

Поверхнєве термічне оброблення порошкових залізовуглецевих сплавів

А. В. Мініцький, кандидат технічних наук
М. О. Сисоєв

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

В роботі досліджено вплив локального поверхневого термічного оброблення спечених порошкових матеріалів електронним променем залежно від вмісту вуглецю. Встановлено вплив вмісту вуглецю на пористість порошкових сплавів після спікання та мікротвердість матеріалів після поверхневого термічного оброблення. Результати досліджень можуть бути використані при створенні економно легованих конструкційних порошкових сплавів, що повинні мати високі поверхнєву твердість та об'ємну міцність.

Одним з ефективних методів підвищення якості залізовуглецевих сплавів, які використовуються як конструкційні матеріали є поверхнєва термічна обробка [1]. Поряд з легуванням і модифікуванням вона дозволяє суттєво підвищити фізико-механічні характеристики сплавів. У більшості випадків термічна обробка підвищує рівень експлуатаційних характеристик матеріалів більш ніж на 50 % зі значним техніко-економічним ефектом. Проте відсутність достатньої інформації про нові прогресивні методи і режими термічної обробки порошкових залізовуглецевих сплавів стримує ефективне використання таких матеріалів в умовах зношування та високих динамічних навантажень.

Обробка висококонцентрованими потоками енергії дозволяє вирішувати задачу локальної термічної обробки деталі [2]. До таких методів відносять нагрів за допомогою лазера, електричної дуги, плазми, нагріву з використанням ксенонових ламп та електронного променя [3]. При виборі методу зміцнення поверхневих шарів деталей необхідно враховувати вартість обладнання, складність його експлуатації та конфігурацію виробів. Перевагою електронно-променевого нагріву є можливість плавно та в широких межах змінювати потужність, а також конфігурацію зони нагріву [4].

Метою даної роботи є дослідження процесу поверхневого зміцнення спечених порошкових сплавів системи залізо – вуглець та вивчити вплив різних технологічних параметрів на структуроутворення та поверхнєву твердість сплавів.

Першим етапом досліджень, було визначення оптимального вмісту графіту, який забезпечує високі щільність та пористість матеріалів на основі залізного порошку. Зразки виготовляли за стандартною методикою: однократним пресуванням суміші залізного порошку марки ПЖРВ з добавкою графіту у кількості від 1,0 до 4,5 % (по масі) під тиском 700 МПа

Термічна і хіміко-термічна обробка

з послідуєчим спіканням у водні при температурі 1100 °С протягом 1 години. Вибір температури спікання обумовлено забезпеченням режиму твердофазного спікання без утворення легкоплавкої евтектики (1147 °С) для сплавів з високим вмістом графіту.

Результати досліджень пористості матеріалу від вмісту графіту, свідчать про можливість отримання високощільних брикетів вже на стадії пресування та послідуєчого спікання (рис. 1). Отримання порошкових матеріалів з високою щільністю необхідне, оскільки в цьому разі можливе усунення провалів твердості, що характерні для порошкових виробів, що піддаються гартуванню та іншим видам поверхневого оброблення.

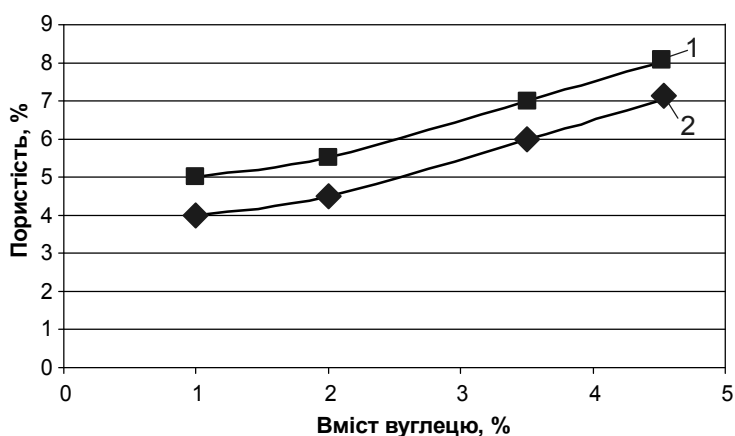


Рис. 1. Залежність пористості зразків на основі залізного порошку від кількості графіту.
1 – після пресування, 2 – після спікання.

