

Д. С. Козак

Получение заэвтектоидной стали без структурно-свободного цементита при кристаллизации

Резюме

Показано, что при комплексном сфероидизирующем модифицировании лигатурой Fe₆₃Ni₃₀Mg₇ и инокулятором Fe₂₀Si₆₀Ba₂₀ обеспечивается формирование включений графита шаровидной формы со степенью его сфероидизации больше 90 % без структурно-свободного цементита при кристаллизации.

D. S. Kozak

Development of hypereutectoid steel without structurally-free cementite at crystallization

Summary

It is found that at complex spheroidizing modifying by Fe₆₃Ni₃₀Mg₇ ligature and inoculation by Fe₂₀Si₆₀Ba₂₀, the formation of nodular graphite inclusions with nodularity exceeding 90 % and a structurally-free cementite structure at crystallization is obtained.

УДК 621. 762

Структура та властивості спечених марганцевих сталей з різним вмістом вуглецю

Г. А. Баглюк, доктор технічних наук

Л. О. Сосновський, кандидат технічних наук

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ

Наведено результати дослідження властивостей спечених марганцевих сталей, отриманих з використанням мідьвміщуючих феромарганцевих лігатур, залежно від вмісту у вихідній шихті лігатури (3 – 10 %) і графіту (0 – 1,0 %) та температури спікання. Показано, що збільшення вмісту лігатури і графіту в шихті призводить до підвищення характеристик міцності спеченого матеріалу. Твердість спеченої сталі підвищується із введенням вуглецю тільки для сталей з мінімальним вмістом лігатури (3 %), а у випадку підвищених концентрацій лігатури (7 і 10 %) вплив вмісту графіту на твердість значно знижується. З підвищенням концентрацій лігатури твердість спечених сплавів збільшується для всіх температур спікання та концентрацій графіту в шихті. Відмічено суттєву залежність характеру взаємодії лігатури з матеріалом основи від вмісту вуглецю.

Останнім часом набувають широкого застосування для виготовлення виробів конструкційного призначення спечені сталі, леговані марганцем [1 – 4]. Для введення марганцю в шихту при одержанні спечених марганцевих сталей

використовують, як правило, порошковий феромарганець [4]. Однак, в [5] показана ефективність застосування для цього мідьвміщуючої феромарганцевої лігатури. Застосування міді як одного з компонентів лігатури, зумовлено не лише позитивним впливом її на характеристики міцності [6], але й у зв'язку з наявністю в системі Mn-Si легкоплавкої евтектики з температурою плавлення нижче температур спікання пресовок в широкому діапазоні співвідношень компонентів [7, 8]. Крім того, мідь в значній мірі запобігає утворенню оксидних плівок на частках феромарганцю та сприяє активуванню процесу спікання.

Результати попередніх досліджень основних фізико-механічних властивостей спечених сталей показали, що збільшення вмісту мідьвміщуючої феромарганцевої лігатури у вихідній шихті призводить до підвищення характеристик міцності сплавів. Однак, підвищення вмісту лігатури понад 5 % (мас. частка) недоцільно як з технічної, так і економічної точки зору, що визначило необхідність пошуку інших шляхів підвищення механічних властивостей спечених сталей, зокрема - введенням у шихту додатково вуглецю у вигляді порошку графіту.

У зв'язку із цим метою даної роботи було вивчення особливостей структуроутворення при спіканні порошкових марганцевистих сталей, отриманих з використанням мідьвміщуючої феромарганцевої лігатури, та впливу вмісту графіту і концентрації лігатури у вихідній шихті на основні властивості спечених сталей.

Вихідну суміш для пресування заготовок готували змішуванням порошоків лігатури, отриманої термічним синтезом з порошкової суміші вуглецевого феромарганцю (69 %) та міді (31 %), з розпилим порошком заліза марки ПЖРВ 200.28. В отриману шихту додавали 0,6 % стеарату цинку (для підвищення здатності шихти до пресування) і 0 – 1,0 % графітового порошку. Зразки пресували на гідравлічному пресі під тиском 700 МПа. Спікання пресовок здійснювали при температурі 1100 – 1200 °С протягом 1 години в контейнері з плавким затвором [9]. Для оцінки характеристик міцності спечених матеріалів визначали межу пропорційності при випробуванні на стискування зразків діаметром 10 мм і висотою 10 мм (ГОСТ 25.503-97), а їх твердість визначали за методом Роквелла (шкала HRB).

