

единиц в некотором классе систем единиц. То есть, она эквивалентна зависимости между меньшим числом $p = n - k$ безразмерных величин, где k – наибольшее число величин с независимыми размерностями среди исходных n величин.

В число переменных предполагаемой зависимости приняли: K – газопроницаемость образца (характеристика структуры отвержденной смеси), $\text{м}^4/(\text{кг}\cdot\text{с})$; $\sigma_{\text{СЖ}}$ – предел прочности образца на сжатие (характеристика природы материалов, состава и структуры отвержденной смеси), $\text{кг}/\text{м}^2$; ρ – кажущаяся плотность отвержденной смеси (характеристика состава и структуры отвержденной смеси), $\text{кг}/\text{м}^3$; l – длина цилиндрического образца (характеристика геометрических размеров образца смеси), м.

Результатом проведенных теоретических исследований стала следующая зависимость:

$$Oc = z_0 \cdot \rho^3 \cdot l \cdot \frac{K}{\sigma_{\text{СЖ}}}, \quad (1)$$

где z_0 – поправочный коэффициент.

Из анализа полученной зависимости следует, что осыпаемость какой-либо структурированной смеси уменьшается с понижением её кажущейся плотности, длины испытуемого образца и его газопроницаемости, а также с увеличением её предела прочности при сжатии.

Степанчук А.М., Богатов О.С., Клеков А.О., Ковтун В.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**СТРУКТУРА ТА ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКОВИХ СПЛАВІВ Al-Fe,
ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ**

E-mail: astepanchuk@iff.kpi.ua

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

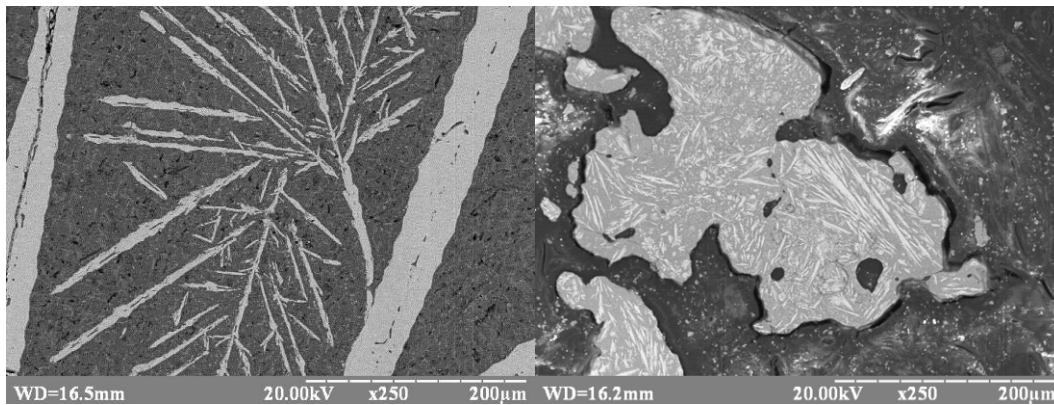
XI Міжнародна науково-технічна конференція. Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2019
пружності. Комбінуючи об'ємний вміст компонентів, можна одержувати композиційні матеріали з необхідними значеннями основних фізико-механічних та функціональних властивостей.

Тепер у світі приділяється значна увага розробці матеріалів на основі алюмінію, зміцненого твердою дисперсною фазою. В таких матеріалах як дисперсно-зміцнювальну фазу використовують тверді сполуки перехідних металів та інтерметаліди алюмінію з ними [1]–[3], сполуки вуглецю з бором та інше. Одними із перспективних матеріалів можуть бути матеріали системи Al-Fe, в яких як дисперсно-зміцнювальна фаза виступають інтерметаліди Al_xFe_y . При цьому для створення таких матеріалів перспективним є застосування технологій, які базуються на методах порошкової металургії, які дозволяють отримувати композиційні матеріали практично з необмеженої кількості компонентів, 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.

Метою роботи було вивчення умов компактування порошків з композиції Al + 15% Fe, отриманих механічним диспергуванням розплавів, методом гарячого штампування.

Вихідні порошки отримували методом механічного диспергування розплавів [4], виходячи з передбачення, що інтерметаліди заліза Al_xFe_y , які мають місце у цих сплавах [5]–[6] (рис. 1, а) завдяки великій швидкості охолодження будуть кристалізуватись у вигляді дисперсних вкраплень. Для отримання порошків використовували шихту, яка складалась із 85% алюмінію та 15% заліза. Шихта плавилась в індукційній печі за температури 1250 °C і ізотермічної витримки протягом 30 хв з метою гомогенізації розплаву. Отриманий розплав поступав на розпилювання на установці для механічного диспергування за допомогою "полет" [4] при їх швидкості обертання 2800 об/хв. Загальний вигляд та структура отриманих порошків показана на рис. 1, б.

