

Absolute Präzision in der Batterieproduktion

Mit der zunehmenden Verbreitung batteriebetriebener Anwendungen wie Elektrofahrzeuge, steigt auch die weltweite Nachfrage nach leistungsfähigen Batterien beispielsweise Lithium-Ionen-Batterien. Die Herausforderung bei der Herstellung moderner Batterien besteht darin, ihre Energiedichte zu maximieren, ihre Herstellkosten zu senken und ihre Nutzungsdauer zu verlängern. Um diese Ziele zu erreichen, werden Sensoren von Micro-Epsilon im gesamten Fertigungsprozess eingesetzt. Dort übernehmen sie verschiedene Messaufgaben zur Maschinenüberwachung, Dickenregelung und Qualitätssicherung.

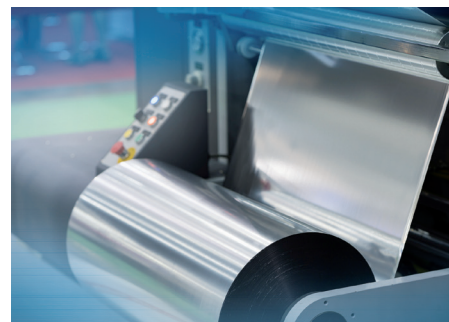
Leistungsstärke, Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit sollen mit modernen Batteriezellen unter anderem auf die Straße gebracht werden. Langfristiges Ziel ist es, Autos, Busse, Transporter sowie Baumaschinen und Trucks weg von fossilen Energien hin zu elektrischen Antrieben auf Basis von Batterie- und Brennstoffzellentechnik zu bringen. Die Revolution der bisherigen Antriebe ist längst eingeläutet, die Produktionsprozesse laufen auf Hochtouren. Um die Leistung der Energiespeicher zu erhöhen und gleichzeitig wertvolle Ressourcen einzusparen, werden die Herstellungsprozesse zunehmend komplexer. Dafür werden innovative Sensoren mit hoher Präzision benötigt, die die automatisierten Fertigungsprozesse inline überwachen.

Eine Lithium-Ionen-Zelle durchläuft bis zur Endmontage viele Stationen. Die Produktion lässt sich in drei Hauptprozessschritten untergliedern: die Elektrodenfertigung, die Zellassemblierung sowie Formation & Aging. In allen wichtigen Prozessschritten werden auch Sensoren von Micro-Epsilon eingesetzt, um verschiedene Messaufgaben zu lösen. Micro-Epsilon bietet ein breites Produktportfolio mit der größten Vielfalt an physikalischen Messverfahren zur präzisen Weg- und Abstandsmessung. Die Besonderheit ist, dass alle Sensortechnologien von Micro-Epsilon im eigenen Unternehmen entwickelt, gefertigt und vertrieben werden. Daher können bei Bedarf auch kundenspezifische Anpassungen bei den Sensoren umgesetzt werden.

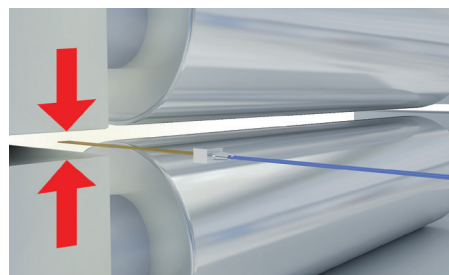
Beschichtung: Nassschicht-Dickenmessung des Anoden- und Kathodenmaterials

Im Beschichtungsprozess wird die Folie entweder kontinuierlich oder intermittierend und auf einer Breite von bis zu 1000 mm beschichtet.

