

PRODUKTIVITÄT

Neuer Schritt in der Banddickenmessung

Die Messung und Regelung der Banddicke ist einer der wichtigsten Aspekte beim Kaltwalzen von Aluminium. Das ABB-Dickenmesssystem Millmate Thickness Gauge (MTG) erledigt dies präzise, zuverlässig und sicher. Mit dem neuen High-Pass Mode werden Kunden demnächst in der Lage sein, hochfrequente Schwankungen in der Dicke von Aluminium-Dünnsband (0,6 bis 0,1 mm) zu erfassen und für die Vorsteuerung zu nutzen.



01





—
01 Beim spaltfreien Messkopf ist nichts über der Walzlinie, was das durchlaufende Band behindern kann. Er kann unterhalb des Rollgangs installiert werden, um das System beim Einfädeln, Ausfädeln und bei Bandrissen zu schützen.

Aluminium ist leicht, fest, stark reflektierend und recycelbar und somit ein idealer Werkstoff für viele Verbraucher- und Industrieprodukte. Zudem können durch den Einsatz von Aluminium Energiekosten gesenkt und CO₂-Emissionen reduziert werden – wichtige Aspekte auf dem heutigen Markt [1]. Kein Wunder also, dass Aluminiumblech sehr gefragt ist, z. B. als Verpackungsmaterial und zur Herstellung von Blechdosen oder in der Fahrzeugherstellung, wo es insbesondere im Karosserierohbau (z. B. beim Ford F-150) zum Einsatz kommt [1]. Prognosen zufolge ist auf dem nordamerikanischen Markt für Leichtbau-Werkstoffe zwischen 2020 und 2025 ein enormes Wachstum zu erwarten, wobei Aluminium wertmäßig den größten Anteil einnehmen wird [1]. Zur Herstellung eines bestimmten Aluminium-Endprodukts ist jedoch eine genaue Kontrolle der chemischen Zusammensetzung, Kaltverfestigung und thermischen Geschichte des Aluminiums bzw. der Legierung und natürlich seiner Dicke erforderlich.

Hierzu benötigen Aluminium-Kaltwalzwerke Dickenmesssysteme, die nicht nur zuverlässig, sicher, robust, kompakt und präzise sind, sondern auch unter rauen und räumlich beengten Bedingungen arbeiten können. Die Fähigkeit, Dickenabweichungen während des Walzvorgangs zu minimieren, ist von entscheidender Bedeutung. Auch wenn dies zunächst einfach klingt, ist es tatsächlich äußerst schwierig.

—
Für Kaltwalzwerke bedeuten engere Toleranzen eine höhere Effizienz und den Zugang zu weiteren Märkten.

Mit dem Ziel, ihren Kunden bestmögliche Mess- und Analysetechnik bereitzustellen, hat ABB das einzigartige spaltfreie Messsystem MTG Box Gauge →01 mit Impuls-Wirbelstromtechnologie (Pulsed Eddy Current, PEC) →02 entwickelt, das sowohl den spezifischen Widerstand (zwischen 27 und 65 nΩm) als auch die tatsächliche Dicke (0,5 bis 8 mm) von Aluminium- und plattiertem Aluminiumband bestimmen kann [2]. Trotz dieser Errungenschaft arbeitet ABB kontinuierlich

darán, die Grenzen der Dickenmessung zu erweitern. Die neue Hochpass-Option „High-Pass Mode“ bietet Kunden die Möglichkeit, schnelle Schwankungen in der Dicke von Aluminium-Dünnsband (zwischen 0,6 und 0,1 mm) zu bestimmen und die Werte unter bestimmten Voraussetzungen für die Vorsteuerung zu nutzen.

