

## Schichtdicken messen – der Sicherheit halber

Batteriezellen brauchen Beschichtungen – zum Schutz und für die elektrische Isolation. Deren Dicke ist eine kritische Größe in der Batterieherstellung, die der präzisen und verlässlichen Überwachung bedarf. Kurze Taktzeiten und wenig verfügbarer Platz fordern die Messtechnik heraus.



**B**atteriezellen sind das neue Herz des Automobils, denn mit dem Umstieg auf die Elektromobilität entfällt künftig der Verbrennungsmotor als sein zentrales Element. Damit eine Batterie wettbewerbsfähig ist, muss sie kostengünstig herstellbar sein, eine hohe Energiedichte besitzen, möglichst lange halten, und sie muss vor allem sicher sein. Denn eine fehlerbehaftete Produktion kann im Extremfall zu ihrer Selbstzerstörung und zu Batteriebrand führen.

Gemeinsam mit Sturm Maschinen- & Anlagenbau in Salching und einem weiteren Integrator hat Optisense ein System zur Prüfung der isolierenden Zellbeschichtung entwickelt und so zur Batteriesicherheit beigetragen.

### Eine funktionskritische Größe

Batteriesysteme von Elektroautos bestehen aus Lithium-Ionen-Zellen, wie sie auch in Mobiltelefonen oder Notebooks eingebaut sind. Mehrere dieser Zellen werden zu Batteriemodulen zusammengeschaltet, deren Größe und Anzahl wiederum die Leistung und Reichweite des Fahrzeugs bestimmen. Dabei liegen bis zu 800 V Spannung an – deutlich mehr als an der heimischen 230-V-Steckdose. Die Zellen müssen deshalb zuverlässig voneinander isoliert werden, um einen Kurzschluss und ein mögliches Abbrennen der ganzen Batterie sicher zu verhindern. Dazu wird das Aluminiumgehäuse mit einer Beschichtung versehen, die sowohl die Oberfläche schützen als auch die Funktion der Isolierung übernehmen muss. Die Beschichtungsdicke ist also ein sicherheitsrelevanter Parameter, den es in der Produktion sorgfältig zu überwachen gilt. „Da die Beschichtungsdicke eine funktionskritische Kenngröße ist, müssen alle Arten von Beschichtungsfehlern wie ungleichmäßiger Lackauftrag oder Lackverlauf, aber auch Beschädigungen, Kratzer, Risse oder eingeschlossene Fremdpartikel wie Staub oder Fussel zuverlässig erkannt werden“, erklärt Dr. Peter Scheibner, der bei Sturm das Projektmanagement leitet. Dazu fährt jede Zelle direkt nach der Aushärtung auf einem Transportband in eine Messstation, in der die Dicke der Beschichtung an mehreren Stellen berührungslos geprüft wird.

### Fotothermische Messung – präzise und reproduzierbar

Mit den PaintChecker-Industrial-Systemen von Optisense wurde eine Lösung für diese sicherheitsrelevante Messaufgabe gefunden. Die Schichtdickenprüfgeräte verwenden das fotothermische Messverfahren, um die Dicke von Beschichtungen berührungslos und zerstörungsfrei zu ermitteln. Dabei werden die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften von Beschichtung und Untergrund genutzt, um die absolute Schichtdicke zu bestimmen. >>>

Das Gehäuse der Batteriezelle wird mit einem hellblauen UV-Lack beschichtet. Die Beschichtungsdicke ist funktionskritische Kenngröße präzise und dokumentations-sicher zu messen.



Aufbau einer Autobatteriezelle. Die Zellen müssen voneinander isoliert werden, um einen Kurzschluss zu verhindern.



Das Aluminiumgehäuse der Batteriezelle erhält eine Beschichtung, die sowohl die Oberfläche schützt als auch die Isolationsfunktion übernimmt

Die Oberfläche der Beschichtung wird mit einem kurzen, intensiven Lichtimpuls um einige Grad aufgewärmt und kühlt anschließend durch Ableitung der Wärme in tiefere Bereiche wieder ab. Dabei sinkt die Temperatur umso schneller, je dünner die Beschichtung ist. Der zeitliche Temperaturverlauf wird mit einem schnellen, hochempfindlichen Infrarotsensor aus der Distanz erfasst und in eine entsprechende Schichtstärke umgerechnet. Dank des punktförmigen Messflecks lassen sich auch kleinste Bauteile präzise vermessen. Mit dem fotothermischen Messverfahren stand damit eine schnelle quantitative Schichtdickenbestimmung zur Verfügung, die genaue, reproduzierbare Ergebnisse liefert.

