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

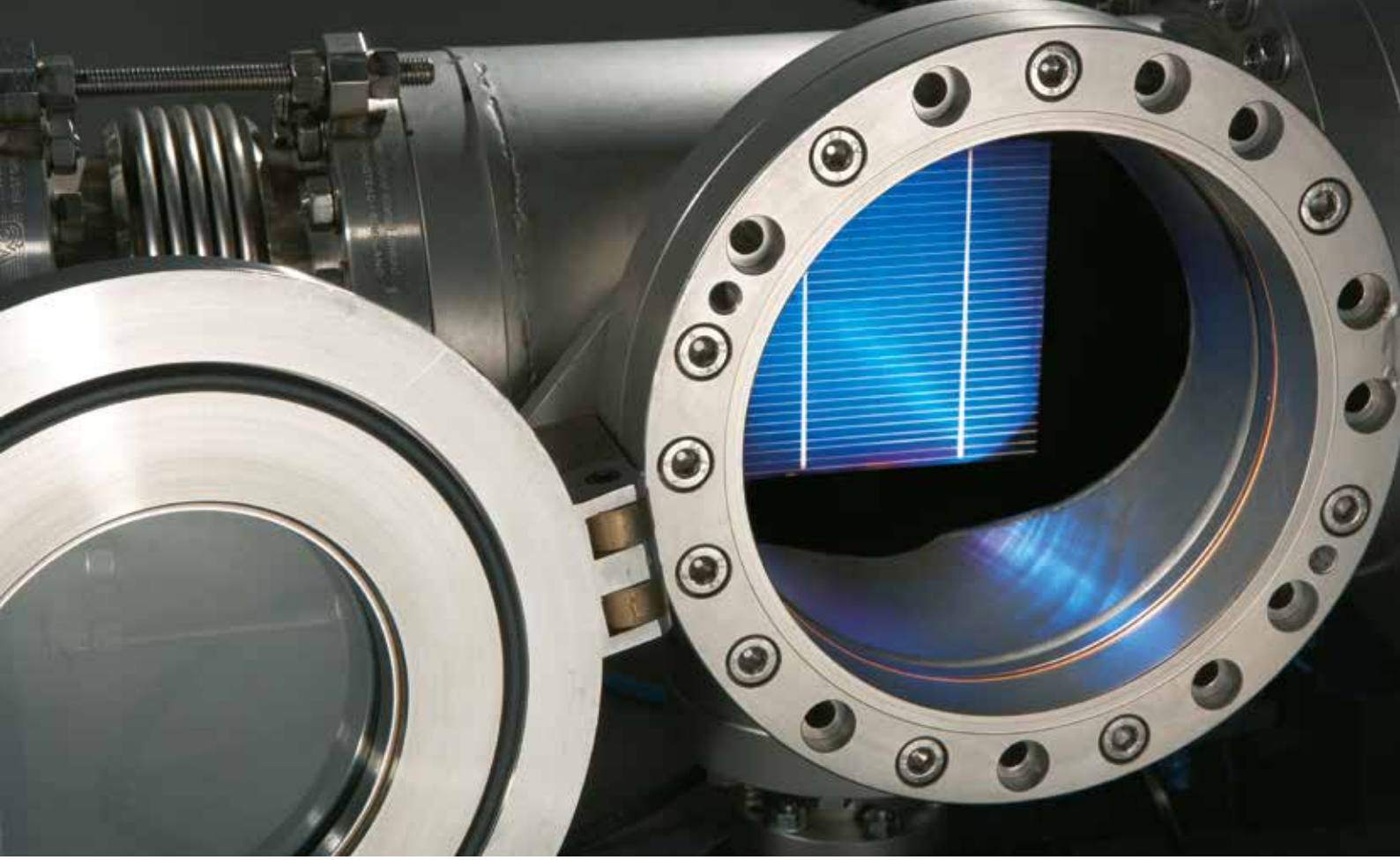
DURCHFÜHRUNGEN

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

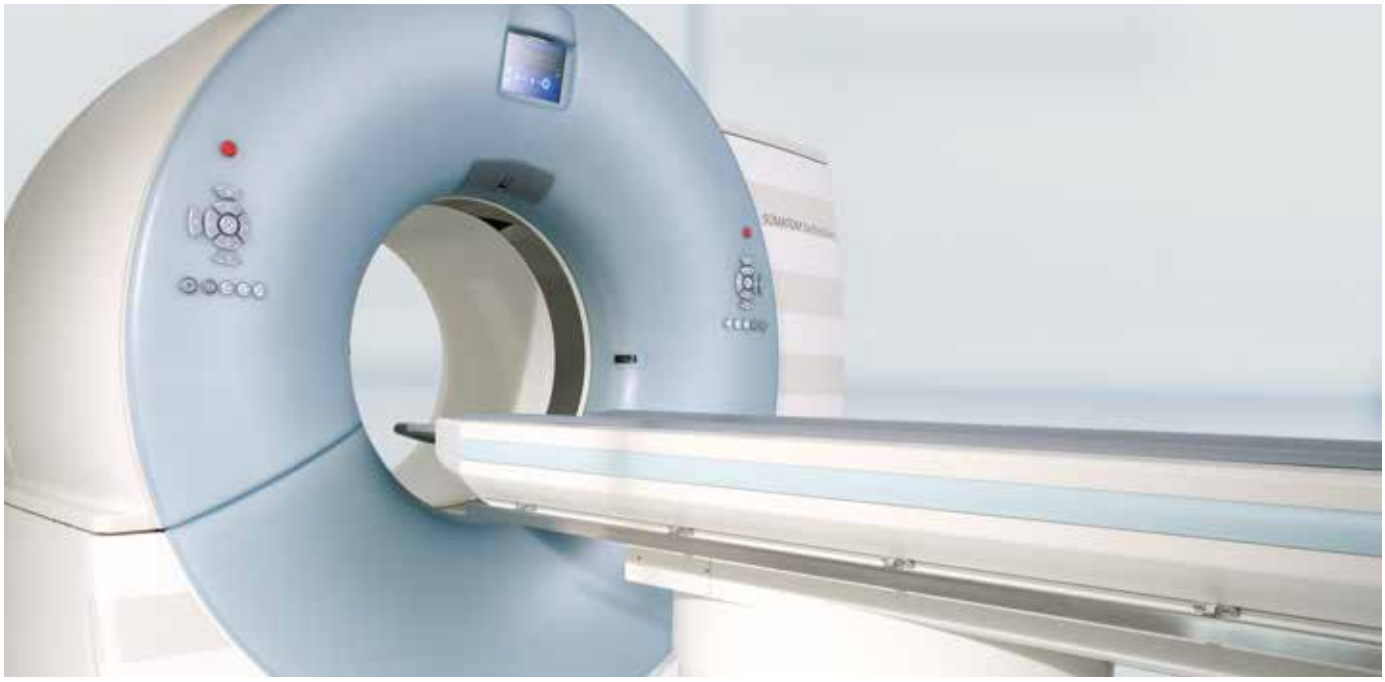
Isolatoren und Isolierrohre aus F99,7 und F99,7 hf können mit Rippen versehen und außen glasiert werden.
Die Rippenstruktur erhöht den Kriechweg und führt bei Atmosphärenanwendung zu einer erhöhten Spannungsfestigkeit. Die Glasur erleichtert Handling und Reinigung des Bauteils.

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 Schwer- ionen 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 Positionier-systemen 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 Ø 150 x L 300 mm mit TiN-Beschichtung aus F99,7;
gefertigt für Budker Institute of Nuclear Physics

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

Hochspannungsisolator Ø 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 Keramikkammern, 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	■		
	Oberflächenrauhigkeit	■		■
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 Verlötung 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 Fügetechnik 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

