

Tema: Iniciação científico-tecnológica

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE BLENDS DE ABS/HIPS PROVENIENTES DE CARÇAÇAS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS*

Mayara Gallego Cucchiara¹
Adriana Martinelli Catelli de Souza²

Resumo

Neste trabalho, blendas de ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) e HIPS (poliestireno de alto impacto) provenientes de carcaças de equipamentos eletro eletrônicos (EEE) foram estudadas. O material foi moído em duas granulometrias diferentes (uma fina e outra grossa). Os corpos de prova para ensaios de tração e impacto de blendas ABS/HIPS na proporção 50/50 (% em massa) foram obtidas diretamente por injeção variando-se a velocidade de dosagem (50, 150 e 300 mm/s) e a granulometria do material moído (fina e grossa). Os corpos de prova obtidos foram caracterizados quanto às suas propriedades mecânicas (resistência à tração e resistência ao impacto). As diferenças obtidas nas propriedades mecânicas foram avaliadas através da análise de variância (Anova-fator duplo com repetição). Observou-se que a velocidade de dosagem e a granulometria do material não afetaram significativamente os valores de módulo de elasticidade aparente e deformação na ruptura das blendas obtidas. Já a granulometria mais fina resultou em blendas com uma maior resistência à tração e maior resistência ao impacto, não importando o valor da velocidade de dosagem utilizada durante o processo de injeção.

Palavras-chave: Reciclagem; ABS; HIPS; Blendas.

INFLUENCE OF PROCESSING CONDITIONS ON MECHANICAL BEHAVIOR OF ABS/HIPS BLENDS OBTAINED FROM WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT

Abstract

In this work, blends of ABS (acrylonitrile butadiene styrene) and HIPS (high impact polystyrene) obtained from waste electrical and electronic equipment (WEEE) was investigated. The plastic residue WEEE was ground in two different particle sizes (fine and coarse particle size). The ABS/HIPS 50/50 blends specimens for tensile and impact tests were obtained directly by injection molding varying shot size (50, 150, 300 mm/s) and the particle size (fine and coarse particle size). The specimens obtained were characterized by tensile and impact tests. The mechanical properties differences were evaluated by analysis of variance (Two-Way Anova with replication). It was observed that shot size and the particle size did not affect significantly the values of elastic modulus and deformation at break of the blends obtained. The finer particle size resulted in blends with higher tensile and impact strength, no matter the value of the shot size used during the injection process.

Keywords: Recycling; ABS; HIPS; Blends.

¹ Graduanda do curso de Engenharia de Materiais, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

² Profa. Dra. do Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, SP, Brasil; amcsouza@fei.edu.br.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje as pessoas estão buscando mais rapidamente novidades de tecnologia para uma melhora de vários aspectos na vida moderna.

A demanda por equipamentos eletroeletrônicos (computadores, impressoras, celulares, câmeras digitais, etc.) cresce constantemente. No cenário da indústria brasileira, o setor eletroeletrônico vem se destacando, ocupando posições importantes e dinâmicas na estrutura produtiva [1]. No entanto, essa demanda acelerada resulta numa rápida obsolescência dos produtos e no seu descarte rápido, acarretando problemas ambientais importantes como o e-lixo ou resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) [2]. Atualmente os resíduos eletrônicos apresentam 5% de todo lixo produzido pela humanidade e apenas uma pequena parcela está sendo reciclada [1].

A reciclagem é uma alternativa à redução da quantidade de resíduos de equipamento eletrônico. Alguns países desenvolvidos têm investido em diversas áreas da indústria de reciclagem, pois além de reduzir os impactos ambientais, ações como estas possibilitam ampliação dos negócios, minimização do consumo de recursos naturais (diminuindo os impactos ambientais na extração dos materiais) e uma grande economia às empresas.

No entanto, existem várias limitações para a realização da reciclagem de matérias dos equipamentos eletrônicos como heterogeneidade de materiais que compõem o equipamento. Na área de reciclagem de carcaças (poliméricas) de equipamentos eletroeletrônicos, poucos estudos têm sido desenvolvidos nesta área, principalmente em relação à qualidade do material reprocessado. Estudos relacionados a análises de resíduos das carcaças de computadores e televisores revelaram que os materiais predominantes são o ABS (31%) e o HIPS (29%) [3]. Durante o processo de reciclagem mecânica, o resíduo plástico é obtido a partir de uma sequência de processamentos, que inclui a moagem e a separação do tipo de material polimérico por diferença de densidade [4]. O ABS e o HIPS acabam retidos juntos por possuírem densidades semelhantes [5]. Por este motivo o estudo da mistura mecânica destes dois materiais (blendas poliméricas) torna-se interessante [6].

