



Рис. 5. Йозеф Баги собирает литейную форму



Рис. 6. Процесс заливки формы серым чугуном

**Кушнір В.В.<sup>1</sup>, Чернявський В.В.<sup>1</sup>, Юркова О.І.<sup>1</sup>, Бурченя А.В.<sup>2</sup>**

**(<sup>1</sup>КПІ ім. Ігоря Сікорського, <sup>2</sup>ІНМ НАН України, м. Київ)**

**МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНИХ  $AlCoFeCrVNi$  ТА  $AlCoFeCrVTi$  СПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ МЕХАНІЧНИМ ЛЕГУВАННЯМ І СПІКАННЯМ**

**E-mail:** vlad987321@gmail.com, vadikv13@gmail.com, yurkova@iff.kpi.ua

З початку 20-го століття швидкий розвиток металургії був викликаний необхідністю нових матеріалів з вищими фізико-механічними та технологічними характеристиками. У зв'язку з цим створювались нові матеріали та проводилась розробка нових технологій їх отримання. Разом з цим у сплавах збільшується як кількість легувальних компонентів, так і кількість елементів, які формують основу матеріалу. У свою чергу, це привело до того, що на початку 21-го століття було створено матеріали нового класу – високоентропійні сплави, які містять у своєму складі 5 або більше елементів з концентрацією кожного 5...35 ат. %. Дані сплави мають значно кращий комплекс властивостей відносно звичайних сплавів, а саме: високу твердість, міцність на стиск та розтяг, пластичність, високу стійкість до зношування та твердість і т.д.

Метою роботи є дослідити методами мікромеханічних випробувань [1, 2] властивості високоентропійних  $AlCoFeCrVNi$  та  $AlCoFeCrVTi$  сплавів, отриманих методом механічного легування та спікання під тиском.

$AlCoFeCrVNi$  та  $AlCoFeCrVTi$  сплави були отримані механічним легуванням у планетарному млині протягом 10 год. Синтезовані високоентропійні  $AlCoFeCrVNi$  та  $AlCoFeCrVTi$  сплави складаються із твердих розчинів з ГЦК (основна фаза) і ОЦК крис-

талічною структурою, які знаходяться в наноструктурному стані із середнім розміром кристалітів 50 нм.

Після спікання під тиском 5 ГПа при температурі 800 °С AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi сплави мають високу мікротвердість, а саме,  $HV=12,6$  ГПа та  $HV=14,7$  ГПа, відповідно. Цей факт пояснюється твердорозчинним зміцненням зі значним спотворенням кристалічної ґратки твердих розчинів через різницю атомних радіусів компонентів, що входять до їх складу, та збереженням їх наноструктурного стану. Заміна нікелю на титан підвищує твердість за рахунок значно більшого атомного радіусу останнього, що призводить до ще більшого спотворення кристалічної ґратки твердих розчинів.

Механічні властивості високоентропійних AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi сплавів визначені по кривих «напруження-деформація», які побудовано методом індентування за методикою [2] представлено в табл. 1. З додаванням до сплаву титану замість нікелю значення границі пружності  $\sigma_e$  та умовної границі плинності  $\sigma_{0,2}$  збільшуються. Таких самих змін зазнає і мікротвердість  $HV$  при додаванні титану замість нікелю, а характеристика пластичності  $\delta_H$  зменшується.

Після спікання під тиском сплави набувають високих значень характеристик міцності завдяки ефекту твердорозчинного зміцнення, сильного спотворення кристалічної ґратки.

Таблиця 1. Механічні характеристики AlCoFeCrVNi та AlCoFeCrVTi сплавів після спікання під тиском

Сплав	Мікротвердість HV, ГПа	Модуль Юнга E, ГПа	Границя пружності $\sigma_e$ , ГПа	Умовна границя плинності $\sigma_{0,2}$ , ГПа	Характеристика пластичності $\delta_H$
AlCoFeCrVNi	13,6±1,04	156,1±9	3,35	3,45	0,5
AlCoFeCrVTi	14,7±1,17	142,8±11	3,98	4,1	0,4

Високий тиск та порівняно низька температура процесу спікання сприяють збереженню наноструктурного стану та підвищенню характеристик міцності сплавів.

#### Література:

1. Теоретичні основи і методи визначення механічних властивостей матеріалів та покриттів при індентуванні на макро- та мікрорівнях (навчальний посібник) / [О.В. Бякова, О.І. Юркова, Ю.В. Мільман, О.В. Білоцький] // Київ: «Гарант-Сервіс», 2011. – 144 с.
2. Construction of stress-Strain Curves for brittle Materials by Indentation in a Wide Temperature Range / Yu. Milman, I. Gridneva, A. Golubenko. // Science of Sintering. – 2007. – V. 39. – P. 67-75.