

# ESTUDO DO DESGASTE EM COMPÓSITOS AUTOLUBRIFICANTES PARA APLICAÇÃO EM VEDAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

**Marcelo Kawakame**, Eng<sup>o</sup> Mat., M.Sc

DENSO do Brasil Ltda. Rua: João Chede, 891 – CIC Curitiba-PR , CEP 81170-220

E-mail: MARCELO\_KAWAKAME@denso-diam.com

**José Divo Bressan**, Eng<sup>o</sup> Mec., M.Sc., Ph.D.

UDESC, Centro de Ciências Tecnológicas, Campus Universitário Prof. Avelino Marcante S/N -

Bom Retiro - 89223 -100 Joinville - SC - Brasil, CX. Postal 631, E-mail:

dem2jdb@joinville.udesc.br

**Resumo:** *No presente trabalho realizou-se um estudo do desgaste de polímeros e compósitos, utilizando-se um conjunto de testes num equipamento do tipo pino contra disco. Foram escolhidas como variáveis a carga normal e a velocidade de deslizamento. Os mecanismos de atrito e desgaste em polímeros são brevemente revistos. Os ensaios foram feitos em diversos materiais poliméricos com diferentes lubrificantes sólidos incorporados. Para esta seleção, levou-se em consideração principalmente suas características auto-lubrificantes, tanto da matriz polimérica quanto das cargas. Foram ensaiados discos de PTFE puro, PTFE + Grafite, PTFE + MoS<sub>2</sub> + Fibra de Vidro, PTFE + Bronze, contra pinos em Aço SAE 1045 temperado. Também foram ensaiados pinos de PTFE + MoS<sub>2</sub> + Fibra de Vidro contra disco de aço SAE 1045 . Em todos os ensaios foram formadas partículas de material desgastado e filmes finos depositados na contraface do pino, sendo que estes filmes formados definiram o mecanismo de desgaste. Através de uma análise das micrografias por microscopia eletrônica de varredura chega-se às seguintes conclusões: o atrito e desgaste em polímeros diferem fundamentalmente do que ocorre nos metais e cerâmicas, embora sejam devidos aos mesmos micromecanismos de desgaste: microsulcagem, microusinagem e delaminação. Um fator muito importante na resistência ao desgaste de polímeros e compósitos é sua forte dependência da umidade relativa do ambiente e da carga normal. Dentre os materiais testados o compósito polimérico aditivado de PTFE com o Grafite ou aditivado com o Bissulfeto de Molibdênio juntamente com o reforço de Fibra de Vidro apresentaram a maior resistência ao desgaste por deslizamento.*

**Palavras-Chave:** *Tribologia, Compósitos, Pino sobre Disco, Desgaste, Polímeros.*

## 1. INTRODUÇÃO

Devido as grandes mudanças ocorridas neste último século, presenciamos um maior número de componentes em polímeros de engenharia e compósitos substituindo os metais mais tradicionais em diversas aplicações, obtendo-se em muitos casos maiores vantagens como redução de custos de manutenção, ganho em peso, maior liberdade de projeto. Citamos alguns exemplos de aplicações: mancais auto-lubrificantes, guias lineares, selos mecânicos, buchas, gaiolas de rolamentos, correias transportadoras, engrenagens, polias. Estes componentes por sua vez são cada vez mais solicitados nos aspectos de resistência mecânica, resistência à fadiga e resistência ao desgaste.

Nenhuma revisão sobre desenvolvimentos futuros estaria completa sem ser mencionados os "materiais inteligentes". Estes são materiais que possuem alguma habilidade para sentir o ambiente e responder de um modo controlado aquele incentivo, por exemplo, mudando as propriedades ou geometria.

Assim, um material inteligente para uma aplicação de tribológica poderia responder ao estímulo das trações na superfície ou deformação, mudando algum aspecto de sua superfície para melhorar sua habilidade de resistir ao desgaste, ou reduzir o atrito <sup>(1)</sup>.

Existe uma grande preocupação mundial em melhorar as propriedades dos materiais existentes e em desenvolver novos materiais para que possam ter um melhor desempenho em serviço dos componentes na função a que se destinam, resultando assim numa economia. Portanto, dentre os possíveis materiais, com certeza os materiais poliméricos com suas respectivas blends e compósitos, merecem destaque por suas características especiais.

