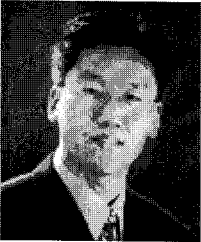


원적외선의 측정 기술과 관련정보



서승원 | 한국원적외선응용평가연구원 분석평가팀장

1. 서론

운동선수가 경기에 출전할 때에는 그 경기의 규칙은 물론 경기 용어까지 완벽히 숙지하는 것이 당연하듯, 원적외선의 원리와 작용을 이해하고 그 시장규모를 예측하고 대응하기 위해서는 기초이론부터 측정, 평가방법까지 두루 섭렵하는 것이 타당하다고 본다.

원적외선의 응용기술은 인체로부터의 방열과 태양광 등 외부로부터의 에너지를 효율적으로 응용하는데 있으며, 이와 같은 원적외선을 응용한 제품은 여러 가지 다양한 분야에 있어서 개발되고 있다.

원적외선 관련제품은 세라믹분말, 성형체, 피복금속, 세라믹 가공섬유 등의 소재에서 히터 등의 부품, 상품, 장치시스템에 이르기까지 광범위하게 응용되고 있다.

이들 상품들이, 원적외선에 의한 효과를 목적으로 하는 이상, 원적외선의 방사특성이 일반 재료나 제품과 비교해 특징화 될 필요가 있으며, 그것을 증명하기 위한 원적외선 측정기술이 중요한 의미를 가진다고 할수있다.

원적외선 응용분야는 가열분야와 비가열분야의 두 분야로 크게 나눌 수 있으나 동일재료라도, 고온과 상온에서 방사되는 에너지강도가 전혀 다르기 때문에 그에 의해 발생하는 현상과 효과도 다르다.

원적외선은 대상물의 유효가열이나 자기방사특성의 향상을 응용하는 열적효과와 생체생리활성화나 분자구조, 상태변화 등과 관계가 있는 비열적효과의 기능이 있다. 특히 상온영역에서는 해당재료로부터 방사된 에너지 수준이 낮고, 게다가 주위환경을 이루고 있는 여러 재료로부터의 방사수준도 거의 동일한 수준에 있기 때문에

해당 재료로부터의 방사특이성을 명확하게 밝히는 것은 기술적으로 어려웠다.

그러나 측정기기의 발달과 측정기술의 진보로 상온역에서의 방사수준을 평가하는 것이 가능해지고 점차 원적외선의 비가열적 작용과 효과를 뒷받침하는 데이터가 속속 나오고 있다.

우선 상온영역에서의 원적외선방사특성을 각 재료별로 특징지을 수 있는 정확한 측정기술이 확립되었고, 이것이 원적외선의 비가열적작용과 효과를 뒷받침하는 데이터 누락의 초래를 막아주고 그 존재의 의의를 과학적으로 규명하기에 이르렀다.

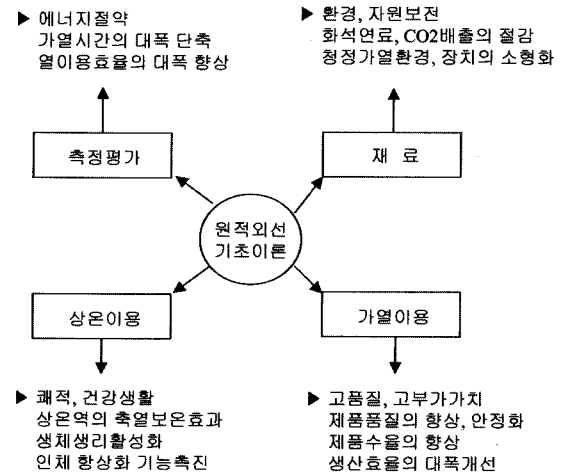


그림 1. 원적외선 이용분야

2. 원적외선 측정기술

2-1. 원적외선 용어와 표시단위

방사특성에 관한 용어와 그 표시단위는 플랭크 방사식, 스테판·볼츠만의 법칙, 윈의 변위칙 등의 여러 법칙을 기초로 하고 물질이나 제품의 방사특성을 나타내는 용어나 수치 값에는 방사에너지, 방사발산도, 방사휘도 등 여러 종류가 있고, 이들은 각각의 측정 또는 계산을 근거로 하며 목적에 맞게 사용해야 한다. 방사율은 어떤 물체로부터의 열방사와 동일 온도에 있는 이상흑체로부터의 열방사와의 비를 %로 표시한 것이다. 방사율은 물체로부터의 방사상태나 측정조건 또는 계산방법 등에 의해 분류된다. 물체로부터의 방사의 전체 상황을 가장 잘 나타내는 것이 반구면분광방사율이다. 이것은 물체표면으로부터 임의의 입체각으로 방사된 전자파를 파수나 파장으로 반구면을 따라 각도적분을 해서 얻은 것으로 물체를 둘러싸는 반구상의 공간에서의 방사의 전체를 알 수 있다.