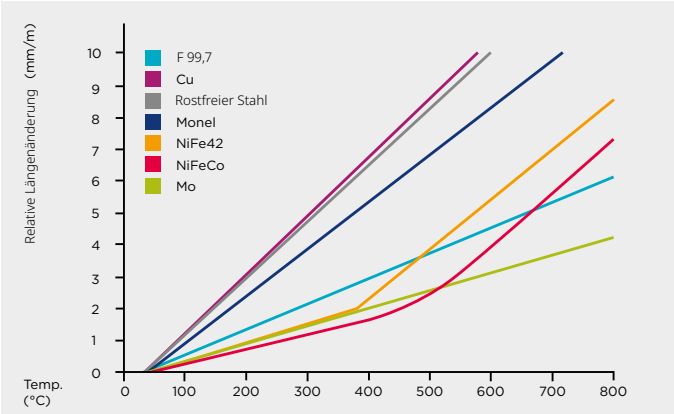


Abb. 3: Wärmeausdehnungscharakteristik von metallischen Werkstoffen und F99,7 Keramik

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.

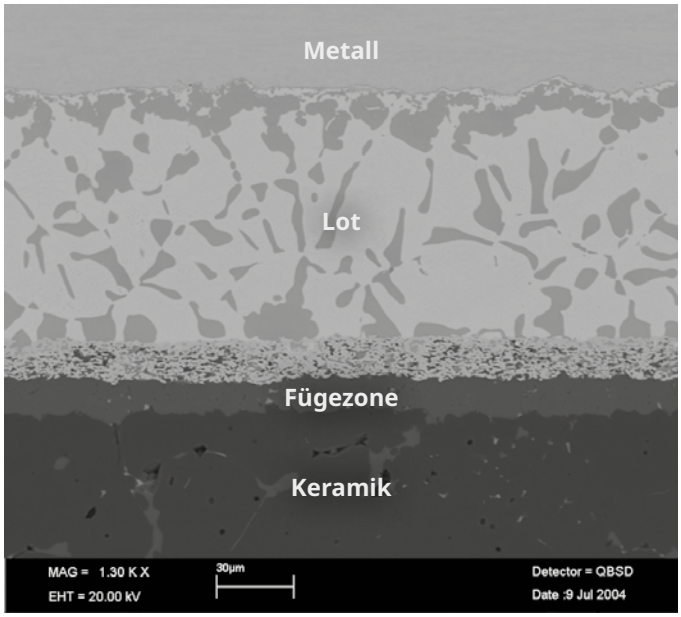


Abb. 4: Querschnitt durch metallisierte und hartgelötete Al_2O_3-Keramik

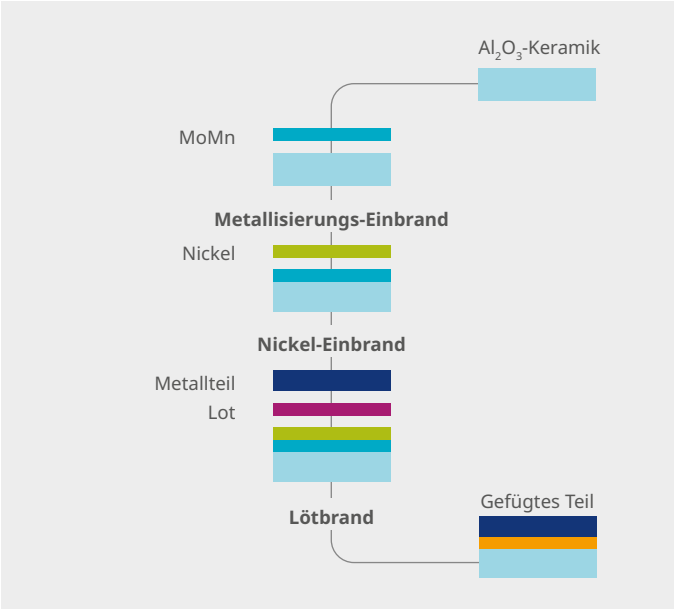


Abb. 5a: Schematische Darstellung des MoMn-Lötverfahrens

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.

