

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA  
DE MINAS GERAIS

GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECATRÔNICA



**Materiais de Construção Mecânica  
Trabalho de Polímeros e Cerâmicos**

Luiza Gomes de Castro e Sá  
Thiago José da Silva

**Professor(a): Marlon Pinheiro**

**Fevereiro 2022**

## 1 Materiais poliméricos

**Definição:** Os polímeros são macromoléculas compostas por muitas unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligações covalentes. Existem polímeros obtidos de fontes não-renováveis, como polímeros obtidos de fontes renováveis. Polietileno, polipropileno e o policloreto de vinila, polímeros muito comuns no dia a dia são exemplos de polímeros advindos de fonte não renovável.

### 1.1 Poliamida 66 - PA 66, (nylon)

Utilizado principalmente para a produção de plugues e conectores.

A nomenclatura das poliamidas (PA's) é dada em função de sua estrutura molecular considerando dois fatores: a presença obrigatória do grupo funcional amida (CONH) e a quantidade de unidades de hidrocarbonetos (grupos CH) entre elas. O PA 66 geralmente é obtido através da policondensação entre os monômeros: ácido adípico e hexametilenodiamina (cada um com seis carbonos em sua estrutura), que tendem a formar um sal que, após processamento específico, dá poli(hexametileno adipamida) ou poliamida 66. Este termoplástico semicristalino possui uma cadeia linear com os grupos amida dispostos regularmente entre as cadeias principais.

De forma geral, o Nylon PA é um termoplástico semi-cristalino com baixa densidade e alta estabilidade térmica. As poliamidas estão entre os termoplásticos técnicos mais importantes e úteis devido à sua excelente resistência ao desgaste, bom coeficiente de atrito e propriedades de temperatura e impacto muito boas. Além disso, as poliamidas apresentam uma boa resistência química e é um plástico especialmente resistente a óleo. Este excelente equilíbrio de propriedades faz do nylon um material ideal para substituição de metal em aplicações, como peças automotivas, válvulas industriais, isoladores de amarração ferroviária e outros usos industriais, cujos requisitos de design incluem alta resistência, tenacidade e redução de peso. O plástico de nylon exibe uma propensão a absorver umidade e portanto possui uma estabilidade dimensional mais pobre do que outros plásticos de engenharia. As propriedades de poliamida variam desde o PA 66, duro e resistente, ao PA 12, macio e flexível. Dependendo do tipo, os produtos de poliamida absorvem diferentes quantidades de umidade, o que, por sua vez, afetará as propriedades gerais do nylon, além da estabilidade dimensional da peça usinada acabada.

ABNT NBR 14136:2012 versão corrigida 5:2021: Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada- padronização

### 1.2 Poli(óxido de metileno) (POM)

Utilizado principalmente para a fabricação de componentes internos de eletrônicos.

É um polímero de engenharia muito utilizado devido aos seus altos índices de dureza, resistência mecânica e, principalmente, elevada estabilidade dimensional. Essas características o tornam um material ideal para aplicações técnicas e para a substituição de peças metálicas. Sua boa resistência térmica e baixa absorção de umidade proporcionam altos índices de estabilidade dimensional, boa usinabilidade e a possibilidade de se obter peças com superfícies de alto brilho. Além disso, o material possui boa resistência química e baixo coeficiente de atrito dinâmico, sendo uma ótima opção para a confecção de componentes funcionais com

bom desempenho mecânico sem sofrer alto desgaste físico.

Geralmente o poliacetal é fornecido em grânulos (pellets) ou em pó para a indústria de transformação. O método mais comum para sua moldagem é o processo de injeção no qual, por se tratar de um termoplástico, é facilmente moldado quando submetido a níveis adequados de temperatura e pressão. Nesse processo são produzidas peças técnicas com designs complexos e que necessitem de estabilidade dimensional e produção em grande escala.

Sua resistência térmica e à umidade, atreladas à estabilidade dimensional, são características que tornam o POM adequado para aplicações com altos requisitos mecânicos, principalmente nos setores de eletrônicos, automobilístico, industrial e de construção. Entre suas aplicações mais comuns estão: engrenagens, componentes internos de eletrônicos (televisores e smartphones), brinquedos de encaixar, armações de óculos, cabeças de chuveiro, pás de ventilador, zíperes, instrumentos musicais de sopro, palhetas para instrumentos de corda, dobradiças, parafusos, mancais, buchas, guias e roletes, trilhos deslizantes, roldanas, arruelas, cremalheiras, corpo de válvulas, retentores, suportes mecânicos, conexões, peças de motores, bombas de combustível, interruptores e botões internos em automóveis, ajustadores de cinto de segurança, tanques de combustível, canetas de insulina e inaladores.

