

# Zirkonoxid

## Ein neuer Werkstoff für den Pumpenbau in der chemischen Industrie

von Dipl. Ing. (FH) K. Wolf, Dipl.-Ing. (FH) Th. Holzhüter

Die Realisierung wichtiger Vorhaben und Projekte hängt oft von der Lösung verschiedener Werkstoffprobleme und einem oder wenigen Bauelemente ab. Hier bieten moderne Keramikwerkstoffe dem Konstrukteur neue Wege zur Realisierung seiner Ideen. Ohne Keramik wären heute viele Produkte nicht oder nur mit sehr hohem Reparaturaufwand funktionsfähig.

Wie die Vielfalt der stetig steigenden Keramikanwendungen gezeigt hat, verbessern die hervorragenden Eigenschaften der Keramik die Lebensdauer und somit den Wert des Endproduktes wesentlich. Im Bericht werden einige Perspektiven für den Werkstoff Zirkonoxid im Pumpenbau und in der Chemischen Industrie aufgezeigt.

The realisation of important plans and projects very often depends on the solution of various material problems regarding one or just a few construction elements. Modern ceramic materials make the technical designer's ideas become reality. Without ceramics many products would only function on drastic refurbishing and replacing of the machinery – if at all. Applications for ceramic components are steadily increasing and prove the outstanding properties of ceramic materials which essentially improve endurance, i.e. the value of the final product.

This report considers some aspects of Zirconia ( $ZrO_2$ ) in the pump sector and chemical industry.

In der Gruppe der Oxidkeramiken (Tabelle 1) hat sich neben dem seit Jahren bekannten Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) auch das Zirkonoxid ( $ZrO_2$ -PSZ) als Konstruktionswerkstoff einen gewissen Marktanteil gesichert. Die hervorragenden Eigenschaften der Oxidkeramik, wie hohe mechanische Festigkeiten auch bei hohen Temperaturen, ausgezeichnete chemische Beständigkeit gegen Säuren und Laugen, hohe Härte und Verschleißfestigkeit, niedriges spezifisches Gewicht sowie gute Temperaturwechselbeständigkeit werden seit langem von den Pumpenherstellern speziell für die chemische Industrie ausgenutzt (Abb. 1).

**Tabelle 1.** Oxidkeramik

<i>Material</i>	<i>Typ</i>	<i>Eigenschaften</i>	<i>Anwendungsschwerpunkt</i>
<b><math>Al_2O_3</math></b>	F99 D	96% $Al_2O_3$ ; dicht; beste elektrische Eigenschaften	hartgelötete Keramik-Metallverbindungen, z.B. für elektrische Durchführungen
	F99,7	reines $Al_2O_3$ ; dicht; besonders verschleißfest und korrosionsbeständig	Maschinenbauteile für den chemischen Apparatebau, z.B. Lager u. Ventile, Gleitringe, Saugerbeläge
<b><math>ZrO_2</math></b>	FZM	mit MgO teilstabilisiert; dicht; noch verschleißfester als $Al_2O_3$	Maschinenbauteile für den chem. Apparatebau, z.B. Lager und Ventile

Wichtige Faktoren bei Keramik als Konstruktionselement in Verbindung mit Metall sind die physikalischen Daten (Tabelle 2). Im Gegensatz zu bisher bekannten Nachteilen von Keramik (Sprödigkeit) hat Zirkonoxid Eigenschaftswerte, die denen von Metall sehr nahe kommen und gleichzeitig weisen sie die guten Eigenschaften der Keramik auf, wie hohe Härte, gute Verschleißfestigkeit, ausgezeichnete chemische Beständigkeit.

