

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ БЕЗ СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЧЕРЕЗ ОБШИВКУ ИЗ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ. ТЕПЕРЬ ЭТО ВОЗМОЖНО



БОРИСКОВ Юрий Васильевич

Ведущий инженер, АО «ПЕРГАМ-ИНЖИНИРИНГ», Москва

Импульсный вихретоковый метод PEC (Pulsed Eddy Current) – это разновидность неразрушающего контроля, позволяющая выявлять очаги коррозионного поражения под слоем изоляции (рис. 1). Это превосходный инструмент для предварительного (поискового) контроля, когда необходимо обследовать объект, находящийся в эксплуатации и обшитый слоем изоляции.

Метод позволяет дефектоскопистам расширить график работ и не зависеть от сроков остановки технологических объектов.

Принцип метода: катушка, размещенная на некотором расстоянии (уровень зазора) от поверхности



Рис. 1. Процесс контроля

объекта контроля (из ферромагнитного токопроводящего материала), излучает магнитный импульс. Действие импульса продолжается до тех пор, пока магнитное поле не проникнет сквозь всю толщу металла. Процесс называется «фаза излучения» (рис. 2).

Как только магнитное поле полностью стабилизировалось, пройдя через всю толщину стенки, излучение импульса преобразователем резко прерывается (рис. 3).

В этот момент в материале возникают вихревые токи, индуцирующие свое магнитное поле, которое измеряется чувствительным элементом преобразователя. Вихревые токи проходят от наружной поверхности стенки к внутренней, постепенно затухая (рис. 4). Затухает и их магнитное поле. В ходе фазы приема происходит измерение амплитуды сигнала в зависимости от времени. Формируется график, который выводится на экран прибора в виде А-скана. По форме и скорости затухания сигнала, представленного графиком, проводится оценка толщины объекта контроля.

Оценивая продолжительность и интенсивность магнитного импульса, можно контролировать объекты толщиной 3–100 мм. При этом толщина изоляции или уровень зазора может составлять до 300 мм.

Фактором, ограничивающим и усложняющим применение технологии PEC, является наличие защиты от окружающей среды из листов оцинкованной стали, которая представляет собой ферромагнитный и токопроводящий материал. Лист из «оцинковки» рассеивает (экранирует) магнитное поле в фазе излучения, поэтому интенсивность магнитного поля значительно снижается.

Чтобы оценить степень серьезности этого эффекта, инженерами EDDYFI получена модель излучения при трех разных случаях (рис. 5).

Результат полученной модели показывает, что при толщине оцинкованного листа 0,5 мм магнитная индукция падает на 40% относительно того же значения при отсутствии оцинковки. На рис. 6 представлены полевые испытания технологии PEC на нефтеперерабатывающем заводе (НПЗ). Объект контроля – резервуар в изоляции, обшитый листами оцинкованной стали.

Еще одним негативным фактором является увеличение пятна фокуса преобразователя.

Наибольшая точность и измерения дефектов возможны, если площадь дефекта превышает пятно фокуса преобразователя. Если площадь дефекта меньше пятна фокуса, толщина стенки в дефектной зоне усредняется по номинальной толщине, которая захватывается в этот момент пятном фокуса преобразователя вместе с дефектной зоной. В этом случае измерить точную толщину стенки дефектной зоны не представляется возможным. Технология РЕС обеспечит только визуальную индикацию таких дефектов, но не измерение. Таким образом, оцинковка, увеличивая размер пятна фокуса преобразователя, повышает количество зон контроля, в которых будет невозможно достоверно измерить остаточную толщину металла.

Наличие защиты от окружающей среды из оцинкованной стали приводит к искажению А-скана. Так как оцинковка является проводящим материалом, в момент, когда преобразователь находится в фазе излучения, в ней тоже образуются вихревые токи со своим магнитным полем. Это магнитное поле записывается преобразователем в момент фазы приема. Информация накладывается на общий полезный сигнал. В итоговом А-скане первые несколько секунд доминируют сигналы от обшивки. К счастью, сигнал в оцинковке затухает намного быстрее по сравнению со стенкой объекта контроля. На рис. 7 показан А-скан с графиками, полученными при контроле объекта с параметрами: 12,7 мм толщина стенки трубы, 50 мм толщина изоляции. При этом в одном случае лист оцинковки присутствует, а в другом отсутствует.

