

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНТРОЛЬ ОЦИНКОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ

В статье приведено описание оптико-электронного контроля толщины покрытия цинка на агрегате горячего оцинкования проволоки для создания автоматического режима технологического процесса с целью уменьшения брака.

Оцинкование, ротаметр, оптико-электронный контроль, микропроцессор, оптическая система.

The paper describes an optical and electronic control of thickness of the zinc coating on the aggregate of hot zinc coating of wires for creation of an automatic mode of the process to reduce the bad quality.

Zinc coating, rotameter, optical and electronic control, microprocessor, optical system.

Оцинкование проволоки является дорогим, сложным и энергоемким производством. В настоящее время контроль толщины покрытия осуществляется оператором, который вручную регулирует количество наносимого цинка. При ручном методе толщина покрытия зависит от давления азота в оптирах и от скорости линии, контроль расхода азота осуществляется ротаметрами вручную и зависит от открытия клапана для каждой нитки проволоки для каждого конкретного диаметра. Скорость каждой нитки проволоки изменяется вручную с использованием потенциометра [1].

Данный ручной метод оцинкования приводит к появлению на поверхности проволоки мест, не покрытых цинком, – черных пятен. Цинковое покрытие становится непрочным, с трещинами и отслаивается при навивке оцинкованной проволоки на стержень [2].

В условиях непрерывного безостановочного производственного цикла, свойственного технологическому процессу изготовления оцинкованной проволоки, постоянный контроль размеров толщины изделий в автоматическом режиме становится одним из необходимых требований поддержания принятых отраслевых стандартов качества и увеличения производительности. При этом все действия по поддержанию геометрических размеров должны производиться без непосредственного контакта с измеряемым объектом и одновременно с высокой степенью точности [3]. Данные условия достигаются при помощи использования лазерных измерительных датчиков, позволяющих эффективно решать задачи бесконтактного контроля геометрических размеров.

На рис. 1 показана схема двухкоординатного измерителя.

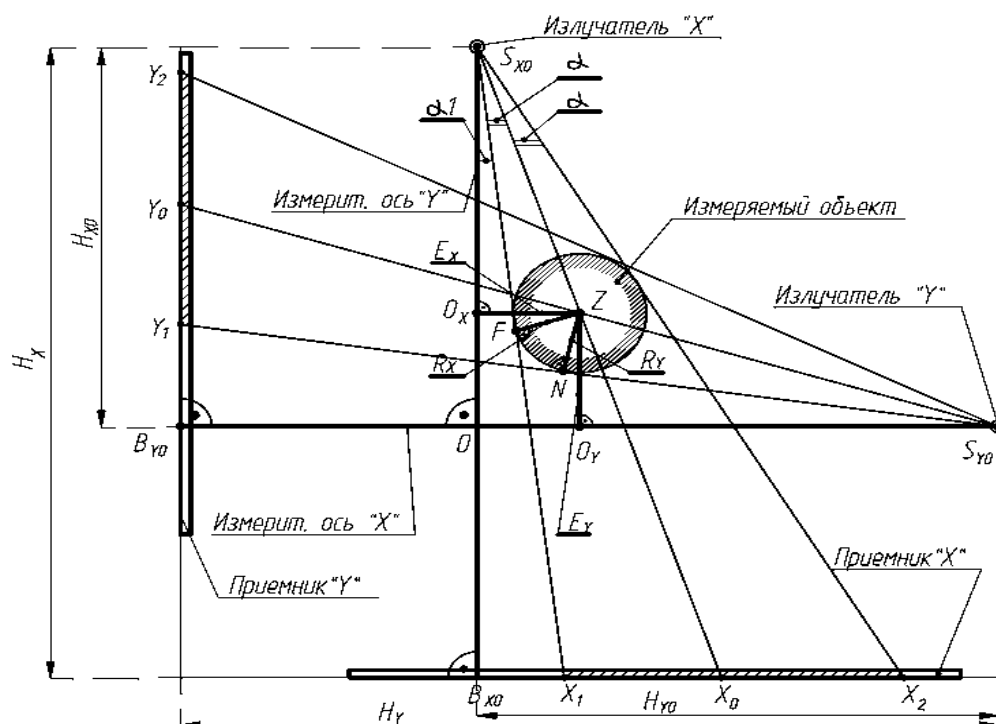


Рис. 1. Геометрия лазерного прибора

Диаметры D_x и D_y для каждой из осей в двух-координатной оптической системе с расходящимся пучком вычисляются формулами (1) и (2).