Este trabalho tem como objetivo estudar o reprocessamento de carcaças de equipamentos eletrônicos e a influência das condições de processamento no comportamento mecânico de blendas fabricadas com ABS e HIPS.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a realização dos experimentos foram utilizados os polímeros ABS e HIPS provenientes de carcaças de equipamentos de eletroeletrônicos em desuso (carcaças de computadores, teclados etc). Estas carcaças foram cedidas pelo CEDIR (Centro de descarte de resíduos de informática), pertencente ao centro de computação eletrônica da USP.

2.2 Métodos

A identificação do tipo de material foi feita com auxílio do código de identificação de plásticos (ABNT NBR-13230). As carcaças foram cortadas em pedaços menores, lavadas e finalmente trituradas em um triturador. Foram obtidas partículas com dois

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

tamanhos diferentes que foram chamadas de grânulos grandes e grânulos pequenos.

As blendas não foram processadas na extrusora e passaram diretamente para o processo de injeção com o auxílio de uma injetora modelo Battenfeld HM 60/350, onde se obteve os corpos de prova para poder realizar os ensaios mecânicos. Antes da injeção, os grânulos dos dois materiais foram secos em uma estufa com ar circulante, na temperatura de 80°C por 4 horas.

Foram obtidos corpos de prova com a mesma composição de blenda polimérica (50%ABS 50%HIPS), porém feitos com diferentes condições de injeção (dosagem) e dois tamanhos de grânulos do material. A Tabela 1 apresenta as condições de injeção utilizadas e a Tabela 2 apresenta a composição e o tamanho de grânulos utilizados no processo de injeção.

Tabela 1. Respectivos parâmetros do primeiro procedimento de injeção.

	Estágio 1	195
Temperaturas (°C)	Estágio 2	205
	Estágio 3	210
Temperatura do bico	°C	215
Temperatura do molde	°C	50
Pressão de Injeção	Bar	700
Pressão de recalque	Bar	560
Tempo de resfriamento	s	40
Dosagem	mm/s	variável

Tabela 2. Composição e tipo das amostras submetidas ao primeiro processo de injeção.

Amostra	ABS (% massa)	HIPS (% massa)	Grânulos	Dosagem (mm/s)
1	50	50	Pequenos	50
2	50	50	Pequenos	150
3	50	50	Pequenos	300
4	50	50	Grandes	50
5	50	50	Grandes	150
6	50	50	Grandes	300

Ensaio de tração foram realizados com velocidade do travessão de 50 mm/min, utilizando-se uma máquina universal de ensaios Instron 5567, de acordo com a norma ASTM D-638 [7]. Ensaio de resistência ao impacto Charpy foram realizados utilizando-se corpos de prova com entalhe em V de 2mm de acordo com a norma ASTM 6110 (pendulo de 5,4J) [8].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à tração e impacto para as blendas obtidas diretamente através do processo de injeção.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de resistência à tração e impacto para as blendas obtidas diretamente através do processo de injeção

Tamanho dos Grânulos	Dosagem (mm/s)	Resistência à Tração (MPa)	Deformação na ruptura (%)	Módulo de elasticidade aparente (GPa)	Resistência ao Impacto (KJ/m)
Pequenos	50	33,77 (\pm 0,90)	10,59 (\pm 3,04)	2,49 (\pm 0,07)	7,22 (\pm 1,15)
	150	33,97 (\pm 0,72)	4,66 (\pm 2,10)	2,44 (\pm 0,02)	7,62 (\pm 1,22)
	300	33,36 (\pm 1,09)	11,29 (\pm 4,93)	2,46 (\pm 0,04)	6,42 (\pm 0,24)
Grandes	50	32,60 (\pm 1,18)	5,19 (\pm 2,21)	2,43 (\pm 0,09)	5,86 (\pm 0,19)
	150	32,48 (\pm 0,39)	9,58 (\pm 4,12)	2,44 (\pm 0,03)	6,05 (\pm 0,17)
	300	32,11 (\pm 1,12)	10,09 (\pm 6,21)	2,41 (\pm 0,05)	5,89 (\pm 0,22)

As diferenças significativas nas propriedades mecânicas das blendas (módulo de elasticidade aparente, deformação na ruptura, resistência à tração e resistência ao impacto) foram avaliadas através da análise de variância (Anova-fator duplo com repetição), adotando um nível de significância p (teste *t-student*) de 0,05% ou 5%. A Tabela 4 apresenta os resultados da análise de variância (Anova-fator duplo com repetição) das propriedades mecânicas avaliadas.

Pode-se observar que para as propriedades de módulo de elasticidade aparente e deformação na ruptura, o valor- p é maior que o nível de significância do teste (0,05) para as variáveis tamanho de grânulos, dosagem e interação entre as duas variáveis. Estes resultados indicam que, os valores destas propriedades mecânicas para as blendas obtidas não apresentam diferenças significativas. Portanto, tanto o tamanho dos grânulos quanto a dosagem não afetaram de modo significativo estas propriedades.

Já para os valores de resistência à tração e resistência ao impacto, o valor- p é menor que o nível de significância do teste (0,05) para a variável tamanho dos grânulos, indicando que o valor desta propriedade mecânica apresenta diferenças significativas. Através dos resultados da Tabela 3, pode-se concluir que o menor tamanho de grânulos resultou em blendas com uma maior resistência à tração e maior resistência ao impacto, não importando o valor da dosagem utilizada durante o processo de injeção.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Tabela 4. Análise de variância (Anova-fator duplo com repetição) das propriedades mecânicas das blendas obtidas diretamente através do processo de injeção

Propriedade	Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-p	F crítico
Resistência à Tração	Tamanho dos grânulos	12,75312	1	12,75312	11,55179	0,002365	4,259677
	Dosagem	1,46738	2	0,73369	0,664577	0,523705	3,402826
	Interação entre as variáveis	0,14462	2	0,07231	0,065498	0,936767	3,402826
	Dentro do grupo	26,49588	24	1,103995			
	Total	40,861	29				
Módulo de elasticidade aparente	Tamanho dos grânulos	5181,102	1	5181,102	1,329176	0,260306	4,259677
	Dosagem	1167,254	2	583,6271	0,149725	0,861742	3,402826
	Interação entre as variáveis	3649,654	2	1824,827	0,468147	0,63176	3,402826
	Dentro do grupo	93551,55	24	3897,981			
	Total	103549,6	29				
Deformação na ruptura	Tamanho dos grânulos	2,352	1	2,352	0,114744	0,737753	4,259677
	Dosagem	70,39592	2	35,19796	1,717152	0,200913	3,402826
	Interação entre as variáveis	134,87048	2	67,43524	3,289865	0,054617	3,402826
	Dentro do grupo	491,94892	24	20,49787			
	Total	699,56732	29				
Resistência ao Impacto	Tamanho dos grânulos	10,05723	1	10,05723	16,15879	0,000501	4,259677
	Dosagem	2,317247	2	1,158623	1,861541	0,177189	3,402826
	Interação entre as variáveis	1,51022	2	0,75511	1,213223	0,314825	3,402826
	Dentro do grupo	14,9376	24	0,6224			
	Total	28,8223	29				

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, as propriedades mecânicas de blendas ABS/HIPS 50/50 (obtidas diretamente por injeção variando-se a velocidade de dosagem e a granulometria do material moído) foram estudadas. As diferenças obtidas nas propriedades mecânicas foram avaliadas através da análise de variância (Anova-fator duplo com repetição). Observou-se que a velocidade de dosagem e a granulometria do material não afetaram significativamente os valores de módulo de elasticidade aparente e deformação na ruptura (em tração) das blendas obtidas. Já o menor tamanho de grânulos resultou em blendas com uma maior resistência à tração e maior resistência ao impacto, não importando o valor da velocidade de dosagem utilizada durante o processo de injeção.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário da FEI pelo auxílio financeiro e ao CEDIR da USP pelo fornecimento do material necessário para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 Pallone S. Resíduo eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação. Reportagem 10/02/2008. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/index.php?section=8&edicao=32&id=379&tipo=0&print=true>. Acesso em: 29 de setembro de 2013.
- 2 Macohin A. A sustentabilidade na informática – Reciclagem e Eliminação dos Produtos Tóxicos das Peças de Computadores. Centro Universitário Franciscano UNIFAE, São Paulo, 2007.
- 3 Schlummer M, Gluber L, Maurer A, Wolz G, Eidik R. Characterisation of polymer fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE) and implications for waste management. *Chemosphere*, 2007; 67: 1866–1876.
- 4 Spinacé MAS, De Paoli MA. Tecnologia da reciclagem de polímeros. Artigo – Instituto de Química – Universidade Estadual de Campinas, SP, 2005.
- 5 Cordeiro CC, Arroyo PA, Dos Santos DG, Neto CP, Muniz EC; Radovanovic E et al. Blendas de poliestireno de alto impacto pós consumo com um resíduo plástico gerado em usina de reciclagem. 2005. Anais do 8º Congresso Brasileiro de Polímeros, Águas de Lindóia, 2005.
- 6 Tarantilli PA, Mitsakaki AN, Petoussi MA. Processing and properties of engineering plastics recycled from waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Polymer Degradation and Stability*, 2010; 95: 405-410.
- 7 American Society for Testing Materials (ASTM) D638 -10 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.
- 8 American Society for Testing Materials (ASTM) D6110 -10 Standard Test Method for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.