



1MG.004

Céramique technique usinable

Sommaire

Présentation

PRESENTATION

APPLICATIONS

AVANTAGES

COMPARATIF

PRODUITS

Silicate d'alumine

Macor®

Alternative au Macor®

Alumine usinable (96 %)

Nitride de bore

**Nitride d'aluminium -
SHAPAL™ Hi M-soft**

**Alternative au Shapal™ Hi M-
soft**

CONSEILS D'USINAGE

Final Advanced Materials Sàrl
3 rue de Paris
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 travaille sur une grande variété de produits en céramique et vous propose une sélection de céramiques usinables.

Les céramiques frittées sont utilisées dans de nombreuses technologies et sont reconnues pour leurs propriétés thermiques et mécaniques. Toutefois, leur usinage nécessite un équipement et un savoir-faire particulier qui rend l'opération longue, délicate et coûteuse.

A contrario, les céramiques techniques usinables (CTU) s'usinent facilement à l'aide de machines-outils conventionnelles. Ces céramiques peuvent être sciées, percées, fraisées, et tournées avec des outils classiques, tout en conservant des propriétés exceptionnelles. Elles ont été élaborées afin de se substituer entièrement aux céramiques frittées sans compromettre leur qualité.

Les CTU permettent de réaliser de petites séries de pièces tout aussi bien que des prototypes de validation. Final Advanced Materials a élaboré une gamme complète de matériaux céramiques facilement usinables, capables de résister à un maximum de contraintes, afin de satisfaire toutes les exigences, quelle que soit l'application.

Final Advanced Materials dispose de moyens d'usinage qui assurent une qualité certifiée ISO 9001 :

- Rectification plane et cylindrique, tournage
- Fraisage
- Perçage
- Usinage et perçage par ultra-sons
- Polissage, plan et cylindrique
- Taraudage, filetage, rodage
- Assemblage céramique-métal, brasure, métallisation

info@final-materials.com



Céramique technique usinable

Autres matériaux usinés par Final Advanced Matériaux :

- Quartz, rubis, verre, vitrocéramique, les céramiques poreuses de filtration
- Les composites, résines chargées verre, silice, carbone
- Les isolants usinables, silicate de calcium, mica, silico-alumineux

Applications

- Composants électroniques
- Isolant électrique à très hautes températures
- Creuset pour la fonderie
- Lubrifiant à haute température
- Composants électriques, isolateurs, etc.
- Appareils médicaux
- Fabrication de prototypes
- Fabrication de pièces brasées
- Fixation de pièces à souder
- Composants électriques
- Support
- Pièce d'usure

Avantages

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

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	Élevée	Moyenne	Faible
Conductivité thermique	Moyenne	Bonne	Faible



Céramique technique usinable

Produits

Silicate d'alumine

Le silicate d'alumine est utilisable à 650 °C sans traitement thermique, mais un recuit à 1 250 °C maximum assure une tenue jusqu'à 1 300 °C. Il est utilisable pour fabriquer des prototypes, pour le brasage, les fixations de pièces à souder, des isolateurs, des supports, des composants électriques, etc.

Cette céramique permet d'élaborer des pièces par découpe, sciage, perçage, fraisage avec des machines conventionnelles, à partir de plaques, barres cylindriques ou disques. Elle se présente sous forme compacte et possède des caractéristiques électriques et mécaniques attrayantes. Elle permet l'usinage de composants de haute précision sans utiliser de pièces préfabriquées ou de moules onéreux : une solution idéale pour la fabrication de prototypes ou de petites séries. Les métaux en fusion, tel le zinc, ne mouille pas cette céramique. Elle est inerte en atmosphères oxydante ou réductrice et offre une résistance remarquable aux chocs thermiques. Elle ne dégage pas et peut s'utiliser sous vide.

Composition	%	Composition	%
SiO ₂	60	Na ₂ O	< 0,2
Al ₂ O ₃	35	P ₂ O ₅	0,15 perte au feu 0,08
TiO ₂	2	MgO	< 0,08
K ₂ O	1	CaO	0,03
Fe ₂ O ₃	0,8	Na ₂ O	< 0,2

Applications :

- Fabrication de prototypes
- Fabrication de pièces brasées
- Fixation de pièces à souder
- Composants électriques
- Support
- Pièce d'usure

Données techniques :

