

Berührungslose Schichtdickenmessung sichert Korrosionsschutz

Messsysteme basierend auf dem Advanced-Thermal-Optics-Prinzip werden heute zur vollautomatisierten Schichtdickenmessung direkt in der Serienproduktion eingesetzt, unter anderem für die Messung von Zinklamellensystemen. Nun steht diese Technologie auch als Handgerät zur Verfügung. Es ermöglicht die Schichtdickenmessung auch auf nassen Teilen. Prozessabweichungen lassen sich somit noch vor dem Einbrennen erkennen und korrigieren.

Andor Bariska, Tobias Kleyer

Die vorrangige Aufgabe eines Korrosionsschutzes besteht darin, die durch die Einwirkung von Korrosion am Bauteil verursachten Schäden zu minimieren. Da eine absolute Korrosionsbeständigkeit niemals erreicht werden kann, liegt die Herausforderung darin, für die vorgegebene Standzeit beziehungsweise Lebensdauer des zu schützenden Bauteils einen ausreichenden Schutz zu gewährleisten.

Zinklamellensystem bietet hohen kathodischen Korrosionsschutz

Bei den für den Korrosionsschutz aufgetragenen Beschichtungen oder metallischen Überzügen stellt die Schichtdicke ein zentrales Qualitätsmerkmal dar. Sie beeinflusst zudem sämtliche funktionelle Eigenschaften und eventuelle Passmaße von Bauteilen.

Eine mögliche Beschichtung ist ein Zinklamellensystem von Dörken MKS. Diese

Beschichtung ist ein metallischer Überzug aus vielen kleinen Lamellen, der Bauteile verschiedener Art primär vor Korrosion schützt. Zinklamellenüberzüge enthalten meist eine Kombination aus Zink- und Aluminiumlamellen (gemäß DIN EN ISO 10683 oder DIN EN 13858), die durch eine anorganische Matrix verbunden sind. Ein Zinklamellensystem besteht aus einer Grundschicht (Basecoat) und einer Deckschicht (Topcoat). Der Basecoat bestimmt die Korrosionsschutzeigenschaften und bietet – dank des enthaltenen Zinks – einen hohen kathodischen Korrosionsschutz für die Bauteile. Das heißt Zink als das unedlere Metall korrodiert und bewahrt den Stahl vor Zersetzung. Bei einer Verletzung der Beschichtung opfert sich also beim Kontakt mit Wasser und Sauerstoff das unedle Zink im Basecoat zugunsten des edleren Stahluntergrundes.

Auf den Zinklamellen-Basecoat wird typischerweise ein Topcoat aufgebracht. Die-

ser verstärkt den Korrosionsschutz und verleiht der Beschichtung zusätzlich multifunktionale Eigenschaften wie erhöhte chemische oder mechanische Beständigkeit, Farbgebung oder eine definierte Reibungszahleinstellung für Gewindeteile. Das Besondere an dem System: Bereits mit extrem dünnen Schichten – in der Regel ist ein System 8 bis 20 µm dünn – lassen sich Schutzwirkungen von mehr als 1000 Stunden gegen Grundmetallkorrosion (Rotrost) in der Salzsprühprüfung nach DIN EN ISO 9227-NSS erreichen.

Korrosionsschutz ist stark abhängig von der Schichtdicke

Grundsätzlich wird die Schichtdicke entsprechend dem gewählten Überzugssystem und der geforderten Schutzwirkung festgelegt. Die Norm „DIN EN ISO 10683 Verbindungselemente – Nichtelektrolytisch aufgetragene Zinklamellenüberzüge“ zeigt tabellarisch auf, wie stark der Korrosionsschutz von der Schichtdicke abhängt (als Dauer der Salzsprühnebelprüfung ohne Rotrost). Diesen Zusammenhang zeigen beschichtete Prüfbleche mit verschiedenen Schichtdicken (*Bild 1* und *Bild 2*).

Diese Trockenschichten können in verschiedenen Applikationsverfahren erzeugt werden. Dabei wird das Material ähnlich wie ein Lack mit einer Verdünnung auf eine geeignete Viskosität eingestellt. Die definierte Nassschichtdicke

Dauer der Salzsprühnebelprüfung (ohne Rotrost)	Referenzschichtdicke des Überzugssystems*
> 600 h	6 µm
> 720 h	8 µm
> 960 h	10 µm

* Die Referenzschichtdicke schließt Base- und Topcoat ein – je nach Zusammensetzung des Überzugssystems
Quelle: DIN EN ISO 10683 Verbindungselemente

Tabelle 1 > Korrosionsschutz in Abhängigkeit von der Schichtdicke (Dauer der Salzsprühnebelprüfung ohne Rotrost).

wird anschließend zum Beispiel mittels Spritzapplikation oder im Tauch-Schleuder-Verfahren appliziert. Nach einem Trocknungs- beziehungsweise Einbrennprozess werden dann in definierten Zeiten die entsprechenden Trockenschichten erzeugt.

