

Hightech приходит в тяжелую промышленность

Во время производства безопасных труб, резервуаров и сосудов под высоким давлением обязателен всеобъемлющий контроль качества. В особенности необходимо контролировать сварные швы в соответствии с самыми высокими стандартами качества. Дефект может привести к жестким последствиям и денежным искам к производителям некачественной продукции. Современная цифровая радиография помогает достичь качественного контроля и архивирования данных контроля, в то время как производственные затраты снижаются благодаря высокому уровню автоматизации.

1. Введение

Во время процесса сварки возникают разнообразные дефекты, такие как пористость или трещины. Поэтому необходимо контролировать сварные швы на трубах и резервуарах с помощью различных методов неразрушающего контроля (НК). Для достижения этих целей основными методами являются Ультразвуковой контроль (УЗК) и Радиография (РТК).

Обычно, ультразвук применяется в качестве первичного контроля, т.к. его можно провести очень быстро. Но в большинстве случаев даже детальные (полномасштабные) ультразвуковые тесты не достаточны для определения всех дефектов и не соответствуют стандартам по архивированию данных контроля. В зависимости от производственных спецификаций и стандартов качества существуют следующие процедуры контроля:

1. Рентгеновский контроль только в местах индикаций, выявленных ультразвуковым методом
2. Выборочный контроль определенного процента сварного шва
3. Контроль обоих концевых участков сварного шва
4. Полный контроль всего сварного шва

С увеличением стандартов качества все больше производителей приходят к 4 опции. С точки зрения качества, это имеет большой смысл, т.к. это единственный способ удостовериться в том, что все критичные дефекты будут выявлены. Также этот подход гарантирует полную архивацию результатов контроля, в случае если возникнут претензии к качеству продукции.

Несколько десятков лет назад такой контроль проводился только с использованием аналоговой техники – экспонирования рентгеновских пленок. Переход к цифровым технологиям открывает новые возможности увеличения скорости контроля и снижения затрат. Однако пользователь для успешного перехода от аналоговых к цифровым технологиям контроля должен принимать во внимание несколько аспектов.

2. «Старый» подход Классическая схема контроля

Если посмотреть на потенциальные схемы контроля, то рентгеновская система контроля всегда была одинаковой: Длинная штанга в соответствии с длиной трубы, держатель штанги и стенд для трубки или усилителя изображения. С точки зрения расположения компонентов в основном это две схемы:

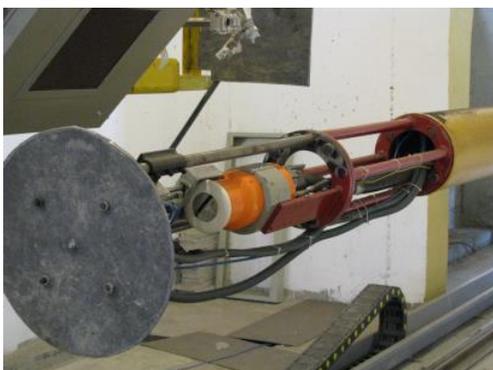


Рис.2.а Рентгеновская трубка внутри трубы

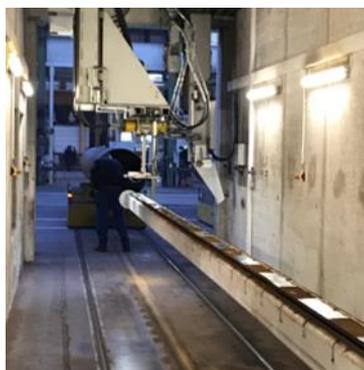


Рис.2.б Рентгеновская трубка снаружи трубы

В первом варианте рентгеновская трубка устанавливается в конце штанги (Рис 2.а). Сборка «трубка/штанга» располагается внутри трубы. Пленка может располагаться непосредственно на наружной поверхности трубы.

Такая схема имеет ряд недостатков:

- Большая длина высоковольтных кабелей
- Ограниченный минимальный внутренний диаметр трубы
- Ограниченный экспонируемый участок, определяемый конусом выхода рентгеновского излучения (40°)
- Большой вес трубки предъявляет жесткие требования к стабилизации положения штанги.

Такая же схема используется и при контроле шва в реальном времени (контроль в движении) с использованием усилителя изображения и имеет те же недостатки.