## 1.1 Objetivos

O presente trabalho têm como um dos objetivos estudar e desenvolver materiais poliméricos reforçados e aditivados destinados a aplicações envolvendo vedações dinâmicas na área de motores elétricos com grau de proteção mais elevado, sendo um requisito indispensável para ambientes severos e agressivos, conciliando baixas perdas mecânicas; em função de um baixo coeficiente de atrito, e a proteção do sistema de mancalização, evitando a contaminação da graxa por agentes agressivos na forma líquida e partículas sólidas, como também a saída de lubrificante do sistema. Com isso, temos o aumento da vida útil do sistema de mancalização.

No atual estágio de desenvolvimento, tais materiais em sua maior parte são impróprios ou necessitam de estudo de otimização quanto as perdas por atrito e o fator de desgaste do material. Assim, uma seleção adequada estaria evitando perdas mecânicas excessivas além de um elevado grau de desgaste, gerando custos de manutenção desnecessários ou mesmo paradas de linha por falha do componente.

Muitas vezes estas perdas por atrito poderiam ser bem menores, que para o caso de motores elétricos de alto rendimento, significaria um ganho de potência importante.

## 3. BREVE REVISÃO TEÓRICA

Tribologia é a ciência e tecnologia da interação de superfícies em movimento relativo. Atualmente é considerada como uma das linhas principais de pesquisa da Ciência e Engenharia dos Materiais <sup>(2)</sup>. A palavra Tribologia está baseada na origem grega de *tribos* (τριβοξ), significando esfregar, atritar. Os termos relacionados a esta palavra são os lubrificantes, a lubrificação, o atrito, o desgaste e mancais.

O papel chave dos materiais no futuro dos desenvolvimentos tecnológicos tem sido reconhecido em todos os países industrializados nos recentes anos. As diretrizes dos novos desenvolvimentos de materiais avançados apresentam vários requisitos tecnológicos, sociais e ambientais, por exemplo:

- Melhoria no desempenho, integridade e confiabilidade dos sistemas de engenharia;
- Maior durabilidade dos produtos;
- Alta eficiência, equipamentos de baixo consumo de energia;
- Leveza, estruturas de grande resistência;
- Miniaturização de componentes;
- Aumento de produtividade.

Atualmente é reconhecido que materiais apropriados para aplicações tribológicas sem lubrificação devam cumprir os seguintes critérios:

- Coeficiente de desgaste = volume desgastado / carga x distância de deslizamento;

$$K = \frac{V}{W \cdot L} < 10^{-6} \text{ mm}^3 \text{N}^{-1} \text{m}^{-1} \quad (1)$$

- Coeficiente de atrito = Força de atrito ( $F_F$ ) / Carga normal ( $W$ );

$$\mu = \frac{F_F}{W} < 0,2 \quad (2)$$

- O coeficiente de desgaste e o coeficiente de atrito não devem depender das condições operacionais (especialmente da velocidade e da temperatura) <sup>(3)</sup>.

Archard propôs, um modelo que embora simples ainda é uma valiosa expressão matemática fenomenológica para se determinar o volume de material removido no desgaste por unidade de distância percorrida no deslizamento,

$$Q = K \cdot \frac{W}{H} = \frac{(K.A.P)}{H} \quad (3)$$

onde:

$Q$  = volume de material removido ( $\text{mm}^3$ ) / distância percorrida (m).

$W$  é a carga normal sobre a superfície que desgasta,

$P$  é a pressão normal (carga normal por unidade de área nominal de contato entre as duas superfícies),

$A$  é a área nominal de contato,

$H$  é a dureza do material mais macio,

$K$  é o *coeficiente de desgaste* de Archard, é um número adimensional.

