

## 아연의 가열온도와 표면 거칠기가 원적외선 복사량에 미치는 영향

### Effects of Temperature and Surface Roughness of Zinc on the Far-Infrared Ray Emissivity

장충근 (Choong Geun Chang)\* · 임진석 (Jin Seok Rim)\*\* ·  
김원사 (Won Sa Kim)\*\*\*

\*충남대학교 물리학과

(Department of Physics, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

\*\*충남대학교 교육대학원

(Graduate School of Education, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

\*\*\*충남대학교 지질학과

(Department of Geology, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea)

**요약:** 원적외선 복사량을 측정할 때 시료의 표면상태 (온도 및 거칠기)가 원적외선 복사에 어떤 영향을 미치는지를 알아 보기 위해 FT-IR spectrometer를 사용하여 연구하였다. 측정 대상 물질은 단일 원소물질인 아연을 선택하였으며, 시료의 표면온도는 333K, 353K, 373K, 393K 등 4가지 다른 온도에서 또 표면의 거칠기는 100, 220, 360, 400, 600, 800, 1000mesh인 사포로 연마하여 각각 측정하였다. 실험결과에 의하면, 아연의 표면 거칠기 ( $\eta$ )에 따른 원적외선 복사량 ( $W/m^2$ )은 표면온도 (T)가 증가할수록 원적외선 복사량이 증가하는데,  $\eta = 1.0$ 인 경우에는  $Y_{\eta=1.0} = 0.142 \cdot T - 0.937$ ,  $\eta = 10$ 인 경우에는  $Y_{\eta=10} = 0.016 \cdot T - 1.286$  인 1차함수 관계로 나타낼 수 있다. 아연의 온도가 일정한 경우, 원적외선 복사량은 표면 거칠기 ( $\eta$ )가 커질수록 증가하는데, 그 관계는 온도가 313K일 때  $Y_{T=313K} = 0.234 \cdot \ell n(\eta) + 3.53$ , 353K일 때  $Y_{T=353K} = 0.234 \cdot \ell n(\eta) + 4.02$ , 393K일 때  $Y_{T=393K} = 0.243 \cdot \ell n(\eta) + 4.62$  이다.

**ABSTRACT:** Effects of surface conditions (temperature and roughness) of test specimens, when measuring emissive power of far-infrared ray, have been investigated using FT-IR spectrometer. Element metal zinc (Zn) was selected in this study as representative specimen of materials consisting of simple element. The zinc specimens were heated to four temperatures, i.e., 333K, 353K, 373K, and 393K, and also their surface was finished with SiC abrasive papers of 100, 220, 360, 400, 600, 800, and 1000mesh in size. The results shows that the emissive power ( $W/m^2$ ) of the far-infrared ray increases with temperature for a given roughness and its relationship may be expressed by the following equations:  $Y_{\eta=1.0} = 0.142 \cdot T - 0.937$  for  $\eta = 1.0$ , and  $Y_{\eta=10} = 0.016 \cdot T - 1.286$  for  $\eta = 10$ . The emissive power is also known to increase with surface roughness for a given temperature. Their relationship can be represented by the following equations:  $Y_{T=313K} = 0.234 \cdot \ell n(\eta) + 3.53$ , at 313K,  $Y_{T=353K} = 0.234 \cdot \ell n(\eta) + 4.02$  at 353K, and  $Y_{T=393K} = 0.243 \cdot \ell n(\eta) + 4.62$  at 393K.

## 서 언

적외선은 파장이 0.76~1000  $\mu\text{m}$ 인 전자파로서, 이는 다시 근적외선 (0.76~1.5  $\mu\text{m}$ ), 중적외선 (1.5~5.6  $\mu\text{m}$ ), 원적외선 (5.6~1000  $\mu\text{m}$ )으로 분류된다. 적외선에 관련된 이론적 연구는 Coblentz (1902)의 적외선 방사분광학에 관련된 연구를 시초로 그 후 많은 연구자들에 의해 이루어졌다. 최근에 이르러 원적외선이 가열, 온열, 숙성, 건조, 치료 등에 탁월한 효능이 있음이 알려진 후 이를 생활주변에 활용하려는 연구가 주로 일본을 중심으로 수행되었으며 (Inoue and Kabaya, 1989; Sugiyama, Hiriuchi and Takashima, 1992 등), 최근에는 국내에서도 이와 유사한 연구가 초기 단계이긴 하지만 활발히 진행되고 있다 (고상모, 1996; 고상모와 김문영, 1997; 김원사 외, 1999; 박완서, 1995; 박종욱과 최태섭, 1995; 백우현, 1995; 정구영과 백우현, 1997; 최태섭, 1997, 한충수와 최태섭, 1996).