Встановлено, що при мінімальному вмісті лігатури в шихті (3 %) введення вуглецю (графіту) призводить до помітного підвищення твердості вже навіть при його незначному вмісті (0,3 %). При цьому, підвищення температури спікання супроводжується деяким підвищенням твердості спечених заготовок лише при підвищених значеннях вмісту графіту (0,7 і 1,0 %) (рис. 1 а).

У випадку підвищення кількості лігатури в шихті (7 і 10 %) вплив температури спікання на твердість спечених сталей зростає. Підвищення температури призводить до помітного росту характеристик твердості при всіх вмістах графіту, тоді як вплив вмісту графіту в шихті на твердість матеріалу значно знижується (рис. 1 б, в). Це зумовлено наявністю зв'язаного вуглецю в лігатурі, підвищення концентрації якої в шихті призводить до відповідного збільшення вмісту вуглецю в сталі. З підвищенням кількості лігатури твердість спечених заготовок збільшується для всіх температур спікання і вмісту графіту в шихті.

Відзначимо також факт деякого зниження твердості при 1,0 % графіту в шихті для всіх температур спікання (рис. 1). Збільшення кількості лігатури і вмісту графіту в шихті приводить також до відповідного підвищення міцності спеченого матеріалу (рис. 2).

Дослідження мікроструктури зразків з 10 % лігатури з різним вмістом графіту, спечених при 1200 °С, показали, що за відсутності або мінімальному вмісті (0,3 %) графіту в шихті, структура спеченого матеріалу характеризується слабкою міжчастковою взаємодією, обумовленою наявністю поверхневої оксидної плівки на

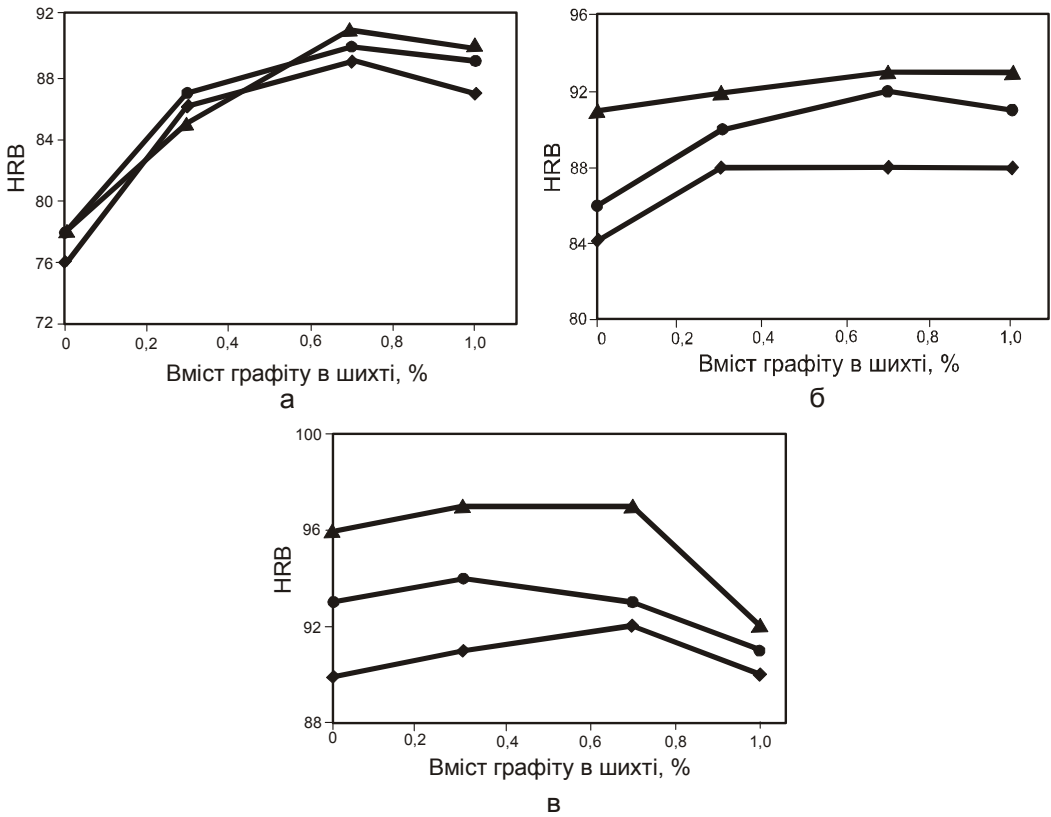


Рис. 1. Залежність твердості матеріалу від вмісту графіту в шихті після спікання при 1100 (1), 1150 (2) и 1200 °С (3). Вміст лігатури в шихті: а – 3 %, б – 7 %, в – 10 %. —◆— (1), —●— (2), —▲— (3).

