

Дослідження процесів утилізації порошкових відходів сталі ШХ15

Л. А. Сосновський, кандидат технічних наук

О. В. Власова, кандидат технічних наук

М. Є. Головкова

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

Досліджено можливість переробки частини порошкових відходів сталі ШХ15 в чавунні зливки спіканням порошкових сумішей, що містять більш, ніж 2 % по масі графіту в стані утруски або утрамбування. Встановлено можливість перетворення на леговані чавуни сумішей, що містять крім ШХ15 відходи залізних порошків і феросплавів.

Найбільший об'єм серед промислових відходів займають порошкові відходи виробництва підшипників. Одним з технологічних варіантів їх утилізації є включення порошкових відходів сталі ШХ15 в традиційну технологію масового виробництва сталевих виробів з розпорошеного залізного порошку. Очевидно, що частина таких відходів не може бути утилізована подібним чином, насамперед, через наявність у них абразивних домішок, що утруднюють проведення процесів пресування і твердофазного спікання. В роботі [1] показано можливість успішного використання спресованих і спечених порошкових шліфувальних відходів, що містять абразиви, така технологія є обмеженою і відповідно, неприйнятною для утилізації всього об'єму шліфувальних відходів. Враховуючи наявність частинок абразиву, а також низьку ущільнюваність невідпалених порошків сталі ШХ15 [2], можна вважати, що більш прийнятним може виявитися інший процес утилізації – рідкофазне спікання таких відходів ущільнених утрускою або утрамбуванням.

Метою цієї роботи є дослідження процесів утилізації порошкових відходів сталі ШХ15 їх спіканням на повітрі в досить щільний чавунний скрап, який може бути підданий переплаву з мінімальними втратами на угар. Такий скрап має закриту пористість, тобто, окислюється зі швидкістю, близькою до швидкості окислення компактного матеріалу.

В якості вихідного матеріалу використовували сухий порошок (шлам) сталі ШХ15, що має за даними ситового аналізу 47 % по масі фракцію 40 – 50 мкм. За даними хімічного аналізу після відпалу при температурі 900 °С протягом 1 години він містить (% по масі): Cr – 1,5, C_{загальн.} – 1,27, O₂ – 4,62. Використовували також відсів порошку заліза марки ПЖР 3.200.28 дисперсністю ~ 100 мкм, графіт марки ГСМ-1, мідь марки ПМС1 та порошок вуглецевого залізо-марганцю марки ФМн78А.

Технічна інформація

Спикання сумішей проводили на повітрі в сталевому тиглі з кришкою, який розміщали у сталевому контейнері з кришкою (подвійну упаковку). Для захисту від окиснення проміжок між тиглем і контейнером ізолювали захисною засипкою складу (% по масі): прожарений пісок – 98, графіт – 2, так щоб контейнер був нею заповнений по горловину. Для видалення повітря з об'єму контейнера при нагріванні на його дно, перед упаковкою, поміщали парафін. Частину досліджуваних сумішей готували з використанням лярду – добавки, що сприяє більш рівномірному змішуванню компонентів суміші, яка при випаровуванні також створює відновну газову фазу.

В роботі були приготовлені та досліджені суміші різного складу (табл. 1), зокрема з міддю, що дозволяє проводити спикання в присутності рідкої фази і отримувати щільний матеріал. Суміші спікали протягом 1 години при температурах 1100 – 1200 °С. Отримані значення щільності і пористості представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Склад, щільність і пористість спечених сумішей

Суміш (% по масі)	Температура спікання протягом 1 год, °С	Щільність, г/см ³	Пористість, %
ШХ15 – 94,4, графіт – 2,0, мідь – 3,0, лярд – 0,6	1100 °С	3,03	56
	1150 °С	3,32	52
	1200 °С	4,46	35
ШХ15 – 96,0, графіт – 3,5, лярд – 0,5	1100 °С з підйомом до 1200 °С	6	–
ШХ15 – 96,0, графіт – 3,0, лярд – 1,0	1200 °С	5,75 – 7,1	–
ШХ15 – 95,0, графіт – 5,0	–	0,79*	89*
		1,27**	82**
		1,54***	78***
	1100 °С, протягом 1,5 годин	3,5**	50**
		4,1***	41**
Примітка: * – щільність в стані вільної насипки, ** – після утруски, *** – після уграмбовки			

Встановлено, що додавання міді при недостатньому вмісті графіту не дозволяє реалізувати рідкофазне спікання до високої щільності навіть при температурі спікання 1200 °С і, отже, необхідні добавки графіту ближчі до вмісту вуглецю, які є в евтектиці Fe – Fe₃C. Додавання графіту до 5 % по масі активує процес твердофазного спікання при температурі 1100 °С.

Встановлено, що в процесі нагріву утворюється переважно піночавун з нерівномірно розподіленими порами.