Wichtig sind dabei die Folien- und die Beschichtungsdicke, die Oberflächenqualität, die Reinheit und ein Vermeiden von Gaseinschlüssen. Um die Nassschicht-Dicke des Anoden- und Kathodenmaterials zu überwachen, wird eine Genauigkeit von $<\pm 1 \mu\text{m}$ bei 150 bis 500 μm Objektdicke gefordert. Für diese Messaufgabe empfiehlt sich der Einsatz des thicknessGAUGE, einem Inline-Messsystem bestehend aus einer Lineareinheit mit elektromechanischem Antrieb, zwei konfokal-chromatischen Abstandssensoren, einer automatischen Kalibriereinheit und einem multitouch-fähigen Panel-IPC. Die konfokalen Sensoren messen im Differenzverfahren von zwei Seiten auf die Materialoberfläche. Mittels einer automatischen Kalibrierung auf ein Referenztarget wird der Abstand der beiden Sensoren zueinander in regelmäßigen Abständen ermittelt. Im Messbetrieb erfassen die beiden Sensoren jeweils den Abstand zur Materialoberfläche. Aus dem bekannten Abstand der beiden Sensoren sowie den Abstandswerten wird die Materialdicke errechnet. Dank der hohen Auflösung der konfokalen Sensoren können geringste Abweichungen zuverlässig detektiert werden. Die hohe Präzision von $\pm 0,25 \mu\text{m}$ und die Messrate von bis zu 5 kHz ermöglichen eine vollautomatisierte



▲ In allen wichtigen Prozessschritten der Batterieherstellung werden Sensoren von Micro-Epsilon eingesetzt, die verschiedene Messaufgaben zur Maschinenüberwachung, Dickenregelung und Qualitätssicherung lösen.



▲ Für gleichbleibende Qualität muss der Walzenspalt durchgehend und mikrometerngenau überwacht werden. Kapazitive Sensoren der Reihe capaNCDT von Micro-Epsilon stellen die Einhaltung der extrem niedrigen Toleranzen sicher.



▲ Nach dem Einsetzen der Batteriepakete wird zwischen den Stegen automatisiert eine Wärmeleitpaste aufgebracht, die die Abwärme nach außen führt. Vor dem Auftragen muss das Volumen zwischen den Stegen bis zur Oberfläche der Batteriepakete ermittelt werden. Laser-Scanner von Micro-Epsilon übernehmen diese Aufgabe.

Dickenmessung. Wird der thicknessGAUGE über die Linearachse über das Band bewegt, kann das komplette Querprofil ermittelt werden.

Trocknen: Trocknungsvorgang des Anoden- und Kathodenmaterials

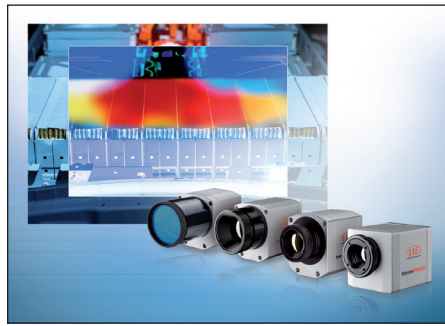
Im Anschluss an den Beschichtungsprozess durchläuft die beschichtete Aluminium- bzw. Kupferfolie den Trocknungsprozess. Die Trocknungsgeschwindigkeit liegt bei bis zu 100 m/min bei 80 bis 160 °C. Nach dem Trocknungsvorgang des Anoden- und Kathodenmaterials ist eine Dickenprüfung notwendig, die der Qualitätssicherung dient. Die geforderte Genauigkeit liegt bei 1 µm bei einer Messobjektdicke von 75 bis 400 µm. Für diese Messaufgabe sind konfokal-chromatische sowie kapazitive Sensoren von Micro-Epsilon besonders geeignet. Die Sensoren sind industrieoptimiert, äußerst kompakt und liefern höchste Genauigkeit im Submikrometerbereich unabhängig von glänzenden oder matten Oberflächen. Konfokal-chromatische Sensoren bieten modernste Technologie, vereint mit höchster Geschwindigkeit und maximaler Präzision.

