

УДК 661.74:669.14.046.554

Кулініч А. А.

**МЕХАНІЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ АМГ11
МОДИФІКОВАНОГО ЛІГАТУРОЮ АLC0,9Ti0,8**

Сплав АМГ11 застосовують для лиття складних за конфігурацією деталей, які працюють за умов середніх статичних навантажень (деталі агрегатного і приборного типу) в умовах корозійного впливу атмосфери і морського середовища. Деталі з даного сплаву можуть довгостроково працювати при температурах до 200 °С [1, 2]. Сплав АМГ11 вміщує магнію до 13 %, що дозволяє використовувати виливки з нього в литому і загартованому стані. Легування сплаву необхідними добавками титану та берилію сприяє покращенню його ливарних властивостей та характеристик міцності [1–5]. Даний сплав перевершує сплав АМГ5К за технологічними властивостями, характеристиками міцності і жароміцності [1]. Недоліком сплаву АМГ11 є невисокі значення відносного видовження. Одним з можливих варіантів підвищення рівня механічних та технологічних властивостей ливарних сплавів системи Al–Mg є модифікування їх карбідами перехідних металів. Можливість модифікування алюмінію та сплавів на його основі карбідами перехідних металів зазначалася в роботах [6–8]. Але для промислових магналіїв дане питання потребує додаткового вивчення.

Мета даної роботи є встановлення впливу мікролегування вуглецем і титаном, внесених в розплав за допомогою лігатури АLC0,9Ti0,8, на структуру, механічні та технологічні властивості промислового сплаву АМГ11.

Об'єкт дослідження в роботі – промисловий ливарний сплав системи Al–Mg: АМГ11. Хімічний склад сплаву наведено в табл. 1. Зразки для досліджень отримували шляхом розплавлення промислових чушок сплаву АМГ11. Плавки проводили в лабораторній печі опору в графітошамотному тиглі. В тиглі розплавляли куски чушки сплаву АМГ11 при температурі 670 °С±10 °С і витримували розплав на протязі 20–30 хв. Після їх розчинення вводили лігатуру АLC0,9Ti0,8 та витримували розплав протягом 15 хв. Потім з поверхні розплаву знімали шлак і заливали його в металеві форми. На отриманих стандартних зразках діаметром 10 мм визначали механічні властивості сплаву АМГ11, мікролегованого вуглецем і титаном, (тимчасовий опір розриву, межу плинності, відносне видовження).

Таблиця 1

Хімічний склад досліджуваних сплавів

Марка сплаву	Основні компоненти, %				Максимальний вміст домішок, %
	Mg	Be	Si	Ti	Fe
АМГ11	10,5–13,0	0,03–0,07	0,8–1,2	0,05–0,15	1,0

Попередні дослідження показали, що оптимальний вміст даної лігатури в досліджуваному сплаві не перевищує 1 % за масою. Враховуючи це, в даній роботі досліджено вплив модифікування лігатурою АLC0,9Ti0,8 вмістом до 1,0 % на структуру та механічні властивості ливарного сплаву АМГ11.

Вплив лігатури АLC0,9Ti0,8 на рівень механічних властивостей сплаву наведено на рис. 1. З експериментальних даних наведених на рис. 1 можна зробити висновок, що введення в досліджуваний сплав комплексу вуглецю і титану, за допомогою лігатури АLC0,9Ti0,8, суттєво підвищує рівень механічних властивостей досліджуваних сплавів. При апроксимації експериментальних даних наведених на рис. 1 поліномом другої степені та застосуванні методу класичної оптимізації встановлено, що оптимальний вміст даної лігатури

в сплаві АМг11 дорівнює 0,5 % за масою. При вмісті лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ 0,5 % від маси сплаву значення тимчасового опору розриву сплаву АМг11 зростають з 180 до 250 МПа (на 70 МПа або на 39 %), а значення відносного видовження зростають з 1,0 до 5,0 % (на 4 од. або в 5 раз).

