

УДК 621.745.55

Могилатенко В. Г., Чайковський О. А., Хасан О. С., Литвинець Є. А., Сас А. С.,
Ольшевський В. С.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМІТНОЇ СУМІШІ ДЛЯ РОЗПЛАВЛЕННЯ ФХ025

Зазвичай для отримання вибіленої структури зносостійких чавунів використовують феросплави, що містять стабілізуючі елементи: хром, бор, титан, тощо. Використання таких феросплавів, навіть у незначній кількості, дозволяє отримувати задані вибілені структури чавуну. Ці феросплави відносяться до класу надтугоплавких, що мають температуру плавлення, яка значно перевищує температуру плавлення та заливання чавуну. Розчинення таких феросплавів у потоці чавуну вимагає значно перегрівати чавун, що призводить до зайвих витрат, та підвищує собівартість металопродукції. Але й при значному перегріванні не гарантується повне розчинення вказаних феросплавів. Для збільшення ефективності розчинення надтугоплавких феросплавів у потоці чавуну запропоновано використовувати термітні суміші для підігрівання чавуну та розплавлення тугоплавких присадок [1, 2].

Метою роботи є дослідження кінетики плавлення ФХ025 у середовищі залізоалюмінієвого терміту (ЗТ). Досліджено вплив геометричних розмірів та щільності заряду ЗТ на швидкість протікання реакції; технологічних параметрів (фракційного складу ферохрому, його співвідношення до залізоалюмінієвого терміту та щільності терміту) на швидкість плавлення ферохрому, температуру зони контакту ферохрому та терміту.

Дослідження швидкості горіння терміту проводили з використанням циліндричної форми з піщано-глинистої суміші (рис. 1). У порожнину форми засипали залізоалюмінієвий терміт складу ковальська окалина – 75 %, Al – 25 % фракції 0,1...1 мм, 0,1...0,5 мм, відповідно [3].

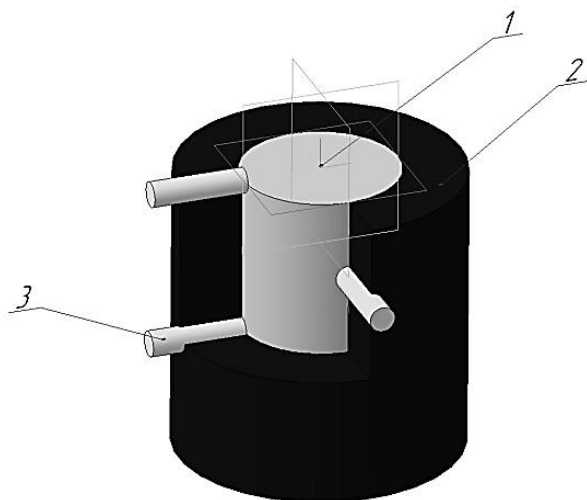


Рис. 1. Форма для дослідження швидкості горіння залізоалюмінієвого терміту:
1 – залізоалюмінієвий терміт; 2 – форма з піщано-глинистої суміші; 3 – термопар

Похибка геометричних розмірів становила ± 2 мм. Час горіння терміту визначали за допомогою вольфрам-ренієвих термопар марки ВР5/20, спай яких було встановлено в верхній та нижній частині заряду. Датчиком температури слугувала вольфрам-молібденова термопара, спай якої встановлювався у середній частині заряду терміту, на границі терміт – формувальна суміш. В якості реєструючого приладу використовувався обчислювально-вимірювальний комплекс до складу якого входить: комплект термоелектричних перетворювачів (ТЕП),

аналога-цифровий перетворювач моделі ICP CON I-7018 та конвертора ICP CON I-7520, комп'ютер. Градування ТЕП проводили за чистими металами (мідь, залізо, нікель). Ініціювання процесу горіння залізоалюмінієвого терміту здійснювали за допомогою електричної дуги.

Час горіння визначався за різницею у часі між досягнення ТЕП максимальної температури. Швидкість та час горіння терміту досліджували на зразках різної висоти, діаметру та з різним ступенем ущільнення.

Дослідження впливу ступеня ущільненості термітного зразка на швидкість просування фронту реакції горіння (ШПФРГ) проводили на не ущільнених зразках ($\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$) та ущільнених ($\rho = 3200 \text{ кг/м}^3$) з діаметром 16 мм та висотою 25 мм. При використанні не ущільненого зразка ШПФРГ становить 6,3 мм/с, а при використанні ущільненого зразка – 4,1 мм/с. Це пов'язано з тим, що в ущільненому зразку в одиниці об'єму знаходиться більша кількість термітної суміші за масою в одиниці об'єму, а тому потрібно більше часу для на його горіння. Час горіння для ущільнених зразків ($d = 16 \text{ мм}$, $h = 25 \text{ мм}$) становить 6 с (табл. 1), а для не ущільнених зразків 4 с. Горіння терміту відбувалося рівномірно, причому фронт реакції просувався згори донизу.

