

ESTUDO PARA FABRICAÇÃO DE REFLETORES AUTOMOBILÍSTICOS UTILIZANDO MATERIAL COMPÓSITO TERMOFIXO E UM MATERIAL TERMOPLÁSTICO

Eliseu William de Souza
Gerson Marinucci

Av José Odorizzi 1555, Bairro Assunção – São Bernardo do Campo – SP
eliseu.polimero@usp.br
marinuci@ipen.br
SENAI Mario Amato – São Bernardo do Campo – SP
IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

RESUMO

O presente estudo visa avaliar os dois materiais poliméricos empregados na fabricação de refletores de faróis automobilísticos: o poli(éter imida)-PEI e o compósito poliéster/fibra de vidro na forma de BMC (bulk moulding compound)⁽⁶⁾, considerando os processos de fabricação e custo. São apresentadas também as vantagens e desvantagens de cada material considerando as propriedades mecânicas e térmicas.

Os refletores são fabricados pelo processo de injeção, que consiste em preencher a cavidade do molde, no caso o PEI é processado convencionalmente como um termoplástico e o BMC processado como um material termofixo (apenas o molde é aquecido). Foi possível identificar que o BMC oferece vantagens importantes sobre o PEI, tais como baixo custo, resistência térmica e estabilidade dimensional, o que pode ser evidenciado pelos de ensaios térmicos e mecânicos realizados no estudo.

Palavras chaves: compósito termofixo, BMC, PEI, refletores, reciclagem.

INTRODUÇÃO

O automóvel é um produto de grande importância presente nas mais diversas partes do mundo, sua produção e comercialização tem influencia na área econômica e ambiental. Em muitos casos é símbolo de *status* e facilita o transporte das pessoas em suas diversas atividades por conta do rápido

deslocamento. Um componente que representa a evolução do automóvel é o sistema da iluminação, cuja finalidade é proporcionar segurança, indicando a presença, posição, tamanho, direção e intenções do condutor. Além de iluminar a pista, a iluminação de um veículo permite a sinalização de mudança de direção e informação de possíveis problemas de manutenção. Essas funções são desempenhadas pelos faróis e lanternas, os quais segundo os manuais de tecnologia automotiva incluem farol de luz baixa, farol de luz alta, farol de neblina, farol auxiliar de luz alta, luz intermitente (indicador de direção), lanterna de estacionamento, lanterna de contorno/delimitação (veículos largos), farol diurno (quando exigido por lei, em países específicos)^{(1) (2)}.

A eficiência do farol está diretamente ligada à produção e à reflexão da luz. Os automóveis atuais usam como fonte de luz as lâmpadas incandescentes que atingem temperaturas próximas de 200 °C, e estas ficam bem próximas aos refletores. A substituição do metal pelo polímero é justificada pela maior produtividade, redução de massa e conseqüente economia de combustível, associada a ganhos ambientais e obtenção de geometrias mais complexas, dispensando a correção da reflexão pelas lentes. Existem automóveis cujos faróis dispensam as lâmpadas incandescentes pelo fato de usarem uma tecnologia baseada em diodos emissores de luz (LEDs), que aquecem muito menos e apresentam maior eficiência na geração de luz, mas tem o uso limitado por conta do custo ⁽³⁾. Atualmente a maior parte dos refletores é feita de BMC porque suportam as solicitações térmicas sem se deformarem, porém algumas empresas utilizam para confecção dessa peça materiais poliméricos termoplásticos como, por exemplo, o PEI.

MATERIAIS E MÉTODOS

O BMC é um material termofixo constituído basicamente de poliéster insaturado, monômero de estireno, fibra de vidro picada (25 mm), carbonato de cálcio, dióxido de titânio, octoato de cobalto, inibidores e catalisadores. Esses componentes são misturados mecanicamente e posteriormente são levados para uma máquina injetora para materiais termofixos, que irá formar os refletores num molde aquecido. O aquecimento do molde promove formação de ligações cruzadas ⁽⁴⁾ entre as diferentes macromoléculas (crosslinking)

proporcionando ao material elevada resistência mecânica e térmica. Além das ligações cruzadas, há interação do polímero com os reforços e cargas presentes na formulação. Após a injeção, os refletores são rebarbados, lavados, secos e recebem uma camada de verniz. A camada de verniz serve como um fundo para posterior aplicação de uma camada de alumínio, num processo chamado metalização à vácuo. Uma vez metalizados os refletores recebem uma nova camada de verniz para proteção da camada de alumínio. A metalização será responsável pela reflexão e direcionamento da luz.

O PEI é o material termoplástico de alto desempenho mais usado na confecção dos refletores, embora outros materiais termoplásticos possam ser usados para essa aplicação como, por exemplo, o polímero de cristal líquido, LCP e a polissulfona, PES ⁽⁵⁾. A obtenção de refletores com o uso do PEI é feita inicialmente com a secagem do granulado e injeção numa máquina injetora convencional para materiais termoplásticos que funde o polímero e injeta-o num molde com o formato do refletor. Os refletores são destinados posteriormente para metalização, onde é depositada uma camada de alumínio e posteriormente recebem uma camada de verniz. Os processos de confecção dos refletores, tanto de BMC quanto de PEI, foram realizados nas empresas que os produzem. A comparação de propriedades de ambos os materiais foram realizadas em corpos de prova. A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados no presente estudo.

