

반구면경을 이용한 스펙트럼 방사율 측정법

오 기 수[†] · 배 신 철^{*}

(2002년 11월 18일 접수, 2003년 4월 29일 심사완료)

Measurement Method of the Spectral Emissivity by Using Hemispherical Mirror

Ki Soo, Oh and Sin Chul, Bae

Key Words : Spectral Emissivity(스펙트럼 방사율), Hemispherical Mirror(반구면경), Effective Reflectivity(실효반사율)

Abstract

It is studied that the measuring method of the spectral emissivity by using hemispherical mirror with an inclined observation hole. The in-service calibration method of mirror reflectivity is also dealed with. It is possible to apply this method on measuring emissivity of conductor or non-conductor.

기호설명

E_b	: 흑체의 방사강도
E	: 시편의 방사강도
E_e	: 시편과 반구면경간의 다중반사에 의한 방사강도
E_o	: 주변의 방사강도
α	: 흡수율
α_e	: 겉보기 흡수율
ε	: 방사율
ε_e	: 겉보기 방사율

1. 서 론

복사의 물리적인 메카니즘은 두 가지 관점으로 해석되고 있다. 즉 전자기파 이론과 양자이론이

그것이다. 그러나 아직까지 어느 한가지 이론만으로는 복사현상을 완전하게 기술하지는 못하고 있다. 전자기파 이론에서는 짧은 파장의 감마광선에서 긴 파장의 라디오파까지의 넓은 파장대역에서 다양한 복사형식을 포함하고 있다. 열복사는 파장대역이 약 0.1에서 100 미크론 범위 내에서 물체의 온도에 의하여 일어나는 복사현상이다. 이러한 열복사 중에서 열전달을 받은 물질의 구성입자들은 고준위의 열에너지를 띄게 되며 이 에너지를 전자에너지의 형태로 방사하는 현상을 열방사라 정의한다. 열방사는 적당한 매질을 통해 빛의 속도로 전파되며, 물질과 상호작용하여 흡수, 산란, 반사 등을 한다. 열방사의 물리량은 방사력과 방사율로 정량화 시킬 수 있으며, 방사력은 단위면적당 총복사방사율(q/A)이며, 방사율은 재료의 열방사 물성으로서 실제표면의 방사력과 흑체표면의 방사력의 비(E/E_b)이다.^(1,2)

열방사를 이용한 온도계측에서는 방사율에 의하여 측정온도의 정밀도가 결정되며, 열화산계수, 열전도계수, 비열과 함께 재료가 갖는 중요한 열물성치이다. 열방사 응용분야에서 방사율이 중요한 의미를 가지고 있음에도 불구하고 다음과 같은 몇 가지 문제점으로 인하여 응용을 위한 재현성 있는 데이터의 안정적인 확보가 매우 제한적

[†] 책임저자, 회원, 단국대학교 대학원 기계공학과
E-mail : bruceoh@ats.go.kr

TEL : (02)509-7414 FAX : (02)507-6875

* 회원, 단국대학교 기계공학과

인 설정이다.

첫째, 열방사율은 물질의 고유한 특성임과 동시에 동일한 물질에 대해서도 기하학적, 화학적 상태에 따라 다른 값을 나타내는 상태 의존적 물성이다.

둘째, 안정된 환경조건에서의 측정방법은 몇 가지로 제안되어 있기는 하지만 표준측정법이 제정되어 있지 않아서 측정방법에 따른 오차가 내포되어 있으며, 또한 현장측정이 곤란하다.

셋째, 데이터베이스 구축이 미흡하며, 순수물질에 대한 표준상태에서의 제한적인 자료만이 응용 가능하다.⁽³⁾

방사율 측정장치의 기술적 사항 중에서 흑체의 구현이 매우 중요한 의미를 가지며, 정확도 유지를 위해서는 다음과 같은 측정조건들이 만족되어야 한다.

첫째, 피측정물과 흑체는 충분한 정도의 등온 조건을 만족하여야 한다.

등온조건을 구현하는 방법으로는 시편에 가상 흑체를 내장시키는 방법, 시편과 가상흑체의 온도를 열전대 등으로 측정하여 실시간 제어하는 방법등이 있다.

