



### Übrigens, kennen Sie schon unsere industrietauglichen akkreditierten Dienstleistungen?

- Kompetenzbescheinigung des akkreditierten Prüflabors entsprechend DIN EN ISO / IEC 17025, (neue) zerstörungsfreie Prüfverfahren für die industrielle Prüfpraxis zu qualifizieren und validieren
- Schneller Transfer bis zur Marktreife und Möglichkeit für den qualifizierten, normenkonformen Einsatz in industriellen Anwendungen sowohl für komplette Neu-Entwicklungen (Eigenentwicklungen) oder für maßgeschneiderte Anpassungen innovativer ZfP-Technologien auch in bisher nicht genormten Aufgabenfeldern
- Zertifizierung des zugehörigen Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001



### Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Campus E3 1  
66123 Saarbrücken

+49 681 9302 0

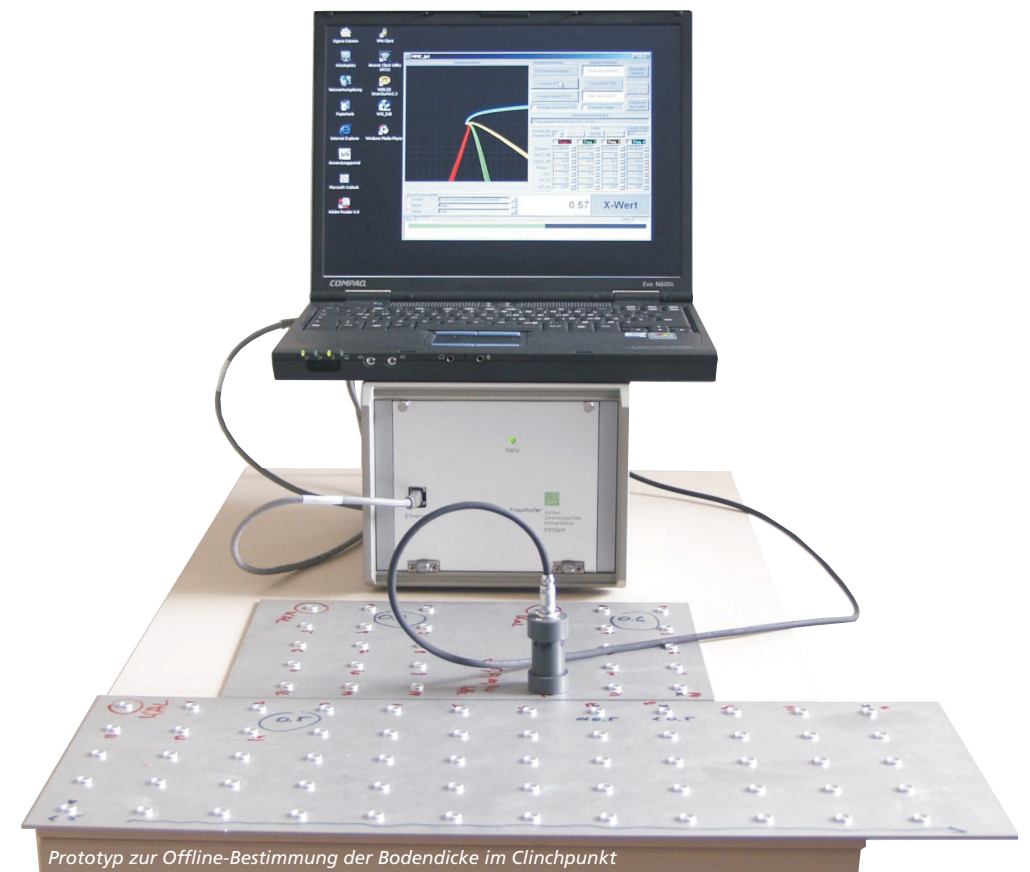
info@izfp.fraunhofer.de  
www.izfp.fraunhofer.de

»Fraunhofer« und »IZFP«  
sind registrierte Handels-  
marken.

