

Verfahren zur empfindlichen Ultraschallprüfung an rohgeschmiedeten Oberflächen

Roman PINCHUK*, Andrey BULAVINOV**

* Fraunhofer-IZFP (Universität, Campus E3.1, 66123 Saarbrücken/
roman.pinchuk@izfp.fraunhofer.de)

** I-Deal Technologies GmbH (Universität, Campus E3.1, 66123 Saarbrücken/
andrey.bulavinov@i-deal-technologies.com)

Kurzfassung. Der aktuelle Beitrag stellt eine neuartige Methode zur mechanisierten und automatisierten Ultraschallprüfung von Objekten und Komponenten mit besonders komplexen Ankoppelbedingungen in Folge rauer Oberfläche.

Das Verfahren ist einsetzbar sowohl bei der konventionellen Impuls/Echo Prüfung mit handelsüblichen Ultraschallwandlern, als auch bei der Prüfung mit modernen Phased Array Systemen.

Einführung

Die Werkstoffprüfung von massiven Stahlerzeugnissen auf Volumenfehler kann ausschließlich mittels Ultraschall erfolgen, denn andere Prüfverfahren weisen kein ausreichendes Eindringungsvermögen auf.

Die Ankopplung des Ultraschalls bei piezoelektrischer Anregung kann nur mittels eines Koppelmediums (Öl, Wasser u.a.) erfolgen. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Oberflächenzustand, von dem die Qualität der Ankopplung abhängt.

Um eine reproduzierbare und empfindliche Prüfung zu gewährleisten, werden die Stahlrohlinge (beispielsweise Stabstahl) abgedreht. Der höhere Bearbeitungsgrad führt im Falle eines aufgefundenen Materialfehlers zu höheren Ausfallkosten.

Eine Ultraschallprüfung an unbearbeiteten, z.B. rohgeschmiedeten Oberflächen bietet wegen erheblicher Ankopplungsverluste keinen ausreichenden Fehlernachweisvermögen und kann nur sehr schlecht oder gar nicht automatisiert werden. Dabei kann wegen unebenen Ankoppelflächen keine regelmäßige Abdeckung des Bauteilvolumens gewährleistet werden.

Der Vortrag präsentiert eine neuartige Ultraschallprüftechnik und beruht auf einem neuen messtechnischen Ansatz, der u.a. eine statistische Auswertung der Amplitudenwerte der Ultraschallsignale verwendet.

Die Prüfung kann mittels handelsüblicher Ultraschallwandler mit Auswertung nach gültigen Prüfregelwerken durchgeführt werden.

Der messtechnische Ansatz

Bei einer mechanisierten bzw. automatisierten Datenaufnahme werden mehrere Messsignale zusammengefasst. Dies kann sowohl in einer Prüfposition (statische Messung), als auch bei einem sich bewegenden Ultraschallwandler geschehen (Abb. 1).

