

Definierte Schichtdicken im Automobilbau und in der automatisierten Räderbeschichtung

Die Schichtdicke nimmt im Beschichtungsprozess eine zentrale Rolle ein, da sie sowohl funktionale als auch dekorative Eigenschaften direkt beeinflusst. Hersteller geben daher Toleranzbereiche für die Schichtdicke vor, welche durch geeignete Messmittel überwacht werden muss.

Nils A. Reinke, Mario Oesterle

Die besonderen Anforderungen der Automobilindustrie an Prozessstabilität und Qualität erfordern eine hohe Wiederholgenauigkeit und die Rückführbarkeit der Schichtdickenmessung. Für die Qualifizierung des passenden Messgerätes eignen sich gängige Methoden wie die Messsystemanalyse. Diese Methoden haben gezeigt, dass mit den erhöhten Anforderungen der Industrie klassische berührende Messmittel nicht mehr für die Prozessüberwachung geeignet sind. An ihre Stelle treten Messmittel auf Basis der ATO (Advanced Thermal Optics)-Technologie. Der erste Teil des Artikels zeigt den Einsatz der ATO-Technologie anhand der manuellen Schichtdickenmessung am Beispiel der kathodischen Tauchbeschichtung an Karosserieteilen. Der zweite Teil beschreibt, wie die innovative automatisierte Räderbeschichtung durch die Schichtdickenmessung ergänzt wird.

Typischerweise basieren berührende Messgeräte auf einer abstandsabhängigen Dämpfung eines elektrischen Schwingkreises. Diese lässt sich bei flachen Substraten und glatten Schichten in eine Schichtdicke umrechnen. Eine wechselnde Materialzusammensetzung oder Krümmung des Untergrundes kann zu wesentlichen Abweichungen führen. Rauigkeit oder Welligkeit der Beschichtung haben einen negativen Einfluss auf die Wiederholgenauigkeit. Auch der Bediener hat durch die individuelle Handhabung eines kontaktierenden Messgeräts einen Einfluss auf den Messwert. In wei-

che Beschichtungen kann die Messsonde eindringen und dadurch den Messwert verfälschen. Berührende Schichtdickenmessgeräte können nur an vollständig ausgehärteten Beschichtungen eingesetzt werden und eignen sich daher nicht zur frühzeitigen Schichtdickenmessung. Sie leisten demzufolge keinen Beitrag zur Erhöhung der Prozessstabilität.

Die berührungslose Schichtdickenmessung auf Basis der ATO-Technologie basiert auf einem einfachen und robusten Funktionsprinzip. Dabei wird die Beschichtung durch einen Lichtimpuls kurzzeitig um wenige Grad Celsius erwärmt und die Laufzeit der Wärme durch die Beschichtung per Infrarotsensor ermittelt. Anschließend wird die gemessene Laufzeit in eine Schichtdicke umgerechnet. Da die Wärme stets senkrecht durch die Beschichtung läuft, ist die Schichtdickenmessung weitgehend unabhängig von der Orientierung des Messgeräts und damit vom Benutzer.

KTL-Schichten mit engen Toleranzfenstern manuell messen

Die kataphoretische Tauchbeschichtung – auch Kataphorese genannt – ist ein elektrochemischer Prozess, bei dem das Werkstück in einem Tauchbad beschichtet wird. Er eignet sich gut für die Beschichtung komplizierter Strukturen und großer Mengen. So ist die Kataphorese ein Standardverfahren zur Gewährleistung des Korrosionsschutzes von Fahrzeugkarosserien.

Viele Eigenschaften der Elektrotauchlackierung werden direkt von der Dicke der Beschichtung beeinflusst. Einerseits steigt mit zunehmender Schichtdicke die Diffusionssperre gegen korrosionsfördernde Stoffe wie Wasser und Sauerstoff an. Andererseits nimmt die mechanische Festigkeit der Beschichtung mit abnehmender Schichtdicke zu. Demzufolge gibt es ein Optimum, das im Beschichtungsprozess innerhalb möglichst kleiner Toleranzgrenzen gehalten werden muss. Um Prüfmittelfähigkeit zu erreichen, muss die Standardabweichung des verwendeten Mess-tasters kleiner als 1/40 des vorgegebenen Toleranzfensters sein. Zum Beispiel ergibt ein vorgegebenes Toleranzfenster von 4 Mikrometer eine Standardabweichung von kleiner als 0,1 Mikrometer.

Zum Vergleich einer klassischen berührenden Schichtdickenmessung und der berührungslosen Schichtdickenmessung auf Basis der ATO-Technologie, wird die Schichtdicke auf einem KTL-beschichteten quadratischen Stahlblech mit einer Kantenlänge von 100 Millimeter gemessen. Die Schichtdicke des Stahlblechs beträgt 500 Mikrometer. Im Querschliff wurde die Schichtdicke der KTL-Schicht auf 6 bis 7 Mikrometer bestimmt. *Bild 1* zeigt die Schichtdicke mit dem auf der ATO-Technologie basierenden Handmessgerät coatmaster Flex.

Es werden 25 Schichtdickenmessungen entlang einer Diagonalen über das Testblech mit dem berührenden und dem berührungslosen Schichtdickenmessgerät aufge-



Bild 1 > Schichtdickenmessung mit dem auf der ATO-Technologie basierenden Handmessgerät.

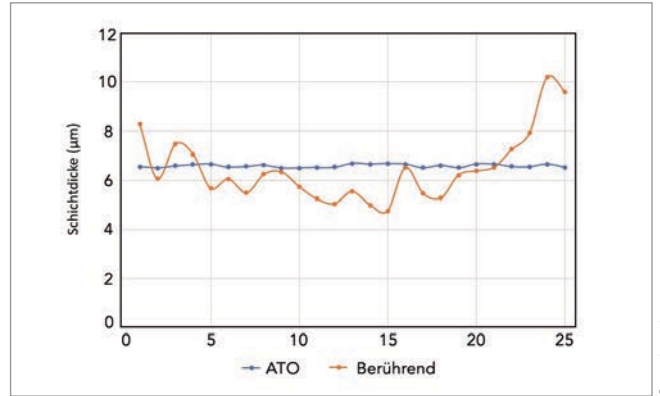


Bild 2 > Berührende (orange) und berührungslose (blau) Schichtdickenmessung entlang einer Diagonalen über das Prüfblech.

nommen. Die aufgenommenen Messwerte sind in *Bild 2* zusammengefasst.

Die ermittelte Standardabweichung für die berührende Schichtdickenmessung ergibt einen Wert von 1 Mikrometer und ist daher für die Messung von dünnen Schichten und engen Toleranzfenstern nicht geeignet. An den Rändern des Blechs zeigt die berührende Schichtdickenmessung tendenziell erhöhte Schichtdicken an. Randeffekte treten auf, wenn das elektromagnetische Feld der Magnetinduktionssonde die geometrischen Grenzen der gemessenen Probe überschreitet. Tendenziell liegt die Schichtdicke unter dem im Querschliff ermittelten Schichtdickenbereich von 6 bis 7 Mikrometer. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Schicht bei der Messung geringfügig eingedrückt wird. Die Standardabweichung der berührungslosen Schichtdickenmessung beträgt 0,1 Mikrometer. Die ermittelte mittlere Schichtdicke von 6,4 Mikrometer stimmt mit dem Querschliffbild überein. Randeffekte, wie sie bei der berührenden Schichtdickenmessung auftreten, sind mit der berührungslosen Schichtdickenmessung nicht beobachtet worden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die ATO eine geeignete Technologie zur Messung von CDC-Schichten mit engen Toleranzfenstern ist. Aufgrund der Geometrieunabhängigkeit dieser Technologie kann sie auch bei komplexen Formen – zum Beispiel bei Autokarosserien – eingesetzt werden. Weiterhin ist eine Schichtdickenmessung in Spalten und Hohlräumen möglich. Der einstellbare Messbereich erlaubt Messungen an strukturierten Blechen und Schrauben. Zudem ermöglicht die

berührungslose Technologie auch eine Schichtdickenmessung der CDC-Schicht in nassem Zustand vor der Trocknung. Abweichungen im Beschichtungsprozess können so schnell erkannt und korrigiert werden.

