

В.И. МУЛЯВКО, Т.А. ОЛЕЙНИК, д-ра техн. наук,
Л.В. СКЛЯР, Н.В. КУШНИРУК, кандидаты техн. наук
(Украина, Кривой Рог, Криворожский технический университет)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ МАТЕРИАЛА

При изучении любого вида сырья (полезных ископаемых) на обогатимость одним из условий ставится возможность получения готового продукта не используя в процессах водную среду, а применять так называемые – сухие методы обогащения.

Отдельное внимание отдается электросепарации.

Для сепарации материала, в котором частицы отличаются своей электропроводимостью, применяются барабанные и камерные аппараты, в которых разделение осуществляется в электрическом поле высокой напряженности, а зарядка частиц происходит в поле коронного разряда [1-9] или с помощью трибозарядки [8, 10].

Расслоение минералов в аппаратах данного типа происходит под действием кулоновской, пондеромоторной, гравитационной, центробежной сил, сил сопротивления среды определяющих траекторию движения частиц. [8, 9, 11, 12].

В промышленных условиях опробованы и работают зарубежные сепараторы типа "Лурги", "Хадсон", "Карпенгер", "Карпко" и др. [10, 13, 14]. Эти сепараторы эффективно работают на крупнозернистом материале (больше 0,2 мм). Недостатком сепараторов является их небольшая производительность. Так, производительность электросепараторов "Карпко" (США) на материале минус 2,4 плюс 0,063 мм составляет 0,75-2,5 т/ч, сепараторов "Рapid" (Великобритания) – до 1,8 т/ч, сепараторов ЭКС-1250 (Россия) – 2 т/ч, СЭС-2000 – 4 т/ч [13, 14].

Барабанные электросепараторы предназначены для обогащения материала крупностью от 0 до 4 мм с поверхностной влажностью до 1%. Конструкции промышленных барабанных сепараторов определяются характеристикой обрабатываемых материалов, количеством необходимых перечисток, заданной производительностью и др.

Большая часть обрабатываемых материалов нуждается в двух-трех перечистках, поэтому промышленные сепараторы конструируются из нескольких последовательно соединенных между собой по вертикали секций, отвечающих технологической схеме обработки сепарируемых материалов.

Барабанные коронные сепараторы типа ПС-1 эффективны для обогащения фракций, с нижним пределом крупности 0,070-0,050 мм. Разделение более тонких частиц затруднено из-за адгезионного налипания их на барабан, а также коагуляции в сепараторе [15-17]. Кроме того, удельная производительность коронных барабанных сепараторов, из-за необходимости подачи материалов в ра-

Магнітна і електрична сепарація

бочую зону монослоем, ограничена 2...2,5 т/м²ч.

Если содержание ценного компонента в мелких фракциях выше, чем в исходном продукте, то с помощью коронных сепараторов можно в ряде случаев получать (за счет выделения этих фракций) высококачественные концентраты.

При обогащении гранатсодержащего сырья нашли применение камерные электросепараторы. Процесс разделения частиц в сепараторах данного типа обуславливается действующими на них электрическими и механическими силами. В отличие от барабанных сепараторов, в этом случае не используются электропроводность и центробежная сила. Перемещение частиц обрабатываемого материала в сепараторе осуществляется за счет свободного падения.

Для разделения сыпучих материалов крупностью 0-8мм, с большим содержанием пылевидных частиц, разработан коронный камерный сепаратор ИГДАН [18-21].

Особенность сепаратора этого типа является наличие специальных электродов, обеспечивающих создание сильного электрического поля, а также большая удельная производительность и высокая эффективность. Принцип работы аппарата заключается в следующем. Из бункера обрабатываемый материал поступает в лоток. На конце лотка закреплена насадка, выполненная в виде зигзагообразной или прямоугольной щели, с несколькими полками, обеспечивающими подачу частиц материала в сепаратор тонким равномерным слоем с минимальными начальными скоростями падения. Ширина выходной щели насадки лотка регулируется. Лоток в целом может передвигаться в горизонтальном направлении. При этом осуществляется перемещение слоя обрабатываемого материала в межэлектродном пространстве сепаратора. Внутри каркаса на проходном изоляторе укреплен коронирующий электрод в виде металлической рамки, на которой горизонтально натянуты проволоки диаметром 0,2-0,6 мм. Против коронирующего электрода установлен заземленный комбинированный электрод, состоящий из перфорированного сплошного электрода. Эффективная высота его регулируется при помощи съемных плоскостей. Для сбора продуктов сепарации в нижней части каркаса установлены приемники.

