

신재생에너지 설비심사세부기준

NR

SH 101 : 2009

평판형
진공관형,
고정집광형

태양열 집열기 (평판형, 진공관형, 고정집광형)

제정 '03.11.21

개정 '05.05.23

개정 '06.06.07

개정 '07.07.09

개정 '09.12.31

제정 '05.05.23

개정 '06.06.07

개정 '07.07.09

개정 '09.12.31

이 문 이 기준은 신에너지및재생에너지개발·이용·보급촉진법 시행규칙 제7조1항[별표1]의 설비인 중심사기준 제2항의 설비심사기준으로 KS B ISO 9806-1 "태양열 집열기 시험방법-제1부:집열창이 부착된 압력 강하가 발생하는 액체식 집열기의 열적 성능"을 기반으로 작성한 것이다.

1. 적용범위 이 기준은 태양에너지를 열에너지로 변환해서 이용할 수 있도록 제작된 액체식(상변환식 포함) 태양열집열기(이하 "집열기"라 한다) 중 평판형, 진공관형 및 고정집광형 집열기에 적용된다. 다만, 이들집열기를 사용하여 구성하는 설비형태양열 시스템의 구성에 대한 평가는 부속서에 따른다.

2. 정의

2.1 용어의 정의

- (1) 평판형 집열기 : 집열면이 평면형상이고, 태양에너지 흡수면적이 태양에너지의 입사면적과 동일한 집열기
- (2) 진공관형 집열기 : 흡수관으로부터 열손실을 줄일 목적으로 투과체 내부가 진공으로 된 집열기, 주로 진공관을 투과체로 사용하고 그 내부에 흡수관이 있다.
- (3) 고정집광형 집열기 : 태양을 추적하지 않고 고정 설치되며, 태양에너지 흡수면적이 태양에너지의 입사면적보다 적은 집열기
- (4) 흡수관 : 입사된 태양에너지를 흡수하여 열에너지로 변환해서 집열매체로 전달하는 부분
- (5) 투과체 흡수관을 보호하면서 태양에너지를 투과시켜 흡수관에 전달하기 위한 투명한 집열기 덮개부.
- (6) 반사체(반사판) 태양복사일사를 반사시켜 흡수관으로 보내기 위해 사용되는 재료
- (7) 집광체 : 렌즈나 곡면 또는 판형 모양의 반사체를 이용하여 광학적으로 태양복사일사를 흡수관에 모으는 부분.
- (8) 집열기 총면적 : 집열기의 돌출부를 제외한 외장을 포함한 투영면적.
- (9) 유효집열면적 : 집열기에서 태양에너지가 입사되는 부분의 투영면적으로, 투과면적과 반사체의 면적을 포함한다.
- (10) 흡수면적 : 집열기의 흡수관의 투영면적

2.2 기호

A_G : 집열기 전면적

C_p : 집열매체의 비열

G : 집열면 전일사량 평균

$G_{dir,h}$: 시간별 직달일사

A_a : 집열기 투과면적

$F_R U_L$: 집열기 열손실율

G_h : 시간별 집열면 일사량

$G_{dif,h}$: 시간별 산란일사

H : 적산일사량
 \dot{m} : 집열매체 유량은 체적유량
 t_{in} : 열매체 입구온도
 Q_h : 시간별 집열량
 η : 집열효율
 $(\tau\alpha)_e$: 유효 투과흡수율
 K_θ : 입사각 수정계수
 t_a : 주변(외기) 온도
 t_e : 열매체 출구온도 평균
 ρ : 밀도
 $(\tau\alpha)_{e,n}$: 입사각 0° 상태에서의 투과흡수율

3. 집열기 분류 및 공용규격

(1) 집열기의 분류는 특성에 따라 표 1과 같이 분류된다.

표 1 집열기 분류

특 성	분 류
형상 및 집열 방식	평판형, 진공관형(단일진공관, 이중진공관), 고정집광형, 기타
흡수관 재질	금속재, 유기재(프라스틱 등)
집열매체	액체식, 상변화식
집광유무	집광형, 비집광형
사용온도	저온용, 중온용

(2) 집열기 종류별 공용규격은 다음과 같으며, 성능검사는 다음 표2의 공용규격에 한해서 이루어진다.

