

INTERNATIONAL
ALUMINIUM
JOURNAL

Originally published in ...
ALUMINIUM • 87 (2011) 11



**Neue präzise Band-
dickenmessung mit
Laser-Profilscannern**

**New precise method
for measuring sheet
thickness using laser
profile scanners**

Neue präzise Banddickenmessung mit Laser-Profilscannern

A. Sonntag; K. Christofori; S. Kalhofer, M. Leitner

Die steigende Komplexität in der Fertigung, die Optimierung der Rohstoffkosten oder neue Normen implizieren einen stetig steigenden Bedarf an Sensorik. In diesem Zusammenhang gewinnt die optische Messtechnik immer mehr an Einfluss. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Aluminium-Halbzeugen ist das Dickenprofil. Abweichungen entstehen meist schon am Anfang der Fertigungskette in Warm- oder Kaltwalzprozessen. Um die Sollstärke zuverlässig einzuhalten, erfordert es eine dynamische und exakte Erfassung der momentanen Stellgröße. Hier sind moderne Sensoren gefragt.

Herkömmliche mechanische Dickenmessanlagen messen berührend über eine zangenförmige Anordnung an einzelnen Messpunkten die Dicke, womit aber nur eine grobe Aussage über den Dickenverlauf möglich ist. Für eine detailliertere Quer- oder gar Längsprofilierung im Fertigungsprozess ist eine derartige Anordnung zu träge und ungeeignet. Darüber hinaus sind diese Messverfahren oft verschleißanfällig und stören den Produktionsablauf.

Radiometrische Verfahren benötigen die Strahlung einer Isotopen- oder Röntgenquelle, die durch das Blech gedämpft wird. Die Differenz ausgesendeter und empfangener Strahlung wird dann zu einer mittleren Dicke umgerechnet. Das Verfahren ist jedoch stark von der Legierung und Materialbeschaffenheiten abhängig. Aufwendungen für Strahlenschutz, und permanente Sicherheitsprüfungen verbinden diese Methode mit hohen variablen Kosten.

Will man jedoch berührungsfrei mit einem produktions- und anwenderfreundlichen Abstand zum Band und gleichzeitig legierungsunabhängig messen, so ist eine exakte geometrische Messung, die die Bandoberfläche als Bezug nimmt, erforderlich. Das führt dann folgerichtig zu den optischen Distanzsensoren auf der Basis von Lasertriangulation.

Eine neue Evolutionsstufe in der Dickenmesstechnik ist der Einsatz von Laserlinienscannern durch die Micro-Epsilon Messtechnik. Nachfolgend wird nach einer kurzen Einführung zur optischen Dickenmessung auf die Vorteile von Liniensensoren gegenüber punktförmigen Sensoren eingegangen und eine technische Lösung vorgestellt, die sich bereits im Kundeneinsatz bewährt hat.

New precise method for measuring sheet thickness using laser profile scanners

A. Sonntag; K. Christofori; S. Kalhofer, M. Leitner

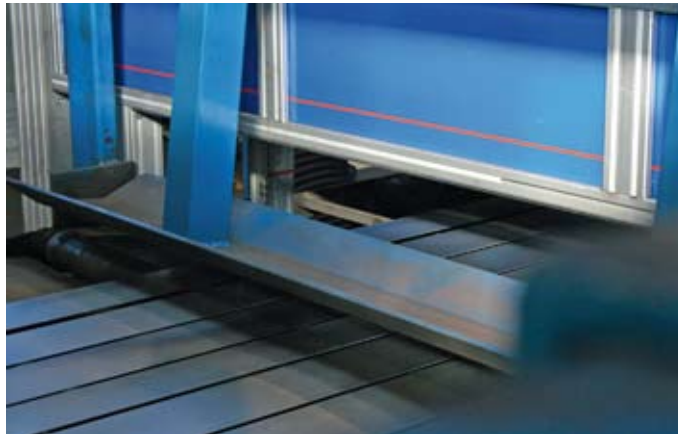


Abb. 1: Verkippte Streifen in einer Längsteilanlage

Fig. 1: Tilted strips in a slitter

(Photo Flender)

Increasingly complex processing, optimisation of raw material costs or new standards mean there is a continually growing demand for sensor technology. Optical measuring techniques are becoming more and more important here. An important quality characteristic of semi-finished aluminium products is their thickness profile. Deviations occur mainly at the start of the processing chain in hot or cold rolling processes. In order to ensure that the nominal thickness is maintained, it is necessary to determine the instantaneous value of the control variable dynamically and precisely. This requires modern sensors.

With conventional mechanical devices, thickness is determined by contact using a pincer-like arrangement at individual measuring points, whereby it is only possible with this approach to get a rough estimate of the thickness profile. Such devices are too slow for recording transverse or longitudinal thickness profiles during the production process and thus unsuitable. Furthermore, such techniques are often prone to wear and therefore interrupt production.