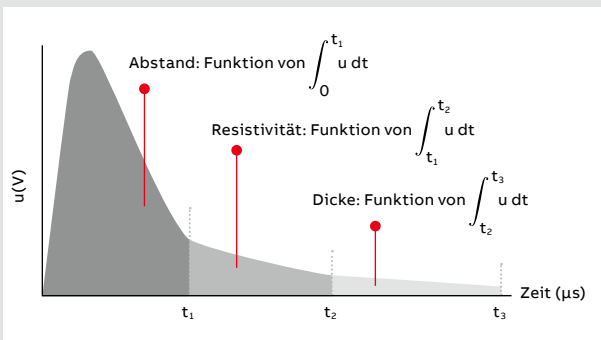
—
Eva Wadman
Jarl Sobel
Anders Eidenvall
Industrial Automation
Measurement & Analytics
Västerås, Schweden

eva.k.wadman@
se.abb.com
jarl.r.sobel@se.abb.com
anders.eidenvall@
se.abb.com



02

DIE PEC-TECHNOLOGIE – GRUNDLAGE FÜR DEN ERFOLG DES MTG-SYSTEMS



Die ABB PEC-Technologie basiert auf einem revolutionären Prinzip und ist entscheidend für den Erfolg des MTG-Systems. Die patentierte Technologie ermöglicht die Bestimmung der Dicke, der Resistivität und des Abstands zwischen dem Sensor und dem zu messenden Material zu verschiedenen Zeitpunkten [2]. Dazu erzeugen elektrische Spulen im Messkopf unterhalb einer Abdeckung ein gepulstes schwaches Magnetfeld. Nach der plötzlichen Unterbrechung des konstanten Erregerstroms zur Spule wird das von den Wirbelströmen im Metallblech erzeugte Magnetfeld anhand der in der Spule induzierten Spannung gemessen. Durch Verfolgung des gesamten Penetrationsverlaufs über die induzierte Spannung können drei Signalwerte zu drei verschiedenen Zeitpunkten ermittelt werden: die Entfernung, die Resistivität und die Dicke. Damit ist der MTG Gauge Sensor in der Lage, die tatsächliche Dicke legierungsunabhängig präzise, zuverlässig, sicher und mit geringer Signaldrift zu bestimmen.

Walzvorgang und Dickenregelung

Beim Walzen wird Metall in einer rauen Umgebung (unter Einwirkung von Staub, Dampf, Emulsionen und anderen Flüssigkeiten) starken Druck- und Zugkräften ausgesetzt, wobei das Material durch Walzen und Strecken in seine endgültige Form und Dicke gebracht wird. Während des Walzens nimmt die Geschwindigkeit zu, um die Veränderung in der Dicke auszugleichen. Hier kommt es darauf an, die richtige Balance zwischen der Dickenreduktion durch die Walzkraft und der Dickenreduktion durch das Pressen des Materials durch den Walzspalt herzustellen. Gelingt dies nicht 100%, kann das Metallband reißen oder sich anheben – mit verheerenden Folgen. Daher müssen Dickenmesssysteme die Dicke innerhalb enger Toleranzen regulieren, während sich das Material mit veränderlicher Geschwindigkeit durch die Anlage bewegt. Gleichzeitig gilt es, eine maximale Produktivität und minimale Kosten durch Ausschuss zu gewährleisten. Für Kaltwalzwerke, in denen Aluminiumblech nach präzisen Vorgaben hergestellt wird und die Produktion rund um die Uhr läuft, bedeuten engere Toleranzen eine höhere Effizienz und den Zugang zu weiteren Märkten. Der Produktionsprozess zur Herstellung von tiefgezogenen Aluminiumdosen verlangt z. B. extrem enge Toleranzen, d. h. die Hersteller benötigen Aluminiumband mit einer Dickenabweichung von wenigen Mikrometern (über die gesamte Länge und Breite) bei einer Banddicke von 200 µm.

Um eine ebenso zuverlässige wie präzise Dickenmessung unter den rauen und anspruchsvollen Bedingungen eines Walzwerks zu ermöglichen, hat ABB das MTG-System mit PEC-Technologie entwickelt →01.

