

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 20076 BR

Thema

Entwicklung von kostengünstigen alpha-Sialon-Werkstoffen und prototypischen Bauteilen mit gesteigerter Härte und Verschleißfestigkeit auf Basis einer wässrigen Aufbereitungstechnologie sowie kostengünstiger Siliciumnitridpulver

Berichtszeitraum

01.11.2018 bis 30.04.2021

Forschungsvereinigung

Forschungsgemeinschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V. - FDKG

Bergerstraße 145a

51145 Köln

Forschungseinrichtung(en)

Fraunhofer Gesellschaft e.V.

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS)

Winterbergstraße 28

01277 Dresden

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	Zusammenfassung.....	4
2	Danksagung.....	5
3	Motivation und Projektziele.....	6
4	Festlegung Werkstoffkenngößen und Charakterisierung der Rohstoffe.....	8
4.1	Festlegung Werkstoffkenngößen.....	8
4.2	Festlegung und Charakterisierung der Rohstoffe	8
5	Unterdrückung der Hydrolyse des AlN.....	11
5.1	Charakterisierung Hydrolyseneigung verschiedener AlN-Pulver.....	11
5.2	Entwicklung einer geeigneten Aufbereitungsrute.....	11
5.3	Prüfung der Wirksamkeit passivierender Hilfsstoffe.....	13
6	Legierungsentwicklung.....	16
6.1	Legierungsentwicklung.....	16
6.2	Untersuchung zum Einfluss des Si ₃ N ₄ -Pulvers auf die Strukturausbildung	18
6.3	Untersuchung zum Einfluss der AlN-Pulver auf die Strukturausbildung	26
7	Kleintechnische Aufbereitung	28
7.1	Nassaufbereitung (kleintechnischer Maßstab).....	28
7.1.1	SW15: Rezeptur und geplante Prozesskette	28
7.1.2	Pulvertechnologie Fraunhofer IKTS.....	29
7.1.3	Überführung in den kleintechnischen Maßstab.....	31
7.1.4	Variationen.....	32
7.1.5	Sprühtrocknung, Konfektionierung und Ausbeute.....	34
7.1.6	Bewertung der Nassaufbereitung	35
7.2	Granulateigenschaften	35
7.2.1	Schüttdichte, GGV, Feuchte, Volumenstromrate (Ausflusszeit).....	35
7.2.2	Sauerstoff- und Stickstoffgehalt.....	36
7.2.3	Bewertung der Granulateigenschaften	37
7.3	Verarbeitungs- und Grünkörpereigenschaften.....	37
7.3.1	Instrumentierter Pressversuch.....	37
7.3.2	Anmusterung und Grünbearbeitbarkeit.....	40
7.3.3	Bewertung der Verarbeitungs- und Grünkörpereigenschaften	44
7.3.4	Auswahl der zu reproduzierenden Charge	45
7.4	Reproduktion der Charge T1893.4	45
7.4.1	Suspensionseigenschaften	45
7.4.2	Vergleich der Granulateigenschaften und Bewertung.....	46

8	Sintern und Charakterisierung der kleintechnisch hergestellten Werkstoffe.....	48
8.1	Werkstoffeigenschaften.....	48
8.2	Gefüge.....	50
9	Bauteile/Demonstratoren.....	52
10	Gegenüberstellung der durchgeführten Arbeiten und des Ergebnisses mit den Zielen...	53
11	Verwendung der Zuwendung.....	55
12	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	55
13	Darstellung des wissenschaftlich-technischen und wirtschaftlichen Nutzens der erzielten Ergebnisse insbesondere für KMU sowie ihres innovativen Beitrags und ihrer industriellen Anwendungsmöglichkeiten.....	56
14	Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft.....	58
14.1	Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts.....	59
15	References.....	61

1 Zusammenfassung

α - und α/β -Sialon-Keramiken gehören zur Klasse der Siliciumnitridwerkstoffe. Sie sind jedoch chemisch beständiger und härter als Siliciumnitrid (Si_3N_4) bei annähernd gleicher Bruchzähigkeit. Dies macht sie nicht nur interessant als Schneidwerkstoff zur Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Hochtemperaturlegierungen (Motoren-, Turbinen-, Triebwerksbau) sondern auch als verschleißfeste Werkstoffe für den Chemie-, Maschinen- und Anlagenbau. Sialonwerkstoffe sind allerdings weit weniger etabliert als Siliciumnitrid, da ihre Herstellung bisher deutlich aufwändiger ist. Die Hydrolyseempfindlichkeit des zur Sialonherstellung notwendigen Aluminiumnitridpulvers (AlN) erschwert eine wässrige Prozessierung. In der Regel ist daher eine lösungsmittelbasierte Aufbereitung erforderlich, die jedoch besondere Anforderungen an Labore und Personal stellt. Im Rahmen des igf-Projekts 20076 BR wurde nun eine kostengünstige, wässrige Aufbereitungsrouten entwickelt, die die Hydrolyse von AlN während der Aufbereitung von Sialonwerkstoffen minimiert. Dadurch können reproduzierbar unterschiedliche Werkstoffzusammensetzungen hergestellt werden, die sowohl für Verschleißanwendungen als auch für besonders korrosionsbeständige Komponenten genutzt werden können. Da in Sialonwerkstoffen die Sinterung und Strukturausbildung anders ist als in Si_3N_4 -Werkstoffen, können in dem Verfahren zudem kostengünstige Siliciumnitridpulver eingesetzt werden, ohne dass ein signifikanter Eigenschaftsunterschied im Vergleich zu High-End-Pulvern entsteht. Detaillierte Untersuchungen zum Bildungsmechanismus der Sialonphase belegen, dass das α -Sialon epitaktisch auf einem α - Si_3N_4 -Keim aufwächst, und das unabhängig vom verwendeten Si_3N_4 -Ausgangspulver.

Die im Labor entwickelten Herstellprozesse wurden erfolgreich auf eine kleintechnische Aufbereitung (10 bis 25 kg Pulverbasis) skaliert. Das entwickelte Granulat mit einem speziell angepassten Bindersystem zeigte im instrumentierten Pressversuch ein sehr gutes Verdichtungsverhalten, was sich beim uniaxialen und kaltisostatischen Pressen bestätigte. Die Grünteile ließen sich durch Fräsen, Drehen und Bohren sehr gut bearbeiten. Unterschiedliche Bohrungen, Fasen und Nuten konnten fehlerfrei eingebracht werden. Die Mikrostruktur des dicht gesinterten Werkstoffs ist sehr homogen und führt zu exzellenten Eigenschaften: Für einen Sialonwerkstoff mit einem α/β -Sialonverhältnis von 80:20 wurde eine Härte 1876 HV10 \pm 6, eine Festigkeit (4-Punktbiegung) $\sigma_0 > 785$ MPa und eine Zähigkeit von $5,2 \pm 0,1$ MPa m^{1/2} (SEVNB) bestimmt. Durch Variation des α/β -Sialonverhältnisses und der oxidischen Korngrenzphase können die Werkstoffeigenschaften und die chemische Beständigkeit weiter angepasst werden.

Das Ziel des Forschungsvorhabens kostengünstige Sialon-Werkstoffe mit hoher Verschleißfestigkeit zu entwickeln, wurde erreicht.