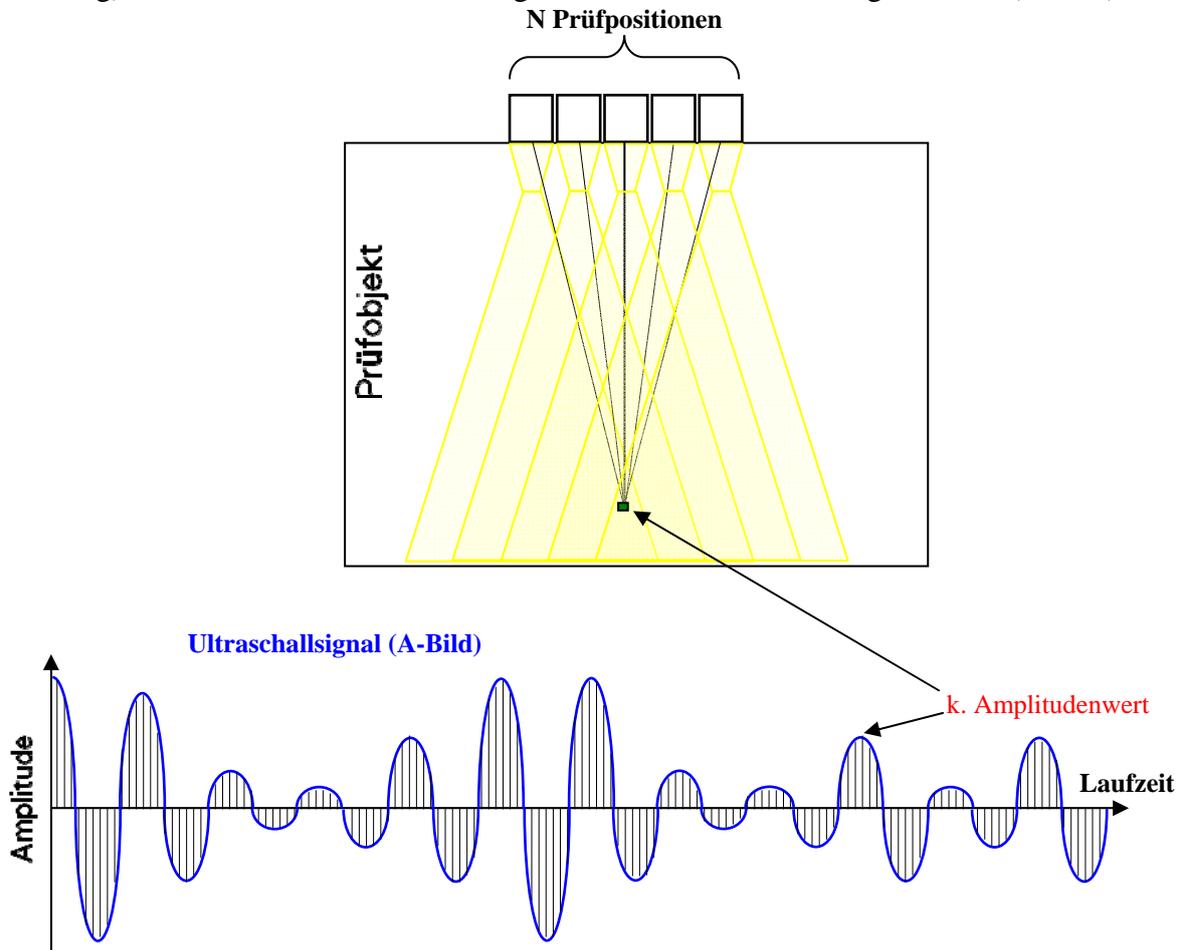


Abb. 1: Zusammenfassung von Amplitudenwerten

Im Gegensatz zur örtlichen Mittelung, die z.B. die „Synthetische-Apertur-Fokus-Technik“ (SAFT) realisiert, werden in der neuen Methode die Prinzipien der so genannten „schwachen“ Statistik zur Verbesserung des Signal/Rausch-Abstandes verwendet. Deren Vorteil besteht darin, dass selbst bei sehr wenigen zusammengefassten Amplitudenwerten eine enorme Verbesserung des Signa/Rausch-Verhältnisses erzielt werden kann.

Dabei werden sowohl elektrische Störsignale und Rauschen, als auch bei sich bewegendem Ultraschallsensor das durch die Streuung verursachte akustische Rauschen oder Wellenumwandlungssignale effektiv unterdrückt.

2. Anwendungsbeispiele

Im Folgenden werden einige Anwendungsbeispiele der neuen Filterungstechnik dargestellt.

2.1 Prüfungen an rohgeschmiedeten Objekten

Die Ultraschallprüfung der Schmiedeprodukte in einem möglichst frühen Stadium ist eine wirtschaftlich sinnvolle Aufgabenstellung, denn jede weitere Bearbeitungsstufe erhöht die Herstellungskosten eines Produktes.

Leider ist eine solche Prüfung in einem nur sehr begrenzten Umfang möglich, da durch die Welligkeit und Rauigkeit der Oberfläche des Prüflings keine stabile Ankopplung und wesentliche Empfindlichkeitsverluste und Schwankungen verursacht werden.

Abb. 2 stellt einen Versuchsaufbau dar, in dem ein rohgeschmiedeter Stab in Tauchtechnik geprüft wurde.



Abb. 2: Versuchsaufbau

Zur Untersuchung des Fehlernachweisvermögens wurden in einer Axialposition des Stabes zwei Kreisscheibenreflektoren (Durchmesser 3mm und 5 mm) eingebracht.