MTG – spaltfreie Messung von Aluminiumband

Aufgrund ihrer vielen Wettbewerbsvorteile gegenüber herkömmlichen strahlungsbasierten Systemen für die

03

— 02 Da die Messung von der Umgebung unabhängig ist, kann das MTG-System nahe am Walzspalt und sogar zwischen den Gerüsten platziert werden. Die elektrische Spule im Messkopf ist durch eine glasfaserverstärkte Epoxidharzplatte gegen Stöße und Erschütterungen durch das Metallband geschützt.

— 03 Die von einem kleinen Magnetfeld erzeugte PEC-Antwort wird nur von der Dicke und dem spezifischen Widerstand (Resistivität) beeinflusst. Dies ermöglicht es dem MTG-System, die tatsächliche Dicke unabhängig von der Umgebung zu messen.

— 04 Schematische Darstellung des Messverfahrens für Dickenschwankungen in Aluminium-Dünnband mit dem High-Pass Mode.

Dickenmessung von Aluminium gewinnt die MTG-Systemfamilie weltweit zunehmend an Akzeptanz [2]:

- **Robustes und kompaktes Design**

Das Sensorgehäuse aus Aluminiumbronze besitzt herausragende chemische und mechanische Eigenschaften, die das Gerät vor den rauen Bedingungen im Walzwerk schützen →01.

- **Spaltfrei**

Das Messgerät ist spaltfrei, d. h. über der Walzlinie ist nichts, was das durchlaufende Band behindern kann →02. Der aus einer Sensorelement-Box bestehende Messkopf des MTG Box Gauge Systems kann unterhalb des Rollgangs installiert werden, um das System beim Einfädeln, Ausfädeln und bei Bandrissen zu schützen.

- **Legierungsunabhängig**

Die PEC-Sensortechnologie ist in der Lage, die tatsächliche Dicke unabhängig von der Materialzusammensetzung und ohne Kompensation für Legierungen zu bestimmen →03.

- **Unabhängig von der Walzwerkumgebung**

Das System ist unempfindlich gegen alles – z. B. Kühlmittel, Dampf oder Schmutz – außer dem Metallband im Messbereich und eignet sich somit ideal für den Einsatz zwischen den Walzgerüsten.

- **Enge Dickentoleranzen**

Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung der Legierung beeinflussen die Messungen ebenso wenig wie die raue Walzwerkumgebung (z. B. Schmiermittel). Dank einer Genauigkeit von $\pm 1,5 \mu\text{m} \pm 0,05 \%$ sind Walzwerke in der Lage, die gewünschte Dicke mit den geforderten Toleranzen herzustellen.

- **Sicher für Mensch und Umwelt**

Da das MTG-Messsystem ohne strahlungsbasierte Technologie auskommt, besteht keinerlei Gefahr für die Gesundheit und die Umwelt. Es sind keine Sperrzonen erforderlich, und es muss kein radioaktiver Abfall entsorgt werden.

- **Seltene und schnelle Kalibrierung**

Das Messsystem wird fertig kalibriert mit 12 Kalibrierplatten ausgeliefert. Nach der Inbetriebnahme ist alle sechs Monate eine Kalibrierung erforderlich, die in nur 20 min durchgeführt werden kann. Die Kalibrierplatten stellen sicher, dass das System die absolute Dicke und Dickenabweichungen gemäß rückführbarer Standards misst.

- **Vernachlässigbare Wartungskosten**

Ohne zerbrechliche oder alternde Komponenten, Strahlungsquellen oder Detektoren, Hochspannungstransformatoren oder Feinmechanik ist das MTG-Messgerät nahezu wartungsfrei.

- **Längere Produktionszeit**

Da die Dickenmessungen materialunabhängig sind, gibt es weniger Ausfallzeiten aufgrund von Kalibrierungs- und Wartungsmaßnahmen.

