

■ Oberfläche-Online / ■ Themen / ■ Themenwelt / Analytik

/

Schichtdickenmessung für große Oberflächen und bewegte Bauteile

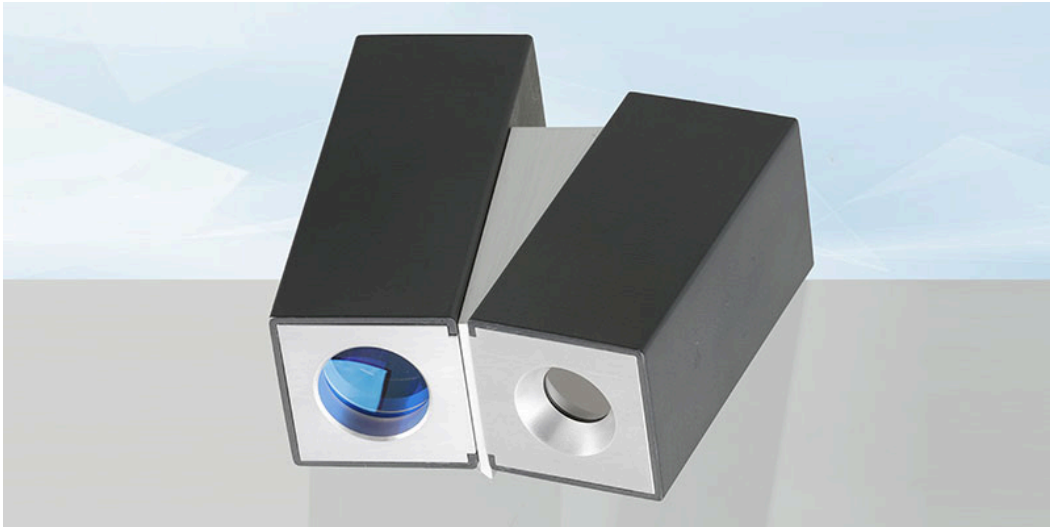


Neues scannendes Schichtdickenmessverfahren: Großflächige und bewegte Bauteile messen mit PaintChecker Move (Bild: OptiSense)

Schichtdickenmessung für große Oberflächen und bewegte Bauteile

Ein neu entwickeltes scannendes photothermisches Schichtdicken-Messverfahren ermöglicht die Oberflächen-Prüfung von endlos langen Flächen und bewegten Objekten, ohne dabei mit den Bauteilen mitfahren zu müssen.

Das neue, scannende Schichtdickenmessverfahren PaintChecker Move des Messsystemherstellers OptiSense ist komplett modular aufgebaut, um das Messgerät stets optimal an die jeweilige Anwendung anzupassen: Anregungs- und Detektionsmodul sind eigenständig und lassen sich unabhängig voneinander modifizieren. Das innovative Messsystem kann endlos lange Flächen und bewegte Objekte prüfen, ohne dabei mit den Bauteilen mitfahren zu müssen. Die neue Technologie nutzt aktiv die Bewegung

