



1MG.002 Sinterkeramiken

Übersicht

Einführung

EINFÜHRUNG

ANWENDUNGSGEBIETE

VORTEILE

KOMPARATIV

KLASSIFIKATION

VERARBEITUNG

ENTWICKLUNG VON KERAMISCHEN WERKSTÜCKEN

SORTIMENT

Vergleichstabelle

Final Advanced Materials GmbH
Sàrl
4 avenue de Strasbourg
68350 Didenheim – France
Tel : +33 (0) 3 67 78 78 78

Final Advanced Materials GmbH
GmbH
Basler Strasse 115
79115 Freiburg – Deutschland
Tel: + 49 (0) 761 47 87 336

www.final-materials.com

Unsere große Produktpalette von Sinterkeramiken ermöglicht Ihnen die Auswahl des für Ihren Verwendungszweck am besten geeigneten Material:

- Aluminiumoxid (Al_2O_3)
- Zirconiumoxid (ZrO_2)
- Aluminiumnitrid (AlN)
- Bornitrid (BN)
- Siliciumnitrid (Si_3N_4)
- Siliciumcarbid (SiC)

Final Advanced Materials GmbH fertigt Werkstücke aus Keramik mit größter Genauigkeit. Ausgehend von Vorlagen auf der Basis von Formguss oder Strangpressen stellen wir diese Formstücke für dichte Keramikmaterialien durch Bearbeitung mit Diamant-Werkzeug her.

Wir sorgen für die Definition und die maschinelle Fertigung von Prototypen sowie für die Einzelproduktion in kleineren und größeren Mengen. Wir entwerfen und fertigen keramische Bestandteile, die den spezifischen Verwendungsarten des Kunden angepasst sind.

Wir bearbeiten ausschließlich passgenaue und sachgerechte Keramiken mit hoher Reinheit. Die von uns weiterverarbeiteten Werkstücke entsprechen den physischen Merkmalen der Vorlagen vor der maschinellen Bearbeitung ohne jede mechanische Veränderung und Minderung. Die materialbedingten Eigenschaften der Keramiken wie Härte, Abriebfestigkeit wie Beständigkeit gegen Temperaturschocks, erhöhte dielektrische Starrheit – all diese Eigenschaften bleiben in den fertigen Werkstücken erhalten und werden reproduziert.

Die [zusammenfassenden Tabellen am Ende](#) dieses Datenblatts werden es Ihnen ermöglichen, die bestmögliche Auswahl zu treffen.

kontakt@final-materials.com



Anwendungsgebiete

- Produktion von maßgefertigten Teilen
- Flammrohr
- Wärmetauscher
- Brennunterlage
- Schutz in Stromkreisen
- Substrate
- Medizinische Prothesen
- Dichtungen
- Werkzeuge für die Bearbeitung von Keramik
- Drahtführungen
- Mechanische Teile

Vorteile

- Härte
- Hohe mechanische Festigkeit
- Maßbeständigkeit auch bei hohen Temperaturen
- Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit
- Elektrischer Isolator
- Chemikalienbeständigkeit
- Hitzebeständigkeit

Komparativ

Eigenschaft	Keramik	Metall	Polymere
Härte	ausgezeichnet	niedrig	schlecht
E-Modul	ausgezeichnet	gut	niedrig
Hochtemperaturfestigkeit	ausgezeichnet	niedrig	schlecht
Thermische Ausdehnung	niedrig	gut	gut
Duktilität	niedrig	gut	gut
Korrosionsbeständigkeit	gut	niedrig	niedrig
Verschleißbeständigkeit	gut	niedrig	niedrig
Elektrische Leitfähigkeit	niedrig	gut	niedrig
Dichte	durchschnittlich	hoch	niedrig
Wärmeleitfähigkeit	durchschnittlich	gut	niedrig



Klassifikation

Sinterkeramiken werden abhängig von ihrer mineralischen oder chemischen Zusammensetzung in verschiedene Gruppen unterteilt:

- **Silikate**
- **Oxide**
- **Nicht-Oxide**

Die Bezeichnungen der Keramiken in den folgenden Tabellen orientieren sich an der Nomenklatur der DIN EN 60 672.

Silikate

Silikate stellen den größten Anteil der technischen Keramiken dar. Die Hauptbestandteile dieser Keramiken sind Kaolin, Ton und Feldspat, deren Eigenschaften durch Hinzufügung von Aluminium oder Zirkon verbessert werden können. Während der Sinterung entsteht über die kristalline Phase hinaus ein großer Anteil (> 20 %) an Material aus Glasphase. Durch die verhältnismäßige niedrige Sintertemperatur und den Überfluss an Basisbestandteilen ist die Gruppe der Sinterkeramiken wirtschaftlich äußerst günstig.

