

СТЕПАНЧУК А.М., ПОХИЛЬКО Б.А., ХВАЩЕВСЬКИЙ М.О.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського)

ОТРИМАННЯ, СТРУКТУРА ТА ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ
СПЛАВІВ Al-FeE-mail: astepanchuk@iff.kpi.ua

АНОТАЦІЯ. Досліджено закономірності формування структури та властивостей литих сплавів Al + 15 % Fe та Al + 40 % Fe залежно від умов отримання, які мають перспективу використання як вихідних матеріалів для отримання антифрикційних матеріалів триботехнічного призначення. Встановлено, що структура матеріалів двофазна і складається з матричної фази на основі алюмінію та інтерметаліду Al_3Fe для сплаву з вмістом заліза 15 % і Al-Fe для сплаву з вмістом заліза 40 %. Розмір фазових складових залежить від швидкості охолодження розплаву і зменшується з її збільшенням, а їх мікротвердість не змінюється. Твердість сплавів збільшується зі збільшенням вмісту заліза в них і зменшенням швидкості охолодження при кристалізації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інтерметалід; сплав; структура; твердість; фазова складова; охолодження; швидкість

Сучасний розвиток машинобудування зумовлює створення принципово нових конструкційних багатофункціональних матеріалів, що мають достатньо високі механічні властивості. У разі використання їх як антифрикційних матеріалів вони повинні мати достатньо високий рівень механічної міцності при високих навантаженнях, підвищену зносостійкість та низький коефіцієнт тертя. При застосуванні таких матеріалів при створенні ряду деталей вузлів і механізмів у машинобудуванні, авіаційної і ракетно-космічної техніки до них також ставиться вимога мати малу густину [1]. У цьому відношенні перспективними є легкі композиційні матеріали на основі алюмінію, що поєднують в собі компоненти із високим модулем Юнга, та елементи із суттєво меншими значеннями модуля пружності. Комбінуючи об'ємний вміст компонентів, можна одержувати композиційні матеріали з необхідними значеннями основних фізико-механічних та функціональних властивостей.

Тепер у світі приділяється значна увага розробці матеріалів на основі алюмінію зміцненого твердою дисперсною фазою. В таких матеріалах як дисперсно-зміцнюючу фазу використовують тверді сполуки перехідних металів та інтерметаліди алюмінію з ними [1–3], сполуки вуглецю з бором та інше [4], [5]. При цьому для створення таких матеріалів перспективним є застосування технологій, які базуються на методах порошкової металур-

гії, які дозволяють отримувати композиційні матеріали практично з необмеженої кількості компонент, які знаходяться в дисперсному стані. Останнє має важливе значення при створенні матеріалів з підвищеними механічними характеристиками [1]. Тому отримання таких матеріалів є досить актуальною задачею.

Як зазначалось вище, однією з зміцнюючих фаз можуть бути інтерметаліди алюмінію, які він утворює з багатьма металами, у тому числі і з залізом. Виходячи із доступності та технологічності останнього в роботі була поставлена мета вивчити процеси формування структури сплавів системи Al-Fe залежно від складу та умов отримання.

В роботі вивчалися сплави алюмінію з вмістом 15 та 40 % заліза, які є перспективними для їх використання як основи антифрикційних матеріалів.

Виходячи з температури плавлення сплаву Al + 40 % Fe згідно діаграми стану [6] (біля 1100 °C) сплави отримували плавленням вихідної шихти за температури 1300 °C. Вихідну шихту готували з брикетованої суміші стружки алюмінію та заліза взятих у необхідній кількості. Після розплавлення шихти і витримки протягом 10 хв. розплав охолоджували з різною швидкістю з метою вивчення її впливу на структуру та фазовий склад отримуваних виливків. Швидкість охолодження регулювали шляхом лиття розплаву у масивний металевий кокіль, у воду та піщану форму на повітрі.