Zur Sicherstellung des Korrosionsschutzes wird die Schichtdicke begleitend zum Beschichtungsprozess gemessen. Die Anwendung der Schichtdickenmessung soll im Idealfall zuverlässig, reproduzierbar, einfach, schnell und zerstörungsfrei sein. Zudem soll das Verfahren auch auf stark gekrümmten Oberflächen wie Schrauben und auf Kanten und in Ecken einsetzbar sein.

In der Vergangenheit wurde für die Schichtdickenmessung meist die kontaktierende Messung mit dem magnet-induktiven Verfahren eingesetzt. Dabei wird eine Messsonde von Hand auf die Oberfläche der Beschichtung positioniert. Durch abstandsabhängige Änderungen im elektromagnetischen Feld kann die Schichtdicke berechnet werden. Diese Messung ist nur im getrockneten Zustand möglich. Die prozessbedingte Rauheit der Oberfläche erzeugt eine relativ hohe Streuung der Messwerte. Nicht alle Teile können mit diesem Verfahren gemessen werden. So ist zum Beispiel bei Drähten von Federn oder im Schraubgewinde ein Aufsetzen der Sonde nicht möglich.

Trockene und nasse Schichten berührungslos messen

Um diese Nachteile zu überwinden hat die Firma coatmaster ein Messverfahren basierend auf Advanced Thermal Optics entwickelt. Hierbei wird mit einer computergesteuerten Lichtquelle die Oberfläche kurzzeitig erwärmt. Der folgende dynamische Temperaturverlauf wird mit Hochgeschwindigkeits-Infrarot-Sensoren berührungslos aufgezeichnet und durch speziell entwickelte Algorithmen in die Schichtdicke umgerechnet. Dank der berührungslosen Messung kann der Beschichter direkt nach der Applikation noch auf der nassen Schicht die Schichtdicke messen und erreicht die notwendige Genauigkeit und Wiederholbarkeit, um eine Prozesssteuerung zu ermöglichen.

Die Messsysteme von coatmaster werden heute zur voll-automatisierten Schichtdickenmessung direkt in der Serienproduktion eingesetzt, unter anderem auch für die Messung von Zinklamellensystemen. Nun bietet das Unternehmen die erprobte



Bild 1 > Beschichtete Prüfbleche mit einer Schichtdicke von 9 µm: ohne Belastung (links) und nach 1200 Stunden in der Salzsprühnebelprüfung gemäß DIN EN ISO 9227-NSS (rechts).



Bild 2 > Beschichtete Prüfbleche mit einer Schichtdicke von 11 µm: ohne Belastung (links) und nach 2500 Stunden in der Salzsprühnebelprüfung gemäß DIN EN ISO 9227-NSS (rechts)

Technologie auch in Form eines Handgeräts („Flex“) an (Bild 3).

Die Vorteile der coatmaster-Technologie, nämlich die genaue und berührungslose Messung der nassen wie auch der getrockneten Schicht, unabhängig von Winkel und Abstand, gelten auch für das Handmessgerät.

Schichtdickenbestimmung in 1 Sekunde

Direkt in den Prozessablauf des Beschichtens integriert, kann sowohl die Schichtdicke des Basecoats als auch die des Topcoats kontrolliert werden. Das Messgerät wird einmal für jeden Beschichtungsstoff kalibriert, indem seine Messsignale mit Hilfe einer Schliiffuntersuchung der erzeugten Schicht abgeglichen werden. Mit der dann

produktspezifisch abgespeicherten Applikation kann prozesssicher in circa 1 Sekunde die Schichtdicke am Bauteil bestimmt werden. Wird die Schicht nass kalibriert, zeigt das Messgerät die Schichtdicke an, die sich nach dem Einbrennen einstellt.

Eine Testreihe im Tech-Center von Dörken MKS in Herdecke belegt die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messung mit dem Handmessgerät. Zur einmaligen Kalibrierung wurde hierbei ein mikroskopischer Schliff eingesetzt (Beispiel Bild 4).

