

Berichte aus dem Laboratorium für Werkstoff- und Füge­technik

Band 77

**Ortwin Hahn  
Frank Heimlich**

**Beitrag zum Einsatz von  
Aluminium-Funktionselementen  
in Leichtbauwerkstoffen**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag  
Aachen 2008

**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., 2007

Copyright Shaker Verlag 2008

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6883-1

ISSN 1434-6915

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

**Teilergebnisse dieser Arbeit sind in folgenden Veröffentlichungen erschienen:**

Hahn, O.; Heimlich, F.: Einsatz von Aluminium-Funktionselementen bei Aluminiumanwendungen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben EFB/AiF: 13824N. Hannover, 2006



# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand der Erkenntnisse .....</b>	<b>4</b>
2.1 Einordnung und Charakterisierung von Funktionselementen .....	4
2.1.1 Blindnietmuttern .....	7
2.1.2 Nietmuttern .....	9
2.2 Berechnungsgrundlagen für die Verschraubung von Funktionselementen.....	10
<b>3 Zielsetzung .....</b>	<b>13</b>
<b>4 Prüfverfahren, Versuchseinrichtungen und Probengeometrien.....</b>	<b>15</b>
4.1 Ermittlung mechanischer Kennwerte der Fügeteilwerkstoffe.....	15
4.2 Setzen der Funktionselemente und Ermittlung der Fügeparameter .....	16
4.3 Gewindefestigkeitsprüfung .....	20
4.4 Metallografische Untersuchungen und Härtemessung.....	21
4.5 Verdrehfestigkeitsuntersuchungen .....	24
4.6 Ermittlung der Aus- und Durchzugfestigkeit .....	26
4.7 Scherzugprüfung unter quasistatischer Lasteinleitung.....	29
4.8 Prüfungen unter schwingender Lasteinleitung .....	30
4.9 Klemmkraftermittlung .....	33
4.10 Ermittlung der Auswirkung einer Temperaturbelastung.....	34
4.11 Korrosionsuntersuchungen .....	35
<b>5 Fügeteilwerkstoffe und Fügeysteme .....</b>	<b>38</b>
5.1 Fügeteilwerkstoffe.....	38
5.2 Fügeysteme .....	41
5.2.1 Untersuchte Blindnietmuttern.....	41
5.2.2 Untersuchte Nietmuttern .....	42
5.3 Gewindefestigkeit der Funktionselemente .....	44
<b>6 Einbringen der Funktionselemente .....</b>	<b>48</b>
6.1 Ermittlung der Prozessgrößen Kraft und Weg während des Einbringvorganges .	48
6.2 Ausprägung des eingebrachten Funktionselements .....	53
6.3 Härteverlauf im Schliff eines Funktionselements .....	56

---

<b>7</b>	<b>Trag- und Versagensverhalten der eingebrachten Funktionselemente.....</b>	<b>60</b>
7.1	Prüfung des Verdrehmoments.....	60
7.2	Festigkeitsprüfung .....	62
7.2.1	Prüfung der Auszugkraft .....	62
7.2.2	Prüfung der Durchzugkraft.....	64
7.3	Einfluss von Vorlochtoleranzen.....	72
7.4	Blindnietfunktion der Blindnietmutter .....	75
<b>8</b>	<b>Trag- und Versagensverhalten der gefügten Gesamtverbindung .....</b>	<b>79</b>
8.1	Festigkeitsuntersuchungen.....	79
8.1.1	Festigkeit unter quasistatischer Belastung .....	79
8.1.2	Festigkeit unter schwingender Belastung .....	83
8.2	Ermittlung der Klemmkraft zwischen den Fügeteilen .....	88
8.3	Einfluss einer Temperaturbelastung .....	92
<b>9</b>	<b>Korrosionsverhalten.....</b>	<b>96</b>
9.1	Korrosionseinfluss am gesetzten Funktionselement.....	96
9.2	Korrosionseinfluss an der Gesamtverbindung .....	100
<b>10</b>	<b>Weiterentwicklungen einer Blindnietmutter aus Aluminium.....</b>	<b>104</b>
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>108</b>
<b>12</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>112</b>
<b>13</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>116</b>
<b>14</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>124</b>

## Formelzeichen und Abkürzungen

### Formelzeichen

#### *Lateinisch*

A	%	Bruchdehnung
b	mm	Breite
d	mm	Eindruckdiagonale
d <sub>2</sub>	mm	Flankendurchmesser
D <sub>a</sub>	mm	Lochdurchmesser
D <sub>Km</sub>	mm	Reibdurchmesser
F <sub>a</sub>	N	Lastausschlag
F <sub>N</sub>	N	Normalkraft
F <sub>m</sub>	N	Mittelkraft
F <sub>o</sub>	N	Oberkraft
F <sub>R</sub>	N	Reibkraft
F <sub>S</sub>	N	Schraubenlängskraft
F <sub>u</sub>	N	Unterkraft
F <sub>U</sub>	N	Umfangskraft
F <sub>V</sub>	N	Vorspannkraft
I	A	elektrischer Strom
h	mm	Höhe
k	-	Neigungsexponent der Wöhlerlinie
l <sub>Ü</sub>	mm	Überlapplänge
M <sub>G</sub>	Nm	Gewindereibmoment
M <sub>KR</sub>	Nm	Kopfreibmoment
N	-	Schwingenspielzahl
r	Grad	Randradius
R	Ω	elektrischer Widerstand
R <sub>m</sub>	N/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit
R <sub>p0,2</sub>	N/mm <sup>2</sup>	0,2 % Dehngrenze
S	N/mm <sup>2</sup>	Spannungsamplitude
U	V	elektrische Spannung
V <sub>T</sub>	mm/min	Traversengeschwindigkeit

*Griechisch*

$\alpha$	$K^{-1}$	Wärmeausdehnungskoeffizient
$\alpha_A$	-	Anziehungsfaktor
$\mu$	-	Reibbeiwert
$\mu_K$	-	Reibbeiwert zwischen Schraubenkopf und Auflagefläche
$\varphi$	Grad	Steigungswinkel
$\Delta\sigma$	$N/mm^2$	Schwingbreite
$\sigma$	$N/mm^2$	Spannung
$\sigma_a$	$N/mm^2$	Spannungsamplitude
$\sigma_m$	$N/mm^2$	Mittelspannung
$\sigma_O$	$N/mm^2$	Oberspannung
$\sigma_U$	$N/mm^2$	Unterspannung

**Abkürzungen**

AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V.
BNM	Blindnietmutter
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMS	Dehnungsmessstreifen
EFB	Europäische Forschungsvereinigung für Blechverarbeitung e. V.
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
FK	Festigkeitsklasse
HRC	Härtemessung nach Rockwell
HV	Härtemessung nach Vickers
KSII	Kopf-Scherzugprobe, entwickelt am LWF
KTL	Kathodische Tauchlackierung
LWF	Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik
NM	Nietmutter
N.N.	nomen nominandum
PKW	Personenkraftwagen