

3. Vortragsblock 2

3.1 Keramische Schnecken zur Verarbeitung von Hartstoffen und Polymeren

Florian Arzberger
H.C. Starck Ceramics GmbH & Co. KG
Selb

Die Folien finden Sie ab Seite 121.

3.1.1. x

Das Spritzgießen und Extrudieren sind Formgebungsverfahren, die mit hohem Verschleiß behaftet sind. Dadurch entstehen Maschinenstillstandzeiten und Wartungskosten.

Beim Extrudieren von keramischen Massen entsteht ein abrasiver Verschleiß, da das Extrudat selbst aus Keramikpartikeln mit ihrer hohen Mikrohärte von >1.200 HV besteht. Der Verschleiß beim Spritzgießen entsteht durch hohe Füllstoffgehalte mit Glasfasern oder Titanoxid.

In einem 3-jährigen BMBF-Projekt wurden hierzu Schnecken und Zylinder berechnet, konstruiert und in Feldversuchen sowie industriellen Umfeld erprobt. Bei der Extrusion ergeben sich gegenüber Nitrierstählen oder mit Stelliten aufgepanzerten Schnecken Standzeitverbesserungen größer Faktor 10.

Keramische Schnecken und Zylinder bieten neben dem idealen Verschleißschutz auch den Vorteil, dass keine Verunreinigung des Extrudats durch Metallpartikel verursacht wird. Dadurch können ganz neue Produktgütern erzielt werden wie sie z. B. in der Lebensmittel- oder Pharmazietechnik benötigt werden.

Weitere Einsatzgebiete erschließen sich für die Extruderschnecken bei der Extrusion von Dieselpartikelfiltern und keramischen Membranfiltern.

Der Einsatz von keramischen Spritzgießschnecken erstreckt sich bis zum Einsatz von Vormischschnecken beim CIM- oder PIM-Prozess.

Vortragsblock 2

Beim Extrudieren von Kunststoffen entstehen geringere Prozessdrücke als beim Spritzgießen, was den Einsatz von Keramik auch hier sinnvoll erscheinen lässt.

Zur Optimierung der keramiküblichen Nachteile wie geringe Bruchzähigkeit und statistisches Versagensverhalten wurde zur Konstruktion auf FEM-Berechnung und eine keramikgerechte Verbindungstechnik gesetzt. Die FEM erlaubt es, Spannungsspitzen durch ein keramikgerechtes Re-Design zu reduzieren und dadurch schon im Vorfeld der Produktion – und damit auch dem Einsatz – eine hohe Zuverlässigkeit der Komponente zu gewährleisten.

Resultierend daraus ergibt sich ein modularer Aufbau der Schnecken und Zylinder, wobei die unterschiedlichen Prozesstemperaturen die Wahl der geeigneten Verbindungstechnik bestimmen.

Die Lösung für die Extruderschnecke sieht eine eingeklebte Vielkeilwelle vor, welche eine Hybridanordnung von Metall- oder Keramiksegmenten je nach Verschleißsituation auf der Welle erlaubt.

Für das Spritzgießen sind Axialbolzen vorgesehen, die eine gesicherte Drehmomentübertragung auch bei Temperaturen von 350 ℃ zulassen.

Als Werkstoffe kommen je nach Beanspruchung der Schnecke oder des Zylinders Al₂O₃, ZrO₂, LPSiC oder Si₃N₄ zum Einsatz. Zurzeit sind die Schneckendurchmesser auf D=120mm begrenzt.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 16) finden sich auf den folgenden Seiten.

