

INHALTSVERZEICHNIS	SEITE
1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLAGEN	3
2.1 Oxidationsverhalten von Metallen	3
2.2 Oxidationsverhalten von Aluminium und Aluminiumlegierungen	4
2.3 Reaktionsverhalten von Aluminiumlegierungen mit refraktären Verbindungen	7
2.3.1 SiO <sub>2</sub> -haltige Materialien	8
2.3.2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -, MgO- und MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -haltige Materialien	10
2.4 Benetzungsverhalten	12
2.4.1 Grundlagen der Benetzung	12
2.4.2 Benetzung keramischer Werkstoffe durch flüssiges Metall	14
2.4.3 Die Benetzung von Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> und SiC durch Al	15
2.5 Gerichtete Schmelzoxidation von Al-Legierungen	17
2.5.1 Das System Al/Sauerstoff	18
2.5.1.1 Aufheiz- und Inkubtionsphase	19
2.5.1.2 Die mikrostrukturelle Entwicklung der Matrix	19
2.5.1.3 Kinetik	20
2.5.1.4 Kinetisches Modell	21
2.5.2 Das System Al/Stickstoff	22
2.5.2.1 Die Nitridierungsreaktion	23
2.5.2.2 Die Mikrostruktur	23
2.5.2.3 Kinetik	23
2.5.3 Bauteilherstellung	24
2.5.3.1 Starter- und Barrierematerialien	24
2.5.3.2 Reaktionsaufbau	25
2.5.3.3 Technologische Aspekte	27
2.5.4 Anwendung und Eigenschaften der Verbundwerkstoffe	27
2.5.4.1 Eigenschaften der Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al-Matrix-Verbundwerkstoffe	27
2.5.4.2 Anwendungen	31

3. EXPERIMENTELLE DURCHFÜHRUNG	33
3.1 Ausgangsmaterialien	33
3.1.1 Pulver- und Vorkörperwerkstoffe	33
3.1.2 Legierungen	36
3.1.3 Tiegel	36
3.1.4 Herstellung von Legierungen	37
3.1.5 Herstellung der Vorkörper	37
3.1.6 Herstellung des $\text{MgAl}_2\text{O}_4$	38
3.2 Versuchsdurchführung	38
3.2.1 Oxidations- und Reaktionsversuche	39
3.2.2 Kinetik	40
3.2.3 Herstellung der Matrix-Füller-Verbundwerkstoffe	40
3.2.4 Probenpräparation	41
3.3 Charakterisierung	42
3.3.1 Mikroskopie	42
3.3.2 Röntgendiffraktometrie	42
3.3.3 Mechanische Eigenschaften	42
3.3.4 Sonstige Methoden	44
4. ERGEBNISSE	45
4.1 Die gerichtete Schmelzoxidation von Al-Mg-(Si-Zn)-Legierungen	45
4.1.1 Inkubation	46
4.1.1.1 Die Inkubationsphase für eine Al-2,5Mg-10Si-Legierung	46
4.1.1.2 Einfluß der Si-Gehaltes	50
4.1.1.3 Einfluß des Zn-Gehaltes	52
4.1.1.4 Einfluß des Mg-Gehalts	54
4.1.1.5 Die Mikrostruktur der $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ -haltigen Schicht	54
4.1.2 Das Gerichtete Wachstum der $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Al-Matrix	57
4.1.2.1 Mikrostruktur der $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Al-Matrix	57
4.1.2.1.1 Temperatureinfluß	60
4.1.2.1.2 Einfluß des Si-Gehaltes	62

