

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТАЛЕВОГО НАПОВНЮВАЧА ТЕРМІТНОЇ ШИХТИ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ СПЛАВУ, НАПЛАВЛЕНОГО МЕТОДОМ СВС

Розглянуті технологічні параметри процесу наплавлення на металеву основу шару сталі або чавуну, отриманого у результаті СВС. Проведено комплексне дослідження впливу складу екзотермічної шихти й початкової температури поверхні основи, на яку здійснюється наплавлення, на якість термітного сплаву та з'єднання шарів.

Ключові слова: литво, термітна сталь, синтез, алюмотермія, наплавлення.

Постановка проблеми

Для наплавлення покриття на поверхню металевих виробів зазвичай використовують зварювання. Цей процес є трудомістким, потребує багато часу та не дозволяє одночасно отримувати з'єднання по усій площині виробу. Застосування саморозширювального високо-температурного синтезу (СВС) для отримання рідкого термітного сплаву по усій робочій поверхні деталі може стати економічно доцільною альтернативою виробництва плоскіх біметалевих виробів.

Мета і завдання

Для обґрунтування технологічних параметрів процесу наплавлення на металеву основу шару сталі або чавуну, отриманого у результаті СВС, товщиною понад 5 мм необхідно проведення комплексного дослідження впливу складу екзотермічної шихти й початкової температури поверхні основи, на яку здійснюється наплавлення, на якість з'єднання матеріалів та властивості термітних сплавів.

Вступ

Екзотермічне наплавлення являє собою процес нанесення на поверхню металеві деталі рідкого розплаву заданого хімічного складу та температури, одержуваних в результаті екзотермічної реакції металувідновника з оксидом заліза. Як компоненти термітної шихти можуть використовуватись відходи металургійного виробництва (знежирена окалина, просипи феросплавів тощо) і порошки алюмінію та заліза.

В результаті досліджень [1] було встановлено теплотворна здатність термітної суміші на основі Fe_2O_3 і на основі FeO . Розрахункова температура реакції в останній не перевищує температуру фазових переходів продуктів.

Теплота, що виділилася в результаті екзотермічної реакції термітної суміші на основі Fe_2O_3 , витрачається на такі процеси: нагрівання заліза і оксиду алюмінію до температури плавлення, їх нагрівання в рідкому стані до температури кипіння, теплообмін з навколишнім середовищем [2].

При тепловому ефекті термітної реакції з Fe_2O_3 3996 кДж / кг (955 ккал / кг) кількість теплоти, що витрачається на випаровування заліза, становить $3996 - 3548 = 448$ кДж / кг (107 ккал / кг).

Виходячи з відомої теплоти випаровування заліза, що дорівнює 6088 кДж / кг (1455 ккал / кг), ступінь переходу заліза в газоподібний стан складе: $448 / 6088 / 0,5228 = 0,141$ або 14 %. Отже, з кожного моля, утвореного в результаті реакції заліза, 0,141 моль переходить в газоподібний стан.

Якщо надлишок тепла 448 кДж / кг витрачається тільки на випаровування заліза, якого в продуктах реакції міститься 52,28 % (в перерахунку на 1 кг заліза ця ж кількість теплоти одно $448 / 0,5228 = 856,92$ кДж / кг або 204,7 ккал / кг), то в початкову шихту може бути додано $856,92 / 2318,44 * 100 \% = 36,9$ % заліза від маси заліза, отриманого під час реакції, або 19,3 % від початкової маси алюмінію і окалини.

Наповнювач має являти собою залізний порошок з розмірами часток, порівнянними з частинками оксиду заліза і алюмінію, що дозволяє їм розплавлятися безпосередньо під час реакції.

Для збільшення виходу придатної термітної сталі в шихту необхідно внести максимально можливу кількість металевого наповнювача з урахуванням температури рідкого термітного сплаву на поверхні основи і часом його взаємодії з нею. Підігрів шихтових матеріалів підвищує кількість теплоти без присутності в термітній суміші підігрівальної добавки (натрієвої або калієвої селітри), і дозволяє підвищити вміст металевого наповнювача в шихті [3].

