

Technische Information 04/2018

Messung der Lackschichtdicke an Bauteilen aus Kunststoff

Fahrzeugart	Alle
Fahrzeughersteller	Alle
Fahrzeugtyp	Alle
Baujahr	Alle
Schadenbereich	Lackierte Kunststoffteile



Messung der Lackschichtdicke an einem Kunststoff-Stoßfänger

Kontakt:

KTI GmbH & Co. KG
Kraftfahrzeugtechnisches Institut
Waldauer Weg 90a
34253 Lohfelden

Telefon: +49 561 51081 0
Telefax: +49 561 51081 13
E-Mail: info@k-t-i.de
Internet: www.k-t-i.de

Einleitung

Die Verwendung von Kunststoff als Material an der Karosserie-Außenhaut gewinnt an Bedeutung. Zur Feststellung nachträglicher Lackierungen und deren Dicke, müssen daher auch auf Kunststoff immer häufiger Lackschichtdicken gemessen werden. Herkömmliche Lackschichtdickenmessgeräte für Metall sind aufgrund ihres Messprinzips (magnetisch-induktiv oder Wirbelstrom) nicht anwendbar. Das KTI hat daher Messgeräte zur zerstörungsfreien Messung von Lackschichtdicken auf Kunststoffen mittels Ultraschall auf ihre Praxistauglichkeit getestet.

Schichtdickenmessung mittels Ultraschall-Reflexionsverfahren

Beim Ultraschall-Reflexionsverfahren (auch Impuls-Echo-Verfahren genannt) werden Schallwellen über ein Koppelmedium (Wasser, Gel, etc.) in die Prüfstelle eingeleitet. Treffen die Schallwellen auf eine Grenzschicht (Dichteänderung), so werden diese an ihr teilweise oder vollständig reflektiert und somit detektiert (Echo). Über die Laufzeit des jeweiligen Echos (Zeit zwischen Senden und Empfangen) kann unter Kenntnis der werkstoffabhängigen Schallgeschwindigkeit der zurückgelegte Weg und damit auch die Schicht- bzw. Bauteildicke bestimmt werden.

Marktanalyse

Einen Überblick über ausgewählte Geräte zur Messung von Lackschichtdicken auf Kunststoffen zeigt Tabelle 1. Aufgrund des hohen Preises wurde das Messgerät Model LU200 der Firma Kett nicht getestet.

Tabelle 1: Marktüberblick geeigneter Geräte zur Messung der Lackschichtdicke auf Kunststoffsubstraten (Stand: Februar 2018)

Hersteller	DeFelsko		ElektroPhysik	Kett
Modell	PosiTector (Standard) + Sonde 200 B	PosiTector (Advanced) + Sonde 200 B	QuintSonic 7	Model LU200
Preis Gerät	250 € ¹	620 € ¹	5.900 € ¹	\$9.995
Preis Sonde	1.400 € ¹	1.400 € ¹	- €	\$-
Versandkosten	- €	- €	10 €	\$74
Gesamtpreis	1.650 €	2.020 €	5.910 €	\$10.069

In Tabelle 2 sind die wichtigsten Eigenschaften der in Tabelle 1 verglichenen Schichtdickenmessgeräte aufgelistet. Alle Geräte basieren auf dem Ultraschall-Reflexionsverfahren und können je nach Gerät bis zu fünf Schichten in einem Messbereich von 10 µm bis 7.500 µm detektieren.

¹ zuzüglich Mehrwertsteuer von 19 %

© Jede Art der Vervielfältigung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des KTI gestattet.

Tabelle 2: Eigenschaften geeigneter Geräte zur Messung der Lackschichtdicke auf Kunststoffsubstraten (Stand: Februar 2018)

Hersteller	DeFelsko		ElektroPhysik	Kett
Modell / Gerät	PosiTector-1 Standard ²	PosiTector-3 Advanced	QuintSonic 7	Model LU200
Anz. Schichten	1	3	5	1 +
Schnittstelle	USB	USB, Bluetooth, WIFI, Smartphone	Infrarot, USB, RS232	RS232C
Sonde	Sondenmodul 200 B			
Verfahren	Ultraschall		Ultraschall	Ultraschall
Messbereich	13 – 1.000 µm		10 – 7.500 µm	10 – 700 µm
Mindestschichtdicke	13 µm		10 µm	10 µm
Messunsicherheit	(± 2 µm) + 3 %		(± 1 µm) + 1 %	(± 2 µm) oder 4% ab 50 µm
Übertragungsmedium	Gel, Seife, dest. Wasser,		Gel, Glycerin, dest. Wasser	Gel, Seife, dest. Wasser,
Messung von (Schicht)	Polymerbeschichtung		A: Farbe, Lack, Kunststoff, Glas, Emaille, ähnliche; B: Metall	Harz, Lack, Polymer
Messung auf (Substrat bzw. Grundmaterial)	Holz, Kunststoff, Verbundstoff; (nach Auskunft des Vertriebspartners auch auf Metall, Keramik und GFK)		A: Holz, Kunststoff, Glas, Metall, Keramik, GFK, CFK, WPC B: Kunststoff, Keramik, Holz	Kunststoff, dünnem Metall, Beton, Mörtel, andere org. Substrate

