

УДК 661.74:669.14.046.554

О.М. Доній, А.А. Кулініч, К.Ю. Гзовський, О.О. Рябініна

Вплив лігатури $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ на структуру та механічні властивості ливарного сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$

Національний технічний університет України "КПІ",
проспект Перемоги-37, Київ-56, 252056, Україна, тел.: (044) 441-15-80

Досліджено вплив модифікуючої лігатури $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ на структуру та механічні властивості ливарного сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$. Показано позитивний вплив даної лігатури як ефективного модифікатора зерна.

Ключові слова: модифікування, лігатура, термічна обробка, механічні властивості, структура.

Проблема заміни деформованих алюмінієвих сплавів ливарними є актуальною, оскільки вона пов'язана з задачею економії металу. Цьому перешкоджає відставання рівня механічних властивостей ливарних сплавів від відповідного рівня деформованих сплавів.

Одним з можливих варіантів підвищення рівня механічних властивостей ливарних сплавів системи $Al-Mg-Zn$ є модифікування їх карбідами перехідних металів. Можливість модифікування алюмінію та його сплавів карбідами перехідних металів зазначалася в [1].

Мета даної роботи полягає в дослідженні впливу модифікуючої лігатури $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ на структуру та механічні властивості ливарного сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$.

Для введення часток карбіду титану авторами даної роботи застосовувалася лігатура $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ власного виробництва. Лігатуру $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ вироблено методом плавки та розливки відцентровим методом в середовищі аргону, що дає можливість при високих температурах проведення плавки, отримувати лігатуру з малою кількістю шкідливих

неметалічних домішок та мінімальною кількістю водню. Низький вміст легуючих елементів та розливка лігатури відцентровим методом забезпечує можливість отримання дрібних структурних складових та перенасиченого твердого розчину титану та вуглецю в алюмінії.

Склад лігатури визначався методами хімічного аналізу. Структура лігатури досліджувалася на растровому електронному мікроскопі "Мікроскан". Внаслідок розливки відцентровим методом структура лігатури неоднорідна. Поверхневий шар лігатури, який прилягав до металевої поверхні центрифуги, містить велику кількість дрібно дисперсних алюмінідів $\sim 2-4$ мкм та карбідів $\sim 0,05-0,08$ мкм титану, що знаходяться в середині зерен твердого розчину титану та вуглецю в алюмінії (рис. 1, а). Середній та периферійний шар лігатури вміщує значно меншу кількість інтерметалідів, середні розміри яких приблизно в 3-5 разів менші розмірів інтерметалідів аналогічного складу, що знаходяться в поверхневому шарі лігатури (рис. 1, б). За допомогою локального мікрорентгеноспектрального аналізу виявлено частки TiC в середині зерен α -твердого

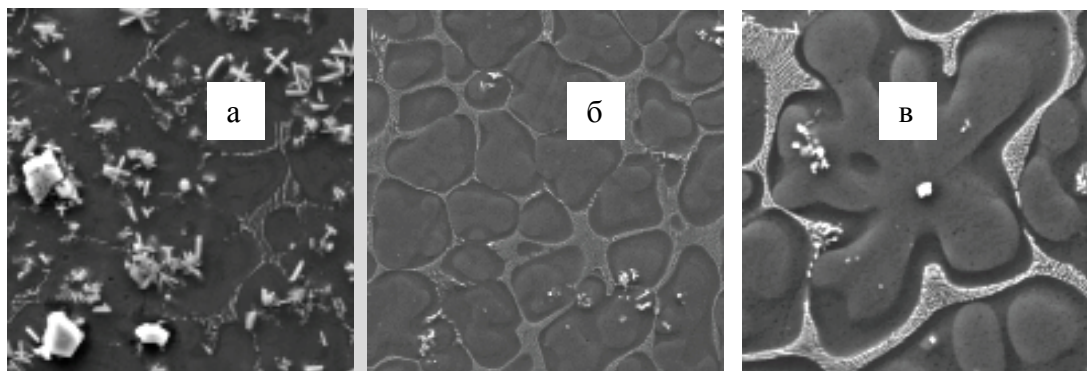


Рис.1. Мікроструктура лігатури $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$, поверхневий шар лігатури, X1000 (а); середній шар лігатури, X1000 (б); частка TiC всередині зерна α -твердого розчину, X10000 (в).