In Verbindung mit Metall hat sich bei  $ZrO_2$  der hohe Wärmeausdehnungskoeffizient bewährt. Auf Grund seines dem Stahl ähnlichen Ausdehnungsfaktors konnten im Motorenbau mit  $ZrO_2$  als Verbundelement bereits einige Erfolge erzielt werden. Kolbenböden, Zylinderlaufbuchsen, Ventilfehrungen, Ventilsitze, Kolbenringe, Auskleidungen und Beläge sind einige der  $ZrO_2$ -Bauteile, die von Fahrzeugherstellern für die Motoren der Zukunft getestet werden (Abb. 2).

Bekanntlich eignet sich dieser Werkstoff besonders zur Substitution von Bauteilen im Maschinenbau und Anlagenbau. Der günstige E-Modul ( $2 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup>) in Verbindung mit den hohen Biegebruchfestigkeitswerten rechtfertigt die unterschiedlichsten Einsatzmöglichkeiten. Der E-Modul bewirkt, dass sich die Keramik weniger spröde verhält, d.h. eine gewisse Elastizität vorhanden ist.

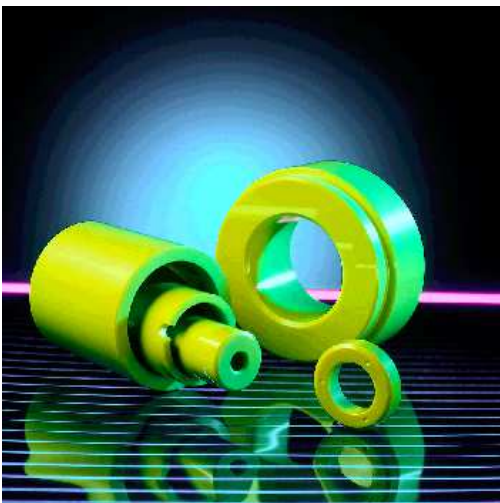
**Tabelle 2.** Gegenüberstellung der physikalischen Daten von Oxidkeramiken.

Eigenschaft		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		ZrO <sub>2</sub>
		F99D	F99,7	FZM
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	3,7 - 3,8	3,9 - 3,95	5,7
Härte (Knoop, 100g)	N/mm <sup>2</sup>	20 000	23 000	17 000
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	3000	3500	2000
Biegebruchfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	300	350	450
Elastizitätsmodul	10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>	3,5	3,8	2
WEIBULL-Modul	m	> 10	> 10	> 20
Poisson-Zahl	-	0,22	0,22	0,3
offene Porosität	%	0	0	0
Max. Einsatztemperatur	°C	1700	1950	900
Ausdehnungskoeffizient	10 <sup>-6</sup> /K	8,5	8,5	10
Spezifische Wärme	J/kgK	900	900	400
Wärmeleitfähigkeit	W/mK	25	30	2,5
Spez. Widerstand	Ohm cm	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>10</sup>
Farbe		weiß	weiß	gelb

### Fallbeispiel

#### Magnetgekuppelte Kreiselpumpen

Korrosive und hochtoxische Medien zwingen zu Pumpenkonstruktionen, die absolut leakagefrei sind. Gleitringdichtungskombinationen, wie sie bei Chemiepumpen zur Wellenabdichtung eingesetzt werden, kommen wegen der zur Schmierung notwendigen geringen Leckagen nicht in Frage. Die „magnetgekuppelte Pumpe“ bietet den Vorteil, dass die Antriebseinheit und der Pumpenteil nicht kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Die Trennung der beiden Teile erfolgt durch den sogenannten Spalttopf. Die Kraftübertragung wird durch ein magnetisches Feld von außen rotierenden Magneten auf einen im Medium, direkt mit dem Laufrad montierten Magneten, hergestellt. Bisher wurden Spalttöpfe aus Metall mit emaillierten Oberflächen bzw. mit Kunststoffauskleidung eingesetzt.



