Oversprayfreies Beschichten: Präzision trifft Effizienz

Einführung

Die industrielle Lackiertechnik entwickelt sich stetig weiter, um Anforderungen an Ressourcenschonung, Flexibilität und Prozessstabilität besser erfüllen zu können. In diesem Kontext gewinnt die oversprayfreie Beschichtung zunehmend an Bedeutung. Ziel dieser Technologie ist es, Lackmaterial gezielt und ohne nennenswerte Verluste aufzutragen. Dieses Whitepaper beleuchtet die Grundlagen, Herausforderungen und Perspektiven der oversprayfreien Lackierung und stellt aktuelle Entwicklungen und Anwendungen vor.

1. Ausgangslage: Grenzen klassischer Beschichtungsverfahren

Konventionelle Zerstäubungsverfahren erzeugen einen feinen Lacknebel, der zwangsläufig zu Overspray führt. Neben erhöhtem Materialverbrauch entstehen dadurch zusätzliche Aufwände für Maskierung, Reinigung und Nachbearbeitung. Die oversprayfreie Lackierung adressiert diese Problematik, indem sie den Lack gezielt in Form einzelner Tropfen oder als gerichteten Strahl auf die Oberfläche appliziert. Damit lassen sich sowohl die Effizienz steigern als auch die Umweltbelastung reduzieren.

2. Technologien und Prinzipien der oversprayfreien Beschichtung

Verschiedene Verfahren stehen zur Verfügung, um Overspray zu vermeiden. Dazu zählen Jet-Valve-Systeme auf Magnet- oder Piezobasis, Drop-on-Demand-Inkjet-Technologien für niedrig- bis hochviskose Fluide sowie Freistrahlanwendungen. Allen Ansätzen gemeinsam ist die präzise Steuerung der Lackapplikation, die eine exakte Tropfenbildung und Tropfenplatzierung ermöglicht. Der Erfolg dieser Verfahren hängt maßgeblich von der Abstimmung zwischen Materialeigenschaften und Prozessparametern ab.

3. Anforderungen an Lackmaterial und Applikationstechnik

Eine oversprayfreie Beschichtung erfordert angepasste Lackformulierungen und eine auf das Material abgestimmte Applikationstechnik. Wichtige Kriterien sind eine geeignete Rheologie mit kontrollierter Scher- und Dehnviskosität, ein stabiles Start-Stopp-Verhalten sowie ein gutes Benetzungsverhalten auf der Substratoberfläche. Gleichzeitig müssen die Applikationssysteme eine hohe Positionsgenauigkeit bieten, Tropfen zuverlässig und ohne Satellitenbildung absetzen und flexibel auf unterschiedliche Substratgeometrien reagieren können.

4. Prozessoptimierung und Stabilität

Die Stabilität des Beschichtungsprozesses ist ein zentraler Erfolgsfaktor. Einflussgrößen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Antrocknungsverhalten des Lacks sowie mechanische Einflüsse wie Vibrationen oder Roboterdynamik müssen berücksichtigt werden. Am Fraunhofer IPA werden hierfür numerische Simulationen und Hochgeschwindigkeitsaufnahmen eingesetzt, um das Verhalten der Tropfenbildung detailliert zu analysieren. Auf Basis dieser

Erkenntnisse können Prozessfenster definiert und Applikationsparameter gezielt optimiert werden.

Eine kurze Übersicht der wesentlichen Einflussfaktoren:
– Materialeigenschaften (z. B. Viskosität, Oberflächenspannung)
– Applikationsparameter (z. B. Düsendurchmesser, Tropfengeschwindigkeit)
– Umgebungsbedingungen (z. B. Luftfeuchtigkeit, Temperatur)
– Mechanische Einflüsse (z. B. Robotervibration, Pfadplanung)

5. Perspektiven durch Digitalisierung und KI

Ein wichtiger Schritt in Richtung Prozesssicherheit und Effizienz ist die Echtzeitüberwachung der Applikation mittels bildgebender Verfahren und KI-basierter Regelungssysteme. Im Projekt „OptoPaint“ wird ein System entwickelt, das Tropfenbildung, Tropfenform und Aufprallcharakteristik live analysiert und Prozessparameter automatisch anpasst. Ziel ist es, Schwankungen im Material- oder Prozessverhalten frühzeitig zu erkennen und in Echtzeit zu kompensieren.

6. Fazit: Potenziale der oversprayfreien Beschichtung

Die oversprayfreie Lackierung bietet Unternehmen die Möglichkeit, Lackmaterial gezielt und ressourceneffizient einzusetzen, Produktionsprozesse flexibler zu gestalten und die Qualität der Endprodukte zu verbessern. Voraussetzung ist eine enge Verzahnung von Materialentwicklung, Applikationstechnik und Prozessüberwachung. Die aktuellen Forschungsergebnisse und Laboranwendungen am Fraunhofer IPA zeigen, dass die Technologie bereits heute in der Lage ist, die Anforderungen moderner industrieller Lackierprozesse zu erfüllen und zukünftige Entwicklungen nachhaltig zu prägen.