

8) In Form gebracht

- Ines Richter,
Sembach GmbH & Co. KG,
Lauf a. d. Pegnitz

Die Folien finden Sie ab Seite 365.

In Form gebracht

Welche Möglichkeiten bieten keramische Formgebungsverfahren?

Der erste Schritt zum keramischen Bauteil ist getan, sobald die Werkstoffauswahl entsprechend dem Anforderungsprofil erfolgt ist. Als nächstes stellt sich in der Regel die Frage, wie das gewählte keramische Material am optimalsten in die erforderliche Form gebracht wird. Diese Frage stellt sich natürlich in erster Linie dem Keramikhersteller. Nicht selten jedoch wird er zu diesem Punkt Rücksprache mit dem Kunden halten. Meist sind hier und da konstruktive Anpassungen nötig, um die Fehlerfreiheit der keramischen Bauteile am Ende des Fertigungsprozesses zu gewährleisten. Konstruktive Anpassung heißt dabei nicht in jedem Fall Einschränkung.

Insgesamt betrachtet, gewinnen organische Zusätze bei der keramischen Formgebung immer mehr an Bedeutung, je weiter man sich bei der Werkstoffauswahl von den natürlichen silicatischen Rohstoffen entfernt. Damit wird das Know How der richtigen Rohstoff-Organik-Kombination für einen optimalen Fertigungsablauf zunehmend wichtiger.

Die Aufbereitung der Arbeitsmassen ist eine wichtige Eingangsgröße für den Formgebungsprozeß. Mindestens ebenso entscheidend sind Bauteilkonstruktion und Werkzeugauslegung. Es existieren grundlegende, keramikspezifische Konstruktionskriterien, die hierbei beachtet werden müssen. Und natürlich stellen unter Umständen die verschiedenen vorgestellten Formgebungsverfahren spezielle Anforderungen an die Werkzeuggestaltung.

Einen Überblick über die „gestalterischen“ Möglichkeiten, die heute industriell angewandte Formgebungsverfahren bieten, soll dieser Beitrag geben. Dabei soll nicht die reine Prosa im Vordergrund stehen, sondern vielfältiges Bildmaterial zur besseren Verdeutlichung der Thematik dienen.



Bild 1: Endkontrolle von Reglersockeln aus Steatitkeramik

Keramik am laufenden Meter

Eines der ältesten aber nach wie vor gebräuchlichsten Verfahren zur Herstellung achs-symmetrischer Bauteile ist das Extrudieren oder Strangpressen. Nicht nur einfache Achsen oder Rohre lassen sich mittels Extrusion formen, sondern auch äußerst komplizierte Profile, die nicht zwangsläufig runde Querschnitte haben müssen.

Hohe Stückzahlen lassen sich durch das Arbeiten mit Mehrfach-Werkzeugen realisieren, d. h. mit einem Mundstück werden mehrere Stränge gleichzeitig gezogen. Die Dimensionen extrudierter Bauteile reichen von filigranen Röhrchen mit Außendurchmessern < 1 mm bis zu Rollen von einigen Metern Länge.



Bild 2: Kolbenpresse für das vertikale Extrudieren von Keramikmassen

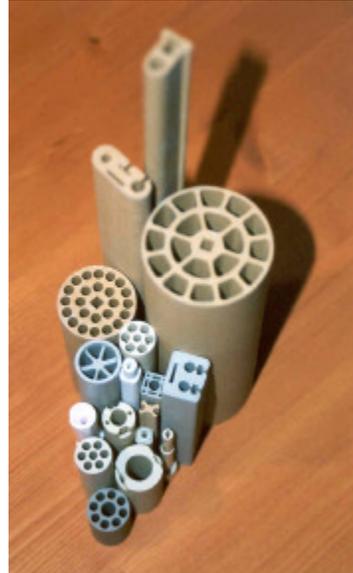


Bild 3: Beispiele für extrudierte Keramikbauteile

Keramik im Sekundentakt

Immer wieder beeindruckend sind die komplizierten Geometrien von Regler- oder Sicherungssockeln für die Elektroindustrie, die mittels Trockenpressverfahren hergestellt werden (ABB). Mehr durch Zufall wurde dieses Formgebungsverfahren Anfang des 20. Jahrhunderts entwickelt, als es um die Verwertung von Specksteinabfällen bei der Azethy-

lenbrennerherstellung ging. Heute ist die Automatisierung des Trockenpressens soweit fort geschritten, dass es enorme Stückzahlen mit ausgezeichneter Qualitätskonstanz liefert. Nach wie vor ist das Steatit der für das Trockenpressen am besten geeignete Werkstoff. Aber auch bei der Verarbeitung weitaus härterer, abrasiverer Oxidkeramiken wird das Verfahren angewandt.