An dieser Axialposition erfolgte eine Datenaufnahme über den gesamten Stabumfang, indem der Stab um seine Achse gedreht wurde (siehe Abb. 3).

Die Ultraschallprüfung wurde mit einem handelsüblichen Ultraschallwandler S24W4 von der Firma Karl Deutsch (Prüffrequenz 4 MHz) durchgeführt.

Skizze des Stabstahltestkörpers mit zwei künstlichen Fehlern:

Fehler 1:

Kreisscheibenreflektor \varnothing 5 mm (KSR5)

Fehler 2:

Kreisscheibenreflektor \varnothing 3 mm (KSR3)

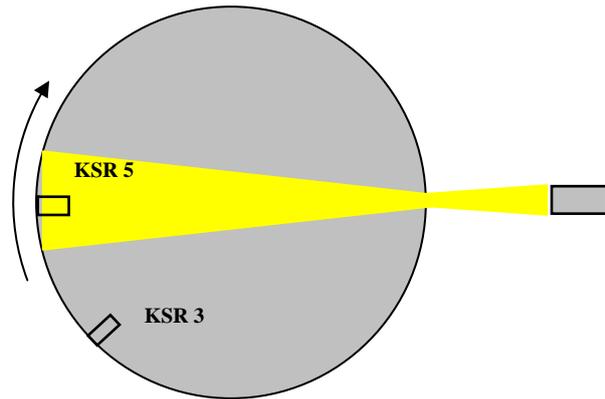
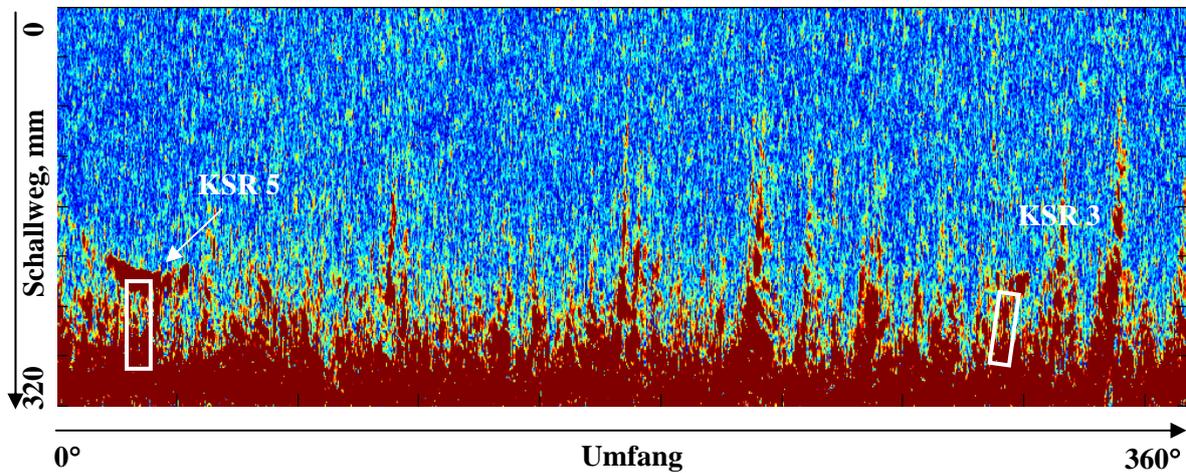


Abb. 3: Prüfanordnung bei der Datenaufnahme

Die Ultraschallprüfergebnisse in Form von B-Bildern sind in Abb. 4 dargestellt.