В сепараторах с комбинированными электродами, наряду с электрическими силами, используется также электрический ветер, способствующий: обдувке обрабатываемых материалов (при котором мелкие частицы более полно отделяются от крупных), очистке перфорированной части комбинированного электрода от оседающей на ней пыли и интенсивному перемещению мелких частиц в межэлектродном пространстве сепаратора.

Электрический ветер, образуется при ионизации газа вне чехла короны, действует в сепараторе в направлении, перпендикулярном падению частиц, смягчает их удары при падении и уменьшает пылеобразование.

Перспективной может быть пневмоэлектрическая сепарация (ПЭС) предложенная итальянскими учеными и опробованная на некоторых рудах. Преимущество метода состоит в том, что появляется возможность разделения в электрических полях неклассифицированного материала.

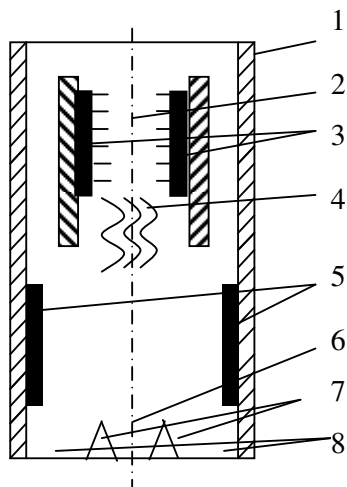
Профессором Карта изготовлены сепараторы "Электроцикложет" различ-

Магнітна і електрична сепарація

ных конструкций и опробованы на рудах, содержащих минералы, с различной электропроводностью. Отрицательное влияние тонких классов на процесс обогащения в этих аппаратах сведено к минимуму, если измельченную руду предварительно освободить от глинистых составляющих [8].

По принципу "Электроцикложет" институтами Уралмеханобр и Свердловским горным созданы электрические сепараторы проточного типа [22].

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 (рисунок) [23].



Пневмоэлектрический сепаратор конструкции Уралмеханобр:
1 – корпус; 2 – канал ионизации; 3 – коронирующие электроды;
4 – электрод контактной электризации; 5 – отклоняющие электроды;
7 – делительные перегородки; 6, 8 – выпускные отверстия

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 или трибоэлектризацией на профилированном электроде 4. Заряженные частицы разделяются в электростатическом поле отклоняющих электродов 5. Готовые продукты выводят из процесса через выпускные отверстия 8, а промпродукт – через выпускное отверстие 6, между делительными перегородками 7.

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

Магнітна і електрична сепарація

скоростью 10-15 вместо 1-2 м/с на барабанных сепараторах, позволяет значительно повысить удельную производительность обогатительного агрегата.

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. Исследования показали, что уменьшение влажности воздуха с 70 до 25...30% при одновременной подсушке исходной руды позволяет повысить содержание граната в концентрате на 7...9% [22]. Существенное влияние на процесс сепарации оказывает содержание граната в исходном продукте. Эффективность процесса снижается при резком преобладании вредной примеси: железистых минералов или кварца.

Таким образом, основным недостатком разработанных сепараторов является низкая эффективность сепарации из-за малой вероятности контакта частицы с изменяющими ее заряд поверхностями. Это приводит к необходимости повторной сепарации одного из продуктов.

