

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ЗА РАХУНОК МОДИФІКУВАННЯ

Вивчався вплив зростання присадок модифікатора на структуру та механічні властивості вторинного алюмінієвого сплаву АК6М2. Визначено величину оптимальної присадки розробленого модифікатора доєвтектичних вторинних силумінів.

Ключові слова: вторинні алюмінієві сплави, модифікатор, структура, механічні властивості

Изучалось влияние возрастания присадок модификатора на структуру и механические свойства вторичного алюминиевого сплава АК6М2. Определена величина оптимальной присадки разработанного модификатора доэвтектических вторичных силуминов.

Ключевые слова: вторичные алюминиевые сплавы, модификатор, структура, механические свойства

The influence of increasing the modifier additions on the structure and mechanical properties of the secondary aluminum alloy АК6М2 was researched. The optimal addition of modifier developed was determined.

Keywords: secondary aluminum alloys, modifier, structure, mechanical properties

Постановка проблеми

Незважаючи на збільшення обсягів використання алюмінієвих сплавів, виготовлених з лому та відходів виробництва, до кінця не вирішено питання нейтралізації шкідливого впливу заліза, яке зустрічається в структурі сплавів у вигляді інтерметалідів типу FeAl_3 , Al_5SiFe , $\text{Al}_8\text{Si}_6\text{Mg}_3\text{Fe}$, $\text{Al}_{15}\text{Si}_2(\text{FeMn})_3$ тощо. Такі залізовмісні сполуки є великими за розмірами, мають грубокристалічну будову, несприятливу пластинчасту форму та слабкі когерентні зв'язки з матрицею. Також одним із головних завдань покращення властивостей вторинних алюмінієвих сплавів залишається подрібнення виділень евтектики, оскільки відливки з дрібнокристалічною будовою характеризуються вищим рівнем механічних властивостей. В процесах підвищення якості вторинних сплавів на основі алюмінію в сучасних умовах провідна роль належить модифікуванню.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Основними недоліками відомих модифікаторів алюмінієвих сплавів є токсичність, вірогідність перемодифікування, відсутність впливу на залізовмісні фази, висока вартість та складність технології, а також нестача універсальних модифікаторів.

Використання класичних компенсаторів негативного впливу залізовмісних інтерметалідів (Mn, Cr, Mo, Ni, Co) є економічно недоцільним та малоефективним при високому вмісті заліза [1–3]. З цієї позиції значний інтерес викликає

сірка, яка забезпечує зміну форми залізовмісних фаз на більш компактну та їх рівномірний розподіл в структурі, а також здійснює додаткову дегазацію сплаву.

Одним з перспективних напрямків підвищення механічних властивостей вторинних силумінів є використання порошкових добавок тугоплавких частинок – карбідів, оксидів, нітрідів тощо, які дозволяють підвищити ефективність традиційної рафінувально-модифікувальної обробки [4, 5].

Розроблений нами комплексний модифікатор доєвтектичних вторинних силумінів (10...20 % Na_2CO_3 , 15...20 % SrCO_3 , 12...20 % SiC, 3...8 % Ti, 0,5...2 % C, решта S), склад якого захищено патентом України, усуває переважну більшість недоліків використання модифікування, проте залишається невирішеним питання оптимальної присадки даного модифікатора, визначення якої і було покладено за мету даної роботи.

Викладення основного матеріалу

Дослідження проводили на вторинному силуміні АК6М2, який використовується для виготовлення середньонавантажених деталей різного призначення, в тому числі в автомобілебудуванні. Плавлення сплаву здійснювали в електричній печі опору під шаром покривного флюсу складу 15 % KCl, 45 % NaCl, 40 % AlF_3 . Флюс вводили у кількості 2% від маси розплаву. Модифікатор вищенаведеного складу вводили в сплав при температурі 720 ± 10 °C за

допомогою ливарного дзвоника. Кількість модифікатора варіювалась від 0 % до 0,2 % із шагом 0,05 %. Метал після модифікування витримували в печі при температурі 720 ± 10 °С протягом 5 хв, після чого його розливали в кокіль. Проводили термічну обробку за режимом T5: гартування (525 ± 5 °С, 4 год) із охолодженням у воді (20 °С) та старіння (175 ± 5 °С, 8 год).