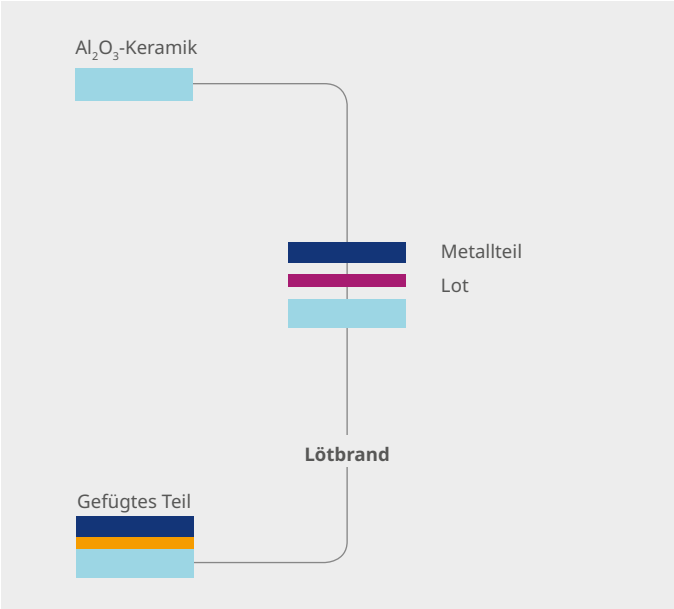


Abb. 5b: Schematische Darstellung des Aktivlötverfahrens

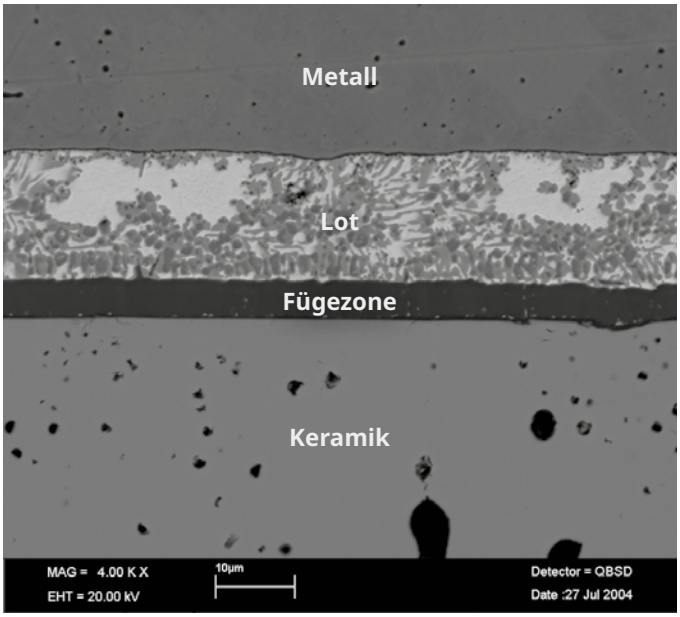


Abb. 6: Querschnitt durch aktivgelötete ZrO_2-Keramik

BETRIEBSSPANNUNG UND STROMBELASTBARKEIT

BETRIEBSSPANNUNG

Die Angabe der Überschlagsspannungswerte 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 Überschlagsspannung nur vom Kriechweg abhängig; dann kann die Betriebsspannung aus dem Diagramm (siehe Abb. 7) entnommen werden.

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.

