DOI: 10.17117/na.2015.08.811

Поступила (Received): 30.08.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.08.811.pdf>

Кирина М.В., Сычев В.А., Чуриков А.А. Робототехническая установка контроля снятия показаний теплофизических свойств участка горизонтальной поверхности изделий

**Kirina M.V., Sychev V.A., Churikov A.A.
Robotic installation of monitoring readings of thermal properties
of the surface area of horizontal products**

Проведены исследования, теоретического и экспериментального характера, работоспособности тепловой инспекционной робототехнической системы, состоящей из модулей, построенных на базе транспортного робота горизонтального или вертикального перемещения, технологической платформы, на которой установлено измерительное и инспекционное оборудование и подсистемы управления движением и измерениями

Ключевые слова: неразрушающий тепловой контроль, теплофизические свойства (ТФС), измерительная мехатронная система

Кирина Мария Валерьевна

Магистрант

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, ул. Советская, 106

Сычев Владислав Андреевич

Магистрант

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, ул. Советская, 106

Чуриков Александр Алексеевич

Кандидат технических наук, профессор

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, ул. Советская, 106

Conducted research, theoretical and experimental, performance, thermal inspection robotic system composed of modules based on transport robot horizontal or vertical movement, a technological platform, which is equipped with measuring and inspection equipment and subsystems traffic management and measurement

Key words: non-destructive thermal control, thermal properties, measurement mechatronic system

Kirina Maria Valerevna

Undergraduate

Tambov state technical university

Tambov, Sovetskaya st., 106

Sychev Vladislav Andreevich

Undergraduate

Tambov state technical university

Tambov, Sovetskaya st., 106

Churikov Aleksandr Alekseevich

Candidate of Engineering Sciences, Professor

Tambov state technical university

Tambov, Sovetskaya st., 106

Повышение качества выпускаемой продукции в немалой степени зависят от качества и метрологического обеспечения процессов испытаний и контроля

на производстве. Растут требования к количеству и достоверности (точности) измерений, необходимых для объективной оценки высококачественных изделий. Для получения информации об их качестве (в том числе надежности) пользуются испытаниями и техническим контролем. Критерием оценки качества является степень соответствия фактических значений параметров и показателей качества требованиям нормативно-технической документации.

Современные методы позволяют оперативно определять теплофизические свойства, не подвергая материал разрушению. Для определения качества изделий необходимо измерение теплофизических свойств в нескольких участках, подверженных повреждению и потере тепловых свойств, например, на участках ближе к краю и по центру. Мобильные роботы в настоящее время используются в промышленности и в местах труднодоступных, неудобных или опасных для человека.

Как правило, снятие показаний ТФС предусматривает ручной труд, при этом человек длительное время совершает монотонную работу, что сказывается на его утомляемости и снижению эффективности работы в целом. Поэтому наша задача разработать робототехническую систему контроля свойств участка горизонтальной и поверхности изделий. Для этого требуется разработать манипулятор, передвигающийся по заданной траектории по поверхности материала для снятия показаний датчика. Для реализации метода НК ТФС изделий из теплоизоляционных материалов, разработана робототехническая установка «Испытательный стол», изображенная на рисунке 1, измерения проводятся по отдельным точкам термограмм. За основу робототехнической установки был выбран стол, выпускаемый на заводе «Twitte».

На рисунке 1 отмечено цифрами 1-стол, 2-координатное передвижение, 3-мобильный измерительный зонд (МИЗ). Общий вид МИЗ изображен на рисунке 2, который является основным измерителем.

Рис. 1. Испытательный стол

Организацию нагрева полуограниченного тела наиболее просто осуществить через участок простейшей геометрической формы. Основываясь на возможности практической реализации и простого математического описания теплового процесса в твердом теле, выбираем круг как участок поверхности исследуемого образца, через который поступает тепловой поток.

а) общий вид; б) измерительный блок в составе: 1 – металлический корпус. 2 – эталонный сравнительный образец. 3 – оригинальный блок, содержащий: интегральный датчик температуры, плоский круглый датчик теплового потока, плоский круглый нагреватель

Рис. 2. Мобильный измерительный зонд

Для решения многомерных задач теплопроводности используем аппарат интегральных характеристик температуры и теплового потока.