Hohe Übereinstimmung mit dem Lichtmikroskop

Eine Gegenüberstellung der beiden Methoden zeigt, dass das Handmessgerät coatmaster Flex sowohl im nassen wie



Bild 3 > Handgerät für die berührungslose Schichtdicken-Messung von nassen und trockenen Beschichtungen.

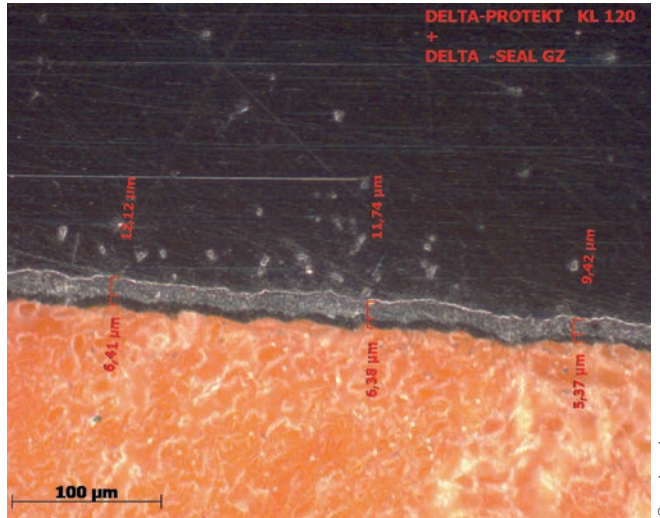


Bild 4 > Schichtdickenmessung eines Zinklamellen-Systems mit Basecoat und Topcoat mit dem Lichtmikroskop.

auch im trockenen Zustand die Schichtdicke mit hoher Übereinstimmung mit dem Lichtmikroskop misst (Bild 5). Ein weiterer Versuch zeigt mit der coatmaster-Flex-Nassschichtdickenmessung deren Abhängigkeit von der Abdunstzeit (Bild 6). Zum Beispiel erstellt man eine Kalibrierung auf Grund einer Messung 45 s nach dem Auftragen des Nassfilms. Nutzt man später diese Kalibrierung im Prozess, so hätten unter gleichbleibenden Umgebungsbedingungen die Messungen nach 45 s keine Abweichungen. Erzeugt man Messwerte bei 0 s oder 90 s nach dem Auftragen kann durch das Verdunsten eine Abweichung

von maximal 10 % entstehen. Sind also die typischen Prozesszeiten im Beschichtungsprozess bekannt, führt man daher die Kalibrierung nach der Zeit durch, nach der auch später immer geprüft werden wird, um die mögliche Präzision des Verfahrens bestmöglich zu nutzen. Die typische Streuung der Flex-Messwerte bei Messwiederholungen ist geringer als 0,3 µm. Das Handmessgerät coatmaster Flex eröffnet dem Beschichter die Möglichkeit zur Schichtdickenmessung auf den noch nassen Teilen, und damit die Chance eine Prozessabweichung frühzeitig zu erkennen und zu korrigieren, bevor die Teile eingebrannt

werden. Zudem ist mit der genauen und reproduzierbaren Messung der getrockneten Schichten eine aussagekräftige Qualitätssicherung auch auf Teilen mit komplexen Oberflächen oder aus Edelstahl möglich.

Beschichtungsprozesse schnell und einfach überwachen

Diese Vorteile haben bereits die Oberflächentechnik S. Scherdel GmbH & Co. KG – Lohnbeschichter für Zinklamellen-Systeme von Dörken MKS – dazu bewegt, ein Handmessgerät für serienbegleitende Schichtdickenmessungen und Warenausgangsprüfungen anzuschaffen. Das Gerät

