

УДК 621.762.2:579.66

В.А. Маслюк, Д.Г. Незабитовський,
О.Й. Гончарук, І.І. Білик

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ВІДПАЛЮВАННЯ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД І ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРОШКУ ОКСИДУ ЗАЛІЗА, ОТРИМАНОГО БІОХІМІЧНОЮ УТИЛІЗАЦІЄЮ МЕТАЛЕВОГО ЛОМУ

Вступ

В останнє десятиріччя підвищену увагу спеціалістів з обробки різних видів вторинної металевої сировини привертають перспективні екологічно чисті і економічно доцільні методи, які базуються на використанні мікроорганізмів типу *Thiobacillus ferrooxidans*, *Ferrobacillus sulfoxidans*, *Ferrobacillus ferrooxidans* та ін. [1]. Такі бактерії мають потужний ферментний ефект і за своєю окиснювальною активністю в сотні тисяч раз перевищують швидкості хімічного окиснення [2].

Бактерії типу *Thiobacillus ferrooxidans* окиснюють закисне сірчанокисле залізо до окисного, яке є дуже агресивним відносно металів, оскільки воно діє як активний окиснювач. Окисне залізо, приймаючи електрони з поверхні сталі або заліза, відновлюється до закисного, яке знову окиснюється до окисного бактеріями *Thiobacillus ferrooxidans*. Таким чином, у сприятливих для розвитку тіонових бактерій умовах процес утворення окисного заліза може відбуватись безперервно, внаслідок чого йде розчинення металу. Тому проведення досліджень із застосування бактеріально-хімічного методу для біодеструкції техногенних відходів і насамперед для утилізації металевого брухту залишається досить актуальним. Такі мікроорганізми тривалий час успішно використовують в США, Канаді, Іспанії, Росії, ЮАР та країнах СНД для купового і чанового вилуговування міді, миш'яку та деяких інших металів. Біотехнологічні методи широко застосовуються також у виробництві біологічно активних речовин, вітамінів, ферментів, гормонів та ін. Вони відрізняються низькими енергетичними затратами, тому що мікроорганізми використовують для своєї життєдіяльності і будовання свого тіла хімічні елементи відходів і енергію розкладання вихідних сполук. Рентабельність біотехнологічних методів виробництва перевищує традиційні від двох до десяти разів [2].

Суть біотехнологічного методу переробки металевого лому полягає в здатності окремих асоціацій мікроорганізмів до окиснення Fe^{2+} до тривалентного стану. В подальшому розчин тривалентного заліза як сильного окиснювача використовується для дії на металевий лом. Продуктом деструкції вихідного матеріалу під дією біологічно активного розчину є суспензія гідроксиду заліза, яка після сушіння і прожарювання на повітрі перетворюється в оксид заліза – пігмент для фарб чи вихідну сировину для отримання залізних порошків та порошків легованих сталей.

Об'єктом досліджень був проміжний продукт біодеструкції гідроксид заліза $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, який являв собою глиноподібну світло-жовту сиру масу, що містить близько 40 % води і до 37 % Fe.

Постановка задачі

Мета статті – дослідження процесу термічної переробки продукту бактеріально-хімічної утилізації металевого брухту відпалюванням його при різних температурах на повітрі і дослідженням фазового складу і технологічних властивостей порошку оксиду заліза.

Результати досліджень

Дослідження впливу температури відпалювання на повітрі (рис. 1) виявило, що із збільшенням температури процесу від 500 до 900 °C протягом 1 год в результаті випаровування вологи і перетворення гідроксиду на оксиди заліза втрата маси продукту зростає від 31 до 50 %. При цьому спостерігається виділення газоподібних продуктів випаровування, піроліз і окиснення легколетких домішок, поява тріщин і саморуїнування окремих фрагментів маси. Крім того, відзначалась схильність подрібненого

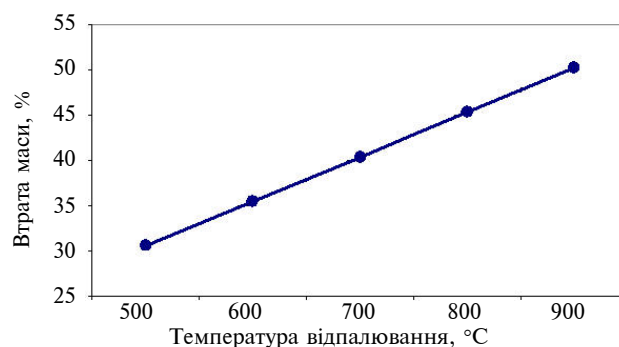


Рис. 1. Залежність втрати маси $Fe(OH)_3$ від температури відпалювання

продукту до значного висушування при його зберіганні на відкритому повітрі, в результаті чого продукт затвердівав і ставав помітно міцнішим. Майже вся маса після прожарювання і охолодження змінює свій колір від світло-жовтого у вихідному стані до темно-коричневого і червоно-коричневого у відпаленому стані, що вказує на можливість утворення α - і γ - Fe_2O_3 .