Propriété	Unité	Silicate d'alumine crue	Silicate d'alumine 940 °C	Silicate d'alumine 1 100 °C	Silicate d'alumine 1 300 °C
N° Article		080-0012	080-0021	080-0022	080-0023
Masse volumique	g/cm ³	2,9	2,9	-	2,65
Porosité	%	1,5 à 2	0 à 0,5	0 à 0,5	0,05
Reprise d'eau	%	-	3,7	3,1	0,8
Dureté (Mohs)		2,5	-	5,5	7,5
Résistance à la compression à 20 °C	MPa	96	110	120	487
Résistance à la flexion	MPa	23	25	30	50
Tenue en température continue	°C	700	940	1 100	1 300



Céramique technique usinable

Propriété		Unité	Silicate d'alumine crue	Silicate d'alumine 940 °C	Silicate d'alumine 1 100 °C	Silicate d'alumine 1 300 °C
Chaleur spécifique	à 20 °C	J K ⁻¹ kg ⁻¹	-	950	-	-
	à 1 000 °C		-	1 160	-	-
Conductivité thermique à 20 °C		W.m ⁻¹ .K ⁻¹	-	-	1,39	2,67
Coef. de dilatation de 20 °C	à 200 °C	%	-	-	0,07	-
	à 400 °C		-	-	0,156	-
	à 600 °C		-	-	0,23	-
	à 800 °C		-	-	0,312	-
	à 1 000 °C		-	-	0,399	-
Résistivité à 20 °C		Ω.m	-	-	5,2x10 ¹¹	5,8x10 ¹¹
Constante diélectrique à 20 °C à 1 MHz			-	-	6,5	5,9
Angle de perte diélectrique à 1 kHz		%	-	-	0,2	0,2
Rigidité diélectrique à 20 °C		kV/mm	8 à 10	-	6 à 7	12 à 17
Résistance à la corrosion à 20 °C			bien			
Résistance aux bases à 20 °C			bien			

Instructions de mise en œuvre de la céramique

À l'état brut, le silicate d'alumine s'usine à la scie à ruban pour toute opération traditionnelle : fraisage, tournage, filetage, alésage, décolletage, rainurage, polissage. Il est souhaitable d'utiliser des outils en métal très dur, sans refroidissement, et de nettoyer soigneusement les poussières de céramique.

Les pièces destinées à la cuisson ne doivent pas dépasser 12 mm d'épaisseur afin d'éviter toute fissure. Pour des épaisseurs supérieures, des trous de délestage sont nécessaires.

Pendant la cuisson, la céramique se dilate de 1,9 % à 980 °C à 2 % à 1 040 °C. Au-delà, les variations sont négligeables et la précision peut atteindre ± 0,05 mm. Une rectification finale par adoucissage suffit.

Le collage de cette céramique se fait de préférence avec la colle céramique Cotronics® Resbond 919, présentée dans notre catalogue.

Cuisson

Les pièces doivent être préparées par frittage au four afin de résister à plus de 650 °C. L'opération commence à four froid et les paliers d'échauffement ne dépassent pas 260 °C par heure. Il est nécessaire de tenir compte de la dilatation pour l'obtention des cotes finales (2 % environ). Ces paliers doivent descendre à 150 °C par heure si les pièces ont une épaisseur de plus de 12 mm. La température maximale se situe entre 1 010 °C et 1 100 °C, et sera maintenue 30 min pour une épaisseur de 6 mm, 45 min pour une épaisseur de 20 mm. Le calcul de la bonne valeur se fait par extrapolation. Le four est ensuite refroidi progressivement jusqu'à la sortie de la pièce, vers 90 °C.



Céramique technique usinable

Instructions spéciales

Action	Conseil
Couper, forer, tourner, aléser, fileter, ajourer, dresser, percer	Avec des outils conventionnels. Vitesse des outils et des matériaux analogues à celles utilisées pour l'usinage des métaux. Outils au carbure à affûter soigneusement.
Chauffage	Prévoir une expansion de 1,8 à 2 %. Exemple : une dimension usinée de 9,8 mm deviendra une dimension finale de 10 mm. Les diamètres subissent aussi cette dilatation.
Lubrifiant et liquide de refroidissement	Ne JAMAIS utiliser ni lubrifiant, ni liquide de refroidissement.
Nettoyage	Nettoyer très soigneusement les machines après le travail : le silicate d'alumine est abrasif sous forme de poudre.
Réusinage	Possible à l'eau après cuisson. Utiliser des meules en carbure de silicium pour une très grande précision.
En cas d'échec	Vérifier : - Température de cuisson - Calcul de dilatation - Présence d'angles vif ou de transitions dures dans le modèle

Macor®

Le Macor® est un matériau technique exceptionnel qui peut être travaillé sur des machines-outils traditionnelles. Il permet également d'apporter des solutions à des problèmes spécifiques en combinant la performance d'une céramique technique avec la polyvalence d'une matière plastique à haute performance.

