

Таким образом:

- возможно применение метода ВГМССП для повышения качества магнетитового концентрата ИнГОКа;
- при проектировании и изготовлении промышленного сепаратора ротор первого приема может содержать 11 рабочих зазоров, при расположении между блоками магнитов, или 8, при расположении между блоком магнитов и замыкающим магнитопроводом.

### Список литературы

1. **Turkenich A.M.** A novel method for improvement of quality of a magnetite concentrate, // Magnetic and Electrical Separation. – 2001. – Vol. 10, №4. - S.207–208.
2. Пат. 53737 Україна (ВОЗС 1/30). Сепаратор для мокрого магнітного збагачення тонкозернистих магнетитових руд / О.М. Туркеніч // Відкриття. Знаходи. – 2003. – №2. – С.3.
3. Пат. 57157 Україна (ВОЗС 1/30). Спосіб мокрої високоградієнтної сепарації тонкозернистих магнетитових руд і пристрій для його здійснення / О.М. Туркеніч // Відкриття. Знаходи. - 2003. – №6. – С.4.
4. Выделение высококачественного концентрата методом высокоградиентной сепарации в слабых магнитных полях при обогащении магнетитовых руд / А.М. Туркенич, В.В. Дементьев, Л.А. Шатова и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2005. – Вип. 24(65). – С. 32 – 36.

© Туркенич А.М., Дементьев В.В., Левченко К.А., Шатова Л.А., Дудник В.И., 2006

*Надійшла до редколегії 29.03.2006 р.*

*Рекомендовано до публікації*

УДК 621.928.89 (088.8)

**В.И. МУЛЯВКО, Т.А. ОЛЕЙНИК,**

**А.Б. РТИЦЕВ,** кандидаты техн. наук

(Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет)

### **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СЕПАРАЦИЯ ТОНКОИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

Для разделения частиц по электропроводности применяются барабанные и камерные сепараторы, в которых разделение осуществляется в электрическом поле высокой напряженности, а зарядка частиц в поле коронного разряда или при трибозарядке [1–3].

Материал перед разделением подготавливают, нагревая до температуры в пределах 50–300°C, поскольку максимум проводимости или минимум

## Магнітна і електрична сепарація

сопротивления (объемного) для каждого вещества наблюдается при определенной температуре [1]. Максимальным получается заряд, в случае использования трибозарядки частиц.

В промышленных условиях опробованы и работают зарубежные сепараторы типа "Луржи", "Хадсон", "Карпентер", "Карпко" и др. [5–7]. Все эти сепараторы достаточно производительны и эффективно работают на крупнозернистом материале (больше 0,2 мм). Так, электросепараторы "Карпко" (США) на материале  $-2,4 +0,063$  мм могут давать 0,75–2,5 т/ч, сепараторы "Рапид" (Великобритания) – до 1,8 т/ч, наши сепараторы ЭКС-1250 – 2 т/ч, СЭС-2000 – 4 т/ч [8, 9].

Основным недостатком сепараторов подобного типа является отсутствие возможности разделения на них тонкодисперсных материалов.

Использование барабанных коронных сепараторов осуществляется в Швеции на месторождении Мальмбергет [10]. Этот метод эффективен для обогащения крупнозернистых фракций (+50 –70 мкм). Разделение более тонких частиц затруднено из-за адгезионного налипания их на барабан, а также коагуляции. Этим, в частности, объясняются низкие показатели электросепарации хвостов магнитного обогащения смешанной руды Михайловского ГОКа на сепараторе ПС-1 [11]. Кроме того, удельная производительность коронных барабанных сепараторов, из-за необходимости подачи материалов в рабочую зону монослоем, ограничена 2–2,5 т/м<sup>2</sup>ч.

При выделении из товарного концентрата ЮГОКа фракции  $-0,04$  мм, получали концентрат с массовой долей железа 66,8%, а при доводке Оленегорского концентрата – 66,4% [12]. Во всех исследованиях показано, что наличие тонких классов  $-0,05$  мм заметно ухудшает показатели работы коронных сепараторов из-за залипания электродов [13].

