



COMPORTAMENTO MECÂNICO DE COMPÓSITOS REFORÇADOS COM FIBRA PANOX E POLPA DE ARAMIDA EM MATERIAIS DE ATRITO.

Eng. Zaida Jova Aguila Msc.

Prof. Dr. Edison Bittencourt

Departamento de Tecnologia de Polímeros

Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP

Prof. Dr. Fausto Rodrigues Filho

Departamento de Projeto Mecânico

Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP.

Resumo: *O presente trabalho teve como objetivo avaliar as principais propriedades mecânicas de compósitos reforçados com PANOX (fibras de PAN oxidada) e polpa de aramida com a finalidade de serem aplicados em freios veiculares, como uma alternativa a mais, na busca de materiais de alto desempenho para a produção de materiais de atrito. Foram utilizados diferentes percentuais de aditivos e carga mineral. Os corpos de prova foram produzidos segundo os métodos e processos industriais correntes. Adotou-se o modelo geométrico da pastilha de freio N 209 utilizada em veículos VW Gol 1.6. Foram verificadas as principais propriedades mecânicas e se determinou o coeficiente de atrito através de ensaios tipo Krauss. Os resultados são comparados com um produto comercial em uso.*

Palavras chaves: *Materiais compósitos, materiais de atrito, resinas fenólicas, fibras de reforço, aramida, PAN oxidada.*

1. INTRODUÇÃO

A resina fenólica é universalmente utilizada na produção de material de atrito para freios de veículos rodoviários e ferroviários, constituindo-se em um excelente ligante na fabricação de compósitos, protegendo a superfície das fibras individuais e evitando alterações das propriedades no contato fibra-fibra. Apresentam baixo custo e resistência a produtos químicos e deformação a altas temperaturas. Pilato L. A. .Knop A.(1985)

A fibra de asbesto durante muito tempo foi amplamente utilizada como reforço em formulações de compósitos para materiais de atrito, porem na atualidade está proibida para esta finalidade devido ao efeito cancerígeno que provoca nos seres humanos.

Diversos recursos têm sido utilizados com relativo sucesso porem ainda não se conseguiu um material que substitua o asbesto adequadamente. Tendo em consideração a grande utilização dos reforços de fibra em processos industriais de outros produtos, dirigimos nossa pesquisa na avaliação da fibra de poliacrilonitrila oxidada e polpa de aramida para este fim.

A fibra de PAN, conhecida como um dos precursores da fibra de carbono, é um polímero inteiramente sintético e quimicamente homogêneo, com cadeias contínuas de carbono e cadeias laterais de nitrila dispostas a ciclização. É obtida principalmente a partir da copolimerização da acrilonitrila, seguida de fiação a seco ou a úmido e posterior oxidação ou estabilização à temperatura entre 200 e 300°C. Stron A.(1989)

A polpa de aramida (conhecida comercialmente como KEVLAR, TWARON, etc.) é obtida a partir da fibra de aramida cuja designação química é poli(p-fenileno) tereftalamida. Partindo da polimerização de p-fenileno diamida e tereftaloyl diclorídrico em solventes orgânicos, obtém-se um polímero solúvel somente em solventes altamente agressivos. O produto, na forma de polpa é composto de fibras curtas fibriladas. Matthews and Rawlings (1996).

No presente trabalho realizaram-se diferentes formulações com fibra de PAN oxidada, polpa de aramida, resina fenólica, carga mineral e diferentes percentuais de aditivos. Foram verificadas suas principais propriedades mecânicas estáticas e o desempenho em serviço; avaliado em laboratório através de ensaios tipo Krauss, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 6143, com a finalidade de obter um compósito com características próximas ao produzido comercialmente, para serem usados como pastilhas de freio automotivo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS DE ANÁLISE.

Os materiais utilizados têm as seguintes procedências e propriedades:

Fibra de PAN oxidada: Fornecida pelo Centro Técnico Aeroespacial apresenta 320.000 filamentos, massa específica de 1,35g/cm³, módulo de elasticidade 75 GPa e resistência à tração 1,22 GPa, sem tratamento de superfície;

Polpa de Aramida: fornecida pela Companhia Brasileira de Equipamento,(COBREQ), apresenta massa específica de 1,2 g/cm³, módulo de elasticidade muito alto (pode atingir valores de 83 à 186 Gpa) segundo o fabricante e uma área específica de superfície de 6 m²/g.

