

Fachinfo und Werkstoffüberblick

(unser kleines ABC der wichtigsten Begriffe, der von uns verwendeten Werkstoffe sowie der Materialeigenschaften)

A) Definitionen und Begriffe

TECHNISCHE KERAMIK

Die Technische Keramik umfasst keramische Werkstoffe und Produkte für technische Anwendungen. In Literatur und Praxis auftretende Begriffe wie:

- Funktionskeramik
- Strukturkeramik
- Ingenieurkeramik
- Industriekeramik
- Hochleistungskeramik
- Elektrokeramik
- Schneidkeramik
- Biokeramik

beschreiben Produktgruppen der Technischen Keramik, lassen aber wegen Überschneidungen keine eindeutige Klassifizierung zu.

FUNKTIONSKERAMIK

Der Funktionskeramik werden Bauteile zugeordnet, die eine elektrische, magnetische, dielektrische, optische usw. Funktion erfüllen.

STRUKTURKERAMIK (INDUSTRIEKERAMIK, INGENIEURKERAMIK)

Unter den Begriff Strukturkeramik fallen Bauteile, die hauptsächlich mechanische Belastungen (Zug- und Druckspannungen, Biegemomente usw.) aufnehmen müssen. Für diese Produkte werden auch die Begriffe Industriekeramik und Ingenieurkeramik verwendet.

HOCHLEISTUNGSKERAMIK

In DIN VENV 12212 wird Hochleistungskeramik definiert als "hoch entwickelter, hochleistungsfähiger keramischer Werkstoff, der überwiegend nichtmetallisch und anorganisch ist, und über bestimmte zweckmäßige Eigenschaften verfügt." Der Begriff wird als Abgrenzung zur konventionellen Keramik gesehen und beinhaltet alle Werkstoffe der Technischen Keramik. Für die Elektrotechnik sind die Werkstoffe außerdem in der IEC 627 genormt.

B) Werkstoffgruppen und Eigenschaften

Technische Keramik wird oft mit den vorgenannten Begriffen in Gruppen eingeteilt. Da jedoch damit keine eindeutige Klassifizierung möglich ist, werden die Werkstoffe alternativ entsprechend ihrer mineralogischen bzw. chemischen Zusammensetzung gegliedert.

Zu den Werkstoffen, die bei uns zum Einsatz kommen gehören die folgenden Gruppen:

- Silikatkeramik
- Oxidkeramik

Silikatkeramik ist die älteste Gruppe aller Keramiken. Der dominierende Anteil feinkeramischer Erzeugnisse ist silikatischer Natur. Wesentlicher Bestandteil dieser mehrphasigen Werkstoffe sind Ton und Kaolin, Feldspat und Speckstein als Silikatträger. Daneben werden auch Komponenten wie Tonerde und Zirkon zur Erzielung spezieller Werkstoffeigenschaften, z.B. hoher Festigkeiten, verwendet. Im Sinterbrand entsteht neben den kristallinen Phasen meist ein hoher Anteil an Glasphase, deren wesentlicher Bestandteil Siliziumoxid ist.

Zu den Werkstoffen der Silikatkeramik zählen

- Porzellan,
- Steatit,
- Cordierit und
- Mullit.

Wegen relativ niedriger Sintertemperaturen, guter Prozessbeherrschung und hoher Verfügbarkeit der natürlichen Rohstoffe ist die Silikatkeramik wesentlich kostengünstiger als Oxid - oder Nichtoxidkeramik. Letztere benötigen aufwendig hergestellte synthetische Pulver und hohe Sintertemperaturen.

Silikatkeramik kommt z.B. in der Wärmetechnik, der Verfahrens- und Umwelttechnik, der Hoch- und Niederspannungstechnik mit typischen Anwendungen wie Isolatoren, Sicherungspatronen, Katalysatoren, Gehäusen und vielfältigen Anwendungen in der Elektroinstallationstechnik zum Einsatz. Silikatkeramik findet sich weiterhin im Feuerfestbereich.

Wir konzentrieren uns im Unternehmen auf die Verwendung von Steatit (C220/C221 nach DIN EN 60672) und Cordierit-Werkstoffen (C511/C512/C520/C530, dicht und porös).

Unter **Oxidkeramik** werden alle Werkstoffe verstanden, die im Wesentlichen aus einphasigen und einkomponentigen Metalloxiden (>90%) bestehen. Die Materialien sind glasphasearm oder glasphasefrei. Die Rohstoffe werden synthetisch hergestellt und besitzen einen hohen Reinheitsgrad. Bei sehr hohen Sintertemperaturen entstehen gleichmäßige Mikrogefüge, die für die verbesserten Eigenschaften verantwortlich sind. Der zusätzliche Aufwand schlägt sich im Preis nieder.

