

## PTFE - L'utilité des charges de remplissage

### 1. Type de charges

#### Les fibres de verre

Le PTFE est renforcé de fibres de verre. Le pourcentage varie entre 5 et 40%. L'apport en fibres de verre améliore les propriétés de résistance à l'usure et, dans un degré moindre, la résistance à la compression tout en laissant quasiment inchangées les caractéristiques électriques et chimiques. Le verre lui-même, possède une résistance chimique plutôt faible contre des alcalis et est facilement attaqué par l'acide fluorhydrique.

Le coefficient de frottement est légèrement pénalisé et pour cette raison, on ajoute parfois du graphite afin de compenser cet effet secondaire.

#### Le carbone

Le carbone est ajouté au PTFE dans un pourcentage en poids variant entre 10 et 35%, avec un faible pourcentage du graphite. Le carbone tend à améliorer de manière notable la résistance à l'usure et au fluage, tout en laissant pratiquement inchangée la résistance chimique; seules, les propriétés électriques sont sensiblement modifiées.

#### Le bronze

Le bronze, utilisé comme charge de remplissage, est introduit dans des pourcentages en poids variant entre 40 et 60%. Le PTFE chargé de bronze possède le meilleur comportement à l'usure, très peu de déformation par fluage ainsi qu'une bonne conductibilité thermique. Toutefois, les caractéristiques d'isolation électrique et la résistance chimique sont très faibles (cela provient du bronze ajouté). Pour ces raisons, le PTFE chargé de bronze n'est presque plus utilisé (sauf pour de très petites pièces) car en plus, il est assez coûteux.

#### Graphite

Les pourcentages utilisés varient entre 5 et 15%. Le graphite abaisse le coefficient de frottement et est donc employé en plus des autres charges déjà présentes, afin d'améliorer uniquement cette propriété. Néanmoins, le graphite apporte aussi une influence positive sur la résistance au fluage et dans un degré moindre sur la résistance à l'usure.

#### Les autres agents de remplissage

Le bisulfure de molybdène est parfois préféré au graphite comme agent favorisant le coefficient de frottement. Des poudres de métal (acier inoxydable, nickel, titane) sont employées pour leur résistance particulière à des agents chimiques précis en remplacement du bronze (qui reste le meilleur pour les applications de frottement). Certains oxydes de métalliques en complément aux charges classiques, peuvent également apporter de meilleures propriétés à l'usure.

### 2. Influence des charges sur les propriétés physiques et mécaniques

#### L'usure et le degré d'usure

Le contact entre deux surfaces, dont une glisse par rapport à l'autre, provoque, en raison du frottement inévitable produit dans la zone de contact, une certaine usure dont la grandeur dépend de la charge, de la vitesse et du temps du contact de glissement. Théoriquement, entre ces paramètres et le degré d'usure résultant, il existe une relation proportionnelle:

## **R = KPVT**

R = le degré d'usure exprimé en millimètre

P = charge spécifique en N/mm<sup>2</sup> (par exemple pour un axe:  $\varnothing \times l$ )

V = la vitesse de glissement en m/sec

T = temps en heures

K = facteur d'usure en mm<sup>3</sup>.sec/Nmh

La valeur PV est également une donnée technique classique pour les pièces en mouvement en condition de frottement. Cette valeur PV est le produit de la vitesse de déplacement (en m/sec) multipliée par la pression de surface en MPa. Chaque matériau possède une valeur PV maximale au-delà de laquelle le degré d'usure devient trop important. Cette valeur "PVmax" (maximale) est une constante caractéristique pour chaque matériau. Lorsque la valeur PV augmente, le degré d'usure suit la même courbe linéaire. Si on dépasse la valeur PVmax, le degré d'usure perd son comportement linéaire et augmente considérablement provoquant ainsi, assez vite, la dégradation du matériau de glissement.

On peut donc dire que le facteur d'usure est tout comme le facteur PVmax un des paramètres caractéristiques propre à chaque matériau.

Dans la pratique, cependant, on peut comprendre aisément que le facteur d'usure et le PVmax d'un même matériau peuvent subir des variations avec la nature, la dureté et la finition extérieure de l'autre surface de contact dite "associée". Il en est de même en présence, ou pas, de refroidissement et/ou de lubrification.

## **La déformation sous charge et la résistance à la pression**

Le PTFE, comme la plupart des autres matières plastiques, n'a aucune "zone élastique" où le rapport charge/déformation (module de Young) a une valeur constante. Ce rapport charge/déformation dépend en réalité de la durée de l'application de la charge et des déformations qui en résultent; ce phénomène est connu sous le nom de "fluage". Lorsqu'on applique une charge (qu'elle soit en traction ou en compression) à un échantillon, on observe toujours une déformation due à celle-ci. Si on enlève la charge après un certain temps, on n'observe qu'une disparition partielle de la déformation. On dira qu'il y a toujours une "déformation rémanente" ou un fluage.

Le fluage n'étant évidemment pas une fonction linéaire dans le temps, les résultats après 1 heure par exemple, peuvent s'avérer totalement négligeables alors qu'ils doivent être pris en compte pour une même sollicitation durant plusieurs jours.

L'augmentation de la température joue également un rôle important:

Si on observe pour du PTFE pur et pour une application définie, une déformation égale à "x" à 23°C, à 100°C, on observera x/2 et à 200°C, x/10.

De toute façon, le PTFE et en particulier le PTFE chargé, sont parmi les matières plastiques qui admettent des déformations encore admissibles lors de sollicitations mécaniques au-delà de 200°C,.

Enfin, on constate que:

- La résistance à la déformation sous charge des PTFE chargés est environ de moitié celles des PTFE non chargés (ce qui peut surprendre).
- La déformation rémanente est d'environ 50% de la déformation observée sous charge.
- La résistance à la compression des PTFE chargés est environ double de celles des PTFE non chargés.
-

### 3. Les propriétés thermiques

La dilatation thermique des PTFE chargés est en général inférieure à celle des PTFE non chargés. Elle est toujours plus importante dans la direction du moulage que dans la direction qui lui est perpendiculaire.

La conductibilité thermique est supérieure à celle du PTFE non chargé, en particulier si on utilise des charges possédant de par elles-mêmes une conductibilité thermique élevée.

### 4. Les propriétés électriques

Ces propriétés dépendent essentiellement de la nature de la charge. Seul, le PTFE chargé de fibres de verre possède de bonnes propriétés diélectriques, quoique différentes de celles du PTFE non chargé. Par exemple, la résistivité en volume la résistance de surface, la constante diélectrique et le facteur de dissipation changent en grande partie avec la variation de l'humidité et de la fréquence.