Resina Fenólica: F40-H09 tipo Resol, fornecida pela da Schenectady Brasil Ltda, massa específica 1,3 g/cm³;

Alumina, Grafite, Barita fornecidas também pela Companhia Brasileira de Equipamentos COBREQ.

Os primeiros quatro compósitos foram preparados com 10 % de fibra de PAN oxidado como material de reforço, com diferentes quantidades de aditivos e carga mineral. A falta de compactação e aglutinação dos diferentes constituintes, não permitiu a obtenção da pré-pastilha, e a formulação foi modificada com a adição de 2% de polpa de aramida e diminuição do percentual de PAN oxidado a 8%. Formularam-se mais 4 compósitos utilizando diferentes percentagens de cada fibra para avaliar o efeito da introdução da polpa, como mostra a tabela 1.

As peças foram produzidas pela COBREQ segundo os procedimentos industriais normais, que se constituem das seguintes etapas:

- Mistura e dispersão dos diferentes constituintes;
- Confecção dos pré - moldes por prensagem a frio, com carga de 60 toneladas;
- Prensagem a quente à temperatura de 128°C, por 6 minutos sob pressão, com carga de 200 toneladas;
- Pós cura à temperatura de 240°C por 6 horas.

Foram verificadas a dureza Gogan, a resistência ao cisalhamento e a densidade relativa. Os materiais foram então submetidos ao Ensaio tipo Krauss para obter as características de desempenho representadas pelo coeficiente de atrito e desgaste. Estes ensaios foram

realizados no Laboratório Ferroviário da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Os resultados obtidos são comparados com da pastilha comercial COBREQ para GOL 1.6.

3. RESULTADOS

A tabela 1 mostra os resultados obtidos com a formulação básica de 8% de PAN oxidada e 2% de polpa de aramida sob a influência de adição inicial de 80% de barita e a substituição de 15% de barita por grafite e alumina. Apresenta-se também para comparação dos resultados do material comercial.

Tabela 1 : Influencia dos Aditivos nas Propriedades dos Compósitos

Formula	Barita	Grafite	Alumina	Densidade	Coef. de Atrito	Desgaste	Resist. ao Cizalhamento	Dureza
	%	%	%	g/cm ³		G	Kg/cm ²	Gogan
I	80	-	-	0.70	0.37	0.79-1.02	2400	34-37
II	65	15	-	0.61	0.33	0.29-0.44	2400	70-70
III	65	-	15	0.67	0.47	0.98-1.50	2700	79-81
IV	65	7.5	7.5	0.68	0.41	0.11-0.16	2600	75-81
Comercial				0.53	0.34	0.39-0.48	1850	20-70

Em todos os casos utilizou-se 10% de fibra e de reina fenólica.

A utilização da barita eleva a densidade e o coeficiente com relação ao compósito comercial, assim como o desgaste das pastilhas

Com a introdução de grafite diminui a densidade a um valor intermediário, porém abaixa o coeficiente de atrito. O desgaste em peso da pastilha. mostra-se que o aumento em peso ao aumentar a densidade, é compensado com um bom desempenho de atrito e baixo desgaste em comparação com o material comercial.

A introdução de alumina em lugar de grafite muda o desempenho do coeficiente de atrito com relação ao desgaste. Neste caso a densidade aumenta e o coeficiente de atrito também aumenta, embora o desgaste da pastilha seja menor que com o uso só de barita e maior que da pastilha comercial. Isto significa que a vida útil da pastilha é maior que no caso da formulação I.

Já na formulação IV a substituição de parte da alumina por grafite não introduz mudanças significativas no valor da densidade, neste caso, o coeficiente de atrito diminui 15% com relação a formulação III. O grafite não exerce influência na densidade, embora seja um elemento importante na diminuição do coeficiente de atrito e o desgaste das pastilhas. O grafite não confere rigidez ao compósito. Aplacando-se um esforço sobre a fibra, os elétrons dos orbitais p do grafite permitem o movimento de uma camada sobre outra, um átomo e deslocado e substituído por outro identicamente igual. Este movimento de suas camadas é devido à sua estrutura planar. Esta propriedade é conhecida na industria como *efeito lubrificante do grafite*.

