

RADIAÇÃO IONIZANTE APLICADA AO PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS

PINO, E. S. ⁽¹⁾; GIOVEDI, C. ⁽²⁾

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) ⁽¹⁾

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – 05508-000 – São Paulo – SP – Brasil

Centro Universitário Lusíada (UNILUS) ⁽²⁾

Rua Armando Salles de Oliveira, 150 – 11050-071 – Santos – SP – Brasil

Fone (13) 3235-1311; Fax (13) 3221-4488

espino@ipen.br ⁽¹⁾; cgiovedi@hotmail.com ⁽²⁾

Resumo

Polímeros são responsáveis por grande parte da estrutura física do mundo em que vivemos. A ampla gama de aplicações dos materiais poliméricos sintéticos deve-se em grande parte a algumas de suas características ou propriedades como, por exemplo, baixa densidade, elevada resistência à corrosão, elevada resistência a produtos químicos e facilidade de fabricação de peças com diferentes formas e tamanhos. No entanto, no caso de aplicações específicas algumas propriedades dos polímeros precisam ser modificadas para adequar o material às exigências requeridas para seu uso final. O processamento por radiação ionizante representa uma importante alternativa aos processos químicos convencionais visando à melhoria das características e propriedades de materiais poliméricos. Os principais efeitos induzidos pela radiação ionizante em polímeros são: a reticulação e a degradação. Tais fenômenos provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e mecânicas dos polímeros, as quais podem ser direcionadas de modo a se obter materiais com características especiais. Uma das vantagens da utilização atual da radiação ionizante no processamento de polímeros reside no fato desta tecnologia ser considerada, atualmente, ambientalmente correta, uma vez que diminui a quantidade de aditivos químicos utilizados, de resíduos voláteis gerados e de energia consumida.

Palavras-chave: Radiação ionizante. Polímeros. Modificação de materiais. Feixe de elétrons.

1 INTRODUÇÃO

Polímeros são macromoléculas formadas pela repetição de unidades estruturais pequenas denominadas monômeros, unidas entre si por ligações covalentes, ou seja, por compartilhamento de elétrons.

Polímeros são responsáveis por grande parte da estrutura física do mundo em que vivemos [1]. Polímeros naturais como seda e algodão constituem a base das fibras utilizadas na confecção de roupas, enquanto que outros polímeros naturais como colágeno, proteínas, polissacarídeos e DNA, formam a estrutura dos tecidos vivos. Embora o primeiro polímero sintético só tenha sido sintetizado no início do século XX, o contínuo desenvolvimento no processamento e síntese de novos materiais nos leva a pensar que o estilo de vida atual não seria possível sem a utilização de polímeros, uma vez que eles vêm progressivamente substituindo materiais tradicionais como metais, madeira, papel, vidro e fibras naturais. Sendo assim, muitos dos utensílios domésticos, partes de automóveis, diferentes tipos de embalagens e roupas presentes no nosso dia-a-dia, hoje são manufaturados com materiais poliméricos.

Os polímeros industrialmente mais importantes são os plásticos e os elastômeros. Os plásticos podem ser moldados em diferentes formas e tamanhos, tendo assim inúmeras possibilidades de aplicação. Os elastômeros ou borrachas são polímeros que se deformam elasticamente e retornam à sua forma

original quando a força que os deformou é retirada. Estes materiais também têm inúmeras aplicações industriais.

Os métodos convencionalmente utilizados no processamento industrial de polímeros incluem o uso de aditivos químicos (reticulantes, catalizadores etc) e tratamentos térmicos. Estas operações requerem, normalmente, procedimentos complexos e constantes ajustes de processo de modo a se obter o produto com as características desejadas. Importantes fatores a serem considerados ao utilizar métodos convencionais no processamento de polímeros são a substancial liberação de produtos voláteis tóxicos no decorrer do processo e o elevado consumo de energia, fatores estes que geram significativos impactos ambiental e econômico [2].

A ampla gama de aplicações dos materiais poliméricos deve-se em grande parte a algumas de suas características ou propriedades, entre as quais merecem destaque: a baixa densidade, a elevada resistência à corrosão, o baixo coeficiente de atrito, as altas capacidades de isolamento elétrico e térmico, a elevada resistência a produtos químicos, além da facilidade de fabricação de peças com diferentes formas e tamanhos.

