

## Измерение и контроль толщины покрытий

Современные системы измерения и контроля дают возможность с предельной точностью контролировать толщину неорганических и органических покрытий на полосе. При их использовании на полосу можно равномерно наносить покрытия по всей ширине и длине, а производственные линии могут надежно работать при пониженном уровне допусков на толщину покрытия. Такие системы позволяют повысить производительность и снизить расход материалов и энергии. Кроме того, они упрощают работу персонала, так как измерительные приборы непосредственно интегрированы в системы управления процессом.

### Введение

Отделка поверхности полосы становится все более важным фактором во многих областях ее применения, включая автомобильную промышленность, производство бытовой техники, строительство и упаковку. Непрерывные процессы нанесения покрытий, например электролитическим способом или методом погружения, а также нанесение фольги или краски на поверхность стальных или алюминиевых полос, позволяют получать изделия с поверхностью, имеющей лучшие эксплуатационные характеристики и более высокую коррозионную стойкость. Ответственность производителей полосы чрезвычайно возросла с повышением требований к качеству покрытий. Повышение требований к качеству и необходимость экономии материалов требуют предельной точности и надежности в работе измерительной аппаратуры. Фирма IMS разрабатывает новые системы, способные измерять толщину покрытий в технологических линиях и гарантирующие прецизионный контроль процессов.

Для измерения толщины покрытий могут быть применены различные системы. Выбор системы зависит от материала покрытия, его толщины или удельной массы:

- инфракрасные (IR) системы используют для измерения толщины слоя масла или воска;
- ультрафиолетовые (UV-VIS) системы применяют для измерений тонких пленок масла или краски (влажных или сухих);
- рентгеновские системы применяют для измерения металлических покрытий;
- гамма-лучевые системы с радиоактивными изотопами используют для измерения влажных и сухих слоев краски или металлических покрытий.

### Радиометрический принцип измерения

При облучении материала ионизирующей радиацией возникает вторич-

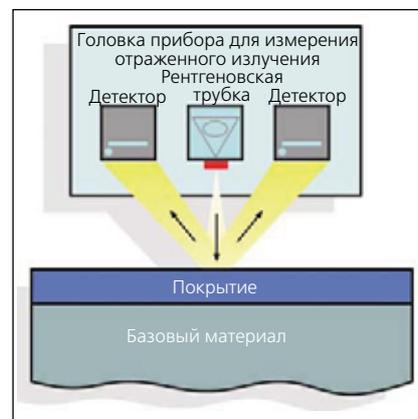


Рис. 1. Эффект отраженного излучения

ное излучение, направленное к источнику радиации. Для измерения толщины покрытия используют бета-составляющую рентгеновской флуоресцентной радиации (рис. 1). Когда бета-излучение сталкивается с измеряемым объектом, определенная часть его отражается. Количество отразившихся бета-частиц существенно зависит от атомного номера материала. Флуоресцентное рентгеновское излучение в форме вторичной радиации возникает в тех случаях, когда рентгеновское излучение высокой интенсивности сталкивается с измеряемым объектом. Длина волны и энергия вторичной эмиссии будут характеризовать свойства измеряемого объекта.

Для радиометрического контроля толщины покрытия требуются один или несколько датчиков. Измерительная головка состоит из источника ионизирующего излучения (рентгеновской трубки или изотопа) и детектора (ионизационной камеры). Если атомные номера базового материала и материала покрытия различаются, то интенсивность отраженного излучения находится между двумя предельными уровнями, соответствующими уровням отраженного излучения от базового материала и от материала покрытия.

