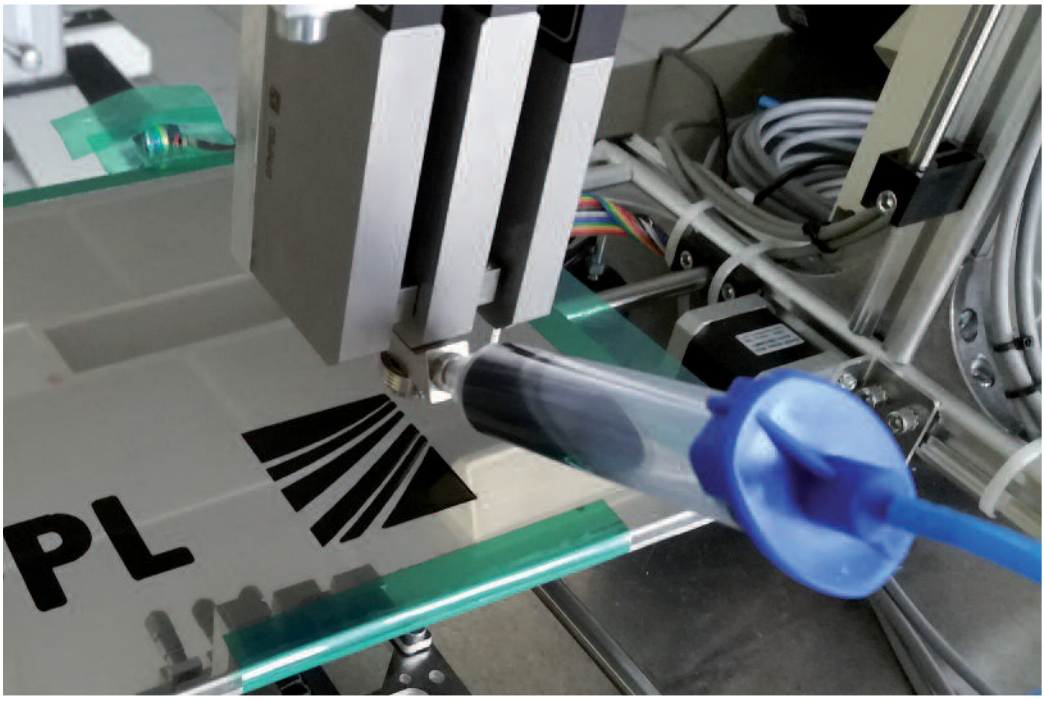
Digital Painting

Von Thomas Hess

Selektive Beschichtungstechnologien zur Umsetzung im industriellen Umfeld gewinnen zunehmend an Bedeutung. Das Fraunhofer IPA forscht intensiv an Lösungen für neuartige oversprayfreie Beschichtungskonzepte.

Die Individualisierung von Massenprodukten und die Entwicklung von ressourceneffizienten Fertigungstechnologien sind zwei Topthemen, die die Lackierwelt bewegen. Bei Letzterem steht die Vermeidung von Lackoverspray im Vordergrund. Dabei sollen der Energiebedarf bei zerstäubenden Beschichtungsprozessen vermindert und der Verbrauch von Produktionsmaterialien verbessert werden. In der sogenannten Mass Personalization gewinnt ein hoher Individualisierungsgrad bei der Fahrzeugbeschichtung durch Mehrfarbenveredelung immer mehr an Bedeutung. Auch hier sind aktuell aufwendige Prozesse notwendig, beispielsweise für in Kontrastfarben lackierte Dächer oder individualisierte Oberflächendesigns im Fahrzeuginterieur. Die selektive Beschichtung durch spezielle Drop-on-Demand-Verfahren, kurz Digital Painting, besitzt das Potenzial, diese Herausforderungen zu meistern und damit den Anforderungen des Markts und der Hersteller gerecht zu werden.



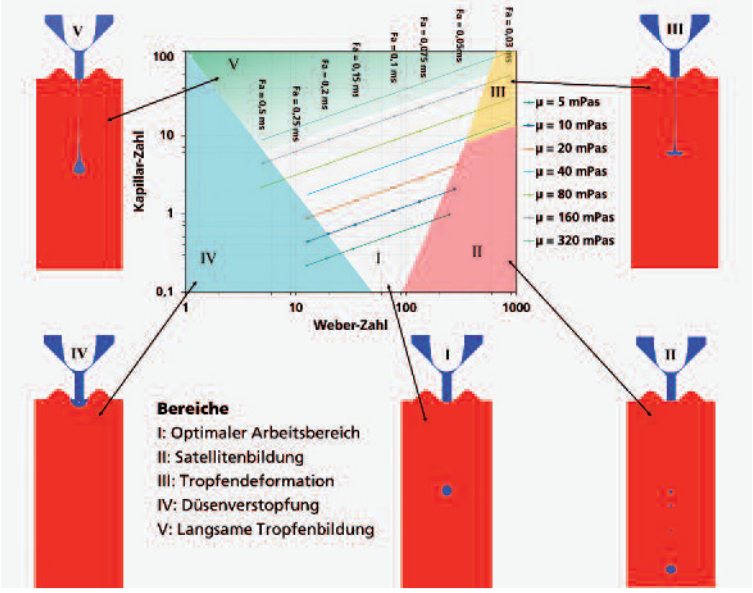
Selektiv lackiertes Fraunhofer-Logo mit dem Digital-Painting-Verfahren.

