

$$\sigma_{\beta}^2 = \left(\frac{\sigma_{\gamma\beta} K_2}{\frac{\partial \gamma}{\partial \beta}} \right)^2 = \left(\frac{0,05}{5} \sqrt{\frac{4}{30}} \right)^2 = \frac{2}{15} 10^{-4}$$

$$\sigma_v^2 = \left(\frac{\sigma_{\gamma\beta} K_3}{\frac{\partial \gamma}{\partial v}} \right)^2 = \left(\frac{0,05}{2} \sqrt{\frac{25}{30}} \right)^2 = \frac{125}{24} 10^{-4}$$

Проверим какова получена точность определения выхода

$$\sigma_{\gamma}^2 = \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \alpha} \right)^2 \sigma_{\alpha}^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial \beta} \right)^2 \sigma_{\beta}^2 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial v} \right)^2 \sigma_v^2 = 100 \frac{5}{6} 10^{-7} + 25 \frac{2}{15} 10^{-5} + 4 \frac{125}{24} 10^{-4} =$$

$$0,08 \cdot 10^{-4} + 3,33 \cdot 10^{-4} + 20,8 \cdot 10^{-4} = 24,21 \cdot 10^{-4} .$$

$$\sigma_{\gamma} = \sqrt{24,21 \cdot 10^{-4}} = 0,049 \approx 0,05.$$

Что и требовалось доказать.

Таким образом, имеется возможность подобрать требуемую точность контроля параметров функции с целью выполнения заданной точности ее вычисления.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.13

УДК 622.775

К.В. НИКОЛАЄНКО, канд. техн. наук, доц.,
В.Д. ЄВТЄХОВ, д-р геол.-мінерал. наук, проф.,
В.В. ФІЛЕНКО, викладач, П.К. НИКОЛАЄНКО, студент
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЗБАГАЧЕННЯ БІДНИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД ШТАТУ ОРІСА (ІНДІЯ), ДЛЯ ОТРИМАННЯ З НИХ КОНДИЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ

Розглянуто питання особливостей мінерального складу бідних гематитових руд штату Орїса (Індія), та послідовності технологічних операцій для отримання з них кондиційного залізовмісного концентрату.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У процесі дроблення та сортування багатих гематитових руд утворюються відходи, у вигляді бідних гематитових руд крупністю 20-0 мм, які складаються у відвал. Вихід даного продукту від вихідної сировини складає 10-15%. Мінералогічний аналіз даних руд показав, що вони представлені як розкритими рудними і нерудними мінералами, та і їх зростками. Питання про залучення до переробки відвалів бідних гематитових руд дробарно-сортувальних фабрик, які в даний час не збагачуються, є актуальним. Одним з таких техногенних родовищ є заскладовані бідні гематитові руди штату Орїса (Індія). Об'єм заскладованих відходів такого мінерального складу тільки в Індії складає близько 300 млн т.

Аналіз досліджень і публікацій. В свій час проведені досліди зі збагачення гематитових руд магнітним та флотаційним методами. Застосуванню флотаційного методу збагачення заважає недостатньо вивчені екологічні наслідки в густонаселений районах. Крім того, як показав досвід роботи збагачувальних фабрик комбінатів, цей метод не дозволяє досягнути планових показників якості та виходу кінцевих продуктів збагачення. Магнітний метод використовувався для збагачення бідних гематитових руд України в різних варіантах (високоінтенсивна магнітна сепарація на КГЗКОР та ГЗК комбінату «АрселорМіттал» (B=0,8-1 Тл), магнітна сепарація при виробництві агломераційної руди на устаткуванні фірми «Укрекологія»). Флотація та високоінтенсивна магнітна сепарація потребують подрібнення гематитових руд до крупності 90-95% класу менше 0,074 мм, та проводяться у мокрому середовищі. Магнітна сепарація при виробництві агломераційної руди проводиться у сухому середовищі на сепараторах з постійними ма-

гнітами високої енергії ($B=0,5-0,7$ Тл), у крупності 10-0 мм.

Постановка завдання. Головним для ефективного збагачення є достатньо селективне розділення компонентів бідних гематитових руд. Для рішення поставленої задачі виробництва з закладованих бідних гематитових руд концентрату з вмістом заліза загального не менше 62%, є необхідним вибір методу та створення умов для ефективного вилучення рудних мінералів в концентрат. К основним властивостям низько- та некондиційної залізорудної сировини вивченого району штату Оріса (Індія) відноситься неоднорідність її мінерального, хімічного складу, фізичних, технічних властивостей, та відповідно її збагачуємість. В цьому складається головна проблема розробки ефективної технології виробництва з низькокондиційної вихідної сировини, високоякісного корисного кінцевого продукту. Додаткову перешкоду створює те, що необхідно виключити використання в збагачувальному процесі води, яка в районі техногенного родовища відноситься до дефіцитних витратних матеріалів.

