

Ultraschall-Prüftechniken und Prüfausrüstung für neuartige Schweiß- und Lötverbindungen

Udo SCHLENGERMANN; Joachim WAGNER, GE Inspection Technologies, Hürth

Kurzfassung. Zur Herstellung von Fahrzeugen, von Motoren und Maschinen und zum Bau von Verkehrsanlagen allgemein sind viele neuartige Fügeverfahren entwickelt worden. Diese Verbindungen müssen hohe Anforderungen erfüllen. Zur Qualitätssicherung wird daher immer eine zerstörungsfreie Prüfung gefordert.

Im Automobilbau sind davon Schweißverbindungen an der Karosserie und bei den Antriebsaggregaten betroffen. Berichtet wird über neue Ultraschall-Prüftechniken und die zugehörige Prüfausrüstung für Laserschweißnähte, für Widerstands- und Schutzgas-Schweißungen an der Karosserie, für Elektronenstrahl-Verbindungen an Stoßdämpfern und für Reibschweiß-Verbindungen an Ventilen und Antriebswellen.

Ergebnisse zur Ultraschallprüfung von Reibrührschweißungen an Aluminiumblechen werden ebenfalls vorgestellt.

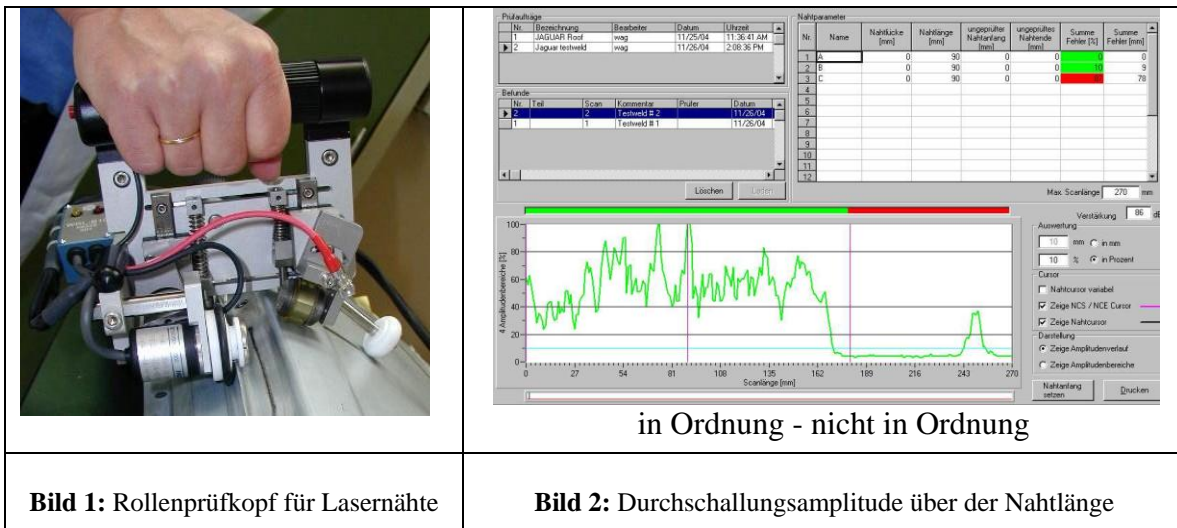
Auch Eisenbahnschienen werden durch Schweißen verbunden. Hier sind neue Prüftechniken und Regeln für aluminothermische und für Abbrennstumpfschweiß-Verbindungen gefragt.

1 Einführung

Fügeverfahren entwickeln sich rasant weiter. Immer mehr Bauteile werden daher durch Schweiß- und Lötverbindungen gefügt. Ein Vorreiter dabei ist die Verkehrstechnik, insbesondere der Automobilbau und die Luftfahrtindustrie. Sowohl sehr dünne wie auch sehr massive Komponenten werden gefügt. Aber diese neuartigen Fügeverfahren für Metalle erfordern auch neue zerstörungsfreie Prüftechniken und die entsprechende Prüfausrüstung. Diese unterscheiden sich zum Teil erheblich von der bekannten Schrägeinschallung an Stumpfschweißnähten, z.B. werden vermehrt Rollenprüfköpfe zur trockenen Ankopplung eingesetzt und Prüfköpfe in speziell angepasste Vorlaufstrecken eingesetzt.

