

ЖИЗНЯКОВ А.Л., ШАМШИН М.Н.,
КУЛЬКОВ Я.Ю.

**Исследование возможности
выявления поверхностных
дефектов труб с применением
систем машинного зрения**

УДК 620.179.1

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВО
«Владимирский
государственный
университет имени
А.Г. и Н.Г. Столетовых»,
г. Муром

С целью повышения скорости, объективности и качества контроля возможно применение автоматических систем обнаружения и классификации поверхностных дефектов труб в качестве полной, либо частичной альтернативы прямому визуальному инспекционному контролю.

В рамках данной работы выполнено исследование возможности выявления поверхностных дефектов труб в условиях ТЭСЦ-3 и ТЭСЦ-5 АО «ВМЗ» с применением систем машинного зрения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-01191.

Ключевые слова: дефектоскопия, обработка изображений

Введение

В настоящее время в процессе производства труб в ТЭСЦ-3 и ТЭСЦ-5 используется визуальный инспекционный контроль, как один из этапов контроля, необходимых для оценки и подтверждения качества производимых цехами продуктов – электросварных труб малого и среднего диаметра.

Визуально-измерительный позволяет установить наличие и размеры дефектов на поверхности труб, определить их допустимость, установить ремонтпригодность труб.

Виды и классы дефектов электросварных труб описаны в соответствующей нормативной документации, и в классификаторах дефектов сырья, полуфабрикатов. Критерии допустимости дефектов установлены нормативной документацией.

Визуально-измерительный контроль осуществляется на специально организованных в цехах участках – площадках инспекции труб, где обеспечены следующие условия:

- наличие возможности осмотра всей поверхности трубы, за счет её вращения на специальных поворотных роликах;
- обеспечение необходимого уровня освещенности поверхности трубы;
- наличие возможности осмотра поверхности трубы с расстояния до 600 мм под углом более 30° к её плоскости.

Контроль выполняет персонал цехов, имеющий специальную квалификацию – дефектоскопист, и аттестованный в соответствии с правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля – ПБ 03-440-02, ISO 9712. Контроль осуществляется органами зрения и с применением средствами измерения.

Данный способ контроля имеет потенциальные риски и обладает рядом недостатков:

- низкая скорость контроля, как следствие требующая сооружения большого количества инспекционных площадок чем основных технологических агрегатов;
- качество и стабильность контроля подвержены влиянию «человеческого фактора».

Конфигурация демонстрационного стенда

Для демонстрации был подготовлен специальный стенд, состоящий из рамы, двух, закреплённых на ней видеокамер, а также блоков кольцевой и лазерной подсветки. Система способна осуществлять сканирование поверхности трубы с одновременным захватом изображения наружной поверхности трубы и измерением её рельефа.

Сканирующая система, состоит из алюминиевой рамы, закреплённых на ней промышленных видеокамер машинного зрения Basler, осветителей и подсистемы проецирования фокусированного лазерного луча. Основная камера захватывает участок трубы около

500 мм по длине. При работе системы, осуществляется вращение трубы на подъемно-поворотных роликах, благодаря чему обеспечивается возможность сканирования всей поверхности трубы.

Основная камера используется для захвата изображения одновременно с двух участков трубы, являющихся областью наибольшего интереса:

- участок с картиной диффузного рассеяния света, падающего на поверхность трубы от специального осветителя;
- участок, содержащий проекцию лазерной полосы.



Рис. 1. Разработанный демонстрационный стенд

Вторая камера применяется в подсистеме контроля перемещения трубы при ее вращении. Определяется сдвиг соседствующих в серии изображений. На основе этих данных осуществляется совмещение изображений основной камеры для получения полной картины поверхности трубы, то есть ее развертки.

Для измерения и вычисления профиля поверхности трубы применяются алгоритмы триангуляции. Множество измеренных профилей объединяются для построения карты высот на поверхности трубы.

В качестве станции обработки данных выступает компьютер со специализированным программным обеспечением, разработанным специально для проведения эксперимента.

В программе реализованы функции настройки и калибровки системы, позволяющие максимизировать точность выполняемых измерений.

Экспериментальное исследование

Для проведения эксперимента на площадку инспекции труб был загружен образец трубы с искусственными дефектами типа "вмятина", "риска", присутствующими в нескольких местах на наружной поверхности трубы.



Рис. 2. Образец трубы с искусственными дефектами

Сканирующая система размещалась так, чтобы гарантированно полностью охватить очередной исследуемый участок трубы с одним или несколькими дефектами.



Рис. 3. Участок образца с дефектом типа «риска»

Так как некоторые дефекты были достаточно сильно удалены друг от друга, не могли быть одновременно отсканированы

системой, - они проходили сканирование по очереди. Для этого сканирующая системы перемещалась вдоль трубы, либо труба перемещалась по рольгангу.