표 2. 평판형 태양열 집열기의 외관 및 연결관 공용규격(단위 : mm)

호칭	가로	세로	연결관 중심선간 거리	연결관 규격
공용1	1,000±10	2,000±10	1,855±0.5	PF1 " -11산
공용2	1,000±10	2,000±10	1,920±0.5	PF1 " -11산 PF3/4" -14산
공용3	1,180±10	2,400±10	2,320±0.5	PF1 " -11산

4. 평가기준(요구조건)

4.1 성능 집열기의 성능은 표 3에 적합하여야 한다.

표 3 집열기의 성능

항 목	성 능	시험방법	
집열기 열성능	시간정수	집열기는 다음의 (1)과 (2)를 만족하거나 또는 (3)을 만족해야 함 (1) $F_R(\tau\alpha)_{e,n}$:0.68 이상일 것 (진공관, 고정집광형은 0.62 이상일 것) (2) $F_R U_L$:6.0 이하일 것 (진공관, 고정집광형은 3.0 이하일 것) (3) 집열량은 일사량이 21 MJ/m ² ·day, $t_{in} - t_a$ 가 30 ℃일 때, 8.4 MJ/m ² ·day 이상일 것.	6.6
	집열성능 ¹⁾		6.4
			6.5
			6.8
	입사각수정계수		6.7
	압력손실	압력손실 특성 선도가 표시되어 있을 것.(상변화식은 제외)	6.9
품 질 시험	정압누설	(1) 열매체의 누설이 없을 것. (2) 정압누설시험 시 압력강하가 1 % 이내일 것.	5.2
	고온저항	(3) 투과체의 변색이나 파손이 없을 것.	5.3
	노출시험	(4) 투과체의 결로현상이 투과면적 대비 1 % 이내일 것. (5) 투과체와 틀 사이의 봉입재 돌출이 3 mm 이내일 것	5.4
	시수분무	(7) 투과체와 틀 사이의 틈이 3 mm 이내일 것.	5.5
	냉수주입	(8) 흡수판 피막의 변질이 없을 것. (9) 흡수판과 도관 사이의 틈이 없을 것.	5.6
	빗물침투	(10) 단열재의 변형이 없고, 부풀림 등이 3 mm 이내일 것.	5.7
	내 동 결	(11) 집열기 내부에 수분이 침투하여 단열재가 젖지 않을 것. (12) 집열기의 구조변형이나 구성품의 파손 및 손상이 없을 것.	5.8
	구조체 강도	(13) 시험 중 이상소음의 발생 또는 진동이 없을 것.	5.9
	투과체 내충격	^{주3)} (14) 반사체 피막의 변질이 없을 것(고정집광형) ^{주2)} (15) 집열관 및 반사체의 교체가 가능한 구조이어야 한다.(진공관형)	5.10
	시편절취	터짐, 부풀음, 벗겨짐 및 녹이 없을 것.	5.11
	해체검사	이상 유무가 없을 것.	5.12

※ 집열성능은 평판형은 전면적 기준, 진공관식 및 고정집광형은 투과면적(aperture area)을 기준으로 한다.

4.2 구조 및 겉모양

구조 및 겉모양은 다음 각 항에 적합하여야 한다.

