

УДК 669.715.018:621.745

В. Куцова

Професор, докт. техн. наук

О. Носко

Доцент, канд. техн. наук

А. Купчинська

Національна металургійна
академія України,
м. Дніпропетровськ

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ СПОСОБІВ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ НА МІКРОМЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ β -Si ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ ТИПУ АК18

Досліджено вплив гідроциркуляційної обробки на структуру та властивості сплаву АК18 і на мікромеханічні властивості кристалів β -Si твердого розчину. Експериментально встановлено, що гідроциркуляційна обробка розплаву на протязі 15-30 хв істотно підвищує комплекс мікромеханічних та механічних властивостей сплаву.

заевтектичні силуміни, гідроциркуляційна обробка, мікрокрихкість, ударна в'язкість, твердість

Вступ. Силуміни – сплави евтектичного типу на основі алюмінію, провідною фазою евтектичної складової цих сплавів є кремній. Фазові та структурні перетворення, які реалізуються в кремнії [1, 2] і системі Al-Si [2] впливають на форму та розмір первинних кристалів β -Si твердого розчину, а також на морфологію евтектики α -Al- β -Si, а, отже, і на механічні властивості сплавів.

Заевтектичні силуміни використовують для виробництва поршнів двигунів внутрішнього згорання, які працюють в умовах високих температур та циклічних навантажень. Макро- і мікроструктура поршнів повинна забезпечувати не тільки високу міцність, а й підвищену в'язкість руйнування.

Кристали первинного β -Si твердого розчину є основним джерелом зародження тріщин та відіграють небезпечну роль при експлуатації поршнів. У зв'язку з цим, дослідження мікромеханічних властивостей β -кремнію мають велике значення для оцінювання загальних механічних властивостей сплаву.

Мікромеханічні властивості твердого розчину оцінювали методом мікротвердості. Відомо, що тріщино-

утворення і злами навколо відбитків індентора можуть впливати на точність вимірювання мікротвердості. Енергія, яку поглинає пластична деформація, набагато перевищує вивільнену утворенням тріщин енергію для багатьох матеріалів. Не дивлячись на те, що це ускладнює точні вимірювання, утворення тріщин при втисканні індентора розкриває важливі параметри матеріалу. Пальмквіст [3] був першим, хто пов'язав розтріскування при втисканні індентора з в'язкістю руйнування матеріалу. Тріщини при випробуванні мікротвердості утворюються навколо відбитків декількома шляхами, тому для їх аналізу необхідно застосовувати різні методи [4].

Об'єктом дослідження в цій статті є зразки силуміну АК18, модифікованого комплексом В-Sn, які піддавали гідроциркуляційній обробці в рідкому стані для отримання дрібнокристалічної структури та термоцилювання в твердому стані за режимами, що забезпечують найкращі показники властивостей [5]. Хімічний склад дослідженого сплаву поданий у табл. 1.

Експериментальне дослідження проводили з використанням оптичного мікроскопа «Neophot-21», мікротвер-

Таблиця 1

Хімічний склад сплаву

Сплав	Хімічний склад, %					
	Si	Fe	Mn	Mg	B-Sn	Al
AK18	18.0	0.3	0.2	0.3	0.05	Основа

доміра ПМТ 3М, твердість вимірювали на установці для вимірювання твердості за методом Брінеля.

Мікромеханічні властивості β -Si твердого розчину оцінювали за його мікротвердістю, мікрокрихкістю та ударною в'язкістю. Механічні властивості сплаву визначали на установці Instron.

Мікротвердість визначали за формулою

$$H_{ВД} = \frac{1854 \cdot P}{d^2} \quad (1)$$

Лаун та Еванс показали, що критичне навантаження появи тріщин пов'язане з мікротвердістю та тріщиностійкістю [4]:

$$P_{кр} = \mu \left(\frac{K_{1C}}{H} \right)^3 K_{1C} \quad (2)$$

З цієї формули можна вирахувати залежність тріщиностійкості K_{1C} від критичного навантаження

$$K_{1C} = \sqrt[4]{\frac{PH^3}{\mu}} \quad (3)$$

де μ – модуль пружності.

