

РОЗДІЛ IV. ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАННЯ

УДК 620.22:669.017

Ю.Ю. Жигуц, д-р техн. наук

Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

ТЕРМИТНЕ ЗВАРЮВАННЯ ЧАВУННИХ ДЕТАЛЕЙ

Ю.Ю. Жигуц, д-р техн. наук

Ужгородский национальный университет, г. Ужгород, Украина

ТЕРМИТНАЯ СВАРКА ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Yurii Zhyhuts, Doctor of Technical Sciences

Uzhhorod National University, Uzhhorod, Ukraine

THE THERMIT WELDING OF CAST IRONS

У запропонованій роботі розглянуто проблему, пов'язану із синтезом чавунів металотермією, а саме алюмініотермією. На основі розробленого методу розраховано склад шихти й у подальшому синтезовано чавуни в умовах мікроплавлення. З метою поєднання методу синтезу та одночасного модифікування магнієм та іншими модифікаторами для отримання у структурі чавуна кулястого графіту додатково у склад шихти введено магній. Результати синтезу використано для розроблення складу шихти для термітного зварювання чавунних зразків. Виявлено особливості проведення металотермічного способу лиття, досліджено особливості процесу синтезу та механічні властивості синтезованих високоміцних чавунів.

Ключові слова: металотермія, мікроплавлення, шихта, чавун, зварювання, властивості.

В предлагаемой работе рассмотрена проблема, связанная с синтезом чугунов металлотермией, а именно алюминотермией. На основе разработанного метода расчета установлен состав шихты и в дальнейшем синтезированы чугуны в условиях микроплавки. С целью объединения метода синтеза и одновременного модифицирования магнием и другими модификаторами для получения в структуре чугуна шаровидного графита дополнительно в состав шихты введен магний. Результаты синтеза использовано для разработки состава шихты для термитной сварки чугуновых образцов. Выявлены особенности проведения металлотермического способа литья, исследованы особенности процесса синтеза и механические свойства синтезированных высокопрочных чугунов.

Ключевые слова: металлотермия, микроплавки, шихта, чугун, сварка, свойства.

In the given paper problems dealing with the synthesis of cast irons by metallothermy, particularly by aluminiumthermy, are considered. On the basis of worked-out method of calculating the arrangement of burden compositions and further on high-strength cast irons were synthesized in micromelting conditions. For the aim of combining of synthesis method and method of modification by magnesium and by other modifiers for getting of globular graphite magnesium termite was put additionally to the composition of burden. The results of synthesis are used for termite welding of cast-iron samples. The peculiarities of metalthermit casting conducting are detected, mechanical peculiarities of high-strength cast irons are investigated peculiarities of synthesis of high-strength cast irons are examined investigated.

Key words: metallothermy, micromelting, burden compositions, cast iron, welding, properties.

Вступ. Важливою проблемою є не тільки створення нових матеріалів та покращення властивостей традиційних, але і забезпечення запасними частинами немасового використання невеликих підприємств та майстерень, де немає відповідної промислової бази. Детальне вивчення питання дає можливість вважати, що перераховані вище проблеми можуть бути успішно вирішені за рахунок застосування матеріалів, отриманих спалюванням екзотермічних порошкових сумішей.

Металотермічні реакції набувають усе більшого розповсюдження. За відсутності енергетичної та сировинної бази, спеціального плавильного і ливарного обладнання такі технологічні процеси створення матеріалів стають економічно доцільними, а використання їх у вже наявних методах виготовлення заготовок, наприклад, у технологіях отримання сталевих і чавунних виливків з термітними ливарними додатками, термітного зварювання, суттєво підвищують ефективність виробництва.

Високоміцний чавун з глобулярним графітом зазвичай отримується модифікуванням рідкого чавуну магнієм (магнієвий чавун) [1]. Одночасно добре відомі алюмініотермічні процеси, під час яких рідкий метал отримується в результаті взаємодії його оксидів з порошкоподібним алюмінієм [2]. Якщо б у результаті алюмініотермічного процесу вдалося б отримати рідкий магнієвий чавун, то у перегрітому вигляді він міг би застосовуватись для зварювання виливків із сірого і високоміцного чавунів, а коли

вартість рідкого сплаву не є лімітуючим фактором, таким способом можна було б отримувати і весь вилівок з магнієвого чавуну.

Загальні проблеми. Проблема застосування чавунів під час зварювання сплавів, отриманих технологією термітного синтезу, полягає, передусім, в усуненні відбіленого шару під час зварювання різних типів чавунів, забезпечуючи мінімальне випалювання модифікаторів, за рахунок використання термітного чавуну з глобулярним графітом, утвореного у спеціальному двокамерному реакторі.

