

А. Г. Пригунова, В. Д. Бабюк, Є. А. Жидков, М. В. Кошелєв, Т.Г. Цір

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

e-mail: [adel\\_nayka@ukr.net](mailto:adel_nayka@ukr.net)

**ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА МІКРОСТРУКТУРУ ТА ФАЗОВИЙ СКЛАД  
ЗАЛІЗОВІСНИХ ІНТЕРМЕТАЛІДІВ У СПЛАВІ АК5М2 З ВМІСТОМ ЗАЛІЗА 3,3 %**

В Україні відсутнє виробництво первинного алюмінію та сплавів на його основі. Основним сировинним ресурсом є брухт та відходи, що забруднені шкідливими домішками, у тому числі залізом, вміст якого в алюмінієвій сировині з кожним роком збільшується. Ураховуючи негативний вплив заліза на властивості промислових силумінів, його кількість в сплавах, призначених для лиття в кокіль, обмежено 0,7 - 0,8 % (ДСТУ 2839 – 94). Тому дослідження, спрямовані на розширення можливостей використання ливарних алюмінієвих сплавів з підвищеною концентрацією заліза, визначення закономірностей їх структуроутворення, факторів впливу на процеси формування залізовмісних фаз, їх морфологію, що взаємопов'язані з механічними властивостями, не втрачають своєї актуальності.

*Метою роботи є* визначення впливу швидкості охолодження на мікроструктуру виливків зі сплаву АК5М2 з 3,3 % заліза; склад і форми зростання залізовмісних фаз.

Розплав при температурі 650 °С заливали в форми з різними теплофізичними характеристиками, швидкості охолодження в яких наведено в таблиці.

Вид форми	Швидкість охолодження розплаву, °С/с	Швидкість охолодження у двофазній області рідко-твердого стану, °С/с
Тонкостінна (0,2 мм) сталева форма діаметром 30 мм	2	0,35
Сталева форма з товщиною стінки 2 мм, діаметром 20 мм	6,6	2
Мідна циліндрична форма діаметром 20 мм	95	70

Мікроструктури виливків, охолоджених у рідко-твердому стані зі швидкостями 0,35; 2,0; 70 °C/с, і результати статистичної обробки даних структурного аналізу наведено на рис 1-7.

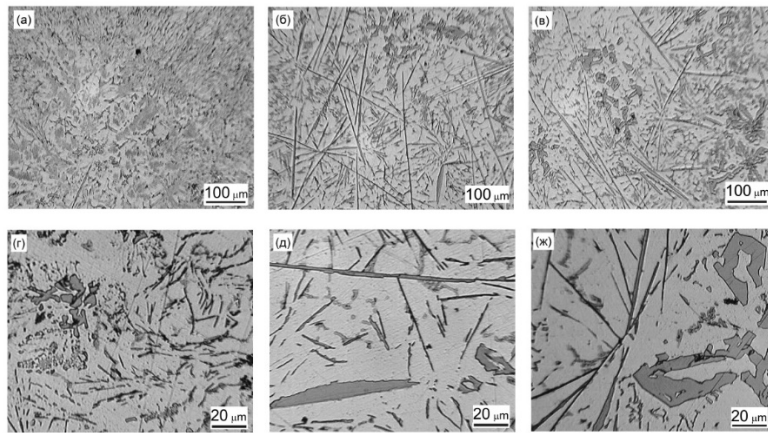


Рис. 1 – Мікроструктура виливка сплаву АК5М2 з 3,3 % Fe при швидкості охолодження 70 °C/с: а, г – приповерхнева ділянка виливка, що контактує з формою; б, д – ділянка виливка на половині його радіусу; в, ж – центр виливка