Як структура сплавів, отриманих литвом (рис. 1, а), так і отриманих диспергуванням розплаву (рис. 1, б), двофазна і складається з темно-сірої та світло-сірої фаз. Згідно рентгенівського фазового аналізу, світло-сірою фазою є інтерметалід Al_3Fe , а сірою – Al. У литому сплаві інтерметаліди знаходяться у вигляді дрібних та крупних кристалів видовженої форми довжиною від 50 мкм до 2000 мкм. У порошках, отриманих диспергуванням розплаву, інтерметалідна фаза знаходиться у вигляді дисперсних вкраплень рівновісної форми з розмірами від 2 мкм до 5 мкм та окремих вкраплень голчастої форми довжиною до 30 мкм і у перетині до 5 мкм.



а

б

Рис. 1. Мікроструктура сплаву Al-Fe, отриманого кристалізацією розплаву в металевому кокілі (а) [4], та порошоків, отриманих механічним диспергуванням розплаву Al-Fe (б)

У роботі вивчався процес компактування порошоків, отриманих методом механічного диспергування розплаву гарячою штамповкою. Для цього з вихідних порошоків пресували заготовки, які попередньо нагрівали за температур 750 °С, 800 °С та 850 °С протягом 25 хв. і потім ущільнювали на дугостаторному пресі ФБ–1730 для гарячого штампування за енергії 150Н•м/см³. Вивчалась щільність, твердість та мікроструктура отриманих таким чином зразків.

Щільність отриманих матеріалів, отриманих за різних умов, була на рівні 97,2%...99,8%. Твердість складала 45...58 НВ залежно від умов отримання.

Результати дослідження структури показані на рис. 2– 4. Як видно з рисунків, матеріали, отримані за різних умов, практично мають однакову структуру. В них відсутні пори, що підтверджує результати вимірювання щільності матеріалів. Структура матеріалів складається із зерен, розмір яких співрозмірний з розміром частинок вихідних порошоків. Структура окремих зерен в основному наслідують структуру вихідних порошоків. Однак слід відмітити, що розмір інтерметалідної фазової складової в матеріалах після гарячого штампування дещо більший, ніж у вихідних порошоків. У структурі також присутня третя (темна) фаза, яка знаходиться на межі між зернами. При цьому товщина прошарку цієї фази залежить від температури нагрівання заготовки перед штампуванням. Вона збільшується зі збільшенням температури. Наявність прошарків, вірогідніше за все оксидів, може бути зумовлено окисненням частинок порошоків сплаву під час їх отримання та під час нагрівання перед штампуванням. Останнє підтверджується тим, що товщина прошарку збільшується зі збільшенням температури нагрівання.

Проведене вивчення процесу компактування порошків сплаву Al-Fe методом гарячого штампування дозволяє отримувати вироби з них з практично стовідсотковою щільністю. При цьому в основному має місце спадковість структури виробів і вихідних порошків.

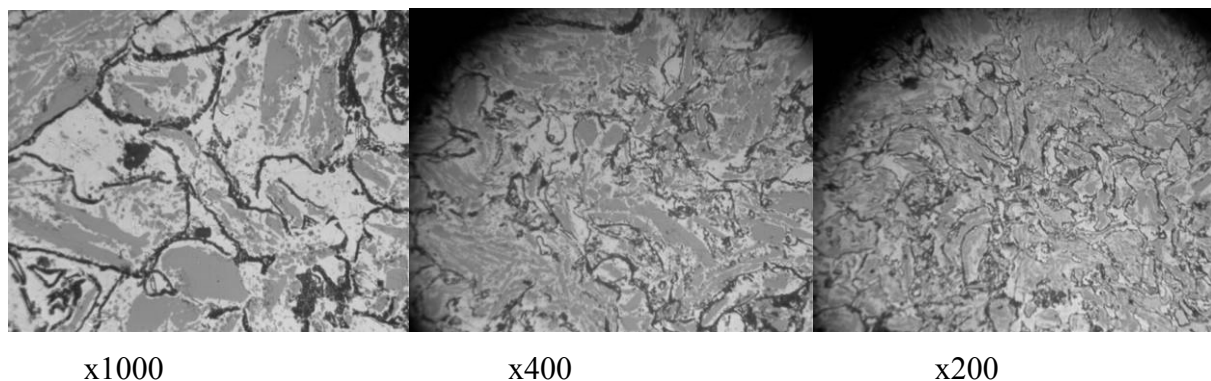


Рис. 2. Мікроструктура матеріалів, отриманих гарячою штамповкою з попереднім нагріванням заготовки за температури 750 °С

У подальшому перспективним є вивчення експлуатаційних характеристик порошкових матеріалів на основі сплаву Al-Fe: антифрикційних, струмознімачів рухомого транспорту та інших.