- **Schnelle und attraktive Rendite**

Durch die Reduzierung von Ausfallzeiten und Ausschuss, den geringeren Ersatzteilbedarf, die seltene Kalibrierung und die geringeren Sicherheitsanforderungen im Vergleich zu strahlungsbasierten Techno-

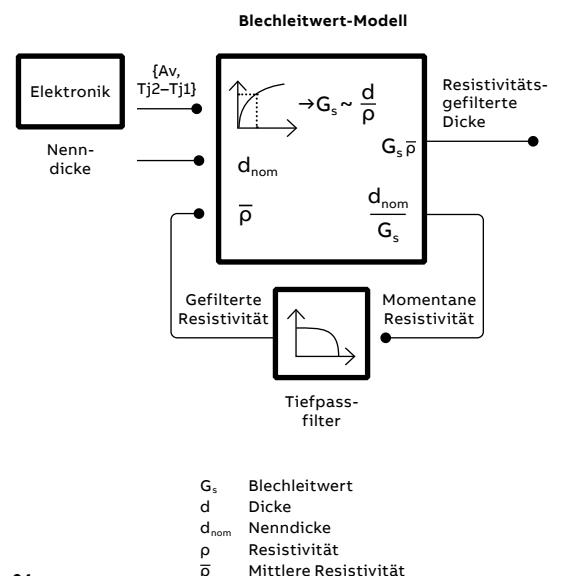
logien stellt das MTG-System eine kostengünstige Alternative zu strahlungsbasierten Lösungen dar, die sich schnell rentiert.

Der nächste Schritt

Seit über 15 Jahren bietet das MTG-System mit PEC-Technologie Metallbandherstellern die Möglichkeit, enge Toleranzen einzuhalten und ihre Röntgen- und Kontaktmesssysteme zu ersetzen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit bei der Herstellung von Standard-Aluminiumband zu steigern. Doch was wäre, wenn die Messsignale des MTG-Systems zur Bestimmung der Dicke von sehr dünnem Metallband (mit einer Dicke von bis zu 0,1 mm) genutzt werden könnten? Zurzeit sind strahlungsbasierte Systeme,

Das MTG Box Gauge System mit PEC-Technologie bestimmt den spezifischen Widerstand und die tatsächliche Banddicke.

Röntgen- und Beta-Sensoren in der Lage, in diesem Bereich mit hoher Geschwindigkeit/geringem Rauschen zu messen. Die mechanischen Kontaktmesssysteme und das ABB MTG C-Frame System mit einem relativ kleinen Messspalt können in diesem Bereich zwar ebenfalls präzise messen, aber nur an der Bandkante. Messungen in der Bandmitte sind nicht möglich. Vor allem aber machen die mit strahlungsbasierten Systemen verbundenen Sicherheits- und Umweltkosten sowie die geringe Praktikabilität mechanischer Messgeräte diese Methoden für Hersteller von Aluminiumband unattraktiv.



High-Pass Mode

Stets diese Bedürfnisse der Kunden im Auge, begannen Forscher bei ABB im Jahr 2019 damit, sich mit einer Funktion für das MTG-System zur Messung von Aluminium-Dünnschicht zu befassen. Obwohl die absolute Dicke bei Dünnschicht nicht direkt gemessen werden kann, entwickelte ABB eine Option, die unter bestimmten Voraussetzungen in der Lage ist, bei Banddicken zwischen 0,1 und 0,6 mm Dickenschwankungen mit hoher Frequenz (schneller als 0,024 Hz) und einem hohen Signal-Rausch-Verhältnis zu bestimmen: den sogenannten High-Pass Mode (Hochpass-Modus) [4]→04. Damit der hochpassgefilterte Wert für die Dicke errechnet werden kann, müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

- Da persistente Dickenänderungen mit einer Dauer von mehr als 10 Sekunden gennut werden, kann diese Funktion nur für die Vorsteuerung (zwischen den Gerüsten oder eingangsseitig) genutzt werden.
- Die relative Schwankung im spezifischen Widerstand (Resistivität) des Materials muss geringer sein als die relative Schwankung der Dicke, da im

High-Pass Mode der elektrische Leitwert, der dem Kehrwert der Resistivität entspricht, die Dicke widerspiegelt →04.