No entanto, os polímeros apresentam também algumas desvantagens em relação a outros materiais, dentre as quais se podem destacar: a baixa resistência à temperatura, a elevada capacidade de

combustão e propagação da mesma, e a degradação por ação da luz solar e outros fatores ambientais.

Neste sentido, inúmeras pesquisas têm sido realizadas visando ao desenvolvimento de novos materiais poliméricos e de técnicas alternativas de processamento destes materiais de modo a obter produtos com melhores propriedades físicas e químicas. Dentre essas formas de processamento incluem-se: a utilização de aditivos, a mistura de materiais (blendas poliméricas) e a utilização de radiação ionizante.

A radiação ionizante é a radiação transmitida por partículas de alta energia (partículas alfa, prótons, elétrons, nêutrons) ou ondas eletromagnéticas (raios X, raios gama) com energia suficiente para deslocar elétrons de valência de um átomo produzindo sua ionização [3, 4].

No caso do processamento de polímeros, os principais tipos de radiação ionizante utilizados são o feixe de elétrons e os raios X.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar a importância da radiação ionizante como um processo alternativo aos processos químicos convencionais visando à melhoria das características e propriedades de materiais poliméricos, bem como apresentar alguns exemplos de aplicações industriais já consolidadas.

2 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO IONIZANTE COM POLÍMEROS

A interação da radiação ionizante com polímeros é um processo complexo e aleatório que resulta na formação de moléculas ionizadas e excitadas, as quais posteriormente se recombinam ou dissociam produzindo radicais livres ou íons [2, 5], conforme esquematizado na Figura 1.

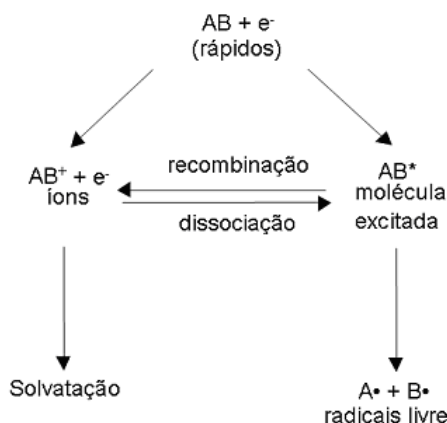


Figura 1 – Diagrama esquemático dos efeitos da interação da radiação ionizante com polímeros.

A formação de radicais livres é a etapa mais importante do processo de interação da radiação ionizante com materiais poliméricos, uma vez que esses radicais livres desempenham papel essencial nas reações químicas que ocorrem em polímeros irradiados.

As principais reações presentes no processamento de polímeros por radiação ionizante

são: a reticulação e a degradação. A irradiação de polímeros na presença de monômeros ou outros polímeros pode levar à formação de moléculas que incluem estes monômeros na cadeia macromolecular formando copolímeros ou também pode ocorrer a enxertia (grafting), que consiste na modificação de polímeros por meio da inserção ou inclusão de monômeros ou outros polímeros em posições laterais da cadeia polimérica principal. Estes processos são muito importantes, pois permitem a obtenção de novos materiais poliméricos. Ainda há outros efeitos da radiação ionizante em polímeros, entre os quais se podem destacar: a formação e liberação de compostos voláteis (H₂) e a formação de duplas ligações na estrutura molecular do polímero irradiado.

As reações de reticulação e degradação ocorrem sempre de forma simultânea e aleatória durante o processo de irradiação de polímeros, no entanto, sempre uma destas reações irá ocorrer em maior extensão. Os fatores determinantes na predominância de um destes processos são: a estrutura molecular do polímero e as condições em que o material é irradiado. Entre essas últimas, incluem-se: o tipo de radiação empregado, a dose e a taxa de dose utilizadas no processo de irradiação e o ambiente (temperatura, atmosfera) na qual a irradiação é realizada.

A reticulação (cross-linking) envolve a formação de ligações químicas entre as cadeias macromoleculares que compõem o polímero produzindo estruturas tri-dimensionais interligadas. Estas modificações estruturais, produzidas pela reticulação, aumentam a massa molecular do polímero traduzindo-se na melhoria das propriedades mecânicas, físicas e químicas do material reticulado. Devido aos fatos expostos, a reticulação, induzida pela radiação, é o processo industrial mais importante na área de processamento de polímeros. Portanto, as condições de processamento de materiais poliméricos normalmente são fixadas de modo a garantir que as reações de reticulação sejam predominantes.

