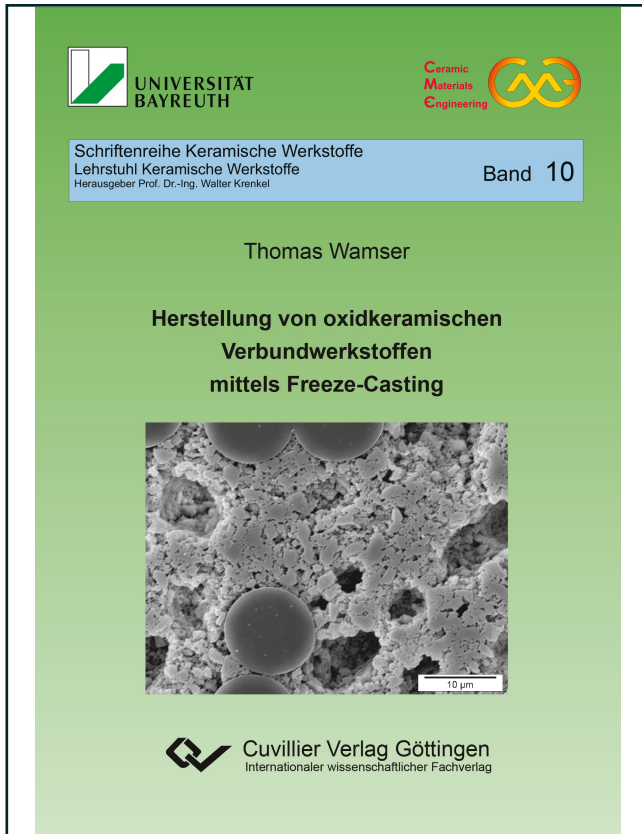




Thomas Wamser (Autor)

# Herstellung von oxidkeramischen Verbundwerkstoffen mittels Freeze-Casting



<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](mailto: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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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