

Карпець М.В.¹, Рокицька О.А.¹, Крапівка М.О.¹, Якубів М.І.¹, Дудак О.О.²
(¹ ІПМ НАНУ; ² КІП ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

СТРУКТУРА ТА ФАЗОВИЙ СКЛАД ОКАЛИНИ НА СПЛАВІ Fe35Ni25Co15Cr20Al5 ПІД ЧАС ОКИСНЕННЯ ПРИ 900 °С

E-mail: aizawa1985@ukr.net

Останнім часом широко досліджується новий клас матеріалів, так звані високоентропійні сплави. Вони містять у своєму складі більше 5 елементів в еквіатомному, чи близькому до еквіатомного співвідношенні [1]. Це призводить до суттєвого підвищення ентропії змішування, що в свою чергу сприяє формуванню у сплавах простих твердих розчинів заміщення на основі ОЦК та ГЦК кристалічних структур. Підвищений інтерес дослідників до таких сплавів обумовлений їх високими експлуатаційними характеристиками в широкому температурному інтервалі. Оскільки фазовий склад таких сплавів відіграє значну роль для їх майбутнього застосування, а інформація про зміну фазового складу при підвищених температурах дозволяє в подальшому оптимізувати режими експлуатації виробів на їх основі, метою роботи є дослідження структурних перетворень високоентропійного сплаву Fe₃₅Ni₂₅Co₁₅Cr₂₀Al₅ під час тривалого високотемпературного окиснення.

За даними рентгенівського фазового аналізу, у вихідному стані сплав є однофазним твердим розчином, який має ГЦК кристалічну структуру з параметром ґратки $a = 0,3571$ нм, при цьому на дифрактограмі сплаву фіксується текстура у напрямку (220) (рис. 1, а). Дослідження мікроструктури сплаву показало, що він має характерну для твердого розчину зеренну структуру, при чому спостерігається значне видовження зерен у напрямку кристалізації (рис. 2), а на границях зерен і частково всередині них спостерігаються виділення другої фази. Але оскільки дифрактометричним експериментом фіксується лише один твердий розчин з ГЦК кристалічною ґраткою, тому можна сказати, що в сплаві спостерігається явище міжзеренної ліквідації, оскільки у міждендритному просторі кристалізуються елементи з найнижчою температурою кристалізації серед усіх компонентів сплаву (Ni та Al).

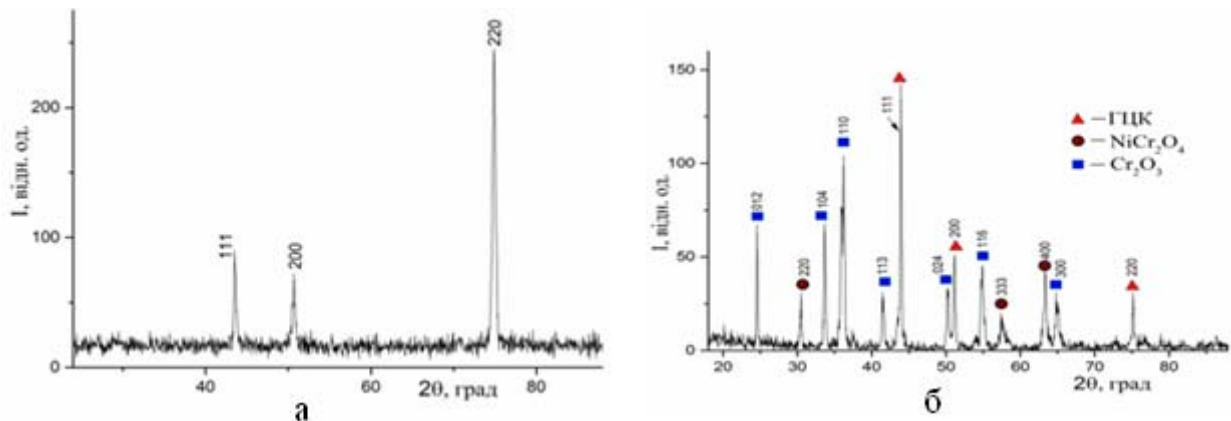


Рис. 1. Дифрактограми сплаву Fe₃₅Ni₂₅Co₁₅Cr₂₀Al₅ у вихідному стані (а) та після окиснення при температурі 900 °С впродовж 50 год (б)

Після відпалу при 900 °С протягом 50 годин на сплаві утворюється двофазна оксидна плівка, яка містить оксид хрому Cr₂O₃ та шпінель NiCr₂O₄ (рис. 1, б). Але оскільки сформована окалина є надзвичайно тонкою, її товщина становить менше 10 мкм, тому на дифрактограмі спостерігається також відбиття від матричної фази ГЦК твердого розчину.