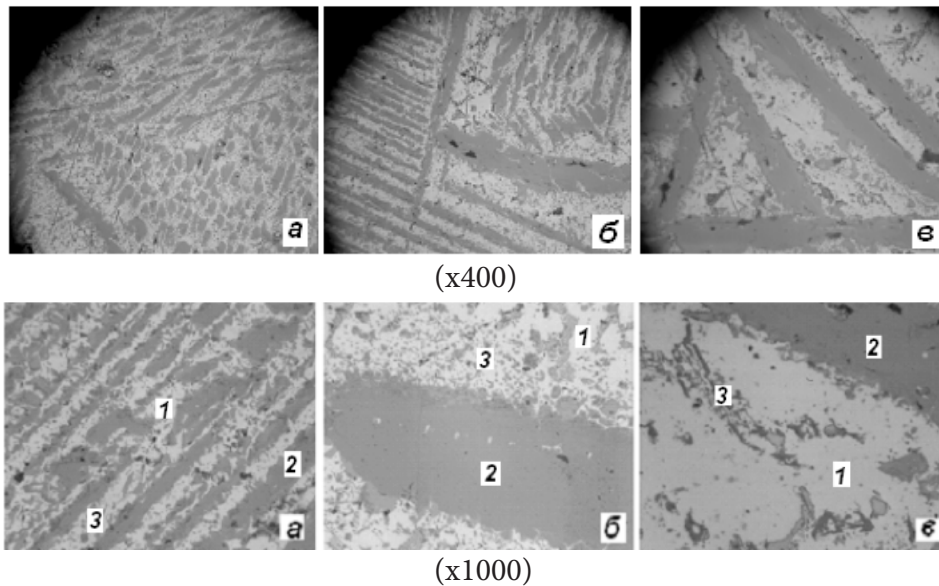


Рис. 1. Мікроструктура сплаву Al + 15 % Fe, отриманого з розплаву, охолодженого у воді (а), металевому кокілі (б), на повітрі (в) 1 – алюміній; 2 – інтерметаліди; 3 – евтектика (Al – Fe₃Al)

З виливків готували зразки, на яких вивчалась структура, твердість сплавів і мікротвердість фазових складових. Отримані результати наведені на рисунках 1, 2 та в таблиці 1.

Як видно з рисунку 1, структура сплавів Al + 15 % Fe складається з двох фаз. Вона складається з світлої фази (1), яка є матричною та сірої (2) голчастої форми. Сіра фаза також присутня в матричній фазі у вигляді дрібних включень (евтектики) (3). Розмір включень сірої фази збільшується при переході від охолодження у воді до охолодження на повітрі. У цьому ж напрямі збільшується розмір дрібних включень сірої фази у матричній.

Вивчення структури сплавів Al + 40 % Fe показало (рис. 2), що вона також складається з двох фаз, але переважно з сірої. Світла фаза присутня

у вигляді тонких прошарків між зернами сірої фази, розмір яких практично не змінюється залежно від умов отримання виливків.

Аналіз результатів дослідження структури отриманих сплавів показує, що вона узгоджується з діаграмою стану Fe – Al [6]. У сплавах з 15 % заліза сіру фазу можна ідентифікувати як інтерметалід Al₃Fe, а світлу фазу як матричну фазу з алюмінію з включеннями інтерметаліду Al₃Fe. Ці міркування узгоджуються з отриманими в роботі результатами вимірювання мікротвердості фаз сплавів. Отримані значення мікротвердості для сірої фази сумірні зі значеннями мікротвердості для інтерметаліду Al₃Fe (4,0...5,0 ГПа) наведеними в літературі [7], [8]. Значення мікротвердості для світлої фази дещо вищі за мікротвердість алюмінію [7] і складають

