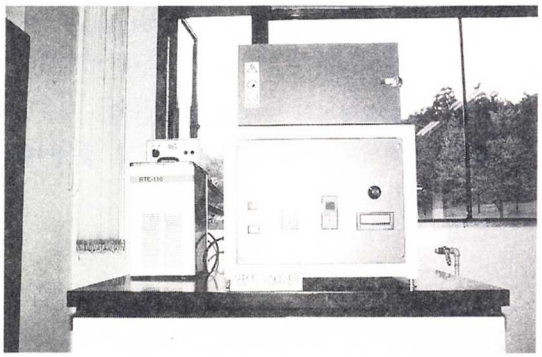
열 전도율 시험기

金 學 煥 / 燃燒試驗室 研究員

1. 개 요

본 시험기는 단열재의 열 전도율을 측정하기 위한 시험장치로 열류계를 이용하여 열전도율을 결정하는 방법을 사용하며 본체, 액체 순환장치 및 감 전압 변환기로 구성되어 있다. 시험 방법은 KSL 9016(평판 열류계법), ASTMC518 및 ISO DIS 8301에 규정되어 있다.



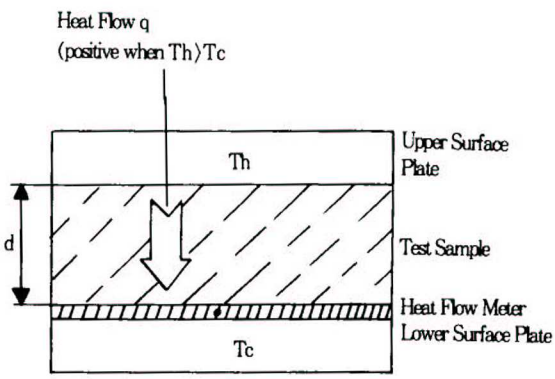
2. 작동원리

열 전도율의 측정은 재료단면의 온도차에 의해 생기는 일정한 열류에 의하며, 열류량은 재료의 열 전도율 및 두께에 의해 결정되는데 그 관계를 식으로 나타내면 다음과 같다. (Fourier 의식)

$$q = \lambda \cdot A \cdot \frac{\triangle T}{d}$$

q : 열류
λ : 열 전도율
A : 열류면적
$\triangle T$: 재료단면의 온도차 (Th−Tc)
d : 재료 두께

이 시험기에서는 시험체 바로 아래에 있는 열류계에 의해 열류가 측정되며 (그림1참조)열류는 시험체를 통과하는 열의 양에 따라 Voltage로 표시된다. 따라서 위 식에서 A값은 고정되어 있으므로 식을 다시 쓰면 다음과 같다.



〈그림 1〉

$$\frac{\lambda}{d} = N \cdot \frac{Q}{\Delta T}$$

Q : 열류계 출력 Voltage

N : 보정계수

*보정계수(N) : 열 전도율이 미리 알고 있는 교정판(표준판)을 시험하여 얻어지는 Q와 △T값을 측정하여 구할 수 있다.

시험하고자 하는 온도에 따라 변하는 상수이며, 시험체의 열저항($\frac{d}{\lambda}$ 이 교정판의 열저항 값의 0.5~2배 이내라면 본 시험기의 정확도는 ±5% 이내이다.

3. 제 원

이 시험기는 섬유질, 다공질, 미립자 단열재의 열전도율을 측정하며 30×30cm 형태의 단단한 재료뿐 아니라 거칠고 균일하지 못한 재료도 시험이 가능하다. (예를들면 다공질 프라스틱, 섬유보온재, 모래, 석고보드, 나무, 콘크리트, 기타 건설재료 등)

1) 시험방법 : KSL 9016평판열류계법, ASTM C518 및 ISO DIS 8301

2) 시험체 크기 및 두께 : 크기 30cm×30cm
두께 0.5~10cm

3) 열류계 감지 면적 : 시험체 중앙으로부터 10×10cm

4) 열전도율 범위 : 0.1~3.0 Btu in/hr ft²F
0.015~0.43 w/mk
0.012~0.37 Kcal/mh℃

5) 시험체 온도범위 : 0℃~120℃
(32°F~250°F)

6) 정확도 : ±2%~±5%
(재시험 정확도 : ±1%)