2 Prüftechniken und ihre Anwendungsgebiete


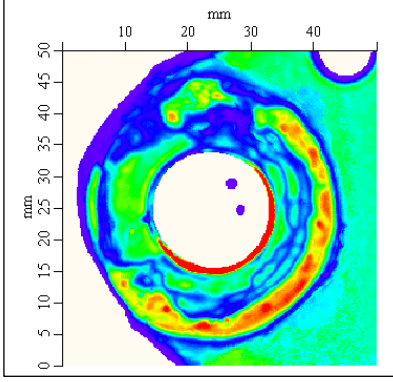
2.1 Laserschweißen



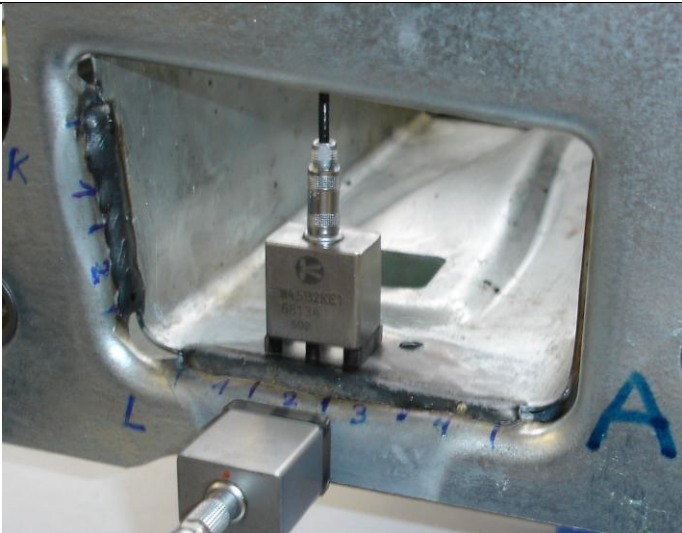
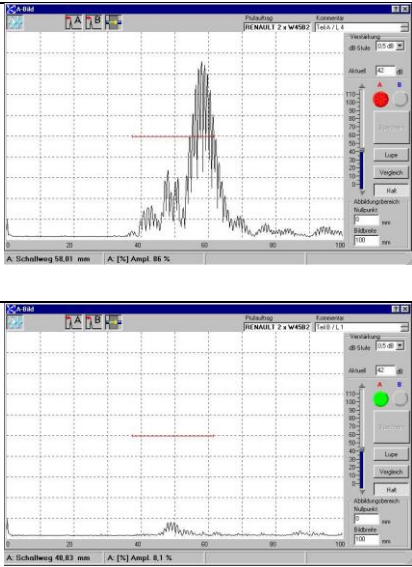
Bei der Karosseriefertigung werden Komponenten durch Laserschweißen zusammengefügt. Eine einwandfreie Naht zeichnet sich dabei durch eine hohe Schalldurchlässigkeit aus, während sich Poren oder fehlende Bindung durch eine geringe Schalldurchlässigkeit bemerkbar machen. Im Bild 1 ist ein spezieller Winkel-Rollenprüfkopf zur Prüfung dieser Lasernähte zu sehen. Er wird mit einer Hand - am Blechwulst entlang - geführt und bedient. Die Schallübertragung erfolgt trocken zwischen Rollenprüfköpfen und Blech. Ein integrierter Weg-Kodierer zeichnet dabei den zurückgelegten Weg auf. Die Höhe der gemessenen Durchschallungssignale wird der Position zugeordnet und in einer bildlichen Darstellung auf den Bildschirm gebracht (Bild 2). Maßstäblich zu erkennen ist der fehlerfreie Nahtbereich (iO) und auch der fehlerhafte Abschnitt der untersuchten Naht (niO). Außerdem wird durch optische (grün - rot) und akustische Signale auf einen fehlerhaften Abschnitt hingewiesen.

