

DUPLEXSCHICHTEN IM KORROSIONSSCHUTZ ZERSTÖRUNGSFREI MESSEN

Zwei Methoden in einem Gerät

Sie wollen zerstörungsfrei die Dicke von Duplex-Beschichtungen auf Stahl oder Eisen messen? Dafür entwickelte das Unternehmen Helmut Fischer, Sindelfingen, eine Messmethode und realisierte diese praxisgerecht in einem Handmessgerät. Das zeigt beide Schichten gleichzeitig auf einem großen LC-Display an, die Messwerte werden sofort statistisch ausgewertet und an einen Drucker oder Rechner übergeben.

Unter einer Duplexschicht wird hier ein Beschichtungssystem verstanden, bestehend aus einer Farb-, Lack- oder Kunststoffschicht auf verzinktem Stahlgrundwerkstoff. Die hervorragenden Korrosionsschutzeigenschaften einer Zinkschicht sind hinlänglich bekannt. Die darauf zusätzlich aufgebrachte organische Beschichtung dient als weiterer Korrosionsschutz oder auch zur Verbesserung des optischen Erscheinungsbildes oder der funktionalen Eigenschaften.

Wie bei jedem Korrosionsschutzsystem ist auch bei Duplexschichten die Dicke der Einzelschichten ein wichtiger Qualitätsfaktor. Aus offensichtlichen Gründen, nicht zuletzt wegen der anfallenden Kosten, sollte die Dickenmessung zerstörungsfrei erfolgen. Dafür entwickelte das Unternehmen Helmut Fischer, Sindelfingen, eine neue Messmethode.

Da es jedoch verschiedene Ausführungen von Duplexschichten gibt, werden diese zuerst vorgestellt und hinsichtlich ihrer „Messbarkeit“ klassiert.

1. Feuerverzinkte Stahlteile mit einer Zinkschicht von über 80 µm, ausgeprägten Zink-Eisen-Diffusionszonen und einer Farbschicht von üblicherweise mehr als 85 µm Dicke. Vorwiegend anzutreffen im Stahlbau.
2. Ausführungen mit galvanisch oder im Tauchbad abgeschiedenen Zinkdicke zwischen null und ca. 10 µm und Lackdicken bis ca. 150 µm. Vorwiegend anzutreffen im Karosseriebau.
3. Schichtsysteme auf Rohrleitungen (z. B. Bremsleitungen etc.), Blechen für

Fassadenverkleidungen, Gebrauchsgegenständen wie Einkaufswagen, Haushaltsmaschinen etc. mit Zinkdicken bis ca. 30 µm und einer organischen Schicht aus Farbe oder Kunststoff mit Dicken meistens kleiner als 200 µm.

4. Beschichtungen, bestehend aus einer organischen Schicht und einer Zink-Eisen oder Zink-Nickel-Legierungsschicht. Wegen der höheren Kosten für die Zink-Legierungsschicht im Wesentlichen nur anzutreffen bei besonders korrosionsgefährdeten Komponenten im Fahrzeugbau.

Bestimmung von Mehrschichten wie z. B. das Röntgenfluoreszenz- [1] oder das coulometrische [2] Verfahren aus. Mit diesen sind keine rein organischen Schichten messbar.

Als preisgünstige, zerstörungsfreie und einfach anzuwendende Methoden stehen damit nur das magnetinduktive und das Wirbelstromverfahren zur Verfügung.

Mit dem magnetinduktiven Verfahren können gemäß DIN EN ISO 2178 alle Schichten aus nichtmagnetisierbarem Material auf Stahl und Eisen gemessen werden. Mit dem „üblichen“ Wirbelstromverfahren gemäß DIN EN ISO 2360