Слід зазначити, що горіння екзотермічної суміші відбувається у декілька етапів. Початкова стадія починається з моменту її займання, це дуже бурхлива стадія горіння, яка супроводжується піроефектом у вигляді інтенсивного розбризкування. У середній стадії процес стає більш стабільним, кількість бризок зменшується, утворений розплав осаджується на основу, розплавляючи її поверхню. Кінцева стадія є найбільш стабільною і характеризується виходом газів та шлакових включень на поверхню термітного розплаву, а також формуванням більш глибокої перехідної зони сплавлення.

Результати досліджень та їх обговорення

Оскільки з'єднання між матеріалами утворюється в рідкій фазі, необхідно, щоб температура поверхні основи була вище температури її плавлення і забезпечувалося інтенсивне протікання дифузійних процесів двох розплавів на глибині від поверхні основи, це значно перевищує товщину окисного шару [4]. У цьому разі час контакту розплаву і основи має складати від 0,1 с до десятків секунд. У роботі проведено розрахунки зміни температурного поля пластинки і температури середовища із зміною часу.

Розглянемо основу на прикладі пластинки, на частині якої треба отримати наплавлення. Для цього ми на пластинці закріплюємо трубу, яку ми футеруємо. В отриману форму засипаємо першим більшим шаром суміш із терміту і шихти (металічної основи), а другим меншим шаром засипаємо тільки термічну суміш. Схема форми представлена рис. 1.

В результаті підпалу термічної суміші відбувається процес горіння термічної суміші при високих температурах (2861 °C) [5], що призводить до плавлення металічної основи. Процес горіння і наплавлення відбувається дуже швидко, за декілька секунд, у результаті чого отримуємо наплавлення із заданим хімічним складом на пластинці. Для прискорення процесу і кращого наплавлення форму прогрівають.

Нам необхідно розрахувати температурне поле самої пластинки, як змінюється температура рідкого металу із часом, чи привариться наплавленний шар на поверхню пластинки. Для цього скористаємося теорією і формулами теплопровідності і теплопередачі для нестационарного процесу, бо в нас змінюється як температура середовища (рідкого металу), так і температура пластинки із часом. Оскільки для поставленої задачі ці розрахунки дуже складні, то для їх спрощення представимо, що весь рідкий метал одразу ж надійшов до пластинки і мав температуру 2861 °C по всій її площині, а розрахунок будемо вести для ідеальної моделі, тобто тільки для пластинки, будемо вважати, що тепловіддачею форми (труби і футерування) можна знехтувати. Представимо, що модель процесу буде така: через необмежену пластинку товщиною 5 мм, буде відбуватися тепловіддача тепла по всій її площі, одна частина якої буде знаходитися в середовищі рідкого металу, а інша в середовищі повітря. Необхідно розрахувати температурне поле пластинки і температуру середовища, яке змінюється з часом. Для цього скористаємося методом числового інтегрування для розрахунку температурного поля пластинки і формулами теплопередачі для плоскої стінки. Оскільки процес горіння і наплавлення відбувається дуже швидко, то розрахунок будемо вести, представивши, що за 1 с температура середовища (рідкого металу) не змінюється. І для кожної секунди будемо розраховувати як температурне поле самої пластинки, так і температуру середовища (рідкого металу).

Результати розрахунку зміни температури поверхні основи і наплавленого сплаву з вмістом металевого наповнювача 20 % без прогрівання шихти (рис. 1) показали, що впродовж усього періоду контакту розплаву з пластиною остання не розплавляється, отже, наплавлення не відбувається, крім того, отриманий термітний розплав кристалізується вже на першій секунді.

Нагрів матеріалів до 473 K забезпечує розплавлення поверхні основи (рис. 2). Температура основи значно перевищує температуру її плавлення, що сприяє збільшенню тривалості взаємодії двох розплавів, а отже, й покращенню якості з'єднання. Але, унаслідок дуже бурхливого процесу горіння термітної суміші, наплавлений шар утворюється не по всій площині основи, а локально. Крім того, у наплавленому шарі у великій кількості присутні газові та шлакові включення, які зумовлені відсутністю достатньої кількості рідкого металу.