Технічна інформація

З метою визначення можливості спільної утилізації відходів сталі ШХ15, заліза і феросплавів були приготовані суміші з різною ущільнюватістю (табл. 2), які пресували при тиску 700 МПа в роз'ємній пресформі. Пресовки спікали на повітрі при температурі 1200 °С протягом 1 години та різних засипках: прожарений глинозем Al_2O_3 або крупка фтористого кальцію CaF_2 . Значення щільності і твердості спечених зразків наведено в табл. 2.

Таблиця 2

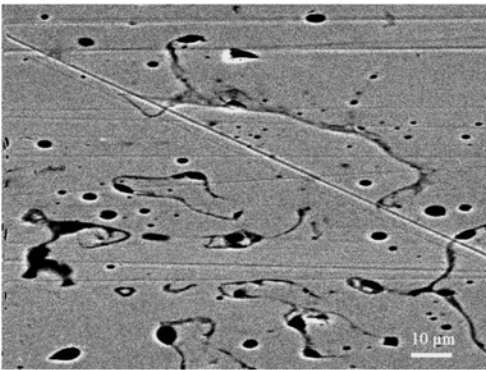
Склад, щільність і твердість зразків, спресованих і спечених в засипці при температурі 1200 °С протягом 1 години

Властивості зразків	Номер і склад суміші (% по масі)		
	1	2	3
	ШХ15 – 95,0 графіт – 5,0	Fe – 90, Fe – Mn – 5,0, графіт – 5,0	Суміші 1 і 2 в співвідношенні 1/1
Щільність неспечених зразків, г/см ³	4,37	6,27	5,29
Пористість неспечених зразків, %	37,23	9,43	23,8
Щільність спечених у Al_2O_3 зразків, г/см ³	7,24	7,39	7,38
Твердість спечених у Al_2O_3 зразків, HRC	55	56	56
Щільність спечених у CaF_2 зразків, г/см ³	7,23	7,46	7,34
Твердість спечених у CaF_2 зразків, HRC	55	58	58

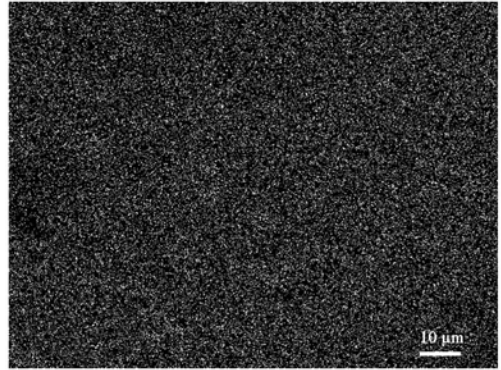
В результаті спікання циліндричні зразки оплавляються. Було встановлено, що обидві використані засипки не змочуються утвореними при спіканні зразків розплавами.

З метою моделювання системи шлам ШХ15 – абразив була приготована суміш складу (% по масі): ШХ15 – 94,0, графіт – 5,0, Al_2O_3 – 1,0, яку спікали при температурі 1200 °С протягом 1 години. Щільність спечених в присутності рідкої фази зливків складала ~ 7,2 г/см³. Було встановлено, що частинки Al_2O_3 концентруються в верхній частині зливка.

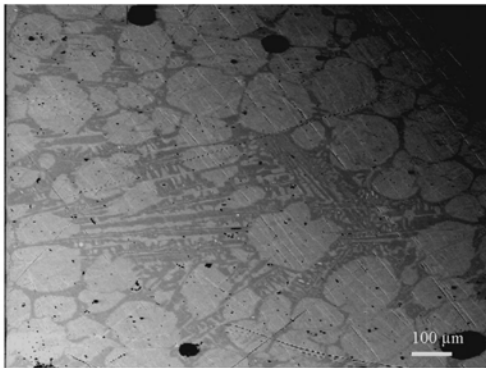
На рисунку представлена мікроструктура зразків, отриманих спіканням при температурі 1200 °С протягом 1 години із сумішей порошку сталі ШХ15 з 2 – 5 % (по масі) графіту і характер розподілу хрому в залежності від вмісту в них вуглецю. Вони свідчать про те, що при вмісті вуглецю, характерному для сталі, реалізується рівномірний розподіл хрому (рисунок а, г) і, відповідно, перехід в область доевтектичного і заевтектичного чавуну супроводжується утворенням евтектики, що призводить до нерівномірності розподілу хрому (рисунок б, в, д, е) [3].