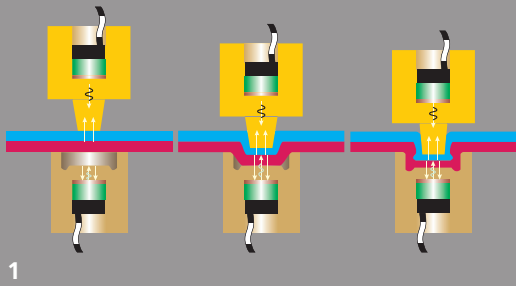


## CLINCHEN

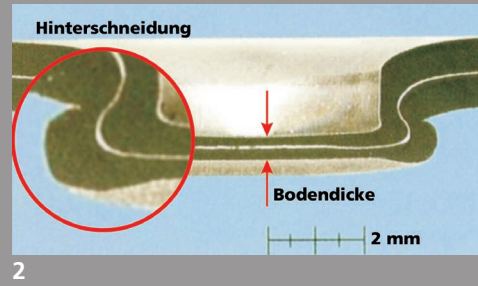
### OFF- UND ONLINE-MESSUNGEN DER BODENDICKE IM CLINCHPUNKT



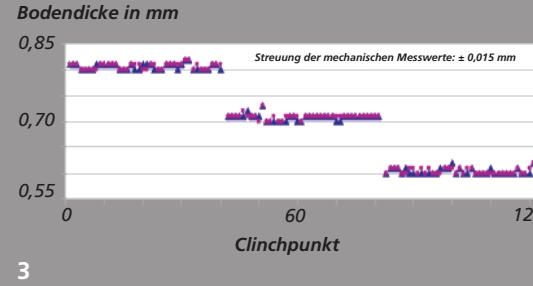
Prototyp zur Offline-Bestimmung der Bodendicke im Clinchpunkt



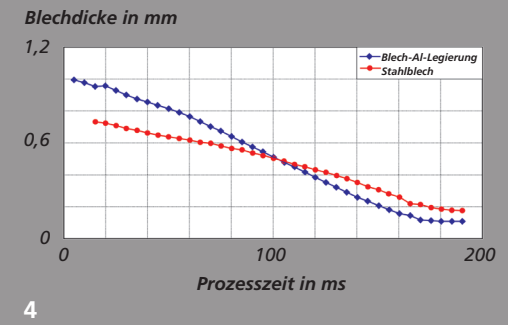
Skizze zur Online-Bestimmung der Bodendicken im Fügepunkt mit Ultraschallverfahren



Hinterschneidung in der Fügezone und Qualitätsmerkmal Bodendicke



Ergebnisse des Offline-Verfahrens zur Bestimmung der Bodendicke bei gefügten Al-Blechen



Während des Clinchens ermittelte Bodendickenabnahmen des jeweils matrizen seitigen Bleches

## Situation

»Clinchen«, ein modernes Durchsetzfügeverfahren, ist im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die formschlüssige Verbindung aus dem Material der zu verbindenden Teile selbst gebildet wird. Durch aufbrachten Druck fließt Material in die eigentliche Fügezone, die Hinterschneidung (Abbildungen 1,2). Dabei reduzieren sich die ursprünglichen Dicken der beiden Fügeteile unterschiedlich stark. Der Massenanteil in der Hinterschneidung korreliert mit der Bodendicke, also mit der Gesamtdicke der beiden Fügeteile im Fügepunkt. Die Bodendicke im Fügepunkt ist das Qualitätsmerkmal der Clinchverbindung.

Der heutige Stand der Qualitätssicherung nutzt eine Kraft/Weg-Messung. Dabei werden die Fügekraft sowie der Werkzeugweg während des Fügens gemessen und anhand einer Referenzkurve, die die Änderungen von Fügekraft und Werkzeugweg bei einer optimalen Fügeverbindung angibt, verglichen. Bei Abweichungen kann die Fügekraft reduziert oder erhöht werden, um zu dem der Referenzkurven entsprechenden Kraft-Weg-Verlauf des Fügeprozesses zurückzukommen.

