

РОЗДІЛ «МЕТАЛУРГІЯ»

УДК 620.22; 669.017

ЖИГУЦЬ Ю.Ю., д.т.н, професор

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ТЕРМІТНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ЧАВУНІВ

Вступ. Важливою проблемою для сучасного виробництва є створення нових матеріалів та покращення властивостей традиційних, забезпечення запасними частинами і інструментом виробництв на невеликих підприємствах та у майстернях, де немає відповідної виробничої бази [1].

Актуальність теми. Детальне вивчення цієї проблеми дає можливість вважати, що перераховані вище окремі її завдання можуть успішно вирішуватись за рахунок використання матеріалів, отриманих металотермією. Саме тому дослідження впливу металотермічних способів синтезу сплавів на мікроструктуру, хімічний склад, механічні властивості матеріалів набули великого практичного значення. При відсутності енергетичної бази, спеціального ливарного обладнання технологічні процеси створення матеріалів на основі металотермічних реакцій стають економічно доцільними, а використання їх у вже існуючих методах виготовлення виливків, наприклад, в технології отримання чавунних виливків з термітними ливарними додатками, суттєво підвищують ефективність виробництва.

Постановка задачі. *Мета роботи* – встановлення можливості отримувати якісні термітні зносостійкі спеціальні чавуни металотермічним способом, а також виявлення взаємозв'язків між структурою, хімічним складом і механічними властивостями синтезованих сплавів.

Результати роботи. *Вихідні матеріали, методи дослідження.* При компонуванні металотермічної шихти використано матеріали: хром металічний ГОСТ5905-79; ферохром ФХ65-7А ГОСТ 4757079; силікокальцій С40Л10 ГОСТ 4762-71; феросиліцій ФС65Ал3,5 ГОСТ 1415-78; порошок алюмінієвий ПА-3–ПА-6 ГОСТ 6058-73; феромарганець ФМн70 ГОСТ4761-80; феротитан ФТи30А ГОСТ4761-80; залізна окалина ковальського виробництва з середнім хімічним складом (% за мас.): 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.

При організації процесу синтезу чавунів використовують класичні [2] термітні реакції, засновані на окисненні алюмінію і відновленні заліза. Для встановлення складу шихти розроблено методику розрахунку на основі стехіометричного співвідношення компонентів реакції із введенням відповідних коефіцієнтів, що враховують їх засвоєння сплавом. Ця методика дозволяє як встановити склад металотермічних шихт, так і розрахувати адіабатичну температуру її горіння. Головною умовою процесу є необхідність мати реальну температуру горіння шихти, вищу від температури плавлення шлаку [3-6] (для Al₂O₃ – 2400 К).

Для визначення маси синтезованого металевого зливка і виходу сплаву з шихти були проведені мікроплавлення з масою шихти від 300 до 500 г у металотермічному реакторі [7, 8] з різним процентним співвідношенням компонентів у суміші. Ініціювання процесу горіння проводилося спеціальним титановим запалом. Порошкову шихту просушували при температурі 150-180⁰С, змішували і ущільнювали. При проведенні досліджень використовували порошкові інгредієнти металотермічної шихти, частку з яких виготовляли з відходів ливарного, ковальського та металорізального виробництв (залізна окалина, просяне мливо графітових електродів, мливо алюмінієвої стружки та ін.).

Вимірювання міцності виконували на пропорційних циліндричних коротких зразках діаметром 6 мм і довжиною 30 мм за ГОСТ 1497-73. Зразки вибиралися у кількості 12-15 штук, вирізаних після розпиляння. Визначення хімічного складу виконувалося за методиками [8].

Експериментальні дослідження. При синтезі зносостійких термітних чавунів металотермічним способом необхідно враховувати те, що високі температури нагріву розплаву в умовах мікроплавлень призводять до швидкого охолодження і, як наслідок, це призводить до отримання мартенситної або голчастої структури. Саме ці структури виявляють найвищу зносостійкість.

Хімічний склад шихти для синтезу та хімічний склад виливків з термітних зносостійких чавунів, властивості термітних чавунів показано у табл.1 та 2. Встановлена границя міцності на розтяг порівняно з промисловими марками аналогів на 10-12% більша, що пов'язано як з технологією отримання сплаву, так і з його дорозкисненням алюмінієм з шихти.

Мікроструктури зносостійкого термітного чавуну, що затверднув при різних швидкостях охолодження, показано на рис.1.

