

Борисов А.Г., Недужий А.М., Затуловський А.С.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОРФОЛОГІЇ ПЕРВИННОГО АЛЮМІНІЮ В СПЛАВІ АК7ч НА ВЕЛИЧИНУ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ

E-mail: www.rogneda@ukr.net

Останнім часом широке розповсюдження отримали методи лиття з рідко-твердого стану, в яких тверда фаза має глобулярну або розеткову морфологію для забезпечення достатньої рідкоплинності. Такі технології, як відомо [1-3], дозволяють суттєво знизити макросегрегацію та поруватість, знизити споживання енергії та збільшити термін експлуатації ливарних форм. Серед численних методів найбільш прийнятними з економічної точки зору вбачаються так звані прямий термічний метод [4], в рамках якого недендритна структура отримується без примусового перемішування розплаву шляхом його заливки до металевих коклів, та метод [5] для одержання заготовок із алюмінієвого сплаву з недендритною структурою безпосередньо в сталевій формі. З огляду на перспективи практичного застосування цього методу важливим є питання щодо механічних характеристик виробів з недендритною структурою, отриманих з його застосуванням, у порівнянні з властивостями традиційних дендритних структур.

Виходячи з того, що технології лиття з рідко-твердого стану знаходять найширше використання для виготовлення автомобільних деталей з алюмінієвих сплавів [2], для яких важливими є триботехнічні характеристики, метою роботи було визначення та співставлення коефіцієнтів тертя для алюмінієвого сплаву АК7ч з дендритною і недендритною структурою α -фази, при цьому остання була отримана саме з використанням прямого термічного методу.

Дослідження проводилися з використанням сплаву марки АК7ч, що мав склад Al – 7,5% Si; 0,29% Mg; 0,12% Fe; 0,028% Mn; 0,005% Cu; 0,0015% Ti. (аналог за світовою класифікацією – сплав А356), який контролювався спектральним аналізом. Температура ліквідус для кожної серії експериментів визначалась незалежно за методом термічного аналізу і для усіх експериментів складала 616 ± 1 °C.

Для визначення умов заливки були використані дані попередньої роботи [6] де було проведено дослідження впливу параметрів прямого термічного методу (температур заливки $T_{\text{зал}}$, температур кокілю $T_{\text{к}}$, та товщини стінок кокілю) на структуру кристалізації. Обиралися такі умови (табл. 1), за яких можливо було очікувати формування як дендритної, так і недендритної морфології.

Таблиця 1 – Умови проведення експериментів

№ експерименту	Товщина стінки, мм	$T_{\text{зал}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{к}}, ^\circ\text{C}$	Умови охолодження	$T_{\text{заг}}, ^\circ\text{C}$
1	8	680	520	на повітрі	585
2	8	623	65	на повітрі	581

Вихідний сплав розплавляли в чавунному тиглі печі опору та перегрівали до досягнення температури 680°C . Температура розплаву контролювалася вимірником-регулятором температури з точністю $\pm 3^\circ\text{C}$. Паралельно у муфельній печі із заданою температурою ($\pm 5^\circ\text{C}$) нагрівався сталевий кокіль, який витримувався там після цього 20 хвилин. У першому експерименті заливка розплаву здійснювалась за допомогою ковша безпосередньо з високоперегрітого стану розплаву. В другому експерименті, після відбирання необхідної кількості розплаву ковшем, він охолоджувався на повітрі до температури 623°C , яка контролювалася термопарами типу К, після чого здійснювалась заливка. У кожному з експериментів було отримано по 2 виливки, один з яких використовувався для контролю отриманої мікроструктури, а з іншого виготовлялися зразки для дослідження коефіцієнту тертя.

В процесі охолодження виливків їх температура контролювалася термопарами, і при досягненні температури, близької до евтектичної, вони гартувалися у воді з метою отримати більш чітке зображення структури.

Мікроструктура виливків досліджувалась на шліфах, які були зроблені на поперечних розрізах зразків. Шліфи були протравлені реактивом Келлера (0,5 мл HF; 2,5 мл HNO_3 ; 1,5 мл HCl; 100 мл H_2O).

Металографічні дослідження проводили за допомогою оптичного мікроскопу МІМ-8М та спеціальної цифрової камери DCM130, що дозволяла виводити зображення мікроструктури на екран персонального комп'ютера. Мікроструктуру досліджували в центральній частині зразка, на відстані 0,5 радіуса від центра, та на пристінковій частині зразка.

З аналізу одержаних результатів було встановлено, що при заливанні сплаву з високим перегрівом в досить сильно нагріту форму (експеримент №1), утворилася дендритна структура α -фази з середнім значенням дендритного параметра 44 мкм (рис. 1, а).