둘째, 흑체는 실제로 자연세계에 존재하지 않는 가상물체이다. 가상흑체의 열방사는 측정값의 기준이 되므로 방사율이 가능한 1에 근사한 값이거나, 1보다 현저히 작은 경우에는 그 방사율의 정확한 값이 제시되어야 한다.

셋째, 시편주위의 물체로부터 출사된 열방사가 시편표면에 입사되어 그 반사성분이 검출기(방사계)에 혼입되지 않도록 시편의 방사만을 측정하는 방법을 고려하거나, 또는 이의 보정법이 마련되어야 한다.

현재까지 알려진 방사율 측정법은 크게 방사측정법, 반사측정법 및 열량측정법 등 3가지로 분류할 수 있다.

방사측정법(radiometric emmisivity method)은 시편자체가 출사하는 열방사를 방사검출기로 검출하고 같은 온도의 흑체방사와 비교하는 측정법이다. 반사측정법(reflectivity measurement method)은 다른 방사원으로부터의 열방사를 시편표면에 입사시켜 시편에 의해 반사된 방사의 강도를 방사검출기로 검출하고, 시편의 반사율로부터 방사율을 구하는 방법이다. 열량측정법(calorimetric method)은 시편표면으로부터 시편주위로 손실된

열량을 계측하고 Stefan-Boltzmann 법칙을 이용하여 반구총방사율을 구하는 방법이다.

본 논문에서는 방사측정법의 일종으로 왕복회전운동하는 반구면경을 이용한 반구총방사율 측정법을 연구하였다. 이 측정법은 시편의 온도를 정확히 측정할 필요가 없으며 시편의 자체방사, 반구면경과의 다중반사에 의한 방사 및 주위방사의 크기로 결정되므로 앞에 제시된 측정조건에 크게 영향을 받지 않는 장점을 가지고 있으므로 향후 각종 산업용 고체재료의 스펙트럼 방사율 측정에 광범위하게 사용될 것이다.^(4,5) 또한, 기존의 반구면경식 방사율 측정법은 시편의 방사강도를 측정하기 위한 측정구를 반구면경의 정점부에 두었던 것을 본 논문에서는 측정구를 반구면경의 정점부로부터 20° 경사진 위치에 두어 반구면경의 실효반사율을 크게 함으로써 시료와 반구면경사이의 무한다중반사가 일어날 때의 조건을 흑체방사조건으로 좀 더 접근시켜서 방사율 측정의 정확도를 향상시킬 수 있는 방안을 검토하였다.

2. 이 론

2.1 스펙트럼 방사율의 측정원리

방사율은 임의의 온도로부터 출사되는 열방사와, 동일한 온도의 흑체로부터 출사되는 열방사와의 크기의 비를 말한다. 여기서 열방사란 물질을 구성하는 입자(원자, 분자, 이온, 전자 등)가 열적으로 여기(격자운동, 전자운동 등)되어 출사하는 일종의 전자파이다. 온도가 T인 물체는 그 온도에 상응한 열방사를 출사하며 또 그 물체에 입사되는 방사를 흡수한다. 온도가 T인 흑체(blackbody)가 방사하는 최대 방사강도(emission power)는 Stefan-Boltzmann 법칙에 의하여 다음과 같이 주어진다.

$$E_b = \sigma T^4 (W/m^2) \quad (1)$$

여기서 σ 는 Stefan-Boltzmann 상수; $\sigma=5.67 \times 10^{-8} W/m^2 K^4$, T는 캘빈으로 주어지는 물체의 절대온도(K)이며, E_b 는 흑체의 방사강도이다. 이상적인 방사체 또는 흑체만이 식 (1)에 따른 방사강도를 출사할 수 있다. 절대온도가 T인 물체가 출사하는 방사강도 E는 다음과 같다.

$$E = \varepsilon E_b = \varepsilon \sigma T^4 \quad (2)$$

여기서 ε 은 방사율(emissivity)로서 0과 1 사이의 값을 가지며 실제 입의의 물체의 방사율은 항상 1보다 작다.

