

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht	3
2.1	Gefüge glasphasehaltiger Keramiken	3
2.1.1	Gefüge von glasphasehaltigem Aluminiumoxid	4
2.1.2	Beschreibung der Korngrenzen	6
2.1.3	Verteilung der Glasphase	7
2.1.3.1	2-dimensionale Betrachtung	7
2.1.3.2	3-dimensionale Betrachtung	10
2.2	Kriechmechanismen in Keramiken	11
2.2.1	Kriechmechanismen einphasiger Keramiken	12
2.2.1.1	Versetzungskriechen	12
2.2.1.2	Korngrenzengleiten	12
2.2.1.3	Diffusionskriechen	13
2.2.2	Kriechmechanismen glasphasehaltiger Keramiken	14
2.2.2.1	Korngrenzengleiten	15
2.2.2.2	Viskoses Fließen der Glasphase	16
2.2.2.3	Lösung-Wiederausscheidung	17
2.2.2.4	Kristallisation der Glasphase	21
2.2.3	Verformungsmechanismuskarten	22
2.2.4	Tertiäres Kriechen — Schädigungsmechanismen	22
2.2.5	Lebensdauer und Duktilität	24
2.3	Experimentelle Ergebnisse aus der Literatur	25

2.3.1	Kriechverhalten von Aluminiumoxid	25
2.3.1.1	Glasphasehaltiges Aluminiumoxid	25
2.3.1.2	Glasphasefreies Aluminiumoxid	27
2.3.2	Verformungsmechanismen	27
2.3.3	Lebensdauer von glasphasehaltigem Aluminiumoxid	28
2.4	Struktur und Eigenschaften von Silicatglas	28
2.4.1	Struktureller Aufbau von Glas	29
2.4.2	Rheologie von Gläsern	29
2.4.3	Diffusion in Gläsern	30
2.4.4	Aluminiumoxid in Silicatgläsern	32
3	Modellierung des Kriechverhaltens	33
3.1	Modellierung für unvollständige Benetzung	34
3.1.1	Effekt der Spannungserhöhung	35
3.1.2	Kurzschlußeffekt	36
3.2	Annahmen zur Modellentwicklung	37
3.2.1	Verteilung der Glasphase im Gefüge	38
3.2.2	Mechanische Eigenschaften von dünnen Glasfilmen	40
3.2.3	Diffusion durch die Glasphase	42
3.3	Modellierung des LW-Kriechens	43
3.3.1	Diffusionskontrolliertes LW-Kriechen	44
3.3.1.1	Struktureffekt	45
3.3.1.2	Verkürzungseffekt	45
3.3.2	Reaktionskontrolliertes LW-Kriechen	46
3.4	Geometrische Gefügebeschreibung	49
3.5	Modellrechnungen zum Einfluß des Volumengehaltes	54
3.5.1	Kriechgleichungen des LW-Kriechens	54
3.5.2	Einfluß der Diffusion in den Korngrenzen	55
3.5.3	Einfluß der Korngröße und der Schichtdicke der Glasphase	59
3.5.4	Einfluß der Kornform	60

3.6	Zusammenfassung der Modellentwicklung	61
4	Experimentelle Methoden	63
4.1	Herstellung der Keramiken	63
4.1.1	Auswahl der Gläser	63
4.1.2	Herstellungsverfahren	65
4.2	Materialcharakterisierung	66
4.2.1	Sinterverhalten	66
4.2.2	Dichtemessung	67
4.2.3	Gefügeuntersuchungen	67
4.2.3.1	Korngrößenanalyse	67
4.2.3.2	Benetzungsverhalten	68
4.2.4	Phasenuntersuchungen	68
4.3	Untersuchung des Kriechverhaltens	69
4.3.1	Versuchsmethodik	69
4.3.2	Versuchsdurchführung	69
4.3.3	Modellkriechversuche	72
5	Experimentelle Ergebnisse	74
5.1	Materialcharakterisierung	74
5.1.1	Sinterverhalten	74
5.1.2	Gefügecharakterisierung	75
5.1.3	Benetzung durch die Glasphase	78
5.1.4	Phasenanalyse	79
5.2	Kriechverhalten	82
5.2.1	Form der Kriechkurve	82
5.2.1.1	Aluminiumoxid mit Supremaxglas — Typ S	82
5.2.1.2	Aluminiumoxid mit Corning 7059-Glas — Typ C	87
5.2.1.3	Phasenentwicklung während der Kriechverformung	90
5.2.2	Spannungsabhängigkeit der Kriechgeschwindigkeit	94

5.2.3	Temperaturabhängigkeit der Kriechgeschwindigkeit	97
5.2.4	Korngrößenabhängigkeit der Kriechgeschwindigkeit	101
5.2.5	Einfluß des Volumengehaltes der Glasphase	103
5.3	Einfluß der Glasphase im Modellversuch	105
5.4	Kriechporenbildung	105
5.5	Lebensdauer und Duktilität	107
6	Diskussion	116
6.1	Kriechmechanismen	116
6.1.1	Überblick über die Kriechmechanismen in Keramiken	116
6.1.2	Zusammenfassung der experimentellen Ergebnisse	120
6.1.2.1	Einfluß der Spannung	122
6.1.2.2	Einfluß der Korngröße	124
6.1.2.3	Einfluß des Volumengehaltes der Glasphase	130
6.1.2.4	Temperaturabhängigkeit	131
6.1.3	Erstellung einer Verformungsmechanismuskarte	133
6.1.4	Vergleich mit den Modellvorstellungen	135
6.2	Überprüfung der Modellvorhersagen	141
6.2.1	Einfluß des Volumengehaltes der Glasphase	141
6.2.2	Struktur- oder Verkürzungseffekt?	142
6.3	Einfluß der Zusammensetzung der Glasphase	143
6.3.1	Kristallisation der Glasphase	143
6.3.2	Vergleich der verschiedenen Glasphasen	145
6.4	Lebensdauer	146
7	Zusammenfassung	150
A	Vergleich der Diffusionsströme	152
B	Zum Einfluß der Korngrößenverteilung	153
B.1	Kriechgeschwindigkeit für den Fall der konstanten lokalen Spannung . . .	153

B.2 Berechnung der Geschwindigkeitsverhältnisse	154
C Liste der verwendeten Symbole	155
Literaturverzeichnis	159