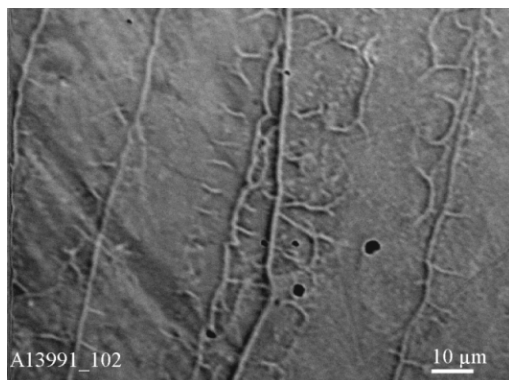


Рис. 2. Мікроструктура сплаву Fe35Ni25Co15Cr20Al5 у вихідному стані

При цьому параметр ґратки матричного ГЦК твердого розчину у порівнянні з вихідним станом (0,3571 нм) збільшується і становить 0,3577 нм, що свідчить про дифузію кисню у приповерхневі шари сплаву та утворення оксидів на основі нікелю та хрому.

Проведені дослідження показали, що даний сплав при температурі 900 °С має високу жаростійкість, оскільки на його поверхні формується тонка оксидна плівка, яка має високі захисні властивості, і тому є перспективним конструкційним матеріалом для високотемпературного застосування.

Література:

1. High-entropy alloys – a new era of exploitation / J.W. Yeh, Y.L. Chen, S.J. Lin // MaterialsScienceForum. – 2007. – v.560. – p. 1.

Касьяненко М.В.¹, Куциба П.В.¹, Габ А.И.¹, Малышев В.В.^{1,2}
(¹Университет «Украина»; ²Институт общей и неорганической химии, г. Киев)
СИЛИЦИРОВАНИЕ И БОРИРОВАНИЕ ВОЛЬФРАМА В СОЛЕВЫХ РАСПЛАВАХ

E-mail: viktor.malyshev.igic@gmail.com

Для современной техники большой интерес представляет повышение жаростойкости тугоплавких металлов и расширение за счет этого областей их применения. Анализ литературных данных показал перспективность бестокового метода диффузионного насыщения вольфрама кремнием, и бором в расплавленных солевых средах.

Для исследования использовали горячепрессованный спеченный вольфрам чистоты 99,9%. Борировали вольфрам в электролите состава (масс. %): Na₂B₄O₇ – 75, NaCl – 15, В (аморфный) – 10; силицировали – в электролите (масс. %): эквимольная смесь KCl и NaCl – 60, NaF – 17,7, Na₂SiF₆ – 17,7, Si – 16,6.

Кинетику нанесения покрытий изучали по привесу образцов и измерению глубины слоя. Фазовый состав покрытий изучали металлографическим, рентгеноструктурным, частичным послойным химическим и спектральным анализом. Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100 г. Структуры борированого и борсилицированного вольфрама протравливали в смеси 40% HF + 40% спирта + 20% H₂O, силицированного вольфрама – в смеси HNO₃ и HF (в соотношении 1:1).

Борирование вольфрама. Кинетику борирования вольфрама изучали при 1223, 1273 и 1323 К в течение 0,5...7,0 ч. Насыщение осуществляли в воздушной атмосфере. Для всех исследуемых температур зависимость роста слоя от времени параболическая, что свидетельствует о существовании лимитирующей стадии диффузии в твердой фазе. Константа скорости борирования в расплавленных солевых средах связана с температурой уравнением:

$$K = 9,16 \cdot 10^{-2} \exp(-41500/RT) \text{ см}^2 \cdot \text{с}. \quad (1)$$

Предложенный состав электролита кинетически более выгоден, чем описанные в литературе с карбидом бора или порошкообразным аморфным бором.

При выдержках не более 1 ч на поверхности вольфрама образуется однослойное покрытие состава α-WB толщиной 25...30 мкм с микротвердостью 32...34 ГПа. Микротвердость вольфрама составляла 4,6...4,8 ГПа. С увеличением продолжительности