

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВОГО МЕТОДА ДЛЯ ДЕФЕКТОСКОПИИ ТРУБОПРОВОДОВ ВТОРОГО КОНТУРА АЭС

Стороженко В.А., Мешков С.Н., Орел Р.П.

НТЦ «Термоконтроль» ХНУРЭ, г. Харьков

В процессе эксплуатации конструкционные материалы, применяемые в энергетике изменяют свои свойства, что является причиной появления дефектов, которые могут привести к техногенным авариям и катастрофам. Высокие термические нагрузки, которые испытывает оборудование тепловых и атомных станций ведет к снижению термического сопротивления металла, в результате чего повышается температура на поверхности оборудования и трубопроводов. Поэтому температура является важнейшим диагностическим показателем.

Целью работы было определение возможности применения теплового метода для обнаружения скрытых дефектов металла трубопроводов с последующим детальным обследованием традиционными методами контроля.

Термографическое обследование проводилось на участках трубопроводов:

- без контакта с контролируемым объектом;
- без механической подготовки поверхности;
- при рабочих параметрах трубопроводов.

Тепловизионная съемка проводилась в производственных помещениях при температуре 30 °С. Освещение помещений соответствовало общим принципам, основным из которых является создание равномерного уровня освещенности на всей площади.

Для анализа результатов проводилась фотографическая съемка обследуемых объектов в тех же ракурсах, что и тепловизионная съемка.

Обследование паропроводов высокого давления. Термографирование открытых участков дает положительные результаты: по характеристикам стационарного температурного поля на поверхности можно оценить величину утонения металла в месте дефекта. Однако согласно действующим нормам паропроводы высокого давления покрыты рубашкой из теплоизоляции (стекловата) и помещены в защитный металлический экран. Металлические экраны, которые имеют неровную, волнистую поверхность создают локальные температурные аномалии, которые не связаны с состоянием металла трубопровода. На участках с гладкой поверхностью возможно выявление мест с предполагаемым дефектом. Признаком развивающегося внутреннего дефекта является температура и площадь тепловой аномалии (рис. 1).

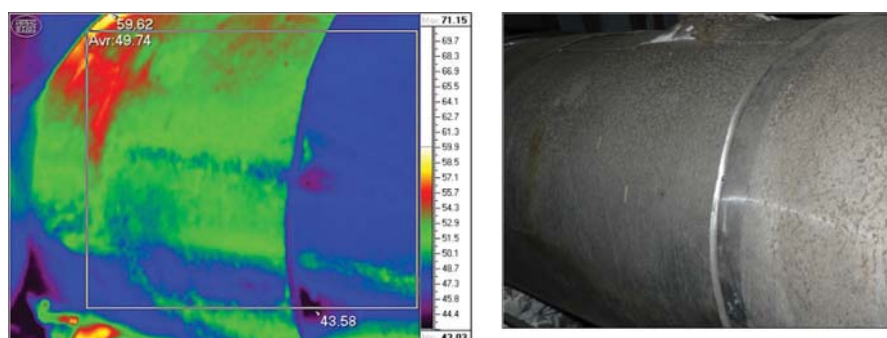


Рис. 1. Участок паропровода высокого давления с возможным развивающимся дефектом

Обследование трубопроводов основного конденсата. На результаты тепловизионной съемки в закрытых помещениях, когда температура объекта (конденсата) близка к температуре окружающего воздуха (30 °С), большое влияние оказывают внешние факторы. В результате их действия на поверхности объектов формируются зоны с мнимой («наведенной») температурой, которая не соответствует реальной температуре объекта. Кроме количественных температурных различий такие наведенные аномалии имеют и отличительные

качественные признаки. Были выявлены и изучены следующие виды факторов, влияющих на температурные поля объектов (таблица).

Уровни температурных аномалий, вызванных влиянием внешних факторов

№	Фактор	Уровни температурных аномалий, °С
1	Освещение	1,6–1,9
2	Влияние цилиндрической формы поверхности объекта.	1,0–1,7
3	Влияние мощных внешних тепловых излучателей	0,9–1,8
4	Влияние теплообмена объекта с полом помещения	0,5–1,0
5	Дефект	2,7

Гидротехническое оборудование подвержено кавитационной эрозии. Кавитационная эрозия обусловлена явлениями, возникающими в движущемся потоке жидкости при определенных гидравлических условиях. Эрозионное разрушение поверхности при кавитации происходит вследствие многократно повторяющихся гидравлических ударов струй жидкости о поверхность. Согласно экспериментальным фактам скорость кавитационного разрушения металла в 5000–10000 раз превосходит скорость коррозионного разрушения. Хотя общепринятой теории кавитации не существует, но по некоторым оценкам пики давлений при сжатии (или разрушении) кавитационных каверн доходят до 250 МПа, а температура — до 10^4 К [1]. Из этого следует, что места образования кавитационных каверн являются локализованными источниками повышенной температуры, и кавитация может иметь «тепловой след». При термографировании был выявлен фрагмент трубопровода с дефектом, обусловленным кавитационным износом (рис. 2). Дефект был обнаружен по следующим признакам:

- форма дефектной зоны не носит регулярный характер и отличается от температурных искажений, вызываемых изученными внешними факторами;
- положение дефекта не меняется при смене ракурса съемки;
- максимальная температура дефекта отличается от средней температуры остальной части трубы на 2,6 °С, что превышает уровни других температурных аномалий (см. таблицу).

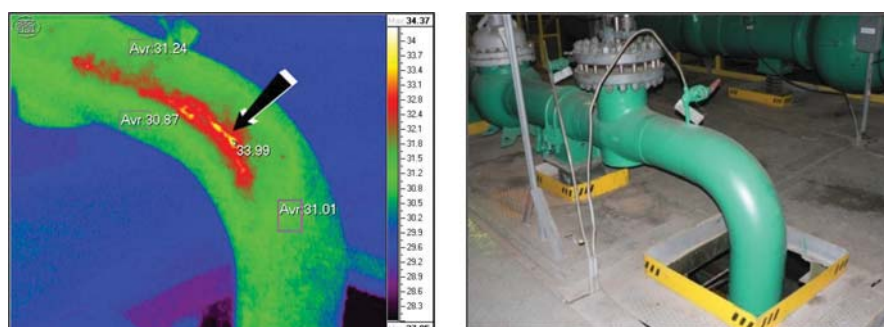


Рис. 2. Выявленная зона кавитационной эрозии (дефект утонения стенки трубы)

Выводы

Проведенные исследования дали положительный результат и показали перспективность применения тепловидения для определения состояния металлов в трубопроводах на тепловых и атомных станциях. Место теплового метода можно определить как экспресс-контроль, позволяющий быстро устанавливать по температурным аномалиям области для детального изучения другими, более точными методами. Это позволит экономить время, повысит качество и оперативность контроля. Тепловизионный мониторинг позволит определять участки первоочередного диагностирования и оптимизировать процедуры контроля (планирование объемов и сроков ремонта оборудования и трубопроводов по их фактическому состоянию).

Список литературы

1. Пирсол И. (1975) Кавитация. Москва, Мир.
2. Богачев И.Н. (1972) Кавитационное разрушение и кавитационные сплавы. Москва, Металлургия.