Аналіз структури та механічних властивостей отриманих зразків показав, що найбільш сприятлива структура та кращий комплекс механічних властивостей характерний для зразків, які було оброблено модифікатором у кількості 0,1 % від маси сплаву. Для немодифікованої структури (рис. 2, а) властива значна неоднорідність, грубодиференційована пластинчаста евтектика та голкоподібні виділення β -фази (Al_5SiFe) великих розмірів. При модифікуванні сплаву 0,1 % (мас.) розробленого модифікувального комплексу структура набула дрібнодисперсності та тонкої диференціації (рис. 2, б). Частинки евтектичного кремнію зменшилися за розмірами, набули компактної плоскогранної та кістякової форми. Виділення залізовмісних фаз рівномірно розташовувались по перетину шліфа, зустрічались у вигляді кристалів β -фази, що наближались до рівноважних. Подальше збільшення кількості модифікатора позначилось на огрубінні структури та збільшенні розмірів виділень евтектики (рис. 2, в). Залізовмісні фази зустрічались у вигляді пластин, які досягали значних розмірів та зосереджувались на певних ділянках шліфа.

Максимальне значення як границі міцності, так і відносного подовження відповідало присадці модифікатора у кількості 0,1 % (табл. 1). Після флюсового рафінування та модифікування 0,1 % (мас.) розробленого комплексу міцність зразків при випробуванні на розтяг зросла на 12 %, міцність при випробуванні на стиснення – на 10 %, відносне подовження – на 67 %, відносне осадження – на 3 % в порівнянні вихідним станом без подальшого модифікування.

Такі зміни механічних властивостей пов'язані в першу чергу зі зменшенням параметру форми найбільш несприятливої залізовмісної фази – Al_5SiFe (рис. 2). Під параметром форми розуміли відношення максимальної довжини фази до її ширини. При обробці після флюсового рафінування сплаву АК6М2 оптимальною присадкою модифікатора (0,1 %) значення параметру форми інтерметалідних фаз зменшилось на 70 %.

Підвищення дисперсності евтектичного

кремнію та залізовмісних фаз привело до зменшення довжини вільного пробігу дислокацій і, відповідно, збільшення характеристик міцності. При коагуляції β -фази та наближенні її до правильної форми зменшується дія концентраторів напружень в матеріалі, якими є вершини голчастих виділень.

Таблиця 1

Вплив модифікатора на механічні властивості сплаву АК6М2

Присадка модифікатора, % (мас.)	Випробування на розтяг		Випробування на стиснення	
	$\sigma_{\text{в}}^{\text{р}}$, МПа	δ , %	$\sigma_{\text{в}}^{\text{с}}$, МПа	ε , %
0	172,6	3,6	493,5	47,0
0,05	183,2	4,8	521,3	48,0
0,10	193,2	6,0	541,1	48,3
0,15	173,7	4,1	513,7	47,8
0,20	168,2	3,2	470,9	45,8

