

**Influência dos expansores azodicarbonamida, bicarbonato de sódio e oxibis
(benzeno-sulfonil-hidrazina) na expansão da blenda de acrilonitrila-butadieno-estireno
com policloreto de vinila**

Influence of expanders azodicarbonamide, sodium bicarbonate and oxibis (benzene-sulphonyl-hydrazine) in expansion of acrylonitrile-butadiene-styrene with polyvinyl chloride blend

Márcio Rogério Silveira da Silveira¹, Edson Luiz Francisquetti^{1*}

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) -
Campus Farroupilha, Caxias do Sul, RS, Brasil.

*Orientador

Resumo

A expansão de um polímero é o processo no qual se introduz células de gás no interior da peça durante o processamento, é uma forma de enchimento que reduz a densidade do material. Este trabalho desenvolve e avalia uma espuma estrutural da blenda ABS/PVC moldada pelo processo de injeção, utilizando-se como agentes de expansão o azodicarbonamida, o bicarbonato de sódio, o oxibis(benzeno-sulfonil-hidrazina) e suas combinações em quantidades de aplicação de 0,45 e 1,05%. Foram produzidos discos, variando a quantidade e dureza do composto de PVC e o tipo e quantidade de expansor. Utilizando as técnicas da metodologia *Six Sigma* se identificou como relação de mistura ideal uma blenda contendo 60% de ABS e 40% de composto de PVC dureza 60 shore A, o melhor expansor identificado foi o azodicarbonamida e a melhor mistura de expansor foi a de azodicarbonamida com bicarbonato de sódio, a quantidade de aplicação com melhores resultados foi a de 1,05%.

Palavras-chave: ABS. PVC. Blenda. Expansão. Expansor. Processamento. Injeção.

Abstract

The expansion of a polymer is a process in which introduces the gas cells within the workpiece during processing, is a form what reduces the density of the material. This work develops a structural foam gives blend ABS / PVC molded by the injection process, using as blowing agent the azodicarbonamide, the sodium bicarbonate, the oxybis (benzenesulfonyl hydrazine) and their combinations in application quantities 0,45 and 1,05%. Discs were produced by varying the amount and hardness of the PVC compound and the amount and type of expander. Using the techniques of Six Sigma identified as an ideal mixing ratio one blend containing 60% ABS and 40% PVC compound hardness 60 shore A, best identified expander was azodicarbonamide and better mixing expander was of azodicarbonamide with sodium bicarbonate, the amount of application with the best results was 1.05%.

Keywords: *ABS. PVC. Blend. Expansion. Expander. Processing. Injection.*

Introdução

ABS é o terpolímero obtido pela copolimerização entre o acrilonitrila, o butadieno e o estireno (BRASKEM, 2002), é um termoplástico com características de engenharia, tem boa resistência mecânica e ao impacto, média resistência à temperatura, e é de fácil processamento, suas excelentes propriedades mecânicas são resultado da combinação e das propriedades de cada componente, a resistência química e a tenacidade são fatores atribuídos à presença de acrilonitrila, o butadieno é responsável pela boa resistência ao impacto, o brilho superficial, a rigidez e a facilidade de processamento são resultantes da presença do estireno no ABS (HASHEMI, SMITH, 2013).

A versatilidade do poli(cloreto de vinila) é função direta da gama de aditivos que podem ser incorporados à sua resina base (ALMEIDA, SOUTO-MAIOR, VINHAS, 2005), dependendo das substâncias adicionadas ao composto, e de suas quantidades, é possível moldar compostos em PVC com características especiais (INSTITUTO DO PVC, 2014).

A mistura de dois ou mais polímeros, forma uma blenda polimérica, e é um dos caminhos comercialmente mais importantes para o desenvolvimento de novos materiais, o principal objetivo destas misturas é a produção de materiais com alto desempenho sem o investimento em rotas de síntese (CORRADINI, 2004).

A expansão de polímeros é o processo no qual se introduz células de gás no interior da peça durante a fabricação do produto, é uma forma de enchimento que não reforça o material, a expansão é de grande interesse para a redução da densidade. As propriedades do expandido estão diretamente relacionadas com a densidade final obtida e ao processo de transformação utilizado (RABELLO, 2005).

O setor do processamento de termoplásticos é altamente competitivo e está voltado à melhoria contínua de seus processos e produtos com menores custos de produção e alto padrão de qualidade, diferentes materiais e tecnologias voltadas ao processamento por injeção permitem inovar e melhorar continuamente. Algumas geometrias de peças injetadas necessitam de estruturação com elevada massa, inviabilizando o processo, o ABS já é comumente usado para estas aplicações, é um material intermediário entre os *comodities* e os materiais de engenharia, o ABS possui um custo elevado quando comparado ao

composto de PVC, misturá-lo com um material de menor custo e expandir este material é uma evolução natural para o processo, o conhecimento de como fazer a mistura de materiais poliméricos, e também o conhecimento da aditivação para o processo de expansão química contribuem para a validação desta tecnologia e viabiliza a sua utilização.

