Forschungsbericht 2-2003

**Verkleben von Aluminiumschäumen mit
metallischen Hohl- und Vollprofilen**

M. Schlimmer

M. Siebert

Institut für Werkstofftechnik

Werkstofftechnik mit dem Schwerpunkt

Verbundwerkstoffe / Werkstoffverbunde

Universität Kassel

Schriftenreihe des Instituts für Werkstofftechnik Kassel

**Michael Schlimmer,
Marc Siebert**

**Verkleben von Aluminiumschäumen
mit metallischen Hohl- und Vollprofilen**

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

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

Copyright Shaker Verlag 2004

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2485-8

ISSN 1613-3498

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Kurzfassung

Zellulare metallische Werkstoffe sind der Gruppe Leichtbauwerkstoffe zuzuordnen und daher prädestiniert für eigenschaftsoptimierte Leichtbauanwendungen. Hierbei sind Schaumstrukturbauteile überwiegend Elemente einer Gesamtstruktur, innerhalb derer die Nutzung der schaumspezifischen Vorteile nur durch die Verwendung einer geeigneten Füge-technologie erhalten werden kann. Voraussetzung für den industriellen Einsatz metallisch-/zellulärer Werkstoffe bzw. Werkstoffverbunde ist deshalb eine (groß)serientaugliche Verbindungstechnologie.

Eine solche Verbindungstechnologie konnte durch das Einkleben von speziell entwickelten metallischen Gewindeeinsätzen (Inserts) realisiert werden. Das Insert aus einem metallisch kompakten Werkstoff stellt bei Variante a) das innere, der metallisch zelluläre Werkstoff (Aluminiumschaum) das äußere Füge- teil dar.

Bei Variante b) stellt der metallisch-/ zelluläre Werkstoff das innere und der metallisch kompakte Werkstoff das äußere Füge- teil dar. Im Vergleich zu Variante a) sind hier beide Füge- teile rotationssymmetrisch ausgeführt. Der Einsatz aus metallisch zellularem Werkstoff ist als Vollzylinder und der Mantel aus Kompaktwerkstoff als Hohlzylinder ausgeführt. Beide Varianten wurden mit den unterschiedlichen Fügemethoden Klebstoffauftrag im Überschuss und Klebstoffinjektion gefügt. Bei den verwendeten Klebstoffen handelt es sich einerseits um zweikomponentige kalthärtende Epoxidharzklebstoffe, andererseits um expandierbare Klebstoffe auf Polyurethanbasis. Die kompakt metallischen Füge- teile wurden aus dem Werkstoff Stahl und Aluminium angefertigt, als zellulär metallischer Werkstoff kam ausschließlich Aluminiumschaum aus pulver- bzw. schmelzmetallurgischer Herstellung zum Einsatz. Wesentlicher Bestandteil des Forschungsvorhabens war die Entwicklung einer Fügemethode, die ein zuverlässiges Fügen von Aluminiumschäumen mit metallischen Hohl- und Vollprofilen gewährleistet.

Vorgestellt wird die Entwicklung eines „trockenen“ Fügeverfahrens zum Verkleben von Aluminiumschäumen mit metallischen Hohl- und Vollprofilen mit anschließender Injektion des Klebstoffs in den vorgesehenen Klebspalt und die Kavitäten des Schaumwerkstoffs. Die experimentellen Untersuchungen belegen reduzierte Festigkeiten der mit Klebstoffauftrag geklebten Aluminiumschaum-Kompaktwerkstoff-Verbindungen aufgrund des Abstreifens von Klebstoff beim Längsfügevorgang und der damit reduzierten wirksamen Klebfläche. Mit der Methode des trockenen Fügens

und der anschließenden Klebstoffinjektion konnte eine deutliche Steigerung der Ausreißkräfte durch die vollständige und fehlerstellenfreie Anbindung der Inserts an die Schaumstruktur erreicht werden. Bei der Verwendung von Epoxidklebstoff trat bei der mechanischen Prüfung der Klebverbindungen in allen Fällen Schaumversagen ein.

Durch den Einsatz der Methode der Klebstoffinjektion erhält man neben ausgezeichneten mechanischen Eigenschaften der Verbindung auch die Möglichkeit der nachträglichen freien Positionierbarkeit der Inserts. Im Vergleich zu eingeschäumten Befestigungselementen stellt diese Methode auch wirtschaftlich einen wesentlichen Vorteil dar, da den Herstellern zellulärer Werkstoffe somit die Produktion von kostenoptimierten standardisierten Halbzeugen ermöglicht wird.

Das Verfahren der Klebstoffinjektion in Verbindung mit injektionsgerechten Inserts hat sich für das Verkleben von metallischen Hohl- und Vollprofilen mit Aluminiumschäumen unter mechanischen, fertigungstechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten als sehr gut geeignet erwiesen. Abschließend wurde mit Hilfe der experimentell ermittelten Daten ein einfaches Berechnungskonzept zur Auslegung und Gestaltung von Insertklebverbindungen erstellt.

Somit wurde das Ziel des Vorhabens erreicht.

Die Untersuchungen wurden aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF-Nr. 12777 N) gefördert und von der Forschungsvereinigung DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e. V. unterstützt.

Für diese Förderung und Unterstützung sei gedankt.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
Abkürzungen, Formelzeichen, Indizes	7
1 Einleitung	9
2 Stand der Technik	14
3 Proben	33
3.1 Versuchswerkstoffe	35
3.1.1 Klebstoffe	35
3.1.2 Verwendete Werkstoffe	36
3.2 Fügeteilgeometrie und Probenform	37
3.2.1 Variante a)	36
3.2.2 Variante b)	42
3.3 Fügeteulfertigung	49
3.4 Fügen mit Klebstoffinjektion	49
3.4.1 Klebstoffinjektion Variante a)	49
3.4.2 Klebstoffinjektion Variante b)	53
3.5 Probenvorbereitung	60
3.5.1 Fügeteilreinigung und –vorbehandlung	60
3.5.2 Probenkonditionierung	61
3.5.3 Mehrfachverwendung	58
3.5.4 Dokumentation der Probenfertigung	62
4 Versuchsdurchführung	63
4.1 Prüfeinrichtungen und Versuchstechnik	63
4.2 Quasistatische Zugversuche	65
4.3 Quasistatische Druckversuche	66
4.4 Quasistatische Torsionsversuche	65
5 Ergebnisse	69
5.1 Versuchsergebnisse	69
5.1.1 Quasistatische Zugbeanspruchung	69
5.1.2 Quasistatische Torsionsbeanspruchung	76
5.1.3 Quasistatische Zugbeanspruchung expandierbarer Klebstoff	78
5.1.4 Quasistatische Zugbeanspruchung nach Salzsprühnebelprüfung	80
5.1.5 Quasistatische Druckbeanspruchung	83

5.2	Spaltfüllung und Versagensverhalten	86
5.2.1	Variante a)	86
5.2.2	Variante b)	89
5.3	Grundlagen für die Insertgestaltung	
5.3.1	Gestaltungshinweise Variante a)	92
5.3.2	Gestaltungshinweise Variante b)	100
6	Wirtschaftliche Bedeutung der Ergebnisse für kleine und mittlere Unternehmen	105
7	Zusammenfassung	106
8	Literatur	108