Radiometric processes require radiation from a source of isotopes or X-rays that are absorbed by the sheet or plate being measured. The difference between the radiation transmitted and received is then converted into

an average thickness. The process is strongly dependent, though, on the alloy and the condition of the material. The cost of radiation protection and ongoing safety inspections means high variable costs are associated with this method.

If one wants a non-contact system that operates with a stand-off distance that is both production- and user-friendly and allows

measurements to be carried out independently of the alloy, it is necessary to employ a precise geometric method of measurement based on the strip surface as the point of reference. This means using optical distance sensors coupled with laser triangulation.

By employing laser line scanner systems, Micro-Epsilon Messtechnik has introduced an evolutionary new step in the technology of thickness measurement. Following a brief introduction to optical thickness measurement, the benefits of line sensors over point sensors will be discussed in this article and a technical solution is presented that has already proven itself in service at a customer's plant.

The advantages of an optical thickness-measuring technique

When measuring the thickness of metal strip optically, a distance sensor is arranged on each side of the strip. The thickness is then the difference between the individual distances measured. However, the distance between the two sensors needs to be known and kept very constant. This means having a stable mechanical construction, either as a C- or O-shaped frame, and places particular demands on the positioning and calibration of the sensors and on compensation for deflection of the frame.

At a measuring point, triangulation sensors determine the stand-off distance of the object

being measured very precisely by registering the positional shift of the spot from a detector positioned at an angle. Focal diameters of less than 100 μm are not uncommon. The stand-off distance can only be taken to be the average value over the whole spot. Consequently, it is desirable for the spot size to be small. Working against this is the effect of surface roughness, which can only be reduced by increasing the spot size. It therefore does not make sense to design the spot size to be arbitrarily small.

If the strip is wavy or not plane positioned, pointwise measurement always results in a measuring error. One can only eliminate such so-called angle errors if one knows the position of the strip. Micro-Epsilon is concentrating here on a new innovation. The use of profile sensors rather than point sensors increases the information density and thus permits a significantly better optical measurement over the widest possible range of strip materials. Compared with point lasers, the measuring accuracy is also significantly better.

Thickness measurement on slit strip in slitters

There are often large vertical movements when processing cold-rolled strip, for example in slitters. However, when it comes to resolution and linearity, point sensors capable of covering a large measuring range are usually not capable of achieving the desired precision needed to monitor tolerances in accordance with EN 485-4. The reason for this is that point sensors only measure the value at a single point. With line sensors, though, lots of points are measured and furthermore these are recorded considerably more frequently. With the line sensor approach, a line of best fit can be drawn through the measured height profile. If one then measures the thickness, a much higher resolution can be achieved because this now results from the minimum change of two lines of best fit. If there is a stand-off distance of 190 mm and a measurement range of 40 mm, suitable algorithms enable systems that use line scanners to measure linearities of $\pm 5 \mu\text{m}$. By comparison, if point sensors were to be used in this case, only linearities of $\pm 25 \mu\text{m}$ could be achieved.

With the slitters previously mentioned, an additional challenge is the changes to the position of the strip (tilting) that take place during the slitting operation (Fig. 1). In a slit, it is above all the measurement of the individual webs after the cutter spindle that is of interest because the measured variable can be determined here for each individual web. With a point sensor, there is always an angle

Die Vorteile der optischen Dickenmesstechnik

Bei der optischen Dickenmessung von Metallband wird auf beiden Seiten des Bandes jeweils ein Distanzsensor angeordnet. Die Differenz aus den gemessenen Einzelabständen ist dann die Dicke. Allerdings muss der Abstand der beiden Sensoren zueinander bekannt und sehr konstant sein. Das impliziert eine stabile Mechanikkonstruktion, die entweder als C-Bügel oder als O-Rahmen ausgeführt, besondere Anforderungen hinsichtlich der Positionierung und Kalibrierung der Sensoren sowie der Kompensation einer Rahmendurchbiegung stellt.

Triangulationssensoren ermitteln an einem Messpunkt sehr präzise einen Distanzwert

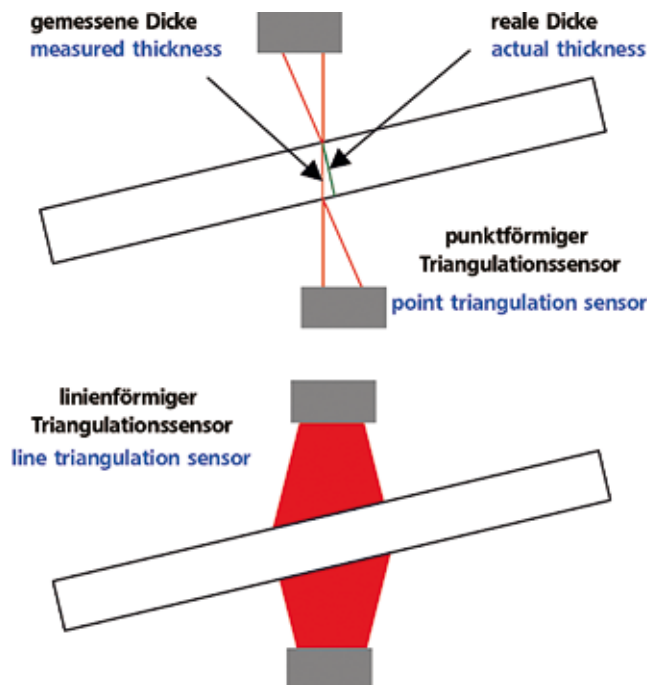


Abb. 2: Messfehler aufgrund von Winkelfehlern bei punktförmigen Sensoren
Fig. 2: Measuring error resulting from angle errors with point sensors