- Für eine präzise Wiedergabe der Dickenschwankungen muss die Nenndicke nahe an der tatsächlichen durchschnittlichen Dicke liegen.
- Da nur schnelle Dickenschwankungen gemessen werden, bleiben langsame Schwankungen unerkannt.

Auf dem Weg zu Dünnschichtmessungen

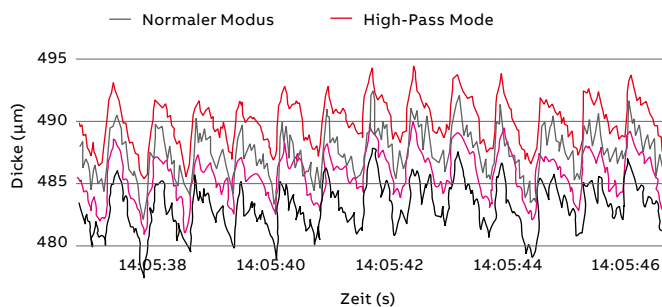
Der innovative High-Pass Mode von ABB soll Kunden eine praktische Möglichkeit zur spaltlosen Messung von Abweichungen in der Dicke von Aluminium-Dünnschicht bieten. Die Signale sind unempfindlich gegenüber Einflüssen in der Umgebung, z. B. in Form von Schmiermitteln, Schmutz oder anderen nicht leitenden Materialien. Die solide theoretische Grundlage und rigorose Tests zeigen, dass die Auswirkungen von leichten Schwankungen im Legierungsgehalt auf die gemessene Dicke in der Praxis vernachlässigbar sind.

Im Rahmen eines Tests wurden die mit dem ABB MTG Box Gauge System im normalen Modus gemessenen Dickenschwankungen bei einer Banddicke von 490 µm mit denen im High-Pass Mode verglichen →05. Obwohl das MTG-System die tatsächliche Dicke unabhängig von der Zusammensetzung der Legierung misst, wird dies aufgrund der Physik des Elektromagnetismus mit abnehmender Banddicke immer schwieriger. Da das MTG-System bei diesem Test nahe an der unteren Grenze des Verfahrens arbeitet, die bei etwas unter 0,5 mm liegt, weist die Messung größere Schwankungen auf als vergleichbare Messungen mit dem High-Pass Mode →05a.

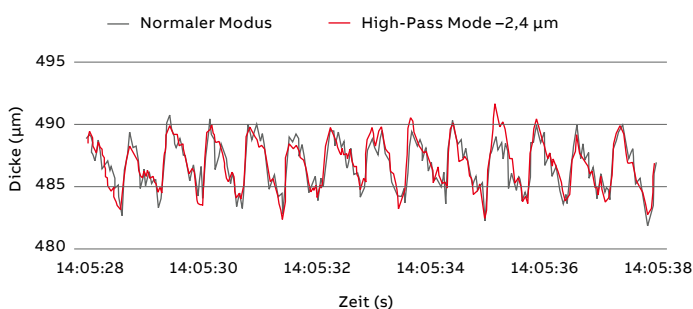
Da der High-Pass Mode nicht die absolute Dicke misst, liegen die Signalschwankungen um die Nenndicke des gemessenen Bands. Dennoch besteht eine enge Übereinstimmung zwischen den gemessenen Dickenschwankungen im High-Pass Mode und im normalen Modus, wenn die mittlere Resistivität mithilfe eines gleitenden Durchschnitts von 10 s gefiltert wird.

Die High-Pass-Option kann hochfrequente Dickenschwankungen bei Banddicken zwischen 0,1 und 0,6 mm bestimmen.

