



1MG.002

Céramique technique frittée

Sommaire

Présentation

PRÉSENTATION

APPLICATIONS

AVANTAGES

COMPARATIF

CLASSIFICATION

PROCESSUS DE PRODUCTION

CONCEPTION DE LA PIÈCE

PRODUITS

Tableau comparatif

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

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

www.final-materials.com

Final Advanced Materials met à votre disposition une large gamme de céramiques techniques frittées afin que vous puissiez choisir le matériau le mieux adapté :

- Alumine (Al_2O_3)
- Zircone (ZrO_2)
- Nitrure d'aluminium (AlN)
- Nitrure de bore (BN)
- Nitrure de silicium (Si_3N_4)
- Carbure de silicium (SiC)

Nous usinons des pièces de précision en céramique à partir d'ébauches obtenues par moulage ou extrusion. Ces pièces de forme sont obtenues par un usinage diamant spécialement conçu pour les céramiques denses.

Nous assurons la définition et l'usinage des prototypes, ainsi que la production individuelle en petites et grandes séries. Les composants céramiques conçus sont adaptés aux secteurs du client : médical, génie chimique, mécanique, etc.

Nous ne travaillons que des céramiques de haute pureté, calibrées et qualifiées. Les pièces transformées reproduisent les caractéristiques physiques des ébauches avant usinage, sans aucune altération ou dépréciation mécanique.

Les propriétés intrinsèques des céramiques telles que leur dureté, leur résistance à l'abrasion, leur résistance à la compression, leur résistance aux hautes températures, leur résistance aux chocs thermiques et leur rigidité diélectrique élevée, sont conservées et reproduites sur les pièces finies.

Les [tableaux récapitulatifs](#) à la fin de cette fiche technique vous seront d'une grande aide pour définir au mieux votre sélection.

info@final-materials.com



Céramique technique frittée

Applications

- Production de pièces sur mesure
- Tube de flamme
- Échangeurs thermiques
- Support de cuisson
- Protection dans les circuits électriques
- Substrats
- Prothèses médicales
- Joints d'étanchéité
- Outils de travail de la céramique
- Guide fils
- Pièces mécaniques

Avantages

- Dureté
- Résistance mécanique élevée
- Stabilité dimensionnelle même à haute température
- Résistance à l'usure et la corrosion
- Isolant électrique
- Résistance aux produits chimiques
- Tenue en haute température

Comparatif

Propriété	Céramiques	Métaux	Polymères
Dureté	Excellente	Faible	Mauvaise
Module d'élasticité	Excellente	Bonne	Faible
Résistance aux hautes températures	Excellente	Faible	Mauvaise
Expansion thermique	Faible	Bonne	Bonne
Malléabilité	Faible	Bonne	Bonne
Résistance à la corrosion	Bonne	Faible	Faible
Résistance à l'érosion	Bonne	Faible	Faible
Conductivité électrique	Faible	Bonne	Faible
Masse volumique	Moyenne	Élevée	Faible
Conductivité thermique	Moyenne	Bonne	Faible



Classification

Les céramiques frittées sont divisées en groupes en fonction de leurs compositions minérales ou chimiques. Final Advanced Materials distingue :

- **les silicates**
- **les non-oxydes**
- **les oxydes**

La dénomination des céramiques dans les tableaux ci-dessous respecte la nomenclature DIN EN 60 672.

Les silicates :

La majorité des céramiques techniques sont de la famille des silicates. Leur composition inclue du kaolin, de l'argile et du feldspath. L'ajout d'alumine ou de zirconne permet d'améliorer les propriétés thermiques et mécaniques. La température de frittage relativement faible et l'abondance des composants de base en font le groupe de céramiques techniques frittées le plus économique.

Silicates d'alumine	C100
Porcelaine de quartz, formation plastique	C110
Porcelaine de quartz, pressée	C111
Porcelaine de cristobalite, formation plastique	C112
Porcelaine d'alumine	C120
Porcelaine d'alumine, haute résistance	C130
Porcelaine de lithium	C140
Silicates de magnésie	C200
Stéatite basse tension	C210
Stéatite standard	C221
Stéatite, faible angle de perte	C230
Forstérite, poreuse	C240
Forstérite, dense	C250
Terre alcaline – Silicate d'alumine et porcelaine de zirconne	C400
Cordiérite, dense	C410
Celsiane, dense	C420
Oxyde de calcium, dense	C430
Zirconne, dense	C440
Silicates d'alumine poreuses et silicates d'alumine / magnésium	C500
Base de silicate d'alumine	C510
Base de silicate d'alumine / magnésium	C511
Base de cordiérite	C520
Mullite avec faible pourcentage d'alkali	C600
Mullite avec 50 à 65 % d'Al ₂ O ₃	C610
Mullite avec 65 à 80 % d'Al ₂ O ₃	C620



Céramique technique frittée

Les non-oxydes :

Les céramiques non oxydées incluent les céramiques à base d'azote (nitrures) et de carbone (carbures). En revanche, les produits à base de graphite amorphe ne font pas partie de ce groupe. Ces matériaux contiennent une forte proportion de composés covalents. Il en résulte une très haute tenue en température et un module d'élasticité élevé.