A degradação produz a ruptura aleatória das cadeias macromoleculares que compõem o material levando à formação de cadeias menores, reduzindo-se assim a sua massa molecular. Em altas doses de radiação, podem-se obter até mesmo os monômeros do material polimérico [6, 7].

3 EFEITOS DO PROCESSAMENTO POR RADIAÇÃO IONIZANTE NAS PROPRIEDADES DOS POLÍMEROS

As reações induzidas pela radiação, sejam elas de reticulação ou de degradação, provocam alterações nas propriedades físicas, químicas e mecânicas dos polímeros irradiados. Entre as principais mudanças observadas, podem-se destacar: o melhor desempenho a altas temperaturas, a maior resistência a solventes, a maior resistência a esforços mecânicos (tensão, flexão, impacto e dureza) e as melhores propriedades isolantes, comparando-se ao mesmo material obtido por processos convencionais.

No caso da reticulação, os principais efeitos induzidos nos polímeros são: aumento do peso molecular do material em função da dose de radiação aplicada, maiores temperaturas de fusão e menor solubilidade em seus solventes específicos.

Em geral, pode-se considerar que polímeros reticulados por irradiação têm melhores propriedades físicas, químicas e mecânicas, daí a importância deste processo na modificação de materiais poliméricos. Além disso, o controle do grau de reticulação de polímeros sólidos, sem a necessidade de utilização de catalisadores ou tratamento térmico, é uma das maiores vantagens do processo de reticulação por radiação quando comparado a processos convencionais.

Já no caso da degradação tem-se a redução do peso molecular do polímero. Isto é muito útil, pois controlando rigorosamente as condições de degradação, é possível ajustar a massa molecular de alguns materiais poliméricos de modo a obter estruturas moleculares muitas vezes difíceis de se obter por meio de processos convencionais. A degradação é muito utilizada no tratamento por radiação de plásticos pós-consumo com o intuito de reciclagem.

4 ALGUMAS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DO PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS POR RADIAÇÃO IONIZANTE

O uso industrial da radiação ionizante no processamento de polímeros vem ganhando espaço devido às vantagens deste processo em relação aos métodos convencionais [2, 7]. A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicações industriais já consolidadas.

Um exemplo de utilização da reação de reticulação na melhoria das propriedades mecânicas de materiais poliméricos é a irradiação de lâminas de borracha utilizadas na manufatura das partes laterais de pneus, aumentando assim sua durabilidade e seu grau de segurança.

Outra importante aplicação da reticulação no processamento de polímeros é a melhoria das propriedades de isolante térmico do material irradiado, o que garante a sua utilização em temperaturas mais elevadas. Em decorrência disto, a reticulação por radiação de fios e cabos elétricos apresenta atualmente um mercado consolidado com amplo potencial de expansão, como também é o caso da reticulação de materiais utilizados na confecção de tubulações de água quente aplicadas na construção civil. Nesse sentido, inúmeros outros materiais poliméricos de alto desempenho como, filmes retráteis e revestimentos, têm sido desenvolvidos, representando assim um competitivo mercado em expansão.

Outra importante aplicação da radiação ionizante é a cura (reticulação) de materiais compósitos formados por diferentes tipos de fibras e matrizes poliméricas. A gama de aplicação desse tipo de material vem crescendo dia-a-dia devido à sua elevada resistência mecânica e a facilidade de produção de peças com diferentes geometrias e dimensões.

A radiação ionizante também pode ser aplicada na reticulação de diferentes tipos de elastômeros, tais como látex e estireno-butadieno, visando à melhoria de suas propriedades mecânicas.

Já no caso da degradação, podem-se citar como exemplos de materiais que sofrem este tipo de efeito ao serem expostos à radiação ionizante, o

poliisobutileno, a celulose e o teflon (politetrafluoretileno).

Uma importante aplicação da degradação é a reciclagem de resíduos poliméricos gerados em processos industriais. Nesse caso, por exemplo, altas doses de radiação podem converter lixo de borrachas butílicas em óleos lubrificantes de excelente desempenho ou a celulose em açúcar. Porém, atualmente a maior aplicação industrial é a irradiação de resíduos de teflon produzindo um material de baixíssima massa molecular para ser utilizado na fabricação de tintas. Também no caso do teflon, altas doses de radiação podem converter resíduos deste material em um pó de elevado valor comercial [7, 8].