Во второй схеме рентгеновская трубка установлена над трубой на подъемном устройстве (Рис 2.б). Пленка расположена на штанге, которая находится внутри трубы. Укладка пленки всегда сопровождается расположением на ней свинцовых букв, измерительной линейки со свинцовыми цифрами и необходимых индикаторов чувствительности. Такая схема является стандартной при контроле труб.

После каждой укладки пленки оператор должен выйти из рентгеновской камеры – закрыть дверь – проэкспонировать пленку – открыть дверь – взять пленку и перенести ее в фото комнату. Кроме этого, оператор должен интерпретировать снимки, принять решение и промаркировать обнаруженные дефекты на трубе. Предназначенная покупателю труба складывается вне бункера, пока не будет полностью завершён процесс принятия решения. Суммарно получается очень длительный процесс во времени. В любое время могут возникнуть ошибки, вызванные человеческим фактором. Рентгеновские пленки должны быть храниться в архиве в течение 30 лет и конечные заказчики хотят иметь сканированную копию таких пленок. Это приводит к необходимости архивировать пленки.

3. Прогресс в цифровой технике

В последние 10 – 15 лет цифровые плоскочувствительные детекторы занимают все большее место в промышленном рентгеновском контроле. Особенно за последние 3 – 4 года появился ряд новых плоскочувствительных детекторов для использования в различных приложениях. Цифровая плоская панель – или цифровая диодная линейка - работают подобно цифровой камере. Только вместо использования линз и сенсорного чипа очень небольшого размера с пикселями также очень малых размеров, плоская панель имеет большую активную площадь без каких либо линз. Специальный сцинтиллятор обеспечивает преобразование рентгеновского излучения в свет или поток электронов. Все отдельные пиксели вместе образуют полное изображение. Это изображение выводится на экран компьютера с помощью специального программного обеспечения для обработки изображений. Таков вкратце принцип работы цифровой панели. На практике, однако, надо принимать во внимание гораздо больше факторов:

- Стандарты и толщину стенок (минимальную и максимальную)
- Форм – фактор: внутренний и внешний диаметр
- Частоту кадров: в реальном времени и в статике
- Применение стандартов по контролю
- Экранирование

3.1. Международные стандарты качества

Большинство труб, производимых во всем мире, должны соответствовать стандарту качества API5L. В предыдущих версиях единственным параметром, описывающим качество изображения было контрастное разрешение. Поэтому дефектоскописты должны были только проверить количество полученных индикаторных проволочек эталона чувствительности, который помещался на материал.

Начиная с 45^й версии стандарта API5L используется связанный с ним стандарт ISO 10893-7, если применяется цифровая технология вместо пленки. Это небольшое изменение потребовало драматического изменения в качестве изображения. Стандарты ISO 10893-7 и ISO 17636-2, дополнительно к регламентации отношения сигнал/шум (SNR, Signal to Noise Ratio), предъявляют требования к контрасту и пространственному разрешению. Требования по стандартам ISO отличаются для случаев контроля по классам А и В. Требования стандарта API5L, как такового, соответствуют классу А (нерезкость). Большинство европейских производителей труб работают по классу В, потому что их трубы должны соответствовать стандартам для запорной арматуры, работающей под давлением.

Толщина стенки [mm]	API5L Одиночная проволочка	10893-7 Класс А Одиночная проволочка	10893-7 Класс А Дуплексный индикатор чувствительности	10893-7 Класс В Одиночная проволочка	10893-7 Класс В Дуплексный индикатор чувствительности
4	W14	W15	D10	W17	D13
8	W14	W14	D9	W15	D11
15	W11	W12	D8	W13	D10
25	W10	W11	D8	W12	D10

Рис 3.1.а: API5L и ISO 10893-7 в сравнении

Теперь, если мы посмотрим на выбор цифровых плоскопанельных детекторов, то наиболее часто используемые панели в трубной промышленности имеют следующие размеры пикселя и результирующее разрешение:

Не ис	Размер пикселя	Дуплексный индикатор чувствительности
PerkinElmer XRD 822	200 µm	D7
Varian Paxscan 2520DX	127 µm	D9
Dexela 1512	75 µm	D12
VisiConsult Filmdetector	48 µm	D13

Рис 3.1.б: Пространственное разрешение плоских панелей

Цифры в таблице говорят сами за себя. Контроль тонкостенных объектов требуют пиксель малого размера. Однако существует вариант использования панелей с большим размером пикселя для контроля тонких стенок. Это называется принципом компенсации. Это означает, что не достижение необходимого (по дуплексному индикатору) разрешения компенсируется выявлением одиночной проволочки более высокого номера. Для компенсации необходимы только три шага, и это должно быть согласовано с конечным пользователем. Пожалуйста имейте в виду, что злоупотребление этим принципом приводит к серьезному риску. Поэтому многие инспектора 3 уровня не используют принцип компенсации на своих изделиях. Принцип компенсации должен быть оправдан и задокументирован.

