

열분석 이란 ? (What is Thermal Analysis)

(주)연진코퍼레이션 김진표

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

Part I : 열분석 개요

1.1. 열분석의 정의

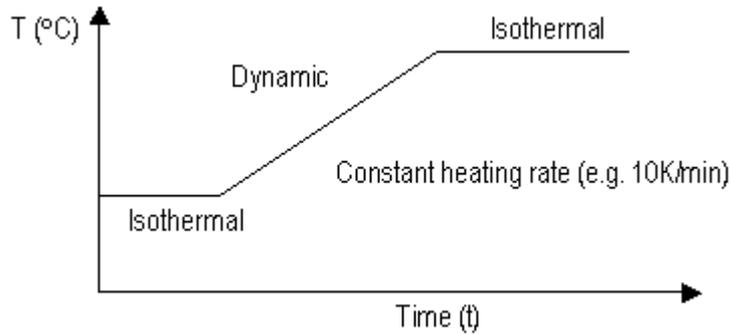
"열분석(Thermal Analysis)"이란 ICTAC(International Confederation of Thermal Analysis and Calorimetry) 에서 정의한 바에 의하면, "온도의 함수(function of temperature)로써 재료의 물리적·화학적 특성(characterization)을 측정하는데 사용되는 일련의 분석기법"을 말한다. 즉, 열을 가(加)하여 어떤 단일 물질이나 혼합물, 반응성 화합물의 물리 화학적 특성을 측정하는 실험방법을 일컫는다. 아울러 온도 외에도 시간, frequency, 하중(load)등의 함수로써 재료의 물리화학적 특성과 기계적 물성(mechanical properties)을 측정하게 된다. 열분석에 의해 측정되는 주요 재료특성은 시료의 전이온도(transition temperature), 질량(mass 또는 weight), 크기(dimension 또는 size), 엔탈피(enthalpy), 점탄성(viscoelastic) 변화 및 물질의 광학적 거동(optical behavior)이다.

물리적 특성(physical properties)이란 비열(specific heat capacity; Cp), 에너지 교환(energy exchange)에 의한 전이(transition), 질량 변화, 크기변화 및 변형율(deformation ratio), 저장탄성율(storage modulus)·손실탄성율(loss modulus)과 같은 기계적 특성(mechanical properties), 광투과(light transmittance)나 열을 발산하지 않는, 예를 들어 발광(luminescence)과 같은 광학적 특성을 말한다. 또한 시료로부터 방출되는 기체의 특성은 재료에 관한 특성(characterization)을 정성적으로 분석하는데 도움을 줄 수 있다.

보통 온도 프로그램은 시료를 어떤 온도로 일정하게 유지(isothermal condition; 등온조건) 시키거나 일정한 승온속도(heating rate)로 가열/냉각시키는 하나 이상의 온도 세그먼트(segment)로 구성된다.

1.2. 열분석에 사용되는 온도 프로그램

그림 1.1. 열분석 기본 온도프로그램: isothermal-dynamic-isothermal segments



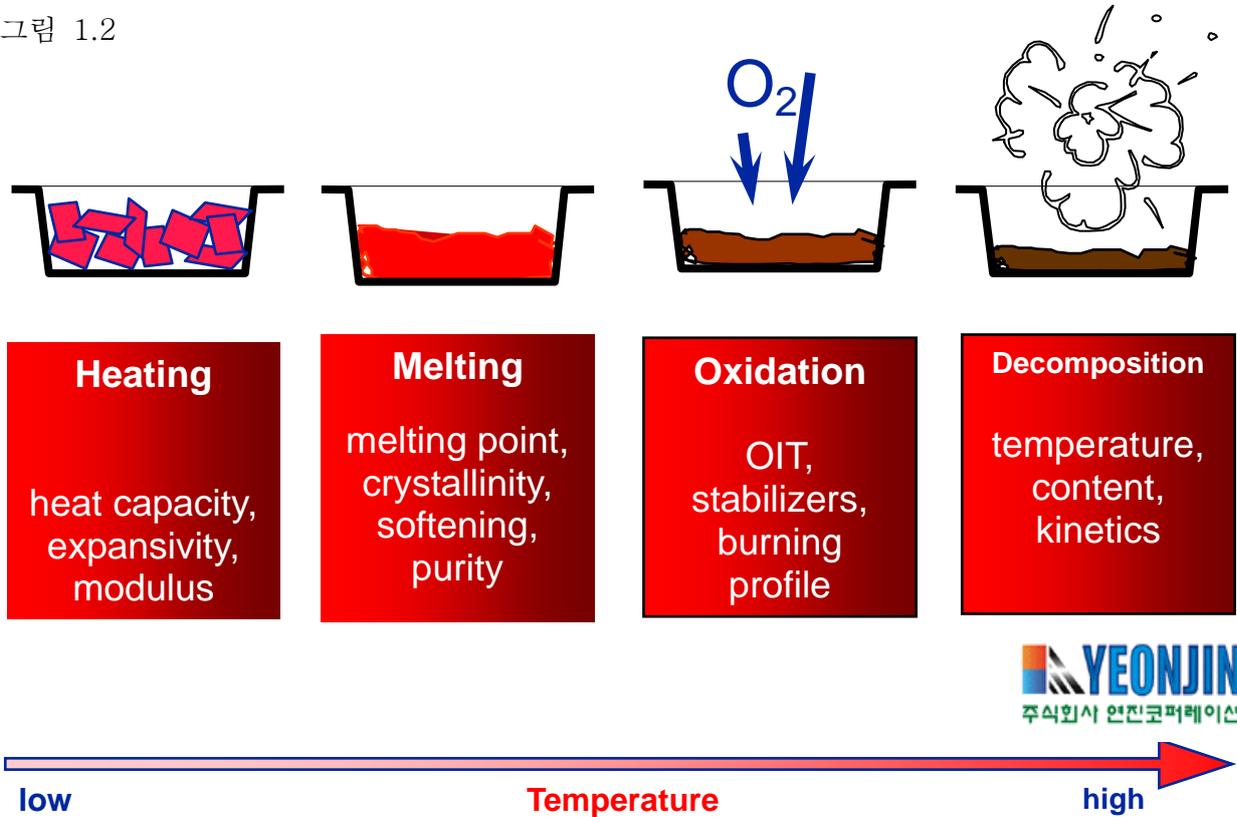
1.3. 대표적인 열분석 기법 (Major Thermal Analysis techniques)

