



**ELEKTRO- UND
BESCHLEUNIGERTECHNIK**

Keramik-Metall-Verbundbauteile
aus Hochleistungskeramik

HOCHLEISTUNGSKERAMIK KERAMIK-METALL-VERBUNDBAUTEILE

Physikalisch-technische Anwendungen stellen hohe Anforderungen an die verwendeten Materialien. Unsere Keramik-Metall-Verbundbauteile sind für diese Herausforderungen optimal konzipiert.

Keramik-Metall-Verbundbauteile vereinen die hervorragenden Eigenschaften der Einzelwerkstoffe Keramik und Metall in einem Bauteil:

- ▶ Die Hochleistungskeramik gewährleistet elektrische Isolation und Formbeständigkeit.
- ▶ Die Metallkomponente ist elektrisch leitend und schweißbar.
- ▶ Der hartgelötete Keramik-Metall-Verbund ist mechanisch stabil und vakuumdicht.

Nach Ihren individuellen Anforderungen entwickeln wir Keramik-Metall-Verbundbauteile für Hochspannung und Hochstrom, für die Messtechnik, die Industrie, den Reaktorbau und die Forschung. Unsere langjährige Erfahrung als Prototypen- und Serienhersteller garantiert Ihnen brillante Lösungen für die unterschiedlichsten Aufgabenstellungen.

VORTEILE

- ▶ Betriebssicherheit
- ▶ Zuverlässigkeit
- ▶ Lange Lebensdauer
- ▶ Mechanische Festigkeit
- ▶ Hohe Temperaturwechselbeständigkeit
- ▶ Gute Wärmeleitfähigkeit
- ▶ Hoher elektrischer Volumen- und Oberflächenwiderstand
- ▶ Hohe elektrische Durchschlagfestigkeit
- ▶ Geringe dielektrische Verluste bei hohen Frequenzen
- ▶ Kleiner Neutronen-Absorptionsquerschnitt bei Anwendung in der Kerntechnik
- ▶ Viele Keramik-Metall-Verbundbauteile auch mit nicht magnetisierbaren Metallteilen lieferbar



**Für höchste Ansprüche entwickeln wir zusammen
mit unseren Kunden keramische Komponenten
für Anwendungen in der Elektrotechnik.**

BAUTEILE FÜR DIE VAKUUMTECHNOLOGIE

Neue Technologien setzen auf Tradition.
Produktionsverfahren unter Hochvakuum fordern den Werkstoff heraus.



Einfachdurchführungen aus F99,7



Mehrfachdurchführungen aus F99,7



Durchführungen mit geschweißtem Flansch aus F99,7

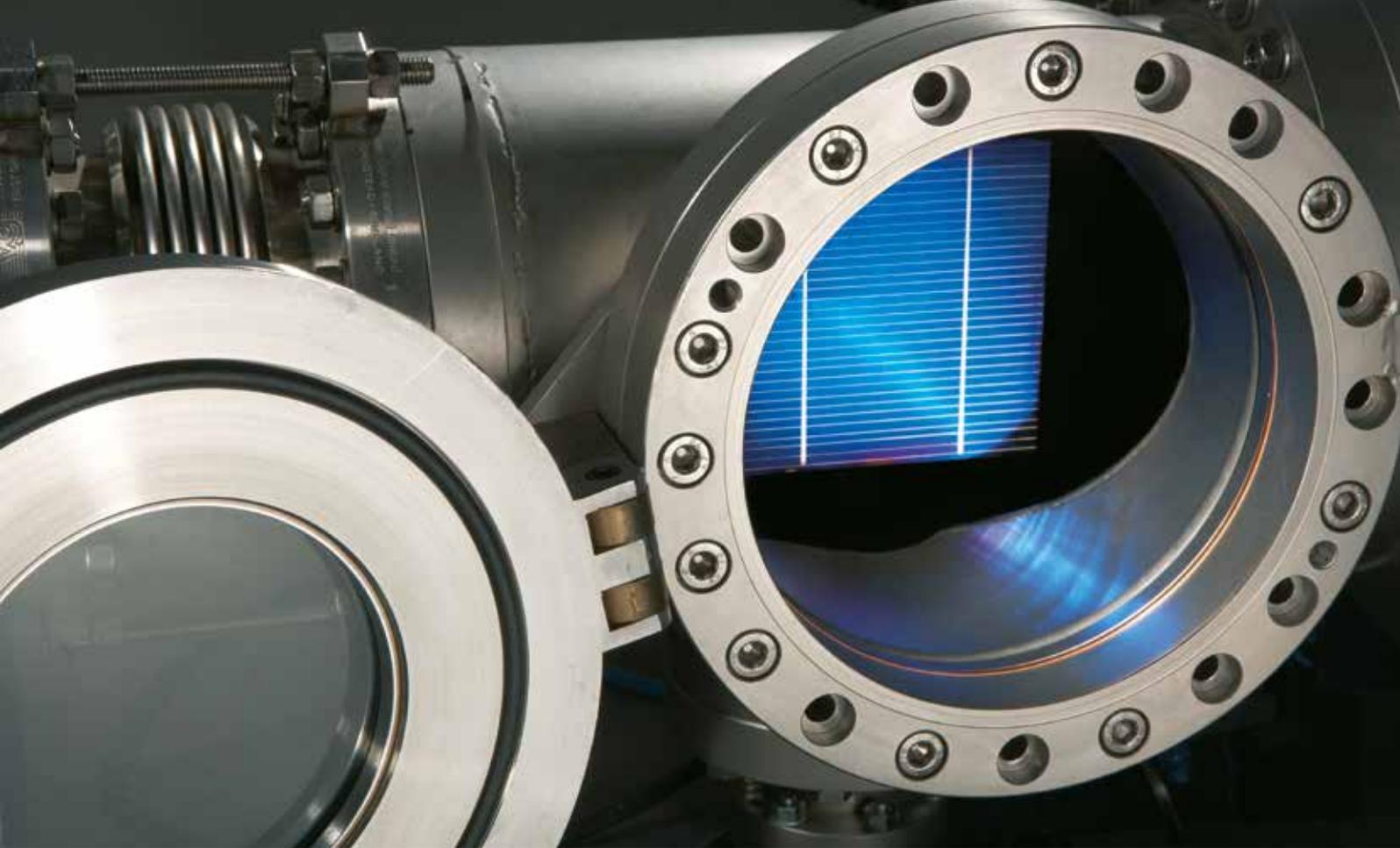
DURCHFÜHRUNGEN

Das Ultra-Hochvakuum stellt neue Anforderungen an die klassischen Werkstoffe und Verbindungstechniken. Bauteile aus Hochleistungskeramik meistern diese Herausforderungen und zeigen ihre Stärke im Vakuum.

Mit elektrischen Durchführungen aus Keramik-Metall-Verbundbauteilen können hohe Ströme, hohe Spannungen oder kleinste Messsignale zwischen Vakuumkammer und Außenwelt übertragen werden.

Die Keramik dient zur sicheren Trennung von Bereichen unterschiedlichen Potentials.

Die gute elektrische Isolation des Werkstoffs in Verbindung mit hoher mechanischer Festigkeit sind Voraussetzungen für leistungsfähige Durchführungen.



Isolierrohre aus F99,7



Stützisolatoren aus F99,7

ISOLATOREN UND ISOLIERROHRE

Isolatoren und Isolierrohre aus F99,7 und F99,7 hf können mit Rippen versehen und außen glasiert werden. Die Rippenstruktur erhöht den Kriechweg und führt bei Atmosphärenanwendung zu einer erhöhten Spannungsfestigkeit. Die Glasur erleichtert Handling und Reinigung des Bauteils.

