

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	i
Abstract	iii
Vorwort	v
Inhaltsverzeichnis	vii
Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xvii
Abkürzungsverzeichnis	xix
1 Motivation und Zielsetzung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Struktur der Arbeit	4
2 Grundlagen und Kenntnisstand	7
2.1 Zylinderkopf	7
2.1.1 Aufbau, Funktionen und Anforderungen	7
2.1.2 Belastungen und Schadensmechanismen	8
2.2 Kolben	9
2.2.1 Aufbau, Funktionen und Anforderungen	9
2.2.2 Belastungen und Schadensmechanismen	10
2.3 Werkstoff	12
2.3.1 Al-Si-Legierungen	12
2.3.2 Wärmebehandlung und Aushärtung	14
2.4 Arten der Beanspruchung	16
2.4.1 Übersicht	16
2.4.2 Isotherme Beanspruchung	17
2.4.3 Thermomechanische Beanspruchung	18
2.5 Prüfstandsversuche für die Komponenten Zylinderkopf und Kolben	19
2.5.1 TMF-Prüfung von Zylinderköpfen	19
2.5.2 TMF-Prüfung von Kolben	21
2.6 Materialmodell für Wechselverformungsverhalten	24
2.7 Physikalisch basiertes Lebensdauermodell	26
3 Werkstoffuntersuchung von AlSi7 und AlSi12	29

3.1	Thermophysikalische Analyse.....	29
3.2	Basischarakterisierung.....	30
3.3	Versuche zur Schädigungsmodellierung.....	31
3.4	Risswachstumsversuche	32
4	Lebensdauerberechnung.....	33
4.1	Schädigungsparameter.....	33
4.1.1	TMF-Schädigungsparameter	33
4.1.2	HCF-Schädigungsparameter	35
4.2	Detailliertes Berechnungskonzept.....	36
4.3	Effizientes Berechnungskonzept.....	36
5	Versuchskonzept und Prüfaufbau zur bauteilnahen Validierung.....	39
5.1	Prüfstandskonzept.....	39
5.2	Zylinderkopf.....	40
5.2.1	Probengeometrie	40
5.2.2	Prüfstandsaufbau	42
5.3	Kolben.....	44
5.3.1	Probengeometrie	44
5.3.2	Prüfstandsaufbau	45
5.4	Automatisierte Risserkennung	48
6	Simulation der thermischen Randbedingungen.....	51
6.1	Modellierung und CHT-Simulation	51
6.2	Stationäre Berechnung der Temperaturverteilung	52
6.3	Transiente Berechnung der Temperaturverteilung.....	54
7	Versuchsdurchführung an der bauteilnahen Zylinderkopfprobe.....	57
7.1	Validierung der Temperaturverteilung, Erläuterung der Prüfinfrastruktur und der Prüfparameteroptimierung	57
7.2	TMF-Versuch mit Dehnungsbehinderung durch den Hochfrequenzpulsator....	61
7.3	TMF-Versuch ohne Dehnungsbehinderung durch den Hochfrequenzpulsator.	64
7.4	Überlagerte TMF/HCF-Versuche.....	65
8	Versuchsdurchführung an der bauteilnahen Kolbenprobe.....	73
8.1	Validierung der Auslegung der Kolbenlagerung und Aufnahme der Temperaturverteilung	73
8.2	TMF-Versuch ohne Dehnungsbehinderung durch den Hochfrequenzpulsator.	75
8.3	Überlagerter TMF/HCF-Versuch	77
9	Auswertung und Diskussion der Versuchsergebnisse	81
9.1	Reproduzierbarkeit der Belastungen.....	81
9.1.1	Belastungen durch den Heißgasstrom	81

9.1.2 Belastungen durch den Hochfrequenzpulsator	82
9.2 Schädigung an der Zylinderkopfprobe und Abgleich mit der Lebensdauervorhersage sowie deren Bewertung.....	83
9.2.1 TMF-Versuch mit Dehnungsbehinderung	83
9.2.2 TMF-Versuch ohne Dehnungsbehinderung	84
9.2.3 Überlagerte TMF/HCF-Versuche	87
9.3 Schädigung an der Kolbenprobe, Abgleich mit der Lebensdauervorhersage und Iterationsmaßnahmen.....	97
9.3.1 TMF-Versuch ohne Dehnungsbehinderung und überlagerter TMF/HCF-Versuch	97
9.3.2 Ableitung von Anpassungsmaßnahmen zur Prüfungsoptimierung.....	101
10 Ableitung einer Prüfmethodik.....	107
10.1 Prüfungs vorbereitung	107
10.2 Prüfungsplanung, -durchführung und -auswertung.....	107
10.3 Ansätze zur Übertragung der Prüfmethodik auf weitere Anwendungsbiete	
109	
11 Zusammenfassung und Ausblick.....	111
12 Literatur.....	115
13 Anhang	127
13.1 Ergebnisse der thermophysikalischen Analyse	127
13.2 Ergebnisse der Basischarakterisierung.....	129
13.3 Ergebnisse der Schädigungsversuche.....	131
13.4 Ergebnisse der Risswachstsumsversuche.....	133
13.5 Daten zu den verwendeten Prüfvorrichtungen.....	134
13.6 Abmessungen der Zylinderkopfprobe	137
13.7 Abmessungen der Kolbenprobe	138
13.8 Vergleich der gemessenen und simulierten Temperaturen bei stationären Betriebspunkten	139
13.9 Bestimmung der tatsächlichen Risslänge bei 2196 TMF-Zyklen.....	140
13.10 Experimentelle und berechnete Lebensdauern für die Versuche mit den Rundproben den bauteilähnlichen Zylinderkopfproben	141