zur Messgutoberfläche, in dem sie die Positionsverschiebung des Messflecks auf einem winklig angeordneten Detektor registrieren. Fokussdurchmesser von kleiner 100 μm sind da keine Seltenheit. Der Abstand kann aber nur als mittlerer Wert über den gesamten Messfleck angegeben werden. Folglich sind hier minimale Messfleckgrößen wünschenswert. Dem entgegen wirkt der Einfluss der Oberflächenrauigkeit, den man nur durch Messfleckvergrößerung reduziert. Es ist daher nicht sinnvoll, den Messfleck beliebig klein auszulegen.

Welligkeiten oder Schräglagen des Bandes bedingen bei einer punktwisen Messung immer einen Messfehler. Diesen sog. Winkelfehler kann man nur eliminieren, wenn man

die Bandlage erkennt. Micro-Epsilon setzt hier auf eine Innovation. Die Verwendung von Profilsensoren gegenüber Punktsensoren erhöht die Informationsdichte und lässt somit eine wesentlich bessere optische Messung auf unterschiedlichsten Bandmaterialien zu. Auch die Messgenauigkeit wird gegenüber dem Punktlaser signifikant verbessert.

Dickenmessung an Spaltband in Längsteilanlagen

Oft entstehen bei der Verarbeitung von Kaltband große vertikale Bewegungen, zum Beispiel in Längsteilanlagen. Punktsensoren, die einen großen Messbereich überwachen können, sind bezüglich Auflösung und Linearität jedoch meist nicht mehr in der Lage,

die geforderte Präzision zu erreichen, die zur Überwachung der Toleranzen EN 485-4 entsprechend notwendig ist. Dies ist damit zu erklären, dass bei Punktsensoren nur ein Messwert bzw. Punkt zur Verfügung steht. Mittels Liniensensoren werden jedoch viele Messwerte bzw. Punkte verwendet, die zudem mit beträchtlich höheren Frequenzen erfasst werden. Durch das gemessene Höhenprofil kann bei einem linearen Ansatz eine Ausgleichsgerade gelegt werden. Berechnet man jetzt die Dicke, kann eine viel höhere Auflösung erzielt werden,

da diese nun durch die geringste Änderung zweier Ausgleichsgeraden resultiert. Mit Hilfe von geeigneten Algorithmen erreichen die Systeme mit Linienscannern bei einem Messspalt von 190 mm und einem Messbereich von 40 mm eine Linearität von $\pm 5 \mu\text{m}$. Demgegenüber sind mit Punktsensoren für die genannten Bereiche nur Linearitäten von $\pm 25 \mu\text{m}$ erreichbar.

Eine weitere Herausforderung bei den bereits angesprochenen Längsteilanlagen sind die Lageveränderungen im Bandlauf (Verkipfungen), denen die produzierten Ringe durch den Spaltvorgang unterworfen sind (Abb. 1). In einer Spaltanlage ist vor allem die Messung der einzelnen Streifen hinter der Messerwelle interessant, da hier die Messgrößen für jeden

einzelnen Ring bestimmt werden können. Bei einem Punktsensor entsteht auch bei perfekter Ausrichtung der Sensoren immer ein Winkelfehler gemäß Abb. 2. Bei Systemen mit Liniensensoren kann die Verkippung des Materials durch die oben beschriebenen, Ausgleichsgeraden ermittelt und kompensiert werden. Damit ist auch in diesem, für die Dickenmessung schwierigen Umfeld eine exakte Messung möglich.

Anforderungen an die Stabilität

Bei der oben beschriebenen, beidseitigen Anordnung der Sensoren kommt der Konstanz des Sensorabstands eine besondere Bedeutung zu. Zwei unterschiedliche Konstruktionsprinzipien stehen dabei zur Verfügung, die aufgrund ihrer Form als C-Bügel oder O-Rahmen bezeichnet werden. Beim C-Bügel (Abb. 3) sind die Sensoren am äußeren Ende der Schenkel angebracht und fest mit dem Rahmen verbunden, der auf einer Seite geöffnet ist, um in das Band einzufädeln. C-Bügel sind vorteilhaft für Anwendungen an schmalen Bändern (z.B. bis zu 800 mm Breite) ausgelegt, da mit steigender Maultiefe die Schwingungsanfälligkeit des oberen Schenkels steigt. Die erforderliche Maultiefe ergibt sich bei Messung in Bandmitte aus der halben Bandbreite zuzüglich einer Reserve für das seitliche Schwärmen der Bandkanten. Bei der Ausführung des C-Bügels als ein transversierendes System wird ausreichend Platz neben der Linie benötigt, um den Rahmen bis auf die Nullposition zu fahren.

