

*А.Б. Иванов, канд. техн. наук, И.А. Кириллов канд. техн. наук, С.И. Федоров
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА В СЛАБОМАГНИТНЫХ РУДАХ

Введение. Для управления качеством продуктов обогащения необходимо осуществлять контроль вещественного состава исходного материала и продуктов обогащения. К основным показателям качества обогащаемого сырья, которые необходимо контролировать в процессе обогащения, относится доля полезного компонента в обогащаемом материале (концентрация полезного компонента). Большое многообразие методов определения концентрации полезного компонента, а также большое количество аппаратных средств для их реализации привели к необходимости обоснования метода определения полезного компонента при обогащении слабомагнитных руд и выборе средств для его реализации.

Цель работы – обзор существующих методов определения концентрации полезного компонента в слабомагнитных рудах, выбор оптимального метода и на его основе создание устройства для применения в технологии обогащения марганца (Марганецкий обогатительный комбинат).

Анализ достижений и публикаций. В ряде источников описаны различные методы определения концентрации полезного компонента в рудах, отличающиеся как по использованию различных физических свойств исследуемого материала, так и по используемым аппаратным средствам. Приведем краткие характеристики наиболее широко используемых при определении концентрации полезного компонента методов и приборов. До настоящего времени наиболее распространенными методами контроля концентрации полезного компонента в рудах являются методы химического анализа, которые принято считать “абсолютными методами”. Методы химического анализа основаны на исследовании протекания химических реакций и изучении продуктов получившихся в их результате и дают возможность непосредственно оценить массу веществ вступивших в реакцию. Химическая реакция служит основой для проверки всех прочих методов анализа и критерием возможности их применения [1]. Однако эти методы являются трудоемкими и не всегда обеспечивают своевременность контроля, так как даже “ускоренный” и упрощенный химический анализ занимает от одного до четырех часов [2]. При таком времени анализа весьма затруднительно применение этого метода для управления и контроля за технологическим процессом, так как за время необходимое для проведения анализа, материал из которого были взяты пробы, пройдет весь технологический процесс. Кроме методов химического анализа, в цветной и черной металлургии к стандартизованным методам определения вещественного состава продуктов обогащения относятся: гравиметрический, титриметрический, потенциометрический, полярографический, фотометрический, атомно-абсорбционный и некоторые другие. Все эти методы находят применение на обогатительных фабри-

ках для контроля концентрации компонентов (металлов и их соединений) в товарных концентратах и продуктах обогащения руд. Данные о применении этих методов и области их применения для определения конкретных компонентов в рудах, а также основные их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Данные о применении стандартизованных методов и области их применения для определения конкретных компонентов в рудах.

Принципы анализа	Метод анализа	Определяемые компоненты	Содержание определяемых компонентов	Достоинства методов анализа	Недостатки методов анализа	Время проведения анализа
1	2	3	4	5	6	7
Химические методы	Гравиметрический	Mo, WO ₃ S SiO ₂ , MgO, Au, Ag	45-60 10-40 0.2-32	Точность, низкие затраты, отсутствие необходимости в градуировке.	Относительно большое время анализа и подготовки проб.	60-300 мин.
	Титриметрический	Cu,Pb,Zn, As,Cd Fe,Sn,MnO	3-73 0,1-10	Большое число контролируемых компонентов	Необходимость химической лаборатории и обслуживающего персонала	5-30 мин.
Физико-химические методы	Фотометрический	Mo,Co,Bi, Ni.As,Sb	0,001 -1 0,1 -5	Дешевизна и быстрота	Необходимость в подготовке до 11 эталонных растворов и построении тарировочных графиков.	3-15 мин.
	Фотокалориметрический	SiO ₂ , Mn,Al ₂ O ₃	0,1 -5	Более 35% всех компонентов в цветной металлургии.		
	Калориметрический	P,Sn,Wo ₃ , F,Fe,Au				
	Полярно-графический	Cu,Pb,Zn, Cd, Sb,Bi	3-5 0,005 -0,5	Для малых содержаний до 3%.	Определение содержания Cu,Pb,Zn,Cd до 3%.	4-30 мин.
	Потенциометрический	As, F	0,01-0,5 0,05-5		Только для определения As и F.	4-30 мин.
Физические методы	Атомно-абсорбционный	Cu,Pb,Zn, MnO, CaO Au,Ag	0,01-10 0,03-18 0,5-5	Наиболее дешевый и быстрый.	Определение примесей в концентратах.	3-10 мин.