Von uns verwendete Oxidkeramiken sind

- **Aluminiumoxid (C799),**
- **Magnesiumoxid (C820),**
- **Zirkoniumoxid (C830), stabilisiert.**

Die Oxidkeramik kommt in der Elektronik und vielfach als Strukturkeramik, also für nicht-elektrische Anwendungen zum Einsatz. Sie bietet dafür geeignete typische Eigenschaften wie Bruchzähigkeit, Verschleiß- und Hochtemperaturfestigkeit sowie Korrosionsbeständigkeit.

Übrigens: Ein Werkstoff mit höherem Reinheitsgrad oder höherem Oxidgehalt muss nicht zwangsläufig die gestellten anwendungstechnischen Forderungen am besten erfüllen.

Die von uns verwendeten Werkstoffe der Technischen Keramik verfügen über Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, die in vielen Beziehungen von anderen Werkstoffen nicht erreicht werden.

mechanisch	elektrisch	thermisch	chem./biologisch
Verschleißfestigkeit	Isolierfähigkeit / elektrische Leitfähigkeit	Hochtemperaturfestigkeit	Korrosionsbeständigkeit
Festigkeit		Temperatur-Wechselbeständigkeit	Katalytische Eigenschaften
Härte	Durchschlagsfestigkeit	Wärmeisolation / Wärmeleitfähigkeit	Bio-Chemische Eigenschaften (Physiologische Verträglichkeit, Lebensmittelverträglichkeit)
Formbeständigkeit	Dielektrische Eigenschaften	(Warm-) Formbeständigkeit	

Mechanische Eigenschaften

Durch bestimmte mechanische Eigenschaften bietet Technische Keramik bei Einsätzen unter hohen mechanischen Belastungen entscheidende Vorteile:

- Überragende Härte
- Hohe mechanische Festigkeit
- Hohe Formbeständigkeit
- und Verschleißfestigkeit

Elektrische Eigenschaften:

Als Isolationsstoffe bieten Werkstoffe der Technischen Keramik die wesentlichen elektrischen Eigenschaften:

- Sehr gute elektrische Isolierfähigkeit
- Hohe Durchschlagsfestigkeit
- Geringe dielektrische Verluste

Thermische Eigenschaften

Wenn Bauteile aus Technischer Keramik bei hohen Einsatztemperaturen noch in Form bleiben, liegt das an den hervorragenden thermischen Eigenschaften der Werkstoffe:

- Geringer Ausdehnungskoeffizient
- Hochtemperaturfestigkeit (hoher Schmelzpunkt)
- Temperatur-Wechselbeständigkeit
- Gute Wärmeisolation oder Wärmeleitfähigkeit
- (Warm-) Formbeständigkeit

Übersicht der Eigenschaften von uns verwendeter, keramischer Werkstoffe nach IEC Standard (DIN EN 60672):

Werkstoffüberblick		Bezeichnung nach DIN EN 60672						
		C220/C221	C410	C511/C512/C520	C530	C799	C820	C830
		Steatit Sondersteatit	Cordierit	Cordierit MgO-Al-Silikat- Basis	Cordierit Al-Silikat- Basis	Al₂O₃ > 99%	MgO	ZrO₂ stab. *)
mechanisch			dicht	porös	porös			
Offene Porosität	max. [Vol.%]	0	0,5	20/40/20	30	0	30	0
Dichte, min.	ρ [gcm ⁻³]	2,6/2,7	2,1	1,9/1,8/1,9	2,1	3,7	2,5	5,9
Biegefestigkeit	σ [Nmm ⁻²]	120/140	60	25/15/30	30	300	50	300
Elastizitätsmodul	E [GPa]	80/110	--	--/--/40	--	300	--	170
Härte	HV [10 ³ Nmm ⁻²]	--	--	--	--	--	--	--
Spannungs-Intensitätsfaktor	K _{IC} [MPa√m]	--	--	--	--	--	--	--
elektrisch								
Durchschlags festigkeit	E _d [kV mm ⁻¹]	15/20	10	--	--	17	--	--
Stehspannung, min	U [kV]	20/30	15	--	--	20	--	--
Permittivitätszahl 48 bis 62 Hz	ϵ^p	6	5	--	--	9	--	--
Verlustfaktor bei 20° C, 48-62 Hz	$\tan\delta_{pf}$ [10 ⁻³]	5/1,5	25	--	--	0,2		
Verlustfaktor bei 20° C, 1 MHz	$\tan\delta_{1M}$ [10 ⁻³]	3/1,2	7	--	--	1	--	--
Spezifischer Widerstand bei 20° C	$\rho_{V>=20}$ [Ω m]	10 ¹¹	10 ¹⁰	--	--	10 ¹²	--	--
Spezifischer Widerstand bei 500° C	$\rho_{V=600}$ [Ω m]	10 ³ /10 ⁵	10 ³	10 ³	10 ⁴	10 ⁶	--	--