Встановлено, що зі збільшенням вмісту графіту в залізному порошку при пресуванні зусиллям 700 МПа пористість зразків зростає з 5,0 до 8,0 %. Виконуючи роль твердого мастила, графіт знижує внутрішнє тертя між частинками порошку та стінкою прес-форми на етапі пресування. При цьому зі збільшенням вмісту графіту спостерігається збільшення пористості, що пояснюється тим, що графіт перешкоджає контакту між металевими частинками порошку. Після спікання спостерігається пропорційне зниження пористості на 2 – 3 відсотка, що забезпечується збільшенням зони контакту між частинками в результаті дифузії. При цьому, на відміну від стеарату цинку та інших легкоплавких мастил, графіт є термостійким мастилом і залишається в матеріалі після спікання, не утворюючи додаткових пор.

Наступним етапом досліджень було проведення поверхневого термічного оброблення залізвуглецевих сплавів електронним променем в електронно-променевої установці «ЭЛА-6».

Визначення мікротвердості зразків з різною кількістю вуглецю показало, що найбільшу мікротвердість мають зразки із вмістом вуглецю 3,5 та 4,5 %, тобто ті, що відповідають області чавунів. Їх мікротвердість складає 5,3 та 6,5 ГПа, відповідно. Дослідження мікротвердості по глибині зразків з різною кількістю вуглецю показали, що глибина зміцненого шару практично для всіх складає приблизно 2 мм. Поступово мікротвердість

Термічна і хіміко-термічна обробка

починає знижуватись до 3,1 та 4,2 ГПа, відповідно. Тобто, після поверхневого оброблення порошкових сплавів електронним променем мікротвердість на поверхні відрізняється в 1,5 – 1,7 разів від мікротвердості всередині зразка (рис. 2).

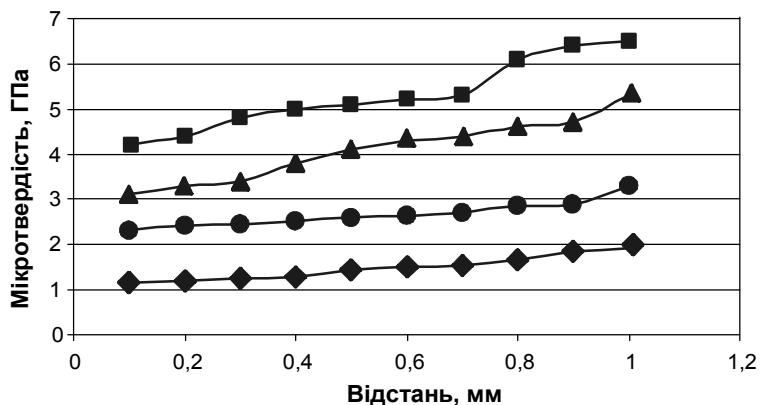
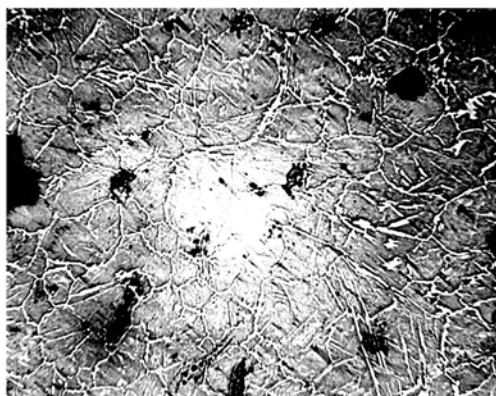


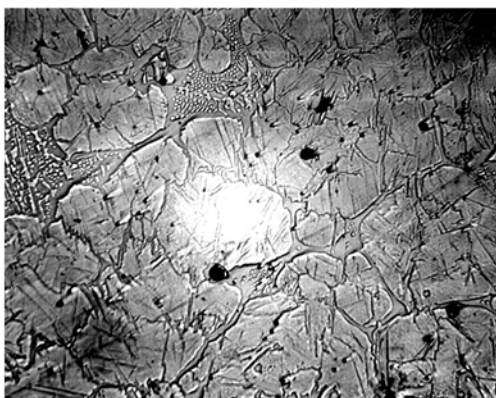
Рис. 2. Залежність мікротвердості матеріалу на основі заліза з різним вмістом вуглецю по довжині зразка. Вміст вуглецю: —◆— 1 %, —●— 2 %, —▲— 3,5 %, —■— 4,5 %.