При зміні висоти не ущільнених термітних зразків з 25 мм на 50 мм ШПФРГ не змінюється і складає $6,6 \text{ мм/с} \pm 8 \%$. При цьому збільшується час горіння від 4 с до 7–8 с. Після проведення хімічного аналізу встановлено, що вміст заліза у зразку становить 97,23 %, кремнію 2,27 %, 0,5 % інше.

Збільшення діаметру зразка від 15 до 50 мм не впливає на зміну швидкості просування зони реакції і знаходиться в межах 6,2–7,1 мм/с (табл. 1).

Таблиця 1

Залежність часу горіння залізоалюмінієвого терміту від розмірів зразка

№ досліджу	Висота зразка, мм	Діаметр зразка, мм	Час горіння, с	Швидкі просування фронту реакції горіння, мм/с	Температура у зоні Реакції горіння, °С
Не ущільнені зразки (щільність 2000 кг/м^3)					
1	25	16	4	6,3	1800
2	50	15	7	7,1	2000
3	50	25	8	6,2	2000
4	50	35	7	7,1	2100
5	50	50	8	6,2	2200
Ущільнені зразки (щільність 3200 кг/м^3)					
6	25	16	6	4,1	1850
7	50	16	11	4,5	2000

Різницю в часі горіння зразків однакової висоти можна пояснити похибкою експерименту. Тому з одержаних даних можна зробити висновок, що час горіння залізоалюмінієвого терміту залежить лише від висоти зразка терміту та його кількості в одиниці об'єму, тобто ступеня ущільнення, а швидкість горіння змінюється не суттєво.

Для дослідження кінетики плавлення ферохрому в середовищі залізоалюмінієвого терміту використовували піщано-глинисту форму у якій виготовлено порожнину діаметром 50 мм та висотою 50 мм. По вертикальній осі порожнини встановлювали зразок циліндричної форми висотою 50 мм. Діаметр зразку змінювали від 5 до 20 мм з кроком в 5 мм. Залишений простір проби засипали порошковим залізоалюмінієвим термітом, без додаткового ущільнення (рис. 2). Гранулометричний склад ферохрому становив 1...3 мм та 3...5 мм. Ефективність розчинення ферохрому визначали за кількістю нерозчиненого ферохрому, зважуванням та за вмістом хрому у злитку після реакції горіння.

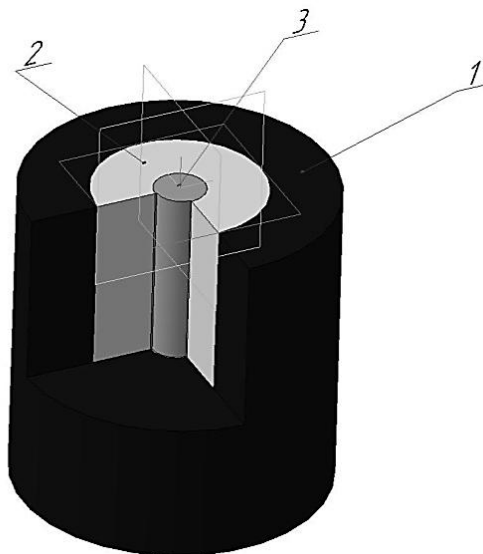


Рис. 2. Форма для дослідження кінетики плавлення ферохрому у середовищі залізоалюмінієвого терміту:

1 – форма з піщано-глинистої суміші; 2 – залізоалюмінієвий терміт; 3 – зразок ферохрому

Встановлено, що збільшення діаметру зразка ферохрому від 5 до 20 мм призводить до збільшення часу горіння від 6 до 14 с. Також встановлено, що при фракції ферохрому 1...3 мм час горіння становить для діаметру 5 мм становить 6 с, а для фракції 3...5 мм при максимальному значенні діаметру становить 14 с (рис. 3).

