

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht.....	2
2.1 Erstarrungsablauf und Gefügeausbildung	2
2.1.1 Untereutektische Legierungen	2
2.1.2 Eutektische Legierungen.....	3
2.1.3 Übereutektische Legierungen	5
2.2 Schmelzebehandlungen	5
2.2.1 Feinung der Primärphasen	6
2.2.1.1 Keimbildungsmechanismen.....	6
2.2.1.1.1 Homogene Keimbildung.....	6
2.2.1.1.2 Heterogene Keimbildung.....	7
2.2.1.2 Kornfeinung des α -Aluminiummischkristalls	8
2.2.1.3 Feinung des Primärsiliziums.....	12
2.2.2 Veredelung des eutektischen Siliziums	13
2.3 Wärmebehandlungen.....	15
2.3.1 Glühung - Morphologieänderung des eutektischen Siliziums	15
2.3.2 Aushärtung	16
2.3.2.1 Allgemeines	16
2.3.2.2 Aushärtungsverhalten von AlMgSi-Legierungen	19
2.4 Tribologie.....	20
2.4.1 Grundlagen.....	20
2.4.2 Verschleißprüfung.....	26
3 Versuchsmaterialien, Versuchseinrichtungen und Untersuchungsmethoden	28
3.1 Versuchsmaterialien.....	28
3.2 Versuchseinrichtungen und Untersuchungsmethoden	36
3.2.1 Schmelzen und Gießen.....	36
3.2.2 Wärmebehandlungen	38
3.2.2.1 Morphologieänderung des Siliziums	38
3.2.2.2 Untersuchungen zum Aushärtungsverhalten der Legierung AlSi11Mg.....	39
3.2.3 Mechanische Eigenschaften (Zugversuch)	39
3.2.4 Tribologische Untersuchungen	40

3.2.5 Metallographische Untersuchungen.....	41
3.2.5.1 Bestimmung der Größe der Primärphase	41
3.2.5.1.1 Korngrößenbestimmung.....	41
3.2.5.1.2 Bestimmung der Größe der Primärsiliziumkristalle und des Volumenanteils.....	42
3.2.5.2 Gefügeuntersuchung	43
3.2.5.2.1 Makrogefügeuntersuchung.....	43
3.2.5.2.2 Mikrogefügeuntersuchung	43
4 Versuchsprogramm und -durchführung.....	44
4.1 Legierungübergreifende Untersuchungen.....	44
4.2 Untereutektische AlSi-Legierungen	44
4.2.1 Gefügebeeinflussung durch Kornfeinung der α -Aluminiumprimärphase	44
4.2.1.1 Legierung AlSi9	44
4.2.1.2 Legierung AlSi11	45
4.2.2 Beeinflussung der Kornfeinungswirkung der AlB-Vorlegierungen durch Titan.....	45
4.2.3 Gefügebeeinflussung durch Phosphor.....	45
4.2.3.1 Legierung AlSi9	45
4.2.3.2 Legierung AlSi11	46
4.2.4 Gefügebeeinflussung durch Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	46
4.2.4.1 Legierung AlSi9	46
4.2.4.2 Legierung AlSi11	46
4.2.5 Gefügebeeinflussung durch Kornfeinung der α -Aluminiumprimärphase mit Bor und Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	46
4.2.5.1 Legierung AlSi9	46
4.2.5.2 Legierung AlSi11	46
4.2.6 Einfluß von Titan auf die Kornfeinungs- und Veredelungswirkung	47
4.2.6.1 Legierung AlSi9	47
4.2.6.2 Legierung AlSi11	47
4.2.7 Einfluß der Wärmebehandlung	47
4.2.7.1 Glühung.....	47
4.2.7.2 Kalt- und Warmaushärtung	47
4.2.8 Mechanische Eigenschaften	48
4.2.8.1 Legierung AlSi9	48
4.2.8.2 Legierung AlSi11	48

