

Efeito do compatibilizante PPgAA e do IF da fase dispersa nas propriedades mecânicas e morfologia das blendas de PA6/PP moldadas por compressão e injeção

P. Agrawal^{1*}, W. D. Araújo¹, S. I. Oliveira¹, A. W. Rodrigues¹, E. M. Araújo¹, T. J. A. Melo¹

¹Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande, Caixa Postal 10034, CEP 58109-970 Campina Grande/PB

(Recebido em 27/05/2006; revisado em 29/05/2006; aceito em 02/06/2006)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

Neste trabalho, o efeito do compatibilizante PPgAA e do índice de fluidez (IF) da fase dispersa (PP) nas blendas de PA6/PP obtidas através da moldagem por compressão e injeção foi investigado. Os resultados mostraram que as propriedades mecânicas das blendas obtidas através da moldagem por injeção foram superiores às aquelas obtidas através da moldagem por compressão. Para as blendas moldadas por compressão, quando o PPgAA foi adicionado à blenda de PA6/PP, houve uma melhora considerável na adesão entre as fases de PA6/PP. Por outro lado, para as blendas moldadas por injeção, houve apenas um leve aumento na adesão entre as fases de PA6/PP. A resistência ao impacto das blendas compatibilizadas foi maior do que aquela das blendas não compatibilizadas. Não houve influência do IF da fase dispersa nas propriedades mecânicas e morfologia das blendas de PA6/PP compatibilizadas.

Palavras-chave: Poliamida 6; polipropileno; blendas; compatibilizante.

Abstract:

In this work, the effect of the PPgAA compatibilizer and the melt flow index (MFI) of the disperse phase (PP) in Polyamide 6 (PA6) and Polypropylene (PP) blends obtained by both compression and injection molding was investigated. The results showed that the mechanical properties of the blends obtained by injection molding were superior to those of the blends obtained by compression molding. For the blends molded by compression, when PPgAA was added to PA6/PP blend, there was a considerable improvement in the adhesion between PA6/PP phases. On the other hand, for the blends molded by injection, there was only a slight improvement in the adhesion between PA6/PP phases. The impact strength of the compatibilized blends was greater than that of uncompatibilized blends. There was no influence of the disperse phase MFI on the mechanical properties and morphology of PA6/PP compatibilized blends.

Keywords: Polyamide 6; polypropylene; blends; compatibilizer.

* E-mail do autor: pankaj@ig.com.br (P. Agrawal)

1. Introdução

Blendas de poliamida 6 (PA6) e poliolefinas (PO) têm sido amplamente estudadas. Elas combinam as propriedades termo-mecânicas da PA6 com a fácil processabilidade e baixo custo das poliolefinas. Entretanto, estas blendas são imiscíveis devido à interação química desfavorável entre os polímeros constituintes. Uma forma de solucionar este problema é através da compatibilização reativa. Um compatibilizante, que pode ser um copolímero enxertado ou em bloco, reage com a PA6 formando um copolímero in-situ [1-8]. As blendas obtidas podem apresentar uma morfologia homogênea [5]. Na literatura, diversos compatibilizantes têm sido utilizados para as blendas de PA6 e PO. Dagli et al. [6] utilizaram o polipropileno enxertado com ácido acrílico (PPgAA). Eles concluíram que o PPgAA reage com os grupos terminais amina da PA6, podendo formar grupos anidrido ou grupos amida. Roeder et al. [7] estudaram a influência do polipropileno enxertado com anidrido maléico (PPgMA) na interface das blendas de PP/PA6. Eles concluíram que a adição de pequenas quantidades de PPgMA às blendas incompatíveis de PP/PA6, levaram a uma redução no tamanho das partículas da PA6 e a sua distribuição e dispersão na matriz de PP. Tedesco et al. [8] estudaram o efeito do PPgAA e do polipropileno funcionalizado com metacrilato de glicidila (PPGMA) como agentes compatibilizantes para as blendas de PP e PA6. Segundo eles, o PPgMA foi mais eficaz do que o PPGMA. Valenza et al. [9] estudaram as blendas de poliamida 6 e polietileno linear de baixa densidade funcionalizado com derivados de ácido metacrílico. Kelar & Jurkowski [10] estudaram a blenda de poliamida 6 e polietileno de baixa densidade (PEBD) funcionalizado. Primeiramente, o anidrido maléico foi enxertado ao polietileno de baixa densidade, através da extrusão reativa e, em seguida foi misturado à poliamida 6. Os resultados indicaram que a enxertia do anidrido no polietileno foi eficiente e que sua mistura com a PA6 formou um copolímero do tipo PEBD-g-PA6. Isto resultou numa redução significativa dos tamanhos das partículas da fase dispersa e uma melhora nas propriedades mecânicas. O objetivo deste trabalho é investigar o efeito do compatibilizante PPgAA e do índice de fluidez (IF) da fase dispersa (PP) nas propriedades mecânicas e morfologia das blendas de PA6/PPgAA/PP moldadas por compressão e injeção.

