

Д.В. Семенов, А.П. Пудовкин

МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Большие перспективы по применению в различных отраслях промышленности получили многослойные материалы. Они применяются для производства деталей и оборудования предприятий химического, нефтяного, сельскохозяйственного, транспортного, энергетического и других отраслей машиностроения. К потребителям таких материалов относятся также приборостроение и радиоэлектроника.

Разработка и создание методов и средств автоматизированного неразрушающего контроля (НК), позволяющих проводить непрерывный контроль комплекса характеристик качества многослойных материалов в процессе их производства, является важной задачей.

В РАБОТЕ ПРЕДСТАВЛЕН МЕТОД И ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НК ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА [1] (ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ, ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ, А ТАКЖЕ ПОРИСТОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА) ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ.

Измерительная система (рис. 1), реализующая метод, содержит точечные источники 1 и 2 тепловой энергии, датчики температур 3, 4, 5 и 6, перемещаемые с постоянной скоростью V относительно измеряемого материала 7 и образца 8. Выход датчика температуры 3 и датчика 4 подключены, соответственно, к первому входу вычитающего узла 9 и 10, на вторые входы которых подаются с блоков 11 и 12 задания температур напряжения уставки, моделирующие величину наперед заданной температуры $T_{зад}$ и $T_{зад.1}$, соответственно. Разностный сигнал с выхода вычитающего узла 9 через усилитель мощности 13 поступает на реверсивный двигатель 14, вал которого кинематически соединен с механизмом перемещения датчика температуры 3 относительно источника 1 тепловой энергии. Разностный сигнал с выхода вычитающего узла 10 через усилитель мощности 15 поступает на реверсивный двигатель 16,

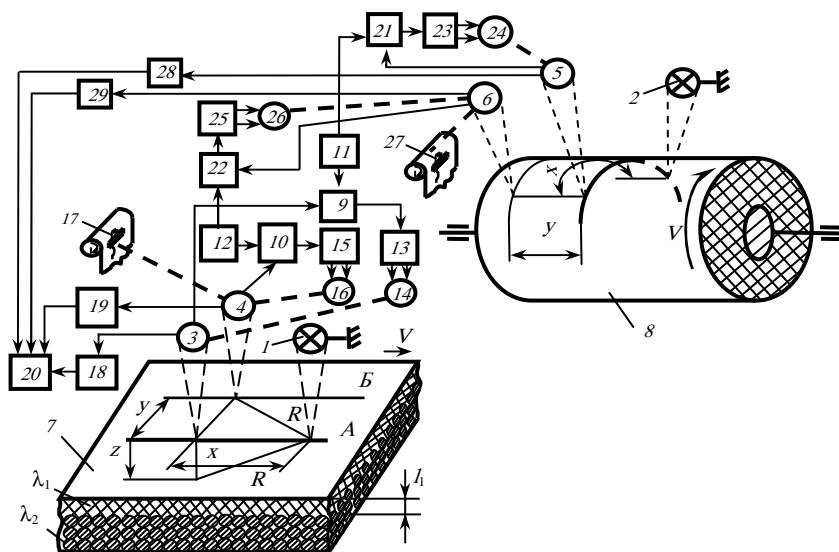


Рис. 1. Измерительная система контроля характеристик качества многослойных материалов

вал которого кинематически соединен с механизмом перемещения датчика температуры 4 относительно датчика температуры 3 по линии, перпендикулярной линии движения источника тепловой энергии.

Датчик 4 соединен с регистрирующим узлом 17, осуществляющим запись и показание толщины прогрева исследуемых изделий. Датчики 3 и 4 соединены также, соответственно, с преобразователями 18 и 19 перемещения в электрический сигнал, выходы которых подключены к микропроцессору 20.

Устройство содержит образец 8, выполненный в виде цилиндрического барабана из того же материала, что и верхний слой двухслойного ленточного материала. Над поверхностью образца размещены точечный источник 2 тепловой энергии и датчики температур 5 и 6, выходы которых подключены, соответственно, к первым входам вычитающих узлов 21 и 22, на вторые входы которых подаются с блоков 11 и 12 задания температур напряжения уставки, моделирующие величину наперед заданной температуры $T_{зад}$ и $T_{зад.1}$, соответственно. Разностный сигнал с выхода вычитающего узла 21 через усилитель мощности 23 поступает на реверсивный двигатель 24, вал которого кинематически соединен с механизмом перемещения относительно источника 2 тепловой энергии, а разностный сигнал – с выхода вычитающего узла 22 через усилитель мощности 25 поступает на реверсивный двигатель 26, вал которого кинематически соединен с механизмом перемещения относительно датчика температуры 5 по линии перпендикулярной линии движения источника 2 тепловой энергии. Датчик 6 соединен с регистрирующим узлом 27, осуществляющим запись и показания толщины прогрева образца. Датчики 5 и 6 соединены также соответственно с преобразователями перемещений 28 и 29 в электрический сигнал, выходы которых подключены к микропроцессору 20.

