

ТЕПЛОВАЯ ДИАГНОСТИКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Ахметханов Р.С.

Институт машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук, 4, М.Харитоньевский пер., Москва, 101990, Россия, mibsts@mail.ru

В тепловых методах неразрушающего контроля используется уровень тепловой энергии, распространяющейся в объекте контроля как диагностический параметр. Температурное поле поверхности объекта является источником информации об особенностях процесса теплопередачи, которые, в свою очередь, зависят от структуры материала, наличия внутренних или наружных дефектов.

При анализе термограмм используются различные методы анализа изображений. При небольших дефектах сложно найти эти области визуально в изображениях термограмм. Наличие таких дефектов можно оценить с помощью статистических данных распределения температуры в термограмме, методами сегментации, кластеризации и методами теории фракталов.

На рисунке 1 приведены термограммы стального листа с трещиной при нагружении. А в таблице 1 приведены статистические характеристики термограмм в единицах окрашенности пикселей изображения (0...255).

Таблица 1 - Статистические характеристики термограмм

№ изм.	1	2	3	4	5
Мат. ожидание	93,331	113,567	117,68	119,651	128,905
Среднеквадратическое отклонение	15,459	13,13	15,024	22,322	21,84
Асимметрия	-0,9307	-2,475	-2,738	-1,706	-1,79
Эксцесс	0,09913	6,804	8,916	2,228	3,456
Коэффициент вариации K, %	16,56	11,56	12,67	18,65	16,94

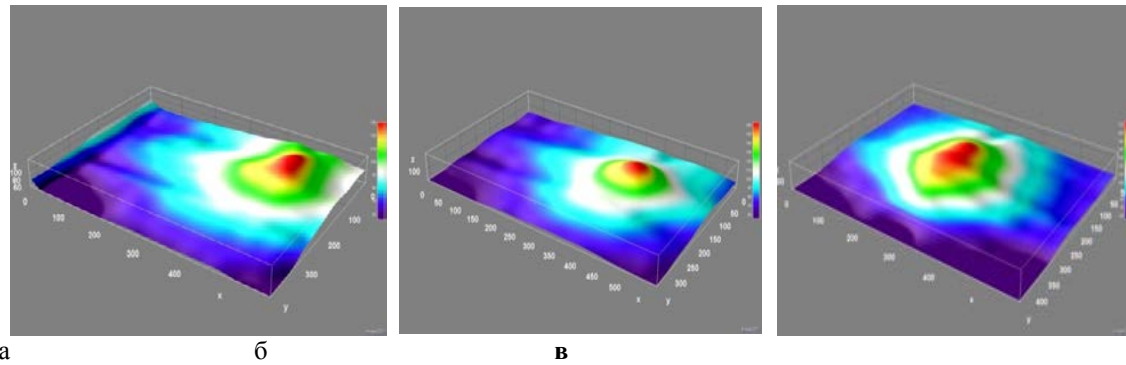


Рисунок 1 – Распределения температур в образце из стального листа шириной 500 мм и толщиной 1 мм с повреждением в виде трещины

Коэффициент вариации температуры образца в начальный момент был 16,56%, по мере нагружения образца он становится меньше, а при разрушении увеличивается до 16,94%. Если рассматривать температуру в начальный момент нагружения коэффициент вариации будет меньше, так как при упругих деформациях температура убывает.

Следующий пример – углеродная нить. Особое место в этом спектре тепловыделяющих элементов играют углеродные (графитовые) нити. Их достоинствами являются высокая эластичность, способность выдерживать большую нагрузку на разрыв, электропроводность, способность долго работать при значительных токовых нагрузках и т.д. На рис. 2 приведена термограмма нити и трехмерное изображение температурного поля.

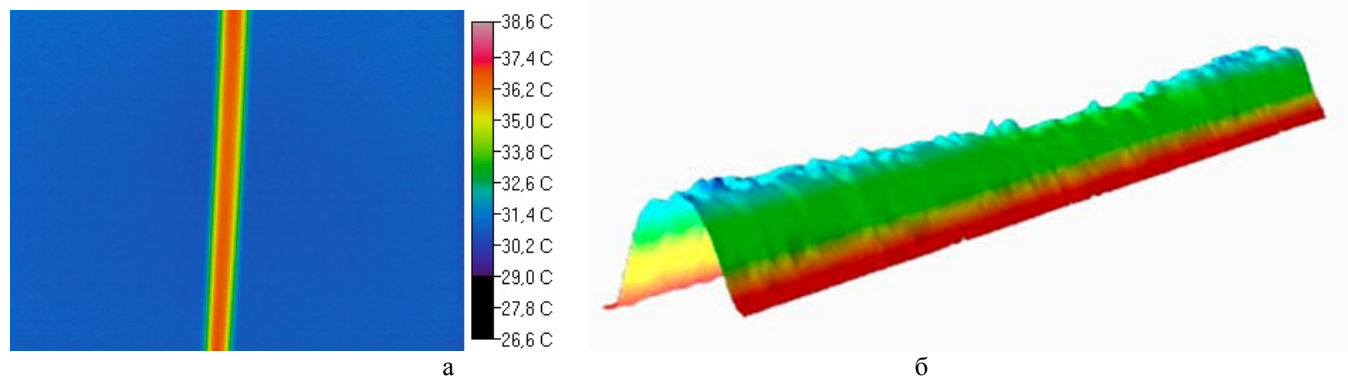


Рис. 2. Термограмма углеродной нити при напряжении 12 В (а) и трехмерное изображение температурного поля (б)