### Пример № 1: равномерное цинковое покрытие, наносимое в линиях методом горячего погружения

Основным требованием к покрытию, получаемому методом горячего

Райнер Факкерт, управляющий директор, фирма **IMS Messsysteme GmbH**, Хейлигенхаус, Германия

Контакт: [www.ims-gmbh.de](http://www.ims-gmbh.de)  
E-mail: [rainer.fackert@ims-gmbh.de](mailto:rainer.fackert@ims-gmbh.de)

# Металлургический опыт

## Для чистой окружающей среды



**Наши установки регенерации кислот из отработанных травильных растворов используют опробованные технологии, которые постоянно совершенствуются для того, чтобы обеспечить самые высокие требования, предъявляемые как к качеству соляной кислоты и сопутствующего продукта (оксида железа), так и к надежности оборудования. Раз-**

**работанный нами процесс является самым эффективным по энергопотреблению и соответствует самым жестким нормам по защите окружающей среды.**

ANDRITZ METALS конструирует и поставляет под ключ комплектные технологические линии для производства холоднокатанного плоского проката и последующих его переделов из углеро-

дистой и нержавеющей сталей, а также цветных металлов. ANDRITZ METALS является одним из немногих поставщиков в мире, способным поставить полностью из одних рук технологии и оборудование для изготовления и обработки стальной полосы: механическое и электрооборудование, технологии и средства автоматизации процессов, сервис и техобслуживание.

погружения, является равномерность его толщины, жесткие допуски на толщину при минимальных производственных расходах, хорошее качество поверхности. Производители полосы с таким покрытием выполнили ряд исследований с целью разработки надежной и точной системы контроля покрытия. Фирма IMS предложила систему, обеспечивающую надежный, быстродействующий и точный контроль слоя покрытия.

В линии горячего цинкования методом погружения (рис. 2) толщину покрытия измеряют непосредственно над цинковой ванной (точка горячего измерения) и за участком охлаждения (точка холодного измерения). Над цинковой ванной измерение проводится при температуре около 400 °С. Детекторы обратного рассеяния рентгеновских лучей расположены с верхней и нижней сторон полосы и помещены на водоохлаждаемые стойки. С их помощью измеряют толщину покрытия в средней части полосы. Около каждого детектора помещены по две ионизационные камеры. Такая конструкция гарантирует компенсацию изменений расстояния между датчиками и поверхностью полосы.

Конфигурация и конструкция измерительного датчика разработаны в соответствии с условиями измерения в горячей зоне. Измерения на верхней и нижней поверхностях полосы производят с помощью вибрирующей измерительной рамки, двух траверс или одной кольцевой рамки. Такая конфигурация позволяет измерять толщину покрытия по всей ширине полосы.

Для получения равномерной толщины покрытия фирма IMS разработала корректирующую систему, контролирующую давление в линии воздушного ножа и его расстояние от поверхности полосы (рис. 3). На процесс отжима с помощью воздушного ножа влияют следующие параметры:

- скорость полосы;
- давление воздуха в соплах ножа;
- расстояние между соплами и полосой, а также прогиб полосы в поперечном сечении,
- форма сопел и головки, на которой они закреплены;
- угол наклона сопел к поверхности полосы;
- расстояние между воздушным но-

