

В.Н. Зеленюк, менеджер отдела NDT, ОАО «Пергам –Инжиниринг»

СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ РЕЗЕРВУАРОВ И ТРУБ КОМПАНИИ SILVERWING UK LTD. (АНГЛИЯ)

В настоящее время Silverwing UK Ltd. является производителем специализированного оборудования для неразрушающих испытаний, фокусирующимся на рынке наземных резервуаро-хранилищ, для получения максимальных результатов при минимальной зависимости от оператора, что обеспечивает детальное обнаружение и контроль коррозии.



Технология Magnetic Flux Leakage (MFL) используется для мониторинга коррозии днищ резервуаров с лицевой стороны под покрытием или с внешней стороны около 20 лет. Компания Silverwing вошла в этот бизнес в 1991 г., еще не будучи лидером. Как и любой метод неразрушающего контроля, MFL имеет недостатки, преимущества и свои подводные камни. Технология MFL сродни магнитопорошковому контролю. В обоих случаях объект намагничивается до уровня, при котором наличие существенного локального уменьшения толщины материала приводит к значительному искривлению внутреннего магнитного поля, приводя, в свою очередь, к искажению формы магнитного потока из-за неоднородности.

В MFL для генерации электрического сигнала в дефектной области используется специальный датчик. Для удобства работы оператора этот сигнал может быть преобразован в звуковой и визуальный, а также может быть сохранен в компьютере с привязкой к координатам дефекта. Таким образом, обе технологии требуют выполнения двух базовых процедур: намагничивания и детектирования утечки или искривления поля.

Для намагничивания могут быть использованы как постоянные магниты, так и электромагниты. Кроме того, в качестве сенсоров могут быть использованы как катушки, так и датчики на основе эффекта Холла или магнитострикции. Компания Silverwing использует постоянные магниты и датчики на эффекте Холла. Поскольку метод MFL должен реагировать на коррозию как с ближней к оператору стороны днища или стенки, так и с дальней, то необходимо создать сильное магнитное поле в материале. Чем ближе поле к материалу, тем больше насыщение последнего и тем выше чувствительность метода и достоверность результатов.

Компания Silverwing в своих приборах использует постоянные магниты, позволяющие проводить контроль объектов толщиной до 20 мм. При толщине стенки свыше 12,5 мм постепенное снижение чувствительности и эффекта остаточной намагниченности становятся очевидными. В магнитной системе используется под-

ковообразный магнит, показанный на рисунках 1 и 2. Полюса магнитов находятся примерно в 4 мм от поверхности сканирования. Размеры магнитного моста позволяют сканировать объекты шириной 150 мм для сканеров Handscan и Pipescan и 275 мм для сканеров MFL 2000 и Floormap VS. Матрица датчиков, работающих на эффекте Холла, расположена в центре между полюсами магнитного моста. Сенсоры размещены с шагом в 7,5 мм, чтобы обеспечить оптимальное разрешение и покрытие. Примерное размещение показано на рисунках 3 и 4.

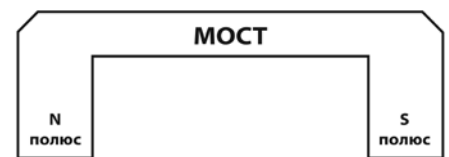


Рис. 1. Подковообразный магнит (вид сбоку)

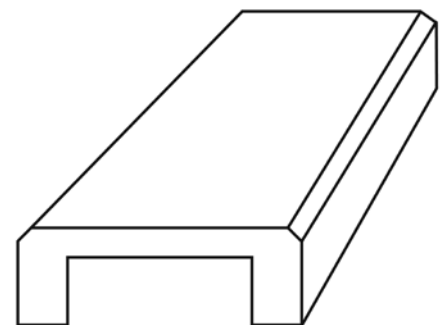


Рис. 2. Подковообразный магнит в изометрической проекции

Датчики Холла генерируют сигнал, пропорциональный плотности магнитного потока, проходящего через сенсорный элемент. Рисунки 5 и 6 показывают распределение поля для гладкого и пораженного питтинговой коррозией участка пластины.