Hochautomatisierte Räderbeschichtung kombiniert mit bildgebender Schichtdickenmessung

Die Pulverbeschichtung von Rädern für die Automobilindustrie stellt immer höhere Anforderungen an die Produzenten. Kunden erwarten zunehmend individuelle Lösungen für immer komplexere Räder mit anspruchsvollen Radgeometrien, ein Höchstmaß an Oberflächenqualität und eine breite Farbenvielfalt. Ein wesentliches Qualitätskriterium bei der Beschichtung ist die Schichtdickenverteilung über das Rad. Zur lückenlosen Dokumentation und Qualitätssicherung muss während des Beschichtungsprozesses jederzeit ein Nachweis über die Beschichtungsqualität möglich sein. Und dies selbstverständlich alles unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Kostenoptimierung, um Stückkosten zu senken und hochgesteckte Produktivitätsziele zu erreichen.

Die J. Wagner GmbH hat eine hochautomatisierte Lösung zur Räderbeschichtung entwickelt. Die Kombination mit der bildgebenden Schichtdickenmessung auf Basis der ATO-Technologie der coatmaster AG bietet dem Anwender weitere Vorteile. Diese Messung (*Bild 3*) dauert weniger als 500 Millisekunden und bestimmt auf einem Raddurchmesser von bis zu 24 Zoll die Schichtdicke mit einer örtlichen Auflösung von 2 Millimeter bei einer sehr hohen

Wiederholgenauigkeit. Durch die Winkelunabhängigkeit ist eine Messung in Hinterschneidungen möglich. Die gemessene Schichtdickenverteilung lässt sich in Kreisringe unterteilen und einzelnen Pistolen zuordnen. Diese lassen sich für ein optimales Beschichtungsergebnis gezielt einstellen. Beide Systeme sind in der Informations- und Management Plattform Coatify von Wagner abbildbar. Coatify ist eine webbasierte Internet-of-Things-Plattform, mit der sich Beschichtungsanlagen und die Schichtdickenmessung intelligent visualisieren lassen (*Bild 4*). Damit lässt sich die Transparenz und Prozesssicherheit in der industriellen Beschichtung erhöhen, sowie die Anlagenverfügbarkeit und Produktivität steigern. So ist der Betreiber in engem Kontakt mit seinen Beschichtungssystemen und stets über den aktuellen Anlagenstatus informiert.

Das C-Line Pulverbeschichtungssystem von Wagner wurde speziell für die Räderbeschichtung in der Automobilindustrie entwickelt. Im Fokus stand unter anderem eine besonders geringe Grundfläche zur einfachen Integration in bestehende Produktionsanlagen. Die Systemlösung, die kontinuierlich weiterentwickelt und an Kundenbedürfnisse angepasst wird, zeichnet sich durch eine kompakte Bauweise mit einer Kabinenlänge von 2 Metern aus – das ist etwa ein Drittel des Platzes einer vergleichbaren auf dem Markt bekannten Lösung. Ergänzt wird die Beschichtungskabine durch Filter, Zyklon und Rohrsysteme. Das Konzept spart nicht nur Platz, sondern auch typischerweise 50 Prozent Energie gegenüber konventionellen Beschichtungssystemen.

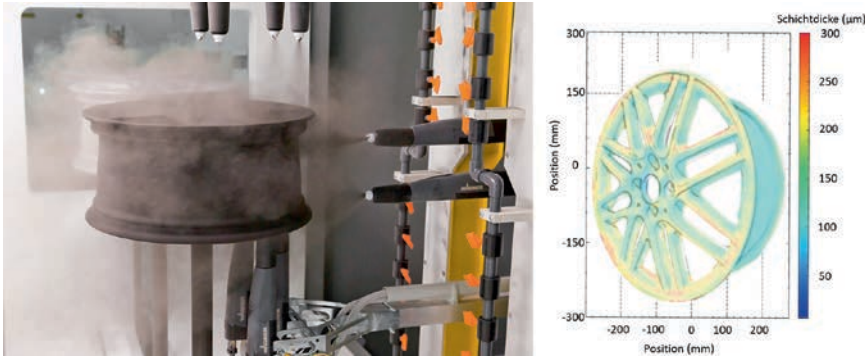


Bild 3 > Beschichtung und bildgebende Schichtdickenmessung an einem Rad.