현재 원적외선을 복사하는 제품은 대부분 천연 단일 광물 또는 이들의 복합물로 되어 있는 암석의 분말을 소성하여 사용하고 있다. 그러나 기존의 광물 및 암석에 대한 원적외선에 대한 실험적 자료는 대부분 고체의 암편을 측정된 것들이어서 분말을 이용하여 제조한 복사제품의 원적외선의 복사량을 지시하기에 곤란한 측면이 있다. 또 측정 대상이 되는 물질의 표면 양상에 따라 복사특성이 달라지는 것으로 알려져 있는데, 일반적으로 표면의 기복이 심할수록 또 공극율이 클수록 원적외선의 복사량이 증가하는 것으로 인식되어 있다. 따라서 암편을 측정 대상으로 할 경우 모든 암편의 표면 고르기 및 공극 상태 등이 일정하도록 처리하기가 용이하지 않기 때문에, 이들로부터 측정된 자료의 신뢰도에 의문이 있을 수 있다.

이러한 문제점을 염두에 두고 본 연구자들은 원적외선 복사 특성에 대한 장기적인 연구계획을 세우고, 우선 단일 원소로 이루어진 물질을 대상으로 원적외선 복사량의 특성을 조사하고, 그 다음 단계로 여러 원소들이 결합되어진 광물을 대상으로 하며, 마지막으로 여러 종류의 광물로 구성되어 있는 암

석에서의 원적외선 복사량 특성을 연구하고자 한다.

이번 연구에서는 그 첫 단계로 단일 원소 물질을 선택하여 측정 시료의 표면 양상에 따라 또 가열 온도에 따라 원적외선의 복사량에 어떤 변화가 있는지를 밝히고자 하였다. 이 실험을 위한 단일 원소 금속물질은 자연에서도 풍부히 존재하는 광물중 이 원소로 되어있는 경우를 택하려고 하였으며, 이 연구에서는 금속 아연 (Pb)을 선택하였다.

## 실험 방법

원적외선 복사량의 측정은 Bio-Rad Laboratoris Inc.에서 제작한 FT-IR Spectrometer Model FTS-175C (Fig. 1)를 사용하였으며, 측정 범위는 1,300~10  $\text{cm}^{-1}$ 였다. 빛살 분할과 적외선 검출에는 Quartz Beams Splitter와 MCT detector가 각각 사용되었다. Emission Port는 Hartick Scientific에서 제공한 Es-1 Emission Attachment을 사용하였으며, 시료의 표면 온도는 Thermal Video System TVS-2000 MKII를 사용하여 0.1 $^{\circ}\text{C}$  변화까지 측정하였다. 이 실험에 사용된 시료는 Junsei chemical Co. Ltd.에서 구입한 구형 아연 (zinc shot)을 출발물질로 사용하였으며, 아연의 순도는 99.9 wt.%이며 기타 주요 원소는 Pb (0.02 wt.%), Cd (0.006 wt.%), Fe (0.03 wt.%) 등이다. 시료의 제작은 2~3개의 아

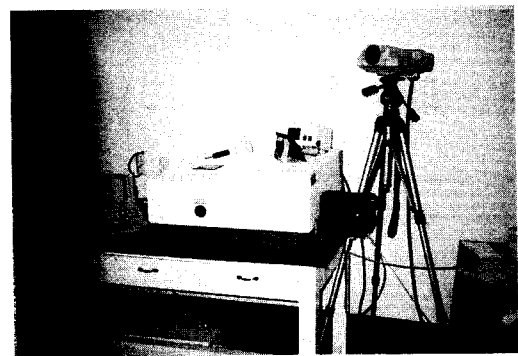
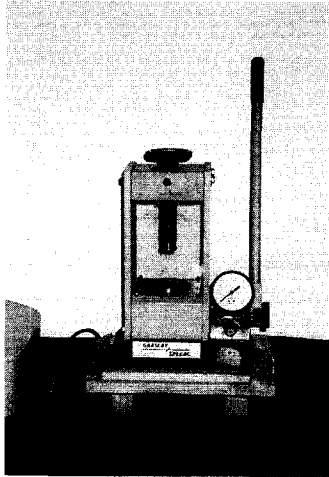


Fig. 1. FT-IR Spectrometer (FTS-175C) used in this study.



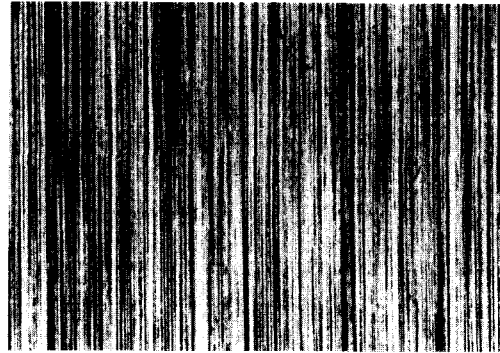
**Fig. 2.** Press making discs for FT-IR spectrometry.