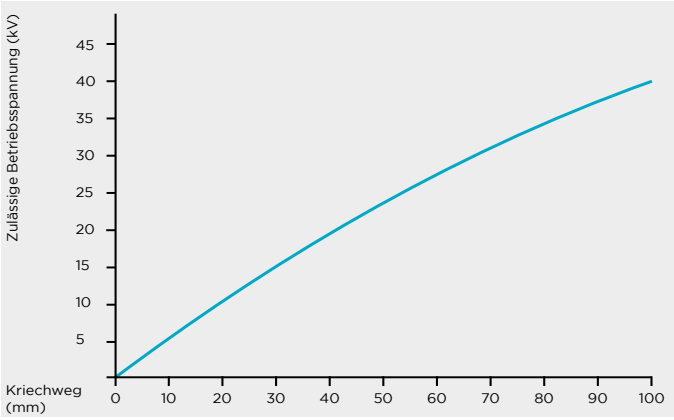


Abb. 7: Zulässige Betriebsspannung als Funktion des Kriechweges

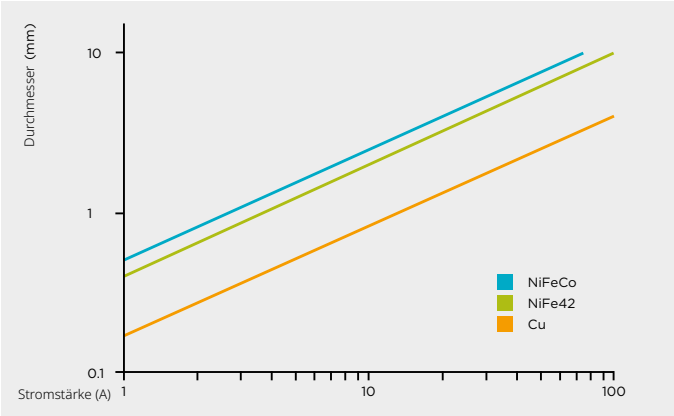


Abb. 8: Strombelastbarkeit verschiedener Materialien als Funktion des Drahtdurchmessers

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} Ω cm für F99,7) wird durch die weitgehende Alkalifreiheit erreicht, während das Porzellan und andere keramische Isoliermassen 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.

BIEGE- UND DRUCKFESTIGKEIT

Die Druckfestigkeit von HIchleistungskeramiken 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).

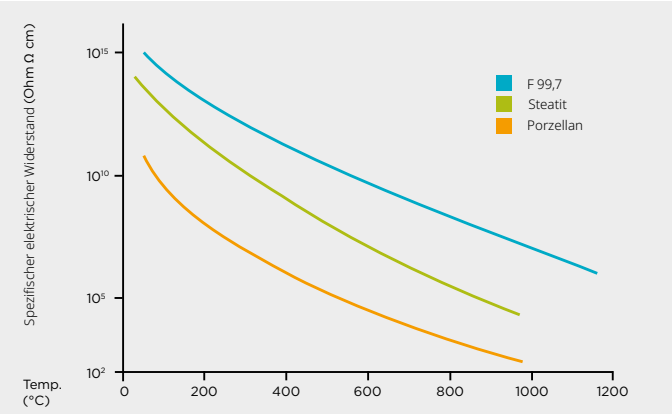


Abb. 9: Spezifischer elektrischer Widerstand verschiedener keramischer Isolierstoffe als Funktion der Temperatur

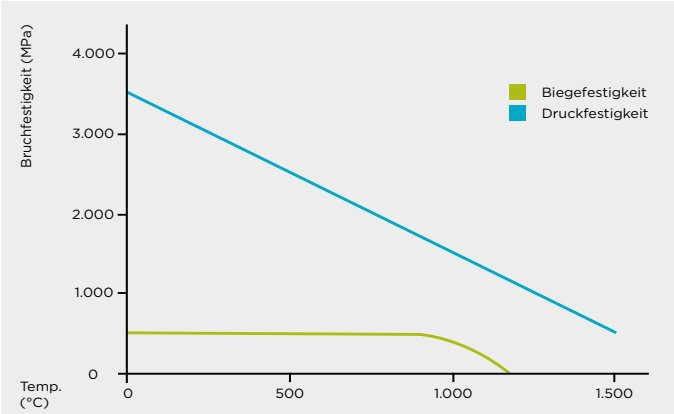


Abb. 10: Biege- und Druckfestigkeit von F99,7 als Funktion der Temperatur

KONSTRUKTIONSCHARAKTERISTIKA

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.