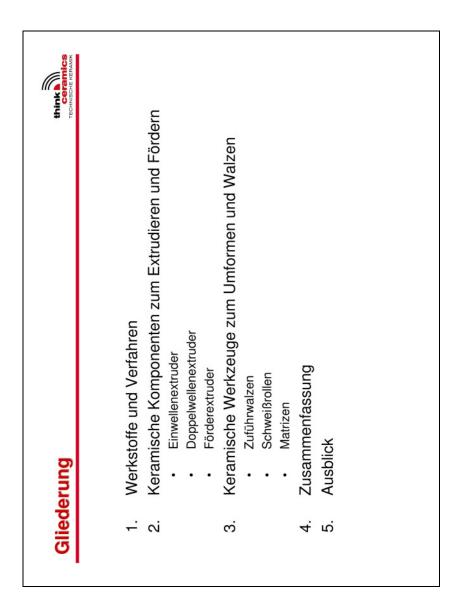


Keramische Schnecken zur Verarbeitung von Hartstoffen und Polymeren

Florian Arzberger

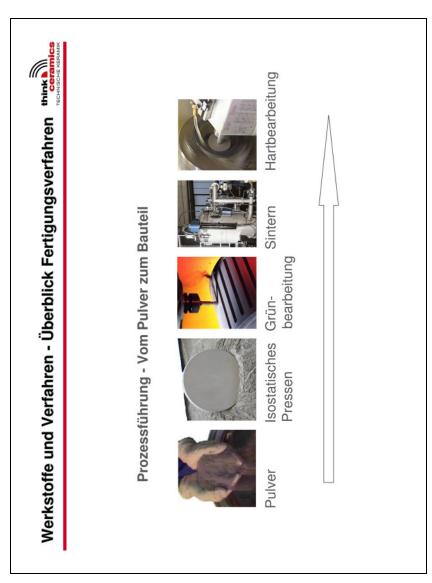
H. C. Starck Ceramics GmbH & Co. KG

Selb



3.1 Keramische Schnecken - Folie 2





3.1 Keramische Schnecken - Folie 3



Eigenschaften relevanter Werkstoffe

Materialeigenschaften		Einheit	Einheit Zirkonoxid	Siliciu	Siliciumnitrid	Silicinmcarbid
			(Y ₂ O ₃ -TZP)	10 bar	呈	
			ZrO ₂	Si ₃ N ₄	Si ₃ N ₄	SSIC
Dichte	д	g/cm ³	9	3,2	3,25	3,12
4-PktBiegefestigkeit*	G4PB,m	МРа	006	800	1.050	400
Weibullmodul	٤		10	15	18	12
Vergleichsspannung**	σov	МРа	1.060	925	1.230	200
E-Modul	ш	GPa	210	320	320	400
Bruchzähigkeit	Kıc	MPa*m ^{1/2}	∞	6,5	9	က
Härte HV 10		GPa	12	15	15	25
Thermischer Ausdeh- nungskoeffizient	α	10 ⁻⁶ 1/K	Ξ	3,2	3,2	4,5
Wärmeleitung	γ	W/mK	2	30	30	100
Max. Einsatztemperatur	Ттах	ပွ	1.000	1.250	1.250	1.500
Thermoschockkoeffizient	R,	ϫ	350	009	750	130
Chemische Resistenz		pezogen	gut	gut	gut	sehr gut
Rohmaterialkosten		€/kg	75	09	80	15



Extrudieren und Fördern - Einleitung



Verarbeitung von metallischen, keramischen Massen und hochgefüllten Kunststoffen führt zu erhöhtem:

Abrasivverschleiß

Korrosionsangriff



Extruderschnecke nach Korrosionsangriff

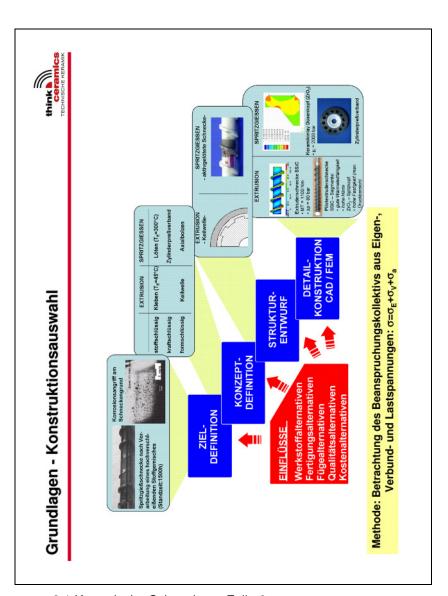
Lösungsansatz: Einsatz von keramischen Schnecken und Zylindern

Vorteile:

- hoher Verschleißwiderstand
- Lebensmittelindustrie, transluzente Keramik) kein metallischer Abrieb (Pharma- und

deterministisches Versagensverhalten Nachteile:

angepasste Verbindungstechnik notwendig



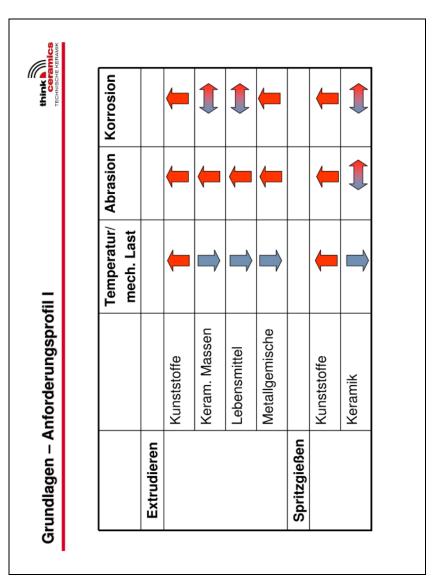
3.1 Keramische Schnecken - Folie 6





Grundlagen – Stahl/Hartmetall/Keramik

	Stahl (34CrAINi7)	Hartmetall (WC)	Siliciumnitrid (100bar)
Dichte ρ [g/cm³]	9,7	15	3,23
Biegefestigkeit σ (RT) [MPa]	006	1.600	σ ₀ =850; m=15
Biegefestigkeit σ (1200°) [MPa]	1	800	σ ₀ =500; m=15
E-Modul [GPa]	210	009	300
Ausdehnungskoeffizient α [1/K]	13*10 ⁻⁶	6*10 ⁻⁶	3,4*10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit λ (RT) [W/mK]	100	50	25
Bruchzähigkeit K _{lc} [MPa√m]	80	20	6,5
Härte HV 10 [GPa]	9,5	15	15,2



