

Dickenmessung von Lack auf CFK und anderen Substraten

Johann HINKEN¹, Thomas BELLER¹, Christian ZIEP¹

¹ FI Test- und Messtechnik GmbH, Breitscheidstr. 17, 39114 Magdeburg,
E-mail: johann.hinken@fitm.de, Tel.: 0391-8868129

Kurzfassung: Kohlefaserverbundwerkstoffe werden im Verkehrswesen, insbesondere im Flugzeugbau, aufgrund der erreichbaren Gewichtseinsparung immer häufiger eingesetzt. So bestehen z.B. große Teile des Airbus A380 aus CFK. Aktuell besteht jedoch das Problem, an lackierten Bauteilen aus CFK mit traditionellen Verfahren, wie z.B. Wirbelstrom oder Ultraschall, zerstörungsfrei und zuverlässig die Lackdicke zu bestimmen. 2007 wurde von uns ein Verfahren auf Mikrowellenbasis präsentiert, das die Lackdicke unter Laborbedingungen sicher bestimmen kann.

Hier wird nun eine Prototypentwicklung vorgestellt, die eine Lackdickenmessung auf Basis eines Mikrowellenverfahrens auch mobil ermöglicht. Zusätzlich zu der bisher gezeigten Unabhängigkeit vom Lacksystem kann die Lackdicke nun auch unabhängig vom Grundsubstrat gemessen werden, d.h. unabhängig von der Art des CFK bzw. vom gegebenenfalls vorhandenen Blitzschutz. Das Gerät ist somit auch für die Lackdickenmessung auf Metallen und metallähnlichen Substraten geeignet. Weiterhin ist es auch möglich, die Art des Substrates über seine Leitfähigkeit zu klassifizieren.

1. Einleitung

Für die Dickenmessung von Lackschichten auf metallischen Grundlagen werden standardmäßig Wirbelstrom- oder Ultraschallverfahren eingesetzt. Diese Verfahren arbeiten zerstörungsfrei. Auf kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) befindliche Lacke, sind nur schwer oder gar nicht in ihrer Dicke zerstörungsfrei zu messen, denn CFK

- hat nur eine mittlere elektrische Leitfähigkeit.
- hat sehr unterschiedliche Leitfähigkeit, wenn es mit oder ohne metallischen Blitzschutz vorliegt.
- hat im Fall des gitterförmigen Blitzschutzes eine sehr inhomogene Leitfähigkeit
- und ist darüber hinaus anisotrop in der Leitfähigkeit.

Neben der wirbelstrom- und der ultraschallbasierten Lackdickenmessung auf CFK werden auch kapazitive Verfahren in Erwägung gezogen. Dabei hängt jedoch der Anzeigewert von der Dielektrizitätszahl der verwendeten Lacke und Lackschichten ab. Dieses erfordert bei der Anwendung sehr hohen Kalibrieraufwand.

2. Problemlösung

Für die Dickenmessung von Lack auf CFK wird hier ein spezielles Mikrowellenverfahren vorgeschlagen. Nachdem in [1] bereits ein Verfahren auf Mikrowellenbasis präsentiert wurde, das die Lackdicke unter Laborbedingungen bestimmen kann, wird hier der Prototyp eines praxistauglichen Messsystems vorgestellt. Als Sonde wird dabei ein



Mikrowellenresonator verwendet. Dabei stellt die lackierte Bauteiloberfläche eine Wand des Resonators dar. Es wird der komplexe Eingangsreflexionsfaktor des Resonators nach Realteil I und Imaginärteil Q gemessen. Die Datenauswertung ergibt dann die Lackdicke und einen Hinweis auf die Substratleitfähigkeit.

Das Verfahren ist so konzipiert, dass es auch bei anisotropem Substratmaterial einzusetzen ist und auch bei unterschiedlich leitendem Substratmaterial. Die Rohdaten können sogar hinsichtlich der Bestimmung der Substratleitfähigkeit ausgewertet werden.