Da zeitvariante thermische Änderungen auf den Rahmen einwirken, ist es wichtig, geeignete Wege zu finden, die Maulweite konstant zu halten. Die Systeme der Micro-Epsilon Messtechnik setzen hier auf das Prinzip der iterativen Kalibration. Diese hat gegenüber den deutlich höheren Kosten eines tempera-

turinvarianten Rahmens wesentliche Vorteile. Gerade in heiße Umgebung setzen die Temperaturen nicht nur der Mechanik, sondern auch der Elektronik zu. Für das Erreichen einer dauerhaften Stabilität müssten dann die Elektroniken beheizt oder gekühlt werden, um sie unabhängig von der Temperatur in der Produktionsumgebung zuverlässig und präzise betreiben zu können.

Erfasst man allerdings die exakte Maulweite in entsprechenden Intervallen durch Kalibrieren, kann mit einer wesentlich einfacheren Konstruktion gearbeitet werden. Automatisiert man die Kalibration, entsteht der Vorteil, jederzeit mit Hilfe eines Kalibrierstücks (Kalibriernormal) einen Nachweis der Prüfmittelfähigkeit der Anlage durchführen zu können

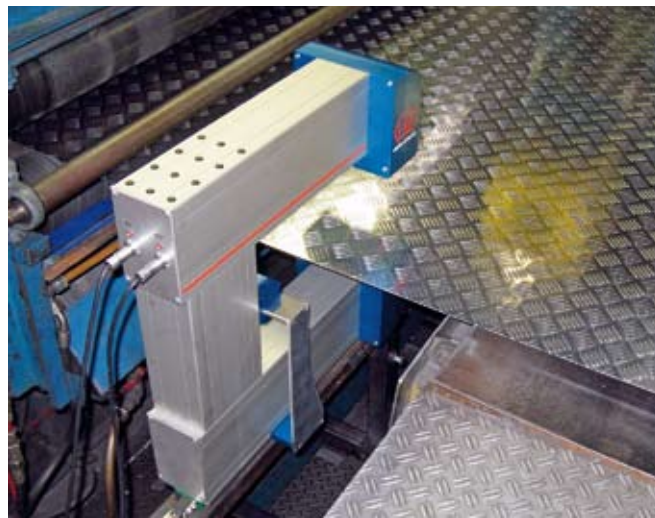


Abb. 3: C-Rahmensystem bei AMAG Ranshofen

Fig. 3: C-shaped frame system at AMAG Ranshofen

bzw. deren ordnungsgemäßen Zustand zu dokumentieren.

Neben C-bügelartigen Systemen bietet Micro-Epsilon auch Lösungen auf der Basis eines O-Rahmens an (Abb. 4). Diese sind vorwiegend für breite Bänder ausgelegt und können auch das komplette Dickenprofil in der Breite erfassen.

Aus der größeren Breite ergibt sich unter anderem auch durch die oben zitierten thermischen Anforderungen ein komplexer Aufbau. Die Messköpfe sind jeweils an einer horizontalen Achse befestigt, und bewegen sich quer zur Produktions- bzw. Transportrichtung des Bandes. Praxistests zeigten, dass bereits Rahmen mit einer Breite von 2 m bei Temperaturschwankungen von ± 20 °C eine Abweichung des Sensorspalts (Maulweite) von 400 μm aufwies. Um dies zu kompensieren, setzt Micro-Epsilon ein zum Patent angemeldetes System mit einem temperaturinvarianten mechanischen Kompensationsrahmen ein. Neuartig ist, dass den Messsensoren zuge-

error as shown in Fig. 2 even if the sensor is fitted perfectly. In systems with line sensors, the tilting of the material can be determined as described above using lines of best fit and compensated accordingly. It is therefore also possible to obtain a precise measurement of the thickness even under such difficult conditions.

Stability requirements

With sensors arranged on both sides as described above, maintaining a constant stand-off distance takes on a particular significance. Two different design principles are available, which because of their shape are referred to as either C- or O-shaped frames. With C-shaped

frames (Fig. 3), the sensors are positioned at the outermost ends of the arms and connected tightly to the frame, which is open on one side in order to be able to feed it round the strip. C-shaped frames are preferably used for applications involving narrow strip (e.g. up to 800 mm wide) because with increasing depth of the 'jaws' the upper arm becomes increasingly susceptible to oscillation. In the case of measurement in the middle of the strip, the necessary jaw depth is given by half the strip

width plus provision for the sideways movement of the strip edges. If the C-shaped frame is designed as a traversing unit, there needs to be sufficient space next to the line to move the line into the zero position.

