

Bestimmung der Richtcharakteristik von Senkrecht- und Winkelprüfköpfen in Kontakttechnik

Daniel KOTSCHATE¹, Silvia MEINIG¹, Thomas HECKEL¹

¹ BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Kurzfassung. Für den stetigen Einsatz und die erhöhten Anforderungen bei der mechanisierten Prüfung sowie in der Handprüfung ist notwendig, einen möglichst genauen Eindruck bzgl. Funktionsweise und Zuverlässigkeit der eingesetzten Prüfmittel zu besitzen. Prüfköpfe weisen, wie jedes andere technische Erzeugnis gewisse Toleranzen hinsichtlich Fertigungs- und Alterungsprozessen auf, welche sich speziell bei Winkelprüfköpfen durch eine Verschiebung des Nominalwinkels äußern können. Die Definition der Parameter von Prüfköpfen und entsprechende Methoden zu deren Überprüfung sind in der DIN EN 12668-2 geregelt.

Von der BAM werden für diese Aufgaben Richtcharakteristikmessplätze eingesetzt. Um auf die gestiegenen Anforderungen hochauflösender Prüfungen zu reagieren wurde der Richtcharakteristikmessplatz modernisiert. Dabei wurde für die teil-automatisierte Untersuchung der akustischen Parameter (z.B. Einschallwinkel) unter Verwendung digitaler Messdatenverarbeitung - ein neuer Messplatz für die Überprüfung sowie Untersuchung von Prüfkopftoleranzen und Alterungsprozessen realisiert. Der Messplatz verfügt über eine hochauflösende Messdatenerfassung sowie einer automatisierten Protokollierung der erhobenen Messdaten.

Einführung

Das bei der mechanisierten Prüfung sowie bei der konventionellen Handprüfung eingesetzte Ultraschall-Equipment bedarf einer stetigen Kontrolle hinsichtlich seiner physikalischen Eigenschaften und technischen Funktionsweise. Dabei treten – wie bei jedem technischen Erzeugnis – Toleranzen bezüglich der Fertigung auf, welche durch Verschleiß- und Alterungsprozesse verstärkt werden können.

Um entsprechend belastbare Prüfergebnisse erzielen zu können ist somit auch eine stetige Überprüfung der Ausrüstungsgegenstände nach DIN EN ISO 12668-3 notwendig. Unterstützend zur schnellen Vor-Ort-Überprüfung von x-Maß und Nenn-Einschallwinkel durch den Kalibrierkörper 1 (K1) oder Kalibrierkörper 2 (K2), wurden schon frühzeitig entsprechende Messaufbauten in der BAM etabliert und stetig modernisiert, um den wachsenden Anforderungen hochauflösender Prüfungen und der stets fortschreitenden Sensorik gerecht werden zu können.



Messaufbau

Für die Charakterisierung von Prüfköpfen wurden daher entsprechende Prüfkörper aus isotropen feinkörnigem Stahl in vier Halbzylindern mit unterschiedlichen Radien (Abb. 1 : Schematische Darstellung) angefertigt. Der zu untersuchende Prüfkopf wird auf der Grundfläche positioniert und mittels einer entsprechenden Feinmechanik der Schallaustrittspunkt bezüglich der Bauteilmitte zentriert und somit kann die Bestimmung des x -Maßes unter Zuhilfenahme der Entfernung zur Bauteilkante erfolgen. Entlang der Mantelfläche wird motorisiert eine elektrodynamische Sonde geführt, welche zur Detektion der Teilchenauslenkung entlang der Grenzfläche genutzt wird und somit Rückschlüsse auf die Richtwirkung des Prüfkopfs erlaubt. Zusätzlich zum mechanischen Aufbau des Prüfgegenstands wurden die Messdatenaufnahme, die Ultraschallerzeugung sowie die Steuerung des Motorarms modernisiert und durch entsprechenden Softwarekomponenten als Bedienprogramm umgesetzt. Somit ist es möglich, den Ablauf der Messung aus Softwareumgebungen wie beispielsweise LabVIEW heraus anzusprechen und zu steuern.

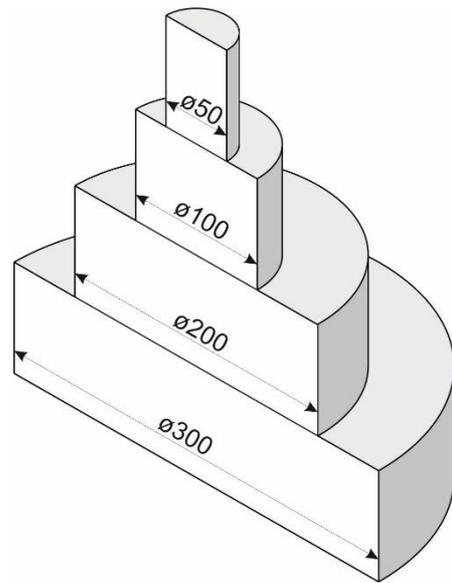


Abb. 1 : Schematische Darstellung

Physikalisches Wirkprinzip

Trifft eine propagierende Welle auf eine Grenzschicht mit niedriger akustischer Impedanz, wird sie gemäß Brechungsgesetz nahezu vollständig reflektiert und eine Wellenausbreitung im angrenzenden Medium ist aufgrund der starken Dämpfung nicht möglich. Jedoch ist bedingt durch der Trägheit der ausgelenkten Teilchen eine Teilchenauslenkung nahe der Grenzfläche durchaus mess- und nachweisbar. Als passende Sensorik haben sich bereits in der Vergangenheit ([1] und [2]), elektrodynamische Sonden als geeignet erwiesen um die Teilchenauslenkung von akustischen Wellen in Festkörpern messtechnisch zu erfassen und entsprechend zu visualisieren.