2.2 Widerstandsschweißen

Auch dieses Beispiel stammt aus dem Karosseriebau. Das Bild 3 zeigt Gewindebuchsen, die durch Widerstandsschweißen mit dem Blech verbunden werden. Ein eigens entwickelter Prüfkopf wird mit einem Zapfen von der Blechseite aus in die Gewindebuchse eingesetzt. Ein Ringschwinger prüft den ganzen Nahtbereich im Impuls-Echo-Betrieb. Die Bewertung erfolgt sofort am - nicht dargestellten - A-Bild. Das Bild 4 zeigt stattdessen - für eine fehlerhafte Verbindung - ein durch Abrastern mit Tauchtechnik gewonnenes kreisförmiges C-Bild der Schweißnaht. Nur die mit roter Farbe dargestellten Bereiche sind in Ordnung.

	
<p>Bild 3: Aufgeschweißte Gewindebuchse</p>	<p>Bild 4: C-Bild der Schweißverbindung</p>

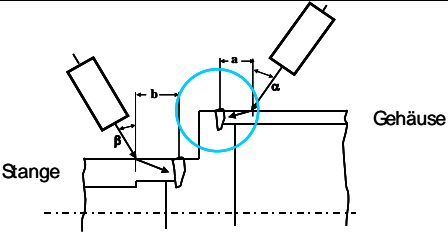
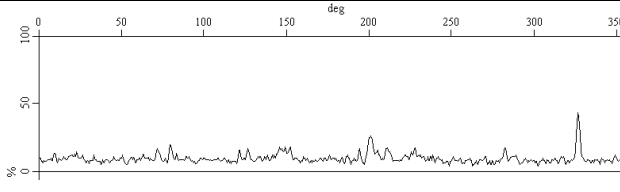
2.3 MIG/MAG-Schweißen

	
<p>Bild 5: MIG/MAG-Schweißung zwischen Längsträger und Frontblech</p>	<p>Bild 6: Durchschallungs-amplitude - oben iO - unten niO</p>

Das Bild 5 zeigt, als Beispiele für eine Schutzgasschweißung im Karosseriebau, die Verbindung eines Längsträgers mit dem Frontblech. Eigens entwickelte Prüfköpfe mit Haltemagneten werden auf beiden Seiten der Naht angeordnet. Die Durchschallungsamplitude wird gemessen. Das Bild 6 zeigt im A-Bild die Qualitäten:

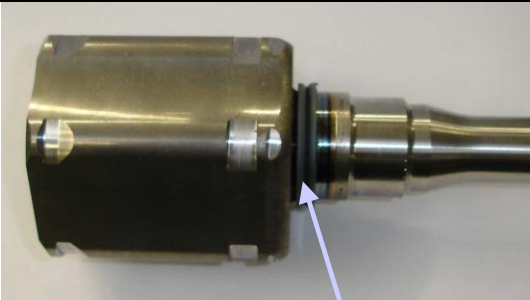
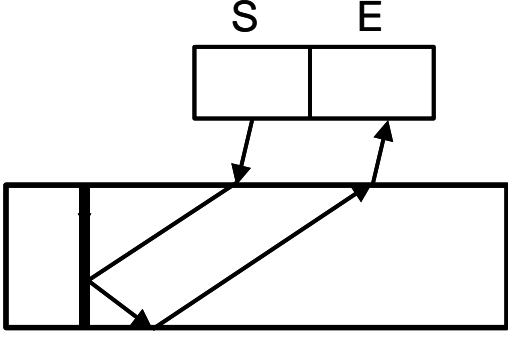
- In Ordnung bei hoher Schalldurchlässigkeit der Naht (oben),
- Nicht in Ordnung bei geringer Durchlässigkeit (unten).