A Tabela 2 mostra a influência da variação dos tipos de fibras em cada formulação mantendo-se constante o tipo e a quantidade de carga mineral (barita).

Pode observar-se que à medida que aumenta o percentual de PAN oxidada nas formulações à densidade aumenta. Quando a fibra de PAN oxidada é de 3%, o coeficiente de atrito é baixo e os valores de desgastes altos, o que não constitui uma boa proposta já que a o tempo de vida útil do material é pouco com relação aos demais.

Tabela 2 : Influencia da Porcentagem de Fibra nas Propriedades do Compósito

Formula	PANOX	Aramida	Barita	Densidade	Coef. atrito	Desgaste	Resist. ao Cizalhamento	Dureza
	%	%	%	g/cm ³		g	Kg/cm ²	Gogan
V	-	10	80	0,24	0,36	0.79-1.55	3000	24-26
VIII	3	7	80	0,31	0,33	0.85-1.53	3600	20-20
VI	5	5	80	0,45	0,35	0.75-0.72	2600	22-24
VII	7	3	80	0,47	0,38	0.95-0.05	2700	30-31
Comercial	-	-	-	0,53	0,34	0.39-0.48	1850	20-70

Com 5% de PAN oxidada a densidade aumenta, e o atrito aumenta também, o que significa uma maior eficiência na frenagem com a diminuição do desgaste.

Com aumento do conteúdo de fibras de PAN oxidada a 7% o coeficiente de atrito diminui com relação à utilização de 5%, embora aumente a densidade e o desgaste, o que significa um aumento do peso com redução da eficiência na frenagem e aumento do desgaste.