Carbures	C300
Carbure de silicium	SiC
Carbure de bore	B ₄ C
Nitrures	C900
Nitrure d'aluminium	C910
Nitrure de bore	C920
Nitrure de silicium, dense	C935
Nitrure de titane	C920

Les oxydes :

Les céramiques oxydées sont principalement composées d'une seule phase et d'un seul oxyde métallique (> 90 %). La phase de vitrification de ces produits est inexistante ou très courte. Ces céramiques se composent d'une matière première synthétique très pure.

Titanates et autres céramiques avec une haute permittivité	C300
Base de dioxyde de titane	C310
Base de titane et magnésium	C320
Dioxyde de titane et autres oxydes	C330
Base de calcium et titane	C340
Base de perovskite ferroélectrique	C350
Céramique avec un fort pourcentage d'alumine	C700
> 80 à 86 % d'alumine	C780
> 86 à 95 % d'alumine	C786
> 95 à 99 % d'alumine	C795
> 99 % d'alumine	C799
Autres oxydes céramiques	C800
Oxyde de beryllium, dense	C810
Oxyde de magnésium, poreux	C820
Partiellement stabilisé	PSZ*
Complètement stabilisé	FSZ*
Polycristallin quadratique	TZP*
Verre de silice	SiO ₂ *
Spinel (MgO, Al ₂ O ₃)	Spinel**
Mullite (Al ₂ O ₃ , SiO ₂)	Mullite**
Dioxyde de titane (TiO ₂)	TiO ₂ *

*appellation selon la norme DIN ENV 14 242 **nom commun du matériau

Pour en savoir plus sur les caractéristiques techniques de ces céramiques, Final Advanced Materials met à votre disposition un [tableau](#) complet.



Processus de production

Une parfaite maîtrise du processus complet de mise en œuvre garantit la microstructure du matériau. Trois éléments sont primordiaux pour obtenir une pièce en céramique frittée avec des caractéristiques optimales :

- la poudre
- le pressage
- le frittage

Les étapes de mise en œuvre sont propres à votre projets :

- **Prototypes** : pression d'un bloc avec des outillages standard. Aucun frais d'outillage ne s'applique. En amont du frittage, la pièce doit être usinée en fonction de la géométrie choisie, procédure longue mais généralement peu coûteuse. Une reprise d'usinage à l'aide d'un outil diamant est ensuite menée en fonction de la sévérité des tolérances demandées.
- **Séries** : l'outillage de la pièce sera plus minutieux afin de s'approcher le plus possible de sa géométrie finale. Les coûts de matière et les frais d'usinage en seront ainsi réduits. Une reprise d'usinage avec un outil diamant est cependant toujours nécessaire en cas de tolérances dimensionnelles trop contraignantes.

La **validation d'une matière** (composition chimique, granulométrie, caractérisation thermique et mécanique, etc.) peut être appuyée par la réalisation de pastilles échantillons.

Il est également possible de réaliser des pièces en céramique frittée de **couleur**. Lors du pressage, la poudre de céramique est alors mélangée à des oxydes de couleurs.

Par exemple:

- Oxyde de zirconium ZrO_2 noir pour l'horlogerie.
- Oxyde d'aluminium Al_2O_3 gris, rouge ou bleu pour la bijouterie.

Une fois votre projet défini, le processus de production est le suivant :

1. Pressage

Dans en premier temps, une poudre calibrée, de haute qualité, avec un retrait contrôlé et constant, doit être sélectionnée. La poudre de céramique est compactée pour réaliser une pièce de forme suffisamment solide pour être manipulable : le cru. Sous cette forme, l'usinage avant le frittage est facile et économique car il se fait avec un outillage conventionnel malgré la fragilité de la matière qui demande une attention toute particulière.

Lors du pressage, il est nécessaire d'éviter d'avoir de trop grosses différences d'épaisseur parmi les pièces. Des déformations et de fortes contraintes internes pourraient en résulter. Deux types de pressages différents sont possibles : isostatique ou uniaxial.