$$D_x = 2\sqrt{E_x^2 + (H_{xo} - E_y)^2} - \sin \frac{1}{2} (\arctg \frac{X_2}{H_x} - \arctg \frac{X_1}{H_x}), \quad (1)$$

$$D_y = 2\sqrt{E_y^2 + (E_{xo} - E_x)^2} - \sin \frac{1}{2} (\arctg \frac{Y_2}{H_y} - \arctg \frac{Y_1}{H_y}). \quad (2)$$

Расстояния от центра объекта до осей E_x и E_y определяются формулами (3), (4).

$$E_x = \frac{X_o H_y (H_{xo} - Y_o \frac{H_{yo}}{H_y})}{(H_x H_y - X_o Y_o)}, \quad (3)$$

$$E_y = \frac{Y_o H_x (H_{yo} - X_o \frac{H_{xo}}{H_x})}{(H_x H_y - X_o Y_o)}. \quad (4)$$

Положения проекции центра объекта на соответствующих многоэлементных приемниках X_o и Y_o по формулам (5), (6) равны.

$$X_o = H_x \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\arctg \frac{X_2}{H_x} + \arctg \frac{X_1}{H_x}), \quad (5)$$

$$Y_o = H_y \operatorname{tg} \frac{1}{2} (\arctg \frac{Y_2}{H_y} + \arctg \frac{Y_1}{H_y}), \quad (6)$$

где по формулам 7, 8 положения начала X_1 , Y_1 и конца X_2 , Y_2 теней объекта на соответствующих приемниках.

$$X_1 = F_x - B_{xo}, \quad (7)$$

$$Y_1 = F_y - B_{yo}. \quad (8)$$

При каждом сканировании размер объекта автоматически сравнивается с размером референтного образца, введенного в лазерный датчик. Таким образом, лазер автоматически калибруется и может работать в термически нестабилизированной области. Для уменьшения влияния неизбежных случайных ошибок и значительного увеличения повторяемости измерений используются измерения однократного сканирования с более низкой повторяемостью. Более того, микропроцессор выводит поправки и удаляет любые ошибки при помощи абберации оптической системы. Это позволяет выполнять высокоточные измерения, несмотря на положение проволоки в из-

меряемом поле. Результат измерения определяется выражением (9).

$$\frac{1}{M} \sum_{i=1}^N FFT_i, \quad (9)$$

где N – параметр длины спектра, количество измеренных значений для FFT спектров, M – среднее количество FFT спектров.

Для минимизации неизбежного влияния пыли и грязи, которые оказывает влияние на все оптические приборы, оптическая система сводит луч в параллельный пучок в измеряемой области, создавая широкое поперечное сечение на уровне окна. Таким образом, пыль и маленькие частицы грязи не влияют на точность измерений.

Для реализации метода оптико-электронного контроля разработано специальное математическое обеспечение, позволяющее обрабатывать показания лазерных измерительных датчиков и анализировать процесс оцинкования в целом. При этом установлена зависимость площади поперечного сечения S от скорости проволоки V_n и давления азота P_a (10):

$$S = F(V_n, P_a). \quad (10)$$

Площадь поперечного сечения S определяется по формуле (11):

$$S = S_2 - S_1 = \frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2), \quad (11)$$

где S_1 – площадь поперечного сечения проволоки без цинка, S_2 – площадь поперечного сечения проволоки с цинком.

Масса цинкового покрытия m определяется по формуле (12):

$$m = S \cdot \ell \cdot \rho, \quad (12)$$

где ρ – линейная плотность цинка, ℓ – длина проволоки.

Определена зависимость скорости проволоки V_n и давления азота P_a от линейной плотности цинка ρ (рис. 2).

Перед ванной оцинкования и на выходе готового изделия при помощи комбинирования нескольких лазерных датчиков, обеспечивающих быстрое и весьма точное измерение, возможна организация надежной системы контроля скорости агрегата и регулировка давления азота в газовых оптиках в режиме реального времени. Данная система управления позволяет существенно снизить долю брака с 10 – 12 % до 4 – 6 % за счет обратной связи с механизмами и оборудованием агрегата горячего оцинкования проволоки (рис. 3).