На графиках прослеживается влияние оцинковки на форму сигнала. Такая форма может быть следствием пропуска дефектов,



Рис. 2. Фаза излучения магнитного поля

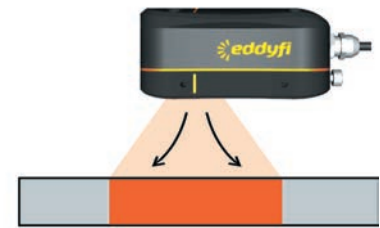


Рис. 3. Фаза отключения магнитного поля



Рис. 4. Фаза приема сигнала

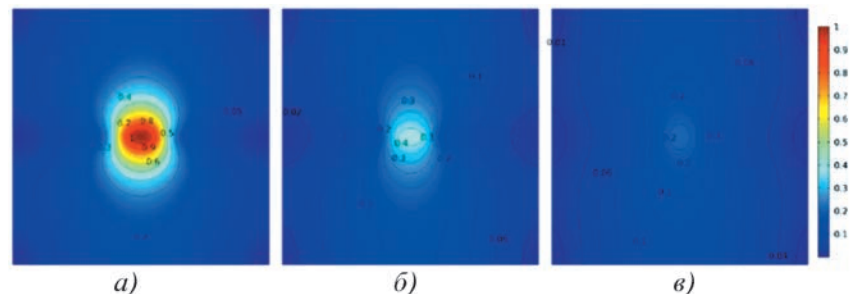
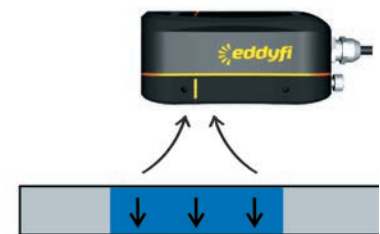


Рис. 5. Плотность магнитного потока в пластине из углеродистой стали толщиной 12,7 мм: а – без обшивки; б – обшитой оцинкованным листом толщиной 0,5 мм; в – обшитой оцинкованным листом толщиной 1,0 мм

площадь которых меньше, чем размер пятна фокуса.

Наконец, вибрация листов оцинковки при проведении сканирования объекта контроля также вносит большие помехи. Вибрация возникает в фазе излучения и приема преобразователя. В момент излучения магнит-

ное поле влияет на лист оцинковки. В зонах, где лист не закреплен, он выгибается в сторону излучения магнитного поля, когда магнитное поле отключается, лист возвращается в исходное положение. Это происходит с высокой частотой. В результате создается вибрация в диапазоне



Рис. 6. Полевые испытания технологии PEC на НПЗ

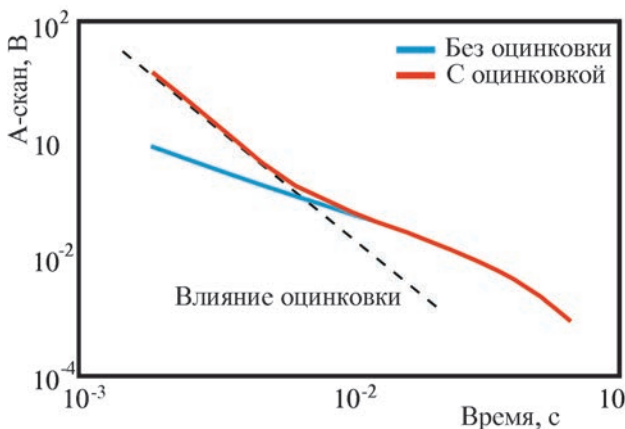


Рис. 7. Типовой А-скан при наличии оцинковки и без нее. Усиление подобрано для наложения двух графиков А-скана после 20 мс воздействия

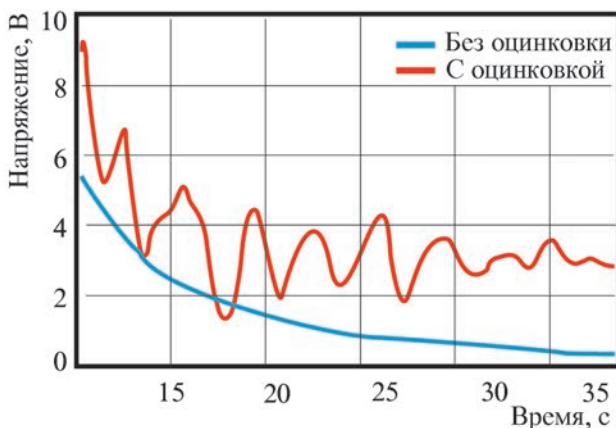


Рис. 8. Сравнение А-сканов и уровня вибрации при наличии оцинковки и без нее

1–100 Гц, которая накладывает свой отпечаток на график А-скана (рис. 8).

Форма сигнала при вибрации и спектральная составляющая зависят от нескольких факторов: толщина листа, амортизирующие свойства изоляции, качество металла, степень фиксации листа на объекте контроля и др. Вдобавок вибрация синхронизируется с фазой излучения преобразователя, и поэтому сигналы от нее не могут быть отфильтрованы алгоритмами обработки данных программного обеспечения.

