

деформація», які будували методом індентування за допомогою комплекту з 9-ти тригранних алмазних пірамід з різними кутами загострення (45...85°).

З додаванням Ti замість Ni характеристики міцності AlCoFeCrVTi ВЕС збільшуються, а характеристика пластичності δ_H зменшується.

Таблиця 1. Комплекс механічних характеристик AlCoFeCrVNі та AlCoFeCrVTi сплавів після спікання під тиском

Сплав	Мікро- твердість HV, ГПа	Модуль Юнга E, ГПа	Характе- ристика пластич- ності δ_H	Тріщино- стійкість, МПа·м ^{1/2}	Границя пружност і σ_e , ГПа	Умовна границя плинності $\sigma_{0,2}$, ГПа
AlCoFeCrVNі	13,6 ± 1,04	156,1 ± 9	0,5	4,2 ± 0,8	3,35	3.45
AlCoFeCrVTi	14,7 ± 1,17	142,8 ± 11	0,4	3,6 ± 0,6	3,98	4,1

Високі значення характеристик міцності сплавів обумовлені твердорозчинним зміцненням завдяки значним спотворенням кристалічної решітки твердих розчинів через різницю атомних радіусів елементів заміщення, та наноструктурним станом. Високий тиск та порівняно низька температура процесу спікання сприяють збереженню наноструктурного стану та підвищенню характеристик міцності сплавів.

Ліхацький Р.Ф., Ворон М.М.
(ФТИМС НАН України, м. Київ)

ОДЕРЖАННЯ ДИСПЕРСНОЗМІЦНЕНИХ МІДНИХ КОМПОЗИТІВ В УМОВАХ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ЛИВАРНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

E-mail: richardlihatskyi@gmail.com

В сучасному світі мідні сплави і композити використовуються переважно в електротехніці, різноманітних системах охолодження завдяки високій електро- та теплопровідності. Серед переваг, порівняно з іншими сплавами, що мають аналогічні властивості варто виділити поширеність міді, а відповідно економічну доцільність використання саме сплавів на основі міді. Мідні сплави мають відносно високі міцнісні характеристики, проте вони значно поступаються сталі чи іншим сплавам на основі заліза. Підвищення механічних властивостей мідних сплавів при збереженні високої електро- та теплопровідності є дуже важливою задачею.

На даний момент в галузях, де потрібні сплави з високою електропровідністю та високими механічними властивостями (твердість, міцність, стійкість до зношування тертям, тощо) використовують мідні композити, отримані методами порошкової металургії [1].

Розглядаючи легування, мікролегування металами з метою підвищення жаростійкості та механічних властивостей в цілому встановлено, що основними проблемами при цьому залишаються:

- нерівномірний розподіл твердих часток по мідній матриці, що обумовлює різні властивості металу в об'ємі;
- великий розмір часток легувального елемента в мідній матриці, що негативно впливає на механічні властивості;
- складність самого процесу виплавки, особливо якщо модифікувальний компонент є тугоплавкою сполукою або металом.

Оскільки підвищення механічних властивостей шляхом легування передбачає незначне зменшення параметрів електропровідності – легувальний елемент повинен підбиратись з урахуванням його впливу на даний параметр. На жаль, в більшості випадків легування часто не забезпечує необхідного результату [2].

Дослідження покращення властивостей мідних сплавів за рахунок введення легувальних елементів, при яких спостерігався досить рівномірний розподіл часток та дисперсність, показано в роботах [3, 4]. Суть робіт полягала в швидкій кристалізації розплавів монотектичних систем на основі міді. З метою більш рівномірного розподілу застосовувалось електромагнітне перемішування. Проте, існуючі технології плавки, зокрема – індукційна тигельна, не дозволяють сильно перегрівати розплав, використовувати в якості легувального компонента тугоплавкі та високореакційні метали, отримувати значну кількість утвореного сплаву за одну плавку.