Zur Gestaltung von Trockenpressbauteilen wurden einige wichtige Kriterien zusammengestellt, die bei der Konstruktion beachtet werden sollten (siehe Brevier). Je nach Auslegung des Trockenpressautomaten lassen sich Bauteile von Fliesen- bis zu Streichholzkopfgröße realisieren. Kleine Scheiben oder Plättchen können bis zu einer Höhe von ca. 0,8 bis 1 mm gepresst werden. Darunter bietet sich eher das Foliengießverfahren an. Feine Stege o. ä. im Bauteil lassen sich soweit herstellen, wie das verwendete Pressgranulat die Hohlräume im Presswerkzeug vernünftig füllen kann bzw. die Werkzeuggestaltung möglich ist.



Bild 4: Kleiner Ausschnitt aus der Trockenpressabteilung bei Sembach.

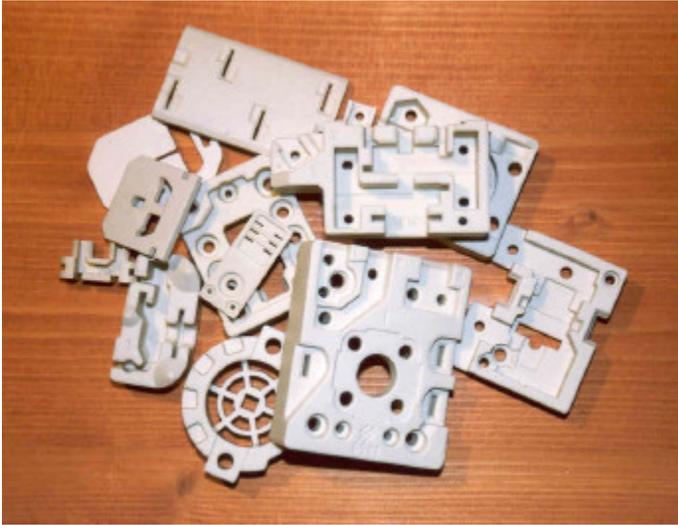


Bild 5: Verschiedene Trockenpressteile aus Steatitkeramik

Zum besseren Verständnis sind im Folgenden die einzelnen Vorgänge beim Trockenpressen dargestellt:

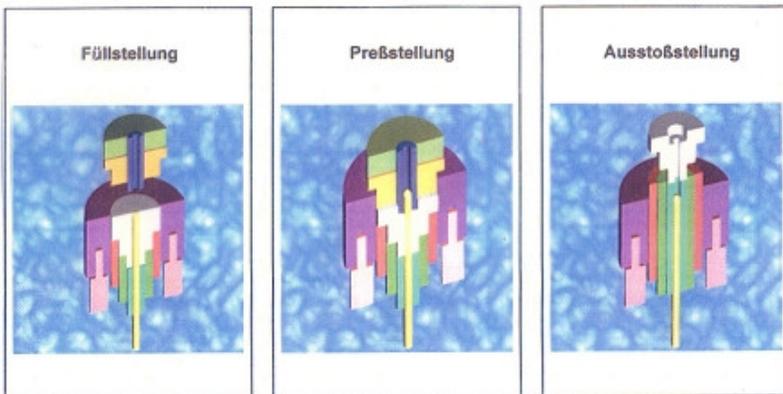


Bild 6: Hauptschritte beim Trockenpressvorgang

Die drei Hauptabschnitte beim Trockenpressvorgang sind:

Füllen mit Granulat – Pressen – Ausstoßen des Presslings.

