

# Hochgeschwindigkeitsschneidanlagen erfordern anspruchsvolle Messtechnik

D. Neumann, Josef Fröhling GmbH & Co. KG; K. Christofori, Micro-Epsilon Optronic GmbH

Aluminiumband und -folie erfreuen sich weltweit einer stetig steigenden Nachfrage. Immer höhere Bundgewichte bei geringeren Dicken bedingen steigende Bandlängen und damit größere Anlagenlaufzeiten. Der Kostendruck in der Produktion führt zu neuen anlagentechnischen Innovationen. Die schnellsten Schneidanlagen baut Danieli Fröhling und erreicht bei Besäumscheren bisher Bandgeschwindigkeiten von max. 1.800 m/min. Das verlangt ein nahezu perfektes Zusammenspiel von Mechanik, Steuerungstechnik und Sensorik. Mit welchen technischen Neuerungen der Maschinenbau auf die hohen Qualitätsforderungen der Aluminiumindustrie reagiert und dabei die hohe Präzision optischer Messverfahren nutzt, zeigt nachfolgender Beitrag.

Die weltweite Aluminiumproduktion wächst rasant von Jahr zu Jahr. Berücksichtigt man sämtliche bisher produzierten Aluminiummengen der letzten 114 Jahre, so entfallen ein Drittel allein auf das letzte Jahrzehnt. Einen entscheidenden Anteil an diesem Wachstum hat China. Die Herstellung von Primäraluminium wächst in China jährlich um 25 bis 33 Prozent. Damit liegt China mit einem Viertel der Weltjahresproduktion an der Spitze (zum Vergleich: Europa und USA je 12%). Betrachtet man die wachsende Industrialisierung als treibende Kraft dieser Wachstumsdynamik, dann sind die Konsumprozesse, deren Anteil im Vergleich zu den entwickelten Industriestaaten noch sehr gering ausgebildet sind, ein zukünftiges Wachstumspotenzial.

Doch gerade das stetig steigende Produktionsaufkommen stellt besonders hohe Anforderungen an die Investitionen in Neuanlagen und damit auch an die Unternehmen des Maschinenbaus.

Noch vor zehn Jahren betrug das Bundgewicht eines typischen Coils zehn Tonnen bei einer üblichen Breite zum Walzen, Besäumen bzw. Längsteilen zwischen 1.400 mm und 1.600 mm. Heute fordern die Kunden für neue Anlagen Linienbreiten von 2.100 bis 2.300 mm, in Einzelfällen sogar 2.600 mm bis 2.800 mm mit einem typischen Bundgewicht von 30 bis 35 Tonnen. Das wirkt sich bei Schneidanlagen (Abb. 1) entscheidend auf die Auslegungskriterien für Geschwindigkeit,

## High-speed slitters demand sophisticated measuring techniques

D. Neumann, Josef Fröhling GmbH & Co. KG;  
K. Christofori, Micro-Epsilon Optronic GmbH



Abb. 1: Hochleistungsspaltanlage mit Vakuumrolle und Messerwechseinrichtung  
Fig. 1: High-performance slitter with vacuum roll and cutter-changing device

Aluminium strip and foil are enjoying a steady rise in demand worldwide. Ever greater coil weights coupled with smaller thicknesses are resulting in greater strip lengths and thus greater strip-processing times. Cost pressures on the production side are leading to new innovations in plant technology. Danieli Fröhling supplies the fastest cutting machines and has so far achieved maximum strip speeds of 1800 m/min with trimming shears. Such speeds demand an almost perfect interplay between the mechanics and the control and sensor technologies. The following article describes the technical innovations that mechanical engineers are using in response to the high quality demands of the aluminium industry and the high degree of precision of the optical measuring techniques involved.

The production of aluminium worldwide is growing rapidly year by year. If one considers all of the aluminium that has been produced

in the past 114 years, one third is attributable to the past decade alone. China is responsible for a significant share of this growth. The production of primary aluminium in China is growing at a rate of 25 to 33 percent a year. China is thus the leading producer, with a quarter of global production (for comparison: Europe and the USA each account for 12%). If one takes into account that the driving force for this dynamic growth is growing industrialisation, consumer demand offers potential for future growth given that thus far it has only developed to a very small extent in China compared with industrialised countries.

The continual increase in the quantities being produced is presenting particularly great demands with respect to investments in new plant, and thus on mechanical engineering companies as well.

Even as recently as ten years ago the weight of a typical coil was ten tonnes and the usual width for rolling, trimming or slitting was between 1,400 and 1,600 mm. Nowadays, customers for new plants are demanding line

widths of 2,100 to 2,300 mm, in individual cases even 2,600 to 2,800 mm, with a typical coil weighing 30 to 35 tonnes. This is having a decisive influence on the design criteria for slitting lines with regards to speed, productivity and material tolerances (Fig. 1).

In slitters or edge-trimming lines operating continuously and with long strip-processing times, it is absolutely essential to achieve continuously repeatable and precise cuts over a long period of time or for as many coils as possible. Not only is the width tolerance of great importance but also the need for a consistently good edge quality over the whole length of the strip. On top of this, converters want ring diameters that are as large as possible but still perfectly coiled in order, for example, to carry out stamping or deep drawing operations with their ever-tighter tool tolerances with as few stoppages as possible.