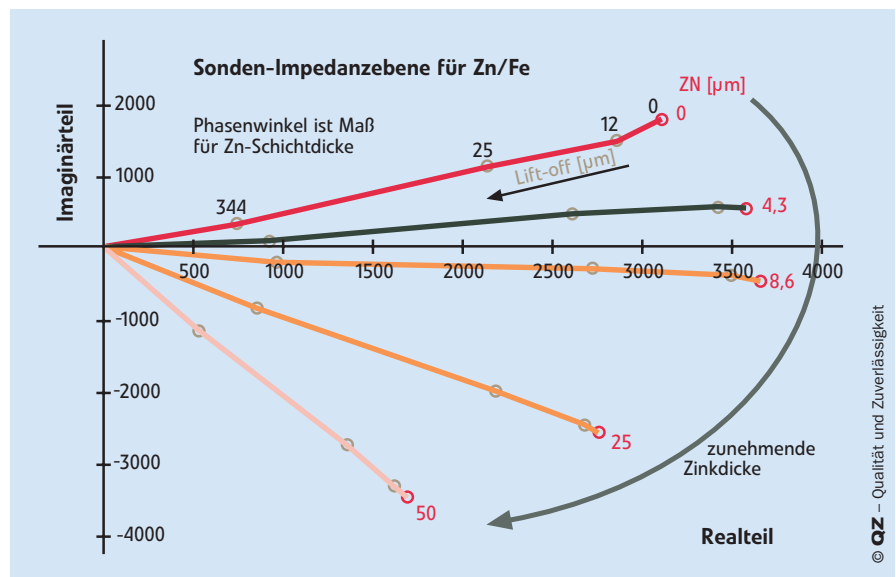


Bild 1. Impedanzebene einer Wirbelstromsonde: Über die Phasenlage des SONDENSIGNALS lässt sich die Dicke einer Metallschicht (hier: Zink) unabhängig vom Sondenabstand (Lift-off) bestimmen

Duplexschichten nach Pkt. 1 und 4 können mit der nachfolgend beschriebenen Messmethode nicht gemessen werden.

Die richtige Messmethode auswählen

Bei den Duplexsystemen handelt es sich um die Kombination einer organischen mit einer metallischen Schicht, daher scheiden sonst übliche Messmethoden zur

lassen sich elektrisch nicht leitende Schichten auf Nichteisenmetallen bestimmen. Also sollte man damit bei der vorliegenden Messaufgabe z. B. eine Farbschicht auf der Zink-Zwischenschicht messen können, falls diese als Basiswerkstoff anzusehen ist. Leider besitzen feuerverzinkte oder galvanisch abgeschiedene Zink-Schichten jedoch nur eine elektrische Leitfähigkeit von ca. 7 MS/m (Kupfer: 58 MS/m). Bei einer mit tech- ▷

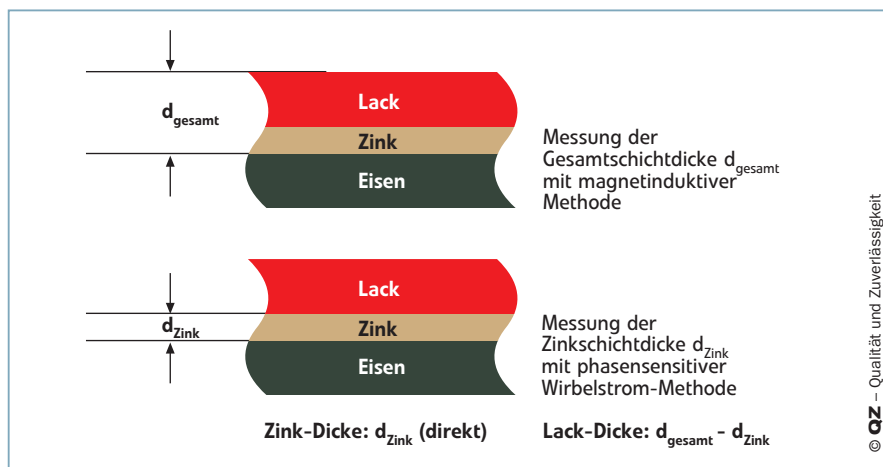


Bild 2. Schematische Darstellung der Bestimmung der Einzelschichtdicken eines Duplexschichtsystems

nisch noch vertretbarem Aufwand realisierbaren Messfrequenz von ca. 20 MHz müsste die Zinkschicht eine Dicke von mindestens 80 bis 100 µm haben, damit Dickenänderungen keinen Einfluss mehr auf den Messwert für die Farbdicke haben. Nur Duplexsysteme gemäß Pkt. 1 könnten damit gemessen werden.

In einer modifizierten Ausführung, dem so genannten phasensensitiven Wirbelstromverfahren, lassen sich damit auch metallische Schichten auf praktisch beliebigen Substraten messen. Näheres dazu kann dem Normentwurf ISO/DIS 21968 oder [3] entnommen werden. Unter anderem lassen sich damit auch Nichteisen-Metallschichten auf ferromagnetischem Stahl messen. Bei geeigneter Messgeräteausrüstung ist dies sogar unter einer elektrisch nicht leitenden Beschichtung möglich. Bild 1 zeigt anhand eines Diagramms, der so genannten Sondenimpedanzebene,

die Funktionsweise dieser Methode.