Все перечисленные эффекты дают четкое представление о сложностях, возникающих при использовании метода импульсного вихретокового контроля для объектов, обшитых оцинкованной сталью.

Понимая широкую распространенность данного типа обшивки (рис. 10) на постсоветском пространстве, в Германии, странах Латинской Америки, инженеры EDDYFI занялись данным вопросом и предложили несколько практических шагов для снижения влияния оцинковки на проведение неразрушающего контроля методом PEC:

- 1) механическое устранение вибрации листа обшивки при контроле. Необходимо подобрать соответствующий размер преобразователя и во время проведения сканирования прижимать его с такой силой, чтобы лист оцинковки не колебался (рис. 9);
- 2) разработка специальной конструкции преобразователя, при которой будут сбалансированы чувствительность, зона магнитного влияния преобразователя и габариты приемника в преобразователе;
- 3) применение при анализе данных специального аналитического алгоритма и фильтров. Например, такой алгоритм имеют приборы для импульсного вихретокового контроля производства компании EDDYFI.

В дальнейшем компания EDDYFI приступила к разработке специального преобразователя для контроля объектов с защитой от окружающей среды из листов оцинковки. В конструкции преобразователя используются постоянные магниты, расположенные рядом с чувствительными катушками. Это сделано для того, чтобы при контроле лист оцинковки под преобразователем находился в приложенном магнитном поле, что снижает магнитную проницаемость оцинковки. Вследствие этого слой обшивки становится намного «прозрачнее» для импульсов, которые излучает преобразователь. Пятно фокуса преобразователя при этом практически не увеличивается, а соответствует табличным размерам, как если бы оцинковки вообще не было. На рис. 11 показано, что размер пятна фокуса у специального преобразователя практи-

Рис. 9. С-скан стальной пластины:
 а – обычное двухмерное изображение С-скана ОК без оцинковки; б – изображение ОК с оцинковкой в незафиксированном положении (с вибрацией); в – изображение ОК с оцинковкой в зафиксированном положении (без вибрации)

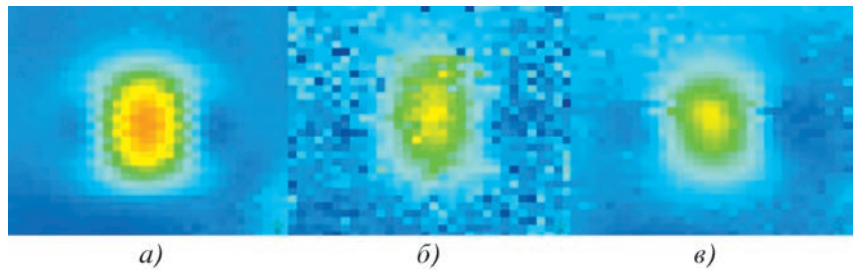


Рис. 10. Полевые испытания РЕС на производстве азотсодержащих продуктов. Объект контроля – трубопровод в изоляции, обшитый листами оцинковки

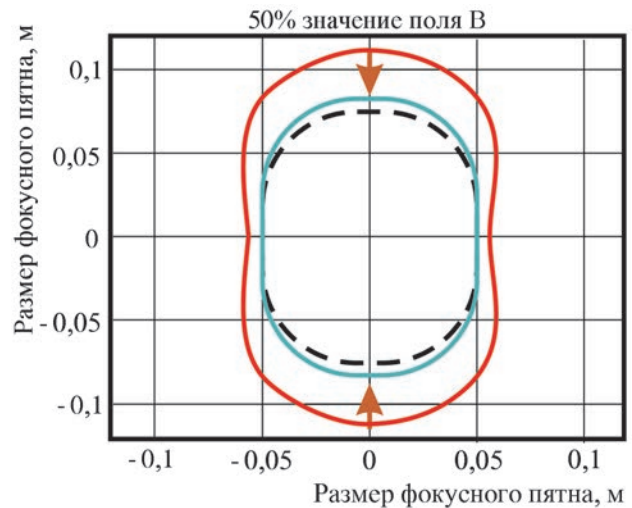
чески одинаков со значением пятна фокуса при отсутствии оцинковки у обычного преобразователя.

Более того, искажения графика А-скана, вызываемые нежелательными вихревыми токами в оцинковке, значительно меньше. При насыщении постоянным магнитным полем они затухают практически сразу после образования. Кроме того, постоянные магниты обеспечивают прижим слоя оцинковки к преобразователю так, чтобы не было вибрации в момент фаз излучения/приема.