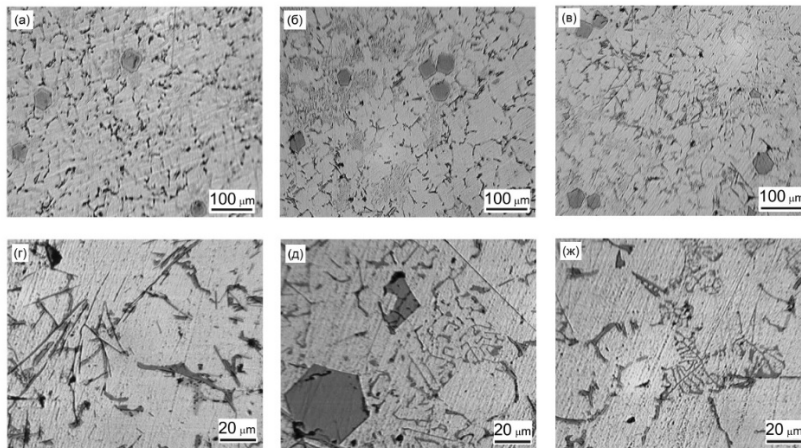


Рис. 2 – Мікроструктура виливка сплаву АК5М2 з 3,3 % Fe при швидкості охолодження 2 °C/с: а, г – приповерхнева ділянка виливка, що контактує з формою; б, д – ділянка виливка на половині його радіусу; в, ж – центр виливка

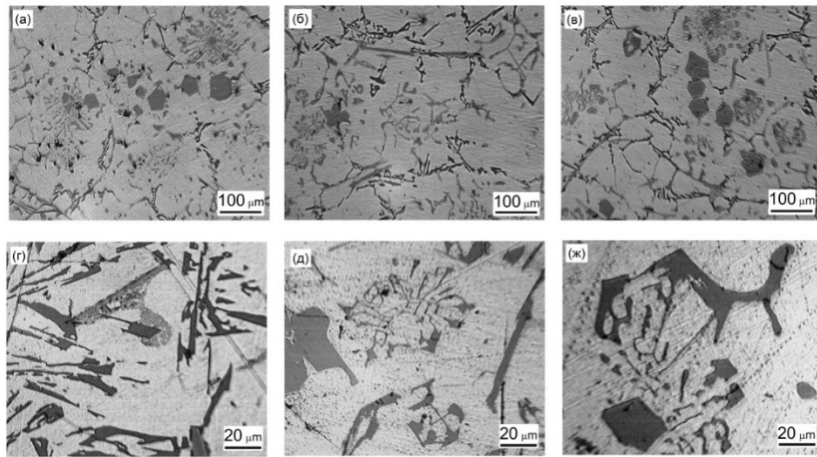


Рис. 3 – Мікроструктура виливка сплаву АК5М2 з 3,3 % Fe при швидкості охолодження 0,35 °С/с: а, г – приповерхнева ділянка виливка, що контактує з формою; б, д – ділянка виливка на половині його радіусу; в, ж – центр виливка