Die Sonde integriert über örtlich begrenzte Inhomogenitäten hinweg. Die Anzeige ist darüber hinaus unabhängig von der Dielektrizitätszahl des Lacks. Dadurch wird eine Kalibrierung mit beliebigen isolierenden Folien möglich, z.B. mit solchen aus PMMA.

3. Messgerät als Prototyp

Bild 1 zeigt den Prototyp des Messsystems, bestehend aus Handgerät und Laptop.



Bild 1: Prototyp des Messsystems, bestehend aus Handgerät mit aufgelegter plattenförmiger Probe und Laptop zur Auswertung

Der Mikrowellenausgang des Handgerätes ist mit dem Messresonator verbunden, auf dem die zu vermessende Probe aufliegt. Dieser Messresonator ist in Bild 2 vergrößert dargestellt.



Bild 2: Messresonator

Die momentan abgetastete Fläche ist etwa kreisförmig mit einem Durchmesser von 20 mm. Das Handgerät übergibt den komplexen Reflexionsfaktor als Real- und Imaginärteil über Spannungen an den Laptop. Dieser berechnet dann die Lackdicke und, falls erwünscht, eine Abschätzung für die Substratleitfähigkeit. So kann das Messsystem dann auch erkennen, ob unter dem Lack reines CFK, CFK mit Blitzschutz oder Metall liegt. Die Justierung des

Messsystems erfolgt über das Messsignal einer CFK-Probe mit Kupfermesh und ohne Lack.

4. Beispielmessungen

Bild 3 zeigt in der komplexen Ebene des Reflexionsfaktors den Realteil nach rechts und den Imaginärteil nach oben, jeweils in mV. Dieses sind Kalibrierkurven: Kreise für CFK ohne und Dreiecke für CFK mit Kupfermesh.

