

Quantitative Charakterisierung von Punktschweißverbindungen mittels Ultraschallmikroskopie unter besonderer Berücksichtigung von Oberflächentopographie und Gefügedämpfung

Raffael HIPPE¹, Andreas GOMMLICH¹, Frank SCHUBERT¹, Christoph GROßMANN²

¹ Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Dresden

² Technische Universität Dresden, Dresden

Kurzfassung

Das Widerstandspunktschweißen ist in der blechverarbeitenden Fertigung ein etabliertes Fügeverfahren. Der weitverbreitete Einsatz in der Automobil- und Geräteproduktion ist auf die hohe Wirtschaftlichkeit und Prozesssicherheit zurückzuführen. Bei dem Schweißprozess entsteht zwischen den Fügepartnern eine stoffschlüssige Verbindung (Schweißlinse), die von außen nicht sichtbar und somit nicht ohne weiteres messbar ist. Für die Qualitätsbewertung ist jedoch die effektive Größe der Schweißlinse von zentraler Bedeutung. Nach dem aktuellen Stand der Technik erfolgt entweder eine Stichprobenkontrolle mit einem zerstörenden Verfahren oder mit Hilfe von Ultraschall. Bei der zerstörenden Prüfung ist die Aussage bezüglich der Qualität der Fügeverbindung am Bauteil selbst nicht möglich. Die Ultraschallprüfung stellt dem Meißeltest ein Verfahren gegenüber, mit dem die Fügeverbindungen während der Produktion zerstörungsfrei geprüft sowie unmittelbar und umfassend charakterisiert werden können. Aktuell sind bei Ultraschallmessungen integrale A-Bilder sowie grob aufgelöste C-Bilder möglich. Bisher wurde bei bildgebenden Verfahren nur die laterale, nicht aber die vertikale Ausdehnung der Schweißlinse erfasst und ausgewertet. Erst die vollständige Beschreibung der Geometrie und des Gefüges einer Schweißung wäre die Voraussetzung für eine zuverlässige Qualitätsbewertung.

In dieser Arbeit wird ein Verfahren vorgestellt, mit welchem bei Widerstandspunktschweißungen mittels der Ultraschallprüfung

- die laterale Ausdehnung der Schweißlinse,
- die Position und Größe von ungeschweißten Bereichen und Fehlstellen bewertet,
- die vertikale Ausdehnung der Schweißlinse analysiert werden kann und
- das Gefüge beurteilt werden kann.

Die Ergebnisse werden an verschiedenen Widerstandspunktschweißungen vorgestellt und diskutiert.



QUANTITATIVE CHARAKTERISIERUNG VON PUNKTSCHWEIßVERBINDUNGEN MIT HF-US

R. Hipp¹, A. Gommlich¹, C. Großmann², F. Schubert¹

¹Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

²Intitut für Fertigungstechnik, Professur für Fügetechnik und Montage der TU Dresden

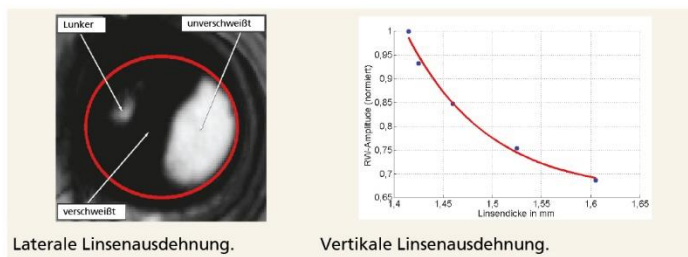
MOTIVATION

Während des Punktschweißprozesses entsteht zwischen den Fügepartnern eine stoffschlüssige Verbindung (Schweißlinse). Mit Hilfe der Ultraschallprüfung können solche Fügeverbindungen zerstörungsfrei geprüft und charakterisiert werden. Bisher wurde entweder nur eine integrale Bewertung der Schweißlinse vorgenommen (A-Bild-Systeme) oder es konnte nur die laterale, nicht aber die vertikale Ausdehnung erfasst und ausgewertet werden (C-Bild-Systeme). Erst beide Ausdehnungen zusammen erlauben die vollständige Beschreibung der Geometrie und des Gefüges einer Schweißung und somit deren zuverlässige Qualitätsbewertung.

