

Кушнір В.В., Юркова О.І., Чернявський В.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ AlCoFeCrVNi
ТА AlCoFeCrVTi СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ МЕХАНІЧНИМ
ЛЕГУВАННЯМ ТА НАСТУПНИМ СПІКАННЯМ ПІД ТИСКОМ**

E-mail: vlad987321@gmail.com, yurkova@iff.kpi.ua, vadikv13@gmail.com

Високоентропійні сплави (ВЕС) в даний час все більше привертають увагу дослідників, тому кількість досліджень, які проводяться в даному напрямку, постійно зростає. ВЕС є новим багатообіцяльним класом матеріалів та потенційним кандидатом на використання у багатьох сферах. Так як ВЕС мають унікальне поєднання багатьох властивостей, таких як висока твердість та міцність при достатній для інженерної практики пластичності, підвищена термостабільність, висока зносостійкість та стійкість до окиснення і корозії тощо. ВЕС можуть застосовуватися в умовах ударних, динамічних навантажень, при підвищених температурах, в умовах радіації та інших екстремальних умовах експлуатації.

Метою роботи є встановлення комплексу механічних властивостей AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi високоентропійних сплавів, отриманих механічним легуванням (МЛ) та наступним спіканням під тиском (СПТ).

Як вихідну сировину використовували порошки Al, Co, Fe, Cr, V, Ni, Ti з чистою понад 99% та з розміром частинок ≤ 45 мкм. МЛ проводили в планетарному млині з розмельними камерами та кулями з твердого сплаву марки ВК6М. Порошки, отримані МЛ, були спечені методом СПТ в умовах високого тиску (5 ГПа) за температури 800 °С протягом 30 хв. Структуру та фазовий склад порошкових та спечених сплавів досліджували методами рентгеноструктурного та мікроструктурного аналізу за допомогою рентгенівського дифрактометра Ultima IV, Rigaku (Японія) в монохроматичному $\text{Cu K}\alpha$ випромінюванні та сканувального електронного мікроскопа з мікроаналізатором REMMA-101A.

Після 10 год. МЛ отримано сплави, які складаються з метастабільних твердих розчинів з ОЦК (основна фаза, з вмістом 60% та 90% відповідно) і ГЦК кристалічною структурою, які знаходяться в наноструктурному стані зі середнім розміром кристалітів 50 нм.

Після СПТ якісний склад сплавів не змінюється, але метастабільні тверді розчини, отримані в процесі МЛ, перетворюються на більш стабільні і основною фазою в AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi сплавах стає твердий розчин з ГЦК структурою (70% та 60%, відповідно).

За результатами випробувань встановлено, що спечені під тиском AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi сплави мають високу твердість, а саме, $HV = 13,6$ ГПа та $HV = 14,7$ ГПа, відповідно, при тріщиностійкості $K_{Ic} = 4,2$ МПа $\cdot$ м $^{1/2}$ та $K_{Ic} = 3,6$ МПа $\cdot$ м $^{1/2}$, відповідно (табл. 1).

Границю пружності σ_e і умовну границю плинності $\sigma_{0,2}$ AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi сплавів (табл. 1) визначали за кривими «напруження –

деформація», які будували методом індентування за допомогою комплексу 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	Характеристика пластичності δ_H	Тріщино- стійкість, МПа·м ^{1/2}	Границя пружності 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.
(ФТІМС 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: