

ТЕРМІТНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ПАТ «КОВЕЛЬСІЛЬМАШ»

Савюк І. В., Рудь В. Д., Самчук Л. М., Повстяна Ю. С.

У статті проаналізовано основні методи утилізації та переробки машинобудівних відходів, а саме залізної окалини. Приведені основні методи утилізації таких відходів. Визначено хімічний склад окалини сталі 18Х2Н4МА. Аналіз структури порошку окалини сталі 18Х2Н4МА показав, що незалежно від фракції порошок окалини складається з частинок пластинчатої форми з гострими краями. Експериментально встановлено, що при спалюванні термітної шихти у масовому співвідношенні 23 % алюмінію, 77 % окалини вихід чистого металу становить 52–54 %, решта – шлак. Для збільшення виходу металевої частки до термітної шихти запропоновано додавати дрібну стружку сталі 40 у кількості 30 % від початкової маси шихти.

В статье проанализированы основные методы утилизации и переработки машиностроительных отходов, а именно железной окалины. Приведены основные методы утилизации таких отходов. Определены химический состав окалины стали 18Х2Н4МА. Анализ структуры порошка окалины стали 18Х2Н4МА показал, что независимо от фракции порошок окалины состоит из частиц пластинчатой формы с острыми краями. Экспериментально установлено, что при сжигании термитной шихты в массовом соотношении 23% алюминия, 77% окалины выход чистого металла составляет 52–54%, остальное – шлак. Для увеличения выхода металлической частицы к термитной шихте предложено добавлять мелкую стружку стали 40 в количестве 30% от начальной массы шихты.

The article analyzes the main methods of recycling and waste processing engineering, namely iron scale. The main methods of such waste disposal are given. The chemical composition of steel slag 18H2N4MA has been determined. The scale steel powder 18H2N4MA showed that regardless of faction powder with particles of scale plate shape with sharp edges has been analyzed. Experimentally the combustion of termite mixture in a weight ratio of 23% aluminum 77% pure metal output scale is 52–54%, the rest – slag. To increase the metallic particles to thermite charge proposed to add small chips of steel 40 in the amount of 30% of the original weight charge.

Савюк І. В.

Рудь В. Д.

Самчук Л. М.

Повстяна Ю. С.

аспірант ЛНТУ
Kent-igor@mail.ru
д-р техн. наук, проф.
каф. КПВ та ТМ ЛНТУ
канд. техн. наук, ст. викл.
каф. КПВ та ТМ ЛНТУ
асист. каф. КПВ та ТМ ЛНТУ

ЛНТУ – Луцький національний технічний університет, м. Луцьк.

УДК 621.998.77

Савюк І. В., Рудь В. Д., Самчук Л. М., Повстяна Ю. С.

ТЕРМІТНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ ПАТ «КОВЕЛЬСІЛЬМАШ»

Велика кількість відходів, утворених в процесі виробництва, та низький коефіцієнт їх використання зумовлюють шукати шляхи повернення таких відходів у виробництво або використання їх в якості сировини для виготовлення виробів. Одним з видів таких відходів є окалина прокатного та кувалального виробництв. Зважаючи на високий вміст в окалині заліза та оксиду заліза Fe_3O_4 [1], використання її як сировини є досить перспективним.

Над вирішенням проблем з переробки окалини працювало багато вчених. І. П. Добровольський [2] розробив технологію утилізації замасленої окалини з використанням відпрацьованого рідкого скла, яка передбачає спресовування суміші коксу, подрібненої окалини та рідкого скла у брикети. Однак, в роботі не зазначено, чи є практичне застосування отриманих брикетів.

У роботі [3] приведено спосіб знемаслення та знежирення окалини прокатного виробництва. Унікальна інноваційна технологія ґрунтується на низькотемпературній обробці замасленої окалини високошвидкісним потоком продуктів повного спалювання палива в установці вихрового (циклонного типу). При цьому, видалення масла і води проводиться шляхом їх сублімації при нагріванні матеріалів до температури 400–450 °С без доступу кисню. Потік теплоносія, необхідний для теплової обробки, утворюється в результаті факельного спалювання палива при мінімумі надлишку повітря в печі. У відведених газах відсутній вільний кисень або його концентрація мінімальна, що запобігає займанню парів масла в робочому просторі реактора.

