

**Т.А. ОЛЕЙНИК**, д-р техн. наук,

**С.В. МІХНО**

(Україна, Кривий Ріг, Криворізький технічний університет)

## **СУЧАСНА КЛАСИФІКАЦІЯ ТИТАНВМІСНИХ РУД КОРІННИХ РОДОВИЩ**

### *Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями*

Титаномагнетитові руди сьогодні є одним з перспективних промислових типів залізорудних родовищ і головним постачальником ванадію, а ільменіт-титаномагнетитовий тип цих руд – важливе джерело отримання титану. Вони традиційно відносяться до позднемагматическому класу магматогенних родовищ.

Неухильне зростання ролі титаномагнетитових руд в здобичі залізорудної, титанової і ванадієвої сировини – реальність ХХІ століття. Це обумовлено, по-перше виснаженням запасів магнетитових руд з відкритим способом видобування. По-друге, завдяки своїм горно-геологічним та мінералого-технологічним особливостям – широкому поширенню, великим запасам, порівняно простій геологічній будові (I і II група за складністю); можливостям відкритого (кар'єрно) відробітку, високій комплексності руд, що дозволяє при збагаченні сировини отримувати залізорудні концентрати з низьким вмістом шкідливих домішок – сірки і фосфору, "сульфатні" та ільменітові концентрати; та використовувати відходи як щебінь та ін.

Схема збагачення цих руд у великій мірі залежить від особливостей речового складу титанових руд, форм знаходження і характеру зрощення рудних мінералів, ступеню вивільнення титаномагнетиту й ільменіту при подрібненні руди. У зв'язку з цим актуальним завданням є створення класифікації титанвмісних руд, що враховує геологічний тип, речовинний склад і технологічні властивості мінералів [1].

### *Постановка завдання*

У зв'язку з істотним впливом на якість титаномагнетитових руд вмісту в них вільного ільменіту і можливістю виділення його в самостійний концентрат доцільно класифікувати їх за величиною співвідношення ільменіту та титаномагнетитової складової.

### *Викладення матеріалу та результати*

Запропоновано класифікувати титанвмісні руди на чотири типи: титаномагнетитові, ільменіт-титаномагнетитові, титаномагнетит-ільменітові й істотно ільменітові [2].

В титаномагнетитових рудах вміст ільменіту менш 3%. До цього типу можна віднести руди відомих родовищ Росії: Гусевогорське, Качканарське, Пер-

## **Загальні питання технології збагачення**

воуральське, Волковське, Суроямське, Пудожгорське, Койкарське, Подписанське, Малотогульське [3]. Для них характерно низький вміст діоксиду титану – 1...8%, і вони вимагають попереднього збагачення, при якому видаляється ільменітовий концентрат (вихід 1...3% від руди) і малотитановий залізний концентрат (вміст  $TiO_2$  – менш 4%, Fe – 55...62%). Такі титаномагнетитові концентрати можуть безпосередньо прямувати в доменний процес у вигляді самостійної сировини або в шихті з власне залізними рудами. Так, титаномагнетитовий концентрат (вміст  $TiO_2$  – 3...4%, Fe – 61...62%,  $V_2O_5$  – 0,6%), що отримують на Качканарському ГЗК (Гусевогорське родовище), у вигляді обкотишів й агломерату, переробляється на Нижньотагільському комбінаті.

У ільменіт-титаномагнетитових рудах титан на 75% пов'язаний з титаномагнетитом. Для руд цієї групи родовищ (Носачовське – Україна, Копанське, Харловське, Чинейське – Росія) характерна наявність низької масової частки титану (5...7%  $TiO_2$ ) [4]. Вміст заліза в рудах 15...36%. При збагаченні таких руд доцільно видаляти кондиційний ільменітовий концентрат і титаномагнетитовий концентрат, масова частка  $TiO_2$  у якому може знизитися з 22 до 5...6%.

У титаномагнетит-ільменітових типах руд титаномагнетит має підлегле значення. Родовища цих руд містять 1...8%  $TiO_2$  та 15...30% Fe. На 70...80% оксид титану в них пов'язано з ільменітом і на 20...30% – з титаномагнетитом. К цьому типу титанових руд відносяться родовища в Україні – Кропивеньське, в Росії – Великий Сейім і Куранахське в Амурській області, Хібінські родовища апатиту та перовскиту. Ці руди вимагають обов'язкового попереднього збагачення. Особливістю збагачення цих руд є отримання двох концентратів: кондиційного ільменітового з масовою часткою  $TiO_2$  – 44...50% та титаномагнетитового концентрату з порівняно високою масовою часткою  $TiO_2$  – до 8...15% та низькою масовою часткою заліза – 50...63%.

Для істотно ільменітових руд характерно різко підпорядкована кількість титаномагнетиту. Родовища цих руд містять 7...14%  $TiO_2$  и 15...30%  $Fe_{заг}$ . На 90...95% оксид титану в них пов'язано з ільменітом і на 5...10% – з титаномагнетитом. К ним відносяться в Україні – Стремігородське, Федорівське родовища корінних руд, в Росії – Гремяха-Вирмес (Південно-Східна) в Мурманській області, Медведівське в Челябінській, Кручининське в Читинській області [3, 5].

Для самостійного використання багаті за залізом руди, що містять ільменіт, повинні піддаватися попередньому збагаченню з метою отримання ільменітового концентрату та зниження вмісту  $TiO_2$  в титаномагнетитовому продукті.

