

# Matériaux céramiques

## Extrêmement durs, moins d'entretien et durée de vie plus longue

Par Koen Vandepopuliere, Maintenance Magazine

Un entretien préventif systématique n'est pas toujours suffisant pour éviter que des composants donnés n'arrivent rapidement au terme de leur cycle de vie. Cela est souvent dû aux matériaux utilisés. Dans certains cas, seuls les matériaux céramiques offrent une solution. S'il vous en coûtera davantage, l'investissement dans ce matériel est justifié. En effet, vous serez moins vite confronté à des pannes de machine ou à des outils défectueux.

■■■■ On distingue en gros les matériaux en quatre catégories : les polymères, les métaux, les matériaux céramiques et enfin les composites, qui sont composés à partir de matériaux (d'au moins deux) des trois catégories précédentes. Dans la céramique, au moins deux éléments sont présents au niveau chimique : un élément non métallique et un métal. Pour ce qui est du premier, il peut s'agir par exemple de Si, O, N, C, B, ce qui entraîne la création de silicates, d'oxydes, de nitrures, de carbures et de borures. Pour des applications dans des environnements propices à l'usure, la catégorie de la céramique technique importe. Les céramiques présentent de nombreuses

propriétés positives : la plupart d'entre elles sont chimiquement inertes, dures, résistantes à l'usure et solides. Leur inconvénient est leur friabilité: soumises à des tensions trop fortes, elles se déforment et se plient à peine, mais elles se brisent subitement. Lors de la construction du composant, on doit surtout tenir compte du fait que les contraintes de traction au cours de l'utilisation sont limitées. Les matériaux céramiques résistent 4 à 10 fois plus à la pression qu'à la traction !

### Propriétés notables:

Les propriétés de la céramiques sont dues au caractère des liaisons chimiques : elles sont



Un certain nombre d'entreprises ont expérimenté que les coussinets céramiques nécessitent moins d'entretien, génèrent moins de pannes de machine et permettent un accroissement de la vitesse de production.



Les matériaux céramiques sont utilisés comme goujon pour le soudage par friction-malaxage, comme insert dans les matrices de presse, dans les guides de fils, les outils tranchants, etc.



Frans Snijkers, responsable de projet du groupe de l'institut VITO Keramische Materialen en Poedermetallurgie (Matériaux céramiques et métallurgie de poudre): "Grâce au frittage des grains de poudre, le matériau final présente une « microstructure », qui a à son tour une grande influence sur la qualité du produit fini."

(contrairement aux métaux et aux polymères) moitié ioniques, moitié covalentes. En conséquence, la plupart des matériaux céramiques sont extrêmement durs, leurs valeurs de dureté Vickers (HV) pouvant atteindre 1000 à 2000 HV. La résistance à la pression peut monter jusqu'à 2 500 MPa, alors qu'elle n'est que d'environ 1 000 MPa pour l'acier. La résistance à la flexion se situe en général entre 100 et 1 000 MPa. En moyenne, ces matériaux sont aussi plus légers, leur poids oscillant la plupart du temps entre 3 et 6 g/cm<sup>3</sup>, en comparaison avec l'acier qui se situe entre 7 et 8 g/cm<sup>3</sup>. Quant à la conductivité thermique, elle dépend fortement du type de céramique, et se situe entre 2 et 180 W/mK. Du point de vue de la conductivité électrique, le développeur a le choix parmi un large spectre, qui va d'un bon isolant (0,2 W.cm) à un matériau conducteur (1 014 W.cm). Les points de fusion des matériaux céramiques et les températures

d'utilisation maximales qui y sont liées sont également remarquablement élevées. Certains peuvent atteindre des températures de 1 000 à 2 000 °C !

### Création et influence de la microstructure

La création d'un composant céramique, par exemple un coussinet de boîte, commence le plus souvent par une poudre. On y ajoute souvent un liant organique, par exemple de l'alcool polyvinylique, de sorte que les grains de poudre collent toujours les uns aux autres après le compactage. On crée ainsi ce qu'on appelle la « forme verte ». Une première étape thermique (la calcination) permet de créer un « semi-produit » encore relativement faible. On passe ensuite au frittage (« cuisson ») proprement dit à haute température, qui donne à la céramique sa dureté ainsi que ses autres propriétés. On travaille ensuite le matériau à l'aide d'un outil en diamant, comme une meule, pour lui donner sa forme et ses dimensions définitives.