4.1.2.2 Die Mikrostruktur der Wachstumsoberfläche	62
4.1.2.2.1 Einfluß des Si-Gehalts	66
4.1.2.2.2 Einfluß von Zn	67
4.1.2.3 Kinetik des Matrixwachstums	68
4.1.2.3.1 Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit	68
4.1.2.3.2 Einfluß der Temperatur und der Legierungselemente Si und Zn	69
4.1.2.3.3 Die obere Temperaturgrenze	70
4.1.2.3.4 Der Einfluß des Sauerstoffpartialdrucks	72
4.1.3 Reaktionsverhalten von Aluminiumlegierungen mit Oxiden	73
4.1.3.1 Die Reaktion mit $\text{SiO}_2$ und ZnO	73
4.1.3.2 Dotierung mit $\text{SiO}_2$	75
4.1.3.2 Reaktion mit MgO	76
4.1.3.4 Dotierung mit MgO	77
4.1.3.5 Reaktion mit $\text{MgAl}_2\text{O}_4$	79
4.1.3.6 Dotierung mit $\text{MgAl}_2\text{O}_4$	79
4.2 Gerichtete Schmelzoxidation von Al-Li-Legierungen	81
4.2.1 Mikrostruktur	81
4.2.2 Kinetik	83
4.3 Herstellung von $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Al-Matrix/Füller-Verbundwerkstoffen	87
4.3.1 Matrix/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Füller-Verbundwerkstoffe	88
4.3.1.1 Die Mikrostruktur der $\text{Al}_2\text{O}_3$ /Al-Matrix	88
4.3.1.2 Einfluß der Füllkörperdichte und des Zn-Gehalts der Legierung	89
4.3.1.2 Wirkung von $\text{SiO}_2$ als Starter- und Additivsubstanz	91
4.3.1.3 Reaktionsverhalten der Barrierematerialien	91
4.3.2 Matrix-SiC-Verbundwerkstoffe	92
4.4 Mechanische Eigenschaften der Matrix-SiC-Verbundwerkstoffe	97
4.4.1 Festigkeit und Bruchzähigkeit	98
4.4.2 R-Kurvenverhalten	99
4.4.3 Thermoschockverhalten	102
4.4.4 Hochtemperaturkriechen	103

5. DISKUSSION	106
5.1 Gerichtete Schmelzoxidation von Al-Mg-(Si-Zn)-Legierungen	106
5.1.1 Gleichgewicht im System Al-Mg-O	106
5.1.2 Das Reaktionsverhalten zwischen Al, Al-Legierungen und Oxiden	107
5.1.3 Dotierung von Al-Legierungen	109
5.1.3.1 $\text{SiO}_2$	109
5.1.3.2 MgO	109
5.1.3.3 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$	110
5.1.4 Inkubationsphase	110
5.1.4.1 Verdampfen von Mg aus der Legierung	110
5.1.4.2 $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ -Bildung	111
5.1.4.3 MgO-Bildung	112
5.1.4.4 Inkubation und Keimbildung	113
5.1.4.5 Einfluß von Si auf die Inkubationsphase	115
5.1.5 Kinetik des Matrixwachstums	115
5.1.5.1 Temperaturfenster für Al-Mg-Si-Zn-Legierungen	115
5.1.5.2 Einfluß der Legierungselemente Si und Zn	116
5.1.5.3 Sauerstoffpartialdruck	117
5.1.5.4 Metalltransport	118
5.1.6 Mikrostruktur der Wachstumsoberfläche	119
5.1.7 Modellvorstellung zum Wachstums	119
5.2 Gerichtete Schmelzoxidation von Al-Li-Legierungen	123
5.2.1. Gleichgewicht im System Al-Li-O	123
5.2.2 Mikrostrukturelle Entwicklung	123
5.2.3 Oxidationsverhalten und Einfluß von Si	123
5.3 Wirkung der Initiatorelemente	124
5.4 Matrix-Füller-Verbundwerkstoffe	126
5.3.1 Verbundwerkstoffe mit $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Füller	126
5.3.2 Verbundwerkstoffe mit SiC-Füller	127
5.5 Mechanische Eigenschaften der Matrix-SiC-Verbundwerkstoffe	129
5.5.1 Raumtemperatur	129
5.5.2 Hochtemperaturverhalten	130

6. ZUSAMMENFASSUNG	132
7. LISTE DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE	135
8. LITERATUR	137