연 덩어리를 압축 틀 (Fig. 2)에 넣고  $10 \text{ ton/cm}^2$ 의 압력을 가하여 직경이 13 mm이고 두께가 3 mm인 원판으로 성형시켰다. 성형된 원판의 표면은 입도가 100, 220, 360, 400, 600, 800, 1000 mesh인 사포 (abrasive paper)로 연마하여 표면의 거칠기가 다르게 하였다. 이때 연마된 시료의 거칠기는 기호  $\eta$ 로 표시하였으며,  $\eta$ 은 편의상  $\eta = \frac{1}{x} \cdot 10^3$ 로 정하였다. 여기서 x는 mesh로 표현된 탄화규소 (SiC)분말의 입도이다.

### 실험결과 및 토의

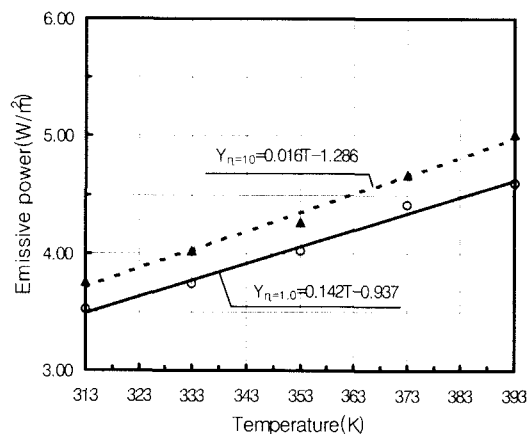
#### 가열온도에 따른 아연의 적외선 복사량 특징

표면 거칠기 ( $\eta$ )가 1.0인 아연 시료 (Fig. 3)가 가열 온도에 따라 나타내는 적외선 복사량 ( $\text{W/m}^2$ )을 측정된 결과, 313 K일 때 3.53, 333 K일 때 3.74, 353 K일 때 4.02, 373 K일 때 4.45, 393 K일 때 4.62이었다. 이를 그래프로 나타내면 Fig. 4와 같으며, 이들의 관계는 함수  $Y_{\eta=1.0} = 0.142 \cdot T - 0.937$  인 직선 방정식으로 나타낼 수 있다. 여기서 T는 시료의 절대온도이다.



**Fig. 3.** Photomicrograph of zinc showing surface roughness polished with 1000 mesh-sized SiC powder.

$\eta = 10.0$ 인 시료인 경우 (Fig. 5), 각 온도에서의 복사량은 313 K에서 3.77, 333 K에서 4.02, 353 K에서 4.25, 373 K에서 4.67, 393 K에서 5.02로 측정되었다. 이들의 관계를 함수로 표시하면  $Y_{\eta=10} = 0.016 \cdot T - 1.286$ 이다. 이러한 사실은 시료의 표면 거칠기 ( $\eta$ )와 무관하게 가열 온도가 증가함에 따라 복사체에서 방사하는 복사량이 증가함을 확인할 수 있었다. 이것은 복사체의 온도가 높을수록 복사량이 증가한다는 기존의 이론을 증명한다.



**Fig. 4.** Effect of temperature of zinc on the Far-IR emissivity.

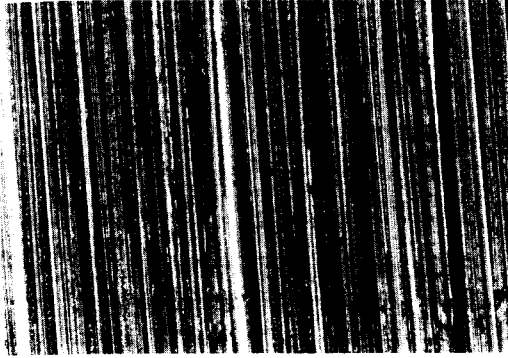


Fig. 5. Photomicrograph of zinc showing surface roughness polished with 100 mesh-sized SiC powder.

표면 거칠기에 따른 아연의 적외선 복사량의 특징

아연의 거칠기 ( $\eta$ )가 적외선 복사량에 미치는 영향을 알아보기 위해 거칠기의 정도는 물론 가열 온도를 달리하여 복사량을 측정하였다. 가열온도는 313 K, 353 K, 393 K 등 3가지 온도에서 측정하였으며, 측정 결과를 그래프에 도시하면 Fig. 6과 같다. 각 온도에서의 적외선 복사량 관계는, 313 K인 경우  $Y_{T=313K} = 0.234 \cdot \ln(\eta) + 3.53$ , 353 K인 경우  $Y_{T=353K} = 0.234 \cdot \ln(\eta) + 4.02$ , 393K

