



Thomas Wamser (Autor)
**Herstellung von oxidkeramischen
Verbundwerkstoffen mittels Freeze-Casting**



UNIVERSITÄT
BAYREUTH

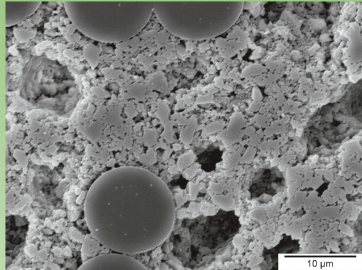


Schriftenreihe Keramische Werkstoffe
Lehrstuhl Keramische Werkstoffe
Herausgeber Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel

Band 10

Thomas Wamser

**Herstellung von oxidkeramischen
Verbundwerkstoffen
mittels Freeze-Casting**



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7233>

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung, Problemstellung und Zielsetzung	9
1.1 Einleitung	9
1.2 Problemstellung	10
1.3 Zielsetzung.....	11
1.4 Innovativer Ansatz und Vorgehensweise	12
2. Stand der Technik.....	14
2.1 Mikrostruktureller Aufbau von oxidischen Verbundwerkstoffen (OFC).....	14
2.1.1 Konzepte zur Einstellung des schadenstoleranten Verhaltens	14
2.1.2 OFC mit poröser Matrix.....	18
2.2 Fasern und Matrices	24
2.2.1 Oxidkeramische Fasern	24
2.2.2 Nextel™-Hochleistungsfasern	25
2.2.3 Oxidische Matrices	29
2.2.4 Einsatz von YAG als Matrixmaterial.....	32
2.2.5 Einsatz von ZrO ₂ als Matrixmaterial.....	35
2.2.6 Zusammenfassung	38
2.3 Verstärkungsarchitekturen	38
2.3.1 Textiltechnische Verarbeitung von Endlosfasern	38
2.3.2 Einteilung der Verstärkungsarchitekturen	40
2.4 Herstellungsverfahren für oxidkeramische Verbundwerkstoffe	42
2.4.1 Kolloidale Herstellung von OFC.....	42
2.4.2 Verfahrensalternativen zur kolloidalen Herstellung von OFC.....	44
2.4.3 Aufbereitung der Schlicker für kolloidale Herstellungsverfahren.....	45
2.4.4 Freeze-Casting von monolithischer Pulverkeramik.....	48
2.4.5 Gelcasting von monolithischer Pulverkeramik	52
2.4.6 Zusammenfassung	53
2.5 Nachverdichtung von OFC durch Precursor-Infiltration.....	54
2.6 Eigenschaften und Anwendungsgebiete	57
2.6.1 Zusammensetzung von OFC	57
2.6.2 Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur	57
2.6.3 Thermomechanische Eigenschaften.....	59
2.6.4 Anwendungsgebiete	65



3. Experimentelle Durchführung	68
3.1 Methoden zur Charakterisierung der Precursoren und Schlicker	68
3.1.1 Ermittlung der Partikelgrößenverteilung mittels Laserdiffraktometrie	68
3.1.2 Thermogravimetrie	69
3.1.3 Bestimmung der Viskosität	70
3.1.4 Untersuchungen zum Zetapotenzial	71
3.2 Charakterisierung des Gefüges der OFC	73
3.2.1 Bestimmung von Dichte, Porosität und Faservolumengehalts	73
3.2.2 Ermittlung der Porengrößenverteilung mittels Quecksilberdruckporosimetrie	75
3.2.3 Untersuchungen am Rasterelektronenmikroskop	75
3.2.4 Analyse der Phasenzusammensetzung mittels Röntgendiffraktometrie	76
3.3 Thermomechanische Charakterisierung der OFC	77
3.3.1 Probekörperentnahme	78
3.3.2 Biegeversuch	78
3.3.3 Interlaminare Scherfestigkeit	79
3.3.4 In-Plane Biegeversuch	79
3.3.5 Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten mittels Dilatometer	80
3.4 Analyse der Korrosionsbeständigkeit von OFC	80
4. Ergebnisse und Diskussion	82
4.1 Auswahl der Fasern und Matrices	84
4.1.1 Zielsetzung	84
4.1.2 Auswahl der Matrixkomponenten	84
4.1.3 Auswahl der Fasergewebe	86
4.1.4 Diskussion und Fazit	88
4.2 Herstellungskonzept und Matrixdesign	89
4.2.1 Zielsetzung	89
4.2.2 Herstellungsverfahren von OFC mittels Freeze-Casting	89
4.2.3 Matrixdesign	92
4.2.4 Diskussion und Fazit	93
4.3 Rohstoffe und Aufbereitung	94
4.3.1 Zielsetzung	94
4.3.2 Fasergewebe	94
4.3.3 Partikelgrößenverteilung und Feststoffgehalt des Schlickers	95
4.3.4 Organische Additive	98



4.3.5	Precursoren	102
4.3.6	Diskussion und Fazit.....	103
4.4	Herstellung von Nextel™610/ YAG-ZrO ₂ OFC.....	105
4.4.1	Zielsetzung	105
4.4.2	Festlegung der Verfahrensparameter	105
4.4.3	Charakterisierung des Schlickers zur Infiltration	108
4.4.4	Beurteilung der Nachinfiltration.....	111
4.4.5	Analyse der Phasenzusammensetzung.....	114
4.4.6	3-Punkt Biegeversuche in Abhängigkeit der Nachinfiltration.....	116
4.4.7	3-Punkt In-Plane Biegeversuche in Abhängigkeit der Nachinfiltration	119
4.4.8	3-Punkt Kurzbiegeversuche in Abhängigkeit der Nachinfiltration.....	122
4.4.9	Faservolumengehalt, Dichte und Porosität	122
4.4.10	Untersuchung der Mikrostruktur.....	123
4.4.11	Diskussion und Fazit.....	130
4.5	Charakterisierung der Nextel™610/ YAG-ZrO ₂ OFC	132
4.5.1	Zielsetzung	132
4.5.2	Dichte und Porosität	132
4.5.3	Bewertung der Mikrostruktur.....	133
4.5.4	Wärmeausdehnung	134
4.5.5	Mechanische Charakterisierung	136
4.5.6	Korrosionsbeständigkeit.....	143
4.5.7	Herstellung von bauteilähnlichen Proben	144
4.5.8	Diskussion und Fazit.....	145
5.	Zusammenfassung und Ausblick.....	147
6.	Summary and Outlook.....	149
7.	Anhang	151
7.1	Literaturverzeichnis	151
7.2	Abkürzungsverzeichnis	158
7.3	Symbolverzeichnis	158
7.4	Wissenschaftliche Veröffentlichungen	162
	Danksagung.....	163
	Lebenslauf	164