The trend is the other way round with finished products. Here, attention is increasingly being given to reducing weight and to miniaturisation – regardless of whether it is a mobile phone, a laptop or a motorcar. The demand for thinner strip is increasing accordingly. Given the increase in coil weight and reduction in strip thicknesses, this ultimately means an increase in the processing time for a coil in a unit. However, because demand is also increasing at the same time, this means it is becoming ever more important to have greater operating speeds and reduce stoppages and outages.

This demands an almost perfect interplay between the mechanics and the control and sensor technologies.

### Optimisation of the circular-cutter design

The depth of penetration of the cutter is one of the main parameters when it comes to achieving an excellent cut quality. The optimal depth of penetration depends on the material properties themselves as well as on the strip thickness. The actual depth of penetration is a function of the actual cutting force and the machine rigidity. The deflection of the knife shafts represents a significant part of the overall rigidity. If a number of circular knives are mounted on a cutter shaft, the depth of penetration of each individual knife is determined by the axial position of the knife. The deflection of the cutter shafts can be reduced considerably by reducing the spacing of the cutter shaft bearings, by using high-precision bearings and by generally optimising the whole bearing system (Fig. 2).

Danieli Fröhling optimises existing machine parts using a sophisticated finite element analysis (FEA) followed by verification

Produktivität und Materialtoleranzen aus.

Bei kontinuierlichem Betrieb und großen Bandlaufzeiten in den Längsteil- oder Besäumanlagen ist es absolut notwendig, ständig wie-

und die Verkürzung von Stopp- und Nebenzeiten immer wichtiger. Dies verlangt ein nahezu perfektes Zusammenspiel von Mechanik, Steuerungstechnik und Sensorik.

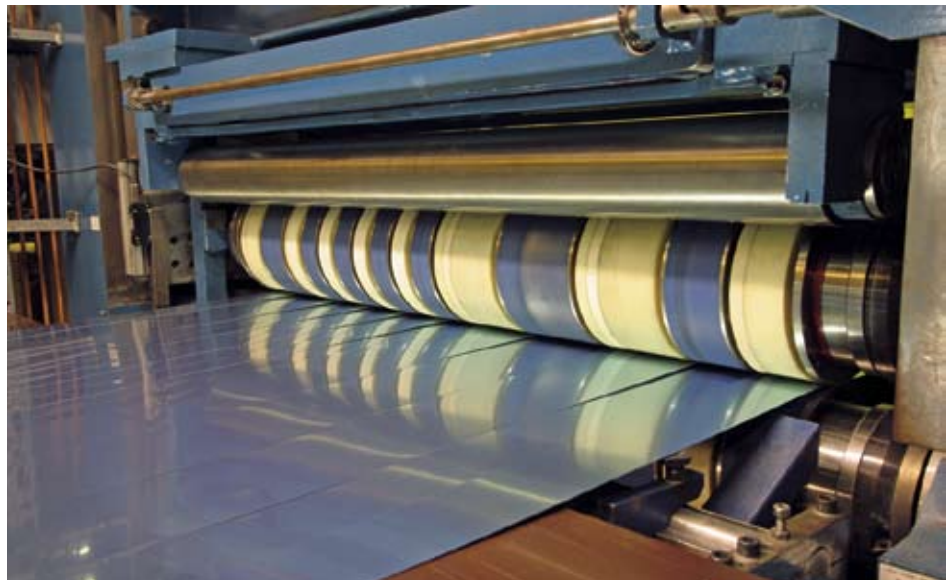


Fig. 2: Cutter shaft with different cut widths

Abb. 2: Messerwelle mit unterschiedlichen Schnittbreiten

derholbare und präzise Schnitte über einen langen Zeitraum bzw. möglichst viele Bunde zu erreichen. Dabei ist nicht nur die Breiten-toleranz, sondern vor allem auch die konstante Kantenqualität (Schnittgrad) über die gesamte Bandlänge von hoher Bedeutung. Dazu kommen Wünsche der Endverarbeiter nach möglichst großen Ringdurchmessern mit perfektem Wickelbild, um zum Beispiel Stanz- oder Tiefziehprozesse mit den auch dort immer enger werdenden Werkzeugtoleranzen möglichst selten zu unterbrechen.

