CRISTALIZAÇÃO DE PEAD VERDE: EFEITO DA TEMPERATURA DO MOLDE NA MOLDAGEM POR INJEÇÃO

Leticia de França (PIBIC/CNPq/UEPG), Benjamim de Melo Carvalho (Orientador),
e-mail: bmcarval@hotmail.com
Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais.

Engenharias – Engenharia de materiais e metalúrgica

Palavras-chave: otimização da injeção; estatística; cristalinidade.

Resumo

O presente projeto tem como objetivo o estudo da influência da temperatura do molde na moldagem por injeção na resistência mecânica e morfologia do polietileno de alta densidade (PEAD) verde. Foram analisadas três condições de injeção variando temperatura do molde. Estatisticamente, entre algumas condições houve variação significativa na influência da resistência ao impacto.

Introdução

Na década de 40, as máquinas injetoras eram utilizadas apenas para produção de pequenas peças (alguns gramas). À medida que aumentou a demanda e sucesso de novas aplicações passou-se a produzir peças mais complexas e de maiores tamanho.

Com isso, houve progresso dos equipamentos, como capacidade de injeção de elevado peso, modelos totalmente automáticos, entre outros. Isto requer combinação dos melhores níveis da injetora, o que necessita entendimento do processo de injeção, como por exemplo, os fatores que influenciam diretamente na peça moldada como o molde, máquina injetora, material plástico.

Neste presente trabalho, deu-se foco na influência da temperatura do molde. Sabe-se que moldes com temperaturas altas reduzem tensões internas devido a taxas de resfriamento mais lentas, superfícies com mais brilho e reduz marcas do fluxo do material, embora promovam ciclos mais longos. Enquanto que temperaturas mais baixas causam tensões internas devido às taxas de resfriamento maiores, superfícies com pouco brilho. Há casos em que quando o molde está muito frio ocorre quebra da peça na extração.

Com a crescente demanda de peças termoplásticas injetadas, juntamente, há preocupação de um futuro sustentável, por isto, o material utilizado neste trabalho foi o polietileno de alta densidade (PEAD) verde, o qual é um biopolímero derivado do etanol da cana de açúcar, matéria prima renovável, ao invés de ser produzido a partir do petróleo como os PEAD convencionais. Além disso, a grande vantagem do PEAD verde, é que ele colabora para a redução de gases causadores de efeito estufa, pois durante a sua produção há absorção e fixação do CO_2 da atmosfera.

Materiais e Métodos

Materiais

Utilizou-se polietileno de alta densidade (PEAD) verde, gentilmente cedido pela Braskem, que possui propriedades como densidade de 0,950 cm^3/g e índice de fluidez de 7,2 (190˚C/2,16kg).

Preparação das amostras

Na máquina injetora *BOY 55M* foram preparadas às amostras, em que foram injetadas a partir dos pellets do polímero. Trabalhou-se em três condições de injeção variando a temperatura do molde (35˚C, 45˚C e 55˚C). Os outros parâmetros da injetora permaneceram constantes durante as condições ($V_{injeção}$ = 90 cm^3/s; V_{rosca} = 100rpm; pressão de compactação = 160 bar; tempo de resfriamento = 15 s; perfil de temperatura: 230˚C/220˚C/200˚C/170˚C). Para cada condição foram injetadas pelo menos 10 corpos de prova de tração e impacto.

Caracterização térmica

As caracterizações térmicas foram feitas em dois DSC (calorimetria exploratória diferencial), em que foram preparadas duas amostras de cada condição com massa em torno de 7 mg, que foram colocadas no cadinho de alumínio.

No DSC 60 *Shimadzu* as amostras foram submetidas a aquecimento de 10˚C/min até 200˚C onde foram mantidas por 3 minutos, sendo resfriadas na sequência à 10˚C/min até 40˚C, sendo este ciclo repetido duas vezes para cada amostra. As corridas foram realizadas sob atmosfera de nitrogênio (50 mL/min).

A análise térmica em DSC Hot Stage *Linkam* foi realizada devido à capacidade de maiores taxas de resfriamento neste equipamento. As amostras foram programadas para serem aquecidas até 200˚C à uma taxa 50˚C/min mantida por 3 minutos e sempre depois de cada aquecimento foram resfriadas até 40˚C em diferentes taxas de resfriamento: 70˚C/min; 50˚C/min; 40˚C/min; 20˚C/min; 10˚C/min. Todas as corridas foram realizadas com atmosfera de nitrogênio dentro da câmara.

Caracterização mecânica

Foi realizado o ensaio de impacto Izod na máquina de ensaio de impacto *Zwick/Roell*, de acordo com as especificações da norma ASTM D256-10. Foram ensaiadas 10 amostras entalhadas de cada condição.