Основными недостатками указанных методов анализа являются трудоемкость и длительность подготовки пробы к измерению, необходимость в химической лаборатории и квалифицированном персонале. Кроме этого, все приведенные в таблице методы требуют предварительной подготовки пробы, которая сводится к переводу ее в растворимую форму с помощью минеральных кислот и других реагентов. При этом качество анализа во многом зависит от используемых реактивов, а также от ошибок и погрешностей допущенных персоналом лаборатории при проведении исследований. Данные таблицы 1 показывают, что

наиболее быстрыми по времени анализа и дешевыми из указанных методов являются фотометрический и атомно-абсорбционный. Однако этими методами возможно определение только малого содержания компонентов. Так фотометрическим методом возможно определение концентрации Mn максимум до 2% , а атомно-абсорбционным концентрацию MnO до 18%, возможности определения концентрации других минералов ограничены 5-7 % [3].

Необходимость в создании менее трудоемких и более оперативных методов контроля концентрации полезного компонента обусловила разработку и применение новых методов и видов анализа, таких как радиометрические, рентгеноспектральные, магнитометрические методы, гамма-метод и другие [4].

В настоящее время для контроля содержания металлов в руде и продуктах обогащения наибольшее распространение получили рентгеноспектральный анализ (РСА) и рентгенорадиометрические (РРМ) методы анализа [5]. РСА является методом, основанным на анализе атомных спектров. Универсальность устройств на основе РСА, сравнительно высокая воспроизводимость, простота подготовки проб к анализу, возможность автоматизации, а также относительно малое время на его проведение позволила использовать этот метод для контроля за содержанием металлов на обогатительных фабриках. Однако в состав измерительных комплексов на базе РСА входят сложные системы для отбора и подготовки проб. К недостаткам рентгеновских спектрометров и рентгеновских анализаторов относятся также их громоздкость, необходимость в больших технологических площадях, высокие рабочие напряжения, сложность в эксплуатации и высокая стоимость оборудования [6]. Эти недостатки отсутствуют при использовании рентгенорадиометрических (РРМ) методов анализа, где в качестве источника первичного излучения используют радиоизотопы и регистрируют вторичное излучение с помощью регистрирующей аппаратуры. Анализаторы, основанные на использовании этих излучений, имеют ряд преимуществ – быстрота измерений и измерение без непосредственного контакта. К основным недостаткам этих методов относится опасность для человека используемых излучений, вследствие чего необходимо специальное оборудование, управляющее экранами, шторками и плитами из поглощающих материалов, а также в необходимость в толстостенной защитной оболочке из материала, снижающего интенсивность прохождения излучений. Кроме этого к недостаткам этих методов можно отнести, то что материал, прошедший облучение, сам становится радиоактивным.

Для контроля содержания полезных компонентов, в последние годы, наряду с рентгеноспектральным и рентгенорадиометрическими методами анализа широкое применение находят методы, использующие постоянные и переменные электрические и магнитные поля. К ним относятся магнитный анализ, электрическая осциллометрия, парамагнитный метод, методы с использованием масс-спектрометра Деметера, ядерно-магнитный резонанс, ферромагнитный метод и другие.

Магнитный анализ применяется для изучения состава руд содержащих магнитные материалы, и для контроля работы магнитных сепараторов. Изменяя напряженность магнитного поля между полюсами электромагнитов, возможно,

разделить руду по фракциям с различной магнитной восприимчивостью. Магнитный анализ проводится в лабораторных условиях с помощью магнитных сепараторов (235А-СЭ, 22-СЭ и др.) и магнитных анализаторов (СИМ-1, 138СЭМ и др.). Несмотря на то, что магнитный анализ позволяет определить содержание магнитного компонента в исходной пробе, проведение такого анализа требует специального оборудования и возможно только после отбора и подготовки проб (измельчения до необходимых размеров и деления на классы). Необходимость в специальном оборудовании, лабораторных помещениях, затратах времени на подготовку проб к анализу, не дает возможности применять этот метод для автоматических систем управления и контроля за технологическим процессом.

Для минералов обладающих магнитными свойствами применяются метод Гуи, который дает возможность определять не только магнитную восприимчивость, но и удельную намагниченность, однако предусматривает необходимость использования специальных, технически сложных установок.

Выполнение контроля концентрации полезного компонента с помощью указанных методов требует значительных затрат времени, наличия сложной аппаратуры и оборудования для их проведения и обеспечения повышенных мер радиационной- и электробезопасности для обслуживающего персонала.