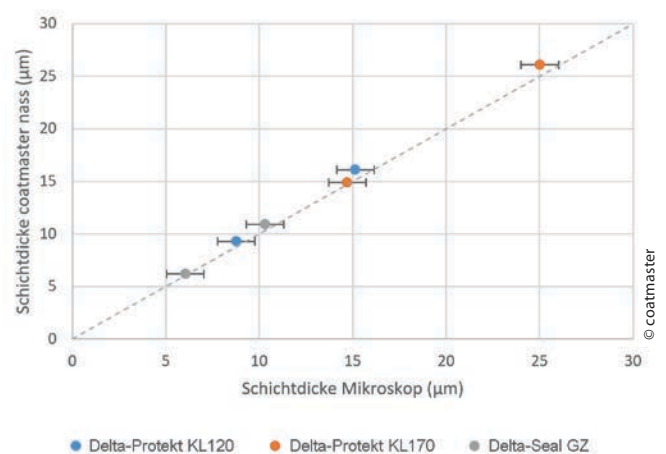
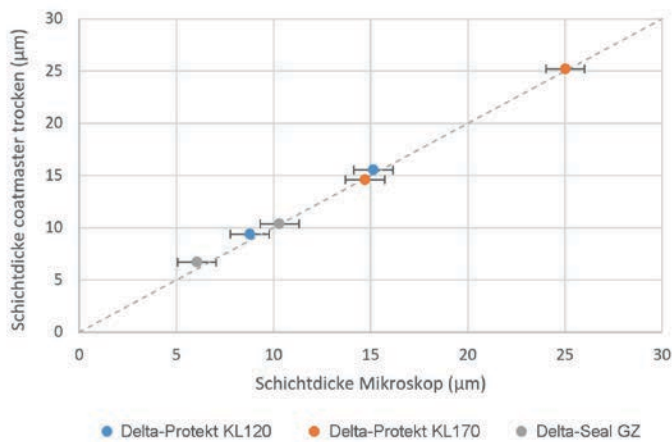


Bild 5 > Vergleich der Schichtdicken gemessen im getrockneten Zustand mit Mikroskop und coatmaster Flex (links: Flex trocken, rechts: Flex nass). Die Übereinstimmung ist in beiden Fällen hoch ($R^2 = 0.998$). Der Standardfehler der mikroskopischen Messung liegt unter 1,5 µm, derjenige der Flex-Messung unter 0,3 µm.

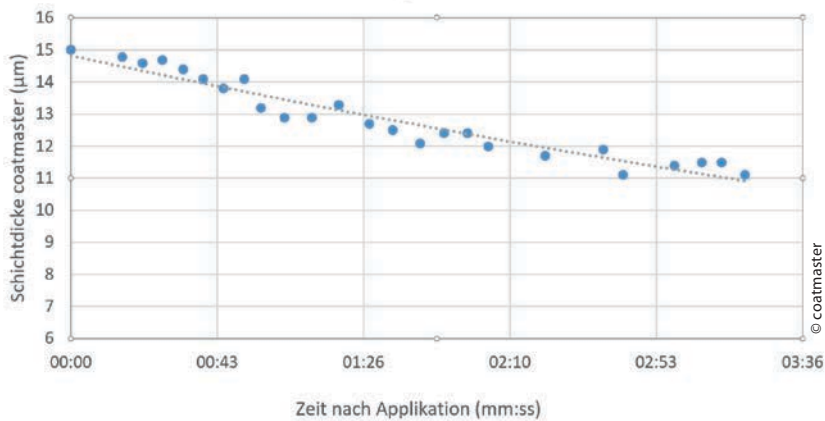


Bild 6 > Die mit dem coatmaster Flex gemessene Nassschichtdicke eines Zinklamellen Basecoats in Abhängigkeit der Zeit. Ein Schrumpf der Schicht aufgrund des Abdunstens des Lösemittels ist erkennbar. Eine genaue Prognose der Trockenschichtdicke mit einem Fehler von maximal 10 % innerhalb der ersten 90 s nach dem Auftrag wird durch eine Kalibrierung nach 45 s erreicht.

befindet sich gerade im Freigabeverfahren gegenüber Endkunden aus dem Automotive-Bereich.

Tobias Kleyer im Technology Management bei Dörken MKS: „Mit dem Flex können unsere Kunden ihre Beschichtungs-Pro-

zesse schnell und einfach überwachen. Dadurch sparen sie Ausschuss und sichern ihre Qualität. So sind auch ihre Kunden noch zufriedener.“

Das coatmaster-Verfahren wird in der Neuausgabe der *DIN ISO 2808 Bestimmung der*

Schichtdicke als normiertes Verfahren zur Schichtdickenmessung aufgenommen, was den Einsatz in der Beschichtungspraxis nochmals vereinfachen wird. //

Autoren

Andor Bariska

Mitgründer, Global Account Director
 coatmaster AG
 CH-Winterthur
 Tel. +41 52 2120277
 info@coatmaster.com
 www.coatmaster.com

Tobias Kleyer

Technology Management
 Dörken MKS-Systeme GmbH & Co. KG
 Herdecke/Ruhr
 Tel. 02330 63 243
 mks@doerken.de
 http://www.doerken-mks.de