

Application Note

Schichtdickenmessung

1 Einleitung

Die nachfolgend dargestellten Messungen wurden an Proben von beschichteten Stahlrohren mit dem SynViewScan 300 3D Terahertz (THz) Bildgebungssystem der SynView GmbH durchgeführt.

Ziel der Messungen war die Untersuchung inwieweit es die Terahertz- bzw. Millimeterwellenmesstechnik erlaubt die Schichtdicke einer auf Stahlrohren aufgetragenen Kunststoffbeschichtung zu ermitteln.

2 Messergebnisse

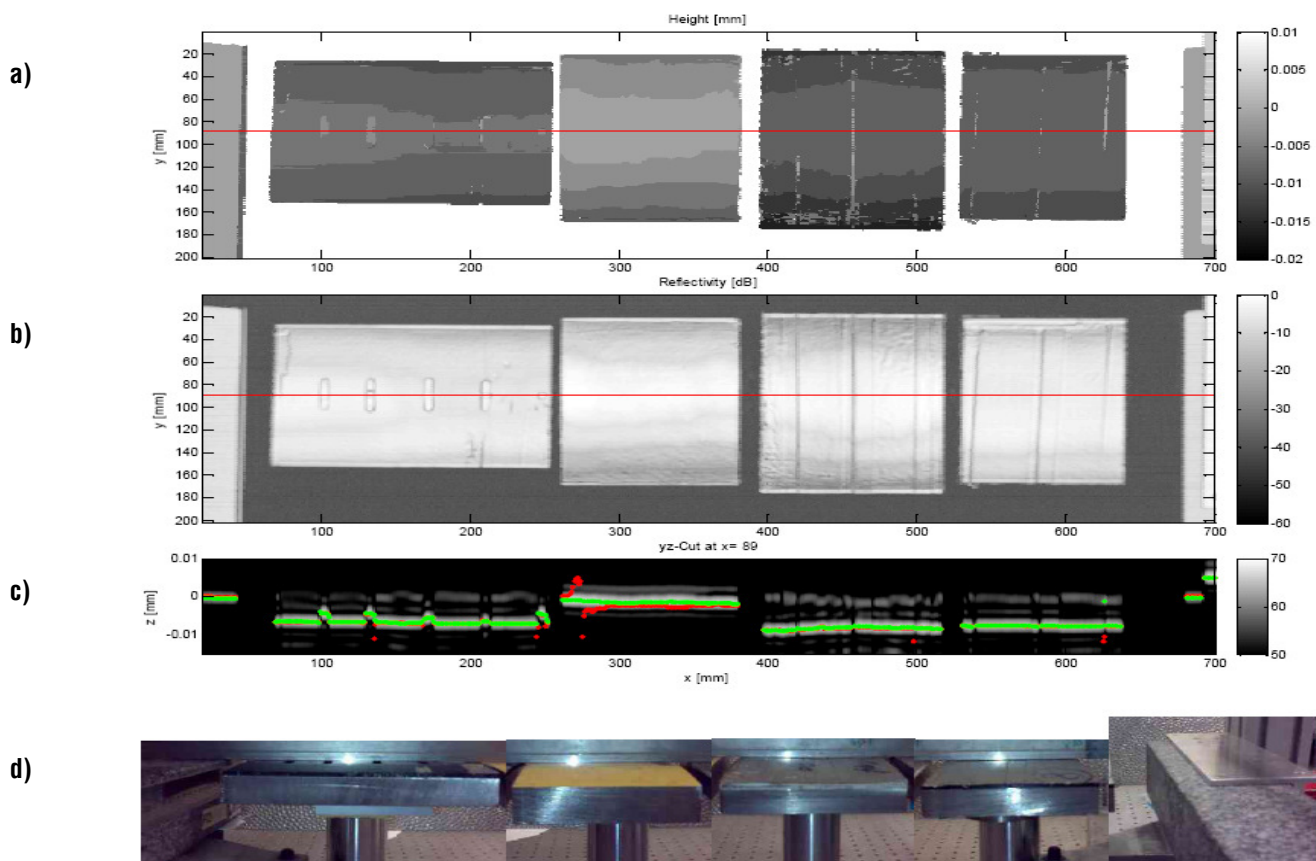


Abb. 1: a) Höhe der Schicht mit dem größten Reflexionsvermögen. b) Reflektivität der Proben. c) Schnittbild des Reflexionsvermögens an der Stelle $y = 89$ mm mit Auswertung der Höhe der maximalen Reflektivität in Grün. Rot dargestellt ist eine Anpassung der Position eines angenommenen metallischen Reflektors. d) Foto von den Proben und der Referenzebene.