Durch Mikrodosierverfahren maskierungsfrei und randscharf ohne Overspray beschichten

Beim Digital Painting werden gezielt einzelne Lacktropfen erzeugt, ähnlich einem Tintenstrahldrucker, die dann auf das zu beschichtende Bauteil geschossen werden und durch die geschickte Überlagerung sich zu Linien und ganzen Flächen zusammensetzen lassen. Dank des Drop-on-Demand-Ansatzes ist es möglich, völlig maskierungsfrei und randscharf zu beschichten, ohne dass dabei Overspray erzeugt wird. Jeder einzelne Tropfen trägt zum finalen Beschichtungsergebnis bei. Abkleben und aufwendige Anlagenreinigung kann somit vollständig entfallen. Darüber hinaus ermöglicht dieser flexible Beschichtungsansatz mannigfaltige Möglichkeiten verschiedenste Designs und Dekore umzusetzen. Im Druckbereich hat sich das Inkjet-Verfahren als Drop-on-Demand-Technologie bewährt. Allerdings unterliegt die digitale Drucktechnik sehr starker Begrenzung in den Eigenschaften der Beschichtungsmaterialien (Viskosität, Pigmente), sodass für viele Anwendungen die notwendigen Schichtdicken und Lackeigenschaften wie Beständigkeit und Lackhaftung nicht erreichbar sind. Aus diesem Grund gehen die Forscher des Fraunhofer IPA einen anderen Weg und nutzen ein spezielles Mikrodosierverfahren, das im Stande ist, typische am Markt eingesetzte Lackformulierungen verarbeiten zu können. Das Funktionsprinzip des Applikators kann als zeitgesteuertes Ventil beschrieben werden, das mit einem Stößel geöffnet und geschlossen wird. Durch die exakte Steuerung der Öffnungs- und Schließmomente können Farbtropfen mit einem Durchmesser von 300 bis 800 Mikron reproduzierbar erzeugt werden.

Tropfenbildung und Lackfilmverlauf durch Numerische Simulation verstehen

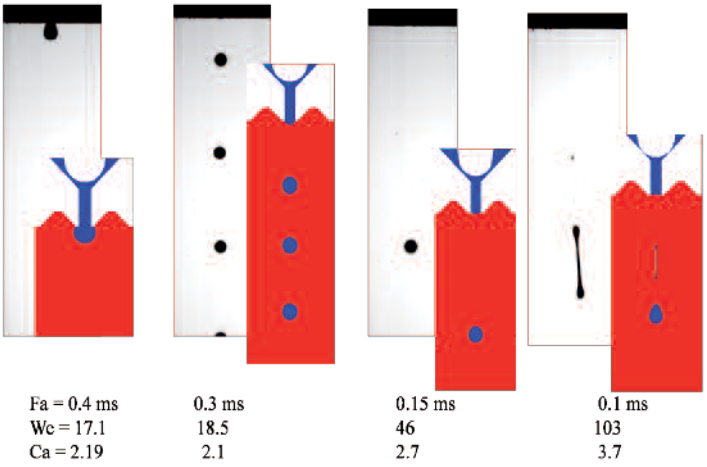
Um diese Technologie zukünftig in der Industrie nützen zu können, ist es notwendig, die Wirkbeziehungen zwischen Applikationstechnik, Lackmaterial und Endbeschichtung noch detaillierter zu verstehen. Neben empirischen Versuchen ist die numerische Simulation ein wichtiges Handwerkzeug, um Vorgänge in der Tropfenentstehung und im späteren Lackfilmverlauf sichtbar zu machen. Im vorliegenden Beispiel wurde die Tropfenbildung durch Strömungssimulation (Computational-Fluid-Dynamics-, kurz CFD-Simulation) genauer untersucht. Wichtige Einflussparameter sind hierbei der Düsendurchmesser, der Einlassdruck, die Stößelbewegung und die Materialeigenschaften des Lacks, sprich das Fließverhalten und die Oberflächenspannung. Bei der vorliegenden Untersuchung wurde eine parametrische Studie durchgeführt, bei der die Viskosität sowie die Schließgeschwindigkeit des Ventilstößels schrittweise variiert wurden. Wichtig für die Simulation ist es, ein geeignetes mathematisches Modell zu entwickeln, das bestmöglich die Fließeigenschaften des Lacks und die Prozessbedingungen der Applikationsmethode wiedergibt.