Das Micro-Epsilon Produktportfolio konfokal-chromatischer Sensoren ist in seiner Vielfalt weltweit einmalig. Mit ihm werden schnelle Abstandsmessungen zuverlässig, berührungslos und verschleißfrei gelöst.

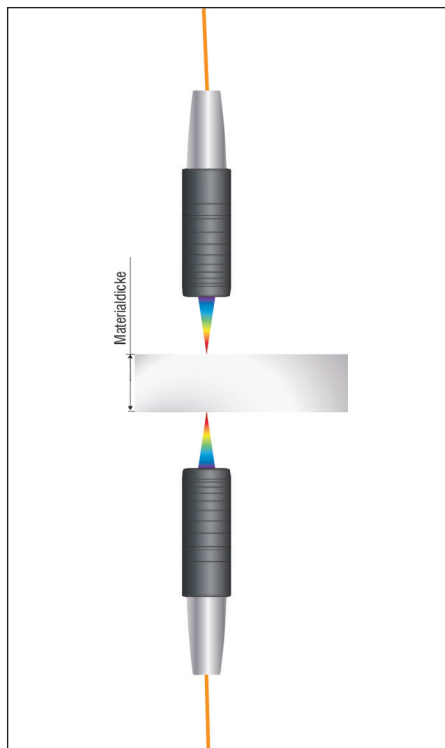
Dank leistungsfähiger Controller und präziser Sensoren können kleinste Details und Strukturen auf nahezu allen Oberflächen hochgenau gemessen werden. Hochpräzise Messungen sind auf spiegelnden Oberflächen wie hochglanzpolierten Metallen oder Flüssigkeiten, auf matten Oberflächen wie Graphit- und Kathodenmaterial (Lithium/Mangan/Kobalt/Nickelgemisch) und auf transparenten Materialien wie Glas oder Kunststoffplatten möglich. Dank der sehr schnellen Belichtungszeitregelung kann das confocalDT auch bei Materialwechsel von matt zu glänzend und umgekehrt stabil messen.

Kalandrieren: Walzenspaltmessung am Kalander

Batteriezellenmaterialien, wie bei-



▲ Insbesondere bei der Erstauffladung der Batterie ist die Temperaturentwicklung ein entscheidender Parameter und wird daher mit Wärmebildkameras thermoIMAGER TIM überwacht. Diese geben Aufschluss über die Temperaturverteilung und Hinweise auf mögliche Kurzschlüsse.



▲ Bei der zweiseitigen Dickenmessung sind zwei Sensoren (hier konfokal-chromatische Sensoren) gegenüberliegend angeordnet und messen jeweils den Abstand auf die Folie. Durch diese Anordnung kann je nach verwendetem Sensortyp eine extrem hohe Auflösung erzielt werden. In Abhängigkeit vom Messobjekt und der Beschichtungsart (unbeschichtet / beschichtet) wird der am besten geeignete Sensor verwendet.

spielsweise Elektrodenfolien für Lithium-Ionen Batterien, werden mithilfe der Kalandertechnik verdichtet. Zwei verstellbare Walzen sorgen dafür, dass das Materialgemisch auf die

vorgegebene Dicke gewalzt wird. Für gleichbleibende Qualität muss der Walzenspalt durchgehend und mikrometergenau überwacht werden. Kapazitive Sensoren der Reihe capaNCDT von Micro-Epsilon stellen die Einhaltung der extrem niedrigen Toleranzen sicher. Der Sensor misst in einem Winkel von 90° auf die Walze. Dank ihrer innovativen Technologie sind sie in der Lage auch bei extremen Temperaturen, Messwerte bis in den Submikrometerbereich zu liefern. Sie eignen sich für Einsatzbedingungen bei Tiefsttemperaturen, im Reinraum oder im Ultrahochvakuum bis hin zu Industrieumgebungen.

