



Keramik

Teil 2: Keramische Werkstoffe

Sechste, verbesserte und erweiterte Auflage

von H. Scholze

unter Mitarbeit von I. Elstner,
F. J. Esper, H. Hausner, H. W. Hennicke,
H. Leistner, K.-H. Schüller

Mit 93 Abbildungen und 48 Tabellen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York Tokyo
1983

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
2 Vom Rohstoff zum Fertigprodukt	3
2.1 Rohstoffe	3
2.1.1 Natürliche Rohstoffe	3
2.1.1.1 Plastische Rohstoffe	4
2.1.1.2 Gering plastische Rohstoffe	14
2.1.1.3 Nicht plastische Rohstoffe	14
2.1.1.4 Einfluß der Mahlung	19
2.1.2 Synthetische Rohstoffe	22
2.1.2.1 Glasurrohstoffe	22
2.1.2.2 Rohstoffe für Sondermassen und Sonderzwecke	22
2.1.2.3 Sinter- und Schmelzverfahren	23
2.1.2.4 Hydrothermalverfahren	23
2.1.2.5 Naßchemische Verfahren	24
2.2 Verhalten tonmineralhaltiger Zusammensetzungen (bearbeitet von H.W. Hennicke)	25
2.2.1 Grundbegriffe der Rheologie	26
2.2.2 Plastizität — Bildsamkeit	30
2.2.2.1 Modelle für die Bildsamkeit	31
2.2.2.2 Bildsamkeit und ihre stofflichen Grundlagen	32
2.2.2.3 Messung der Bildsamkeit keramischer Massen	35
2.2.3 Verflüssigung — Schlicker	37
2.2.3.1 Viskosimetrie — Thixotropie	40
2.3 Formgebung (bearbeitet von H.W. Hennicke)	41
2.3.1 Formgebung aus Suspensionen — Schlickergießen	42
2.3.2 Formgebung im plastischen Zustand	45
2.3.3 Formgebung durch Verdichtung von pulverförmigen Massen	47
2.4 Trocknung	50
2.4.1 Feuchtigkeitsabgabe — Trockenschwindung	50
2.4.2 Trockenfestigkeit	54
2.4.3 Trocknungsgeschwindigkeit — Trocknungsempfindlichkeit	55
2.4.4 Gedächtnis der Massen	57
2.5 Brennen	58
2.5.1 Vorgänge beim Brand	58
2.5.2 Glasphase	65
2.5.3 Beurteilung des Brennverhaltens	66
2.5.4 Einfluß der Atmosphäre — Brennfarbe	69
2.5.5 Schnellbrand	74

2.6 Glasuren und andere keramische Überzüge	76
2.6.1 Engoben	77
2.6.2 Glasuren	77
2.6.2.1 Zusammensetzung	77
2.6.2.2 Vorgänge beim Brand	79
2.6.2.3 Eigenschaften	83
2.6.3 Sonderformen	89
3 Silikatkeramische Werkstoffe	90
(bearbeitet von K.-H. Schüller)	
3.1 Poröse silikatkeramische Werkstoffe	90
3.1.1 Ziegel	92
3.1.1.1 Werkstoffe, Technologie und Eigenschaften	92
3.1.1.2 Frostwiderstandsfähigkeit	95
3.1.1.3 Ausblühungen	96
3.1.2 Irdengut und Töpferwaren	97
3.1.3 Steingut	98
3.1.3.1 Werkstoffe und Technologien	98
3.1.3.2 Feuchtigkeitsdehnung	99
3.2 Dichte silikatkeramische Werkstoffe	100
3.2.1 Steinzeug	101
3.2.2 Porzellan	102
3.2.2.1 Typen	103
3.2.2.2 Entwicklung des Gefüges im Brand	105
3.2.2.3 Transparenz	106
3.2.2.4 Mechanische Festigkeit	108
3.2.3 Steatit	111
3.2.4 Werkstoffe mit geringer Wärmedehnung	114
4 Feuerfeste Werkstoffe	116
(bearbeitet von I. Elstner und H. Leistner)	
4.1 Einführung	116
4.2 Eigenschaften feuerfester Werkstoffe	118
4.2.1 Thermisch-mechanische Eigenschaften	118
4.2.1.1 Feuerfestigkeit	118
4.2.1.2 Druckbeständigkeit (DFB), Druckerweichung (DE) und Druckfließen (DFI)	118
4.2.1.3 Heißbiegefestigkeit (HBF)	120
4.2.1.4 Thermische Ausdehnung	121
4.2.1.5 Temperaturwechselbeständigkeit (TWB)	122
4.2.2 Thermische Eigenschaften	123
4.2.2.1 Wärmeleitfähigkeit	123
4.2.2.2 Spezifische Wärmekapazität	124
4.2.2.3 Volumenbezogene Wärmekapazität und Temperaturleitfähigkeit	125
4.2.3 Mechanische Eigenschaften	125
4.2.3.1 Kaltdruckfestigkeit (KDF)	125
4.2.3.2 Elastizitäts- und Verformungsmodul	126
4.2.3.3 Porosität und Dichte	127
4.2.4 Chemische Beanspruchung	128
4.2.4.1 Chemische Zusammensetzung	128
4.2.4.2 Verschlackungsbeständigkeit	129