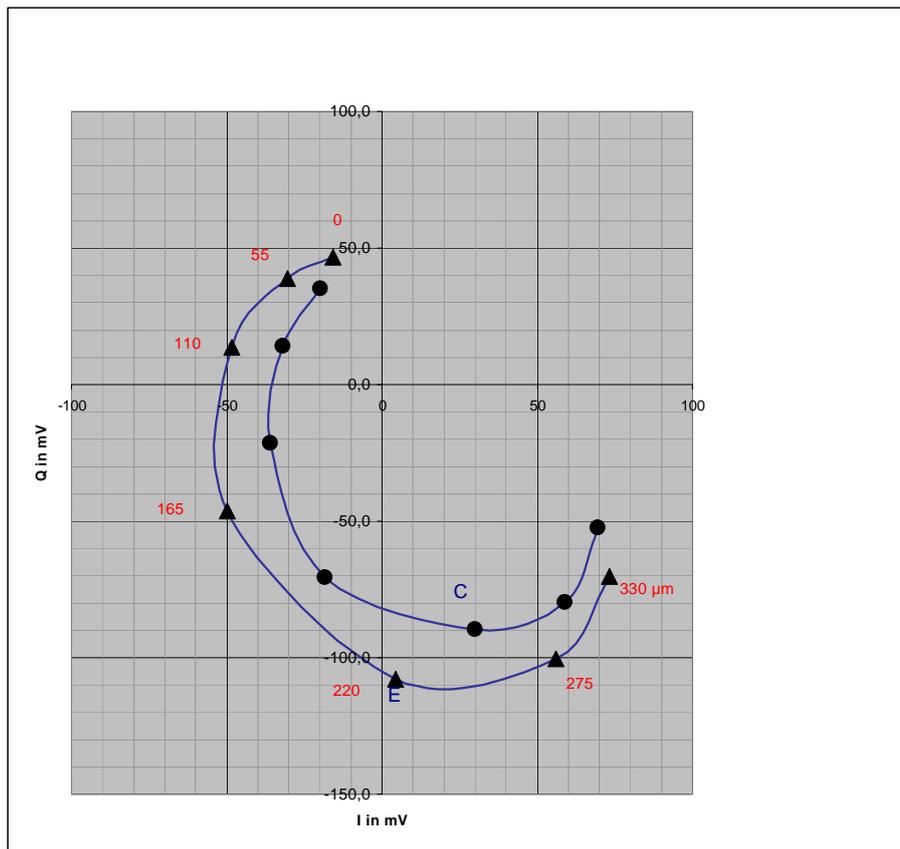


Bild 3: Komplexe Ebene des Reflexionsfaktors. Realteil I nach rechts und Imaginärteil Q nach oben, beides in mV. CFK ohne (\bullet) und (\blacktriangle) Kupfer-Mesh.

Diese Kalibrierkurven wurden aufgenommen mit 0 bis 6 Lagen von 55 μm dicken PMMA-Folien. Die späteren Messwerte liegen dann, je nach Substratleitfähigkeit, näher an der Kurve „ohne“ oder „mit“ Kupfermesh. Die zu ihnen gehörige Lackdicke wird interpoliert.

Bild 4 zeigt beispielhaft die Dickenauswertung von 3 CFK-Proben ohne Mesh und von 4 CFK-Proben mit Mesh.

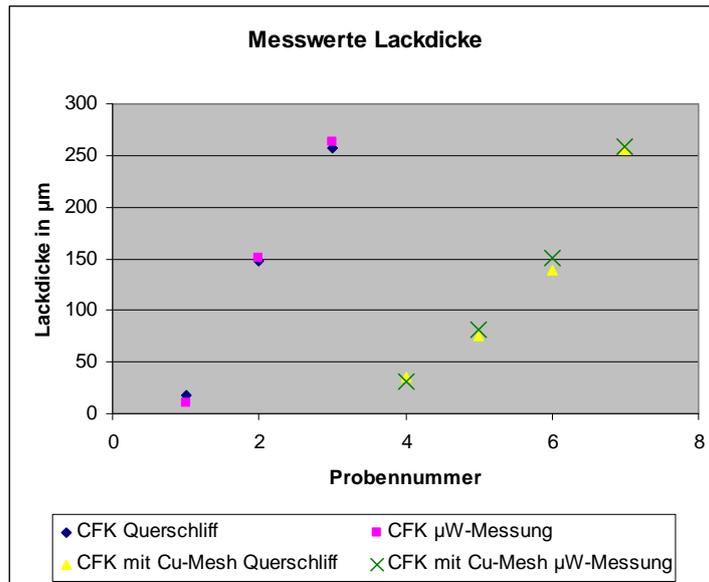


Bild 4: Messwerte der Lackdicke mit präsentierten Mikrowellenverfahren und per Querschliff.

Zum Vergleich sind in das Diagramm auch mikroskopisch ermittelte Messwerte nach Querschliffen an denselben Proben eingetragen. Die Übereinstimmung ist hervorragend.

5. Ausblick

Ein in der Praxis einsetzbares Messgerät der oben beschriebenen Art wird etwa das Aussehen des Gerätes aus Bild 5 haben.



Bild 5: Lackdickenmessgerät bestehend aus direkt anzeigendem Handgerät und über Kabel verbundene Sonde.

Es wird batteriebetrieben sein, mit direkter Lackdickenanzeige und einem Sensor, der flexibel mit dem Anzeigegerät verbunden ist.

Die Autoren danken Herrn Carsten Brandt von der Airbus Operations GmbH in Bremen für die Bereitstellung von Proben und Messwerten an Querschliffen sowie der Hochschule Magdeburg-Stendal (FH) für die Bereitstellung der Infrastruktur zur Durchführung der Arbeiten.

Referenzen

- [1] Johann H. Hinken, Thomas Beller, Christian Ziep, Jörg Dannemann: Mikrowellenbasierte Dickenmessung von Lack auf CFK, CD-Rom, ISBN 978-3-931381-98-1, DGZfP-Jahrestagung 2007, Fürth, 14.-16.05.2007