

Список литературы

1. Одинцов, А. А. Повышение качества железорудного агломерата на основе разработки ресурсосберегающей технологии подготовки твердого топлива : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.16.02 / Одинцов Антон Александрович. — Новокузнецк : ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», 2015. — 23 с.
2. Мных, А. С. К вопросу оптимизации подготовки твердого топлива к тепловой обработке агломерационной шихты / А. С. Мных, И. Г. Яковлева, М. Ю. Пазюк // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. — Харьков : НТУ «Харьковский политехнический институт», 2015. — С. 56–63.
3. Борщев, В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы / В. Я. Борщев. — Тамбов : изд-во Тамбовского гос. технич. ун-та, 2004. — 75 с.
4. Коротич, В. И. Агломерация рудных материалов / В. И. Коротич, Ю. А. Фролов, Г. Н. Бездежский. — Екатеринбург : ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2003. — 400 с.
5. Мележик, Р. С. Исследование динамики валковой дробилки в процессе дробления материала / Р. С. Мележик, Д. А. Власенко // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического института. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2020. — Вып. 21 (64). — С. 94–100.
6. Власенко, Д. А. Уточненная методика определения энергосиловых параметров процесса измельчения в валковых дробилках / Д. А. Власенко // Вестник ДонНТУ. — Донецк : ГОУ ВПО «ДонНТУ», 2019. — № 3 (21). — С. 3–9.

УДК 62.21474

*Бубела А. И.
специалист по физике, инженер,
Бабак К. Ю.
науч. сотр.*

ООО «Технопарк „ Университетские технологии “», г. Донецк, ДНР

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ СУСПЕНЗИЙ ДЛЯ МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ

Рассмотрены основные факторы, влияющие на чувствительность магнитопорошкового контроля. В частности рассмотрены характеристики и параметры магнитопорошковых суспензий, и их влияние на чувствительность контроля. Проведен сравнительный анализ чувствительности экспериментальных суспензий на эффективность выявления искусственных поверхностных и подповерхностных дефектов контрольного образца МО-1. Наглядно продемонстрирована качественная эффективность магнитных порошков «Диагма» и «Крокус» в качестве основы для магнитных суспензий. Выполнена проверка эффективности суспензий, основанием которых являются ферромагнитные частицы $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 , находящиеся во взвешенном состоянии.

Ключевые слова: *магнитопорошковый контроль, магнитная суспензия, магнитный порошок, контрольный образец, дефект, чувствительность.*

Магнитопорошковый метод в системе неразрушающих методов контроля занимает одно из ведущих мест. Примерно 80 % из числа контролируемых ферромагнитных изделий проверяется магнитопорошковым методом [1–3].

Высокая чувствительность метода, его универсальность, относительно низкая трудоемкость контроля, наглядность результатов испытаний обеспечили методу широкое распространение в промышленности.

Магнитопорошковый контроль основан на притяжении магнитных частиц силами неоднородных магнитных полей, возникающих над дефектами в намагниченной детали, с образованием в зонах дефектов индикаторных рисунков в виде скоплений магнитных частиц.

Наличие и протяженность индикаторных рисунков регистрируют визуально, а также с помощью оптических приборов или автоматическими устройствами обработки изображений. Магнитопорошковый контроль позволяет обнаруживать поверхностные и подповерхностные дефекты типа нарушения сплошности металла: трещины различного происхождения, флокены, надрывы, расслоения и т. д. в деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов.

В качестве магнитных индикаторов для выявления дефектов и образования индикаторных рисунков, применяются сухие магнитные порошки или магнитные суспензии. Применение магнитных суспензий имеет ряд преимуществ по сравнению с сухими порошками и является основным способом применения магнитных частиц в промышленности. Жидкая фаза суспензии удерживает магнитные частицы у поверхности и является для них окружающей средой, которая позволяет им дрейфовать к полям рассеяния. Аэрозольное распыление суспензий получило наиболее широкое применение, т. к. аэрозольные баллончики с суспензией очень удобны для ручной обработки при контроле в полевых условиях.

Наиболее широкое применение получила простая водная суспензия — 25 ± 5 г магнитного порошка на 1 литр воды. Однако использование слишком жесткой воды может привести к коагуляции суспензии (слипанию частиц друг с другом) на поверхности детали, что затрудняет расшифровку результатов контроля. Для смягчения воды в нее добавляют поверхностно-активные вещества, снижающие поверхностное натяжение воды. Кроме того, в рецептуру суспензии могут входить антикоррозионные и антивспенивающие присадки. Основным недостатком водной суспензии — она непригодна для работы при отрицательных температурах, поэтому используют также суспензии керосиновые, масляные и керосино-масляные. Достоинством керосиновых суспензий является то, что керосин обладает очень хорошей смачиваемостью и проникающей способностью. Поскольку керосин является горючим материалом, то при использовании его в качестве основы суспензии запрещается циркулярное намагничивание электроконтактами — во избежание загорания суспензии при искрении в зоне электроконтакта.