Prinzipiell besteht das Trockenpresswerkzeug aus einer Mantelform und Ober- bzw. Unterstempel, die, wie obige Abbildung zeigt, mehrfach unterteilt sein können.



Bild 7: Trockenpressen „live“!

- Links → Füllstellung: Mit Preßgranulat gefüllte Form (3fach).
- Mitte → Pressstellung: Oberteil taucht ein in Unterteil.
- Rechts → Ausstoßstellung: Füllschuh schiebt gepresste Teile nach vorne ab.

Gepresst wird je nach erforderlichen Stückzahlen mit Einfach- oder Mehrfachwerkzeugen, wobei pro Minute bis zu 20 Pressungen nacheinander durchgeführt werden.

Man kann unschwer erkennen, dass mittels Trockenpressen zwar komplexe Bauteile produziert werden können, aber auch äußerst komplexe Presswerkzeuge mit zahlreichen bewegten Teilen (Presstempeln) dazu nötig sind. Bei hohen Stückzahlen ist aber das Trockenpressverfahren eindeutig das wirtschaftlichste.

Keramik aus dem Vollen Grünbearbeitung

Eher großvolumige Bauteile, die in kleineren Stückzahlen (< 1000) anfallen, werden meist aus dem Vollen gearbeitet. Das heißt, es wird ein isostatisch gepresster Rohling hergestellt, der mittels Grünbearbeitung in die Endform gebracht wird (ABB).



Bild 8: Vom Rohling zum gesinterten und nachbearbeiteten Bauteil

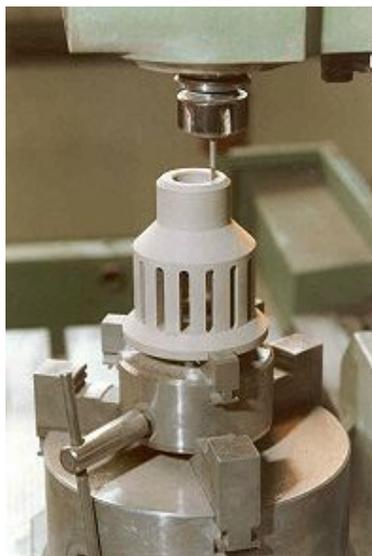


Bild 9 und 10: Grünbearbeitung von istostatisch gepressten Rohlingen



Bild 9 und 10: Werkstoff- und Größenvariationen bei Pumpenrotoren

Keramik spritzgegossen

Immer häufiger werden keramische Bauteile gewünscht, bei deren Herstellung die bereits erwähnten Verfahren in Hinblick auf die geometrische Gestaltung an ihre Grenzen stoßen. In solchen Fällen bietet es sich an, in Analogie zur Herstellung von Kunststoffteilen, keramische Materialien zu verspritzen. Prinzipiell sollten die Wandstärken eines keramischen Spritzgußteils möglichst gleichmäßig ausgelegt sein. Außerdem ist die Wandstärke nach oben auf ca. 12 mm begrenzt, bedingt durch den an die Formgebung anschließenden Entbinderungsprozeß. Seit langem etabliert ist der keramische Spritzguß bei der Produktion von Fadenführern für die Textilmaschinenindustrie. Diese Bauteile demonstrieren in eindrucksvoller Weise, welche zusätzlichen gestalterischen Möglichkeiten der keramische Spritzguß eröffnet.



Bild 11: Keramische Spritzguß-Bauteile



Bild 12: Gespritzte Lichtleiterstecker aus Keramik



Bild 12: Keramisches Mahlwerk, spritzgegossen aus Aluminiumoxid



Bild 13: Spritzgußmaschine der Fa. Arburg wie sie bei der Herstellung von Keramikbauteilen zum Einsatz kommt



Bild 14: Einbau eines Spritzgusswerkzeugs

Das entscheidende Maß

Eine oftmals entscheidende Frage bei der Werkstoffauswahl ist die nach den einzuhaltenden Maßtoleranzen. Hier muß man bei keramischen Materialien klar unterscheiden zwischen den Möglichkeiten, die das reine Formgebungsverfahren bietet und denen, die eine entsprechende Nachbearbeitung der Bauteile im harten (gesinterten) Zustand eröffnet. Denn enge Toleranzen sind auch bei Keramik kein Ding der Unmöglichkeit, nur der dafür getriebene Aufwand ist nicht unerheblich.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 17) finden sich auf den folgenden Seiten.



think
ceramics

In Form gebracht!

