

В.П. МЯЗИН, д-р техн. наук

(Россия, Чита, Забайкальский государственный университет)

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТРУДНООБОГАТИМЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящее время электродинамическая сепарация (ЭС) получила практическое применение для выделения цветных металлов крупностью +40 мм и выше из твердых бытовых отходов. Разработаны конструкции электродинамических сепараторов в ряде ведущих стран, например в России, США, Японии для сортировки и выделения крупных фракций.

Электродинамическая сепарация в принятой классификации по обогащению полезных ископаемых отнесена к числу комбинированных магнитных процессов [2].

Теория электродинамической сепарации основана на использовании фундаментальных уравнений классической электродинамики (Лоренца-Максвелла) [4], выведенная в конце 19 – начало 20 вв. При этом сила действующая на заряженную частицу в электромагнитном поле имеет вид:

$$F = eE + e/c [VB],$$

где e – заряд частицы; E – напряженность электрического поля; C – скорость света; B – магнитная индукция; V – скорость заряженной частицы относительно системы координат.

Сила электродинамического взаимодействия электропроводящих частиц с магнитным полем зависит от проводимости материала и изменения градиента напряженности во времени. Она (при прочих равных условиях) тем выше, чем выше отношение проводимости материала (σ) к плотности (ρ). Основная идея, положенная в основу процесса эффективного выделения мелких труднообогащаемых частиц в электродинамических сепараторах, заключалась в управлении траекториями их движения на основе создаваемых сил электромагнитного взаимодействия импульсного поля с возбуждаемым магнитным моментом электропроводящих частиц.

Для практической реализации процесса электродинамической сепарации от полученных классических уравнений электродинамики потребовалось более 70 лет. В России работы по применению электродинамической сепарации для сортировки и выделения крупных электропроводящих частиц из транспортирующего массопотока были впервые проведены в институтах – физики им. Л.В. Киренского СО РАН, гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, сильноточной электроники СО РАН. Однако реализовать процесс электродинамической сепарации для извлечения мелких классов ценного компонента в ин-

Магнітна і електрична сепарація

дукторе трехфазного линейного двигателя на основе вращающегося магнитного поля не удавалось. Для решения этой проблемы в дальнейшем исследователями предлагалось перейти к использованию импульсных систем на основе бегущих магнитных полей. Однако для их реализации требуется разработка способа и устройства для генерации импульсного поля в индукторе сепаратора.

Анализ типовых систем для получения импульсных магнитных полей [1] показал, что их построение базируется на основе четырех основных подсистем (рис. 1).

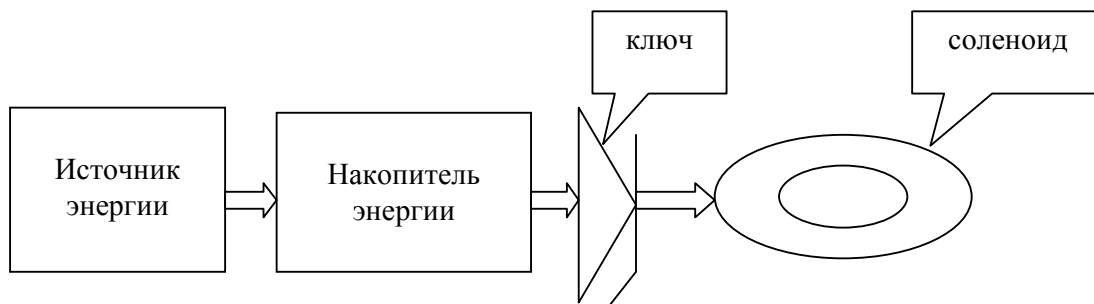


Рис. 1. Блок-схема системы получения импульсных магнитных полей

Источником энергии служат высоковольтные генераторы постоянного тока. В качестве накопителей энергии чаще всего используют специальные высоковольтные конденсаторы большой емкости. Ключами управления служат мощные быстродействующие тиристоры. Накопленная за короткое время в конденсаторах энергия при открывании ключа поступает в соленоид. За счет этого генерируется короткий импульс мощного магнитного поля.

Преимущество данных систем заключается в том, что запасенная энергия в них выделяется за очень короткий промежуток времени. Потребление электроэнергии импульсными магнитными системами значительно меньше, чем электромагнитами с непрерывной генерацией полей. Они позволяют получать рабочие параметры поля, значительно превосходящие значения, генерируемые трехфазными линейными двигателями.

Зарядка батареи конденсаторов до требуемых параметров осуществляется (рис. 2) через диод 1 и дроссель 3. После зарядки батареи конденсаторов с генератора 2 поступает сигнал на открытие тиристора 4 за счет чего, конденсаторы 5 разряжаются через индуктор 7.

