

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	5
2.1	Potentielle Refraktärmetall-Systeme für Hochtemperaturanwendungen	5
2.2	Anforderungen an Hochtemperaturlegierungen in Relation zum $\text{Cr}_{MK}\text{-Cr}_3\text{Si}$ - System	6
2.3	Mikrostruktur und Wärmebehandlung von Cr-Si-Legierungen	6
2.4	Schützende Oxidschichten für Hochtemperaturanwendungen	10
2.4.1	Bildung der Oxidschicht	10
2.4.2	Thermodynamische Aspekte	11
2.4.3	Kinetische Aspekte	12
2.4.4	Besonderheiten der Oxidationskinetik von Cr bei $T > 1000\text{ °C}$	14
2.4.5	Defektstruktur und Diffusion in Cr_2O_3	17
2.4.6	Oxidation von Legierungen	18
2.5	Motivation für ternäre Legierungselemente	21
3	Zielsetzung der Arbeit	23
4	Experimentelles Vorgehen und Methoden	25
4.1	Experimentelles Vorgehen	25
4.1.1	Legierungsherstellung und Zusammensetzung	25
4.1.2	Wärmebehandlung	26
4.1.3	Oxidationsversuche	26
4.1.4	Metallografische Probenpräparation und Untersuchung	27
4.1.5	Untersuchung der Phasenanteile und Ausscheidungsgrößen	30
4.1.6	Röntgenstrahldiffraktometrie	30
4.1.7	Bestimmung der Konzentrationen von Verunreinigungen	30
4.1.8	Thermodynamische Berechnungen	31
4.2	k_p - k_v - P -Modell	31
4.2.1	Parabolische Massenzunahme	31
4.2.2	Lineare Massenabnahme	32
4.2.3	Massendiskontinuitäten	33
4.2.4	Abgrenzung zu anderen Modellen	39
4.2.5	Limitierungen des Modells	40

5	Ergebnisse	41
5.1	Mikrostruktur und deren Einstellung mittels Wärmebehandlung	41
5.1.1	Einfluss der Si-Konzentration auf die Mikrostruktur	44
5.1.2	Einfluss von ternären Elementen auf die Mikrostruktur von Cr-Si-Legierungen	45
5.1.3	Quaternäre und quinäre Cr-Si-Ge-Legierungen - Zusammenwirken der Elemente	47
5.1.4	Thermische Stabilität ausgewählter Legierungen	49
5.1.5	Phasenzusammensetzung	50
5.1.6	Untersuchung der Phasengrenzen Cr_{MK}/Cr_3Si	54
5.2	Untersuchung des Oxidationsverhaltens	57
5.2.1	Thermogravimetrische Auslagerungen	57
5.2.2	Charakterisierung der Oxidschichten und des oberflächennahen Bereichs	60
5.2.3	Die Rolle von unterschiedlichen Cr-Ausgangsmaterialien bei der Oxidationsbeständigkeit von Cr(-Si-X)-Legierungen	65
5.2.4	Einfluss der Oxidationstemperatur	68
5.2.5	Einfluss der Variation der Legierungselementkonzentration	73
6	Diskussion	75
6.1	Die Mikrostruktur	75
6.1.1	Ausscheidungsverhalten von Cr-reichen Cr-Si-Legierungen bei 1200 °C	75
6.1.2	Der Germanium-Effekt	77
6.1.3	Der Molybdän-Effekt	79
6.1.4	Der Platin-Effekt	80
6.1.5	Grenzflächenuntersuchungen zwischen Cr_{MK} und A15-Ausscheidungen	82
6.2	Oxidation	84
6.2.1	Einfluss von unterschiedlichem Cr-Material auf die Oxidation	84
6.2.2	Nitrierung von Cr_{MK} -A15-Legierungen	85
6.2.3	Oxidation von Cr-Si-Basis-Legierungen	87
6.2.4	Cr_2O_3 -Bildung und Morphologie	88
6.2.5	Die innere Oxidation von Si	89
6.2.6	Aktivierungsenergien der Oxidation von Cr_{MK} -A15-Basis-Legierungen	90
6.3	Einfluss von Makrolegieren auf die Oxidation	91
6.3.1	Der Germanium-Effekt	91
6.3.2	Der Molybdän-Effekt	93
6.3.3	Der Platin-Effekt	96
7	Schlussfolgerung und Ausblick	99