- (1) 사용 중 열매체가 누설되지 않는 구조이어야 한다.
- (2) 각 부분은 사용 상 충분한 강도를 가져야 한다.
- (3) 열매체의 출입이 용이한 구조이어야 한다.
- (4) 배관접속부는 외부배관과 용이하게 접속되는 구조이어야 한다.
- (5) 동파가 방지될 수 있는 구조이어야 한다.
- (6) 사용 중 소음 및 진동을 내지 않는 구조이어야 한다.
- (7) 흡수판과 집열관(지관)은 용접 혹은 압착되어 이탈 및 틈이 없는 구조이어야 한다.
- (8) 빗물의 침입이 없고 바람 등으로 이동되지 않으며 점검 및 보수가 용이한 구조이어야 한다.
- (9) 부식 및 녹방지를 위해 방청처리를 하여야 한다.
- (10) 마감상태 등 겉모양이 미관 상 심각할 정도로 거칠지 않아야 한다.
- ^{주2)}(11) 진공관형 집열기는 집열관 및 반사체의 교체가 가능한 구조이어야 한다.
- ^{주2)}(12) 진공관 집열관 내에는 흡기제(getter)를 장착하여야 한다.
- (13) 집열기의 모든 부품은 설치과정에서나 외기조건(태풍, 적설 등)하에서 그 형상이 변화되지 않을 정도의 충분한 구조적 강도를 지녀야 한다.

4.3 재료

집열기의 재료는 다음 각 항을 만족하여야 한다.

- (1) 집열기에 사용되는 모든 부품은 각 부의 목적에 적합한 KS제품 또는 동등 이상의 품질을 갖는 것으로 내구성 및 강도에 이상이 없어야 한다.
- (2) 태양복사일사에 노출되는 재료는 자외선 등 내후성이 있는 재료를 사용해야 한다.
- (3) 투과체에 사용되는 재료는 투과율이 우수해야 하고 예상되는 내부의 최고온도에 견뎌야 하며, 충분

한 강도를 지니는 재료를 사용해야 한다. 또한 먼지 등에 대한 청소가 가능하여야 한다.

- (4) 단열재는 단열재에 접하는 온도에 견딜 수 있어야 하며, 집열기의 성능에 심각한 영향을 주는 가스 발생 등의 반응이 없어야 한다.
- (5) 외장재는 부식이 없는 재료거나 부식방지 코팅 처리되어야 하며, 내후성이 있는 재료를 사용하여야 한다.
- ^{주3)}(6) 반사체는 반사율이 높아야 하며, 시간 경과에 따른 반사율 저하가 적으며, 청소가 용이해야 한다.

5 집열기의 품질시험

5.1 일반

- (1) 시험은 (표 4)에 나타난 순서에 따라 실시한다. 시험 순서의 변경은 의뢰자와 평가기관 및 시험기관의 협의로 가능하며, 시험결과와 함께 제출되어야 하고 변경사유를 제시하여야 한다.
- (2) 시험종류에 따라, 어떤 시험은 집열기의 일부분을 변경하여 처리해야 할 경우가 있다. 예를 들어 흡수관에 온도센서를 부착하기 위해 집열기의 바닥면에 구멍을 뚫어야 하는 경우도 있다. 이러한 경우 발생된 손상부분이 시험의 결과에 영향을 주지 않도록 조치해야 한다.

표 4 시험절차

절 차	관계조항	시험
1	5.2	정압누설
2	5.3	고온 저항 ¹⁾ (빈쪼이기)
3	5.4	노출시험
4	5.5	외부 열충격 ²⁾ (시수분무)
5	5.6	내부 열충격 ²⁾ (냉수주입)
6	5.7	빗물 침투 ³⁾
7	5.8	내동결 ⁴⁾
8	5.2	정압누설(재시험)
9	5.9	구조체 강도
10	6	열 성능
11	5.10	투과체의 내충격
12	5.11	최종 검사

1) 유기재료 흡수관의 고온저항 시험은 정압누설 시험 이전에 집열기 정체온도(최대작동온도)를 알아보기 위해 먼저 실시되어야 한다.
 2) 두 가지 내 외부 열 충격 시험은 실외시험 하에서 고온저항 시험과 겸하여 실시될 수 있다.
 3) 빗물침투 시험은 투과체가 있는 집열기에 대해서만 실시 한다.
 4) 내동결 시험은 동결저항력이 요구되는 집열기에 대해서만 실시 한다.

주의 : 이 절차는 추천사항으로 시험비용 및 시간 절약을 고려하여 결정된 것임. 각 시험 중 발생한 문제점들은 그 다음 시험의 결과에 반영될 수도 있다.