표 1.1

열분석 기법	기기명	약어	측정되는 특성
Differential Thermal Analysis	시차열 분석기	DTA	온도차 (Temperature difference)
Differential Scanning Calorimetry	시차주사열계	DSC	열유속 (Heat flux)
Thermogravimetric Analysis	열중량 분석기	TGA	질량변화 (Mass change)
Thermomechanical Analysis	열기계 분석기	TMA	크기변형 (Deformation)
Dynamic Mechanical Analysis	동적기계분석기	DMA	점탄성 변화 (Modulus)
기타: Temperature Modulated DSC(TMDSC; 온도변조시차주사열량계), High pressure DSC(HPDSC; 고압 DSC), Photo DSC(UV-DSC; 자외선 조사 DSC), Maximum resolution TGA 또는 High resolution TGA(MaxRes TGA 또는 HighRes TGA; 고 분해능 TGA), Reactor TGA, Dynamic Load TMA(DLTMA), EGA(Evolved Gas Analysis 또는 Coupling techniques; TGA-MS/TGA-FTIR)			

1.4. 온도 프로파일에 따른 재료의 특성변화

그림 1.2



대부분의 물질을 가열하면 기본적으로 비열과 팽창, 탄성도 변화를 수반하며 온도상승에 따라 물질의 특성이 용융점/용융범위(melting point/melting range), 유리전이 및 유리전이온도(glass transition temperature; Tg), 열팽창계수(coefficient of thermal expansion; CTE), 열안정성(thermal stability), 결정화 거동(crystallization behavior), 분해온도(decomposition temperature)와 반응속도(kinetics), 산화유도기 및 온도(oxidation induction time and temperature), 순도(purity), 점탄성(viscoelastic) 특성 등으로 나타난다.

1.5. Applications of Thermal Analysis

표 1.2. 열분석에 의해 측정되는 기본 거동

구조적 변화	적용 예
유리전이(glass transition)	비정질 고분자(amorphous polymer)
용융/결정화(melting/crystallization)	결정성(crystalline) 고분자
증발(vaporization)	용매혼합물(solvent mixture), 수분
승화(sublimation)	벤조산(benzoic acid) 등과 같은 유기화합물
Solid phase transition (polymorphism)	Phenyl butazone 등과 같은 유기화합물
Liquid phase transition	질산암모늄 등과 같은 무기화합물 액정(liquid crystals)
기계적 거동	적용 예
탄성(elasticity) 변화	열가소성고분자 (thermoplastics)
팽창/수축(expansion/shrinkage)	섬유
열적 거동	적용 예
비열(specific heat)	Heat accumulator material
용융점(melting point)	Organic compounds
팽창계수(expansion coefficient)	Composites
화학반응	적용 예
분해/열안정성(thermal stability)	탄성체 (elastomers), PE의 OIT
용액 내에서의 반응	단백질의 부정형화 (denaturation)
액상에서의 반응	열경화성 물질의 경화 (curing)
기체상과의 반응	식물성 지방의 산화 거동
탈수(수분 및 결정수)	콘크리트 (concrete)

무엇보다도 열분석의 잠재력을 이해할 수 있는 좋은 방법은 많은 분석 예를 검토함으로써 가능하다. (다음 section)

Copyright© YEONJIN Corp. Scientifics
<http://www.yeonjin.com>
 02)2675-0508, Seoul, Korea