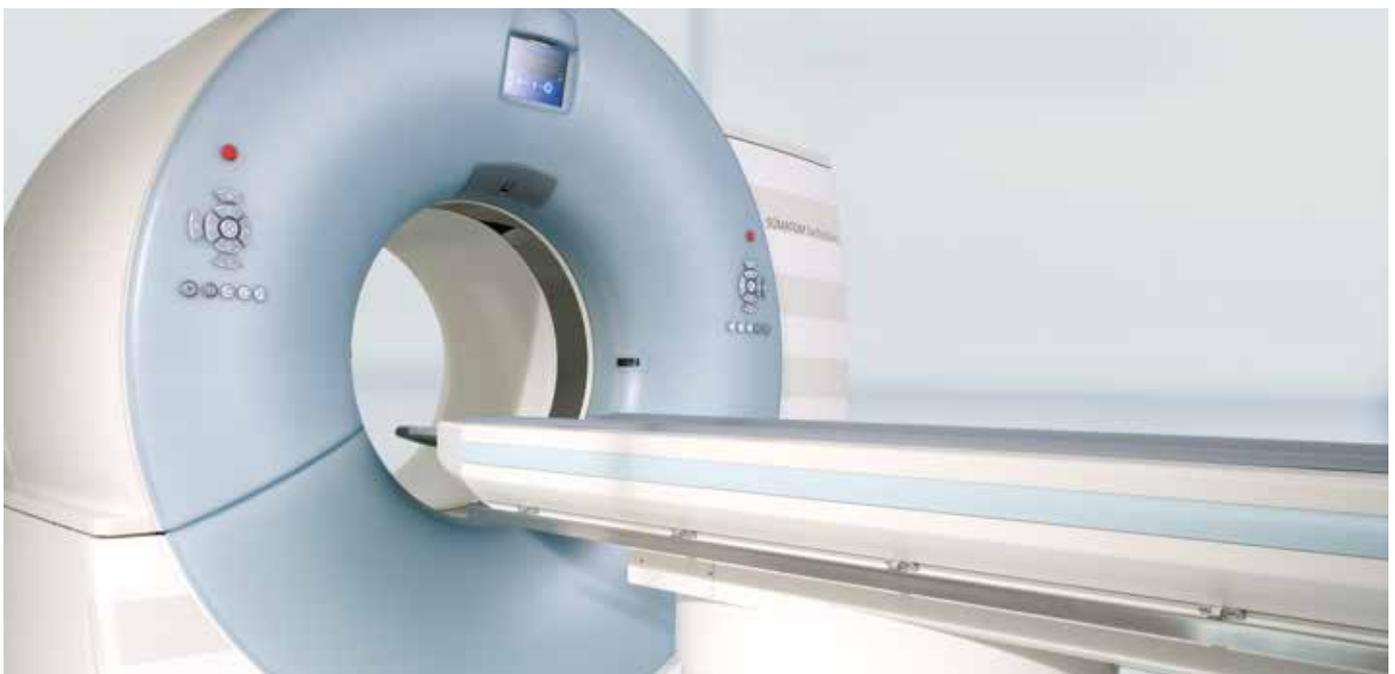
Auch für kryogene Anwendung unter flüssigem Helium oder flüssigem Stickstoff sind unsere Isolierrohre je nach Konstruktion geeignet. Temperaturbereich: -271 °C bis 450 °C und höher.

Die Isolierrohre werden standardmäßig auf ihre Vakuumdichtigkeit geprüft und können zusätzlich mit verschiedenen Flanschtypen, wie z. B. CF, KF, COF, versehen werden.

BAUTEILE FÜR DIE RADIOLOGIE UND MEDIZINTECHNIK

Seit Jahrzehnten setzt man in der Medizintechnik auf die hervorragenden Eigenschaften von Aluminiumoxidkeramik aus dem Hause Kyocera.

Ob in der Röntgentechnik oder in der onkologischen Strahlentherapie: Keramik-Metall-Verbundbauteile erlauben eine sichere Diagnose und eine schonende Behandlung des Patienten.



Präzise Diagnostik bei geringer Strahlenbelastung.



Drehkolbenröntgenröhre aus F99,7



Beschleunigereinheit aus F99,7



Anodenkeramik aus F99,7

Die Röntgenröhre ist das Herzstück des Computertomographen. Sie ermöglicht dem Mediziner eine präzise Diagnose bei gleichzeitig niedriger Strahlenbelastung für den Patienten. Die für die moderne Röntgendiagnostik unverzichtbaren Schlüsselkomponenten Röntgenquelle und Röntgenbildverstärker sind Bauteile aus Oxidkeramik. Unsere keramischen Produkte aus Oxidkeramik sind das Ergebnis unserer jahrzehntelangen Erfahrung in einer intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeit und einer kundenorientierten Umsetzung.

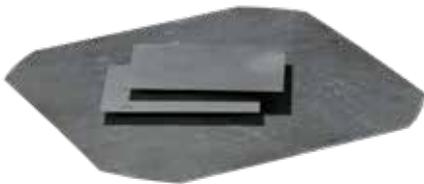
Kickerkammern aus Hochleistungskeramik sind elementarer Bestandteil des Beschleunigers. Sie sorgen für optimale Behandlungsergebnisse bei einer gleichzeitig minimierten Strahlendosis für den Patienten. Auch das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT), welches als erstes deutsches Institut für die klinische Strahlentherapie konzipiert wurde und derzeit europaweit die einzige Therapieeinrichtung für Schwerionen darstellt, setzt auf unsere Hochleistungskeramik.

BAUTEILE FÜR DIE HALBLEITERINDUSTRIE

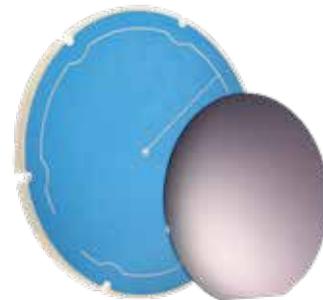
Die Computerindustrie setzt auf Mikrochips. Die Verwendung von Hochleistungskeramik lässt diese Technik erst zu.



**Für Präzision
im μm -Bereich.**



Prüfplatte aus Siliziumnitrid



Wafer-Aufnahme aus F99,7

PRÜFEN

Bei der Entwicklung und Herstellung immer kleiner werdender Chips führt kein Weg an Produkten aus Hochleistungskeramik vorbei. Schließlich müssen Computerbausteine vor Inbetriebnahme im μm -Bereich gemessen und überprüft werden. Werkstoffeigenschaften wie hohe Formbeständigkeit unter Temperatur machen unsere Keramikbauteile zum Hochpräzisionselement.

POSITIONIEREN

Aufgrund ihrer hohen Temperaturbeständigkeit, der sehr guten elektrischen Eigenschaften sowie Formbeständigkeit kommt Hochleistungskeramik in Handling- und Positioniersystemen bei der Waferherstellung zum Einsatz.

BAUTEILE FÜR FORSCHUNG & ENTWICKLUNG SOWIE MIKROSKOPIE

Fokussiereinheiten in Elektronenmikroskopen benötigen Toleranzen von wenigen μm . Nur so können unterschiedlichste Präparate aus Forschung und Technik einwandfrei bei höchster Auflösung und Tiefenschärfe untersucht werden.



**Hohe Formbeständigkeit
und beste elektrische
Isolation.**



Elektrodenhalter aus F99,7



Isolierbauteil aus F99,7



Einfach- und Mehrfachdurchführungen
aus F99,7

In Elektronenmikroskopen sorgt das Vakuumsystem dafür, dass die Elektronen auf ihrem Weg nicht unnötig durch die Kollision mit Gasmolekülen behindert werden. Die Elektronenquelle kann dadurch effizienter arbeiten. Das Ultra-Hochvakuum stellt neue Anforderungen an die klassischen Werkstoffe, denen diese nicht gewachsen sind.

Fokussiereinheiten in Elektronenmikroskopen benötigen Toleranzen von wenigen μm . Nur so können unterschiedlichste Präparate aus Forschung und Technik einwandfrei bei höchster Auflösung und Tiefenschärfe untersucht werden.