Этих недостатков лишены методы, использующие индуктивные, конденсаторные, или волноводные датчики, подключенные к источнику напряжения с частотой до нескольких гигагерц. По изменению параметров этих элементов (емкости, индуктивности, сопротивления) измеренных без образца и с образцом исследуемого материала в рабочей зоне, определяют магнитные и электрические параметры этого материала. Зависимость электрических и магнитных свойств материалов от процентного содержания металлических частиц дает возможность применять эти методы для определения концентрации полезных компонентов в рудах.

К преимуществам устройств основанных на применении этих методов относятся:

- возможность измерения бесконтактным способом;
- возможность непрерывного контроля концентрации полезного компонента на любой стадии процесса обогащения;
- относительная безопасность для обслуживающего персонала по сравнению с методами, использующими радиоактивные излучения и опасные для жизни людей химические реагенты;
- применение низких уровней рабочих напряжений;
- простота и экономичность;
- возможность миниатюризации, при которой размеры устройств определяются в основном размерами датчиков.

Методы, где применяются конденсаторные, индуктивные или волноводные датчики не новы, широкое применение они находят в электроразведке, индукционном каротаже, георадиоконтроле и т.д. Одним из наиболее эффектив-

ных и широко распространенных методов является индуктивный метод. Сущность этого метода заключается в том, что при внесении горной породы в электромагнитное поле происходит ее взаимодействие с этим полем. Эффективность метода зависит от электропроводности, магнитной и диэлектрической проницаемости породы находящейся в рабочей зоне датчиков. Более ранние попытки использовать этот метод для определения параметров горных пород и руд в силу недостаточной чувствительности измерительной аппаратуры дали положительный результат лишь для материалов с относительно высокой магнитной восприимчивостью, в частности железорудных материалов.

На основе этого метода НГУ был разработан экспериментальный образец высокочувствительного устройства для оперативного контроля концентрации полезного компонента в слабромагнитных рудах. Устройство чувствительно к относительному изменению частоты колебательного контура на уровне 10^{-7} .

С целью выяснения возможностей этого метода при определении концентрации слабромагнитных включений (например, минералов марганца в породе) были проведены испытания экспериментального образца устройства для определения концентрации на специально подготовленных марганцевых концентратах. Отобранные для экспериментальных исследований пробы с различным содержанием марганца вносились в зону действия датчиков, и на выходе измерительного тракта устройства регистрировался сигнал, величина которого зависела от концентрации полезного компонента в исследуемом материале. Измерения проводились в двух режимах: в статическом и динамическом (при движении пробы) режиме. Испытания показали, что сигнал на выходе устройства пропорционален концентрации марганца в пробе. На основании проведенных экспериментов установлено, что устройство может определять концентрацию слабромагнитного компонента с погрешностью менее 5% в статическом и динамическом режимах при скорости движения проб до 1м/с. в диапазоне концентраций 0-50%. На втором этапе испытаний было определено влияние влажности анализируемых проб одинаковой концентрации на выходной сигнал устройства. Полученные данные показали, что влажность практически не влияет на величину сигнала вплоть до полного насыщения проб водой.

Выводы.

С помощью индуктивного метода имеется возможность определять концентрацию полезного компонента в слабромагнитных рудах.

Влажность проб практически не влияет на величину сигнала, что позволяет использовать устройство для определения концентрации в технологических процессах как сухого так и мокрого обогащения, а также в процессах связанных с промывкой и высушиванием обогащаемого материала.

Возможно применение разработанных устройств для «экспресс-анализа» концентрации слабромагнитных руд в системах автоматизации технологических процессов обогащения слабромагнитных руд.

Список литературы

1. Ваньян Л.Л. Основы электромагнитных зондирований. – М.: Недра, 1965. –108 с.

2. Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. – М.: Недра, 1986. – 128 с.
3. Карпенко Н.В. Опробование и контроль качества. – М.: Наука, 1980. – 285 с.
4. Ржевский В.В. Носов В.В. О возможности определения содержания ферромагнитных минералов и железа в рудах с помощью магниточувствительных датчиков // Труды по физике. – М.: МГИ, 1968.
5. Ржевский В.В. Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1967. – 315 с.
6. Белаш В.А., Соседка В.Л. Прибор для определения магнитной восприимчивости слабомагнитных руд. // Горная электромеханика и автоматика. – 1969. – № 2.