На рис.3 представлено среднее квадратическое отклонение (СКО) температуры в нити (в единицах окрашенности пикселей) при различном уровне приложенного напряжения

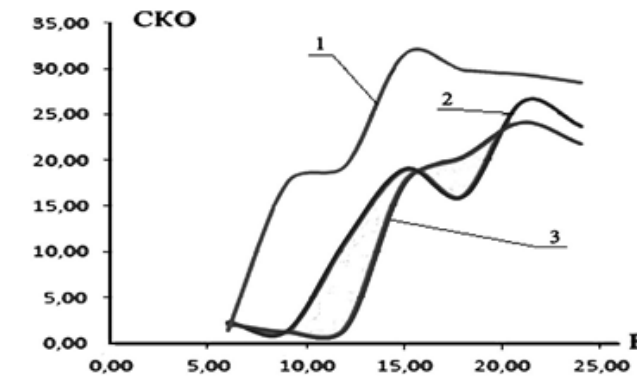


Рис.3. Среднее квадратическое отклонение (СКО) изображения температурного поля в единицах окрашенности пикселей при различном уровне приложенного напряжения В

СКО меняется различным образом при изменении приложенного напряжения к нити и от вида нити (представлено три варианта нити)

Следующий пример – нанесение повреждения на образец из стали в виде задира. Термограммы представлены на рис. 4. Особенностью процесса нагрева образца в зоне задира является раздвоенность пика максимальной температуры.

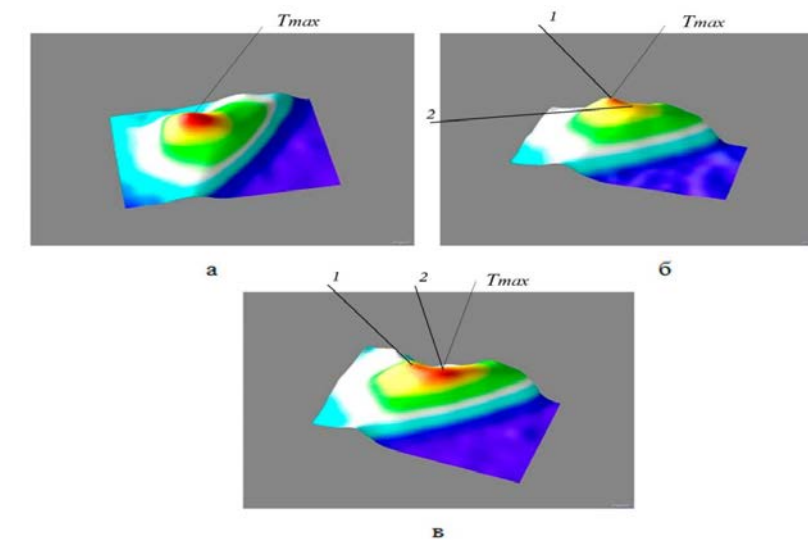


Рис.4. Термограммы в различные моменты времени повреждения образца: поз. 1 и 2 отмечены локальные максимумы температуры, T_{max} – максимальная температура в зоне повреждений

Тепловой метод контроля может использоваться не только при диагностике технических систем, но при исследовании механических свойств материалов, таких как при определении коэффициента интенсивности напряжений (рис. 5), коэффициента концентрации напряжений, оценки неоднородности деформаций и напряжений и т.д.

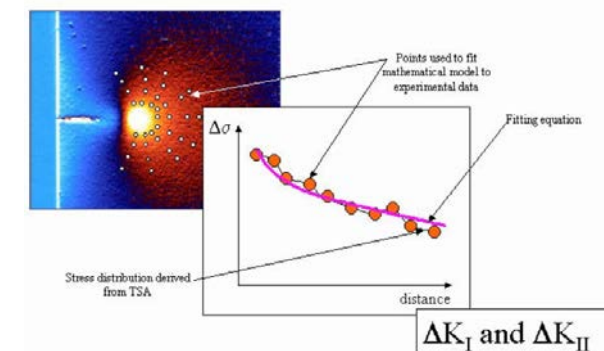


Рис.5. Определение коэффициента интенсивности напряжений тепловым методом