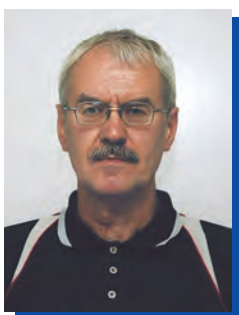


МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ



ТОЛМАЧЕВ Игорь Иванович

Канд. техн. наук, специалист III уровня по электрическому контролю, ООО «Аттестационный региональный центр специалистов неразрушающего контроля», Томск

Защита стальных металлических конструкций от коррозии включает в себя как активные методы защиты (катодная или протекторная защита, обязательные для подземных сооружений), так и пассивные методы, заключающиеся в применении всевозможных защитных антикоррозионных покрытий – лакокрасочных, пленочных, битумных и т.д. На этапе строительства любого подземного трубопровода перед засыпкой трубопровода грунтом проводится полный контроль целостности защитного покрытия на всем протяжении трубопровода. Обнаруженные сквозные нарушения изоляции ремонтируют и затем выполняют повторный контроль этих участков изоляции. Следовательно, речь идет об очень больших объемах контроля, который осуществляется с помощью высокочастотной электроискровой дефектоскопии. Качество проведения такого контроля определяется технико-экономическими показателями трубопровода, в частности временем его безопасной эксплуатации. Цель данной статьи заключается в анализе технологии практического применения высокочастотной электроискровой дефектоскопии и состояния метрологического обеспечения этого вида контроля.

Важнейшим разделом процедуры дефектоскопии (ультразвуковой, вихретоковой, магнитной и, конечно, электроискровой) является настройка порога срабатывания дефектоскопа с применением метрологического обеспечения – стандартных образцов (СО), стандартных образцов предприятия (СОП) или настроечных образцов (НО). Поскольку физические основы методов дефектоскопии различны, метрологическое обеспечение для них тоже весьма различается по параметрам и условиям применения. Как правило, в соответствующих ГОСТах можно найти такой важный параметр, как **минимальные размеры обнаруживаемого дефекта**. В зависимости от метода контроля это могут быть объем внутреннего дефекта, глубина поверхностного дефекта, раскрытие поверхностного дефекта и т.д. Соответственно, минимальные размеры обнаруживаемого дефекта определяют **физический порог чувствительности метода**. Выявление дефектов меньшего размера не гарантировано. При этом следует понимать, что выявление дефектов на уровне порога чувствительности метода предъявляет очень высокие требования к свойствам объекта контроля (параметры материала детали, форма, шероховатость, геометрия дефекта), условиям контроля, параметрам оборудования. Такой уровень чувствительности на практике реализовать сложно.

Поэтому в практической деятельности в задачах дефектоскопии очень важно установить **минимальные размеры выявляемого дефекта** для конкретного случая с учетом свойств детали и параметров применяемого оборудования. То есть необходимо ответить на простой вопрос: каков минимальный размер дефекта, который выявляет выбранное нами оборудование (при рекомендованных режимах контроля) на детали с заданными свойствами? Как правило, этот размер будет несколько выше физического порога чувствительности. Для обеспечения этого **важнейшего** условия контроля необходимо использовать настроечный образец (НО) с известным параметром дефекта (дефектов). Процедура

настройки позволяет установить регулятор «Чувствительность» на лицевой панели прибора (либо соответствующий параметр в меню прибора на дисплее) в положение, гарантирующее при проведении контроля выявление дефектов, размер которых равен или превышает заранее оговоренный размер дефекта.

В настоящее время для электроискровой дефектоскопии выпускается серийно и применяется значительное количество дефектоскопов (российских и зарубежных), различающихся диапазоном испытательных напряжений и набором электродов. При подготовке приборов к работе и проведении контроля необходимо установить испытательное напряжение в зависимости от типа и толщины диэлектрического покрытия. Эта процедура, как правило, не вызывает затруднений, поскольку действует значительное количество отраслевых нормативных документов, позволяющих правильно выбрать данный параметр контроля [1–23]. Наиболее часто встречается норма испытательного напряжения 5 кВ/мм [2–6, 9, 12–18, 20]. Возможен вариант 5 кВ/мм + 5 кВ для некоторых типов покрытий [1, 3, 10, 12, 19]. В ГОСТ 9.602–2016 [14] для однослойных эпоксидных покрытий и СП 42-102.2004 [15] для битумных мастичных покрытий дана рекомендация 4 кВ/мм. В ОТТ-25.220.01-КТН-097–16 [8] дана рекомендация 6 кВ/мм. В европейских стандартах [21, 22] испытательное напряжение в вольтах устанавливается по формуле