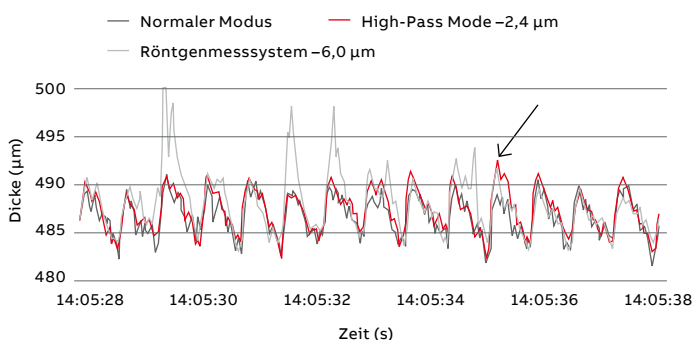
Resistivitätsschwankungen, die schneller sind als 10 s, tragen im High-Pass Mode jedoch zu einer falschen Messung der Dickenschwankung bei. Hier wurde ein Abfall der Resistivität beobachtet, der nur 0,5 s dauerte →05b. Ein solcher Abfall von 0,4 nΩm (0,7 %) verursacht wie theoretisch zu erwarten im High-Pass Mode einen falschen Anstieg der gemessenen Dicke



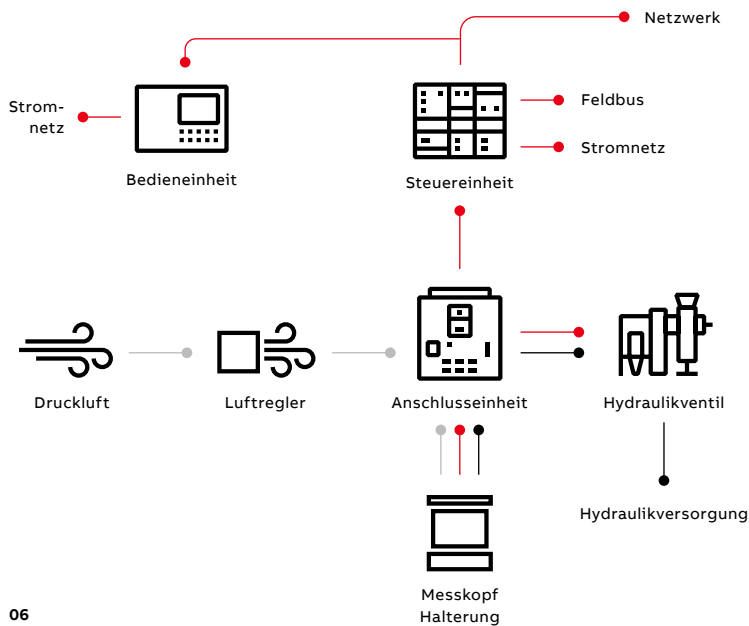
05a



05b



05c



06

— 05 Die Ergebnisse zeigen die Wirksamkeit des High-Pass Mode im Vergleich zu Messungen mit dem MTG Box Gauge System und einem Röntgensystem.

05a Messung der Eingangsdicke eines kaltgewalzten Bands (für 10 s) mit einer Nenndicke von 490 µm (die tatsächliche Dicke ist einige Mikrometer geringer).

05b Der Resistivitätsabfall (0,4 nΩm) führt zu einem falschen Anstieg der gemessenen Dicke im High-Pass Mode um 3,5 µm (0,7 %). Aufgrund des Unterschieds in der absoluten Größe wurde das Signal des High-Pass Mode zum leichteren Vergleich im Verhältnis angepasst.

05c Die im High-Pass Mode gemessene kleine Resistivitätsänderung wirkt sich auch auf ein Röntgenmesssystem aus. Die vom ABB-System gemessene Dicke ist im normalen Modus legierungsunabhängig, im High-Pass Mode aber nicht.

— 06 Das MTG-System ist ein intelligentes Messsystem, das auf eine schnelle Inbetriebnahme, einen optimalen Betrieb und eine einfache Wartung ausgelegt ist.

von 3,5 µm (0,7 %) → 05b. Ein Vergleich der Banddickenmessungen mit dem MTG-System und einem Röntgensystem zeigt, dass sich leichte lokale Veränderungen in der Materialzusammensetzung des Bands auch auf die Röntgenmessungen auswirken → 05c.