Оригінальна технологія утилізації замасленої окалини розроблена А. В. Малишевою [4]. Технологія зводиться до наступного: стадія згущення, механічного зневоднення на стрічковому фільтрі з наливним шаром фільтрувального матеріалу одноразового використання, технічного знемаслювання в барабанній печі, механічної активації (змішування з порошкоподібними в'язучими), грануляції, і розвантаження гранульованого матеріалу в бункери-накопичувачі. Дана технологія дозволяє утилізувати не тільки шлам, а й відходи пилу прокатного виробництва. Попри всі переваги запропонованої технології утилізації рекомендацій щодо її практичного застосування не надано.

О.А. Лебедева запропонувала використовувати залізну окалину після термічної обробки для отримання пористих проникливих керамічних матеріалів [5]. Результати роботи показали, що використання залізної окалини є досить ефективним та ресурсозберігаючим процесом (напрямком) при виготовленні фільтрувальних матеріалів.

Метою статті є висвітлення результатів наукової роботи в напрямку утилізації та вторинної переробки відходів машинобудування, а саме окалини кувалально-штампувального виробництва.

У Луцькому НТУ запропоновано технологію переробки відходів кувалально-штампувального виробництва підприємства ПАТ «Ковельсільмаш».

У якості вихідного матеріалу було використано окалину сталі 18X2H4MA, що містить 18% хрому, 3% нікелю і 4% молібдену.

Хімічний склад окалини: 58–59% оксиду заліза Fe_3O_4 , 40-48% залізо –ферит Fe_2O_3 і 1,5–2,0% оксиди легуючих елементів. Процес гарячого штампування сталі, що супроводжується утворенням окалини, короткочасний, і ферит не зазнавав внутрішнього окислення. Дифрактограма порошкової суміші окалини сталі 18X2H4MA наведена на рис.1.

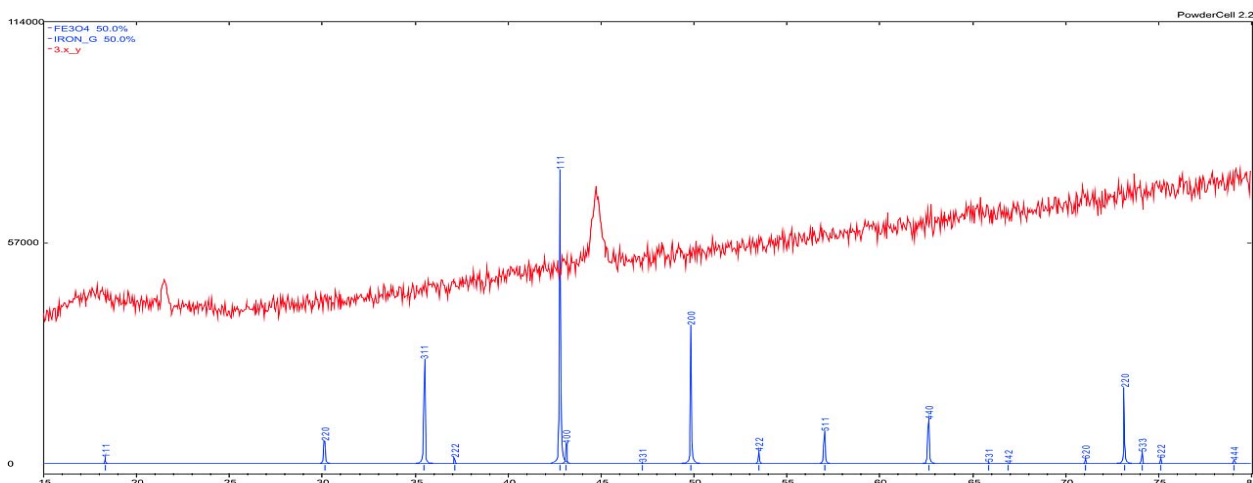
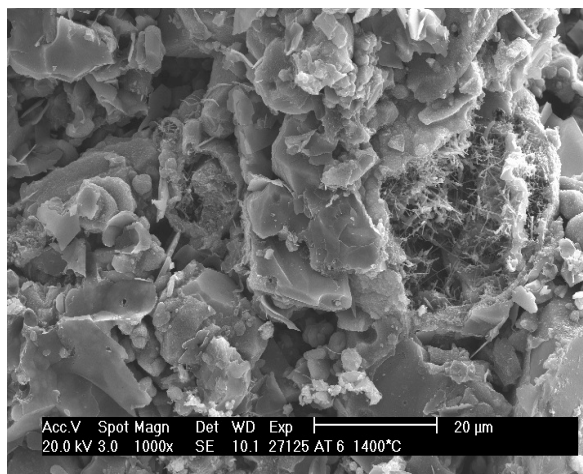