$$U = M\sqrt{T},$$

где T – толщина покрытия, мм; M – справочный коэффициент, зависящий от диапазона контролируемых толщин. Определение фактической толщины покрытия также не вызывает затруднений, так как выпускается значительное количество моделей магнитных толщиномеров покрытия, основное назначение которых – измерение толщины диэлектрических и немагнитных покрытий на стальном основании. Приборы достаточно просты в эксплуатации.

А вот дальнейшая практика применения электроискровой дефектоскопии, на взгляд автора, содержит скрытую проблему, суть которой хотелось бы обсудить в рамках данной статьи. Дело в том, что все без исключения перечисленные нормативные документы содержат одинаковый критерий отбраковки – **отсутствие пробоя при правильно установленном испытательном напряжении**. При этом на практике возможны два варианта. Первый – пробой виден визуально, при этом звуковая и световая сигнализация прибора срабатывает. Второй вариант – пробой виден визуально, но сигнализация прибора не срабатывает. Ни один из рассмотрен-

ных документов не устанавливает параметры чувствительности электроискрового контроля в виде абсолютных значений обнаруживаемой несплошности изоляции, например минимальный эквивалентный диаметр сквозного нарушения сплошности изоляции. Такая практика существует уже многие десятилетия, какие-либо другие критерии браковки на практике не применяются. И хотя формально лаборатории, применяющие в качестве критерия браковки «отсутствие пробоя», не нарушают положений и требований нормативных документов, с метрологической точки зрения такое состояние электроискровой дефектоскопии нельзя признать удовлетворительным.

Сегодня в практике электроискрового контроля применяются разнообразные модели приборов, которые условно можно разделить на две группы. В приборах первой группы (например, дефектоскопы ДКИ-1, ДКИ-3) при контроле устанавливается испытательное напряжение, регулировка порога срабатывания отсутствует. При правильно установленном уровне испытательного напряжения приборы такого типа для разных материалов покрытий (и даже для разных экземпляров приборов) будут срабатывать при разных величинах минимального дефекта. Если никакие метрологические средства для настройки не используются, это означает, что проводится **контроль с неустановленным уровнем чувствительности**, при этом возможна недобраковка (пропуск недопустимых дефектов) или перебраковка покрытия.

Второй тип приборов – большая группа приборов типа «Крона 1», «Корона 2.2», Elcometer 236 или 266, PND и т.д. Отличительной особенностью этой группы приборов является наличие на лицевой панели этих приборов регулятора «Чувствительность», которая, безусловно, предполагает процедуру настройки порога срабатывания дефектоскопа с помощью настроечного образца (НО) с дефектом установленного размера.

В ГОСТ Р 51164–98 какие-либо упоминания о настройке порога чувствительности электроискровых дефектоскопов отсутствуют, но это не означает, что такая настройка не должна проводиться, поскольку, как уже было сказано, такая настройка является обязательной при любом виде дефектоскопии. Фирмы, производящие электроискровые дефектоскопы, метрологическое обеспечение не разрабатывают и к комплекту дефектоскопов никаких средств (например, стандартных образцов или настроечных образцов) не прилагают. В технических описаниях приборов раздел метрологического обеспечения отсутствует. Многолетний опыт обучения и аттестации специалистов в области электроискрового контроля и опыт эксперта по аттестации лабораторий неразрушающего контроля

позволяет заявить, что среди практических специалистов существует глубокое непонимание принципов и значения метрологии в данном виде контроля. Общение со специалистами и анализ технологических карт контроля, применяемых в аттестованных лабораториях, показывает, что в ряде случаев в качестве метрологической процедуры предлагается проверка работы дефектоскопа в режиме короткого замыкания. Очевидно, что такая проверка к метрологии не имеет ни малейшего отношения и говорит лишь об исправности собранной электрической цепи. Попытки выяснить, по какой методике устанавливается положение регулятора «Чувствительность» дефектоскопа, часто приводит специалистов в затруднение. Из курьезов можно привести варианты ответов: в среднее положение, в соответствующее положение, без какого-либо упоминания о метрологических средствах, примененных при настройке.

