

# Новый точный измерения толщины листа с помощью лазерных сканеров

Все усложняющийся процесс переработки, необходимость оптимизации стоимости сырья и ужесточение стандартов сигнализируют о том, что существует постоянно растущий спрос на сенсорные технологии. Оптические технологии измерения играют все более значительную роль в данной области.

Важной качественной характеристикой алюминиевых полуфабрикатов является толщина их профиля. Отклонения происходят в основном в начале технологической пепочки во время процессов горячей или холодной прокатки. Для того чтобы гарантировать сохранение номинальной толщины, необходимо точно определить мгновенное значение измеряемой переменной. Для этого необходимы современные датчики.

При обычных механических устройствах толщина определяется при помощи устройства, напоминающего клещи, в отдельных точках измерения, в результате чего только такой подход позволяет получить приблизительную оценку толщины профиля. При использовании подобных устройств регистрация поперечных или продольных профилей толщины в процессе производства идет очень медленно, и таким образом эти устройства малоприменимы. Кроме того, такие способы часто ведут к износу и поэтому прерывают процесс производства. Радиометрические методы требуют излучения от источника изотопов или рентгеновские лучи, которые



РИС. 1. Наклонные полосы в продольно-резательной машине

поглощаются измеряемым листом или пластиной. Разница между пропущенным и полученным излучением затем превращается в среднюю толщину. Однако данный процесс сильно зависит от сплава и состояния материала. Стоимость радиационной защиты и текущих проверок безопасности означает высокие переменные затраты, связанные с этим методом. Если требуется бесконтактная система, которая работает дистанционно и которая безопасна для производства и легка в использовании, а так-

же позволяет проводить измерения независимо от сплава, то необходимо использовать точный геометрический метод измерения, в основе которого в качестве точки отсчета лежит поверхность полосы. Это означает использование оптических датчиков расстояния наряду с лазерной триангуляцией. Используя системы лазерных линейных сканеров, Micro-Epsilon Messtechnik открыла кардинально новый этап в технологии измерения толщины. После краткого введения об оптическом измерении толщины в данной

статье будут рассматриваться преимущества линейных датчиков перед точечными датчиками, а также будет представлено техническое решение, которое уже хорошо себя зарекомендовало при эксплуатации на заводе заказчика.

## Преимущество метода оптического измерения толщины

При оптическом измерении толщины металлической полосы датчик расстояния расположен на каждой стороне полосы. Тогда толщина представляет собой разницу между отдельными измеренными расстояниями. Однако расстояние между двумя датчиками должно быть известно и постоянно поддерживаться. Это означает, что необходимо иметь стабильную механическую конструкцию и C- или O-образную раму. Это также выдвигает особые требования к размещению и калибровке датчиков, а также к компенсации прогиба рамы. Находясь в точке измерения, триангуляционные датчики очень точно определяют удаленность измеряемого объекта путем регистрации позиционного смещения точки от детектора, расположенного под углом. Фокальные диаметры меньше 100 мкм не являются редкостью. Удаленность может быть рассмотрена только как среднее значение по всей точке. Таким образом, желательным фактором может быть неровность поверхности, ко-

торая может быть уменьшена только за счет увеличения размера точки. Поэтому нет смысла определять размер точки как угодно малым. Если полоса рифлёная или нет привязки к пластине, то точечное измерение всегда приводит к погрешности измерения. Единственный способ устранить такие так называемые угловые ошибки — это знать положение полосы. Компания Micro-Epsilon сосредотачивает свое внимание на новой инновационной деятельности. Использование профильных, а не точечных датчиков увеличивает плотность информации и, таким образом, позволяет значительно лучше выполнять оптическое измерение максимально широкого круга полосового материала. По сравнению с точечными лазерами, точность измерения также значительно выше.