Не лишним будет отметить, что от размера пятна фокуса зависит чувствительность преобразователя. Контроль объектов обычными преобразователями с увеличенным от оцинковки пятном фокуса возможен, но чувствительность их значительно хуже, чем у специально разработанного преобразователя для контроля объектов с обшивкой от окружающей среды из оцинкованной стали.

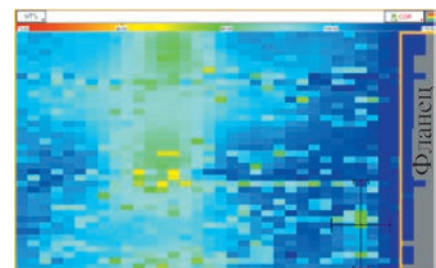
Чтобы визуально проиллюстрировать это утверждение, на рис. 12 представлен пример данных С-скана трубы диаметром 203,2 мм с толщиной стенки 8,2 мм и толщиной изоляции 50,8 мм, а также с обшивкой из оцинкованной стали толщиной 0,7 мм. Зона контроля находится вблизи фланца.

На рис. 12, а видны характерные шумы, вызванные вибрацией оцинковки. Это создает сложности при обнаружении реальных признаков дефектов.

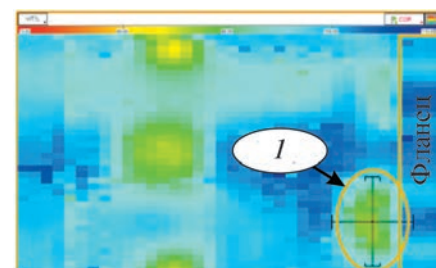


- Обычный преобразователь, нет оцинковки
- Обычный преобразователь, оцинковка толщиной 0,5 мм
- Специальный преобразователь для оцинковки, оцинковка 0,5 мм

Рис. 11. Сравнение размеров пятна фокуса импульсного вихретокового преобразователя для оцинковки и обычного преобразователя при толщине листа оцинковки 0,5 мм



а)



б)

Рис. 12. Примеры данных, полученных с одного и того же объекта:
 а – обычным преобразователем;
 б – специальным преобразователем, где 1 – дефект рядом с фланцем



Рис. 13. Специализированный импульсный вихретоковый преобразователь EDDYFI

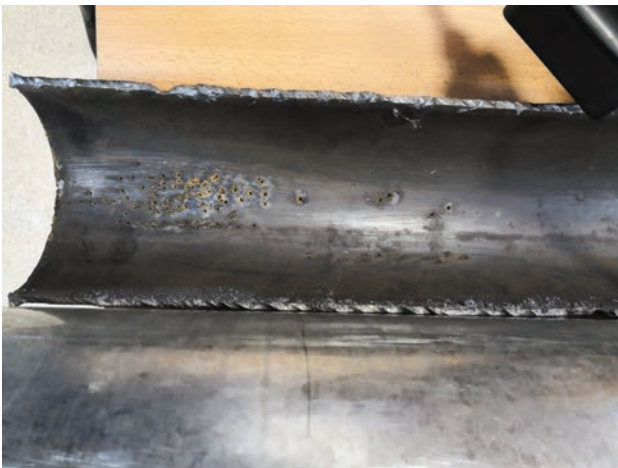


Рис. 14. Испытания импульсного вихретокового преобразователя EDDYFI для первичной оценки состояния объектов, находящихся в обшивке из оцинкованной стали

На рис. 12, б показан тот же участок, но данные получены с помощью специализированного преобразователя. Изображение более четкое, а сигналы от дефектов могут быть измерены благодаря меньшему пятну фокуса. Особое значение имеет обнаружение дефекта в зоне, расположенной рядом с фланцем, который обычный преобразователь выявить не смог вследствие масс-эффекта.

Объекты контроля, обернутые в листы из нержавеющей стали – это «вызов» для импульсного вихретокового метода. Но целеустремленность инженеров и скрупулезное изучение влияния ферромагнитных обшивок позволило EDDYFI разработать и запатентовать специализированный импульсный вихретоковый преобразователь, который значительно расширил возможности метода РЕС во всем мире (рис. 13).

Говоря о российском опыте применения нового преобразователя, хочется отметить, что компания «Пергам» в августе 2018 г. получила его в собственное пользование (рис.14), после чего были проведены многочисленные испытания на образцах, а также по приглашению клиентов – на объектах Танэко, Антипинском НПЗ, Комсомольском-на-Амуре НПЗ и др.

Все проведенные полевые испытания на практике доказали эффективность данной технологии для первичной (комплексной) оценки состояния объектов, находящихся в обшивке из оцинкованной стали.

Подготовлено по материалам статьи «Overcoming the Adverse Effects of Galvanized Steel Weather Jackets», Quality Magazine, октябрь 2017

