



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний
інститут» (НТУУ «КПІ»)
Інженерно-фізичний факультет
Кафедра фізики металів

Варшавський університет
технологій
Факультет матеріалознавства
та інженерії

ЗБІРКА ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Дев'ятої міжнародної конференції студентів, аспірантів
та молодих вчених

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ОСНОВІ НОВІТНІХ
ФІЗИКО-МАТЕРІАЛОЗНАВЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
ТА КОМП'ЮТЕРНОГО КОНСТРУЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ



14-15 квітня 2016 року

Київ, Україна

УДК 620.22:620.187.22:534.442.3

СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ МЕХАНІЧНИМ ЛЕГУВАННЯМ ТА СПІКАННЯМ ПІД ТИСКОМ

Большаков О.Є., Чернявський В.В., Юркова О.І.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
Інженерно-фізичний факультет, кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової,
pef.escpy@mail.ru

This study reports the phase and structural evolution of equiatomic AlCuNiFeCr and AlCuNiFeTi high-entropy alloys (HEAs) from elemental materials to solid solution during mechanical alloying (MA), and further, to equilibrium phases during pressure sintering. It was justified experimentally that MA of Al-Cu-Ni-Fe-Cr and AlCuNiFeTi powder mixtures during, accordingly, 5 and 15 hours resulted in a nanocrystalline HEAs with a structure of BCC solid solutions. The phase composition transforms to BCC and minor FCC solid solutions when milled alloy powders were subsequently consolidated by pressure sintering at 800 °C with 5 GPa pressure for 30 min. The as-consolidated AlCuNiFeCr and AlCuNiFeTi HEAs exhibit, accordingly, 9.2 ± 0.25 and 11.2 ± 0.3 GPa in Vickers hardness.

Робота присвячена дослідженню впливу спікання в умовах квазігідростатичного стиску на фазовий склад та структуру порошкових еквіатомних високоентропійних AlFeCuNiCr та AlFeCuNiTi сплавів, отриманих в процесі механічного легування (МЛ). Новим поколінням металевих сплавів є високоентропійні сплави (ВЕСи), які базуються на багатокомпонентних системах еквіатомного складу. Першовідкривачем високоентропійних сплавів в 1995 році став тайванський вчений Jien-Wei Yeh [1]. Висока ентропія змішання елементів в сплаві забезпечує підвищену термічну стабільність фазового складу і структурного стану, а отже, властивостей сплаву - механічних, фізичних, хімічних. Таким чином, в високоентропійних сплавах, з одного боку, з'являється можливість утворення і збереження багатоелементного твердого розчину заміщення як безпосередньо після кристалізації високоентропійного сплаву, так і при подальшій термомеханічній обробці, а з іншого - у твердому стані сплав придбає унікальні поєднання фізико-механічних характеристик. Високоентропійні сплави (ВЕСи) зазвичай включають 5-10 елементів ($S_{\text{mix}} = 13-19$ Дж / моль·К), які в шихтовому складі знаходяться, як правило, в еквіатомному співвідношенні [2].

За допомогою сучасних методів матеріалознавства, зокрема, рентгеноструктурного аналізу, електронної мікроскопії та методу мікромеханічних випробувань досліджено фазовий склад, структуру та

механічні властивості порошкових AlCuNiFeCr та AlCuNiFeTi сплавів, отриманих МЛ в планетарному млині с послідуочим спіканням в умовах квазігідростатичного стиску при температурі 800 °С та тиску 5 ГПа.

Порошкові сплави після механічного легування (МЛ) складаються з однофазних пересичених твердих розчинів заміщення з ОЦК кристалічною структурою, які знаходяться в нанокристалічному стані. В рівноважних умовах більшість компонентів AlCuNiFeCr і AlCuNiFeTi ВЕСів володіють обмеженою взаємною розчинністю у твердому стані. Збільшення розчинності компонентів у твердому стані викликано ефектом високої ентропії змішування і нерівноважним станом процесу МЛ.

Консолідовані порошкові AlCuNiFeCr та AlCuNiFeTi сплави є трьохфазними і складаються з пересичених твердих розчинів переважно з ОЦК структурою та незначної кількості двох ГЦК твердих розчинів, які відрізняються періодами кристалічної решітки. Переважне формування простих твердих розчинів над інтерметалідними сполуками в багатокомпонентних еквіатомних сплавах головним чином забезпечується впливом високої ентропії змішання. Після спікання сплави залишаються в наноструктурному стані, що підтверджується сильним розмиттям максимумів всіх присутніх в них фаз.