5.2 내압시험(정압누설시험)

5.2.1 금속 흡수관

5.2.1.1 목적

내압 시험은 집열기 작동 중, 흡수관의 지관이 받는 압력을 견딜 수 있는 정도를 확인하기 위해서이다.

5.2.1.2 장치 및 절차

- (1) 시험장치는 [그림 1]과 같이 수압식 압력원(hydraulic pressure source-펌프, 고압탱크 등), 안전변, 공기빼기 밸브와 5 % 이상의 정확성을 가진 압력계로 구성된다.
- (2) 집열기를 가압하기 전에 공기빼기 밸브를 사용하여 공기를 빼낸다.
- (3) 집열기는 상온에서 물로 채워져야 하고, 시험압으로 일정시간 가압되어야 한다(5.2.1.3.2 참조). 압력은 흡수판의 부품 변형 및 파손에 대한 검사가 진행되는 동안 유지되어야 한다.

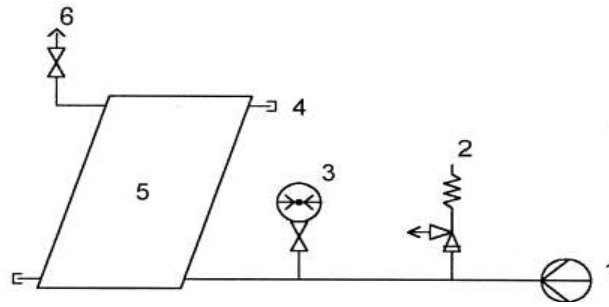


그림 1 금속 흡수판을 가진 집열기의 정압누설 시험

- 1 수압식 압력원, 2 안전변, 3 압력계, 4 열매체 출구 주관 봉입,
- 5 집열기, 6 공기빼기 밸브

5.2.1.3 시험조건

5.2.1.3.1 온도

금속 흡수판은 5 °C ~ 30 °C 범위의 외기온도 조건에서 가압되어야 한다.(5.2.1.3 참조).

5.2.1.3.2 압력

시험압은 제작자가 명판에 표기한 최대 작동압력의 1.5배로 15분간 가압하여 1시간 이상 유지되어야 한다. 다만, 최소압력은 5kg/cm²이상으로 한다.

5.2.1.4 시험결과 확인

집열기의 누수 및 부품 변형에 대해 조사한다.

5.2.2 비금속 흡수판(플라스틱, 천연고무 등)

5.2.2.1 목적

비금속 흡수판의 경우, 집열기 작동 중 최대작동온도 하에서 견딜 수 있는 압력의 정도를 확인하기 위해서이다. 시험은 비금속 흡수판의 압력저항이 온도 증가와 반비례 관계이기 때문에 흡수판을 최대작동 온도로 상승시킨 상태에서 수행되어야 한다.

5.2.2.2 장치 및 절차

5.2.2.2.1 일반

- (1) 장치는 수압식 또는 공기식 압력원과, 필요한 시험온도로 흡수판을 가열하는 장치로 구성된다. 흡수판을 가열하기 위하여 인공태양을 사용할 경우, 인공태양의 특성은 태양열집열기 효율시험에 사용된 인공광원의 특성과 비슷해야 한다.

(2) 온도센서는 시험 중 온도감지를 위해 흡수관에 부착되어야 한다. 센서는 흡수관 높이(길이)에서 2/3 지점, 너비(폭)에서 중간(전체의 중간이면서 지관이 있을 경우 지관과 지관의 중간)에 위치해야 하고, 흡수관의 열전달이 잘되는 위치에 단단히 고정시켜야 한다. 센서는 태양복사일사에 직접 노출되지 않아야 한다.

(3) 5.2.2.3에서 언급한 시험조건이 시험 전 30분과 시험 중, 전 시간에 걸쳐 유지되어야 한다.

흡수관의 압력은 5.2.2.3에서 규정된 상태에서 가압되어야 하고, 흡수관은 각 압력증가 단계별로 부품, 변형, 파열에 대해 조사되어야 한다. 압력은 흡수관이 검사되는 동안 유지되어야 한다.

주의 : 시험 중 예기치 못할 폭발에 대비하여 시험자의 안전을 도모할 수 있는 조치가 있어야 한다.

5.2.2.2.2 투과체가 없는 집열기에 사용되는 비금속 흡수관(시험온도 ≤90 °C)

최대 시험온도가 90 °C 이하일 때, 흡수관을 가열된 온수 욕조에 담겨 시험할 수 있다. 흡수관을 가압할 유체 공급회로는 안전밸브, 공기빼기 밸브(필요할 경우)와 5% 이상의 정확성을 가진 압력계로 구성된다 (그림 2 참조).

5.2.2.2.3 기름류 유체를 사용하는 비금속 흡수관(시험 온도 >90 °C)

시험온도가 90 °C를 초과할 경우, 흡수관은 별도의 가열조 없이 고온의 열매체회로(hot oil circuit)를 이용하여 가압함으로써 시험될 수 있다(그림 3 참조). 고온의 열매체회로는 안전변, 공기빼기 밸브, 5% 이상의 정확도를 가진 압력계로 구성된다.

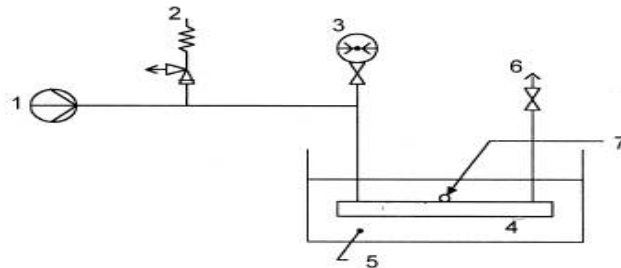


그림 2 투과체가 없는 비금속 흡수관을 가진 집열기의 정압누설시험 장치

1. 가압원 2. 안전변 3. 압력계 4. 비금속 흡수관 5. 가열조
6. 공기빼기 밸브 7. 흡수관에 부착한 온도센서

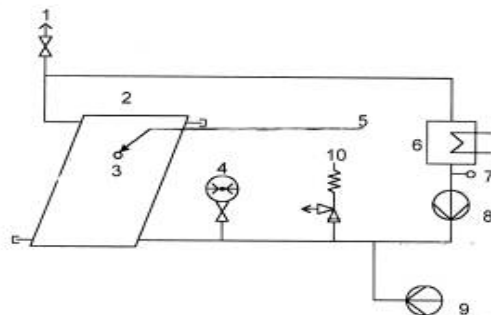


그림 3 고온 유체를 사용하는 비금속 흡수관의 정압누설 시험

1. 공기빼기 밸브 2. 주관 출구 일부 봉입 3. 집열기 4. 압력계
5. 흡수관 부착한 온도센서 6. 열매체 가열기 7. 온도센서 8. 펌프
9. 고온 열매체 가압원 10. 안전변

단, 흡수판의 가열방법은 상기의 방법 외에도 다음의 방법 중 하나를 선택해도 좋다.

- (1) 열매체회로에 가열기를 연결
- (2) 인공태양에 노출시켜 전체 집열기를 가열
- (3) 실외의 자연태양광에 노출시켜 전체 집열기를 가열

주의 : 시험 중 예기치 못할 폭발에 대비하여 시험자의 안전을 도모할 수 있는 조치가 있어야 한다.

5.2.2.3 시험조건.

5.2.2.3.1 온도

- (1) 비금속으로 만들어진 흡수판의 경우, 시험 온도는 흡수판이 정체온도에 도달할 때까지의 가열되어야 한다.
- (2) 시험은 다음의 (표 5)에 주어진 조건하에서 수행되어야 한다.
- (3) 시험온도의 결정은 다음 중 하나를 택한다.
 - ① 측정된 집열기 성능 특성을 사용 하거나
 - ② 고온저항 시험에서 측정된(5.3.3 참조) 집열면의 전일사량 강도(태양복사 또는 인공태양) 및 외기 온도와 흡수판 온도의 평균값으로부터 보간한다.