Поскольку положение чувствительных элементов в сканерах компании Silverwing параллельно сканируемой поверхности, то они регистрируют и измеряют нормальную (т.е. вертикальную) составляющую магнитного потока. Если бы датчики были расположены перпендикулярно поверхности, то они измеряли бы тангенциальную (т.е. горизонтальную) составляющую магнитного потока. Датчики должны быть размещены в пределах 2–3 мм от поверхности сканирования для того, чтобы исключить механическое повреждение и в то же время обеспечить приемлемую чувствительность.

Существует два типа шумов, которые могут быть обнаружены системой MFL, описанной выше. Первый – это большой вихретоковый сигнал, возникающий из-за движения магнита над проводящей поверхностью. Второй – это шум, вызванный неровностью или шероховатостью поверхности и неравномерной проницаемостью материала. Вихретоковый сигнал зависит от скорости движения магнитной каретки и при типичном сканировании имеет три стадии: нарастание сигнала при ускорении, постоянное значение при равномерном сканировании и третья стадия – уменьшение сигнала при замедлении. Эффект вихревых токов преимущественно не проявляется при горизонтальном прохождении потока магнитного поля, поэтому системы, использующие ВТ-катушки или датчики Холла, ориентированные вертикально, не чувствительны к данному виду шумов. Однако горизонтально ориентированные датчики Холла очень чутко реагируют на такой вихретоковый шум, поэтому в таких системах он должен быть подавлен. Так как замедление сканирования при торможении сканера происходит более быстро, чем ускорение в начале сканирования, а генерируемые сигналы имеют противоположную полярность, то целесообразно устранить «вредный» сигнал от замедления с помощью выпрямителя и измерить только положительную составляющую. Пропустив все



Рис. 3. Принцип устройства сканирующей части

сигналы через ВЧ-фильтр с подходящей частотой среза, мы исключим «вредные» сигналы, связанные с ускорением и «покоем». Оставшийся шум будет представлен относительно медленными колебаниями из-за изменения проницаемости и намного более «острыми» (высокочастотными) сигналами из-за вибрации системы вследствие неровности поверхности контроля. Соединив катушки как дифференциальные датчики, мы можем устранить первую помеху, а с помощью НЧ-фильтра – вторую.

Из вышесказанного следует, что наиболее целесообразно измерять горизонтальную составляющую потока, т.к. при этом эффект ВТ-шумов не будет создавать проблемы. Кроме того, при этом возможно размещение горизонтальных датчиков ближе к поверхности контроля, что даст большое преимущество в чувствительности, особенно на днищах с покрытием. **Это одно из преимуществ конструкции приборов Silverwing**, которая показала феноменальный результат: **питтинговое повреждение более 40% с внешней стороны** дает более мощный сигнал, чем с внутренней стороны, и этот феномен более очевиден именно в вертикальной составляющей магнитного потока. Используя такую конфигурацию, появилась возможность настроить прибор так, чтобы сигнализация срабатывала при 50% коррозии с внешней стороны, и не срабатывала при 50% коррозии с внутренней стороны. Как правило, амплитуда сигнала напрямую зависит от глубины коррозии. В случае с MFL факторы, влияющие на амплитуду сигнала, видятся так:

1. Глубина дефекта
2. Объем дефекта
3. Форма или профиль
4. Соотношение длины и ширины
5. Проницаемость материала
6. Толщина материала
7. Тип магнитной системы (мощность, магнитное сопротивление, зазор, материал)
8. Система сенсоров (тип и зазор)



Рис. 4. Расположение датчиков Холла в матрице MFL2000 и Floormap VS2i

Обычно считалось, что в данной технологии для уверенной классификации дефекта слишком много величин, влияющих на результат контроля. Но те же самые аргументы можно привести и относительно УЗК:

1. Область дефекта
2. Шероховатость поверхности дефекта
3. Глубина дефекта
4. Форма и профиль дефекта
5. Ориентация к УЗ-лучу
6. Затухание в материале
7. Профиль УЗ-луча на глубине дефекта
8. Скорость звука в реальном материале (частота ПЭП)