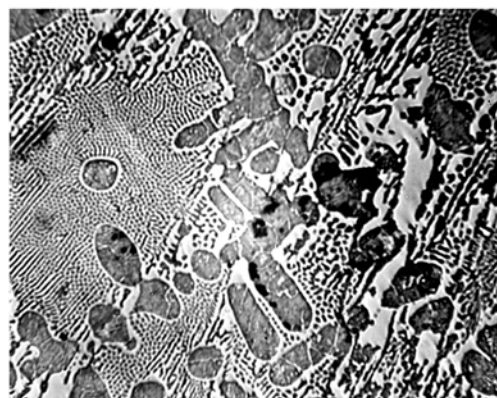
а



б



в



г

Рис. 3. Мікроструктура спечених зразків з різним вмістом вуглецю. а – 1 %, б – 2 %, в – 3,5 %, г – 4,5 %. $\times 500$.

Відмінність мікротвердості, як по перетину зразка, так і в залежності від вмісту вуглецю, свідчить про структурну неоднорідність отриманих матеріалів. Структурна неоднорідність пов'язана з процесами, що відбуваються при електронно-променевому оплавленні через великі швидкості нагріву і відсутності витримки при максимальній температурі.

Мікроструктура зразків також суттєво відрізняється залежно від вмісту вуглецю. При вмісті вуглецю 1 та 2 % спостерігається типова структура заевтектоїдних сталей – зерна перліту оточені цементитною сіткою (рис. 3 а). При цьому спостерігається також утворення мартенситу, що свідчить про гартування поверхні зразків при електронно-променевому нагріві (рис. 3 б). Структура зразків із вмістом вуглецю 3,5 % та 4,5 % відповідає структурі доевтектичних чавунів (рис. 3 в, г).

Висновки Застосування локального поверхневого термічного оброблення спечених порошкових матеріалів дозволяє отримувати високу поверхневу твердість, особливо для сплавів з вмістом вуглецю 3,5 – 4,5 %. Результати проведених досліджень можуть бути використані при створенні економнолегованих конструкційних порошкових сплавів, що повинні мати високу поверхневу твердість та високу об'ємну міцність.

Література

1. Неижко И. Г. Термическая обработка чугуна. – Киев: Наук. думка, 1992. – 208 с.
2. Чудина О.В. Поверхностное легирование железоуглеродистых сплавов с использованием лазерного нагрева // Металловедение и термическая обработка металлов. – № 12. – 1994. – С. 27 – 31.
3. Зуев И.В. Обработка материалов концентрированными потоками энергии. – М.: МЭИ, 1998. – 162 с.
4. Поболь И.Л. Научные и технологические основы обработки конструкционных и инструментальных материалов и получения изделий с использованием электронно-лучевого воздействия. Автореф. дис.... д-ра техн. наук. – Физ.-техн. ин-т НАН Беларуси, 2007. – 360 с.

Одержано 06.11.14

А. В. Миницкий, М. А. Сысоев

Поверхностная термическая обработка порошковых железоуглеродистых сплавов

Резюме

В работе исследовано влияние локальной поверхностной термической обработки спеченных порошковых материалов электронным лучом в зависимости от содержания углерода. Установлено влияние содержания углерода на пористость порошковых сплавов после спекания и микротвердость материалов после поверхностной термической обработки. Результаты исследований могут быть использованы при создании экономно легированных конструкционных порошковых сплавов, которые должны иметь высокие поверхностную твердость и объемную прочность.