Das von der Sonde kommende elektrische Signal kann als Vektor mit variablem Betrag und Phasenwinkel (kurz: Phase) betrachtet werden. Bei einem Duplexschichtsystem bewirkt eine Zinkdickenvariation eine Änderung von Betrag und Phase dieses Vektors, während eine Lackdickenzu- oder -abnahme praktisch nur den Betrag beeinflusst. Mit einer geeigneten Messgeräteelektronik, die in der Lage ist, das SONDENSIGNAL nach Betrag und Phase auszuwerten, kann somit anhand Letzterer die Zinkdicke unabhängig von der sich darüber befindlichen Lackdicke bestimmt werden. Die Größe der durch eine Variation der Zinkdicke verursachten Phasenänderung kann durch die geeignete Wahl der Wirbelstrommessfrequenz für den in Frage kommenden Zinkdickenbereich optimiert werden.

Da es sich bei Duplexschichten mathematisch gesehen um ein Gleichungssystem mit zwei Unbekannten handelt, sind zu dessen Lösung auch zwei voneinander unabhängige „Gleichungen“ notwendig. Die erste stellt das phasensensitive Wirbelstromverfahren dar, die zweite wird durch das herkömmliche magnetinduktive Verfahren „realisiert“. Damit kann die Gesamtdicke des Duplexsystems ermittelt werden. Subtrahiert man von diesem Messwert die separat gemessene Zinkdicke, ergibt sich daraus der Wert für die Dicke der organischen Beschichtung (Bild 2).

Die Äquivalenz zwischen der Messung von Duplexschichten und der Lösung eines Gleichungssystems mit zwei Unbekannten verdeutlicht auch, dass Beschichtungen nach Pkt. 2, bei denen Zink-

Eisen-Diffusionszonen relevanter Dicke mit vom Grundwerkstoff oder der reinen Zinkschicht abweichenden elektrischen und/oder magnetischen Eigenschaften als dritte „Unbekannte“ vorkommen, mit dieser Methode nicht messbar sind.

Die phasensensitive Wirbelstrommethode bedingt auch eine genügend hohe elektrische Leitfähigkeit der zu messenden Metallschicht, damit sich Wirbelströme ausbilden können. Leider weisen die in Pkt. 4 angeführten Zink-Legierungsschichten aufgrund der Kristallstruktur eine elektrische Leitfähigkeit von weit weniger als 1 MS/m auf. Um hier über die Phase eine Schichtdickenmessung zu ermöglichen, müssten Messfrequenzen von mehr als 10 Megahertz verwendet werden, was sich mit vertretbarem technischen Aufwand bei Schichtdickenmessgeräten nicht realisieren lässt.

Handmessgerät zeigt Dicken beider Schichten an

Da es sich bei praktischen Messaufgaben häufig um große Bauteile handelt, ist ein Handmessgerät erforderlich. Speziell für das Messen von Duplexschichten entwickelte das Unternehmen Helmut Fischer, Sindelfingen, das Phascope PMP10 Duplex mit Messsonde ESG20 (Bild 3).

Dieses Gerät kombiniert die magnetinduktive Methode und die phasensensitive Wirbelstrommethode. Ohne Zutun des Bedieners wird nach Aufsetzen der Messsonde auf den Messgegenstand mit beiden Methoden nacheinander gemessen, die Messwerte werden entsprechend verarbeitet und danach die Dicken der beiden Schichten auf einem großen, hinterleuchteten LCD-Display angezeigt. Entsprechend muss auch die Messsonde die für beide Verfahren notwendigen Messsysteme enthalten.

Mit dem Handmessgerät lassen sich bis zu 20 000 Messwerte in max. 100 Applikationen mit Datum und Uhrzeit speichern, statistisch auswerten sowie auf Drucker oder PC über die standardmäßig integrierte RS232-Schnittstelle ausgeben. Alle Geräteeinstellungen erfolgen anhand einer menügestützten Bedienungsführung mit der Eingabemöglichkeit alphanumerischer Zeichen.