Какова должна быть конструкция настроечного образца для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа? Необходимо соблюдение трех условий: наличия стального основания, наличия диэлектрического материала известного типа с известной толщиной и наличия сквозного нарушения сплошности с известным диаметром и координатами расположения дефекта. Марка стали стального основания принципиальной роли не играет (ст.3, сталь 20 или сталь 09Г2С вполне подойдет), толщины стали в пределах 0,5–1,0 мм вполне достаточно для уверенного пробоя покрытия.

Каков должен быть размер дефекта (сквозного нарушения изоляции) на настроечном образце? Подсказку можно найти в технических описаниях (ТО) приборов. В ТО дефектоскопа «Крона 1РМ» сказано, что дефектоскоп выявляет сквозные дефекты диаметром $0,6 \pm 0,2$ мм и более. Похожее значение приведено в ТО дефектоскопа «Корона 2.2» – сквозные дефекты диаметром 0,8 мм и более. Все сказанное позволяет рекомендовать простую конструкцию плоского настроечного образца ЭК-01П (рис. 1, вариант для трех различных толщин покрытий от T_{\min} до T_{\max}).

Автор в течение многих лет при обучении и аттестации специалистов электроискрового контроля применяет подобную конструкцию плоского настроечного образца (см. рис. 1), состоящую из двух зон с разной толщиной покрытия (1,6 и 2,4 мм) на общем стальном основании. В каждой из зон имеется сквозное нарушение сплошности диаметром 0,9 мм. Выбор диаметра отверстия связан с тем, что применяется дефектоскоп «Корона 2.2». Общие размеры образца составляют 50×50 см. Очевидно, что при необходимости можно изготовить подобную конструкцию криволинейной, радиус кривизны основания должен быть близок к радиусу конт-

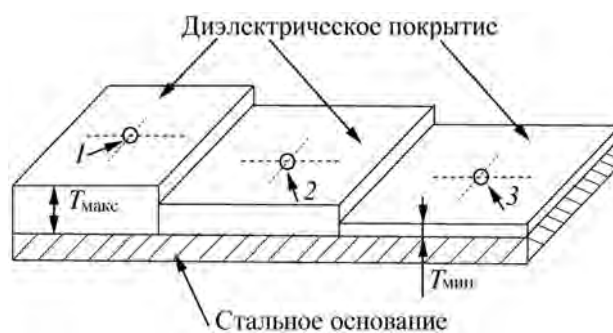


Рис. 1. Настроечный образец для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа настроечного образца ЭК-01П для трех различных толщин покрытий: 1–3 – сквозные отверстия в диэлектрическом покрытии диаметром D (рекомендованные значения от 0,6 до 1,0 мм)

ролируемого объекта. К образцу прилагается паспорт с описанием его характеристик. Наличие такого настроечного образца позволяет объективно настроить порог чувствительности дефектоскопа перед проведением контроля и в дальнейшем при проведении контроля гарантировать выявление сквозных нарушений сплошности установленного размера. Применение настроечного образца обязательно отражается в технологической карте контроля и в заключениях по контролю при проведении практического экзамена.

Предложенная конструкция настроечного образца проста в изготовлении и рекомендуется в случае применения дефектоскопов с возможностью регулировки чувствительности. А как быть при использовании дефектоскопов без регулировки чувствительности? В этом случае рекомендуется на настроечном образце изготавливать ряд сквозных нарушений сплошности изоляции с возрастающими диаметрами (например, выбрать диаметры из ряда 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мм) и на таком образце определить фактическую чувствительность примененного прибора при заданном испытательном напряжении. Дефекты должны находиться на рас-