A Equação 3 é na verdade a forma dimensional mais simples de se relacionar corretamente a taxa de desgaste  $Q$  com a pressão média de contato e a dureza. Archard desenvolveu esta equação para o desgaste por deslizamento, mas posteriormente mostrou-se que também pode ser aplicada para o desgaste entre dois corpos abrasivo e que envolve escoamento plástico em que partículas angulares duras são arrastadas sobre uma superfície de contato <sup>(4)</sup>. O valor do parâmetro  $K$  pode ser usado para se comparar a severidade do desgaste do mesmo material sob condições diferentes, e comparar a resistência ao desgaste de diferentes materiais sob condições semelhantes. A escolha do material e do sistema tribológico influencia o valor do coeficiente de desgaste.

O desenvolvimento de técnicas para a minimização de material arrancado por desgaste abrasivo é de considerável importância econômica e, como consequência, um grande número de testes foram desenvolvidos com o objetivo de se conhecer a resistência dos materiais ao desgaste abrasivo em circunstâncias particulares e classificar os materiais para usos tribológicos e de uso geral <sup>(4)</sup>.

Para diversas propriedades mecânicas e físicas, contudo, a resposta de materiais em aplicações tribológicas muitas vezes não podem ser expressos por simples números. A performance relativa de diferentes materiais varia em diferentes aplicações tribológicas, dependendo largamente do mecanismo de desgaste particular que o determina.

Da Equação 3 acima pode-se notar que a taxa de desgaste  $Q$  (Volume por unidade de distância deslizada) depende apenas da carga normal, da dureza ou tensão de escoamento do material mais macio. Segundo Hutchings <sup>(5)</sup> esta é a única relação correta que é possível entre  $Q$ ,  $W$ , e  $H$ , mesmo havendo autores que afirmam que a perda de material é diretamente proporcional a velocidade de deslizamento entre as superfícies. O parâmetro  $Q$ , que é o volume retirado por unidade de distância deslizada, tem a dimensão de área e a quantidade  $W / H$  também representa uma área e é de importância básica em processos de contato, que é a área real de contato para a totalidade das asperezas plásticas <sup>(5)</sup>. O parâmetro  $K$  pode ser então interpretado como sendo a razão entre estas duas áreas.

O parâmetro  $K$  é uma constante para um dado sistema deslizante, então o volume ou massa de material perdido por desgaste deveria ser proporcional à distância deslizada (i.é,  $Q$  deveria ser constante) e se a carga normal  $W$  é variada então as taxas de desgaste deveriam variar na mesma proporção.

Segundo a literatura, foi observado mediante experimentos, que a perda de material por desgaste é de fato proporcional à distância de deslizamento. Contudo algumas vezes podem ocorrer transições no início do escorregamento até que se estabeleçam as condições de equilíbrio das superfícies, isto é, as taxas de desgaste durante este período inicial podem ser maiores ou menores do que a correspondente taxa de desgaste no equilíbrio, dependendo da natureza do processo.

A equação de desgaste de Archard fornece preciosos meios que descrevem o rigor do desgaste através do coeficiente K mas a sua validade não pode ser usada para afirmar a existência ou não de um determinado sistema de remoção de material.

A classificação relativa dos materiais para resistência ao desgaste depende das condições precisas sobre as quais o deslizamento ocorre. O desgaste por deslizamento pode ocorrer em todo tipo de material por vários mecanismos diferentes com transições entre diferentes mecanismos dominantes. Estas transições podem ser induzidas por estreitas mudanças na carga normal, velocidade de deslizamento, temperatura ou diferentes condições do meio ambiente <sup>(6)</sup>.

O desgaste de polímeros é determinado pela natureza dos materiais em contato, da superfície e das propriedades mecânicas, físicas e químicas dos materiais interagindo por atrito, dos parâmetros operacionais, da macro e micro geometria, e condições do meio de trabalho.

Pesquisadores mostraram que o desgaste dinâmico de sistemas polímero-polímero e polímero-metal são determinados por propriedades do polímero tais como, energia superficial, módulo de elasticidade, calor específico, condutividade térmica, e várias condições de operação <sup>(7)</sup>. Os modelos propostos para uma equação do desgaste têm expressado o Volume de desgaste como uma função de cada uma das variáveis de operação tais como carga/pressão, velocidade, duração/comprimento de deslizamento, ou incluindo propriedades como dureza da contraface, altura da rugosidade e resistência ao cisalhamento. Um esquema ilustrativo do sistema tribológico em questão é mostrado na figura 1 abaixo.