Викладення матеріалу та результати. Вивчення особливостей мінерального складу проводилися на трьох пробах крупністю 20-0 мм, відібраних з різних місць техногенного родовища. Мінералогічними дослідженнями (табл. 1) встановлено, що основним рудним мінералом матеріалу досліджених проб є гематит, представлений, головним чином, зернистим різновидом - мартитом. Вміст мартита в складі матеріалу проб склав 30,2- 52 %. Вміст іншого рудоутворюючого мінералу гетита склав 9,4-22,5%. Нерудні мінерали представлені, головним чином, гідроксидами алюмінію (6,6-11,8%) і кварцем (2,8-5,6%).

Таблиця 1

Мінеральний склад матеріалу досліджуваних проб			
Мінерали	Вміст мінералів, мас.%		
	Проба 1	Проба 2	Проба 3
Гематит, у тому числі:	67,9	46,1	67,7
мартит	52,0	30,2	53,2
залізна слюдка	9,4	7,0	8,6
дисперсний гематит	6,5	8,9	5,9
Магнетит	0,3	0,2	0,3
Гідроксиди заліза, у тому числі:	11,9	27,3	12,5
гетит	10,2	22,5	10,4
лепидокрокит	0,7	1,5	0,9
дисперсний гетит	1,0	3,2	1,2
Мінерали групи кремнезему, у тому числі:	5,4	6,7	5,5
кварц	4,9	5,6	4,7
халцедон	0,4	0,9	0,7
опал	0,1	0,2	0,1
Гідроксиди алюмінію (бе- міт, діаспор, гідраргіліт)	8,3	11,8	8,7
Сілікати, у тому числі:	4,8	6,1	4,3
каолініт	4,1	5,1	3,8
гідрослюда	0,7	1,0	0,5
Карбонати	0,9	0,9	0,4
Недіагностовані мінеральні фази	0,5	0,9	0,6
Всього	100,0	100,0	100,0

Для технологічних досліджень була скомпонована об'єднана проба. Мінеральний склад об'єднаної проби, характеризується переважанням мартита і залізної слюдки (пластинчастий різновид гематиту). Другорядне значення має гетит, для агрегатів якого характерно масивне і концентрично зональне будову. Дисперсний гетит, дисперсний гематит, каолініт і гідрослюда утворюють механічно нестійкі землясті агрегати, які при дробленні і подрібненні легко руйнуються та перетворюються на пилоподібний матеріал. Кварц, є більш рідкісним в порівнянні з, нерудним мінералом. Його агрегати присутні у вигляді дрібних (до 3,0 мм) включень в рудних агрегатах.

Отже, особливостями мінерального складу бідних гематитових руд штату Оріса, в порівнянні з гематитовими рудами родовищ України є те що, нерудна фаза представлена в основному гідроксидами алюмінію, а кварц та силікати мають другорядне значення.

При виборі оптимальної технології враховувалися гранулометричний, мінеральний і хімічний склад досліджуваних руд.

В процесі збагачення руди було виділено два основних етапи:

рудопідготовка, яка складається в дробленні руди до крупності, що забезпечує достатньо ефективне розкриття рудних і нерудних часток;

збагачення, основним завданням якого є відділення агрегатів нерудних мінералів від часток гематиту (мартита і залізної слюдки) і гетиту.

З урахуванням фізичних властивостей рудоутворюючих і другорядних мінералів було вивчено вплив на якісні показники двох методів збагачення гематитової сировини: магнітного та гравітаційного (кожний в «сухому» і «мокрому» варіантах). Завданням було отримання залізорудного концентрату з загальним вмістом заліза не нижче 62%. «Сухе» і «мокре» магнітне збагачення проводилися з використанням сепараторів з високоінтенсивним магнітним полем на матеріалі крупністю 1-0 мм. Обидва варіанти магнітної сепарації не дозволили отримати залізорудний концентрат заданої якості. Вміст заліза загального в концентратах склав 57,2-60,8%, при виході 20,0-37,6%.

«Суха» і «мокра» гравітаційна сепарація проводилися з використанням повітряного сепаратора (рис. 1) та концентраційного стола, в крупності вихідного матеріалу 1-0 мм.



Рис. 1. Повітряний сепаратор фірми «Аеромех»

Як «суха» так і «мокра» гравітаційна сепарація, дозволили отримати концентрат, який відповідає вимогам по якості кінцевого продукту. Сухим методом було отримано концентрат з вмістом заліза загального 61,8%, при виході 53,6%. Концентрат більш високої якості був отриманий методом «мокрої» гравітаційної сепарації і склав 63,4% при виході 51,2%. З урахуванням особливості регіону розташування родовища, а саме відсутність води, більш привабливим є як основний метод - суха гравітаційна сепарація. Для забезпечення достатнього вилучення рудних мінералів, була перевірена можливість додаткового використання в схемі «сухої»

магнітної сепарації.

