

ТЕПЛОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Стороженко В.А., Мягкий А.В., Мешков С.Н.

НТЦ «Термоконтроль» ХНУРЭ, г. Харьков

В виду многообразия композиционных материалов и изделий из них, не существует универсального метода НК, пригодного для решения всех задач, возникающих в процессе производства и эксплуатации. Тепловой метод в настоящее время является одним из наиболее динамично развивающихся направлений неразрушающего контроля (ТНК), который позволяет решить многие задачи.

Авторами была поставлена задача реализовать возможности ТНК для дефектоскопии полимерных сотовых панелей. Для достижения указанной цели использовался теоретический подход, основанный на построении и анализе теплофизической модели сотовой конструкции, с последующей проверкой теоретических выводов экспериментом.

Модель объекта контроля (ОК) представляла трехслойную пластину, которая состояла из сотопласта, помещенного между двумя обшивками из углепластика. Дефектом (неоднородностью) являлся непрочлей между обшивкой и сотопластом (рис. 1).

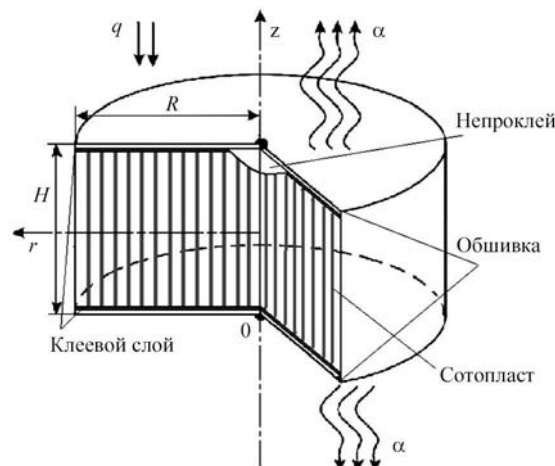


Рис. 1. Модель объекта контроля с дефектом типа «непрочлей»

В разработанной модели одновременно учитывались теплоотдача с нагреваемой поверхности и прохождение тепла через дефект. Математическая модель процесса тепловой дефектоскопии основывалась на решении дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности. Моделирование производилось численным (сеточным) методом конечных разностей, реализованным в программном пакете «TermoPro NURE» [1]. В программу были заложены параметры сотовой панели, предоставленные Заказчиком. Параметры предполагаемого дефекта составляли: $h = 0,8$ мм; раскрытие $\delta = 0,2$ мм. (раскрытие дефекта не должно превышать толщины клеевого слоя), поперечный размер $L = 5$ мм.

В результате анализа модели были получены параметры оптимального режима дефектоскопии, а именно: время нагрева τ_n , с (время за которое нагреватель, мощностью q сообщит ОК необходимого количества тепла для получения максимального значения сигнала ΔT °С, при минимальном уровне шумов.); время запаздывания τ_z , с (момент времени в который соотношение «сигнал/шум» максимально). Результаты расчета времени нагрева и оптимального времени запаздывания показаны в таблице.

q , кВт/м ²	τ_n , с	τ_z , с
28	15	3,3

Экспериментальные исследования по проверке оптимального режима контроля проводились на фрагменте трехслойной конструкции размерами 220×220 мм; обшивка — углепластик толщиной 0,8 мм; наполнитель — полимерный сотопласт с размером ячейки 2,5 мм, толщина конструкции 30 мм. На стороне А (рис. 2)

заложено 2 дефекта: дефект 1-40×70 (мм); дефект 2:20×80 (мм). Дефекты были расположены на глубине $h = 0,8$ мм с раскрытием $\delta = 0,2$ мм.

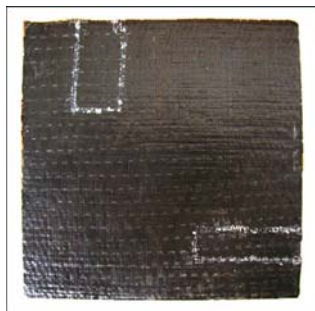


Рис. 2. Объект контроля, сторона А

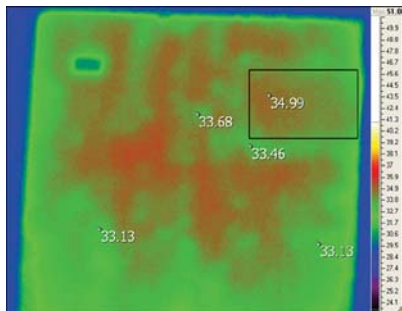


Рис. 3. Термограммы ОК в оптимальном режиме ($T_{cp} = 33,36$ °С)

