

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
2	Grundlagen	7
2.1	Vakuum-Kaltkammer-Druckguss	7
2.2	AlSiMg-Druckgusslegierungen	11
2.2.1	Binäres und ternäres System	11
2.2.2	Einfluss gängiger Legierungselemente	14
2.3	Gießbarkeit von AlSiMg-Legierungen	19
2.3.1	Definition der Gießbarkeit	20
2.3.2	Einflussfaktoren der Fließfähigkeit	22
2.3.3	Einfluss der Erstarrungsbedingungen	25
2.4	Formkleben	29
2.4.1	Entstehung des Formklebens	29
2.4.2	Einfluss der Legierungselemente	33
2.5	Wärmebehandlung im AlSiMg-System	36
2.5.1	Lösungsglühen	37
2.5.2	Abschrecken	39
2.5.3	Auslagern	40
2.6	Mechanische Eigenschaften	41
2.6.1	Einfluss der Ausscheidungen	42
2.6.2	Einfluss spröder Phasen	44
3	Experimentelle Methodik	49
3.1	Thermodynamische Berechnungen	49
3.2	Herstellung des Versuchsmaterials	50
3.2.1	Referenzlegierungen	51
3.2.2	Elemente zur Vermeidung des Formklebens	52

3.2.3	Elemente zur Kornfeinung	53
3.2.4	Untersuchungen zu Molybdän	54
3.3	Untersuchungen zur Fließfähigkeit	55
3.3.1	Kokillengießspirale	55
3.3.2	Fließfähigkeit im Druckguss	56
3.4	Bestimmung der Formklebeneigung	57
3.4.1	Eintauchversuch	57
3.4.2	Diffusionspaar	58
3.4.3	Formkleben im Druckguss	60
3.5	Wärmebehandlung	62
3.6	Mechanische Prüfverfahren	65
3.6.1	Härteprüfung nach Brinell	65
3.6.2	Uniaxialer Zugversuch	65
3.6.3	Halbhohlstanzen	67
3.6.4	Scherzugversuch	68
3.7	Charakterisierung der Mikrostruktur	69
3.7.1	Lichtmikroskop	70
3.7.2	Rasterelektronenmikroskop	70
3.7.3	Transmissionselektronenmikroskop	70
3.8	3D-Vermessung	71
4	Analyse des Formklebeverhaltens	73
4.1	Entstehung von Formkleben	74
4.2	Einfluss der Legierungselemente	82
4.2.1	Einsatz seltener Erden	82
4.2.2	Einsatz ausgewählter Übergangsmetalle	88
5	Analyse der Fließfähigkeit	119
5.1	Einfluss des Siliziumgehalts	119
5.2	Einfluss weiterer Elemente	123
5.2.1	Beeinflussung des Erstarrungsintervalls	123
5.2.2	Kornfeinende oder veredelnde Elemente	131
5.3	Bedeutung für den Druckguss	138
6	Analyse der Mikrostruktur und mechanischen Eigenschaften	141
6.1	Charakterisierung der Referenzlegierungen	141
6.1.1	Mikrostruktur	142
6.1.2	Mechanische Kennwerte	144
6.1.3	Stanznietverhalten	146
6.2	Einfluss der Elemente gegen Formkleben	149

6.2.1	Mangan	152
6.2.2	Yttrium und CerMM	153
6.2.3	Vanadium	155
6.2.4	Molybdän und Wolfram	155
6.2.5	Chrom	158
6.2.6	Kombinationen	160
6.3	Einfluss der Fließfähigkeitssteigerung	163
6.3.1	Zink	163
6.3.2	Nickel	165
6.4	Einfluss von Kornfeinung	167
6.4.1	Titan	167
6.4.2	Zirkonium	172
6.4.3	Kombinationen	176
6.5	Einfluss des T7-Zustands	180
6.5.1	Einfluss ausgewählter Elemente	181
6.5.2	Einstellen des T7-Zustands	183
7	Optimieren der Zusammensetzung	187
7.1	Entwicklung erster Prototypen	187
7.1.1	Chrom	188
7.1.2	Kombination aus Chrom und Molybdän	191
7.2	Übertrag auf Serienbauteile	195
7.2.1	Minimaler Siliziumgehalt	196
7.2.2	Validieren der Prototyplegierungen	199
7.3	Erreichte Eigenschaften	207
8	Zusammenfassung	211
9	Summary	213
	Literaturverzeichnis	215