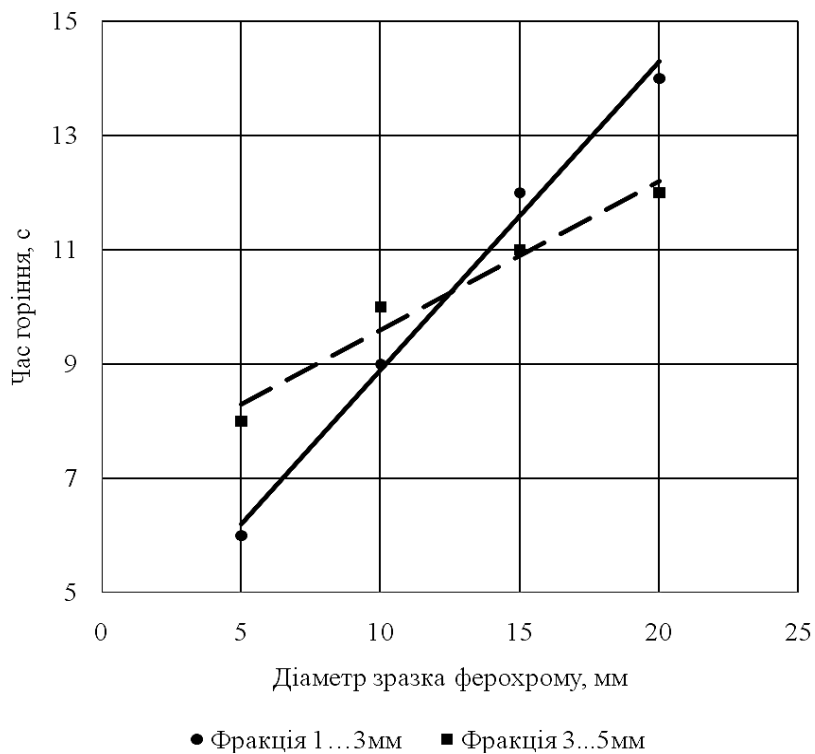


Рис. 3. Вплив кількості ферохрому (діаметру зразка) на час горіння терміту

Збільшення часу горіння терміту пов'язано з тим, що при збільшенні діаметру зразка ферохрому поглинається більша кількість тепла, що уповільнює реакцію горіння терміту.

Таблиця 2

Співвідношення маси терміту та зразків ферохрому

№ досліду	Висота зразка, мм	Діаметр зразка ферохрому, мм	Маса зразка ферохрому для фракції, г		Маса засипки терміту, г
			1...3 мм	3...5 мм	
1	50	5	6	5	200
2	50	10	13	10	200
3	50	15	31	30	200
4	50	20	50	50	200

В результаті взаємодії терміту і ферохрому у нижній частині утворюється дископодібний злиток.

Візуальним оглядом встановлено, що при фракції ферохрому 1...3 мм ферохром розплавляється повністю, а при фракції 3...5 мм та діаметрі 20 мм лише на 70 %.

Отриманий зразок після реакції горіння залізоалюмінієвого терміту зі зломом наведено на рис. 4. Хімічний склад злитка наведено в табл. 3.

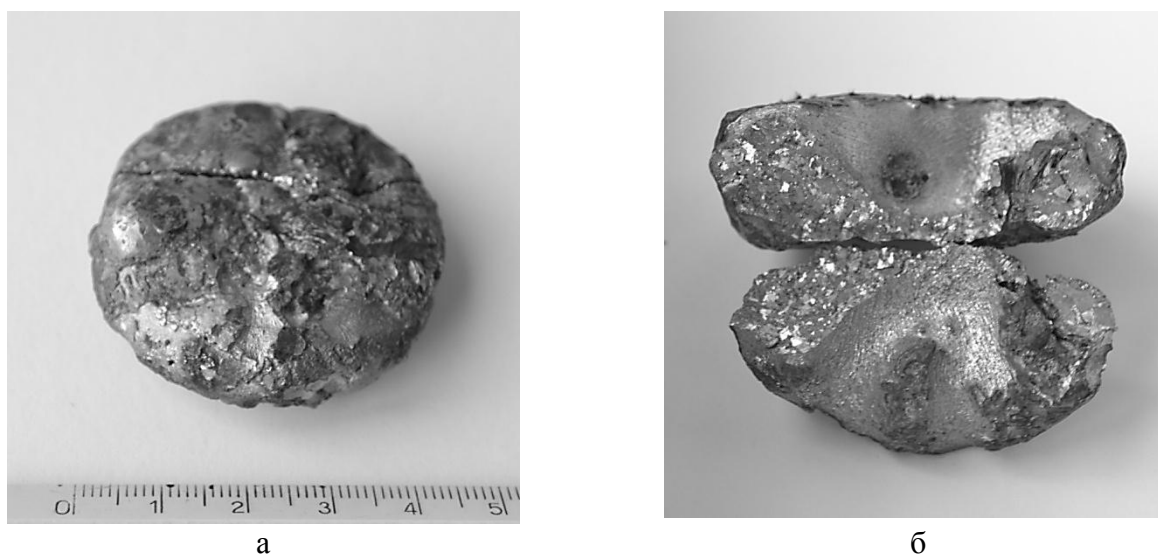


Рис. 4. Зразок, отриманий після реакції горіння залізоалюмінієвого терміту з додаванням ФХ025:

а – зовнішній вигляд зразка; б – злам зразка

Таблиця 3

Хімічний склад зразків, отриманих після реакції горіння залізоалюмінієвого терміту

Діаметр зразка ФХ025, мм	Вміст елементу в зразку, %			
	Fe	Cr	Si	Al
5	94,06	3,38	2,13	–
20	83,58	12,86	2,63	0,36

Кількість тепла, що виділяє терміт повинно забезпечити плавлення ферохрому. При цьому визначальним фактором є співвідношення площі поперечного перерізу зразка ферохрому до площі поперечного перерізу засипки терміту. Розраховані співвідношення для зразків ферохрому наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Відношення площ поперечних перерізів для відповідних діаметрів зразків ферохрому

Площа поперечного перерізу	Діаметр зразка ферохрому, мм			
	5	10	15	20
Зразка з ФХ025, мм ²	19,6	78,5	176,6	314,0
Зразка з терміту, мм ²	471,0	412,1	314,0	176,6
Відношення площ ФХ025 до терміту, од.	0,04	0,19	0,56	1,77

Для збільшення відсотку розчинності присадки ферохрому запропоновано збільшити поверхню контакту, використавши два зразки діаметром 14,3 мм кожний замість зразка діаметром 20 мм (така заміна виконана, виходячи з умови рівності площ поперечного перетину зразку 20 мм та двох зразків діаметром 14 мм). При цьому встановлено, що кількість розчиненого ферохрому збільшилась до 80 % але не досягла 100 % (рис. 5).

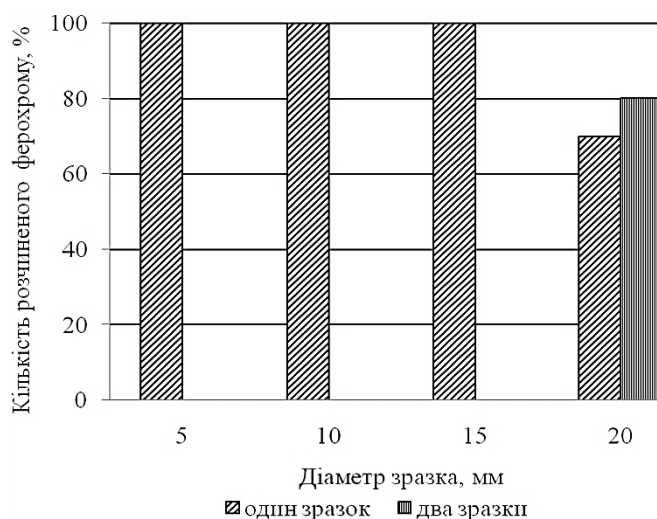


Рис. 5. Вплив діаметру зразка з ферохрому на кількість ферохрому, що розчинився (для фракції 3...5 мм)

ВИСНОВКИ

Таким чином, встановлено, що швидкість горіння терміту не залежить від висоти та діаметру зразка, але залежить від ступеня ущільнення. На ефективність розчинення присадки ФХ025 впливає співвідношення площ поперечних перерізів ферохрому та терміту, а також фракція ферохрому.

При відношенні площ до 0,56 відбувається повне розчинення ферохрому, а при відношенні 1,77 відбувається зниження відсотку розплавленого ферохрому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксельруд Г. А. Растворение твердых веществ / Г. А. Аксельруд, А. Д. Молчанов. – М. : Химия, 1977. – 268 с.
2. Жучков В. И. Растворение ферросплавов в жидком металле / В. И. Жучков, А. С. Носков, А. Л. Завьялов. – Свердловск : УрО АН СССР, 1990. – 134 с.
3. Пат. 2371289 России, МПК В23К23/00 (2006.01)С06В33/00. Состав для термитной сварки / Смыгин Д. С., Жолобов Ю. С., Исаев В. Ф.; заявитель и патентообладатель Уфимский государственный авиационный технический университет. – № 2008109510/02; заявл. 12.03.2008; опубл. 27.10.2009.

Стаття надійшла до редакції 04.11.2011 р.