Таблиця 1 – Хімічний склад і властивості середньолегованих термітних чавунів

Марка	Вміст елементів, %										Механічні властивості		
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	B	Ti	Cu	σ_b , МПа	σ_u , МПа	Твердість
ОИ-1	2,5-3,0	1,2-1,8	>0,1	0,1	0,1	–	–	0,1-0,4	–	–	230	550-710	47-52 HRC
ОИ-3	2,5-3,0	1,0-1,5	0,5-1,0	0,1	0,1	–	–	0,1-0,4	0,7-0,9	–	210-250	580-700	47-52 HRC
ИЧХ4Г7Д	3,0-3,5	1,5-2,0	6,0-7,5	0,05	0,1	3,5-4,5	>0,5	–	–	>0,7	175	370	500-550HB
ИЧХ3ТД	2,5-3,0	1,0-1,5	0,5-1,0	0,05	0,1	2,0-3,0	–	–	0,5-0,9	0,5-0,9	250	510	500-570HB

Таблиця 2 – Механічні властивості термітних високолегованих чавунів

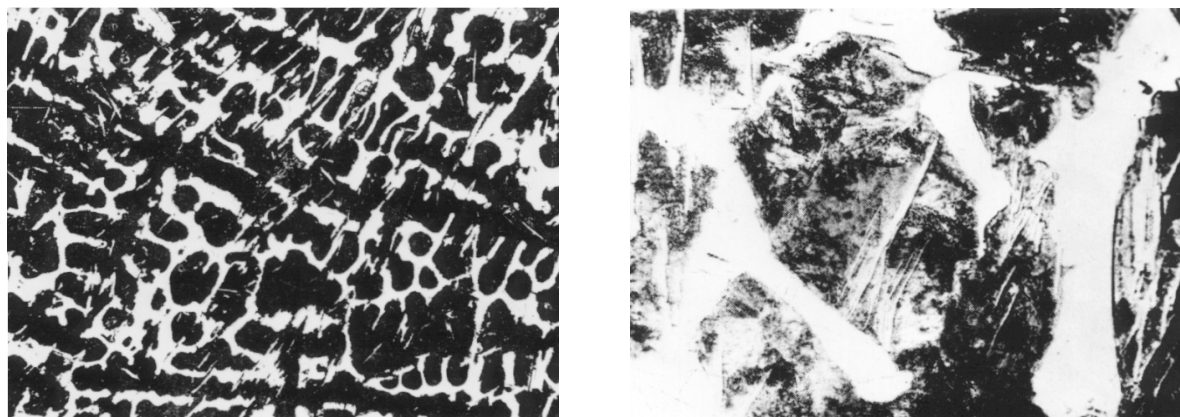
Марка ¹	HRC	σ_u , МПа
ИЧХ12М ¹	65–67	670
ИЧХ12Г5 ¹	64–66	680
ИЧХ28Н2	53–57	620

¹Після термообробки

Особливість синтезованих аустенітних чавунів з сферичною формою графіту – наявність карбідів, які займають ~50% об'єму матеріалу і дозволяють значно підвищувати жароміцність і жаростійкість чавуну. Виявлені у мікроструктурі глобулярні дрібнодисперсні карбіди на 10-15% збільшують жароміцність термітних чавунів порівняно зі структурою, в якій знаходяться крупні карбіди гранчастої форми.

Після проведення термообробки аустенітних термітних чавунів з кульковим графітом (гомогенізуючого відпалу при 1000°C на протязі 4 год.) у структурі чавуна вміст глобулярних дрібних карбідів збільшується, а твердість зменшується до 180-190 HB.

Проведений аналіз результатів досліджень показує, що у поверхневому шарі синтезованих термітних чавунів вміст цементиту складає не менше 50%, що збільшує мікротвердість до 1000-1100 *HV*.



а

б

Рисунок 1 – Мікроструктура зносостійкого термітного чавуну (2,6% C; 1,6% Si; 2,5% Cr); x100

Із збільшенням вмісту легуючих елементів проходять послідовні зміни структури сплаву від перлітної до мартенситної, що, в свою чергу, призводить до підвищення як твердості, так і зносостійкості.

Введення додатково у шихту навіть незначної кількості порошкового хрому або маловуглецевого ферохрому значно підвищує зносостійкість вказаного чавуну. Методами рентгеноструктурного аналізу в структурі цих чавунів виявлено крім карбідів Fe_3C та $(Fe, Cr)_3C$ карбіди $(Fe, Cr)_7C_3$, які забезпечують твердість ~ 15000 МПа. Мікротвердість карбідів $(Fe, Cr)_3C$ становить HV 10000-10500 МПа, а $(Fe, Cr)_7C_3$ і $(Fe, Cr)_{23}C_6$ – 14500-17500 МПа.

Як вже відмічалось, механічні властивості термітного чавуна кращі, ніж відповідні властивості хромованого чавуну у зв'язку із додатковим мікролегуванням алюмінієм, що входить у склад шихти. У чавунів із значним вмістом марганцю, незважаючи на високі температури горіння металотермічної суміші, виявлено погіршення показника рідкотекучості при збереженні усадки у межах 1,8-2,3%.