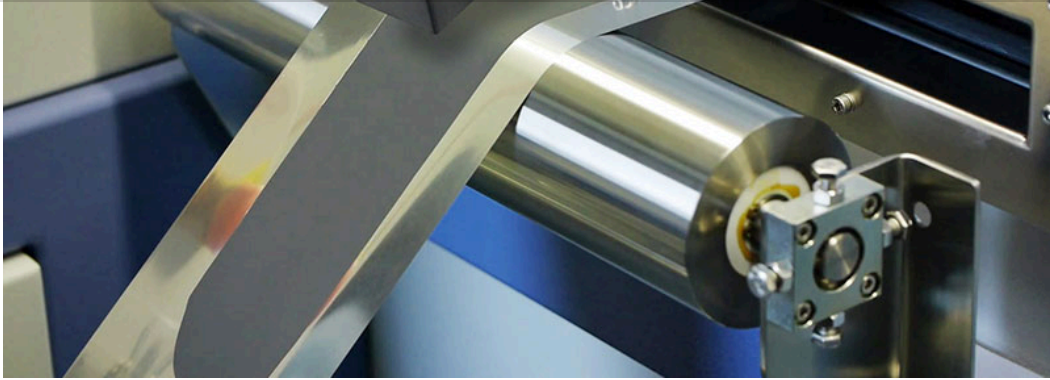


Das neue, scannende OptiSense-System heißt PaintChecker Move und ist komplett modular aufgebaut, um das Messgerät stets optimal an die jeweilige Anwendung anzupassen. Anregungs- und Detektionsmodul sind eigenständig und lassen sich unabhängig voneinander modifizieren (Bild: OptiSense)

Status Quo der Schichtdickenmessung von bewegten Objekten und in der Fläche

Wirtschaftlichkeit, Präzision und auch Oberflächenqualität gehören nicht erst seit gestern zu den dominierenden Anforderungen in der Beschichtungsindustrie. Gleichzeitig ist es aber bis heute in vielen Unternehmen kaum möglich, eine in diesem Zusammenhang sehr entscheidende Größe frühzeitig und permanent zu überwachen: die aufgetragene Lackmenge. Sinnvollerweise wird dabei die Schichtdicke als relevanter Parameter bereits vor dem Aushärten, also in noch flüssigem bzw. weichem Zustand, geprüft, da zu diesem Zeitpunkt Fehlbeschichtungen noch leicht korrigiert werden können.

Ein typisches Beispiel ist die Beschichtung von Flachsubstraten wie Folien für die Batterieherstellung. Die Bandbeschichtung erfolgt mit flüssigem, sogenannten „Slurry“ auf einer Kupfer- bzw. Aluminiumfolie. Die Prüfung muss hier berührungsfrei und lückenlos erfolgen, da die Produktion und spätere Nutzung von Batteriemodulen bzw. -packs mit zahlreichen Sicherheitsrisiken verbunden sind, die besondere Schutzmaßnahmen erfordern.



Bandbeschichtung von Alufolien mit flüssigem, sogenannten „Slurry“, wo die Schichtdicke im feuchten Zustand gemessen wird (Bild: OptiSense)

Wie heute bewegte Objekte geprüft werden

Bis dato ist die Schichtdickenprüfung von bewegten Objekten problematisch, da sich das Objekt nach kurzer Zeit nicht mehr innerhalb des Blickfelds des Detektors befindet. Natürlich ist es möglich, den gesamten Messaufbau mitzubewegen, allerdings ist dieser Ansatz oftmals technisch aufwändig und bei limitierten Platzverhältnissen nicht zielführend. Zudem können keine Überprüfungen erfolgen, während das Schichtdickenprüfsystem wieder zum Ausgangspunkt zurückfährt, um weitere, sich bewegende Objekte zu erfassen. Dieser „Rückfahr-Gap“ erlaubt also keine lückenlose Messung.

Um diesem Dilemma zu entgehen, wird bei Messungen in Bewegung das Erwärmungsareal vergrößert. So erhält das bewegte Bauteil ausreichend Zeit, um die notwendige Wärmemenge aufzunehmen. Während der Prüfzeit läuft das erwärmte Werkstück durch das Blickfeld des Detektors und der Temperaturverlauf wird detektiert. Das Ergebnis ist ein Schichtdickenwert – allerdings entspricht die Ortsauflösung dann nicht mehr der Größe des Detektorblickfeldes, sondern der während der Messzeit zurückgelegten Strecke. Schon bei relativ geringen Geschwindigkeiten sind dies bereits mehrere Zentimeter. Die ermittelte Schichtdicke entspricht dann dem Mittelwert über diesen Bereich, aber kleine Fehlstellen lassen sich so nicht mehr erkennen.