Schichtdickenmessung

Der gewonnene 3D-tomographische Datensatz kann auf verschiedene Weise ausgewertet werden:

In Abb. 1 und Abb. 2 sind von oben nach unten dargestellt: a) die gemessene Höhe der Metalloberfläche im mm relativ zur Referenzebene, b) die Reflektivität der Metalloberfläche [dB], c) ein Schnittbild der Rückstreuichte an der Position $y=89$ mm (Probenmitte), d) ein Foto der Proben von der Seite.

In dem Schnittbild der Rückstreuichte wurde zusätzlich auf zwei unterschiedliche Arten die genaue Position der Metalloberfläche ermittelt. a) In Grün: Hier wurde einfach das Maximum der Rückstreuichte bestimmt. b) In Rot: Hier wurde das Signal einer einfachen Metalloberfläche simuliert und dabei der Abstand angepasst, so dass die simulierten Daten möglichst gut mit den Messdaten übereinstimmen. Die letztgenannte Methode ist grundsätzlich sehr genau (bis zu $10\ \mu\text{m}$ Auflösung) führt aber aufgrund der zusätzlichen Reflektivität der Kunststoffoberfläche teilweise zu Artefakten.

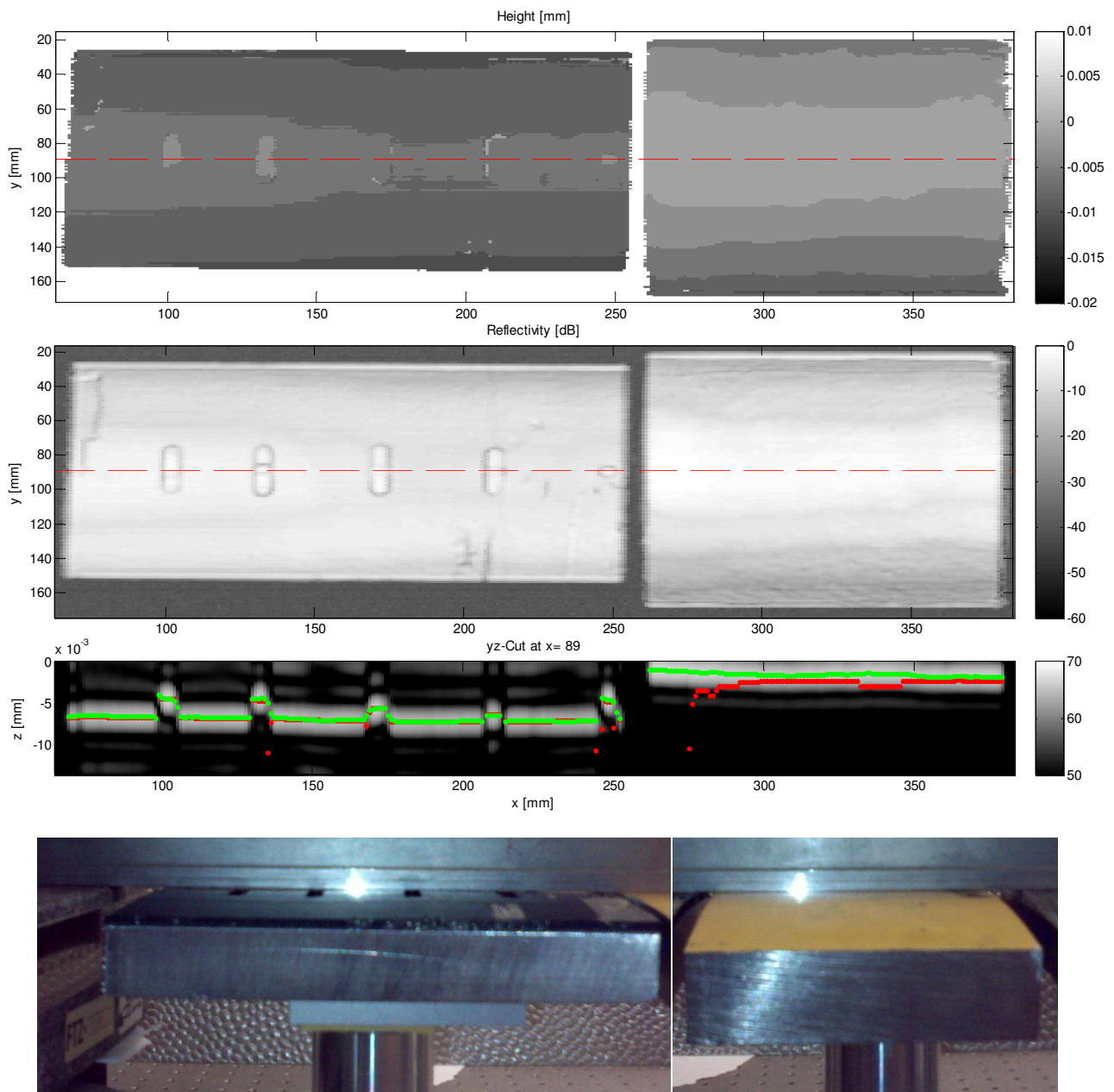


Abb. 2: Ausschnittsvergrößerung von Abb. 1 für die linken zwei Proben.



3 Diskussion der Messergebnisse

Die Reflektivität der Metalloberfläche kann mit hoher Qualität bestimmt werden. Ungleichmäßigkeiten, wie Klebebandüberlappungen werden gut erkannt.

Für die Diskussion der Tiefenprofile muss zunächst ausgeführt werden, dass die Messung auf der Signallaufzeit des reflektierten Signals basiert. Dabei wurde für die Darstellungen jeweils die Ausbreitungsgeschwindigkeit in Luft/Vakuum angenommen. Innerhalb der Kunststoffbeschichtung ist die Signallaufzeit etwa um den Faktor 1,5 länger. Man erkennt diesen Effekt deutlich in dem Profilbild in Abb. 1c. Die Tiefe der linken zwei Nuten welche bis auf das Metall durchgehen wird mit etwa 4 mm bestimmt, während die Metalloberfläche neben den Nuten bei etwa 6 mm Tiefe erscheint. Mit der Information über die verlangsamte Signalausbreitung kann man aus diesen gemessenen 6 mm die Dicke der Beschichtung von etwa 4 mm errechnen. Voraussetzung hierfür, ist lediglich dass man die Position der Kunststoffoberfläche als Referenz kennt.

