

## СРАВНЕНИЕ ИНДУКЦИОННОЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЕФЕКТОВ В АКТИВНОМ ТЕПЛОМ КОНТРОЛЕ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ТРЕЩИН В ОБЪЕКТАХ ИЗ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Калашников Д.А.

Научный руководитель: Ширяев В.В., доцент, к.т.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dima778@sibmail.com

«Классические» методы теплового нагружения (конвективный и оптический), используемые в активном тепловом неразрушающем контроле, не всегда применимы для обнаружения тех или иных дефектов. В частности трещины, расположенные перпендикулярно поверхности контролируемого объекта практически невозможно обнаружить с помощью данных методов. Поэтому существует необходимость использования «нетрадиционных» источников нагрева, таких как, индукционный и ультразвуковой.

Эти два метода отлично решают данную проблему, так как при стимуляции нагревается сам дефект, а не вся площадь контролируемой поверхности, как в случае с традиционными методами нагрева.

### Экспериментальные исследования.

#### 1. Активный тепловой контроль с использованием индукционного нагрева (индукционная инфракрасная термография).

Индукционный нагрев проводится следующим образом. Электропроводящая заготовка помещается в так называемый индуктор, представляющий собой один или несколько витков провода. В индукторе с помощью специального генератора наводятся мощные токи различной частоты (от десятка Гц до нескольких МГц), в результате чего вокруг индуктора возникает электромагнитное поле. Электромагнитное поле наводит в заготовке вихревые токи. Вихревые токи разогревают заготовку под действием джоулева тепла. Нагревается только поверхностный слой, который называется скин-слоем. В случае, если на поверхности заготовки имеется трещина, то она нагревается до большей температуры, чем бездефектная область, так как имеет большее сопротивление (рисунок 1). Именно из-за этого эффекта индукционный нагрев и нашел применение в активном тепловом контроле [1].

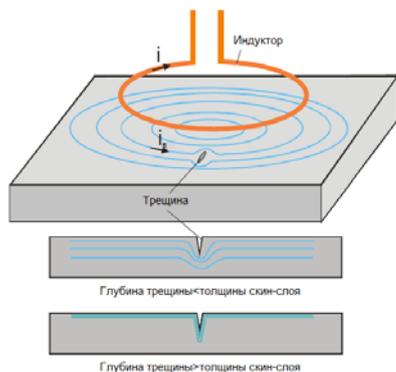


Рисунок 1. Схема установки индукционного нагрева

В качестве объекта исследования использовался переходной переводник для бурильных колонн с продольной трещиной (Рисунок 2).



Рисунок 2. Объект контроля

При проведении экспериментов использовалось следующее оборудование: тепловизор ТН9100ML фирмы NEC Avio для записи термографических последовательностей, в качестве источников нагрева применялась система индукционного нагрева.

Общий вид тепловизионного дефектоскопа представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Тепловизионный дефектоскоп с индукционной стимуляцией.

Нагрев производили в течение 5 секунд. Далее на рисунке 4 представлены результаты обработки полученных термограмм с помощью программы ThermoFit Pro, разработанной в Томском политехническом университете.

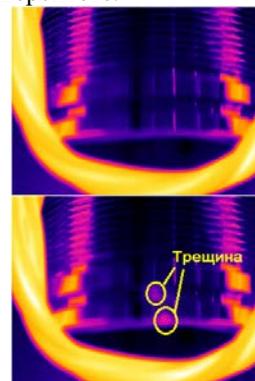


Рисунок 4. Полученные термограммы: до начала нагрева (верхняя) и после нагрева (нижняя).

Из полученных термограмм видно, что температура в области трещины больше, чем в бездефектной области. Температурный сигнал (разность температур трещины и бездефектной области) составил приблизительно  $6,5^{\circ}\text{C}$ .

Далее на рисунке 5 представлен график зависимости температуры от времени инфракрасной съемки.

