

Биба Є.Г., Кравченко О.І., Гущик Д.О., Юркова О.І.

(НТУУ «КПІ», м. Київ)

ХОЛОДНЕ ГАЗОДИНАМІЧНЕ НАПИЛЕННЯ – ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД КОНСОЛІДАЦІЇ ПОРОШКОВИХ КВАЗІКРИСТАЛІЧНИХ Al-Fe-Cr СПЛАВІВ

E-mail: geka9@ukr.net; gara346@ya.ru

Високоміцні наноквазікристалічні Al-Fe-Cr сплави, які володіють високою структурною стабільністю, є найбільш перспективними для практичного застосування при підвищених температурах експлуатації в авіації та на транспорті. Це композиційні сплави, в яких нанорозмірні частинки ікосаедричної квазікристалічної фази (і-фаза) розподілені в α -Al матриці, завдяки чому в них забезпечується необхідна для інженерної практики комбінація високої міцності з достатньою пластичністю.

Порошки композиційних Al-Fe-Cr сплавів отримують методом розпилення розплаву в умовах надвисоких швидкостей охолодження ($10^5 \dots 10^6$ К/с), необхідних для отримання квазікристалічної фази. Тому для отримання об'ємних матеріалів дуже важливий процес подальшої консолідації порошку з повним збереженням вмісту квазікристалів у сплаві з метою підвищення термостабільності структури та властивостей для максимального збільшення робочої температури.

Для консолідації квазікристалічних Al-Fe-Cr порошків до цього часу переважно використовується метод гарячої екструзії. Як альтернативний метод консолідації, в роботі запропоновано застосування методу холодного газодинамічного напилення (ХГН) [1] цих порошків у вигляді покриттів, на відміну від методів газотермічного напилення (плазмове та детонаційне напилення) [2].

Метою роботи є дослідження особливостей структури наноквазікристалічного Al-Fe-Cr сплаву, отриманого методом ХГН, у порівнянні зі сплавом, консолідованим гарячою екструзією. Для експерименту використовували вихідний порошок $Al_{94}Fe_3Cr_3$ сплаву, отриманий методом водяного розпилення. ХГН проводили при температурі повітряної суміші 473 К, тоді як гарячу екструзію здійснювали при температурі 653 К в герметичній капсулі за один прохід з коефіцієнтом витягування $k_e = 7,2$ [1]. Перед екструзією капсулу з розташованим в ній порошком дегазували при температурі 623 К протягом 1 години.

Особливості структури $Al_{94}Fe_3Cr_3$ сплаву, консолідованого як методом ХГН, так і екструзією, досліджували в поперечному перерізі зразків. Експериментально показано, що основною перевагою методу ХГН є те, що частка квазікристалічної і-фази, яка знаходилася у вихідному порошку, повністю зберігається в матеріалі після ХГН, тоді як після екструзії вміст і-фази зменшується приблизно на 23%.

З використанням техніки індентування були проведені випробування сплавів, отриманих методом ХГН та екструзією, а також визначено їх механічні характеристики (табл. 1). Властивості міцності (модуль пружності E , мікротвердість HV , границя плинності $\sigma_{0.2}$) $Al_{94}Fe_3Cr_3$ сплаву, консолідованого методом ХГН, перевищують характеристики сплаву після екструзії приблизно на 29 %; характеристика пластичності δ_H (δ_A) приблизно відповідає критичній величині $\delta_H \cong 0,9$, що приведена в літературі як критерій для пластичної поведінки матеріалів при традиційних випробуваннях на розтягнення та стискання.

Таблиця 1 – Механічні характеристики $Al_{94}Fe_3Cr_3$ сплаву

Параметр Матеріал	Модуль Юнга, E , ГПа	Мікротвердість, HV , ГПа	Характеристика пластичності, δ_H/δ_A	Границя плинності, $\sigma_{0.2}$ (МПа)
Порошковий	–	$1,0 \pm 0,3$	0,92/–	–
ХГН сплав	$90,0 \pm 2,5$	$1,95 \pm 0,02$	0,85/0,84	450
Екструдований	$70,0 \pm 2,3$	$1,58 \pm 0,04$	0,83/0,85	380

Література:

1. А.Р. Alhimov, V.F. Kosarev, and A.V. Plohov. Scientific basis for technology of cold spray process and properties of sprayed materials. – Novosibirsk: NGTU, 2006. – 280 p.

2. J.R. Davis. Handbook of Thermal Spray Technology. – OH.: Materials Park, 2004. – 338 p.