

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE POLÍMEROS POR INTERMÉDIO DE ESPECTROSCOPIA MECÂNICA

Gislane Aparecida de Souza¹, Carlos Roberto Grandini¹ e Odila Florêncio²

¹ Departamento de Física, Faculdade de Ciências, UNESP, Caixa Postal 473, Baurú, S.P.,

² Departamento de Física, UFSCar, Caixa Postal 676, São Carlos, S.P., Brasil

RESUMO

As técnicas de Espectroscopia Mecânica (Atrito Interno) para a caracterização de materiais vem sendo muito utilizadas desde o final da década de 30, contribuindo de maneira bastante efetiva para a compreensão dos mecanismos de interação entre defeitos e a matriz metálica, além de oferecer informações com relação às transições de fase e outras propriedades mecânicas. Existe uma correlação estrita entre a estrutura química, estrutura física e a mobilidade molecular de polímeros com as componentes do módulo de elasticidade complexo. A amplitude e a natureza das mudanças no módulo de elasticidade dinâmico com a temperatura são determinadas pela energia de ligação dos átomos que formam a cadeia principal do polímero e pela energia de interação entre os elementos de cadeias poliméricas adjacentes. Este trabalho tem como objetivo mostrar a possibilidade de se utilizar as técnicas de espectroscopia mecânica para a caracterização mecânica de polímeros. Para tanto, utilizamos um Pêndulo de Torção operando com frequência entre 1,0 e 5,0 Hz, num intervalo de temperatura compreendido entre 300 e 700 K. São apresentados espectros de relaxação mecânica em polímeros comerciais como PVC e Nylon.

1. INTRODUÇÃO:

As técnicas de Espectroscopia Mecânica (Atrito Interno) para a caracterização de materiais vem sendo muito utilizadas desde o final da década de 30, contribuindo de maneira bastante efetiva para a compreensão dos mecanismos de interação entre defeitos e a matriz metálica, além de oferecer informações com relação às transições de fase e outras propriedades mecânicas [1,8].

Existe uma correlação estrita entre a estrutura química, estrutura física e a mobilidade molecular de polímeros com as componentes do módulo de elasticidade complexo. A amplitude e a natureza das mudanças no módulo de elasticidade dinâmico com a temperatura são determinadas pela energia de ligação dos átomos que formam a cadeia principal do polímero e pela energia de interação entre os elementos de cadeias poliméricas adjacentes [9-11].

Este trabalho tem como objetivo mostrar a possibilidade de se utilizar as técnicas de espectroscopia mecânica para a caracterização mecânica de polímeros.

2. PARTE EXPERIMENTAL:

Para demonstrar a possibilidade de utilizar as técnicas de atrito interno, utilizamos amostras de Polyvinyl Chloride (PVC) e Nylon, ambas comerciais, com 2,0 mm de diâmetro por 70 mm de comprimento útil.

A técnica utilizada foi a do Pêndulo de Torção invertido do tipo Kê [12], operando com frequência entre 0,4 e 3,0 Hz, num intervalo de temperatura compreendido entre 150 e 400 K. Fundamentalmente, um Pêndulo de Torção é constituído por um fio esticado com um peso colocado na extremidade, possuindo vibrações torsionais. A amostra é colocada na parte inferior do pêndulo e posta a oscilar livremente. O feixe de um "laser" é refletido por um espelho colocado no pêndulo e atinge um anteparo onde estão posicionados, lado a lado, dois fototransistores, de forma que o tempo de percurso do feixe seja inversamente proporcional à amplitude de oscilação. Os dados do decaimento das oscilações livres foram coletados automaticamente por intermédio destes dois fototransistores acoplados a um microcomputador.

O princípio de medida do atrito interno é muito simples: a amostra é colocada a vibrar em seu modo fundamental (vibrações livres ou forçadas), que causa a dissipação de energia sob a forma de calor, devido à existência de atrito interno. Essa dissipação de energia pode ser medida direta ou indiretamente. No caso do Pêndulo de Torção, esta dissipação de energia por ciclo é medida através do decremento logarítmico que é, a menos de uma constante, o próprio atrito interno da amostra.

3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO:

Um dos mais básicos métodos de investigação de mobilidade molecular em polímeros é estudar a dependência com a temperatura dos parâmetros que caracterizam as propriedades viscoelásticas dinâmicas. Cada forma de movimento molecular é usualmente conectado com um processo de relaxação definido.

Se as medidas são efetuadas numa frequência fixa dentro de um intervalo de temperatura considerável, é possível determinar todos os processos de relaxação peculiares a um dado polímero, relacionados às diferentes formas de mobilidade molecular que podem ser realizadas no polímero.

A manifestação de cada forma de mobilidade molecular, que conduz a mudanças apreciáveis no espectro de relaxação, são comumente interpretadas como transições de temperatura. Em polímeros amorfos, estas transições de temperatura são representadas como estruturas de relaxação e, em polímeros cristalinos, como transições de fase termodinâmicas.

Os principais processos de relaxação, encontrados em polímeros amorfos, são a relaxação α , que é associada à transição da forma vítrea para a forma emborrachada (T_g) e vice-versa, e β , que é usualmente associada com o movimento de pequenos grupos de elementos da cadeia principal do polímero [15].

A Figura 1 mostra o espectro de relaxação anelástica (atrito interno) para uma amostra de Polyvinyl Chloride (PVC) comercial, medida com frequência de 0,4 Hz. As temperaturas das relaxações são apresentadas na Tabela 1.

