

WERKSTOFFE UND VERFAHREN

IMPEDANZANALYSE FÜR DIE MATERIAL-DIAGNOSTIK

Jun.-Prof. Henning Heuer, Dipl.-Ing. Iryna Patsora, M. Sc. Susanne Hillmann, Dipl.-Ing. (BA) Martin Schulze, Dipl.-Ing. (FH) Matthias Pooch

Impedanzanalytische Verfahren

Verfahren der Impedanzanalyse zeichnen sich durch ihre Vielseitigkeit und einfache Handhabbarkeit aus. Die Impedanz ist ein materialspezifischer Parameter, der den Widerstand eines Materials gegen die Ausbreitung einer elektromagnetischen oder mechanischen Welle beschreibt. Im ersten Fall spricht man von der elektrischen, im zweiten Fall von der akustischen Impedanz. Beide Verfahren können eingesetzt werden, um komplexe Materialparameter, wie Dichte, E-Modul, Abweichung der stofflichen Zusammensetzung, Feuchte oder Polymerisation zu bewerten.

Elektrische Impedanzanalyse

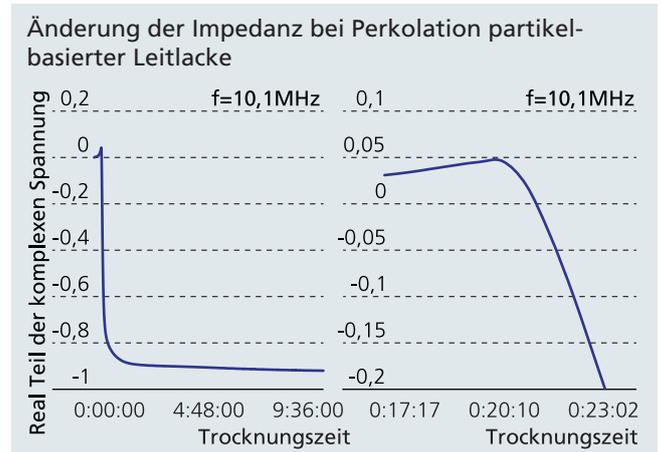
Die elektrische Impedanzanalyse kann sowohl mittels direkter elektrischer Kontaktierung eines Materials als auch mittels kapazitiver oder induktiver Einkopplung durchgeführt werden. Direktkontaktierende Verfahren sind meist an den Laborbetrieb gebunden und bei Festkörpern anwendbar. Für Flüssigkeiten, Pasten oder grüne Keramik kommen kapazitive bzw. induktive Verfahren zum Einsatz. Speziell die induktiven Verfahren im Radiowellen-Frequenzbereich ermöglichen eine Feldfokussierung. Damit erlauben sie sehr empfindliche, kontaktfrei arbeitende Sensoren mit einer, im Vergleich zu kapazitiven Sensoren, höheren Ortsauflösung.

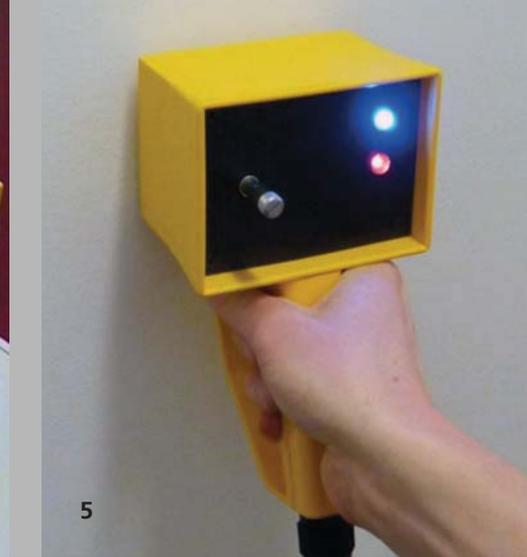
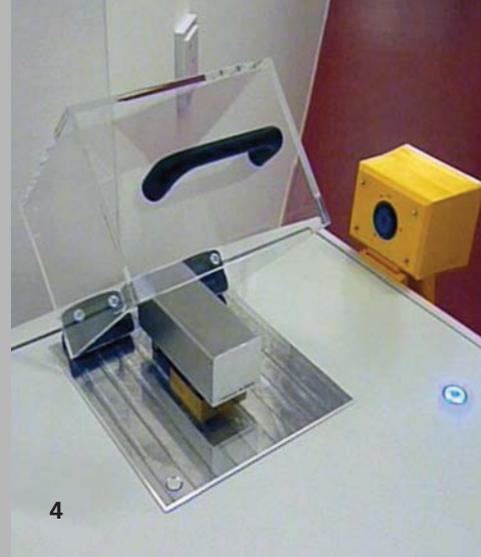
Grundlage des Verfahrens ist ein elektromagnetisches Wechselfeld, das über eine Induktionsspule in ein Objekt eingekoppelt wird. Bei elektrisch leitfähigen Objekten wird damit ein Wirbelstromfluss im Material angeregt. Für die Materialdiagnose wird die elektrische Impedanz der Messspule ausgewertet. Dielektrische Materialien können untersucht werden, da Verschiebeströme und Polarisierungseffekte das Feld und damit die Impedanz der Messspule beeinflussen.

