

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	10
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	11
Abkürzungsverzeichnis und Formelzeichen .....	17
1 Einleitung .....	21
2 Stand der Technik .....	22
2.1 Technische Grundlagen zum mechanischen Fügen .....	22
2.1.1 Clinchen .....	22
2.1.2 Halbhohlstanznieten .....	24
2.2 Grundlagen zur Untersuchung und Beschreibung der Schwingfestigkeit .....	25
2.3 Mittelspannungseinfluss von Werkstoffen und Verbindungen .....	29
2.4 Auslegungsverfahren .....	32
2.4.1 Eurocode .....	32
2.4.2 FKM-Richtlinie .....	33
3 Versuchsrandbedingungen .....	36
3.1 Fügeteilwerkstoffe und Material-Dicken-Kombinationen .....	36
3.1.1 Stahlblechwerkstoff DC04 .....	36
3.1.2 Aluminiumblechwerkstoff EN AW-6016 (AlSi1,2Mg0,4) .....	36
3.1.3 Aluminiumdruckgusslegierung AlSi9MnMoZr .....	37
3.1.4 Untersuchte Verbindungen .....	37
3.2 Verwendete Fügevorrichtungen .....	38
3.2.1 Fügevorrichtung zum Clinchen mit geteilter Matrize .....	38
3.2.2 Fügevorrichtung zum Clinchen mit starrer Matrize .....	39
3.3 Verwendete Probengeometrien .....	39
3.3.1 Flachzugproben .....	39
3.3.2 LWF-KS-2-Probe .....	40
3.3.3 Einfach überlappte Scherzugprobe .....	40
3.4 Verwendete Prüfanlagen .....	41
3.4.1 Universalprüfmaschine Zwick Z100 .....	41
3.4.2 Resonanzpulser RUMUL Mikroton 20 kN .....	42
3.5 Bemusterung der Fügeverbindungen .....	43
4 Werkstoff- und Verbindungscharakterisierung unter quasistatischer Lasteinleitung .....	45
4.1 Ergebnisse der Werkstoffcharakterisierung unter quasistatischer Lasteinleitung .....	45
4.2 Ergebnisse der Verbindungscharakterisierung unter quasistatischer Lasteinleitung für mit starrer Matrize geclinchte Verbindungen .....	46

4.3	Ergebnisse der Verbindungscharakterisierung unter quasistatischer Lasteinleitung für mit geteilter Matrize geclinchte Verbindungen .....	49
4.4	Einfluss variierender Reibverhältnisse zwischen den Fügeteilen auf die Verbindungsfestigkeit unter quasistatischer Lasteinleitung .....	52
4.4.1	Einfluss des Beölzungszustandes auf den Fügeprozess .....	53
4.4.2	Einfluss des Beölzungszustandes auf die Verbindungstragfähigkeit .....	54
5	Werkstoff und Verbindungscharakterisierung bei zyklischer Lasteinleitung .....	56
5.1	Ergebnisse der Werkstoffcharakterisierung bei zyklischer Lasteinleitung .....	57
5.2	Ergebnisse der Verbindungscharakterisierung bei zyklischer Lasteinleitung .....	58
5.2.1	Ergebnisse der Charakterisierung der mit starrer Matrize geclinchten Verbindungen bei zyklischer Lasteinleitung .....	58
5.2.2	Ergebnisse der Charakterisierung der mit geteilter Matrize geclinchten Verbindungen bei zyklischer Lasteinleitung .....	62
5.2.3	Vergleich der Verbindungstragfähigkeit beim Clinchen und beim Halbhohlstanznieten unter zyklischer Lasteinleitung .....	65
5.2.4	Einfluss variierender Reibverhältnisse zwischen den Fügeteilen auf die Verbindungstragfähigkeit bei zyklischer Lasteinleitung .....	66
5.3	Gegenüberstellung der Neigungsexponenten der Wöhlerlinien .....	67
5.3.1	Clinchen mit starrer Matrize .....	67
5.3.2	Clinchen mit geteilter Matrize .....	69
6	Darstellung des Mittelspannungseinflusses im Dauerfestigkeitsschaubild nach Haigh .....	71
6.1	Dauerfestigkeitsschaubilder nach Haigh für mit starrer Matrize geclinchte Verbindungen .....	71
6.2	Dauerfestigkeitsschaubilder nach Haigh für mit geteilter Matrize geclinchte Verbindungen .....	74
7	FE-Modellierung der Verbindungen .....	78
7.1	FE-Modelle und Ergebnisse der 2D-Prozesssimulation .....	78
7.2	FE-Modell der Belastungssimulation zur Abschätzung örtlicher Spannungsmaxima .....	80
8	Berechnungsmethodik für die analytische Auslegung geclinchter Verbindungen unter zyklischer Belastung .....	82
8.1	Ablauf des Ermüdungsfestigkeitsnachweises .....	82
8.1.1	Berechnung der Werkstoff-Wechselfestigkeit $\sigma_w$ .....	83
8.1.2	Berechnung der Verbindungs-Wechselfestigkeit $\sigma_{wk}$ .....	83
8.1.3	Berechnung der Amplitude der Verbindungs-Dauerfestigkeit .....	85
8.1.4	Berechnung der Verbindungs-Betriebsfestigkeit .....	86
8.2	Analytische Auslegung der Clinchverbindungen unter zyklischer Belastung mit Hilfe der Berechnungsmethodik .....	86
8.2.1	Analytische Auslegung für das Clinchen mit starrer Matrize .....	86
8.2.2	Validierung der Berechnungsmethodik .....	90

9	Ergebnisse und Ausblick .....	93
9.1	Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der Ergebnisse für kleine und mittelständische Unternehmen.....	94
10	Literaturverzeichnis .....	96
10.1	Normen und Richtlinien .....	97