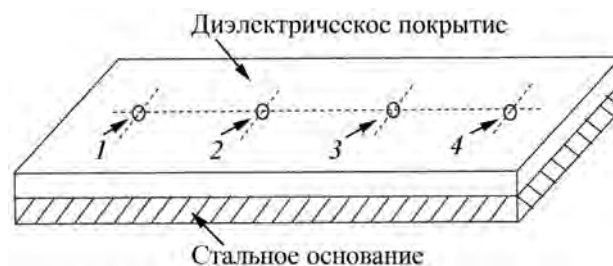


Рис. 2. Настроечный образец для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа ЭК-02П с равной толщиной покрытия: 1–4 – сквозные отверстия в диэлектрическом покрытии с возрастающим диаметром (рекомендованный ряд диаметров 0,6; 0,8; 1,0; 1,2 мм)

стоянии, при котором они фиксируются прибором раздельно (рис. 2). Конструкция также может быть плоской либо криволинейной.

Также необходимо отметить, что в ряде случаев возможен вариант контроля, при котором необходимо обнаруживать не только недопустимые сквозные дефекты изоляционных покрытий, но также и недопустимые утонения изоляции, например пропуск слоя изоляции. Для настройки прибора в этом случае рекомендуется применять настроечный образец с убывающим рядом значений толщин покрытия ЭК-3П (рис. 3), который позволит дать ответ на вопрос: какова минимальная толщина покрытия, которую регистрирует данный прибор, либо настроить прибор на необходимую минимальную толщину покрытия (корректируя испытательное напряжение). Конструкция такого стандартного образца также может быть плоской или криволинейной.

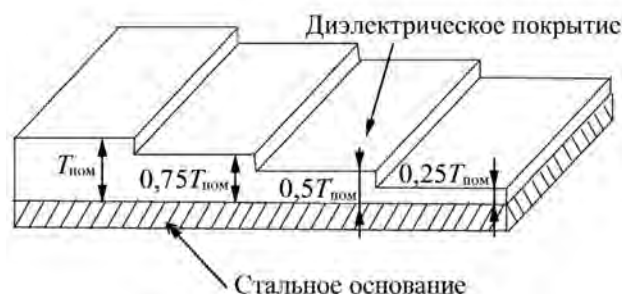


Рис. 3. Настроечный образец для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа ЭК-03П с изменяющейся толщиной покрытия

Заключение

1. В электроискровом контроле существующие браковочные нормы в действующих нормативных документах не позволяют определить размер минимального сквозного нарушения сплошности изоляции, который гарантированно обнаруживается при контроле.
2. Предлагаются простые конструкции настроечных образцов, позволяющие настроить порог срабатывания электроискровых дефектоскопов для сквозных нарушений сплошности изоляции, а в случае дефектоскопов, у которых нет регулировки чувствительности, определить этот порог. Также предлагается конструкция настроечного образца для настройки чувствительности электроискрового дефектоскопа при необходимости обнаружения недопустимых утонений изоляции.
3. Лаборатория неразрушающего контроля, аттестованная в области электрического контроля (СДАНК 01–2020) имеет право самостоятельно изготовить подобные настроечные образцы,

паспортизировать их и внести сведения об их применении в технологические карты и технологические инструкции лаборатории по применению электроискровой дефектоскопии на объектах, где проводит работы данная лаборатория.

4. Решения, предлагаемые в данной статье, не требуют изменения существующей нормативной базы, но являются необходимым дополнением, организующим метрологическое обеспечение и повышающим достоверность электроискрового контроля и надежность диэлектрических антикоррозионных покрытий.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55436–2013. Системы газораспределительные. Покрытия из экструдированного полиэтилена для стальных труб. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2014. 15 с.
2. ГОСТ Р 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. М.: Изд-во стандартов, 1998. 45 с.
3. ГОСТ Р 58284–2018. Нефтяная и газовая промышленность. Морские промысловые объекты и трубопроводы. Общие требования к защите от коррозии. М.: Стандартинформ, 2018. 37 с.
4. СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы: Актуализированная редакция СНиП (III-42-80). М.: Минстрой, 2014. 149 с.
5. СП 409.1325800.2018. Трубопроводы магистральные и промысловые для нефти и газа. Производство работ по устройству тепловой и противокоррозионной изоляции, контроль выполнения работ. М.: Стандартинформ, 2019. 41 с.
6. ОТТ-25.220.01-КТН-054–15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Заводское эпоксидное покрытие труб. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2015. 53 с.
7. ОТТ-25.220.60-КТН-103–15. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Заводское полиэтиленовое покрытие труб. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2015.
8. ОТТ-25.220.01-КТН-097–16. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Антикоррозионные покрытия для защиты наружной поверхности резервуаров, надземных трубопроводов, конструкций и оборудования. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2016. 68 с.
9. ОТТ-25.220.01-КТН-200–14. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Антикоррозионное покрытие сварных стыков трубопроводов. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2014. 56 с.