Uma equação para determinar a constante de desgaste foi desenvolvida <sup>(8)</sup> em termos das variáveis de escorregamento, pressão P, velocidade v, tempo T e propriedades do material: módulo de elasticidade E, energia superficial  $\gamma$ , condutividade térmica  $K_t$  e calor específico  $c_p$

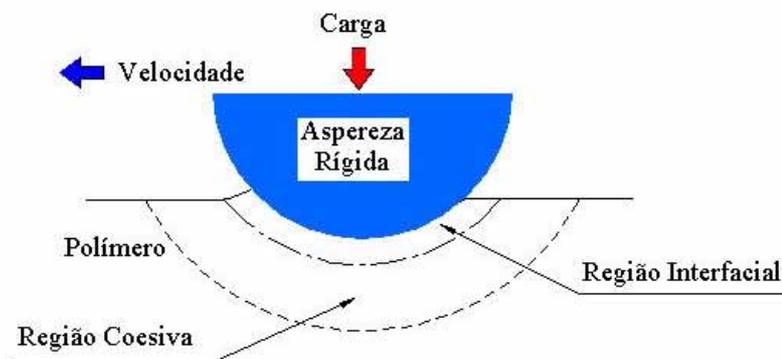


Figura 1 - Esquema ilustrativo mostrando a região interfacial e coesiva de uma rugosidade rígida deslizando sobre uma contraface polimérica.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Sendo o objetivo do ensaio determinar as propriedades de desgaste de compósitos poliméricos aditivados com lubrificantes sólidos para ser empregados futuramente em vedação de motores elétricos, adotamos o ensaio do tipo Pino sobre disco onde avaliamos o desempenho tribológico com várias combinações entre o material do pino e da contraface, além de variarmos a carga e a velocidade conforme tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de materiais dos discos ensaiados com as respectivas quantidades e cargas aplicada nos pinos em SAE 1045 Temperados.

<b>Carga (N)</b>	<b>Velocidade (m/s)</b>	<b>PTFE Puro (Qtde. de discos)</b>	<b>PTFE + 15% Grafite (Qtde. de discos)</b>	<b>PTFE + 15% Fibra de Vidro + 5% MoS<sub>2</sub> ( Qtde. de discos)</b>	<b>PTFE+60% Bronze (Qtde. de discos)</b>
19,5	1,0	5	3	5	6
29,5	1,0	5	3	5	3
29,5	1,5	---	----	3	3

Para o ensaio de desgaste Pino sobre Disco, dois corpos de prova são necessários. Um pino com a ponta na forma de uma calota esférica é posicionado perpendicularmente sobre o outro corpo de prova, usualmente um disco circular plano. Um suporte rígido para esferas também pode ser empregado no lugar do pino. A máquina de ensaio providenciará a rotação do disco em relação ao pino de modo que o pino descreve uma trajetória circular sobre o disco.

O pino é pressionado contra o disco na carga requerida através de pesos colocados diretamente sobre o mesmo. Os resultados são relatados na forma de perda de volume (em mm<sup>3</sup>) ou de massa (em gramas) separadamente para o pino e disco.

Tomando como base os parâmetros de ensaio da Tabela 1 foram ajustados o raio da pista de deslizamento, a rotação do porta amostras (disco) e o contador do número de voltas que foi programado para interromper o ensaio a cada 200 m percorridos para um total de 2400 m , de modo a permitir as tomadas de medidas intermediárias da perda de massa do pino e do disco. Estas medições eram precedidas sempre de uma completa limpeza dos corpos de prova, usando-se álcool etílico absoluto 99,5% e um pano. Antes da pesagem e após a limpeza os pinos foram secados em estufa para evitar que o solvente empregado na limpeza influenciasse nos resultados, podendo desta forma ser avaliada a perda de massa real dos CPs. Após os 2400 m prosseguiu-se até 5000 m sem interrupção, e realizado as devidas medições.

Fez-se um acompanhamento da temperatura atingida dentro da campânula , ou seja, próximo à região da superfície de contato entre pino e disco através de um termo-higrômetro. Foi anotada a maior temperatura atingida durante a execução do ensaio. A umidade foi controlada através do uso de sílica-gel, dentro da campânula e registrada através do termo-higrômetro.