частках порошку (рис. 3 а, б). З підвищенням вмісту графіту до 0,7 – 1,0 % утворюється мережа між-зеренних прошарків, що має вигляд цементитної сітки (особливо при 1,0 % графіту) (рис. 3 г, д). При вмісті графіту 1,0 % спостерігається також деяке зростання зерна й чітко виражена коалесценція пор у порівнянні зі сталями, отриманими з шихти зі зниженим вмістом графіту (рис. 3 д).

Дослідження особливостей розподілу легуючих елементів по площі шліфа (рис. 4) вказує на суттєво різний характер взаємодії міді та марганцю з матеріалом основи (залізом). Якщо мідь відносно рівномірно розподілена по

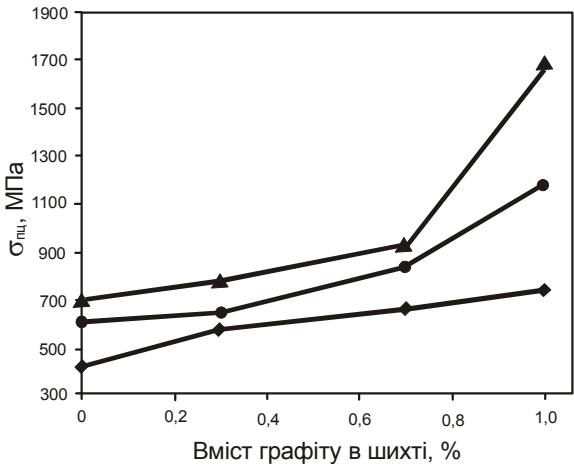


Рис. 2. Залежність границі пропорційності при випробуванні на стиснення спеченої при 1200 °С сталі від вмісту графіту в шихті. Вміст лігатури в шихті: 1 – 3 %, 2 – 7 %, 3 – 10 %. —◆— (1), —●— (2), —▲— (3).