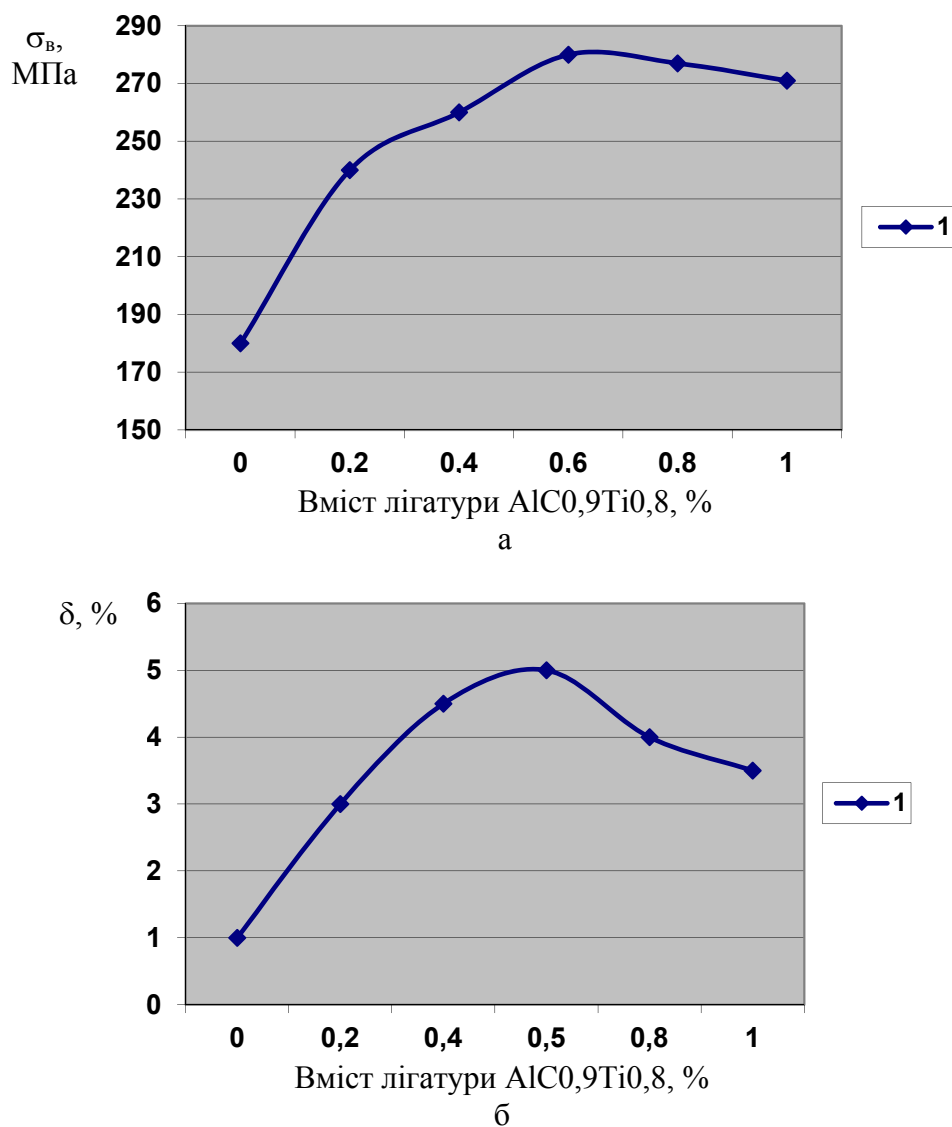


Рис. 1. Вплив лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ на механічні властивості сплаву АМг11 після лиття в кокіль:

а – тимчасовий опір розриву; б – відносне видовження

На рис. 2 наведено залежність розміру зерна алюмінієвого твердого розчину досліджуваних сплавів від вмісту лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$. З даних наведених на рис. 2 видно, що при введенні лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ в досліджуваний сплав зменшується середній розмір зерна алюмінієвого твердого розчину. Максимальний ефект подрібнення зерна спостерігається при вмісті 0,5 % лігатури (розмір зерна зменшується з 305 до 101 мкм (або в 3 рази)). Зменшення розміру зерна досліджуваного сплаву при введенні модифікуючої лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ можна пояснити наявністю в даній лігатурі великої кількості часток карбідів титану (ізоморфних зародків кристалізації), які виступають в якості додаткових центрів кристалізації.

