

Dipl.-Ing. Claus von Minden, Hamburg

**Der Einfluß keramischer  
Verstärkungselemente  
auf die Kriechfestigkeit  
von Oxidkeramiken und  
von Glas**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **451**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>3</b>
2.1	Kriechmechanismen in Keramiken und Gläsern . . . . .	3
2.1.1	Korngrenzgleiten . . . . .	6
2.1.2	Diffusionskriechen . . . . .	6
2.1.3	Lösung-Wiederausscheidung . . . . .	8
2.1.4	Viskoses Fließen von Glas . . . . .	9
2.1.5	Schädigungskontrolliertes Kriechen . . . . .	11
2.1.6	Zusammenfassung der Kriechmechanismen . . . . .	12
2.2	Kriechfestigkeitssteigerung . . . . .	13
2.2.1	Verstärkungsphilosophien . . . . .	13
2.2.2	Verstärkungselemente und Textur, Grundlagen . . . . .	15
2.2.3	Modellansätze der Literatur . . . . .	22
2.2.3.1	Übergeordnete Modellansätze . . . . .	23
2.2.3.2	Globulare Teilchen . . . . .	27
2.2.3.3	Langfasern . . . . .	32
2.2.3.4	Kurzfasern . . . . .	35
2.2.3.5	Plättchen . . . . .	41
2.2.4	Experimentelle Ergebnisse der Literatur . . . . .	42
2.2.4.1	Globulare Teilchen . . . . .	43
2.2.4.2	Langfasern . . . . .	44
2.2.4.3	Kurzfasern . . . . .	44
2.2.4.4	Plättchen . . . . .	46
2.3	Raumtemperatureigenschaften . . . . .	47

2.3.1	Plättchenverstärkte Keramik . . . . .	48
2.3.2	Plättchenverstärktes Glas . . . . .	50
<b>3</b>	<b>Modellierung der Plättchenverstärkung</b>	<b>51</b>
3.1	Geometrische Konventionen . . . . .	52
3.2	Physikalische Konventionen . . . . .	54
3.3	Geschwindigkeitsfeld . . . . .	55
3.4	Formänderungsleistung . . . . .	59
3.5	Theoretischer Verstärkungseffekt . . . . .	60
<b>4</b>	<b>SiC-verstärktes Glas</b>	<b>63</b>
4.1	Materialcharakterisierung . . . . .	63
4.2	Experimentelles . . . . .	66
4.3	Ergebnisse . . . . .	69
4.3.1	Kriechverhalten . . . . .	69
4.4	Diskussion . . . . .	74
4.4.1	Kriechverhalten . . . . .	74
4.4.2	Verstärkungseffekt . . . . .	79
4.5	Zusammenfassung . . . . .	81
<b>5</b>	<b>TZP + Aluminiumoxid-Plättchen</b>	<b>82</b>
5.1	Herstellung der TZP-Materialien . . . . .	82
5.2	Experimentelles . . . . .	84
5.3	Ergebnisse . . . . .	87
5.3.1	Materialcharakterisierung . . . . .	87
5.3.2	Kriechverhalten . . . . .	90
5.3.2.1	Form der Kriechkurven . . . . .	90
5.3.2.2	Kriechen des monolithischen und glasdotierten TZP . . . . .	91
5.3.2.3	Kriechen des plättchenverstärkten TZP . . . . .	95
5.3.3	Einfluß der Verformung auf das Gefüge . . . . .	97
5.3.3.1	Kornform- und Korngrößenänderung . . . . .	97
5.3.3.2	Texturentwicklung der Plättchen . . . . .	98
5.3.3.3	Kriechschädigung . . . . .	100

5.4	Diskussion . . . . .	103
5.4.1	Kriechverhalten des monolithischen und glasdotierten TZP . . . . .	103
5.4.2	Kriechverhalten des plättchenverstärkten TZP . . . . .	107
5.4.2.1	Verstärkungseffekt . . . . .	107
5.4.2.2	Orientierungseinfluß . . . . .	109
5.4.3	Einfluß der Verformung auf das Gefüge . . . . .	110
5.5	Zusammenfassung . . . . .	113
<b>6</b>	<b>Aluminiumoxid + SiC-Plättchen</b>	<b>115</b>
6.1	Materialcharakterisierung . . . . .	115
6.2	Experimentelles . . . . .	117
6.3	Ergebnisse . . . . .	119
6.3.1	Gefügeentwicklung . . . . .	119
6.3.1.1	Korngröße . . . . .	119
6.3.1.2	Phasenanalyse . . . . .	121
6.3.1.3	Oxidationskinetik . . . . .	125
6.3.2	Kriechergebnisse . . . . .	128
6.4	Diskussion . . . . .	133
6.4.1	Phasen- und Oxidationskinetik . . . . .	135
6.4.2	Kriechverhalten . . . . .	139
6.4.3	Verstärkungseffekt . . . . .	141
6.5	Zusammenfassung . . . . .	142
<b>7</b>	<b>Bewertung der Ergebnisse</b>	<b>144</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>146</b>
<b>A</b>	<b>Modelle</b>	<b>148</b>
A.1	Fließbehinderungsmodell . . . . .	148
A.2	Anisotropiemodell . . . . .	151
A.3	Rotationsmodell . . . . .	153
<b>B</b>	<b>Liste der verwendeten Symbole</b>	<b>157</b>