

Вплив морфології литої структури сплаву АК7ч на коефіцієнт тертя

А. Г. Борисов, кандидат фізико-математичних наук

А. М. Недужий

А. С. Затуловський, доктор технічних наук

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

Досліджено зразки сплаву АК7ч з дендритною та недендритною структурою та визначені їх коефіцієнти тертя. Встановлено, що для дендритної структури коефіцієнт тертя децю більший порівняно з недендритною. Отриманий результат може бути наслідком більшої однорідності α -фази, іншого характеру розподілу евтектики в сплаві з недендритною структурою, а також більших значень мікротвердості евтектики і α -фази сплаву з такою структурою.

Останнім часом широке розповсюдження отримали методи лиття з рідко-твердого стану, в яких тверда фаза має глобулярну або розеткову морфологію [1 – 3]. Такі технології дозволяють суттєво підвищити щільність литого металу, знизити макросегрегацію та енергетичні витрати на виготовлення литих виробів. Серед таких методів найбільш прийнятними з економічної точки зору вважаються, так звані, “прямий термічний метод” [4], при якому недендритна структура отримується без примусового перемішування розплаву, та метод [5] з використанням додаткового утеплення сталевий форми для регулювання умовами охолодження розплаву.

Оскільки технології лиття алюмінієвих сплавів з рідко-твердого стану широко використовуються в автомобільній промисловості, зокрема для виготовлення деталей, що працюють в умовах тертя, важливим є визначення коефіцієнту тертя для таких сплавів. Виходячи з цього, метою роботи було одержання зразків з алюмінієвого сплаву АК7ч з дендритною і недендритною структурами з наступним визначенням та порівнянням коефіцієнтів тертя для цього сплаву з вказаними структурами.

Дослідження проводили з використанням сплаву марки АК7ч (за міжнародною класифікацією – сплав А356) хімічного складу (% за масою): Si – 7,5, Mg – 0,29, Fe – 0,12, Mn – 0,028, Cu – 0,005, Ti – 0,0015, Al – решта. Температуру ліквідус для кожної серії експериментів визначали методом термічного аналізу; в усіх експериментах вона складала 616 ± 1 °С.

Для визначення умов проведення експериментів використані дані роботи [6], в якій досліджено вплив параметрів прямого термічного методу (температур заливки, температур кокілю, та товщини стінок кокілю) на структуру кристалізації. В результаті були обрані умови, за яких можливо було очікувати формування як дендритної, так і недендритної морфології (табл. 1).

Вихідний сплав розплавляли в чавунному тиглі печі опору та перегрівали до досягнення температур 680 – 690 °С. Температуру розплаву в печі контролювали вимірювачем-регулятором температури з точністю ± 3 °С. Перед проведенням експериментів у муфельній печі нагрівали сталевий кокіль до заданої температури з наступною ізотермічною витримкою протягом 20 хвилин. Для одержання зразків з

Структура і фізико-механічні властивості

Таблиця 1
Умови кристалізації та структуроутворення сплаву

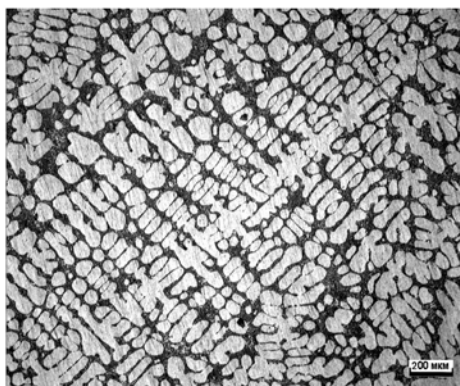
Номер технологічного режиму	Температура заливки розплаву, °С	Температура кокіля, °С	Температура гартування, °С
1	680	520	585
2	623	65	585

дендритною структурою за технологічним режимом № 1 заливку розплаву в кокіль здійснювали безпосередньо з перегрітого стану розплаву. Для одержання зразків з недендритною структурою після відбирання необхідної кількості розплаву ковшем, заливку здійснювали за режимом № 2. В процесі охолодження досліджуваного сплаву у формі його температуру контролювали термопарами типу К. Після досягнення необхідної температури для гартування сплав разом з формою охолоджували у водяній ванні для інтенсифікації тепловідбору.

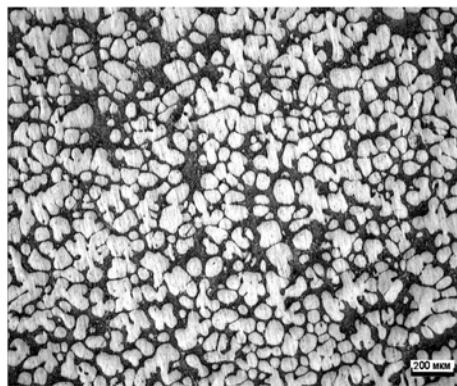
За кожним технологічним режимом було отримано по 2 зразки, один з яких використовували для аналізу мікроструктури сплаву, а з іншого виготовляли зразки для визначення коефіцієнта тертя.

Мікроструктуру виливків досліджували на шліфах, що були зроблені на поперечних розрізах зразків. Перед металографічним аналізом шліфи були попередньо протравлені реактивом Келлера (0,5 мл HF, 2,5 мл HNO₃, 1,5 мл HCl, 100 мл H₂O). Структуру сплаву досліджували в центральній частині зразка.

Було встановлено, що при заливці сплаву в форму за технологічним режимом № 1, формується дендритна структура з середнім значенням дендритного параметра (відстань між бічними гілками другого порядку) 42 мкм (рисунок а). Після ж заливання сплаву в кокіль за технологічним режимом № 2 утворюється недендритна структура з середнім розміром елементів первинної α -фази 87 мкм (рисунок б). При цьому також спостерігаються розеткоподібні розгалужені кристали з розмірами до 180 мкм.



