Mar. 24, 2007

Thermomechanical Analysis(TMA, 열기계분석기)

㈜연진코퍼레이션 김진표
서울시 영등포구 당산동 4가 32-141,142번지 연진빌딩 3층
http://www.yeonjin.com

TMA 측정 원리

TMA(Thermomechanical Analyzer, 열기계분석기)는 시료의 팽창과 수축에 의한 크기변화(dimension changes)를 측정하는 기기로써 딜라토미터 (dilatometer)를 대체할 수 있다. Dilatometry 측정법은 시료에 대한 하중 (load)과 기계적 stress가 매우 작지만 TMA 측정법은 zero에 가까운 하중에서 부터 수 Newton의 하중을 가하여 시료의 팽창(expansion)과 수축(shrinkage)을 측정한다. 측정시그널은 변위 측정자기센서(LVDT; Linear Variable Differential Transformer)를 사용사용하여 예를 들면, 유리전이(glass transition) 전후의 팽창과정에 대해 매우 우수한 분해능을 제공하는 장점이 있다.
아울러 TMA는 온도와 하중의 함수로써 길이변화를 측정하기 때문에 비열변화 또는 엔탈피 변화를 측정하는 DSC보다 thermal effect의 관측이 보다 탁월해 전이현상을 비교 연구하는데 매우 유용하다 할 수 있다.

TMA와 Dilatometry 비교

- TMA : 일정한 하중과 온도프로그램을 재료에 가하여 재료의 변형(deformation)을 온도의 함수로써 측정하는 기법
(ASTM : A technique in which the deformation of a substance under a non-oscillatory load is measured as a function of temperature while the substance is subjected to a controlled temperature program)
- Dilatometry : 가해지는 하중이 거의 없는 상태에서 재료에 온도프로그램을 가하여 온도의 함수로써 재료의 길이변화를 측정하는 기법
(ASTM : A technique in which a dimension of a substance under a negligible load is measured as a function of temperature while the substance is subjected to a controlled temperature program)

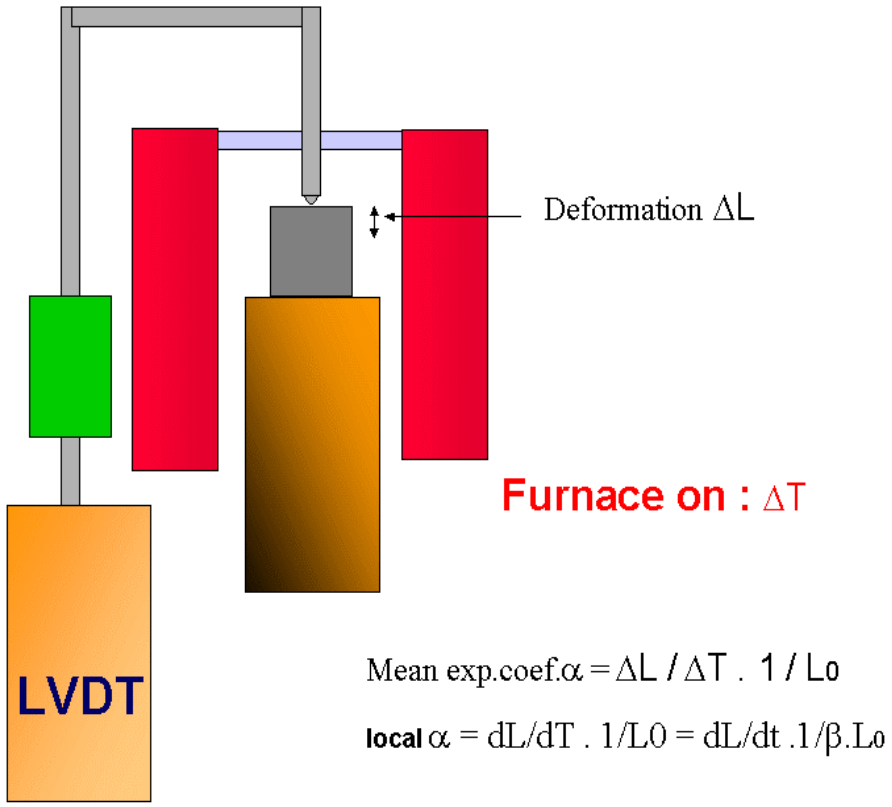
TMA 측정으로 알 수 있는 결과

- 길이변화 (dL= length change)