Umgekehrt ist der Trend bei den Fertigprodukten. Hier wird immer mehr auf geringeres Gewicht und Miniaturisierung geschaut – egal ob beim Handy, Laptop oder Automobil. Entsprechend steigt der Bedarf an dünneren Bändern an und damit steigen letztlich bei großen Bundgewichten und geringeren Banddicken die Laufzeiten eines Bundes auf einer Anlage. Da gleichzeitig aber der Bedarf steigt, werden höhere Anlagengeschwindigkeiten

### Optimierung der Kreis-messerscherekonstruktion

Einer der Hauptparameter für eine exzellente Schnittqualität ist die Eintauchtiefe der Messer. Die optimale Eintauchtiefe hängt von den Materialeigenschaften selbst sowie von der Banddicke ab. Die tatsächliche Eintauchtiefe ist eine Funktion von aktueller Schnittkraft und der Maschinensteifigkeit. Ein wesentlicher Teil der Gesamtsteifigkeit ist die Durchbiegung der Messerwellen. Ist eine bestimmte Anzahl von Kreismessern auf einer Messerwelle montiert, so wird die Eintauchtiefe jedes einzelnen Messers durch die axiale Position des Messers selbst bestimmt. Durch die Reduzierung der Lagerabstände der Messerwellenlagerungen, den Einsatz von Hochpräzisionslagern sowie einer generellen Optimierung des gesamten Lagerungssystems kann eine erhebliche Verringerung der Durchbiegung der Messerwellen erreicht werden (Abb. 2).

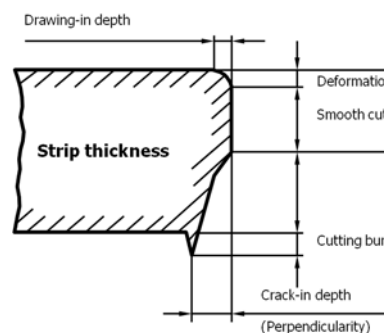


Abb. 3: Schneidkante (Prinzipdarstellung)

Fig. 3: Cut edge (basic principle)

Eine leistungsfähige FEM-Analyse mit anschließender Überprüfung anhand von Modellversuchen bereichert die Optimierung vorhandener Maschinenelemente und liefert die Basis für den konstruktiven Erfolg bei Danieli Fröhling. Eine Vorgehensweise, die sehr erfolgreich umgesetzt wird und für stetig neue Innovationen in der 65-jährigen Tradition des Unternehmens sorgt. →

Ein neuer technischer Lösungsansatz ist die Analyse der Steifigkeit aller bestimmenden Maschinenkomponenten. Durch die Anhebung der gesamten Steifigkeit auf ein sehr hohes Niveau ist es nun möglich, die Eintauchtiefe aller installierten Kreismesser wesentlich näher an eine optimale Position zu bringen. Das führt zu wiederholbaren und exzellenten Schnittqualitäten. Dies, kombiniert mit der richtigen Schnittpaltwahl, führt darüber hinaus zu längeren Standzeiten der Messer.

Die Entwicklung der CNC-Längsteil- und Besäumschere stammt aus den 1990er Jahren. Die Idee hinter dieser Entwicklung war die Erkenntnis, den Schnitt des Bandes je nach seinen mechanischen Eigenschaften wie Zugfestigkeit, Dehnung und Bandgeometrie zu optimieren. Geschnitten wird, indem die Schneidkante des Messers nur zu einem gewissen Teil in das Material eindringt und der verbleibende Teil definiert bricht. Im unteren Teil entsteht dann eine Bruchkante (Abb. 3).

Somit ergibt sich der „ideale“ Schnitt durch eine definierte Beziehung zwischen Schneiden und Brechen des Materials. Je näher das Messer beim Eintauchen diese „ideale“ Schnittkennzahl erfüllt, desto sauberer ist die Schnittkante. Ferner kann durch eine geringere Eintauchtiefe des Messers die eingebrachte Kraft reduziert werden, die eine Materialspannung in den Streifen verursacht.

Besonders interessant wird diese technische Lösung für Applikationen, bei denen Band mit speziellen Eigenschaften (teure Legierungen, dünnes Band, sehr breites Band oder gar in Kombination dünn/breit) geschnitten werden soll. Danieli Fröhling hat hier in den letzten Jahren eine Vielzahl von Anlagen in Betrieb genommen, die durch die verbesserte Scherenkonstruktion eine exzellente Fertigungsqualität erreichen (u. a. die neue Dünnbandanlage bei MKM in Hettstedt für dünnes Cu-Band bis 1.260 mm Breite, die Längsteilanlagen bei PingAn oder Nanshan in China für Aluminiumbänder bis 2.150 mm Breite oder die Hochleistungs-Längsteilanlage für Ma'aden in Saudi Arabien).

### Bremsen und Wickeln der Bandstreifen

Bei Längsteilanlagen für relativ viele Streifen im Banddickenbereich oberhalb von 0,05 mm hat sich der Einsatz einer Schlingengrube zur Kompensation der unterschiedlichen Band-

längen (aufgrund des Walzprofils) nach dem Schneiden durchgesetzt (Abb. 4). Nur auf diesem Weg ist es sinnvoll möglich, weitestgehend gleiche Zugverhältnisse bei den einzelnen Streifen aufzubringen und gleichzeitig große Fertigungsdurchmesser zu erzielen, ohne einzelne Streifen zu überdehnen oder zu fest bzw. zu lose zu wickeln.

Das Bremsen (also das Aufbringen eines definierten Bandzuges) der Streifen erfolgte bis vor einigen Jahren standardmäßig durch Bandpressen, durch Bremsrollen oder sogenannte „Belt Bridles“. Alle diese Systeme haben den Nachteil, dass es zu einem starken Kontakt und Reibung zwischen Bremsmedium und Material kommt. Daraus können Beschädigungen oder Verschmutzungen der Bandoberfläche resultieren, die besonders bei Bändern mit erhöhten Anforderung (Elektronikindustrie, Dekoration, Bänder für Beleuchtungsanwendungen u. ä.) störend sind oder gar zum Ausschuss führen.