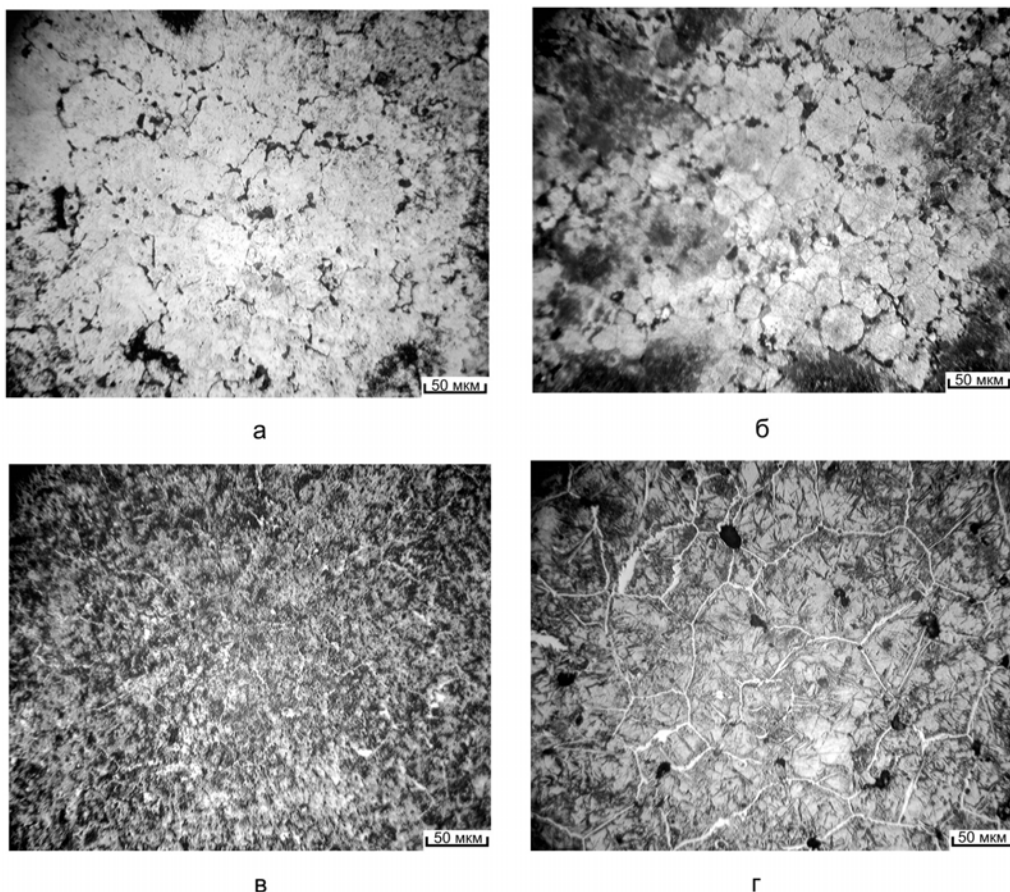


Рис. 3. Мікроструктура зразків з 10 % лігатури (спікання при температурі 1200 °С, 1 година). Вміст графіту в шихті: а – 0, б – 0,3, в – 0,7, г – 1,0 %.

площі зерна в усіх досліджуваних сплавах з різним вмістом вуглецю, то характер розподілу марганцю відчутно змінюється при збільшенні вмісту графіту в шихті. Так, за відсутності додаткового графіту в шихті марганець концентрується, головним чином, по міжзеренних границях (рис. 4 а), а при спіканні пресовок, виготовлених із шихти з додатковим вмістом графіту, значно активується дифузія марганцю в матричне зерно (рис. 4 б – г). Це ілюструється значною розмитістю відбитків марганцевих включень із зображеннями в характеристичному рентгенівському випромінюванні марганцю навіть при мінімальній (0,3 %) кількості додаткового вуглецю в шихті (рис. 4 б).

Наведені дані свідчать про вкрай низький ступінь засвоєння марганцю залізом матеріалу основи за відсутності добавок графіту, що пов'язано із впливом присутнього в лігатурі кисню, який перешкоджає її взаємодії із залізом. В разі ж введення графіту в шихту в процесі спікання проявляються відновлювальні властивості вуглецю, що забезпечує відновлювання оксидних плівок на поверхні часток лігатури та активує дифузійні процеси, які сприяють гомогенізації сплаву.