물체의 표면으로부터 임의의 입체각 범위내에 방사되는 열방사를 파수 또는 파장으로 측정해서 흑체방사와의 비를 구한 것을 분광방사율이라 한다.

일정 파수구분을 일정 파수범위 내에서 적분한 것을 적분방사율이라 하고 같은 파수범위 내에서 평균치를 구한 것을 평균방사율이라 한다.

분광방사율이라 일컫는 특성치는 어떤 물체로부터의 방사에너지 발산도 또는 방사휘도, 동일온도의 흑체로부터의 방사에너지발산도 혹은 방사휘도의 비라고 정의된다.

여기서 이상흑체는 실제로 존재하는 것이 아니고 이론상 어떤 온도에서 최대방사를 하는 물체이므로 온도와 에너지를 결정하면 프랑크방사식으로부터 계산해서 구할 수 있다.

전자파의 방사는 물체의 에너지 상태가 다른 레벨로 이동할 때 발생하는 에너지천이이다. 이때 방사된 전자파에너지(진동수 또는 파수)는 방사물체내의 어디에서 에너지천이가 일어났는가에 의해 결정된다.

방사에너지의 내용과 양을 표시하는 용어는 방사속, 방사강도, 방사휘도, 방사에너지 발산도, 방사에너지 밀도 등이 있다.

방사에너지 분포곡선(분광방사스펙트럼)의 가로축에는 파장 단위(μm)와 파수 단위(cm^{-1}) 어느 것이든 사용되어지지만, 동일 시료에 대해서 각각의 단위의 등간격 눈금으로 플롯한 스펙트럼의 형상은 전혀 다르기 때문에 주의를 요한다.

2-2. 측정원리

일반 재료로부터 방사를 측정하는 방법은 열량계측법과 방사계측법의 두 종류로 크게 나눈다. 열량계측법은 시료에 흡수되거나 방사되는 방사광경을 열이득 혹은 열손실로 계측하고 재료의 방사특성으로 평가하는 것이다.

방사계측법은 시료에 입사/반사하거나 혹은 시료로부터 방사한 광경을 직접 계측하는 방법이다.

적당한 분광기를 이용한「분광방사율계측」은 광경의 파장분포가 명확하기 때문에 방사되는 에너지구조까지 자세히 알 수 있다.

2-3. 분광방사율계측법

어떤 물질로부터 방사에너지를 측정하는 양과 질을 정확하게 파악 할 필요가 있다. 방사의 질이란 그 방사의 파장분포나 파수분포를 의미한다. 동일 물질이라도 온도가 다르면 방사에너지의 양은 물론 질도 변하기 때문에 온도의 측정이 필요하다.

분광방사율은 이처럼 어떤 온도의 물질로부터의 양과 질을 특성치로써 표시하는 것이 중요하다.

분광방사율의 정의는 각 파수 또는 파장의 흑체로부터의 방사에너지 일강도의 비이지만 실재는 분광계의 종류·형식과 측정조건에 따라서 미묘한 차이가 있기 때문에 주의가 필요하다.

분광방사율 측정방법에는 광속을 받아들이는 방법, 분광기의 형식, 흑체방사와의 참조방법 등에 따라 여러 가지 방법이 있다.

표 1. 분광방사율 측정원리와 측정방법

		직접방사측정법 (시료의 방사와 이상흑체의 방사대비를 측정)	
기본적 요건	등온조건	시료표면과 이상흑체가 같은 온도가 될 것	
	고립조건	시료가 주위의 열방사계로부터 독립적일 것.	
	흑체조건	이상흑체의 실제방사율이 1일것	
측정방법	분리흑체법에 의한 방향방사율의 측정		

2-4. FT-IR측정법의 개요

FT-IR측정법은 여러 분광방사율측정법 중에서 가장 신뢰성이 높은 측정법으로 현재에는 분광방사율측정의 추가되는 방법이다.

고감도광대역의 적외선검출소자 출현은 컴퓨터 소형화와 고성능화에 의해 복광속형 간섭계를 갖는 분광기와 방사측정계에 컴퓨터를 조합한 FT-IR적외분광방사율계가 보급되기 시작되었다. 다른 분광법과의 차이점은 2광속간섭계를 사용하고 있다는 것이다. 이로 인한 장점은 다음과 같다.