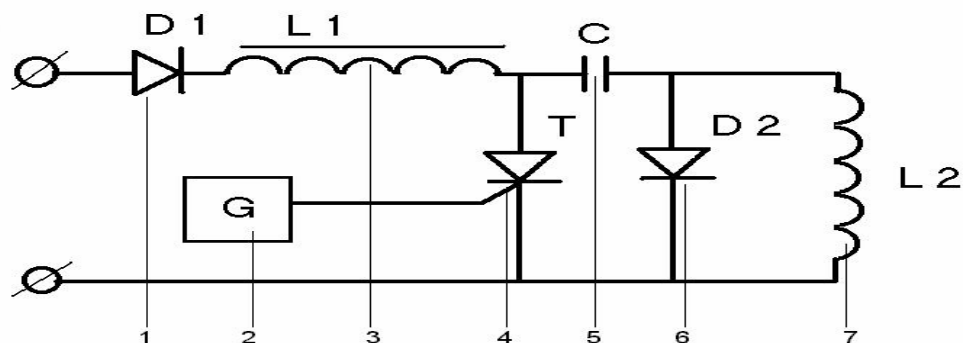


Рис. 2. Принципіальна схема джерела живлення експериментальної установки:
 1 – випрямляючий діод; 2 – генератор управління тиристором; 3 – дросель;
 4 – комутуючий тиристор; 5 – батарея конденсаторів;
 6 – шунтуючий діод; 7 – індуктор

Это перспективное направление работ по генерации эффективных магнитных полей было принято в качестве основного при проведении дальнейших исследований на обогатимость труднообогатимых металлоносных песков россыпных месторождений, поскольку наличие мелких классов ценного компонента – 0,25 мм в песках не позволяет эффективно извлекать их в гравитационных аппаратах. По разным оценкам технологические потери мелких классов золота на драгах и промприборах могут достигать до 50% [3].

Принципиальная схема экспериментальной установки для выделения электропроводящих частиц из металлоносных песков приведена на рис. 3.

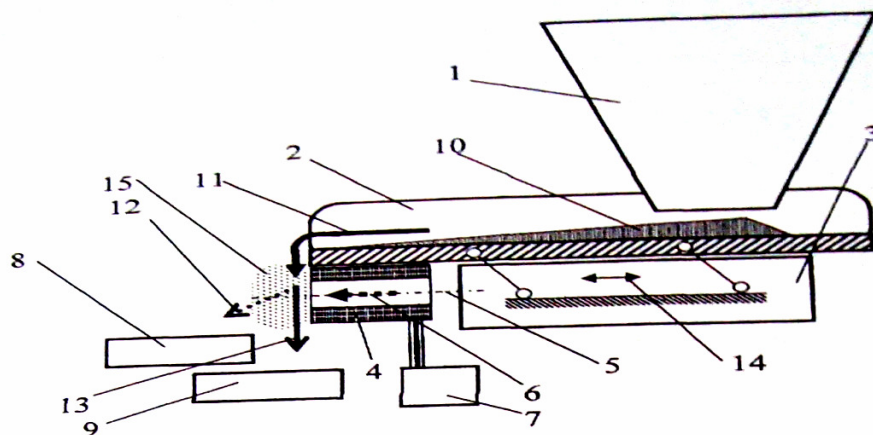


Рис. 3. Схема експериментальної установки електродинамічного розділення мінералів в імпульсному магнітному полі:
 1 – загрузочна ємкість; 2 – вібраційний живитель; 3 – опорна рама;
 4 – індуктор; 5 – вісь індуктора; 6 – напрямлення вектора магнітної індукції;
 7 – джерело живлення обмоток індуктора; 8 і 9 – прийомні ємкості для продуктивної і непродуктивної фракції; 10 – розділювана суміш малих мінеральних частиць;
 11 – напрямлення транспортованого масопотока; 12 – електропровідні частинки металу;
 13 – непровідні частинки металу; 14 – вібраційний живитель;
 15 – робоча зона індуктора

Магнітна і електрична сепарація

Лабораторний сепаратор снабжен специальной системой масляного охлаждения индуктора. Для генерирования импульсного поля в индукторе установки использована электрическая схема (рис. 4).

С целью повышения скорости движения мелких электропроводящих частиц в бегущем магнитном поле и ее сохранением индуктор лабораторного сепаратора выполнен в виде двух бескаркасных цилиндрических катушек, в которых импульсы тока сдвинуты по фазе. Отдельные элементы и механическая часть лабораторной установки изготовлены из органического стекла и текстолита.

Генераторы импульсных напряжений (ГИН) выполнен таким образом, что он содержит два однотипных канала. Причем дополнительный второй канал генератора предусматривает запуск сигнала с задержкой относительно первого.