Метою роботи було встановлення можливості отримувати якісний високоміцний чавун металотермічним способом, а також встановлення властивостей і структури, особливостей хімічного складу синтезованого сплаву та наступне його застосування для термітного зварювання.

Теоретичні положення. Під час організації процесу синтезу чавунів алюмінотермією використовують класичні термітні реакції, засновані на окисленні алюмінію і відновленні заліза [1]. Схема для отримання досліджених чавунів комбінованими процесами під час використання інгредієнтів (порошкових сумішей металів, феросплавів та оксидів) показана формулою:



Поставлена проблема може бути вирішена і таким чином, що лігатура ферум–силіцій–магній–рідкісноземельні метали (наприклад, церій) вводять у розплав після завершення процесу алюмінотермічної реакції, тобто після отримання рідкого металу алюмінотермією.

Переваги алюмінотермічного способу зварювання чавунів полягають у тому, що термітний чавун з глобулярним графітом вміщує підвищену кількість силіцію, який поступає з лігатури, ферум–силіцій–магній–рідкісноземельні метали, і деяку кількість алюмінію, що потрапляє у розплав з фероалюмінієвого терміту. Все це сприяє переходу частини силіцію й алюмінію у проміжкову зону часткового оплавлення зварюваного чавуну та запобігає випаданню в ній евтектичного цементиту під час твердіння. При цьому зварний шов отримується з високоміцного чавуну, тобто стає навіть міцнішим, ніж основний метал, а саме – сірий чавун при плавному переході структур від зони зварювання до матричного сплаву.

Матеріали і методика проведення експерименту. Для визначення маси металевого зливка та виходу металу з шихти були проведені мікроплавлення з масою шихти 200–300 г у металевому тиглі діаметром 80 мм з різним процентним співвідношенням компонентів у суміші. Ініціювання процесу горіння проводили спеціальним титановим запалом, виготовленим з порошку титанового хімічного ПХ-2 ТУ 48–10–78–83. Твердість досліджувалася на приладі Бріннеля за ГОСТ 9012–59. Заготовки для шліфів виготовлялися з головок зразків, вилитих для механічних випробовувань. Під час виконання роботи були використані матеріали: сажа ацетиленова (технічний вуглець ТУ 14–7–24–80), порошок алюмінієвий ПА-3–ПА-4 ГОСТ 6058–73, просіяне мливо алюмінієвої стружки, лігатури феросиліцію ФС75 та ін. Порошкова шихта просувалася, перемішувалася, ущільнювалася і після цього розміщувалася у камері металотермічного реактора.

Одне із завдань дослідження полягало у тому, щоб розробити методику розрахунку складу шихти на основі стехіометричного співвідношення компонентів реакції із введенням відповідних коефіцієнтів, яка б враховувала активність компонентів і коефіцієнти їх засвоєння сплавом. Ця розроблена методика дозволяє встановити склад металотермічних шихт і розрахувати адіабатичну температуру її горіння. Головною умовою такого металотермічного процесу є необхідність отримати реальну температуру горіння шихти вище температури плавлення шлаку [2–7], яка для Al_2O_3 дорівнює 2400 К. У подальшому тео-

ретичні розрахунки перевірялися під час проведення експериментальних мікроплавень. З метою здешевлення собівартості шихти замість алюмінієвого порошку в подальшому використовували мливу алюмінієвої стружки. Проведена корекція хімічного складу шихти дозволила провести зварювання заготовок у дослідно-промислових умовах.

Експериментальні дослідження. Під час проведення експериментальних досліджень синтез високоміцних чавунів виконувався у металотермічному реакторі, який працює таким чином (рис. 1) – у верхній камері 10 проходить металотермічна реакція горіння фероалюмінієвого терміту і розчинення у термітній сталі графітового порошку, а також розділення рідких продуктів реакції на металічну і шлакову фази. В результаті шлакова фаза спливає, а рідкий чавун збирається у нижній частині камери і пропалює тонку пластинку 12.