Aluminiumsilikate	C100
Quartzporzellan, plastische Formung	C110
Quartzporzellan, gepresst	C111
Cristobalitporzellan, plastische Formung	C112
Aluminiumporzellan	C120
Aluminiumporzellan, hohe Beständigkeit	C130
Lithiumporzellan	C140
Magnesiumsilikate	C200
Steatit mit niedriger Spannung	C210
Standard-Steatit	C221
Steatit, geringer Verlustwinkel	C230
Forsterit, porös	C240
Forsterit, dicht	C250
Alkalierde – Aluminiumsilikat und Zirkonporzellan	C400
Cordierit, dicht	C410
Kasolit, dicht	C420
Kalziumoxid, dicht	C430
Zirkon, dicht	C440
Poröse Aluminiumsilikate und Magnesiumsilikate	C500
Aluminium Silikatbase	C510
Aluminium-/Magnesiumsilikatbase	C511
Cordieritbase	C520
Mullit mit schwachem Alkaligehalt	C600
Mullit mit 50 bis 65 % Al ₂ O ₃	C610
Mullit mit 65 bis 80 % Al ₂ O ₃	C620



Nicht-Oxyde

Diese Gruppe schließt Keramiken auf der Basis von Bor, Kohlenstoff, Kieselsäure, usw. mit ein. Produkte auf Basis amorphem Graphits sind nicht Bestandteil dieser Gruppe. Diese Materialien enthalten einen großen Anteil Atomverbindungen. Daraus folgen eine sehr hohe Temperaturbeständigkeit und ein hohes Elastizitätsmodul.

Carbide	C300
Siliziumcarbide	SiC
Borcarbide	B ₄ C
Nitride	C900
Aluminiumnitrit	C910
Bornitrit	C920
Siliziumnitrit, dicht	C935
Titannitrid	C920

Oxyde

Sie bestehen hauptsächlich aus einer einzigen Phase und einem Metalloxid (Proportion > 90 %). Diese Materialien haben keine oder nur wenig Glasphase. Die Basismaterie ist synthetisch mit einer sehr großen Reinheit.

Titanate und andere Keramiken mit hoher Permittivität	C300
Titandioxydbade	C310
Titan- und Magnesiumbase	C320
Titandioxyd und andere Oxide	C330
Kalzium- und Titanbase	C340
Ferroelektrische Perowskit Base	C350
Keramik mit hohem Aluminiumanteil	C700
> 80 bis 86 % Aluminium	C780
> 86 bis 95 % Aluminium	C786
> 95 bis 99 % Aluminium	C795
> 99 % Aluminium	C799
Andere Keramikoxide	C800
Beryllium Oxyd, dicht	C810
Magnesiumoxid, porös	C820
Teilweise stabilisiert	PSZ*
Komplett stabilisiert	FSZ*
Quadratisches Polykristallin	TZP*
Siliziumglas	SiO ₂ *
Spinell (MgO, Al ₂ O ₃)	Spinell**
Mullit (Al ₂ O ₃ , SiO ₂)	Mullite**
Titanoxid (TiO ₂)	TiO ₂ *

*Name nach DIN ENV 14 242 **übliche Name

Für nähere Informationen über die technischen Eigenschaften dieser Keramiken stellt Final Advanced Materials GmbH eine komplette [Tabelle](#) zu Ihrer Verfügung.



Verarbeitung

Die perfekte Beherrschung des gesamten Verarbeitungsprozesses ermöglicht die Gewährleistung der Mikrostruktur des Materials. Drei Elemente sind von größter Bedeutung, um ein Sinterkeramik-Werkstück mit optimalen Merkmalen zu erhalten:

- Pulver
- Pressen
- Sintern

Abhängig von den Kriterien Ihrer Bestellung passen wir die verschiedenen Verarbeitungsschritte genau an:

- Für die **Prototypen** pressen wir mit unseren Standardwerkzeugen. Es entstehen keine Kosten für die Benutzung des Werkzeugs; im Gegenteil, vor dem Sintern findet eine verhältnismäßige lange, aber kostengünstige Verarbeitungsphase (abhängig von der Geometrie Ihres Werkstücks) statt. Wiederaufnahme der Bearbeitung mit einem Diamant-Werkzeug abhängig von der geforderten Toleranzstrenge.
- Für die **Serien** stellen wir Werkzeug her, das es uns ermöglicht, ein der endgültigen Geometrie so ähnlich wie mögliches Werkstück herzustellen, um die Material- und Bearbeitungskosten so weit wie möglich zu senken. Bei zu eng begrenzten Dimensionstoleranzen muss das Werkstück in jedem Fall mit einem Diamant-Werkzeug weiterbearbeitet werden.