Grâce au frittage des grains de poudre, le matériau final présente une « microstructure », qui a à son tour une grande influence sur la qualité du produit fini. Voilà ce que nous explique Frans Snijkers, responsable de projet du groupe de l'institut VITO Keramische Materialen en Poedermetallurgie (Matériaux céramiques et métallurgie de poudre), qui conseille les entreprises pour les aider à sélectionner



**Le Dr Anita Buekenhoudt, responsable de projet de l'institut VITO, département Scheidings- en Conversietechnologie (Technologie de séparation et de conversion): "Les composants céramiques coûtent généralement plus cher que des métaux ou des pièces synthétiques comparables. Par contre, ils nécessitent moins d'entretien."**

les matériaux appropriés et est actif dans le développement et la création de composants céramiques. « Plus le fournisseur contrôle ce processus et la microstructure qui en résulte, meilleure sera la qualité du composant céramique », explique-t-il. « En général, une microstructure plus fine permet d'obtenir un matériau plus solide. La préparation à partir de poudre peut aussi avoir pour conséquence la formation de pores entre les différents grains. Plus ces derniers sont gros et nombreux, moins la qualité du matériau et du composant sera bonne. Cependant, on peut difficilement remarquer à l'œil nu aussi bien une microstructure brute qu'une porosité ».

### Certificat et test

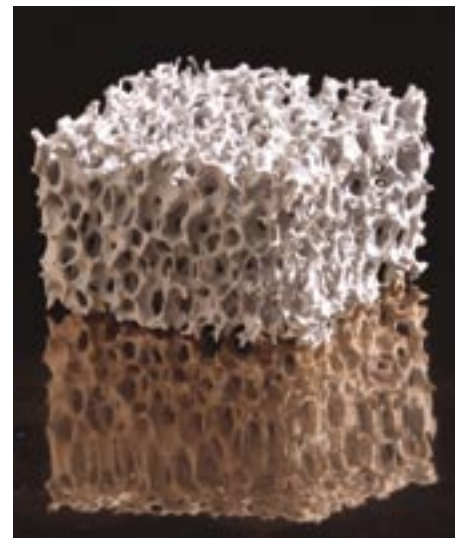
Surtout pour les applications critiques, il est nécessaire d'avoir une certitude suffisante quant à la qualité des composants céramiques fournis. Frans Snijkers : « L'utilisateur peut contrôler lui-même un certain nombre de propriétés, par exemple la présence de griffes, de microfissures ou de grands pores. Même un simple feutre à alcool peut être très utile pour y parvenir. Le colorant permettra en effet de rendre clairement visibles les irrégularités du matériau. Les dimensions, enfin, sont la plupart du temps simples à mesurer. »

Vous pouvez demander au fournisseur de vous remettre les résultats des mesures et des tests effectués sur le composant ou le matériau, par exemple sous la forme d'un certificat. Un tel contrôle de qualité fera grimper le coût du composant. L'une des propriétés pouvant donner des informations utiles à ce sujet est la densité. En la comparant à la valeur (théorique) maximale du matériau, on peut contrôler si le processus de fabrication s'est déroulé convenablement et s'il correspond aux exigences requises pour le composant. Ainsi, un oxyde d'aluminium d'une densité de 99,9% est un matériau de meilleure qualité qu'un autre d'une densité de 98%. Les autres paramètres qui permettent à l'utilisateur de juger si le matériau est approprié sont la dureté et la solidité mécanique. Mais certaines applications requièrent également des informations

relatives à d'autres propriétés, comme la température maximale d'utilisation et la résistance chimique à certains acides/solvants.

### Applications typiques et moins typiques

Les composants en céramique technique sont intéressants pour les environnements à haute température ou les applications propices à l'usure et/ou à la corrosion. Frans Snijkers : « Ainsi, l'industrie alimentaire doit faire face à des matériaux végétaux contenant des acides alimentaires et des fibres abrasives agressifs. Ces derniers favorisent l'usure de certaines pièces de machine. Un certain nombre d'en-



**La céramique peut aussi être fort utile pour les filtres, notamment là où les filtres en polymères plus courants montrent leurs limites.**

treprises ont trouvé une solution grâce aux coussinets céramiques qui permettent un entretien réduit, moins de pannes de machine et un accroissement de la vitesse de production. Les matériaux céramiques sont également utilisés pour les outils tranchants. Et ils sont utilisés dans l'industrie textile, à savoir sur les guides de fils. En outre, le matériau est utilisé comme insert dans les matrices de presse, comme couche sur des bielles, comme goujon pour le soudage par friction-malaxage de matières synthétiques, etc. Il est difficile, voire impossible de trouver des alternatives présentant de qualités mécaniques et une combinaison de propriétés uniques comparables dans les autres catégories de matériau. »