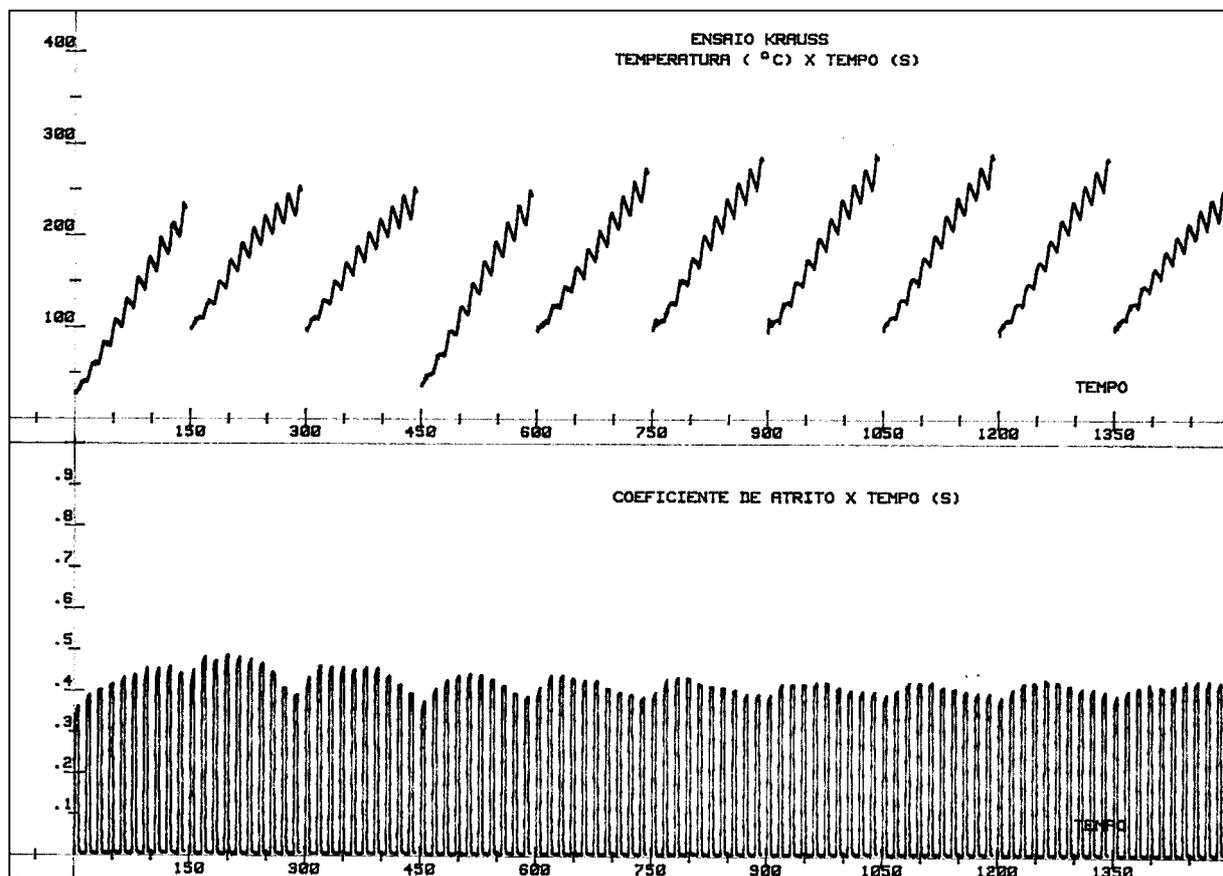


Figura 1. Comportamento do coeficiente de atrito de um das formulações durante o ensaio Krauss

Além de maior atrito e menor desgaste, a maioria das formulações apresentam comportamento mais estável durante todo o ensaio, sem grandes variações no comportamento, como se verifica na figura 1. As pastilhas comerciais costumam apresentar variações maiores.

Em todos os casos as pastilhas apresentaram bons resultados de dureza e resistência ao cisalhamento

4. CONCLUSÕES

Os compósitos formulados utilizando como material de reforço as fibras de PAN oxidada e polpa de aramida, apresentam boas propriedades físicas e mecânicas para o uso pretendido, das quais não foram possível obter quando utilizou-se somente fibra de Pan oxidada.

A polpa de aramida exerce uma forte influência na preparação e obtenção da estabilidade adequada dos pré-moldes.

De forma geral as formulações com 5% de cada fibra aparentam o melhor desempenho do coeficiente de atrito com diminuição do desgaste.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro; ao Centro Técnico Aeroespacial, na pessoa do Dr José Luís Gomes da Silva, pelo apoio e fornecimento da matéria prima e a Companhia Brasileira de Equipamento (COBREQ), pela manufatura dos corpos de prova.

5. BIBLIOGRAFIA

Gibson, R. F. ,Principles of Composites Material Mechanics.1994.

Hull, D. An Introduction to Composite Materials. Cambrigde Solid State Science Series.1988.

Matthews, F. L. , Rawlings, R. D. Composite Materials: Engineering and Science.1996.

Pardini.L. C. Tecnologia de Fabricação de Pré - Impregnados para Compósitos Estruturais Utilizados na Industria Aeronáutica. Revista Polímeros, Ciência e Tecnologia abril- junho 1996. p32.

Pilato L. A, Knop A . Phenolic Resins. Chemistry, Applications and Performances. 1985.

Strong, A.B. Fundamental of Composites Manufacturing: Materials, Methods, and Applications.1989.

MECHANICAL BEHAVIOR OF REINFORCED COMPOSITE MATERIALS WITH PANOX FIBER AND FIBRILADE ARAMID FOR BRAKE FRICTION MATERIAL

Abstract: *The present work had as objective to evaluate the main mechanical properties of composites reinforced with fibers of oxidized PAN and aramida pulp with the purpose of they be applied in vehicular brakes, as an alternative the plus, in the search of materials of high acting for the production of friction materials. They were used different percentile of addictive and mineral load. The test bodies were produced according to the methods and average industrial processes. The geometric model of the brake tablet was adopted N 209 used in vehicles VW Gol 1.6. The main mechanical properties were verified and the friction coefficient was determined through rehearsals type Krauss. The results are compared with a commercial product in use.*

Keywords: *Composite materials, brake friction materials, phenolic resin, reinforcement fibers, aramida, oxidized PAN.*