Diese vielversprechenden Ergebnisse untermauern nicht nur die theoretischen Erwartungen, sondern zeigen auch, dass die mit dem High-Pass Mode ermittelten Dickenschwankungen mit den vom MTG-System und mit Röntgenmethoden gemessenen Schwankungen vergleichbar sind, wenn die genannten Voraussetzungen erfüllt sind.

Ausgelegt auf Zuverlässigkeit und Genauigkeit

Das MTG-System (bestehend aus Messkopf, Steuer- und Bedieneinheit, Luftregler, Hydraulik und Anschlusseinheit) ist auf optimale Bedienfreundlichkeit, Funktionalität, Zuverlässigkeit, Konnektivität und Integrationsfähigkeit ausgelegt → 06 und kann mit automatischen Dickenregelungssystemen (Automatic Gauge Control, AGC) zur Dickenvorsteuerung, Monitorregelung und Massenflussregelung verbunden werden. Mit verschiedenen Integrationsschnittstellen (z. B. für die Feldbuskommunikation via Profibus-DP und die Netzwerkkommunikation via VIP, OPC DA und Modbus TCP), einer Bedieneinheit (zur Anpassung von Konfigurationen, Dickenwerten und Statusinformationen), einer Bedienoberfläche (zur Darstellung von

Dickenabweichungen als Echtzeitdaten und Trends), einem Diagnoseteil (für Fehlerinformationen usw.) und einem Serviceteil (für Kalibrierungen, manuelle Regelungsfunktionen und servicebasierte Anwendungen) ist das System ebenso flexibel wie bedienerfreundlich und effizient.

Das auf einem vertikal beweglichen Rahmen montierte Messgerät passt sich mithilfe eines hydraulischen Positionierungssystems automatisch an die richtige Messentfernung an. Eine rasche Positionierung sorgt dafür, dass Messungen nahezu unmittelbar nach Anlegen der Bandzugspannung beginnen können, was die dickengeregelte Bandlänge maximiert. Abstandsänderungen aufgrund geringer Veränderungen in der Geschwindigkeit oder im Bandzug werden automatisch korrigiert.

Dank der Integration der Systemkomponenten und der herausragenden Fähigkeiten der einzelnen Geräte und Einheiten sind Metallhersteller in der Lage, rund

— Damit werden Hersteller in der Lage sein, Dickenabweichungen auch bei Dünnband durch Vorsteuerung auszuregeln.

um die Uhr, sicher und mit vernachlässigbaren Wartungskosten Dickenvorgaben mit engen Toleranzen einzuhalten. Das MTG-System mit dem spaltfreien Messsensor und der PEC-Technologie ermöglicht die genaue Messung der tatsächlichen Dicke von Aluminiumband. Die Materialunabhängigkeit, Umwelt- und Sicherheitsvorteile sowie die schnelle Inbetriebnahme tragen zur Steigerung der Produktivität und des Ertrags bei der Herstellung von Standard-Metallband in einem nachhaltigen Prozess bei [2,4].

Dank der neuen High-Pass-Option von ABB werden Metallbandhersteller bald in der Lage sein, Dickenabweichungen auch bei Aluminium-Dünnband durch Vorsteuerung auszuregeln und somit die stetig steigenden Toleranzanforderungen zu erfüllen und neue Märkte zu erschließen. •

Literaturhinweise

[1] Market Watch: „What are the key market trends impacting the growth of the automotive lightweight material market?“, *Market Watch*, 16.07.2020. Verfügbar unter: <https://www.marketwatch.com/press-release/what-are-the-key-market-trends-impacting-the-growth-of-the-automotive-lightweight-material-market-2020-07-16> (abgerufen am 18.07.2020).

[2] L. Thegel, E. Wadman: „Dickenmessung für Nicht-eisenmetalle“, *ABB Review* 1/2017, S. 40–45.

[3] ABB: „Measure IT Pulsed Eddy Current technology: Operating Principle“, *Automation Technologies*, 2004-05, S. 1–6.

[4] ABB AB Industrial Automation (2020): „Millmate thickness gauging systems“, Verfügbar unter: www.abb.com/thicknessgauging.