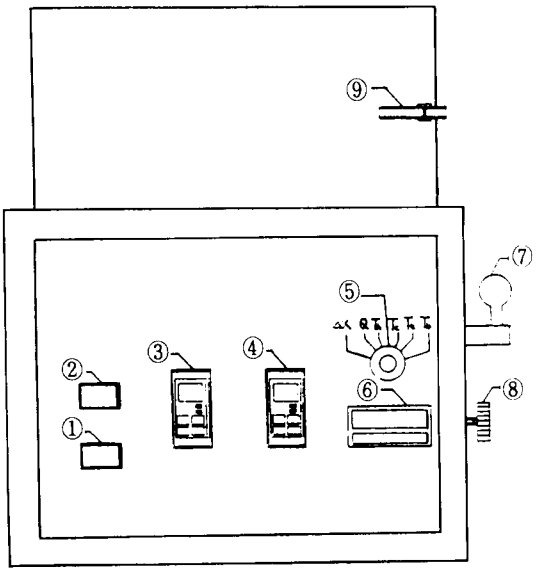
7) 냉각장치 : −30℃~100℃ (NESLAB RTE−110)

8) 전원 : 100, 115, 230V
50/60 Hz
2KVA max

9) 교정판 : Glass Wool (NIST 1450b)

4. 구조 및 작동방법

가. 외관도



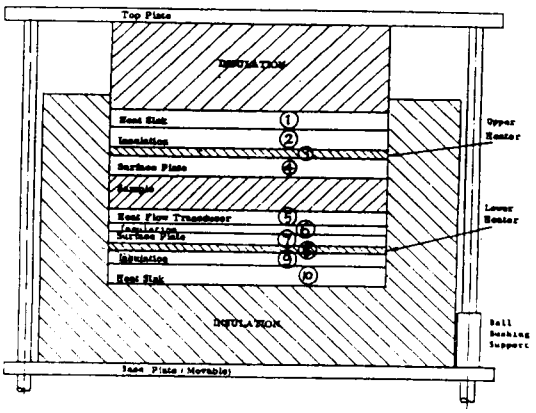
〈그림2 외관도〉

① MAIN POWER S/W
② RESET S/W
③ UPPER FACE 온도 제어장치
④ LOWER FACE 온도 제어장치
⑤ 선택 스위치
- △X : 시편두께
- Q : 열류량
- Th : Sample Upper Face Temp
- Tc : Sample Lower Face Temp
- Tt : Upper Heat Sink Temp
- Tb : Lower Heat Sink Temp

⑥ 디지털 표시장치
⑦ 손잡이
⑧ 손잡이 고정장치
⑨ 잠김장치

나. 시험단면

시험 단면은 고정된 상부구조와 시험체 두께에 따라 조정하도록 오른쪽 손잡이에 의해 움직일 수 있는 하부구조의 2개부분으로 구성되어 있다. (그림 3참조)



〈그림3. 시험단면〉

●상부구조

①Heat Sink : a metal plate with Cooling passage

②Thermal Insulation

③Upper Face Heater : an electrical heating pad.

④Aluminum Surface Plate (중심에서 Th측정)

●하부구조 : 상부구조와 유사하며 ball bushing에 의해 로드들 따라 상하로 움직일 수 있는 기초판 위에 고정되어 있다.

⑤HFT : Heat Flow Tranceducer (중심에서 Tc측정)

⑥Thermal Insulation

⑦Aluminum Surface Plate

⑧Lower Face Heater : an electrical heating pad.

⑨Thermal Insulation

⑩Heat Sink : a metal plate with cooling passage.

Heat Sink의 냉각은 냉각액을 사용해야 하며 냉각액의 온도는 시험체 최소온도에 따라 결정된다. 각 Heat Sink의 온도는 Surface Plate의 온도보다 15℃이상 낮아야 한다.

다. 냉각장치

본 시험기의 냉각장치는 NESLAB사의 RTE-110 모델로 본체의 Heat Sink에 연결되어 있으며 냉각기, 수조, 온도 조절 장치로 구성되어 있다.

●제원

①온도범위 : -30℃~100℃

②냉각능력 : 20℃에서 500Watt.
0℃에서 300Watt.
-10℃에서 175Watt.

③히터용량 : 800Watt.

④펌프 : 15 ℓ/min

⑤수조용량 : 5 ℓ

●Site

①시험실 온도 10℃~27℃ 유지

②공냉식 냉각장치로 공기순환용 팬의 작동에 지장이 없도록 각 30cm이상 이격.

③냉각능력은 24℃이하시 최대, 24℃이상시 0.5℃ 상승마다 1%씩 냉각능력 감소.

●배관

배관의 연결구는 펌프박스 뒷면에 PUMP INLET, PUMP OUTLET으로 표시되어 있으며 본체와의 배관연결을 가능한 짧게 하여 보온관을 사용한다. 드레인은 장치 뒷면에 설치된 꼭지를 반시계 방향으로 1회전 한다.

●냉각액

점도가 50 centistokes 이하의 비부식성, 불연성 액체를 사용. 시수는 작동온도 8℃~80℃ 내에서 사용하고 8℃이하시에는 부동액(ethylene glycol)과 시수를 50:50으로 섞어 사용하도록 한다. 냉각액의 용량은 수조 내부에 표시되어 있는 2개의 눈금사이에 위치하도록 한다.