Для визначення фазового складу зразки піддавались хімічному і рентгенофазовому аналізу.

Дані, отримані за допомогою хімічного аналізу, показують, що масовий вміст кисню у

вихідному продукті становить 28,3 %, при нагріванні до 500 °С кількість його зменшується до 18,24 %, а потім при підвищенні температури знову поступово зростає до 30,11 % у порошку, відпаленому при 900 °С. Масовий вміст вуглецю в гідроксиді заліза становить до відпалювання 2,4 %, а при подальшому нагріванні від 500 до 900 °С – зменшується відповідно від 2,3 до 0,17 %. Вміст домішок водню і азоту становить менше 0,001 % при всіх температурних режимах.

За даними рентгенофазового аналізу (рис. 2), проведеного на установці ДРОН-3 в Co-K_α -випромінюванні із застосуванням фільтра, вихідний порошок являє собою суміш гідроксиду заліза $\text{Fe}(\text{OH})_3$ з орторомбічною кристалічною ґраткою та гідратом оксиду заліза складу $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ з ромбоєдричною кристалічною ґраткою. Порошок, відпалений при 500 °С, складається з Fe_2O_3 – гематиту нечіткого стехіометричного складу, а також невеликої кількості Fe_3O_4 і вихідного матеріалу, що не прореагував. З підвищенням температури відпалювання в межах від 600 до 900 °С в результаті більш повного перетворення основною фазою виступає оксид тривалентного заліза Fe_2O_3 з ромбоєдричною кристалічною ґраткою (див. рис. 2).

Досліджувався вплив температури відпалювання на повітрі продукту біохімічної переробки металевго лому на насипну щільність і плинність порошку оксиду заліза.

Як видно з рис. 3, де зображена залежність зміни насипної щільності від температури відпалювання, з її збільшенням насипна

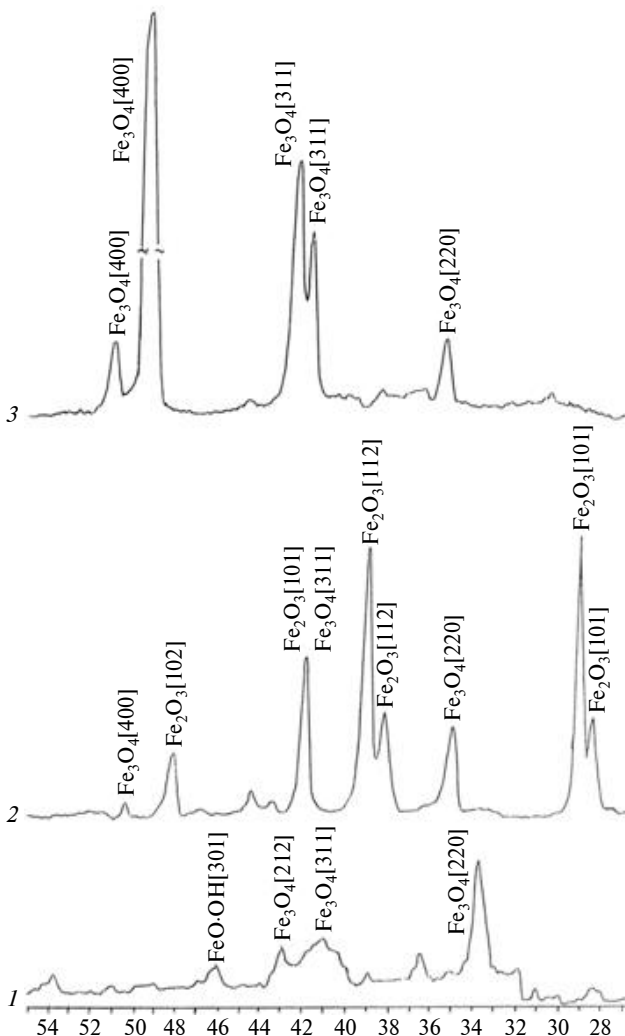


Рис. 2. Фрагменти дифрактограм продукту біохімічної утилізації: 1 – до відпалювання; 2 – відпаленого при 600 °С; 3 – відпаленого при 700 °С

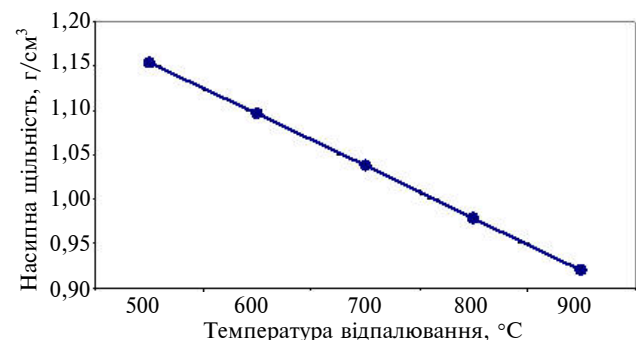


Рис. 3. Залежність зміни насипної щільності порошку оксидів заліза від температури відпалювання

щільність отриманих порошків зменшується від 1,154 до 0,92 г/см³. Плинність порошку оксиду заліза із збільшенням температури прожарювання від 500 до 900 °С також зменшується від 2,5 до 1,1 г/с, що пов'язано із зменшенням розміру частинок і збільшенням їх питомої поверхні (рис. 4).