Любой дефектоскопист, имеющий дело с контролем сварки или отливок, справедливо скажет, что только амплитуды недостаточно. Но в авиации или кованных изделиях дефекты, которые пытаются обнаружить, расположены, как правило, параллельно поверхности сканирования, и там значение амплитуды является параметром для отбраковки. Это возможно, так как некоторые влияющие величины могут быть устранены, используя калибровочные или настроечные образцы из того же материала, что и объект контроля. В них выполнены параллельно ориентированные искусственные дефекты на известной глубине и известного размера. Таким образом, можно исклю-

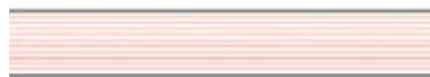


Рис. 5. Распределение поля для хорошего участка пластины

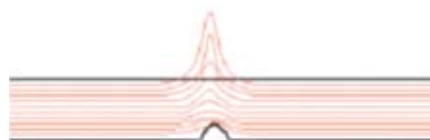


Рис. 6. Распределение поля для пораженного питтинговой коррозией участка пластины

чить влияние параметров 3, 6, 7 и 8 для УЗК. Предполагая природу дефекта, можно исключить влияние параметров 4 и 5. Остается лишь область дефекта и шероховатость. Поверхность отражателя (дефекта) всегда будет более шероховатой и неровной, чем искусственное отверстие, поэтому реальный дефект будет немного больше, чем эквивалентный ему искусственный. Большой опыт контроля подтвердил возможность надежного использования амплитуды в качестве критерия отбраковки в этих отраслях промышленности.

Если применить ту же логику и к методу MFL, то можно организовать контроль с известной определенностью, используя амплитуду сигнала. Так, при использовании калибровочной пластины из такого же материала, что и объект контроля, появляется возможность исключить факторы 5, 6, 7 и 8 из их списка для метода MFL, приведенные выше.

Это предполагает, что имеется возможность создания искусственных дефектов, которые имитируют типичную питтинговую коррозию соответствующей глубины по отношению к амплитуде сигнала. На первый взгляд может показаться, что комбинации формы, профиля, пропорций и глубины коррозии могут дать бесконечное число вариаций. Но в реальности из практики следует, что все их можно разделить на три основных типа:

1. Тарелкообразная или лужеобразная
2. Коническая
3. Игольчатая

Эти три категории характеризуют профиль питтингового поражения коррозией. По мере роста участка, подвергшегося коррозии, эти основные формы сливаются в сложную форму. В то же время мелкое лужеобразное поражение может перерасти в коническое и затем игольчатое. Также известно, что питтинговая коррозия вряд ли перерастет в щелевую коррозию или плоскодонное отверстие, глубокую трещину или конус, лужеобразный или трубчатый тип. Следовательно, появляется возможность исключить некоторые из вышеупомянутых предположений с целью использования искусственных дефектов для внятной интерпретации амплитуды сигнала.

Ранние методики дефектоскопии в мировой нефтехимической промышленности требовали обнаружения конического углубления с углом в 120° на 40% от толщины пластины. **Реальная практика работы** операторов путем проб и ошибок вскоре **выявила, что** система MFL, настроенная по искусственному дефекту на 40%, обнаруживает и отбраковывает реальные дефекты в 30–35%. То есть **настройка на простой конус имеет тенденцию завышать глубину реального коррозионного повреждения**, и эта ошибка явно имела устойчивый характер. Значимость величины магнитной проницаемости калибровочной пластины относительно ее значения для реального материала дна стала очевидна в течение нескольких экспериментов. Различие в проницаемости может привести к неверной оценке глубины при обработке или картографировании коррозии до 25%! **Отсюда вывод:** выбор материала настроечного образца для методики MFL так же важен, как и для УЗК или ВТК (вихретоковый контроль).