A quantidade desgastada é determinada pela medida apropriada das dimensões lineares ou pela pesagem de ambos os corpos de prova antes e depois do ensaio.

## 5. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os ensaios foram realizados no laboratório de Tribologia o qual dispõe de um equipamento destinado a realização do ensaio de desgaste e atrito do tipo pino sobre disco segundo a norma ASTM G99-95<sup>(9)</sup>, conforme Figura 2. Além de uma balança analítica KERN 870, com resolução de 0,0001g, conforme Figura 3. Esta norma descreve o procedimento, a nível de laboratório, para a determinação do desgaste de materiais durante o escorregamento (deslizamento).



Figura 2 – Equipamento Pino sobre Disco.

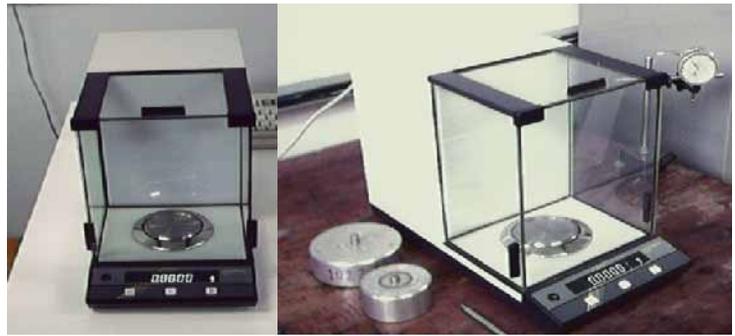


Figura 3 – Balança Analítica KERN 870, resolução de 0,1mg.

## 6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os mecanismos de desgaste nos discos de polímeros e nos compósitos, ensaiados no equipamento de pino sobre disco, podem ser observados nas micrografias apresentadas a seguir. Na Figura 4 apresenta-se a micrografia do PTFE puro antes do desgaste. Constata-se a presença de partículas, porosidades e microtrincas na morfologia da superfície. Esses defeitos afetam a resistência ao desgaste do PTFE. Na Figura 5 apresenta-se a micrografia do PTFE puro no início do desgaste. Constata-se a presença do mecanismo de desgaste por riscagem ou sulcagem, como também a natureza porosa da superfície

Na Figura 6 nota-se a presença, disposição e aderência das fibras de vidro na matriz, bem como as microtrincas no compósito PTFE reforçado com fibras de vidro (FV) e  $\text{MoS}_2$ .

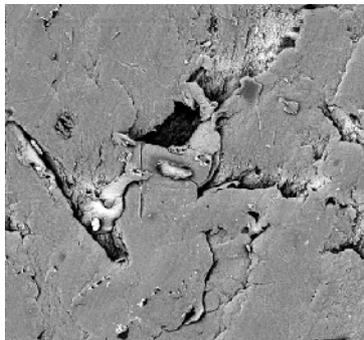


Figura 4 – PTFE puro na pista de desgaste. Aumento de 500x.

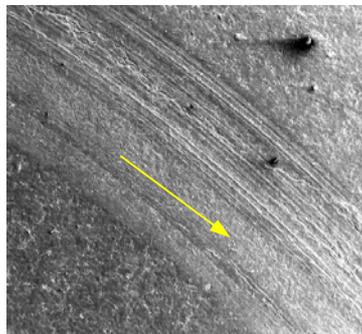


Figura 5 - Pista de desgaste do PTFE puro com de aumento de 50x

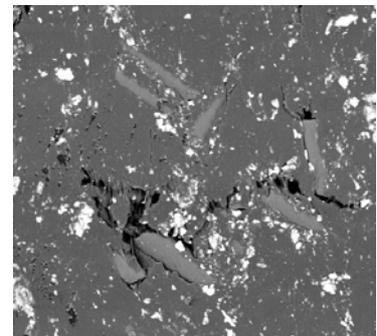


Figura 6 – Micrografia do PTFE +  $\text{MoS}_2$  + FV . Superfície antes do desgaste . Aumento 500x.