### Измерение толщины рулонной полосы в продольно-резательных машинах

Часто присутствуют сильные вертикальные движения при обработке холоднокатаной ленты, например, в продольной резке. Тем не менее, когда дело доходит до вопросов разрешения и линейности, точечные датчики, способные охватывать большую область измерений, обычно оказываются не способными достичь желаемой точности, необходимой для мониторинга допустимых отклонений в соответствии со стандартом EN 485-4. Причиной этого является тот факт, что точечные датчики измеряют только значение в одной точке. В то время как линейные датчики измеряют несколько точек и, кроме того, они регистрируют их значительно чаще. При использовании линейных датчиков линия наилучшего соответствия может быть проведена через измеренный профиль высоты. Если один датчик измеряет толщину, то может быть достигнуто значительно

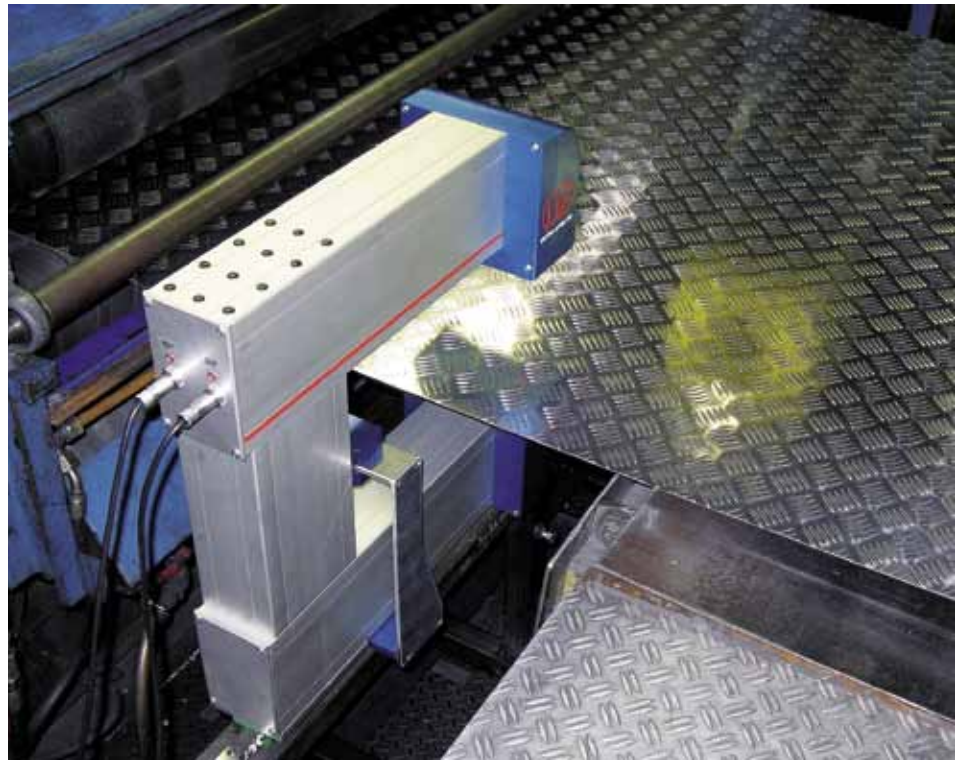


РИС. 3. С-образная рама на заводе AMAG Ranshofen

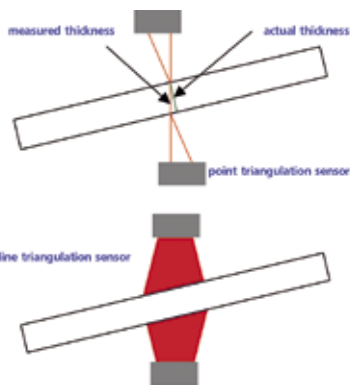


РИС. 2. Погрешность измерения в результате угловых ошибок при точечных датчиках

более высокое разрешение, потому что это происходит в результате минимального изменения двух линий наилучшего соответствия. Если есть расстояние в 190 мм и диапазон измерений составляет 40 мм, определенные алгоритмы позволяют системам, использующим линейные сканеры, измерить линейность в  $\pm 5$  мкм. Если бы в этом случае использовались точечные датчики, то могла бы быть достигнута линейность только в  $\pm 25$  мкм. В случае ранее упомянутых машин продольной резки воз-