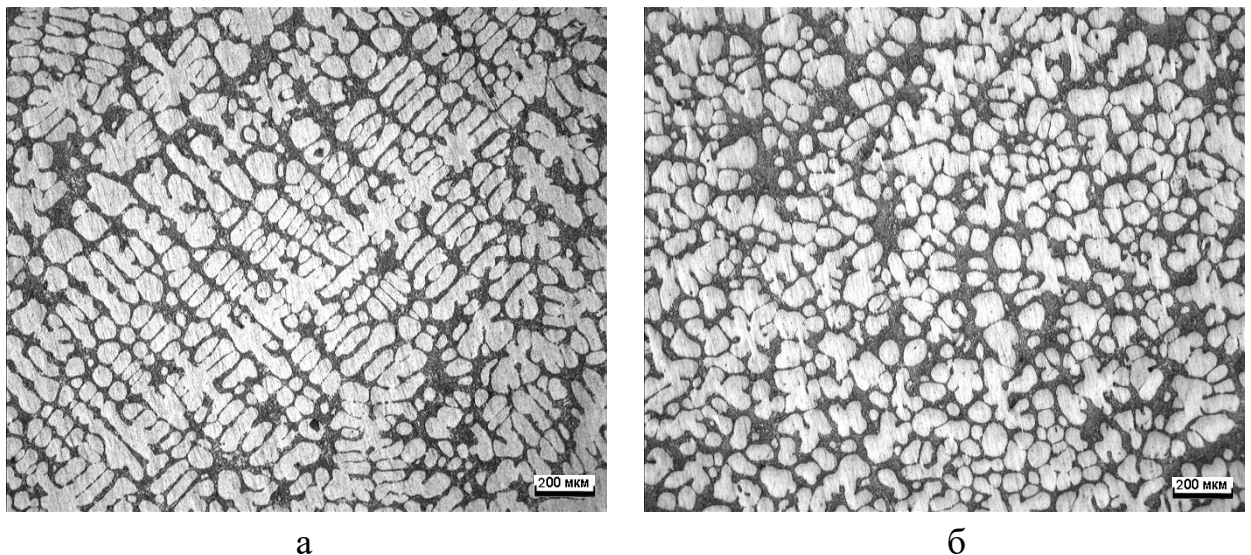


Рис. 1. Мікроструктури сплаву АК7ч: а – дендритна структура, що сформувалася в результаті експерименту №1; б – недендритна структура, що сформувалася в результаті експерименту №2

В свою чергу, після заливання слабо нагрітого кокіля сплавом з низьким перегрівом (експеримент №2), утворилася недендритна структура α -фази з середнім розміром елементів первинної фази 87 мкм (рис. 2, б). При цьому на шліфі також спостерігалися розеткоподібні розгалужені кристали з розмірами до 180 мкм.

Як вже відмічалось вище, у кожному з експериментів було отримано по 2 виливки. Після того, як по першим виливкам було ідентифіковано їх

мікроструктури, з других виготовлялися зразки для дослідження коефіцієнту тертя. Ці зразки мали форму циліндрів з діаметром 10 мм та довжиною 15 мм. Триботехнічні випробування проводилися за схемою торцевого тертя. Відповідна установка показана на рис. 2.



Рис. 2. Експериментальна установка для дослідження коефіцієнту тертя за схемою торцевого тертя

Умови та результати експериментів наведені у табл. 2, з аналізу одержаних результатів витікає, що зміна структури первинної фази від дендритної до недендритної призводить до деякого зниження коефіцієнта тертя. Причини такої поведінки потрібно шукати саме у морфологічних відмінностях, див. рис. 1.

Таблиця 2 – Умови та результати експериментів з визначення залежності коефіцієнту тертя від характеру структури первинної α -фази

№ експерименту	Мікроструктура α -фази	Шлях, км	Швидкість, м/с	Навантаження, кг	Коефіцієнт тертя
1	дендритна	1	0,5	5	0,34
2	недендритна	1	0,5	5	0,32

По-перше, з малюнку можливо побачити, що структури суттєво відрізняються за ступенем анізотропії – на відміну локальної впорядкованості (локальної в сенсі одного дендритного зерна, взаємна орієнтація різних дендритних зерен є хаотичною) на рис. 1, а структура на рис. 1, б є однорідною навіть локально. По-друге, евтектична складова у першому випадку переважним чином розміщена у проміжках між бічними гілками дендритів, тобто «внутризеренно», у той час як для випадку недендритної морфології, структурні елементи якої значно менші за дендритні зерна, основна доля евтектики розміщена «міжзеренно». Фізична суть зв'язку між цими морфологічними відмінностями і величиною коефіцієнту тертя не є наочною і потребує подальших досліджень.

Висновки: Зміна морфології первинної фази від дендритної до недендритної призводить до деякого зниження коефіцієнта тертя. Причиною такого явища може бути більша однорідність недендритної структури та інший характер розміщення евтектичної складової.

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.- Vol. 18.- № 2.- P. 3-7.
3. Fan Z. Semisolid metal processing // International Materials Reviews.- 2002.- Vol. 47.- № 2.- P. 49-85.
4. Direct thermal method: new process for development of globular alloy microstructure / D.J. Brown, M.J. Hussey, A.J. Carr, D. Brabazon // International journal of cast metals research.- 2003.- Vol. 16.- P. 418-426.
5. Недужий А.М., Дука В.М., Шеневідько Л.К. Дослідження можливості одержання заготовок із алюмінієвого сплаву АК7ч безпосередньо в ливарній формі. // Матеріали Международной научно-практической конференции “Литье. Металлургия 2012”, г. Запорожье 2012 г., 23-25 мая. – сс. 85-87.
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.