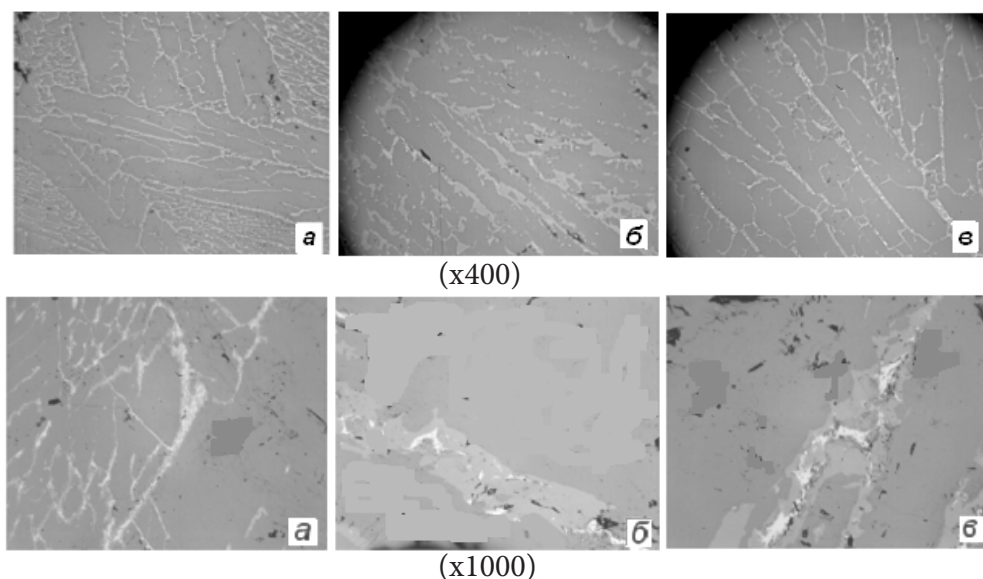


Рис. 2. Мікроструктура сплаву Al + 40 % Fe, отриманого з розплаву, охолодженого у воді (а), металевому кокілі (б), на повітрі (в)

0,6...0,7 ГПа, що може бути зумовлено його зміцненням за рахунок дисперсних включень інтерметалідів, які мають більшу твердість.

Вимірювання мікротвердості сірої фази для сплавів алюмінію з 40 % заліза показало, що вона вища за мікротвердість сірої фази для сплави з 15 % заліза і складає 6,5...7,5 ГПа і за її значеннями може бути ідентифікована як інтерметалід AlFe. Що також узгоджується з діаграмою стану Fe – Al. Мікротвердість світлої фази у сплавах з вмістом заліза 40 % також дещо вища, ніж у сплавів з вмістом заліза 15 %. Останнє може бути зумовлено, що її зміцнення можлив за рахунок дисперсних включень більш твердих інтерметалідів.

Вивчення твердості отриманих сплавів показує, що вона для сплавів з вмістом заліза 15 % залежить від умов їх кристалізації при охолодженні (рис. 3). Найвищі значення твердості мають сплави охолоджені на повітрі (89,0 HRB) і зменшуються для сплавів охолоджених у воді (51,8 HRB) і у кокілі (43,3 HRB). Такі результати вступають у протиріччя з існуючими уявленнями про вплив розміру зерен (фазових складових) [9], які свідчать, що зі зменшенням розміру зерен підвищуються механічні характеристики, у тому числі і твердість, матеріалів. На нашу думку це протиріччя може бути зумовлено тим, що досліджувані сплави складаються двох фаз з різною твердістю. При цьому для сплавів з більшим розміром зерен більш твердої складової (сірої фази) твердість більша. Це, мабуть, зумовлено тим, що тверда фаза займає більшу площу (сумірну з площею відтиску індентора) і має переважний вплив на формування розміру відбитка і, як наслідок, на величину твердості. У сплавах охолоджених у воді і у кокілі, які мають включення інтерметалідів з розміром значно меншим за розміри індентора, на формування відбитка переважний вплив має більш пластична матрична фаза. У цьому випадку розмір відбитка збіль-

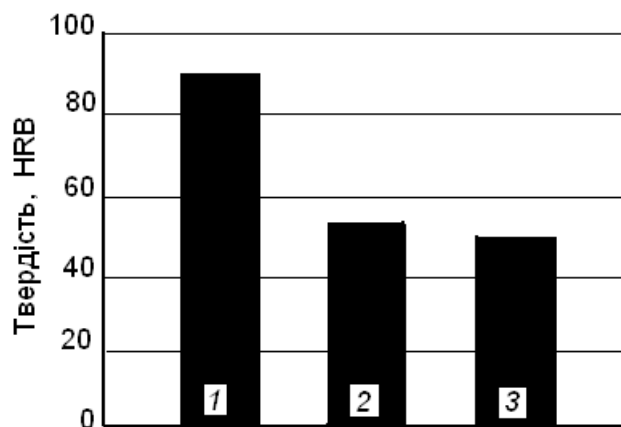


Рис. 3. Залежність твердості сплавів у залежності від умов охолодження при кристалізації. 1 – на повітрі; 2 – у воді; 3 – у металевому кокілі

шується і, як наслідок, зменшуються показники твердості.