A relevância destas aplicações industriais da degradação de polímeros reside no elevado impacto de proteção ao meio ambiente proporcionado por sua utilização. Nesse sentido, a radiação ionizante apresenta elevado potencial de aplicação visando à reciclagem de lixo urbano, como é o caso de garrafas PET e diversos tipos de embalagens, materiais estes muito utilizados na sociedade moderna, porém de difícil degradação ao serem expostos ao meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

A utilização da radiação ionizante no processamento de polímeros apresenta uma série de vantagens em relação aos métodos convencionais, entre as quais se podem destacar: redução da quantidade de insumos químicos utilizados e, conseqüentemente, significativa diminuição na produção de resíduos químicos agressivos ao meio ambiente; realização de processos a frio, acarretando uma diminuição significativa no consumo de energia; diminuição do tempo de processamento; e maior controle dos produtos obtidos. Sendo assim, esta tecnologia é considerada, atualmente, ambientalmente correta (green technology), uma vez que diminui a quantidade de aditivos químicos utilizados, de resíduos voláteis gerados e de energia consumida.

Além das vantagens acima citadas, a disseminação do uso da radiação ionizante, tanto no processamento de polímeros quanto em outras áreas da ciência e tecnologia, vem crescendo consideravelmente devido ao fato de estarem disponíveis no mercado, atualmente, aceleradores de elétrons compactos a preços acessíveis.

Todos os fatores listados acima fazem com que a tecnologia de processamento de polímeros por radiação ionizante seja cada dia mais aplicada buscando a otimização das condições de obtenção deste tipo de material, a ampliação de sua gama de aplicação e a preservação da qualidade de vida e do meio ambiente.

6 REFERÊNCIAS

- [1]. BRAUMAN, J. I. *Polymers. Science.* v. 251, p. 4996-5001, 1991.
- [2]. CHMIELEWSKI, A. G., HAJI-SAIED, M.; AHMED, S. *Progress in radiation processing of polymers. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B.* v. 236, p. 44-54, 2005.

- [3]. DOLE, M. The radiation chemistry of macromolecules. Vol. 1: Fundamental processes and theory, New York: Academic Press, 1992.
- [4]. CHAPIRO, A. Polymer irradiation: past, present and future. Radiation Physics and Chemistry, v. 63, p. 207-209, 2002.
- [5]. MACHI, S. New trends of radiation processing applications. Radiation Physics and Chemistry. v. 47, p. 333-336, 1996.
- [6]. GEHRING, J., ZYBALL, A. Radiation cross-linking of polymers - status, current issues, trends and challenges. Radiation Physics and Chemistry, v. 46, p. 931-936, 1995.
- [7]. CLOUGH, R. L. High-energy radiation and polymers: A review of commercial processes and emerging applications. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. v. 185, p. 8-33, 2001.
- [8]. CHAPIRO, A. A worldwide view of radiation processing. Radiation Physics and Chemistry. v. 22, p. 7-10, 1983.

IONIZING RADIATION TO THE POLYMERS PROCESSING

Abstract

Polymers provide much of the physical structure of the world in which we live. The big scope in using synthetic polymers is due to some of their extraordinary physical and chemical properties such as low density, high resistance to corrosion and chemical aggressive reagents, and also their great molding flexibility and high processing rate. But, for specific applications some polymer properties need to be improved or modify in order to achieve the required conditions for their final use. The modifications can be carried out, in one hand, by conventional chemical process using additives, fillers, thermal treatments, polymer mixtures, and, on the other hand, by using ionizing radiation technology that nowadays is an important alternative process dealing with modifications of polymers. The main effects induced by ionizing radiation on polymers are cross-linking and degradation, both effects produce changes in the polymer physical, chemical and especially in their mechanical properties. One important feature in using radiation is that this modification can be carried out with great control to achieve the required quality for the end use of the modified polymers. Further advantages in using ionizing radiation reside in being an environmental friendly process, denominated green technology, and also energy saving and high production rate.

Keywords: Ionizing radiation. Polymers. Materials modification. Electron beam.