Рис. 1. Дифрактограма порошкової суміші окалини сталі 18X2H4MA

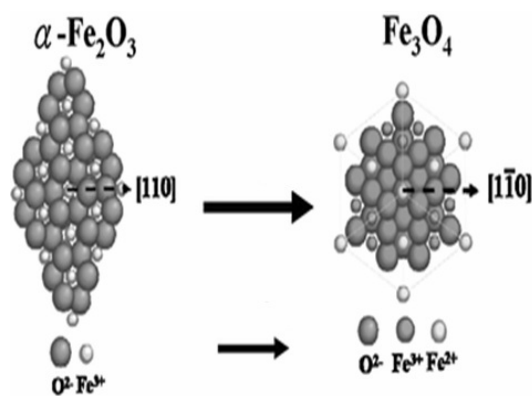
На дифрактограмі представлено 2 графіки: нижній – стандартний, вибирається із міжнародної бази даних відповідно до певного матеріалу, а верхній – відображає результати проведення аналізу окалини. По осі X відображається кут повороту зразка 2θ , по Y – інтенсивність відбивання рентгенівського проміння зразком.

Результати аналізу окалини показали наявність в ній оксиду заліза Fe_3O_4 .

Первинна структура (а) та кристалічна решітка (б) окалини сталі 18X2H4MA приведені на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Структура (а) та кристалічна решітка (б) окалини сталі 18X2H4MA

Основою для подальших досліджень став принцип отримання важко-відновлюваних металів із їх окислів, запропонований російським вченим Н.Н. Бекетовим у 1865 р. Він встановив, що, з'єднуючись з киснем, алюміній володіє високою активністю і при певних умовах алюміній легко відновлює із окислів інші метали [5].

При алюмотермічному процесі проходить відома реакція [6]:



Процес протікає зі значним екзотермічним ефектом, температура реакції досягає 2700°C , у результаті чого утворений шлак, і оксид алюмінію розплавляються. Вихід чистого металу складає 55% від початкової маси суміші [6].

Для реалізації реакції (1) використовували алюмінієвий порошок марки ПА - 4 ГОСТ 6058-73 та попередньо подрібнену окалину сталі 18Х2Н4МА. Використання окалини саме кувально-штампувального виробництва спрощується завдяки тому, що вміст вологи та мастил у ній не перевищує 5–8%, що значно спрощує її підготовку до подальших операцій.

Питомий тепловий ефект екзотермічної реакції (1) становить 84 ккал/г-атом [6]. Для самостійного протікання екзотермічної реакції з максимальним виходом придатного металу та відокремленням шлаку необхідно, щоб питомий тепловий ефект перевищував 72 ккал/г-атом металу відновника [6]. Для приведеної реакції дана умова виконується.

Окалина перед здійсненням термітного спалювання підлягала подрібненню. На рис. 3 представлено порошок окалини до і після подрібнення. Видно, що незалежно від фракції порошок окалини складається з частинок пластинчастої форми.