Список литературы

1. Электроциклон: А.с. 971475 СССР / **Л.М. Новиков, В.Б. Ведерников** (СССР). – № 245637/12; Заявл. 12.09.81; Оpubл. 19.11.82, Бюл. № 41. – 2 с.
2. Электроциклон: А.с. 633607 СССР / **Н.Л. Орлов, Ю.А. Измоленов** (СССР). – № 19876/21; Заявл. 23.11.76; Оpubл. 19.10.78, Бюл. № 43. – 4 с.
3. Электроциклон: А.с. 994011 СССР / **Л.И. Ященко, А.Е. Малыгин, В.А. Смирнов** (СССР). – № 235674/23; Заявл. 25.10.81; Оpubл. 19.02.83, Бюл. №5. – 2 с.
4. Электроциклон: А.с. 364346 СССР / **М.М. Яковенко** (СССР). – № 16849/23; Заявл. 12.05.70; Оpubл. 11.10.72, Бюл. № 5. – 4 с.
5. **Волкова З.В., Жусь Г.В., Кузьмин Д.В.** Диэлектрическая сепарация. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
6. **Таггарт А.Ф.** Справочник по обогащению руд полезных ископаемых. – М.: Металлургиздат, 1952. – 450 с.
7. **Карт М.** Совершенствование процесса электрического разделения руды. – М.: Наука, 1968. – 105 с.
8. **Месеняшин А.И.** Электрическая сепарация в сильных полях. – М.: Недра, 1978. – 234 с.
9. **Верещагин И.П.** Динамика дисперсных систем. – М.: Недра, 1977. – 305 с.
10. **Плаксин Н.Н., Олофинский Н.Ф.** Сепарация тонковкрапленных железных руд электрическим и сухим магнитным методом. – М.: Наука, 1966. – 200 с.
11. **Олофинский Н.Ф.** Электрические методы обогащения. – М.: Недра, 1970. – 549 с.
12. **Ангелов А.Н., Верещагин И.П., Ершов В.С.** Физические основы электрической сепарации. – М.: Недра, 1983. – 267 с.
13. **Карт М., Феррара** Электрическая сепарация // Тр. Междунар. конф. "VII Конгресса по обогащению полезных ископаемых". – Л., 1968. – Т. 1. – С. 5-8.
14. **Плаксин Н.Н., Олофинский Н.Ф., Норкин В.В.** Электросепарация железных руд. – М.: АН СССР, 1972. – 209 с.
15. **Олофинский Н.Ф.** Теория и практика сепарации в электрическом и магнитном полях. – М.: Наука, 1972. – 204 с.
16. **Плаксин Н.Н., Олофинский Н.Ф.** Новые направления глубокого обогащения тонковкрапленных железных руд. – М.: Недра, 1974. – 135 с.
17. **Олофинский Н.Ф.** Электросепарация угольной мелочи и некоторых минералов. – М.: Углетехиздат, 1957. – 157 с.

Магнітна і електрична сепарація

18. **Плаксин И.Н., Олофинский Н.Ф.** К вопросу электросепарации угольной мелочи // Тр. ИГД им. А.А. Скочинского. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1957. – Т.IV. – С. 15-23.

19. **Плаксин И.Н., Олофинский Н.Ф., Новикова В.А.** Сепарация тонкодисперсных материалов. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1966. – 84 с.

20. **Плаксин И.Н., Олофинский Н.Ф.** Сепарация тонковкрапленны железных руд электрическим и сухим магнитными методами. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1966. – 156 с.

21. **Олофинский Н.Ф.** Новые направления в изучении процессов разделения мелких классов руд и углей в электрическом и магнитном полях // Научные сообщения ИГД АН СССР. – М.: Госгортехиздат, 1960. – Вып. VI. – С. 35-38.

22. **Карга М., Феррара Г., Дельфа К., Чикку Р.** Электрическая сепарация тонкоизмельченных руд во взвешенном состоянии, в газовой среде с зарядкой частиц ионизацией или трением // Тр. Междунар. конф. "VII Конгресса по обогащению полезных ископаемых". – Л., 1968. – Т. 2. – С. 12-16.

23. **Мулявко В.И., Олейник Т.А., Ртищев А.Б.** Электрическая сепарация тонкоизмельченных руд // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2006. – Вип. 25(66)-26(67). – С. 78-83.

© Мулявко В.И., Олейник Т.А., Складар Л.В., Кушнирук Н.В., 2010

*Надійшла до редколегії 18.09.2010 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*