Céramique technique frittée

2. Frittage

Le cru est réalisé par pressage containt, en plus de la poudre de céramique et des additifs permanents, de l'eau, des défloculants, des plastifiants, des liants et d'autres additifs. Tous ces produits volatiles à haute température sont éliminés du cru au début du frittage. Le coefficient de retrait, qui est défini par la qualité de poudre utilisée, permet de calculer les dimensions de la pièce une fois frittée.

3. Usinage

Une fois frittée, la pièce ne peut s'usiner qu'avec un outillage diamant ou par ultra-sons. Cette opération est longue, délicate et coûteuse.

Nos moyens d'usinage :

- Rectification plane, cylindrique, tournage
- Fraisage
- Perçage
- Usinage et perçage par ultra-sons
- Polissage, plan et cylindrique
- Taraudage, filetage, rodage

Nous usinons également :

- Quartz, rubis, verre, vitrocéramique et les céramiques poreuses de filtration
- Composites, résines chargées verre, silice et carbone.
- Isolants usinables, silicate de calcium, mica et silico-alumineux

4. Assemblages possibles

Brasage : Les pièces céramiques sont métallisées pour permettre des brasures à des températures atteignant les 1 200 °C, en atmosphère ou sous vide. Les alliages de brasure doivent être adaptés aux matériaux à assembler afin de garantir une résistance mécanique suffisante aux montages céramique sur métal. Le principal défi lors de ce type d'assemblage est de gérer un différentiel de dilatation important entre les différents supports. Heureusement, des principes de construction en autorisent la prise en compte, ou permettent d'en diminuer les effets. Toute application est unique et spécifique.

Collage : Réaliser un collage sur des pièces céramique sur métal suppose de connaître précisément la température d'exposition maximale, les contraintes chimiques de l'environnement, les efforts mécaniques, et les capacités électriques attendues de cet assemblage. L'un des facteurs les plus importants est le coefficient de dilatation thermique des éléments en contact.

Dans le cas précis où un collage entre deux supports de nature différente (donc de dilatabilités distinctes) doit être réalisé, il est nécessaire de choisir une colle qui s'approche le plus possibles de ces paramètres. De cette manière, le collage résistera mieux aux efforts induits de contraction ou d'élongation.

Assemblage mécanique : Deux techniques d'assemblage sont généralement utilisées, le vissage et le sertissage (pour les assemblages métal sur céramique)



Conception de la pièce

Dans le cas de l'usinage de matériaux classiques (métaux et les polymères), leurs différentes caractéristiques et contraintes sont maîtrisées. À l'inverse, l'usinage de céramiques est moins connu et plus spécifique. Une pièce céramique ne se conçoit pas comme une pièce métallique. Son design doit être adapté aux spécificités des matériaux céramiques : ces matériaux ductiles compensent les charges locales sur de faibles surfaces par une déformation élastique (et plastique dans certains cas). Ce phénomène ne s'applique pas pour les matériaux durs.

Certaines caractéristiques sont à respecter lors de la conception du projet :

Opter pour des formes simples et compatibles avec les techniques de mise en œuvre :

- Adapter le design au processus de pressage du cru.
- Diviser les formes complexes en plusieurs pièces.
- Éviter les faibles tolérances dimensionnelles et géométriques inutiles.

Éviter la concentration d'effort :

- Appliquer les forces sur de grandes surfaces.
- Éviter les angles vifs et les entailles.

Minimiser les efforts de traction :

- Transformer les efforts de traction en compression.
- Pré-contraindre les pièces en compression.

Éviter les pièces massives :

- Conserver des épaisseurs de paroi uniforme.
- Éviter les changements de section trop brusques.

Minimiser les finitions post frittage :

- Préférer l'usinage du cru à celui de la pièce frittée.
- Limiter les surfaces d'usinage.
- N'imposer que les tolérances strictement nécessaires.

Tenir compte des détails de conception spécifiques :

- Faciliter l'éjection du moule.
- Éviter les parois trop fines.
- Tenir compte de chaque étape (pressage, extrusion, frittage, émaillage, etc.).



Céramique technique frittée

Exemple de conception :

Conservier les formes les plus simples possibles	
Mauvaise conception	Bonne conception

Éviter la concentration d'efforts	
Mauvaise conception	Bonne conception

Produits

Final Advanced Materials propose des produits en céramique technique de différentes natures. Bien que ces matériaux partagent des propriétés similaires (dureté, non-porosité, rigidité, stabilité dimensionnelle, etc.), elles se distinguent notamment par leur résistance à la corrosion.

Alumine Al_2O_3

L'oxyde d'aluminium est un oxyde de céramique technique primordial car il peut s'utiliser dans une très grande variété de cas. Il se caractérise par sa grande dureté et sa stabilité thermique. Il résiste aussi très bien aux hautes températures et à l'abrasion.



