

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zielsetzung und Arbeitsplan	3
3	Grundlagen und Stand der Technik	6
3.1	Herstellungstechnik von oxidkeramischen Hochleistungskeramiken	6
3.1.1	Rohstoffgewinnung und Rohstoffaufbereitung	7
3.1.2	Masseaufbereitung und Compounding	8
3.1.3	Formgebung, chemische Technik und Wärmebehandlung	12
3.1.4	Hartbearbeitung	19
3.2	Funkerosive Hartbearbeitung von Hochleistungskeramiken	21
3.2.1	Grundlagen der funkerosiven Bearbeitung	22
3.2.2	Funkerosive Bearbeitung von el. leitfähigen Keramiken	31
3.3	Oxidkeramische Werkstoffsysteme	34
3.3.1	Aluminiumoxid	34
3.3.2	Zirkoniumdioxid	35
3.3.3	Zirkoniumdioxidverstärkte Dispersionskeramiken	39
3.3.4	Plateletversärkte Dispersionskeramiken	40
3.4	Hartstoffphasen und Sinteradditive	43
3.5	Mehrphasige keramische Systeme mit NbC- und TiC Dispersion	47
3.6	Verwendete Charakterisierungsverfahren	52
3.6.1	Mechanische Eigenschaften	52
3.6.2	Bruchzähigkeit	62
3.6.3	Charakterisierung der Compounds	67
4	Experimentelles Vorgehen zur Entwicklung der Dispersionskeramiken	72
4.1	Keramische Ausgangspulver	72
4.2	Herstellung der Heißpresspulver	76
4.2.1	Masseaufbereitung im Labormaßstab	76
4.2.2	Masseaufbereitung für die Sprühgranulation	76
4.3	Formgebung und Sintern der Proben und Halbzeuge	78
4.4	Mechanische und elektrische Charakterisierung der Proben	79
4.5	Funkerosive Bearbeitung der Proben	80

5	Eigene Untersuchungen zur Entwicklung von NbC- und TiC Dispersionskeramiken	82
5.1	Variation des Stabilisatorgehalts (ZTA – NbC)	82
5.2	Variation des NbC Gehaltes (ZTA - NbC)	88
5.3	<i>In situ</i> Verstärkung mit Cerhexaaluminaten (ZTA - NbC)	94
5.4	Einfluss von Sinteradditiven	100
5.4.1	ZTA-TiC (Nb ₂ O ₅ / SiO ₂ / MgAl ₂ O ₄)	100
5.4.2	ZTA-NbC (Nb ₂ O ₅ / SiO ₂ / MgAl ₂ O ₄)	106
6	Eigene Untersuchungen zur Prozessentwicklung für NbC- und TiC Dispersionskeramiken	112
6.1	Herstellung von ZTA-NbC Heißpresspulvern im Labormaßstab	112
6.1.1	Variation der anteiligen Mahldauer des NbCs im Masseversatz	112
6.2	Referenzmaterial für die Prozessentwicklung	118
6.2.1	ZTA-TiC	118
6.2.2	ZTA-NbC	118
6.3	Herstellung von ZTA-TiC Heißpresspulvern mittels Sprühgranulation	119
6.3.1	Untersuchungen zur Feinmahltechnik (ZTA-TiC)	119
6.3.2	Untersuchungen zur Sprühtrocknung der Schlicker (ZTA-TiC)	122
6.4	Herstellung von ZTA-NbC Heißpresspulvern mittels Sprühgranulation	137
6.5	Thermische Prozesstechnik zur Konsolidierung der Dispersionskeramiken	145
6.5.1	SPS-Sintern vs. Heißpressen ZTA-TiC	145
6.5.2	SPS-Sintern vs. Heißpressen ZTA-NbC	152
6.5.3	Heißpressen von Keramiken mittels industrieller Presstechnik	160
7	Funkenerosive Bearbeitung der Keramiken	167
7.1	Drahterosion ZTA-NbC - Variation Stabilisatorgehalt	167
7.2	Drahterosion ZTA-NbC - Variation NbC Gehalt	171
7.3	Drahterosion ZTA-NbC - Cerhexaaluminate	176
7.4	Drahterosion von Keramiken mit Sinteradditiven	180
7.4.1	ZTA-TiC mit Sinteradditiven	180
7.4.2	ZTA-NbC mit Sinteradditiven	183
7.5	Drahterosion SPS-gesinterter und heißgepresster Keramiken	188
7.5.1	ZTA-TiC	188
7.5.2	ZTA-NbC	191
7.6	Mechanische Eigenschaften nach der Drahterosion	194

7.6.1	Sprühgranulierte und mittels Laborheißpresse gefertigte ZTA-NbC Keramiken	194
7.6.2	Sprühgranulierte und mittels industrieller Presstechnik heißgepresste ZTA- TiC und ZTA-NbC Keramiken	197
8	Diskussion der Ergebnisse	204
8.1	Diskussion der Ergebnisse der Materialentwicklung und der funkenerosiven Bearbeitung von NbC- und TiC Dispersionskeramiken	204
8.1.1	Einfluss des Stabilisatorgehaltes auf ZTA-NbC	204
8.1.2	Variation des NbC Gehaltes in ZTA-NbC	207
8.1.3	Einfluss von CA6 Ausscheidungen in ZTA-NbC	210
8.1.4	Einfluss von Sinteradditiven auf ZTA-TiC	212
8.1.5	Einfluss von Sinteradditiven auf ZTA-NbC	213
8.2	Diskussion der Ergebnisse der Masseaufbereitung	215
8.2.1	Einfluss der Mahldauer des Niobcarbids auf die mechanischen Eigenschaften von ZTA-NbC	215
8.2.2	Einfluss des Mahlgrads auf die mechanischen Eigenschaften von ZTA-TiC	217
8.2.3	Sprühgranulation von ZTA-TiC	218
8.2.4	Sprühgranulation von ZTA-NbC	222
8.3	Diskussion der Ergebnisse der thermischen Prozesstechnik	224
8.3.1	SPS-Sintern vs. Heißpressen von ZTA-TiC	224
8.3.2	SPS-Sintern vs. Heißpressen von ZTA-NbC	228
8.3.3	Diskussion der Ergebnisse der mit industrieller Presstechnik hergestellten Keramiken	232
8.4	Diskussion der mechanischen Eigenschaften nach der Drahterosion	233
9	Zusammenfassung und Ausblick	235
10	Literaturverzeichnis	240