표 5 비금속 흡수판의 정압누설시험 온도를 결정하기 위한 기상 조건

기상 조건	모든 기상 조건에 대한 값
집열면의 전일사량 강도, G	1000 W/m ² 이상
외부 공기 온도, t_a	30 ℃ 이상

5.2.2.3.2 압력

시험압력은 제작자가 규정한 작동 압력의 1.5배이어야 한다.

비금속으로 만들어진 흡수판에 대해, 압력은 약 20 kPa의 시험압력으로 5분간 가압되어야 하며, 시험압력은 적어도 1시간 동안 유지되어야 한다.

5.2.2.4 시험결과 확인

집열기의 누수, 부품 변형에 대해 검사한다.

온도, 각각의 압력, 시험 기간을 포함하여 사용된 시험절차에 대한 세부사항을 시험결과에 포함한다.

5.3 고온저항 시험(빈쪼이기 시험)

5.3.1. 목적

이 시험은 강한 태양복사일사나 고온의 외기조건 하에서, 집열기 투과체(유리 또는 유기재료)의 파손, 손상, 또는 집열기 내부의 가스발생으로 인한 투과체의 침전, 변색 등의 결함여부를 확인하기 위해 수행한다. 또한 비금속 흡수판의 경우, 흡수판이 녹아내리거나 변형유무를 알아보기 위해 수행한다.

5.3.2 장치 및 절차

- (1) 집열기는 실외 또는 인공태양 하에서 시험되어야 한다.

- (2) 집열기는 열매체가 채워지지 않은 상태로, 열매체 주관의 한쪽은 공기의 순환에 의한 냉각을 막기 위해 봉입하고, 다른 한쪽은 흡수판 내의 공기의 자유로운 팽창이 가능하도록 개방시켜 설치한다(그림 4 참조).
- (3) 온도센서는 시험 중 온도를 측정하기 위해 흡수판에 부착되어야 한다. 센서는 흡수판 높이의 2/3지점, 너비의 중간에 위치해야 하고, 흡수판의 온도가 잘 감지되는 부위에 단단히 부착시켜야 한다. 이 때 센서는 태양복사에 직접 노출되지 않도록 한다.
- (4) 시험은 정상상태에 도달한 이후 1시간 이상 지속시켜야 하며, 곧바로 5.3.4에서 언급한 손상에 대해 검사되어야 한다.

주의 : ^{주2)}진공관형 집열기와 같은 구조의 집열기는, 온도센서를 흡수판에 부착하는 것이 어려울 수 있다. 이 경우 흡수판의 온도를 알아내기 위한 방법으로 흡수판에 온도센서를 부착하는 대신, 시험 기관이 부분적으로 흡수판을 특정 열매체로 채우고, 흡수판을 봉합한 뒤 압력을 측정한다. 흡수판의 내부 압력과 온도의 관계는 유체의 표준 증기압/온도 관계로부터 알 수 있다.

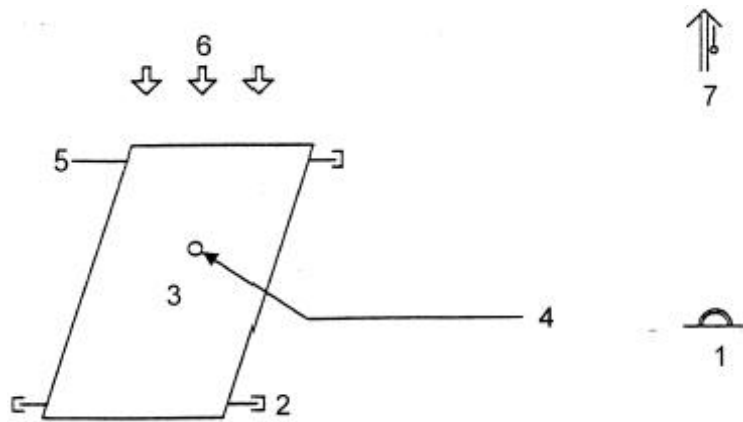


그림 4 빈쪼이기 시험 장치

- 1. 집열면에 설치된 전일사량계 2. 열매체 입구 주관 봉입
- 3. 집열기 4. 온도센서 부착(흡수판)
- 5. 열매체 출구 주관 일부 봉입 6. 태양복사일사(태양 또는 인공태양의 광원)
- 7. 외기온도 센서

5.3.3. 시험조건

시험 시 외기조건은 표 6과 같아야 한다.