Abb. 4: Vakuumbremsrolle mit Blick auf die Band-Streifen in der Schlingengrube / Fig. 4: Vacuum brake roll with slit strip in the slack-loop pit

Danieli Fröhling hat bereits zu Beginn der 1990er Jahre die Vakuumtechnologie für Bremsrollensysteme eingeführt und seitdem kontinuierlich weiterentwickelt. Bei dieser Technik wird mittels Unterdruck eine definierte Haftreibung erzeugt, die es ermöglicht, den notwendigen Bandzug für den Aufhaspel aufzubringen. Dabei wird mit gezielter Nacheilung der Rolle bezogen auf die Aufhaspelgeschwindigkeit jeder einzelne Streifen mit der gleichen Bremskraft beaufschlagt, jedoch nur an der Unterseite des Bandes berührt. Der Vorteil ist eine erheblich verringerte Gleitrei-

using model tests and thus provides the basis for the company's design achievements. It is an approach that has been implemented very successfully and ensured that the company has continually introduced new innovations during its 65-year history.

A new approach is to analyse the rigidity of all the important machine components. By affording particular attention to the overall rigidity of the system, it is now possible to achieve a depth of penetration for all the circular knives installed that is significantly closer to the optimal position. This results in cuts that are reproducible and of excellent quality. Furthermore, by combining it with the correct choice of cutting gap, the service lives of the knives can be extended.

Development of CNC slitters and trimming shears began in the 1990s. The idea behind this development was the knowledge that one could optimise the cut of the strip depending on its mechanical properties, such as tensile strength, elongation and strip geometry. Cutting involves the cutting edge of the knife only penetrating to a certain depth in the material and the remaining part fracturing in a defined manner. The lower part then has a fractured edge (Fig. 3).

The 'ideal' cut is thus a defined combination of cutting and fracturing of the material. The closer the knife is to this 'ideal' combination on penetration, the cleaner is the cut edge. Furthermore, a smaller depth of penetration of the knife can reduce the applied force which causes stress in the material of the strips.

This technical solution is particularly interesting for applications where strip with special properties (expensive alloys, thin strip, very wide strip or even thin/wide in combination) is to be cut. Danieli Fröhling has commissioned a number of plants in recent years that have achieved an excellent finished quality by means of an improved cutter design (including the new thin-strip plant at MKM in Hettstedt for light-gauge copper strip up to 1,260 mm wide, the slitters at PingAn or Nanshan in China for aluminium strip up to 2,150 mm wide or the high-performance slitter for Ma'aden in Saudi Arabia).

### Braking and coiling of the slit strip

The use of a looping pit to compensate for different strip lengths after cutting (as a result of the rolling profiles) has become standard practice for slitters with a relatively large number of strips with thickness in excess of 0.05 mm (Fig. 4). This is the only way that one can meaningfully achieve tension in the individual strips that is as uniform as possible and

at the same time still have large finished ring diameters without overstretching the individual strips or coiling them too tightly or too loosely.

It was standard practice some years ago to brake the strip (in other words apply a defined tension) using strip presses, brake rolls or so-called 'belt bridles'. All of these systems have the disadvantage that there is strong contact and friction between the braking medium and the material. This can result in damage

verglichen mit konventionellen Bremsystemen. Die Kenntnis der exakten Bandgeschwindigkeit begünstigt den Vorgang und trägt zu einer weiteren Reduzierung beschädigungsgefährdender Oberflächeneinflüsse bei. Inzwischen sind mehr als 30 Vakuumrollen weltweit bei führenden Bandproduzenten im Einsatz.

Neueste Weiterentwicklungen von Fröhling zielten auf die Optimierung der Saugleistung des Systems, um sowohl die Energie-



Fig. 5: Coiling of slit strip

Abb. 5: Aufhaspel für Spaltband

or contamination on the strip surface, which can be troublesome or even lead to rejection, especially with strip subjected to greater demands (electronics industry, decoration, strip for lighting applications, etc.).

Danieli Fröhling introduced its vacuum technology for brake roll systems as long ago as the 1990s and has continually upgraded it ever since. With this technology, a partial vacuum is used to produce a defined amount of static friction that enables the coiler to have the necessary strip tension. The same braking force is applied to each individual strip, but only on its underside, by purposely having the roll run at a slower speed than the coiler. The benefit is that there is considerably less sliding friction compared with conventional braking systems. The fact that the strip speed is precise is beneficial for the process and contributes to a further reduction in potential sources of surface damage. There are now more than 30 vacuum rolls in operation at leading strip producers worldwide.

Fröhling's latest developments are aimed at optimising the suction performance of the system in order to increase energy efficiency as well as to optimise the braking efficiency. It

effizienz zu steigern als auch die Bremswirkung zu optimieren. Auch hier wird die momentane Bandgeschwindigkeit als Messwert benötigt. Erst jüngst hat die „Cutting Edge Technology“ den chinesischen Kunden Nanshan Aluminium dazu veranlasst, erneut eine Längsteilanlage bei Fröhling zu beauftragen.