Tabela 1 – Ensaios realizados nos corpos de prova de BMC e de PEI.

Ensaios Realizados	Norma	BMC	PEI
Determinação da resistência à tração	ISO 527	✓	✓
Determinação da temperatura de deflexão térmica	ISO 75	✓	✓
Determinação da temperatura de amolecimento Vicat	ISO 306		✓
Análise termogravimétrica – TGA	ASTM E 1131	✓	
Análise quantitativa por espectrometria de fluorescência de raios X	ASTM C 323 - 56	✓	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir das análises realizadas estão expressos nas tabelas a seguir. Na Tabela 2 estão expressos os valores encontrados no ensaio de determinação de resistência à tração.

Tabela 2 – Valores médios encontrados no ensaio de determinação de resistência à tração do BMC e do PEI.

	BMC	Desvio padrão BMC	PEI	Desvio padrão PEI
Tensão força máxima (N)	32	6	93	5
Tensão de ruptura (MPa)	29	8	83	7
Deformação específica (%)	0,8	0,4	7,7	0,9
Deformação de ruptura (%)	1,0	0,4	47,6	28,9
Módulo de elasticidade (MPa)	6254	650	2347	110

Nos valores apresentados de acordo com esse ensaio é possível observar que a resistência à tração na ruptura para o BMC é bem menor do que para o PEI, o que é acompanhado pela deformação, ou seja, embora o PEI tenha maior resistência à tração na ruptura, apresenta uma deformação muito maior que o BMC. Para um refletor a solicitação em termos de resistência à tração não é muito significativa, mas é interessante que caso esse material seja solicitado, não haja deformação. Os valores de deformação na ruptura e os respectivos desvios padrão evidenciam esse comportamento.

Os valores encontrados no ensaio para determinação da temperatura de deflexão térmica estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – Determinação da temperatura de deflexão térmica (HDT) do BMC e do PEI.

	BMC			PEI		
	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3
Tensão (kPa)	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Carga aplicada (g)	1229	1212	1068	872	872	872
Final do teste (mm)	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32
Final da deflexão (mm)	0,03	0,03	0,05	0,32	0,32	0,32
Temperatura (°C) de deflexão	265,8	266,2	266,2	184,4	185,3	184,1

Nos resultados obtidos foi possível a determinação da temperatura onde ocorre a deflexão dos corpos de prova do PEI, o que justifica o uso desse material para confecção de refletores. As cargas aplicadas diferem de um material para outro porque são de acordo com a espessura do corpo de prova. No caso do BMC a deflexão foi muito pequena e o ensaio precisou ser paralisado antes da deflexão estipulada pela norma pois atingiu-se a máxima temperatura permitida para o equipamento. Esses valores evidenciam a resistência térmica do BMC.

O ensaio para determinação de temperatura de amolecimento Vicat foi realizado apenas para o PEI. A justificativa para não realização desse ensaio para o BMC está no fato da pouca deformação desse material quando submetido ao ensaio para determinação da temperatura de deflexão térmica, que foi 0,03 mm, ou seja, a agulha de 1mm² de área não penetra 1 mm na amostra de BMC conforme determina a norma. Os valores encontrados no ensaio para determinação da temperatura de amolecimento Vicat estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 – Determinação da temperatura de amolecimento Vicat do PEI.

	Corpo de prova 1	Corpo de prova 2	Corpo de prova 3
Final da deflexão (mm)	1	1	1
Temperatura de amolecimento °C	198,3	198,8	199,6

A determinação da temperatura de amolecimento Vicat para o PEI evidencia a resistência térmica desse material quando comparado com outros materiais termoplásticos de engenharia o que justifica o uso do material para confecção de refletores.

A Figura 1 apresenta os resultados encontrados no ensaio de termogravimetria, no caso realizado apenas para o BMC pelo fato desse material ter em sua composição além do polímero termofixo teores de materiais inorgânicos.