никает дополнительная проблема, которая заключается в изменении положения полосы (наклона), которое появляется во время процесса резки (рис. 1). В продольно-резательной машине прежде всего представляет интерес измерение отдельных рулонов после фрезерного шпинделя, поскольку измеряемая переменная может определяться для каждого отдельного рулона. При использовании точечных датчиков всегда присутствуют угловые ошибки (как показано на рис. 2.), даже если датчик правильно

установлен. В системах с линейными датчиками наклон материала определяется, как описано выше, с использованием линий наилучшего соответствия и компенсируется соответствующим образом. Поэтому даже в таких сложных условиях возможно получить точное измерение толщины.

### Требования к стабильности

При расположенных с обеих сторон датчиках, как было упомянуто выше, сохранение постоянного расстояния приобретает особое значение. Существуют 2 различных принципа проектирования, которые из-за их формы называются либо С-образная рама, либо О-образная рама. При С-образных рамах (рис. 3) датчики расположены на крайних концах плеча рычага и плотно присоединены к раме, которая открыта с одной стороны для того, чтобы иметь возможность двигать его вокруг полосы. С-образные рамы применяются в основном для



устройств с узкой полосой (например, до 800 мм в ширину), поскольку с увеличением глубины тисков плечо становится более восприимчивым к колебаниям. В случае измерения в середине полосы необходимая глубина тисков определяется с учетом половины ширины полосы и бокового движения кромок полосы. В случае если С-образная рама выполнена в роли направляющего устройства, то должно быть достаточно места около линии для того, чтобы можно было переместить линию в нулевое положение. Существуют зависящие от времени тепловые изменения, воздействующие на раму, поэтому важно найти подходящие способы для сохранения постоянной ширины тисков. Системы, поставляемые компанией Micro-Epsilon, основываются на принципе итеративной калибровки. Это предлагает значительные преимущества по сравнению с заметно более высокой стоимостью температурно-инвариантной рамы. Высокие температуры влияют не только на механику, но также и на электронику. Для достижения постоянной стабильности электроника тогда должна или нагреваться, или охлаждаться, чтобы она стала надежной и точной независимо от температуры в производственной среде. Если через определенные интервалы выполняется калибровка раствора тисков для того, чтобы убедиться, что они точны, то можно работать с гораздо более простой конструкцией. Если калибровка выполняется автоматически, то существует преимущество того, что с помощью калибровочной части (калибровочный стандарт) можно в любое время проверить способность измерительной системы устройства или зафиксировать, что оно находится в исправном рабочем состоянии. В дополнение к С-образным рамам, компания Micro-Epsilon также предлагает О-образные рамы (рис. 4). В основном они используются с широкой полосой, они также могут из-