Ein gutes Beispiel ist die Längsteilanlage inklusive Verpackungslinie, die vor einigen Jahren bei Alcoa Europe Köfem in Ungarn in Betrieb ging. Die Konzeption der Anlage basiert auf den neuesten Erkenntnissen über das Längsteilen dünner und weicher Materialien mit Kreismessern. Kaltgewalzte harte und weiche Aluminiumbänder von 0,05 bis 0,4 mm Banddicke mit einer Einlaufbreite von max. 1.700 mm können in bis zu 130 Streifen geschnitten und aufgewickelt werden.

Das besondere Augenmerk galt der Vermeidung von Oberflächenbeschädigungen und dem Erreichen möglichst großer Fertigoil-Durchmesser. Realisiert wurde dieses Ziel durch den Einsatz von Vakuumrollen in mehreren Bereichen der Anlage, und zwar im Auslaufbereich der CNC-Längsteilsche-



## NON-CONTACT MEASUREMENT WITH MORE PRECISION

### STRIP THICKNESS & PROFILE

laser-optical measurement with thicknessCONTROL



### SPEED & LENGTH

optical sensor with ASCOspeed



SPS/IPC/DRIVES / Nuremberg  
26.11.2013 - 28.11.2013  
Hall 7A / Stand 7A-138

[www.micro-epsilon.com](http://www.micro-epsilon.com)

MICRO-EPSILON | 94496 Ortenburg / Germany  
Tel. +49 85 42/168-0 | [info@micro-epsilon.com](mailto:info@micro-epsilon.com)

ren, in der Mitte der Schlingengrube und vor der Aufhaspel. Durch die Anordnung in der Mitte der Schlingengrube wird eine Doppelschlinge gebildet, wodurch sich die Kapazität der Schlingengrube verdoppelt, ohne dass das Band dabei beschädigt wird.

Die Anlage bei Alcoa zeichnet sich durch weitere grundlegende Merkmale aus:

- Einsatz von CNC-Längsteilschere, die eine präzise Justierung der Messer-Eintauchtiefe mit einer Genauigkeit von  $\pm 2 \mu\text{m}$  ermöglichen
- Automatisches Wechselprogramm für den CNC-Scherenblock
- Anlagenbetriebsgeschwindigkeit von 500 m/min im Schlingenbetrieb und 800 m/min im Durchzugsbetrieb
- Automatisches Zerkleinern der zu dicken Bandenden mittels einer Trommelschere mit einer Schneidgeschwindigkeit von bis zu 200 m/min
- Hydraulisches Spannen des Aufhaspeldorns, um den schnellstmöglichen Wechsel von Haspelwellen mit verschiedenen Durchmessern zu gewährleisten und somit hohe Produktivität zu erzielen.

### Steuerungstechnik und Sensorik

Neben den mechanischen Ausrüstungen, ist Danieli Fröhling auch für die Elektrik und Automatisierung verantwortlich. Dabei werden außer der eigentlichen Antriebstechnik auch die Level 1- und Level 2-Systeme geliefert. Die Steuer- und Regelfunktionen des Level 2 werden unter anderem für Online-Monitoring sowie Maschinen- und Prozessüberwachung genutzt, um die Produktionsleistung und Produktqualität der Anlage zu sichern. Eine große Anzahl von Parameter-

sätzen für die Setups unterschiedlicher Applikationen hinsichtlich Material- und Legierungsdaten, Banddicke und Geschwindigkeitsvorgaben liefert dem Bediener ein hohes Maß an Komfort und das unabhängig von der jeweiligen Bediencrew.

Einige Systemfunktionen seien hier beispielgebend benannt:

- Setup-Berechnung und Aktualisierung für alle Hauptanlagenteile
- Bandverfolgung
- Bandspannungs-/Bandzug-Überwachung
- Automatische Abbrems- und Anhaltesteuerung sowie Durchmesserkontrolle
- Temperaturkompensation des Scherenmesser-Setups.

Die technologischen Schwerpunktgruppen Schneiden mit Kreismessern, Bremsen und Wickeln erfordern für ein optimales Zusammenspiel eine leistungsfähige Echtzeiterfassung des jeweiligen Betriebszustandes. Hier setzt Fröhling auf die Zusammenarbeit mit dem namhaften Sensorhersteller Micro-Epsilon, der ein breites Portfolio von der Abstands-, Dickenmessung bis hin zur Temperaturmessung im Programm hat.

Wichtigste Messgrößen in einer Bandanlage sind die hochpräzise Geschwindigkeitserfassung, die Coilpositions- und -durchmessererfassung sowie eine optionale Dickenmessung des Bandes.