본 연구에서 사용한 반구면경법은 위의 제한 조건에 큰 영향을 받지 않는 개선된 방법으로서 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 시편의 전면에 반구면경을 설치하고, 반구면경은 내면의 경점을 회전 중심으로하여 좌우로 8°씩 왕복회전하도록 하여 시편표면으로부터의 열방사를 정점부에 위치한 측정구를 통하여 관찰하게 되므로, 반구면경이 시편의 정면에서 비켜있을 때에는 시편표면의 직접방사만이 관측되며, 반구면경이 시편의 정면에 위치할 때에는 시편과 반구면경 사이의 무한한 다중반사에 의하여 흑체에 가까운 방사가 관측된다.(Fig. 2)

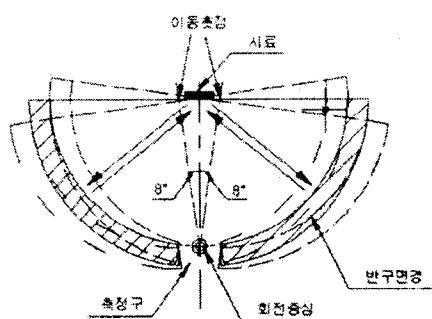
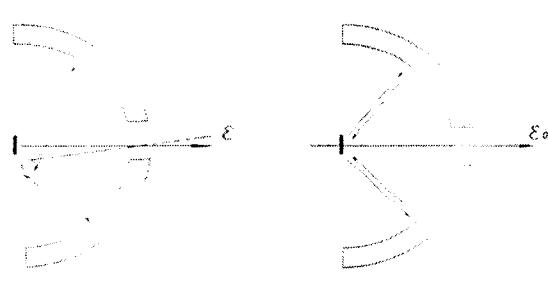


Fig. 1 Diagram of hemispherical mirror



(a) Multiple reflection by hemispherical mirror
(b) Single reflection by specimen)

Fig. 2 Principle of reflection between specimen and hemispherical mirror

시편의 표면이 완전 확산면이라고 가정하는 경우에는, 시편표면의 스펙트럼 방사율 및 스펙트럼 흡수율을 각각 ε_s 및 α_s , 시편표면과 반구면경 사이의 다중반사가 있을 때의 겉보기 방사율 및 흡수율을 각각 ε_e 및 α_e , 반구면경의 실효 반사율을 ρ_m 이라고 하며, 이들 사이의 관계식은 다음과 같이 유도할 수 있다.

무한다중반사가 일어날 경우, 시편만의 단독 방사 ε_s 에 반구면경에서 반사되어 돌아오는 방사율 $(1 - \alpha_s)\rho_m$ 이 계속해서 곱해지므로,

$$\begin{aligned} \varepsilon_e = & \varepsilon_s + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)\rho_m + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^2\rho_m^2 \\ & + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^3\rho_m^3 \dots \\ & + \dots + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^{n-1}\rho_m^{n-1} \end{aligned}$$

이 되며, 양변에 $(1 - \alpha_s)\rho_m$ 을 곱하면,

$$\begin{aligned} (1 - \alpha_s)\rho_m\varepsilon_e = & \varepsilon_s(1 - \alpha_s)\rho_m + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^2\rho_m^2 \\ & + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^3\rho_m^3 \dots \\ & + \dots + \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^n\rho_m^n \end{aligned}$$

이 된다. 위의 두 식의 차는,

$$\begin{aligned} \{1 - (1 - \alpha_s)\rho_m\}\varepsilon_e = & \varepsilon_s - \varepsilon_s(1 - \alpha_s)^n\rho_m^n \\ = & \varepsilon_s\{1 - (1 - \alpha_s)^n\rho_m^n\} \end{aligned}$$

이 되며, 양변을 $\{1 - (1 - \alpha_s)\rho_m\}$ 으로 나누면,

$$\varepsilon_e = \varepsilon_s\{1 - (1 - \alpha_s)^n\rho_m^n\}/\{1 - (1 - \alpha_s)\rho_m\}$$