Використання електронно-променевої ливарної технології є потенційно новим та перспективним підходом для розширення існуючих ідей одержання сплавів монотектичного типу на основі міді. Існуюча технологія, реалізована в напівпромисловій установці ЕПЛУ-4, забезпечує приготування відносно великих порцій розплаву (2...25 кг), працює у вакуумі, дозволяє проводити незалежне концентроване та контрольоване нагрівання та одночасно проводити електромагнітне перемішування розплаву [5].

Приготування розплаву для одержання литих мідних композитів обмежується лише температурою інтенсивного випаровування міді. Проведені авторами дослідження з одержання композиту системи Cu-V показали, що оптимальною температурою приготування розплаву є 1400...1600 °С. Вища температура зумовлює надто інтенсивне випаровування міді та погіршення роботи електронно-променевої гармати.

Тугоплавкий компонент на початку плавки розміщується на поверхні мідної шихти так, щоб електронний промінь був спрямований на нього. Таким чином мідь, що розташована навколо нього, нагрівається переважно від самого тугоплавкого компонента, за рахунок чого забезпечується доволі рівномірне розплавлення завантажених часток металу та попереднє рівномірне сплавлення тугоплавкого компонента. Електромагнітне перемішування одержаного розплаву інтенсифікує тепло- та масообмінні процеси, що дозволяє одержати засвоєння ванадію на рівні 2% мас.

Література:

1. Логинов Ю. Н. Изготовление полуфабрикатов и изделий из порошков меди и медных сплавов: учебное пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – 208 с.

2. Филиппов М. А. Методология выбора металлических сплавов и упрочняющих технологий в машиностроении: учебное пособие: в 2 т. – Т. II. Цветные металлы и сплавы. / Филиппов М.А., Бараз В.Р., Гервасьев М.А. – Екатеринбург : Изд-во Урал. унта, 2013. – 236 с.

3. Кириевский Б.А. Влияние состава упрочняющей добавки на растворимость хрома и железа в медной фазе монотектических расплавов Cu-(Fe-Cr-C) / Кириевский Б.А., Руденко М.А., Христенко В.В. // Процессы литья. – 2010. – №6 – С.53-58.

4. Дубоделов В. І. Умовляння отримання сплавів со структурою замороженою мікроемулсії і МГД-технологія виплавки расплава міді с ультрадисперсними каплями на основі FeCrC / Дубоделов В. І., Середенко В. А., Кириєвський Б. А. та ін. // Процессы литья. – 2018. – №1 (127)ю – С.3-14.

5. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве/ Под. ред. С.В. Ладохина. – К.: Изд-во «Сталь», 2007. – 626 с.

Лук'яненко І. В., Кондратенко І. О.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ СКЛОФОРМ

E-mail: lukianenkoiv@gmail.com, Vanex97@gmail.com

Універсальної схеми, здатної зробити значний прорив в області підвищення робочого ресурсу деталей склоформ і кардинально змінити ситуацію, не існує.

Основними напрямками у підвищенні експлуатаційного ресурсу деталей склоформ є вдосконалення хімічного і фазового складу матеріалу виробу і зміцнення поверхонь, що контактують з розплавленим склом.

Це змушує шукати нові підходи і методи вдосконалення структури матеріалу литих деталей склоформ, що в свою чергу призводить до створення ефективних способів виробництва і ремонту деталей, що збільшенує ресурс експлуатації виробів.

Основним матеріалом для виготовлення склоформ у світовій практиці є чавун [1]. За рахунок регулювання хімічного складу і ступеню його структуризації можна досягнути суттєвого підвищення стійкості деталей формових комплектів [2]:

- термостійкості робочого шару склоформи;
- окалиностійкості поверхонь, які перебувають у контакті з розплавленим склом;
- ростостійкості вузлів, що розігріваються до температур $\alpha \leftrightarrow \gamma$ перетворення;
- міцності формуютьовальних поверхонь і робочих кромок;
- теплопровідності, достатньої для відведення надлишку тепла від поверхонь, які контактують із розплавленим склом.