Übersicht der Eigenschaften von uns verwendeter, keramischer Werkstoffe nach IEC Standard (DIN EN 60672):

		Bezeichnung nach DIN EN 60672						
Werkstoffüberblick		C220/C221	C410	C511/C512/C520	C530	C799	C820	C830
		Steatit Sondersteatit	Cordierit	Cordierit MgO-Al-Silikat- Basis	Cordierit Al- Silikat- Basis	Al₂O₃ > 99%	MgO	ZrO₂ stab. *)
thermisch			dicht	porös	porös			
Mittl. Längenausdehnungskoeffizient bei 30-600° C	α_{30-600} [$10^{-6}K^{-1}$]	7-9	2-4	4-6/ 3-6/ 2-4	4-6	7-8	11-13	11
Spezifische Wärmekapazität bei 30-600° C	$C_{p,30-600}$ [$Jkg^{-1}K^{-1}$]	800-900	800-1200	750-850/ 750-900/ 800-900	800-900	850-1050	--	--
Wärmeleitfähigkeit	λ_{30-100} [$Wm^{-1}K^{-1}$]	2-3	1,2-2,5	1,3-1,8/ 1,0-1,8/ 1,3-1,8	1,4-2,0	19-30	6-10	2
Temperaturwechselbeständigkeit	<i>bewertet</i>	gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gering
Typ. Max. Einsatztemperatur	T [$^{\circ}C$]	1200	1200	1300	1300	1900	2200	2200

*) vollstabilisiert mit Y₂O₃ - verschiedene Zusätze zur Erzeugung spezifischer Eigenschaften möglich;

Chemisch/biologische Eigenschaften keramischer Werkstoffe

Korrosionsfestigkeit

Keramische Werkstoffe bieten Besonderheiten bei der chemischen Reaktivität:

- Chemisch inert
- Korrosionsbeständig
- Katalytisch wirksam
- Bioverträglich

Korrosionsbeständigkeit keramischer Werkstoffe im Vergleich

	Oxide		Silikate		
	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	Steinzeug	Hartporzellan	Steatit
Salzsäure HCl (verdünnt)	+	-	+	+	+
	(*)		(*)	(*)	(*)
Salzsäure HCl (konzentr.)	+	0	+	+	+
	(*)		(*)	(*)	(*)
Salpetersäure HNO ₂ (verdünnt)	+		+	+	+
			(*)	(*)	(*)
Salpetersäure HNO ₂ (konzentr.)	+	0	+	+	+
	(*)				
Schwefelsäure H ₂ SO ₃ (verdünnt)	+		+	+	+
			(*)	(*)	(*)
Schwefelsäure H ₂ SO ₃ (konzentr.)	+	-	+	+	+
	(*)	(*)	(*)	(*)	(*)
Phosphorsäure H ₃ PO ₄	+	0	80 % H ₃ PO ₄	80 % H ₃ PO ₄	80 % H ₃ PO ₄
	(20 °C)	(*)	+	+	+
			(*)	(*)	(*)
Flußsäure HF	-	-	-	-	-
		(20 °C)			
Natronlauge NaOH-Lösung	0		-	-	-
	(*)		(*)	(*)	(*)
Kalilauge KOH-Lösung	+	+			
	(*)	(*)			
Natriumchlorid NaCl	+		+	+	+
	(*)		(*)	(*)	(*)
Kaliumchlorid KCl	+		+		
Kupferchlorid CuCl ₂	(*)		+	+	+

- + beständig bis zur angegebenen Temperatur
 (*) kochend
 - Korrosionsangriff (bei angegebener Temperatur)
 0 es findet eine Reaktion statt

- Infofachblatt zusammengestellt aus **Brevier Technische Keramik, Fahner Verlag, Lauf a.d. Pegnitz** mit freundlicher Genehmigung des Verbandes der keramischen Industrie e.V. (VKI) in Selb

- Für Irrtümer und Druckfehler wird von uns keinerlei Haftung übernommen -