Allerdings haben die kurzen Taktzeiten und die sehr beengten Platzverhältnisse bei diesem Projekt einige ganz beson-

dere Herausforderungen zur Folge: Um die Qualität der Beschichtung insgesamt beurteilen zu können, muss an mehreren Stellen gemessen werden. Zudem lässt sich die Messzeit physikalisch bedingt nicht beliebig verkürzen. Das Anfahren mehrerer Messpunkte nacheinander dauert zu lange, und bei vergleichbaren Anbietern sind die Sensoren für diese Messaufgabe schlichtweg zu groß.

### Für die BMW Group neu entwickelt

Es wurde ein System benötigt, das mehrere Punkte gleichzeitig vermessen kann und dessen Sensoren klein genug sind, um sie im eng begrenzten Bauraum nebeneinander unterzubringen. Ein solches Produkt war jedoch nicht kommerziell verfügbar. „Nach intensivem Dialog zwischen der BMW Group und der Optisense-Entwicklung entstand in nur vier Monaten mit dem PaintChecker Industrial ein fotothermisches Messgerät zur berührungslosen, zerstörungsfreien Schichtdickenmessung, das mehrere Sensorköpfe gleichzeitig ansteuern kann“, berichtet Dr. Scheibner. Es eignet sich für feuchte und trockene organische Beschichtungen wie Farben, Lacke und Pulver auf Metall, Gummi und Keramik.

Das System besteht aus einem zentralen Controller, an den bis zu acht Sen-



In nur vier Monaten ist ein fotothermisches Messgerät entstanden, das mehrere Sensorköpfe gleichzeitig ansteuern kann

soren über Kabel anzuschließen sind. Zur softwareseitigen Integration in die Fertigungsanlage besitzt der PaintChecker Industrial verschiedene Schnittstellen zur übergeordneten SPS.

Das Platzproblem wurde folgendermaßen gelöst: Indem der Strahlengang der Optik um 90° gefaltet wurde, gelang es, den Sensorkopf soweit zu verkürzen, dass er in den verfügbaren Bauraum passt. Mit dem nur 150 g leichten Winkelsensor können bei 40 mm Bautiefe Schichtdicken bis 300 µm gemessen werden. Die Beschichtungsanlage wurde mit den neuen Komponenten ausgestattet und lieferte nach Auskunft von Optisense sofort hervorragende Ergebnisse. Dabei unterliegt die Beschichtungsdicke als funktionskritische Qualitätskenngröße strengen Anforderungen an die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung.

Im Rahmen einer Messmittelfähigkeitsanalyse konnte sich das fotothermische Messverfahren von Optisense erneut bewähren. Nach sechseinhalb Stunden Dauertest mit über 2.900 Messzyklen lag die Standardabweichung der Messung unter einem halben Mikrometer, also weit unter dem, was übliche Wirbelstrom-

oder magnetinduktive Messverfahren erreichen können.

+ 1 Zeile

### Fazit und Ausblick

Zunächst wurden die PaintChecker-Industrial-Angle-Sensoren mit Diffusoren ausgestattet, um den Abstandsbereich zwischen Sensor und Bauteil, in dem eine genaue Messung möglich ist, zu vergrößern. An den nachfolgenden Produktionsanlagen sahen die Entwickler mehr Platz vor, um leistungsfähigere, flexiblere Sensoren einsetzen zu können. Der Abstand zwischen Sensorkopf und zu messendem Bauteil konnte so mehr als verdoppelt werden, und der Toleranzbereich des Messabstands wurde noch einmal vergrößert. Damit lassen sich die Batteriezellen auch dann vermessen, wenn sie nicht ganz genau in die Messstation einfahren, ohne eine Beschädigung von Sensor oder Zelle zu riskieren.

Auch der messbare Schichtdickenbereich wurde mehrfach erweitert, da einerseits größere Zellen und höhere Spannungen eine dickere Beschichtung erfordern, man aber andererseits auch zu dünne Fehlbeschichtungen quantitativ präzise erfassen möchte. ■

## LP.PRO TO GO

Optisense hat gemeinsam mit Partnern ein System zur Prüfung der isolierenden Zellbeschichtung entwickelt.

Die Sensoren der Messeinrichtung sind für beengten Bauraum konzipiert, und sie kann die Beschichtungsdicke an mehreren Punkten gleichzeitig bestimmen.

Die Methode liefert schnelle, präzise und reproduzierbare Ergebnisse auch an sehr kleinen Bauteilen.

Im Dauertest lag die Standardabweichung der Messung weit unter den Werten konkurrierender Verfahren.