Нііхара запропонував метод, за допомогою якого можна пов'язати в'язкість руйнування матеріалу з розміром бокових тріщин [7]:

$$\left(\frac{3K_{1C}}{Ha^{1/2}} \right) \left(\frac{H}{3E} \right)^{2/5} = 0,035 \left(\frac{l}{a} \right)^{-1/2} \quad (4)$$

де l – довжина тріщини, a – половина діагоналі відбитка індентора, E – модуль пружності, H – значення мікротвердості

На рис. 1 подані мікроструктури модифікованого сплаву AK18 у вихідному стані та після 15 і 30 хв гідроциркуляційної обробки. У вихідному стані мікроструктура сплаву представлена крупними сильнорозгалуженими кристалами β -Si твердого розчину і тонкодиференційованою пластинчатою евтектикою. Застосування гідроциркуляційної обробки протягом 15 хв приводить до зміни форми росту кристалів твердого розчину, які набувають компактної рівновісної форми та істотно зменшуються в розмірах, що сприятливо впливає на властивості сплаву. В результаті 15 – 30 хв гідроциркуляційної обробки в структурі сплаву також спостерігаються ділянки псевдопервинних кристалів твердого розчину.

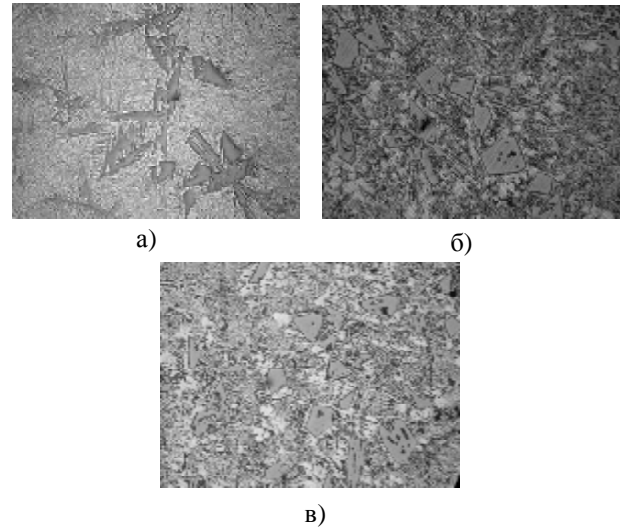


Рис.1. Мікроструктура сплаву AK18: а – вихідний сплав, б – зразок після 15 хв ГЦО, в – зразок після 30 хв ГЦО, x100

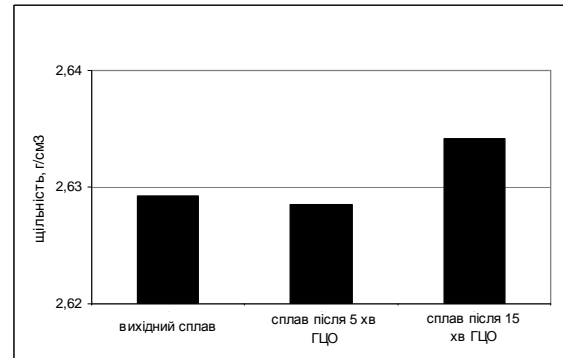


Рис. 2. Значення густини сплаву AK18 у вихідному стані та після гідроциркуляційної обробки

Однією з важливих характеристик ливарних сплавів є густина виливка, яку можна оцінити, згідно з ГОСТ 1583-93 та за допомогою вимірювання густини сплаву методом гігроскопічного зваження. Згідно з ГОСТ 1583-93 зразки сплаву AK18 після гідроциркуляційної обробки мають знижену та середню густина, що допускається. Дані вимірювання густини подані на рис. 2.

Встановлено, що гідроциркуляційна обробка майже не впливає на щільність досліджених сплавів.

Мікротвердість кристалів твердого розчину істотно збільшується, а саме – на 25%, із застосуванням гідроциркуляційної обробки (рис. 3). Збільшення часу гідроциркуляційної обробки не впливає на мікротвердість твердого розчину.

Аналіз табл. 2 свідчить, що гідроциркуляційна обробка впродовж 15 хв приводить до збільшення твердості та міцності сплаву на 10%, при цьому ударна в'язкість кристалів твердого розчину збільшується на 13%, а мікрокрихкість знижується на 20 – 30% при збільшенні тривалості гідроциркуляційної обробки до 30 хв, що сумарно забезпечує покращання експлуатаційних властивостей дослідженого сплаву AK18.

