

19ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

TEMA: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

TÍTULO: Estudo em subsistemas de frenagem metroviária na Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A.: análise das propriedades tribológicas e reológicas das estruturas metálicas contidas nos discos de freio, para com aplicações em Espuma de Alumínio.

ESTUDO EM SUBSISTEMAS DE FRENAGEM METROVIÁRIA NA COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A.: ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TRIBOLÓGICAS E REOLÓGICAS DAS ESTRUTURAS METÁLICAS CONTIDAS NOS DISCOS DE FREIO, PARA COM APLICAÇÕES EM ESPUMA DE ALUMÍNIO.

*Fontealba, M.A.T.*¹

*Barbosa, L.F.*²

*Da Ana, M. B.*³

- ¹ Aluno Formando em Engenharia Mecânica, Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A./Centro Universitário Anhanguera de São Paulo – Unid.: BRIGADEIRO. matfontealba@metrosp.com.br ; marcos.fontealba@aedu.com
- ² Aluna Formanda em Engenharia Mecânica, Harley Davidson do Brasil Ltda./Centro Universitário Anhanguera de São Paulo – Unid.: BRIGADEIRO. larissa.barbosa@harley-davidson.com ; laree.again@gmail.com
- ³ Eng.º Prof.º Dr.º em Engenharia Naval e Oceânica – POLI/USP, Coordenador-Geral de Curso – Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia Mecânica - Centro Universitário Anhanguera de São Paulo – Unid.: BRIGADEIRO. mario.dana@aedu.com ; mario_dana@hotmail.com

Resumo

Neste Trabalho para apresentação em Congresso, pudemos constatar claramente como Objetivo para a correspondente análise, estudo e caracterização das propriedades tribológicas e reológicas, presente em estruturas metálicas do tipo “Espuma de Alumínio”, a sua importância em um contexto do uso deste material, para ser utilizado especificamente no trabalho de conclusão de curso do autor deste artigo, para com o desenvolvimento de um produto, na área de sistemas de frenagem metroviária, com o resultado desta pesquisa, será possível programar um produto de inovação tecnológica na frota F de trens, que são usados, na Linha 5 – Lilás, da Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A, com ênfase particular, no desenvolvimento e implementação de discos de freios, manufaturados com material de espumas metálicas, a ser inserido no sistema de frenagem, no conjunto da roda/sapata de freio, integrados na Roda, presente no truck e sistemas de movimento dos carros, bem como, o acionamento do componente de freios, presente neste conjunto, podendo desta forma, analisar, e, correlacionar, quais são os índices de atrito e escoamento de fluídos – (ar), existente entre o disco de freio com material de espuma de alumínio, com o ferro fundido da sapata de freio, bem como, a roda acoplada, especificamente, nessa frota F de trens da linha 5 – Lilás. Com isso, podemos estudar as suas respectivas variáveis de controle nestes processos, mensurar os resultados do uso e aplicações mecânicas, metalúrgicas e tribológicas, envolvendo os painéis “sanduíche” de espuma de alumínio, quando puderem estar presentes em ensaios destrutivos e não destrutivo, e, confrontar esses resultados existentes e avaliar qual o melhor coeficiente de atrito do material de espuma de alumínio presente nos discos de freios, observando suas características e possíveis alterações em ambas as estruturas.

Palavras-chave: *Espuma de Alumínio; Propriedades Tribológicas de Estruturas Metálicas; Análise e Caracterização de Materiais Metálicos; Sistemas de Frenagem Metroviária*

STUDY INTO SUBSYSTEMS BRAKING SUBWAY IN THE COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO S.A.: ANALYSIS OF RHEOLOGICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF METALLIC STRUCTURES CONTAINED IN BRAKE DISCS, WITH APPLICATIONS FOR ALUMINUM FOAM.