Примеры:

Требования стандарта: Стенка 8 mm: D11 и Проволочка W15

1. Система обеспечивает: D9 and Wire W17 -> Удовлетворяет Стандарту
2. Система обеспечивает: D9 and Wire W16 -> Не удовлетворяет стандарту

3.2. Форм – фактор, частота кадров, экранирование

Форм – фактор детектора также является важным при проведении контроля труб. Активная зона детектора вместе с общими размерами детектора и его формой также являются ключевыми при выборе детектора для контроля труб.

Целью является иметь небольшой детектор с максимальной длиной и минимальной толщиной. Кажется, что «детектор мечты» мог бы иметь размеры 6 * 48 см. К сожалению, ни один из представленных детекторов не имеет таких размеров.

Тип детектора	Активная площадь см×см	Общая площадь см×см	Частота кадров	Экранирование
PerkinElmer XRD 822	20×20	36×29,5	15/30	Up to 15 MEV
Varian Paxscan 2520DX	25×20	26×22	10/30	225 KV
Dexela 1512	15×12	22×15	25	160 KV
VisiConsult Detector	17×5	30×9	4	225 KV

Опыт показывает, что в большинстве случаев (толщина одиночной стенки менее 6 mm) Varian 2520DX является лучшим выбором. Большая активная площадь и лишь небольшое окружающее пространство позволяет использовать детектор также и для контроля труб с малым внутренним диаметром. Приемлемая частота кадров позволяет позиционирование трубы в реальном масштабе времени. Если всегда покрывается трубой, этот детектор также можно использовать до 450кВ.

4. Новая схема контроля с цифровым плоскочастотным детектором

Системы для контроля труб с использованием плоскочастотных детекторов появились на мировом рынке 10 лет назад. Эти системы более или менее похожи друг на друга. Штанга изготавливается из стали и является носителем детектора и его манипулятора. Вес такой системы составляет около 1000 кг. Поддержание системы весом 1000 кг в стабильном состоянии и обеспечение точности перемещения требует очень стабильной и массивной системы крепления и подъема штанги. Плоская панель более или менее защищена от грязи и пыли.



Рис 4.1 Система с плоскочастотным детектором на стальной штанге.

Компания VisiConsult X-ray System & Solutions GmbH разработала новую систему поддержки и перемещения детектора. Вместо массивной стальной штанги используется труба из углеволокна. Вес этой трубы менее 100кг. Плоская панель не движется по верху штанги. В этом случае панель движется внутри углеволоконной трубы. Панель оптимально защищена от грязи, пыли, воды и столкновений. Уменьшенный вес штанги требует гораздо менее массивной системы крепления и подъема штанги.



Рис 4.2 Новая система с углеволоконной штангой



Рис.4.3 Сечение, показывающее расположение детектора внутри штанги.

Следующим этапом развития системы контроля является ее адаптация к оптимальному режиму транспорта труб внутри производства. Проработаны почти все этапы производства и/или контроля для сквозного движения трубы сквозь систему. Только в данном случае рентгеновский контроль является последним этапом. Такая схема практически соответствует циклу производства и экономит производственное пространство.

С новой углеволоконной штангой мы готовы построить систему со сквозным проходом трубы. Специальная технология подъема и удержания штанги с обеих сторон позволяет проводить контроль трубы и пропускать ее сквозь систему. Эта концепция значительно уменьшает время транспортировки.