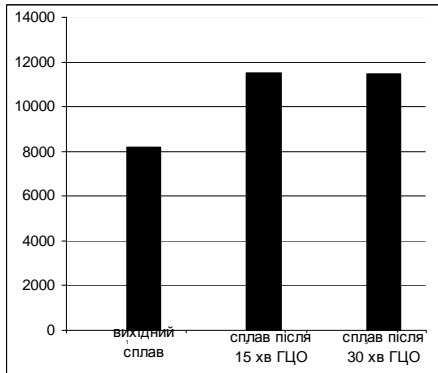


Рис. 3. Значення мікротвердості кристалів твердого розчину

Таблиця 2

Мікромеханічні властивості β -Si -твердого розчину та механічні властивості сплаву АК18(B-Sn)

№ зразка	Мікротвердість, МПа	Мікрокрихкість	Ударна в'язкість, МПа м ^{1/2}	Твердість, НВ	σ_v , МПа
1	8200	3,84	1,19	156	234
2	11500	3,08	1,53	172	258
3	11415	2,54	1,52	130	195

Висновки

1. Запропоновано гідроциркуляційну обробку як фізичний метод впливу на розплав з метою отримання сприятливої структури зразків заевтектичного сплаву типу АК18.

2. Встановлено, що застосування гідроциркуляційної обробки сприятливо впливає на структуру сплаву типу АК18, а саме зменшує лінійні розміри структурних складових та сприяє зміні форми кристалів β -Si -твердого розчину з великих розгалужених кристалів з гострими гранями, що

можуть слугувати концентраторами напружень руйнування, на рівновісні компактні кристали.

3. Проведені мікромеханічні випробування показали, що застосування гідроциркуляційної обробки збільшує мікротвердість кристалів β -Si -твердого розчину на 25%, показники ударної в'язкості підвищуються на 13%, а мікрокрихкість знижується на 20 - 30%.

Література

1. Структурные превращения в кремнии в твердом состоянии / Таран Ю.Н., Куцова В.З. и др. // Доклады АН СССР. – 1987. – Сер. А. – №7. – С. 81-83.
2. Таран Ю.Н., Куцова В.З. Фазовые превращения в кремнии и сплавах системы Al-Si // Современные проблемы металлургии. – Д.: Системные технологии, 1999. – С. 223-247.
3. Palmqvist. S. Rissbidungsarbeit bei Vickers-Eindruecken als Massfuer die Zaehigkeit von Hartmetallen. Arch. Eisenhuettenwesen, vol.33,no. 9, 1962, pp. 629-634..
4. Rybicki G, Pirous P. Indentation plasticity and fracture in silicon, NASA technical paper, 1988.
5. Влияние термоциклирования на структуру и свойства заэвтектического силумина типа АК18, легированного комплексом В-Sn после гидроциркуляционной обработки / Купчинская А.О., Куцова В.З., Носко О.А., Вестник днепропетровского университета, вып. 15, том № 2. – 2011.
6. Lawn B.R., Evans A. G. //J. Mater. Sci. 1977. v. 12, N 11, P 2195-2199.
7. Niihara K.A. Fracture mechanics analysis of indentation induced Palmqvist crack in ceramics // J. Mater. Sci. Lett. Vol. 2, no. 5, 1983, p. 221-223.

Отримана 25.04.13

V.Kutsova, O.Nosko, A.Kupchinskaya

The influence of physical method treatment of melt on micromechanical properties of β -Si solid solutions and mechanical properties in alloys tipe AK18

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipropetrovsk

Influence of hydrogen treatment on structure, mechanical properties of hypereutectic industrial piston silumin and microproperties of β -Si solid solution are studied at present work. It is shown that hydro circulating of melt during 15 - 30 min essential increasing mechanical properties and microproperties

Інформація

13th EUROPEAN MECHANICS OF MATERIALS CONFERENCE - ICMM3

8 September 2013 - 11 September 2013, Warsaw, Poland

Contact

Prof. P. Dhuzewski
Institute of Fundamental Technological Research
Polish Academy of Sciences
Email: icmm3@ippt.gov.pl