

УДК 621.74.04:669.112.22

В.В. Широков

Українська академія друкарства

Ю.Ю. Жигуц

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ НЕМАГНІТНИХ ТЕРМІТНИХ ЧАВУНІВ

Аналізується технологія отримання немагнітних термітних чавунів. Пропонується використання металотермічної шихти, що дозволяє отримувати відповідний хімічний склад сплаву, прогнозовану структуру, механічні та службові властивості. При цьому використано основні переваги металотермічного синтезу, зокрема, можливість виготовляти виливки в місцях, віддалених від великих джерел електроенергії, без спеціалізованого промислового обладнання. Розроблену технологію можна використовувати при екстремому зварюванні заготовок, ремонті деталей і нанесенні покриттів.

Металотерapia, терміт, немагнітні чавуни, властивості

Немагнітні чавуни використовують для виготовлення кришок, кожухів, обойм, ковпачків і напівфланців силових трансформаторів, труб розподільних пристроїв, торцевих шайб роторів і статорів, шинотримачів електричних машин, деталей магнітних сепараторів, електричних приладів та інших деталей. До матеріалу цих деталей висувається ряд технічних вимог, як-от: високі ливарні властивості, мінімальні втрати за рахунок вихрових струмів та мінімальне спотворення магнітного поля. Ці властивості забезпечуються аустенітною структурою залізобуглецевих сплавів, для одержання якої чавуни легують нікелем, марганцем, міддю, хромом.

Використання металотермічних методів синтезу матеріалів для отримання аустенітних чавунів дозволяє виготовляти деталі литтям, прогножуючи структуру немагнітних чавунів, і використовувати синтезований матеріал не тільки для одержання виливків, але й для термітного зварювання, ремонту та відновлення розмірів зношених поверхонь [1–3]. Крім того, металотермічні методи мають ряд інших переваг: високу продуктивність процесу; просте й універсальне устаткування для металотермічного синтезу; відсутність потреби в джерелах електроенергії та можливість їх застосування при екстремому отриманні сплаву (час синтезу дорівнює лише декілька хвилин).

При взаємодії алюмінію з оксидами металів виділяється багато тепла, унаслідок чого температура суміші-реагенту досягає 3000°C. Найпоширеніший залізоалюмінієвий терміт містить прогартовану окалину або збагачену

залізну руду і використовується для лиття чи зварювання заготовок. Іноді до складу терміту вводять легуючі присадки і флюси [1,2,4]. У військовій справі терміт входить до складу запалювальних сумішей, а у виробництві феросплавів терміт з додаванням флюсів є шихтою. Суттєві переваги термітного способу синтезу і нині викликають цілком заслужений інтерес.

Аналіз способів термітного синтезу виявив проблему, яка полягає в необхідності вдосконалення способу отримання та ремонту деталей з немагнітних чавунів. Ця розроблена технологія повинна дати можливість легко, економічно та швидко отримувати немагнітний термітний чавун.

Метою нашої роботи є встановлення можливості отримувати якісний немагнітний термітний чавун металотермічним способом із застосуванням простого і дешевого устаткування, а також розроблення відповідного складу металотермічної шихти та встановлення фізико-механічних властивостей синтезованого сплаву.

Суть металотермічних реакцій полягає у відновленні металом з більшою хімічною активністю металу з меншою активністю з його оксиду. Екзотермічна взаємодія компонентів реакції відбувається у тому випадку, коли в результаті утворюються оксиди з більш високою термодинамічною стійкістю. На алюмінотермічне відновлення оксидів впливають дисперсність та властивості матеріалів, що містяться в шихті, їх агрегатний стан, співвідношення компонентів реакції, схеми підпалу й ін. Механізм алюмінотермічної взаємодії в основному описаний у роботах [1–3,5].

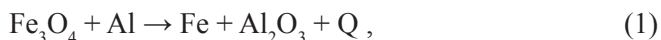
Використані матеріали: сажа ацетиленова (технічний вуглець ТУ 14-7-24-80); порошок алюмінієвий ПА-3–ПА-4 ГОСТ 6058-73; феросиліцій ФС65Ал3,5 ГОСТ 1415-78; порошок алюмінієвий ПА-3–ПА-6 ГОСТ 6058-73; феромарганець ФМн70 ГОСТ 4761-80; сажа ацетиленова (технічний вуглець ТУ 14-7-24-80); порошок титановий хімічний ПТХ-1 ТУ 48-10-78-83; просіяне мливо алюмінієвої стружки; залізна окалина (ковальського і прокатного виробництв) із середнім хімічним складом (процент за масою): 0,05 С; 0,10-0,35 Si; 0,10-0,35 Mn; 0,01-0,03 S; 0,01-0,03 P; 40-50 Fe₂O₃; 50-60 FeO та ін.