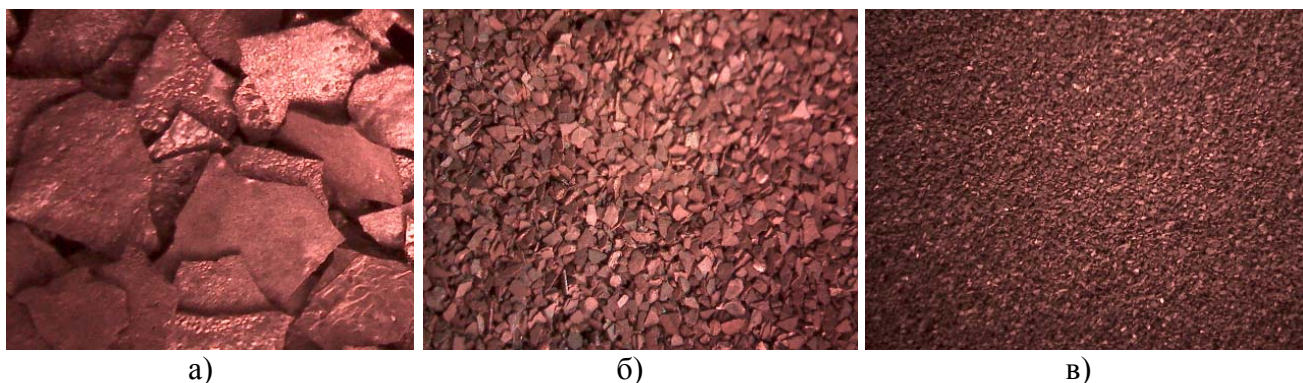


Рисунок 3. Загальний вигляд зразків окалини після подрібнення при збільшенні $\times 50$: а – окалина фракцією 1–1,2 мм.; б – окалина фракцією 0,4–0,315 мм.; в – окалина фракцією 0,2–0,16 мм

Подрібнення проводили у вібраційному барабанному млині із зміщеною віссю обертання. Оскільки окалина є крихким матеріалом, при подрібненні дотримувались режиму вільного падіння. Необхідна частота обертання барабану визначалась за формулою [7, С.8]:

$$n_{роб} = (0,6 \dots 0,8)n_{кр} \text{ об/хв.}, \quad (2)$$

де $n_{кр} = \frac{42,4}{\sqrt{D_{вн}}}$ – критичне число обертань барабана, об/хв.;

$D_{вн}$ – внутрішній діаметр корпусу барабана, см.

Розмір кульок для подрібнення становив $\varnothing 18$ мм і розраховувався за емпіричною формулою згідно [7, С.9]:

$$D_k = 4,8(\lg d_p)d_e, \quad (3)$$

де d_e – середній умовний діаметр вихідний подрібнюваних частинок, мм,

d_p – середній умовний розмір частинок після подрібнення, мм.

Маса завантаження матеріалу визначалась зі співвідношення маси кульок до маси порошку та становила 0,75:1. Після операції подрібнення проведено визначення гранулометричного складу порошку, який показав що 47% складає порошок менше 1 мм, 25% порошок від 1 до 1,5 мм. Відбір проводили методом ситового аналізу з використанням вібросита моделі 029 № 124-85, відповідно до ГОСТ 18318-94.

На рис. 3 представлена гістограма розподілу порошку окалини за розмірами після подрібнення в барабані.