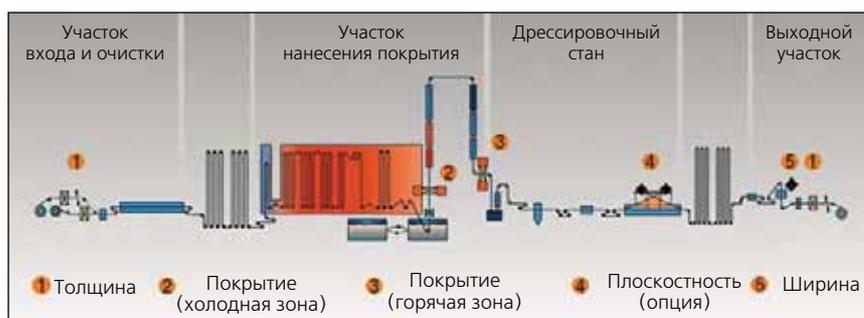


Рис. 2. Измерительная система в линии горячего цинкования методом погружения

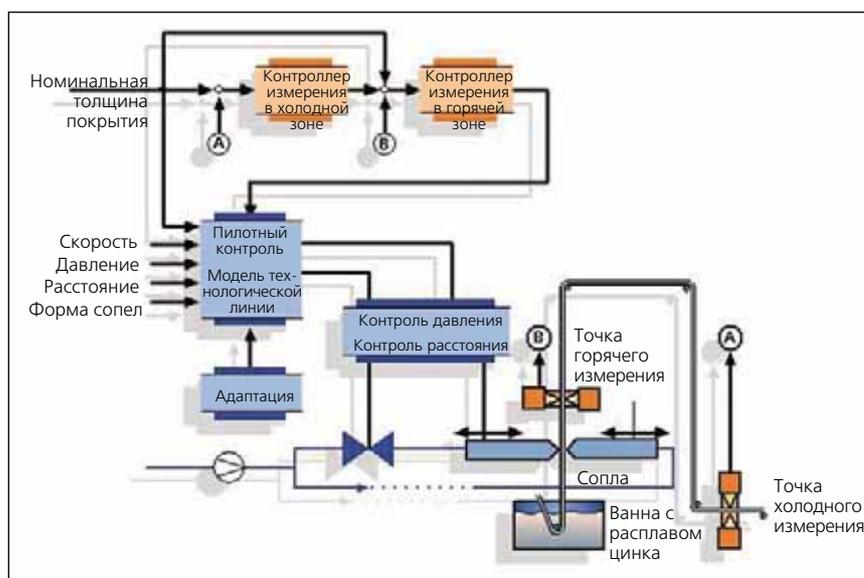


Рис. 3. Регулирование давления воздуха и расстояния воздушного ножа от полосы

жом и ванной горячего цинкования;

- температура и шероховатость поверхности полосы;
- химический состав и температура расплава цинка.

Модель процесса автоматически адаптируется к переменным условиям конкретной технологической линии. Благодаря этому обеспечивается высокая точность расчета установочных точек.

Используемая в линии аппаратура с самообучающимися программами производит идентификацию процесса. Если в ходе идентификации обнаруживается отклонение параметров процесса от модели, то вводится поправочный коэффициент. Это обеспечивает стабильную и надежную работу контрольной аппаратуры.

Практический опыт работы этой системы в линии нанесения покрытия показал, что среднее отклонение от номинальной толщины покрытия обычно не превышало 0,5 %. Доступность статистической информации

позволяет обслуживающему персоналу легко и точно контролировать процесс нанесения покрытия и немедленно вмешиваться в его ход в случае отклонения от нормального режима.

## Пример № 2: уменьшение расхода краски в линиях окрашивания

При производстве полосы с органическими покрытиями доля продукции с повышенными требованиями к покрытиям постоянно возрастает. Новая система автоматического регулирования уменьшает колебания толщины покрытия и, следовательно, расход краски. В то же время система способствует повышению производительности при одновременной экономии энергии и материалов.

В линиях для нанесения покрытий на полосу в рулонах применяют различные методы измерений (табл. 1). В общем случае ультрафиолетовая спектроскопия подходит для измерения особо тонких покрытий, а изо-

# КЕВО

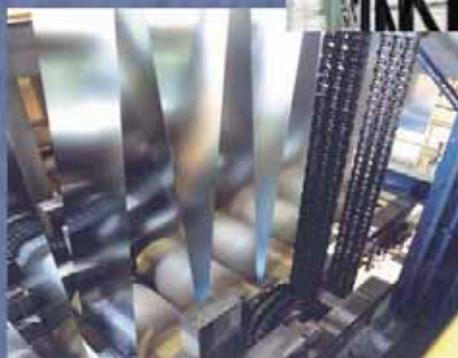
## Ваш партнер в стальной промышленности