Technische Spezifikationen

Zur Aufzeichnung und Vorverarbeitung der gewonnenen Messsignale verfügt der Messplatz über eine DAQ-Karte mit 100 MHz Abtastrate und 14-Bit Amplitudenaufösung. Somit ist es möglich Senkrechtprüfköpfe, sowie Winkelprüfköpfe bis hin zu einer Prüfkopfnennfrequenz von 10 MHz qualitativ als auch quantitativ zu untersuchen. Die Vorverstärkung und Bandbegrenzung kann sowohl innerhalb des analogen als auch im digitalen Signalverarbeitungspfad zu variiert werden. Durch diese Optionen ist es weiterhin möglich eine optimale Anpassung an den zu untersuchenden Prüfkopf zu gewährleisten.

Messdatenaufnahme

Wie bereits beschrieben erfolgt die Gewinnung des Messsignals unter Einsatz von elektrodynamischen Sonden. Diese wandeln die Teilchenauslenkung auf der elektrisch leitenden Mantelfläche in eine zur Schallschnelle proportionalen Spannung um. Die

Umwandlung des Signals erfolgt durch eine lokale Magnetisierung der Oberfläche mittels der elektrodynamischen Sonden. Die Auslenkung der Teilchen modelliert die vorgegebene Magnetisierung, wodurch das Messsignal generiert wird.

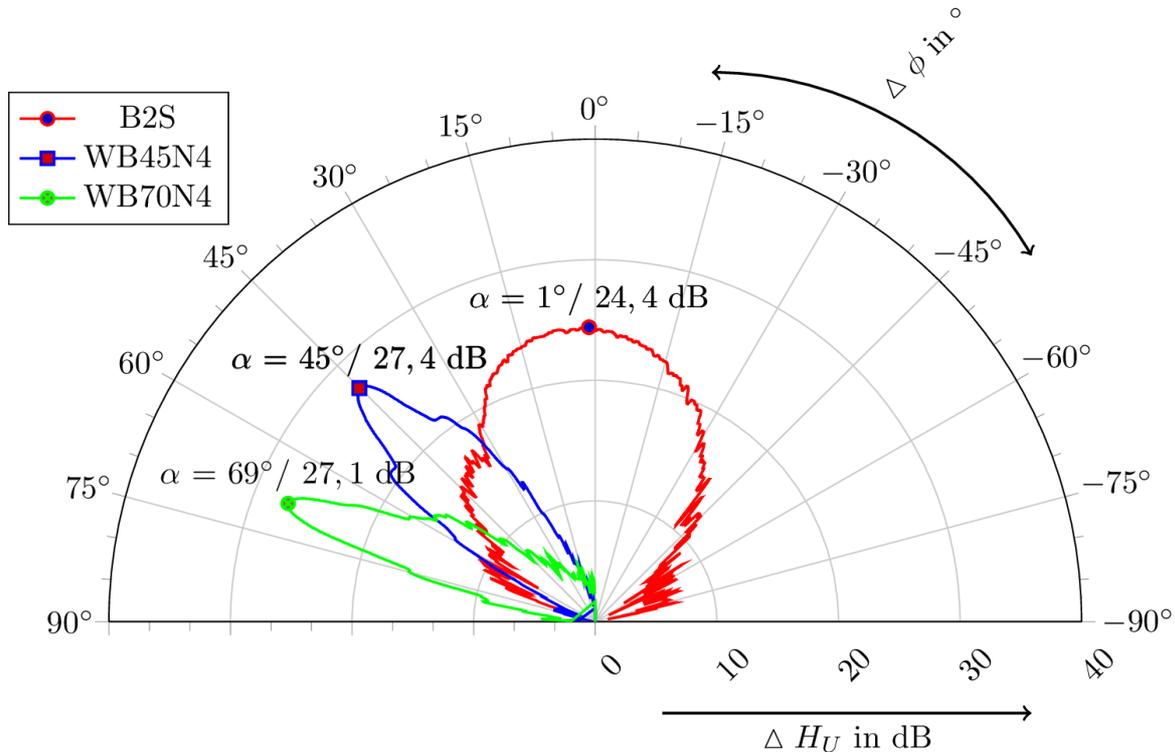


Abb. 2: Richtcharakteristik (WB45-N4, WB35-N4 und B2S)

Parallel zur Aufnahme der Richtcharakteristik erfolgt die Quantisierung des ersten Rückwandechos in hochfrequenter Darstellung, welches zur zeitlichen und spektralen Charakterisierung des Prüfkopfs genutzt werden kann.