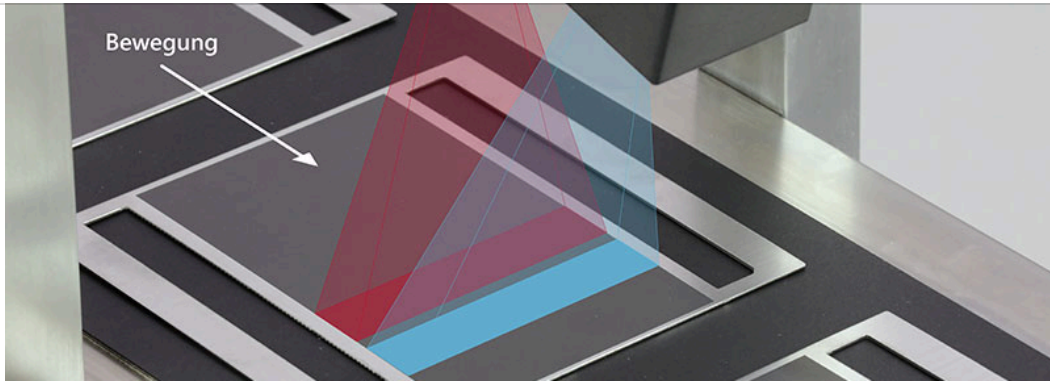


Der neue, scannende 3D PaintChecker Move ist flexibel und benutzerfreundlich. Er ist einfach in bestehende Beschichtungslinien zu integrieren – selbst in schwierigsten Produktionsumgebungen (Bild: OptiSense)

Schichtdickenmessung großer Flächen

Bei der Schichtdickenüberprüfung ausgedehnter Flächen sieht es nicht besser aus: Eine aktuelle Überlegung, um große Flächen ortsaufgelöst zu prüfen, klingt zunächst einfach: Man vergrößert für diese Messaufgabe die Erwärmungsregion und verwendet eine IR-Wärmebildkamera als Detektor. Dieser Ansatz wird jedoch schnell sehr aufwändig. Je größer die Fläche, desto größer auch die benötigte Anregungsleistung, die oft mehrere energieintensive Lichtquellen erfordert. Zudem steigen mit zunehmender Fläche die Anforderungen an die Kamera und damit wiederum die Kosten. Als weitere, rechtliche Hürde kommt hinzu, dass hochauflösende IR-Kameras oftmals zu den Dual-Use-Gütern zählen, wodurch es zu Handelsbeschränkungen kommt.

Das bedeutet: die Schichtdicke von großen Flächen oder bewegten Objekten zuverlässig und kontinuierlich vor dem Aushärten zu überwachen, ist mit den bisherigen Ansätzen nur mit enormem Aufwand realisierbar.



Neues scannendes 3D-Prüfverfahren: Das Bauteil wird am Sensor entlang bewegt und passiert zunächst eine Anregungszone (rot), in der die Beschichtung durch Lichtstrahlung um einige Grad erwärmt wird. Anschließend tritt es in die Messzone (blau) ein, in der die örtliche Temperatur an mehreren hundert Stellen gleichzeitig erfasst wird. Während das Bauteil die Messzone durchläuft, wird die Abkühlung der Beschichtung periodisch gemessen und aus dem Temperaturverlauf die Schichtdicke berechnet. Durch die zeitlich überlappende Auswertung ergibt sich eine kontinuierliche, lückenlose Erfassung (Bild: OptiSense)

Neues scannendes 3D-Prüfverfahren erfüllt alle Anforderungen

Dr. Fabian Gaußmann aus der Entwicklungsabteilung des Messsystemherstellers OptiSense suchte deshalb nach einer Lösung, die gleichzeitig großflächige als auch bewegte Objekte berührungslos, präzise, kontinuierlich und noch vor dem Aushärten auf korrekte Beschichtung prüfen kann.

