

Flächige Bestimmung der Schichtdicke mit Mehr-Puls-Thermografie

Daniel HOFFMANN¹, Henriette QUITTER², Luis WACHTER¹, Giovanni SCHOBER¹,
Martin BASTIAN¹

¹ SKZ – Das Kunststoff-Zentrum, Würzburg

² Julius-Maximilians-Universität, Würzburg

Kontakt E-Mail: d.hoffmann@skz.de

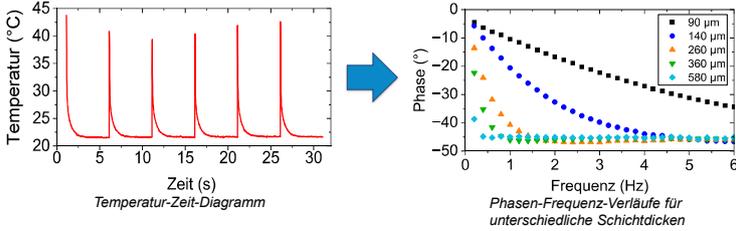
Kurzfassung

Die Beschichtung von Werkstoffen hat mit der zunehmenden Komplexität von Bauteilen, die je nach Einsatzbereich zum Teil maßgeschneiderte Eigenschaftsprofile aufweisen müssen, signifikant an Stellenwert zugenommen. Aus Gewichts- und Kostengründen spielt in den meisten Fällen eine homogene und möglichst geringe Schichtdicke eine entscheidende Rolle. Die Ermittlung der Dicke von aufgetragenen Schichten ist hierbei eine wesentliche Voraussetzung – sowohl zur Kontrolle bereits während der Produktion als auch um eine Veränderung während des Bauteilbetriebes durch z. B. Abrieb bzw. Korrosion zu überwachen. Da die Bauteilbeschichtung häufig am Ende der Prozesskette steht und eine Reparatur oftmals nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich ist, ist der wirtschaftliche Schaden bei fehlerhaft beschichteten Bauteilen meist sehr groß. Die aktive Thermografie stellt eine vielversprechende Technik für die Qualitätsüberwachung von Beschichtungen im industriellen Umfeld dar. Die in diesem Beitrag eingesetzte Mehr-Puls-Thermografie kann als Kombinationstechnik aus konventioneller Puls- und Lock-in-Thermografie angesehen werden. Diese bietet unter Verwendung von geeigneter Anregungs- und Auswertetechnik die Möglichkeit, flächig Dicken von Beschichtungen auf unterschiedlichen Materialien mit Genauigkeiten im Mikrometerbereich zu ermitteln. Dabei wird das Bauteil mit einer periodischen Blitzsequenz erwärmt und die Oberflächentemperatur zeitgleich mit einer Infrarotkamera gemessen. Durch pixelweise Betrachtung von sog. Phasen-Frequenz-Kurven, welche durch Fourier-Transformation aus dem Temperaturverhalten ermittelt werden, kann orts aufgelöst auf die Beschichtungsdicken des Bauteils rückgeschlossen werden. Eine absolute Bestimmung der Schichtdicken wird durch die Verknüpfung einzelner Phasen-Frequenz-Kurven mit Schichtdicken, die über ein Referenzverfahren bestimmt wurden, ermöglicht. In diesem Beitrag wird die Schichtdickenmessung mittels Mehr-Puls-Thermografie an industriellen Bauteilen mit unterschiedlichen Materialkonstellationen demonstriert. Weiterhin wird der Einfluss der Infrarotkamera-Ausrichtung auf die Visualisierung der Schichtdicke evaluiert und exemplarisch ein Vergleich zur konventionellen Ein-Puls-Thermografie vorgeführt.



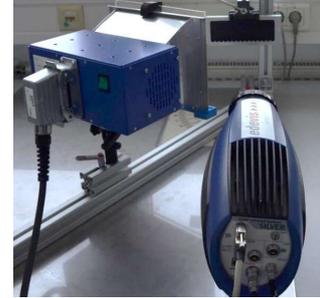
Schichtdickenmessung mit Mehr-Puls-Thermografie

- Periodische Anregung mit einer Puls-Sequenz
- Flexible Einstellung der Energieaufteilung je nach physikalischen und technischen Anforderungen (Messzeit, thermische Sensitivität, Ortsauflösung)
- Pixelweise Berechnung von Phasen-Frequenz-Kurven über Fourier-Transformation
- Zuordnung von Phasen-Frequenz-Verläufen zu Schichtdicken



Messaufbau und Durchführung

- Anregung mit Blitzeinheit VH3-6000 (Hensel-Visit GmbH & Co. KG)
- Datenaufnahme (bis zu 30 s mit 100 Hz) mit Infrarotkamera SC 5500 (Flir Systems Inc.)
- Bestimmung der Schichtdicke mittels Referenzmethoden. Die Wahl der Methode ist abhängig von dem Beschichtungs- und Substratmaterial:
 - Magnetinduktives Verfahren
 - Wirbelstrom-Verfahren
 - Taktill (z. B. Bügelmessschraube)
 - Ultraschall