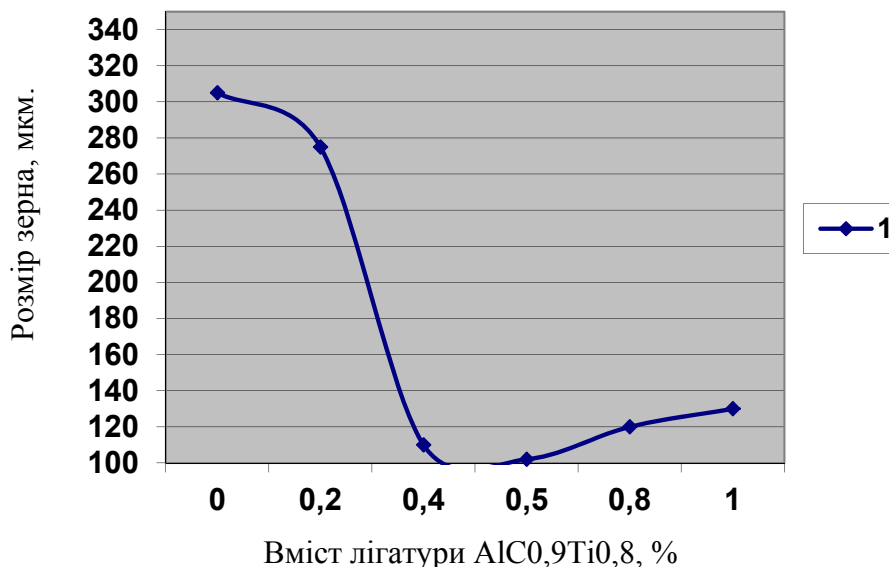


Рис. 2. Вплив лігатури AlC_{0,9}Ti_{0,8} на розмір зерна сплаву АМг11

Модифікування лігатурою AlC_{0,9}Ti_{0,8} сплаву АМг11 усуває утворення жорсткого дендритного каркасу в початковій фазі кристалізації, що дає змогу підживлювати вилівок з прибуткової частини. Як наслідок підвищуються технологічні властивості сплаву (рис 3, 4). З рис. 3, 4 видно, що модифікування сплаву АМг11 лігатурою AlC_{0,9}Ti_{0,8} у кількості 0,5 % призведе до підвищення рідкотекучості (пруткова проба) з 310,0 мм. до 390,0 мм (або на 15 %) при збереженні показника гарячеламкості (ширина кільця) на рівні 10,0 мм.

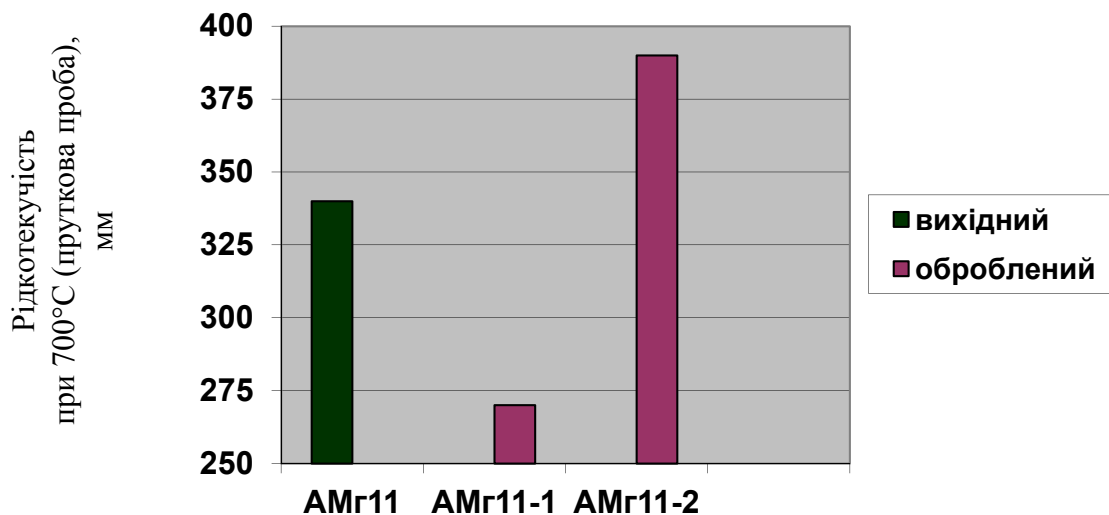


Рис. 3. Вплив лігатури AlC_{0,9}Ti_{0,8} рідкотекучість сплаву АМг11:

АМг11 – сплав витримували в рідкому стані при температурі 710 °С; АМг11-1 – сплав витримували в рідкому стані при температурі 670 °С; АМг11-2 - сплав витримували в рідкому стані при температурі 670 °С та модифікували лігатурою AlC_{0,9}Ti_{0,8} у кількості 0,5 %.