MESSPRINZIP ULTRASCHALLMIKROSKOP

Bei einer Impuls-Echo-Messung wird ein Ultraschall-Impuls in das Prüfobjekt gesendet und das reflektierte Signal mit demselben Wandler detektiert. Im Fall einer guten Schweißung erfolgt die Reflexion an der Rückwand (RW), ansonsten bereits am Luftspalt zwischen den Fügepartnern. Typische Prüffrequenzen liegen bei 15-30 MHz.

LATERALE UND VERTIKALE LINSENAUSDEHNUNG

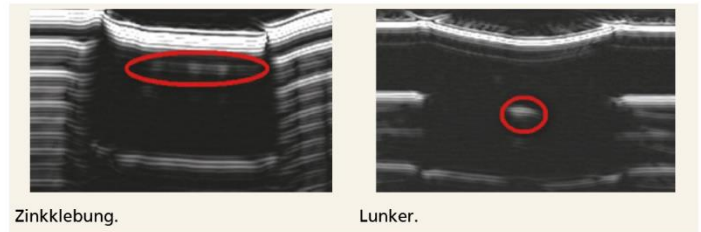


- **Laterale Linsenausdehnung:** Durch die Unterscheidung verschiedener Laufwege und Dämpfungen können verschweißte und unverschweißte Bereiche innerhalb der Fügestelle in Form eines C-Bildes dargestellt werden. Daraus lässt sich die laterale Ausdehnung ermitteln.
- **Vertikale Linsenausdehnung:** Das RW-Echo als Funktion der Linsendicke zeigt einen exponentiellen Zusammenhang, der aus der Wechselwirkung des US mit der größeren Kornstruktur resultiert. Daraus kann nach Kalibrierung die vertikale Ausdehnung bestimmt werden.

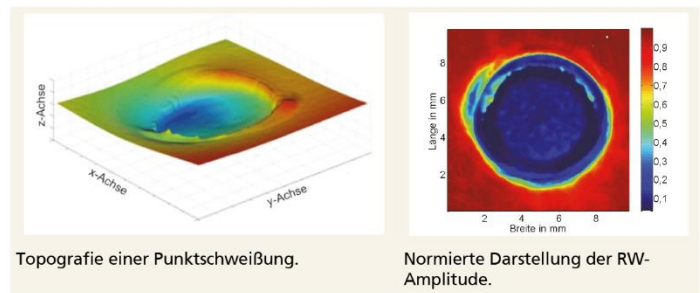
IMPERFEKTIONEN UND UNGÄNZEN

- **Zinkklebungen:** Bei einer Zinkklebung werden beide Bleche durch die aufgeschmolzene Zinkbeschichtung nur unzureichend verbunden. Die Zinkschicht ist im B-Bild als schwacher länglicher Reflektor erkennbar.

- **Lunker (Lufteinschluss):** An einem Lunker wird der Ultraschall totalreflektiert und ist dadurch in den Ultraschallbildern als starker lokaler Streuer identifizierbar.



TOPOGRAPHIE- UND GEFÜGEANALYSE



Die Topographie ist wichtig, um die in die Probe eingebrachten Wellenanteile zu quantifizieren. Das rechte Bild zeigt die normierte Amplitude des RW-Echos. Die rot dargestellte Zone repräsentiert hohe Amplituden für einen unverschweißten Bereich. Im Gegensatz dazu verweist die blaue Farbe auf niedrige Amplituden und einen gut verschweißten Bereich. Innerhalb dieser blauen Zone ist die vergrößerte Kornstruktur der Schweißlinse anhand lokaler Amplitudenfluktuationen erkennbar.

FAZIT

Es zeigt sich, dass mit Hilfe der HF-Ultraschallprüfung Punktschweißverbindungen zerstörungsfrei und ortsaufgelöst analysiert werden können. Die tatsächliche Form und Größe der Schweißlinse lassen sich ebenfalls analysieren und abschätzen. Dabei konnte erstmals neben der lateralen auch die vertikale Ausdehnung der Linse ortsaufgelöst erfasst werden. Zusätzlich können Imperfektionen und Ungängen, wie Zinkklebungen und Lunker, lokalisiert und in ihrer Größe und Lage detektiert werden. Demnach ist eine umfangreiche sichere und zuverlässige Qualitätsbewertung von Punktschweißverbindungen mittels Ultraschall durchführbar.