

В диссертационный совет Д 212.233.01
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения»

ОТЗЫВ

официального оппонента к.т.н. Шibaевой Д.Н.

на диссертационную работу Баженова Ивана Николаевича «Метод и средства резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

1. Актуальность темы диссертации

В работе решена актуальная задача, направленная на повышение эффективности работы перерабатывающих производства за счет совершенствования системы анализа качественных характеристик рудной массы на различных этапах технологического цикла добычи и переработки.

2. Структура и содержание работы

Диссертация изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 23 рисунка и 8 таблиц, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (121 наименование, из них 12 с участием автора) и 2 приложений.

Во **введении** дана общая характеристика работы, ее актуальность, проведен анализ исследуемой научной задачи и обоснован подход к ее решению, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, определена научная новизна и практическая ценность полученных результатов, приведены научные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации, публикациях и реализации результатов работы.

В **первой главе** диссертации соискателем выполнен анализ современного состояния вопросов контроля массовой доли железа в магнетитовой руде. Показана целесообразность перехода к физическим методам анализа вещественного состава, в частности к индукционному методу контроля материалов с ферромагнитными компонентами. На основе сравнительного анализа существующих методов и средств индукционного контроля качества руды выявлены пути увеличения точности измерения и чувствительности приборов контроля магнитной восприимчивости материалов.

Физические основы индукционных методов измерения магнитной восприимчивости, а также методические аспекты их применения рассмотрены во **второй главе**. Установлено, что количественная оценка содержания железа в магнетитовых рудах реализуется точность индукционным косвенным методом измерения, которого ограничивается влиянием геометрического фактора, зависящего от конструкции измерительного зонда, взаимного расположения генераторной и приемной катушек в зонде, а также от величины зазора между зондом и поверхностью контролируемой среды.

Третья глава посвящена разработке модели измерительного зонда, позволяющей варьировать расположение генераторной и приемной катушек. Проанализированы варианты увеличения точности измерения и чувствительности приборов контроля магнитной восприимчивости руды. Показано, что усовершенствование метода резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, позволяющего при сравнительной простоте реализации, обеспечить универсальность высокочувствительного контроля рудной массы, за счет введения в конструкцию измерительного зонда двух компенсационных катушек, повышения ЭДС на приемной катушке посредством увеличения ее индуктивности и использования эффекта резонанса. Представлена экспериментальная проверка

ГУАП
№ 74-1111/18-1-0
от 28.04.2018



разработанного метода, свидетельствующая об эффективности предложенных решений - погрешность оперативного опробования руды не более 2,9%.

В **четвертой главе** на основании предложенного метода разработаны приборы индукционного контроля качества руды, и алгоритм резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде. Рассмотрено применение средств резонансного индукционного контроля в технологической схеме добычи, переработки и обогащения железной руды.

3. Научные результаты

В работе сформулировано и обосновано четыре научных положения. В *первом* из них предложена модель измерительного зонда с различным расположением генераторной и приемной катушек, позволяющая оценить влияние числа витков, геометрических размеров и расстояния между ними на чувствительность измерительного зонда. Установлено, что зонд с катушками, параллельными друг другу и ортогональными плоскости исследуемой поверхности, обладает большей (примерно в 1,5 раза) чувствительностью к изменению содержания железа по сравнению с зондом с соосными катушками, параллельными плоскости исследуемой поверхности.

Во втором научном положении, базирующемся на результатах первого, определившего возможности повышения чувствительности измерительного зонда, представлен метод резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, обеспечивающий увеличение чувствительности и точности контроля качества руды путем введения двух компенсационных катушек в конструкцию измерительного зонда, повышения ЭДС на приемной катушке за счет увеличения ее индуктивности и использования эффекта резонанса.

В третьем научном положении рассмотрен вариант реализации метода резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде - разработан прибор резонансного индукционного контроля качества руды с автоматической коррекцией погрешности в зависимости от изменения зазора между измерительным зондом и поверхностью рудной массы. Применение для этой цели ультразвукового датчика позволяет расширить диапазон размещения измерительного зонда над исследуемой средой от 2 до 100 см, который примерно на порядок превышает диапазон измерения существующих средств, применяемых для контроля качества рудной массы. Предложенное диссертантом решение позволяет в восемь раз повысить амплитуду сигнала на приемной катушке, обеспечив за счет этого снижение относительной погрешности измерения. Использование ультразвукового датчика позволило обеспечить инвариантность метода резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде к геометрическому фактору.