B-Bild ohne Rauschunterdrückung



B-Bild mit Rauschunterdrückung

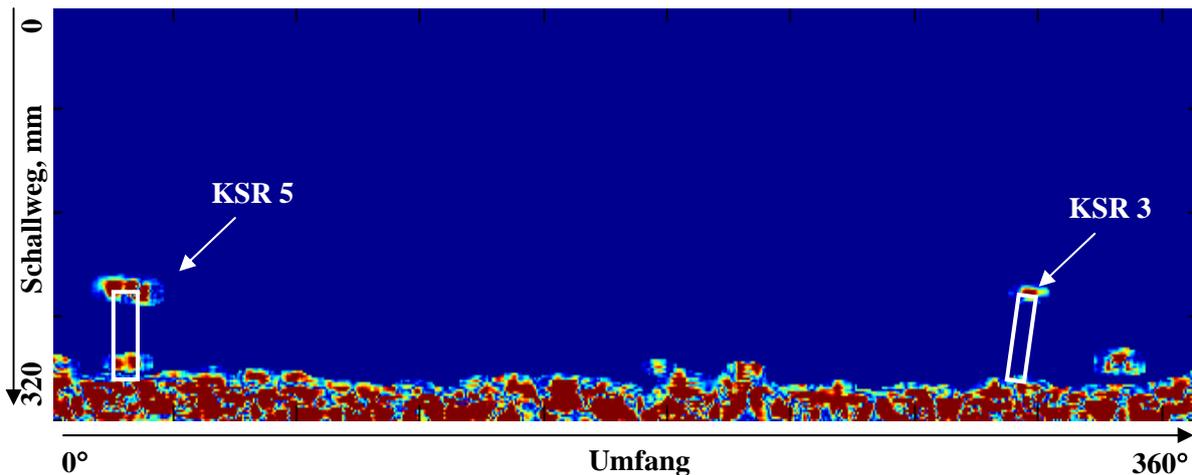


Abb. 3: Prüfanordnung bei der Datenaufnahme

Den Ergebnisbildern kann entnommen werden, dass der Signal/Rausch-Abstand bei der konventionellen Datenaufnahme und Signaldarstellung keinen eindeutigen Fehlernachweis gestattet, während die Ultraschallprüfergebnisse beim Einsatz der neuen Filterungstechnik eine drastische Verbesserung des Fehlernachweisvermögens und damit eine klare Detektion von eingebrachten Testfehlern ermöglicht.

2.2 Verbesserung der Prüfeempfindlichkeit bei der Prüfung von stark streuenden Materialien

Das beschriebene Prüfverfahren ist auch für die Erhöhung der Prüfeempfindlichkeit an stark streuenden Werkstoffen, wie z.B. Eisenguss geeignet. Die Abb. 4 stellt Ergebnisse der Anwendung der Signalfilterung bei Prüfungen an einem massiven Gussbauteil (Wanddicke 1.8 Meter).

Der Abbildung kann entnommen werden, dass auch die durch grobes Gefüge des Bauteils verursachte Streusignale effektiv unterdrückt werden können, ohne das Nutzsignal vom Testfehler (Kreisscheibenreflektor $\varnothing 6$ mm) zu beeinträchtigen.