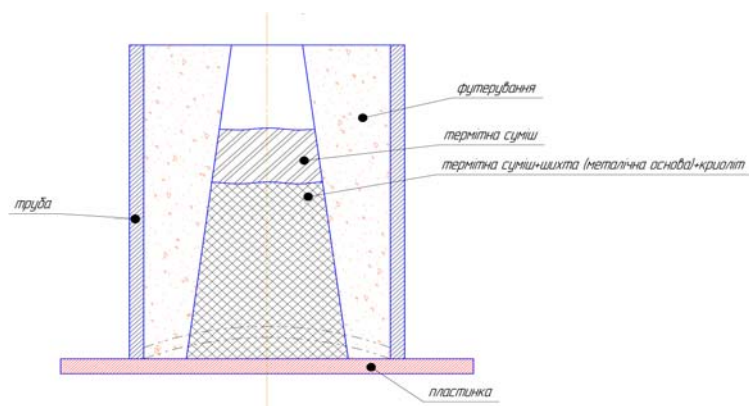


Рис. 1. Схема форми для отримання наплавлення методом СВЧ

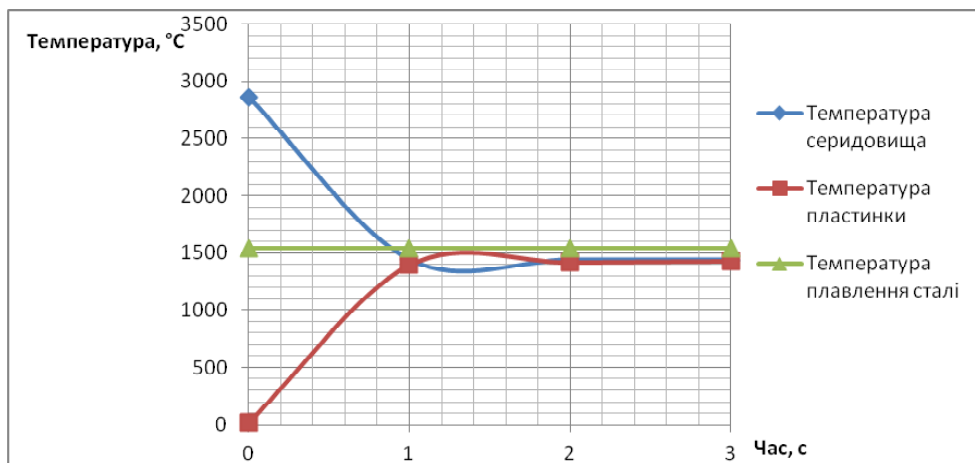


Рис. 2. Зміна температури поверхні пластинки і сплаву без прогрівання шихти

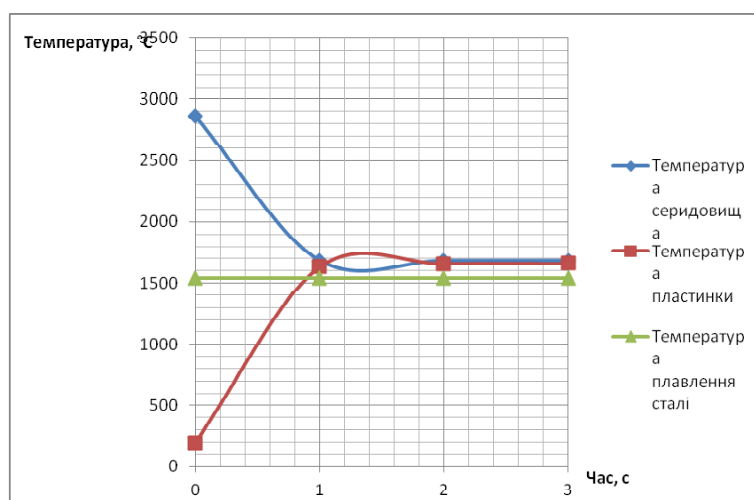


Рис. 3. Зміна температур пластинки і середовища з прогріванням до 473К

Отже, обґрунтована необхідність збільшення металевого наповнювача у термітній суміші та прогрівання матеріалів.