Die kapazitiven Sensoren von Micro-Epsilon sind außerdem langzeitstabil, da keine Komponenten verbaut sind, die die Lebensdauer einschränken. Eine weitere Stärke ist die Kombinationsvielfalt. Jeder kapazitive Sensor kann ohne aufwendige Kalibrierung mit einem beliebigen Controller von Micro-Epsilon verwendet werden.

Eine mobile Lösung ermöglicht das Zweikanal-Handmessgerät capaNCDT MD6-22, das zur Spaltmessung auf allen leitenden Objekten eingesetzt werden kann. Das kapazitive Handmessgerät ist leicht, äußerst handlich und per Touch-Screen bedienbar. Werksseitig sind zudem verschiedene Funktionen vorprogrammiert wie die automatische Spaltdetektion, die die parallele Ausrichtung von zweiseitig messenden Flachsensoren vereinfacht. Für erhöhte Flexibilität sorgt die Speicherfunktion.

Dank ihr kann der Anwender Messwerte an verschiedenen Stellen ermitteln, diese auf einer Micro-SD-Karte speichern und sie zu einem späteren Zeitpunkt zur Auswertung heranziehen.

Schneiden: Kantenkrümmung nach dem Schneiden

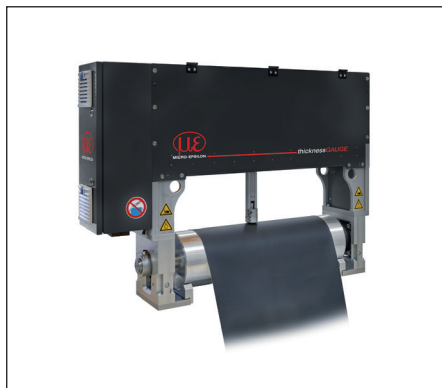
In diesem Fertigungsschritt wird ein beschichtetes Muttercoil in mehrere Tochtercoils geschnitten. Dies erfolgt entweder per Laser-Schnitt oder mit einem rotierenden Messer. Nach dem

Längsschneiden treten häufig Krümmungen und Verformungen an der Folie auf. Saubere Schnittkanten sind allerdings entscheidend für eine hohe Qualität. Daher muss die Kantenkrümmung überprüft werden, weshalb das Kantenprofil in Mikrometergenauigkeit gemessen wird. Hierbei kommen scanCONTROL Laser-Profils Scanner zum Einsatz. Diese werden über der Folienkante platziert und erfassen kontinuierlich das Profil. Dank der extrem hohen Auflösung und der Unempfindlichkeit bei spiegelnden Oberflächen liefern die Sensoren stabile Messergebnisse und hochgenaue 2D-Profilen, aus denen auch 3D-Punktwolken generiert werden können. Die kompakten Sensoren können zudem auch in beengte Bauräume integriert werden.

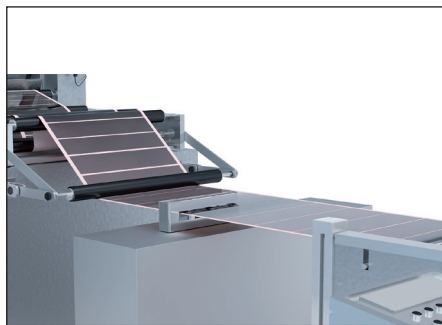
Zell-Assemblierung: Volumenmessung beim Wärmeleitpastenauftrag

Nach dem Einsetzen der Batteriepakete wird zwischen den Stegen automatisiert eine Wärmeleitpaste aufgebracht, die die Abwärme nach außen führt. Vor dem Auftragen muss das Volumen zwischen den Stegen bis zur Oberfläche der Batteriepakete ermittelt werden. Im Anschluss soll das Volumen der aufgetragenen Paste gemessen und in ein Verhältnis zum Volumen im leeren Zustand gebracht werden. Idealerweise liegt das Volumen der Paste geringfügig über dem Volumen im leeren Zustand. Laser-Scanner von Micro-Epsilon übernehmen diese Aufgabe. Der Scanner ist am Dispenser befestigt und regelt die Auftragsmenge sowie den Abstand des Dispensers.