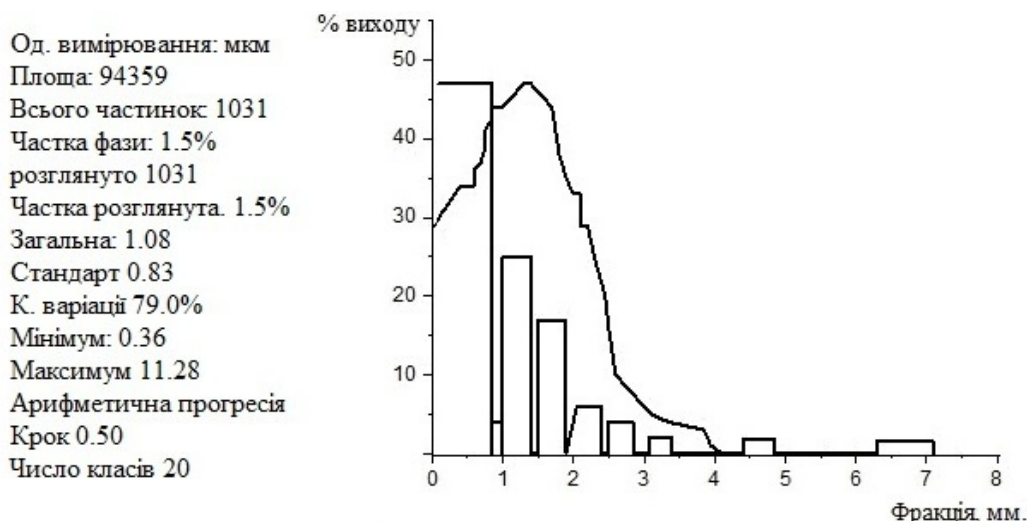


Рис. 4. Гістограма розподілу порошку окалини за розмірами

Підготовка екзотермічної суміші проводилась за допомогою змішування у вібраційному барабанному млині [8] протягом 4 годин з набором сталених кульок $d=40$ мм у кількості 8 штук до однорідної маси матеріалу. Для досліджень застосували наступний склад екзотермічної шихти: подрібнена окалина фракцією 0,35–0,45 мм – 77%, порошок алюмінію ПА-4 – 23%. Для спалювання суміші обрано установку, розроблену А.П. Амосовим [9]. Властивою характеристикою термітних сумішей є вихід металу після спалювання. Кількість металеві фракції суттєво впливає на якість зварного шва та якість готового виробу. При спалюванні класичної термітної шихти у масовому співвідношенні 23% алюмінію, 77% окалини було отримано сплав, масова частка металу в якому становила 52%, решта – шлак. Однак у нашому випадку для збільшення частки виходу чистого металу в термітну шихту додавали дрібну стружку сталі 40 відповідно 10, 20, 30, 40 та 50% від початкової маси шихти. При проведенні експериментів було виявлено залежність збільшення виходу чистого металу від маси доданої стружки в шихту, яка наведена на рис. 5.

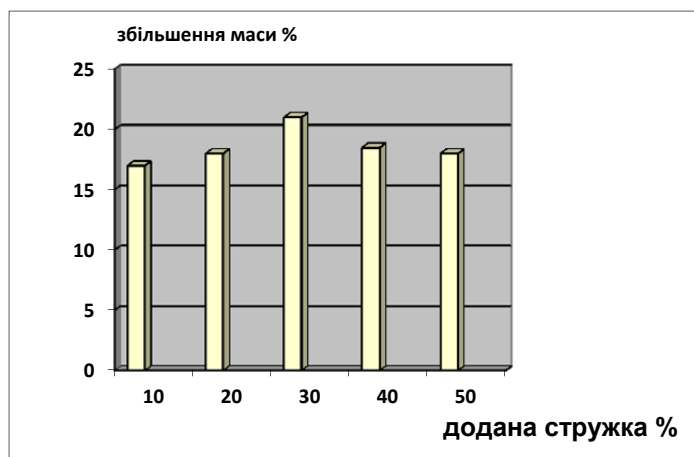


Рис. 5. Залежність збільшення маси вихідного металу від маси стружки сталі 40

Як видно із залежності, найбільше збільшення маси вихідного металу спостерігається при додаванні 30% стружки від початкової маси шихти. Подальше збільшення кількості доданої стружки недоцільне, оскільки через високу швидкість проходження реакції стружка не перегоріє в повному обсязі, утворюючи конгломератні зв'язки у сплавах. Запропонована технологія переробки окалини кувалдно-штампувального виробництва ПАТ «Ковельсьільмаш» наведена на рис. 6.