Die eingriffsfreie Geschwindigkeitsmesstechnik ist für Danieli Fröhling eine seit langem bewährte Technik. Lasermessgeräte an Kaltwalzgerüsten und Weißlichtgeschwindigkeitsmessgeräte an den Schneidlinien werden von Fröhling seit vielen Jahren eingesetzt. Während die Laser mit der Gefahrenklasse 3B besondere Betriebs- und Arbeitsschutzvorkehrungen benötigen, ist die Weißlichttechnik vollkommen ungefährlich. Beide Techniken haben den Nachteil, dass spiegelnde Oberflächen und Reflexionsänderungen bei unruhigem Bandlauf zu Problemen führen können. Die Weißlicht-Halogenquelle ist viel zu träge, um hier in der Intensität angepasst zu werden. Der Sensor wird durch sein eigenes Licht geblendet und kann somit kurzzeitig nicht messen. Auch beim Laser ist diese Problematik bekannt. Ursache dafür ist der fein gebündelte Laserstrahl, der auf glänzenden Oberflächen leicht wegreflektiert wird.

Eine Lösung bietet hier das technische Konzept des ASCOSpeed-Geschwindigkeitsensors von Micro-Epsilon. Beleuchtungsseitig verbindet es die Vorteile Langlebigkeit und Präzision der Laser mit der Robustheit und Einfachheit eines Weißlichtgerätes und ist doch technologisch etwas Neues. Eine Hochleistungs-LED als Lichtquelle ist für die

is also necessary to measure the instantaneous strip speed here. This 'cutting edge technology' recently led a Chinese client, Nanshan Aluminium, to again place an order for a new slitter with Fröhling.

Another good example is the slitter and packaging line that was commissioned at Alcoa Europe Köfem in Hungary a few years ago. The plant concept is based on the latest knowledge on the slitting of thin and soft materials using circular knives. Cold-rolled hard and soft aluminium strip with a thickness of 0.05 to 0.4 mm and a maximum inlet width of 1,700 mm can be cut into up to 130 strips and coiled.

Particular attention was given to avoiding surface damage and obtaining as large a finished coil diameter as possible. This was achieved by using vacuum rolls at several points in the line, namely in the lead-out area of the CNC slitters, in the middle of the slack-loop pit and upstream of the coiler. The arrangement in the middle of the slack-loop pit forms two loops, which doubles the capacity of the pit without damaging the strip.

The Alcoa plant is characterised by several other basic features:

- the use of CNC slitters that permit precise adjustment of the knife penetration immersion depth to an accuracy of  $\pm 2 \mu\text{m}$
- a program for replacing the CNC cutter block automatically
- a plant operating speed of 500 m/min in the slack-loop mode and 800 m/min in the full-tension mode
- automatic shredding of excessively thick strip ends using a drum shear with a cutting speed of up to 200 m/min
- hydraulic tightening of the reel mandrel in order to ensure the fastest possible change of reel shafts with different diameters, and thus achieve a high level of productivity.

### Control and sensor technology

In addition to the mechanical equipment, Danieli Fröhling is also responsible for the plant electrics and automation. Besides the actual drive technology, it also supplies the Level 1 and Level 2 systems. The control and regulation functions of the Level 2 system are used, amongst other things, for online monitoring as well as for plant and process control in order to ensure the output and product quality of the plant. There are a large number of sets of parameters for setting up various applications with respect to material and alloy characteristics, strip thickness and speed settings and these offer the operator a high degree of comfort, and do so independently



Abb. 6: ASCOSpeed als Geschwindigkeitsmaster

Fig. 6: ASCOSpeed as speed master

of the respective operating crew. By way of example one can mention some system functions here:

- calculating the set-up and updating for all main plant parts
- strip tracking
- monitoring of strip tautness / strip tension
- automatic control of braking and stopping as well as monitoring of the diameter
- temperature compensation for the cutter set-up.

As a technological entity, cutting with circular knives together with braking and coiling requires a powerful system for determining the respective operating conditions in real time in order to achieve an optimal interplay. Here, Fröhling relies on co-operation with Micro-Epsilon, the well-known manufacturer of sensors, whose broad product portfolio ranges from the measurement of displacement or thickness through to temperature.

The most important measurements in a strip line are highly accurate measurement of the speed and determining the position and diameter of the coil, as well as optional thickness measurement on the strip.

The non-noncontact speed-measuring technique that Danieli Fröhling has used for a long time is well-proven. The company has been using laser measuring devices on cold rolling mills and white-light measuring devices on the slitting lines for many years. The laser is a safety class 3B device and requires special operating measures and safety precautions, but the white-light technology is completely safe. Both technologies have the disadvantage that reflecting surfaces and changes in the reflection can cause problems if the strip is not travelling smoothly. The halogen source of the white light is then far too sluggish for the intensity to be adapted. The sensor is dazzled by its own light and can thus not carry out any measurements for a short time. This is also a familiar problem with lasers. The reason is that the finely focussed laser beam reflects off shiny surfaces slightly.

