

Generative Fertigung von Sinterglaskörpern für Glasdurchführungen durch 3D-Drucken

Katja Nicolai



Universitätsverlag Ilmenau

2017

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	5
Zusammenfassung	6
Abstract	9
Inhaltsverzeichnis	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangssituation.....	13
1.2 Vorgehensweise und Zielsetzung	14
2 Grundlagen und Stand der Technik	16
2.1 Glasdurchführungen.....	16
2.1.1 Herstellung von Sinterglaskörpern für Glasdurchführungen.....	20
2.1.2 Sinterprozess.....	22
2.2 Generative Fertigungsverfahren (GFV)	28
2.2.1 Begriffsbestimmung Generative Fertigungsverfahren	29
2.2.2 Prinzip der generativen Fertigungsverfahren.....	30
2.2.3 Anwendungen: Rapid Prototyping, Rapid Manufacturing und Rapid Tooling	33
2.2.4 Technische Durchführung.....	34
2.2.5 Ausgewählte Verfahren	36
2.2.6 Datenfluss und Prozessketten der generativen Herstellungs- verfahren	49
3 Materialien und Methoden	52
3.1 Glaseigenschaften.....	52
3.2 Pulvereigenschaften	57
3.2.1 Packungsdichte von Pulvern.....	65
3.2.2 Kugelpackungen.....	69
3.2.3 Fließfähigkeit	79
3.2.4 Interpartikuläre Haftkräfte.....	84
3.2.5 Benetzung von Pulvern	88
3.3 Bindersystem.....	91
3.3.1 Dextrin.....	91
3.3.2 2 - Pyrrolidon (2 -Py)	100
3.3.3 Wechselwirkung Bindersystem – Glaspulver	103

3.4	Probenherstellung.....	105
3.4.1	Glaspulveraufbereitung.....	105
3.4.2	3D – Druck.....	108
3.4.3	Entbinder- und Sinterprozess	112
3.4.4	Einschmelzen	127
3.4.5	Funktionsprüfungen der Glasdurchführungen	129
4	Ergebnisse und Diskussion	133
4.1	Glaspulveruntersuchungen.....	133
4.1.1	AFM - Untersuchungen	133
4.1.2	Korngrößenverteilungen.....	134
4.1.3	Schlussfolgerungen aus KGV - und Packungsdichteuntersuchungen	154
4.1.4	Optimierung der Packungsdichten nach der Methode von Dinger und Funk.....	156
4.2	Untersuchungen zum 3D - Druck - Vorgang, zum Entbinder - und Sinterprozess und Charakterisierungen der Sinterglaskörper.....	162
4.2.1	Bindereintrag	162
4.2.2	Einfluss der Pulveroptimierungen auf die Rohlinge für Sinterglaskörper.....	163
4.2.3	Schwindungsverhalten während des Entbinder - und Sinterprozesses	164
4.2.4	Optimierung des Entbinder - und Sinterprozesses	169
4.2.5	Porositätsuntersuchungen der Sinterglaskörper.....	173
4.2.6	Wandstärken, Tunneldurchmesser und Tunnelanzahl.....	179
4.3	Funktionsprüfungen der Glasdurchführungen.....	181
5	Zusammenfassende Diskussion und Ausblick.....	183
6	Literaturverzeichnis	188
7	Abbildungsverzeichnis.....	201
8	Tabellenverzeichnis	207
9	Formelverzeichnis.....	209