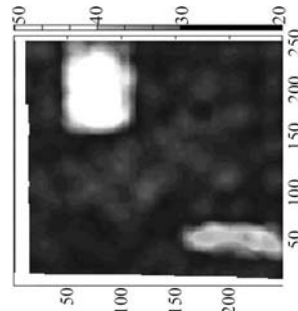


Рис. 4. Конечный вид термограммы после всех видов обработки

По термограмме, полученной в оптимальном режиме (рис. 3), перепад температур между дефектом и недефектными участками поверхности составлял $\Delta T = 1,5$ °С, с точностью $\pm 0,2$ °С. Отличие экспериментально полученного значения ($\Delta T = 1,53$ °С) от расчетного ($\Delta T = 1,73$ °С) не выходило за пределы погрешности.

Был проведен анализ помех, снижающих достоверность ТНК, в результате которого были выделены: 1) помеха, обусловленная неравномерностью нагрева объекта; 2) помеха, вызванная неравномерностью излучательной способности поверхности объекта; 3) помеха, вызванная неравномерностью клеевого слоя. Для выявления ложных помех были разработаны алгоритм и программа, результаты работы которой показаны на рис. 4. Результаты ТНК на образцах с алюминиевыми сотами показаны на рис. 5, 6.

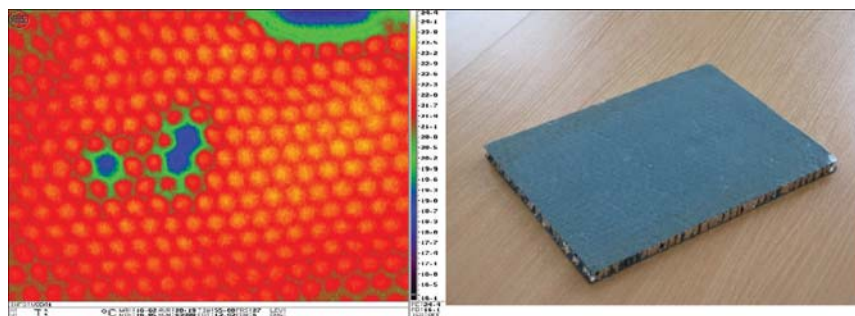


Рис. 5. Образец 1. Стеклопластик-алюминиевые соты-стеклопластик. Дефект — вода в сотах

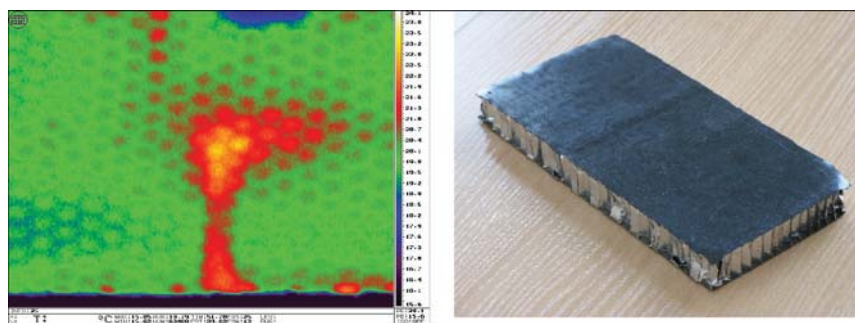


Рис. 6. Образец 2. Стеклопластик-алюминиевые соты-стеклопластик. Толщина образца 20 мм. Односторонняя схема. Дефект 1 — отслоение, размеры 15×50 мм

На основе теоретической модели теплофизических процессов в трехслойной сотовой конструкции рассчитаны оптимальные режимы тепловой дефектоскопии предложенного образца. Проанализированы помехи, для снижения которых использованы программные и аппаратные средства. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили правильность теоретических предпосылок. Отработана методика для тепловой дефектоскопии данного вида объектов.

Список литературы

1. Стороженко В.А., Мешков С.Н., Малик С.Б., Мякий А.В. (2013) Оптимизация процедуры тепловой дефектоскопии сотовых конструкций. *Техническая диагностика и неразрушающий контроль*, 31-35.