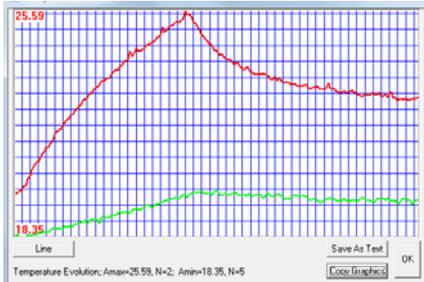


Рисунок 5. График зависимости температуры от времени: красный- над трещиной, зеленый – над бездефектной областью.

## 2. Активный тепловой контроль с использованием ультразвукового нагрева (ультразвуковая инфракрасная термография).

Основное отличие УЗ стимуляции от оптической состоит в том, что ультразвук существенно повышает температуру только в зоне дефектов с «трущимися» краями, оставляя бездефектные зоны «холодными», поэтому используемое в теории ТК понятие текущего контраста  $\Delta T/T$  становится, по-видимому, неравномерным, поскольку избыточная температура  $T$  изделия в процессе контроля близка к нулевой [2].

В качестве источника нагрева объекта контроля использовано устройство для ультразвуковой стимуляции дефектов в конструкционных материалах ИЛ-УСД. Фото тепловизионного дефектоскопа показано на рисунке 6.



Рисунок 6. Тепловизионный дефектоскоп с ультразвуковой стимуляцией.

При вводе ультразвука в объект контроля возникли сложности – так как источник ультразвука имеет большую мощность, образец из-за вибрации «выскальзывал» из-под индентора магнотриционного преобразователя. Поэтому возникла необходимость вводить ультразвук не напрямую, а через промежуточный звукопровод из твердого материала в виде металлической пластины. В качестве такой пластины был использован гаечный ключ. Ультразвуковую стимуляцию объекта производили в течение 5 секунд. Результаты приведены ниже.

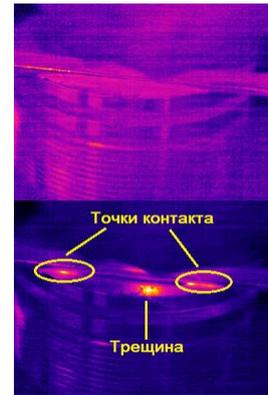


Рисунок 7. Термограммы до (верхняя) и после (нижняя) ультразвуковой стимуляции.

На рисунке 7 представлены термограммы инфракрасной съемки. Из рисунка видно, что нагрелась лишь трещина и точки контакта ключа и объекта контроля. Далее представлен график зависимости температуры от времени.

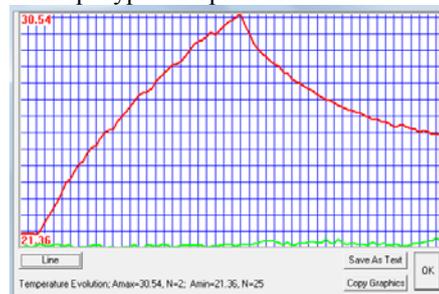


Рисунок 8. График зависимости температуры от времени: красный- над трещиной, зеленый – над бездефектной областью.

Как видно из графика температура бездефектной области практически не изменилась. Температурный сигнал над трещиной составил приблизительно  $9^{\circ}\text{C}$ .

### Вывод.

В ходе экспериментальных исследований установили, что и индукционная и ультразвуковая инфракрасная термография очень эффективны для обнаружения трещин в образцах из электропроводящих материалов.

При тепловом контроле с ультразвуковой стимуляцией, дефект проявляется более явно, чем при контроле с индукционной, так как бездефектная область остается «холодной», вследствие чего наблюдается больший температурный сигнал. В свою очередь индукционная стимуляция не требует наличия контакта и имеет возможность нагрева образцов сложной формы, в то время как при ультразвуковой стимуляции при нагреве объектов сложной формы возникают сложности из-за их смещения под действием вибрации.

### Литература.

1. Бодажков В.А. Объемный индукционный нагрев. – СПб.: «Политехника», 1992. – 68 с.
2. Ширяев В.В., Хорев В.С. Тепловой контроль с применением ультразвуковой стимуляции, Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2011.