2. Experimental

2.1. Materiais

Os polipropilenos RP 141 (IF= 40g/10min), H 103 (IF= 40g/10min) e H 503 (IF= 3,5g/10min) foram fornecidos pela Braskem. O polipropileno enxertado com 6% de ácido acrílico (PPgAA) polybond 1001 (IF=40g/10min) foi fornecido pela Crompton. A poliamida 6 (PA6) C 216 natural foi fornecida pela Rhodia.

2.2. Preparação das Blendas

Antes de serem misturados ao PP, o PPgAA e a PA6 foram secados sob vácuo a 80°C por 24 h. As misturas foram realizadas em uma extrusora dupla rosca contrarrotativa e interpenetrante em temperatura de 240°C nas três zonas e 50rpm. A composição foi de 80/20 (% peso) para as blendas binárias de PA6/PP e de 80/10/10 (% peso) para as blendas ternárias de PA6/PPgAA/PP.

2.3. Preparação das Amostras

As amostras para os ensaios de resistência à tração e ao impacto foram moldadas por compressão e injeção. A moldagem por compressão foi realizada a 240°C sob pressão de 10 toneladas por 3 minutos. A moldagem por injeção foi realizada a 240°C, utilizando-se uma injetora FLUIDMEC, modelo H3040.

2.4. Propriedades Mecânicas

Os ensaios de tração foram realizados, em um equipamento LR 10K da LLOYD Instruments, operando a uma velocidade de 50mm/min de acordo com ASTM D 638. Os ensaios de resistência ao impacto Izod foram realizados em amostras entalhadas utilizando-se um equipamento do tipo RESIL 5,5 da CEAST e pêndulo de 2.75 J de acordo com ASTM D-256. Para cada ensaio foram utilizadas 10 amostras.

2.5. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As superfícies de fratura das amostras submetidas ao ensaio de resistência ao impacto foram cobertas com pó de ouro e analisadas por MEV, utilizando-se um equipamento SS X550 Super Scan da SHIMADZU. A tensão utilizada foi de 20,0 KV.

3. Resultados e Discussão

3.1. Propriedades Mecânicas

A Tabela 1 mostra as propriedades mecânicas das blendas obtidas através da moldagem por compressão.

Observa-se que o módulo (E) da blenda compatibilizada contendo PPH503 praticamente dobrou. Já as resistências à tração e ao impacto da blenda PA6/PPRP141 foram semelhantes às da blenda PA6/PPH503 e as resistências à tração e ao impacto da blenda PA6/PPgAA/PPRP141 foram semelhantes às da blenda PA6/PPgAA/PPH503, o que é um indicativo de que não há influência do índice de fluidez da fase

dispersa (PP) nas propriedades mecânicas. A resistência ao impacto das blendas compatibilizadas foi superior àquela das blendas não compatibilizadas, indicando que pode ter havido compatibilização reativa, i.e., a formação de um copolímero in-situ através da reação dos grupos ácidos do PPgAA com os grupos terminais amina da PA6.

Tabela 1: Propriedades mecânicas das blendas moldadas por compressão

Material	E(GPa)	RT(MPa)	RI(J/m)
PA6	1,25±0,17	47,7±2,4	26,1±8,4
PA6/PP RP141	1,15±0,07	31,7±1,7	53,4±28,0
PA6/PPH503	0,75±0,04	29,7±1,1	61,1±31,0
PA6/PPgAA/PP RP141	1,35±0,06	38,9±0,7	41,2±4,5
PA6/PPgAA/PPH503	1,45±0,05	40,9±0,8	36,8±7,9

E= Módulo; RT = Resistência à Tração; RI = Resistência ao Impacto.

A Tabela 2 mostra as propriedades mecânicas das blendas moldadas por injeção. Como na moldagem por compressão, as propriedades mecânicas das blendas não foram influenciadas pelo índice de fluidez da fase dispersa. A resistência à tração das blendas compatibilizadas foi inferior às das blendas não compatibilizadas. A resistência ao impacto das blendas compatibilizadas contendo PPH503 foi superior às da blenda compatibilizada contendo PP H103 e às das blendas não compatibilizadas. Era de se esperar que as blendas compatibilizadas apresentassem resistência ao impacto superior às das blendas não compatibilizadas, como ocorreu com as blendas obtidas através da moldagem por compressão. Isto pode ser explicado através da análise da morfologia. As propriedades mecânicas das blendas moldadas por injeção foram superiores àquelas das blendas moldadas por