There are time-dependent thermal changes

Beispiel-Spezifikation einer Komplettmessung für Spaltband

Dicke: 1-5 mm

Messspalt: 300 mm

Linearität: $\pm 5 \mu\text{m}$

Ausgabe: Dickenprofil

Breite: Linearität: $\pm 100 \mu\text{m}$

Ausgabe: max. 25 Streifen

Geschwindigkeit: Anlage: max. 580 m/min

Signalübergabe für Synchronisation der Messerwelle

Länge: Coillänge, Bandlänge

Linearität $\pm 0,05\%$

Typical specification for the complete measurement of slit strip

Thickness: 1-5 mm

Stand-off distance: 300 mm

Linearity: $\pm 5 \mu\text{m}$

Output: thickness profile

Width: linearity: $\pm 100 \mu\text{m}$

Output: max. 25 strips

Speed: unit: max. 580 m/min

Signal transmission for synchronisation of the cutter spindle

Length: coil length, strip length

Linearity: $\pm 0.05\%$

acting on the frame so it is important to find suitable ways to keep the width of the jaws constant. Systems supplied by Micro-Epsilon rely on the principle of iterative calibration. This offers significant benefits compared with the markedly higher costs of a temperature-invariant frame. Particularly in hot environments, temperature affects not only the mechanics but also the electronics. In order to achieve permanent stability, the electronics would then have to be heated or cooled to make it reliable and accurate regardless of the temperature in the production environment.

If one calibrates the jaw opening at suitable intervals to ensure it is exact, one can work with a much simpler design. If the calibration is automated, one has the advantage that with the aid of a calibration piece (calibration standard) one can verify the capability of the unit's measuring system at any time or document that it is in proper working order.

In addition to C-shaped frame systems, Micro-Epsilon also offers solutions based on O-shaped frames (Fig. 4). These are mainly used with wide strip and can also measure the complete thickness profile over the whole width.

Amongst others, larger widths also lead to a more complex construction because of the thermal requirements mentioned above. The measuring heads are each attached to a horizontal shaft and move in a direction transverse to the direction of processing or transport of the web. Practical tests have shown that even with a frame that is 2 m wide the stand-off distance (jaw width) will deviate by 400 µm if there are temperature fluctuations of ±20°C. To compensate for this, Micro-Epsilon is now employing a system with a temperature-invariant mechanical compensation frame for which a patent has been applied. Novel is that the compensation sensors assigned to the measuring sensors measure the position of the measuring sensor relative to the horizontal beam of the compensation frame. If the position of the sensor moves vertically as a result of thermal effects, the compensation sensor measures the displacement and the analytical software adds or subtracts this change to or from the measured stand-off distance. From a virtual point of view, the transitory jaw width thus remains constant (Fig. 5). In addition to this very efficient procedure, mechanical or thermal changes in the mountings of the sensor housing are compensated for by means of iterative calibration.

Quality inspection of strip

Besides simple thickness measurement, many strip plants now demand quality inspection

ordnete Kompensationssensoren die Position des Messensors gegenüber dem horizontalen Gurt des Kompensationsrahmens messen. Verschiebt sich die Position des Sensors aufgrund thermischer Einwirkung vertikal, so misst der Kompensationssensor diese Verschiebung mit und die Analysesoftware addiert, bzw. subtrahiert diese Änderung zum Messspalt. Damit bleibt die momentane Maulweite virtuell gesehen konstant (Abb. 5). Zusätzlich zu diesem bereits beschriebenen sehr effizienten Verfahren werden die mechanischen oder thermischen Änderungen in den Aufhängungen der Sensorgehäuse mittels iterativer Kalibration kompensiert.

Komplettprüfung von Bändern

Neben einer reinen Dickenmessung ist in vielen Bandanlagen eine Komplettprüfung gefordert. High-Tech-Lichtschranken unterstützen hier die Profilsensoren. Sie übernehmen die Aufgabe der Breitenmessung und ggf. Kantendetektion einzelner Streifen nach dem Spalten. Alle Messdaten können zur Dokumentation des Metallbandes verwendet werden. Die Messdaten „Dicke“ und „Profil“ werden online einer genauen Position auf dem Band zugeordnet. Die Bandposition wird ebenfalls berührungsfrei erfasst. Zum Einsatz kommt hier die bewährte ASCOSpeed Technologie, die im Kaltbandbereich vielerorts einen guten Namen genießt, wurden doch Walzwerke und Bandanlagen durch den Maschinenbauer oft mit dieser Technik ausgerüstet.