O objetivo deste trabalho é obter um material com características de um expandido estrutural através do teste dos expansores azodicarbonamida, bicarbonato de sódio e oxibis (benzeno- sulfonil-hidrazina) aplicados a uma blenda composta dos polímeros ABS e PVC, e obter um material com densidade reduzida em relação aos polímeros base. Utilizando as técnicas da metodologia *Six Sigma* identificar qual a dureza de PVC e qual a relação de mistura ABS/PVC ideal para a blenda expandida, assim como identificar qual o melhor expansor e qual a quantidade ideal de aplicação no composto.

Materiais

- PVC, Norvic® SP 1300, fornecido pela Braskem;
- ABS, Polylac® PA – 747, fornecido pela Chi Mei;
- *Plastificante DOCH*, EK FLEX – 882, fornecido pela Elequeiroz;
- Óleo de soja epoxidado (OSE), fornecido pela Soybean Oil;
- Estabilizante térmico, Stavin 1808, fornecido pela Lubistab (BBC);
- Azodicarbonamida, fornecido pela Sinochem;
- OBSH, fornecido pela INNUA Petrochem Ltda;
- Bicarbonato de Sódio, Genitron TP BCH 51051, fornecido pela LANXESS;

Métodos

O planejamento e análise dos experimentos foi realizado segundo a metodologia *Six sigma*, utilizando o método 2^k , os fatores em estudo foram a quantidade de composto PVC presente na blenda, 40% nível (-) e 50% nível (+), a dureza do composto de PVC, 60 shore A nível (-) e 70 shore A nível (+), a presença de um expansor secundário em proporção de 1/3 do primário, sem expansor secundário nível (-) e com expansor secundário nível (+), e a quantidade de expansor aplicado, 0,45% nível (-) e 1,05% nível (+), para gerar um comparativo entre os expansores em estudo foram realizados experimentos em bloco, e como fator resposta a redução de densidade (%) em relação ao polímero base.

Para a fabricação das amostras foi necessário à preparação dos dois compostos de PVC, dureza 60 e 70 shore A, foram preparados e extrusados em uma extrusora de laboratório dupla rosca e co-rotante, utilizando-se a alimentação pelo *side-feeder*. Após utilizou-se o composto de PVC preparado e o ABS para extrusar a blenda, o ABS foi submetido a um processo de secagem em estufa durante 8 horas a 80°C, após pesados foram homogeneizadas em uma extrusora de laboratório dupla rosca, co-rotante. Para o processamento das blendas de ABS/PVC utilizou-se o alimentador principal (*main feeder*) para a alimentação da resina de ABS e o alimentador lateral (*side feeder*) do equipamento para a alimentação do composto de PVC.

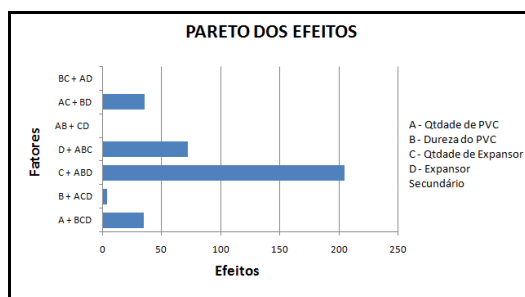
As composições das blendas de ABS/PVC e as diferentes combinações de expansores foram pesadas e misturadas manualmente. A injeção dos corpos de provas foi realizada em uma injetora com diâmetro da rosca de 55 mm, relação L/D de 21.

A caracterização das amostras foi feita pela determinação da densidade medidas segundo a norma ABNT NBR 14453, através do método dimensional.

Resultados

Os efeitos dos fatores ilustrados no Gráfico 1 foram obtidos através dos resultados da análise de um projeto fatorial 2^K com 4 fatores e fracionado com resolução IV (2_V^{4-1}), utilizando uma estratégia de blocagem para experimentar os expansores azodicarbonamida, bicarbonato de sódio, OBSH e suas combinações, e tendo como fatores à quantidade de PVC presente na blenda, a dureza do composto de PVC, a presença de um expansor secundário e a quantidade de expansor aplicado.

Gráfico 1: Efeito dos fatores na Expansão da blenda ABS/PVC



Fonte: O Autor (2016)

Os resultados demonstram que os fatores com maior efeito são a quantidade de expansor e a presença de um expansor secundário, e que a interação de maior significância para os fatores experimentados ocorre entre a quantidade de PVC e a quantidade de expansor confundida com a interação entre a dureza do PVC e o expansor secundário como ilustra o Quadro 1 (ANOVA), com o valor elevado do erro constata-se que à uma grande diferença de expansão entre os expansores e suas combinações.