이 된다. 이 식에서 $(1 - \alpha_s)$ 와 ρ_m 은 1보다 작은 수이므로, $(1 - \alpha_s)^n\rho_m^n$ 은 0에 근접하기 때문에 $\{1 - (1 - \alpha_s)^n\rho_m^n\} \approx 1$ 이 된다. 따라서,

$$\varepsilon_e = \varepsilon_s/\{1 - (1 - \alpha_s)\rho_m\} \quad (3)$$

가 되며, 마찬가지 방법으로

$$\alpha_e = \alpha_s/\{1 - (1 - \varepsilon_s)\rho_m\} \quad (4)$$

을 유도할 수 있다.

식 (3)을 α_s 에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$\alpha_s = 1 - (1 - \varepsilon_s/\varepsilon_e)\rho_m \quad (5)$$

열방사 실질에 관한 가장 기본적인 관계식 α_s

ε_λ 인 Kirchhoff의 법칙에 따르면 불투명 재료의 경우 분광방사율과 분광흡수율은 같으며, 이를 위 식에 적용하면 분광방사율 ε_λ 를 얻을 수 있다.

$$\varepsilon_\lambda = 1 - (1 - \varepsilon_\lambda / \varepsilon_e) \rho_m \quad (6)$$

반구면경의 후방에 설치되어 있는 스펙트럼 방사계로부터 측정한 주위의 방사강도를 E_o , 시료단독의 스펙트럼 방사강도를 E_λ , 시편표면과 반구면경 사이의 다중반사에 의한 겉보기 방사강도를 E_e 라 하면, 이들 사이에는 다음의 관계식이 성립한다.

주위로부터의 방사는 반구면경의 초점에 시편이 놓여있는 것으로 가정할 경우, 무한대의 반사들이 한 점의 시편에 작용하는 것으로 고려할 수 있다. 따라서 시편에 들어오는 입사(irradiation)는 반구면경 표면온도인 흑체로부터의 방사와 동일한 값으로 고려할 수 있다. 따라서 다음과 같은 식으로 쓸 수 있다.

$$E_o = E_{\lambda,b}(\lambda, T_o) \quad (7)$$

시편표면으로부터 출사되는 모든 복사에너지 를 방사계가 검출한다. 즉 시편표면으로부터의 모든 출사복사는 레디오시티(radiosity)이다. 또 면이 확산표면으로 가정한다면 스펙트럼 레디오시티와 스펙트럼 방사력 E_λ 는 서로 동일하며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_\lambda = \varepsilon_\lambda E_{\lambda,b}(\lambda, T) + (1 - \alpha_\lambda) E_{\lambda,b}(\lambda, T_o) \quad (8)$$

또 모든 방사계는 흑체에서 방사되는 방사력을 측정하도록 만들어져 있기 때문에 실제로 측정된 값은 겉보기 값이다. 따라서 이 값을 실제면에 적용하려면 보정하여야 한다. 그러나 방사계에 들어오는 레디오시티 E_o 는 물체에서 출사하는 레디오시티와 서로 동일한 값이다.

$$E_o = \varepsilon_e E_{\lambda,b}(\lambda, T) + (1 - \alpha_e) E_{\lambda,b}(\lambda, T_o) \quad (9)$$

여기에서 T 는 시료의 온도, T_o 는 주위 및 반구면경의 온도, $E_{\lambda,b}(\lambda, T)$ 은 온도가 T 인 흑체의 파장 λ 에 있어서의 스펙트럼 방사강도이며, Plank's Distribution Law에 의해 주어진다. 위의 식 (3), (6)와 (7), (9)의 관계로부터 스펙트럼 방사율 ε_λ , ε_e 와 분광방사강도 E_o , E_e 및 E_λ 사이의 관계식을 다음과 같이 유도할 수 있다.

$$\varepsilon_\lambda / \varepsilon_e = (E_\lambda - E_o) / (E_e - E_o) \quad (10)$$