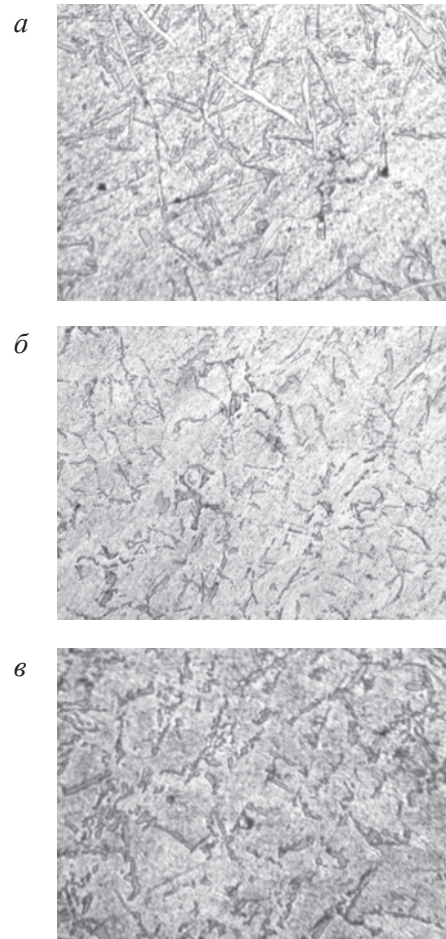


Рис. 2. Мікроструктура зразків зі сплаву АК6М2 після термічної обробки за режимом T5 ($\times 500$): а – немодифікована структура, б – 0,1 % (мас.) модифікатора; в – 0,2% (мас.) модифікатора

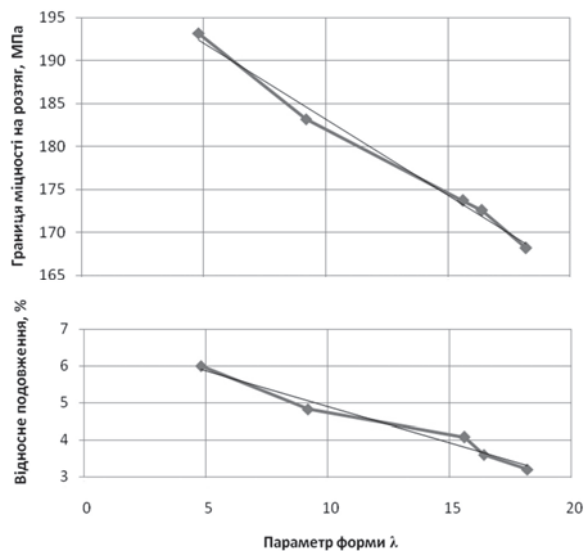


Рис. 2. Залежність показників міцності та пластичності вторинного сплаву АК6М2 від параметру форми λ інтерметалідних фаз

Висновки та перспективи подальших досліджень

Дослідження структури та механічних властивостей сплаву АК6М2 показали, що оптимальною присадкою розробленого модифікатора є кількість 0,1 % від маси розплаву. За такого рівня модифікування параметр форми залізо-вмісної фази Al_5SiFe зменшився на 70 %, границя міцності зросла на 10...12 %, а відносне подовження збільшилось на 67 %. Отримані результати свідчать про високу ефективність

запропонованого модифікатора при обробці ливарних алюмінієвих сплавів з підвищеним вмістом заліза та рекомендувати його застосування у промисловості.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Влияние серы на структуру и свойства алюминиевых сплавов [Текст] / Б. М. Немененок [и др.] // *Литье и металлургия*. – 2005. – № 4 (36). – С. 106-108.
2. Рязанов, С. Г. Влияние металлургических факторов на структуру и свойства силуминов [Текст] / С. Г. Рязанов, А. А. Митяев, И. П. Волчок // *Литье и металлургия*. – 2003. – № 1. – С. 101-105.
3. Рафинирование вторичных алюминиевых сплавов от примеси железа [Текст] / О. Н. Каленик [и др.] // *Литье и металлургия*. – 2002. – № 4. – С. 52-55.
4. Влияние порошковых добавок на структуру вторичных заэвтектичных силуминов [Текст] / А. А. Андрушевич [и др.]. – (Литейное материаловедение, специальные способы литья) // *Металлургия и литейное производство*. – 2007. – № 1. – С. 268-269.
5. Производство вторичного Al-Si-сплава для производства поршней [Текст] / А. А. Андрушевич [и др.] // *Литейное производство*. – 1999. – № 3. – С. 25-26.

Надійшла до редакції: 18.01.2011.
Прийнята до друку 25.01.2011.