Перед сканированием труба приводилась во вращение на подъемно-поворотных роликах. После запуска системы, образец прокручивался не менее чем на 360 градусов. Через несколько секунд на экране монитора станции были продемонстрированы результаты сканирования в виде фотографии поверхности исследуемого участка трубы, а также в виде карты высот - 3D модели рельефа ее поверхности.

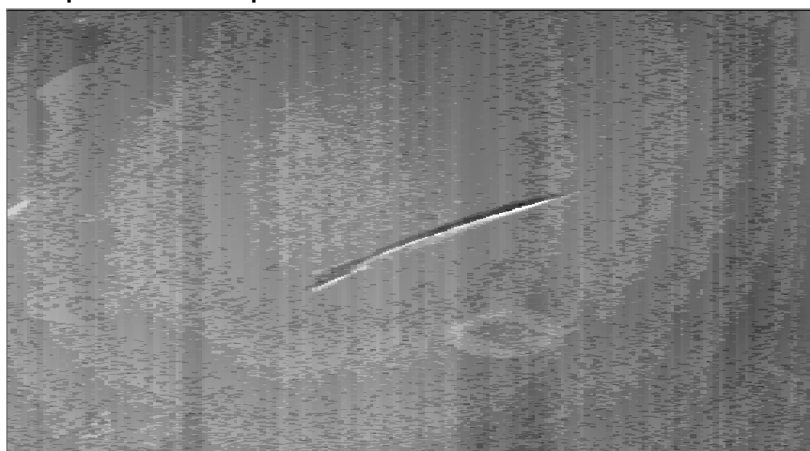


Рис. 4. Иллюстрация результатов сканирования дефекта типа «риска» – фотография поверхности.

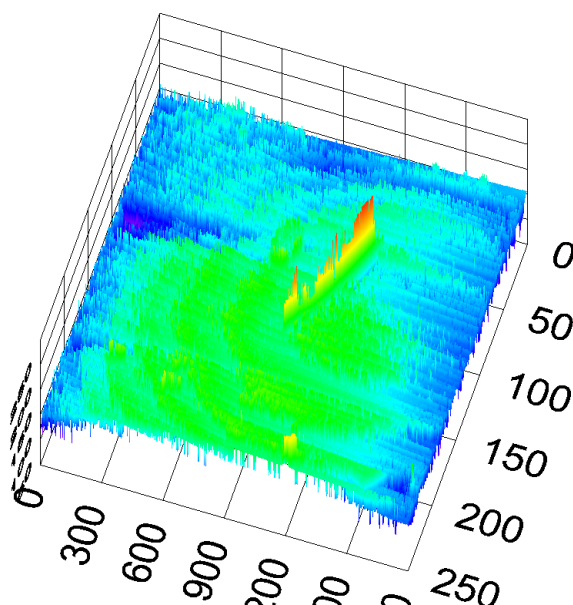


Рис. 5. Иллюстрация результатов сканирования дефекта типа «риска» – Карта высот на поверхности трубы (на графике высоты инвертированы (перевернуты), наиболее глубокие участки отмечены красным).

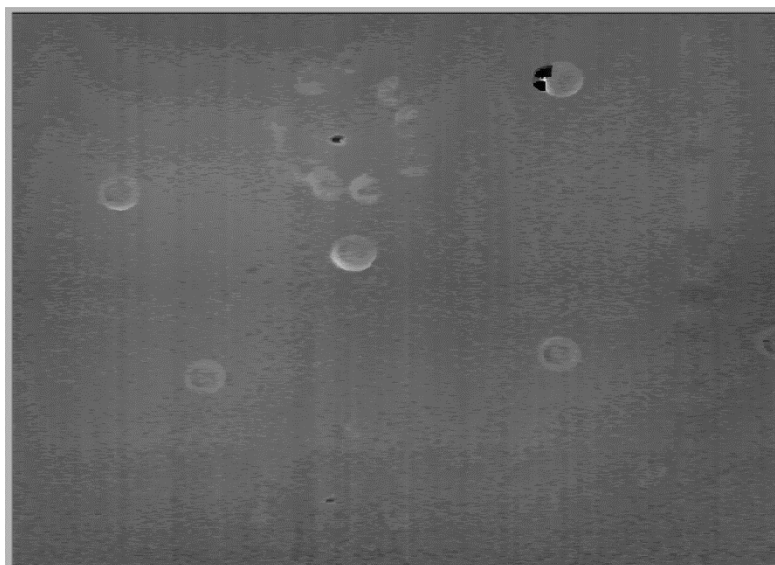


Рис. 6. Иллюстрация результатов сканирования дефекта типа «вмятина» – фотография поверхности.