Tropfenbildungsphänomene in Abhängigkeit der Viskosität und der Ventilschließgeschwindigkeit ermittelt auf Basis einer fluiddynamischen Simulation eines Drop-on-Demand-Mikrodosierventils.

Tropfenbildung

Für jede Parametervariation wurde jeweils eine Simulation erstellt und das damit verbundene Tropfenbild im Anschluss ausgewertet. Die Tropfenformen wurden mit den dimensionslosen Kennzahlen (Kapillar- und Weber-Zahl) korreliert und ein darauf aufbauendes phänomenologisches Diagramm erstellt. Bei der Auswertung konnten insgesamt fünf generelle Prozessregime (I-V) der Tropfenbildung ermittelt werden. Innerhalb des Bereichs I erhält man optimale runde Tropfen, während im Bereich II relative lange Tropfenfilamente gebildet werden, die im Anschluss aufgrund der Oberflächenspannung in kleinere Sekundärtropfen, sogenannte Satelliten, zerfallen. Im Bereichen IV und V ist die Kinetik des ausfließenden Lackmaterials zu niedrig, was den Tropfenabriss erschwert und zu Verstopfungen an der Düsenöffnung führt.



Validierung der Simulationsergebnisse anhand realer Tropfen (Hochgeschwindigkeitskameraaufnahme).

Validierung

Um die Qualität des Simulationsmodells zu bewerten, werden diesem praktische Versuche für eine Validierung gegenübergestellt. Wie man anhand der Ergebnisse eindrucksvoll erkennen kann, spielt die Verarbeitungsbedingung in Verbindung mit den jeweiligen Lackmaterialeigenschaften eine zentrale Rolle.

Auswertemethodik erlaubt Prognosen über Tropfenerzeugung

Dank dieser speziellen Auswertemethodik können die Forscher des Fraunhofer IPA bereits im Vorfeld wichtige Prognosen machen, ob eine stabile Tropfenerzeugung mit einem bestimmten Lackmaterial möglich ist oder nicht. Für die Entwicklung der Digital-Painting-Technologie ist die CFD-Simulation daher ein unverzichtbares Instrument und ein wichtiger Baustein, diesen neuartigen Beschichtungsprozess zur Serienreife zu führen. ■

Kontakt
Thomas Hess
Telefon +49 711 970 1205 | thomas.hess@ipa.fraunhofer.de

Weitere Informationen
Den Beitrag »Digital Painting« finden Sie unter:
www.expertennetzwerk-besserlackieren.de

Das Expertennetzwerk

Die interaktive Online-Plattform für die industrielle Lackiertechnik

Expertise finden und Wissen teilen – das ermöglicht das Expertennetzwerk seit dem 18. Juni 2019. Datenbank und Forum, Archiv und interaktive Plattform stellen das Fachwissen der industriellen Lackiertechnik den angemeldeten Anwendern kostenlos zur Verfügung. Nach Registrierung bzw. Anmeldung über den Login-Button ersparen sich Inhouse- und Lohnbeschichter aufwendige Themensuchen im Internet.

Als Ideengeber und Initiator des Expertennetzwerks hat ein »Besser Lackieren«-Expertenteam die Inhalte zusammen mit dem Fraunhofer IPA und über 40 weiteren ausgewiesenen Experten der Industriebeschichtung geprüft und erstellt. Das Netzwerk ist in die Bereiche Expertenwissen, Forum und Video gegliedert. Somit enthält das Expertennetzwerk Informationen von Lackiergrundlagen bis zu den neuesten Forschungen und bietet darüber hinaus die Möglichkeit des Austauschs untereinander und mit den Experten.

Zum Netzwerken: www.expertennetzwerk-besserlackieren.de

Ihre Experten aus dem Fraunhofer IPA

Dr. Oliver Tiedje
Gruppenleiter Nassapplikations- und Simulationstechnik in der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik
Telefon +49 711 970-1773
oliver.tiedje@ipa.fraunhofer.de

Dirk Michels
Fachthemenleiter Lackierprozessentwicklung in der Abteilung Beschichtungssystem- und Lackiertechnik
Telefon +49 711 970-3733
dirk.michels@ipa.fraunhofer.de

Kontakt
Dr. Astrid Günther | Telefon +49 511 9910-323 | astrid.guenther@vincentz.net
Besser Lackieren Expertennetzwerk | Vincentz Network GmbH & Co.KG | Plathnerstr. 4c | 30175 Hannover