ВИСНОВОК

В роботі проведено вивчення впливу умов отримання сплавів на структуру і властивості сплавів Al – Fe. Встановлено, що в сплавах формуються структури у відповідності до діаграми стану Al – Fe, в яких формуються інтерметалідні фази Al₃Fe для сплавів Al + 15% Fe і фази AlFe для сплавів Al + 40 % Fe. В обох сплавах також присутня матрична фаза на основі алюмінію зміцнена дисперсними включеннями інтерметалідів. Розмір зерен інтерметалідів для сплавів Al + 15% Fe залежить від умов кристалізації і збільшується зі зменшенням швидкості охолодження. У цьому ж напрямі збільшується твердість сплавів. Мікротвердість фазових складових практично не залежить від умов кристалізації сплавів.

Таким чином, змінюючи умови отримання сплавів можна регулювати їх структуру і властивості і, як наслідок, експлуатаційні властивості. Тому у подальшому доцільно проведення досліджень по вивченню таких властивостей.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Баглюк Г.А. Новые композиционные дисперсно-упрочненные материалы на основе алюминия [Текст] / Г.А. Баглюк, Ю.А. Шишкина // Технологические системы. – 2011. – № 4 (57). – С. 36-43.
2. Богачева А.Г. Получение и свойства дисперсно-упрочненных легких сплавов / А.Г. Богачева, Г.А. Баглюк, Ю.А. Шишкина // Технологические системы. – 2013. – № 6 (64). – С. 23 – 38.
3. Yang Xue. Fabrication, microstructure and mechanical properties of Al-Fe intermetallic particle reinforced Al-based composites / Yang Xue, Rujuan Shen, Song Ni [and oth.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – №618. – P. 537–544.

4. Fei Xiea. Characterizing an in Situ TiB₂ Particulates Reinforced Aluminium- based Composite and its Heat Treatment / Fei Xiea, Zhong-hua Xue // Physics Procedia. – 2013. – №5. – P. 13–18
5. Shishkina, Y. Specific features of structure formation in Al-Ti-C powder master alloys after thermal synthesis / Y. Shishkina, G. Baglyuk, A. Mamonova, I. Tihonova // International Scientific Journal «Machines. Technologies. Materials». – 2012. – Vol. 12. – P. 45 – 49.
6. Лякишев Н. П. Диаграммы состояния двойных металлических систем : в 3 т. Т. 1. / Н. П. Лякишев. – М. : Машиностроение, 1996. – 992 с.
7. Иванько А. А. Твердость : Справочник / А. А. Иванько. – К. : – Наукова думка, 1968. – 126 с.
8. Krasnowski M. Nanocrystalline Al-Fe intermetallics - light weight alloys with high hardness / M. Krasnowski, T. Kulik // Intermetallics. – 2010. – № 18. – P. 47–50.
9. Гольдштейн М.И. Металлофизика высокопрочных сплавов. / М.И. Гольдштейн, В.С. Литвинов, Б.М. Бронфин. – М.: Металлургия, 1986. – 312 с.

OBTAINING, STRUCTURE AND SOME PROPERTIES OF Al-Fe ALLOYS

SUMMARY: It was investigated regularities of structure formation and properties of cast alloys Al + 15 % Fe and Al + 40 % Fe depending on the conditions of obtaining. These alloys are promising in use as source materials for obtaining antifriction materials for tribotechnical purposes. It was established that the structure of materials is two-phase and consists of matrix phase based on aluminum and intermetallic Al₃Fe for alloy with 15 % Fe or Al₃Fe for alloy with 40 % Fe. Size of phase components depends on melt cooling rate and increases with increasing it, but their microhardness does not change. The hardness of materials increases with increasing iron content and decreases with cooling rate during crystallization.

KEYWORDS: *alloy; structure; intermetallic; hardness; cooling rate; phase component*