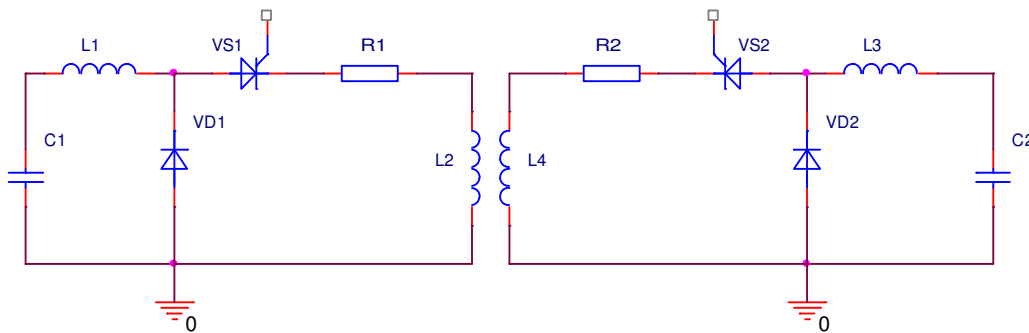


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема, используемая в блоке генератора импульсных напряжений

Методика проведения экспериментов при генерации импульсного бегущего магнитного поля в индукторе сепаратора заключалась в следующем.

Подготавливались образцы из золотин плоской формы крупностью от +0,05 мм до -0,5 мм. Стендовые испытания проводились на искусственной песчаной смеси при различном содержании ценного компонента. Соотношение количества металлоносных частиц в песковой фракции составляло 1:10.

Результаты лабораторных опытов представлены в виде сепарационной характеристики электродинамического извлечения ценного компонента (труднообогатимых золотин плоской формы) из металлоносных песков при изменении зарядного напряжения от 750 до 2000 В представлены на рис. 5.

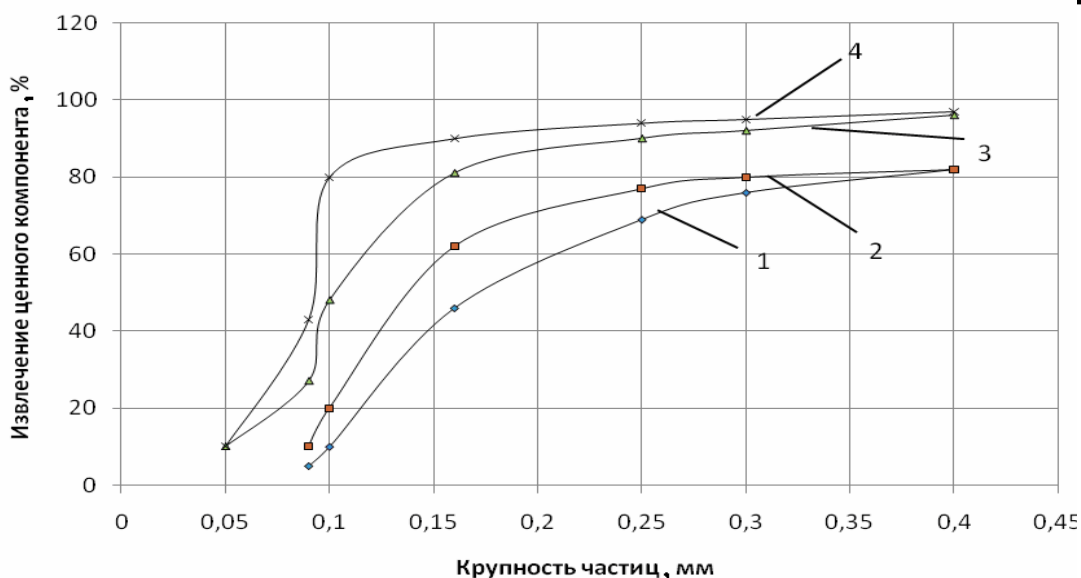


Рис. 5. Сепарационные характеристики, демонстрирующие степень извлечения золотин различной крупности при различной величине напряжения, В:
1 – 750; 2 – 1000; 3 – 1500; 4 – 2000

Полученные положительные результаты (рис. 5) позволяют заключить, что начиная с класса крупности +0,15 мм степень извлечения существенно зависит от величины питающего напряжения и находится в диапазоне от 43 до 80%. Причем для характерного класса крупности ценного компонента в металлоносных песках более 0,25 мм извлечение может достигать значений в диапазоне от 70 и 90%. Для выявления оптимальных режимов электродинамического извлечения мелкого золота из металлоносных песков требуется проведение дальнейших исследований.

Таким образом, импульсный способ генерации бегущего магнитного поля, открывает новые возможности использования электродинамической сепарации для обогащения труднообогатимых металлоносных песков россыпных месторождений.