Для визначення маси металевого зливка на першому етапі дослідження проводили мікроплавлення з масою шихти 300–350 г з різним процентним співвідношенням компонентів у суміші. Порошкову шихту просушували, перемішували і розміщували у внутрішній камері металотермічного реактора [6]. Ініціювали процес горіння титановим порошком, якого запалювали звичайним сірником. Реакція за кілька секунд поширювалася на весь об'єм шихти. Температура реакції досягала 2400°C.

Головна умова такого металотермічного процесу – реальна температура горіння шихти повинна бути вищою за температуру плавлення шлаку [1–3].

Собівартість виготовлення шихти здешевлювали, замінюючи алюмінієвий порошок мливом алюмінієвої стружки. Корекція хімічного складу шихти дозволила отримати литі заготовки з немагнітних чавунів у дослідно-промислових умовах.

Відомий спосіб отримання термітних залізовуглецевих сплавів заснований на класичній термітній реакції



де Q – теплотворна здатність реакції.

Проведені експериментальні дослідження дозволили розробити технологію виготовлення термітних немагнітних чавунів і запропонувати склад металотермічної суміші, в яку додатково введено шлаковідділяючі домішки (польовий шпат CaF_2 , просіяне бите скло та ін.). Експериментальні роботи засвідчили, що оброблюваність немагнітних термітних чавунів різанням обмежується в'язкістю матеріалу і формою графітових включень. Слід відзначити, що великі графітові включення поліпшують оброблюваність і спричиняють до утворення сегментної стружки аж до того моменту, коли зникає наріст аустеніту на передній поверхні різця. Дослідження показали, що найкращі механічні і технологічні властивості демонструє нікелемарганцевий чавун з вмістом: 2,8–3,1% C; 2,5–3,5% Si; 5,5–7,5% Mn; 10–12% Ni; 0,1% S; 0,1% P, який відрізняється хорошою оброблюваністю різанням, малою магнітною проникністю і порівняно невеликою твердістю – 160–180 НВ. Хімічний склад, фізичні і механічні властивості нікелемарганцевого термітного номага (немагнітного чавуну) показано в табл. 1. Подальші дослідження властивостей номага виявили питомий електричний опір у межах 0,8–1,9 Ом при магнітній проникності 1,0–1,3 Гс/Е.

Таблиця 1

Хімічний склад і властивості термітного чавуну номага

Сплав	Вміст хімічних елементів, %					
	C	Si	Mn	Ni	S	P
1	2,6	2,5	5,5	10,5	0,03	0,1
2	3,2	3,0	5,7	11,3	0,02	0,1
Властивості						
Сплав	μ , Гс/Е	S, мкОм/мм	σ_v	σ_u	t, мм	НВ
			МПа			
1	1,03	1400	8,7	24,5	1,1	105
2	1,25	1290	9,2	27,1	1,8	110

Заміна дорогого нікелю марганцем у складі металотермічної шихти небажана. Починаючи з вмісту 11–12% Mn у термітному чавуні, погіршується оброблюваність різанням унаслідок схильності легованого марганцем аустеніту до поверхневого і внутрішньокристалітного наклепу та утворення значної кількості маломагнітних карбідів, які підвищують магнітну проникність сплаву.

Перспективним напрямком для заміни нікелю в немагнітному термітному чавуні є використання як легуючого елемента міді. При вмісті 1,0–2,0%

мідь поліпшує тепловідвід, виділяючись у вигляді тонкої плівки на границях зерен, і не утворює карбідів, зменшує схильність до наклепу та збільшує стійкість чавуну проти відпуску (табл. 2).