Die Profildaten zeigen auch, dass für die Proben mit dicker Beschichtung (ca. 4mm) sowohl die Reflexion von der Metalloberfläche (stark) als auch von der Kunststoffoberfläche (schwach) erkannt wird. Damit kann die Referenz (Kunststoffoberfläche) für die dickeren Proben prinzipiell aus den THz-Daten gewonnen werden. Da das Signal jedoch recht schwach ist, wird die hier erreichbare Genauigkeit vermutlich limitiert, so dass eine Ermittlung der Referenz (Kunststoffoberfläche) besser durch definierte Probenpositionierung oder durch Messung mit einem Laser oder Ultraschall-Entfernungsmesser erfolgen sollte.

Die Höhenbilder der Proben zeigen zunächst klar die gekrümmte Probenoberfläche. Weiter ist deutlich zu erkennen, dass die Beschichtung der zweiten Probe von links deutlich dünner ist. An der Probe mit den Nuten sieht man deutlich, den Laufzeitunterschied, welcher dazu führt, dass die Metalloberfläche durch die Kunststoffoberfläche tiefer erscheint als im Bereich der Nuten.

An der dritten Probe von Links kann man gut erkennen, wie sich eine unterschiedliche Dicke der Beschichtung auswirkt. Die Beschichtung der Probe ist links dicker als rechts. Dadurch biegt sich die Kunststoffoberfläche im linken Teil nach oben, was im Schnittbild deutlich erkennbar ist. Zusätzlich ist aber durch die größere Dicke die Laufzeit zur Metalloberfläche länger, so dass die Metalloberfläche im Profilbild scheinbar nach unten gebogen erscheint. Die Differenz zwischen beiden Signaturen erlaubt dann die absolute Bestimmung der Beschichtungsdicke.

Die zweite Probe von Links zeigt, dass auch die Dicke von dünnen (ca. 1 mm dicken) Kunststoffbeschichtungen gut bestimmt werden kann, wenn die Position der Kunststoffoberfläche bekannt ist.

4 Vorgehensweise

Die Messungen wurden durchgeführt mit dem SynViewScan 300 3D THz Bildgebungssystem, das in Abb. 3 dargestellt ist. Das SynViewScan wurde von der Firma SynView, einem Spin-Off der Universität Frankfurt entwickelt. Das System erlaubt eine vollständige 3D-tomographische Bildgebung im Frequenzbereich von 0.23 - 0.32 THz von Messobjekten mit einer Größe bis zu 600 x 700 mm. Die Messzeit hierbei beträgt abhängig von der gewünschten Ortsauflösung etwa 15-30 Minuten. Der Messkopf (SynViewHead 300) alleine erlaubt die Messung eines Tiefenprofils an einem Punkt innerhalb von 240 μ s, so dass bis zu 4000 Messungen je Sekunde möglich sind.