Für **die Prüfung einer Materie** (chemische Verbindung, Korngrößenbestimmung, thermische und mechanische Kennzeichnung, ...) können wir Ihnen die Fertigung eines gepressten Prüfstücks anbieten.

Wir haben außerdem die Möglichkeit, Werkstücke aus **farbiger Sinterkeramik** herzustellen. Beim Pressen vermischt man das Keramikpulver mit Farboxiden.

Zum Beispiel:

- Schwarzes Zirconiumoxid ZrO_2 für die Uhrmacherei
- Aluminiumoxid Al_2O_3 grau, rot oder blau für Schmuck

Sobald Ihr Projekt definiert ist, läuft der Produktionsprozess wie folgt ab:

1. Pressen

Zunächst muss ein kalibriertes Pulver von hoher Qualität mit kontrolliertem und konstantem Schwund gewählt werden. Das Keramikpulver wird gepresst, um ein für die Bearbeitung ausreichend solides Formstück herzustellen: Es handelt sich dabei um das grüne Werkstück. In dieser Form ist das Werkstück vor dem Sintern einfach und ökonomisch bearbeitbar.

Beim Pressen ist es notwendig, zu große Unterschiede in der Stärke der Werkstücke zu vermeiden, denn daraus könnten Verformungen und erhebliche interne Spannungen



entstehen. Zwei verschiedene Druckverfahren sind möglich: Einachsiges oder Isostatisches Pressen.

2. Sintern

Das durch Pressen hergestellte unbearbeitete Werkstück enthält außer dem Keramikpulver und beständigen Additiven: Wasser, Verflüssigungsmittel, Enthärter, Bindemittel und andere Additive. All diese bei hohen Temperaturen flüchtigen Produkte werden zu Beginn der Sinterung aus dem grünen Werkstück beseitigt. Der durch die Qualität des verwendeten Pulvers definierte Schwundkoeffizient ermöglicht die Berechnung der Dimensionen des Werkstücks nach der Sinterung.

3. Bearbeitung

Nach der Sinterung kann das Werkstück nur noch mit Diamant-Werkzeug oder mit Ultraschall bearbeitet werden. Dieser Vorgang dauert wesentlich länger und ist wesentlich schwieriger und teurer.

Unsere Mittel zur maschinellen Bearbeitung:

- Plan- und Rundschleifen, Drehen
- Fräsen
- Bohren
- Maschinelle Bearbeitung und Bohren durch Ultraschall
- Polieren, eben und rund
- Innen- und Außengewinde, Einschleifen

Außerdem bearbeiten wir:

- Quarz, Rubin, Glas, Glaskeramik, poröse Filterkeramiken
- Verbundstoffe, glashaltige Harze, Kieselsäure, Kohlenstoff
- bearbeitbare Isolierstoffe, Kalziumsilikat, Glimmer, Aluminiumsilikat

4. Montage

Hartlötung: Die keramischen Werkstücke sind metallisiert; diese Metallisierung ermöglicht Hartlötungen bis zu Temperaturen von 1.200 °C in der Luft oder im Vakuum. Lötlegierungen, die für die zu montierenden Materialien geeignet sind, gewährleisten einen für Keramik-Metall-Montagen ausreichenden mechanischen Widerstand. Die Hauptschwierigkeit dieser Montageart, die ein wichtiges Dehnungsdifferential zwischen den verschiedenen Halterungen ist, wird teilweise von den Konstruktionsprinzipien kontrolliert, die ihre Berücksichtigung zulassen oder die Verringerung ihrer Wirkung ermöglichen. Jede Anwendung ist einzigartig und spezifisch, und wir untersuchen mit Ihnen die passende Montage.

Verklebung: Die Verklebung von Metall auf Keramikwerkstücke setzt die genaue Kenntnis der auszuhaltenden Maximaltemperatur, die Bewertung der chemischen Bedingungen der Umgebung, der mechanischen Kräfte und der elektrischen Kapazitäten voraus, die von dieser Montage erwartet werden. Einer der wichtigsten Faktoren ist der Wärmedehnungskoeffizient der in Kontakt befindlichen Elemente.