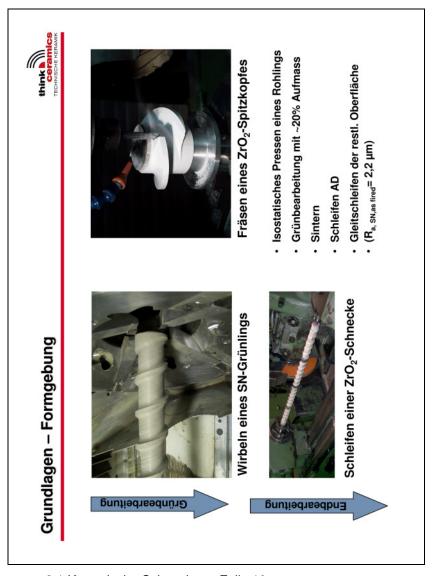
3.1 Keramische Schnecken - Folie 8





Grundlagen – Anforderungsprofil II

		Spritzgießen	Extrudieren
Schnecke			
(Keramik)	Bauweise	monolithisch	modular
	Drehmoment	Hoch	niedriger
	Druck	alternierend	konstant
	Verbindungstechnik	Stoffschluss	Formschluss
Zylinder			
(verallik)	Bauweise	Verbund	selbsttragend
	Verbindungstechnik	Kraftschluss	Formschluss
		(eingeschrumpft)	



3.1 Keramische Schnecken - Folie 10



Applikation I – Extrusion von keramischen Massen



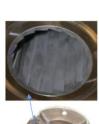
Konstruktion der Schnecke

Werkstoff: SSiC, ZrO₂ (alternativ Si₃N₄)

Fertigung: Einzelsegmente angeplant Verbindung: Klebeverbindung



Schnecke für Einwellenextruder aus SSiC und ZrO₂



Zylindrischer Einsatz

Konstruktion des Zylinders Werkstoff: SSiC

Verbindung: Klebeverbindung Fertigung: Einzelsegmente mit Verzahnung

3.1 Keramische Schnecken - Folie 11

Einsatzgebiet: Verarbeitung von Korund (Al₂O₃)

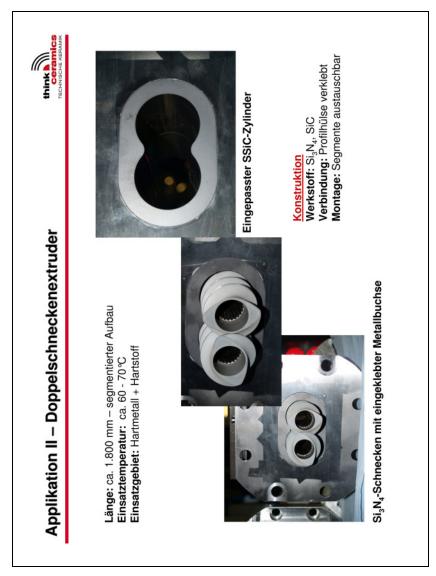
Länge: ca. 600 mm - segmentierter Aufbau

Einsatztemperatur: ca. 50-70 °C



3.1 Keramische Schnecken - Folie 12





3.1 Keramische Schnecken - Folie 13



Applikation II - Doppelschneckenextruder



Polierter Schneckengang

Metallpartikel von 0,45-2,5 µm Verschleiß am AD von 0,5 mm PM-HiP-Stahl X260: Verschleiß AD 2,5 mm

3.1 Keramische Schnecken - Folie 14





Applikation III - Fördern bei Hochtemperatur

Länge: ca. 1.200 mm – monolithischer Aufbau **Einsatztemperatur:** ca. 1.200 ℃

Einsatzgebiet: Verarbeitung v. flüssigen Glas



Konstruktion

Werkstoff: SSiC Verbindung: Schrumpfung zum Schaft durch Kd.

Fertigung: massiver Körper mittels Grünbearbeitung



Zusammenfassung und Ausblick

Der Keramikeinsatz bietet beim Extrudieren und Spritzgießen Vorteile:

- Gute bis sehr gute Verschleißbeständigkeit (Verfahren)
- Reduzierung von Maschinenstillstandszeiten
- Kontaminationsfreiheit des Produkts

Kosten-Nutzen-Werkstoff für innovative Märkte:

- Medizin-, Pharma- und Lebensmittelindustrie (Abrasionsbeständigkeit)
- Keramische u. Metallurgische Pulververarbeiter (Verschleißbeständigkeit)
- Verarbeiter von Flüssigglas o.ä. (Temperaturbeständigkeit

Der Keramikeinsatz wird eingeschränkt durch:

- extreme mechanische u. thermische Lasten
- Verbindungstechnik zum maschinenbaulichen Gesamtsystem
- Fertigungstechnische Geometrieeingrenzung