표 6 고온저항 시험에 대한 기상 조건

항 목	기상 조건
집열면의 전일사량 강도, G	1000 W/m ² 이상
외기온도, t_a	20~40 ℃
외부 공기 속도	1 m/s 이하

5.3.4 시험결과 확인

집열기의 열성능저하, 부피수축, 가스누출 및 부품의 변형에 대해 조사한다.

5.4 노출 시험

5.4.1 목적

노출시험은 집열기가 실제 소비자에게 공급되어 장기간 사용 중에 발생할 수 있는 각종 문제점 유무를 확인하기 위한 시험이다.

5.4.2 장치 및 절차

- (1) 집열기는 열매체가 채워지지 않은 상태로, 열매체 주관의 한쪽은 공기의 순환에 의한 냉각을 막기 위해 봉입하고, 다른 한쪽은 흡수관 내의 공기의 자유로운 팽창이 가능하도록 개방시켜 설치한다. 그림 5 참조
- (2) 외기온도는 1 K의 정확도 범위에서 기록되어야 하고, 일사량계의 설치는 집열면의 방위각과 경사각을 따른다. 일사량과 평균 외기온도 값은 30분 간격으로 기록하고, 강수 여부가 매일 기록되어야 한다.
- (3) 집열기는 5.4.3의 시험조건이 일치할 때 까지 노출되어야 한다.
- (4) 노출시험의 후반부에, 5.4.4에 언급된 손상에 대해 육안검사를 실시한다.

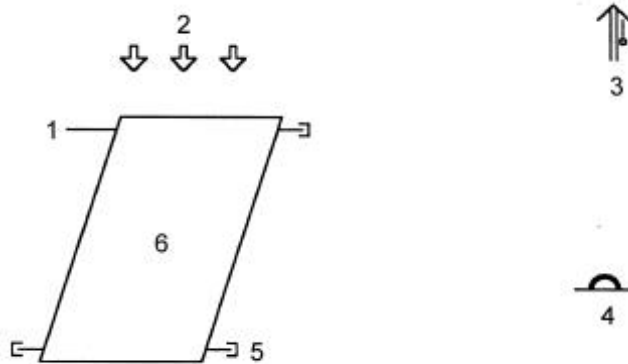


그림 5 노출시험 설치

1. 출구 주관 일부 개방
2. 태양복사일사
3. 외기온도 센서
4. 집열면에 설치된 일사량계
5. 열매체 입구 주관 봉입
6. 시험 집열기

5.4.3 시험조건

노출시간은 표 6을 참조하여 아래의 항을 만족하여야 한다.

- (1) 집열기는 적어도 15일 동안(연속된 날일 필요는 없음) 표 6의 일일 적산일사량 H의 조건 하에 노출되어야 한다.
- (2) 외기온도가 표 6에 주어진 값보다 클 경우, 집열기는 표 6의 일사량 강도 G의 조건에 노출되는 누적시간이 적어도 30시간 이상 되어야한다. 단 이 경우, 일사강도 G와 외기온도는 표 7의 최소조건 이상으로 30분 이상 지속되는 시간을 누적한다.

주의 : 이러한 조건이 연간 특정 기간동안 맞춰질 수 없는 지역에서는, 표 7의 일사량 강도 G에 30시간

노출시키기 위하여 인공태양을 사용할 수 있다. 30시간 노출시험은 외부에서 최소 적산일사량 H에 10일간 이상 또는 15일 이내에 노출된 집열기에 한하여 실시되어야 한다.