РИС. 4. О-образная рама для измерения толщины листа

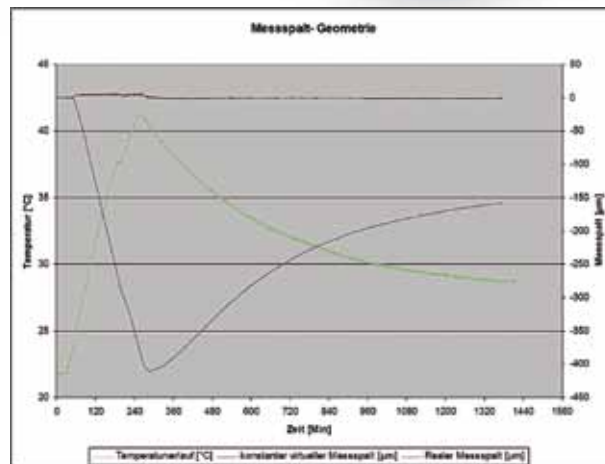


РИС. 5. Изменения в расстоянии в результате теплового воздействия

мерить профиль полной толщины по всей ширине. Среди прочего, большие значения ширины также приводят к более сложной конструкции из-за тепловых требований, упомянутых выше. Измерительные головки прикреплены к горизонтальному валу и двигаются в направлении, поперечном направлению обработки или транспортировки рулона. Практические испытания показали, что даже при раме с шириной в 2 м, расстояние (ширина тисков) будет отклоняться на 400 мкм, если присутствуют колеба-

ния температуры на  $\pm 20^\circ \text{C}$ . Компания Micro-Epsilon компенсирует это тем, что теперь использует систему с температурно-инвариантной механической компенсационной рамой, к которой прилагается патент. Основным в этом новом изобретении является то, что датчики компенсации, прикрепленные к измерительным датчикам, определяют положение измерительного датчика по отношению к горизонтальной планке компенсационной рамы. Если датчик перемещается вертикально в результате теплового

воздействия, то датчик компенсации измеряет смещение, и аналитическое программное обеспечение прибавляет или вычитает эти изменения к измеренному расстоянию или от него. Фактически временная ширина тисков, таким образом, остается постоянной (рис. 5). В дополнение к этой очень эффективной процедуре механические или термические изменения в креплениях корпуса датчика компенсируются с помощью итеративной калибровки.

### Контроль качества полосы

В настоящее время, помимо простого измерения толщины, многие заводы по производству полос требуют контроля качества толщины полосы. Высокотехнологичные световые барьеры обеспечивают поддержку профильных датчиков. Они берут на себя работу по измерению ширины и, возможно, обнаружения края отдельных полос после резки. Все выполненные измерения могут быть использованы для фиксации металлической полосы. Толщине и профилю онлайн приписывается точное положение на полосе. Положение полосы определяется также без всякого контакта. Используется испытанная и проверенная технология ASCOspeed. Она хорошо себя зарекомендовала на многих прокатных станах и заводах по производству холоднокатаных полос, где производители оборудования часто используют данную технологию. ASCOspeed измеряет скорость полосы значительно более верно, чем передатчик на валах или отдельные колеса для измерения. С помощью бесконтактного принципа работы исключаются проскальзывание и функциональный износ (рис. 6). Текущая длина полосы точно измеряется и формирует основу для отчета по производству катушек. Точность длины составляет 0,05% и гарантирует, что спустя время будет легко найти части полосы, не подходя-



РИС. 6. Полное измерение с записью длины с использованием технологии ASCOSpeed

щие по размеру, например, в результате эксцентриситета валков. При объединении измерений профиля в продольной резки могут быть измерены ширина и профиль всех полос. Каждая полоса имеет свои записи результатов измерений. Это обеспечивает улучшенную поддержку по обеспечению качества последующих стадий процесса. Устройство используется в сервисных центрах для проверки входящей горячекатаной полосы перед холодной прокаткой и после резки катушек. Устройство находится на высоком уровне исполнения для систем, которые измеряют геометрию металлической полосы. Оно является эффективным заменителем известных процессов, которые использовались до сих пор. Экономическая выгода от инвестирования в лазерные сканеры для проведения измерений заключается в том, что имеется подробная информация о фактических допустимых отклонениях полосы, вплоть до фиксации каждой отдельной полосы конечного пользователя.