Häufig werden Metalloberflächen zur besseren Haftung einer nachfolgenden Aufbringung von Farbe, Lack oder Kunststoff vorbehandelt, z. B. phosphatiert. Da die Dicke einer solchen Haftvermittler-

Literatur

- 1 Rößiger, V.: Schichtdicke: Messen ohne Standards? metalloberfläche (1993) 8 und (1993) 9, Carl Hanser Verlag, München
- 2 Berrie, P. G.: Schichtdickenmessung nach dem coulometrischen Verfahren. Kontrolle (1989) 10, Konradin Verlag GmbH, Leinfelden-Echterdingen
- 3 McMaster, R. CH.: Nondestructive Testing Handbook. American Society for Nondestructive Testing, (1986) Volume 4



Bild 3. Handmessgerät Phascope PMP10 Duplex mit integrierter magnetinduktiver Methode und phasensensitiver Wirbel-Methode

schicht häufig nicht interessiert, verfahrensbedingt jedoch mit gemessen wird, ist beim Phascope PMP10 Duplex die Eingabe eines „Offset-Wertes“ möglich. Dadurch wird vom gemessenen Dickenwert für die organische Beschichtung automatisch bei jeder Messung ein konstanter Wert, meistens im Bereich zwischen 1 μm und 5 μm , abgezogen.

Das Messgerät eignet sich für die Dickenbestimmung beliebiger Zweifach-Schichtsysteme auf Stahl oder Eisen, bestehend aus einer metallischen, nicht ferromagnetischen Zwischenschicht und einer elektrisch nicht leitenden Deckschicht, sofern das Produkt aus elektrischer Leitfähigkeit und Dicke der Zwischenschicht in der Größenordnung von mindestens 5 MS $\mu\text{m}/\text{m}$ liegt.

Die wichtigsten Anwendungen betreffen jedoch die Dickenmessung von Duplexschichten nach Pkt. 2 und 3.

Lackdicke auf Karosserie-Teilen normgerecht bestimmen

Im Automobilbau werden für die Karosserie zunehmend verzinkte Stahlbleche verwendet. Die Zinkschicht wird dabei bereits vom Blechlieferanten entweder durch galvanische Abscheidung oder im Zinktauchbad aufgebracht.

Die Dicke der später aufgetragenen Lackschicht könnte mit einem herkömmlichen magnetinduktiven Schichtdickenmessgerät bestimmt werden, wenn

diese konstant wäre. Man müsste lediglich einen konstanten Wert vom aktuellen Messwert abziehen. Diese Konstanz der Zinkdicke ist innerhalb einer Charge auf dem angelieferten, noch unverformten Blech auch gegeben.

Bei der Formung der Karosserieteile kann es jedoch im Bereich starker Biege- radien zu einem Fließen oder sogar Abschaben der Zinkschicht kommen, so dass diese im Dickenbereich zwischen ca. 3 bis 9 μm schwanken kann, teilweise fehlt sie. Ähnliches tritt auf bei der Reparatur eines fehlerhaft lackierten Karosseriebereiches durch Anschleifen mit nachfolgendem Überlackieren der Schadstelle. Auch hier kann die Zinkschicht mit angeschliffen werden, was bei der herkömmlichen Lackdickenmessung zu einer scheinbar reduzierten Lackdicke führt.

Dies ist nicht nur problematisch bei der Kontrolle einer endlackierten Karosserie, sondern besonders kritisch bei der Qualitätsüberwachung einer Kathodischen Tauch-Lackierung, da deren Dicke üblicherweise nur ca. 20 μm beträgt und ein Fehler in der Schichtdickenmessung von 5 oder 6 μm durch eine reduzierte Zinkschicht nicht toleriert werden kann.

Das Messgerät ist geeignet, um die Lackdicke unabhängig von der Zinkdicke zu bestimmen. Die Wiederholpräzision der Zinkdickenmessung beträgt dabei nur einige 10 Nanometer, die der Lackdickenmessung weniger als 0,5 μm .

Da zur Reduzierung des Fahrzeuggewichtes zunehmend auch Aluminium für nicht sicherheitsrelevante Teile einer Karosserie verwendet wird, ist das Gerät auch mit einem herkömmlichen Wirbelstromkanal ausgerüstet, um die Lackdicke auf diesen Teilen normgerecht messen zu können. Ohne Zutun des Prüfers, der gelegentlich nicht genau weiß, welche Teile aus Stahl und welche aus Aluminium sind, wählt das Gerät nach Aufsetzen der Sonde automatisch die notwendige Messmethode – Duplex oder Wirbelstrom – aus und speichert die Lackdickenwerte in der gleichen Applikation, so dass eine einfache Auswertung der Lackdickenverteilung, unabhängig vom Blechtyp, möglich ist. □

Peter Neumaier

► **Helmut Fischer GmbH + Co. KG**
T 0 70 31/303-0
mail@helmut-fischer.de
www.helmut-fischer.com
Halle 2, Stand 2413