compressão. As amostras não compatibilizadas moldadas por injeção apresentaram delaminação o que não aconteceu com as blendas não compatibilizadas moldadas por compressão. Uma possível explicação é que durante a moldagem por injeção a PA6 e os polipropilenos utilizados apresentam fluxos diferentes e maior orientação no sentido do fluxo, e um tempo de relaxação menor para a formação de uma morfologia definida como fase dispersa, conforme foi observado visualmente por meio da separação das fases ao longo da amostra. Com a adição do compatibilizante PPgAA, o problema de delaminação foi corrigido. Na moldagem por compressão, o tempo de relaxação é suficiente para que ocorra a formação completa de um sistema bifásico com uma fase dispersa definida, como pode ser observado através da morfologia (Figuras 1a e 1b).

Tabela 2: Propriedades mecânicas da blendas moldadas por Injeção

Material	E (GPa)	RT (MPa)	RI (J/m)
PA6	1,9±0,08	54,2±1,9	72,6±6,6
PA6/PPH103	1,8±0,12	41,0±2,3	87,6±1,7
PA6/PPH503	1,9±0,06	40,0±1,0	84,7±5,4
PA6/PPgAA/PPH103	1,3±0,27	32,6±1,6	79,6±6,4
PA6/PPgAA/PPH503	1,9±0,08	38,2±1,0	91,5±8,1

E= Módulo; RT = Resistência à Tração; RI = Resistência ao Impacto.

3.2. Morfologia

A Figura 1 mostra a morfologia das blendas de PA6/PP e PA6/PPgAA/PP moldadas por compressão. As figuras 1a e 1b mostram a morfologia das blendas de PA6/RP141 e PA6/PPH503 respectivamente. Observa-se que não há uma boa adesão entre as fases de PA6 e PP. Além disso, as blendas apresentam um tamanho médio

de partículas elevado. Quando o PPgAA foi adicionado (Figuras 2c e 2d) observa-se que houve uma melhora considerável na adesão entre as fases de PA6 e PP, além de uma redução no tamanho médio das partículas, melhorando a resistência ao impacto. As blendas contendo o PP RP141 apresentaram tamanho médio de partículas menor que aquelas contendo PP H503. Isto ocorre devido ao índice de fluidez (IF) do PPRP141 ser

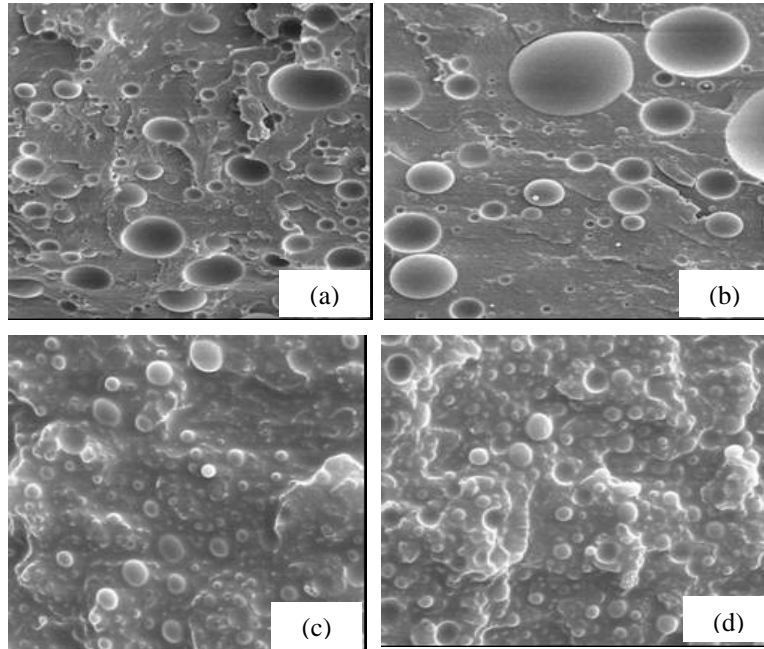
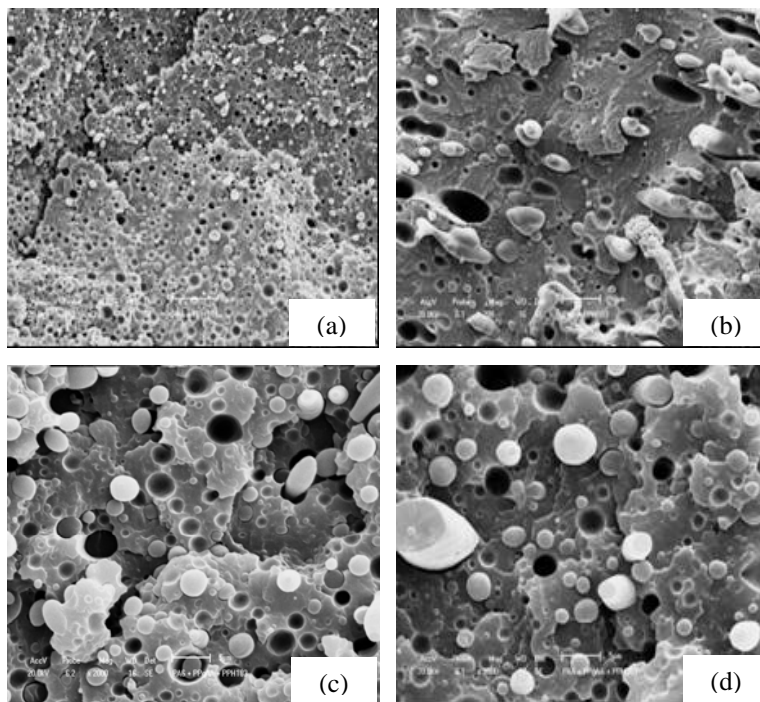


