

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einleitung und Zielsetzungen	1
1.2	Vorgehensweise und Versuchsprogramm	4
2	Grundlagen und Stand der Forschung	9
2.1	Aufbau und Eigenschaften von Aluminium-Schweißverbindungen.....	9
2.2	Mikrostruktur naturharter und ausscheidungshärtbarer Aluminium- legierungen	14
2.3	Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe	21
2.3.1	Ermüdungsverhalten von Typ I- und Typ II-Werkstoffen im VHCF-Bereich...	24
2.3.2	Ermüdungsverhalten von Schweißnähten bei sehr hohen Lastspielzahlen	27
2.3.3	Einflussfaktoren auf die Schwingfestigkeit im VHCF-Bereich	29
2.3.4	Grundlagen der Bruchmechanik	31
2.4	Berechnung der Schwingfestigkeit von Schweißverbindungen	34
2.4.1	Kerbspannungskonzept mit einheitlichem fiktivem Ersatzradius	35
3	Werkstoffe, Probenherstellung und experimentelle Methoden	38
3.1	Grundwerkstoffe	38
3.2	Herstellung der geschweißten Proben.....	41
3.2.1	Herstellung der repräsentativen Materialproben	48
3.3	Experimentelle Methoden	50
3.3.1	Mikrostruktur und Oberflächencharakterisierung	50
3.3.1.1	Lichtmikroskop	50
3.3.1.2	Laser-Scanning-Mikroskop	50
3.3.1.3	Rasterelektronenmikroskop	51
3.3.1.4	Transmissionselektronenmikroskop	51
3.3.2	Durchstrahlungsprüfung von Schweißnähten.....	52
3.3.3	Farbeindringprüfung.....	53

3.3.4	Mechanische Prüfung.....	53
3.3.4.1	Zugversuch.....	53
3.3.4.2	Härtemessung.....	54
3.3.4.3	Servohydraulische Ermüdungsversuche.....	54
3.3.4.4	Ultraschallermüdungsprüfsystem.....	54
3.3.4.5	Entwicklung gekerbter und geschweißter Ultraschallermüdungsproben.....	58
3.3.4.6	Risswachstumsversuche bei zyklischer Biegebeanspruchung.....	65
3.3.5	Versuchsmatrix der Ermüdungsversuche.....	67
4	Materialcharakterisierung der Schweißnahtzonen und repräsentativen Werkstoffproben.....	69
4.1	Bereich der Wärmeeinflusszone.....	69
4.2	Repräsentative Werkstoffproben aus EN AW-5083 und EN AW-6082.....	74
4.3	Vergleich Schweißnahtzonen mit repräsentativen Werkstoffproben.....	77
5	Ergebnisse.....	80
5.1	Schwingfestigkeitsuntersuchungen.....	80
5.1.1	Geschweißte Proben mit Nahtüberhöhung.....	80
5.1.2	Geschweißte Proben ohne Nahtüberhöhung.....	82
5.1.3	Gekerbte, wärmebehandelte, repräsentative Werkstoffproben.....	86
5.1.4	Glatte, wärmebehandelte, repräsentative Werkstoffproben.....	87
5.2	Finite-Elemente-Berechnung der lokalen Spannungen an Nahtdefekten.....	96
5.2.1	Entwicklung des Finite-Elemente-Modells.....	97
5.2.2	Einfluss der Größe und Lage von Defekten auf die lokale Spannung.....	99
5.3	Risswachstumsversuche an geschweißten Proben.....	101
5.4	Begleitende thermographische Untersuchungen.....	102
6	Diskussion der Ergebnisse.....	105
6.1	Einflussfaktoren auf die Schwingfestigkeit der Schweißnähte.....	105
6.1.1	Geometrische Kerbe.....	105
6.1.2	VHCF-Schädigungsmechanismen in den Grundwerkstoffen.....	113

6.1.3	Prozessbedingte Defekte.....	119
6.1.4	Zusammenfassende Bewertung der Kerbeffekte.....	123
6.2	Lebensdauervorhersage von Aluminium-Schweißnähten im VHCF-Bereich .	127
6.2.1	Kerbspannungskonzept mit einheitlichem fiktivem Ersatzradius	127
6.2.2	Bruchmechanische Bewertung	129
7	Zusammenfassung und Ausblick	136
8	Literatur	142
8.1	Fachartikel und -bücher	142
8.2	Normen	150