

УДК 669.245

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖАРОМІЦНОГО НІКЕЛЕВОГО СПЛАВУ ПРИ МОДИФІКУВАННІ⁴

Нор М.Р., студент, Дніпровський національний університет ім. О. Гончара

***Анотація.** Матеріалом дослідження обрано жароміцний нікелевий сплав ЖС6, який використовують для лопаток газотурбінного двигуна. Для покращення механічних властивостей запропоновано модифікування дисперсним модифікатором ZrC з розміром часток 50 нм. В модифікованих зразках сплаву досягнуто стабільно дисперсна мікроструктура та високий комплекс механічних властивостей.*

***Ключові слова:** Жароміцний сплав, модифікування, нанодисперсний модифікатор, механічні властивості.*

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF A HEAT- RESISTANT NICKEL ALLOY DURING MODIFICATION

Nor M.R. student, Oles Honchar Dnipro National University

***Abstract.** Heat-resistant ZhS6 nickel alloy, which is used for gas turbine engine blades, was chosen as the research material. To improve the mechanical properties, modification with a dispersed ZrC modifier with a particle size of 50 nm is proposed. A stably dispersed microstructure and a high complex of mechanical properties were achieved in the modified alloy samples.*

***Key words:** Heat-resistant alloy, modification, nanodisperse modifier, mechanical properties.*

Вступ

Для лопаток газотурбінних двигунів використовують високолеговані жароміцні нікелеві сплави типу ЖС. Для цих сплавів надаються вимоги щодо стабільної структури та високого комплексу механічних властивостей при експлуатації.

Метою даної роботи є вивчення особливості структури та властивостей жароміцного сплаву ЖС6, модифікованого наноконпозиціями, лопаток газотурбінного двигуна.

Аналіз публікацій

Дослідженню структури та властивостей багатокомпонентних сплавів присвячені роботи [1 – 4]. У наявних роботах недостатньо уваги приділено вивченню структури жароміцного нікелевого сплаву, модифікований наносполуками з їх властивостями.

Результати досліджень та їх обговорення

Модифікатором обрано нанодисперсний ZrC з розміром частинок менше 100 нм. Карбід цирконію представляє собою порошок сірого кольору та має наступні основні властивості: температура плавлення $t_{\text{плав.}} = 3530^{\circ}\text{C}$, густина $\rho = 6.73 \text{ г/м}^3$, мікротвердість 28,44 ГПа, модуль пружності 412 ГПа. Проведено розрахунок середнього розміру часток модифікатора ZrC та питомої поверхні. Питома поверхня при розмірі часток 50 нм складала $8.91 \text{ м}^2/\text{г}$. Модифікатор ZrC

⁴ Науковий керівник проф., д.т.н. Калініна Н.Є..

має таку ж кристалічну решітку, а саме ГЦК як і нікелева основа сплаву, і період кристалічної решітки становить 0.4693 нм.

Для визначення впливу наномодифікування досліджували структуру сплаву ЖС6 у вихідному та модифікованому станах. Мікроструктура, наведена на рис. 1а, складається з зерен γ -фази неправильної форми з безліччю великих включень, що негативно позначається на міцних характеристиках сплаву. У немодифікованих зразках присутні великі включення, розташовані за межами зерен. У модифікованих зразках включення значно дисперсніші (рис. 1б) і розташовуються як по межах зерен, так і внутрішньозерено.

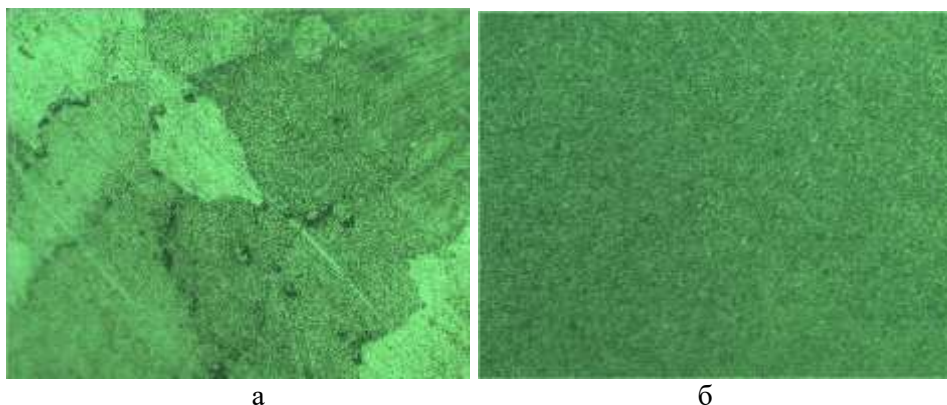


Рис. 1. Мікроструктура сплаву ЖС6: а – немодифікованого, б – модифікованого, $\times 100$

При вивченні мікроструктури модифікованого сплаву було встановлено, що всі включення, присутні в сплаві, рівномірно розподілені по всьому об'єму зразка, не утворюючи скупчень і груп. Утворення карбідів та карбонітридів спостерігається в основному всередині зерен. Таким чином, в результаті модифікування досягнуто подрібнення структурних складових сплаву в 3 – 4 рази.

У модифікованих зразках ЖС6 досягнуто значне підвищення характеристик міцності, а саме σ_B збільшилась на 8 – 9 %; $\sigma_{0,2}$ – на 10 – 13 %; δ – на 19 – 21 %, при високих значеннях показників пластичності, що пояснюється отриманням стабільної дисперсної структури в модифікованому стані.

Висновки

В якості модифікатора взято карбід цирконія ZrC. Обґрунтовано вибір наномодифікаторів для жароміцного нікелевого сплаву ЖС6 – тугоплавкого ZrC з розміром частинок 50 нм. Досліджено мікроструктуру сплаву ЖС6 до і після модифікування. В модифікованому стані отримано У модифікованих зразках включення значно дисперсніші і розташовуються як по межах зерен, так і внутрішньозерено.

У модифікованих зразках ЖС6 досягнуто значне підвищення характеристик міцності, а саме σ_B збільшився на 8 – 9 %; $\sigma_{0,2}$ – на 10 – 13 %; δ – на 19 – 21 %, при високих значеннях показників пластичності, що пояснюється отриманням стабільної дисперсної структури в модифікованому стані.

Література

1. Большаков В.І., Куцова В.З., Котова Т.В. Наноматеріали і нанотехнології. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2016. – 220 с.
2. Калініна Н.Є., Никифорчин Г.М., Калінін О.В. та ін. Структура, властивості та ви-

користання конструкційних наноматеріалів: Монографія – Львів: Простір. – 2017. – 304 с.

3. Наноматеріали і нанотехнології: підруч. для студентів ВНЗ / О. Я. Качан, Н. Є. Калініна та ін. – Запоріжжя: АТ "Мотор Січ", 2015. – 202 с.

4. Кузін О.А., Яцюк Р.А. Металознавство та термічна обробка металів: Підручник – Львів: Афіша, 2002. – 304 с.