Das ASCOSpeed erfasst die Bandgeschwindigkeit deutlich sicherer als bisher die Geber an den Walzen oder separate Messräder. Schlupf und betriebsbedingte Abnutzung werden durch die berührungsfreie Arbeitsweise vermieden (Abb. 6). Die aktuelle Bandlänge wird präzise erfasst und bildet die Basis für das Coilprotokoll. Die Längengenauigkeit be-

trägt 0,05% und sichert eine spätere leichte Auffindung von außermaßigen Bandabschnitten, zum Beispiel durch Walzenschlag. Bei der Einbindung der Profilmessung in eine Spaltanlage können alle Streifen in Breite und Profil gemessen werden. Jeder Streifen bekommt ein eigenes Messprotokoll. So werden nachfolgende Prozessschritte der Qualitätssicherung besser unterstützt. Verwendet wird die Anlage in Servicezentren zur Eingangskontrolle von Warmband vor dem Kaltwalzen sowie nach dem Spalten der Coils. Die Anlage ist im oberen Leistungssegment für Systeme zur Messung der Metallbandgeometrie zu sehen. Bekannte bisherige Verfahren werden damit wirkungsvoll substituiert. Die Wirtschaftlichkeit der Investition in eine Messung mit Laserscannern liegt in der nunmehr detaillierten Kenntnis der realen Bandtoleranzen bis hin zur Dokumentation jedes einzelnen Streifens für den Endkunden.

Einsatzerfahrungen beim Betreiber

In der Zusammenarbeit mit Aluminiumherstellern kann die Micro-Epsilon-Gruppe auf langjährige gute Erfahrung verweisen. Besonders mit der AMAG Ranshofen gab es in der Vergangenheit viele gemeinsame Projekte.

Die AMAG stützt sich bei der Fertigung von Bändern, Blechen und Platten auf über 70 Jahre Erfahrung mit dem Werkstoff Aluminium. Die Qualitätssicherungssysteme des Unternehmens erfüllen die hohen Ansprüche der Luftfahrt- und Automobilindustrie. AMAG versteht sich als Anbieter für Spezialprodukte mit hohem Kundennutzen. Diese Ansprüche erfordern natürlich auch eine entsprechende Überwachung und Qualitätssicherung hinsichtlich Materialdicken bzw. Bandprofilen.

Am Standort Ranshofen sind so ziemlich alle bisher üblichen Varianten an Dickenmesssystemen von Isotopenstrahler, mechanischer Dickenmessungen bis hin zu optischen Systemen im Einsatz. Aktuell werden intensiv die Kapazitäten im Finalbereich (Scherenanlagen) ausgebaut. Im Zuge dieser Investitionen wurde nun auch eine moderne Dickenmessung für die jeweiligen Längs- und Querteilanlagen gesucht. Die bisher verwendeten mechanischen Systeme mit ihren Nachteilen bezüglich Oberflächenbeschädigung, Anfälligkeit und



Abb. 4: O-Rahmen-system zur Band-dickenmessung

Fig. 4: O-shaped frame system for measuring sheet thickness

begrenzte Messbereiche (nur Randbereich) entsprachen nicht mehr den Anforderungen.

Versuchsaufbauten mit dem Lasermesssystem von Micro-Epsilon waren so viel versprechend, dass die Entscheidung sehr rasch getroffen werden konnte. Unter anderem wurden auch Messungen in der Fertigung von Trittlechen durchgeführt. Diese Produktgruppe war zwar nicht der ursprüngliche Auslöser für den Bedarf, der resultiert viel mehr aus dem Bereich Automobilindustrie, zeigte aber die Leistungsfähigkeit, Flexibilität und den weiten Einsatzbereich der Micro-Epsilon-Technik.

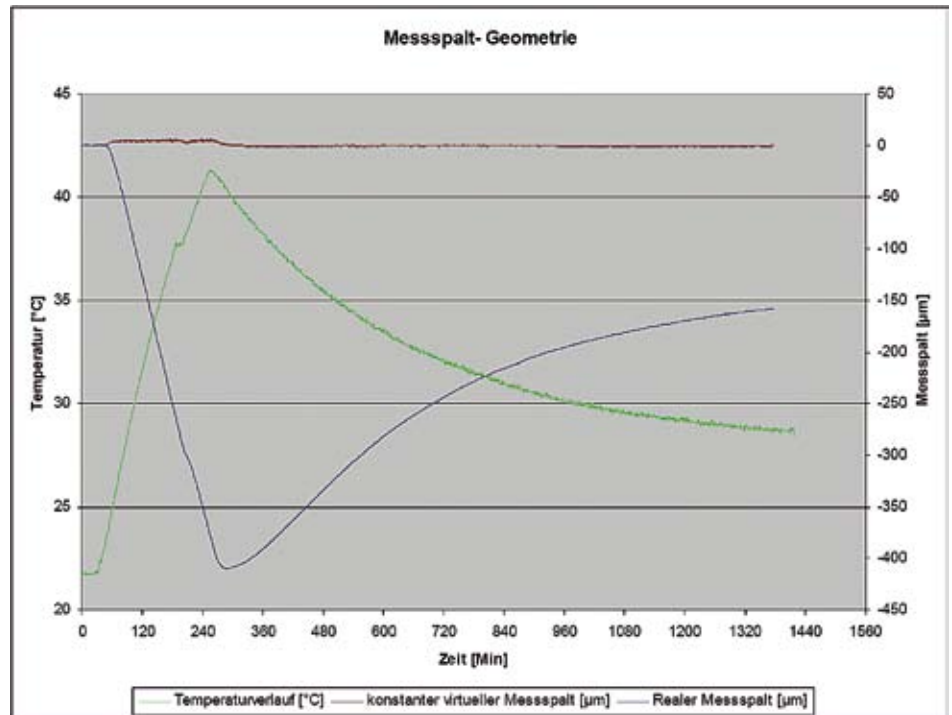
Aktuell befindet sich ein C-Bügel in der Testphase an einer bestehenden Querteilanlage (Abb. 3). Basierend auf den Erfahrungen dort, soll im ersten Quartal des nächsten Jahres ein O-Rahmen für eine bis dahin gelieferte neue Längsteilanlage in Betrieb genommen werden.