2.4 Elektronenstrahlschweißen

	 <p style="text-align: center;">Nahtlänge</p>
<p>Bild 7: Elektronenstrahlschweißung an einem Stoßdämpfergehäuse</p>	<p>Bild 8: Echoamplitude über dem Gehäuseumfang</p>

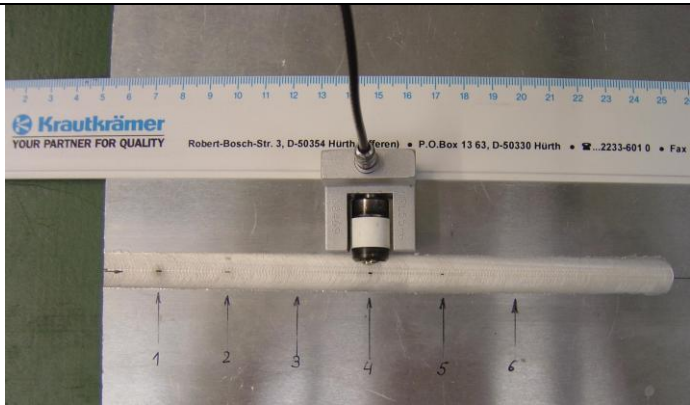
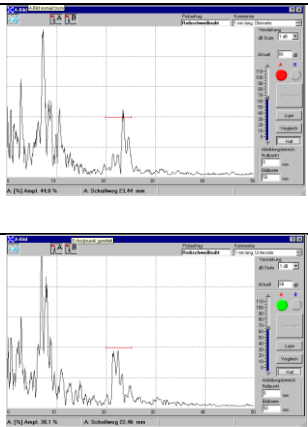
Als Beispiel für die Ultraschallprüfung von Elektronenstrahl-Schweißungen im Fahrzeugbau dient das Bild 7, das die Tauchtechnik-Prüfung von zwei ES-Verbindungen an einem Stoßdämpfergehäuse zeigt. Beim Drehen des rohrförmigen Gehäuses während der Prüfung entsteht ein Diagramm über dem Umfang, wie es im Bild 8 zu sehen ist. Bei der Position 325° wird ein Fehlerecho angezeigt.

2.5 Reibschweißen

 <p style="text-align: center;">Reibschweißnaht</p>	
<p>Bild 9: Reibschweißung an einer Antriebswelle</p>	<p>Bild 10: Feste Tandem-Anordnung für etwa den halben Wellendurchmesser</p>


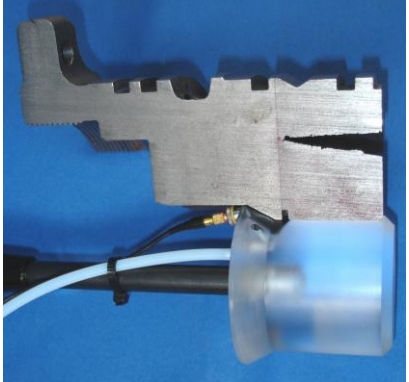
Die Teile einer Antriebswelle im Automobil werden üblicherweise durch Reibschweißen gefügt. Das Bild 9 zeigt ein Beispiel, in dem der Stauchwulst noch nicht abgearbeitet ist. Mit einem eigens entwickelten Prüfkopf - mit fester Tandem-Anordnung - lässt sich durch Drehen der Welle im Wassertank die gesamte geschweißte Fläche prüfen, siehe Bild 10. Der SE-Prüfkopf muss also während der Prüfung nicht bewegt werden.

2.6 Reibrührschweißen

	
<p>Bild 11: Reibrühr-Schweißnaht in einem Aluminiumblech mit Testfehlern</p>	<p>Bild 12: Echoanzeigen von zwei Testnuten, 1 mm lang und tief</p>

Mit der Reibrührtechnik ist zur Verbindungen von Teilen aus Aluminium ein neues Fügeverfahren aufgetaucht, das eine ausgezeichnete Fügequalität liefert, wenn die Fertigungsparameter stimmen. Wenn nicht, muß dies zerstörungsfrei nachgewiesen werden. Dazu zeigt das Bild 11 einen Winkel-Rollenprüfkopf für Impuls-Echo-Betrieb an einer Reibrühr-Schweißnaht. Die Prüfung erfolgt durch Rollen parallel zur Schweißnaht bei trockenem Blech. Die Testfehleranzeigen von zwei nur 1 mm langen und 1 mm tiefen Nuten sind im Bild 12 zu sehen (oben: Fehler an der Prüffläche - unten: Fehler an der Gegenfläche).

