

3. Knipling K. E., Dunand D. C., Seidman D. N. Criteria for development castable, creep-resistant aluminium-based alloys – A review. *Z. Metallkd.* – 2006. – № 97. – pp. 246-265.

4. Mondolfo L. F. *Aluminium alloys: structure and properties.* London/Boston: Butterworths, 1976. – P. 640.

5. Kumar K. S. Ternary intermetallics in aluminium refractory-metal X systems ( $X = V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn$ ). *Intermetallic Materials Review.* 1990. – № 35 (6). – pp. 293-327.

6. Wang X., Guan R., Wang Yu. Formation Mechanism of Nanoscale  $Al_3Fe$  Phase in Al-Fe Alloy During Semisolid Forming Process. *Metallurgical and Materials Transactions B.* 2018. – № 5 (49). – pp. 2225-2231.

**Ворон М.М., Фон Прусс М.А.**

**(ФТІМС НАН України, м. Київ)**

**ВПЛИВ МОЛІБДЕНУ НА НЕЙТРАЛІЗАЦІЮ  
ЗАЛІЗОВМІСНИХ ФАЗ ЛИВАРНОГО СПЛАВУ  $AlSi9Cu3$**

**E-mail: m.fonpruss@gmail.com, mihail.voron@gmail.com**

Алюмінієві сплави через свої властивості (високі показники міцності та пластичності, задовільну стійкість проти атмосферної корозії, порівняно низьку вартість та легкість отримання і обробки) використовуються практично у всіх галузях промисловості: автомобільній, космічній, морській, електротехнічній та інших [1].

Залізо є головною технологічною і однією з найбільш небезпечних домішок у більшості промислових ливарних алюмінієвих сплавів через утворення голкоподібних шкідливих фаз. Залізо є природною домішкою, яка виникає в ході виробництва первинного алюмінію, проте його рівень в алюмінієвих сплавах продовжує збільшуватися з кожним переплавом в ході виробництва і вторинної переробки. Типові вторинні сплави для лиття не під тиском зазвичай містять залізо в інтервалі від 0,25 до 0,8% мас., а найчастіше – від 0,4 до 0,7%. Причина такого низького вмісту заліза в сплавах походить

від комерційного балансу між вигодами від зниженої вартості металу і прийнятних технологічних проблем з його литтям і рівнем кінцевих механічних властивостей [1-2]. Для нейтралізації шкідливого впливу заліза застосовують різноманітні методи модифікування та модифікатори.

Молибден не є поширеною мікролегувальною добавкою для сплавів на основі алюмінію. Він надає ефект, подібний до класичних у вирішенні питання зміни морфології залізовмісних фаз модифікаторів – Mn і Cr, утворюючи  $Al_{15}(Fe, Mo)_4Si_2$  замість голкоподібної фази  $Al_5SiFe$  [2].

У роботі [3] на прикладі сплаву  $AlSi9Cu3$  (аналог АК8М3) було вивчено вплив додавання молибдену на структуру литого металу при різних швидкостях кристалізації. Базовий сплав хімічного складу  $Al-10Si-4,1Cu-0,6Fe-0,15Mn$  було виплавлено в лабораторній шахтній печі опору в керамічному тиглі. Вихідними матеріалами слугували відходи сплаву АК12М2, чиста мідь марки М1 та алюміній марки А95. Для модифікування використовували лігатуру власного виробництва на основі алюмінію з вмістом молибдену 3,65% мас. Вміст молибдену в сплаві після модифікування складав 0,17% мас. Зразки базового та модифікованого сплавів заливали в підігріту циліндричну графітову форму для забезпечення повільної кристалізації зі швидкістю охолодження розплаву близько  $10\text{ }^{\circ}C/c$ . Інший зразок модифікованого сплаву було залито в мідній кокіль з масивними стінками, що забезпечило швидку кристалізацію зі швидкістю охолодження розплаву  $\sim 250\text{ }^{\circ}C/c$ .

Результати дослідження мікроструктури отриманих зразків та їх порівняння показало, що при повільному охолодженні будова модифікованого зразка відрізняється досить крупним розміром залізовмісних фаз типу  $Al_5(FeMn)_3Si_2$ , які при цьому мають сприятливу морфологію. При швидкому охолодженні молибден знаходиться у складі залізовмісних вкраплень та у складі евтектики з високим вмістом міді. При цьому залізовмісні фази подрібнюються. В обох випадках, молибден підсилює вплив марганцю, про що свідчить їх одночасне знаходження у складі залізовмісних фаз. Знаходження

цих вкраплень в евтектичних зонах вказує на те, що розглянутий модифікатор потенційно не впливає на рідкоплинність сплавів.

Література:

1. Белов Н.А. Фазовый состав алюминиевых сплавов. –М.: МИСиС, 2009.– 235 с. . – ISBN 978-5-87623-213-7.
2. Белов Н. А., Аксенов А.А. Металловедение цветных металлов. Алюминиевые, магниевые и титановые сплавы: учеб пособие для студ. высш. уч. завед. – М.: МИСиС, 2005. – 149с.
3. Ворон М.М., Фон Прусс М.А. Вплив молібдену на структуру сплаву AlSi9Cu3. – Процеси лиття. – 2020. – № 3 (141).– С. 42-46.

**Глотка А.А., Ольшанецкий В.Е.**

*(НУ «Запорозьская политехника», г. Запорожье)*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КАРБИДНОГО  
ЛИКВИДУСА И СОСТАВА КАРБИДОВ ЖАРОПРОЧНЫХ  
НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ**

**E-mail: Glotka-alexander@ukr.net**

Основной целью настоящей работы является получение математических моделей для прогнозирования температур карбидного ликвидуса и состава карбидных фаз для многокомпонентной системы типа Ni-14Cr-9Co-5Ti-3Al-3Ta-3,5W-1,5Mo-0,15Hf-0,1C с помощью расчетного метода прогнозирования CALPHAD (пассивный эксперимент) в сравнении с данными, полученными методом электронной микроскопии (активный эксперимент).

Тантал, обладая мощной карбидообразующей способностью, формирует первичные карбиды MC; при этом он оказывает положительное влияние как на жаропрочность, так и коррозионную стойкость ЖНС. Увеличение содержания тантала в сплаве приводит к росту температур карбидного ликвидуса для первичного карбида и уменьшением для вторичных карбидов, что описывается математическими моделями. При небольшом введении в сплав тантала ( $\approx 2\%$ ) наблюдается изменение основы карбидов MC с титана на тан-