Специальные средства  
для обработки  
металлических  
поверхностей



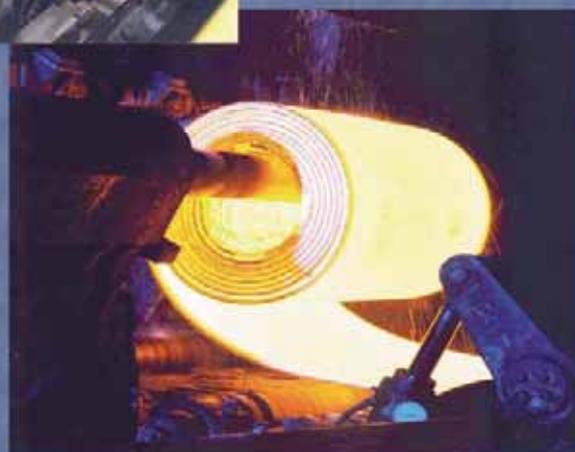
Коррозионные  
ингибиторы для  
соляной и  
серной кислоты

### ADACID



Средства для  
пассивирования  
и нейтрализации

### KEVOCOR NEUTRACID



Средства для  
обезжиривания

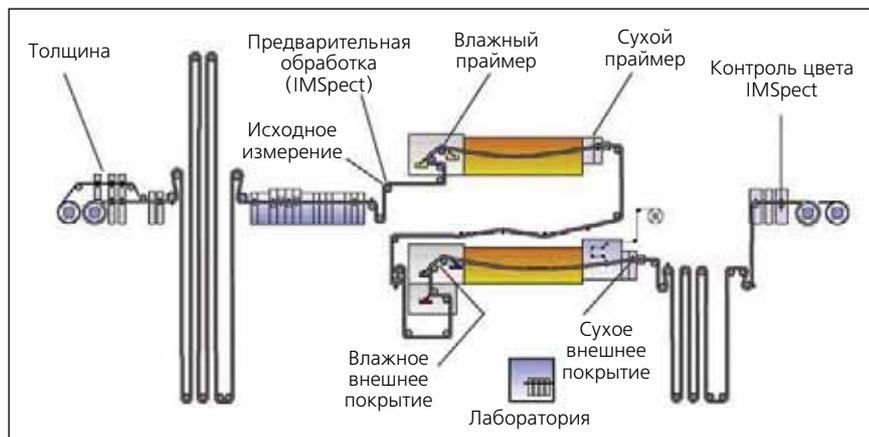
### KEBOSOL KEBOCLEAN

# КЭБО

Keller & Bohacek GmbH & Co. KG  
Postfach 33 02 60  
D-40435 Düsseldorf (Германия)  
Тел.: +49(0)211/9653-0 или -118  
Факс: +49(0)211/65 52 02  
E-mail: [info@kebo.de](mailto:info@kebo.de)  
Интернет: <http://www.kebo.de>  
Мы говорим по-русски

	Изотоп Kr 85	Ультрафиолетовый спектрометр IMSpect
Покрытие	Водорастворимое или раствор, содержащий лак	
Толщина покрытия, мкм	Лак < 60 (сухое) Фольга < 200	Подготовка < 30 мг/м <sup>2</sup> Праймер < 10
Длина измерения, мм	90	10
Расстояние между измерениями, мм	20	100
Константа времени, с	0,200	1

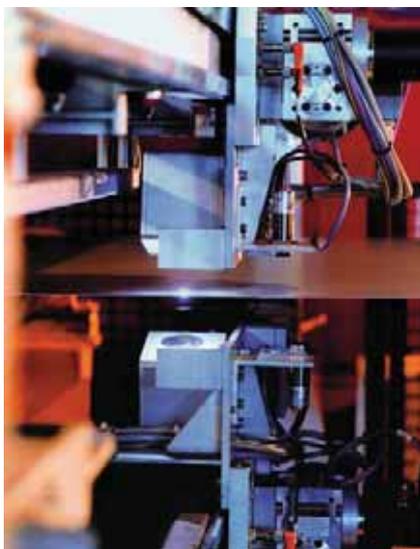
**Таблица 1.** Сравнение изотопного метода измерения и ультрафиолетовой спектроскопии