Результаты научной деятельности диссертанта, раскрытые *в четвертом научном положении* направлены на повышение достоверности индукционного контроля. Разработанный алгоритм резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, инвариантный к геометрическому фактору зондирующего элемента системы контроля, обеспечивает достижение обозначенной задачи за счет применения микропроцессорной обработки данных и формирования интегральной оценки, характеризующей количественный состав железа в рудной массе.

Достоверность научных положений, выводов и результатов, изложенных в диссертации, обеспечивается за счет анализа состояния исследований в области теории и практики опробования и непрерывного технологического контроля процесса обогащения руды, согласованности теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки, а также апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на международных и всероссийских научных конференциях.

4. Практическая ценность работы

Важным достоинством работы является то, что разработанные теоретические положения и алгоритмические решения, применяемые для неразрушающего резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде, доведены до вариантов приборов резонансного контроля. Подтвержденные актами использования и внедрения результатов диссертационной работы в деятельности НΠΑО «Научприбор» и НПФ «Спецмаш», патентами на изобретения и полезную модель.

5. Автореферат и печатные публикации

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание. По результатам работы самостоятельно и в соавторстве опубликовано 12 работ, в том числе 4 работы опубликованы в изданиях рекомендованных ВАК в которых изложены основные положения работы. Следует отметить наличие 2 патента на изобретения, 1 патент на полезную модель.

6. Замечания и пожелания по диссертационной работе

Несмотря на общую положительную оценку работы, имеются следующие замечания по диссертации:

1). Ряд представленных результатов, свидетельствующих о получаемом положительном эффекте, от предложенных диссертантом решений носят приближенный характер.

Например:

- параллельное расположение генераторной и приемной катушек в составе зонда позволяет примерно в 1,5 раза увеличить чувствительность к изменению содержания железа;
- применение резонансного режима работы приемной катушки индуктивности позволяет примерно в 8 раз повысить амплитуду измеряемого сигнала;
- применение резонансного режима работы позволяет увеличить абсолютные значения чувствительности примерно в 10 раз.

2). Оценка влияния погрешности, полученной при планировании качества руды, на величину общих годовых убытков носит также приближенный характер. Приведенные расчеты желательно было указать для конкретного предприятия и, по всей видимости, логичнее отнести к оценке эффективности внедрения разработанных технических решений при обосновании практической ценности работы.

3). Из текста диссертации не ясно, по какому критерию выбрана дискретность (в 1 см) компенсации влияния зазора между индукционным зондом и контролируемой средой, и ее связь с точностью измерения (пункт 4.2).

4). При описании эксперимента не указывается, по какому числу измерений они получены (величина выборки).

5). Наличие опечаток и формулировок, требующих дополнительной проработки.

Например:

- первое научное положение - модель измерительного зонда с различным расположением генераторной и приемной катушек, позволяющая оценить их взаимное влияние.
- третье научное положение - приборы резонансного индукционного контроля качества руды с автоматической коррекцией погрешности в зависимости от изменения зазора между измерительным зондом и поверхностью рудной массы.

7. Заключение по диссертации

Таким образом, несмотря на сделанные замечания, диссертация Баженова И.Н. «Метод и средства резонансного индукционного контроля массовой доли железа в магнетитовой руде» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научной и практической задачи, обеспечивающей повышение точности измерений и чувствительности аппаратуры, применяемой для оценки массовой доли железа в технологическом процессе переработки и обогащения магнетитовой руды. Представленная работа Баженова Ивана Николаевича по объему выполненных исследований и научной новизне,

полностью соответствует паспорту специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»; профилю диссертационного совета Д 212.233.01; требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства российской Федерации от 24 сентября 2-13 г., № 842, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор - Баженов Иван Николаевич заслуживает присуждению ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Официальный оппонент, научный сотрудник
лаборатории «Предконцентрации и рудоподготовки
минерального сырья» Горного института –
обособленного подразделения
Федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр РАН»,
кандидат технических наук

Шibaева
Дарья
Николаевна

Адрес: 184209, Мурманская область, Апатиты,
ул. Ферсмана, д. 24.
Телефон: 8-902-135-80-94
E-mail: shibaeva_goi@mail.ru