Geringste Leck- und Desorptionsraten entscheiden über die Funktionsfähigkeit des Mikroskops. Aufgrund ihrer Formbeständigkeit und ihrer hohen elektrischen Isolationswirkung garantieren Bauteile aus Hochleistungskeramik beste Messergebnisse.

Bauteile aus Oxidkeramik zeigen ihre Stärke im Vakuum. Geringste Ausgasraten bei bestmöglicher elektrischer Isolation und thermischer Beständigkeit garantieren höchste Zuverlässigkeit in der Spektroskopie und Mikroskopie.

BAUTEILE FÜR DIE PHYSIKALISCHE UND MEDIZINISCHE GRUNDLAGENFORSCHUNG

Metallisierte Oxidkeramik ist die Lösung für viele anspruchsvolle physikalisch-technische Anwendungen. Oxidkeramik ist deshalb in der Medizintechnik ebenso unverzichtbar wie in der Forschung und Entwicklung.



Quelle: Universitätsklinikum Heidelberg / HIT

Geringste Ausgas- und Absorptionsraten.



Kickerkammer \varnothing 150 x L 300 mm mit TiN-Beschichtung aus F99,7; gefertigt für Budker Institute of Nuclear Physics



Isolator für Ionenquelle \varnothing 580 x L 145 mm aus F99,7; gefertigt für Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN)



Hochspannungsisolator \varnothing 560 x L 450 mm aus F99,7; gefertigt für Cornell University

TEILCHENBESCHLEUNIGER

Oxidkeramik ist der optimale Werkstoff für anspruchsvolle Anwendungen in der physikalischen Grundlagenforschung, Teilchenphysik und Materialforschung. Ihre Materialeigenschaften genügen auch unter extremen Bedingungen den höchsten Ansprüchen. Vakuumkammern aus Hochleistungskeramik werden in Beschleunigereinheiten eingesetzt. In schnell gepulsten Ablenkmagneten dienen sie unter anderem zur Injektion und Extraktion der Teilchen.

Die Anforderungen an die Bauteile aus Oxidkeramik während des Betriebes sind hoch. Ausreichende mechanische Festigkeit und hohe Belastbarkeit garantieren einen sicheren Betrieb.

Komponenten aus Keramik-Metall-Verbindungen zeichnen eine Reihe hervorragender Eigenschaften aus: Sie sind maximal elektrisch isolierend, selbst unter extremen Druck- oder Vakuumbedingungen absolut dicht, hoch korrosionsfest und temperaturbeständig auch über 350 °C.

Im Gegensatz zu metallischen Bauteilen vermeiden Keramikbauteile die Abschirmung der schnell wechselnden äußeren Magnetfelder. Durch Wirbelströme heizt sich Keramik nicht auf. Die zusätzliche Beschichtung der Innenflächen der Keramikammern, z. B. mit Ti oder TiN, leitet zuverlässig entstehende Spiegelladungen ab und minimiert die Emission von Sekundärelektronen.

KONSTRUKTION UND WERKSTOFFAUSWAHL

In der Konstruktion lassen sich ca. 70% der Herstellungskosten beeinflussen. Folglich hat die Konstruktion die Aufgabe, dem Kunden einerseits ein Produkt zu liefern, das das Anforderungsprofil erfüllt, andererseits aber auch darauf zu achten, dass das Produkt zu einem marktfähigen Preis gefertigt werden kann.

Im Einzelnen bedeutet dies:

- a) Realisierung des geforderten Eigenschaftenprofils mit möglichst einfachen Lösungen und standardisierten Vorprodukten
- b) Keramikgerechte Konstruktion
- c) Fertigungsgerechte Konstruktion

Die Auswahl von geeigneten keramischen und metallischen Werkstoffen für das Fügen erfordert die genaue Kenntnis der Einsatzbedingungen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über Anforderungsschwerpunkte in den drei Verbundteilbereichen Keramik, Fügezone und Metall.

Die Gestaltung der Verbundkonstruktion erfolgt entsprechend den geometrischen Vorgaben des Anwenders und der thermischen Anpassung der ausgewählten Werkstoffe (siehe Tabelle 3 (S. 17)).

Tabelle 2 zeigt Grundtypen von Verbundkonstruktionen, die häufig für Durchführungen und Isolierteile verwendet werden.

Der Keramik-Metall-Verbund wird so gestaltet, dass das Metallteil im verlöteten Zustand überwiegend Druckspannungen auf die Keramik ausübt.

Der Konstruktionstyp 1 kommt der genannten Zielsetzung am nächsten. Bei der Außenlötung wird bevorzugt mit Metall-Legierungen (Ni42, NiCo 2918) oder Metallen gearbeitet, deren Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) über dem der Keramik liegt. Diese Legierungen eignen sich auch für die Innenlötung, jedoch sollte der WAK anderer Metalle unter dem der Keramik liegen. Eine Ausnahme sind Metalle wie z. B. Kupfer, die trotz ihres hohen WAK auch für Innenlötungen verwendet werden, da diese Werkstoffe eine hohe Duktilität aufweisen. Bei Außenlötungen werden angepasste Legierungen oder duktile Metalle mit Wandstärken bis zu 1 mm verwendet. Größere Durchmesser erfordern die Einführung beweglicher Formteile. Sofern diese magnetisierbar sein können, wird beispielsweise ein Ni42-Flansch nach Typ 1c anschließend an einen Edelstahlflansch geschweißt (siehe Abb. 11 (S. 22)).

Eigenschaften		Schwerpunkt liegt auf:		
		Keramik	Fügezone	Metall
Elektrisch	Durchschlagspannung	■		
	Überschlagspannung	■		
	Kriechweg	■		
	Dielektrische Konstanten	■		
	Widerstand	■		
Magnetisch				■
Thermisch	Anwendungstemperatur		■	
	Temperaturschockbeständigkeit		■	
Mechanisch	Festigkeit		■	
Geometrisch	Maßtoleranz	■		■
	Oberflächenrauigkeit	■		■
UHV-Dichtigkeit	HE-Leckrate		■	

Tabelle 1: Anforderungsschwerpunkte

Ist eine Umfangs- oder Innenlötung an beiden Enden eines Rohres vorgesehen, wird ein Einstich in die Keramik eingeschliffen (Typ 1b). Der Vorteil dieser Konstruktion ist, dass sie einen äußerst geringen Aufwand für Lötvorrichtungen und eine einfache Montage der zu verlötenden Einzelteile ermöglicht.

Die Anwendbarkeit des Konstruktionstyps 1 ist bei Verwendung nicht angepasster Metalle auf verlötete Durchmesser unter 50 mm begrenzt, da die WAK-Unterschiede von Keramik und Metall bei Löttemperatur zu hoch sind. In solchen Fällen wird häufig der Konstruktionstyp 2 angewandt.

Dies gilt auch für die Verlotung größerer Metallteile aus austenitischem Stahl über eine duktile Zwischenschicht aus Kupfer, da dieser Konstruktionstyp eine hohe Beweglichkeit der Metallteile auf der Keramikstirnfläche erlaubt.

Kompakte Konstruktionen nach Typ 3 werden mit angepassten Metall-Legierungen oder duktilen Metallen gefertigt. Eine Erhöhung der mechanischen Festigkeit eines solchen Verbundes wird mittels eines keramischen Kompensationsrings nach Typ 3b erreicht.

Bei mechanisch hochbelasteten Durchführungen muss darauf geachtet werden, dass innerhalb der Keramik möglichst nur Druckspannungen auftreten. Wird dieses Konstruktionsprinzip berücksichtigt, lassen sich sehr hoch belastbare Durchführungen herstellen.