а



б

Характерні структури сплаву АК7ч з дендритною (а) та недендритною (б) будовою. $\times 60$.

Наступним етапом роботи було визначення та порівняння коефіцієнтів тертя для зразків сплаву з різною структурою. Триботехнічні випробування проводили на зразках діаметром 10 мм та висотою 15 мм за схемою торцевого тертя (шлях – 1 км, швидкість – 0,5 м/с, навантаження – 5 кг).

Структура і фізико-механічні властивості

За результатами триботехнічних випробувань встановлено, що для зразків з дендритною і недендритною структурами коефіцієнт тертя становить 0,35 та 0,30 відповідно.

Тобто, зміна структури сплаву від дендритної до недендритної призводить до деякого зниження коефіцієнта тертя. Поясненням цього можуть бути саме морфологічні відмінності досліджуваних структур. По-перше, обидві структури суттєво відрізняються за ступенем анізотропії. На відміну від локальної (в межах одного зерна) впорядкованості дендритної структури, недендритна структура є переважно неупорядкованою та однорідною. По-друге, евтектична складова в зразках сплаву з дендритною структурою переважним чином розміщена в проміжках між бічними гілками дендритів, тобто “всередині зерна”, в той час як для недендритної структури, елементи α -фази якої значно менші за дендритні зерна, основна частка евтектики розміщена “між зернами”. По-третє, мікротвердість евтектики та α -фази глобулярної недендритної структури дещо вища за аналогічні значення дендритної структури (табл. 2).

Таблиця 2

Значення мікротвердості та коефіцієнтів тертя для дендритної і недендритної структур

Номер технологічного режиму	Мікроструктура α -фази	Мікротвердість, кг/мм ²		Коефіцієнт тертя
		α -фаза	евтектика	
1	дендритна	23,3	37,3	0,35
2	недендритна	26,0	40,8	0,30

Таким чином, в роботі показано, що зміна морфології первинної фази від дендритної до недендритної призводить до деякого зниження коефіцієнта тертя. В зв'язку з тим, що на триботехнічні властивості досліджуваного алюмінієвого сплаву більшою мірою впливають особливості і характеристики евтектики, а не α -фази, то скоріше за все одержаний результат можна пояснити іншим характером розташування евтектичної складової в литому сплаві з недендритною структурою та дещо більшим значенням її мікротвердості, ніж для сплаву з дендритною структурою.

Література

1. Олейник Л.В. Обзор методов производства тиксотропных материалов. // Технология легких сплавов. – 2001. – № 3. – С. 22 – 29.
2. Flemings M.C. Semi-solid forming – the process and the pass forward. // Metallurgical Science and Technology. – 2000. – 18, № 2. – P. 3 – 7.
3. Fan Z. Semisolid metal processing. // International Materials Reviews. – 2002. – 47, № 2. – P. 49 – 85.
4. Browne D.J. Direct thermal method: new process for development of globular alloy microstructure. // International journal of cast metals research. – 2003. – 16. – P. 418 – 426.
5. Недужий А.М., Дука В.М., Шеневіцько Л.К. Дослідження можливості одержання недендритної морфології структури первинної фази в заготовках із алюмінієвого сплаву АК7ч в ливарній формі. // Литьє-2012: Матеріали VIII Международной научно-практической конференции. Украина, г. Запорожье, май 2012. – С. 190 – 192.
6. Борисов А.Г. Розеткава та дендритна морфологія первинної фази при литті алюмінієвого сплаву в металевий кокіль. // Металознавство та обробка металів. – 2010. – № 4. – С. 13 – 18.

Одержано 30.05.12

А. Г. Борисов, А. Н. Недужий, А. С. Загуловский

Влияние морфологии литой структуры сплава АК7ч на коэффициент трения

Резюме

Исследованы образцы сплава АК7ч с дендритной и недендритной структурой и определены их коэффициенты трения. Установлено, что для дендритной структуры коэффициент трения несколько больший по сравнению с недендритной. Полученный результат может быть следствием большей однородности α -фазы, иного характера распределения эвтектики в сплаве с недендритной структурой, а также больших значений микротвердости эвтектики и α -фазы сплава с такой структурой.

A. G. Borisov, A. M. Neduzhyi, A. S. Zatulovskyi

Influence of morphology of cast structure in АК7ч alloy on friction coefficient

Summary

Samples of АК7ч alloy with dendritic and nondendritic structure were produced and friction coefficient were studied. It was found, that for dendritic structure the coefficient is slightly greater in comparison with nondendritic one. It can be resulted with higher homogeneity of α -phase, different character of eutectics distribution and larger values of microhardness of eutectics and α -phase for nondendritic structure in comparison with dendritic one.

УДК 669.18-621.746

Вплив розміру зерна фериту на характеристики жароміцності котельних труб з вуглецевої сталі

Л. В. Опришко, Т. В. Головняк

ДП «НДТІ», Дніпропетровськ

Досліджено вплив розміру зерна фериту на тривалу міцність і тривалу пластичність котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ). Обґрунтовано необхідність регламентування в нормативній документації на котельні труби з вуглецевої сталі додаткового показника мікроструктури – величини зерна фериту.

Труби з котельної сталі 20 (20-ПВ) у котлоагрегатах теплових електростанцій (ТЕС) становлять 60 – 80 % загального обсягу «трубчатки». За температур понад 400 °С (з урахуванням технологічних перегрівів до 500 °С) і тиску до 23,5 МПа труби зазнають деформації повзучості й руйнування, у зв'язку із чим до них висувають вимоги щодо жароміцності.