### Опыт использования на заводе

За многие годы компания Micro-Epsilon приобрела большой опыт работы с про-

изводителями алюминия. В прошлом было проведено много совместных проектов, особенно с AMAG Ranshofen. Данная компания имеет более чем 70-ти летний опыт по производству алюминиевых полос, листов и плит. Системы обеспечения качества AMAG Ranshofen отвечают самым высоким требованиям аэрокосмической и автомобильной промышленности. Компания считает себя поставщиком специальных продуктов с высоким уровнем выгод для заказчика. Безусловно, данные требования также требуют подходящего мониторинга и обеспечения качества в отношении толщины материала и/или профиля полосы. Ранее почти все обычные типы системы измерения толщины были использованы на заводе компании Ranshofen, от изотопов радиаторов до механического измерения толщины и оптических систем. В настоящее время компания заметно расширяет свои возможности в области отделки (линии продольной резки). В рамках этих инвестиций компания также искала современные системы измерения толщины для своих продольно-резательных машин и для линий поперечной резки. Механические системы, используемые ранее, были невыгодны с точ-

ки зрения нанесения ущерба поверхности, уязвимости и ограниченности области измерения (только зоны вблизи края) и больше не отвечают требованиям компании. Испытательные конструкции с использованием системы лазерного измерения от компании Micro-Epsilon были настолько перспективными, что решение могло быть принято очень быстро. Помимо прочего, измерения проводились также в процессе изготовления рифлёной пластины. Хотя первоначально эти конструкции были предназначены для удовлетворения спроса со стороны автомобильной промышленности, они тем не менее продемонстрировали свои функциональные возможности, гибкость и широкий спектр применения технологии компании Micro-Epsilon. В настоящее время С-образная рама проходит тестирование в существующей линии поперечной резки (рис. 3). На основе накопленного опыта планируется поставить и ввести в эксплуатацию О-образную раму для новой продольно-резательной машины, которая должна быть установлена в первом квартале 2012 года. Для компании AMAG Ranshofen было особенно важным охватить как можно более разнообразный диапазон различных поверхностей и их отражательных способностей при помощи единой системы. Опыт, накопленный к настоящему времени, подтвердил результаты испытаний и показывает, что Micro-Epsilon имеет нужное решение для Ranshofen.

### Краткое описание

Системы, использующие лазерные линейные сканеры в С-образных и О-образных рамах, поставляемых компанией Micro-Epsilon, знаменуют собой новый шаг в развитии технологии оптического измерения толщины. Использование профильных датчиков вместо точечных датчиков увеличивает плотность информа-

ции и позволяет проводить значительно лучшие оптические измерения на более разнообразных полосовых материалах. По сравнению с точечными лазерами, линейные лазеры также значительно повышают точность измерения и с расстоянием в 190 мм и диапазоном измерения в 40 мм достигают линейность  $\pm 5$  мкм и лучше. При применении линейных датчиков можно компенсировать наклон материала. Путем определения точной ширины тисков можно использовать значительно более простую конструкцию. Автоматическая калибровка дает оператору возможность в любое время проверить способность системы измерения устройства или зафиксировать, что оно находится в исправном рабочем состоянии с помощью калибровочной части (калибровочный стандарт). Если измерение профиля включено в линию продольной резки, то могут быть измерены ширина и профиль всех полос. Технология используется в сервисных центрах для проверки входящей горячекатаной полосы перед холодной прокаткой и для полного тестирования рулонной полосы. Удовлетворение потребностей клиентов, имеющих данные устройства, указывает на способность описанного метода измерять толщину. В будущем уже видны возможности развития бизнеса между компаниями Micro-Epsilon и Ranshofen, где оператор будет должен удовлетворить требования растущего качества. ●

*Ахим Зонntag,*

РУКОВОДИТЕЛЬ ОТДЕЛА  
СИСТЕМНОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
MICRO-EPSILON MESSTECHNIK  
GmbH & Co. KG.,

*к.тех.н. Клаус Кристофори,*

МЕНЕДЖЕР ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ASCOSPEED MICRO-EPSILON  
OPTRONIC GmbH,

*Зигфрид Калхофер,*

МЕНЕДЖЕР ПО СИСТЕМНОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ MICRO-EPSILON  
MESSTECHNIK GmbH & Co. KG.