●조절장치 (그림4참조)

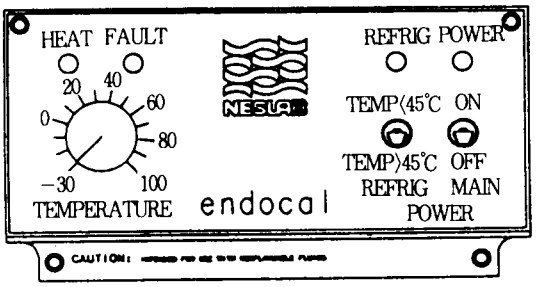
①냉각장치의 조절스위치는 펌프박스 앞면에 설치되어 있으며 동작상태는 REFRIG LAMP로 표시된다.

②TEMP〈45℃ 위치는 작동온도 330℃~45℃로 냉각장치 작동되며
TEMP〉45℃ 위치는 작동온도 45℃~100℃로 냉각장치 작동안됨

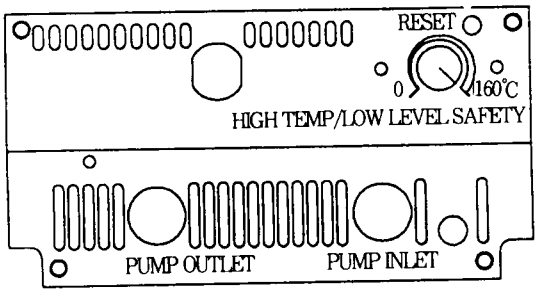
③냉각장치가 멈췄을때는 냉각압력이 평형이 될 수 있도록 약5분간 작동시키지 않아야 한다.

●High Temperature/Low Liguid LEVEL SAFETY (그림4참조)

이 장치는 과도한 열에 의한 기계의 손상을 막기위해 설치된 것으로 수조내 히터 코일에 연결된 온도 센서에 의해 작동되며 상한 셑팅온도 이상으



(전면)



(후면)

〈그림4. 냉각장치〉

로 과열 됐을때 전면의 Fault Lamp가 점등됨과 동시에 작동이 정지된다.

*온도 셑팅 방법

①뒷면에 High Temp/Low Level Safety라고 표시된 조정 다이알을 시계방향으로 완전히 돌린다.

②RESET 버튼을 누른다.

③냉각장치를 작동시킨다.

④필요로 하는 냉각수의 온도보다 몇도 높게 전면의 Temprature 다이알을 셑팅하여 안정시킨다.

⑤High Temp/Low Level Safety 다이알을 반시계방향으로 '딸깍'소리와 함께 작동이 정지될때까지 돌린다.

⑥셑팅이 완료됨. 필요로 하는 냉각수의 온도에 맞춰 Temperature 다이알을 조정하고 RESET 버튼을 누른다.

5. 시험방법

가. MAIN POWER s/w를 누른다.

나. 시험챔버의 문을 열고 손잡이를 앞으로 당겨 시험편을 넣는다.

다. 선택 s/w를 △×에 놓고 시험편에 과도한 힘이 가해지지 않도록 주의하면서 손잡이를 뒤로 민다.

라. 디지탈 표시장치를 보면서 원하는 △×가 됐을 때 손잡이를 정지시키고 손잡이 고정장치로 고정한 뒤 시험챔버의 문을 닫는다.

마. 10~20분 경과후 RESET s/w를 누른다.

바. 온도제어장치를 이용하여 UPPER FACE와 LOWER FACE의 원하는 온도를 (온도차는 20~30℃ 정도)셑팅한후 냉각장치를 조절하고 셑팅한 온도와 근접할때까지 기다린다.

*냉각장치 조절방법

①MAIN POWER ON.

②REFRIG s/w 선택

③High Temp/Low Level Safety 다이알을 셑팅.

④Temperature 다이알을 조정

(Lower Face 온도보다 15℃정도 낮게)

사. 셑팅한 온도와 근접하면 다시 30~60분 정도 기다린후 △×, Q, Th, Tc 값을 측정한다. 그후 15분 간격으로 각 값을 계속측정하여 $\frac{Q}{Th-Tc}$ 값의 변화가 1%이내 일때가 안정된 상태이며 이때의 최종값을 읽는다.

아. 다음식에 따라 열 전도율 값을 구한다.

$$\lambda = \frac{N \cdot \triangle \times \cdot Q}{Th - Tc} \quad (w/mk)$$

N : 보정계수

△× : 시험편 두께(m)

Q : 열류계 출력(mV)

Th : Upper Face 온도(mV)

Tc : Lower Face 온도(mV)