Математические модели относительного и абсолютного методов неразрушающего контроля комплекса теплофизических свойств (теплопроводности и температуропроводности) [1], предполагают тепловое воздействие постоянным во времени тепловым потоком плотностью, благодаря чему температура в исследуемом образце в процессе нагрева достигает стационарного значения.

Математическая модель для относительного метода определения теплофизических свойств предполагает наличие двух полуограниченных тел, соприкасающихся в плоскости, причем значения величин теплопроводности λ и температуропроводности a верхнего тела известны и постоянны.

Рис. 3. Модель измерительного блока для относительного метода НК теплофизических свойств

Предполагаем, что в эксперименте выполняются следующие условия:

– исследуемое и сравниваемое тела по отношению к тепловому воздействию являются полуограниченными (рисунок 3);

– удельный тепловой поток $Q(t)$, а, следовательно, и тепловые потоки

$$q(t) = \begin{cases} q(t) \text{ нпу } t \leq t_2, \\ 0 \text{ нпу } t > t_2; \end{cases} \quad \text{и} \quad q_s(t) = \begin{cases} q_s(t) \text{ нпу } t \leq t_2, \\ 0 \text{ нпу } t > t_2; \end{cases}$$

$q(t)$, $q_s(t)$ ограничены во времени

– в плоскости контакта $z = 0$ температура исследуемого тела равна температуре сравниваемого тела.

– тела имеют постоянную одинаковую начальную температуру (считаем ее равной нулю).

При данных допущениях температурное поле двух соприкасающихся полуограниченных тел будет описываться решением следующей асимметричной краевой задачи:

$$\frac{1}{a} \cdot \frac{\partial U(t, r, z)}{\partial t} = \frac{\partial^2 U(t, r, z)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U(t, r, z)}{\partial r} + \frac{\partial^2 U(t, r, z)}{\partial z^2}$$

Величину теплопроводности материала находим по формуле:

$$\lambda = 2 \cdot R \cdot \left(\frac{Q^*(p)(1 - e^{-t_2 \cdot p})}{S^*(p)} - \frac{\lambda_s}{2 \cdot R \cdot V(g_s(p))} \right) V(g(p)).$$

Для определения значений величин теплопроводности λ исследуемого тела необходимо знать значения интегральных характеристик температуры, а также значения интегральной характеристики удельной тепловой мощности, выделяемой плоским круглым нагревателем (эта мощность в процессе эксперимента задается). Таким образом, нет необходимости измерять тепловой поток, направленный в исследуемое тело, что значительно упрощает конструкцию зонда и измерительную схему прибора, и, следовательно, повышает надежность работы всей экспериментальной установки.

Рис. 4. Блок-схема управления роботизированным испытательным столом для НЭК ТФС участка горизонтальной или вертикальной поверхности изделий

Измерительная мехатронная система управляется с помощью контроллера по заданному алгоритму проведения НК ТФС в точках, определенных оператором или в точках, где эксплуатируется изделия, задаваемых технологом. Блок-схема управления испытательным столом изображена на рисунке 4.

Таким образом, благодаря применения манипуляторов автоматизированной робототехнической измерительной системы, нет необходимости использовать ручной труд оператора, вносящий значительную погрешность в проведение НК ТФС, и измерять тепловой поток, направленный в исследуемое тело, при четко автоматически поддерживаемом тепловом контакте, что значительно упрощает конструкцию зонда и измерительную схему измерительной мехатронной системы, а, следовательно, повышает надежность работы всей экспериментальной установки.

Список используемых источников:

1. Градецкий В.Г., Рачков М.Ю. Роботы вертикального перемещения. М. 1997. 223 с.
2. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. М., 2001.
3. Кирина М.В., Сычев В.А., Чуриков А.А. Расчетные зависимости абсолютного и относительного методов определения теплопроводности твердых и дисперсных материалов // Труды ТГТУ. Тамбов. 2015. Вып. 41.

© 2015, Кирина М.В., Сычев В.А., Чуриков А.А.
Робототехническая установка контроля снятия показаний теплофизических свойств участка горизонтальной поверхности изделий

© 2015, Kirina M.V., Sychev V.A., Churikov A.A.
Robotic installation of monitoring readings of thermal properties of the surface area of horizontal products