Перспективной может быть пневмоэлектрическая сепарация (ПЭС) предложенная итальянскими учеными и опробованная на некоторых, в том числе и железных рудах. Преимущество метода состоит в том, что появляется возможность разделения в электрических полях неклассифицированного материала крупностью 92–95% класса  $-0,074$  мм.

По методу ПЭС обогащаемая руда транспортируется быстрым воздушным потоком, заряжается в поле коронного разряда или в результате трибоэффекта и подвергается разделению в электростатическом поле. Движения материала со скоростью 10–15 м/с вместо 1–2 м/с на барабанных сепараторах, позволяет значительно повысить удельную производительность обогатительного агрегата.

Профессором Карта [5] изготовлены сепараторы "Электроцикложет" (рис. 1) [14] различных конструкций и опробованы на гематитовых, магнетитовых и других тонкоизмельченных рудах. Они показали хорошие результаты обогащения, если измельченную руду предварительно освободить

## Магнітна і електрична сепарація

от глинистых составляющих.

По принципу "Электроцикложет" институтами Уралмеханобр и Свердловским горным созданы электрические сепараторы проточного типа [15]. Однако, первые экспериментальные и теоретические исследования сепаратора "Электроцикложет" показали вредное влияние турбулентности на процесс электростатического разделения в межэлектродном промежутке отклоняющих электродов. Кроме того, конструкция аппарата в виде замкнутого овального кольца ограничивает повышение производительности увеличением сечения транспортного трубопровода. Поэтому на основании известных из газодинамики и пневматики представлений о турбулентных транспортирующих потоках была разработана и испытана прямоточная конструкция пневмоэлектрического сепаратора (рис. 2).

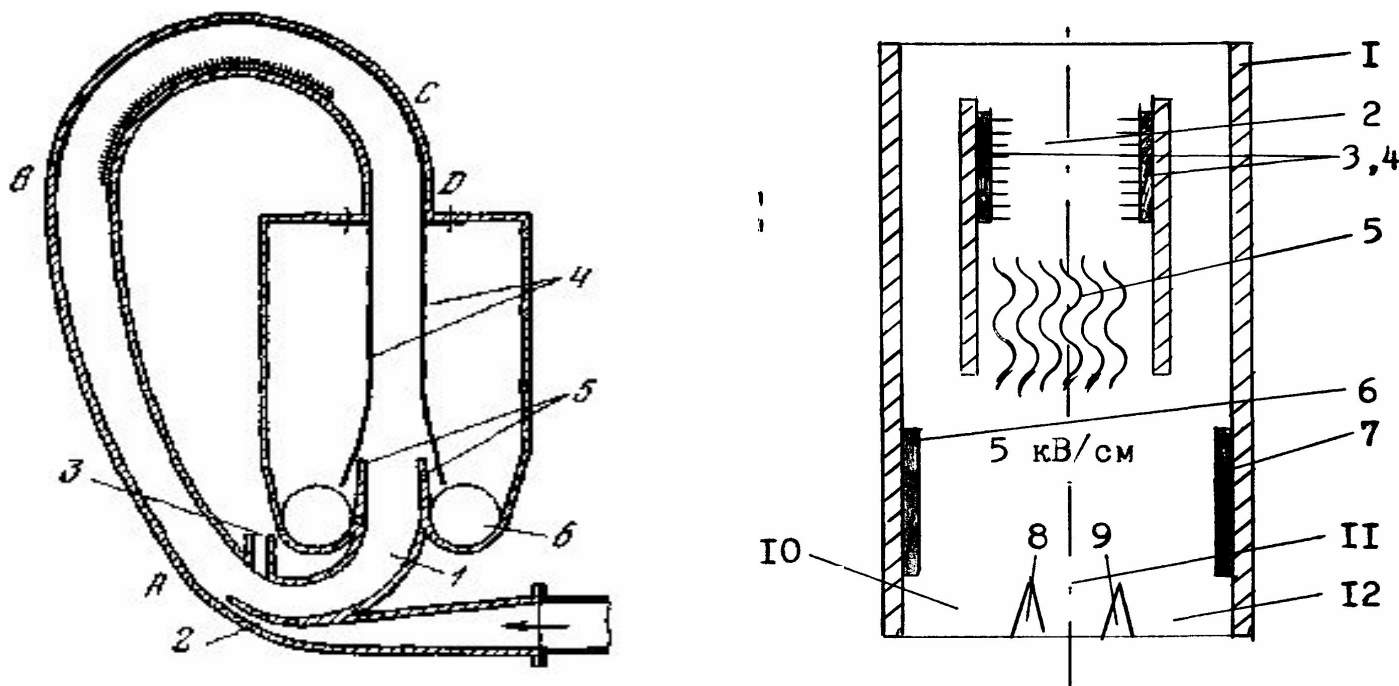


Рис.1. Сепаратор "Электроцикложет":

