

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 Halbhohlstanzen	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 Resonanzpulsler 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 Beölungszustandes auf den Fügeprozess	53
4.4.2	Einfluss des Beölungszustandes 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 σ_w	83
8.1.2	Berechnung der Verbindungs-Wechselfestigkeit σ_{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