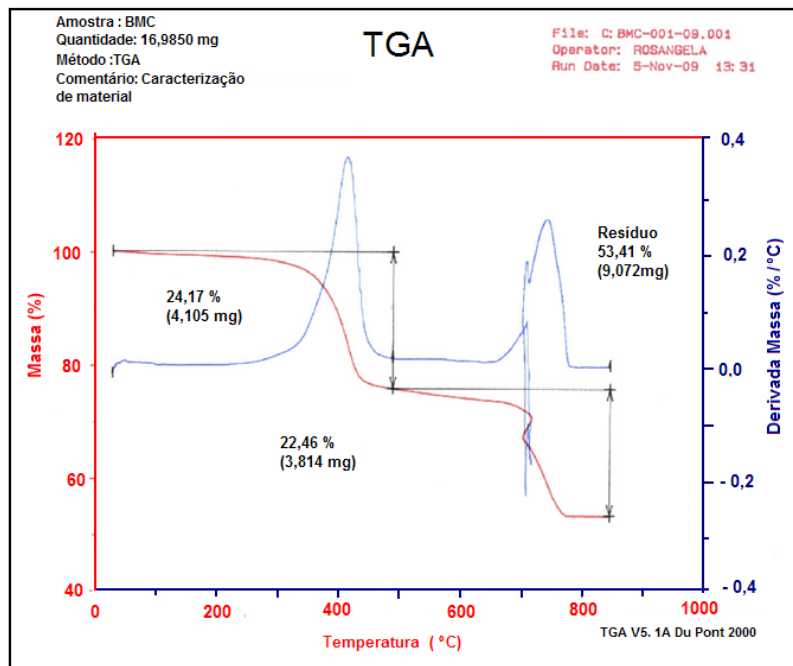


Figura 1 – Análise de termogravimetria – TGA de uma amostra de BMC.

O ensaio de TGA realizado na amostra de BMC permitiu a visualização da temperatura onde se inicia perda de massa por conta do aquecimento gradativo à uma taxa controlado. A perda de massa começa acentuar-se a partir dos 300 °C o que para um material compósito polimérico é significativo em termos de resistência térmica. Além disso, o ensaio detectou o teor de 53,41 % de inorgânicos oriundos da fibra de vidro e do carbonato de cálcio presentes na formulação.

CONCLUSÕES

A fabricação dos refletores em BMC envolve um número maior de etapas se comparadas à produção de refletores com o PEI. Isso representa um fator desfavorável, não só pelo aumento de custo, mas também pela maior possibilidade de defeitos na peça, o que gera descarte e conseqüente comprometimento da produtividade. O PEI por sua vez necessita de menos equipamentos para ser processado. Contudo, o preço dessa resina sendo elevado onera o produto tornando-o mais caro que o BMC. Outro aspecto positivo é que as sobras e descartes do processo podem ser recuperadas, o que acontece que não acontece com o BMC, em que as mesmas e até mesmo o produto final são destinados aos aterros sanitários, fato que contraria as políticas ambientais adotadas em muitos países.

Os ensaios realizados mostraram que a resistência à tração de ambos os materiais apresentou valores adequados para aplicação e a menor deformação do BMC e a maior resistência térmica o aponta como material mais indicado para fabricação de refletores. A perda de massa no ensaio de TGA comprovou a resistência térmica do BMC e a perda de massa só é iniciada em temperaturas bem acima da temperatura de trabalho de um refletor. O ensaio para determinação da temperatura de amolecimento Vicat pode comprovar que o PEI embora seja um material termoplástico também apresenta significativa resistência térmica.

REFERÊNCIAS

- 1- BOSCH. **Manual de Tecnologia Automotiva** - Distribution: SAE Society of Automotive Engineers. ISBN 0-7680-0669-4. 5th. Edition. 2000
- 2- ARTEB, Centro Tecnológico. **A História da Iluminação Veicular**. Encarte comemorativo 70 anos. São Paulo, 2004.
- 3- MARTINS, Eduardo Reginato, **Comparação entre os desempenhos de faróis automotivos convencionais e aqueles que empregam diodos emissores de luz**. São Paulo, 2005, 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005

- 4- CHANDA, Manas; ROY, Salil K.; ***Plastics Technology Handbook*** – New York CRC Press – 4º Edition – 2006
- 5- ROSA, Ederson Nunes; CECONE, Eduardo Christiano; FRATTA, Fábio; ENZENBERG, Jarbas, ***Polímeros de alto desempenho aplicados a refletores***, Trabalho de conclusão de curso de engenharia, Centro Universitário Fundação Santo André, 2008
- 6- MONK, J. F.; MORGAN, L. S., ***The manufacture of a new generation of headlamp reflectors***, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 1985 vol. 199 pt 3, pp 181-188

STUDY FOR MANUFACTURING OF AUTOMOTIVE REFLECTORS USING COMPOSITE MATERIAL AND THERMOPLASTIC MATERIAL.

ABSTRACT

This study aims to evaluate of two polymeric materials used in the making of automobile headlamp reflectors: poly (ether imide) - PEI and the composite polyester / glass fiber in the form of BMC (bulk molding compound) ⁽⁶⁾, considering their processes and manufacturing cost. Are also presented are the advantages and disadvantages of each material considering the mechanical and thermal properties. The reflectors are manufactured by the injection process, filling the mold cavity, where the PEI is conventionally processed as a thermoplastic and the BMC is processed as a thermoset material (only the mold is heated). It was possible to identify that BMC offers important advantages in comparison to the PEI, such as low cost, heat resistance and dimensional stability, which can be evidenced by thermal and mechanical tests made in the study.

Keywords: composite thermoset, BMC, PEI, reflectors, recycling