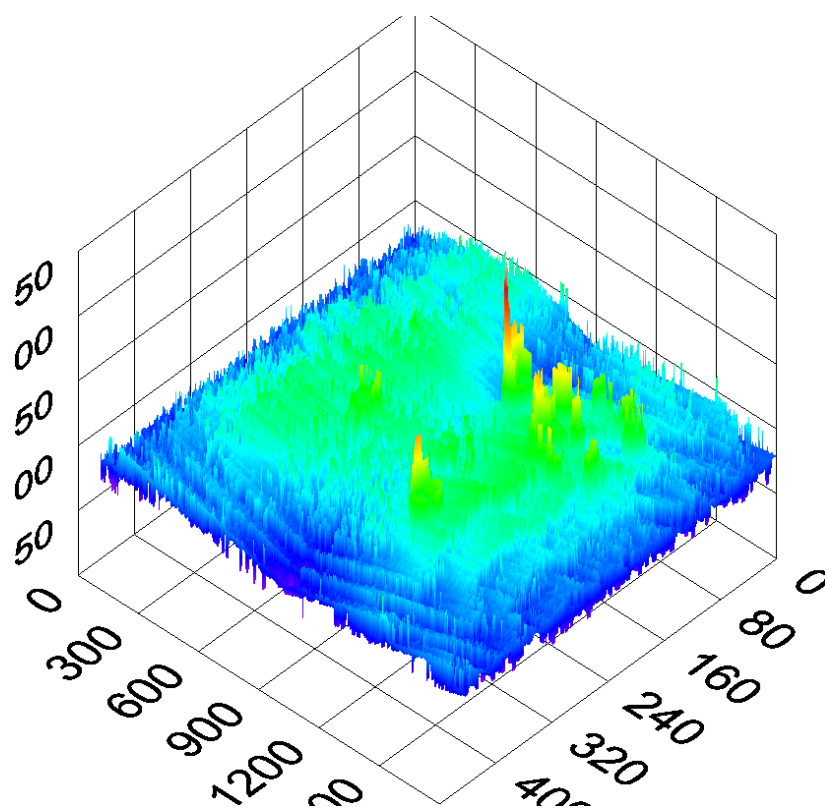


Рис. 7. Иллюстрация результатов сканирования дефекта типа «вмятина» – Карта высот на поверхности трубы (на графике высоты инвертированы (перевернуты), наиболее глубокие участки отмечены красным).

На фотографиях поверхности и визуализации трехмерной модели рельефа трубы образца отчётливо были видны неоднородности и участки с искусственными дефектами.

Средства визуализации, реализованные в ПО, позволили как рассмотреть фотографии в различном масштабе без потери качества, так и оценить 3D модель рельефа с разных ракурсов, под разным углом. При этом отображались масштаб, координатная сетка, и значения глубин, в том числе в интересующей точке модели. Несколько дефектов были измерены инспектором ОТК с помощью стрелочного измерителя глубины.

Выводы

В ходе эксперимента была обеспечена возможность сравнения реальной картину поверхности трубы - образца с дефектами, и результатов её визуализации по итогам сканирования. При оценке имевшихся на образце участков с дефектами, и результатов их визуализации в 2D и 3D, сделан вывод о том, что система качественно провела сбор данных на всех исследованных участках с дефектами. При визуализации данных в ПО системы были отчётливо видны все дефекты, результаты измерения глубины дефектов, выполненные системой, также соответствовали результатам, полученным с помощью стрелочного измерительного прибора.

Сканирование поверхности трубы необходимо проводить при ее движении вдоль оси. Сканирование при вращении трубы вдоль оси затруднено из-за ее перемещения относительно камер при вращении на роликах.

Погрешность измерения 3D профиля при проведении экспериментов (около 0,5 мм) не удовлетворяет требованиям по выявлению дефектов. Для выявления дефектов 3D сканирование поверхности необходимо производить с погрешностью не более 0,1 мм по всем направлениям.

Для получения разрешения около 0,1 мм по всем осям необходимы камеры с большим быстродействием, чем используемые в экспериментальном стенде.

Изображения в зеркальном отражении подсветки получились не очень информативные, так как труба была с окислившейся поверхностью и покрыта мелом.

Для выявления всех дефектов необходимо сканировать поверхность трубы одновременно тремя способами: в зеркально

отраженном свете, в диффузно отраженном свете и построение 3D профиля методом триангуляции.

Для промышленной реализации сканирования поверхности необходимо изготовить кольцевой сканер, содержащий 8...16 комплектов датчиков, каждый из которых производит измерение своего сектора тремя способами. Затем изображения от всех датчиков «сшиваются» в три полных развернутых изображений трубы. Полученные три изображения можно выводить на монитор для определения дефектов на первом этапе человеком, а затем, после наработки базы изображений – программными способами.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-01191.

Рецензент: Привезенцев Денис Геннадьевич, к.т.н., доцент кафедры «Программная инженерия» Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых».