



Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



INSTITUT FÜR
KERAMIK, GLAS- UND BAUSTOFFTECHNIK



Chemische Wechselwirkungen und Anwendungseigenschaften zirkonatbasierter Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen

Lisa Freitag^{a*}, Stefan Schafföner^b, Christos G. Aneziris^a,
Florian Bulling^{c*}, Ulrich E. Klotz^c

^aTU Bergakademie Freiberg, Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik, Freiberg

^bNTNU, Department of Materials Science and Engineering, Trondheim, Norwegen

^cfem Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie, Schwäbisch Gmünd

3. Freiburger-Feuerfest-Symposium, Freiberg 2018

Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik
TU Bergakademie Freiberg | Agricolastraße 17 | 09599 Freiberg

Telefon: 0049 (0) 3731 / 39-2308 | Fax: 0049 (0) 3731 / 39-2419 | Internet: www.ikgb.de



Motivation



Boeing 787 "Dreamliner"
© Boeing Corporation

Hohe Festigkeit bei
geringer Dichte



Turbinenrad
© ADV-TI CO., LTD

Biokompatibilität

Titanlegierungen –
exzellente Eigenschaften

Kriechbeständigkeit



Künstliches Hüftgelenk
© ADV-TI CO., LTD

Korrosionsbeständigkeit
(z.B. gegen Salzwasser)



Bohrplattform
© Petrobras SA

Freitag et al. | Zirkonatbasierte Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik
3. Freiburger-Feuerfest-Symposium | 25.04.2018 | Tivoli, Freiberg



Motivation

Titanlegierungen – Herausforderungen beim Schmelzen und Gießen

- Hoch reaktiv, hoher Schmelzpunkt (Ti6Al4V: 1670 °C)
- Feuerfestmaterial: thermodynamisch stabil, hoher Schmelzpunkt

Calciumzirkonat als geeignetes Feuerfestmaterial?

- Al_2O_3 , SiO_2 , ZrO_2 , CaO , Y_2O_3 nicht ausreichend korrosionsbeständig
- CaZrO_3 Tiegel korrosionsbeständig (Ti6Al4V) [Schafföner2015]

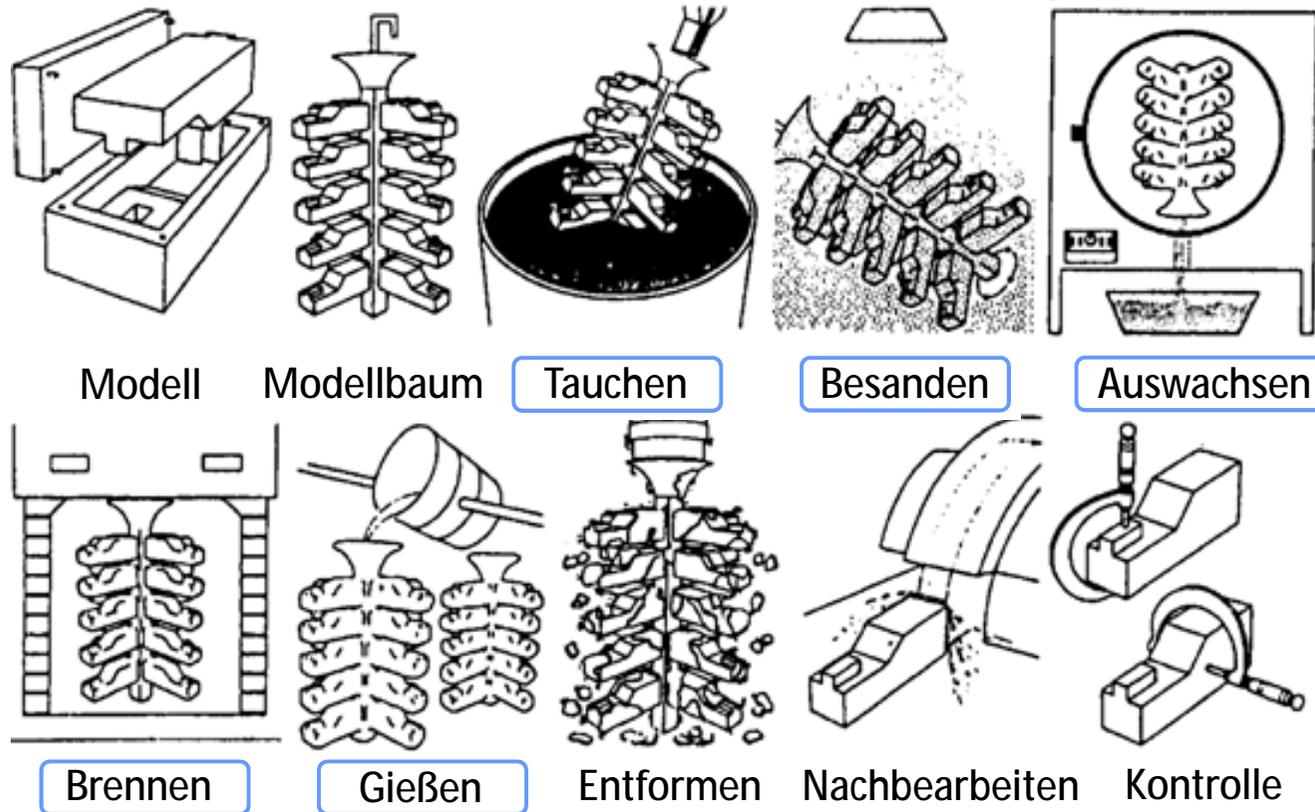
[Schafföner2015] Schafföner, S.: Calcium zirconate as a refractory material for titanium and titanium alloy melts. Dissertation, TU Bergakademie Freiberg, 2015.

Freitag et al. | Zirkonatbasierte Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik
3. Freiburger-Feuerfest-Symposium | 25.04.2018 | Tivoli, Freiberg



Grundlagen

Wachsausschmelzverfahren / Feinguss



© Copyright 2016 Non-Ferrous Founders' Society

Freitag et al. | Zirkonatbasierte Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen

Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik

3. Freiburger-Feuerfest-Symposium | 25.04.2018 | Tivoli, Freiberg

Grundlagen

Anforderungen an CaZrO_3 -Feingussformschalen

Korrosionsbeständigkeit

→ silikatfreier Binder

Gasdurchlässigkeit

→ Porennetzwerk

Oberflächenqualität

→ homogene Frontschicht



Formschale für den Feinguss von Schmuck

Grünfestigkeit

→ Binder, Schichtdicke

Thermoschockbeständigkeit

→ Porosität

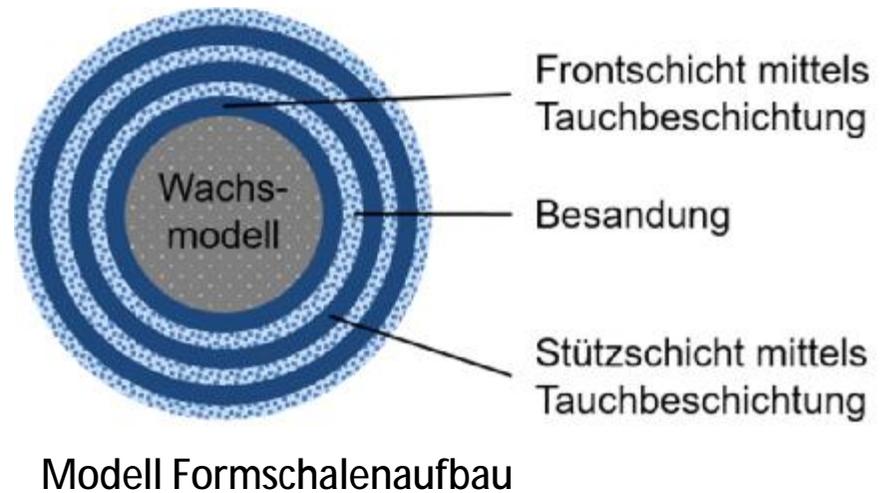


Formschalenentwicklung

Herstellung nach dem Wachs ausschmelzverfahren

Schlickerversätze:

Feststoff:	S ₁ (Ma.%)	S _{0,5} (Ma.%)
CaZrO ₃ schmelzgegossen 0,5 – 1 mm	25	0
CaZrO ₃ schmelzgegossen 0 – 0,5 mm	30	59,00
CaZrO ₃ schmelzgegossen 0 – 0,045 mm	25	12,00
CaZrO ₃ stöchio. synthetisiert < 45 µm	20	29,00
Bezogen auf Feststoff:		
Xanthan Axilat RH50MD	0,05	0,02
Guarkernmehl	0,05	0,02
Entionisiertes Wasser	6,38	6,73
Dispergiermittel BYK LP-C 22134	2,00	2,00
Entschäumer BYK LP-C 22787	0,05	0,05
Binder BYK LP-C 22893 (wässrige Polymerdispersion)	4,00	4,00



Freitag, L. et al.: Silica-free investment casting molds based on calcium zirconate. Ceram. Int. 2017;43(9):6807-6814.

Freitag et al. | Zirkonatbasierte Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen
 Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik
 3. Freiburger-Feuerfest-Symposium | 25.04.2018 | Tivoli, Freiberg

Formschalenentwicklung

Herstellung nach dem Wachs ausschmelzverfahren



Tauchen



Besandung mittels modifizierter Siebmaschine und Bohrmaschine

- Tauchbeschichtung und Besandung
- Trocknen
 - T: 30 °C, rel. Luftfeuchte (Klimaschrank): 60%, erste Schicht: 2h, weitere Schichten: 5 h, letzte Schicht: 7 Tage Klimaschrank + 7 Tage Exsikkator
- Auswachsen bei 240 °C
- Sintern bei 1500 °C

Formschaleneigenschaften

Eigenschaften gradierter CaZrO₃-Formschalen ($T_{\max} = 1500 \text{ °C}$)

Schichten, gesamt	davon $S_{0,5}$	Schichtdicke (grün) (mm)	Offene Porosität (%)	Mittlerer Porendurchmesser (μm)	
3	0	$4,5 \pm 0,2$	$23,7 \pm 0,4$	16,0	} $S_{0,5}$: \uparrow Porosität, Porendurchmesser
	3	$3,8 \pm 0,2$	$29,7 \pm 0,0$	19,7	
5	0	$7,2 \pm 0,5$	$22,9 \pm 0,5$	12,0	} Erwünschte Eigenschaften
	1	$6,5 \pm 0,2$	$23,7 \pm 0,3$	19,7	
	2	$5,6 \pm 0,6$	$22,6 \pm 0,2$	19,1	
	3	$6,9 \pm 0,4$	$27,1 \pm 0,2$	19,8	
7	0	$10,4 \pm 0,5$	$23,5 \pm 1,3$	15,5	
	3	$10,1 \pm 0,5$	$26,8 \pm 0,3$	21,6	

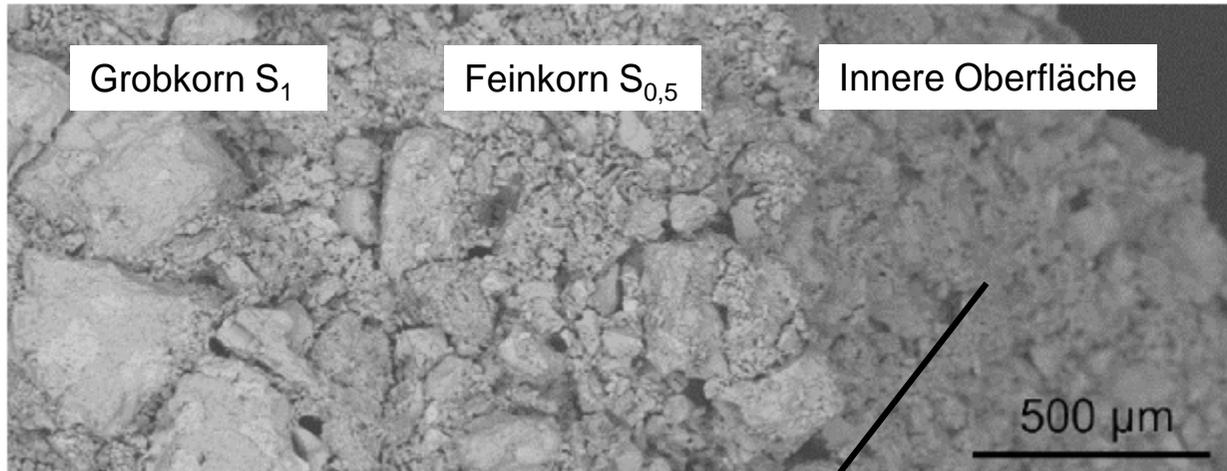
Freitag, L. et al.: Silica-free investment casting molds based on calcium zirconate. Ceram. Int. 2017;43(9):6807-6814.

Freitag et al. | Zirkonatbasierte Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen
 Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik
 3. Freiburger-Feuerfest-Symposium | 25.04.2018 | Tivoli, Freiberg

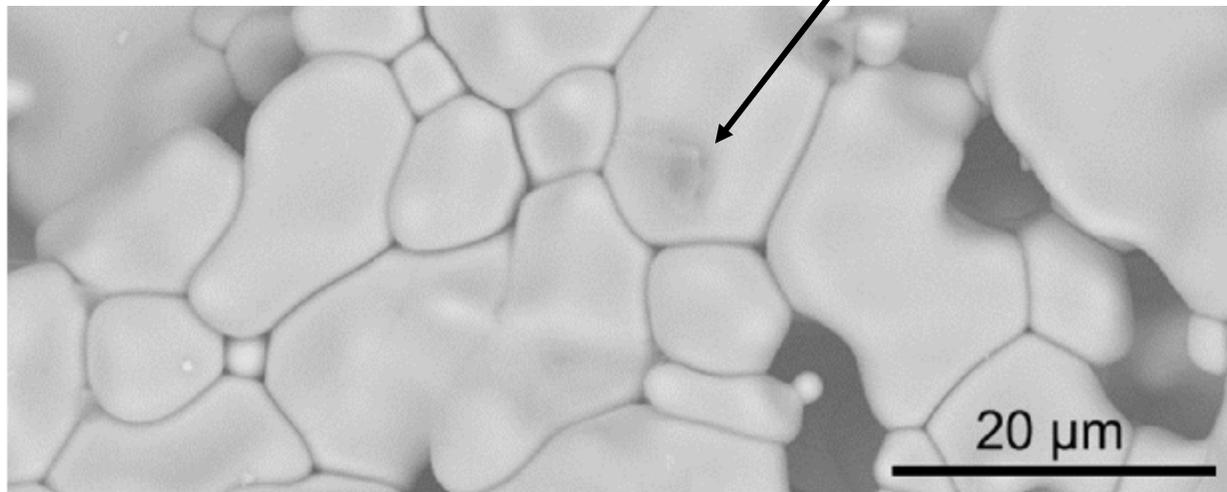


Formschaleneigenschaften

Mikrostruktur gradierter CaZrO_3 -Formschalen



REM-Querschnitt einer Formschale (2x $S_{0,5}$, 3x S_1)



REM-Aufnahme der inneren Oberfläche ($S_{0,5}$ -Schicht)

Freitag, L. et al.: Silica-free investment casting molds based on calcium zirconate. Ceram. Int. 2017;43(9):6807-6814.

Freitag et al. | Zirkonatbasierte Materialien für den effizienten Feinguss von Titanlegierungen

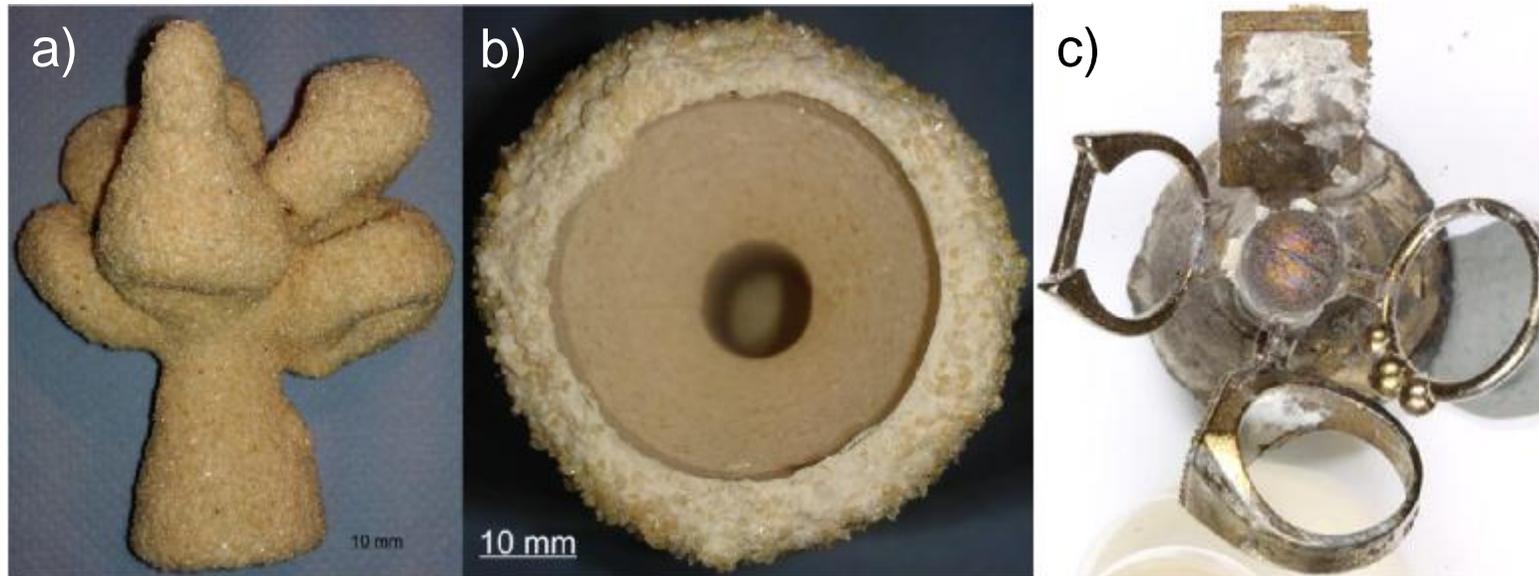
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik | Professur Keramik

3. Freiburger-Feuerfest-Symposium | 25.04.2018 | Tivoli, Freiberg



Formschaleneigenschaften

CaZrO₃-Formschale für den Feinguss von Titanlegierungen



a) Gesinterte CaZrO₃-Formschale (1 S_{0,5}, 4 S₁)

b) Innere Oberfläche der Formschale a)

c) Gussteil nach Feinguss von Ti6Al4V mittels CaZrO₃-Tiegel und Formschale