Typ	a	b	c
1. Umfangslötung	 innen und außen	 mit Einstich	 mit gekröpftem Flansch
2. Stirnkantenlötung			
3. Flachlötung		 mit Kompensationsring	

Tabelle 2: Grundtypen von Verbundkonstruktionen

LÖTTECHNIK

Bis auf wenige Ausnahmen ist es für die Verwendbarkeit der Produkte erforderlich, die Keramik stoffschlüssig und hochvakuumdicht untereinander und mit Metallteilen zu verbinden. Dazu stehen verschiedene Lötverfahren zur Verfügung.

GLASLÖTEN

Sollen rein keramische Bauteile gasdicht miteinander verbunden werden, bietet sich das Glaslöten an. Dieses Fügeverfahren zeichnet sich durch eine sehr gute allgemeine chemische Beständigkeit und Einsatztemperaturen bis ca. 1.100 °C aus. Bei Raumtemperatur erreichen die Verbindungen Festigkeitswerte bis 100 MPa (gemäß DVS Merkblatt 3101).

Für die Qualität der Glaslotverbindung ist dabei ein abgestimmter Wärmeausdehnungskoeffizient zwischen Keramik und Glaslot entscheidend. Der Gestaltungsspielraum hinsichtlich Geometrien ist sehr groß, allerdings muss konstruktiv ein geeignetes Lotreservoir sowie ein ausreichender Lotspalt gewährleistet sein. Eine wesentliche Grundlage dieser Füge-technik ist die Verwendung von Glasloten, deren thermische Ausdehnung an die Keramik angepasst ist, da Gläser keine metallisch duktilen Eigenschaften haben.



Abb. 1: Ein in Glaslöttechnik gefertigter Ozongenerator



Abb. 2: Gebogene Vakuumkammer mit glasgelöteten Keramik-Keramik-Verbindungen, Biegewinkel: 15°, L 3.200 mm

LÖTEN VON METALLISierter KERAMIK

Bauteile aus Hochleistungskeramik werden überwiegend nach dem Molybdän-Mangan-Verfahren (MoMn-Verfahren) metallisiert und anschließend vernickelt (siehe Abb. 5a). Der Ausgangspunkt dieses Verfahrens ist eine Paste mit Molybdän und Mangan. Diese Paste wird auf die Keramikoberfläche aufgetragen und durch einen Brennprozess eine auf ihr fest haftende Metallisierungsschicht erzeugt. Da die überwiegende Zahl der handelsüblichen Vakuumhartlote die Metallisierung nicht benetzt, wird sie über galvanische oder außenstromlose Verfahren noch vernickelt. Auf dieser Grundmetallisierung kann gelötet werden.

Die Metallisierung ermöglicht, Lötungen bis zu Temperaturen von über 1.000 °C unter Schutzgasatmosphäre bzw. im Vakuum durchzuführen. Als Standardlotwerkstoff wird ein Silber-Kupfer-Eutektikum verwendet. Bei erhöhten Anforderungen an Anwendungstemperatur, Korrosionseigenschaften und bei Verwendung von Metallen, die vom Silber-Kupfer-Eutektikum kaum benetzt werden, kommen höher schmelzende Lotwerkstoffe zum Einsatz. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die zur Verfügung stehenden Lötlegierungen. Unsere metallisierten Keramiken können mit einer galvanischen Beschichtung, wie z.B. Au, Ni, Cu oder anderen, geliefert werden, um bei niedrigen Temperaturen mit Weichloten arbeiten zu können.

Lötwerkstoff	Löttemperatur (°C)
Ag Cu 28	780
Ag Cu 26,6 Pd 5	800 – 850
Ag Cu 21 Pd 25	900
Au Ni 18	950
Cu Ge 10	1.000
Au Cu 65	1.020
Au	1.070

Tabelle 3: Lötwerkstoffe und Löttemperaturen

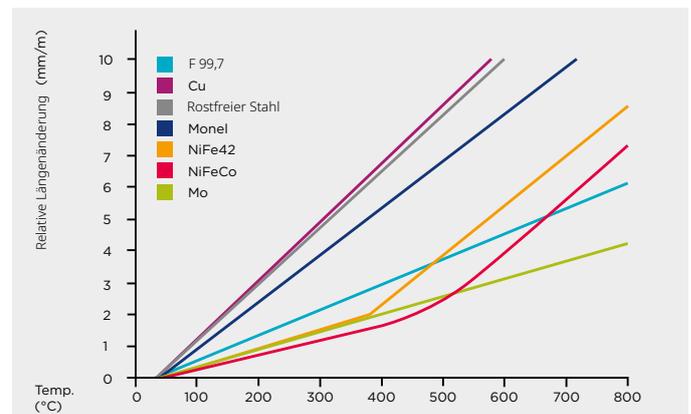


Abb. 3: Wärmeausdehnungscharakteristik von metallischen Werkstoffen und F99,7 Keramik

LÖTTECHNIK

Die nach diesem Metallisierungsprozess vorbereiteten Keramikteile können mit thermisch angepassten Metallteilen, wie z. B. NiFe 42 (z. B. VACODIL), NiFeCo (z.B. VACON 10/70), Ti, Mo, Cu und andere hartverlötet werden. Abb. 3 zeigt die Wärmeausdehnungskoeffizienten von verschiedenen Metallen im Vergleich zu F99,7.

Abb. 4 zeigt im Querschnitt die Fügezone des Verbundes von F99,7/AgCu28/1.3917. Im Zugversuch erreicht diese Werkstoffkombination Festigkeiten von mehr als 100 MPa (gemäß DVS Merkblatt 3101). Diese Festigkeiten sind bei geeigneter Konstruktion auch mit Aktivlötung erreichbar.

