

Prof. Dr.-Ing. Gerson Meschut
Dr.-Ing. Lars Wiese

Einstufiges Widerstands- elementschweißen für den Einsatz im Karosseriebau

Berichte aus dem Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik

Band 133

**Gerson Meschut
Lars Wiese**

**Einstufiges Widerstandselementschweißen
für den Einsatz im Karosseriebau**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2018

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2018

Copyright Shaker Verlag 2018

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5886-4

ISSN 1434-6915

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Die Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Dissertation sind nicht notwendigerweise die der Volkswagen AG

Erklärung

Teilergebnisse aus dieser Arbeit sind bisher nicht veröffentlicht.

Kurzfassung

Mit dem Widerstandselementschweißen wird in der automobilen Großserienproduktion ein zweistufiges Hybridfügeverfahren eingesetzt, welches mittels Einsatz von konventionellen Punktschweißzangen das prozessichere Fügen von Aluminium mit formgehärteten Stählen ermöglicht. Um die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens zu erhöhen, wurde im Rahmen dieser Arbeit das Widerstandselementschweißen zu einem einstufigen Fügeprozess weiterentwickelt. Eine Warmeinprägephase anstelle des vorgelegerten mechanischen Einprägeschrittes ermöglicht dabei den vollständigen Fügeprozess an Punktschweißzangen. In dieser Arbeit werden zunächst die Einflüsse ausgewählter Elementgeometriemerkmale auf Verbindungseigenschaften untersucht. Mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung und einer anschließenden Zielwertoptimierung wird im Hinblick auf optimale Verbindungseigenschaften eine Elementgeometrie entwickelt. Vor diesem Hintergrund werden dann Prozessuntersuchungen zur Warmeinpräge- und Ausschweißphase an Mehrelementproben durchgeführt, die im Vergleich zur zweistufigen Variante zu einer Verbesserung der Schweißbarkeit und Erhöhung der Prozessstabilität führen. Weiterhin wird ein Konzept für die Elementzuführung abgeleitet, welches die Bewertung der maximal zulässigen Störgrößen auf die Verbindungseigenschaften ermöglicht. Tragfähigkeitsuntersuchungen unter quasistatischer und zyklischer Belastung belegen das Festigkeitspotential des Fügeverfahrens. Schließlich wird die Konzepttauglichkeit an einem seriennahen Bauteil erfolgreich nachgewiesen.

Abstract

In automotive mass production, the method of resistance element welding is applied by performing a two-stage hybrid joining process, which uses conventional spot welding guns and makes reliable joining of aluminium with press-hardened steel possible. This work aims on increasing its economical efficiency by developing this process towards a single-step joining process. A resistance-thermal-supported-setting phase instead of a previous piercing process enables the usage of conventional spot welding guns throughout the complete joining process. First, the main influences of selected geometrical element characteristics on the joint properties are investigated. By using design of experiments, that is followed by an iterative target value optimization, an element geometry is worked out by means of optimized joint properties. Against this background, the process investigation of resistance-thermal-supported-setting phase as well as of the welding phase at multiple element specimens, leads to an improved weldability and also to an increased process reliability in comparison with the two-step variant. Furthermore a concept for an element-feeding system is derived to estimate the maximal tolerable disturbance variables on joints properties. Load-bearing studies under quasi-static loading and fatigue tests are demonstrating the high potential of this new joining technology. Finally, the suitability of concept is successfully verified on a near-production part.

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen.....	III
1 Einführung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Multi-Material-Design	3
2.2 Fügen im automobilen Mischbau	5
2.2.1 Einordnung in die Fertigungsverfahren.....	5
2.2.2 Kleben im Karosseriebau.....	6
2.2.3 Thermisch-mechanische Fügeverfahren	7
2.2.4 Hybridfügen im Karosseriebau	12
2.3 Einstufiges Widerstandselementschweißen	13
3 Aufgabenstellung	17
4 Versuchswerkstoffe und -einrichtungen.....	19
4.1 Fügeteilwerkstoffe	19
4.1.1 Borlegierter Vergütungsstahl 22MnB5+AS150	20
4.1.2 Aluminiumlegierung EN AW 6016 T4	21
4.2 Elementwerkstoff Einsatzstahl C15E	21
4.3 Klebstoff Betamate™ 1480V203G	22
4.4 Anlagentechnik und Versuchsaufbau.....	23
4.4.1 Anlagentechnik.....	23
4.4.2 Messung der schweißspezifischen Prozessgrößen.....	24
4.4.3 Thermographisches Halbschnittmodell.....	25
4.5 Prüfverfahren und Probengeometrien	26
4.5.1 Schweißbereichsermittlung.....	26
4.5.2 Probengeometrie für Schweiß- und Prozessuntersuchungen.....	28
4.5.3 Rasterelektronenmikroskopie und Elektronenstrahlmikroanalyse	29
4.5.4 Quasistatische Scher- und Kopfbzugprüfung	29
4.5.5 Prüfung unter schwingender Belastung.....	31
4.5.6 Mehrelementproben	31
5 Voruntersuchungen zur Elementgeometrie	33
5.1 Definition der elementgeometriebasierten Randbedingungen	33
5.2 Untersuchung der Geometriemerkmale	34
5.2.1 Eintauchplateau	35
5.2.2 Fasenhöhe.....	42
6 Optimierung der Elementgeometrie mittels statistischer Versuchsplanung	47

6.1	Zielwertoptimierung	50
6.2	Validierung der optimierten Elemente in Schweißversuchen	56
7	Prozesstechnische Einflussgrößen auf den Schweißprozess	61
7.1	Warmeinprägephase	61
7.2	Ausschweißimpuls	81
7.3	Anforderungen an das Elementzuführsystem	88
7.4	Analyse des Störgrößeneinflusses	91
7.5	Reihenschweißungen zur Ermittlung des Punkt- und Linsendurchmessers	95
8	Tragfähigkeitsuntersuchungen	97
8.1	Quasistatischer Festigkeitsnachweis	97
8.2	Festigkeitsnachweis unter zyklischer Belastung	100
9	Konzepttauglichkeitsnachweis am seriennahen Bauteil	103
10	Hinweise für die Konstruktion, Fertigung und Qualitätssicherung von einstufigen WES-Verbindungen	107
11	Zusammenfassung	111
12	Literaturverzeichnis	115