

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БИМЕТАЛЛОВ

Широкое распространение по применению в различных отраслях промышленности для автоматизированного контроля получили микропроцессорные измерительные системы (МИС), которые позволяют с высокой точностью и производительностью не только измерять различные параметры, но и вычислять сложные математические зависимости и производить их анализ. Разработка и создание методов и средств автоматизированного неразрушающего контроля (НК) на базе микроконтроллеров для непрерывного контроля характеристик качества многослойных материалов в процессе их производства являются важными задачами.

В данной статье описывается микропроцессорная измерительная система контроля прочности соединения слоев биметалла в процессе его пластической деформации. Обобщенная схема прокатки биметалла с МИС приведена на рис. 1.

В состав МИС входят бесконтактные аналоговые преобразователи температуры 1–3, усилители 4–6, ограничители 9 и 10, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) 7, точечный источник тепловой энергии 8 и микроконтроллер 11. Данная МИС позволяет реализовать способ изготовления биметалла с контролем прочности соединения слоев. Способ заключается в следующем. Предварительно подготовленные составляющие биметалла подают в клеть 13 прокатного стана.

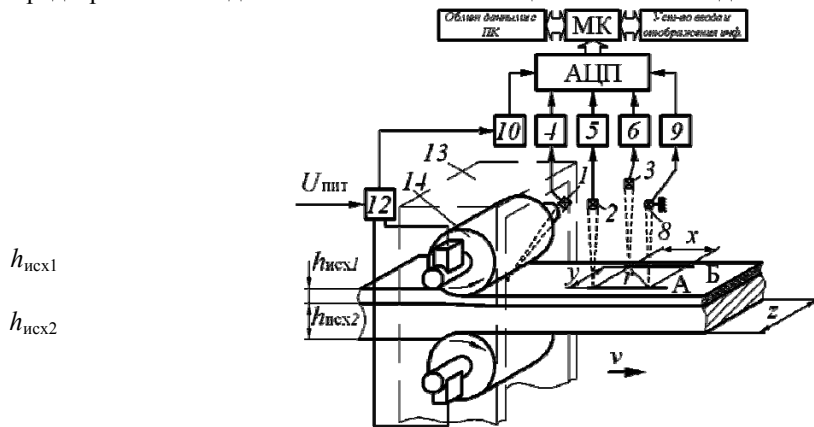


Рис. 1. Обобщенная схема прокатки биметалла с МИС

Генератор импульсов 12 вырабатывает импульсы электрического тока с частотой $f = (0,07...2,5)$ кГц, которые подаются через валки 14 в зону деформации, амплитудное значение плотности тока при этом составляет $J = (5...10) \cdot 10^5 \text{ А/см}^2$ при длительности импульсов $t_{\text{имп}} = (0,2...5) \cdot 10^{-3} \text{ с}$.

Для контроля прочности соединения слоев биметалла измеряют первым преобразователем температуры 1 избыточную температуру биметалла ΔT при выходе его из зоны пластической деформации. Контроль температуры осуществляют в моменты времени между импульсами электрического тока, поступающего с генератора 12. Биметалл на выходе из зоны пластической деформации дополнительно нагревают точечным источником тепловой энергии 8 и измеряют вторым преобразователем температуры 2 избыточную температуру нагрева поверхности биметалла T_2 в точке, расположенной на расстоянии x от точечного источника тепловой энергии по линии его движения. Далее измеряют третьим преобразователем температуры 3 избыточную температуру нагреваемой поверхности T_3 биметалла по линии, параллельной линии движения точечного источника тепловой энергии на заданном расстоянии r . Информация с генератора импульсов электрического тока 12, точечного источника тепловой энергии 8 и преобразователей температуры 1–3, через ограничители 9–10 и усилители сигналов 4–6 поступает на АЦП 7, а затем в микроконтроллер 11.