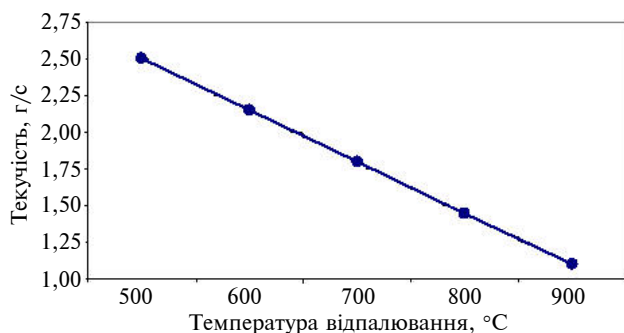


Рис. 4. Залежність текучості порошку оксиду заліза від температури відпалювання

Висновки

Застосування біотехнологічних (бактеріально-хімічних) методів для переробки металевих брух-

ту, яке відбувається з мінімальними енергетичними витратами, дасть змогу запобігти забрудненню навколишнього середовища, а продукти переробки — гідроксиди і оксиди металів — можуть бути використані як пігменти для виготовлення фарб або як дешева сировина для одержання з них методом відновлення порошків заліза для потреб порошкової металургії, виробництва зварювальних електродів, виготовлення феритів та ін.

Використання мікроорганізмів типу *Thiobacillus Ferrooxidans* відкриває перспективи розробки високопродуктивних екологічно чистих методів утилізації різноманітного металобрухту — від великих частин складної форми до дрібних елементів (наприклад, стружки, яка виникає при різних технологічних операціях кінцевої обробки). Застосування цих методів дасть можливість проводити процес утилізації з мінімальними енергетичними затратами, тим самим знижуючи собівартість кінцевої продукції, що в останній час в умовах зростаючої енергетичної і економічної кризи досить актуально.

В.А. Маслюк, Д.Г. Незабытовский, А.И. Гончарук, И.И. Билык

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОШКА ОКСИДА ЖЕЛЕЗА, ПОЛУЧЕННОГО БИОХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА

Исследовано влияние температуры отжига на фазовый состав и физико-технологические свойства порошка оксида железа, полученного биохимической утилизацией. Показано, что наибольший выход оксида трехвалентного железа Fe₂O₃ из продукта взаимодействия можно получить при температуре отжига 900 °С. Доказано, что использование микроорганизмов типа *Thiobacillus Ferrooxidans* открывает перспективы разработки высокопроизводительных экологически чистых методов утилизации различного металлолома.

V.A. Maslyuk, D.G. Nezabytovsky, O.I. Goncharyk, I.I. Bilyk

THE INFLUENCE OF ANNEALING TEMPERATURE ON THE PHASE STRUCTURE AND PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF IRON OXIDE POWDER OBTAINED BY BIOCHEMICAL RECYCLING OF THE METAL SCRAP

In this paper, we study the influence of annealing temperature on the phase composition and physical and technical properties of iron oxide powder obtained by biochemical utilization. We demonstrate that the greatest oxide yield of Fe₂O₃ trivalent iron from the interaction yield can be obtained at annealing temperature of 900 °C. Moreover, we prove that using microorganisms of *Thiobacillus Ferrooxidans*-type is promising for developing the high-efficiency green recycling methods of various scrap.

1. Фомченко Н.В., Славкина О.В., Бирюков В.В. Биоокисление сульфидного сырья культурой *Thiobacillus ferrooxidans* при различных условиях выщелачивания // Прикл. биохимия и микробиология. – 2003. – 39, № 1. – С. 92–96.
2. Пасичный В.В., Маслюк В.А., Зырин А.В. и др. Исследование процесса термической переработки концентрированным лучистым нагревом продуктов бактериально-химического растворения металлолома // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2008. – № 5. – С. 55–58.
3. Каравайко Г.И. Биогеотехнология металлов: Практическое руководство. – М.: Центр междунар. проектов ГКНТ, 1989. – 376 с.
4. Елинов Н.П. Химическая микробиология. – М.: Наука, 1989. – 448 с.
5. Шафеев Р.Ш., Закаидзе-Сахвадзе Л.И. Техническая микробиология. – Тбилиси: Науч. книга, 1981. – 230 с.
6. Каравайко Г.И., Кузнецов С.И., Голомзик А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. – М.: Наука, 1972. – 248 с.

Рекомендована Радою
інженерно-фізичного факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
9 серпня 2010 року