Für AMAG war es besonders wichtig, die unterschiedlichsten Oberflächen und Reflexionsgrade mit einem einzigen System abzudecken. Die Erfahrungen bisher decken sich mit den Versuchsergebnissen und zeigen, dass Micro-Epsilon die richtige Lösung für Ranshofen hat.

Zusammenfassung

Eine neue Evolutionsstufe in der optischen Dickenmesstechnik ist der Einsatz von Laserlinienscannern in Systemen auf C- und O-Rahmenbasis der Micro-Epsilon Messtechnik, Ortenburg. Die Verwendung von Profilsensoren gegenüber Punktsensoren erhöht die Informationsdichte und lässt somit eine wesentlich bessere optische Messung auf unterschiedlichsten Bandmaterialien zu. Auch die Messgenauigkeit wurde durch die Laserlinien gegenüber dem Punktlaser signifikant verbessert und erreichen zum Beispiel bei einem Messspalt von 190 mm und einem Messbereich von 40 mm eine Linearität von besser $\pm 5 \mu\text{m}$. Bei Systemen mit Liniensensoren kann die Verkippung des Materials kompensiert werden. Durch die Erfassung der exakten Maulweite wird mit einer wesentlich einfacheren Konstruktion gearbeitet. Mittels automatischer Kalibrierung hat der Betreiber die Möglichkeit, jederzeit mithilfe eines Kalibrierstücks (Kalibriernormal) einen Nachweis der Prüfmittelfähigkeit der Anlage durchzuführen, bzw. deren ordnungsgemäßen Zustand zu dokumentieren.

Bei der Einbindung der Profilmessung in eine Spaltanlage können alle Streifen in Breite und Profil gemessen werden. Verwendung findet die Technik in Servicezentren zur Ein-



Axes: Messspalt-Geometrie – Stand off geometry, Temperatur – Temperature ($^{\circ}\text{C}$), Messspalt – Change in stand off (μm), Zeit – Time (min); Curves: green – Change in temperature ($^{\circ}\text{C}$), red – Change in virtual stand off (μm), blue – Change in real stand off (μm)

Fig. 5: Changes in stand-off distance as a result of thermal effects

Abb. 5: Veränderung des Messspalts, bei thermischer Einwirkung

gangskontrolle von Warmband vor dem Kaltwalzen sowie für eine Komplettprüfung von Spaltband.

Die Zufriedenheit der Kunden mit den bereits im Einsatz befindlichen Anlagen dokumentiert die Leistungsfähigkeit der beschriebenen Dickenmessung eindrucksvoll.

Auch am Standort Ranshofen, wo die Betreiber bei Neubestellungen von Scherenanlagen sowie auch bei bestehenden Anlagen zukünftig die steigenden Qualitätsansprüche erfüllen müssen, wird es noch einige Aufgaben für Micro-Epsilon geben.

Literatur

Siehe Angaben in englischer Version.

Autoren

Dipl. Inform.-Univ. Achim Sonntag, Leiter Geschäftsbereich Systemtechnik, Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG.

Dr.-Ing. Klaus Christofori, Produktmanager ASCOSpeed, Micro-Epsilon Optronic GmbH.

Dipl.-Ing. (FH) Siegfried Kalhofer, Produktmanager Systemtechnik, Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG.

Ing. Markus Leitner, Betriebsleiter Finalisieren, AMAG rolling GmbH, Ranshofen.

of the strip thickness. High-tech light barriers provide support of the profile sensors here. They take over the job of width measurement and possibly detecting the edges of the individual strips after slitting. All measurements made can be used to document the metal strip. Thickness and profile are assigned to an exact position on the strip online. The position of the strip is also determined without contact. Tried and tested ASCOSpeed technology is employed; this enjoys a good reputation at many rolling mills and strip plants in the cold-rolled strip area where machine manufacturers have often installed this technology.

ASCOSpeed measures the speed of the strip significantly more reliably than the transmitter on the rolls or separate measuring wheels. By means of non-contact working principle, slippage and operational wear are avoided (Fig. 6). The instantaneous length of the strip is measured precisely and forms the basis for the coil production log. The accuracy of length is 0.05% and ensures that it is easy later to find off-size sections of strip, for example as a result of eccentricity of the rolls. By incorporating measurement of the profile in a slit, the width and profile of all strips can be measured. Each strip has its own measurement record. This provides improved support for the quality assurance of subsequent process steps. The unit is used in service centres to inspect incom-

ing hot-rolled strip, prior to cold rolling and after slitting the coils. The unit is in the upper performance class for systems that measure the geometry of metal strip. It is an effective substitute for the well-known processes used until now. The economic benefit of investing in laser scanners to carry out measurements is the fact that one has detailed knowledge of the actual strip tolerances through to documentation of each individual strip for the end user.