Le Macor® peut être utilisé à haute température (800 °C en continu et 1 000 °C en pointe). Sa faible conductivité thermique en fait un bon isolant pour les hautes températures ainsi qu'un excellent isolateur électrique. Le Macor® ne présente aucune porosité et lorsqu'il est cuit correctement, il ne mène à aucun dégazage. Il est résistant au rayonnement, rigide et, à la différence des plastiques de haute température, il ne présente pas de fluage et ne se déforme pas. Le Macor® est d'un blanc pur et peut être poli pour atteindre un brillant intense. Il peut être métallisé, soudé et collé à l'époxy en film épais ou mince. Un autre avantage de ce matériau unique est qu'il peut être fabriqué de façon économique même en petite quantité.

Composition	%		Composition	%
SiO ₂	46		K ₂ O	10
MgO	17		B ₂ O ₃	7
Al ₂ O ₃	16		F	4



Céramique technique usinable

Domaine	Exemples d'applications
Milieux ultravides	Isolant, support de bobine, traversées sous vide
Applications sous vide constant	Entretoises, en-têtes et ouvertures de dispositifs de tubes pour hyperfréquences, porte-échantillons dans les microscopes ioniques à émission de champ
Aérospatiale	Anneaux de retenue, joints mécaniques sur les sondes orbitales
Nucléaire	Référence dimensionnelle (les dimensions du Macor® sont insensibles aux irradiations)
Soudage	Buse de chalumeau d'oxycoupage à la flamme (le Macor® n'est pas mouillé)
Accessoires	Bloc de brûleur et support d'électrode dans les opérations de coupe électriques HT
Appareils médicaux	Composants médicaux pour le caractère inerte du Macor®

Données techniques :

Propriété	Unité	Macor®
N° Article		166-0001
Masse volumique	g/cm ³	2,52
Porosité	%	0
Dureté		Knoop 100 g : 25 MPa
Résistance à la compression	MPa	345 à 900
Résistance à la flexion	MPa	94
Module d'élasticité	GPa	66,9
Tenue en température de pointe	°C	1 000
Tenue en température continue	°C	800
Chaleur spécifique à 20 °C	J/kg.K	795,5
Conductivité thermique à 20 °C	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	1,46
Coef. de dilatation de 20 °C	à 600 °C	11,2
	à 800 °C	12,3
Résistivité à 20 °C	Ω.m	10 ¹⁵
Constante diélectrique à 20 °C pour 1 MHz		6,01
Angle de perte diélectrique pour 1 kHz		0,004
Rigidité diélectrique à 20 °C	kV/mm	45
Résistance à la corrosion à 20 °C		bien
Résistance aux bases à 20 °C		très bien

Usinage

Les tolérances d'usinage sont spécialement serrées et acceptent jusqu'à 0,013 mm. La vitrocéramique Macor® peut être usinée jusqu'à obtenir un état de surface inférieur à 0,5 µm et un poli de 0,013 µm.



Céramique technique usinable

Produits disponibles

Type	Dimensions
Plaque	jusqu'à 300x300x55 mm
Barre	section ronde : jusqu'à Ø55x300 mm section carrée : 60x60x300 mm

Réalisation sur mesure possible

Alumine usinable (96 %)

L'alumine usinable est prête à l'emploi et ne nécessite pas de traitement thermique. Toutefois, le durcisseur 960 de Cotronics® peut être utilisé pour améliorer sa résistance en surface avec une cuisson à 320 °C. Cette céramique tient jusqu'à 1 650 °C et résiste aux métaux fondus, aux acides, aux solvants et aux chocs thermiques. Elle s'utilise en l'état dans les industries électriques, électroniques, la métallurgie et les techniques HT sous vide.