Unter der Annahme, dass der Prüfkopf hinsichtlich seines Schallaustrittspunktes auf dem Mittelpunkt des Halbzylinders justiert wurde, kann die Vorlaufstrecke durch eine Einpunkt-Entfernungsjustierung bestimmt werden. Durch die Kenntnisse des genutzten Halbzylinders, der Schallgeschwindigkeit und der Position des Rückwandechos, kann somit die Vorlaufstrecke rechnergestützt und automatisch bestimmt werden.

Zur Bestimmung der Impulsbreite wird zunächst die Einhüllende des Signals berechnet und die 20 dB-Abfälle bezogen auf das Maximum der Einhüllenden ermittelt. Der Abstand zwischen beiden Punkten ist als Impulsdauer definiert und stellt das zeitliche Auflösungsvermögen des Prüfkopfs dar.

Signalverarbeitung und Weiterverarbeitung

Ausgehend von der bestimmten Richtcharakteristik ist es nun durch entsprechende Weiterverarbeitung möglich, Parameter wie den Divergenzwinkel und die Bündelbreite, also das laterale Auflösungsvermögen, aus den erhobenen Messwerten zu extrahieren. Weiterhin ist es möglich durch Nutzung des HF-Signals der Rückwand die zeitliche Auflösung durch Bestimmung der Pulsbreite zu charakterisieren und zu dokumentieren. Durch die Überführung des Signals mittels der Fourier-Transformation in den Frequenzbereich ist es darüber hinaus möglich die Mittenfrequenz sowie die Bandbreite des Prüfkopfes zu ermitteln. Neben der Bestimmung der relevanten Daten innerhalb der Messsoftware, sind alle

Messdaten als MATLAB-Datensatz verfügbar und können zur Weiteruntersuchung beziehungsweise Visualisierung durch MATLAB oder GNUPlot eingesetzt werden.

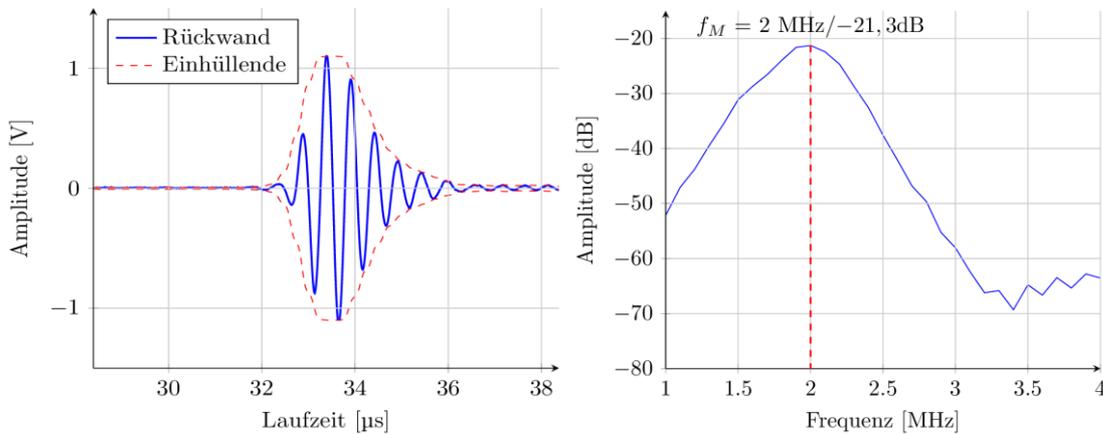


Abb. 3: Einhüllende und Spektrum des ersten Rückwandsignals

Protokollierung und Qualitätssicherung

Zur Protokollierung und Archivierung der gewonnenen Ergebnisse, können gemessene und abgeleitete Parameter und Grafiken zum untersuchten Prüfkopf, automatisiert, innerhalb einer PDF abgelegt und dem Kunden übergeben werden. Dabei werden sowohl angegebene Hersteller-Parameter als auch die messtechnisch bestimmten Werte in das Protokoll übernommen und entsprechend dokumentiert.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die notwendigen physikalischen Parameter zur Charakterisierung von Ultraschallprüfköpfen halbautomatisiert messtechnisch erfasst und dokumentiert werden können. Dabei können Winkelabhängigkeit (Richtcharakteristik), Divergenzwinkel, sowie Amplitudenspektrum durch den Einsatz von elektrodynamischen Sonden berührungslos erfasst werden.

Referenzen

- [1] H. Wüstenberg Berührungslose elektrodynamische Ultraschallwandler und ihre Verwendung in der Ultraschallprüfung Report Nr. B 4 Preprints 6. ICNT Vol. B, 1970
- [2] U. Völz, H. Mrasek, K. Matthies Untersuchungen zur Schallausbreitung in anisotropen Schweißverbindungen von Nickellegierungen mit Hilfe der Visualisierung von Schallfeldern mit elektrodynamischen Sonden DGZfP-Jahrestagung 2008 <http://www.ndt.net/article/dgzfp2008/Inhalt/p18.pdf>