У табл. 1 наведені результати термодинамічних розрахунків впливу температури прогрівання основи та шихти на вміст додаткового заліза у ній.

Нагрівання до більш високих температур недоцільне у зв'язку із швидким зношенням технологічного оснащення та можливістю самозаймання термітної суміші.

Таблиця 1 – Показники прогрівання основи та шихти

Нагрів форми T, К	Надлишок тепла, кДж/кг	Кількість додаткового заліза від маси терміту, %
298	448	19,3
473	559,08	24,4
673	686	29,6
873	813	35,1

Як видно з даних таблиці, нагрів матеріалів забезпечує можливість введення у шихту додаткового заліза, яке б забезпечило температуру середовища близькою до температури кипіння заліза.

Вплив температури нагріву матеріалів та кількості залізного порошку у термітній шихті на кількісні та якісні показники наплавленого шару показаний на рис. 4–7.

Збільшення $T_{\text{під}}$ час горіння екзотермічної суміші знижується з 6,5–6,8 до 5,7–6,2 с. при $T_{\text{під}} = 473$ К і 873 К відповідно.

В усіх температурних діапазонах підігріву шихти зі збільшення кількості металевого наповнювача в екзотермічній суміші вихід термітної сталі збільшується на 4,2–6,9%.

Дослідження якісних показників наплавленого термітного сплаву при різних температурах підігріву та вмісті металевого наповнювача у шихті від 20 до 40% показало, що зі збільшенням цих параметрів густина сплаву (за ГОСТ 20018-74) збільшується з 5,3–5,5 г/см³ при $T_{\text{під}} = 473$ К до 5,6–7,05 г/см³ при $T_{\text{під}} = 873$ К. При цьому пористість сплаву зменшується з 24,5 до 7,2%.