Сопротивление контакта слоев биметалла определяется как

$$R = R_{\text{общ}} - (R_1 + R_2) = R_{\text{общ}} - \left(\frac{\rho_{\text{уд1}} h_1}{S} - \frac{\rho_{\text{уд2}} h_2}{S} \right), \quad (1)$$

а сопротивление $R_{\text{общ}}$ материала вычисляют по выражению

$$R_{\text{общ}} = \frac{\Delta T c V}{(JS)^2 t_{\text{имп}}}. \quad (2)$$

Известно, что при нагреве поверхности полубесконечного в тепловом отношении тела подвижным точечным источником энергии избыточная предельная температура поверхности в точке, перемещающейся вслед за источником по линии его движения со скоростью, равной скорости перемещения источника, определяется формулой [3].

$$T_2 = \frac{q}{2\pi\lambda x}, \quad (3)$$

где T_2 – избыточная предельная температура нагреваемой поверхности полубесконечного изделия в точке, перемещающейся вслед за источником по линии его движения, К; q – мощность источника, Вт; $\bar{\lambda}$ – усредненный коэффициент теплопроводности тепловой системы, состоящей из плакирующего слоя и основания, Вт/(м · К); x – расстояние между точками контроля температуры и центром пятна нагрева поверхности исследуемого изделия сосредоточенным источником энергии, м.

При движении термодатчика по линии Б со скоростью v , равной скорости движения источника тепла, предельная избыточная температура определяется следующей формулой

$$T_3 = \frac{q}{2\pi\lambda\sqrt{x^2 + y^2}} \exp\left[-\frac{(\sqrt{x^2 + y^2} - x)v}{2a}\right], \quad (4)$$

где y – расстояние от точки регистрации температуры до линии движения источника тепла, м.

Удельная теплоемкость двухслойной системы определяется из выражения

$$c = \frac{\bar{\lambda}}{a}. \quad (5)$$

Тогда с учетом соотношений (1) – (6) сопротивление контакта слоев биметалла определяется как

$$R = \frac{\Delta T q \ln\left[\frac{xT_2}{T_3(\sqrt{x^2 + y^2})}\right] l b_H \varepsilon z}{2\pi T_2 (Jl z)^2 t_{\text{имп}} x v (\sqrt{x^2 + y^2} - x)} - \frac{\varepsilon (\rho_{\text{уд1}} h_{\text{исх1}} + \rho_{\text{уд2}} h_{\text{исх2}})}{z l}. \quad (6)$$

Прочность соединения слоев определяется по графику (рис. 2), построенному экспериментально в ходе испытаний биметалла на прочность соединения его слоев. Для каждой партии полученного биметалла измеряют прочность соединения слоев известными разрушающими методами, предварительно измерив электрическое сопротивление участка пластической деформации. Данные графика заносятся в память МК, который на их основании и измеренных значений сопротивления R производит оценку прочности соединения слоев биметалла.

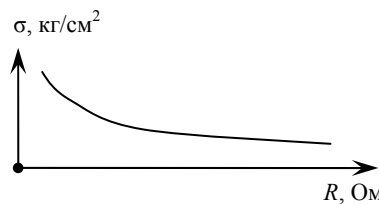


Рис. 2. График зависимости прочности соединения слоев биметалла при различных значениях электрического сопротивления контакта его слоев

Разработанная МИС позволяет обмениваться данными с ПК и выводить необходимую информацию на устройства внешнего отображения информации. В данной системе предлагается использовать микроконтроллер семейства PIC16F87х, который имеет высокоскоростную RISC архитектуру, все команды выполняются за один цикл, тактовая частота 20МГц [4].

Таким образом, применение разработанной МИС при прокатке биметаллических лент, с использованием дополнительного воздействия в зоне пластической деформации импульсного тока большой плотности, позволяет повысить производительность контроля, улучшить качество биметаллических лент вследствие повышения прочности сцепления слоев, а также повысить выход годного материала путем уменьшения количества брака по местным отслоениям лакирующего слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвитин, С.П. Исследование влияния электропластического эффекта при холодной прокатке биметаллов / С.П. Москвитин, А.П. Пудовкин // XII научная конференция ТГТУ. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – С. 38 – 40.
2. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы / Ю.В. Баранов, О.А. Троицкий, Ю.С. Аврамов, А.Д. Шляпин. – М. : МГИУ, 2001. – 844 с.
3. RU 2005117108 А, G 01 В 7/06, G 01 N 25/00. Способ бесконтактного неразрушающего контроля толщины, теплофизических свойств и пористости металлического каркаса двухслойных ленточных материалов / Ю.В. Плужников, А.В. Колмаков, А.П. Пудовкин, В.Н. Чернышев, А.П. Лаврентьев, И.Г. Горчаков, А.И. Дьяконов. – № 2005117108/28 ; заявл. 03.06.2005 ; опубл. 10.12.2006, Бюл. № 34. – 2 с.
4. www.microchip.ru/files/d-sheets-rus/PIC16_31.pdf. Справочник по семейству микроконтроллеров / пер. ООО «Микро-Чип». – Москва, 2002.