Das Ergebnis ist ein scannendes Messverfahren, das die Bewegung zwischen Bauteil und Sensor zu Nutze macht, statt sie aufwändig zu kompensieren. Das Objekt wird dabei nicht einmalig als Ganzes erfasst, sondern kontinuierlich abgetastet während es die Messeinrichtung passiert. „Die Bewegung des Werkstücks stellt also kein Hindernis mehr dar, sondern ist elementarer Bestandteil des Verfahrens. Dabei kann das Prüfsystem am ortsfesten Werkstück entlang geführt werden, das Werkstück am fest montierten Sensor vorbei fahren, oder sich auch beide, Sensor und Bauteil, relativ zueinander bewegen.“, erläutert Dr. Gaußmann die Grundlagen des neuen Messprinzips: „Das Verfahren ist zum Patent

Funktionsweise des neuen Schichtdickenmessverfahrens für ausgedehnte Flächen und bewegte Bauteile

Das photothermische Messverfahren

Bekannterweise ist die photothermische Schichtdickenprüfung ein berührungsloses Verfahren für Lacke, Pulverbeschichtungen und Glasuren auf metallischen und nichtmetallischen Untergründen. Dabei werden die unterschiedlichen thermischen Eigenschaften von Beschichtung und Untergrund genutzt, um die Schichtdicke zu bestimmen. 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 hochempfindlichen Infrarotsensor erfasst und in die Schichtdicke umgerechnet. Das Verfahren funktioniert kontaktlos und zerstörungsfrei mit frisch aufgetragenen als auch ausgehärteten Pulver- und Lackbeschichtungen.

Das scannende, 3D-Prüfverfahren

Das neue scannende, 3D-Prüfverfahren ergänzt bisherige Einsatzfelder um die berührungslose, schnelle und präzise Messung von großflächigen Werkstücken sowie bewegten Objekten.

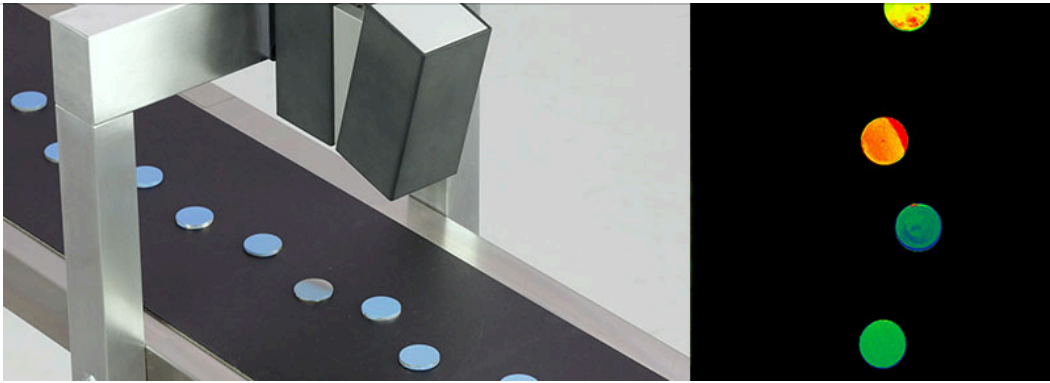
Für das neue Verfahren erweiterte das OptiSense-Entwicklungsteam den Erwärmungsbereich des Prüfsystems, um einen größeren Wärmeeintrag zu ermöglichen. Allerdings – und das ist revolutionär – muss das aufgewärmte Areal bei der hier vorgestellten Innovation nicht die komplett zu prüfende Fläche umfassen, sondern nur einen kleinen Ausschnitt, zumeist nur wenige Zentimeter. Als interessanter Nebeneffekt ist es zudem auch nicht mehr notwendig, mit

Als Detektor wird eine integrierte Matrix aus IR-Sensoren mit relativ kleinem Blickfeld und geringer Pixelanzahl eingesetzt, die ein Messfeld etwa von der Größe des Erwärmungsbereichs erfasst.

Zur ortauflösenden Bestimmung der Schichtdicke wird der Temperaturverlauf pixel-basiert erfasst. Vereinfacht dargestellt wandert durch die Relativbewegung das Abbild des vorher angeregten (erwärmten) Werkstücks im Sensor von Pixel zu Pixel. Durch eine fortlaufende, zeitlich gestaffelte Auswertung der Pixel kann so der Temperaturverlauf jedes einzelnen Flächenelements des Werkstücks ermittelt werden. Dieser Temperaturverlauf wird anschließend, wie bei der konventionellen Photothermie, in die entsprechende Schichtdicke umgerechnet.