Applications :

- Prototypes, brasage
- Fixations pour la soudure, le vide, le chauffage haute fréquence
- Supports divers
- Composants électriques, isolateurs

Données techniques :

Propriété	Unité	Alumine usinable
N° Article		960
Masse volumique	g/cm ³	3,0
Porosité	%	10
Dureté (Mohs)		5
Résistance à la compression	MPa	414
Résistance à la flexion	MPa	262
Tenue en température de pointe	°C	1 650
Conductivité thermique à 20 °C	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	4,6
Coefficient de dilatation	10 ⁻⁶ /K	7,74
Résistivité à 20 °C	Ω.m	10 ¹²
Constante diélectrique à 20 °C à 1 MHz		9
Angle de perte diélectrique à 1 kHz		0,0016
Rigidité diélectrique à 20 °C	kV/mm	7,8
Résistance à la corrosion à 20 °C		bien
Résistance aux bases à 20 °C		bien



Céramique technique usinable

Produits disponibles

Type	Dimension
Plaque	de 6 mm x 150 mm x 150 mm à 19 mm x 150 mm x 150 mm
Barre	de Ø6 mm x 150 mm à Ø88 mm x 300 mm
Réalisation sur mesure possible	

Nitrure de bore

Le nitrure de bore est obtenu par frittage à chaud et sous pression de poudre. Sa structure cristalline est hexagonale. Du fait de la méthode de densification utilisée, les propriétés physiques du matériau sont différentes selon les axes perpendiculaire et parallèle à la direction de frittage. Le nitrure de bore est non toxique. Trois standards de nitrure de bore usinables :

- **Final®BN** - Nitrure de bore avec liant.
- **Final®BN HP** - Nitrure de bore haute pureté sans liant.
- **Final®BN HD2** - Nitrure de bore mécaniquement plus résistant.

Applications :

- Isolant électrique à très hautes températures
- Creuset pour la fonderie
- Gaine de thermocouple
- Support de résistance
- Lubrifiant à haute température

Données techniques :

Propriété		Unité	Final®BN HP
N° Article			200-0095
Masse volumique		g/cm ³	1,91
Dureté (Knopp)		kg/mm ²	16
Résistance à la compression	parallèle	MPa	17,92
	perpendiculaire		23,44
Résistance à la flexion	parallèle	MPa	13,96
	perpendiculaire		21,54
Module d'élasticité	parallèle	GPa	34,1
	perpendiculaire		75,2
Tenue en température de pointe		°C	850 (2 000 inerte)
Chaleur spécifique à 20 °C		J K ⁻¹ kg ⁻¹	810
Conductivité thermique à 20 °C	parallèle	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	79
	perpendiculaire		130
Rigidité diélectrique à 20 °C		kV/mm	79



Céramique technique usinable

Produits disponibles

Réalisation sur mesure selon les plans.

Nitruure d'aluminium - SHAPAL™ Hi M-soft

Le nitruure d'aluminium usinable (symbole chimique : AlN) est un semi-conducteur à large bande interdite (6,2 eV). Ce matériau réfractaire et isolant électrique possède une très grande conductivité thermique, supérieure à celle du cuivre à 200 °C, et présente une grande résistance à l'oxydation et l'abrasion. Il a des applications potentielles comme substrat et en électronique de puissance pour la fabrication de transistors hyperfréquence de puissance.

Le nitruure d'aluminium est synthétisé par réduction thermique d'alumine ou nitruration d'aluminium. Il est transparent aux longueurs d'ondes visibles et aux infra-rouges (0,5 à 3 µm) et peut être utilisé comme fenêtre pour les infra-rouges et les radars.

Applications :

- Composants électroniques, particulièrement lorsque l'isolation électrique et la dissipation thermique sont exigées.
- Composants où une faible constante diélectrique et un faible facteur de dissipation sont exigés.
- Pièces de fixations où un faible coefficient de dilatation thermique est requis.

Données techniques

Propriété	Unité	Nitruure d'aluminium SHAPAL™ Hi M-soft	Nitruure d'aluminium usinable
N° Article		166-0002	055-0031
Masse volumique	g/cm ³	2,8	2,9
Porosité	%	0	< 0,1
Dureté (Vickers)	MPa	3,8	-
Résistance à la compression	MPa	980	1 170
Résistance à la flexion	MPa	300	300
Module d'élasticité (Young)	GPa	176	-
Tenue en température de pointe	°C	1 000 (1 900 inerte)	1 020 (1 900 sous vide)
Conductivité thermique à 20 °C	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	92	92,6
Coef. de dilatation de 20 °C	à 600 °C	4,8	-
	à 800 °C	5,0	-
Résistivité à 20 °C	Ω.m	10 ¹¹	10 ¹⁰
Constante diélectrique à 20 °C pour 1 MHz		6,8	7,1
Rigidité diélectrique à 20 °C	kV/mm	65	40

Produits disponibles

Réalisation sur mesure selon les plans.