Das Verfahren wird z. B. zur Bewertung des Trocknungsverhaltens von elektrisch leitfähigen Lacksystemen eingesetzt, die zukünftig als Blitzschutz im Flugzeugbau Anwendung finden können. Hierbei wird die Flugzeugoberfläche mit Lacken beschichtet, die mit elektrisch leitfähigen Partikeln versetzt sind.

Ziel des Verfahrens ist die Prognose der nach der Trocknung zu erwartenden Leitfähigkeit im noch nassen Zustand, also unmittelbar nach der Lackierung. Damit kann der Lack im Fall einer fehlerhaften Schichtdicke oder abweichenden Partikelkonzentration im nassen Zustand nachgearbeitet oder entfernt werden. Bisher ist die Prüfung des Beschichtungsergebnisses erst möglich, wenn der Lack getrocknet ist. Das kann sehr teuer werden, wenn der Lack bei einer Fehlbeschichtung auf der gesamten Flugzeugoberfläche mechanisch entfernt werden muss.

Der induktive Impedanz-Analysator »EddyCus® Wet« vom Fraunhofer IKTS ermöglicht die Bestimmung des Perkolationsverhaltens der Schicht über eine kontaktfreie Impedanzmessung sofort nach der Schichtabscheidung. Da die Partikel unmittelbar nach der Beschichtung noch nicht miteinander





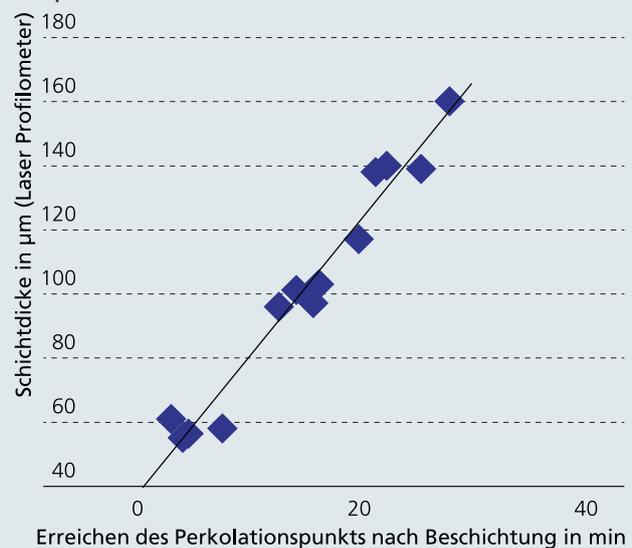
WERKSTOFFE UND VERFAHREN

verbunden sind, hat die Schicht dielektrische Eigenschaften. Bei der Trocknung setzt die Perkolation ein, d. h. die Partikel-dichte erhöht sich. Kurz vor Erreichen des Perkulationspunkts dominieren kapazitive Effekte zwischen den dicht benachbarten Partikeln. Nach erfolgter Perkolation ist die Schicht elektrisch leitfähig aber noch feucht. Der Zeitpunkt des Perkulationspunkts kann aus der Impedanzmessung sehr gut bestimmt werden und korreliert mit der zukünftigen Schichtdicke im trockenen Zustand. Die Partikelkonzentration und damit die Schichtleitfähigkeit im trockenen Zustand kann aus der Amplitude im Perkulationspunkt vorhergesagt werden.

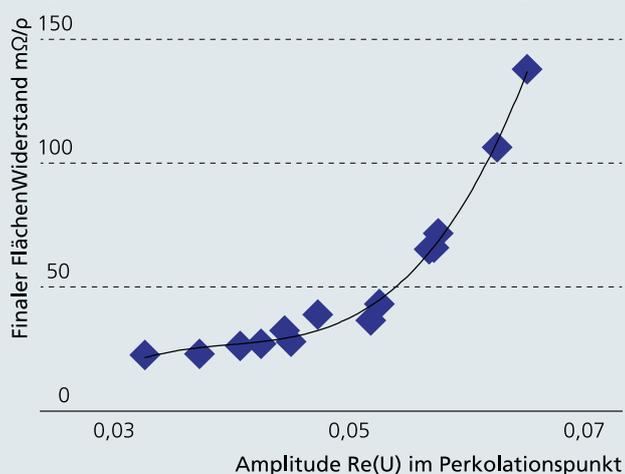
Über eine Kalibrierung des Messsystems kann zudem aus dem Perkulationspunkt auf die zukünftige Schichtdicke und Schichtleitfähigkeit geschlossen werden.

Der entwickelte Prototyp »EddyCus® Wet« verfügt über einen stationären und einen mobilen Sensor. Der stationäre Sensor dient der Referenzierung, der mobile Sensor kann am Objekt, z. B. auf einem Gerüst über Kopf am Flugzeug, angewendet werden.

Prognose der Schichtdicke aus dem Perkulationszeitpunkt



Prognose des Flächenwiderstands aus der Amplitude



- 1 Einordnung von Radiowellenverfahren.
- 2 »EddyCus® Wet« – Konstruktions-system.
- 3 Prototyp »EddyCus® Wet«.
- 4 Stationärer Sensor zur Referenzierung des entwickelten Impedanz-Analysators.
- 5 Mobiler Sensor zur kontaktfreien Impedanzmessung.