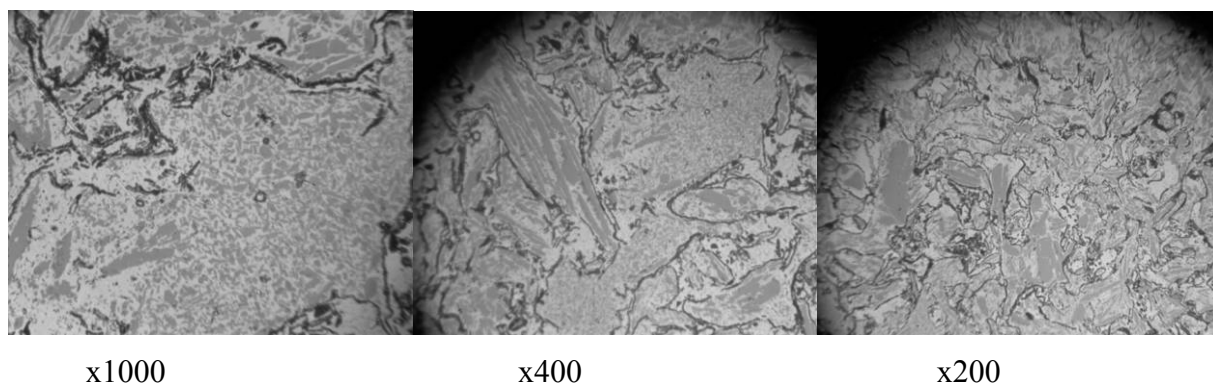


Рис. 3. Мікроструктура матеріалів, отриманих гарячою штамповкою з попереднім нагріванням заготовки за температури 800 °С

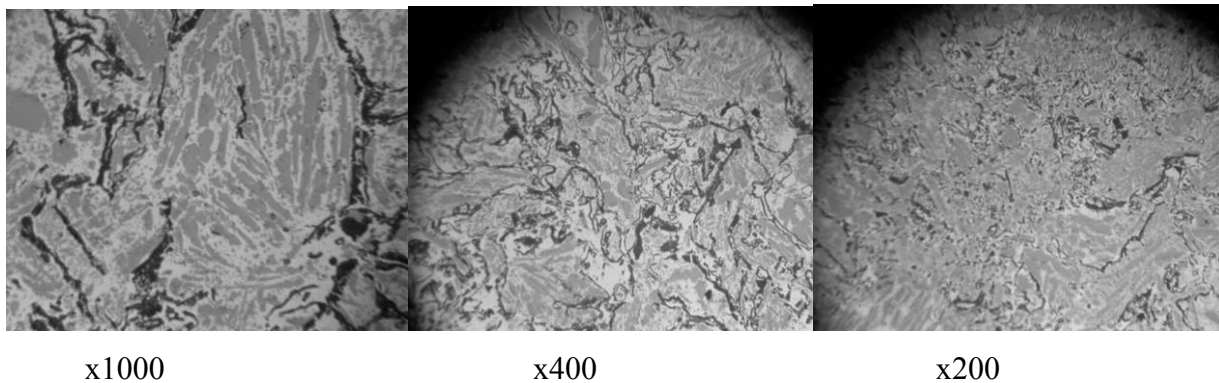


Рис. 4. Мікроструктура матеріалів, отриманих гарячою штамповкою з попереднім нагріванням заготовки за температури 850 °С

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, RujuanShen, Song Ni [and oth.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – №618. – P.537–544.
4. Найда Ю.И. Промышленное производство порошков сплавов меди методом ударного дробления струи расплава / Ю.И. Найда, А.Н. Степанчук, А.Ю. Найда // Порошковая металлургия, 2006. – №1/2. – С.112–117.
5. Tomida S. Fe–Al composite layers on aluminum alloy formed by laser surface alloy iron powder / S. Tomida, K. Nakata // Surface and Coatings Technology. – 2003. – Vol.174 – 175, №1. – P.559 – 563.
6. Лякишева Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем / Под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1976. – 250 с.