Experience in use at a production plant

The Micro-Epsilon group has had good experience working with aluminium manufacturers going back many years. There have been many joint projects in the past, especially with AMAG Ranshofen.

ing system for its slitters and cut-to-length lines. The mechanical systems previously used were disadvantageous with respect to surface damage, vulnerability and limited area of measurement (only the areas near the edge) and no longer met the company's requirements.

Test constructions using the laser measuring system from Micro-Epsilon were so promising that a decision could be reached very quickly. Amongst other things, measurements were also carried out during the manufacture of tread plate. Although it was originally intended to meet demand from the automotive industry and not from this product group, it nevertheless demonstrated the capability, flexibility and the broad field of application of Micro-Epsilon technology.

thickness-measuring technology. The use of profile sensors instead of point sensors increases the information density and thus allows a significantly better optical measurement to be made on the most varied range of strip materials. Compared with point lasers, line lasers also improve the measuring accuracy significantly and with a stand-off distance of 190 mm and a measuring range of 40 mm achieve a linearity of better than $\pm 5 \mu\text{m}$. One can compensate for tilting of the material when line sensors are employed. By determining the exact width of the jaws, one can use a markedly simpler construction. Automatic calibration gives the operator the opportunity to verify the capability of the unit's measurement system at any time or document that it is in proper working order with the aid of a calibration piece (calibration standard).

If profile measurement is incorporated in a slitting line, the width and profile of all strips can be measured. The technology is used in service centres to inspect incoming hot-rolled strip prior to cold rolling and for complete testing of the slit strip.

Customer satisfaction with the units already in use documents the capability of the method of measuring thickness described.

There will also be further business opportunities for Micro-Epsilon at the Ranshofen plant, where the operator will have to meet increasing quality demands in future for shears as well as existing plant.

Literature

- [1] Kalhofer, S.; Hofmann, F.; Herrmann, H.-J.; Onderka, B.; Christofori, K.: Inline Dimension and Profile Measurement of Aluminium Plates for Hot Rolling. APT Aluminium Process Technology V (1) (Feb. 2008) 23-26.
- [2] Gaczensky, F.; Radomski, M.-M.; Rink, C.; Christofori, K.: New aspects for measuring the quality of aluminium semis. International ALUMINIUM Journal, 85 (2009) (11) 44-51.
- [3] Christofori, K.; Rümmler, Th.: Non-contact speed measurement helps to ensure stable strip quality. International ALUMINIUM Journal 86 (2010) (10) 46-51.

Authors

Dipl. Inform.-Univ. Achim Sonntag, manager System Technology, Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG.

Dr.-Ing. Klaus Christofori, product manager ASCOspeed, Micro-Epsilon Optronic GmbH.

Dipl.-Ing. (FH) Siegfried Kalhofer, product manager System Technology, Micro-Epsilon Messtechnik GmbH & Co. KG.

Ing. Markus Leitner, plant manager Finishing, AMAG rolling GmbH, Ranshofen.



Abb. 6: Komplettvermessung mit Längenprotokoll durch ASCOspeed

Fig. 6: Complete measurement with record of length using ASCOspeed

AMAG has over 70 years' experience in the production of aluminium strip, sheet and plate. AMAG's quality assurance systems meet the high demands of the aerospace and automotive industries. The company regards itself as a supplier of special products with a high level of customer benefits. Of course, these demands also require suitable monitoring and quality assurance with respect to material thicknesses and/or strip profiles.

Nearly all the usual types of thickness-measuring system have been used at the company's Ranshofen plant in the past, from isotope radiators, via mechanical thickness measurement through to optical systems. The company is currently markedly expanding its capacity in the finishing area (slitting lines). As part of these investments the company was also looking for a modern thickness measur-

Currently, a C-shaped frame is undergoing testing in an existing cut-to-length line (Fig. 3). Based on the experience gained there, it is planned to supply and commission an O-shaped frame for a new slitter due to be installed in the first quarter of 2012.

It was particularly important for AMAG to cover as varied a range of different surfaces and reflectivities as possible with a single system. The experience gained thus far has confirmed the test results and shows that Micro-Epsilon has the right solution for Ranshofen.

Summary

Systems that use laser line scanners in C-shaped and O-shaped frames supplied by Micro-Epsilon Messtechnik of Ortenburg, Germany, mark a new step in the evolution of optical

Flender



MICRO-EPSILON Messtechnik GmbH & Co. KG
Königbacher Str. 15
94496 Ortenburg
Germany

Tel.: +49 8542 168-0
Fax: +49 8542 168-90
Email: info@micro-epsilon.de

www.micro-epsilon.de