



DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO DE MICROONDAS PARA IRRADIAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE POLÍMEROS RETICULADOS

Sumair G. Araújo^{1*}, Liliane Landini¹, Luiz T. Lima², Edson Ghilardi¹, Renato A. Antunes¹, Antonio A. A. V. Pereira¹, Romulo J. L. Silva¹, Ademar B. Lugão¹

^{1*} Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- IPEN-CNEN/SP – Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, Cidade Universitária, 05508-000 São Paulo/SP- sgaraujo@ipen.br;

²Plastiviva, CIETEC – diretoria@plastiviva.com.br

Development of microwaves device for irradiation and recovery of reticulated polymers

Nowadays, there is a great concern regarding the recovery and recycling of reticulated polymers, mainly for rubber based products. The scrap rubbers or leftovers from the industry become a serious environmental issue. Recycling of these products can be classified in two groups: physical and chemical processes, allowing them to return as raw material to be reprocessed to produce new goods, instead of being dumped at warehouses or landfills. The objective of this work was to develop and employ a device using the physical process of microwave, for recovering and recycling of crosslinked polymers. This technique provides new approaches to the study of the bond scission of the crosslink site, through the incidence of electromagnetic waves. The final goal is to develop a new system with good productivity, larger flexibility, operation easiness and high reliability.

Introdução

É cada vez maior a pressão da sociedade, não só no sentido de incentivar a reciclagem, como coibir, através da legislação, a deterioração do meio ambiente com pesadas multas aos setores da economia que geram produtos perigosos, como pilhas e baterias; materiais poliméricos (plásticos, borrachas, etc.), que poluem rios e mananciais; sem falar do problema dos aterros sanitários.

A coleta seletiva de lixo é um dos caminhos para a recuperação e reciclagem dos produtos após o consumo, porém a estrutura de tratamento do resíduo industrial ainda se baseia na simples destinação à queima ou doação/venda à atividade sucateira, que após a seleção, lavagem e regranulação, o recoloca no mercado para misturar com resinas virgens, barateando, assim, o novo reprocessamento. Esta atividade se aplica aos materiais termoplásticos, que com novo aquecimento, apresenta comportamento propício à nova extrusão ou injeção. Com relação aos polímeros reticulados (plásticos e borrachas reticulados), também chamados de termofixos, tal comportamento não se verifica e, normalmente, estes resíduos são queimados, ou destinados ao aterro sanitário ou, no máximo, utilizados como carga inerte (após moagem e pulverização), em aplicações diversas, ou mesmo no próprio processo que o originou (neste caso, com deterioração das propriedades mecânicas do produto final e com o benefício do barateamento). Em muitos casos, cargas minerais competem com vantagem, em termos de custos, com o resíduo e suas

etapas de reprocessamento. A reciclagem de polímeros reticulados pode ser classificada em: *processos físicos* - a rede tridimensional do polímero reticulado rompe na presença de uma fonte diferente de energia e *processos químicos* - reatores de alta pressão, solventes específicos e altas temperaturas ativam a cinética das reações químicas, para regeneração dos materiais.

A aplicação de ondas eletromagnéticas (ultra-som e microondas) ao processo de devulcanização da borracha é um campo bem recente e tem sido amplamente pesquisada.

Entre todas estas técnicas, pretende-se estudar o processo físico de microondas, avaliando sua eficácia na reciclagem de polímeros reticulados, por meio da quebra da rede tridimensional de reticulação, sem depolimerização do material e permitindo uma nova reticulação, com propriedades equivalentes ao composto original, podendo retornar como carga ativa. É muito eficaz para polímeros que possuem grupos polares e utiliza energia de microondas numa frequência específica em quantidade suficiente para dereticulação efetiva do polímero. Quando uma borracha é submetida a um forte campo de microondas, as moléculas tendem a se orientar com este campo. A direção do campo varia continuamente em fração de segundos, o que ocasiona uma perda angular por fricção e conseqüente aquecimento da borracha^[1,2,3,4,5].

Portanto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver, no Centro de Química e Meio Ambiente do IPEN-CNEN/SP, um dispositivo de microondas para

irradiação e estudo de sua aplicação na recuperação e reciclagem de polímeros reticulados.