Основу магнитного порошка составляют порошки железа или никеля или их окислов. «Железный» порошок состоит из частиц на основе окиси железа Fe_2O_3 или закись-окиси железа Fe_3O_4 , которые на 90–95 % содержат чистое железо. Размер частиц регламентирован и не должен превышать значение 50 мкм. На практике, размер магнитных частиц порошка в суспензии промышленного производства не превышает значение 10 мкм.

Целью настоящей работы было опробование экспериментальных магнитных суспензий на контрольном образце МО-1 и анализ их работоспособности по образованным индикаторным рисункам от искусственных дефектов. В качестве основы магнитных суспензий использовались черный магнитный порошок «Крокус», серый магнитный порошок «Диагма», а также экспериментальные взвешенные в керосине концентрированные магнитные суспензии $\gamma-Fe_2O_3$ и Fe_3O_4 . Размер частиц порошка «Диагма» составляет не более 5 мкм, а порошка «Крокус» — не более 30 мкм. Содержание железной составляющей в порошках не менее 90 %. Размеры частиц в концентрированных магнитных суспензиях составляет не более 10 мкм. Концентрация магнитных суспензий, в основании которых применялись порошки «Диагма» и «Крокус», составляла 25 г на 1 л керосина. Аналогичная концентрация магнитных частиц подбиралась для взвешенных концентрированных магнитных суспензий $\gamma-Fe_2O_3$ и Fe_3O_4 при предварительном разбавлении их керосином.

Намагничивание контрольного образца производилось с помощью портативного универсального электромагнита для магнитопорошкового контроля РМ-5 в режиме переменного магнитного поля в течение 5 с. Предварительно, поверхность контрольного образца МО-1 была очищена протиркой ветошью смоченной очистителем «Magnaflux Spotcheck SKC-S» и произведено распыление белого контрастного грунта «Magnaflux Magnavis WCP-2» для большего контраста индикаторного рисунка с фоном образца. Нанесение магнитной суспензии проводилось методом аэрозольного распыления.

В результате проведенных испытаний наиболее отчетливый рисунок индикаций был получен при использовании магнитного порошка «Диалма», с помощью которого были выявлены один поверхностный и один подповерхностный дефекты (рис. 1). Также стоит отметить, что данный магнитный порошок показал наибольшее время нахождения во взвешенном состоянии (порядка 7–10 минут) по сравнению с другими порошками.

Применение черного магнитного порошка «Крокус» также позволило выявить один поверхностный и один подповерхностный дефекты (рис. 2).

Применение порошков $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 взвешенных в керосине позволило отчасти выявить поверхностный дефект контрольного образца. Фотографии выявленных индикаций с применением $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 представлены на рисунках 3 и 4.



Рисунок 1 — Индикаторный рисунок дефектов образованный магнитной суспензией с применением серого магнитного порошка «Диалма»



Рисунок 2 — Индикаторный рисунок дефектов образованный магнитной суспензией с применением черного магнитного порошка «Крокус»



Рисунок 3 — Индикаторный рисунок дефектов образованный магнитной суспензией с применением порошка $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$



Рисунок 4 — Индикаторный рисунок дефектов образованный магнитной суспензией с применением порошка Fe_3O_4

Проведенный сравнительный анализ магнитных суспензий показал высокую эффективность магнитных порошков типа «Диалма» и «Крокус» при образовании индикаций от искусственных дефектов. Черный магнитный порошок «Крокус» показал несколько меньшую чувствительность к искусственным дефектам, по сравнению с порошком «Диалма» ввиду меньшего контраста и резкости индикаторного рисунка на контрольном образце МО-1. Магнитные порошки $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 показали недостаточную эффективность образования индикаторных рисунков от искусственных дефектов контрольного образца. На рисунках 3 и 4 индикация от поверхностного дефекта слабо или почти не выражена, так как применение абсолютно взвешенных магнитных суспензий не позволяет сформировать четкий индикаторный рисунок искусственных дефектов на объекте контроля.

Полученные результаты сравнительного анализа экспериментальных магнитных суспензий для магнитопорошкового контроля используются при подготовке специалистов неразрушающего контроля для всех отраслей промышленности Донбасса на базе Технопарка «Университетские технологии» [4].

Список литературы

1. Толмачев, И. И. Физические основы и технология магнитопорошкового контроля : учебное пособие. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 125 с.
2. Каневский, И. Н. неразрушающие методы контроля : учеб. пособ. / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова. — Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. — 243 с.
3. Физические основы методов неразрушающего контроля качества изделий : учеб. пособ. / В. Ф. Новиков, М. С. Бахарев, Д. Ф. Нерадовский [и др.] ; под ред. В. Ф. Новикова. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2010. — 96 с.
4. Сотников, А. Л. Подготовка специалистов неразрушающего контроля и испытательных лабораторий / А. Л. Сотников // Главный механик. — 2019. — № 12. — С. 52–57.