Сущность метода состоит в тепловом воздействии на объект контроля движущимся точечным источником тепла, изменении расстояния между источником тепла и первым термодатчиком по линии движения источника, а также между первым и вторым термодатчиками по линии перпендикулярной линии движения источника до достижения заданных значений температур при различных значениях мощности источника тепла, в определении среднеинтегральных значений тепло- и температуропроводности двухслойной системы по формулам

$$\bar{\lambda} = \frac{q}{2\pi T_{зад} x}; \quad (1)$$

$$\bar{a} = \frac{\left(\sqrt{x^2 + y^2} - x\right) V}{2 \ln \frac{x T_{зад}}{\sqrt{x^2 + y^2} T_{зад.1}}} \quad (2)$$

и в построении графика тепло- и температуропроводности от глубины прогрева исследуемого изделия, по которому определяют толщину и теплофизические свойства верхнего слоя, а теплофизические свойства нижнего слоя по формулам

$$\lambda_2 = \frac{\bar{\lambda}(l_1 k_2 + l_2) - l_1 k_2 \lambda_1}{l_2}; \quad (3)$$

$$a_2 = \lambda_2 / c_2 \rho_2, \quad (4)$$

где q – мощность источника; V – скорость перемещения источника тепла и термодатчика относительно исследуемого изделия; x – расстояние между центром пятна нагрева поверхности исследуемого изделия и проекцией точки измерения температуры на линию движения источника тепла; R – расстояние от точки измерения температуры до центра пятна нагрева, причем $R = \sqrt{x^2 + y^2}$; y – расстояние от точки регистрации температуры до линии движения источника тепла; l_1 – толщина верхнего слоя; l_2 – толщина нижнего прогретого слоя изделия; $k_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2}$ – постоянная, зависящая от отношения плотностей материалов верхнего и нижнего слоев; c_2 – теплоемкость материала нижнего слоя.

Пористость металлического каркаса нижнего слоя двухслойного ленточного материала определяются из соотношения

$$\Pi = \frac{(\bar{\lambda} - \alpha_1 h_1 \lambda_1)(\rho_1 + \rho_2) - (1 - \alpha_1 h_1)(\rho_1 \lambda_1 + \rho_2 \lambda_2)}{\rho_2 [\bar{\lambda} - \alpha_1 h_1 \lambda_1 - (1 - \alpha_1 h_1) \lambda_2]} \quad (5)$$

Таким образом, измерив и зафиксировав расстояния между точками контроля температуры термоприемниками и центром пятна нагрева, а также расстояния между точками контроля температуры по линиям перпендикулярными линиям движения точечных источников тепловой энергии при разных значениях мощности точечных источников тепловой энергии и, измерив при этих значениях мощности источников энергии температуру термоприемниками по линиям движения источников энергии на зафиксированных расстояниях x от них и зная мощность теплового воздействия, значения заданных температур $T_{\text{зад}}$ и $T_{\text{зад. 1}}$, плотность материалов верхнего слоя и металла каркаса в компактном состоянии, можно определить не только толщину верхнего слоя, теплофизические свойства слоев, но и пористость металлического каркаса двухслойного ленточного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Метод бесконтактного неразрушающего контроля толщин слоев двухслойных изделий и анализ теплофизических процессов в биметаллах / А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышов, Ю.В. Плужников, А.В. Колмаков // Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2002. – Т. 8, № 2. – С. 190 – 200.
2. С1 2182310 RU G01 B7/06. Способ бесконтактного неразрушающего контроля толщины и теплофизических свойств изделий / Ю.В. Плужников, А.В. Колмаков, А.П. Пудовкин. – 2001100142/28, заявл. 03.01.2001 ; опубл. 10.05.2002. – № 13.
3. С1 2293946 RU G01 B 7/06, G01N 25/00. Способ бесконтактного неразрушающего контроля толщины и теплофизических свойств и пористости металлического каркаса двухслойных ленточных материалов / Ю.В. Плужников, А.В. Колмаков, А.П. Пудовкин. – 2005117108/28, заявл. 06. 03. 2005 ; опубл. – 20.02.2007 – № 7.

Кафедра «Радиоэлектронные средства бытового назначения»