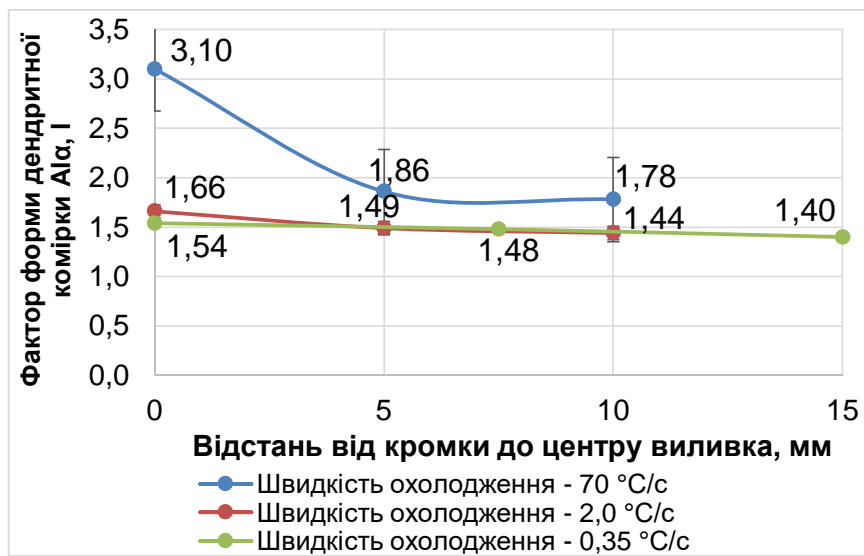
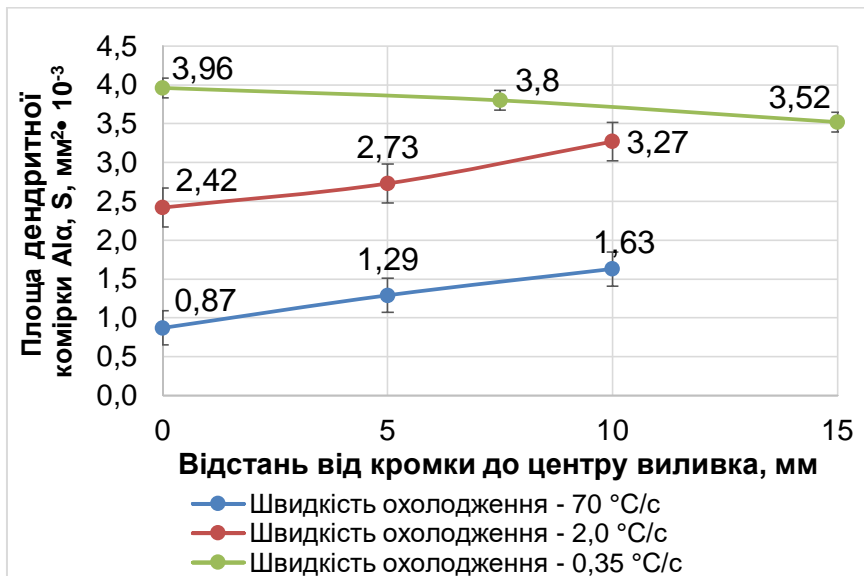


Рис. 4 – Зміна розміру (а) та фактору форми (б) дендритної комірки твердого розчину алюмінію по радіусу виливка у залежності від швидкості охолодження

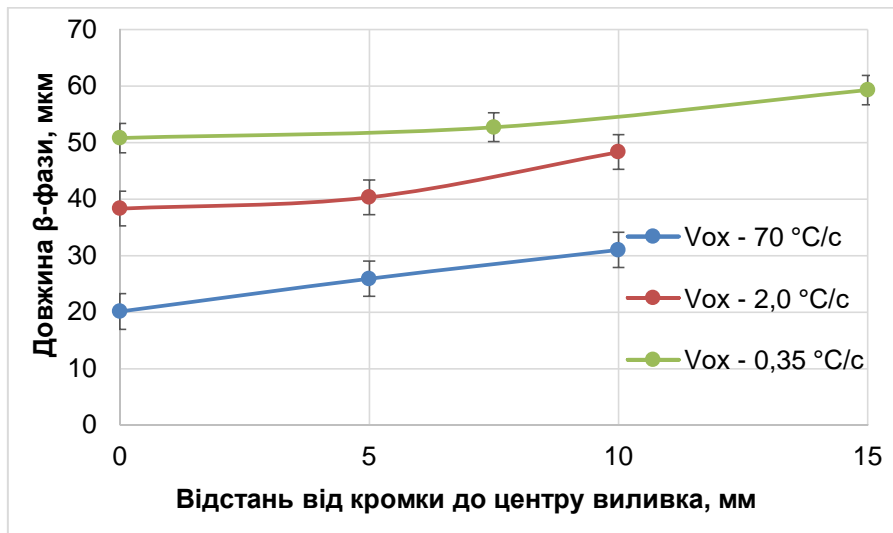
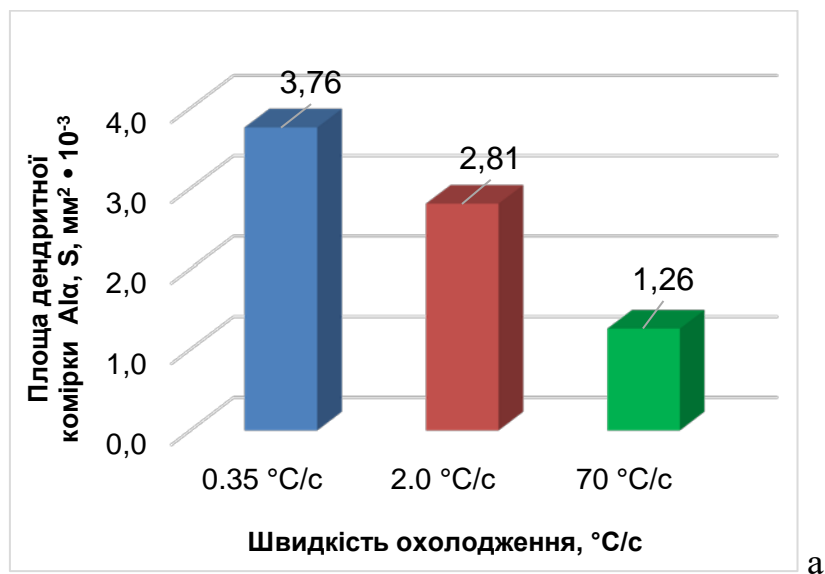