Céramique technique usinable

Alternative au Shapal™ Hi M-soft

Nous proposons également un produit concurrent au Shapal™ Hi M-soft de Tokuyama. Ce nitrure d'aluminium a des caractéristiques équivalentes tout en étant économiquement plus intéressant.

Type	Dimension
Plaque	jusqu'à 315x200x60 mm
Barres	jusqu'à Ø58x300 mm
Réalisation sur mesure possible	

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.

Propriété		Unité	Al ₂ SiO ₅ cru	Al ₂ SiO ₅ 940 °C	Al ₂ SiO ₅ 1 100 °C	Al ₂ SiO ₅ 1 300 °C	Macor®
N° Article			080-0012	080-0021	080-0022	080-0023	166-0001
Caractéristiques physiques							
Masse volumique		g/cm ³	2,9	2,9	-	2,65	2,52
Porosité		%	1,5 à 2	0 à 0,5	0 à 0,5	0,05	0
Reprise d'eau		%	-	3,7	3,1	0,8	-
Caractéristiques mécaniques							
Dureté			Mohs : 2,5	-	Mohs : 5,5	Mohs : 7,5	Knoop 100g : 25 MPa
Résistance à la compression à 20 °C		MPa	96	110	120	487	345 à 900
Résistance à la flexion		MPa	23	25	30	50	94
Module d'élasticité		GPa	-	-	-	-	66,9
Caractéristiques thermiques							
Tenue en température de pointe		°C	-	-	-	-	1 000
Tenue en température continue		°C	700	940	1 100	1 300	800
Chaleur spécifique à 20°C		J K ⁻¹ kg ⁻¹	-	950	-	-	795,5
Conductivité thermique à 20°C		W.m ⁻¹ .K ⁻¹	-	-	1,39	2,67	1,46
Coefficient de dilatation	20 – 600 °C	%	-	-	0,23	-	11,2
	20 – 800 °C		-	-	0,312	-	12,3
	20 – 1 000 °C		-	-	0,399	-	-
Caractéristiques électriques							
Résistivité à 20 °C		Ω.m	-	-	5,2x10 ¹¹	5,8x10 ¹¹	10 ¹⁵
Constante diélectrique à 20 °C à 1 MHz			-	-	6,5	5,9	6,01
Angle de perte diélectrique à 1 kHz			-	-	0,2	0,2	0,004
Rigidité diélectrique à 20 °C		kV/mm	8 à 10	-	6 à 7	12 à 17	45
Caractéristiques chimiques							
Résistance à la corrosion à 20°C			B	B	B	B	B
Résistance aux bases à 20°C			B	B	B	B	TB

Propriété		Unité	Al ₂ O ₃ usinable	Final®BN HP	AIN SHAPAL™ Hi M-soft	AIN usinable
N° Article			960	200-0095	166-0002	055-0031
Caractéristiques physiques						
Masse volumique		g/cm ³	3,0	1,91	2,8	2,9
Porosité		%	10	-	0	< 0,1
Reprise d'eau		%	-	-	-	-
Caractéristiques mécaniques						
Dureté			Mohs 5	Knopp : 4 kg/mm ²	Vickers pour 300 g : 3,8 MPa	-
Résistance à la compression		MPa	414	17,92 et 23,44 ⊥	980	1 170
Résistance à la flexion		MPa	262	13,96 et 21,54 ⊥	300	300
Module d'élasticité		GPa	-	34,1 et 75,2 ⊥	Young : 1 800	-
Caractéristiques thermiques						
Tenue en température de pointe		°C	1 650	850 (2 000 inerte)	1 000	-
Tenue en température continue		°C	-	-	-	1 020 (1 900 sous vide)
Chaleur spécifique à 20 °C		J K ⁻¹ kg ⁻¹	-	810	-	-
Conductivité thermique à 20 °C		W.m ⁻¹ .K ⁻¹	4,6	79 et 130 ⊥	92	92,6
Coefficient de dilatation	20 - 600 °C	%	-	-	4,8	-
	20 - 800 °C		-	-	5,0	-
Caractéristiques électriques						
Résistivité à 20°C		Ω.m	10 ¹²	-	10 ¹¹	10 ¹⁰
Constante diélectrique à 20°C à 1 MHz			9	-	6,8	7,1
Angle de perte diélectrique à 1 kHz			0,0016	-	-	-
Rigidité diélectrique à 20 °C		kV/mm	7,8	79	65	40
Caractéristiques chimiques						
Résistance à la corrosion à 20 °C			B	-	-	-
Résistance aux bases à 20°C			B	-	-	-