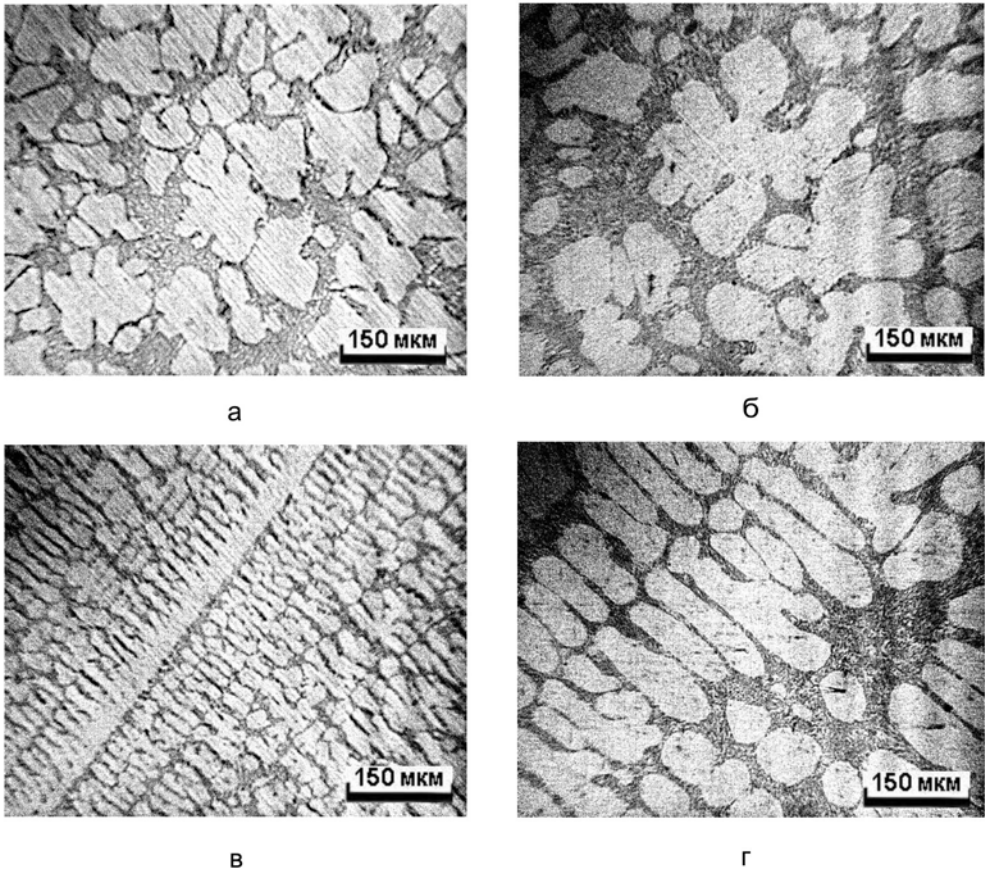


Рис. 1. Морфологія первинних кристалів α -фази в структурі сплаву АК7ч, що охолоджували за режимами: а – режим 5, б – режим 7, в – режим 4, г – режим 3.

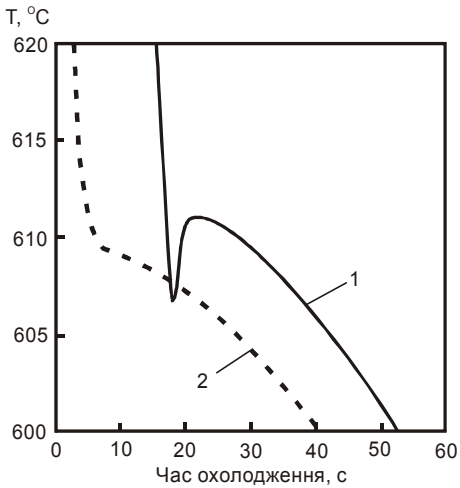


Рис. 2. Криві охолодження на початку кристалізації зразків сплаву АК7ч. 1 – режим 3, 2 – режим 7.

модифікування розплаву введенням певних мікродобавок на кривих охолодження рекалесценції температури можуть значно зменшитись або зовсім зникнути [3, 4]. Таким чином, можна стверджувати, що в певному вигляді подібний ефект отриманий в даному дослідженні за допомогою фізичного модифікування розплаву шляхом прискореного охолодження в передкристалізаційній області температур.

Дана особливість кристалізації, що спостерігається, може слугувати орієнтиром для прогнозування недендритної кристалізації сплаву.

Література

1. Смутьский А.А. Определение свойств и управление качеством литейных алюминиево-кремниевых сплавов. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук / КПИ. – Киев, 1982. – 17 с.
2. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. Ч.1. – М.: Машиностроение, 1976. – С. 114.
3. L. Backerud, G. Chai, J. Tamminen Solidification characteristics of aluminum alloys. Vol. 2. // Foundry Alloys. – 1990. – P. 16 – 19.
4. Доний А.Н. Управление качеством алюминиевых сплавов с использованием термического анализа. Дисс. ... канд. техн. наук / КПИ. – Киев, 1989. – 162 с.

В.М. Дука

Особенности образования недендритной структуры в образцах из сплава АК7ч

Резюме

Исследовали влияние режимов охлаждения образцов из сплава АК7ч в жидком и твердожидком состоянии на литую структуру. Установлено, что кристаллизация сплава с недендритной морфологией первичных кристаллов α -Al фазы сопровождается отсутствием рекалесценции температуры на кривых охлаждения, что связано с физическим модифицированием расплава путем ускоренного охлаждения в предкристаллизационной области температур.

V.M. Duka

Peculiarities of formation of nondendritic structure in samples of AK7ч alloy

Summary

Influence of cooling modes of samples of AK7ч alloy in liquid and semisolid conditions was investigated. It is established that crystallization of the alloy with nondendritic morphology of α -Al primary crystals is accompanied by the absence of a recalescence of temperature on cooling curves that is connected with physical modification of the melt by rapid cooling in precrystallization temperature region.