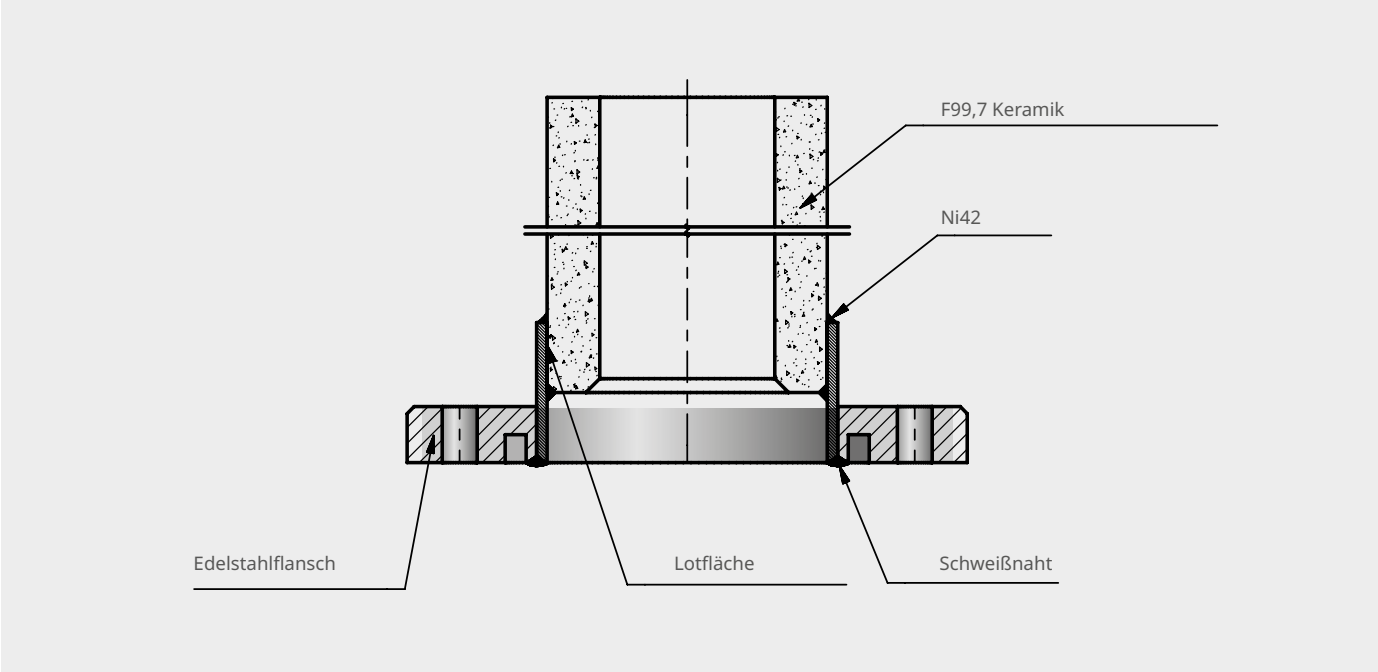


Abb. 11: Konstruktionsbeispiel eines keramischen Isolierrohrs mit Flansch-Anbindung

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

Eigenschaft	Norm	Spezifikation	Einheit	F99,7
Hauptbestandteil			-	α - Al_2O_3
Reinheit			[%]	> 99.5
Farbe			-	ivory
Rohdichte (ρ_b)	DIN EN ISO 18754		[g/cm³]	≥ 3,90
Offene Porosität (π_a)	DIN EN ISO 18754		[Vol.-%]	0
Mittlere Korngröße (g_{mli})	ISO 13383-1	A1	[µm]	10
Mechanische Eigenschaften				
Vickers-Härte (HV 1,0)	DIN EN ISO 14705	Verfahren A	[GPa]	17,3
Druckfestigkeit ($\sigma_{c,m}$)	DIN ISO 17162		[MPa]	2500
Biegefestigkeit ($\sigma_{f,4}$)	DIN EN 843-1	Vier-Punkt-Biegung	[MPa]	350
Elastizitätsmodul (E)	EN 843-2	dynamisch	[GPa]	380
Poissonzahl (μ)	EN 843-2	Resonanz	[-]	0,24
Bruchzähigkeit ($K_{1c,\ SEVNB}$)	DIN EN ISO 23146	SEVNB	[MPa·m$^{0.5}$]	5
Weibull-Modul (m)	EN ISO 20501		[-]	>10
Thermische Eigenschaften				
Maximale Einsatztemperatur (T_{max})		in Luft	[°C]	1950
Wärmeleitfähigkeit (λ)	DIN EN ISO 18755	20 °C	[W/(m·K)]	34,9
Spezifische Wärmekapazität (c_p)	DIN EN 821-3	20 °C	[J/(g·K)]	900
Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient ($\bar{\alpha}$)	DIN EN ISO 17562	20 – 1000 °C	[10^{-6}/K]	8,2
Thermoschockbeständigkeit	DIN EN 820-3	R_1, Typ A, in Wasser	[°C]	180
Elektrische Eigenschaften				
Elektrische Durchschlagfestigkeit	DIN EN 60243-1		[kV/mm]	> 30
Spez. elektrischer Widerstand (ρ)	DIN EN 62631-3	20 °C	[Ω·cm]	10^{15}
Relative Permittivität (ε_r)	DIN EN IEC 62631-2-1	70 MHz 180 MHz 30 – 40 GHz	[-]	10 9,9 9,8
Dielektrischer Verlustfaktor (tan (δ))	DIN EN IEC 62631-2-1	70 MHz 180 MHz 30 – 40 GHz	[10^{-4}/K]	270 150 20