Пример возможной реализации электродинамической сепарации в технологической линии обогащения россыпных месторождений представлен на рис. 6. Исходные пески после предварительной дезинтеграции и грохочения, магнитной сепарации, классификации поступают в виде отдельных потоков на гравитационное обогащение и электродинамическую сепарацию. Реализация процесса одно- и многостадийной электродинамической сепарации песков зависит от требований, предъявляемых к качеству получаемой готовой продукции. Выделенные концентраты поступают на дальнейшую плавку с целью получения слитка.

Магнітна і електрична сепарація

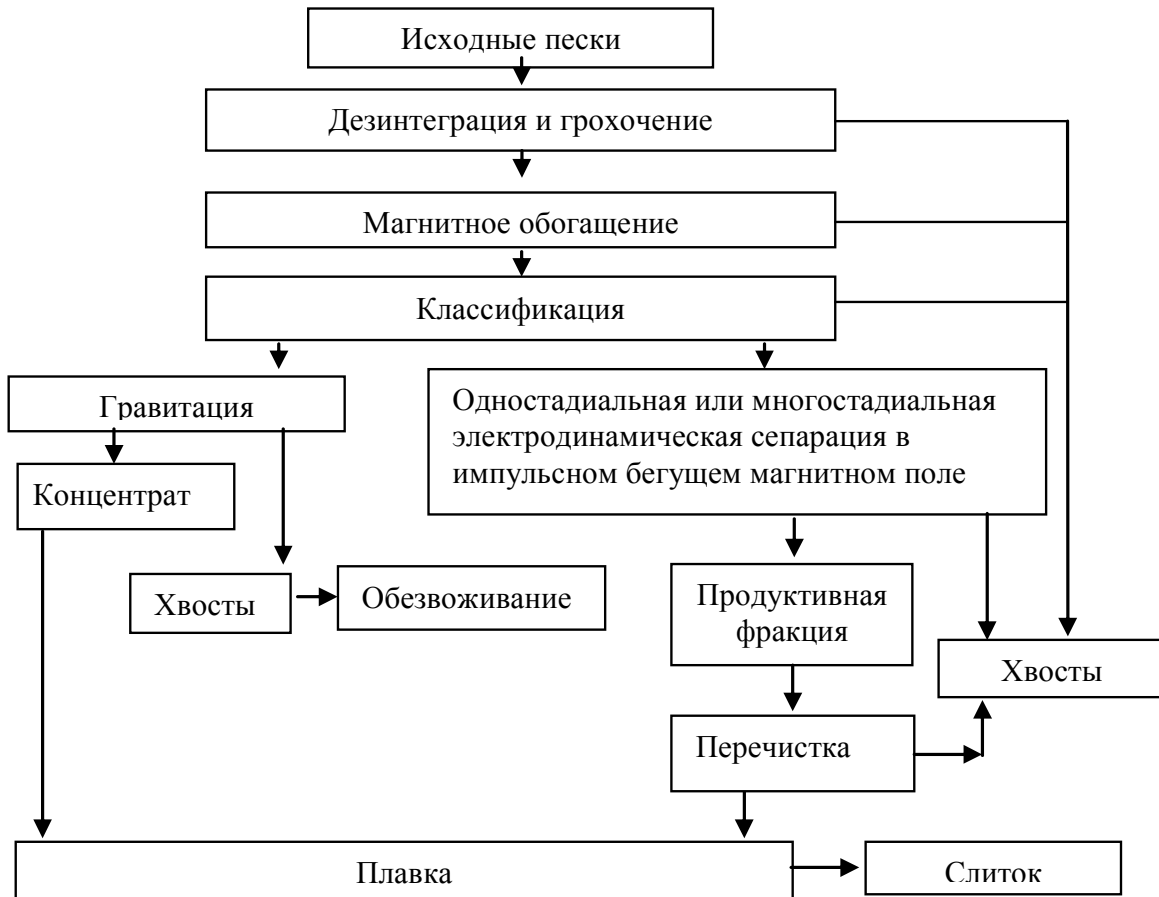


Рис. 6. Методологический прием реализации линий для обогащения труднообогатимых золотосодержащих песков на основе использования электродинамической сепарации

Список литературы

1. Брамер Ю.А., Пашук И.Н. Импульсная техника: учебник. – М.: Высшая школа, 1963. – 368 с.
2. Кармазин В.В., Кармазин В.И. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов. – М.: Наука, 2005. – Т.1. – 669 с.
3. Мязин В.П., Литвинцева О.В., Закиева Н.И. Технология обогащения золотосодержащих песков: уч. пособ. – Чита: ЧитГУ, 2006. – 269 с.
4. Физический энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. энциклопедия, 1984. – 944 с,

© Мязин В.П., 2012

*Надійшла до редколегії 10.02.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*