Na Figura 7 abaixo observa-se o efeito da adição de grafite no mecanismo de desgaste para a carga de 30 N: aumento da porosidade e delaminação de flocos.

Nas Figuras 8 e 9 podemos observar o processo de desgaste por microsulcagem e microusinagem nos materiais em PTFE reforçado com 15% Fibra de vidro aditivado com 5% de  $\text{MoS}_2$  e PTFE reforçado com 60% de Bronze. A presença da fibra de vidro dificulta o desgaste por microsulcagem e microusinagem.

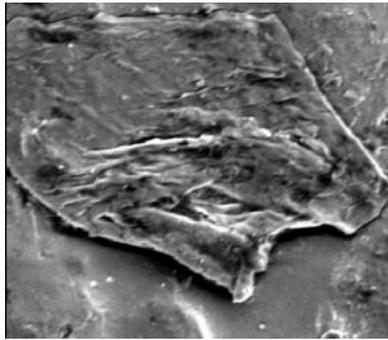


Figura 7 - PTFE + 15% Grafite após ensaio, carga 30N, distância de 5000m. Aumento 3000x.

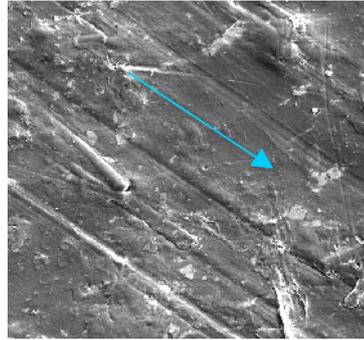


Figura 8 - PTFE com 15%FV e 5%MoS<sub>2</sub> . Pista após desgaste. Aumento de 500x. A carga normal : 20N.

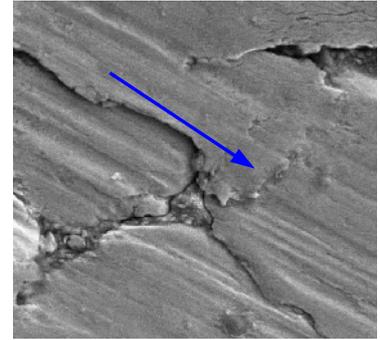


Figura 9 - PTFE + 60% Bronze ensaiado sob carga de 19,5N pino SAE 1045 velocidade deslizamento de 1,0 m/s. Aumento 1000x .

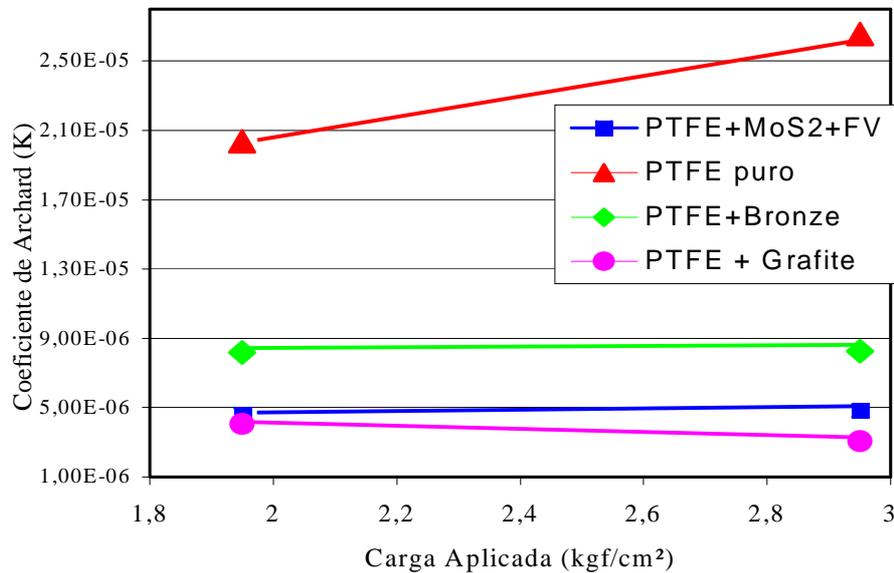


Figura 10 – Valores do Coeficiente de Desgaste K de Archad para os materiais ensaiados.