- 1 – рабочая камера; 2 – отверстие для подачи продукта; 3 – воздухопровод;
- 4 – отклоняющие электроды; 5 – отсекающие шибера;
- 6 – патрубок системы пылеосаждения

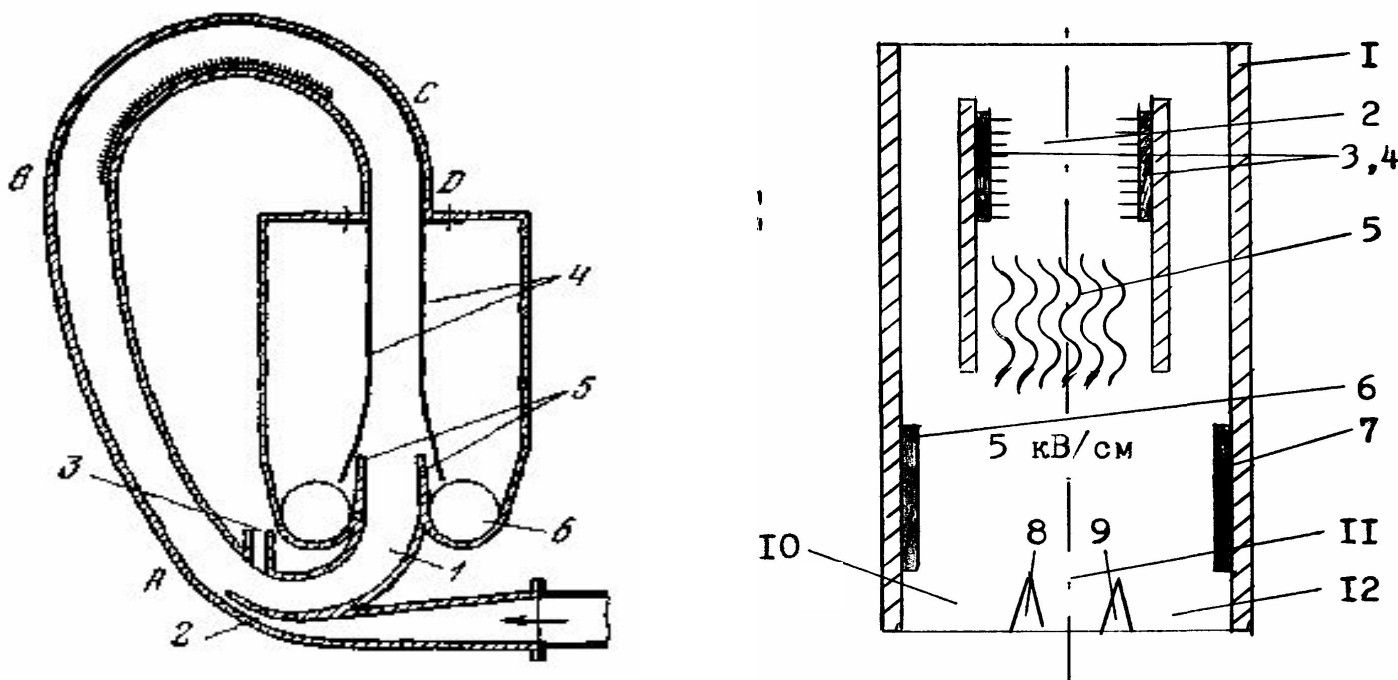


Рис. 2. Пневмоэлектрический сепаратор конструкции Уралмеханобр:  
 1 – корпус; 2 – зона коронного разряда; 3, 4 – коронирующие электроды;  
 5 – контактное устройство для изменения заряда частиц;  
 6, 7 – отклоняющие электроды; 8, 9 – отсекатели;  
 10–12 – каналы разделенных продуктов