4.3 Eutektische AlSi-Legierungen - am Beispiel der Legierung AlSi12	49
4.3.1 Gefügebeeinflussung durch Phosphor	49
4.3.2 Gefügebeeinflussung durch Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	49
4.3.3 Gefügebeeinflussung durch Feinung des „primären Siliziums“ mit Phosphor und Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	49
4.3.4 Gefügebeeinflussung durch weitere Zusätze	50
4.4 Übereutektische AlSi-Legierungen - am Beispiel der Legierung AlSi14	50
4.4.1 Gefügebeeinflussung durch Feinung des primären Siliziums mit Phosphor	50
4.4.2 Gefügebeeinflussung durch Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	50
4.4.3 Gefügebeeinflussung durch Feinung des primären Siliziums mit Phosphor und Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	50
4.4.4 Mechanische Eigenschaften	51
4.4.4.1 Mechanische Kennwerte aus dem Zugversuch	51
4.4.4.2 Tribologische Untersuchungen	51
5 Optimierungsversuche	52
5.1 Abbrandbestimmungen	52
5.1.1 Strontium	52
5.1.2 Phosphor	53
5.1.2.1 Einfluß des Phosphorvorlegierungstyps	53
5.1.2.2 Phosphorabbrand bei optimierter Vorlegierung	53
5.2 Optimierung der Zugabereihenfolge (Phosphor und Strontium)	53
6 Versuchsergebnisse	54
6.1 Legierungsübergreifende Untersuchungen	
Einfluß der Gießparameter auf die Gefügeausbildung der Legierungen ohne chemische Zusätze	54
6.1.1 Einfluß der Gießtemperatur	54
6.1.2 Einfluß der Formtemperatur	54
6.2 Untereutektische AlSi-Legierungen	55
6.2.1 Gefügebeeinflussung durch Kornfeinung der α -Aluminiumprimärphase	55
6.2.1.1 Legierung AlSi9	55
6.2.1.1.1 Untersuchung der Kornfeinungswirkung verschiedener Vorlegierungen	55
6.2.1.1.2 Kornfeinung durch AlB ₄ -Drahtvorlegierung mit AlB ₂ -Teilchen	56
6.2.1.1.2.1 Einfluß der Haltezeit	56
6.2.1.1.2.2 Einfluß der Gießtemperatur	57
6.2.1.1.2.3 Einfluß der Abkühlungsgeschwindigkeit	57

6.2.1.1.3 Kornfeinung durch AlB-Masselvorgabe	58
6.2.1.1.3.1 Einfluß der Haltezeit	58
6.2.1.1.3.2 Einfluß der Zugabemenge	61
6.2.1.2 Legierung AlSi11 und AlSi11Mg	62
6.2.1.3 Licht- und rasterelektronenoptische Untersuchungen	63
6.2.1.3.1 Identifizierung von Kristallisationszentren der α -Aluminiumprimärphase	63
6.2.1.3.2 Ausbildungsform des Eutektikums	75
6.2.2 Beeinflussung der Kornfeinungswirkung der AlB-Vorlegierung durch Titan	76
6.2.2.1 Makroskopische Untersuchungen	77
6.2.2.2 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	79
6.2.3 Gefügebeeinflussung durch Phosphor	81
6.2.3.1 Legierung AlSi9	81
6.2.3.2 Legierung AlSi11	81
6.2.3.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	82
6.2.4 Gefügebeeinflussung durch Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	84
6.2.4.1 Legierung AlSi9	84
6.2.4.1.1 Einfluß der Haltezeit	84
6.2.4.1.2 Einfluß der Zugabemenge und der Gießtemperatur	85
6.2.4.2 Legierung AlSi11	85
6.2.4.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	86
6.2.5 Gefügebeeinflussung durch Kornfeinung der α -Aluminiumprimärphase mit Bor und Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	91
6.2.5.1 Legierung AlSi9	91
6.2.5.1.1 Einfluß der Zugabemenge von Kornfeiner und Veredeler auf die Korngröße	91
6.2.5.1.2 Einfluß der Zugabemenge von Kornfeiner und Veredeler auf die Veredelungswirkung	92
6.2.5.2 Legierung AlSi11	93
6.2.5.2.1 Einfluß der Zugabemenge von Kornfeiner und Veredeler auf die Korngröße	93
6.2.5.2.2 Einfluß der Zugabemenge von Kornfeiner und Veredeler auf die Veredelungswirkung	93
6.2.5.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	95
6.2.6 Einfluß von Titan auf die Kornfeinungs- und Veredelungswirkung	99
6.2.6.1 Legierung AlSi9	99
6.2.6.2 Legierung AlSi11	99
6.2.6.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	102