Abstract

This work for presentation at the Congress, we saw clearly how Aim for the corresponding analysis, study and characterization of the rheological and tribological properties, present in metallic structures such as "Aluminum Foam", its importance in the context of the use of this material for be used specifically in the work of completion of the author of this article, to the development of a product, in the area of braking subway systems, with the result of this research, it will be possible to program a product of technological innovation in the fleet of F trains, that are used on Line 5 - Lilac, Company of Metropolitan São Paulo SA, with particular emphasis on the development and implementation of brake discs, manufactured material with metal foams, to be inserted into the brake system, the set of wheel / brake shoe, integrated in the wheel, this truck in motion systems and cars, as well as the activation of the brake component, present in this set and can thus, analyze, and correlate, which are the rates of attrition and fluid flow - (Air) between the brake disc foam material with aluminum, cast iron brake shoe and the wheel coupled specifically, in this fleet F line trains 5 - Lilac .

With this, we can study their respective control variables in these processes, measure results and use mechanical applications, metallurgical and tribological involving panels "sandwich" of aluminum foam, when they can be present in non-destructive and destructive tests, and , confront these existing results and evaluate what the best friction coefficient of the material of aluminum foam present in disc brakes, noting their characteristics and possible changes in both structures.

Key words: *Aluminum foam; Tribological Properties of Metallic Structures; Analysis and Characterization of Metallic Materials; Subsystems Braking Subway*

1. INTRODUÇÃO

As estruturas sanduíches de alumínio, também conhecidas no inglês como *Aluminium Foam Sandwich – AFS* podem ser produzidas, por meio de uma variedade de formas, muito grande, que vão desde simples produtos planos até geometrias mais complexas, conforme nos mostra a Figura 1, nos itens (a), (b), (c), (d), descrevendo os respectivos produtos resultantes em espumas de alumínio, dependendo do processo de obtenção, neles utilizado.

As estruturas leves do tipo sanduíches podem, de forma bem exemplar, aperfeiçoar as propriedades de compressão, torção e flexão, além de ser um material com excelentes propriedades de isolamento acústico e térmico, devido a sua alta porosidade.