## Lösung

Die im Fraunhofer IZFP entwickelten Verfahren ermöglichen die zerstörungsfreie Bestimmung des Qualitätsmerkmals Bodendicke eines jeden Fügepunktes.

### Offline-Bestimmung der Bodendicke

Zur schnellen Qualitätsüberwachung der Clinchpunkte wurde das Wirbelstrom-Mehrfrequenzverfahren weiterentwickelt. Ein Wirbelstromsensor wird auf die stempelseitige oder matrizen seitige Oberfläche so aufgelegt, dass der gesamte Bereich des Clinchpunktes von dem erzeugten Wirbelstromfeld durchsetzt wird.

Die elektrische Leitfähigkeit und im Falle ferritischer Fügepartner auch die Permeabilität bestimmen die Stärke und Verteilung der in der Fügezone erzeugten Wirbelströme. Die Stärke der Wirbelströme

wird auch von dem durchfluteten Massenvolumen bestimmt. Unterschiedliche Bodendicken und unzureichend ausgebildete Hinterschneidungen verändern das durchflutete Volumen und damit die elektromagnetische Rückkopplung auf das Signal des Wirbelstromsensors.

Die elektromagnetischen Materialeigenschaften und das durchflutete Volumen beeinflussen das Messsignal bei unterschiedlichen Prüffrequenzen in unterschiedlicher Weise. Durch eine geschickte Kombination mehrerer Wirbelstromfrequenzen können die Störgrößen wie Sensorabhebung von der Oberfläche, Leitfähigkeits- und Permeabilitätsänderungen von der Zielgröße Bodendicke unterschieden werden. Das Verfahren wird kalibriert. Nachdem die Messdatenaufnahme an vermeintlich guten und vermeintlich schlechten Clinchverbindungen durchgeführt wurde, werden die Clinchverbindungen zerstörend charakterisiert, um die Merkmale den gemessenen Wirbelstromergebnissen gegenüber zu stellen. Durch spezielle Verknüpfungsalgorithmen werden die Messzuverlässigkeit und die Messgenauigkeit des Wirbelstromverfahrens erhöht. In Abbildung 3 sind erste Ergebnisse dargestellt.

### Online-Bestimmung der Bodendicke

Ultraschallsensoren sind in Stempel und Matrize des Clinchwerkzeuges eingebaut und senden/empfangen hochfrequente Ultraschallwellen. Abb. 1 skizziert die Situation. Sobald der Stempel Druck auf das Fügeteil ausübt, breitet sich die Schallwelle im stempelseitigen Fügeteil aus. Der Schallimpuls wird an der Grenzfläche zum matrizen seitigen Fügeteil reflektiert und wieder empfangen. Die Laufzeit des Schallimpulses wird mit einer Messrate von ca. 100 Hz gemessen. Unter Nutzung des für das betreffende Material zuvor experimentell ermittelten Wertes der Schallgeschwindigkeit wird aus dieser Laufzeit die Dicke des stempelseitigen Fügeteils berechnet. In vergleichbarer Weise wird die Dicke des matrizen seitigen Fügeteils bestimmt.

Die in Voruntersuchungen festgestellte Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der plastischen Verformung der Werkstoffe kann zu einer Verbesserung der Messgenauigkeit herangezogen werden. Die kontinuierlich während des Prozesses ermittelten Bodendicken können zur Steuerung der Kraft auf Stempel und Matrize genutzt werden.

Die prinzipielle Machbarkeit der Online-Bestimmung der Bodendicke im Clinchprozess wurde in einer Prototypanlage nachgewiesen. Dazu wurde ein Ultraschallsensor in eine Matrize eingebaut. Abbildung 4 zeigt die aus Ultraschalllaufzeiten bestimmte Abnahme der Blechdicke während des Clinchprozesses.