F99,7 hf	FZT	FZM Mg-PSZ	DEGUSSIT FZY
α - Al_2O_3	Al_2O_3, ZrO_2	ZrO_2, MgO	ZrO_2, Y_2O_3, Al_2O_3
> 99.5	> 99.5	> 99.7	> 99.7
white	white	yellow	white
≥ 3,90	≥ 4,10	≥ 5,70	≥ 5,60
0	0	0	0
20	5	50	30
16,1	18,4	12,0	13,7
2500	3000	2000	2000
350	460	500	400
380	360	207	200
0,22	0,24	0,31	-
3,5	3,3	6,3	-
≥10	>15	>15	-
1950	1700	900	1700
34,9	25	3	2,5 (100 °C)
900	850	400	400
8,2	8,3	10,6 (20 - 900 °C)	10,9
	-	-	-
> 30	-	-	-
10^{14}	-	10^{10}	10^{10}
9,8 9,8 9,8	-	-	-
3,8 2,5 1,4	-	-	-

Die in diesem Dokument enthaltenen Werte und Informationen basieren auf unserem aktuellen Kenntnisstand ohne Zusicherung oder Gewähr für bestimmte Eigenschaften, Vollständigkeit, Richtigkeit oder Eignung für einen bestimmten Zweck. Die genannten Werte beruhen auf typischen Prüfkörpern gemessen unter Laborbedingungen und können je nach Ausführung, Form, Fertigungsverfahren und Anwendung variieren. Vor jeder Verwendung ist die Eignung des Materials für den vorgesehenen Verwendungszweck eigenverantwortlich zu prüfen und gegebenenfalls sind entsprechende Tests durchzuführen. Änderungen dieses Dokuments und der hier enthaltenen Werte behalten wir uns ohne vorherige Ankündigung vor. Haftungsansprüche sind ausgeschlossen, sofern nicht zwingende gesetzliche Vorschriften, insbesondere bei Tod oder Körperverletzung, Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit, einen weitergehenden Haftungsausschluss untersagen.

Die Kennwerte weiterer Werkstoffe finden Sie unter www.kyocera-fineceramics.de.

ÜBER KYOCERA

Der Weltkonzern Kyocera - ein starker Partner.

Hauptsitz:	Kyoto, Japan
Gründung:	1959
Mitarbeiter:	über 80.000 weltweit
Europäischer Hauptsitz:	Esslingen, Deutschland
Europäische Produktionsstandorte:	Mannheim, Deutschland Selb, Deutschland Erfurt, Deutschland (weitere Niederlassungen in Europa)

KYOCERA = KYOTO CERAMICS

KYOCERA – alles begann mit Keramik

KYOCERA Fineceramics Europe GmbH ist eine Tochtergesellschaft der KYOCERA Europe GmbH, die bereits seit über 50 Jahren in Europa erfolgreich ist. Die Kyocera-Gruppe ist einer der weltweit führenden Anbieter von Komponenten aus Hochleistungskeramik für die Technologieindustrie und bietet heute über 200 verschiedene Keramikwerkstoffe sowie modernste Technologien und Services, die auf die individuellen Bedürfnisse der jeweiligen Märkte zugeschnitten sind.

Die KYOCERA Fineceramics Europe GmbH ist in den letzten Jahren stetig gewachsen – und ist heute einer der führenden europäischen Anbieter kundenspezifischer Lösungen aus technischer Keramik. In partnerschaftlicher Zusammenarbeit entwickeln und fertigen wir Produkte, die unseren Kunden Mehrwert in ihren jeweiligen Märkten bieten und ihren Technologievorsprung nachhaltig sichern. Dafür setzen wir uns tagtäglich ein.