Na Figura 10 apresenta-se os valores médios calculados do coeficiente de desgaste K de Archad para as duas cargas normais utilizadas. A maior resistência ao desgaste foi do PTFE com grafite, e o menor foi o PTFE puro.

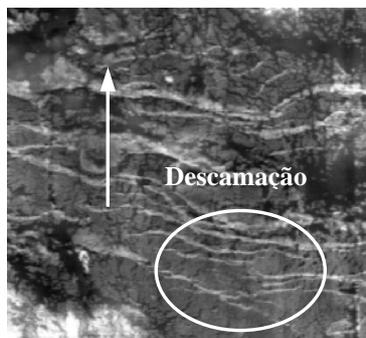


Figura 11 - PTFE com 15% Grafite. Pista após desgaste. Aumento 500x. A carga normal: 30N.

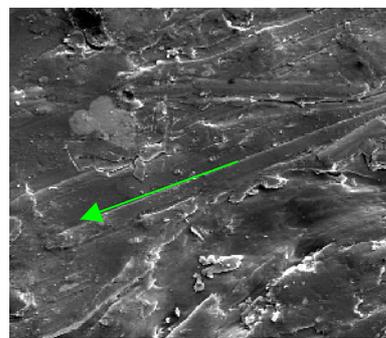


Figura 12 - PTFE com 15%FV e 5%MoS<sub>2</sub> . Pista após desgaste. Aumento de 500x. A carga normal : 30N.



Figura 13 - PTFE com 15%FV e 5%MoS<sub>2</sub> . Pista após desgaste. Aumento 500x. A carga normal é maior: 40N.

Na Figura 11 acima podemos observar claramente o efeito da delaminação provocado pelo contato com o pino em Aço SAE 1045 sobre disco em PTFE aditivado com 15% de Grafite para a carga de 30N. As Figuras 12 e 13 investiga-se o efeito da carga normal nos mecanismos de desgaste por microsulcagem e microusinagem do PTFE reforçado com fibra de vidro e MoS<sub>2</sub>. A presença da fibra de vidro dificulta o desgaste por microsulcagem e microusinagem. Já o aumento da carga produz um efeito mais severo nos mecanismos de desgaste microsulcagem e microusinagem como ser observado na Figura 13.

## 7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados experimentais da presente investigação do desgaste de polímeros e compósitos, podemos concluir da importância de se controlar adequadamente o meio ambiente que envolve os corpos de prova de teste, quanto a umidade relativa do ar. Notamos que para a carga baixa de 19,5 N e determinados valores de umidade, tem-se um comportamento bastante diferenciado quanto a resistência ao desgaste. Variações observadas na umidade relativa entre 50% a 70% pode dobrar o volume desgastado e, conseqüentemente, dobrar a taxa de desgaste. Portanto, de modo geral, o procedimento experimental das condições de teste e de pesagem é muito relevante nos resultados obtidos.

O uso da microscopia eletrônica de varredura na análise da superfície de desgaste dos materiais ensaiados é muito relevante para a pesquisa dos micromecanismos de desgaste, mostrando com clareza os defeitos e os tipos de mecanismos atuantes.

De modo geral, os mecanismos de desgaste dos polímeros e compósitos testados na presente investigação; PTFE puro, PTFE aditivado com grafite, PTFE reforçado com fibra de vidro e aditivado com MoS<sub>2</sub> ; são semelhantes aos mecanismos de desgaste dos metais: microsulcagem, microusinagem e delaminação de flocos. Entretanto, constatou-se que a influência da umidade relativa é bastante acentuada no desgaste dos polímeros e compósitos ensaiados que nos metais, para as cargas pequenas de 19,5 N.

A presença da fibra de vidro dificulta o desgaste por microsulcagem e microusinagem. Entretanto, aumenta a presença de porosidades e microtrincas. Já o aumento da carga para 29,5 N produz um efeito mais severo nos mecanismos de desgaste microsulcagem e microusinagem. O aumento da carga apresenta uma tendência em diminuir o efeito da umidade relativa sobre a taxa de desgaste.

O aumento da velocidade de desgaste de 1,0 m/s para 1,5 m/s teve uma influência em até 20% nos mecanismos e na taxa de desgaste.