Das erwärmte Areal bewegt sich unter dem Detektor vorbei

Die Schichtdicke kann auf diese Weise ortsauflöst ermittelt werden, wobei die Ortsauflösung durch die effektive Pixelgröße des Sensors bestimmt ist. Typisch liegt die Auflösung im Bereich von ca. 1mm/px. Final entsteht ein Bild mit der gewünschten Schichtdickeninformation. Die Breite des Bildes quer zur Bewegungsrichtung entspricht der Breite des Anregungsareals bzw. der Breite des Sensorblickfeldes. Die Länge des Bildes in Bewegungsrichtung ist im Prinzip unbegrenzt.



Der Flächenscan liefert eine vollflächige Abbildung der Bauteilbeschichtung, in der die Schichtdicke als Farbe dargestellt wird. So ist sofort erkennbar, an welcher Stelle des Bauteils unterbeschichtet (rot) oder überbeschichtet (blau) wurde. Fehlbeschichtungen sind auf einen Blick von fehlerfreien Bauteilen (grün) zu unterscheiden und können noch vor dem Aushärten nachgearbeitet werden (Bild: OptiSense)

Der modulare Aufbau des PaintChecker Move

Das neue, scannende OptiSense-System heißt *PaintChecker Move* und ist komplett modular aufgebaut, um das Messgerät stets optimal an die jeweilige Anwendung anzupassen:

Anregungs- und Detektionsmodul sind eigenständig und lassen sich unabhängig voneinander modifizieren. Verbunden werden sie über ein Element, das auch den Anschluss der Datenleitung beinhaltet und auch für die mechanische Verbindung zur Kundenanlage sorgt. Der Winkel des Verbindungselements ist an die jeweilige Prüfsituation angepasst.

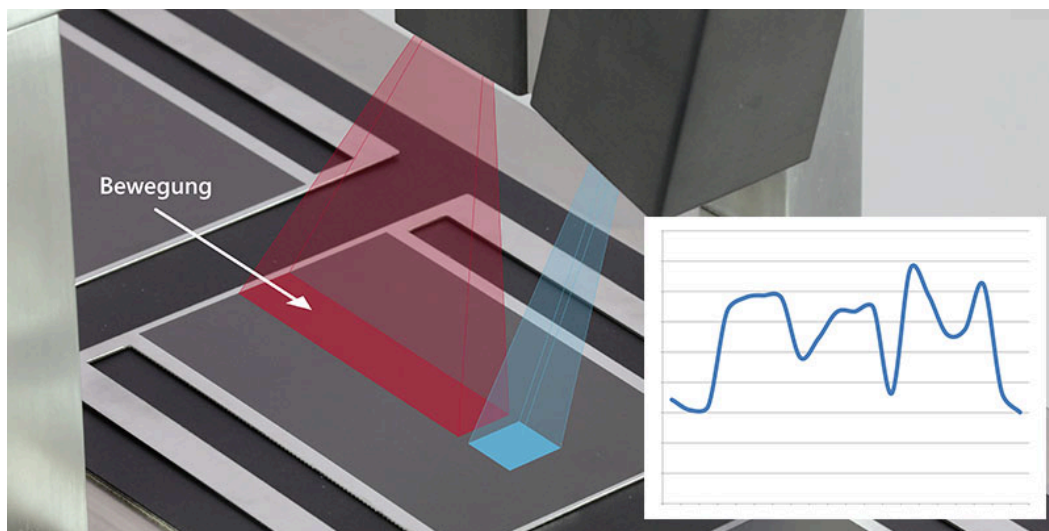
Das Anregungsmodul beinhaltet die optischen Komponenten zur Strahlformung. Abhängig von der Messsituation sind dabei verschiedene Formen des Anregungsbereichs auf der Werkstückoberfläche möglich. In einer Standardkonfiguration wird ein homogen ausgeleuchtetes Rechteck mit Kantenlänge von bis zu 100 x 10 mm² erzeugt. Die Kantenlängen sind unabhängig voneinander konfigurierbar.