Welche Möglichkeiten bieten
keramische Formgebungsverfahren?

Ines Richter, Dipl. Ing. (FH)
Sembach GmbH & Co. KG
91207 Lauf



Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 1

think
ceramics

Themen

Keramik am laufenden Meter ⇒ Extrusion

Keramik im Sekundentakt ⇒ Trockenpressen

Keramik aus dem Vollen ⇒ Isostat. Pressen +
Grünbearbeitung

Keramik in einem Schuß ⇒ Spritzguß



Keramik am laufenden Meter - Extrusion

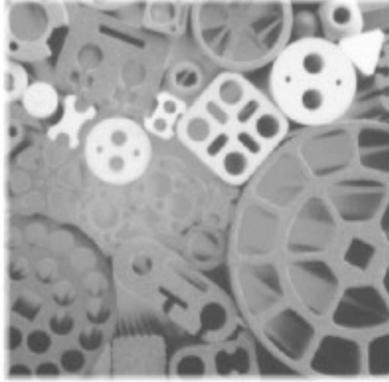


- Plastische Arbeitsmassen
- Verarbeitung auf Vakuum-Schnecken-Extrudern oder Kolbenpressen
- Querschnitts-Formgebung durch Mundstück
- Längen nach Extrudier- oder Trockenvorgang

think
ceramics

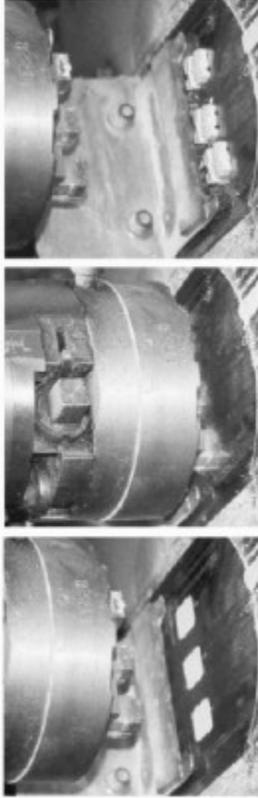
Keramik am laufenden Meter - Extrusion

- Achsymmetrische Querschnitte
- Enden offen
- Klein-/Großserie
(Mehrfachwerkzeug)
- Freimaßtoleranz DIN 40680
mittel



think
ceramics

Keramik im Sekundentakt - Trockenpressen



- Rieselfähige Granulate
- Bis zu 50 Hub/min
- Verarbeitung auf hochautomatisierten Trockenpressautomaten
- Sinterprozeß direkt im Anschluß



think
Ceramics

Keramik im Sekundentakt - Trockenpressen

- Hochautomatisierter Prozeß → Wandstärken = f(Bauteilhöhe)
- Mehrfachwerkzeuge → Bauteilhöhe/Bodenstärke < 4
- Großserie → Bis 5 mm ± 0,1 mm
5 bis 10 mm ± 0,15 mm
> 10 mm ± 1,5%

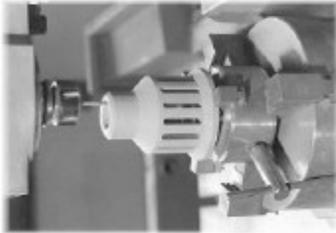


Informationszentrum
Technische Keramik

think
ceramics

Keramik aus dem Vollen - *Isostat. Pressen + Grünbearbeitung*

- Isostatisch gepresste Halbzeuge
(liefern höchste und
gleichmäßigste Verdichtung)
- Bearbeitung der Grünlinge
mit Diamantwerkzeugen



Informationszentrum
Technische Keramik

think
ceramics

Keramik aus dem Vollen - Isostat. Pressen + Grünbearbeitung

- Großvolumige Bauteile
- Kleinserie/Prototypen
- Mehrfachbearbeitung möglich



Informationszentrum
Technische Keramik

think
ceramics

Keramik in einem Schuß - Spritzguß (CIM)