### Filtres céramiques

Mais la céramique peut aussi être fort utile pour les filtres, notamment là où les filtres en polymères plus courants montrent leurs limites. Ainsi, la forte inertie chimique de la

Propriété	Céramique	Métal	Polymère
Dureté	Très Elevé	Basse(1)	Très Basse
Module d'élasticité	Très Elevé	Elevé	Basse
Résistance à la température	Très Elevé	Elevé	Basse à très Basse
Dilatation thermique	Elevé	Basse	Très Basse
Ductilité (aptitude à la déformation)	Très Basse	Elevé	Elevé
Inertie chimique (résistance à la corrosion)	Elevé	Basse	Basse
Résistance à l'usure	Elevé	Basse	Basse
Densité	Basse	Elevé	Très Basse
Conductivité thermique	Varie en fonction du type de céramique	Elevé	Basse

**Comparaison entre les moyennes pour la céramique, les métaux et les polymères.**

céramique garantit sa résistance à une forte concentration de solvants, d'acides ou de bases dans la solution, et la forte stabilité thermique permet l'utilisation de liquides à haute température. Le Dr Anita Buekenhoudt, responsable de projet de l'institut VITO, département Scheidings- en Conversietechnologie (Technologie de séparation et de conversion), nous en parle: « Lors de la production de propanol ou d'éthanol, par exemple, un effluent aqueux contenant de l'huile minérale apparaît. Des filtres en céramique servent à traiter cet effluent. Les filtres en polymères courants sont en effet moins perméables. De plus, ils ne résisteraient pas à la haute température de 90 à 100 °C. En outre, les céramiques sont utilisées pour la séparation de matières de taille réduite, entre 200 et 1 000 g/mol, comme les antibiotiques, les colorants, etc. Il y a quelques années, c'était uniquement possible lorsque ces derniers se trouvaient dans des milieux

aqueux. Cependant, il existe aujourd'hui des filtres céramiques si inertes qu'ils filtrent ces petites molécules d'autres solvants, comme l'éthanol, l'hexane, l'heptane, et ce, contrairement aux filtres en polymères classiques, qui se dissolvent, se ramollissent ou se dilatent. Depuis peu, ont été mis au point certains polymères dont les chaînes montrent un nombre de liaisons réciproques qui les rend utilisables pour ce type d'application. Néanmoins, ils sont pour le moment encore plus onéreux que les filtres en céramique, ne sont utilisables que pour un nombre limité de solvants, et requièrent en outre des pressions plus élevées lors du filtrage ».

**Solution pour problème de maintenance**

Les matériaux et les composants céramiques ont donc beaucoup à offrir. Ils coûtent généralement plus cher (bien qu'il y ait de grandes

différences de prix) que des métaux ou des pièces synthétiques comparables. Par contre, ils nécessitent moins d'entretien et leur durée de vie est plus longue, ce qui occasionne moins de pannes de machine et de coûts opérationnels. Il est en tout cas conseillé d'effectuer des études pas à pas (analyse de cause, choix du(des) matériau(x) alternatif(s), réalisation d'un(de) prototype(s) et tests pratiques, etc.) pour déterminer si ce matériau peut vous être utile.

Les calculs de modèles à l'aide de logiciels « d'analyse par éléments finis » constituent un outil important lors du développement de pièces. Ils permettent de soumettre un modèle virtuel du composant aux forces mécaniques et aux températures qu'il devra supporter dans la réalité. Il ressortira peut-être que la céramique est le matériau le plus adapté à votre processus... <<

L'institut VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, l'institut flamand de recherche technologique) organise au salon easyFairs Industrie & Milieu (Industrie et environnement) les 18 et 19 mars 2009 un débat sur les équipements énergétiques ingénieux pour les entreprises (bénéficiaire de ressources énergétiques renouvelables au niveau local, un ajustement optimal de l'offre et de la demande, l'utilisation d'outils de mesure intelligents, etc.). Pour de plus amples informations, surfez sur [www.vito.be](http://www.vito.be) ou [www.easyfairs.com](http://www.easyfairs.com).