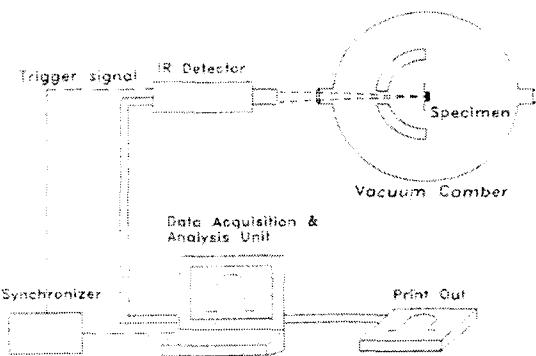


Fig. 3 Schematic diagram of emissivity measurement system

식 (10)에서 E_λ , E_o 및 E_e 는 분광방사계로부터 실측되므로 방사율의 비 $\varepsilon_\lambda / \varepsilon_e$ 를 얻을 수 있으며, 이를 $\varepsilon_\lambda = 1 - (1 - \varepsilon_\lambda / \varepsilon_e) \rho_m$ 인 식 (6)에 대입 하더라도 ρ_m 를 알아야 스펙트럼 방사계수 ε_λ 를 구할 수 있다.

3. 측정

3.1 측정장치

Fig. 3은 반구면경식 측정장치의 구성도이다. 본 측정장치는 크게 나누어 시편지지 및 조정장치부, 반구면경 및 회전기구부, 수냉식 진공조 및 적외선 방사 측정시스템으로 구성되어 있다.

Fig. 4는 시편지지대를 장착한 조정장치이다. 전후 좌우의 이동거리의 조정 및 측정은 0.01mm 까지 가능하며 시편 지지대는 길이 100-110mm, 폭 10-12mm의 리본형의 가열판을 수직으로부터 20° 경사지게 설치하였고, 하부의 가열판 지지부는 고정시키지 않고 상하로 미끄러지게 하여 가열판의 가열에 따른 팽창이 일어날 경우 하부의 지지부가 자체의 무게에 의하여 자연스럽게 아래로 이동함으로써 가열판의 열변형을 방지할 수 있게 하였다. 또한 시편표면을 반구면경의 극률중심과 일치시키기 위하여 시편지지부가 정밀 회전할 수 있는 회전 스테이지를 설치하였으며, 전후 좌우의 정밀조정을 위하여 마이크로미터가 부착된 X-Y슬라이더를 설치하였다.

반구면경은 Fig. 5와 같이 내부반경을 80mm로 하여 시편의 폭을 10mm 이상으로 함으로써 시편표면의 균일 온도구간을 넓혔다. 반구면경의 재질

은 석영유리로 하였고 내면은 실효반사율을 높이기 위하여 알루미늄을 증착시킨 후 SiO_2 보호막 처리를 하였다. 가공의 용이성과 측면의 이상반사를 고려하여 반구의 끝단을 10mm제거하여 완전 반구보다 작게 제작하였으며 반구면경의 중심으로부터 20° 경사진 위치에 시편표면의 방사상태를 관측하기 위한 직경 30mm의 측정구를 설치하였다.

진공조내의 반구면경은 진공조 밑면에 설치된 회전축의 중심이 반구면경의 측정구 내면의 정점과 통과하는 접선과 일치하도록 하여 진공조 외부의 모터에 의한 회전운동이 반구면경에 전달되어 제한 회전하게 하였다. 모터의 1회전에 대응하여 반구면경은 1왕복을 하게 되며 반구면경의 속도가 회전계에 의하여 지시된다.

반구면경의 곡률중심에 위치한 시편은 수직으로부터 20° 경사진 상태로 설치되기 때문에 진공상태로 하지 않으면 자연대류에 의한 시편의 상하 온도차가 생기며 고온에서는 대상물이 산화되는 등의 문제가 발생하여 정밀측정이 불가능하게 된다. 따라서 시편과 반구면경이 위치하는 부

분은 로터리펌프를 이용하여 10-3 Torr의 진공상태를 유지할 수 있도록 하였다. Fig. 6은 진공조의 외부 모양이다. 가열판으로 부터의 열방사를 흡수시키기 위하여 진공조의 내벽에는 흑색도료인 Dry Graphite Film을 도포하고 수냉식 벽으로 하였다.