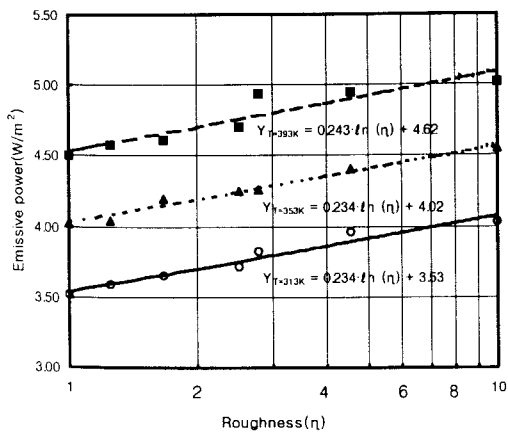


Fig. 6. Effect of roughness of zinc on the Far-IR emissivity.

인 경우  $Y_{T=393K} = 0.243 \cdot \ln(\eta) + 4.62$ 의 함수로 증가함을 알 수 있다. 이로부터 거칠기 ( $\eta$ )가 커질수록 복사량은 증가함을 알 수 있으며, 가열 온도가 증가하여도 같은 경향을 나타냄을 알 수 있다.

결 언

아연의 표면상태가 원적외선 복사량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 시료의 표면 온도 (T) 및 표면 거칠기 ( $\eta$ )를 달리하여 측정된 결과, 다음과 같은 사실을 알 수 있었다.

1. 아연의 가열 온도가 증가하면 원적외선 복사량이 증가되며, 그 증가 추이는  $\eta = 1.0$ 일 때  $Y_{\eta=1.0} = 0.142 \cdot T - 0.937$  이고,  $\eta = 10.0$ 일 때에는  $Y_{\eta=10} = 0.016 \cdot T - 1.286$ 이다.
2. 아연의 표면 거칠기가 증가하면 원적외선 복사량도 증가된다. 원적외선 복사량의 증가 추이는 313K에서  $Y_{T=313K} = 0.234 \cdot \ln(\eta) + 3.53$ 이었고, 353K에서는  $Y_{T=353K} = 0.234 \cdot \ln(\eta) + 4.02$  이었다. 그리고 393K에서는  $Y_{T=393K} = 0.243 \cdot \ln(\eta) + 4.62$ 이다.

사 사

이 연구는 충남대학교 공동실험실습관에 설치된 장비를 이용한 것이며, 도면 작성에 도움을 준 충남대학교 물리학과 김병준, 지질학과 신현숙, 이대준, 김홍기 대학원생에게 감사한다. 또한 이 논문 초고를 숙독하시고 조언해 주신 한국자원연구소 김문영 박사님께도 감사드린다.

참 고 문 헌

고상모(1996), 원적외선 방사원료 및 암석특징, 광물과 산업, 9(2), 2-8.  
 고상모, 김문영(1997), 천연광물과 암석의 원적외선방사 특성 및 활용검토, 제3회 한·일 원적외선 심포지움 논문집, 7-23.

- 김원사, 신현숙, 이대준, 장충근(1999), 일부 광물에 대한 원적외선 발생 특성 연구. 1999년도 대한자원환경지질학회 · 한국자원공학회 · 한국지구물리탐사학회 춘계 공동학술발표회 논문집, 140-142.
- 박완서(1995), 국내외 원적외선 이용현황. 제1회 원적외선 가열 · 건조 심포지움 발표집, 35-47.
- 박종옥, 최태섭(1995), 전이원소 산화물의 온도변화에 따른 원적외선 복사특성. 한국조명전기설비학회, 9(6).
- 백우현(1995), 한국의 원적외선 복사체의 분광학적 연구. 제1회 한일 원적외선 심포지움 발표집, 105-170.
- 정구영, 백우현(1997), 생체조직에 미치는 원적외선의 효과. 제3회 한일 원적외선 심포지움 논문집, 81-89.
- 최태섭(1997), 원적외선의 전자재 이용현황 및 맥반석 함유 미장물탈의 특성평가. 제3회 한일 원적외선 심포지움 논문집, 143-167.
- 한국전자재시험연구원(1996), 원적외선 자료집 (I). 한충수, 최태섭(1996), FTIR을 이용한 원적외선 방사특성. 한국요업학회지, 11 (1), 30-38.
- Cobientz, W. A. (1908) Suppeimentary Investigations of infrared spectra. Part 7 (The Carnegie Institute, Washington, D.C. .
- Inoue, S. and Kabaya, M. (1989) Biological activities caused by far-infrared radiation. Int'l Biometerol. 33, 145-150.
- Sugiyama, T., Hiriuchi, T., and Takashima, H. (1992) Infrared radiation from the sintered of a mixture of aluminum titanate, clay, and transition metal oxide. Chemistry Express. 7(2), 169-172.

---

1999년 6월 24일 원고접수, 8월 30일 게재승인.