Als Anregungsquelle werden Laser unterschiedlicher Leistungsklassen und Wellenlängen genutzt. Allen Varianten ist gemeinsam, dass der Laser selbst im externen Controllergehäuse, verbaut ist und über eine Glasfaser an das Anregungsmodul

Metallschlauch mit Kunststoffummantelung vor mechanischen Einflüssen geschützt und schleppkettentauglich.

Das Detektionsmodul beinhaltet im Wesentlichen die IR-Sensor Matrix inklusive Abbildungsoptik. Die Datenkommunikation erfolgt per Kabel. Stromversorgung und Kommunikation erfolgen über ein 5 Meter langes Kabel.

Anregungs- und Detektionsmodul haben eine Grundfläche von 55 x 55 mm². Die Höhe beträgt ca. 150 mm (Anregungsmodul) und 115 mm (Detektionsmodul). Der Sensor wiegt rund 1,5 kg. Das externe Controllergehäuse entspricht in den Abmessungen und Typ den auch aktuell bereits von OptiSense für industrielle Anwendungen verwendeten Modellen. Gesteuert wird das System über einen per Netzkabel mit dem Controller verbundenen PC.



An schnell laufenden Bändern oder bei schwer zu erwärmenden Beschichtungen wird die Lichtquelle um 90° gedreht, sodass sich das Bauteil länger in der Anregungszone befindet. Die Messung erfasst dann einen linienförmigen Streifen der Beschichtung als kontinuierliches, lückenloses Schichtdickenprofil (Bild: OptiSense)

Messablauf und Messvarianten

Eine Messung wird wahlweise aktiv vom Anwender ausgelöst oder automatisiert durch ein externes Trigger-Signal

die Schichtdicke in Echtzeit bestimmen, um Prozessparameter gegebenenfalls sofort anpassen zu können.

Bei dem modularen Konzept lassen sich drei verschiedene Varianten unterscheiden:

Hochauflösender Flächen-Scan

Diese Konfiguration ermöglicht die Endlosmessung von Schichtdickenbildern; das Prüfergebnis ist ein 2D-Bild mit der ortaufgelösten Schichtdicke. Die Breite quer zur Scanrichtung beträgt bis zu 100 mm. Die Länge in Scanrichtung ist im Prinzip unbegrenzt.

Hochauflösender Profil-Scan

In Anwendungen mit hoher Relativgeschwindigkeit zwischen Sensor und Bauteil wird die verfügbare Anregungsleistung so umverteilt, dass weniger Lichtleistung in die Breite (quer zur Scanrichtung) und mehr in die Länge (entlang Scanrichtung) auf das Messobjekt eingebracht wird.

Durch diese Anordnung lassen sich höhere Geschwindigkeiten oder längere Messzeiten (gleichbedeutend mit größeren Schichtdicken) adressieren. Das Detektorblickfeld wird ebenfalls angepasst. Es entsteht dann ein 2D-Scan mit verringerter Breite quer zur Scanrichtung bzw. im Grenzfall ein Profilsan. In beiden Fällen weiterhin mit hoher Ortauflösung entlang der Scanrichtung.

Nicht-scannende Profil-Prüfung

Zudem ist auch ein nicht-scannender Modus möglich. Dabei wird die Matrix von IR-Sensoren durch einen einzelnen, hochempfindlichen IR-Sensor ersetzt. Auf diese Weise kann die Genauigkeit der Schichtdickenmessung auf Kosten der räumlichen Auflösung weiter erhöht werden. Diese Konfiguration ist z. B. geeignet für sehr hohe Geschwindigkeiten oder für Anwendungen, in denen eine



Im Kern besteht der PaintChecker Move Sensor aus einem Anregungs- und Detektionsmodul. Die Module werden unabhängig voneinander optimal für die jeweilige Messaufgabe konfiguriert (Bild: OptiSense)

Wirtschaftliche Vorteile und Amortisation

Der PaintChecker Move ist flexibel und kann auch nachträglich einfach in bestehende Produktionslinien integriert werden. Insbesondere spielt der Zustand der Beschichtung (nass, feucht, weich, trocken, eingebrannt) sowie die Dimension des Werkstücks kaum eine Rolle. Es ist sogar möglich, bei mehreren nebeneinander montierten Messsystemen beliebig große Objekte berührungslos und wiederholbar exakt zu prüfen.