Seit 30 Jahren sind wir auf dem Gebiet der Umwelttechnik aktiv. Unsere Lösungen zur Behandlung von Abluft und Abwasser aus chemischen Laboren und Industrieprozessen sind unter der Marke FRIDURIT weltweit bekannt.

Europaweit sind wir mit drei Produktions- und Entwicklungsstandorten in Mannheim, Selb und Erfurt (Deutschland) sowie mit sechs Vertriebsbüros – Mannheim, Selb, Esslingen, Neuss (Deutschland), Rungis (Frankreich) und Frimley (Vereinigtes Königreich) – vertreten.

Unsere Geschäftspartner profitieren davon, dass wir innerhalb der Kyocera-Gruppe bereichsübergreifend denken und arbeiten. Denn Innovationen und wirkliche Meilensteine erreicht man nur gemeinsam – über Branchen und Ländergrenzen hinweg.

Das ist unsere Überzeugung.

Über den KYOCERA Konzern

KYOCERA Europe GmbH ist ein Unternehmen der KYOCERA Corporation mit Hauptsitz in Kyoto/ Japan, einem weltweit renommierten Anbieter von Halbleiter-, Industrie- und Automobil- sowie elektronischen Komponenten, Druck- und Multifunktionssystemen sowie Kommunikations-technologie.
Kyocera ist einer der erfahrensten Technologieproduzenten, mit mehr als 65 Jahren Branchenfachwissen. Die Kyocera-Gruppe umfasst circa 300 Tochtergesellschaften.

Kyocera hat sich zum Ziel gesetzt, eine bessere Zukunft für die Welt zu schaffen, indem wir die Kraft der Technologie nutzen, um Probleme zu lösen, denen wir als globale Gesellschaft gegenüberstehen. Diese Ambition ist in unserer Kyocera Management Rationale verwurzelt: einen Beitrag zum Fortschritt der Gesellschaft und der Menschheit zu leisten.

Wir werden weiterhin mit Menschen auf der ganzen Welt zusammenarbeiten, um Probleme zu lösen, die für die Gesellschaft von entscheidender Bedeutung sind, und dabei alle Technologien und Managementfähigkeiten nutzen, die wir in unserer über 60-jährigen Geschichte angesammelt haben.

Das Unternehmen engagiert sich auch kulturell: Über die vom Firmengründer ins Leben gerufene und nach ihm benannte Inamori-Stiftung wird der imageträchtige Kyoto-Preis als eine der weltweit höchstdotierten Auszeichnungen für das Lebenswerk hochrangiger Wissenschaftler und Künstler verliehen.

KYOCERA Fineceramics Europe GmbH

Steinzeugstraße 92
68229 Mannheim / Deutschland
Tel: +49 621 40547-300
E-mail: info@kyocera-fineceramics.de
www.kyocera-fineceramics.de

Standort Selb
Lorenz-Hutschenreuther-Straße 81
95100 Selb / Deutschland
Tel: +49 9287 807-0

Standort Erfurt
Gustav-Tauschek-Straße 2
99099 Erfurt / Deutschland
Tel. +49 361 6008 5111

Vertriebsbüro Esslingen
Fritz-Müller-Straße 27
73730 Esslingen / Deutschland
Tel: +49 711 93 93 4-0

Vertriebsbüro Neuss
Hammfelddamm 6
41460 Neuss / Deutschland
Tel: +49 2131 16 37-0

Vertriebsbüro Großbritannien
Prospect House, Archipelago, Lyon Way
Frimley Surrey
GU16 7ER / Großbritannien
Tel: +44 1276-69 34 50

Vertriebsbüro Frankreich
Parc Icade Orly - Rungis
21 rue de Villeneuve
94150 Rungis / Frankreich
Tel: +33 1 41-73 73 30

© 2025 KYOCERA Fineceramics Europe GmbH
Recht auf Änderungen ohne vorherige Ankündigung vorbehalten.