O ensaio de tração está sendo realizado nas amostras na máquina universal de tração *Shimadzu AG-1*, com velocidade de ensaio 50 mm/min. O procedimento do ensaio está sendo realizado de acordo com as especificações da norma ASTM D638-10.

Resultados e Discussão

A partir dos valores de entalpia de fusão obtidos na análise em DSC, foi calculado o grau de cristalinidade (%C) através da razão entre o valor de entalpia experimental pelo valor de entalpia teórica para o material 100% cristalino (290 J/g).

Estes valores de entalpia de fusão (média das duas amostras de cada condição) e grau de cristalinidade estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1 – Cristalinidade do PEAD obtida via DSC para as amostras injetadas nas diferentes temperaturas de molde.

Condição	Entalpia de fusão (J/g)	Cristalinidade (%)
1	196,5	67,8%

2	181,0	62,4%
3	190,7	65,7%

Em relação à análise não isotérmica em DSC Hot Stage, para cada taxa de resfriamento foram obtidas as seguintes curvas, mostradas na figura 1 a seguir.

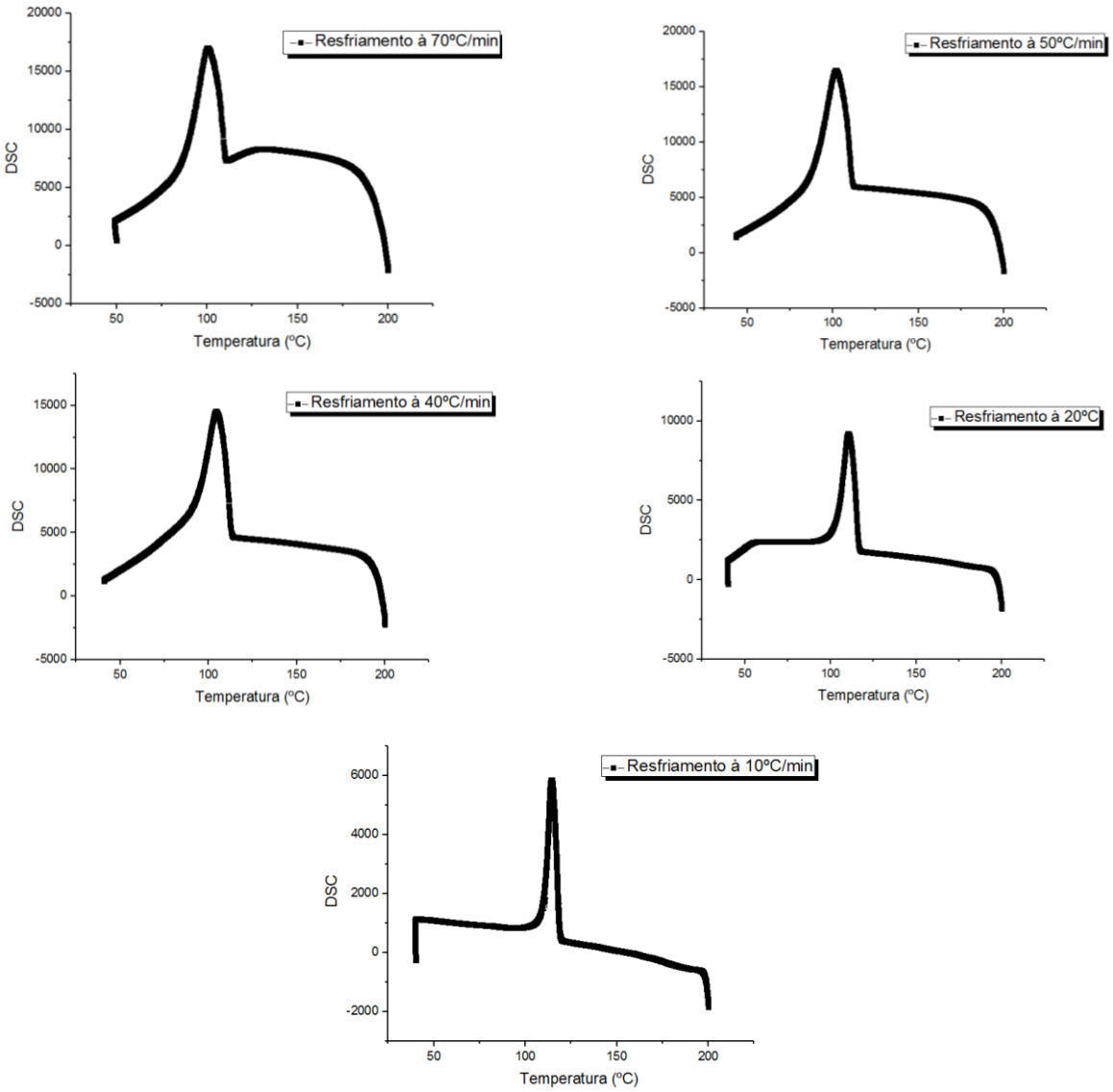


Figura 1 – DSC Hot Stage em diferentes taxas de resfriamento.