Die wirtschaftlichen Vorteile des OptiSense-Messsystems sind erheblich. Der PaintChecker Move reduziert Materialausschuss, optimiert die Produktionsprozesse und steigert die Produktqualität. Zudem können Beschichtungsunternehmen signifikante Kosteneinsparungen erzielen. Beispielsweise spart eine um nur 0,5 Prozent reduzierte Ausschussquote bei einem mittelständischen Lohnbeschichter jährliche Kosten in fünfstelliger Höhe. Diese Einsparungen resultieren nicht nur aus dem reduzierten Materialverbrauch, sondern auch aus den geringeren Nacharbeiten

Gleichzeitig trägt das System zur Steigerung der Produktionseffizienz bei. Die kontinuierliche Überwachung garantiert eine stabilere und sowie effizientere Fertigung, was Stillstandzeiten minimiert und die Gesamtproduktivität der Anlagen erhöht. Zudem reduziert der PaintChecker Move das Risiko von Reklamationen erheblich.

Weiterhin ermöglicht die kontinuierliche Datenerfassung und -analyse des PaintChecker Move eine umfassende Prozess- und Qualitätsüberwachung. Die gewonnenen Daten können genutzt werden, um Schwachstellen im Produktionsprozess zu identifizieren und gezielte Verbesserungsmaßnahmen zu ergreifen. Das Interesse im Markt ist jetzt schon sehr groß. Die Evaluierungsphase mit mehreren Pilotkunden ist bereits sehr gut angelaufen und das Messsystem wird in Kürze verfügbar sein.



Das Schichtdicken-Prüfsystem Optisense PaintChecker Move bietet den Beschichtungsbetrieben eine leistungsfähige Lösung, um ihre Produktionsprozesse zu optimieren und ihre Produktqualität zu sichern und zu erhöhen (Bild: OpiSense)

Fazit

Der PaintChecker Move markiert als scannendes 3D-Schichtdickenprüfverfahren einen bedeutenden Fortschritt für die Beschichtungsindustrie. Durch die präzise und kontinuierliche Messung der Schichtstärke werden sowohl Produktionsqualität als auch Effizienz erheblich gesteigert. Die daraus resultierenden

Durch die permanente und reproduzierbare Überwachung der Applikation kann eine gleichmäßige und konsistente Beschichtung sichergestellt werden. Dies ist besonders wichtig, um die Beständigkeit und die optischen Eigenschaften der Produkte zu verbessern und die immer anspruchsvolleren Qualitätsstandards sowie alle erforderlichen Sicherheitsbestimmungen zu erfüllen. Letztere sind besonders entscheidend für Produkte, die haftungsrelevant sind, wie zum Beispiel Batteriemodule oder hochbelastete Teile aus dem Transportwesen, wie in der Flugzug- und Automobilindustrie, Bahn und Fahrradproduktion.

Der neue, scannende 3D PaintChecker Move ist flexibel und benutzerfreundlich. Er ist einfach in bestehende Beschichtungslinien zu integrieren – selbst in schwierigsten Produktionsumgebungen. Das Prüfsystem bietet den Beschichtungsbetrieben damit eine leistungsfähige Lösung, um ihre Produktionsprozesse zu optimieren und ihre Produktqualität zu sichern und zu erhöhen. (OM-10/24)



Kontakt

OptiSense GmbH & Co. KG
Annabergstraße 120
45721 Haltern am See (Deutschland)
Telefon: +49 23 64 50 882-0
E-Mail: info@optisense.com
www.optisense.com 

Über OptiSense

OptiSense ist weltweit führender Anbieter von photothermischen Messsystemen für Schichtdicken auf verschiedensten Substraten. Das OptiSense-Portfolio besteht aus industriellen Prüfsystemen zur berührungslosen automatisierten Schichtdickenprüfung in industriellen