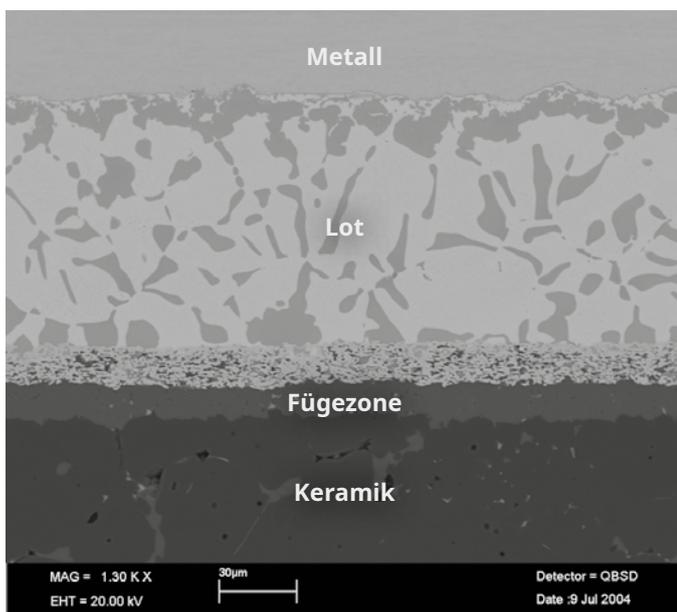


Abb. 4: Querschnitt durch metallisierte und hartgelötete Al_2O_3 -Keramik

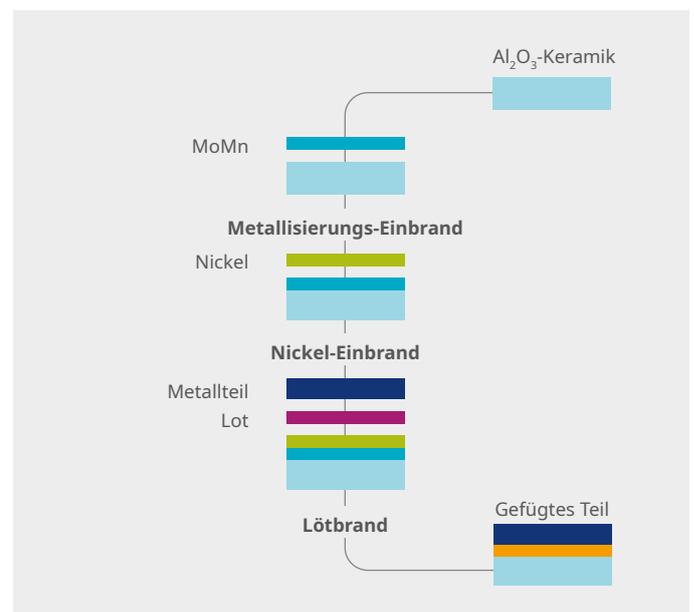


Abb. 5a: Schematische Darstellung des MoMn-Lötverfahrens

AKTIVLÖTEN

Das Aktivlötverfahren (siehe Abb. 5b) basiert auf der Verwendung von Lotwerkstoffen, die geringe Anteile von sauerstoffreaktiven Metallen, wie z. B. Ti, Zr, Hf, enthalten. Sie benetzen Al_2O_3 und erübrigen dadurch eine vorhergehende Metallisierung. Die Festigkeitswerte direkt gelöteter Al_2O_3 -Keramik/Ni42-Verbunde erreichen die Größenordnung metallisiert gelöteter Verbunde. Abb. 6 zeigt als weiteres Beispiel die Fügezone eines mit AgCu26, 5Ti3 gelöteten Verbundes aus ZrO_2 -Keramik und Stahl.

Dem aus technischer und wirtschaftlicher Sicht attraktiven Aktivlöten steht vor allem bei der Anwendung auf Durchführungen die Einschränkung gegenüber, dass das Lot nicht in die Lotspalte einfließt, sondern im Lotdepot verbleibt. Mit Konstruktionen, die diese Besonderheit berücksichtigen, lässt sich diese Einschränkung jedoch umgehen.

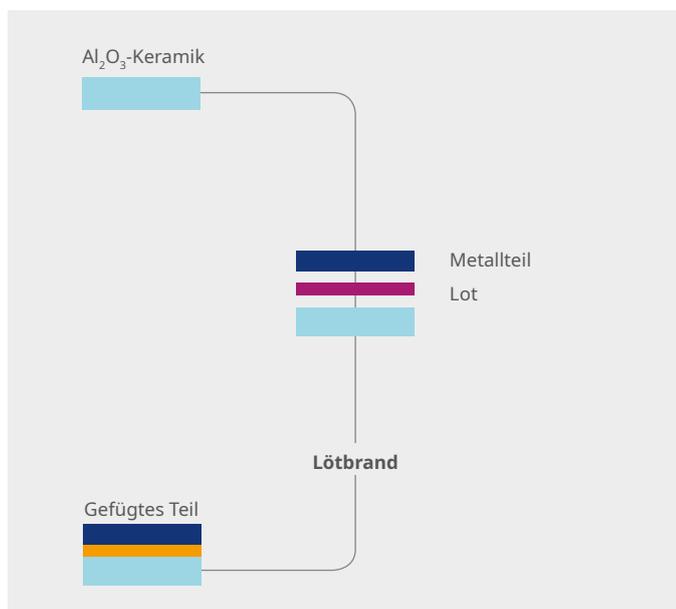


Abb. 5b: Schematische Darstellung des Aktivlötverfahrens

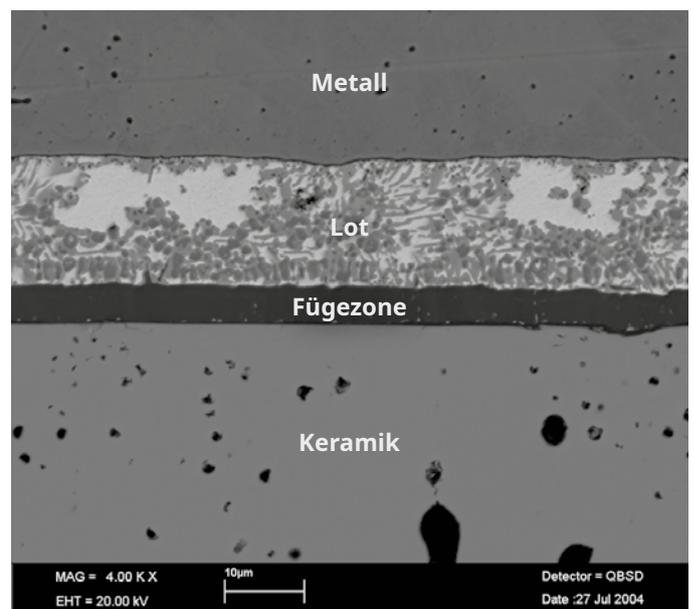


Abb. 6: Querschnitt durch aktivgelötete ZrO_2 -Keramik

BETRIEBSSPANNUNG UND STROMBELASTBARKEIT

BETRIEBSSPANNUNG

Die Angabe der Überschlagnungswerte bezieht sich auf den Abstand zwischen zwei spannungsführenden Elektroden unter Normalbedingungen (1.013 mbar, 50 % rel. Luftfeuchtigkeit), bei dem noch kein Überschlag erfolgt. Im Vakuum von etwa 10^{-6} mbar erhöhen sich die Werte um das 3-4 fache. Auch bei Überdrücken von geeigneten, trockenen Gasen oder Verwendung von Isolationsölen kann eine solche Erhöhung erreicht werden. Außerdem hängen die Werte noch von der Elektrodengeometrie ab. Wenn der Keramikkörper die Elektroden verdeckt, ist die Überschlagnungsspannung nur vom Kriechweg abhängig; dann kann die Betriebsspannung aus dem Diagramm (siehe Abb. 7) entnommen werden.

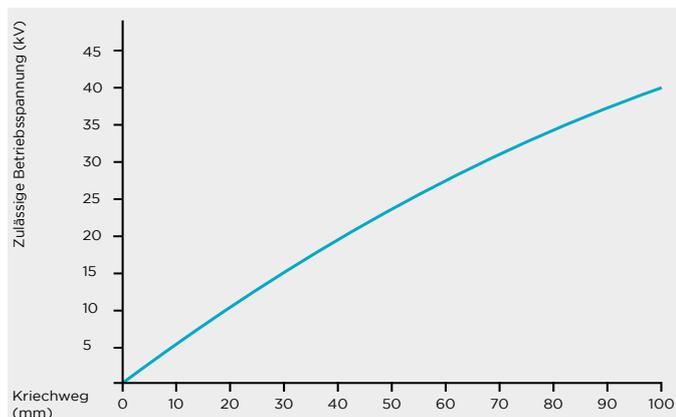


Abb. 7: Zulässige Betriebsspannung als Funktion des Kriechweges

STROMBELASTBARKEIT

Die Strombelastbarkeit der Durchführungen richtet sich hauptsächlich nach dem Material des verwendeten Leiters. Die Angaben des Diagrammes (siehe Abb. 8) sind als Anhaltswerte zu betrachten. Im Einzelfall muss die Ableitung der entstehenden Wärme durch den Isolator berücksichtigt werden.

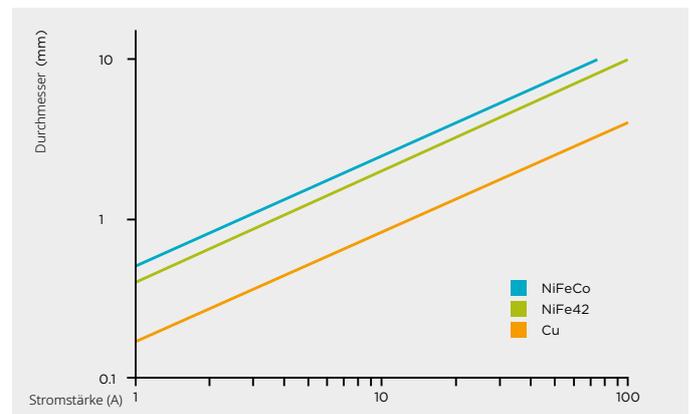


Abb. 8: Strombelastbarkeit verschiedener Materialien als Funktion des Drahtdurchmessers

ELEKTRISCHER WIDERSTAND UND BIEGE- UND DRUCKFESTIGKEIT

ELEKTRISCHER WIDERSTAND

Bei Gegenüberstellung des spezifischen elektrischen Widerstandes verschiedener Isolierkeramiken als Funktion der Temperatur zeigt sich, dass unsere hochreine Keramik auch noch bei höheren Temperaturen eine sehr gute Isolierfähigkeit besitzt (siehe Abb. 9). Dieser hohe elektrische Widerstand (bei Raumtemperatur etwa $10^{14} \Omega \text{ cm}$ für F99,7) wird durch die weitgehende Alkalifreiheit erreicht, während das Porzellan und andere keramische Isolierrmassen leicht bewegliche elektrische Ladungen enthalten. Unsere Keramik-Metall-Verbundbauteile werden aus dem Werkstoff F99,7 hergestellt. Um Verschmutzungseffekte an der Oberfläche von Oxidkeramik zu vermeiden, können unsere Keramik-Metall-Verbundbauteile mit einer hochschmelzenden Glasur versehen werden.