**Abb. 1.** Pumpenbauteile aus Zirkonoxid (ZrO<sub>2</sub> – FZM): Lager, Wellen, Wellenschutzhülsen, Kolben.

### Nachteile

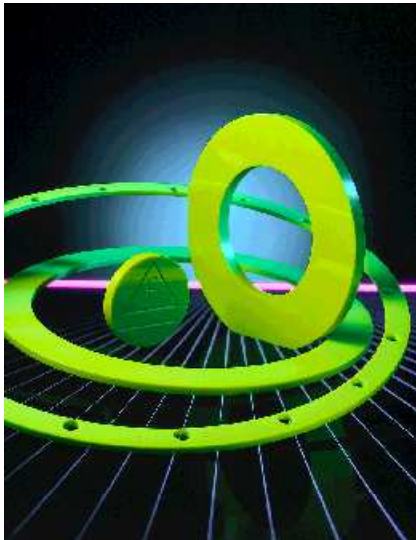
- Die Emailbeschichtung führt bei Beschädigung zur Korrosion des Metalltopfes (z.B. durch Poren oder Abplatzer im Email).
- Durch Wirbelströme im Metall kommt es zur Erwärmung des Mediums. Medien mit geringer Dichte kommen dadurch sehr schnell an ihren Siedepunkt, was zu Dampfblasenbildung führt.
- Bei metallischen Spalttöpfen mit Kunststoffauskleidung gelingt die Wärmeabfuhr nur unvollkommen, da Kunststoffe eine geringe Wärmeleitfähigkeit besitzen, was zu hohen Temperaturen im Metalltopf führt. Schon bei geringer Erwärmung des Metalltopfes kann es bereits zur Ablösung der Kunststoffbeschichtung kommen bzw. zur Faltenbildung des Kunststoffes.

### Spalttöpfe aus Zirkonoxid-FMZ bieten folgende Vorteile:

- Nicht magnetisierbar und somit keine Wirbelstrombildung, d.h. keine Erwärmung des Mediums; die Magnetkupplung hat mit Keramikspalttopf ca. 10 – 15% mehr übertragbare Leistung bei gleichem Antrieb (keine Wirbelstromverluste).
- Korrosionsbeständig gegen fast alle Laugen und Säuren. Die Korrosionsbeständigkeit der FZM-Massen wurde speziell für Anwendungen im chemischen Apparatebau optimiert und ist vergleichbar mit der von  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-F 99,7}$ .
- Dies ist ein Vorteil gegenüber bisher bekannten Zirkonoxiden. Das Entwicklungsziel war hier primär, gute Gleiteigenschaften der Oberflächen für den Drahtzug zu erreichen.
- Hohe mechanische Festigkeit: Nenndrücke  $\leq 30$  bar bei Temperaturen bis  $200\text{ °C}$  können je nach Konstruktion problemlos gefahren werden (durchmesserabhängig). Dabei ist noch ausreichend Sicherheit bei eventuell Druckstößen bis ca. 45 bar vorhanden. Der günstige E-Modul lässt bei Belastung elastische Verformungen zu.

### Konstruktionskriterien

Um den magnetischen Spalt so klein wie möglich zu halten, beträgt die Wandstärke der Töpfe minimal 3mm im zylindrischen Bereich. Der Übergang vom Zylinder zum Boden ist aus Festigkeitsgründen im Innendurchmesser mit entsprechenden Radien zu gestalten (Kerbwirkung!). Auf gleichmäßige Wandstärken ist zu achten.



**Abb. 2.** Motorenbauteile aus Zirkonoxid ( $\text{ZrO}_2$  – FZM)

### Marktentwicklung

Die Pumpenhersteller sind bestrebt, anstelle der Pumpen mit Gleitringdichtungen im speziellen Chemiebereich magnetgekuppelte Pumpen anzubieten. Der  $\text{ZrO}_2$  Keramiktopf eignet sich aufgrund der genannten Vorteile hervorragend für diese Einsatzfälle und ist bei fast allen Pumpenherstellern im Versuch bzw. in Kleinserien.

Wurde veröffentlicht in: Chemie-Technik; Heft 8; Seite 24-25; 1988.