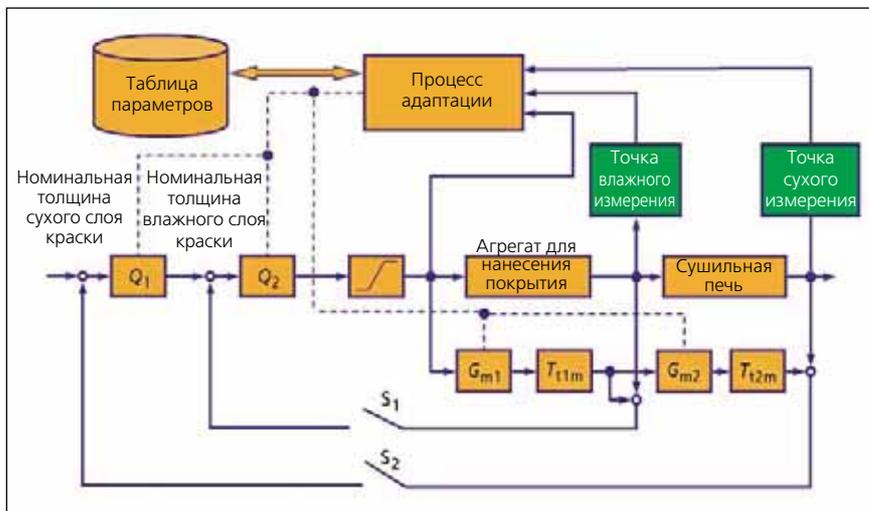
**Рис. 4.** Ультрафиолетовый датчик ультрафиолетового спектрометра IMSpect

топная измерительная техника идеальна для покрытий средней и большой толщины. Ультрафиолетовый спектрометр IMSpect (рис. 4) используют в основном при подготовке поверхности к окрашиванию и нанесении праймера. Метод позволяет также распознавать и анализировать цвета. Диапазон длин волн, измеряемых с его помощью, составляет 200–700 нм. Оценка результатов измерений основана на модели, полученной методом анализа главных компонентов (PCA).

В типовой линии окрашивания (рис. 5) используют несколько измерительных систем. Для возможности отслеживания наращивания толщины покрытия в ходе технологического процесса необходимо выполнять несколько измерений. Измерение исходных характеристик позволяет оценить обратное рассеяние базового материала. На участке предварительной обработки проводят оптический контроль покрытия с помощью прибора IMSpect для определения толщины подготовительного слоя, наносимого для улучшения адгезии краски к металлу.



**Рис. 5.** Измерительные системы в линии нанесения покрытия на полосу в рулонах



**Рис. 6.** Структурная схема контроллера

Прибор IMSpect измеряет толщину слоя праймера сначала во влажном состоянии (сразу после нанесения этого слоя), а затем в сухом состоянии (после выхода полосы из сушильной печи). Аналогичным образом окончательное покрытие измеряют во влажном и сухом состоянии на линии окраски. Сочетание измерений во влажном и сухом состояниях обладает тем преимуществом, что твердая фракция краски может быть измерена в линии агрегата.

На выходном участке проверяют цвет покрытия, используя также систему IMSpect. Лабораторный контроль дополняет измерения, выполненные с использованием этой системы, в результате чего могут быть определены конкретные характеристики абсорбции.

### Сокращение расходов на 10 %

С точки зрения технологии усилие между дозирующим и прижимным роликами является идеальным параметром для регулирования толщины покрытия при окрашивании. Вследствие запаздывания между сухим и влажным измерениями толщины покрытия пришлось применить мультивариантное каскадное регулирование, основанное на принципе регулирования по IMG (внутренняя модель контроля) (рис. 6).