시편표면의 방사상태를 측정하기 위한 기구는 적외선 방사계, 열화상 처리장치 및 데이터 분석용 컴퓨터로 구성되어 있다. 적외선방사계의 감지부는 HgCdTe로 측정온도의 범위는 -20~1500 °C, 정밀도는 0.1°C이며 측정 파장의 범위는 8~12μm, 화상처리 속도는 30 frames/s, Line Scan 8,000 lines/s, 공간분해능은 측정거리 50cm에서 0.3mm이다. 적외선방사계에 의하여 관측된 시편표면의 방사상태는 열화상처리장치에 의하여 2차원 분포의 실상이 모니터에 나타난다. Fig. 7은 모니터에 나타난 2차원 분포상태의 화면이다.

모니터에 나타난 2차원 분포상태는 비디오 시스템에 의하여 기록 저장된다. 비디오 시스템에 저장된 데이터로부터 E , E_s , E_o 를 구하여 방사율을 계산할 수 있게 된다.

3.2 반구면경의 유효반사율 측정

반구면경을 계속 사용할 경우 반사율이 저하되므로 반구면경의 유효반사율을 직접 측정할 수 있는 방법을 강구하였다. Fig. 8은 반구면경의 실효반사율을 측정하기 위하여 고안한 2개의 공동

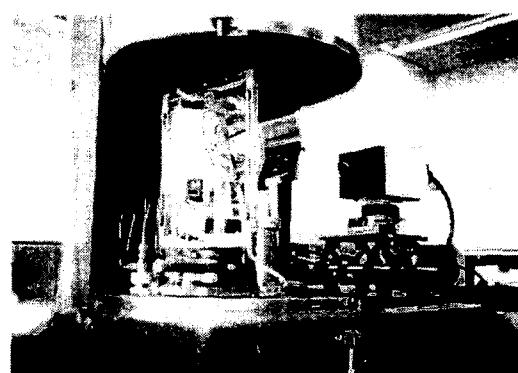


Fig. 4 Specimen holder and IR thermometer

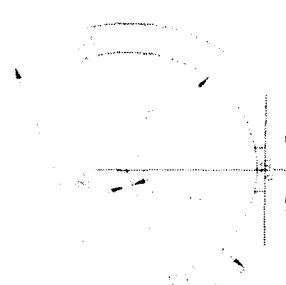
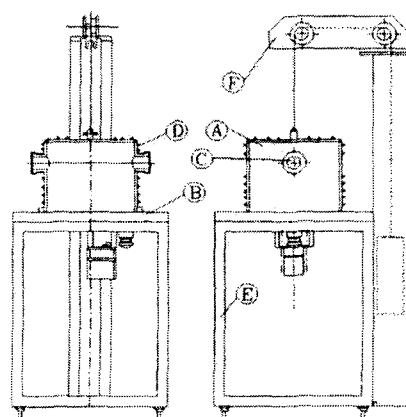


Fig. 5 Hemispherical mirror



(A, D : vacuum chamber B : upper plate
C : window E : frame F : vacuum chamber
moving unit)

Fig. 6 Schematic diagram of vacuum chamber

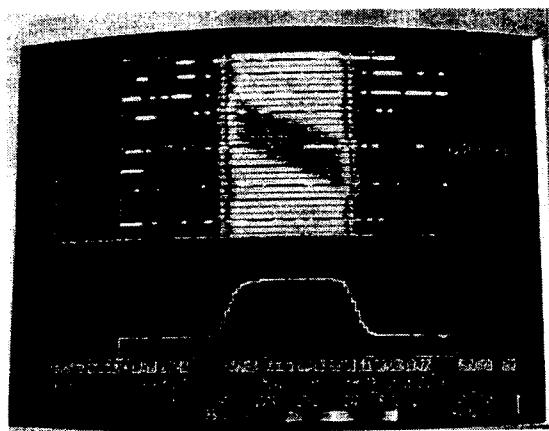


Fig. 7 Photograph of two dimensional emission power

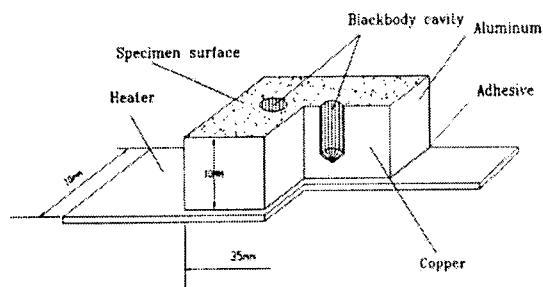


Fig. 8 Specimen and isothermal blackbody cavity for measurement of hemispherical mirror's reflectivity

