



< Funktionelle Beschichtungen, die mitunter nur wenige Nanometer stark sind, müssen homogen und vollständig sein. ANALIZEsingle misst Schichtdicke, Elementzusammensetzung und -verteilung während des Beschichtungsprozesses.

## GRUPPE OPTISCHE OBERFLÄCHENANALYTIK

# Dünne Beschichtungen in der Fertigung prüfen

Industriell hergestellte Bauteile werden häufig mit funktionellen Beschichtungen als Korrosionsschutz, Veredelung oder Haftvermittler versehen. Für den späteren Einsatz der Komponenten in Hightech-Produkten müssen die Beschichtungen hohe Qualitätsanforderungen erfüllen. Das optische Messsystem ANALIZEsingle misst erstmals Vollständigkeit, Schichtdicke und Elementverteilung von Beschichtungen während der Produktion.

Wer einmal einen Fensterrahmen lackiert hat, weiß um die Schwierigkeit, eine makellose Schicht auf eine Fläche auszubringen. Ungleich komplizierter ist es, Beschichtungen mit Stärken bis hinunter in den Bereich von wenigen Nanometern auf komplex geformte Bauteile aufzubringen. Verschiedenste Verfahren wie Sputtern, Galvanotechniken oder Fällungsreaktionen mit Sprüh- oder Tauchbeschichtung kommen dabei zum Einsatz. Fehler beim Beschichtungsprozess sind hier kein ästhetisches Problem: Unvollständige oder inhomogene Schichten können Funktion und Qualität des späteren Gesamtprodukts beeinträchtigen. Dies leuchtet unmittelbar ein, denkt man etwa an defekte Korrosionsschutzschichten oder unvollständig aufgetragene Haftvermittler, die dafür sorgen, dass Lackschichten dauerhaft auf Autokarosserien haften. Aber auch bei beschichteten Elektronikbauteilen, wo hauchdünne Kupferschichten zur Wärmeableitung oder Kontaktierung genutzt werden, können minderwertige Beschichtungen zum Ausfall des Bauteils führen.

Da ein homogener Schichtauftrag nicht immer zuverlässig erreicht wird, ist zur Prozesskontrolle und Qualitätssicherung eine permanente Messung der Schichtdicke von

großem Vorteil. Bekannte Verfahren zur Bestimmung der Elementzusammensetzung wie etwa Röntgenfluoreszenz (XRF), Energiedispersive Röntgenspektroskopie (EDX), Glimmentladungsspektroskopie (GDOES), Sekundärionen-Massenspektrometrie (SIMS) oder Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) sind nicht für den Einsatz im Produktionsprozess geeignet und haben zudem Einschränkungen, was die detektierbaren Elemente betrifft. Lediglich Röntgenfluoreszenz taugt für den Einsatz in der Fertigungslinie. Sehr dünne Schichten, zum Beispiel nur wenige Nanometer dicke Korrosionsschutzschichten, können damit allerdings in der Fertigungslinie nicht detektiert werden.

### Materialplasma gibt Aufschluss über Elementzusammensetzung, Elementverteilung und Schichtdicke

Das Schichtdickenmesssystem ANALIZEsingle ermöglicht es erstmals, die chemische Elementverteilung von Bauteiloberflächen orts aufgelöst während der Produktion zu messen. Aus der Elementverteilung wird die Dicke nanometerstarker Beschichtungen mit einer Genauigkeit von  $\pm 10$  Prozent bestimmt. Um die Schichtdicke am jeweiligen Messpunkt zu bestimmen, wird eine spezielle Form der

### LASERINDUZIERTE PLASMASPEKTROSKOPIE (LASER INDUCED BREAKDOWN SPECTROSCOPY, LIBS):

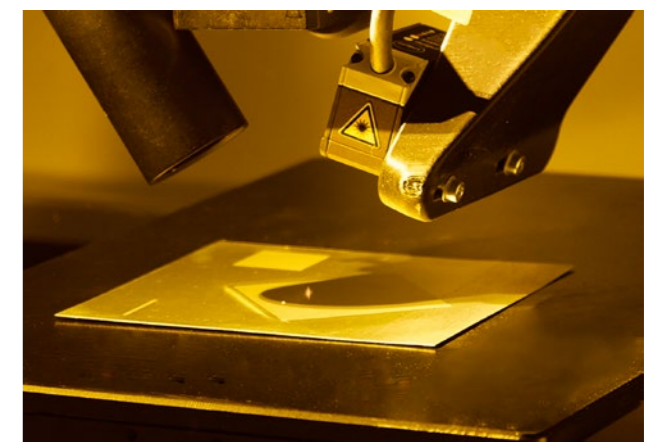
Ein Kurzpuls-Laser schlägt wenige Kubikmikrometer Material aus einer Oberfläche heraus. Dieses Material bildet ein Gemisch geladener Teilchen, ein sogenanntes Plasma, das ähnlich einem Funken ein materialspezifisches Lichtspektrum emittiert. Anhand der spektralen Analyse der emittierten Strahlung lässt sich die Elementverteilung des abgetragenen Volumens bestimmen. Der winzige Materialabtrag ist für die allermeisten Anwendungen unkritisch. In Ausnahmefällen, etwa bei der Beschichtung sehr glatter Oberflächen, besteht die Möglichkeit, an unkritischen Stellen – z. B. an Schneidkanten – zu messen.

laserinduzierten Plasmaspektroskopie verwendet: Es reicht ein einziger Laserpuls, der sowohl Beschichtungsmaterial als auch Material aus der Bauteiloberfläche abträgt. Die jeweils für das Beschichtungs- und das Bauteilmaterial charakteristischen Bereiche des Emissionsspektrums werden miteinander verglichen. Auf dieser Basis lässt sich die Schichtdicke ermitteln. Gleichzeitig gibt das Spektrum Aufschluss über das Mischungsverhältnis der Beschichtungskomponenten, sodass die Homogenität der Zusammensetzung der Schichten geprüft werden kann. Die Auswertung des Spektrums erfolgt unmittelbar nach der Messung, sodass die Parameter des Beschichtungsprozesses aufgrund dieser Daten nicht nur kontrolliert, sondern auch schnell nachgeregelt werden können.

### Schichtdicke innerhalb von einer Sekunde bestimmen

In der Linie wird ANALIZEsingle so positioniert, dass das Blech am Messfleck um eine Umlenkrolle läuft. Für eine flächige Messung soll der Messkopf so weiterentwickelt werden, dass er über die gesamte Breite des Bandes bewegt werden kann. Die Anzahl der Messpunkte pro Fläche ergibt sich beim Inline-System aus der Wiederholrate des Lasers von bis zu 100 Pulsen pro Sekunde und der Vorschubgeschwindigkeit des Bandes in der Größenordnung von wenigen Metern pro Sekunde. Bei einer Geschwindigkeit von zwei Metern pro Sekunde sind 50 Messpunkte pro

Meter möglich. Da kleinräumige Unterschiede in der Beschichtungsdicke nicht immer eine Rolle spielen, kann eine Mittelung über einige Messpunkte ausgeführt werden. Damit ist die Bestimmung der Schichtdicke trotzdem innerhalb weniger als einer Sekunde abgeschlossen. Die Messdaten werden automatisiert gespeichert und können sowohl als Regelungsparameter ausgegeben als auch im Sinne einer Industrie 4.0-Datenerfassung für prozessübergreifende Optimierungen genutzt werden.



Ein kontrollierter Materialabtrag durch den Laserpuls ist Voraussetzung für eine hohe Wiederholgenauigkeit. Eingesetzt werden Kurzpuls-Laser mit hoher Puls-zu-Puls-Stabilität.