

FAT 200

Thermisches Fügen für die
stahlintensive Hybridbauweise
im Fahrzeugleichtbau

**Thermisches Fügen für die
stahlintensive Hybridbauweise
im Fahrzeugleichtbau**

(AVIF A 185)

Auftraggeber:
Forschungsvereinigung
Automobiltechnik e.V. (FAT)
Westendstraße 61
60325 Frankfurt am Main

Auftragnehmer:
Universität Bayreuth, Lehrstuhl Metallische
Werkstoffe, Prof. Dr.-Ing. Uwe Glatzel

Verfasser:
Dr.-Ing. Clemens Wallmann
Dipl.-Ing. Holger Laukant

Das Forschungsprojekt wurde gefördert von der gemeinnützigen *Stiftung Stahlanwendungsforschung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.*
Geprüft wurde das Forschungsvorhaben von einem Gutachtergremium der *Forschungsvereinigung der Arbeitsgemeinschaft der Eisen und Metall verarbeitenden Industrie e.V. (AVIF)*, das sich aus Sachverständigen der Stahl anwendenden Industrie und der Wissenschaft zusammensetzt.

Das im Folgenden dargestellte Forschungsprojekt

Thermisches Fügen für die stahlintensive Hybridbauweise im Fahrzeugleichtbau

wurde gefördert von der gemeinnützigen Stiftung Stahlanwendungsforschung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. Zweck der Stiftung ist die Förderung der Forschung auf dem Gebiet der Stahlverarbeitung und -anwendung in der Bundesrepublik Deutschland. Geprüft wurde das Forschungsvorhaben von einem Gutachtergremium der Forschungsvereinigung der Arbeitsgemeinschaft der Eisen und Metall verarbeitenden Industrie e.V. (AVIF), das sich aus Sachverständigen der Stahl anwendenden Industrie und der Wissenschaft zusammensetzt.

Begleitet wurde das Projekt von einem Arbeitskreis der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V.

Der nachstehende **Abschlussbericht** fasst Zielsetzung und wichtigste Ergebnisse des Forschungsprojektes zusammen.

Autorenvorwort

Der Abschlussbericht „Thermisches Fügen für die stahlintensive Hybridbauweise im Fahrzeugleichtbau“ beinhaltet die Ergebnisse des AVIF-Forschungsvorhabens FAT/AVIF A185, das von der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) beantragt und über die AVIF aus Mitteln der gemeinnützigen Stiftung Stahlanwendungsforschung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V. gefördert wurde. Für diese Förderung und die stets gute Zusammenarbeit wollen wir uns sehr herzlich bedanken.

Die durchgeführten Untersuchungen wurden durch den FAT-Arbeitskreis 25 „Fügetechnik“ betreut. Dank gilt daher auch allen Mitgliedern dieses Arbeitskreises und insbesondere des projektbegleitenden Ausschusses für ihre Unterstützung, konstruktive Diskussion und zahlreiche Anregungen.

Stellvertretend für alle Teilnehmer gilt unser besonderer Dank dem Vorsitzenden des FAT-AK 25 Herrn Dr. G. Zhang und dem Vorsitzenden des projektbegleitenden Ausschusses Herrn Dr. M. Korte.

Besonderer Dank gilt auch den Firmen und Kooperationspartnern, die durch ihre materielle und personelle Unterstützung und Bereitstellung von Prüfständen und -zeiten wesentlich zur sehr erfolgreichen Durchführung des Forschungsprojektes beigetragen haben. Im Einzelnen waren dies die Firmen AUDI AG, Benteler AG, DaimlerChrysler AG, Grillo Werke AG, HIGHYAG Lasertechnologie GmbH, Neue Materialien Bayreuth GmbH, ThyssenKrupp Stahl AG und die Volkswagen AG.

Bayreuth, Mai 2005

1	Kurzfassung	5
2	Grundlagen	7
2.1	Das System Eisen-Aluminium	7
2.2	Korrosion	11
2.3	Wärmeausdehnungskoeffizient	12
3	Experimentelles Vorgehen	13
3.1	Untersuchte Fügegeometrien	13
3.2	Verwendete Blechwerkstoffe	14
3.2.1	Aluminium	14
3.2.2	Stahl	15
3.2.3	Zusatzwerkstoffe	17
3.3	Versuchsaufbauten	17
3.4	Verwendeter Laser	19
3.5	Handhabungs- und Laseroptiksysteme	20
3.5.1	CNC-Linearantrieb mit Quarz-Fokussieroptiken	20
3.5.2	Zusatzwerkstoffzuführung am CNC-Linearantrieb	23
3.5.3	Industrieroboter mit Zweistrahl Laserkopf	25
3.5.4	Zusatzwerkstoffzuführung am Zweistrahl Laserkopf	26
3.5	Absaugung und Schutzgaszuführung	26
3.6	Optische Bewertung der Lötnahtqualität für die durchgeführten Prozesstoleranzuntersuchungen	27
3.7	Ermittlung der mechanischen Kennwerte der Mischverbindung	28
3.8	Mikroskopie und Härtemessung	28
4	Ergebnisse	30
4.1	Prozessführung und Prozessoptimierung	30
4.2	Statische Zugfestigkeiten der Mischverbindung St-Al im Schälzug (Kehlnaht am Überlapp-Bördelstoß)	34
4.3	Statische Zugfestigkeiten der Mischverbindung St-Al im Scherzug (Kehlnaht am Überlapp)	35
4.4	Statische Zugfestigkeiten der Mischverbindung St-Al im Scherzug (Kehlnaht am Bördelstoß)	36
4.5	Vergleich der Festigkeiten von Schweiß-Löten zu Kleben+Stanznieten Verbindungen	38
4.6	Pulverschweißungen	39
4.7	Lötung von Stahl mit Aluminium mit ZnAl ₂ -Zusatzwerkstoff	41
4.8	Einflussgrößen auf die Festigkeiten der Mischverbindung im Scherzug (Kehlnaht am Überlapp) mit Zinkbasis-Zusatzwerkstoffen	43
4.8.1	Bruchverhalten in Abhängigkeit zum verwendeten Laserstrahlprofil	43
4.8.2	Benetzungsverbesserung des Lotes durch Vorwärmung des Stahls mit einem zweiten Laserstrahl	46
4.8.3	Porenbildung am Fügespalt	47
4.8.4	Kriterien für maximale Festigkeit der Scherzugverbindung	50
4.9	Analyse der lokalen Deformation beim statischen Zugversuch in Abhängigkeit zum Auslagerungszustand der Aluminiumlegierung	51
4.10	Ermittlung der Prozesstoleranzen auf dem CNC-Linearantrieb	53
4.10.1	Prozesstoleranzen für die Kehlnaht am Überlapp	53
4.10.1.1	Depositionierung Laser inklusive Drahtzuführung in y-Richtung	54
4.10.1.2	Depositionierung Laser inklusive Drahtzuführung in z-Richtung	59
4.10.1.3	Drahtdepositionierung in x-Richtung	61
4.10.1.4	Drahtdepositionierung in y-Richtung	65
4.10.1.5	Schutzgasdüsenabstand	68