을 가진 방사체로서 온도분포를 균일화하기 위하여 본체재료는 열전도계수가 큰 구리를 사용하였고 옆면은 방사손실을 줄이기 위하여 얇은 알루미늄 박판을 부착하였다. 방사체의 상부표면과 공동은 산화시키거나 도료를 도포함으로써 요구되는 스펙트럼 방사율을 갖도록 할 수 있다.

측정은 먼저 방사체를 반구면경의 전방에 상하길이방향으로 설치한 후 상하방향으로 위치를 조정하면서 방사체표면과 공동에 대한 각각의 스펙트럼 방사율의 비(ϵ/ϵ_e)를 측정한 다음 반구면경을 제거시키고 주위의 스펙트럼 방사강도를 기준으로 하는 방사체 표면의 스펙트럼 방사강도와 공동의 분광 방사강도의 비를 측정하여 이를 측정데이타의 관계로부터 반구면경의 유효반사율을 구하였다. 우선 방사체 표면의 스펙트럼 방사율을 ϵ_L , 공동반사에 의한 겉보기 스펙트럼 방사율

을 ϵ_H , 공동의 스펙트럼 방사율을 ϵ_H 겉보기 스펙트럼 방사율을 ϵ_H , 방사체 표면의 스펙트럼 방사강도를 E_L , 공동의 스펙트럼 방사강도를 E_H 라고 하면 이들 사이에는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\epsilon_L = 1 - (1 - \epsilon_L/\epsilon_{L_e})/\rho_m \quad (11)$$

$$\epsilon_H = 1 - (1 - \epsilon_H/\epsilon_{H_e})/\rho_m \quad (12)$$

$$\epsilon_L/\epsilon_H = (E_L - E_0)/(E_H - E_0) \quad (13)$$

식 (11)과 식 (12)로부터 다음과 같은 ρ_m 에 대한 관계식이 얻어진다.

$$\rho_m = 1 - \{(\epsilon_L/\epsilon_{L_e}) - (\epsilon_L/\epsilon_H)(\epsilon_H/\epsilon_{H_e})\} / (1 - (\epsilon_L/\epsilon_H)) \quad (14)$$

식 (11), (12) 및 (14)의 우변 각 항은 실험에 의하여 모두 구해지므로 이들의 값을 식 (14)에 대입하여 반구면경의 유효반사율 ρ_m 을 산출하게 된다.

식 (14)에서 같은 온도의 시료표면과 흑체공동을 갖는 시료를 제작하기가 어려움에 따라 발생할 수 있는 시료표면과 흑체공동의 방사율의 비(ϵ_L/ϵ_H)의 편차가 유효반사율 측정에 미치는 영향을 검토하기 위하여 다음의 식을 유도하였다.

$$\Delta \rho_m / \rho_m = \epsilon_L \cdot \Delta (\epsilon_L/\epsilon_H) / (1 - \epsilon_L/\epsilon_H)(\epsilon_L/\epsilon_H) \quad (15)$$

Fig. 9는 식 (15)의 결과를 나타내고 있으며 반구면경의 유효반사율을 정확하게 측정하기 위해서는 방사체 표면과 공동의 온도분포를 균일화하여 ϵ_L/ϵ_H 의 오차를 작게 함과 동시에 ϵ_L 을 작게 하고 방사체 표면과 공동의 스펙트럼 방사율의 비($\epsilon_L/\epsilon_{H_e}$)를 0.5에 접근시키는 것이 좋다. 그러나 현실적으로는 ϵ_L 을 0.3 이하로 하는 것은 경면반사가 우려되기 때문에 무리이며 $\epsilon_L/\epsilon_{H_e}$ 의 값 또한 0.5에 접근시키는 것은 방사체의 구성상 용이하지 않다. 따라서 ϵ_L/ϵ_H 의 값을 0.3에서 0.7의 범위에 있도록 하여 반구면경의 유효반사율 측정오차를 $\pm 1\%$ 이내로 하는 것이 중요하다. 방사체의 온도를 400K에서 700K까지 변화시기면서 실제로 ρ_m 을 측정한 결과 0.90을 나타내었다.

