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 ПОКРИТТІВ З AlCuNiFeCr та AlCuNiFeCrTi ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ПЛАВКИ

Кальян Б.А., ***Матвєєв О.М., Чернявський В.В., Юркова О.І.***

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Інженерно-фізичний факультет, кафедра високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, bogdan.99.77@mail.ru

Approximately equimolar ratio AlCuNiFeCr and AlCuNiFeCrTi high entropy alloy coatings have been deposited by electron beam heating method on a steel substrate. The analysis of the microstructure by scanning electron microscopy (SEM) shows that the coating is metallurgically bonded to the substrate. X-ray diffraction analyses (XRD) shows that AlCuNiFeCr and AlCuNiFeCrTi coatings are composed of solid solutions with bcc and fcc structure and have a much higher strength characteristics (hardness) as compared to the original components.

Дослідження високоентропійних сплавів (ВЕСів) почалося з робіт Jien–Wei Yeh і співавторів у 1995 році. Дослідження ВЕСів цікаві тим, що обіцяють отримання матеріалів з високою міцністю, корозійною стійкістю, термостійкістю, високим ступенем опору зносу. Головна особливість ВЕСів полягає у відсутності основного елементу, всі елементи сплаву, що взяті в рівних мольних долях, є основними. ВЕСи мають, високу ентропію змішування, наприклад, для 5–6-ти компонентних систем S_{mix} >12 Дж·моль$^{-1}$К$^{-1}$ і як наслідок – мінімум енергії Гіббса, що визначає стабільність їх фазового складу та високі експлуатаційні властивості. ВЕСи можуть застосовуватися в умовах ударних і динамічних навантажень, тертя, підвищених температур та інших екстремальних експлуатаційних умовах. Метою роботи є дослідження структури, фазового складу і механічних властивостей покриттів з багатокомпонентних AlCuNiFeCr та AlCuNiFeCrTi високоентропійних сплавів, отриманих електронно-променевим методом.

Вихідні порошки Cu, Ni, Al, Fe, Cr та Ti з чистотою > 99,5% і розміром частинок ≤ 50 мкм після дозування змішували у планетарному млині протягом 5 хв. Пресування шихти на сталеву підкладку проводили на гідравлічному пресі при тиску 200 МПа/см^2. Наступною операцією була електронно-променева плавка на установці ЕЛА-6. Структуру та фазовий склад покриттів досліджували за допомогою дифрактометру Ultima IV, Rigaku та скануючого електронного мікроскопу-мікроаналізаторі РЕММА-101А. Мікротвердість покриттів *HV* визначали на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні F = 1,5 Н за стандартною методикою.

Мікроструктурні дослідження AlCuNiFeCr та AlCuNiFeCrTi покриттів показали формування матричної структури, яка складається з двох фаз, що містять в собі всі вихідні елементи та відрізняються між собою кольором та хімічним складом: світло-сіра фаза має підвищений вміст Ni таTi, а темно-сіра – Fe і Ti, та міждендритних прошарків, що мають білий колір та збагачені міддю. В обох сплавах структура змінюється в залежності від відстані до підкладки: біля підкладки кількість білої фази менша ніж в середині покриття та в приповерхневій зоні; біля поверхні зразка біла фаза має більш неоднорідний розподіл елементів і найбільшу концентрацію з поміж інших фаз, в порівнянні з ділянками покриттів біля підкладки. Фазовим рентгеноструктурним аналізом встановлено, що в покритті з AlCuNiFeCr сплаву утворюються два твердих розчини з ОЦК і ГЦК ґратоками, проте кількість ОЦК твердого розчину переважає. Сплав AlCuNiFeCrTi складається з трьох твердих розчинів, два з яких мають ОЦК (ОЦК1 і ОЦК2) структуру та відрізняються параметром кристалічної ґратки, і невеликої кількості твердого розчину з ГЦК структурою. Періоди кристалічних ґраток твердих розчинів для AlCuNiFeCr сплаву становлять: ОЦК – 0,28824 нм, ГЦК – 0,36227 нм, а у сплаві AlCuNiFeCrTi: ОЦК1 – 0,29429 нм, ОЦК2 – 0,28806 нм, ГЦК – 0,37999 нм.

Мікротвердість *HV* покриттів з AlCuNiFeCr та AlCuNiFeCrTi сплавів становить 5,02±0,21 і 7,66±0,53 ГПа, відповідно. Порівнюючи значення мікротвердості покриттів і вихідних компонентів, спостерігаємо її значне підвищення у покриттях з ВЕСів. Підвищене значення твердості AlCuNiFeCrTi покриття, порівняно з AlCuNiFeCr покриттям, пояснюється наявністю в першому Ti, який має найбільший атомний радіус серед компонентів та викликає найбільше викривлення кристалічної решітки твердих розчинів, що сприяє зміцненню покриття. Збільшення твердості приводить до зменшення значень характеристики пластичності δ_H покриттів: 0,73 для AlCuNiFeCr і 0,58 для AlCuNiFeCrTi.