Experimental

Dispositivo de Microondas: Para a realização deste trabalho, foi desenvolvido e instalado um equipamento de geração de calor, isto é, um sistema de alta frequência de microondas, utilizando-se válvulas de alta energia de RF. A Energia de microondas é uma radiação eletromagnética não ionizante com frequências no intervalo de 300MHz e 300GHz.

Este dispositivo é composto por um gerador de onda, guias de ondas, uma cavidade para preenchimento com o material a ser irradiado, constituída, por sua vez, de um sistema de alimentação, saída de gases residuais e de coleta do material. Também foi projetado, fabricado e instalado um painel de controle digital, que permite a monitoração e gerenciamento automáticos de tempo de irradiação e potência aplicados ao material. Durante a irradiação, a temperatura pode ser monitorada.

A unidade geradora de microondas foi projetada, ainda, para ser acoplada a um sistema automático de alimentação de uma extrusora existente em nossos laboratórios.

Insumos: Inicialmente, foram realizados testes para a avaliação de desempenho deste dispositivo e técnica, na recuperação do copolímero EVA (etileno-acetato de vinila), que é muito usado como solados, em indústrias de calçados e de grande interesse no mercado nacional. Para os testes de desempenho, irradiações foram feitas durante 10min e com potência variável, empregando-se amostras de EVA (fornecidas pela empresa Grendene), com as seguintes composições: 100% virgem; 100% granulada; 70% granulada e 30% virgem; 100% refinado; 70% refinado e 30% virgem.

Processamento e análises: As amostras irradiadas foram posteriormente extrudadas, preparados corpos de prova e serão encaminhadas para análise em equipamentos de TGA (*Thermogravimetric Analysis*), DMA (*Dynamic Mechanical Analysis*) e reologia. Todo este material será comparado com amostras equivalentes não irradiadas.

Resultados e Discussão

A figura 1 mostra o dispositivo de microondas desenvolvido neste trabalho. O gerador de ondas foi projetado e construído, utilizando-se tecnologia consolidada e comprovada comercialmente, similar àquela dos fornos industriais. Os guias de ondas foram projetados com preceitos para não permitir reflexão, totalmente ajustados em laboratório. Nas amostras irradiadas durante os testes de desempenho do equipamento, as temperaturas atingiram até 450°C e estão ainda em fase de caracterização.

O sistema desenvolvido oferece vantagens sobre o convencional, como: aquecimento sem contato, rápido, seletivo, volumétrico e que começa no interior do material; transferência de energia, não de calor; início

e parada rápidos; maior nível de segurança e automação.



Figura 1 – Unidade removível de geração de calor - Microondas

Conclusões

A capacidade da tecnologia de radiação por microondas, para recuperação de polímeros reticulados, está sendo analisada e a utilização desta técnica ainda está no estágio inicial de desenvolvimento. É certo que há um grande número de fatores que devem ser considerados, esperando-se que haja grandes benefícios na recuperação destes materiais, uma vez que, as microondas proporcionam um aquecimento muito mais rápido, uniforme e seletivo em todo o volume do material.

Assim, será possível, aplicando-se tecnologias atuais, pesquisar detalhes alternativos e soluções de última geração nesta área, visando atender as necessidades específicas de acordo com cada aplicação e sua viabilidade na preservação do meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro, para a realização deste trabalho em conjunto com a empresa Plastiviva (CIETEC) e à empresa Grendene, pelo fornecimento das amostras.

Referências Bibliográficas

1. B. Adhikari; D. De; S. Maiti. Progress in Polymer Science 2000, 25, 909.
2. H.S. Ku; E. Siores; A. Taube; J.A.R. Ball. Computers and Industrial Engineering 2002, 42, 281.
3. A.I. Isayev; S.P. Yushanov; J. Chen. J. Applied Polymer Science, 1996, 59, 803.
4. C. Scuracchio; A.I. Isayev; R.E.S. Bretas in Anais do 6º Congresso Brasileiro de Polímeros, Porto Alegre, 2001, Vol. 1, 1784.
5. J.R. Hunt; D. Hall. US Patent 5 362 759, 1994.