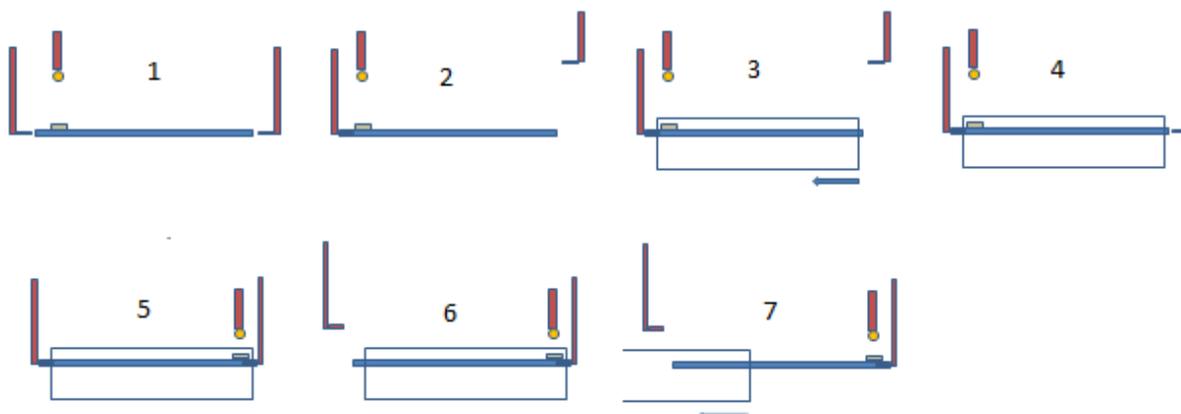


Fig 4.4 Процедура прохода трубы через систему контроля

5. Коммерческий выигрыш

Переход от пленочной к цифровой технологии приводит, главным образом, к уменьшению времени контроля, исключению пленки с ее мокрой обработкой и высвобождение человеческих ресурсов.

Пример расчета по трем различным схемам: Предположим, что контролируется сварная труба длиной 12м с толщиной стенки 15 мм. Ворота открыты. Бункер пустой. 100% контроль шва. 300 рабочих дней в году. 50 € в час лабораторные расходы и 5 € на обработку пленки 48 см.

Шаг	Пленка 6* 48 cm	2520 панель – конечный режим	2520 панель сквозной проход
Движение трубы внутри	60 сек	60 сек	60 сек
Закрытие ворот	25 сек	25 сек	25 сек
Укладка пленки	120 сек	-	-
Включение рентгена	3 сек	3 сек	3 сек
Общее время экспозиции	900 сек (30 снимков, 30 сек)	208 сек (52 снимка, 4 сек)	208 сек (52 снимка, 4 сек)
Перемещение в положение контроля	90 сек (30 снимков, 3 сек.)	104 сек (52 снимка, 2 сек.)	104 сек (52 снимка, 2 сек.)
Отключение рентгена	3 сек	3 сек	3 сек
Открытие ворот	25 сек	25 сек	25 сек
Движение трубы наружу	60 сек	60 сек	60 сек
Движение трубы в положение ожидания	60	60 сек	-
Временной цикл	22 мин	9 мин	8 мин
Производительность	2.5 труб/час 20 труб/смена	6 труб/час 48 труб/смена	7-8 труб/час 60 труб/смена
Стоимость материалов Стоимость человеческих ресурсов В смену	(1200/40)*20*5 € = 3000 € 2* 8ч * 50 € = 800 €	0 € 1* 8ч * 50 € = 400 €	0 € 1* 8ч * 50 € = 400 €
Стоимость в смену	3800 €	400 €	400 €
Стоимость в год при односменной работе	1.140.000 € В год	120.000 € В год	120.000 € В год
Стоимость сырья на трубу	190 €	8.33 €	6.66 €
Стоимость инвестиций	0€	1 500 000€	2 000 000€
Возврат инвестиций	-	1,5 года	2 года (большая производительность)

6. Выводы

Этот очень простой примерный расчет очень ясно показывает преимущества перехода от пленки к цифре. Современная система контроля труб, включая стоимость бункера и дверей, будет стоить около 1.500.000 Euro. По сравнению со стоимостью пленки, необходимого оборудования и персонала можно произвести оценку окупаемости новой системы (ROI), которое составит менее 2-х лет работы. Кроме такой экономии затрат, покупатель получает еще ряд преимуществ:

- Высокое качество контроля
- Быстрая обратная связь после идентификации дефекта в шве
- Защита окружающей среды
- Лучшая репутация на рынке вследствие лучших результатов
- Доступ к другим покупателям вследствие улучшения качества контроля
- Улучшение процесса безопасности и покрытие зоны контроля
- Более легкое архивирование и получение результатов контроля
- Масштабируемая и автоматизированная настройка
- Сокращение требуемого персонала
- Легкая сертификация процесса контроля
- Более высокие цены на реализуемую продукцию

Автор: Дипл. инженер Хайо Шуленбург, Директор компании VisiConsult X-ray Systems & Solutions GmbH

email: h.schulenburg@visiconsult.de ; www.visiconsult.de