Таблиця 2

**Хімічний склад і властивості
термітного марганцевомідного чавуну**

Вміст елементів, %					
C	Si	Mn	Cu	Al	P
3,4-3,7	2,5-3,0	7,0-12	1,0-2,0	0,08	0,1-0,3
2,9-3,2	3,2-3,6	10,0-12	1,2-2,0	0,06	0,1-0,2
Властивості					
μ, Гс/Е	S, мкОм/мм	σ _в	σ _н	НВ	
		МПа			
1,1-1,4	1500-1900	12-18	25-30	170-210	
2,0-2,5	1500-2000	14-19	20-30	150-200	

Вуглець в аустенітній структурі служить сильним стабілізатором, що зумовлює необхідність його вмісту в немагнітному термітному чавуні (не менше 2%, а решта виділяється у вигляді графіту). Одночасно кремній у термітному чавуні призводить до зменшення розчинності вуглецю в аустеніті. Збільшення вмісту Si зменшує стійкість аустеніту в сплаві за рахунок слабшої розчинності в ньому вуглецю і збільшує кількість магнітних карбідів, тобто посилює магнітну проникність сплаву.

Алюміній, що потрапляє в термітний чавун з алюмінотермічної шихти, сприяє графітизації, підвищує стійкість аустеніту при нагріванні, поліпшує оброблюваність різанням і зменшує схильність термітного чавуну до відбілу за рахунок усунення зі структури мартенситу при швидкому охолодженні сплаву, що загалом поліпшує магнітну проникність. Саме тому вміст алюмінію в термітному номазі, з урахуванням додатково введеного з шихти, не повинен перевищувати 0,8–1%.

Високі механічні властивості проявилися в аустенітних термітних немагнітних чавунах при наявності кулястого графіту, отриманого введенням до складу шихти магнію і церію з лігатури ЖКМК. Таким чином були виготовлені зразки з $\sigma_{н}$ – 65,0...74,1 МПа, f – 2,1...4,7 мм і твердістю 148...181 НВ.

У результаті проведених експериментальних робіт одержано немагнітні термітні чавуни, яким властива аустенітна структура з пластинчастим і кулястим графітом. Досліджено основні фізичні властивості синтезованих термітних чавунів. Встановлено комплекс механічних властивостей термітних номагів (нікелемарганцевих немагнітних чавунів) й оптимальну структуру та особливості немагнітних чавунів. Визначено вплив легуючих елементів на структуру та властивості номагів.

1. Жигуц Ю. Ю. Сплави, синтезовані металотермією і СВС-процесами: моногр. / Жигуц Ю. Ю. – Ужгород: Гражда, 2008. – 276 с. 2. Жигуц Ю. Ресурсозберігаюча технологія термітного зварювання сталевих деталей / Ю. Жигуц, В. Лазар // Вісн. ТДТУ. – 2009. – Т. 14. – № 4. – С. 94–98. 3. Жигуц Ю. Ю. Синтез і свойства литых карбидных сплавов / Жигуц Ю. Ю. // Металловедение и термическая обработка металлов. – М.: МИТОМ. – 2009. – № 3. – С. 26–29. 4. Жигуц Ю. Ю. Відбілені спеціальні термітні чавуни / Жигуц Ю. Ю. // Металл и литье Украины. – К., 2008. – №11–12. – С. 9–11. 5. Zhiguts Yu. Grey and white special thermit cast iron / Yu. Zhiguts, J. Luthko // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. пр. – Львів: Каменяр, 2012. – Вип. 9. – С. 222–232. 6. Пат. України на корисну модель №9847 МПК: В22 С9/00. Металотермічний реактор / Ю. Ю. Жигуц, Ю. Ю. Скиба, І. І. Крайняк; опубл. 15.01.2007. – Бюл. №1.

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА НЕМАГНИТНЫХ ТЕРМИТНЫХ ЧУГУНОВ

Анализируется технология получения немагнитных термитных чугунов. Предлагается использовать металлотермическую шихту, которая позволяет получать необходимый химический состав сплава, прогнозируемую структуру, механические и служебные свойства. При этом использованы основные преимущества металлотермического синтеза, в частности, возможность изготавливать отливки в местах, отдаленных от крупных источников электроэнергии, без специализированного промышленного оборудования. Разработанную технологию можно использовать при экстренной сварке заготовок, ремонте деталей и нанесении покрытий.

SYNTHESIS TECHNOLOGY NONMAGNETIC CAST IRON THERMITE

The paper analysed the technology of non-magnetic iron thermit. Proposed use metallothermic charge, which allows obtaining a certain chemical composition of the alloy, predictable structure, mechanical and service properties. Here we have used the main advantages metallothermic synthesis, namely, to produce castings in places far from major sources of electricity, without specialized industrial equipment. The technology of synthesis can be used in an emergency billet welding, repair parts and coating.

Стаття надійшла 15.01.2013