Céramique technique frittée

Zircone ZrO_2

L'oxyde de zircone est de plus en plus utilisé car il dispose de caractéristiques intéressantes : haute ténacité à la rupture, expansion thermique similaire à la fonte, une force de flexion et de tension très élevée, une haute résistance à l'usure et à l'abrasion et une conductivité thermique faible. De plus, il est conducteur d'ions oxygène et a d'excellentes propriétés tribologiques.

Carbure de silicium SiC

Les produits en carbure de silicium se caractérisent par des propriétés plus ou moins prononcées selon le type de carbure utilisé (dense ou poreux). Ils sont généralement très résistants même à haute température et se distinguent par leur dureté, leur résistance à l'usure, la corrosion, l'oxydation et aux chocs thermiques. Ils bénéficient également d'un faible coefficient d'expansion thermique, d'une très haute conductivité thermique et de bonnes propriétés tribologiques. De plus, ils sont semi-conducteurs électriques.

Nitride de Bore BN

Le nitride de bore peut facilement être usiné dans pratiquement toutes les formes. Dans des atmosphères inertes et réductrices, le nitride de bore résiste à des températures supérieures à 2 000 °C. Sa dilatation thermique est faible alors que sa résistance diélectrique est haute. De plus, il n'est pas mouillé par la plupart des métaux fondus et des scories, et peut donc être utilisé comme récipient pour la plupart des métaux fondus.

Nitride d'aluminium AlN

Le nitride d'aluminium a une conductivité thermique remarquablement élevée ainsi que de bonnes propriétés d'isolation électriques qui font de ce matériau un élément intéressant pour les projets d'ingénierie électrique. De plus, il peut être métallisé par les procédés habituels et être ainsi préparé pour la brasure ou le soudage.

Nitride de silicium Si_3N_4

Le nitride de silicium est une céramique particulièrement importante dans sa catégorie car la combinaison de ses propriétés est unique. Elle est extrêmement dure, résiste très bien aux chocs thermiques, aux produits chimiques et à l'usure même à haute température. Elle a un coefficient d'expansion thermique faible et une conductivité thermique moyenne.

Les grandeurs physiques de cette documentation sont données à titre indicatif et ne représentent en aucun cas un engagement contractuel. Merci de consulter notre service technique pour tout renseignement complémentaire.

Tableau comparatif

	Unité	Al ₂ O ₃	ZrO ₂		SiC	BN	AlN	Si ₃ N ₄
N° Article		055-0010	055-0020	055-0021	103-0010	200-0090	055-0030	103-0020
Composition		Al ₂ O ₃ 99,7 %	ZrO ₂ -Y ₂ O ₃	ZrO ₂ -MgO	SSiC	BN HD2	AlN	Si ₃ N ₄
Classification DIN ISO		C799	C800	C800	-	-	C910	C935
Caractéristiques physiques								
Masse volumique	g/cm ³	3,9	6	5,6	> 3,1	>=1,9	3,3	3,18 à 3,40
Porosité ouverte	%	0	0	0	0	0	0	0
Couleur		ivoire	blanc	jaune	noir	blanc	gris	gris
Caractéristiques mécaniques à 20 °C								
Dureté Vickers HV10	MPa	> 17 000	> 12 000	> 10 000	> 25 000	-	> 10 500	15 200
Résistance à la compression	MPa	2 500	> 1 800	> 1 800	> 2 500	-	-	3 000
Résistance à la flexion	MPa	> 370	> 600	> 600	> 400	14 30 ⊥	> 350	769
Module d'élasticité	Gpa	> 380	> 200	> 200	400	-	> 320	290
Ténacité	MPa.m ^{1/2}	4	7	8	3,5	-	-	7,5
Module de Weibull		15	20	16	10	-	-	25
Caractéristiques thermiques								
Tenue en température continue	°C	1 700	1 000	1 000	1 600 1 900*	850 2 000*	1 000	1 400
Chaleur spécifique à 20°C	J K ⁻¹ kg ⁻¹	900	400	400	670	-	-	700
Conductivité thermique à 100 °C	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	30	2,5	3	125	21**	170 à 180	25
Coef. dilatation de 20 à 1 000 °C	10 ⁻⁶ /K ⁻¹	8,5	11	11	4,5	5,5 1 ⊥	4,6	3,2
Caractéristiques électriques								
Résistivité	à 20 °C	10 ¹²	> 10 ⁷	> 10 ⁷	10 ³	> 10 ¹³	-	10 ¹²
	à 600 °C	10 ⁶	> 10 ³	> 10 ³	-	-	-	-
Rigidité diélectrique	kV/mm	17	-	-	-	> 70	15	-

*atmosphère inerte **à 20 °C