The ASCOSpeed concept from Micro-Epsilon offers a solution here. It combines the benefits of the laser as a light source because of its durability and precision with the robustness and simplicity of a white-light device, but technologically it is nevertheless something new. A high-performance LED light source is responsible for the outstanding properties in use. The light has a narrow-band characteristic, but the wavelength is not important here. On the contrary, whereas much effort is needed to stabilise the wavelength when a laser is used, because its consistency affects the accuracy, with the ASCOSpeed technology

hervorragenden Anwendereigenschaften verantwortlich. Das Licht besitzt zwar eine schmalbandige Charakteristik, aber die Wellenlänge ist hier ohne Funktion. Im Gegenteil, während beim Laser die Laserwellenlänge aufwendig stabilisiert werden muss, weil deren Konstanz die Genauigkeit beeinflusst, ist bei der ASCOSpeed-Technologie die Referenz durch die Struktur des Siliziumempfängers gegeben. Dadurch wird eine hohe Präzision und Langzeitstabilität sichergestellt.

Durch seine berührungsfreie Arbeitsweise und leistungsfähige Interfacemöglichkeit findet das ASCOSpeed bevorzugt Einsatz als Geschwindigkeitsmaster in Bandanlagen (Abb. 6). Aus einer Distanz von 300 mm misst das Gerät eingriffsfrei und ist damit nicht zu nahe am Band. Berührungsfrei heißt auch trägheitslos – damit ist schon der Vorteil gegenüber einer inkrementalen mechanischen Messung über Umlenkrollen angesprochen, die je nach Masse oder Umschlingung immer schlupft.

In den Spaltanlagen (Abb. 1) hat das ASCOSpeed 5500 für die Messerwellenregelung und die Bundrechnersteuerung den Drehimpulsgeber an der Umlenkrolle ersetzt (Abb. 5) und liefert trotz Bandgeschwindigkeitsschwankungen, verschiedener Oberflächengüten bis hin zu spiegelnden Oberflächen genaue und stabile Messwerte bei den unterschiedlichsten Banddicken.

Die exakte Drehgeschwindigkeit der Messerwelle ist verantwortlich für hohe Schnittkantenqualität und Messerstandzeiten. Eine präzise und direkte Messung der Bandgeschwindigkeit ist dafür die Voraussetzung.

Eine interessante Lösung ist der Betrieb von zwei Geräten für eine Schlingengrubenregelung. Aus der Differenz zwischen einlaufender und auslaufender Bandlänge ergibt sich die aktuelle Länge der

Schlaufe in der Grube (Abb. 4). Diese Art der Messung ist oft gegenüber der direkten Schleifenmessung mittels Laserabstandssensoren im Vorteil, weil durch Schwingungen der Bandschlaufe die Laserabstandsmessungen schnell zum Problem werden. Das Verarbeiten von weichen Bändern ist besonders anspruchsvoll, da die Bänder möglichst mit wenig Zug aufgewickelt werden sollten, was durch entsprechende Bremsgerüste realisiert wird. Das ASCOSpeed liefert hierfür die exakte Bandgeschwindigkeit.

In Besäumlinien bietet die Kenntnis der exakten Bandgeschwindigkeit die Gewähr, den Saumschnitt zu optimieren und den Saumschrott problemlos abzuführen. Damit trägt die Messtechnik (Abb. 7) entscheidend dazu bei, die Anlagen bei den hohen Arbeitsgeschwindigkeiten von bis zu 1.800 m/min stabil zu fahren und gleichzeitig die hohen Anforderungen an Schnitt- und Wickelqualität zu erfüllen.

Für den An- oder Abtransport der Coils werden neuerdings verstärkt Laserlaufzeitensensoren eingesetzt, die die Coilposition millimetergenau erfassen oder den Coildurchmesser direkt vermessen können. Hier hat sich der ILR1182 von Micro-Epsilon bewährt. →

## Anzeige

## Zusammenfassung

Gewichtsverringering und Miniaturisierung führen unweigerlich zu einem erhöhten Bedarf an dünneren Bändern. Gleichzeitig führt die Tendenz zu großen Bundgewichten und geringeren Banddicken zu erhöhten Laufzeiten auf den Anlagen.

Danieli Fröhling stellt sich diesen Marktanforderungen mit der Entwicklung und Fertigung von Hochgeschwindigkeitsschneidanlagen. Das erfordert jedoch eine Optimierung der Kreismesserschere, deren konstruktiver Aufbau, die Steifigkeit des gesamten Messerwellensystems sowie die FEM-Analyse bis hin zur Schnittpaltwahl und Eintauchtiefe die Qualität des Schneidprozesses bestimmen.

Die Entwicklung von CNC-gesteuerten Längsteil- und Besäumschere ist eine der wichtigsten Innovationen in der 65-jährigen Tradition des Unternehmens.

Doch nicht nur der Schnitt bestimmt die Qualität des fertigen Coils, sondern auch ein exaktes Wickelbild gehört zu den Kundenforderungen. Hier hat Fröhling mit der Vakuumtechnologie als Bremsgerüst einen Meilenstein gesetzt und kann bereits auf den Einsatz von über 30 Vakuumrollen weltweit bei führenden Bandproduzenten verweisen.

Die technologischen Schwerpunktgruppen Schneiden mit Kreismessern, Bremsen und Wickeln erfordern für ein optimales Zusammenspiel eine leistungsfähige Echtzeiterfassung des jeweiligen Betriebszustandes. Dazu gehört eine hochpräzise Geschwindigkeitserfassung sowie optionale Dickenmessung des Bandes.