Рис. 5 – Зміна розміру  $\beta$ -фази по радіусу виливка в залежності від швидкості охолодження сплаву АК5М2 з 3,3 % Fe



а

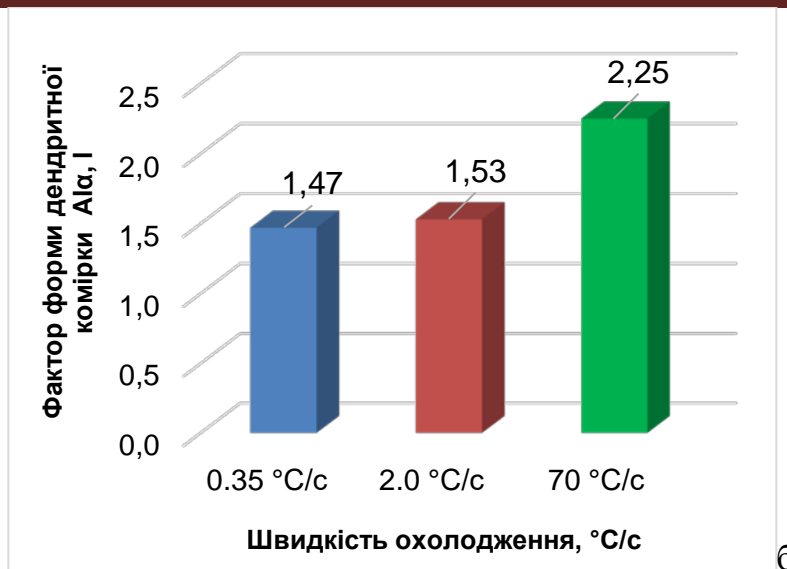


Рис. 6 – Зміна розміру (а) та фактору форми (б) дендритної комірки твердого розчину алюмінію у залежності від швидкості охолодження сплаву АК5М2 з 3,3 % Fe

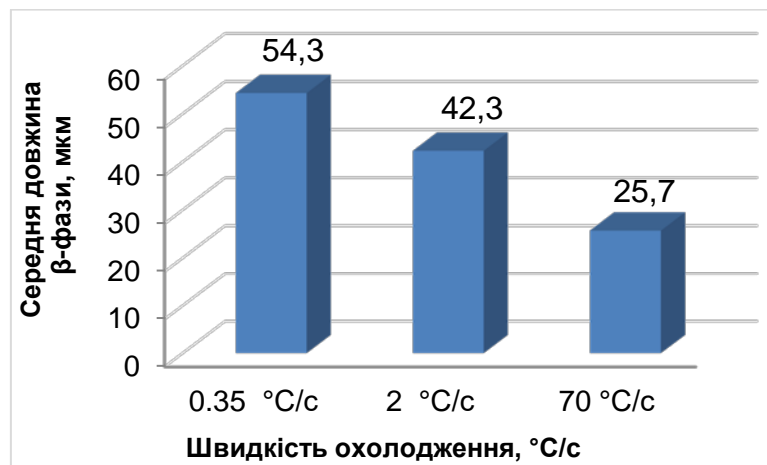


Рис. 7 – Залежність розміру β-фази від швидкості охолодження сплаву АК5М2 з 3,3 % Fe