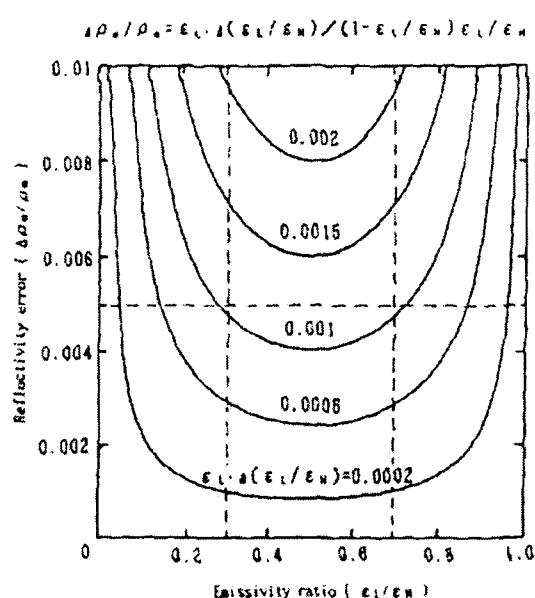


Fig. 9 Variation of the mirror's reflectivity error versus sample's emissivity ratio

4. 결 론

왕복회전운동을 하는 반구면경을 이용하여 고체재료의 스펙트럼 방사율을 측정하는 방법에 대하여 연구한 결과 시료와 반구면경사이에서 일어나는 무한반사강도 E_s 와 시료만의 단독방사강도 E , 주변방사강도 E_a 및 반구면경의 유효반사율 ρ_m 을 구하면 이 값들의 비로부터 간단히 방사율을 산출해낼 수 있었으며, 반구면경의 유효반사율은 제작당시에 이론적으로 설계된 값이 실제로 사용하면서 값이 떨어지게 되므로 이로 인한 스펙트럼 방사율의 측정오차를 줄일 수 있는 유효반사율 측정방법을 고안하였고, 유효반사율을 실측한 결과 0.90으로 측정되어 제작당시의 값 0.93보다 0.03만큼 반사율이 저하된 것으로 나타났다.

따라서 실측한 반구면경의 유효반사율을 방사율 계산에 적용함으로써 방사율 측정의 정확도를 높일 수 있었고, 앞으로 적절한 주기로 반구면경의 유효반사율을 실측하여 그 변화의 경향을 기록으로 유지하여야 하겠다. 향후 스펙트럼 방사율의 측정 정밀도를 높이기 위하여 방사량 검출기의 특성과 표면거칠기의 영향 등 몇 가지 오차요인들에 대한 연구가 계속되어야 하겠다.

후기

이 논문은 2001년 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음

참고문헌

- (1) Robert Siegel and John R. Howell, 1992, *Thermal Radiation Heat Transfer*, pp. 11~45
- (2) 日本機械學會, 1991, “熱物性値測定法,”(株) 養成堂, pp. 91~99
- (3) Richmond J. C., 1984, “Measurement of Thermal Radiation Properties of Material,” *Compendium of Thermophysical Properties Measurement Methods*, Volume 1, Survey of Measurement Techniques
- (4) Ono, A., 1982, “A Hemispherical Mirror Method for the Measurement of Directional Spectral Emissivity of Diffuse Opaque Surface.” *Proc. 8th Symposium on Thermophysical Properties*, Vol. 2, pp. 133~137
- (5) Ono A., 1986, “Evaluation of the Effective Emissivity of Reference Source for the Radiation Emissivity Measurement,” *Int. J. Thermophysics* 7, pp. 443~453