Принцип действия сепаратора состоит в следующем. В трубопроводе 1 создается и поддерживается поток газа-носителя по всему сечению. Сепарируемый материал загружают во внутренний канал 2. Частицы заряжаются ионизацией в поле коронирующих электродов 3 и 4 или трибоэлектризацией на профилированном электроде 5. Заряженные частицы разделяются в электростатическом поле отклоняющих электродов 6 и 7. Готовые продукты выводят из процесса через выпускные отверстия 10 и 12, а промпродукт – через выпускное отверстие 11, между делительными перегородками 8, 9.

На аппарате данной конструкции, из тонкоизмельченной (содержание класса  $-0,074$  мм 92–95%) железной руды (с массовой долей железа 36,9%) за один прием сепарации получен концентрат с массовой долей железа 61–61,7% (при его извлечении 67–72%). Увеличение удельной производительности сепаратора по питанию от 4–5 до 22 т/м<sup>2</sup>ч приводит к снижению содержания железа в концентрате на 3% [16].

Необходимо отметить, что увеличение влажности руды и окружающего воздуха приводит к снижению эффективности сепарации, что связано с адсорбцией влаги на поверхности минералов и, следовательно, к повышенной утечке трибозарядов. Уменьшение влажности воздуха с 70 до 25–30% при

одновременной подсушке исходной руды позволяет повысить массовой долей железа в концентрате на 7–9% [15].

На процесс сепарации влияет содержания железа в исходном продукте. Полученные данные свидетельствуют о существенном снижении эффективности процесса обогащения при резком преобладании какого-либо из компонентов: железистых минералов и кварца. Лучшим результатом соответствует содержание железа в исходном продукте 28–30%, т.е. примерно одинаковое процентное содержание компонентов.

В работах [11, 12, 18] отмечается, что совместное применение электрических и магнитных методов обогащения, в ряде случаев, значительно улучшает показатели процесса сепарации. Как показали исследования [18], магнитному обогащению на установках с сильным магнитным полем предшествует электрическое обеспыливание исходной руды, а иногда и электроклассификация. Это повышает производительность магнитной сепарации и увеличивает ее селективность. Этим методом из слабомагнитной руды рудника им. Кирова можно получить концентрат 56% железа при извлечении 97,3%, после удаления тонкого класса удастся получить концентрат с массовой долей железа 61,5–61,9%.

Электросепарация руды Оленегорского месторождения, в крупности –0,15 мм, дает концентрат с массовой долей железа 68,2%, а хвосты – 18,9%. При комплексном обогащении эти показатели в концентрате и хвостах, соответственно, равны 68,4 и 6,7% [12]. Подобные результаты получены и при обогащении титаномагнетитовых руд [11].

Анализ литературных данных показывает, что использование электрической сепарации можно вести в трех направлениях:

- подготовка пылегазового потока для раздельного пылеулавливания;
- доводка, полученных другими методами, концентратов и хвостов до необходимой кондиции;
- обогащение полезных ископаемых.

На рис. 3 показана схема сепарации окисленных кварцитов, гранулометрический состав которых приведен в таблице.

Из класса +0,044 мм по схеме с основной сепарацией, с тремя перечистками концентрата и тремя контрольными операциями доработки хвостов получен концентрат с массовой долей железа 60,0%, а из класса –0,044 мм по такой же схеме получен концентрат с массовой долей железа 61,0%.

Принципиальная схема полупромышленной установки показана на рис. 4.