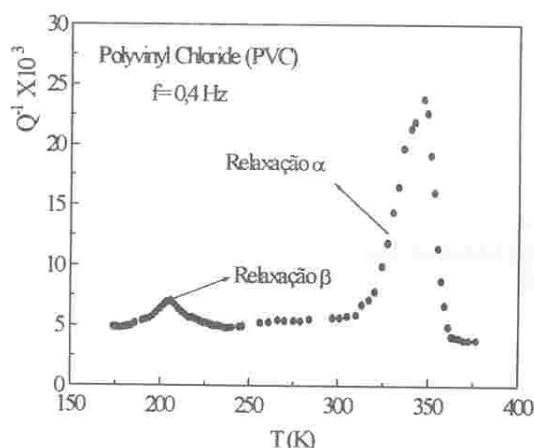


Figura 1 - Espectro de relaxação anelástica para PVC comercial medido com frequência de 0,4 Hz.

Podemos observar a presença de duas estruturas de relaxação que foram associadas às relaxações α e β .

A Figura 2 mostra o espectro de relaxação anelástica (atrito interno) para uma amostra de Nylon comercial, medida com frequência de 1,2 Hz. As temperaturas das relaxações também são apresentadas na Tabela 1.

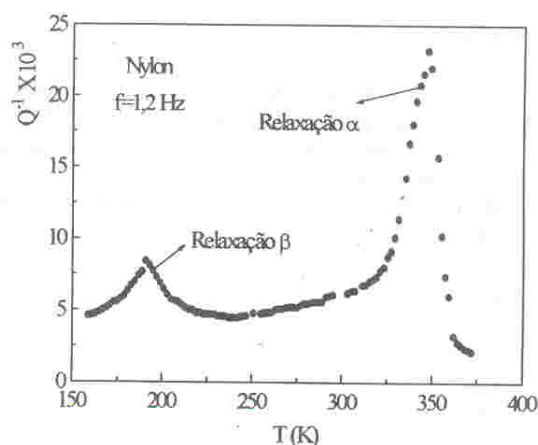


Figura 2 - Espectro de relaxação anelástica para Nylon comercial medido com frequência de 1,2 Hz.

Podemos observar, também neste caso, a presença de duas estruturas de relaxação que foram associadas às relaxações α e β .

4. CONCLUSÕES:

Foram efetuadas medidas de atrito interno em polímeros comerciais, com o objetivo de apresentar a técnica do Pêndulo de Torção, como mais uma técnica para a caracterização mecânica de materiais.

Na amostra de PVC, medida com frequência de 0,4 Hz, encontrou-se 347 K para a temperatura da transição vítrea (T_g), relaxação α , e, 204 K para a temperatura da transição β , que foi associada à relaxação de pequenos grupos de elementos da cadeia principal do PVC.

Na amostra de Nylon, medida com frequência de 1,2 Hz, encontrou-se 340 K para a temperatura da transição vítrea (T_g), relaxação α , e, 191 K para a temperatura da transição β , que foi associada à relaxação de pequenos grupos de elementos da cadeia principal do Nylon.

5. AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao CNPq e à FUNDUNESP pelo suporte financeiro.

Material	Frequência (Hz)	Relaxação α (K)	Relaxação β (K)	Referência
PVC	0,4	347	204	Este
	1,5	363	243	[13]
	1,0	361	238	[16]
Nylon	1,2	340	191	Este
	0,5	321	183	[14]

Tabela 1 - Temperatura das transições α e β para os polímeros medidos neste trabalho

6. BIBLIOGRAFIA:

- [1] - A. S. NOWICK and B. S. BERRY - "Anelastic Relaxation in Crystalline Solids", Academic Press, 1972.
- [2] - B. S. BERRY and A. S. NOWICK - "Anelasticity and Internal Friction Due to Point Defect in Crystals", in: Physical Acoustics, vol.III, part A, pag. 01, Academic Press, 1966.
- [3] - A. S. NOWICK - "Anelasticity: an Introduction", in: Physical Acoustics, vol. XIII, pag. 01, Academic Press, 1977.
- [4] - R. DE BATIST - "Internal Friction of Structural Defects in Crystalline Solids", North Holland Publ., 1972.
- [5] - B. S. BERRY - Acta Metallurgica, 10, 271(1962).
- [6] - Z. C. SZKOPIAK - J. de Phys. (Paris), 32, C2-1(1971).
- [7] - M. WELLER - J. de Phys. (Paris), 46, C10-71(1985)
- [8] - C. A. WERT - Journal of Appl. Phys., 60, 1888(1986).
- [9] - I. FEREPCHKO - "Acoustic Methods of Investigating Polymers", Mir Publishing, Moscou, 1975.
- [10] - F. W. BILLMEYER JR. - "Textbook of Polymer Science", John Willey & Sons, New York, 1984.
- [11] - T. S. KÊ - Physics Review, 71, 533 (1947).
- [12] - D. P. ALMOND et al. - Journal of Alloys and Compounds, 211/212, 381 (1994).
- [13] - K. SCHMIEDER and K. WOLF - Kolloid-Z., 134, 149 (1953).
- [14] - J. HEIJBOER - Kolloid-Z., 148, 36 (1956).
- [15] - S. V. CANEVALORO JR. - Revista da Associação Brasileira de Polímeros, pag. 36, maio de 1991.
- [16] - R. E. WETTON - "Dynamic Mechanical Thermal Analysis of Polymers and Related Systems", Develop. Polym. Charact., Cap. 5, Appl. Sci. Publ., 1986.