Figura 1: Micrografias das blendas moldadas por compressão: a) PA6/PPRP141; b) PA6/PPH503; c) PA6/PPgAA/PPRP141; d) PA6/PPgAA/PPH503



menor que aquele do PPH503. A Figura 2 mostra a morfologia das blendas moldadas por injeção. As Figuras 2a e 2b mostram a morfologia das blendas de PA6/PPH103 e PA5/PPH503 respectivamente. Observa-se claramente que a PA6 forma a fase contínua enquanto que o PP forma a fase dispersa com grandes domínios. Ao se adicionar o PPgAA (Figuras 2a e 2b), há uma leve melhora na adesão entre as fases de PA6 e PP e uma redução no tamanho médio das partículas, levando a um aumento na resistência ao impacto. Ao contrário do que ocorre com as blendas moldadas por compressão, não há influência do índice de fluidez da fase dispersa (PP) na morfologia das blendas.

4. Conclusões

O efeito do compatibilizante PPgAA e do índice de fluidez da fase dispersa nas propriedades mecânicas e morfologia das blendas de PA6/PP moldadas por compressão e injeção foi investigado. Para as blendas moldadas por compressão, a resistência ao impacto das blendas compatibilizadas com PPgAA foi superior àquela das blendas sem compatibilizante. O PPgAA melhorou consideravelmente a adesão entre as fases de PA6 e PP, além de reduzir o tamanho médio das partículas. O tamanho médio das partículas das blendas contendo PPRP141 (IF=40g/10min) foi menor do que aquele das blendas contendo PPH503 (IF=3,4g/10min). Para as blendas moldadas por injeção, as propriedades mecânicas foram superiores àsquelas das blendas moldadas por compressão. A resistência ao impacto da blenda PA6/PPgAA/PPH503 foi superior à da blenda PA6/PPgAA/PPH103 e à das blendas não compatibilizadas. Não houve influência do índice de fluidez da fase dispersa nas propriedades mecânicas e morfologia das blendas.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Braskem pela doação do Polipropileno, a Rhodia pela doação da Poliamida 6, a Crompton pela doação do PPgAA, a CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

- [1] Ebeling T., S. Norek , A. Hasan, A. Hiltner , E. Baer, J. Appl. Polym. Sci. 71 (1999) 1461.
- [2] Zhahoui L., X. Zhang , S. Tasaka , N. Inagaki, Mat. Lett. 48 (2001) 81.
- [3] Piglowski J. , I. Gancarz , M. Wlazlak , H.W. Kammer, Polymer 41 (2000) 6813.
- [4] Campoy I., J.M. Arribas, M.A.M. Zaporta, C. Marco, M.A. Gómez , J.G. Fatou , Eur. Polym. J. 05 (1995) 475
- [5] Sacchi A., L. Di Landro, M. Pegoraro , F. Severine, Eur. Polym. J. 40 (2004) 1705.
- [6] Dagli S. S. , M. Xanthos, J.A. Biesenberger, Polym. Eng. Sci. 34 (1994) 1720.
- [7] Roeder J., R.V.B. Oliveira, M.C. Gonçalves, V. Soldi , A.T.N. Pires, Polym.Test., 21 (2002) 815.
- [8] Xiaomin Z., L. Gang, W. Dongmei, Y. Zhihui, Y. Jinghua, Polymer 39 (1998) 15.
- [9] Valenza A., G. Geuskens, G. Spadaro. Eur. Polym. J., 33 (1997) 957..
- [10] Kelar K.. & Jurkowski, Polymer, 41 (2000.)1055.