Sollte der Fall eintreten, dass eine Verklebung zweier Halterungen unterschiedlicher Art (also auch deutlich verschiedene Dehnungen) durchgeführt werden muss, muss unbedingt versucht werden, diese Parameter mit dem verwendeten Klebstoff anzunähern, um den durch Kontraktion oder Zerrung hervorgerufenen Kräften besser widerstehen zu können.

Mechanische Montage: Zwei Arte von Montage sind vorhanden, die Verschraubung und das Falzen (für Montage zwischen Keramik- und Metallteilen).

Entwicklung von keramischen Werkstücken

Die maschinelle Bearbeitung klassischer Materialien wie Metalle oder Polymere wird allgemein verwendet, die verschiedenen Merkmale und Grenzen sind bekannt. Die Bearbeitung von Keramiken ist weniger bekannt und viel spezifischer. Ein keramisches Werkstück kann nicht auf dieselbe Art wie ein Werkstück aus Metall entwickelt werden. Das Design des Werkstücks muss an die Besonderheiten der keramischen Materialien angepasst werden. Hämmerbare Materialien kompensieren lokalen Druck auf schwache Oberflächen mit einer elastischen (und in einigen Fällen plastischen) Verformung; dieses Phänomen kommt bei harten Materialien nicht vor.

Wichtigste Regeln für Serienstücke:

Einfache und mit den Verarbeitungstechniken kompatible Formen auswählen

- Das Design dem Pressverfahren des unbearbeiteten Werkstücks anpassen
- Komplexe Formen in mehrere Bestandteile teilen
- Unnötige geringe Toleranzen bei Dimensionen und Geometrie vermeiden

Konzentration von Kräften vermeiden

- Kräfte auf große Oberflächen verteilen
- Scharfe Kanten und Einkerbungen vermeiden

Zugspannung minimieren

- Zugspannung in Druck umwandeln
- Werkstücke unter Druck vorspannen

Zu massive Werkstücke meiden

- Einheitliche Wandstärken beibehalten
- Zu plötzliche Abschnittswchsel verhindern

Feinbearbeitung nach der Sinterung minimieren

- Bearbeitung des grünen Werkstücks der des gesinterten Werkstücks vorziehen
- Bearbeitungsoberflächen begrenzen
- Nur unbedingt notwendige Toleranzen vorschreiben

Spezifische Entwicklungsdetails berücksichtigen

- Auswurf der Gussform vereinfachen
- Zu feine Wände vermeiden
- Besonderheiten jeder Etappe berücksichtigen (Pressen, Strangpressen, Sintern, Emaillieren, maschinelle Bearbeitung, Planschleifen, usw.)



Beispiele:

Formen so einfach wie möglich beibehalten	
Schlechter Entwurf	Guter Entwurf

Konzentration von Kräften vermeiden	
Schlechter Entwurf	Guter Entwurf

Sortiment

Final Advanced Materials GmbH bietet verschiedene Arten von technischen Keramikprodukten an. Obwohl diese Werkstoffe ähnliche Eigenschaften aufweisen (Härte, Porositätsfreiheit, Steifigkeit, Maßbeständigkeit usw.), unterscheiden sie sich manchmal, insbesondere hinsichtlich ihrer Korrosionsbeständigkeit.

Aluminiumoxid Al₂O₃

Aluminiumoxid ist ein wichtiges technisches Keramikoxid, da es sich für eine Vielzahl unterschiedlichster Anwendungen eignet. Es zeichnet sich durch seine hohe Härte und thermische Stabilität aus. Außerdem besitzt es eine sehr gute Hitze- und Abriebfestigkeit.



Zirconiumoxid ZrO_2

Zirconiumoxid kommt immer häufiger zum Einsatz, da es interessante Eigenschaften aufweist: hohe Bruchzähigkeit, eine ähnliche Wärmeausdehnung wie Gusseisen, sehr hohe Biege- und Zugfestigkeit, hohe Verschleiß- und Abriebfestigkeit und geringe Wärmeleitfähigkeit. Darüber hinaus ist es sauerstoffionenleitend und hat hervorragende tribologische Eigenschaften.