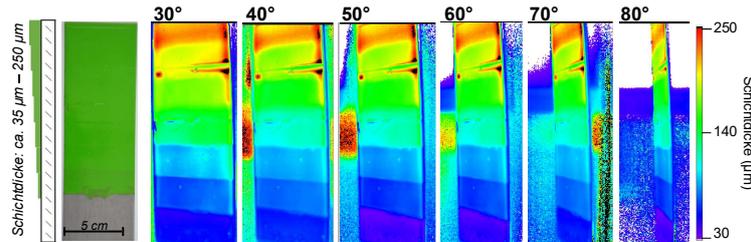
Exemplarischer Messaufbau

Flächige Bestimmung der Schichtdicke mit Mehr-Puls-Thermografie

Daniel Hoffmann, Henriette Quitter, Luis Wachter, Giovanni Schober, Martin Bastian

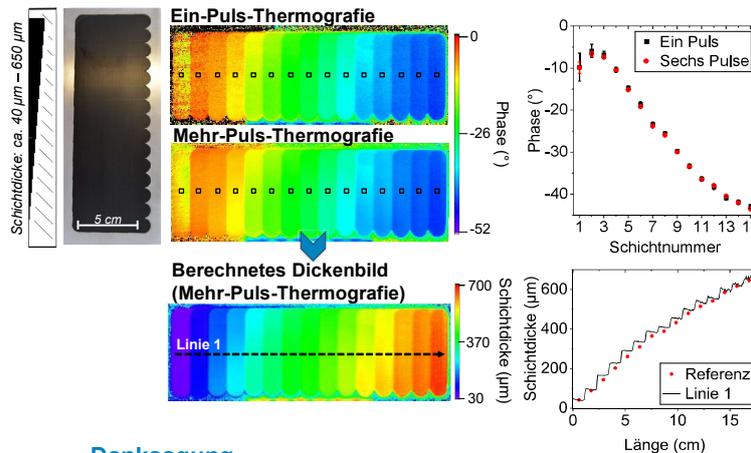
Unterschiedliche Aufnahmewinkel

- Flächige Bestimmung der Schichtdicke an stufenweise beschichtetem Stahlblech
- Veränderung des Aufnahmewinkels von 30° bis 80° bei konstantem Anregungswinkel
 - Visualisierung der Schichtdicke relativ unabhängig von der Ausrichtung der Infrarotkamera möglich



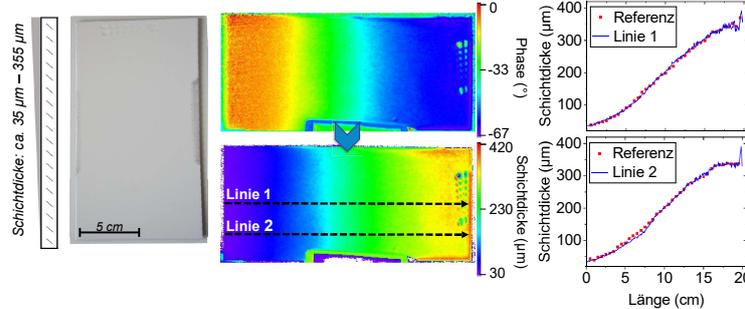
Vergleich mit konventioneller Ein-Puls-Thermografie

- Flächige Bestimmung der Schichtdicke an stufenweise befülltem Aluminiumblock
- Aufteilung der Pulsenergie auf sechs Teilpulse mit Pulsabstand 5 s
 - vergleichbare absolute Phasenwerte
 - geringeres Rauschniveau und geringere thermische Belastung des Bauteils im Vergleich zur Ein-Puls-Anregung

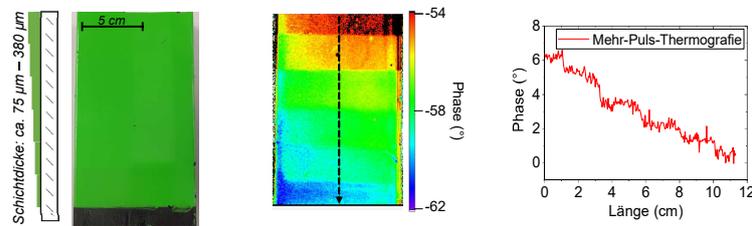


Anwendung an industriellen Bauteilen

- Keilförmige Hydrolack-Beschichtung auf Stahlblech



- Stufenweise Alkydharz-Beschichtung auf Polypropylen-Bauteil



Zusammenfassung

- Flächige Visualisierung von Schichtdicken ist auf beschichteten Metall- und Kunststoff-Substraten mittels Mehr-Puls-Thermografie möglich
- Verknüpfung von Phasen-Frequenz-Kurven und Schichtdicke (aus Referenzierung) erlaubt absolute Bestimmung der Schichtdicke mit einer Genauigkeit im µm-Bereich
- Detektion von Schichtdickenunterschieden ist bei unterschiedlichen Aufnahmewinkeln möglich
- Mehr-Puls-Thermografie ermöglicht im Vergleich zur konventionellen (Ein-)Puls-Thermografie eine Erhöhung des SNR (z. B. durch Gewichtung von Frequenzen oder Erhöhung des Energieeintrags) und eine Verringerung der thermischen Belastung

Danksagung

Die Forschungsvorhaben 21678 N und 21365 N von der Forschungsvereinigung „Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum e. V.“ werden über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir danken dem BMWK für die Bereitstellung der finanziellen Projektmittel. Weiterhin danken wir Chemische Industrie Erlangen GmbH für die Bereitstellung von Bauteilen und edevis GmbH für die Bereitstellung der Infrarotkamera.