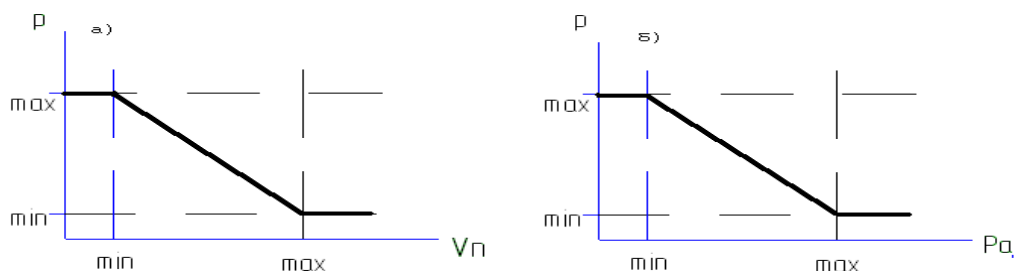


Рис. 2. а – зависимость скорости проволоки V_n от линейной плотности цинка ρ ;
б – зависимость давления азота P_a от линейной плотности цинка ρ

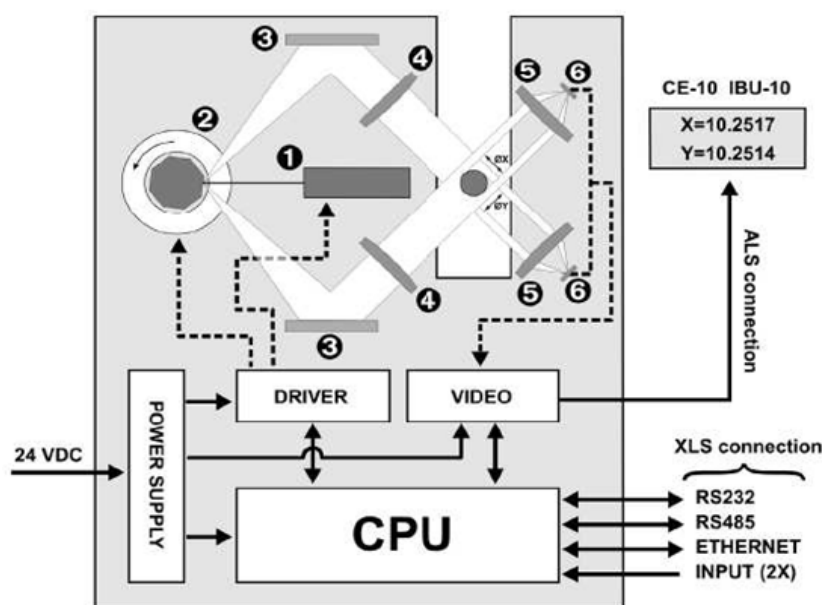


Рис. 3. Схема оптико-электронного контроля оцинкованной проволоки

Измерительный прибор использует видимый лазерный диод (1) в качестве высокоинтенсивного источника параллельного света. Тонкий луч этого света сводится в параллельный пучок на объекте измерения. Данный луч отражается с постоянной скоростью от вращающегося зеркала (2), где две линзы фокусируют его так, что он идет параллельно самому себе в измеряемой области. Благодаря системе зеркал (3) и использованию двух главных линз (4), генерируются два измерительных луча, которые пересекаются под углом 90° .

Во время процесса сканирования лазерные лучи пересекают измеряемый объект и отбрасывают две тени на приемник в направлениях X и Y . Протяженность каждой тени пропорциональна диаметру объекта по измерительной оси X или Y . Протяженность света связана с X и Y положениями продукта в измеряемом поле. Две линзы (5) на приемнике могут собирать все световые выходы с передатчика и сосредотачивать два луча на двух высокоскоростных фотодетекторах (6). Сигнал с фотодиодов после предварительной обработки внутри приемника передается на микропроцессор, который рассчитывает время нахождения в тени и вычисляет диаметры X и Y . На выходе появляются два бинарных сигнала (импуль-

са), которые затем передаются на электронный блок. Позволяя выполнять расчет диаметра проволоки, они обрабатываются микропроцессором.

Таким образом, применение оптико-электронного метода обеспечивает контроль качества проволоки на агрегате горячего оцинкования и возможность корректировки технологического процесса с помощью регулирования как скорости движения проволоки, так и давления газа – азота – в оптических камерах.

Литература

1. Ключев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев; под общ. ред. В.В. Ключева. – М., 2005.
2. Свендровский, А.Р. Расчет диаметра в бесконтактных двухкоординатных измерителях / А.Р. Свендровский // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Научно-технические проблемы приборостроения и машиностроения». – Томск, 2005. – С. 31 – 33.
3. Федоров, Е.М. Вычисление геометрических параметров двухкоординатных измерителей диаметра протяженных изделий / Е.М. Федоров, А.А. Эдличко // Известия ТПУ. – 2008. – № 2. – С. 18 – 21.