Siliciumcarbid SiC

Die Eigenschaften von Produkten aus Siliziumkarbid sind je nach Art des verwendeten Karbids (dicht oder porös) mehr oder weniger stark ausgeprägt. Sie sind im Allgemeinen auch bei hohen Temperaturen sehr widerstandsfähig und zeichnen sich durch ihre Härte sowie ihre Verschleiß-, Korrosions-, Oxidations- und Temperaturwechselbeständigkeit aus. Außerdem haben sie einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten, eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit und gute tribologische Eigenschaften. Darüber hinaus sind sie elektrische Halbleiter.

Bornitrid BN

Bornitrid kann leicht in fast jede Form bearbeitet werden. In inerten und reduzierenden Atmosphären hält Bornitrid Temperaturen über 2000 °C stand. Es besitzt eine geringe thermische Ausdehnung und einen hohen dielektrischen Widerstand. Darüber hinaus wird es von den meisten Metallschmelzen und Schlacken nicht benetzt und kann daher als Gefäß für die meisten Metallschmelzen verwendet werden.

Aluminiumnitrid AlN

Aluminiumnitrid hat eine bemerkenswert hohe Wärmeleitfähigkeit sowie gute elektrische Isolationseigenschaften, die dieses Material zu einem interessanten Element für die Elektrotechnik machen. Darüber hinaus kann es mit den üblichen Verfahren metallisiert und so zum Löten oder Schweißen vorbereitet werden.

Siliziumnitrid Si_3N_4

Siliziumnitrid ist eine besonders wichtige Keramik in seiner Kategorie, weil es eine einzigartige Kombination von Eigenschaften aufweist. Es ist extrem hart, zeichnet sich durch eine sehr hohe Temperaturwechsel-, Chemikalien- und Verschleißbeständigkeit auch bei hohen Temperaturen aus, hat einen niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten und eine mittlere Wärmeleitfähigkeit.

Die physikalischen Größen in dieser Dokumentation sind unverbindliche Richtwerte. Bitte wenden Sie sich für weitere Informationen an unsere technische Abteilung.

Vergleichstabelle

Eigenschaft	Einheit	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	SiC	BN	AlN	Si ₃ N ₄		
Art.-N°		055-0010	055-0020	055-0021	103-0010	200-0090	055-0030	103-0020	
Zusammensetzung		Al ₂ O ₃ 99,7 %	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃	ZrO ₂ -MgO	SSiC	BN HD2	AlN	Si ₃ N ₄	
Klassifizierung DIN ISO		C799	C800	C800	-	-	C910	C935	
physische Eigenschaften									
Dichte	g/cm ³	3,9	6	5,6	> 3,1	>=1,9	3,3	3,18 bis 3,40	
offene Porosität	%	0	0	0	0	0	0	0	
Farbe		elfenbeinweiß	weiß	gelb	schwarz	weiß	grau	grau	
mechanische Eigenschaften bei 20 °C									
Härte Vickers HV10	MPa	> 17.000	> 12.000	> 10.000	> 25.000	-	> 10.500	15.200	
Druckfestigkeit	MPa	2.500	> 1.800	> 1.800	> 2.500	-	-	3.000	
Biegefestigkeit	MPa	> 370	> 600	> 600	> 400	14 30 ⊥	> 350	769	
E-Modul	Gpa	> 380	> 200	> 200	400	-	> 320	290	
Festigkeit	MPa.m ^{1/2}	4	7	8	3,5	-	-	7,5	
Weibull-Verteilung		15	20	16	10	-	-	25	
thermische Eigenschaften									
Dauertemperatur Beständigkeit	°C	1.700	1.000	1.000	1.600 1.900*	850 2.000*	1.000	1.400	
spezifische Wärme bei 20 °C	J K ⁻¹ kg ⁻¹	900	400	400	670	-	-	700	
Wärmeleitfähigkeit bei 100 °C	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	30	2,5	3	125	21**	170 bis 180	25	
Ausdehnungskoeffizient ab 20 bis 1.000 °C	10 ⁻⁶ /K ⁻¹	8,5	11	11	4,5	5,5 1 ⊥	4,6	3,2	
elektrische Eigenschaften									
spezifischer Widerstand	bei 20 °C	Ω.m	10 ¹²	> 10 ⁷	> 10 ⁷	10 ³	> 10 ¹³	-	10 ¹²
	bei 600 °C	Ω.m	10 ⁶	> 10 ³	> 10 ³	-	-	-	-
Durchschlagfestigkeit	kV/mm	17	-	-	-	> 70	15	-	

* inerte Atmosphäre **bei 20 °C