Методами термодинамічного моделювання з використанням програмного забезпечення фірми «Thermo-Calc», термічного аналізу (ДТА, ДСК) та «стоп-гартування» встановлено, що в сплаві АК5М2 з 3,3 мас. % утворюється дві первинні залізовмісні фази –  $Al_{13}Fe_4$  ( $Al_3Fe$ ) і  $\alpha-(Fe,Mn,Cu)_3Si_2Al_{15}$  ( $\alpha^*$ ), що суттєво позначається на подальшому процесі тверднення, збільшує гетерогенність структури.

При швидкості охолодження 70 °C/c в структурі присутня велика кількість первинних кристалів фази  $Al_{13}Fe_4$  голкоподібної форми розміром від 100 мкм до 400 мкм та дендрити фази  $\alpha^*$  площею близько 100 мкм<sup>2</sup> – 200 мкм<sup>2</sup>, об'ємна частка яких більша на половині радіусу і в центрі виливка. Останнє пов'язано з деяким збільшенням вмісту

заліза в цих зонах виливка, зумовлене накопиченням заліза на фронті тверднення і збільшенням його концентрації по радіусу виливка в процесі просування фронту тверднення зі швидкістю, пропорціональній швидкості охолодження в рідко-твердому стані. В цих зонах можуть утворюватися залізовмісні фази, кількість, склад і морфологія яких характерні для сплавів, у яких у рівноважному стані вміст заліза перевищує 3,3 % (див. рис. 1 в, ж). Крім первинних, в структурі присутні евтектичні залізовмісні фази  $\alpha^*$  і  $\beta$ , розмір яких збільшується в напрямку від поверхні до центру виливка (див. рис. 1, 5).

На відміну від сплавів з меншою концентрацією заліза (0,8 - 2,0 %) при швидкості охолодження 70 °C/c у напрямку від поверхні до центру виливка спостерігається зменшення, а не збільшення площі дендритних комірок  $Al_\alpha$  (див. рис. 4, а). Зменшується їх фактор форми (див. рис. 4, б). Такі структурні зміни пов'язані з тим, що тугоплавкі включення первинних залізовмісних фаз, кількість яких досить велика в цих зонах виливка (див. рис. 1 б, в, д, ж), є додатковими центрами кристалізації твердого розчину алюмінію, первинні кристали якого виділяються після формування первинних залізовмісних фаз  $Al_{13}Fe_4$  і  $\alpha^*$ .

При зниженні швидкості охолодження до 2 °C/c і 0,35 °C/c (див. рис. 2, 3) частка первинних кристалів залізовмісних фаз, особливо  $Al_{13}Fe_4$ , значно зменшується, збільшується їх розмір, а також розмір інших структурних складових (див. рис. 4, а; 5; 6, а; 7). При цих швидкостях охолодження переважно утворюються первинні дендрити фази  $\alpha^*$ , гілки яких у перетині мають форму багатогранників. Внаслідок зменшення кількості первинних залізовмісних фаз закономірності зміни розміру, фактора форми  $Al_\alpha$  (див. рис. 4) і розміру фази  $\beta$  (див. рис. 5) по радіусу виливка при цих швидкостях охолодження аналогічні сплавам з концентрацією заліза 0,8 – 2 %. Збільшується об'ємна частка евтектичних кристалів  $\alpha^*$ . При охолодженні зі швидкістю 0,35 °C/c відбувається суттєве їх огрубіння (див. рис. 3).

УДК 669.018.23:66.045.5

**А. Г. Пригунова, Є. А. Жидков, В. Д. Бабюк**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

e-mail: [adel\\_nayka@ukr.net](mailto:adel_nayka@ukr.net)

### **ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СПЛАВУ ВАЛ10 ДРІБНОКРИСТАЛІЧНИМИ ЛІГАТУРАМИ**

При постійно зростаючих вимогах до металопродукції традиційні шляхи підвищення її властивостей стають все менш ефективними. Резервом поліпшення фізико-