- 상대길이변화 (dL / L0 = relative length change)
- 선팽창계수 (α = coefficient of linear thermal expansion)
- 유리전이온도 (Tg = glass transition temperature)
- 팽창/수축/파열 거동 (expansion/shrinkage/penetration behavior)
- 연화점 (softening point)
- 경화거동 (curing behavior)
- 부피팽창 (volumetric expansion)
- 상전이 ; Phase transitions(solid-liquid, solid-solid)
- 용융점 (melting point, Tm)
- 다형현상 (polymorphism)
- 열안정성 (thermal stability)
- 탄성도 (Young's modulus(dynamic load 필요))

등이다.

그림 1. TMA의 구조

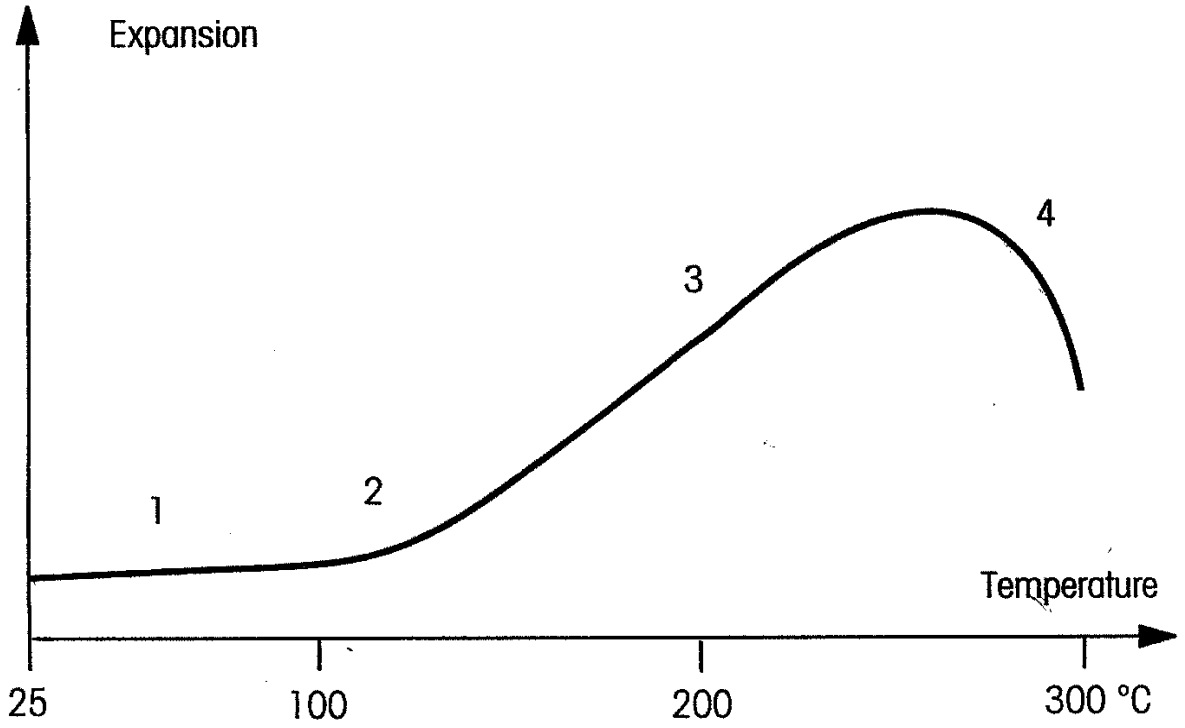


고전적인 TMA 실험은 시료에 온도프로그램을 가하여 일정한 하중으로 시료의 변형(deformation)을 측정하지만, 부가적 기능으로써 일정한 하중 (constant load) 대신에 Dynamic Load TMA(DLTMA)를 이용해 하중을 주기적으로 변화시키면서 시료의 변형과 탄성율 (Young's Modulus)을 동시에 측정할 수도 있다.즉, DLTMA는 고분자의 점탄성(viscoelastisity) 거동에 관한 정보를 제공한다.

