

Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

Nr. 1 Fraunhofer-Gesellschaft e.V., Fraunhofer IKTS

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **17231 BR**

***Entwicklung von Sinterglasbauteilen am Beispiel von Glas-Carbon-Widerständen über das
Pulverspritzgießen***

(Bewilligungszeitraum: 01.08.2011 - 31.10.2013)

der AiF-Forschungsvereinigung

Forschungsgemeinschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V.

Dresden,
Ort, Datum

Dr. Tassilo Moritz

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Prof. Dr. Alexander Michaelis
Fraunhofer IKTS

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	Zusammenfassung	1
2	Einleitung	2
	2.1	Glas-Carbon-Komposite 3
	2.2	Pulverspritzgießen 3
	2.3	Projektstruktur 4
3	Material und Methoden	5
	3.1	Glaswerkstoffe 5
	3.2	Carbon-Werkstoffe 8
	3.3	Additive zur Feedstockaufbereitung 11
4	Darstellung der Ergebnisse	12
	4.1	Sinterung reiner Glaspulver 12
	4.1.1	Entwicklung kohlenstofffreier Glas-Feedstocks 12
	4.1.2	Sinterverhalten reiner Glaspulver 17
	4.2	Glas-Carbon-Komposite 21
	4.2.1	Screening von Glas- Grafit-Kompositen 21
	4.2.2	Glas-Ruß-Komposite 29
	4.2.3	Feedstockentwicklung für Glas-Carbon-Komposite 30
	4.2.4	Glas-Grafit-Prozess-Screening 37
	4.2.5	Vergleich von Sinterkörpern aus Manuellen Glas-Carbon-Mischungen und aus Feedstocks 39
	4.2.6	Temperaturabhängiges Verhalten des elektrischen Widerstands 42
	4.2.7	Demonstratorkomponenten 44
5	Verwendung der Zuwendung	52
6	Wissenschaftlich-Technischer Nutzen für KMU	54
7	Verwertung	55
	7.1	Transfermaßnahmen während der Laufzeit 55
	7.2	Geplante Transfermaßnahmen nach der Projektlaufzeit 56
8	Schutzrechte	56
9	Förderhinweis	57
10	Tabellenverzeichnis	57
11	Abbildungsverzeichnis	58

1 Zusammenfassung

Im Projektverlauf konnte die im Antrag beschriebenen Projektziele erreicht werden. Es konnte nachgewiesen werden, dass sich sinterfähige und elektrisch leitfähige Glas-Carbon Komposite sowohl auf Basis konventioneller Pulvermischungen in Verbindung mit Pressprozessen sowie unter Verwendung technologisch relevanter organischer Bindersysteme für den Spritzguss realisieren lassen. Dies konnte für verschiedene Glaspulvertypen mit variablen Körnungen in Kombination mit diversen Grafitqualitäten, die sich hinsichtlich Sekundärpartikelgröße und –Partikelform unterscheiden, gezeigt werden. Es konnte eine prinzipielle Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit der Glas-Carbon-Komposite vom Gehalt und von der mittleren Agglomeratgröße der Grafit-Phasen nachgewiesen werden, nicht aber von der Partikelform. Dies kann im Wesentlichen auf eine Zerstörung von Agglomeraten in die Primärpartikel während der Aufbereitungsprozesse zurückgeführt werden. Die Verwendung von Rußen hat sich aufgrund der nanoskaligen Primärpartikelgrößen und der damit verbundenen homogenen Verteilung im Glaspulver, was eine Behinderung der Sinterfähigkeit zur Folge hat, als wenig sinnvoll erwiesen. Hinsichtlich der Sinterdichten konnten unter Verwendung von Glaspulvern mit mittleren Partikelgrößen zwischen 6 und 9 μm unabhängig von Grafitanteilen zwischen 3 und 10 Ma.-% relative Dichten bis zu 98% d. th. Dichte erzielt werden. Ein Screening zur Abhängigkeit von Sinterdichte und elektrischem Widerstand der Komposite von den Sinterbedingungen zeigte nur geringfügige Abhängigkeiten, was ein breites Prozessfenster für die kostengünstige Verarbeitung dieser Materialklasse ermöglicht. Demgegenüber konnten Unterschiede zwischen thermischer und wässriger Entbinderung auf diese Eigenschaften nachgewiesen werden, wobei eine thermische Entbinderung höhere Sinterdichten und Widerstände ergibt und eine wässrige Entbinderung zu geringeren Werten dieser Eigenschaften führt. Temperaturabhängige Messungen des Widerstands zeigten bis ca. 400°C Luft nur geringfügige Widerstandserhöhungen, was für die Stabilität dieser Komposite spricht. Als vielversprechend können auch die Ergebnisse zur Spritzgussformgebung mit reinen Glaspulvern angesehen werden. Mit den zu Referenzzwecken hergestellten Feedstocks konnten sowohl stabförmige Geometrien sowie auch technologisch relevante komplexere Formkörper mit hoher Abbildungsgenauigkeit abgeformt werden. Erreichte Sinterdichten lagen über 99% der theoretischen Dichte und Kantenradien im Bereich um 100 μm . Teilweise zeigten die Formkörper bereits ein transluzentes Erscheinungsbild. Defektarme Gefüge konnten anhand mikroskopischer Aufnahmen von Schliiffpräparationen bestätigt werden. Elektrisch leitfähige Demonstratoren aus Glas-Grafit-Kompositen wurden in Form von Mäanderstrukturen für Tests als elektrische Heizer realisiert und erfolgreich getestet. Ebenso konnten Elektroden und Lampengehäuse, die ursprünglich als keramische Komponenten ausgelegt worden sind, mit hoher Konturtreue nachgestellt werden. Für innerhalb des Projektbegleitenden Ausschusses spezifizierten Bauteils wurde ein Spritzgießwerkzeug konzipiert und umgesetzt. Die gefertigten Demonstratoren erfüllten die gestellten Anforderungen. Festigkeitsmessungen nach dem Doppelkreisringtest ergaben für spritzgegossene Scheiben aus reinen Gläsern Werte bis 55 MPa und für Glas-Carbon-Komposite Werte bis 40 MPa.