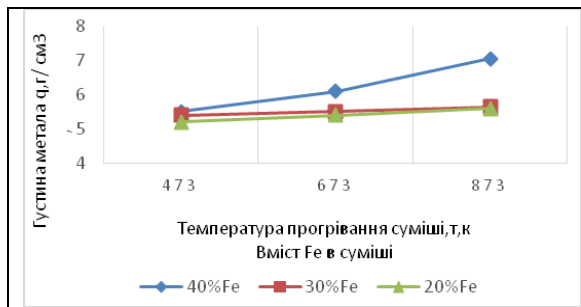


Рис. 4. Відношення густини металу від Т і від вмісту Fe в суміші

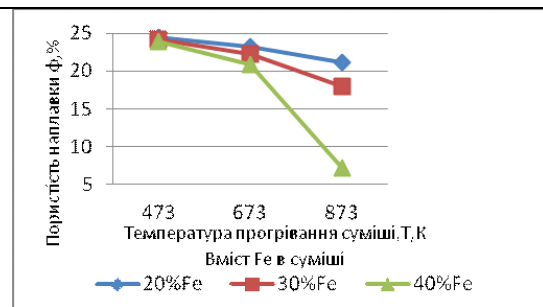


Рис. 5. Відношення пористості від Т прогрівання і кількості Fe в суміші

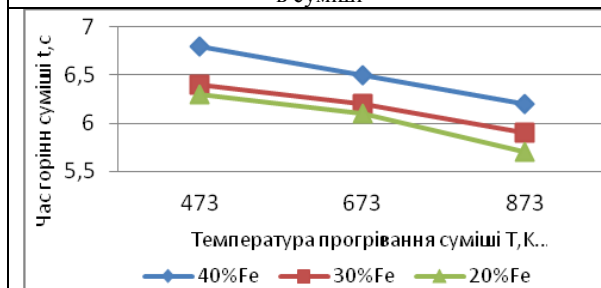


Рис. 6. Відношення часу горіння від Т прогрівання і вмісту Fe в суміші

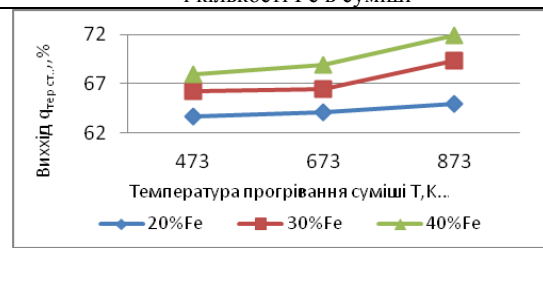


Рис. 7. Залежність виходу термітної сталі φтер ст.. від температури прогрівання і вмісту Fe в термітній суміші

При вмісті у шихті понад 40 % наповнювача, незалежно від температури підігріву, спостерігається зниження температури розплаву, що приводить до його значної пористості, а також наявності у зоні з'єднання непроплавлених окислених ділянок (рис. 8б).

Висновки

Отже, оптимальним вмістом наповнювача у прогрітій до 873 К термітній суміші для наплавлення є

40 %. При цьому вихід термітної сталі збільшується на 6,94 % (до 71,9 % абс.) та покращуються її якісні показники: густина збільшується на 33 %; пористість зменшується на 17,3 %. Зниження температури підігріву різко зменшує якість сплавлення наплавленого металу з металеву основою. Крім того, погіршуються умови утворення чистої термітної сталі: термітний метал не розділяється зі шлаком і виділяється в окремі кулясті утворення.



а – зразки наплавки при 40 % металевого наповнювача в термітній шихті



б – зразки наплавки понад 40 % металевого наповнювача в термітній шихті

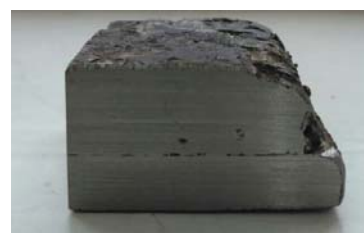


Рис. 8. Розрізи зразків біметалевого виробу при прогріванні основи та шихти до 873К

Список літератури

1. Яценко В. В. Горение гранулированной железоалюминиевой термитной смеси при получении железа и его композита с карбидом титана : автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. техн. наук : спец. 01.04.17 / В. В. Яценко. – Самара, 2011. – 187 с.
2. Малкин Б. В. Термитная сварка / Малкин Б. В., Воробьев А. А. – М. : Издательство коммунального хозяйства РСФСР, 1963. – 105 с.
3. Неронов В. А. Бориды алюминия / Неронов В. А., Прихна Т. А. – К. : Наукова думка, 1990. – 190 с.
4. Науменко В. С. Термитная сварка рельсов / Науменко В. С. – М. : Стройиздат, 1969. – 184 с.
5. Нойман А. Сварка, пайка, склейка и резка металлов и пластмасс : Справочник / Нойман А., Рихтер Е. – М. : Металлургия, 1980. – С. 24–27.

Одержано 18.11.2017

Скидин И.Э., Саитгареев Л.Н., Ткач В.В., Калинин Ф.Т., Жбанова Е.Н. Исследование влияния металлического наполнителя термитной шихты на качественные показатели сплава, наплавленного методом СВС

Рассмотрены технологические параметры процесса наплавки на металлическую основу слоя стали или чугуна, полученного в результате СВС. Проведено комплексное исследование влияния состава экзотермической шихты и начальной температуры поверхности основы, на которую осуществляется наплавки, на качество термитной сплава и соединения слоев.

Ключевые слова: *литье, термитная сталь, синтез, алюмотермия, наплавки.*

Skidin I., Saithareyev L., Tkach V., Kalinin F., Zhbanova O. Study of the influence of metallic thermal mixture burners on quality indicators of alloy concrete with the SWISS method

The technological parameters of the surfacing process on the metallic base of a steel or cast iron produced by the HVS are considered. The complex does not study the influence of the composition of the exothermic charge and the initial temperature of the surface of the base on which the surfacing is carried out, on the quality of the termite alloy and the connection of the layers.

Key words: *casting, termite steel, synthesis, aluminometry, surfacing.*