Для визначення технології збагачення за «сухою» схемою проведено дослідження з використанням повітряного сепаратора та магнітного сепаратора з постійними магнітами високої енергії ($B=0,7$ Тл).

Було перевірено вплив на показники розділення вихідного живлення в крупності: 5-0, 3-0, та 1-0 мм. Встановлено, що зниження крупності живлення операцій збагачення дозволяє підвищити вміст заліза загального в концентратах на 0,8-1,6%, але при цьому вихід знижується на 17-23,2%.

Аналіз отриманих результатів показав, що оптимальним для отримання концентрату з вмістом $Fe_{\text{заг}}$ на рівні 62% при максимальному його виході є наступна послідовність технологічних операцій: подрібнення вихідної руди до крупності 5-0 мм, поділ отриманого класу на дві фракції 5-3 і 3-0 мм, суха магнітна сепарація фракції 5-3 мм з отриманням товарного концентрату, повітряна сепарація фракції 3-0 мм з отриманням товарного концентрату і промпродукту, суха магнітна сепарація промпродукту повітряної сепарації клас 3-0 мм з отриманням товарного концентрату.

Було розроблено технологічну схему збагачення бідних гематитових руд, та розраховано її показники на продуктивність 1,8 млн т на рік. За рекомендованою схемою передбачається отримання з вихідної руди, концентрату з вмістом заліза загального 62,1%, при виході 50,1,0%. Очікуваний хімічний аналіз отриманого концентрату наведено в табл. 2.

Хімічний аналіз отриманого концентрата

Продукти	Вміст, %									
	Fe _{зар.}	Fe _{магн.}	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO
Концентрат	62,1	0,25	2,11	0,034	4,41	88,10	0,63	0,086	0,29	0,21
Продукти	Вміст, мас. %									
	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	S	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	п. п. п.	Усього	
Концентрат	0,03	0,01	0,082	0,20	0,009	3,86	0,11	4,18	100,171	

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, для отримання з закладованих бідних гематитових руд штату Оріса (Індія) концентрату з вмістом заліза не менше 62,0%, доцільно використовувати комбінований «сухий» гравітаційно-магнітний метод їх збагачення. Напрямок подальших досліджень, є підвищення вилучення заліза в концентрат за рахунок залучення до переробки хвостів магнітного збагачення.

Список літератури

1. Кришнан Н.С. Условия залегания и происхождение железных руд Индии / Геология и генезис докембрийских железисто-кремнистых и марганцевых формаций мира // Киев: Наукова думка, 1972.– С. 55-63.
2. Єпатко Ю.М., Мельник Ю.П. Деякі теоретичні та експериментальні дані про утворення гетиту і гематиту в корі вивітряння Криворізького залізорудного басейну // Геологічний журнал.– 1965.–

Рукопис подано до редакції 17.03.13

УДК 622.7:622.333

В.Г. САМОЙЛИК, канд. техн. наук., доц.

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ КОАГУЛЯЦИОННЫХ СТРУКТУР В ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЯХ

Рассмотрено влияние компонентов твердой фазы на прочностные характеристики водоугольных суспензий с использованием статистической теории прочности. Полученные данные дают возможность оценить вклад отдельных составляющих минеральной части угля в процесс формирования коагуляционной структуры водоугольных суспензий.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Рост цен на нефть и нефтепродукты, ограниченность запасов этого сырья вызывают повышенный интерес к использованию новых видов топлива, в частности, водоугольного топлива (ВУТ), получаемого на базе высококонцентрированных водоугольных суспензий (ВВУС) с добавками разжижающих и стабилизирующих ПАВ [1,2]. Обладая свойствами жидкого топлива, ВУТ может эффективно транспортироваться на большие расстояния по трубопроводам, сохранять стабильность во время длительного хранения, сжигаться в топках котлов без предварительного обезвоживания. Кроме того, особенности горения ВУТ дают основание относить их к разряду экологически чистых видов топлива.

Особенностью водоугольного топлива является высокая концентрация твердой фазы, что предопределяет существенное влияние прочности образованной частицами коагуляционной структуры на реологические параметры и седиментационную устойчивость водоугольных суспензий. Изложенное позволяет считать изучение закономерностей структурообразования в ВВУС актуальной задачей.

Анализ исследований и публикаций. Смеси воды и угля исследуются в различных странах мира, что связано с возможностью замены такими продуктами пылевидного топлива, являющегося одним из традиционных видов энергоносителей. Наряду с многочисленными экспериментальными работами, связанными с изучением процесса получения водоугольных суспензий проводились и теоретические исследования физико-химических основ процессов диспергирования, образования дисперсных систем на основе суспензий угля [3-5]. Эти исследования касались в основном общих вопросов получения дисперсных систем, в них не рассматривалось влияние отдельных компонентов твердой фазы водоугольной суспензии на процессы образования её коагуляционной структуры.

Постановка задачи. В связи с приведенным, особый интерес представляет теоретическая