

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung i

Abstract iii

Vorwort..... v

Inhaltsverzeichnis vii

Abbildungsverzeichnis xi

Tabellenverzeichnisxvii

Abkürzungsverzeichnisxix

1 Motivation und Zielsetzung..... 1

1.1 Motivation1

1.2 Zielsetzung4

1.3 Struktur der Arbeit4

2 Grundlagen und Kenntnisstand 7

2.1 Zylinderkopf7

2.1.1 Aufbau, Funktionen und Anforderungen7

2.1.2 Belastungen und Schadensmechanismen.....8

2.2 Kolben9

2.2.1 Aufbau, Funktionen und Anforderungen9

2.2.2 Belastungen und Schadensmechanismen.....10

2.3 Werkstoff.....12

2.3.1 Al-Si-Legierungen12

2.3.2 Wärmebehandlung und Aushärtung.....14

2.4 Arten der Beanspruchung16

2.4.1 Übersicht.....16

2.4.2 Isotherme Beanspruchung17

2.4.3 Thermomechanische Beanspruchung.....18

2.5 Prüfstandsversuche für die Komponenten Zylinderkopf und Kolben19

2.5.1 TMF-Prüfung von Zylinderköpfen19

2.5.2 TMF-Prüfung von Kolben21

2.6 Materialmodell für Wechselverformungsverhalten24

2.7 Physikalisch basiertes Lebensdauermodell26

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	Prüfstands Aufbau	42
5.3	Kolben.....	44
5.3.1	Probengeometrie	44
5.3.2	Prüfstands Aufbau	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 Prüfungsvorbereitung	107
10.2 Prüfungsplanung, -durchführung und -auswertung	107
10.3 Ansätze zur Übertragung der Prüfmethodik auf weitere Anwendungsgebiete 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 Risswachstumsversuche	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