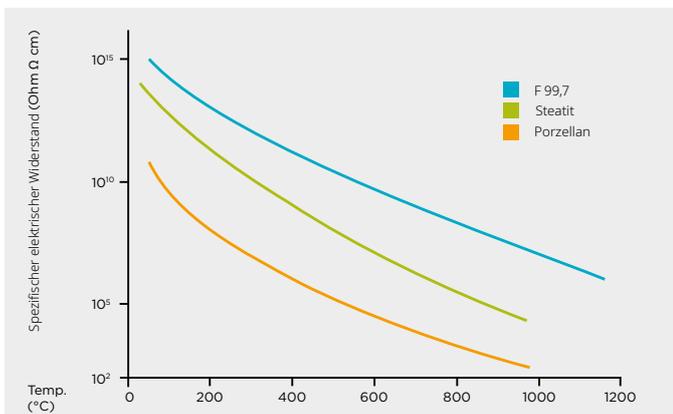


Abb. 9: Spezifischer elektrischer Widerstand verschiedener keramischer Isolierstoffe als Funktion der Temperatur

BIEGE- UND DRUCKFESTIGKEIT

Die Druckfestigkeit von Hochleistungskeramiken ist für jeden Temperaturbereich höher als die der Metalle. Die Biegefestigkeit ist bei Raumtemperatur zwar niedriger, übertrifft jedoch die der Metalle oberhalb 700 °C. Dieses Verhalten ist so zu erklären, dass bei keramischen Werkstoffen die Elastizitäts- und Bruchgrenze zusammenfallen und auftretende Spannung nicht durch plastisches Fließen abgebaut werden können. Im Gegensatz zu Metallen ist bei unserer Keramik bei höheren Temperaturen kein wesentlicher Festigkeitsabfall festzustellen (siehe Abb. 10).

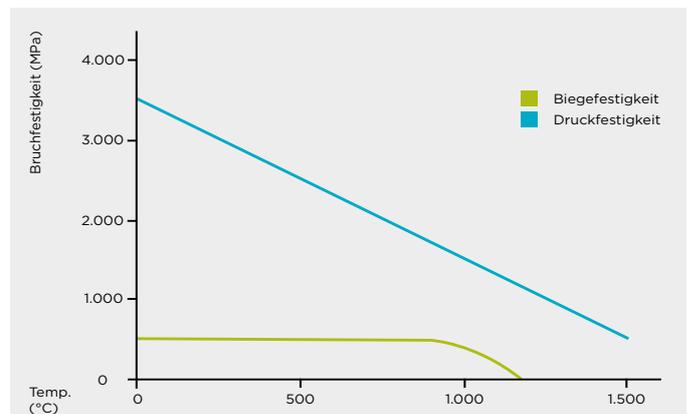


Abb. 10: Biege- und Druckfestigkeit von F99,7 als Funktion der Temperatur

KONSTRUKTIONSSCHARAKTERISTIKA

TEMPERATURBELASTBARKEIT

Hartgelötete Metall-Keramik-Verbindungen eignen sich besonders für den Einsatz bei höheren Temperaturen bis 600 °C im Vakuum oder Schutzgas. Die Thermoschockbeständigkeit der Keramik-Metall-Verbundbauteile beträgt abhängig von der Größe und Gestalt der Teile ca. 180 °C. Generell ist eine Aufheiz- bzw. Abkühlrate von 5 °C/min. als Richtwert anzusehen.

KONSTRUKTIONSHINWEISE

Auch beim Einbau der Keramik-Metall-Verbundbauteile aus Hochleistungskeramik treten während des Schweißens oder Lötens thermische Belastungen auf, die von den Keramik-Metall-Verbindungsflächen möglichst ferngehalten werden müssen. Dies kann durch geeignete Konstruktion der Flansche oder durch Hilfsmittel zur Wärmeabfuhr berücksichtigt werden.

Die Vakuumdichtigkeit von Keramik-Metall-Verbundbauteilen wird generell mit Massenspektrometern mit Helium als Testgas überprüft. Die Empfindlichkeit dieser Testmethode liegt bei ca. 10^{-9} mbar l/sec. Für die Prüfung der Druckfestigkeit von Keramik-Metall-Verbundbauteilen stehen externe Partner zur Verfügung. Bei mechanisch hochbelasteten Durchführungen muss darauf geachtet werden, dass innerhalb der Keramik möglichst nur Druckspannungen auftreten. Wird dieses Konstruktionsprinzip berücksichtigt, lassen sich mit Hochleistungskeramik sehr hochbelastbare Durchführungen herstellen.

Falls keine anderen Angaben gemacht werden, gelten die Freimaßtoleranzen für Metall DIN 2768 mittel, für Keramik DIN 40680 mittel.

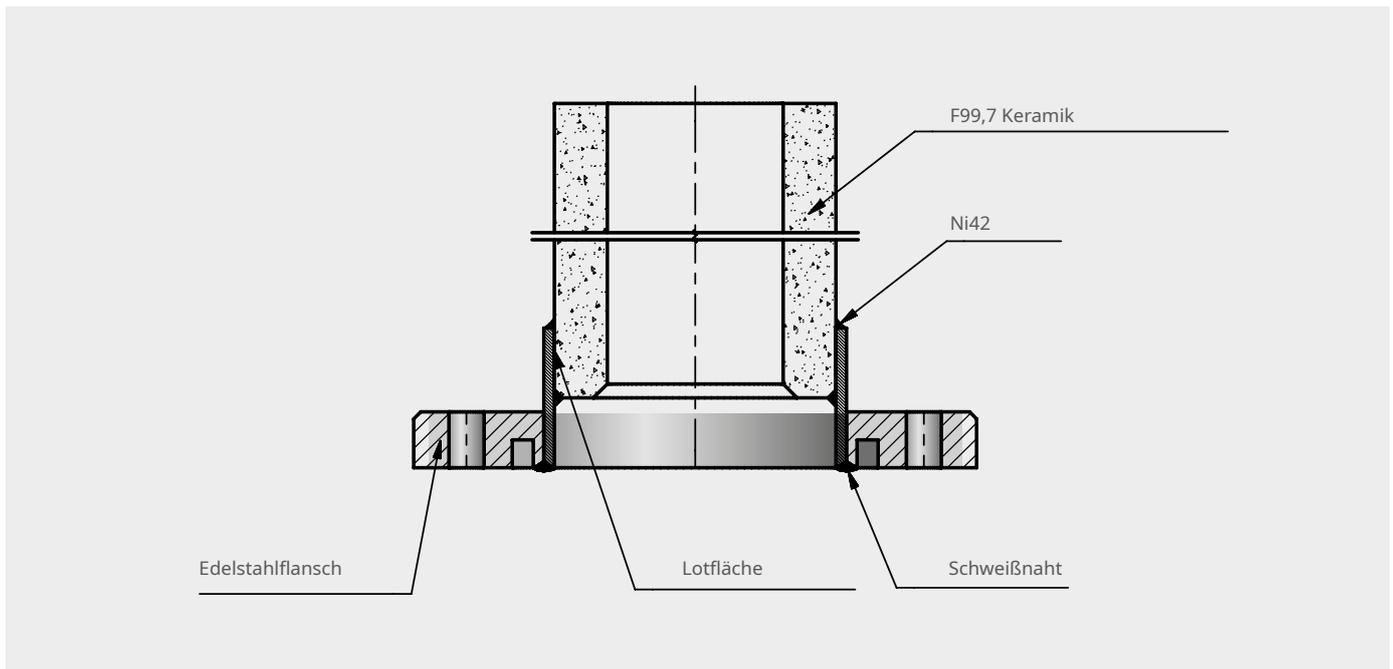


Abb. 11: Konstruktionsbeispiel eines keramischen Isolierrohrs mit Flansch-Anbindung