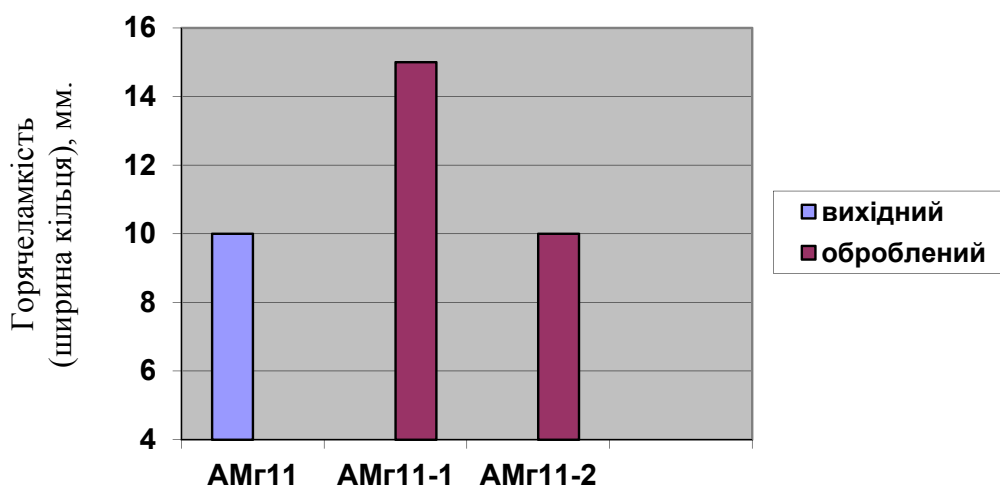


Рис. 4. Вплив лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ на горячеламкість сплаву $AlMg_{11}$:

$AlMg_{11}$ – сплав витримували в рідкому стані при температурі $710\text{ }^{\circ}C$; $AlMg_{11-1}$ – сплав витримували в рідкому стані при температурі $670\text{ }^{\circ}C$; $AlMg_{11-2}$ – сплав витримували в рідкому стані при температурі $670\text{ }^{\circ}C$ та модифікували лігатурою $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ у кількості $0,5\%$.

ВИСНОВКИ

Встановлено кількісний взаємозв'язок між вмістом лігатури $AlC_{0,9}Ti_{0,8}$ та розміром зерна алюмінієвого твердого розчину, механічними і технологічними властивостями промислового сплаву $AlMg_{11}$. Оптимальний вміст лігатури в даному сплаву становить $0,5\%$. При даному вмісті лігатури спостерігається зменшення розміру зерна з 305 до 101 мкм (або в 3 рази), підвищення рівня тимчасового опору розриву з 180 до 250 МПа (на 70 МПа або на 39%) і відносного видовження з $1,0$ до $5,0\%$ (на 4 од. або в 5 раз). Також підвищується рідкотекучість (пруткова проба) з $310,0\text{ мм}$ до $390,0\text{ мм}$ (або на 15%) при збереженні показника горячеламкості (ширина кільця) на рівні $10,0\text{ мм}$.

Перспектива подальших досліджень у даному напрямку полягає у встановленні впливу мікролегування вуглецем і титаном на структуру і властивості інших промислових сплавів системи $Al-Mg$, що може забезпечити підвищення комплексу механічних і технологічних властивостей даних сплавів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Золотаревский В. С. *Металловедение литейных алюминиевых сплавов* / В. С. Золотаревский, Н. А. Белов – М. : МИСИС, 2005. – 375 с.
2. *Машиностроение. Энциклопедия. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. Т. II* / Под общ. ред. И.Н. Фридляндера. – М. : Metallurgia, 2001. – 880 с.
3. Постников Н. С. *Коррозионностойкие алюминиевые сплавы* / Н. С. Постников – М. : Metallurgia, 1976. – 303 с.
4. Колобнев И. Ф. *Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов* / И. Ф. Колобнев – М. : Metallurgia, 1973. – 320 с.
5. Мондольфо Л. Ф. *Структура и свойства алюминиевых сплавов* / Л. Ф. Мондольфо – М. : Metallurgia, 1979. – 640 с.
6. Бялик О. М., Голуб Л. В., Гзовський К. Ю. Модифікування сплаву $AK12M2MgH$ лігатурою $AlTi_{0,6}C_{0,1}$. *Матеріали міжнародної науково технічної конференції «Виробництво сталі у 21 віці. Прогноз, процеси, технології, екологія»*.
7. Модифікування сплаву $AK4,5Kd$ лігатурою $AlTi_{0,7}C_{0,2}$ / О. М. Бялик, Л. В. Голуб, К. Ю. Гзовський, А. А. Кулінич // *Металознавство та обробка металів*. – 1999. – № 4. – С. 58–63.
8. *Микролегирувание алюминиевых сплавов Al-Ti-C-лигатурой* / К. Ю. Гзовский, О. М. Бялик, Л. В. Голуб, А. А. Кулинич // *Литейное производство*. – 2001 – № 4. – С. 15–17.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2014 р.