Analisando os gráficos acima, observa-se que a cinética de cristalização a partir do fundido variou de acordo com a taxa de resfriamento. À medida que a taxa de resfriamento aumentava, menores foram às temperaturas de cristalização. Por exemplo, na maior taxa de resfriamento (70ºC/min) a temperatura de cristalização foi próxima de 100ºC, enquanto que na menor taxa de resfriamento (10ºC/min) a temperatura de cristalização chegou próximo à 115ºC.

Em relação às análises mecânicas, as médias obtidas para as condições 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 56,1 J/m; 58,3 J/m e 58,6 J/m. Os valores do ensaio de impacto Izod das amostras foram analisados estatisticamente através do Teste de Fisher, que mostrou que houve variações significativas entre a condição 1 em relação às demais, para um intervalo de 95% de confiança. O teste aplicado está mostrado na figura 6.

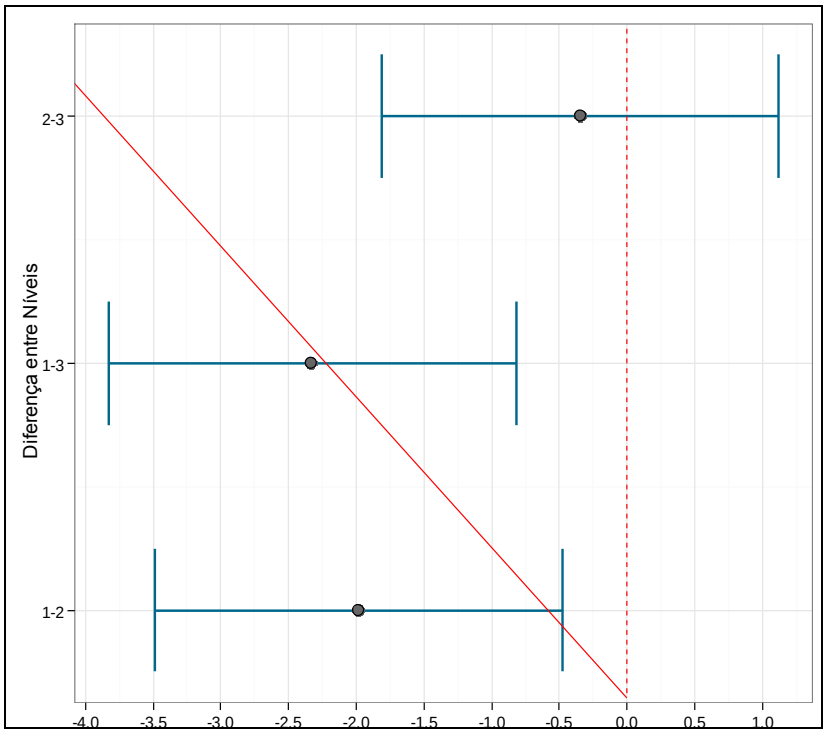


Figura 6 – Teste de Fisher aplicado aos valores de ensaio de impacto Izod.

Pela figura 6, viu-se que entre as condições 1-2 e 1-3 houve variação estatisticamente significativa, e apenas entre as condições 2-3 que não houve. Ou seja, a variação da temperatura do molde apenas entre as condições 2-3 não influenciou na resistência ao impacto. A maior variação entre as médias das condições foi de 4,3%.

Conclusões

Dentre as três condições injetadas, estatisticamente entre as condições 1-2 e 1-3 houve variação significativa na resistência ao impacto. Porém no ponto de vista de engenharia a variação foi de 4,3%, o que mostra que a variação da temperatura do molde não influenciou na resistência ao impacto de forma expressiva, ou seja, o processo é robusto, pouco sensível a mudanças deste parâmetro.

Agradecimentos

Agradeço à CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida e à Braskem que gentilmente doaram o polímero verde (PEAD).

Referências

HARADA, Julio. **MOLDAGEM POR INJEÇÃO:** Projetos e princípios básicos. São Paulo: Medialdéa, 1991.

Polietileno verde l'm Green. Disponível em: <http://www.braskem.com/site.aspx/PE-Verde-Produtos-e-Inovacao>. Acesso em: 17/08/2017.