Finalmente, analisando os resultados dos ensaios de Pino sobre Disco, podemos concluir que o material PTFE reforçado com 15% de Fibra de Vidro do tipo E e aditivado com 5% de lubrificante sólido Dissulfeto de Molibdênio (MoS<sub>2</sub>) juntamente com o aditivado com 15% de Grafite apresentam as melhores características quanto à resistência ao desgaste, sendo assim o mais indicado para ser utilizado na confecção de lábios de retentores para uso em motores elétricos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as empresas Du Pont pelo fornecimento da matéria-prima, a Brasflon pelo processamento dos compostos e a Denso do Brasil pelo apoio financeiro. Gostariam de agradecer também o apoio recebido da UDESC e do CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. HUTCHINGS, I. M., Wear-resistant materials: into the next century. **J. Mat. Sci. Eng.**, p.185-195, 1994.
2. BRESSAN, J.D. e Ribeiro, J., **Seleção de Materiais para Aplicações em Tribologia**. In: Congresso em Ciência de Materiais da Região Sul - SULMAT 2000, Joinville-SC, Set., 2000.

3. CZICHOS, H.; Klaffke, D.; Santner, E. e Woydt, M., Advances in tribology: the materials point of view. **Wear** , v.190, pp.155-161, 1995.
4. ZUM GAHR, K.H., **Microstructure and Wear of Materials**. Tribology Series. Vol.10, Amsterdam: Elsevier, 1987.
5. HUTCHINGS, I. M., **Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials**, Edward Arnold, 1992.
6. ASHBY, M.F., **Materials Selection in Mechanical Design**. Pergamon Press, 1992.
7. VISWANATH, N. e Bellow D.G., Development of an equation for the wear of polymers. **Wear**, 181-183 , p.42-49, 1995.
8. ZHANG, S.W., State-of-the-art of polymer tribology. **Tribology International**, v. 31, N<sup>os</sup> 1-3, pp. 49-60, 1998.
9. ASTM, Designation: **G99-95**; Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus, pp. 336-390, 1995.

## **STUDY OF WEAR IN SELF-LUBRICATING COMPOSITES FOR APPLICATION IN SEALS OF ELECTRIC MOTORS**

**Marcelo Kawakame**, Eng<sup>o</sup> Mat., M.Sc.

DENSO do Brasil Ltda. Rua: João Chede, 891 – CIC Curitiba-PR , CEP 81170-220

E-mail: MARCELO\_KAWAKAME@denso-diam.com

**José Divo Bressan**, Eng<sup>o</sup> Mec., M.Sc., Ph.D.

Campus Universitário Prof. Avelino Marcante S/N - Bom Retiro - Joinville - SC - Brasil - CEP: 89223 – 100, CX. Postal 631, E-mail: dem2jdb@joinville.udesc.br

### **Abstract**

In the present work, wear tests of polymers and polymers with additives in a pin-on-disk apparatus has been carried out. Normal load and velocity were considered variable in the wear tests. The friction and wear mechanisms are briefly reviewed. Various polymeric materials containing solid lubricants inside its microstructure were investigated. The self-lubricating characteristics of the added charge as well as the polymeric matrix were considered in the composite selection. Discs of pure PTFE, PTFE + graphite, PTFE + MoS<sub>2</sub> + glass fiber, PTFE + bronze, were tested against pins of SAE 1045 steel tempered. Pins of PTFE + MoS<sub>2</sub> + glass fiber were also tested against 1045 steel disks. In all tests, debris and flakes of worn materials were deposited in the pin counter face and these particles defined the wear mechanism. Through the analyses of micrograph taken by scanning electron microscopy, the following conclusion can be drawn: friction and wear in polymers are fundamentally different from the mechanism which occurs in metals and ceramics, although they are due to the same wear micromechanisms: microplowing, microcutting and delamination.

A parameter very important on wear resistance of polymers and composites is its strong dependence on environmental relative humidity and the normal load.

Among the tested materials, the composite PTFE with additive graphite or MoS<sub>2</sub> and glass fibers have presented the greatest sliding wear resistance.

**Key words:** Tribology, composites, pin-on-disc, wear, polymers.