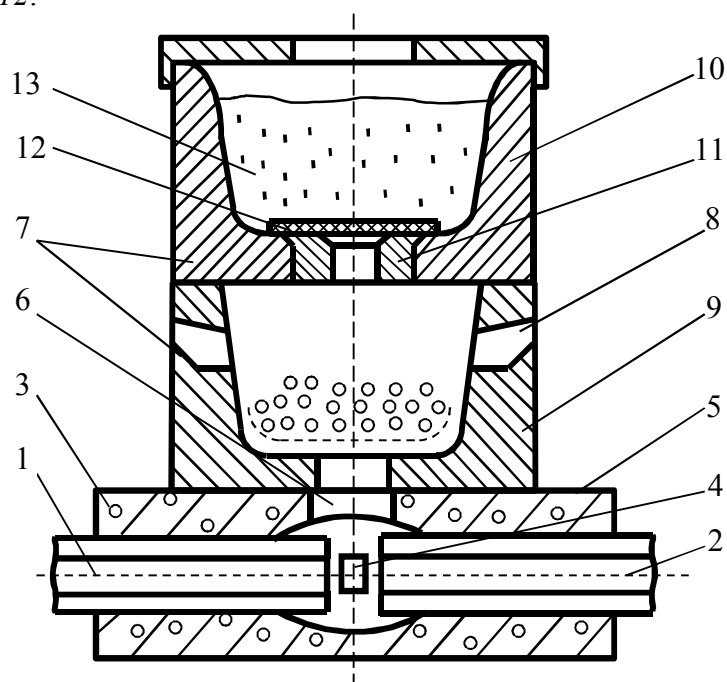


Рис. 1. Конструкція металотермічного реактора для зварювання: 1, 2 – чавунні плити з СЧ20 товщиною 30 мм, 3 – формувальна суміш, 4 – пінополіуретанова вставка у порожнині зварювання, 5 – опока, 6 – вертикальний ливарний канал, 7 – двокамерний реактор, 8 – отвір, 9 – нижня камера, 10 – верхня камера, 11 – стержень з отвором, 12 – пластинка, 13 – суміш терміту та графітового порошку

У камері легування та модифікування 9 відбувалася взаємодія утвореного розплаву чавуну з лігатурою залізо–силіцій–магній–рідкісноземельні метали під час перегікання його у порожнину термітного зварювання 4. При цій взаємодії проходило насичення рідкого чавуну силіцієм і елементами-модифікаторами для глобуляризації графіту.

Плити 1 і 2 заформували у піщано-глиняну суміш 3, при цьому щілина між ними шириною 10 мм заповнювалася пінополіуретаном 4. Плити 1, 2 та поліуретановий прошарок 4 прикривалися опокою з формувальною сумішшю 5, яка мала рівні лади. У верхній напівформі існував канал 6, на якому встановлювався двокамерний реактор 7. У формувальній суміші передбачався тимчасовий отвір 8, через який подавали полум'я газового пальника, що пропалювало пінополіуретановий прошарок 4 (який запобігав зміщенню зварюваних заготовок у процесі їх виформовування і не дозволяв зволожувати зону зварювання). Полум'я розжарювало торці плит 1 і 2 та прогрівало порожнину термітного зварювання, а одночасно і канал 6, нижню 9 та верхню 10 камери реактора. Після завершення операції прожарювання у камеру 9 закладали лігатуру ферум–силіцій–магній–рідкісноземельні метали і стержень 11 з отвором, який перекривали тонкою пластиною із сталі. У камеру 10 засипали суміш терміту і графітового порошку

13. Розігрів плит 1 і 2 пальником проводився до 300 С. Суміш підпалювалась термітним сірником або запалом з порошку титану, який, у свою чергу, підпалювали звичайним сірником. Приблизно через 20–25 секунд після початку технологічної операції горіння пластина 12 пропалювалась термітним чавуном, який виливався у камеру 9, розчиняючи на своєму шляху лігатуру ферум–силіцій–магній–рідкісноземельні метали, а далі стікав у канал 6 і у порожнину зварювання. Шар на торцях плит 1 та 2 відновлювався розплавом чавуну, який вмщував силіцій. Плити приварювалися одна до одної у процесі їх оплавлення перегрітим чавуном і його твердіння. Досліджена мікроструктура зони шва залежно від вмісту лігатури показана на рис. 2.

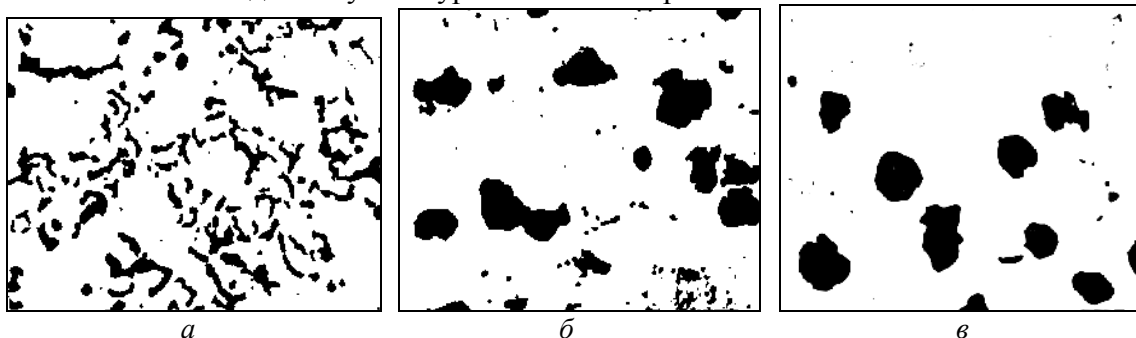


Рис. 2. Мікроструктури термітних чавунних швів: а – вміст лігатури у шихті 2 %; б – вміст лігатури у шихті 4 %; в – вміст лігатури у шихті 5 %, $\times 100$