TMA에 의한 dilatometric 측정 결과로써 팽창성(선형팽창계수, CTE; Coefficient of Linear Thermal Expansion), 유리전이 (glass transition), 재료의 수축, 용적변화 (volumetric changes)등의 다형성 변형(polymophic deformation)에 대한 연구를 할 수 있다.

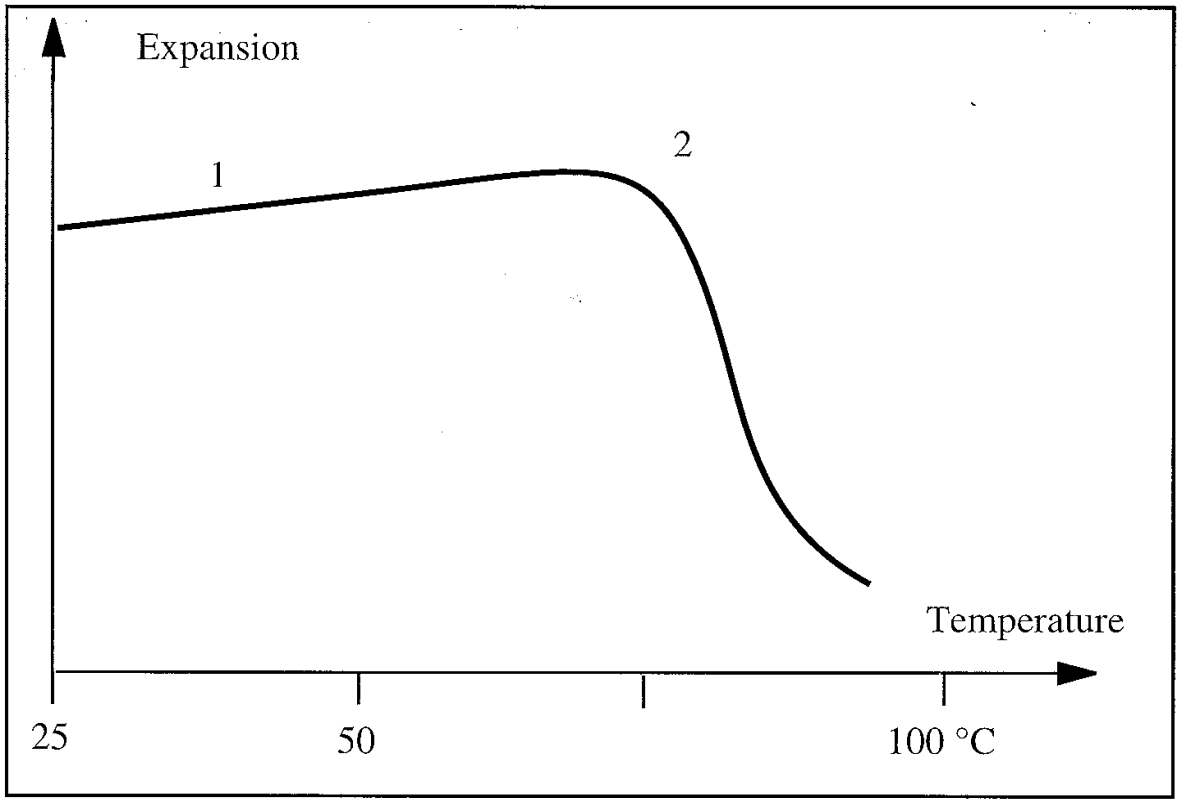
TMA Diagrams

그림 2. 고분자의 TMA curve(under low comprehensive stress)



1. 유리전이 이전의 팽창
2. 유리전이(곡선의 기울기 변화에 해당)
3. 유리전이 후의 팽창
4. plastic deformation

그림 3. Packaging film(제약)의 TMA curve



1. 유리전이 이전의 팽창
2. 필름의 연화(plastic deformation)

YEONJIN Corp. Scientifics
02)2675-0508, Seoul, Korea