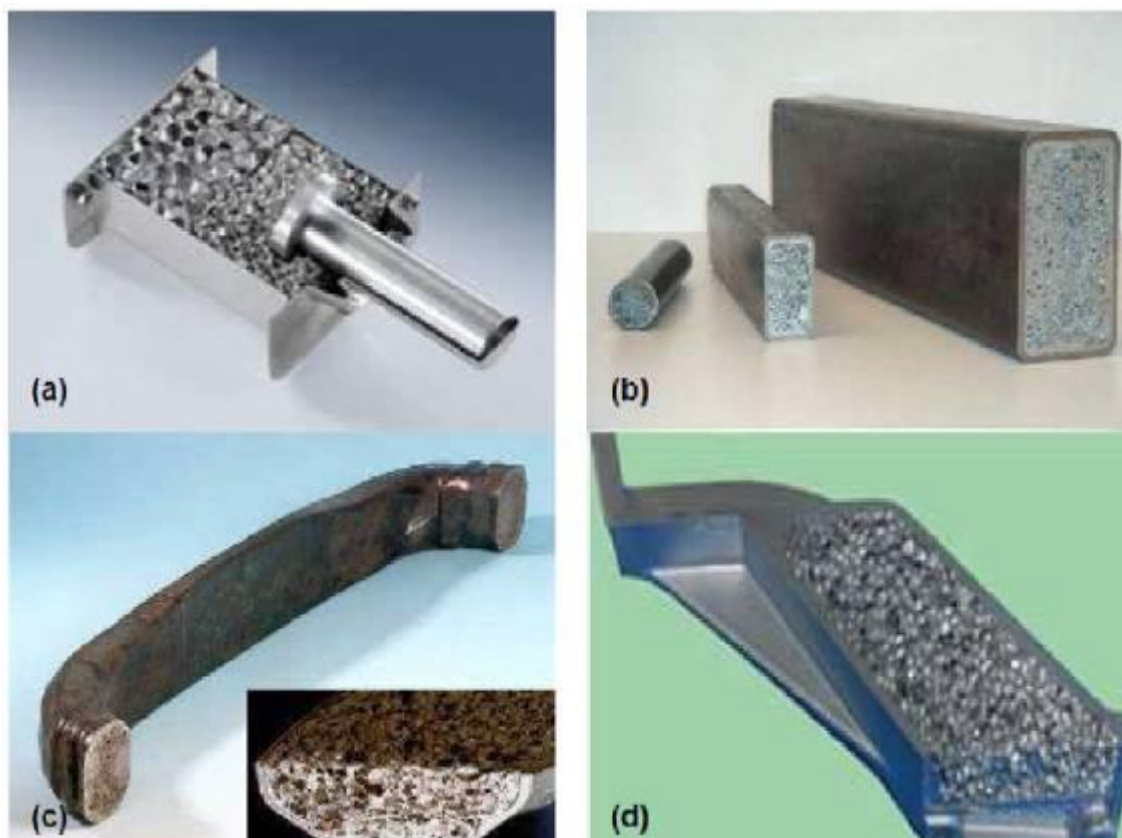


Figura 1: Exemplos de Aplicações Tecnológicas em Estruturas Metálicas, do tipo, Painéis "Sanduíche" de Espuma de Alumínio - (a) absorvedor de impactos; (b) perfis preenchidos de espumas metálicas; (c) barra de absorção de impactos automotivos; (d) suporte de motor automotivo. **Fonte:** <BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do Pó. In: Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais.: ABM, 2010. p. 677-687.3, JUL. 2010.>.

Varias destas companhias, estão desenvolvendo e produzindo esse tipo de material.

A Alulight® está, agora, produzindo um elemento de (*Crashabsorber – Absorvedor de Impacto Automotivo*) para a Audi, no modelo A6, com 100.000 peças por ano.

Esses materiais estão sendo utilizados em diversas aplicações industriais como, estruturas leves, implantes biomédicos, filtros, eletrodos, catalisadores, trocadores de calor e absorvedores de energia.

Esse aumento de interesse poderá ser visto pelo crescimento anual de 20% nas publicações desde 2000.

A Alcoa (EUA) iniciou no mercado de espumas de alumínio em 2006, apresentando um novo método de fabricação.

Atualmente no Brasil não há empresas fabricantes de espumas de alumínio, aumentando o interesse nas pesquisas do LdTM – Laboratório de Transformação Mecânica, da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; do LAMPS - Laboratório de Tixoconformação, da UNICAMP – Universidade de Campinas; e, do EFO – Divisão de Fotônica, do IEAV/DCTA/MD – Instituto de Estudos Avançados/Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial – Ministério da Defesa; visto existir, grandes possibilidades de aplicações industriais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste artigo para apresentação em Congresso, pudemos constatar claramente como objetivo para a correspondente análise, estudo e caracterização das propriedades tribológicas, presente em estruturas metálicas do tipo “Espuma de Alumínio”, a sua máxima importância em um contexto produtivo nacional do uso deste material, para ser utilizado especificamente no trabalho de conclusão de curso do autor deste artigo científico, para com o desenvolvimento de um produto e processos de inovação tecnológica, na área de sistemas de frenagem metroviária, haja vista que, com o resultado desta pesquisa, será possível, propor e programar um produto de inovação tecnológica na frota F de trens, que são usados, na Linha 5 – Lilás, da Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A, com ênfase particular, no desenvolvimento e implementação de discos de freios, manufaturados com material de espumas metálicas, a ser inserido no sistema de frenagem, no conjunto da roda/sapata de freio, integrados na Roda, presente no truck e sistemas de movimento dos carros, bem como, o acionamento do componente de freios, presente neste conjunto, podendo desta forma, analisar, e, correlacionar, quais são os índices de atrito, existente entre o disco de freio com material de espuma de alumínio, com o ferro fundido do disco de freio, bem como, a roda acoplada, especificamente, nessa frota F de trens da linha 5 – Lilás.