DeFelsko PosiTector 200er Serie

Die Firma DeFelsko bietet mit dem PosiTector ein Grundmessgerät an, das mit verschiedenen Sonden kombiniert werden kann und in einer „Standard“ sowie „Advanced“ Ausführung angeboten wird. Zur Messung von Lackschichtdicken an Fahrzeugen ist die „Advanced“-Ausführung in Kombination mit der Sonde 200 B geeignet. Mit ihr können entweder die Gesamtschichtdicke oder bei automatischer Lackschichtdickenerkennung bis zu drei Einzelschichten eines Mehrschichtsystems bestimmt werden. Bei einer manuellen Auswertung der Lackschichten über den grafischen Echoverlauf können bis zu fünf Schichten bestimmt werden. Die Messtechnik setzt aber viel Kenntnis und Erfahrung voraus. Die Sonde 200 B arbeitet in einem Messbereich von 13 µm bis zu 1.000 µm und ist für die Messung von Beschichtungen auf Kunststoff, Holz, Glas uvm. geeignet.



Abbildung 1: DeFelsko PosiTector 200 B Advanced

² Das DeFelsko PosiTector-1 Standardgerät ist für Mehrschichtlackierungen nicht geeignet

ElektroPhysik QuintSonic 7

Mit dem Messgerät QuintSonic 7 der Firma ElektroPhysik können bis zu fünf polymere Schichten (Farbe, Lack oder Kunststoff) auf Substraten aus Kunststoff, Metall, Holz, Glas und Keramik bestimmt werden. Diese werden entweder bildlich als Einzelschichtsystem oder als grafischer Echoverlauf („A-Bild“) dargestellt. Der Messbereich³ liegt zwischen ca. 10 µm und 7.500 µm. Die Besonderheiten des QuintSonic 7 liegen in der digitalen Signalverarbeitung innerhalb des Sensors sowie der Möglichkeit, einerseits die Schichtdicke auf Bauteilen aus GfK oder CfK und andererseits die Dicke von dünnen Substraten durch deren Beschichtung hindurch zu bestimmen.



Abbildung 2: ElektroPhysik QuintSonic 7

Versuchsbeschreibung

Für die Versuchsreihe wurden insgesamt 13 rechteckige Kunststoffplatten aus PP/EPDM (200 mm x 150 mm) lackiert. Der Lackaufbau besteht aus nacheinander aufgetragenen Schichten von Primer, Füller, Basislack und Klarlack und entspricht einer typischen Reparatur-Lackierung auf einem Kunststoffbauteil an einem Fahrzeug. Die Proben unterscheiden sich jedoch hinsichtlich der aufgetragenen Basislacke (Uni-, Metallic- und Perleffektlack) und der Anzahl der ausgeführten Kreuzdurchgänge (und damit der Schichtdicke). Die zur Lackierung der Proben durchgeführten Arbeitsschritte sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: Arbeitsschritte der Probenvorbereitung

Arbeitsschritt	Messung Probendicke
Lackierung (Allgemein)	
Reinigung der Oberfläche mit Silikonentferner	X
Schleifen der Oberfläche mit Schleifpapier der Körnung 600	
Reinigung der Oberfläche mit Silikonentferner	X
Beschichtung mit Haftvermittler (Primer)	X
Beschichtung mit Füller	
Schleifen der Oberfläche mit Schleifpapier der Körnung 1000	X
Lackierung (Individuell)	
Säuberung der Oberfläche mit Silikonentferner	X
Basislackauftrag (zwei Durchgänge, inkl. Ablüftzeit) <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Bahn horizontal (0°), eine Bahn vertikal (90°) 	X
Klarlackauftrag (zwei Durchgänge, inkl. Ablüftzeit) <ul style="list-style-type: none"> ▪ eine Bahn horizontal (0°), eine Bahn vertikal (90°) 	X

³ Gültig bei einer Schallgeschwindigkeit von 2.375 m/s (Durchschnittswert für Industrielacke)

© Jede Art der Vervielfältigung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des KTI gestattet.

Zur Bestimmung der jeweiligen Einzelschichtdicke, wurde nach jedem Materialauftrag die Gesamtdicke der Probe mechanisch mit einer digitalen Bügelmessschraube gemessen (gerätespezifische Messgenauigkeit von $\pm 4 \mu\text{m}$ bei einer Ablesegenauigkeit von $1 \mu\text{m}$). Dies erfolgte an jeder Probe an vier Stellen jeweils fünfmal und diente der Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes der Lackschichtdicke als Referenz. An den gleichen Messstellen wurde jeweils fünfmal die Gesamtschichtdicke mit den untersuchten ultraschallbasierten Messgeräten gemessen und mit den mechanisch ermittelten Werten verglichen.

Zusätzlich wurden Messungen an realen Bauteilen aus Kunststoff (Stoßfänger, Spiegelkappen) von sechs verschiedenen Fahrzeugen vorgenommen sowie der Einfluss einer gekrümmten Oberfläche auf das Messergebnis betrachtet.