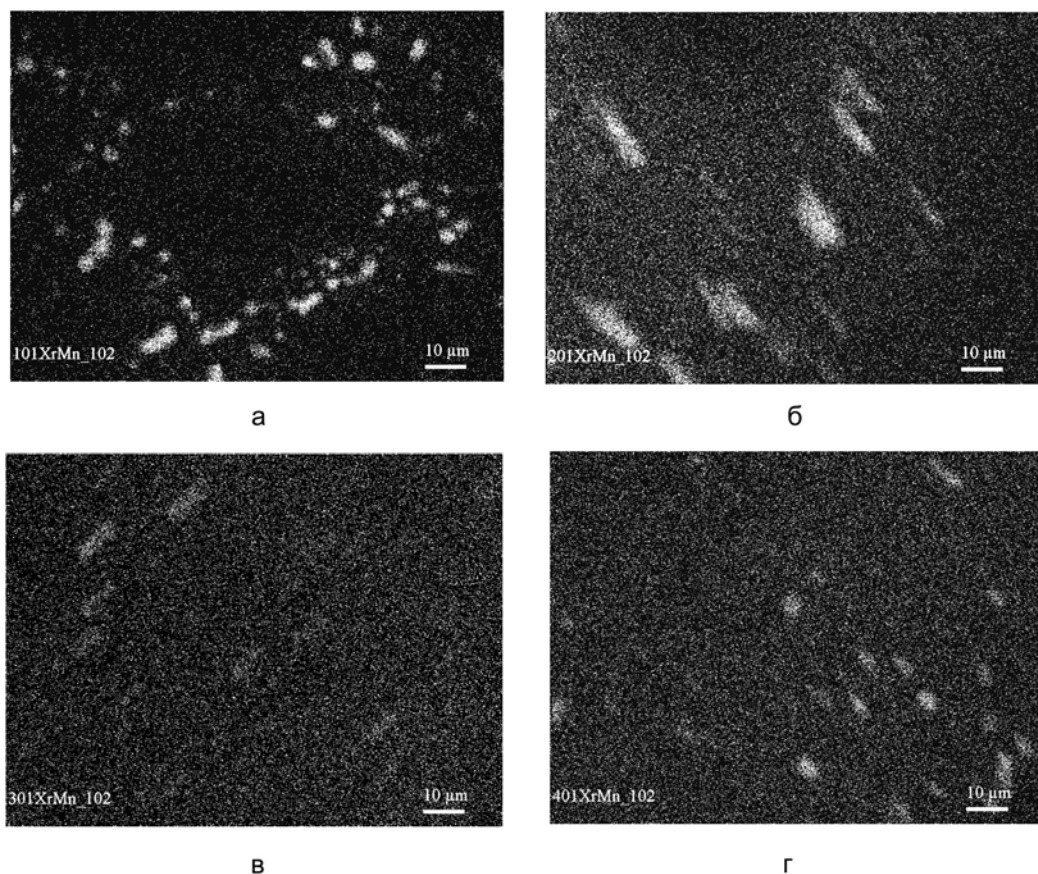


Рис. 4. Розподіл марганцю при вмісті вуглецю в зразках сталі: а – 0, б – 0,3, в – 0,7, г – 1,0 %.

Література

1. Dudrova E., Kabatova M. // Deformation and Fracture in Structural PM Materials. DF PM. – 2002. – 1. – P. 107 – 115.
2. Dudrova E., Kabatova M., Bidulsky R. // Powder metallurgy. – 2004. – 47, No. 2. – P. 181 – 190.
3. Salak A. // Modern Developments in Powder Metallurgy. – 1981. – 13. – P. 183 – 201.
4. Напара-Волгіна С.Г., Маслюк В.А., Орлова Л.Н. // Порошк. металургія. – 2005. – № 3/4. – С. 25 – 31.
5. Патент на корисну модель № 200133 Україна. Спосіб одержання спечених сталей, легованих марганцем / Г.А. Баглюк, С.Г. Напара-Волгіна, Л.О. Сосновський, В.Я. Куровський, С.Г. Пятачук / Бюл. “Промислова власність”. – 2007. – № 1.
6. Радомысельский И.Д., Сердюк Г.Г., Щербань Н.И. Конструкционные порошковые материалы. – Киев: Техніка, 1985. – 152 с.
7. Дорофеев Ю.Г., Мариненко Л.Г., Устименко В.И. Конструкционные порошковые материалы и изделия. – М.: Металлургия, 1986. – 144 с.
8. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справ. в трех томах / Под ред. Н.П. Лякишева. Том 2. – М.: Машиностроение, 1997. – 1024 с.
9. Федорченко И.М., Слысь И.Г., Сосновский Л.А. // Порошк. металургія. – 1972. – № 5. – С. 26 – 32.

Одержано 10.03.10

Г. А. Баглюк, Л. А. Сосновский

**Структура и свойства спеченных марганцевых сталей
с различным содержанием углерода**

Резюме

Приведены результаты исследования свойств спеченных марганцовистых сталей, полученных с использованием медьсодержащих ферромарганцевых лигатур в зависимости от содержания в исходной шихте лигатуры, графита и температуры спекания. Показано, что увеличение как концентрации лигатуры, так и содержания графита в шихте приводит к адекватному повышению характеристик прочности спеченного материала, тогда как твердость спеченной стали существенным образом увеличивается с введением углерода только для сталей с минимальным содержанием лигатуры (3 %), а в случае повышенных концентраций лигатуры (7 и 10 %) влияние содержания графита на твердость значительно снижается. С повышением концентрации лигатуры твердость спеченных сплавов увеличивается для всех температур спекания и концентрации графита в шихте.

G. A. Bagliuk, L. A. Sosnovskiy

**Structure and properties of sintered manganese steels
with different carbon contents**

Summary

The results of investigation for properties of sintered manganese steels, produced with use of copper-bearing ferromanganese master alloys in dependence on master alloy and graphite contents as well as sintering temperature. It is shown that increase of both concentrations of the master alloy, and content of the graphite in powder mixture result in identical increasing of strength characteristics of sintered material, while hardness of the sintered steel greatly increases with carbon introduction only for steels with minimum content of the master alloy (3 %) and in case of increasing master alloy concentrations (up to 7 and 10 %) the influence of graphite contents on hardness considerably falls. With increasing of master alloy content hardness of sintered steel increases for all sintering temperatures and graphite content in a powder mixture.