Com isso, podemos estudar as suas respectivas variáveis de controle nestes processos, mensurar os resultados do uso e aplicações mecânicas, metalúrgicas e tribológicas, envolvendo os painéis “sanduíche” de espuma de alumínio, quando puderem estar presentes em ensaios destrutivos e não destrutivo, e, confrontar esses resultados existentes e avaliar qual o melhor coeficiente de atrito do material de espuma de alumínio presente nos discos de freios, observando suas características e possíveis alterações em ambas as estruturas.

Como exemplo visual, podemos claramente ver que, conforme a Figura 2, o tipo de disco de freio a ser pesquisado, que é muito parecido com o que é mostrado abaixo.



Figura 2 - Disco de freio tipo "montado na roda", construído em Alumínio Laminado.

Fonte: <Romano, S. J. - Comparação de desempenho dos sistemas de freio de atrito tipo sapatilha-disco e sapata-roda para veículos ferroviários de carga. Orientador: Prof.º Dr.º Auteliano Antunes dos Santos Junior. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2003.>.

Quanto a viabilidade técnica deste Artigo Científico, podemos claramente dizer que, devido o autor deste artigo, desempenhar atividade profissional dentro do escopo da Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A., esta empresa, por meio de níveis gerenciais internos, o AUTORIZOU, por meio de IN – Instrumentos Normativos destinados a este fim, a poder se utilizar, em todo este contexto, de todos os possíveis laboratórios disponíveis, para que, de forma prática-empírica, possam se realizar a coleta de dados pertinente a esta pesquisa, bem como também, viabilizou poder realizar ensaios, tanto destrutivos, quanto não destrutivos, podendo ainda, realizar simulações numéricas e computacionais para promover o subsídio necessário para confirmação ou não, do objeto em estudo proposto.

Por meio de um contato pessoal e por e-mail, com os seguintes pesquisadores: Prof.^o Dr.^o Auteliano Antunes dos Santos Jr, e, da Prof.^a Dr.^a Maria Helena Robert, ambos pesquisadores da UNICAMP, tais pesquisadores, com NOTÓRIO SABER na Área em estudo deste artigo parcial, que são: Sistemas de Frenagem Metroviária, e, Aplicações e Desenvolvimento em Materiais Especiais – ESPUMA de ALUMÍNIO, responderam por e-mail, ser INVIÁVEL TECNOLÓGICAMENTE/ECONOMICAMENTE, a Aplicabilidade e Uso de tal MATERIAL, ESPUMA de ALUMÍNIO, na Manufatura de um PROTÓTIPO de DISCO de FREIO, em ESPUMA de ALUMÍNIO, isso, conforme informações constantes em Artigos Técnicos Publicados por um desses pesquisadores, no caso, a Prof.^a Dr.^a Maria Helena Robert, embora, no que diz respeito ao acesso ilimitado a obtenção de subsídios bibliográficos para pesquisa e leitura dos textos que se fazem necessários para consecução deste fim, bem como, indicando os melhores eventos científicos, tais como, congressos, simpósios, workshops, encontros científicos específicos, a IES – Instituição de Ensino Superior – Centro Universitário Anhanguera de São Paulo – Unidade: BRIGADEIRO, auxiliou-me e continua a me auxiliar em tudo que me propus para com a mesma.

Quanto a prototipagem e manufatura do produto projetado, podemos destacar que, no atual contexto, NÃO existe uma viabilidade técnica adequada para que isso possa ser realizado, pois, conforme e-mails enviados, e correlacionados dentro do contexto deste artigo científico, o autor deste artigo, ora informado acima, bem como o Orientador do mesmo, e, inclusive o Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica desta IES – Instituição de Ensino Superior, puderam verificar que, devido as características técnicas do material Espuma de Alumínio, ser bem restrito em suas Aplicações, embora, fora possível estabelecer esse estreito e firme contato com as seguintes IES – Instituições de Ensino Superior, elencadas abaixo:

- LAMPS – Laboratório de Tixioconformação Mecânica e Metalúrgica – Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade de Campinas – UNICAMP – Coordenadora Responsável: Prof.^a Dr.^a Maria Helena Robert.