- Feedstock = Keramisches Pulver + organisches Bindersystem
- Bis zu 4 Abspritzungen/min
- Entbinderung erforderlich



Informationszentrum
Technische Keramik

think
Ceramics

Keramik in einem Schuß - Spritzguß (CIM)

- Endkonturnahe Formgebung komplexer Geometrien
- Mehrfachwerkzeuge
- Hoher Automatisierungsgrad möglich
- Kleinserie/Großserie
- Toleranz $\pm 1\%$
- Wandstärke < 10 mm

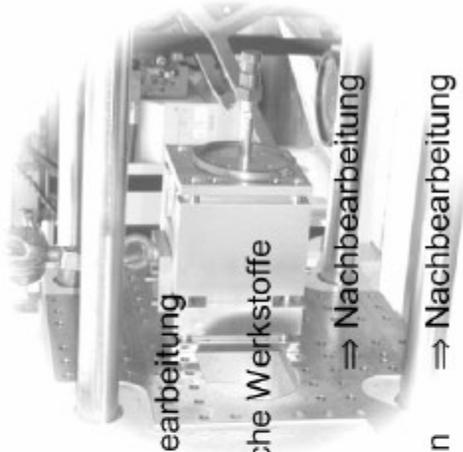


Informationszentrum
Technische Keramik

think
ceramics

Gemeinsamkeiten

- Werkzeugkosten
- Kombination mit Grünbearbeitung
- Verschiedene keramische Werkstoffe
⇒ Nachbearbeitung
- Engste Toleranzen
- Beste Oberflächengüten
⇒ Nachbearbeitung

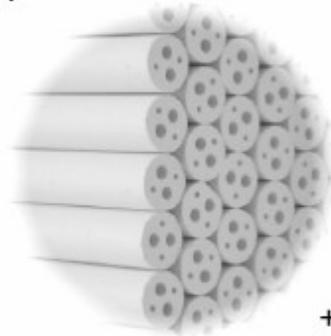


think
ceramics

Beispiel Mehrlochrohr: ca. 100.000 Stck./a, $\varnothing = 15$, $l = 100$ mm

Extrudieren

~~Trockenpressen~~



~~Isostat. Pressen +
Grünbearbeitung~~

~~Spritzguß~~



think
ceramics

Beispiel Reglersockel (Elektroherd): 20 Mio Stck./a, 57 x 30 x 14,5 mm,
Wandstärken 1,5 bis 3 mm

~~Extrudieren~~

Trockenpressen



~~Isostat. Pressen +
Grümbearbeitung~~

~~Spritzguß~~



Informationszentrum
Technische Keramik

think
Ceramics

Beispiel Mahlwerk: ca. 50.000 Stück./a., $\phi = 30$, $h = 15$ mm

~~Extrudieren~~

~~Trockenpressen~~

~~Isostat. Pressen +
Grünbearbeitung~~

Spritzguß



think
ceramics

Beispiel Sichter: ca. 500 Stck./a, \varnothing 200, H 160 mm

~~Extrudieren~~

~~Trockenpressen~~

~~Spritzguß~~

Isostat. Pressen +
Grünbearbeitung



Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 15

think
ceramics

Beispiel Doppelzündstift: ca. 200.000 Stck./a, l = 45, d = 6 mm

Extrudieren

Trockenpressen

Preis!??

Isostat. ~~Pressen~~ +
Grünbearbeitung

Spritzguß



think
ceramics

Beispiel Dichtscheibe: ca. 5.000 Stck./a, $\varnothing = 60$, d = 8 mm

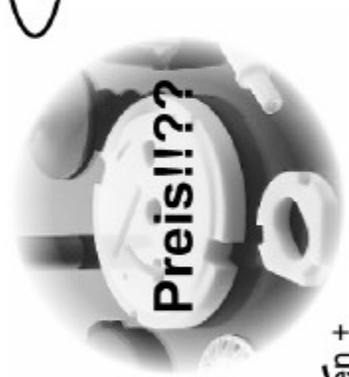
~~Extrudieren~~

Preis!??

Trockenpressen

~~Isostat. Pressen +
Grünbearbeitung~~

Spritzguß?



Informationszentrum
Technische Keramik

Folie 17