Ergebnisse

Bei der Auswertung der Messergebnisse wurden die Messunsicherheiten (Genauigkeiten) der Messgeräte im Rahmen einer Fehlerbetrachtung ermittelt und in Tabelle 4 dargestellt. Jedes Messgerät weist zusammen mit seiner Messgenauigkeit und dem Messaufbau eine nicht vermeidbare Ungenauigkeit, der sog. Messunsicherheit, auf. Es ergibt sich somit eine Messunsicherheit für die jeweilige Messung mit einem Messgerät als auch eine Gesamtmessunsicherheit beim Vergleich der Messergebnisse von zwei Messgeräten. Die Gesamtmessunsicherheit resultiert bei der Untersuchung der Kunststoffproben aus der mittleren Messunsicherheit der Bügelmessschraube ($\pm 8 \mu\text{m}$) und der mittleren Messunsicherheit des jeweiligen Lackschichtdickenmessgerätes.

Tabelle 4: Messunsicherheit (Genauigkeit) der getesteten Messgeräte und des Versuchsaufbaus

Messgerät	mittlere Messunsicherheit	mittlere Gesamtmessunsicherheit
Bügelmessschraube	$\pm 8 \mu\text{m}$	-
DeFelsko PosiTector 200B Advanced	$\pm 8 \mu\text{m}$	$\pm 12 \mu\text{m}$
ElektroPhysik QuintSonic 7	$\pm 5 \mu\text{m}$	$\pm 10 \mu\text{m}$

Die mithilfe ultraschallbasierter Messgeräte gemessenen Lackschichtdicken auf den Kunststoffproben wichen um maximal $38 \mu\text{m}$ (bei einer Gesamtmessunsicherheit von bis zu $\pm 12 \mu\text{m}$) von den mechanisch (mit der Bügelmessschraube) gemessenen Lackschichtdicken ab. Das Messgerät PosiTector 200 B Advanced misst durchschnittlich eine um $24 \mu\text{m} \pm 12 \mu\text{m}$ dünnere Lackschichtdicke, wohingegen diese beim Messgerät QuintSonic 7 im Mittel um $23 \mu\text{m} \pm 10 \mu\text{m}$ dicker ist. Beide Messgeräte weisen jedoch mit einer mittleren Standardabweichung von je $2 \mu\text{m}$ eine hohe Reproduzierbarkeit der Messwerte auf.

Während mit dem Messgerät QuintSonic 7 der gesamte Lackaufbau bestehend aus vier Lackschichten bestimmt werden konnte, ließen sich mit dem Messgerät PosiTector 200 B Advanced nur zwei Lackschichten bestimmen.

Grundsätzlich sind einzelne Lackschichten aufgrund ihrer oft ähnlichen physikalischen Eigenschaften (insbesondere wenn Nass-in-Nass lackiert wurde) schwer oder gar nicht voneinander zu unterscheiden. Dies kann zu einer Verfälschung der Gesamtschichtdicke führen, indem entweder zu viele oder zu wenige Schichten gemessen werden, als eigentlich am realen Bauteil vorliegen. Daher ist neben der richtigen Handhabung der Messgeräte auch die richtige Auswertung und Interpretation der Messergebnisse besonders wichtig. Grundsätzlich sollte eine Messung mehrfach wiederholt und im Zweifel der gemessene Schichtaufbau oder der Echoverlauf genauer betrachtet werden.

Neben den Messungen an den Kunststoffproben wurden auch Bauteile realer Fahrzeuge betrachtet. Die Messwerte zwischen den untersuchten Lackschichtdickenmessgeräten weichen an den untersuchten Bauteilen durchschnittlich um $22 \mu\text{m}$ (bei einer Messunsicherheit von $\pm 8 \mu\text{m}$) voneinander ab. Da die reale Lackschichtdicke der Bauteile nicht bekannt ist, kann keine Beurteilung hinsichtlich der Messgenauigkeit erfolgen.

Bei der Betrachtung des Einflusses einer gekrümmten Oberfläche (bspw. Spiegelkappe) auf das Messergebnis wurde deutlich, dass die mittels Lackschichtdickenmessgerät gemessene Schichtdicke im gekrümmten Zustand im Vergleich zum ungekrümmten Zustand größer ist. Zusätzlich besteht aufgrund der unebenen Messstelle eine erhöhte Gefahr der Verkippung der Sonde, wodurch sich beim nicht orthogonalen Messen zur Prüffläche die Abweichung in etwa verdoppeln kann.

Fazit

Mit ultraschallbasierten Lackschichtdickenmessgeräten können Lackschichten auf Kunststoff gemessen werden. Die dabei festgestellten Abweichungen betragen in Abhängigkeit des verwendeten Gerätes durchschnittlich etwa $\pm 24 \mu\text{m}$ (bei einer Gesamtmessunsicherheit $\pm 12 \mu\text{m}$). Bei der Messung der Lackschichtdicke auf gekrümmten Oberflächen ist darauf zu achten, dass die Messsonde beim Messen nicht verkippt, da sich der Messfehler ansonsten nahezu verdoppeln kann.

Fabian Bortfeldt M.Sc.