- LF – Laboratório Ferroviário – Faculdade de Engenharia Mecânica – Universidade de Campinas – UNICAMP – Coordenador Responsável: Prof.^o Dr.^o Auteliano Antunes dos Santos Júnior.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estruturas sanduíches são uma nova classe de material, mais leve, que vem ganhando mais interesse e aplicações, visto um grande aumento de instituições trabalhando nesta área.

Com o estudo das características das propriedades tribológicas, aplicadas sobre sistemas de frenagem metroviária, pode mostrar-nos que, embora se trate de um material leve, podendo levar a redução de peso em estruturas em geral ganhado mais eficiência na absorção de energia em caso de impacto, o mesmo, segundo o trabalho apresentado pela Prof.^a Dr.^a Maria Helena Robert, intitulado: “ESPUMAS E ESPONJAS DE Al: FABRICAÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES”, apresentado no V - Congresso Internacional do Alumínio – 24 a 26 de abril de 2012 – São Paulo/SP, na página 2, quando no tópico 2. Propriedades de Metais Celulares, a mesma explica que, “uma das principais propriedades dos metais porosos é a sua elevada capacidade de deformação em compressão, o que os tornam excelentes candidatos a aplicações em componentes absorvedores de impactos, particularmente no setor automotivo. Em princípio, a limitada ação restritiva das finas paredes metálicas das células à deformações, dado o grande volume ocupado por vazios, resulta na elevada capacidade de absorção de energia e elevadas deformações plásticas a reduzidas tensões, que este material apresenta” – (Robert, M. H., 2012), e com isso, o seu coeficiente de atrito do disco de freio, frente à sapata, e, a roda, integrados, em um só conjunto, NÃO se MOSTRA muito eficientes, pois conforme nos diz, (Romano, S.J., 2003), na sua Dissertação de MESTRADO, com o Título: “Comparação de desempenho dos sistemas de freio de atrito tipo sapatilha-disco e sapata-roda para veículos ferroviários de carga”, a partir da página 7 até a página 12, e, posterior página 30, nos diz que: “No projeto dos sistemas de freio, especial atenção deve ser dada ao comportamento dos pares de atrito com relação à variação do coeficiente de atrito em função da temperatura. O objetivo é manter o valor da temperatura abaixo da condição limite que os materiais construtivos dos componentes suportam, garantindo assim a integridade dos elementos envolvidos na frenagem, quando submetidos a condições severas de aquecimento. Deve-se também manter o valor da força de atrito abaixo do valor limite da condição de aderência entre roda e trilho, assegurando-se o não deslizamento das rodas sobre os trilhos, o que acarretaria a diminuição da capacidade de frenagem pela mudança da condição de atrito estático para atrito dinâmico, além de comprometer a integridade das rodas pelo aparecimento de defeitos na superfície de rolamento”.

4. CONCLUSÃO

Diante disto, podemos dizer que, se fosse aplicado tal material – ESPUMA DE ALUMÍNIO, o mesmo, não contribuiria para uma melhor análise e disposições para a realização de manutenções corretivas e preventivas, nesses trens da frota F, da Linha 5 – Lilás, conforme assim se esperava.

O número de aplicações de série ainda é pequeno, mas existem promissores protótipos, que foram desenvolvidos recentemente.

A disponibilidade de Painéis “Sanduíche” de Espuma de Alumínio, através de várias empresas, pode vir a facilitar o desenvolvimento de novas aplicações.

Algumas novas abordagens para a tomada de decisão, no processo de análise e de estudo precursor no uso dos Painéis “Sanduíche” de Espuma de Alumínio, como utilizar o processo de Metalurgia do Pó, têm sido propostas.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelas seguintes instituições: IPADE / SAIC - Anhanguera Educacional S.A.; e, pela Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A. - METRÔ.