Für die Messungen wurden 4 unterschiedliche Proben verwendet. Dabei hatte eine der Proben (links in Abb. 1 und Abb. 2) zusätzlich unterschiedlich tief eingefräste Nuten, um eine unterschiedlich Dicke der Kunststoffbeschichtung zu simulieren. Die Proben wurden nebeneinander im Gerät platziert und mit Hilfe eines Stahllineals so ausgerichtet, dass sich die Kunststoffoberfläche aller Proben auf einer Referenzebene befand (siehe Abb. 1 und Abb. 2 jeweils unten). Für die Messungen wurde das Stahllineal entfernt. Die Auflagepunkte



Schichtdickenmessung

links und rechts wurden jedoch als Referenzpunkte beibehalten und mit vermessen. Die Durchführung der 3D-Messung für alle Proben benötigt etwa 10 Minuten. Ein einzelner Linear-Scan entlang aller Proben (wie er für die Schnitt- und Profilbilder benötigt wird) dauert nur etwa 3 Sekunden.

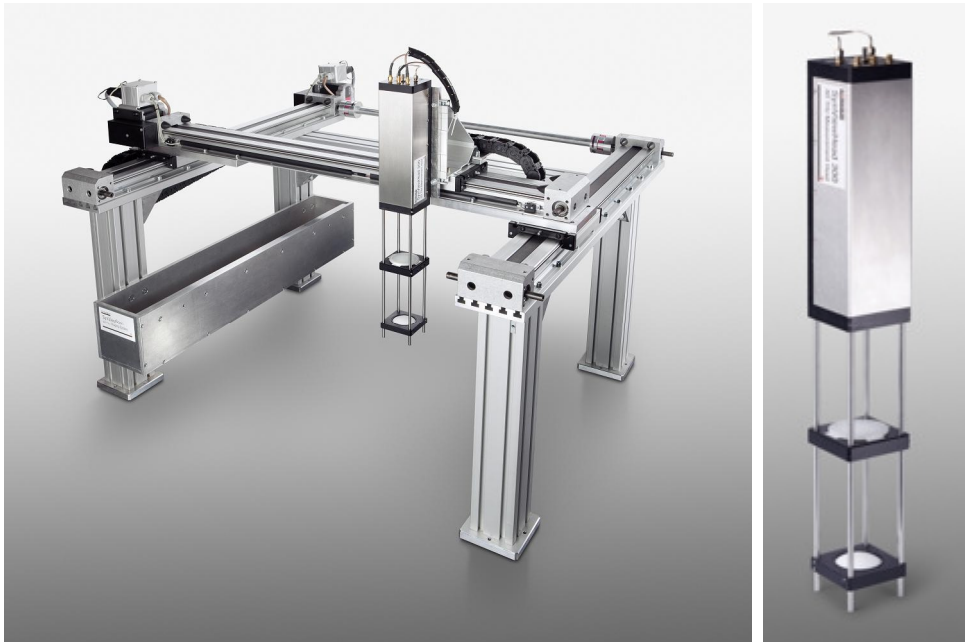


Abb. 3: Links: Foto des SynViewScan 300 Systems. Rechts: SynViewHead 300.

5 Zusammenfassung

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Beschichtungsdicke der Proben mit einer hohen Genauigkeit von besser als 1 mm aus den Bilddaten bestimmt werden kann, wenn die Position der Kunststoffoberfläche bekannt ist. Einzelpunktmessungen mit dem Messkopf erlauben sogar deutlich genauere Messungen mit Genauigkeiten im Bereich von einigen 10 μm .

Damit sollte die Entwicklung eines On-Line Messkopfes, welcher die Beschichtungsdicke aus der Differenz einer Laser- oder Ultraschallentfernungsmessung der Oberfläche und der Entfernung zur Metalloberfläche mit dem THz-Sensor ermittelt realistisch möglich sein. Ein solcher Messkopf könnte Messraten von mehreren 1000 Messungen pro Sekunde erreichen.

Bitte sprechen Sie uns an um mehr Informationen oder ein Angebot zu erhalten:

www.synview.com

info@synview.com

Tel.: + 49 6172 38 800 0