HANDHABUNGSHINWEISE

Einleitung

Beim Umgang mit keramischen Bauteilen für die Vakuumtechnik hat Sauberkeit oberste Priorität. Wir empfehlen daher, stets fussel- und puderfreie Handschuhe (Vinyl) zu tragen. Innenliegende Oberflächen von Vakuumgeräten sollten niemals ohne Handschuhe berührt werden, da Fingerabdrücke das System verunreinigen.

Kyocera setzt ausschließlich hochreine Materialien ein, da die Herstellung der Rohmaterialien die Eignung eines Werkstoffes für Vakuumanwendungen beeinflussen kann.

Die folgenden Hinweise enthalten wichtige Informationen zu Handhabung und Reinigung von Keramik-Metall-Verbundbauteilen (KMVs).

Hinweise Keramik-Metall-Bauteile

- ▶ KMVs werden bevorzugt über einen Flansch installiert. Sie können auch direkt mit einer Kammer verschweißt werden, sofern eine Verbindung über einen Flansch nicht möglich ist. Bitte vermeiden Sie eine übermäßige thermische Beanspruchung der Keramik und der Lötstelle während des Schweißvorgangs.
- ▶ Die Qualitätskontrolle für KMVs besteht aus Sichtkontrolle, mechanischer Überprüfung der Abmessungen und Dichtigkeitsprüfung, wie sie in der Produktionszeichnung, den Zertifikaten und den Prüfprotokollen vermerkt sind.

Verpackung

- ▶ Schützen Sie scharfe Kanten und Dichtflächen mit sauberen Plastikflanschabdeckungen. Optional können die Bauteile in eine doppelte PE-Folienschicht eingeschlagen werden.
- ▶ Für den Transport sind bewegliche Teile zu befestigen (z. B. Balge und Drehflansche).
- ▶ UHV gereinigte KMVs werden in PE Beuteln mit Trockenmittel und / oder Stickstoff versiegelt. Optional können die Bauteile in eine doppelte PE-Folienschicht eingeschlagen werden.

Vermeidung von Verunreinigung

- ▶ Vermeiden Sie die Verschmutzung von Bauteilen während der Montage und des Schweißprozesses.
- ▶ Montieren und schweißen Sie in einem sauberen Raum, der von der mechanischen Fertigung abgetrennt ist.
- ▶ Tragen Sie bei der Montage fussel- und puderfreie Handschuhe (Vinyl).

Vermeidung einer Beanspruchung der KMVs

- ▶ Setzen Sie die KMVs niemals Stoßbelastung, Biegespannung und Temperaturbelastung aus.
- ▶ Bitte vermeiden Sie eine übermäßige Beanspruchung der Keramik und der Lötstelle während des Schweißvorgangs.

Schweißen

- ▶ Mögliche Schweißverfahren:
 - Elektronenstrahl- und Laser-Schweißen (minimaler Abstand von 5 mm zur Lötstelle wird empfohlen)
 - Metall-Inert-Gasschweißen (MIG) und Wolfram-Inert-Gasschweißen (WIG) (minimaler Abstand von 10 mm zur Lötstelle wird empfohlen)
- ▶ Der minimale Abstand hängt auch von der Konstruktion und Komplexität des KMVs ab. Bitte fragen Sie eine Beratung an.
- ▶ Optional kann die Lötstelle durch eine Kühlmethode, z. B. Kupferklemme vor übermäßiger Temperatur geschützt werden.

Lötverbindungen

- ▶ Löten Sie Verbindungen nur unter Vakuum oder Schutzgas-Atmosphäre.
- ▶ Bitte informieren Sie uns bei welcher Temperatur die nachfolgenden Schweißprozesse erfolgen. Nur so können wir das richtige Lot einsetzen.

Reinigung von KMVs

- ▶ In einer Laborspülmaschine mit alkalischem Reinigungsmittel und deionisiertem Waschwasser.
- ▶ In einem Ultraschallbad mit deionisiertem Wasser und alkalischem Reinigungsmittel.
- ▶ Unterbrechen Sie die Reinigungszyklen (z. B. 3 Durchläufe à 5 min) durch kurze Spüldurchgänge (mindestens 1 min).
- ▶ Mit Alkohol (z. B. Isopropanol oder ähnlich) zur Entfernung von Wasser auf der Oberfläche oder zur Reinigung von glasierten Oberflächen.
- ▶ Trocknung durch Ausblasen mit trockener, ölfreier Druckluft oder heißer Luft.
- ▶ Ausheizen bis zu 250 °C (empfohlen 180 °C; Temperaturänderungsrate 5 K/min).
- ▶ Reinigen Sie Vakuum-Bauteile, die zu größeren Einheiten zusammengebaut werden, vor der Montage. Reinigen Sie die Teile nach mechanischer Bearbeitung unter Beachtung der UHV Reinigungsempfehlungen.

WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN

Eigenschaften		Einheit	Kennwert F99,7
Hauptkomponenten		-	α -Al ₂ O ₃
Reinheit		Gew.-%	> 99,5
Dichte (Bereich)		g/cm ³	≥ 3,90
Offene Porosität		Vol.-%	0
Mittlere Kristallitgröße		µm	10
Biegebruchfestigkeit σ_m	DIN EN 843-1	MPa	350
Weibull-Modul		-	> 10
Bruchzähigkeit K_{Ic}	SEVNB	MPa * m ^{0,5}	3,5
Druckfestigkeit		MPa	3.500
Elastizitätsmodul	statisch	GPa	380
Poisson-Zahl		-	0,22
Härte (HV1)	Knoop, 100 g	GPa	23
Maximale Einsatztemperatur	in Luft inerte Atmosphäre	°C	1.950 -
Linearer thermischer Ausdehnungskoeffizient	-100 – 20 °C	10 ⁻⁶ /K	3,6
	20 – 100 °C		-
	20 – 500 °C		7,3
	20 – 900 °C		-
	20 – 1.000 °C		8,2
Spezifische Wärme	20 °C	J/(kg*K)	900
Wärmeleitfähigkeit	20 °C	W/(m*K)	34,9
	100 °C		-
	500 °C		-
	900 °C		-
	1.000 °C		6,8
Spezifischer elektrischer Widerstand	20 °C	Ω*cm	10 ¹⁵
	600 °C		-
	900 °C		-
	1.000 °C		10 ⁷
Elektrische Durchschlagfestigkeit	20 °C	kV/mm	> 30
Dielektrizitätskonstante	70 MHz	-	10
	180 MHz		9,9
	30 – 40 GHz		9,8
Dielektrischer Verlustwinkel	70 MHz	-	270 * 10 ⁻⁴
	180 MHz		150 * 10 ⁻⁴
	30 – 40 GHz		20 * 10 ⁻⁴
Chemische Zusammensetzung	Si ₃ N ₄ / Al ₂ O ₃ / MgO	Vol.-%	-
Typische Farbe		-	elfenbein

Für die in der Tabelle angegebenen Eigenschaftswerte gilt sinngemäß die Vorbemerkung zu DIN 40680, wonach die mitgeteilten Werte nur für die Probekörper gelten, an denen sie gemessen worden sind. Die Übertragung auf andere Formen ist daher nur bedingt zulässig.

