

Dipl.-Ing. Stefan Weiß, Bremen

# **Modellgestützte Gefüge- optimierung von Aluminium- oxid-Basiswerkstoffen im kapsellosen Sinter-HIP- Prozeß**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **459**

<b>Verzeichnis der Symbole und Abkürzungen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung und Aufgabenstellung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik.....</b>	<b>3</b>
2.1 Eigenschaften der Modellwerkstoffe.....	3
2.1.1 Einphasiges Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).....	3
2.1.2 $\text{ZrO}_2$ -umwandlungsverstärktes Aluminiumoxid (ZTA).....	6
2.2 Sintertechnologie.....	9
2.2.1 Kapselloser Sinter-HIP-Prozeß .....	9
2.2.2 Gefügeentwicklung bei offener Porosität.....	12
2.2.3 Endverdichtung durch heißisostatisches Pressen .....	15
2.2.3.1 Modellierung .....	15
2.2.3.2 Gefügeentwicklung .....	18
2.2.4 Einfluß der Sinteratmosphäre auf die Gefügeentwicklung .....	19
2.3 Bewertung und Arbeitshypothesen .....	20
<b>3 Experimentelle Methoden und Ausgangspulver .....</b>	<b>22</b>
3.1 Charakterisierung der Pulver.....	22
3.2 Probenherstellung.....	23
3.2.1 Formgebung durch Trockenpressen .....	23
3.2.2 Formgebung durch Schlickerdruckguß .....	24
3.3 Methoden zur Eigenschaftscharakterisierung .....	25
3.3.1 Dichte- und Porositätsbestimmung .....	25
3.3.2 Schwindungsmessung .....	27
3.3.3 Korngrößenanalyse.....	28
3.3.4 Röntgenographische Phasenanalyse der ZTA-Keramiken.....	29
3.3.5 Härte- und Reißzähigkeitsbestimmung .....	30
3.3.6 4-Punkt-Biegefestigkeit.....	31
<b>4 Experimentelle Untersuchung zur Gefügeentwicklung bis zum Porenabschluß ...</b>	<b>32</b>
4.1 Dichtebezogene Lage des Porenabschlusses.....	33
4.2 Porengrößenanalyse mittels Hg-Porosimetrie .....	36
4.3 Gefügeanalyse mittels Bildverarbeitung .....	39
<b>5 Simulation der druckunterstützten Endverdichtung.....</b>	<b>46</b>
5.1 Konzipierung des Simulationsmodells.....	46
5.1.1 Modell der druckunterstützten Endverdichtung.....	47
5.1.2 Modell des Kornwachstums .....	53
5.1.3 Modell der Makroporenschrumpfung .....	56
5.1.4 Realisiertes Rechenprogramm.....	57

5.2 Simulationsrechnungen für $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	60	0
5.2.1 Verdichtung und Kornwachstum im Matrixgefüge.....	60	1
5.2.2 Makroporenschrumpfung und Festigkeitsentwicklung .....	64	1
5.2.3 Entwurf von Optimierungskarten (KDZ-Diagramm).....	70	1
5.2.4 Grünkörpereinflüsse .....	74	74
<b>6 Experimentelle Verifizierung des Sintermodells für einphasiges <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>.....</b>	<b>76</b>	
6.1 Schwindungs- und Kornwachstumskinetik unter Luft und Sauerstoffatmosphäre .....	76	
6.2 Einfluß der Prozeßgrößen Druck und Temperatur auf die Verdichtungskinetik.....	80	
6.3 Gefügeentwicklung.....	84	84
6.4 Verknüpfung von Kornwachstum und Verdichtung (KDZ-Diagramm) .....	88	
6.5 Mechanische Eigenschaften.....	91	91
6.6 Variation der Grünkörperstruktur .....	98	98
6.6.1 Verdichtungskinetik bei druckloser Sinterung .....	99	1
6.6.2 Defektarten und Festigkeitsverteilung.....	101	11
<b>7 Herstellung von Sinter-HIP-verdichteten ZTA-Keramiken.....</b>	<b>106</b>	
7.1 Laborwerkstoffe.....	106	106
7.1.1 Gefügeentwicklung im dichten Sinterkörper.....	106	6
7.1.2 Einfluß der Prozeßgrößen Druck und Temperatur auf die Verdichtungskinetik.	112	
7.2 Eigenschaftsprofil von industriellen Schneidkeramiken .....	115	5
7.2.1 Verdichtungskinetik und mechanische Kennwerte .....	115	
7.2.2 Einsatzverhalten in der Zerspanung .....	121	1
<b>8 Diskussion .....</b>	<b>125</b>	25
8.1 Weiterführende Modellentwicklung .....	125	25
8.1.1 Volumenanteilige Makroporenschrumpfung.....	125	25
8.1.2 Instationäre Prozeßführungen.....	131	31
8.2 Sinter-HIP-Optimierung .....	133	33
8.2.1 Gefügeorientiertes KDZ-Konzept .....	133	33
8.2.2 Defektorientiertes KDDZ-Konzept .....	137	37
<b>9 Schlußfolgerungen .....</b>	<b>141</b>	41
<b>10 Anhang.....</b>	<b>143</b>	43
<b>11 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>144</b>	44