6.2.7 Einfluß der Wärmebehandlung	112
6.2.7.1 Glühung	112
6.2.7.2 Kalt- und Warmaushärtung.....	115
6.2.7.2.1 Einförmung des eutektischen Siliziums.....	115
6.2.7.2.2 Einfluß der Lösungsglühzeit auf den Aushärtungsverlauf der Warmaushärtung	116
6.2.7.2.3 Einfluß des Magnesiumgehaltes auf den Aushärtungsverlauf der Kalt- und Warmaushärtung	117
6.2.7.2.3.1 Kaltaushärtung.....	117
6.2.7.2.3.2 Warmaushärtung.....	118
6.2.7.2.4 Einfluß der Gefügebildung auf den Aushärtungsverlauf der Kalt- und Warmaushärtung	120
6.2.7.2.4.1 Kaltaushärtung.....	120
6.2.7.2.4.2 Warmaushärtung.....	120
6.2.8 Mechanische Eigenschaften.....	121
6.2.8.1 Legierung AlSi9.....	121
6.2.8.2 Legierung AlSi11.....	122
6.2.8.3 Zusammenfassung der Ergebnisse des Zugversuchs	131
6.2.8.3.1 Legierung AlSi9.....	131
6.2.8.3.2 Legierung AlSi11.....	131
6.3 Eutektische AlSi-Legierungen - am Beispiel der Legierung AlSi12	134
6.3.1 Gefügebeflussung durch Phosphor	134
6.3.1.1 Einfluß der Zugabemenge.....	134
6.3.1.2 Einfluß der Haltezeit, Gieß- und Formtemperatur.....	134
6.3.2 Gefügebeflussung durch Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	135
6.3.2.1 Einfluß der Zugabemenge.....	135
6.3.2.2 Einfluß der Haltezeit, Gieß- und Formtemperatur.....	136
6.3.2.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen.....	137
6.3.3 Gefügebeflussung durch Feinung des „primären Siliziums“ mit Phosphor und Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	139
6.3.3.1 Einfluß der Zugabemengen.....	139
6.3.3.1.1 Einfluß des Strontiums bei konstantem Phosphorgehalt	139
6.3.3.1.2 Einfluß des Phosphors bei konstantem Strontiumgehalt	140
6.3.3.2 Einfluß der Gieß- und Formtemperatur	142
6.3.3.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen.....	143

6.3.4 Gefügebeeinflussung durch weitere Zusätze.....	146
6.3.4.1 Zirkon und Vanadium	146
6.3.4.2 Nickel	147
6.3.4.2.1 Nickel und Phosphor	147
6.3.4.2.2 Nickel und Strontium	147
6.3.4.2.3 Nickel, Zirkon und Strontium	148
6.3.4.2.4 Nickel, Phosphor und Strontium	148
6.3.4.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	148
6.4 Übereutektische AlSi-Legierungen - am Beispiel der Legierung AlSi14	152
6.4.1 Gefügebeeinflussung durch Feinung des primären Siliziums mit Phosphor	152
6.4.1.1 Einfluß der Zugabemenge	152
6.4.1.2 Einfluß der Gieß- und Formtemperatur.....	153
6.4.1.3 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	154
6.4.2 Gefügebeeinflussung durch Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	157
6.4.3 Gefügebeeinflussung durch Feinung des primären Siliziums mit Phosphor und Veredelung des eutektischen Siliziums mit Strontium	158
6.4.3.1 Einfluß der Zugabemenge	158
6.4.3.2 Einfluß der Haltezeit	160
6.4.3.3 Einfluß der Gieß- und Formtemperatur	161
6.4.3.4 Rasterelektronenoptische Untersuchungen	163
6.4.4 Mechanische Eigenschaften	165
6.4.4.1 Mechanische Kennwerte aus dem Zugversuch	165
6.4.4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse des Zugversuchs	167
6.4.4.3 Tribologische Untersuchungen (Reibung und Verschleiß).....	168
7 Diskussion.....	176
7.1 Kornfeinung der α -Aluminiumprimärphase	176
7.2 Veredelung des eutektischen und Feinung des primären Siliziums	186
7.3 Gefügebeeinflussung von AlSi-Gußlegierungen durch Zirkon, Vanadium und Nickel	193
7.4 Wärmebehandlung.....	193
7.5 Mechanische Eigenschaften	195
7.5.1 Mechanische Kennwerte aus dem Zugversuch	195
7.5.2 Tribologische Untersuchungen	197

8 Zusammenfassung	198
8.1 Kornfeinung der α -Aluminiumprimärphase	199
8.2 Feinung des primären Siliziums.....	200
8.3 Veredelung des eutektischen Siliziums.....	200
8.4 Feinung der Primärphasen und Veredelung des eutektischen Siliziums	201
8.5 Wärmebehandlung	201
8.6 Mechanische Eigenschaften.....	202
8.6.1 Mechanische Kennwerte aus dem Zugversuch.....	202
8.6.2 Tribologische Untersuchungen	203
8.7 Abschlußbemerkungen.....	204
9. Literaturverzeichnis	205