- (1) 슬릿 개구면적이 분산형 보다 약 100배 넓고, 따라서 입사광속이 100배 크다.
- (2) 전체광을 동시에 검지하기 때문에 각 에너지성분의 검출시간이 상대적으로 길고 S/N비가 잘된다.
- (3) 이동거울로 간섭파를 만들 경우 이동거리의 측정에 He-Ne 레이저 파장을 기준으로 하기 때문에 스펙트럼의 파수정도(분해능)가 상당히 높다.
- (4) 전에너지 영역의 한번 측정에 약 1초가 걸리기 때문에 S/N를 높이기 위해 100회 이상의 누계를 행해도 전체 측정시간이 짧고 작업능률이 좋다.
- (5) 내장컴퓨터에 의해 목적에 맞는 데이터처리가 단시간내에 가능하다.

2-5. 분광방사 스펙트럼

분광방사율의 측정원리와 측정장치 및 측정기술 자체는 오래 전부터 사용되었던 발광분광, 자외선분광, 가시광선분광, 적외선분광, 라만분광 등 수많은 분광측정법과 공통점이 많다.

진동분광학의 기본원리를 기초로 한 이들 측정기술은 고도의 전문화된 기술영역이며 일반적으로 친숙하지 않고 쉽게 이해하기 어려운 기술분야이다.

따라서 원적외선 이용을 목표로 한 사람들은 분광방사율의 본질과 그 측정결과(분광방사스펙트럼)을 보는 방법 및 해석방법을 이해해 줘야 할 것이다.

엄밀히 말해 이들 모든 인자가 동일 조건하에서 측정된 복수물체시료간에서만 진정한 의미의 방사특성치를 논할 수 있다. 다른 측정장치에서 이와같이 모든 조건이 완전하게 일치하는 것은 드문 일이다. 따라서 결국 분광방사율 값의 높고 낮음은 그다지 중요하지 않고 전체 스펙트럼(방사율분포)을 잘 관찰하여 방사파장의 특징이나 경향을 파악하는 것이 진짜 측정의 목적일 것이다.

2-6. 분광방사스펙트럼의 의미

원적외선분광방사스펙트럼이 의미하는 것을 정확히 이해하여 그것으로부터 얻어진 정보를 기본으로 개발을 진행한다면 최적의 방향과 근접로를 발견할 수 있다.

분명히 정밀한 방사측정 유닛과 분광분석시스템의 조화에 의한 고도의 분광방사측정 그리고 컴퓨터에 의한 고도의 데이터 처리 계산 결과로서 출력된 데이터에는 여러 가지 정보가 포함되어 있다.

2-7. 방사재료의 개발과 최적의 응용

원적외선 방사재료로써 가장 적합한 재료는 세라믹스이다. 물론 무기재료, 섬유, 물, 유지, 목재, 플라스틱 등 외에도 원적외선을 잘 방사하는 재료는 그밖에도 많이 있다. 그 중에서 세라믹스가 방사재료의 주역으로 간주되는 것은 다음과 같은 이유에서이다.

- (1) 온도변화에 대한 안정성이 높고 조성이나 물성이 고온에서도 쉽게 변화하지 않는다.
- (2) 분체를 원료로 하여 성형, 소성해 제조되기 때문에 여러 형상으로 가공할 수 있다.
- (3) 원료분말의 입도나 배합조건, 성형조건, 소성조건 등에 따라 결정도나 조성, 밀도 등을 조절하여 목적하는 방사특성에 가까운 것을 얻을 수 있다.
- (4) 세라믹스 분말은 수지나 필름, 합성섬유 등에 첨가할 수 있다.
- (5) 대량생산에 따른 비용 절감이 가능하고 품질관 리도 용이하다.

그러나 세라믹스라는 것은 금속이나 플라스틱과 같이 매우 넓은 개념으로 거기에는 수천 수만 종류의 개별 세라믹스가 포함되어 있으므로 목적에 맞는 원료를 선택하는 것이 바람직하다.

3. 원적외선의 주요 용도

1800년대 독일의 헤켈에 의해 적외선이 발견된 이후, 19세기 중후반 키르히호프의 법칙, 스테판-볼츠만법칙, 윈의 변위칙, 프랭크의 분포식이 발견되면서 1938년 미국에서 산업적으론 최초로 자동차 도장건조에 응용하면서 1, 2차 오일쇼크를 거치면서 원적외선이 에너지절약을 위해 관심을 끌게 되었고 그 이후 지속적인 연구와 시험측정을 통하여 현재에 이르게 되었다.

일본에서는 여러 가지의 분야에서 원적외선의 이용이 추진되고 있다. 일반산업에서의 가열·건조에서의 이용, 식품가공에서의 가열·건조 또는 식품의 신선도유지, 더욱이

의료·섬유·센서 등 다종다량의 분야에서 활발히 이용되고 있다.