Sie zählen zu den leistungsfähigsten Profilsensoren weltweit im Hinblick auf Genauigkeit und Messrate. Sie erfassen, messen und bewerten Profile berührungslos auf unterschiedlichsten Objektoberflächen. Alle scanCONTROL Modelle kommen ohne externen Controller aus, was den Installationsaufwand wesentlich vereinfacht.



▲ Die robusten thicknessGAUGE O-Rahmensysteme werden auch zur Dickenmessung der Elektrodenbeschichtung eingesetzt. Ausgestattet mit der patentierten combiSENSOR Messtechnik liefern die Systeme präzise Dickenmessungen mit hoher Langzeitstabilität.



▲ Zwei gegenüberliegend angebrachte kapazitive Sensoren ermöglichen eine zweiseitige Dickenmessung von elektrisch leitfähigen Werkstoffen. Mit dieser Methode lassen sich z. B. Banddicken bis in den µm-Bereich messen. Jeder der beiden kapazitiven Wegsensoren liefert ein lineares Abstandssignal, das der Controller als Dickenmesswert verrechnet.

Formierung

Wird die Batterie die ersten Male be- und entladen, so passiert dies in der sogenannten Formierung. Insbesondere bei der Erstaufladung ist die Temperaturentwicklung ein entscheidender Parameter und wird daher mit Wärmebildkameras überwacht. Diese geben Aufschluss über die Temperaturverteilung und Hinweise über mögliche Kurzschlüsse. Die Wärmebildkamera thermoIMAGER TIM ist für die hohen Ansprüche industrieller Serienapplikationen konzipiert. Die Scharfstellung der Optik erfolgt über den integrierten Motorfokus, wodurch auch kleine Messbereiche aufgelöst werden können.

Dank der leistungsfähigen Software können Hot- und Cold-Spots automatisch überwacht werden. Bis zu drei Messfelder können gleichzeitig fokussiert und kontinuierlich überwacht werden. Über den integrierten Motorfokus kann eine Scharfstellung aus der Ferne erfolgen. Die Messwerte können an eine Steuerung ausgegeben werden, dadurch lassen sich bei Grenzwertüberschreitung weitere Schritte wie Alarm, Kühlung oder Abschaltung ausführen. Die kompakte Wärmebildkamera thermoIMAGER TIM ist robust und für industrielle Einsatzzwecke optimiert. Die Inbetriebnahme erfolgt auf einfache Weise über die im Lieferumfang enthaltene Software TIM Connect. Eine Messwertausgabe ist per Ethernet oder Prozessinterface (4-20 mA) möglich. Für den Betrieb ist im autonomen Modus kein zusätzlicher PC notwendig.

Fazit

Micro-Epsilon bietet ein einzigartiges Spektrum an Sensoren, Messsystemen und kundenspezifischen Lösungen.

Das breite Produktspektrum, welches auf unterschiedlichen Messprinzipien basiert, lässt sich ideal für die Produktionsprozesse in der anspruchsvollen Batterieproduktion einsetzen.

Die hochpräzisen Sensoren des Unternehmens messen zuverlässig Weg, Abstand, Position, Neigung, Beschleunigung, Farbe und Temperatur oder realisieren die robotergestützte 3D-Inspektion von matten und glänzenden Oberflächen durch Hightech-Inspektionssysteme.

► INFO

Autor:
Dipl.-Ing. (FH) Franz Hochwimmer
Beratung & Vertrieb Anlagen/Systeme
MICRO-EPSILON MESSTECHNIK
GmbH & Co. KG
Königbacher Str. 15
94496 Ortenburg
Tel.: 08542 168-0
Fax: 08542 168-90
www.micro-epsilon.de