Оброблюваність чавунів із високим вмістом хрому ускладнена, хоча і знаходиться на задовільному рівні. Для покращення ливарних властивостей і якості виливків з термітного чавуна форму нагрівали до 150-200°C. Значний градієнт температур, пов'язаний із технологією синтезу термітних спеціальних чавунів, призводить до необхідності проведення обов'язкової термообробки. Її виконують завантаженням у піч при 250°C і витримці не менше 2-3 години із забезпеченням швидкості нагріву $\sim 100^\circ\text{C}/\text{год}$.

Термітні чавуни – аналоги промислових марок ИЧХ15М3; ИЧХ12М та ИЧХ12Г3М піддавали відпалу (для отримання структури зернистого перліту) з наступним гартуванням, а термітні аналоги ИЧХ28Н2М2 та ИЧХ12Г5 із структурою легового аустеніту гартували на повітрі, аналог ИЧХ28Н2 піддавали середньому відпуску. У всіх інших випадках застосовували завантаження у піч після тверднення виливка при температурі 950°C з витримкою 2-3 години і охолодженням разом з піччю або гартуванням на повітрі. Твердість, оброблюваність різанням та зносостійкість при шліфуванні чашковим кругом досліджених зносостійких термітних чавунів наведено у табл.3.

Імовірність графітизації виливків із зносостійкого термітного чавуну при синтезі сплаву алюмініотермічним шляхом значно зменшується у зв'язку із значним градієнтом

температур і високими швидкостями тепловідводу, тобто отримання мартенситної структури при виготовленні виливків з термітних зносостійких чавунів проходить значно простіше.

Таблиця 3 – Оброблюваність термітних легованих чавунів

№ з/п	Марка	HRC	Швидкість різання ³ , м/хв.	Коефіцієнт відносної зносостійкості ⁴
1	ИЧХ28Н2 ¹	57–59	9,2	7,8–8,3
2	ИЧХ12М ²	38–40	24,8	14–16
3	ИЧХ2Н4 ¹	58–62	10,1	6,9–7,2

¹Відпуск при 350°C, 3 години.

²Відпал.

³Швидкість різання при S=0,3 мм/об; t=2 мм при 90 хвилинній стійкості різця.

⁴За 1,0 прийнято зносостійкість сталі марки Сталь 10 після нормалізації. Швидкість різання ~7 м/с, пульпа кварцовий пісок і вода (співвідношення 1:2 за об'ємом)

При цьому твердість термітних чавунів знаходиться у межах 9300-12000 МПа (за HV). Проведена робота дозволила встановити, що за механічними властивостями синтезовані спеціальні чавуни не поступаються “звичайним”, а самі методи придатні для синтезу, в принципі, любого чорного сплаву.

Розроблені склади термітних сумішей підходять і для технології термітних ливарних додатків високого температурного градієнта [10], яка може бути використана як для серійного, так і для масового виробництва.

Висновки. Теоретично й експериментально показана принципова можливість термітного виплавляння зносостійких чавунів та спеціальних термітних легованих чавунів. Спеціальні чавуни мають властивості навіть кращі, ніж у чавунів, виготовлених ординарними методами. Дослідження цих термітних сплавів показало, що мікроструктури їх, як правило, більш дрібнозернисті порівняно із промисловими сплавами, а механічні властивості кращі на 10-12%. Розроблені склади термітних сумішей підходять і для технології термітних ливарних додатків високого температурного градієнта.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жигуц Ю.Ю. Сплави, синтезовані металотермією і СВС-процесами [монографія] / Жигуц Ю.Ю. – Ужгород : Гражда, 2008. – 276с.
2. Фасонное литье из термитной стали / [Золковер М.З., Гридунов А.С., Быльницкий-Бируля С.О. и др.]. – М.: Дориздат, 1950. – 48с.
3. Жигуц Ю.Ю. Сірі і білі спеціальні термітні чавуни / Жигуц Ю.Ю. // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні: Вісник національного університету “Львівська політехніка”. – 2003. – №480. – С.148-153.
4. Жигуц Ю. Методика розрахунку складу екзотермічних шихт на основі термохімічного аналізу / Жигуц Ю., Широков В. // Машинознавство. – 2005. – №4. – С.48-50.
5. Жигуц Ю.Ю. Високоміщний чавун для термітного зварювання заготовок / Жигуц Ю.Ю. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №1 (13). – С.56-58.
6. Жигуц Ю.Ю. Термитные нихарды, синтезированные металлотермией / Ю.Ю.Жигуц // Вісник СумДУ. – 2005. – №1(73). – С.157-161.