

Estudo cinético da cura de resina epóxi com dois agentes de cura visando aplicação para polímeros autorregeneráveis

Gustavo Cervi¹ (IC), Sérgio H. Pezzin¹(PG)*, Marcia M. Meier¹(PG)

sergio.pezzin@udesc.br

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC, Campus Joinville, Rua Paulo Malschitzki, s/numero - Zona Industrial Norte - Joinville-SC.

Palavras Chave: Calorimetria exploratória Diferencial. Resina epóxi. Cinética de cura. Polímeros Autorregeneráveis.

Abstract

Kinetic study of epoxy resin cure using two cure agents aiming application into self-healing polymers. A kinetic DSC study of a resin epoxy (DGEBA) was performed using two cure agents (TETA and ADM) in order to compare the efficiency of an aminated siloxane (ADM) in the resin polymerisation and the energies involved. For that, mathematical modelling was used to compute the Arrhenius parameters activation energy, pre-exponential factor as well as the minimum temperature to trigger the polymerisation process.

Introdução

Resinas epóxi são materiais de grande importância em diversos segmentos, pois apresentam aplicações na indústria aeroespacial, automotiva, indústrias de tecnologia e muitas outras. Os agentes de cura escolhidos foram um comercial já bem discutido pela literatura² e um siloxano. A escolha do siloxano é justificada uma vez que este possui excelente estabilidade térmica e oxidativa, uma elevada flexibilidade juntamente com a reticulação da resina e ainda pode ser utilizado como cicatrizante em materiais autorregeneráveis.

Com o objetivo de estudar a cinética de cura da resina epóxi diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA) com os iniciadores trietilenotetramina (TETA) como grupo controle e o polidimetilsiloxano aminado (ADM), realizou-se análises por calorimetria exploratória diferencial (DSC) baseados inicialmente no modelo *Boerchardt et Daniels* proposto por Pardini¹ e seguidos por modelamento matemático proposto por Jang³ obtendo-se assim as entalpias de polimerização, energia de ativação, fator pré-exponencial de *Arrhenius* e ordem de reação.

Resultados e Discussão

Através da varredura dinâmica de DSC da polimerização da resina com os dois agentes de cura (Figura 1), percebe-se que o iniciador ADM necessita de temperaturas mais elevadas para que a polimerização se inicie de forma efetiva. Ademais, através da modelagem e regressão linear múltipla, os parâmetros de Arrhenius puderam ser obtidos para ambos os agentes de cura (Tabela 1) e mostram que para a polimerização com o ADM observa-se uma maior energia de ativação é

necessária e um maior fator pré-exponencial, justificando-se assim as temperatura de início de cura próxima a 173°C, enquanto que o TETA requer temperaturas inferiores (próximo a 42°C).

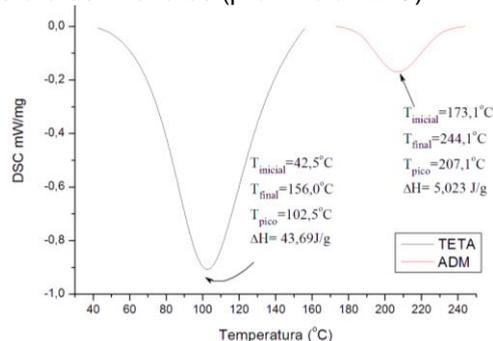


Figura 1. Varredura de DSC de ambas as amostras

Tabela 1. Resultados cinéticos obtidos através do modelo de *Borchardt et Daniels*

Iniciador	Energia de ativação	Ordem de reação	Fator Pré-exponencial
TETA	87,192 kJ/g	1,9332	$9,6495 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$
ADM	262,08 kJ/g	1,7692	$3,7867 \cdot 10^{27} \text{ s}^{-1}$

Conclusões

O Método de *Borchardt et Daniels* pode ser utilizado de maneira satisfatória a fim de comparar e obter os dados cinéticos e termodinâmicos dos processos de cura estudados. Seria necessário, porém, uma diminuição da energia de ativação do processo de polimerização com o siloxano aminado através da adição de um catalizador, por exemplo, que possibilitaria autocura em temperatura ambiente e assim, viabilizar seu emprego como agente de autocura para materiais de matriz epóxi autorregeneráveis. Uma alternativa para a autocura, entretanto, seria o aquecimento periódico do material e assim proporcionar o regeneramento do material caso alguma microtrinca esteja presente.

Agradecimentos

A UDESC, CNPq e FAPESC.

¹Costa, M.L., Pardini, L.C., Rezende, M.C. *Anais do 4o Congresso Brasileiro de Polímeros*, 1997, 44.

² El-Thaher, N.; Choi, P.; Mekonnen, T.; Mussone, P.; Bressler, David. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2013, 52, 8189.

³ Jang, W. *A review of DSC kinetic methods*. Du Pont Instruments. 1981.

⁴Macan, J. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 2005, 81, 369