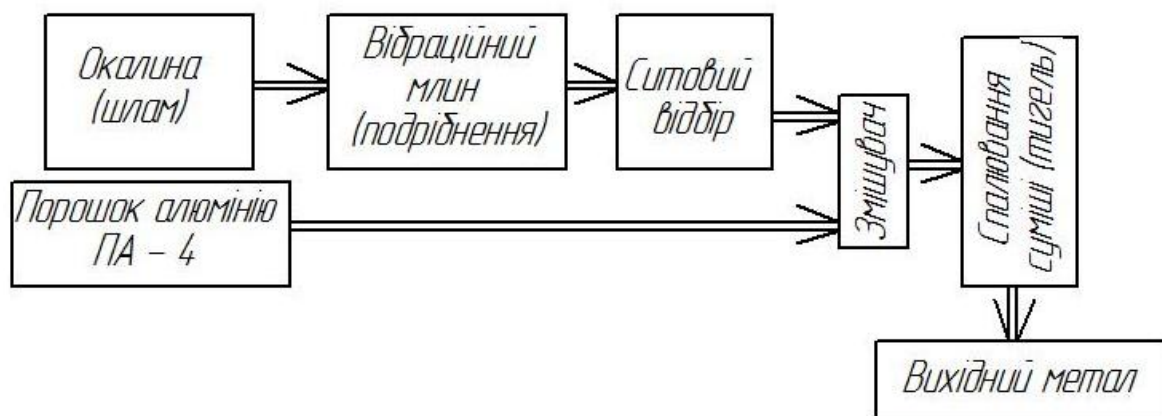


Рис. 6. Технологічна схема переробки окалини

ВИСНОВКИ

Запропонована технологія, на наш погляд, забезпечить переробку залізної окалини в повному обсязі незалежно від її кількості з використанням вихідних продуктів реакцій у подальших металургійних процесах з мінімальними енерговитратами на переробку при будь-якому виробництві. Дана технологія дозволяє використовувати в якості відновника оксидів металу стружку алюмінію, оскільки це дозволить здешевити процес та утилізувати відходи алюмінієвої стружки. Значною перевагою є те, що при додаванні у шихту легуючих елементів можливо добути метал з заданим хімічним складом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малкин Б.В. Термитная сварка / Б. В. Малкин, А. А. Воробев. – М. : Издательство коммунального хозяйства РСФСР, 1963. – 104 с.
2. Добровольский И.П. Перспективные технологии переработки металлургической окалины / И. П. Добровольский, Н.В. Старикова, М.В. Волкова, П.Н. Рымарев // Развитие технического наследия. – Ползуновский Альманах. – 2011. – №2. – С. 137–139.
3. Мироненко Ю.О. Удосконалення технології утилізації окалини на ТОВ «Лозівський кузнечно-механічний завод» / О.Ю. Мироненко, Т.С. Дитиненко // Физические и компьютерные технологии : труды 19-й междунар. науч.-практ. конф. – Х.: ГП ХМЗ «ФЭД», 2014. – С. 170–177.
4. Малашенкова А.В. Усовершенствование технологии подготовки и утилизации замасленной окалины прокатного производства / А. В. Малашенкова // Сталь. – 2009. – № 8.
5. Лебедева О.А. Применение производственных отходов для получения пористых композиционных керамических материалов высокотемпературным синтезом в системе $Fe_2O_3 - Al_2O_3 - Al$ / О.А. Лебедева, В.Б. Бутыгин, Н.А. Степененко // Ползуновский альманах. – 2008. – №3. С. 107–108.
6. Стеценко В.Ю. Метоллотермическая переработка стружки алюминиевых сплавов, окалины и доменного присада / В. Ю. Стеценко // Литье и металлургия. – 2011. – 3 (62). – С. 176–177.
7. Івлів А.І. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Особливості виробництва порошкових матеріалів та виробів» / А.І. Івлів, Ю.О. Казимиренко. – Частина 1. – Миколаїв, 2006.
8. Пат. № 71264 В02С 17/00. Вібраційний барабанний млин / В.Д. Рудь, В.В. Фурс, М.І. Колядинський, Р.П. Голодюк, Л.М. Самчук.
9. Патент РФ № 108730 В23К23/00. Установка для сжигания газопроницаемых гранулированных термитных шихт / А.П. Амосов, Е.А. Кузнец, А.Р. Самборук, В.В. Яценко.