Столкнувшись с опытом использования простого конуса как искусственного макета питтингового поражения, специалисты компании Silverwing провели экспериментальные исследования различных форм и размеров искусственных дефектов. **Главный результат этих исследований: наиболее правдоподобную картину дает искусственный дефект, выполненный в виде ступенчатого конуса, с углом 136° , полученный путем фрезерования с помощью набора плоских фрез разного диаметра.**

Как и в случае других методов НК, качество контроля зависит от качества подготовки поверхности, однако **методика MFL** менее чувствительна к пыли и мелкому мусору, чем УЗК, и **никогда не требует зачистки поверхности**. Метод не чувствителен к тому, влажная поверхность или нет, хотя, конечно, воды не должно быть столько, чтобы в нее погрузились датчики.

Операторов сканеров MFL часто просили проверить **днища с обширными поражениями питтинговой коррозией**. Ранее это было невыполнимо или очень долго, а значит, дорого. Теперь существует как минимум **два прибора**

для такого экспресс-анализа – это MFL 2000 и Floormap VS2i.

Floormap VS2i будет **сохранять и картографировать** все результаты контроля.

MFL – очень полезный экспресс-метод, который обеспечивает возможность быстрого предварительного контроля коррозионного состояния больших поверхностей с обеих сторон – внутренней и внешней. К примеру, реальная производительность контроля с помощью Floormap или MFL 2000 составляет до 750 кв. м поверхности дна за смену, а скорость сканирования трубным MFL-сканером – 0,5 м в секунду. Метод предоставляет информацию о двух важных показателях – местоположении и степени поражения материала, что существенно минимизирует время для УЗК и позволяет проводить его только в определенных областях.

Автоматизированный сканер **FloormapVS2i является наиболее широко используемой в мире MFL-системой технического контроля резервуаров**. Его приобрели многие контролируемые организации, а также конечные потребители более чем в 55 странах мира, и динамика продаж составляет приблизительно 4 системы в месяц, не снижаясь с момента начала производства.

Помимо MFL-оборудования компания Silverwing выпускает во многом **уникальные дистанционно управляемые роботы для толщинометрии стенок резервуаров** на высотах до 15–20 м без использования лесов, лестниц и подвесных люлек, а также портативные системы TOFD-контроля сварных швов.



ОАО «Пергам-Инжиниринг»
 129085, г. Москва,
 пр. Ольминского, д. 3а
 Тел.: +7 (495) 775-75-25,
 682-70-54, 682-13-89
 Факс: +7 (495) 616-66-14
 E-mail: info@pergam.ru
 www.pergam.ru
 www.silverwingndt.ru



Radiodetection

RD8000_{PDL}

ЛОКАТОР ТРУБОПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

- Точное определение глубины залегания кабелей без использования генератора (TruDepth™)
- Результаты локации могут быть переданы и воспроизведены на ПК
- Дистанционное управление работой генератора посредством канала связи ILOC™
- Локализация повреждений изоляции с точностью ±10 см
- Измерение и анализ тока СКЗ
- Малый вес устройства



Совместим с КПК и GPS

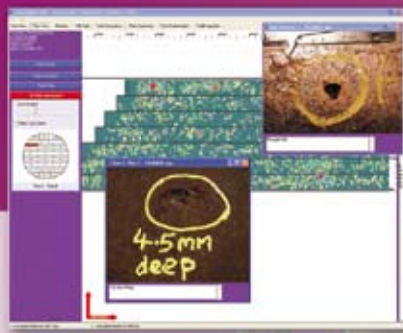


SILVERWING
Specialist Inspection Equipment

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЕРВУАРОВ И ТРУБ

- Минимальная себестоимость контроля
- Высокая скорость контроля труб до 200 м² в час
- Коррозионный контроль с покрытием 100%
- Контроль днищ с производительностью до 750 м² за смену
- Ультразвуковой контроль стыковых сварных швов
- Толщинометрические управляемые роботы

Пример контроля и составления отчёта



ПЕРГАМ
www.pergam.ru

(495) 775-75-25
(495) 682-13-89
(495) 682-70-54

129085, г. Москва,
пр-д Ольминского, 3А
Факс: (495) 616-66-14
E-mail: info@pergam.ru

Сервисный центр:
Тел./ф.: (495) 686-05-78
E-mail: support@pergam.ru
http://www.myservice.ru