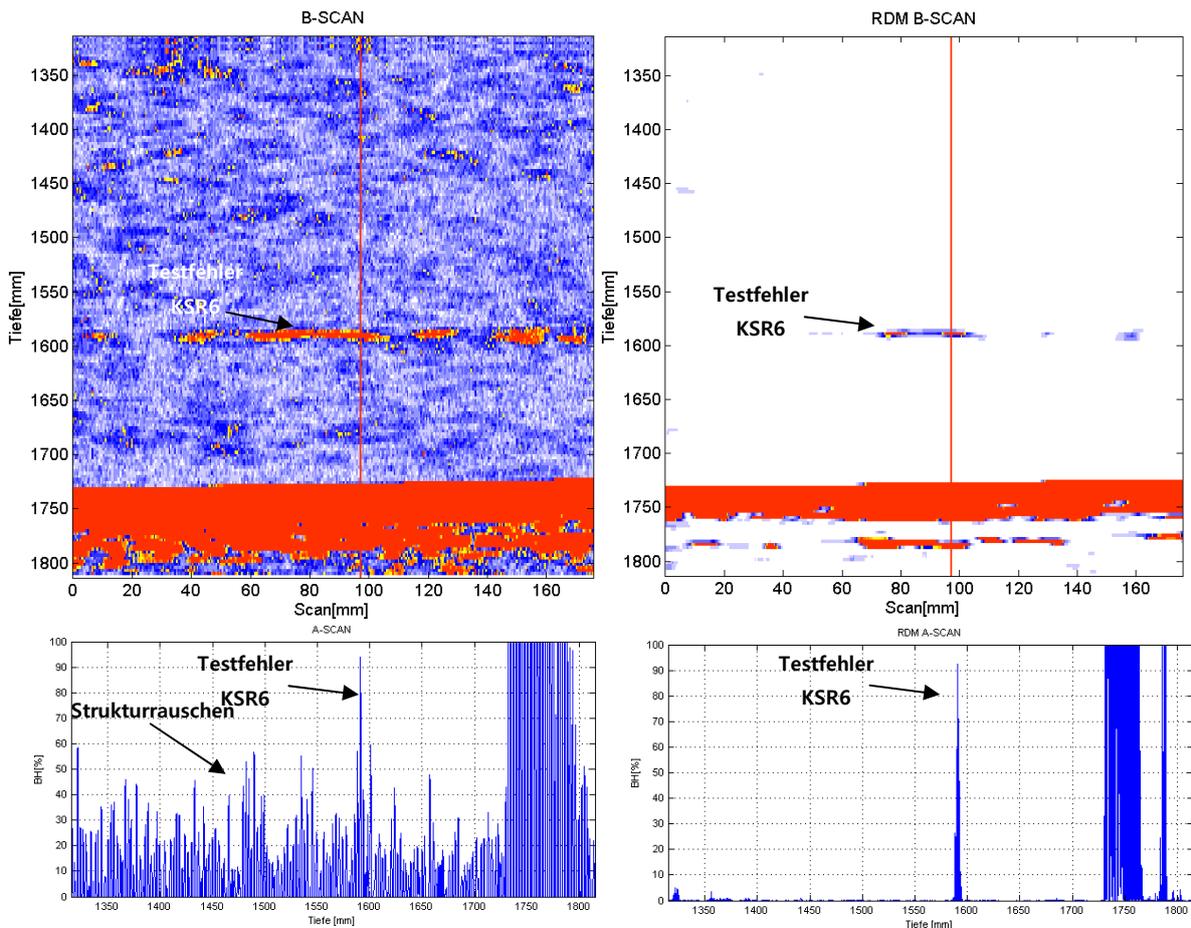


Abb. 4: Verbesserung der SRA bei Prüfungen an massiven Gussbauteilen

3. Mögliche Anwendungsfelder des Filterungsverfahrens

Das neue Prüfverfahren kann bei allen Prüfanwendungen eingesetzt werden, die eine besonders hohe Prüfeempfindlichkeit erfordern bzw. bei denen es sich um die Ultraschallprüfung von stark streuenden oder inhomogenen Werkstoffen handelt. Dazu zählen z.B.:

- Prüfungen an Objekten mit rauen, irregulären Oberflächen (z.B. rohgeschmiedete Komponenten)
- Prüfungen von Materialien mit grobem Gefüge (z.B. Guss, austenitische Stähle)
- Prüfungen von inhomogenen Strukturen (Beton, Kunststoffe)

Einer der Vorteile des Verfahrens besteht in Berücksichtigung sowohl der Amplitude, als auch der Phase der Ultraschallsignale bei der Filterung. Damit kann diese

Technik bei den traditionellen Ein- bzw. Mehrkanal-Prüfanwendungen mit dem Einsatz von gängigen Auswertungsmethoden (z.B. AVG), sowie bei modernen Prüfverfahren wie Phased Array oder Sampling Phased Array angewendet werden.

Ein weiterer Vorteil der Methode ist ihre Realisierbarkeit in modernen Hardwarekomponenten z.B. auf der Basis der „Field Programmable Gate Array“-Technik (FPGA), sowie in der Software.

4. Zusammenfassung

Eine neuartige Prüfmethode zur Verbesserung der Prüfempfindlichkeit von Ultraschallprüfgeräten, Prüfsystemen und Prüfanlagen wurde entwickelt und an einigen Anwendungsbeispielen erprobt.

Die Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchungen weisen auf ein hohes Potential des Verfahrens für ein breites Spektrum der Prüfanwendungen.

Referenzen

Den Autoren sind keine wissenschaftlichen Arbeiten und technische Lösungen bekannt, die gleiche oder ähnliche Ansätze zur Verarbeitung von Ultraschallsignalen realisieren.