Quadro 1: Tabela ANOVA dos efeitos na Expansão da blenda ABS/PVC

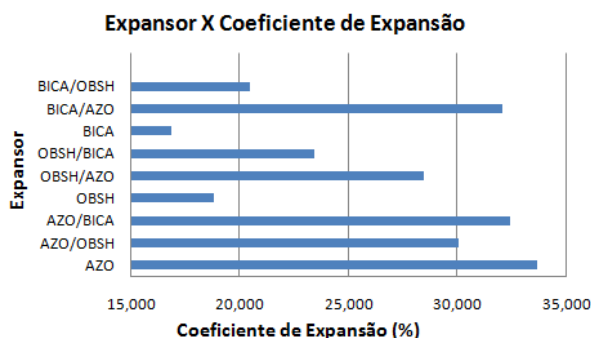
Fonte de Variação	Descrição	Soma dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Distribuição F (Calc)	Valor P	Distribuição F (TAB)
A + BCD	Qtdade de PVC	34,88	1	34,88	0,32247	0,5857	5,318
B + ACD	Dureza do PVC	3,88	1	3,88	0,03591	0,8544	5,318
C + ABD	Qtdade de Expansor	204,82	1	204,82	1,89382	0,2061	5,318
D + ABC	Expansor Secundário	72,60	1	72,60	0,67127	0,4363	5,318
AB + CD		0,02	1	0,02	0,00021	0,9887	5,318
AC + BD		35,93	1	35,93	0,33220	0,5802	5,318
BC + AD		0,02	1	0,02	0,00016	0,9901	5,318
ERRO		865,22	8	108,15			
TOTAL		1217,37	15				

Fonte: O Autor (2016)

Aos fatores de quantidade de PVC e dureza do PVC foi aplicado o teste de Fischer que demonstrou que não há diferença estatística significativa entre as médias das amostras quando relacionadas a estes fatores. Os expansores e/ou combinações foram avaliados através das médias das amostras obtidas e seu resultado é ilustrado no Gráfico 2.

O expansor que apresentou o melhor rendimento de foi o azodicarbonamida, a mistura de expansores com maior rendimento foi entre o azodicarbonamida e o bicabornato de sódio, com melhores resultados para 1,05% de aplicação, e aplicado a uma blenda de ABS/PVC com 40% de PVC dureza 60 shore A.

Gráfico 2: Diferença de efeito para os Expansores e Combinações



Fonte: O Autor (2016)

Discussão

As densidades das espumas estruturais produzidas através de expansão química estão na gama de 400-800 Kg/m³ isto representa uma redução de 20 a 40% da densidade com relação ao polímero natural (EAVES, 2004). As amostras que apresentaram acima de 20% de expansão possuem características claras de espumas estruturais, que se distinguem por uma pele com densidade igual ou próxima à do polímero não expandido, e um núcleo poroso (SHUTOV, 1986). Todas as amostras produzidas com misturas de expansores apresentam expansão acima de 20%, quando as propriedades exigidas não são satisfeitas por nenhum tipo de agente de expansão química, a mistura de dois ou mais agentes de expansão pode ser de grande utilidade, produtos da decomposição de um agente podem acelerar a decomposição de outro (RABELLO, 2000).

Considerações finais

Através deste trabalho foi possível identificar os componentes e as quantidades de aplicação com maior rendimento para a obtenção de uma peça expandida com características de uma espuma estrutural, a redução de densidade obtida pode ser otimizada com experimentos futuros, para que se possa utilizar este material em produtos

em linha de produção e para o real entendimento da influência dos expansores é necessário fazer análises térmicas, químicas e morfológicas, e relacionar os resultados com ensaios mecânicos de resistência à compressão, tração e impacto, em amostras com a mesma densidade, analisando as características do material em desenvolvimento.

Referências

ALMEIDA, Yeda M. B.; SOUTO-MAIOR, Rosa M.; VINHAS, G. M., **Estudo de Propriedades de PVC Modificado com Grupos Alquila e Benzila.**

BRASKEM. **Boletim Técnico:** Nº 3 – PVC. Revisão 1– jul/02.

CORRADINI, Elisângela; **Desenvolvimento de Blendas Poliméricas de Zeína e Amido de Milho.** Universidade de São Paulo, Ciência e Engenharia de Materiais, São Carlos, 2004.

EAVES, David; Handbook of Polymer Foams, Publisher: Smithers Rapra Press, 2004.

HASHEMI, Javad; SMITH, Willian.F..**Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais.** – McGraw Hill Brasil, 2013.

INSTITUTO DO PVC. **As principais características do PVC.**

RABELLO, Marcelo Silveira. **Aditivação de Polímeros.** São Paulo: Artliber Editora, 2000.

SHUTOV, Fjodor A.; **Integral / Strutral Polymers Foams – Technology, Properties and Applications,** 1986.