4.3 Wichtige feuerfeste Werkstoffe	130
4.3.1 Dichte geformte feuerfeste Erzeugnisse	130
4.3.1.1 Silikasteine	130
4.3.1.2 Schamottesteine	133
4.3.1.3 Tonerdereiche Steine	138
4.3.1.4 Basische Steine	141
4.3.1.5 Sondererzeugnisse	148
4.3.1.6 Schmelzgegossene Erzeugnisse	151
4.3.2 Ungeformte feuerfeste Erzeugnisse	152
4.3.2.1 Ungeformte Erzeugnisse für monolithische Konstruktion und Reparaturen (Massen)	155
4.3.2.2 Verlege- und Verfugungsmaterialien, (Mörtel, Kitten, Kleber)	156
4.3.2.3 Materialien für Anstrich und Oberflächenschutz	157
4.3.3 Feuerleicht- und Isoliersteine	158
4.3.3.1 Feuerleichtsteine	158
4.3.3.2 Isoliersteine	158
4.3.4 Keramische Faserwerkstoffe	158
4.3.4.1 Keramische Fasertypen	160
4.3.4.2 Hochtemperaturverhalten keramischer Fasern	161
4.3.4.3 Bauteile aus keramischen Fasern	163
4.3.4.4 Wärmeleitfähigkeit keramischer Faserwerkstoffe	164
5 Oxidkeramik	166
(bearbeitet von H. Hausner)	
5.1 Herstellungstechnologie	166
X 5.2 Aluminiumoxid	167
5.2.1 Rohstoffe	168
5.2.2 Sinterverhalten	168
5.2.3 Eigenschaften	169
5.2.4 Verwendung	172
5.3 Berylliumoxid	172
5.3.1 Rohstoffe	173
5.3.2 Sinterverhalten	173
5.3.3 Eigenschaften	173
5.3.4 Verwendung	174
5.4 Magnesiumoxid	174
5.4.1 Rohstoffe	174
5.4.2 Sinterverhalten	175
5.4.3 Eigenschaften	175
5.4.4 Verwendung	176
5.5 Calciumoxid	176
5.6 Yttriumoxid	177
X 5.7 Zirkonoxid	177
5.7.1 Rohstoffe	179
5.7.2 Sinterverhalten	179
5.7.3 Eigenschaften	180
5.7.4 Verwendung	181
5.8 Hafniumoxid	181
5.9 Thoriumoxid	182

6 Elektro- und Magnetokeramik	183
(bearbeitet von F.J. Esper)	
X 6.1 Elektrokeramische Werkstoffe	183
6.1.1 Ferroelektrika	183
6.1.1.1 Dielektrische Werkstoffe	184
6.1.1.2 Kaltleiter (PTC-Widerstände)	185
6.1.1.3 Piezoelektrische Keramik	186
6.1.1.4 PLZT-Keramik	187
6.1.2 Herstellung der Ferroelektrika	187
6.1.3 ZnO-Varistoren	188
6.1.4 Heißeiter (NTC-Widerstände)	188
X 6.2 Magnetokeramik	189
6.2.1 Weichmagnetische Ferrite	189
6.2.1.1 Ferritherstellung	191
6.2.1.2 Einfluß der Rohstoffe und der Herstellbedingungen	192
6.2.1.3 Einfluß von Zusätzen	194
6.2.1.4 Anwendungen und geforderte Eigenschaften	195
6.2.2 Dauermagnetische Ferrite	196
6.2.2.1 Gitteraufbau und magnetische Eigenschaften	196
6.2.2.2 Einfluß von Zusätzen	198
6.2.2.3 Herstellungsverfahren	199
6.2.2.4 Eigenschaften	200
6.2.2.5 Anwendungen	202
7 Nichtoxidische Keramik	204
(bearbeitet von H. Hausner)	
7.1 Kohlenstoff	204
7.1.1 Diamant und Graphit	204
7.1.2 Herstellung und Eigenschaften	207
X 7.2 Siliciumcarbid	210
7.2.1 Struktur und Phasenbeziehungen	210
7.2.2 Herstellung und Verarbeitung	211
7.2.3 Eigenschaften und Verwendung	213
7.3 Siliciumnitrid	215
7.3.1 Struktur und Phasenbeziehungen	215
7.3.2 Herstellung	216
7.3.3 Eigenschaften und Verwendung	218
7.4 Borcarbid	219
7.5 Bornitrid	219
7.6 Metallische Hartstoffe	220
7.7 Sonstige Verbindungen	221
8 Glaskeramik	222
(bearbeitet von H. Hausner)	

9 Spezielle Anwendungen keramischer Sonderwerkstoffe	224
(bearbeitet von H. Hausner)	
9.1 Keramische Reaktorwerkstoffe	224
9.1.1 Kerntechnische und kernphysikalische Auswahlkriterien	224
9.1.2 Brennelemente für Kernreaktoren	227
9.1.3 Keramische Werkstoffe für wassergekühlte Reaktoren	227
9.1.4 Keramische Werkstoffe für schnelle Brutreaktoren	228
9.1.5 Keramische Werkstoffe für Hochtemperaturreaktoren	229
9.1.6 Keramische Werkstoffe für Fusionsreaktoren	230
9.2 Keramische Werkstoffe in der Medizin	230
9.3 Keramische Werkstoffe in der Fertigungstechnik	231
9.3.1 Schleifwerkzeuge	231
9.3.2 Schneidkeramik	232
9.4 Fasern	232
9.5 Keramik-Metall-Kombinationen	233
9.5.1 Keramische Überzüge auf Metallen	234
9.5.2 Metallisierung	235
9.5.3 Cermets	236
9.5.4 Faserverstärkte Werkstoffe	237
Literaturverzeichnis	238
Namenverzeichnis	263
Sachverzeichnis	268