### **1.3 Poli(éter-éter-cetona) ou PEEK**

Utilizado principalmente para produção dos filamentos a base de poli-éter-éter-cetona (PEEK) e também na medicina.

O poli(éter-éter-cetona) ou PEEK – abreviação baseada em seu nome em inglês polyetheretherketone –, pode ser considerado um dos polímeros termoplásticos com melhor desempenho no que se refere à exposição a altas temperaturas (até 260 °C sob uso contínuo) atrelada à baixa densidade (aproximadamente 1,3 g/cm<sup>3</sup>) e alta resistência química e mecânica. Trata-se de um material que detém um dos mais elevados índices de biocompatibilidade, o que o torna forte candidato ao emprego em aplicações médicas exigentes, como substituto de materiais metálicos. O PEEK – que pertence à família das policetonas –, é autoextinguível com baixa emissão de fumaça, possui excepcional resistência química, térmica e mecânica, resistência ao desgaste e estabilidade hidrolítica.

Na indústria, esse material pode ser processado como outros termoplásticos embora requeira uma temperatura elevada para sua fusão. Ainda assim, o PEEK pode ser processado por meio de moldagem por compressão ou por injeção (em que se recomenda moldes aquecidos de 160 a 190 °C para obter uma boa cristalização e minimizar o empenamento) para fabricação de componentes pequenos e/ou complexos. Na extrusão de perfis, tarugos, tubos e chapas, esses semiacabados podem ser cortados e usinados em máquinas CNC para fabricação de peças e componentes finais. Em extrusão de filmes, cilindros de resfriamento a 50 °C resultam em material amorfo transparente e cilindros a 170 °C geram material opaco e altamente cristalino. O PEEK ainda é aplicado em impressão 3D em equipamentos por FDM que atinjam a temperatura de sua fusão e possuam sistema de mesa aquecida em cerca de 120 °C. Atualmente, esse material é fornecido em pó, grânulos (pellets), filmes e películas, filamento ou como semiacabado.

ABNT NBR 15723-8 - Implantes para cirurgia - Materiais poliméricos - Parte 8: Re-

quisitos para polímeros de poli-éter-éter-cetona (PEEK).

#### 1.4 Policloreto de Vinila (pvc)

O poli(cloreto de vinila) – cuja denominação é abreviada como PVC, com base na sua nomenclatura (IUPAC) em inglês – pode ser considerado um dos polímeros mais versáteis devido à sua necessidade de ser formulado mediante a incorporação de aditivos, o que possibilita que lhe sejam atribuídas características dentro de um amplo espectro, desde rígido até flexível e de opaco até transparente.

Naturalmente o PVC possui propriedades como boa resistência a intempéries, boa resistência química, isolamento elétrico, boa resistência mecânica e atoxidade, além de ser autoextinguível.

Na indústria, os compostos de PVC são utilizados em diversos tipos de processos como, por exemplo, extrusão (que representa de 45 a 50% dos casos), injeção, sopro, calandragem, termoformação e rotomoldagem. Deve-se atentar para as temperaturas de processamento pelo fato de que esse material é altamente sensível, sofrendo degradação térmica com facilidade, o que prejudica suas propriedades e libera gases perigosos. Por esse motivo, geralmente, o PVC é processado sob temperatura abaixo da necessária para o escoamento dos cristalitos e, portanto, apresenta elevada viscosidade. Por essa razão, para evitar o atrito e consequente calor, é recomendado o uso de roscas simples com passo contínuo e profundidade de canal constantemente decrescente; ou ainda, rosca dupla do tipo contra-rotante, além do uso de lubrificantes nos compostos, visando evitar atrito no processo.

NBR9117 DE 12/2006: Esta Norma fixa as condições exigíveis na aceitação e/ou recebimento de condutores isolados, flexíveis ou não, com condutor de cobre e isolação com policloreto de vinila (PVC/EB), sem cobertura, para tensões de isolamento até 750 V.

## 2 Materiais Cerâmicos

**Definição:** Os materiais cerâmicos são constituídos por elementos metálicos e não-metálicos que na maioria das vezes possuem ligações de natureza iônica. Normalmente são incluídos nessa classe os óxidos, nitretos e carbetos e como exemplos podemos citar refratários, cimento, vidro e porcelana. Devido a natureza de suas ligações químicas estes materiais normalmente são isolantes térmicos e elétricos, além de serem duros e frágeis e resistirem a elevadas temperaturas.

### 2.1 Carboneto de silício

O carboneto de silício tem praticamente as mesmas propriedades de um diamante. Ele não é somente o mais leve, mas também o material cerâmico mais duro e apresenta excelente condutividade térmica, baixa expansão térmica e é muito resistente aos ácidos e lixívia.