Для учета различных рабочих параметров линии (тип краски, износ и разрыв слоя покрытия, температура и др.) усилительные блоки контроллера настраиваются в соответствии со стратегией грубого регулирования

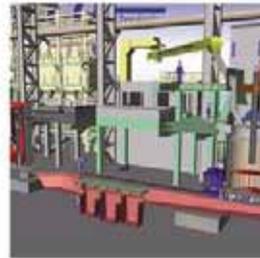
# Обратите внимание...

# Воздух!



Вы не можете потрогать его своими руками, но Вы можете ощутить его. Воздух – это связующий элемент между небом и Землей, обеспечивающий нас надежной базой и точкой опоры: глядя в воздушное пространство, мы тверже стоим на ногах. Это и многое другое мы воспринимаем как должное и мало думаем о воздухе как таковом. Тем не менее, воздух может быть могучим крылом, поддерживающим нас в жизненном движении по миру, и даже залогом каждого вдоха. Вместе с тем мы используем мощные воздушные потоки для охлаждения расплавленной стали и реализуем это как осознанную миссию по применению "ноу-хау" и технологий во благо человечества.

Несколько мировых лидеров черной металлургии полагаются на оборудование, спроектированное и разработанное на основе экспертных "ноу-хау" компании INTECO в области вторичной металлургии.



# INTECO

усилительных цепей. В числе основных преимуществ такого контроллера можно отметить следующие:

- прямая компенсация времени запаздывания;
- модульная конструкция с возможностью успешного подключения компонентов;
- мультивариантный контроллер, легко настраиваемый по одному параметру;
- простое и плавное переключение на любой из трех видов измерений — только во влажном состоянии, во влажном и сухом состояниях, только в сухом состоянии.

Измерения, проведенные в линиях нанесения покрытий, показали, что автоматические системы регулирования толщины покрытия имеют большие преимущества перед ручными системами регулирования. Установка нового толщиномера и контроллера

для регулирования толщины покрытия позволяет заказчику сэкономить до 10 % годовых расходов на окрашивание. Срок окупаемости расходов для заказчика составляет около 12 мес. Опыт эксплуатации таких систем в линиях нанесения покрытий выявил и другие положительные стороны:

- равномерность нанесенного слоя краски благодаря точным измерениям и тонкому регулированию;
- экономия на энергетических затратах;
- уменьшение расхода материалов;
- меньшая потребность в контрольных измерениях, следовательно меньшие расходы на лабораторный контроль.

### Выводы

Описанные выше измерительные системы представляют собой реше-

ния на базе высоких технологий в области нанесения покрытий. Высокая точность измерений и низкие константы времени были достигнуты благодаря использованию современной рентгеновской измерительной техники, быстродействующих датчиков и эффективных линз, а также современной компьютерной технологии. Такие системы имеют решающее значение при производстве высококачественной продукции в линиях нанесения покрытий. Однако современные линии цинкования должны быть оснащены дополнительными измерительными системами, например толщиномерами на моталках, прибором для измерения плоскостности на дрессировочном стане, измерителем ширины на кромкообрезных ножницах и системой контроля качества поверхности готовой продукции. ■



ADVANCED AIR PURIFICATION

## EXPERT IN FILTERING TECHNOLOGY

ОТ ИНЖИНИРИНГА ДО ОБЪЕКТОВ «ПОД КЛЮЧ»



Системы очистки дымовых газов компании **TURBOFILTER** проектируются для повышенных требований.

**Технологические системы комплексной очистки от пыли и очистки дымовых газов.**

- Черная и цветная металлургия
- SO<sub>2</sub>, HCl, Hg... ад/абсорбционные технологии
- Очистка дымовых газов после процессов горения
- Коксохимические предприятия
- Цементная промышленность
- Химическая промышленность

**TURBOFILTER GMBH**  
Weickamp 240  
45358 Essen / Germany  
Contact: Arkady Dunaevsky  
phone: +49 (0)201 28600-30  
fax: +49 (0)201 28600-14  
a.dunaevsky@turbofilter.de  
www.turbofilter.de