REFERÊNCIAS

1. Banhart, J. 2001. Prog. Mat. Sci. 46: 559–632
2. Banhart, J and Baumeister J. 1998. J. Mater. Sci. 33: 1431–1440
3. Ashby, MF et al. 2000. Metal Foams – A Design Guide. Boston: Butterworth-Heinemann
4. Gibson L.J. and Ashby, MF 1997. Cellular Solids, Cambridge: Cambridge University Press
5. Yu, C.-J, Eifert, H.H., Banhart, J, Baumeister J. 1998. Mat. Res. Innovat. 2:181–188
6. Baumeister, J, Banhart, J. and Weber, M. 1994 Process for manufacturing a metallic composite German Patent 44 26 627 C2
7. Banhart, J, Stanzick, H., Helfen, L., Baumbach, T., Nijhof, K. 2002. Adv. Eng. Mat 3: 407–411
8. Degischer, H.-P, Kriszt, B. 2002. Handbook of Cellular Metals, Weinheim: Wiley-VCH
9. Seeliger, H.-W. 2003. In 'Cellular Metals', J. Banhart, N.A. Fleck, A. Mortensen (eds), Berlin:MIT-Verlag, pp. 5-12
10. Matijasevic, B., Banhart, J, Fiechter, S., Görke, O., Wanderka, N. 2006. Acta Mater. 54: 503–508
11. Lehmhus, D. and Banhart J. 2003. Mater. Sci. Eng. A349: 98–110
12. Shabestari, S.G., Wanderka, N., Seeliger, H.W., Banhart, J. 2006. Materials Science Forum 519–521, 1221–1226
13. Schwingel, D., Seeliger, H.-W, Vecchionacci, C., Alwes, D., Dittrich, J. 2007. Acta Astro. 61: 326–330
14. Applied Light-weight Materials (alm), Saarbrücken Germany (www.alm-gmbh.de).
15. Alulight, Ranshofen, Austria (www.alulight.com)
16. AGS Taron, Boucherville, Canada (www.agstaron.com)
17. Robert, M. H. ESPUMAS E ESPONJAS DE Al: FABRICAÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES. Anais de Publicação Técnica do V - Congresso Internacional do Alumínio – 24 a 26 de abril de 2012. São Paulo, SP: [1-16], 2012.
18. FONTEALBA, M. A. T.; VASCONCELLOS NETO, L. C.. AFS - painéis sanduíche de espuma de alumínio: metalurgia, fabricação e aplicações. Anais do Seminário de Produção Acadêmica da Anhanguera, v. 02, cód. de acesso: 4088, 2012.
19. Romano, S. J. - Comparação de desempenho dos sistemas de freio de atrito tipo sapatilha-disco e sapata-roda para veículos ferroviários de carga. Orientador: Prof.º Dr.º Auteliano Antunes dos Santos Junior. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP: [s.n.], 2003.
20. BONALDI, Patrick Oliveira; SCHAEFFER, Lírio. Obtenção de Espuma Metálica de Alumínio via Metalurgia do Pó. In: Congresso ABM – INTERNACIONAL, 65., 2010, Rio de Janeiro. Anais.: ABM, 2010. p. 677-687.3, JUL. 2010.

DADOS DOS AUTORES:

Marcos Augusto Toassa Fontealba - Atualmente é METROVIÁRIO - O.T.M. - I - (Operador de Transporte Metroviário - I) - (GOP/OPE/CSU/CPR) - da Companhia do Metropolitano de São Paulo S.A. - METRÔ - São Paulo. Está cursando o Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Mecânica, no Centro Universitário Anhanguera de São Paulo - Campus: BRIGADEIRO, estando no 10º Período Semestral. Faz PESQUISAS Acadêmico-Científicas na Área de Metalurgia do Pó - Sub-Área: ESPUMA de ALUMÍNIO. Tem 31 anos.

E-mail: matfontealba@metrosp.com.br ; marcos.fontealba@aedu.com

Larissa Ferreira Barbosa - Superior Incompleto: formanda em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Anhanguera, Estagiária na Área de After Sales/Quality na empresa Harley Davidson do Brasil Ltda, 21 anos.

E-mail: larissa.barbosa@harley-davidson.com.