Комплекс механічних властивостей отриманих ВЕСів визначали в умовах мікроіндентування при статичному та безперервному вдавлюванні при навантаженні на індентор $F = 1,5$ Н. Результати вимірювань усереднювали не менш, як за 10 відбитками при кожному навантаженні. Після спікання під тиском AlCuNiFeTi і AlCuNiFeCr сплави мають високі характеристики міцності (таблиця), які не властиві жодному вихідному елементу, завдяки ефектам твердорозчинного та наноструктурного зміцнення.

Таблиця 1– Механічні характеристики AlCuNiFeCr та AlCuNiFeTi ВЕСів

Сплав	E, ГПа	H _h , ГПа	ε _{es} , %	ζ _{es} , ГПа	HV, ГПа
AlCuNiFeCr	148±7	10,5±0,4	2,36	3,22	9,2±0,25
AlCuNiFeTi	127±9	11,8±0,35	3,04	3,62	11,2±0,3

Література

1. High-Entropy Alloys – A New Era of Exploitation / J. W. Yeh, Y. L. Chen, S. J. Lin // Materials Science Forum. – 2007. – № 3. – P. 1 – 9.
2. Phase and structural evolution during mechanical alloying, subsequent annealing and pressure sintering of AlCuNiFeCr high-entropy alloy / A. I. Yurkova, Chernyavsky V. V., Scheretskiy O. A., A. V. Voichenko, O. M. Matveev // Металознавство та обробка металів. – 2015. – № 4. – С. 17-23.

- ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОТРИМАННЯ ТЕКСТУРОВАНИХ ПІДЛОЖОК ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ НАДПРОВІДНИКІВ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ (2G HTS)**
Сунгуров М.С. 78
- EFFECT OF Fe₂MnGa ALLOY FILMS STRUCTURE OF THEIR OPTICAL, TRANSPORT AND MAGNETIC PROPERTIES**
Kolchiba M.R., Uvarov N.V., Melnik A.K., Kudryavtsev Y.V. 81
- ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ЗОВНІШНЬОГО МІКРОХВИЛЬОВОГО СИГНАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ДВОХ НЕЗАЛЕЖНИХ СПІНТРОННИХ МІКРОХВИЛЬОВИХ ДЕТЕКТОРІВ**
Шанідзе Р.Г., Артемчук П.Ю., Прокопенко О.В. 82
- БУДОВА ЗМІЦНЕНОГО ШАРУ, ОТРИМАНОВОГО ПРИ МАГНІТНО-АБЗАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ІНСТРУМЕНТУ**
Бобін А.Б., Бондаренко С.Ю., Петергеріна К.І., Бобіна М.М. 84
- КОНТРОЛЬ ПРОЦЕСУ ШЛАКОУТВОРЕННЯ В КОНВЕРТЕРНІЙ ВАННІ**
Богушевський В.С., Кичай Л.В. 88
- KINETICS OF OXYGEN ADSORPTION ON THE SUPERMONOLAYER Be/Mo(112) FILM**
Rumiantsev D.V. 90
- СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ МЕХАНІЧНИМ ЛЕГУВАННЯМ ТА СПІКАННЯМ ПІД ТИСКОМ**
Большаков О.Є., Чернявський В.В., Юркова О.І. 91
- СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТІВ З AlCuNiFeCr та AlCuNiFeCrTi ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ПЛАВКИ**
Кальян Б.А., Матвєєв О.М., Чернявський В.В., Юркова О.І. 93
- НОВІТНІ МЕТОДИ ДЛЯ СТАЛЕВИХ ВИРОБІВ ЗНИЖЕННЯ СХИЛЬНОСТІ ДО ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАРІННЯ**
Гуль Ю.П., Моргун М.П. 95
- THERMAL STABILITY OF STRUCTURE QUICK HARDENED NANOQUASICRYSTALLINE Al₉₄Fe₃Cr₃ ALLOY**
Bohuk Y.O., Kravchenko O.I., Vyba E.G., Yurkova O.I. 97