10. **ОТТ-25.220.01-КТН-214-10.** Заводское полипропиленовое покрытие труб. Общие технические требования. М.: Транснефть, 2010.
11. **СП 106-34-96.** Свод правил по сооружению магистральных газопроводов. Свод правил по сооружению линейной части газопроводов. Укладка газопроводов из труб, изолированных в заводских условиях. М.: РАО «Газпром», 1996. 34 с.
12. **ГОСТ 31448-2012.** Трубы стальные с защитными наружными покрытиями для магистральных газонефтепроводов. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 24 с.
13. **ГОСТ 31445-2012.** Трубы стальные и чугунные с защитными покрытиями. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
14. **ГОСТ 9.602-2016.** Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. М.: Стандартинформ, 2016. 93 с.
15. **СП 42-102-2004.** Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. М.: Полимергаз, 2004. 99 с.
16. **РД 153-39.4-091-01.** Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии. СПб.: ДЕАН, 2002. 240 с.
17. **ВСН 008-88.** Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция. М.: Миннефтегазстрой, 1990. 102 с.
18. **ТУ 2245-024-82119587-2007.** Лента защитная термоусаживающаяся «ТЕРМА». СПб.: ООО «ТЕРМА», 2007. 25 с.
19. **ТУ 1390-004-86695843-2010.** Трубы стальные электросварные диаметром до 1420 мм с наружным антикоррозионным полиэтиленовым покрытием для строительства магистральных нефтепроводов. Набережные челны: Изоляционный трубный завод, 2010. 17 с.
20. **ТУ 1390-003-30098597-2016.** Стальные трубы с внутренним антикоррозионным покрытием. Ижевск: Ижевский завод изоляции, 2016. 38 с.
21. **ASTM D 5162.** Standard Practice for Discontinuity (Holiday) Testing of Nonconductive Protective Coating on Metallic Substrates. West Conshohocken, 2008. 5 p.
22. **ASTM G 62-14.** Standard Test Methods for Holiday Detection in Pipeline Coating. West Conshohocken, 2014. 4 p.
23. **NACE RP0188-99.** Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates. Houston, 1999. 8 p.



Спектр
Издательский дом

Г.С. Шелихов

МАГНИТОПОРОШКОВЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ



990 руб.

Под общей редакцией академика РАН В.В. Клюева

ISBN 978-5-4442-0017-9. Формат - 60x90 1/8, 176 страниц, год издания - 2013.

Изложены физические основы и технология магнитопорошкового контроля в вопросах и ответах. На каждый вопрос дан один правильный ответ в виде рисунка, схемы или фотографии.

Дано большое количество фотографий индикаторных рисунков, образуемых осаждением порошка над различными дефектами. Рассмотрены схемы и фотографии индикаторных рисунков над мнимыми дефектами и даны способы их расшифровки. Всего в книге содержится более 400 рисунков и фотографий.

Указаны области применения и технические характеристики магнитопорошковых дефектоскопов и приборов, выпускаемых на отечественных предприятиях.

Изложены методики, которые были разработаны и применены при контроле деталей авиационной техники в условиях производства, ремонта и эксплуатации.

Изложенный методический материал соответствует требованиям стандарта по магнитопорошковой дефектоскопии.

Пособие предназначено для специалистов, занимающихся магнитопорошковым контролем различных объектов. Оно может быть использовано при подготовке специалистов по магнитным методам контроля I-III уровней в соответствии с международной системой квалификации по неразрушающему контролю.

119048, г. Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1. 000 «Издательский дом «Спектр»
Телефон отдела реализации: (495) 514-26-34. Дополнительный телефон офиса: (926) 615-17-16.

E-mail: zakaz@idspektr.ru. [Http://www.idspektr.ru](http://www.idspektr.ru)