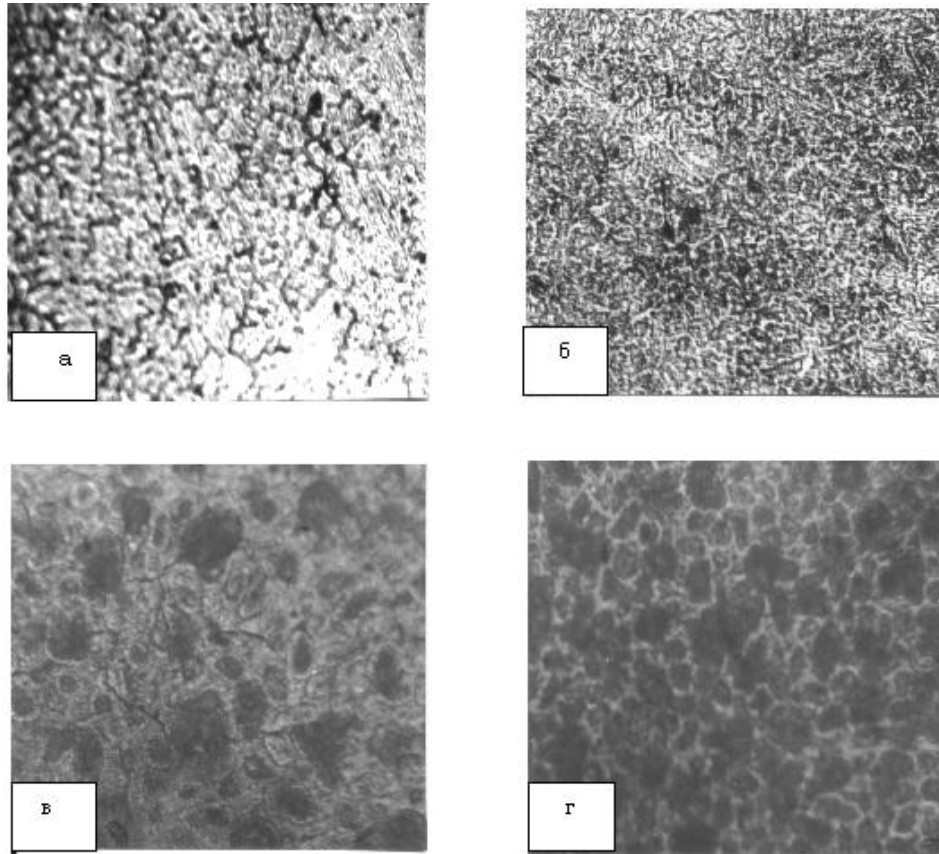


Рис.2. Вплив лігатури $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ на структуру сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$. Після литва в металеву виливницю: (а)-вихідний сплав, (б)- 0,7% лігатури. Після гартування $430^{\circ}C, 15г.$ та старіння $80^{\circ}C, 8г. + 190^{\circ}C, 2 г.$: (в)-вихідний сплав, (г)- 0,7% лігатури. (а)-X100; (б)-X100; (в)-X350; (г)-X350.

розчину (рис. 1,в).

Не зважаючи на високу температуру отримання лігатури, направлено відводу тепла та високої швидкості охолодження під час кристалізації, структура лігатури має практично рівносні зерна твердого розчину, що забезпечується наявністю в складі лігатури великої кількості високоефективних зародків. За допомогою газоаналізатору встановили вміст розчиненого вуглецю в α -твердому розчині, який дорівнював 0,04 % від маси лігатури. За результатами хімічного аналізу кількість титану 0,7 %, загальна кількість вуглецю 0,8 %.

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 $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ вмістом до 1 % від маси сплаву на структуру та механічні властивості ливарного сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$.

Сплави для досліджень виготовляли в лабораторній печі опору в графітошамотному тиглі. В тиглі розплавляли алюміній і при температурі $710 \pm 10^{\circ}C$ вводили магній та цинк. Після їх розчинення вводили лігатури $Al-Ti$, $Al-Zr$, $Al-Cr$, $Al-Mn$, $Al-Be$, $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ і витримували розплав при цій температурі протягом 15 хв. Вміст Ti , Zr , Cr , Mn , Be в усіх досліджуваних сплавах становив відповідно 0,1% кожного. Після

цього з поверхні розплаву видаляли шлаки та розливали його в металеву виливницю. Отримані стандартні зразки діаметром 10 мм підвергали термічній обробці (гартуванню та штучному старінню) і після цього вимірювали їх механічні властивості (міцність на розрив, границю текучості, відносне подовження). Механічні властивості досліджуваних сплавів представлено у табл. 1.

В результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що лігатура $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ суттєво підвищує рівень механічних властивостей ливарного сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$. При апроксимації даних наведених в таблиці поліномом другої степені та застосуванні методу класичної оптимізації [2] встановлено, що оптимальний вміст даної лігатури в досліджуваному сплаві дорівнює 0,7 % від маси сплаву. При вмісті лігатури $AlC_{0,8}Ti_{0,7}$ 0,7% від маси сплаву рівень механічних властивостей сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$ досягає наступних значень: $\sigma_b = 412$ МПа, $\sigma_{0,2} = 306$ МПа, $\delta = 9,5$ %.

Мікροструктуру вихідного та модифікованого сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$ в литому та термообробленому стані представлено на рис. 2.

Металографічні дослідження сплаву $Al-5,5\%Mg-2,5\%Zn$ показали, що структура модифікованого сплаву в литому стані, на відміну від структури вихідного сплаву, не мала розвинутих осей першого

Таблиця 1.

Механичні властивості сплаву Al-5,5%Mg-2,5%Zn в залежності від вмісту модифікуючої лігатури AlC_{0,8}Ti_{0,7}

Вміст лігатури AlC _{0,8} Ti _{0,7} , %	σ_b , Мпа	$\sigma_{0,2}$, Мпа	δ , %
0	340	265	3,2
0,2	364	278	7,1
0,4	395	288	7,8
0,6	405	295	8,6
0,8	409	302	9,2
1	391	281	6,9

– Режим нагріву під гартування : 430°C,15г.

– Штучне старіння для усіх сплавів: 80°C,8г. + 190°C,2 г.

порядку. Утворювалась структура з практично рівноосним, дрібним зерном (рис.2 а, б). Подрібнювалась також внутрішня будова зерна сплаву після термічної обробки (рис. 2 в, г).

Утворення дрібної рівноосної структури сплаву Al-5,5%Mg-2,5%Zn після модифікування лігатурою AlC_{0,8}Ti_{0,7} можна пояснити наявністю в розплаві великої кількості ізоморфних зародків кристалізації та поверхнево активних домішок.

нерозчинних часток TiC та вуглецю, при введенні в розплав створює велику кількість активних центрів росту α -твердого розчину та блокує розвиток дендритної кристалізації сплаву Al-5,5%Mg-2,5%Zn. В наслідок цього утворюється дрібна рівноосна структура та підвищується рівень механічних властивостей досліджуваного сплаву.

2. Оптимальний вміст лігатури AlC_{0,8}Ti_{0,7} в ливарному сплаві Al-5,5%Mg-2,5%Zn дорівнює 0,7% від маси сплаву. При даному вмісті лігатури механічні властивості досліджуваного сплаву наступні: $\sigma_b = 412$ МПа, $\sigma_{0,2} = 306$ МПа, $\delta = 9,5$ %.

Висновки:

1. Модифікуюча лігатура AlC_{0,8}Ti_{0,7}, завдяки наявності в її складі ізоморфних алюмінію

- [1] Бондарев Б.И., Напалков В.И., Тараришкин В.И. В кн.: *Модифицирование алюминиевых деформируемых сплавов*. Металургия, М., 222с. (1979).
 [2] Банди Б. *Методи оптимізації*. “Радио и связь”, М., 126 с. (1988).

Influence Alloying Composition AlC_{0,8}Ti_{0,7} on Structure and Mechanical Properties of a Foundry Alloy Al-5,5%Mg-2,5%Zn

A.N. Doniy, A.A. Kulinich, K.G. Gzovsky, O.O. Rjabinina

The influence modifying alloying composition AlC_{0,8}Ti_{0,7} on structure and mechanical properties of a foundry alloy Al-5,5%Mg-2,5%Zn is investigated. The positive influence given alloying composition as effective of the modifier of a grain is shown.