특히 일반소비자 대상에서 본다면 섬유제품 즉 속옷과 양말, 스타킹, 서포터, 요대 등 제품도 다종다양의 상품들이 개발되고 있다. 또한 가정용 온열조사기와 가정용 원적외선 사우나도 시장에 많이 출시되고 있다.

의료기관에 있어서도 요통 등에 효과가 있는 의료용 온열조사기가 국민적 관심사로 되고 있으며 많은 의료기관에서의 설치가 진행되어 왔다.

4. 관련정보

4-1 원적외선의 본질

- 1) 빛(光) : 눈에 보이지 않는다. 파장은 가시광선 보다 길다.
- 2) 전자파 : 전계와 자계가 직각으로 교차하여 진동하면서 진행하는 에너지 파장은 $3\mu\text{m} \sim 1\text{mm}(1000\mu\text{m})$ 에 해당한다.
- 3) 에너지 : 전자기적인 진동에너지로 공간이나 물질내부를 이동한다. 파장은 $5\mu\text{m}$ 에서는 약 0.24eV 의 광자에너지양이며 대용에너지 환산량은 5.7kcal/mol 이다. 분자의 결합을 끊는(이온화)것은 불가능하지만 결합진동을 여기하여 분자의 운동상태를 변화시킬 수 있다.

4-2. 원적외선 발생(방사)과 흡수

- 1) 물질이 가열되어 분자의 진동에너지가 여기된 후에 처음 레벨로 되돌아가는때에 전자파로서 방사한다.
- 2) 세라믹이나 유기화합물·물·고분자 등으로부터는 항상 방사되고 또 흡수된다.
- 3) 금속은 가열되어도 자유전자가 여기되기는 하나 원적외선이 방사되기는 어렵고 또 표면방사가 크다.
- 4) 모든 물질은 절대영도(-273°C)에서는 모든 진동이 기저상태로 원적외선의 방사는 되지 않지만 절대영도 이상의 온도역에서는 방사나 흡수가 일어난다.
- 5) 전기적인 일정조건에서 여기는 결정이 규칙적인 전자파 진동시 방사된다.

4-3. 원적외선과 물질과의 상호작용

- 1) 물질의 표면에 도달한 원적외선은 흡수, 반사, 투과 중 하나이상을 반드시 행하게 된다.
- 2) 반사의 경우는 물질층에서 변화가 일어나지 않고 흡수의 경우에는 물질내부에서 산란 및 분자진동과 공명에 의한 흡수로 전에너지를 잃는다.
- 3) 투과의 경우에는 물질중심에서 에너지를 잃지는 않지만 일부를 잃는 동안에 입사된 반대측으로 재방출 된다.

5. 결론

원적외선의 기능과 작용을 효과적으로 활용하는 것은 다양한 재료로부터 방사되는 원적외선의 실체를 정확히 파악해야 한다.

지금까지의 많은 경우 원적외선 방사특성면에서 그 우열이 세라믹스의 재질과 종류에 따라 결정되는 것으로만 이해하는 경우가 많으나 동일 재질과 종류라고 하더라도 그 구조나 형태에 따라 방사특성은 달라질 수 있다. 그러므로 이용목적과 응용에 합당한 원료를 시험분석 등의 충분한 검토를 거쳐 이용하는 것이 바람직하다 사료된다.

원적외선의 응용은 향후 유효 에너지 이용측면에서 광범위하게 다양한 분야에서 활용되리라 기대한다. 특히 원적외선 방사체를 피조물에 이용하고자 할 때에는 원적외선 방사 파장대의 피조사물의 흡수 파장대와의 관계를 고려하지 않으면 안된다. 즉, 공진할 수 있는 진동수를 상호 일치시키는 것이 필요하며 이때에 원적외선의 방사효율은 극대화 될 것으로 판단된다.

원적외선 이용분야에서 원적외선을 올바르게 이해하고 상품개발을 추진하여야 하겠고 측정평가를 통해 그 사용목적에 합당하게 사용할 수 있게 된다면 원적외선 이용의 방법은 크게 확대될 것이다.

국민소득 및 생활수준 향상과 더불어 건강한 삶을 원하는 소비자들의 욕구를 만족시키며 업계의 영역을 넓혀나가기 위하여 원적외선 관련제품의 허위·과대광고를 사전에 예방하여 건전한 광고문화 정착과 정확한 상품의 정보제공으로 소비자의 합리적 제품선택 및 올바른 이용에 도움을 주어야 원적외선 상품이 신뢰를 받고 시장이 확대대리라 확신한다.

원적외선에 대한 관심과 연구활동을 보면 향후 시장은 확대될 것으로 예상되며 원적외선 관련제품의 효과에 대한 과학적인 연구와 시험을 통한 제품보급에 중점을 두어야 하겠다.