Під час дослідження використовувався термітний чавун з глобулярним графітом, отриманий у двокамерному реакторі в результаті горіння термітної суміші [1] такого складу (% за масою): порошок графіту – 3,5–6,3; лігатура ферум–силіцій–магній–рідкісноземельні метали (наприклад, церій) – 3,0–6,0; плавиковий шпат – 2,0–3,0; фероалюмінієвий терміт – решта.

Надалі досліджувався матеріал зварного шва. Результати цих випробувань показано у табл. Розроблені склади термітних сумішей можна використовувати і в технології термітних ливарних додатків високого температурного градієнта [1].

Синтезований високоміцний чавун дозволяє проводити зварювання чавунних заготовок з отриманням зварного шва міцністю ~ 550 МПа.

Обговорення результатів дослідження. Термітне зварювання чавуну цим способом у 2–3 рази дорожче за традиційну технологію зварювання чавунних деталей.

Економічний ефект досягається тільки в тому випадку, коли чавунні деталі необхідно зварювати в умовах відсутності звичайного зварювального обладнання, зовнішніх джерел енергії. У процесі зварювання досягається висока якість з'єднання за рахунок відсутності у зварному шві зони відбілу. В результаті зварювання сірого чавуну шов набуває структури і властивостей високоміцного чавуну, про що свідчать результати експериментальних досліджень, показані у табл.

Таблиця

Властивості термітного зварного шва

№ з/п	Метал	Властивості зони зварювання			
		Кількість глобулярного графіту [8] у структурі	Твердість, НВ	σ_b , МПа	σ_{10}^1 , %
1	Сірий чавун	0	170	210	0
2	Перехідна зона ²	30–70	–	–	–
3	Високоміцний чавун	85–95	190	550	4,5

Примітка: ¹ механічні властивості визначено на стандартних зразках діаметром 10 мм;

² відбілу немає.

Висновки і пропозиції. Теоретично й експериментально показана принципова можливість термітного зварювання високоміцних чавунів, встановлено їх механічні властивості, мікроструктуру. Дослідження термітних чавунів показало, що їх механічні властивості відрізняються підвищеною міцністю під час отримання глобулярної структури графіту.

Список використаних джерел

1. Жигуц Ю. Ю. Сплави, синтезовані металотермією і СВС-процесами / Ю. Ю. Жигуц. – Ужгород : Гражда, 2008. – 276 с.
2. Жигуц Ю. Ю. Методика розрахунку складу екзотермічних шихт на основі термохімічного аналізу / Ю. Жигуц, В. Широков // *Машинознавство*. – 2005. – № 4. – С. 48–50.
3. Жигуц Ю. Ю. Технологія синтезу термітних кременистих чавунів / Ю. Ю. Жигуц // *Прогресивні технології і системи машинобудування*. – 2013. – № 1/2. – С. 108–111.
4. Жигуц Ю. Ю. Сірі і білі спеціальні термітні чавуни / Ю. Ю. Жигуц // *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*. Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2003. – № 480. – С. 148–153.
5. Zhiguts, Yu. The features of properties and structure of thermite high-strong cast iron / Yu. Zhiguts, V. Shurokov // *Міжвузівський збірник Луцького національного технічного університету «Наукові нотатки»*. – 2013. – № 41, ч. 1. – С. 23–32.
6. Жигуц Ю. Ю. Технологія отримання термітних зносостійких чавунів [Електронний ресурс] / Ю. Ю. Жигуц // *Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Технічні науки*. – 2013. – № 1 (21). – С. 27–31. — Режим доступу : <http://www.http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/Znpddtu/htm>.
7. Zhiguts, Yu. Special grey and white thermite cast irons / Yu. Zhiguts, V. Lazar // *British Journal of Science*, “London University Press”. – 2014. – № 2 (6), vol. 1. – P. 201–207.
8. Литовка В. И. Количественная оценка формы графита в высокопрочном чугуна / В. И. Литовка, Г. И. Хубенов, Л. А. Котова // *Литейное производство*. – 1979. – № 5. – С. 11–12.