Kennwert F99,7 hf	Kennwert FZT	Kennwert FZM	Kennwert FZY
$\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$	$\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3, \text{ZrO}_2$	ZrO_2, MgO	$\text{ZrO}_2, \text{Y}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$
> 99,5	> 99,5	> 99,7	> 99,7
$\geq 3,90$	$\geq 4,05$	$\geq 5,7$	$\geq 5,5$
0	0	0	0
10	5	50	30
350	460	500	400
≥ 10	> 15	> 15	-
3,5	3,3	6,3	-
3.500	3.000	2.000	2.000
380	360	185	200
0,22	0,24	0,3	-
20	20	16	17
1.950	1.700	900	1.700
-	-	-	-
3,6	3,9	-	-
-	-	9,3	9,2
7,3	7,5	10,4	10,4
-	-	10,6	-
8,2	8,3	-	10,9
900	850	400	400
34,9	-	3	-
-	25	-	2,5
-	-	2,3	-
-	-	2	-
6,8	-	-	-
5,3	-	-	-
10^{14}	-	10^{10}	10^{10}
-	-	-	$4 * 10^2$
-	-	84	-
10^7	-	-	15
> 30	-	-	-
9,8	-	-	-
9,8	-	-	-
9,8	-	-	-
$3,8 * 10^{-4}$	-	-	-
$2,5 * 10^{-4}$	-	-	-
$1,4 * 10^{-4}$	-	-	-
-	-	-	-
elfenbein	weiß	gelb	weiß

Die genannten Werte sind als Richtwerte aufzufassen. Sie beziehen sich auf eine Temperatur von 20 °C, sofern nicht anders angegeben.
Die Kennwerte weiterer Werkstoffe finden Sie unter www.kyocera-solutions.de

KYOCERA FINECERAMICS SOLUTIONS GMBH DAS SIND WIR. INNOVATIONEN IN KERAMIK.

ELEVATOR MESSAGE

„Die Kombination aus weitreichender Erfahrung im Bereich Hochleistungskeramik mit der Anbindung an den weltweit führenden Technologiekonzern Kyocera erlaubt uns Zugang zu Innovationen und Ressourcen zur Umsetzung ambitionierter, zukunftsweisender Projekte. Wir teilen unser Wissen, verbinden es und schaffen daraus Neues – über Unternehmen, Industrien und Länder hinweg. Als Team. Gemeinsam mit unseren Kunden.“

Armin Kayser, Geschäftsführer der KYOCERA Fineceramics Solutions GmbH

Fakten zu KYOCERA Fineceramics Solutions GmbH

Standort:	Mannheim, Metropolregion Rhein-Neckar
Gründungsjahr:	2019 Ausgründung aus FRIATEC GmbH
Mitarbeiter:	ca. 300 inkl. ca. 30 Auszubildende
Tochterunternehmen:	KYOCERA Fineceramics Nordics AB (Vertriebsbüro für Nordeuropa)
Markennamen:	DEGUSSIT, FRIDURIT

Wir blicken auf eine lange Tradition in der Herstellung von Erzeugnissen aus Keramik zurück: 1863 in Mannheim als Ziegelei gegründet, bekannt als „Deutsche Steinzeug“ und später als „Friedrichsfeld GmbH“ setzte der Geschäftsbereich Keramik seine erfolgreiche Entwicklung nach 1993 unter der Marke FRIATEC GmbH fort. Seit September 2019 sind wir Teil der Kyocera-Gruppe, einem weltweit führenden Keramik- und Technologieunternehmen.

Unsere Geschäfte profitieren davon, dass wir im Konzern bereichsübergreifend denken und arbeiten. Wir teilen unser Wissen, verbinden es und schaffen daraus Neues – über Unternehmen, Industrien und Länder hinweg. Denn Innovationen und wirkliche Meilensteine erreicht man nur gemeinsam. Dies ist unsere Überzeugung.

Mit unseren Marken DEGUSSIT und FRIDURIT sind wir Anbieter innovativer Lösungen für zahlreiche Branchen:

Systemkomponenten für Hochtechnologieanwendungen in der Elektro- und Sensortechnik, dem Maschinenbau, der Analysetechnik, der Medizin- und Halbleitertechnik sowie der Labortechnik.

Auf dem Gebiet der Hochleistungskeramik und speziell bei Keramik-Metall-Verbindungen, verfügen wir über international anerkanntes Know-how. Unsere Produkte zeichnen sich durch hohe Qualität, Präzision und Langlebigkeit aus. Unser Produktions- und Entwicklungsstandort im Zentrum Europas sowie kundenindividuelle Supply-Chain Lösungen machen uns extrem agil und flexibel und garantieren bestmögliche Versorgungssicherheit für unsere Kunden.

Wir haben uns darauf spezialisiert, in partnerschaftlicher Zusammenarbeit Lösungen zu schaffen, die unseren Kunden Mehrwert in ihren jeweiligen Märkten bieten und ihren Technologievorsprung nachhaltig sichern. Wir denken heute daran, wo wir Morgen gemeinsam sein wollen. Wir entwickeln nachhaltige Lösungen, die auch zukünftigen Anforderungen genügen. Daran arbeiten wir mit einem erfahrenen, hoch qualifizierten und qualitätsorientierten Team von über 50 Ingenieuren, Naturwissenschaftlern, Technikern und Meistern.

ELEKTRO- UND BESCHLEUNIGERTECHNIK



01



02



03



04

HOCHTEMPERATURTECHNIK



05



06



07



08

MASCHINENBAU



09



10



11



12

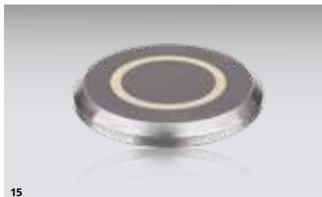
SENSOR- UND MESSTECHNIK



13



14



15



16

01. UHV-Vakuumkammer
02. Sonderisolerohr für physikalische Institute
03. Durchführung mit ISO-KF-Flansch
04. Hochspannungsdurchführung

05. Vierkantrohre
06. Mehrfachkapillaren
07. Tiegel, Schiffchen und Glühkästen
08. Platten mit Loch

09. Umformwerkzeuge für den Karosseriebau
10. Dosiereinheiten für die pharmazeutische und kosmetische Industrie
11. Spalttopf für die Pumpenindustrie
12. Schleifwerkzeuge für die Metallverarbeitung

13. Drucksensor für die Luft- und Raumfahrt
14. Durchflussmesser
15. Feuchtesensor
16. Sauerstoffsensor



Europäischer Hauptsitz:
KYOCERA Europe GmbH
Fritz-Müller-Straße 27
73730 Esslingen / Deutschland
Tel: +49 711 93 93 4-0
E-Mail: info.fc@kyocera.de
www.kyocera-fin ceramics.de

Vertriebsniederlassung Neuss:
KYOCERA Europe GmbH
Hammfelddamm 6
41460 Neuss / Deutschland
Tel: +49 2131 16 37-0
E-Mail: info.fc@kyocera.de
www.kyocera-fin ceramics.de

Produktionsstandort und Vertriebsniederlassung:
KYOCERA Fin ceramics Solutions GmbH
Steinzeugstraße 92
68229 Mannheim / Deutschland
Tel: +49 621 40547-300
E-Mail: info@kyocera-solutions.de
www.kyocera-solutions.de

Vertriebsniederlassung Nordeuropa:
KYOCERA Fin ceramics Nordics AB
Stormbyvägen 6
163 55 Spånga / Schweden
Tel: +46 8 44 66-910
E-Mail: info@kyocera-solutions.se
www.kyocera-solutions.se