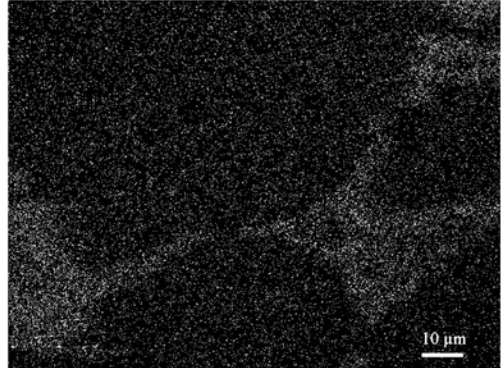
а



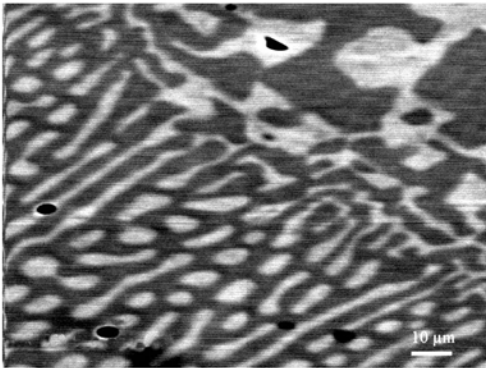
г



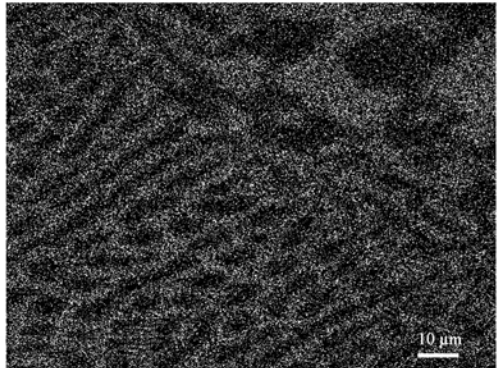
б



д



в



е

Мікроструктура зразків і характер розподілу в них хрому, що містять різну вихідну кількість графіту (% по масі): а, г – 2, б, д – 3, в, е – 5.

Можливість поєданого використання відходів порошків була додатково перевірена на суміші: ШХ15, відсів порошку заліза, що утворюється при виробництві порошку ПЖР 3.200.28, і порошок вуглецевого феромарганцю марки ФМн78А крупністю менше 100 мкм. Щільність пресовок, отриманих при тиску 700 МПа, становила $\sim 5,1 \text{ г/см}^3$, а після спікання при температурі 1100 °С протягом 1 і 2 годин $\sim 5,8$, $\sim 6,1 \text{ г/см}^3$ відповідно. Спікання при температурі 1200 °С протягом 1 години в засипках Al_2O_3 або CaF_2 призвело до оплавлення зразків і підвищення їх щільності

до $\sim 7,1$ г/см³. Твердість отриманого матеріалу склала 57 HRC. Додавання до цієї суміші 1 % (по масі) порошку скла не внесло помітних змін в результаті спікання зразків.

Проведене дослідження показало можливість утилізації порошкових відходів сталі ШХ15 з перетворенням їх у чавун при спіканні в печах з повітряною атмосферою без використання пресування – у стані утруски або утрамбовки.

При температурах спікання вище евтектичної точки сумішей порошкових відходів ШХ15 при вмісті графіту 3 – 5 % (по масі) протікає рідкофазне спікання з утворенням злиwkів чавуну з щільністю більше 5,5 г/см³. Утворення злиwkів чавуну можливе і за наявності в суміші порошоків абразиву і спеціально введених легуючих добавок. Отримані дані свідчать про можливість переробки частини відходів ШХ15 (крупних порошоків, відходів абразивів) у чавунний скрап, який може бути використаний при виплавці легованих чавунів і сталей.

Література

1. Зозуля В.Д. Применение шлифовальных металлоабразивных отходов в порошковой металлургии // Порошк. металлургия. – 1988. – 3. – С. 95 – 99.
2. Падалко О.В., Левинский Ю.В. Получение порошков из отходов машиностроительных и металлургических производств // Итоги науки и техники. Порошк. металлургия. – М.: ВИНТИ, 1989. – 3. – С. 3 – 66.
3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 543 с.

Одержано 15.10.14

Л. А. Сосновський, О. В. Власова, М. Е. Головкова

Исследование процессов утилизации порошковых отходов стали ШХ15

Резюме

Исследована возможность переработки части порошковых отходов стали ШХ15 в чугунные слитки спеканием порошковых смесей после утряски или утрамбовки, которые содержат более 2 % (по массе) графита. Установлена возможность передела на легированные чугуны смесей, содержащих, кроме ШХ15, отходы железных порошков и ферросплавов.

L. A. Sosnovsky, O. V. Vlasova, M. E. Golovkova

The study of processes of recycling waste steel powder ШХ15

Summary

The possibility of recycling of the waste powder steel ШХ15 to iron ingots by sintering of powder mixtures after a tap or compaction, which contain more than 2 % by weight of graphite. The possibility of remelting to the alloy cast iron containing mixtures, except ШХ15 of waste iron powders and ferro-alloys.