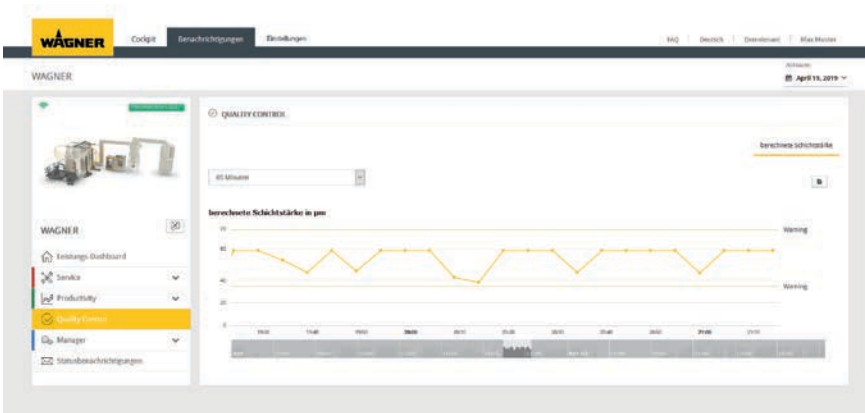


Bild 4 > Die Visualisierung zeigt Informationen zum aktuellen Produktions- und Qualitätsstatus. Systemmeldungen oder Warnungen weisen auf notwendige Systemanpassungen hin.



Bild 5 > Per Touchscreen erfolgt die Konfiguration und Steuerung des speziell für die Räderbeschichtung entwickelten Pulverbeschichtungssystems.

Das coatmaster Messsystem – bei Wagner als Layer Check geführt – ist die Ergänzung zu dieser Lösung. Es bietet neben der Schichtdickenmessung zusätzlich eine laufende Dokumentation der Beschichtungsqualität. Dies ermöglicht eine lückenlose

Prozessdokumentation, die im Automotive-Bereich ein wichtiges Instrument zur Qualitätssicherung darstellt. So können Abweichungen von vorher definierten Grenzwerten frühzeitig erkannt und die Schichtdicke – falls nötig – entsprechend

nachjustiert werden. Nachbesserungen sind somit noch vor dem Einbrennen des pulverbeschichteten Rades möglich.

Intuitiv und benutzerfreundlich gestaltet sich die Steuerung der C-Line: Die Eingabe der Parameter erfolgt rein visuell, indem den Pistolen ihre Position per visuellem Teach-in-Verfahren zugewiesen wird (Bild 5). Einzelne Jobs können schnell eingerichtet und gewechselt werden. Die coatmaster Sensorik erkennt dabei, ob die Schichtdicke für das gewünschte Qualitätsergebnis korrekt eingestellt ist. Überbeschichtung wird verhindert, was zu Materialeinsparungen führen kann. Zudem lässt sich bei neuen Pulvermaterialien oder Radgeometrien die Parametrierungszeit, das heißt die Dauer für die Einstellung der Anlagenparameter, deutlich verkürzen.

Die moderne Applikationstechnologie der C-Line in Kombination mit dem coatmaster sorgt auch bei komplexen Radgeometrien für einen hohen Auftragswirkungsgrad und gleichmäßige Schichtdicken. Während des Beschichtungsvorgangs bewegt das 3D-Achsen-System alle Pulverpistolen zeitgleich mit dem Rad durch die Kabine. Die Pistolen sind vis-à-vis angeordnet, um den Effekt der „stehenden Wolke“ bestmöglich auszunutzen. So wird auch bei hohen Fördergeschwindigkeiten eine breite und stabile Pulverwolke erzeugt, was zu hervorragenden Beschichtungsergebnissen führen soll.

Die steigenden Kundenansprüche an die Beschichtung von Rädern im Automotive-Bereich erfordern zukunftsfähige Lösungen, die einfach zu bedienen sind und zuverlässig Oberflächen mit konstant hoher Qualität liefern. Das Zusammenspiel zweier Technologieführer mit der Wagner C-Line und dem coatmaster Messsystem bietet dem Anwender einen hohen Automatisierungsgrad und reproduzierbare Ergebnisse, die diesen Anforderungen gerecht werden. //

Autoren

Prof. Dr. Nils A. Reinke, Co-CEO
coatmaster AG, Winterthur (Schweiz)
info@coatmaster.com
www.coatmaster.com

Mario Oesterle
Senior Product Manager, Industrial Solutions
J. Wagner GmbH, Markdorf
mario.oesterle@wagner-group.com
www.wagner-group.com