O carboneto de silício é seguro em termos tóxicos e pode ser usado na indústria alimentícia. Outra aplicação típica para os componentes de carboneto de silício é a tecnologia de vedação dinâmica que utiliza mancais de fricção e vedações mecânicas, por exemplo, em bombas e sistemas de acionamento. Comparado aos metais, o carboneto de silício proporciona soluções altamente econômicas com vida útil mais longa das ferramentas quando usadas em ambientes agressivos, de alta temperatura. A cerâmica do carboneto de silício é ideal

para atender as condições exigentes na balística, produção química, tecnologia de energia, fabricação de papel e nos componentes de sistemas de tubulação.

ABNT NBR ISO 21068-1:2016 Análise química de matérias-primas e produtos refratários contendo carbetos de silício Parte 1: Informações gerais e preparação de amostra.

## **2.2 Carboneto de tungstênio**

Utilizado principalmente na confecção de anéis de vedação, buchas de desgaste, rolos abridores, rolos tracionadores, rolos de rebobinadeira, roscas transportadoras, rolos tensionadores, entre outros.

O revestimento de carboneto de tungstênio é formado por uma liga com 70 a 97% de carbetos de tungstênio (WC) e um metal ligante, geralmente cobalto ou níquel, formando uma superfície de alta resistência e performance. Também conhecido como carbetos de tungstênio, esse revestimento metálico é bastante utilizado em ambientes que exigem alta resistência à abrasão e desgaste mecânico, e sua dureza pode atingir faixas entre 1200 a 1350 Vickers e adesão na casa de 10.000 PSI.

O carboneto de tungstênio por vezes é utilizado em combinação com revestimentos termoplásticos, fornecendo a liga Carbuflon, que oferece picos de alta dureza em uma malha termoplástica antiaderente. Esta liga é indicada para evitar que o material processado fique aderido ao equipamento, oferecendo alta resistência mecânica e antiaderência. Um solução ideal para rolos aplicadores de cola e fitas ou itens de contato com filme plástico.

Esse revestimento é aplicado pelo processo de aspersão térmica, o carbetos de tungstênio pode ser uma excelente alternativa para solucionar problemas relacionados aos desgastes abrasivos e erosão nos mais diversos segmentos da indústria.

NBRISO3823-1: Instrumentos odontológicos rotatórios — Brocas - Parte 1: Brocas de carboneto de tungstênio e aço.

## **2.3 Cerâmica avançada de Zircônia**

Fabricado em óxido de zircônio, esta cerâmica avançada possui excelente resistência e alta resistência à corrosão, desgaste e abrasão. Por apresentar alta tolerância à degradação, a zircônia é o material preferido na fabricação de rolamentos de cerâmica e retificação. Além disso, devido à sua alta resistência ao desenvolvimento de fissuras, comumente referida como 'tenacidade à fratura', a zircônia é usada em cerâmicas estruturadas, sensores de oxigênio automotivos e cerâmicas odontológicas.

A zircônia (óxido de zircônio) tem uma estrutura cristalina monoclinica em temperatura ambiente, mas se transforma em estruturas cúbicas e tetragonais em temperaturas elevadas. Esta transição pode resultar no desenvolvimento de tensões durante o resfriamento que impactam negativamente a resistência do material. No entanto, muitos materiais diferentes, em particular óxidos, podem ser incorporados na formulação a fim de estabilizar a cerâmica de zircônia pura.

A Zircônia estabilizada com ítria é um excelente material para altas temperaturas para aplicações que requerem boa tenacidade à fratura. Além disso, a zircônia estabilizada com

íttria é quimicamente inerte. As aplicações dessa cerâmica avançada variam de implantes dentários a barreiras térmicas em turbinas e motores a jato

## **2.4 Nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )**

O nitreto de silício ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) apresenta uma excelente combinação de propriedades de materiais. Ele é tão leve quanto o carboneto de silício ( $\text{SiC}$ ), mas sua microestrutura lhe fornece excelente resistência ao choque térmico e sua alta resistência à quebra o torna resistente aos impactos e choques.

A microestrutura consiste em cristais alongados que se entrelaçam formando microbarbas. Uma aplicação onde essa combinação de propriedades demonstrou ser especialmente útil é a usinagem do ferro fundido grafítico ou ferro fundido com inserções de cerâmica. Diferente de metais duros ou de outros materiais de corte, os processos de usinagem podem ser realizados com inserções de cerâmica à velocidade máxima sem o uso de lubrificantes para refrigeração. A combinação de ótimas propriedades tribológicas e a excelente resistência à quebra tornam a cerâmica de nitreto predestinada para aplicações como elementos esféricos e rolamentos em mancais leves e extremamente precisos, ferramentas com moldagem de cerâmica resistentes ao desgaste e componentes automotivos sujeitos à grande pressão. A ótima resistência ao choque térmico e a resistência à alta temperatura são exploradas nos processos de fundição.