Durch seine berührungsfreie Arbeitsweise und leistungsfähige Interfacemöglichkeit findet das ASCOSpeed bevorzugt Einsatz als Geschwindigkeitsmaster in Bandanlagen, liefert die Information für die Synchronisation der Messerwelle sowie über die momentane Bandlänge und kann des Weiteren zur Schlingengrubenregelung eingesetzt werden.

Durch ihre Qualität und Leistungsfähigkeit erfreuen sich Schneidanlagen von Danieli Fröhling, auch dank der genutzten, hochpräzisen Messtechnik von Micro-Epsilon, weltweit großer Beliebtheit.

## Autoren

Dipl.-Ing. Detlef Neumann ist Vize-Präsident und Vertriebsleiter der Josef Fröhling GmbH & Co. KG, ein Unternehmen der Danieli-Gruppe.

Dr. Klaus Christofori ist als Produktmanager innerhalb der Micro-Epsilon-Gruppe für die Geschwindigkeitsmesstechnik verantwortlich.



Abb. 7: ASCOSpeed-Installation an Hochgeschwindigkeitsbesäumschere Nanshan

Fig. 7: ASCOSpeed installation at the Nanshan 3 high-speed trimming shear

the reference is provided by the structure of the silicon receiver. This ensures a high degree of precision and long-term stability.

Thanks to the fact that it operates without any contact and provides an opportunity to have a powerful interface, the ASCOSpeed is used preferentially as the speed master in strip plants (Fig. 6). The device carries out measurements non-contact from a distance of 300 mm and is thus not too close to the strip. Non-contact also means inertia-free – and this already indicates the benefit over an incremental mechanical measurement via deflection rolls, which always results in slip depending on the mass or the wrap-around.

In slitters (Fig. 1), the ASCOSpeed 5500 has replaced the rotary encoder on the deflection roll for regulating the knife shaft and controlling the coil computer (Fig. 5) and provides exact and steady measurements for the widest possible range of strip thicknesses despite fluctuations in the strip speed and different surface finishes, even reflective surfaces.

The exact rotating speed of the knife shaft is responsible for the high quality of the cut edge and the long service lives of the knives. Measuring the strip speed precisely and directly is a prerequisite for this.

An interesting solution is the operation of two units as a slack-loop pit for control purposes. The actual length of the loop in the pit is the difference between the lengths of strip that have entered or exited the pit (Fig. 4). This method of measurement is often ben-

eficial compared with direct measurement of the loop using laser distance sensors because oscillations in the strip loop can quickly create a problem with the laser distance measurements. The processing of soft strip is particularly demanding because the strip has to be coiled using as little tension as possible; this is achieved using appropriate braking stands. The ASCOSpeed provides an exact measure of the strip speed.

With edge-trimming lines, exact strip speed allows the trimming to be optimised and ensures the scrap produced can be removed without difficulty. Here, the measurement technology (Fig. 7) plays a key role in ensuring that the lines operate smoothly at high working speeds up to 1,800 m/min and at the same time satisfy the high quality demands with respect to cutting and coiling.

Recently, laser transit-time sensors have been used increasingly for delivering and removing the coils; these determine the position of the coil with millimetre precision or can measure the coil diameter directly. The ILR1182 from Micro-Epsilon has proven its worth here.

## Summary

Weight reduction and miniaturisation are inevitably leading to greater demand for thin strip. At the same time, the trend towards heavier coils and thinner strip is leading to increased strip-processing times.

Danieli Fröhling is satisfying these market requirements by developing and manufacturing high-speed slitting lines. However, this necessitates optimisation of the circular knives, their structural design and the rigidity of the whole knife shaft system, including finite element analysis, as well as the choice of cutting gap and depth of penetration, which determine the quality of the cutting process.

The development of CNC-controlled slitters and trimming shears is one of the most important innovations in the company's 65-year history.

However, it is not only the cut that determines the quality of the finished coils: exact winding is also part of the customer's requirements. By using its vacuum technology as the

braking stand, Fröhling has set new standards and can point to over 30 vacuum rolls that are already in use at leading strip producers worldwide.

As a technological entity, cutting with circular knives together with braking and coiling requires a powerful measuring system for determining the instantaneous operating state in real time if an optimal interplay is to be achieved. This includes highly accurate measurement of the speed as well as optional measurement of the strip thickness.

Thanks to its non-contact mode of operation and the fact that it provides an opportunity to have a powerful interface, the ASCOSpeed is used preferentially as the speed master in strip plants, supplies the information for syn-

chronisation of the knife shafts and on the instantaneous strip length, and can also be used with a slack-loop pit for control purposes.

Cutting machines from Danieli Fröhling are very popular worldwide thanks not only to their quality and performance but also to the high-precision measurement technology from Micro-Epsilon that is used.

#### Authors

Dipl.-Ing. Detlef Neumann is vice president and sales manager at Josef Fröhling GmbH & Co. KG, which is part of the Danieli group.

Dr. Klaus Christofori is product manager responsible for speed measurement technology within the Micro-Epsilon group.