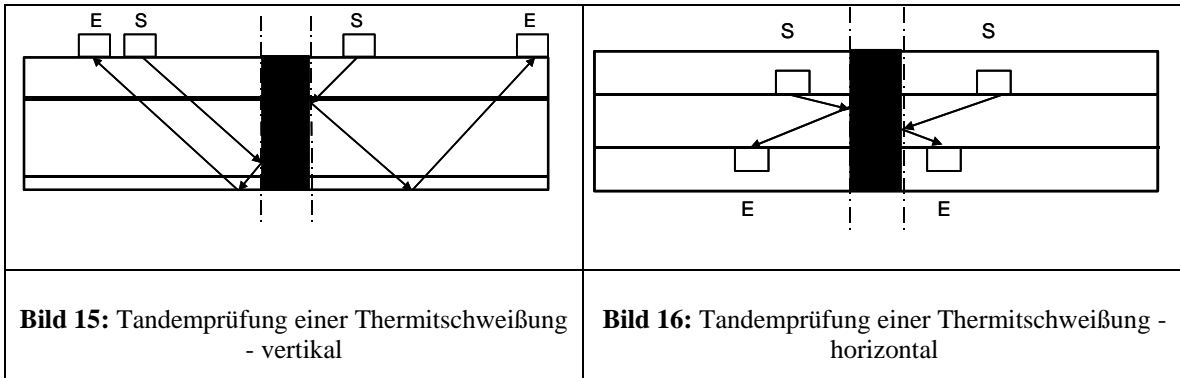
2.7 Löten von großen Maschinenteilen

	
<p>Bild 13: Ventilführung an einem Schiffsdiesel</p>	<p>Bild 14: Winkelprüfkopf für die Lötverbindung</p>

Auch Lötverbindungen können mit Ultraschall geprüft werden, wenn der Unterschied der akustischen Impedanzen der Fügepartner es erlaubt, eine fehlerfreie von einer fehlerhaften Verbindung zu unterscheiden. Das Bild 13 zeigt ein Bauteil zur Führung eines Auslassventils bei einem Schiffsdieselmotor, Länge 700 mm. Zur Ultraschallprüfung muss von innen schräg in einen kegelförmigen Bereich eingeschallt werden, damit die Lötsschicht, d.h. ein möglicher Bindefehler, senkrecht getroffen wird.

Dafür musste erst ein geeigneter Prüfkopf entwickelt werden. Das Bild 14 zeigt an einem herausgesägten Abschnitt, wo der Prüfkopf innen in der Bohrung aufgesetzt wird. Zur Prüfung wird er einmal um seine Achse gedreht.

2.8 Schweißen von Eisenbahnschienen



Schweißverbindungen an Eisenbahnschienen sind natürlich viel massiver als Verbindungen an Automobilkomponenten. Zwei Schweißtechniken werden dabei angewendet:

- Das Abbrennstumpfschweißen, bei dem - ähnlich wie beim Reibschweißen - zum Fügen gestaucht wird. Die Schweißzone ist entsprechend dünn.
- Das Alumino-thermische Schweißen, bei dem ein breiter Schienenspalt durch ein Gussmetall gefüllt wird. In den Bildern 15 und 16 ist nur dieses Thermit-Verfahren dargestellt. Wegen der breiten und grobkörnigen Fügezone muß die Ultraschallprüfung von beiden Seiten aus durchgeführt werden (EN 14730-1). Die Prüfung auf Bindefehler senkrecht zur Prüffläche gelingt nur mit der Tandemtechnik (EN 583-4), was aber auch für die Abbrennstumpfschweißung zutrifft.

Das Bild 17 zeigt eine Tandemhalterung für die vertikale Prüfung einer Thermiterschweißung, die durch Magnete auf der Schiene gehalten wird. Sie lässt sich an unterschiedliche Schienenprofile anpassen und kann mit nur einer Hand bedient werden, d.h. durch Drehen nur eines Knopfes bewegen sich beide Prüfköpfe gegensinnig.



Bild 17: Tandemhalterung für Schienenschweißungen - vertikal