Промислова цінність ільменітових, титаномагнетит-ільменітових руд проти власне титаномагнетитових руд зростає на багато разів, оскільки ільменітові концентрати є найбільш якісною сировиною для отримання пігментного оксиду титана, металевого титана й інших видів товарної продукції.

Разом з тим титаномагнетитові концентрати останнім часом серйозно розглядаються як сировина для отримання заліза, ванадію, і титана, які мають в перспективі важливе промислове значення.

З цієї технологічної позиції титаномагнетитові руди можна підрозділити на такі типи:

## **Загальні питання технології збагачення**

– істотно ільменітові вельми високотитанові ванадійвмісні залізні руди з та відношенням  $Fe:TiO_2 < 2,3$ ;

– високотитанові ванадійвмісні залізні руди з відношенням  $Fe:TiO_2 = 2,3-5,0$ ;

– середньотитанові ванадійвмісні залізні руди з відношенням  $Fe:TiO_2 = 5,0-8,0$ ;

– низкотитанові істотно ванадій-залізні руди з відношенням  $Fe:TiO_2 > 8,0$ .

З ільменітових, ільменіт-гематитових, ільменіт-магнетитових і титаномагнетитових корінних руд отримують концентрати із вмістом двоокису титану не більше 45...46,5%. Найважливішими виробниками цього типу сировини є Норвегія (Теллес), США (Тегавус) і Фінляндія (Отанмяки).

Слід відзначити, що характерними особливостями титанових руд різних родовищ, що впливають на їх технологічні властивості, є:

а) просторова асоціація ільменіту та магнетиту при сумірності розмірів їх зерен;

б) межі зрощення магнетиту і ільменіту;

в) зернистий склад руд;

г) характер зруднення з визначенням ролі суцільних руд і без рудних порід;

д) наявність в ільменіті і магнетиті продуктів розпаду твердих розчинів, а також заміщення головних мінералів вторинними, наприклад – гематитом, лейкоксом, гідрооксидами заліза, хлоритом і тому подібне;

е) тип проростання зерен рудних мінералів з пороудоутворюючими, наявність навколо них облямівки різних мінералів. Наприклад, граната, рогової обманки, хлориту та ін.;

ж) присутність в рудах дрібних зерен сульфідів і апатиту в тісній асоціації з рудними мінералами;

з) присутність в пороудоутворюючих мінералах дрібних зерен рудних мінералів, що не підлягають вилученню.

### *Висновки і напрямки подальших досліджень*

1. Використання титаномагнетитових руд, як залізорудної сировини можна вважати завданням, вирішеною промисловістю. Наприклад, в Уральському регіоні Росії вони є провідним типом руд, що забезпечує 86% видобутку заліза. Важливою умовою їх використання є обов'язкове збагачення руд з метою отримання залізного титаномагнетитового концентрату (вміст  $Fe_{заг.} = 61...63\%$ ,  $TiO_2$  до 2...3%). Для руд другого і третього технологічних типів (ільменітові титаномагнетитові руди) бажане видалення кондиційного ільменітового концентрату.

2. Практично усі технологічні типи титаномагнетитових руд і однойменні концентрати, що отримуються з цих руд, містять 0,5-1,5  $V_2O_5$ . У всьому світі вони є основним мінерально-сировинним джерелом отримання ванадієвої продукції

3. У родовищах титаномагнетитових руд необхідно виділяти багаті на іль-

## **Загальні питання технології збагачення**

меніти типи, що дозволяють при збагаченні отримувати ільменітові концентрати, що містять не менше 42%  $TiO_2$  і є кондиційними за фарбувальними домішками (P, V, Nb, Cr, Mn, Cu, Ni). В цьому випадку промислова цінність титаномagnetитових руд багатих на ільменіт зростає багаторазово, оскільки ільменітові концентрати цих родовищ є найбільш якісною сировиною для отримання пігментного оксиду титану за сірчаноокислотною технологією

4. Комплексний характер титанвмісних руд, що містять рідкісні (V, Sc, Ga, Ge), благородні і кольорові метали, підвищує інтерес до цього перспективного виду сировини.

5. Родовища титаномagnetитових руд вимагають подальшого поглибленого вивчення та залучення до промислового використання, особливо в регіонах з розвиненим металургійним виробництвом.

### **Список літератури**

1. **Олейник Т.А.** Анализ разработанных технологий обогащения комплексных коренных титансодержащих руд Украины // Вісник Криворізького технічного університету: Збірник наукових праць. – 2007. – Вып. 18. – С. 92-96.

2. **Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Зубков Л.Б.** Титаномagnetитовые руды России: состояние и перспективы освоения // Минеральное сырье: Сер. геолого-экономическая. – М.: Изд-во ВИМС, 2005. – № 17.

3. **Быховский Л.З., Пахомов Ф.П., Турлова М.А.** Комплексные руды титаномagnetитовых месторождений России – крупная минерально-сырьевая база черной металлургии // Разведка и охрана недр. – 2007. – №7. – С. 20-23.

4. **Олейник Т.А., Губин Г.В., Татаринов Ф.Г.** Современное состояние мирового и внутреннего рынка титана // Разработка рудных месторождений КТУ. – 2006. – Вып. 90. – С. 100-105.

5. Федоровское апатит-ильменитовое месторождение – надежная сырьевая база развития промышленности Украины / **Г.Ф. Дробин, А.И. Гамалинский, И.А. Гамалинский и др.** // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – № 7. – С. 55-59.

© Олійник Т.А., Міхно С.В., 2010

*Надійшла до редколегії 25.08.2010 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*