# Магнітна і електрична сепарація

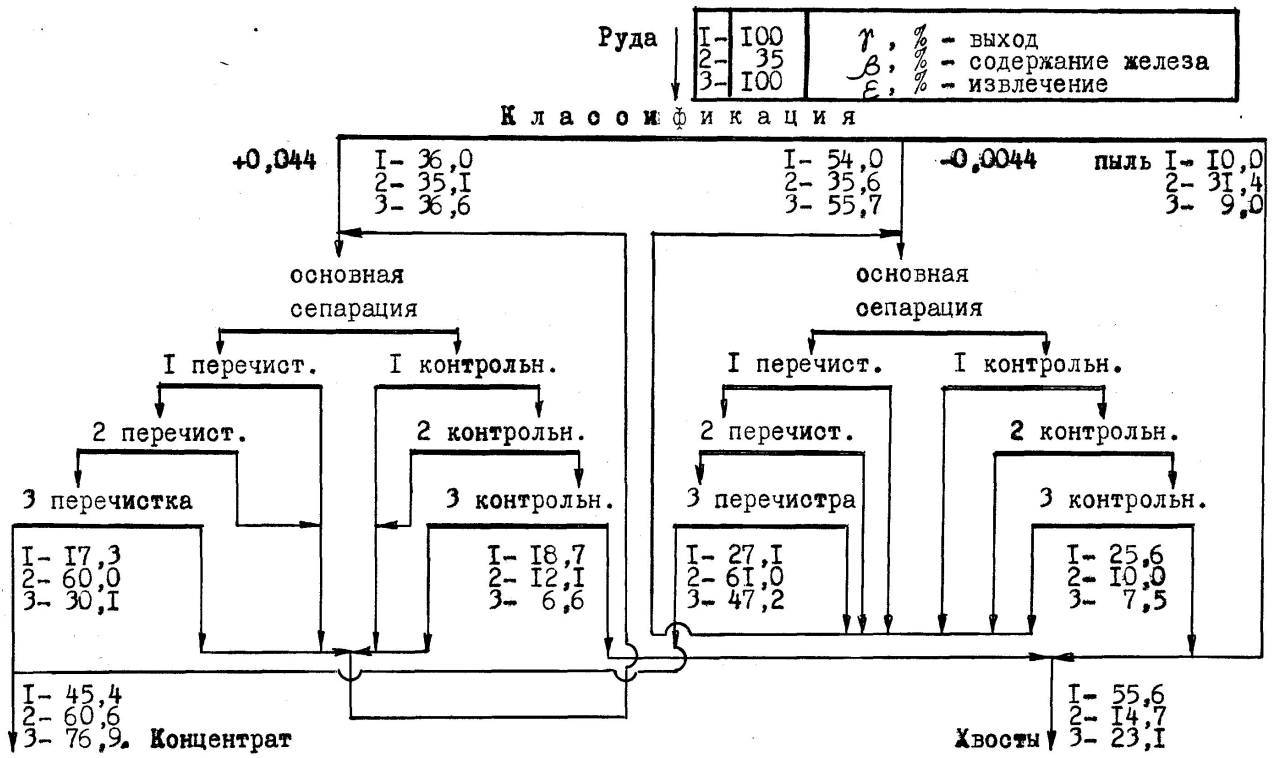


Рис. 3. Схема электрической сепарации окисленных кварцитов

Таблица

Показатель	Класс крупности, мм						Сумма
	+0,25	-0,25 +0,16	-0,16 +0,10	-0,10 +0,074	-0,074 +0,044	-0,044 +0	
Выход продукта, %	3,5	6,2	9,0	12,4	26,5	42,4	100
Массовая доля железа, %	31,9	32,3	29,8	34,5	36,8	35,3	34,8

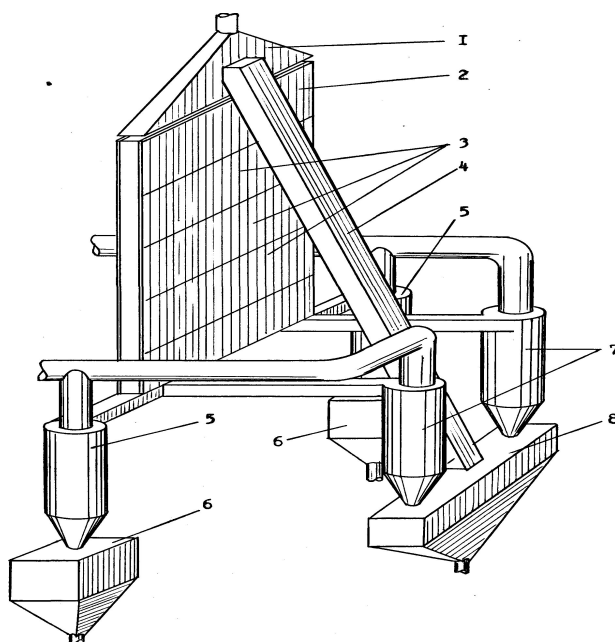


Рис. 4. Трибоэлектрический сепаратор:

- 1 – устройство равномерного распределения потока по сечению аппарата;
- 2 – основная сепарация; 3 – секции перемешивания концентрата и хвостов;
- 4 – элеватор возврата промпродукта на сепарацию;
- 5, 6 – циклоны и приемные бункера концентрата и хвостов;
- 7, 8 – циклоны и бункер промпродукта

Таким образом, в результате анализа вышеизложенного материала необходимо отметить следующее:

1. Недостатком существующих и серийно выпускаемых электросепараторов является необходимость обеспыливания продукта по классу  $-0,044$  мм.

2. Перспективным направлением электросепарации необеспыленного продукта является использование трибоэлектрических сепараторов.

3. Результаты предварительных исследований по обогащению окисленных кварцитов показали возможность получения концентратов с массовой долей железа до 60,6% при извлечении 76,9%. Массовая доля железа в хвостах составляет 14,1%.

### Список литературы

1. Олофинский Н.Ф., Новикова В.А. Трибоадгезионная сепарация. – М.: Наука, 1975. – 175 с.
2. Карнаухов Н.М. Технология доводки коллективных концентратов с помощью электрической сепарации. – М.: Недра, 1966. – 123с.
3. Таггарт А.Ф. Справочник по обогащению руд полезных ископаемых. – М.: Металлургиздат, 1952. – 450с.
4. Карт М. Совершенствование процесса электрического разделения руды. – М.: Наука,

1968. – 105 с.

5. **Верещагин И.П.** Динамика дисперсных систем. – М.: Недра, 1977. – 305 с.

6. **Ангелов А.Н., Верещагин И.П., Ершов В.С.** Физические основы электр. Сепарации. – М.: Недра, 1983. – 267 с.

7. **Карт М., Феррара Г.** Электрическая сепарация // Труды VII Междунар. Конгресса по обогащению полезных ископаемых. – Л.: 1968. – т. 1. – 225 с.

8. **Плаксин Н.Н., Олофинский Н.Ф., Норкин В.В.** Электросепарация железных руд. – М.: АН СССР, 1972. – 209 с.

9. **Олофинский Н.Ф.** Теория и практика сепарации в электрическом и магнитном полях. – М.: Наука, 1972. – 204 с.

10 **Плаксин Н.Н., Олофинский Н.Ф.** Электросепарация железных руд. – М.: АН СССР, 1963. – 187 с.

11. **Плаксин Н.Н., Олофинский Н.Ф.** Новые направления глубокого обогащения тонковкрапленных железных руд. – М.: Недра, 1974. – 135 с.

12. **Арашкевич В.М.** Разделение минералов в пневмоэлектрическом сепараторе. – М.: Изв.Вузов, Горный журнал, 1976. – № 9. – С. 45–52.

13. Патент 3476243 США. Электрический сепаратор с пневматическим каналом / **Феррара Г.** Оpubл. 1983, № 5.

14. **Месеняшин А.И.** Электрическая сепарация в сильных полях, – М.: Недра, 1978. – 175 с.

15. **Тюренков Н.Т.** Единый метод эффективности обогатительных процессов. – М.: Metallургия, 1952. – 237 с.

16. **Олофинский Н.Ф.** Новые направления в изучении процессов разделения мелких классов руд и углей в электрическом и магнитном полях. – М.: Научное сообщение ИГД АН СССР, 1960, № 6.

17. **Вонсовский С.В.** Современное учение о магнетизме. – М.: Наука, 1953. – 440 с.

18. Дортман Н.Б. Петрофизическая характеристика пород типичных магматических формаций // Современная геология, 1974, № 7.

19. **Дортман Н.Б., Рубинчик Э.Я., Розенталь И.В.** Пара и ферромагнетизм магматических пород. – К.: Наукова думка, – Вып. 60. – 1974. – С. 86–91.

© Мулявко В.И., Олейник Т.А., Ртищев А.Б., 2006

*Надійшла до редколегії 29.03.2006 р.*

*Рекомендовано до публікації к.т.н. В.В. Гаєвим*