내외부 열 충격 시험은 30시간 노출시험 기간 중, 10시간 노출 이후 첫 번째 시험을 수행하고, 20시간 노출 이후 두 번째 시험을 수행하여야 한다.

표 7 노출 및 내·외부 충격 시험에 대한 기상 조건

구분	최소조건
집열면의 전일사량 강도, G	850 W/m ² 이상
집열면의 일일 적산일사량, H	14 MJ/m ² 이상
외부 공기 온도, t_a	10 °C 이상

5.4.4 시험결과 확인

집열기의 손상 및 성능 감소에 대해 조사한다.

5.5 외부 열충격 시험(시수분무시험)

5.5.1 목적

집열기는 강한 일사에 노출된 기후조건에서 때때로 심각한 외부 열 충격을 일으킬 수 있는 갑작스런 비, 폭풍 등에 노출 될 수 있다. 이 시험은 그러한 열적 충격을 견딜 수 있는 집열기의 능력을 평가하기 위한 것이다.

5.5.2 장치 및 절차

- (1) 집열기는 열매체를 채우지 않은 상태로 실외 또는 인공태양 아래 설치한다. 열매체 주관의 한쪽은 공기의 자연 순환에 의한 냉각을 막기 위해 봉합하고, 다른 한쪽은 흡수관 내부의 공기 팽창이 가능하도록 개방한다. (그림 6 참조)
- (2) 온도센서는 선택 사항으로 시험 중 온도를 파악하기 위해 흡수관에 부착할 수 있다. 센서는 흡수관 높이의 2/3지점, 너비의 중간에 설치해야 하고, 흡수관의 온도가 잘 감지되는 부위에 단단히 고정시켜야 한다. 이 때 센서는 태양복사로부터 직접 노출되지 않도록 한다.
- (3) 물 분사기의 배열은 집열기 전체에 걸쳐 물을 균등하게 뿌릴 수 있도록 위치해야 한다.
- (4) 집열기는 물 분무기가 작동되기 전에 1시간 이상 높은 일사량 상태에 노출 시킨 후, 15분 동안 물 분무기에 의해 냉각된다.(5.5.3 참조)
- (5) 5.5.4의 검사를 한다.
- (6) 이 시험은 2회 실시해야 한다.(5.4.3 참조)

주의 : ^{*)}진공관형 집열기와 같은 구조의 집열기는, 열전대를 흡수관에 부착하는 것이 어려울 수 있다. 이 경우 흡수관의 온도를 알아내기 위한 방법으로 흡수관에 열전대를 부착하는 대신, 시험 기관이 부분적으로 흡수관을 특정 열매체로 채우고, 흡수관을 봉합한 뒤 압력을 측정한다. 흡수관의 내부 압력과 온도의 관계는 유체의 표준 증기압/온도 관계로부터 알 수 있다.

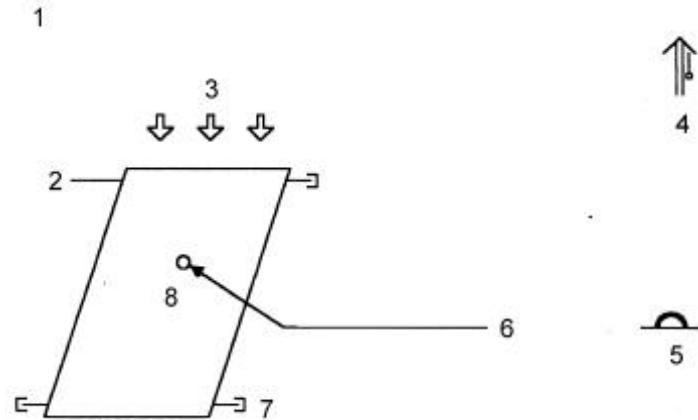


그림 6 외부 열충격 시험(시수분무 시험) 설치

1. 시수분무기 2. 출구 주관 일부 개방 3. 태양복사일사 4. 외기온도 센서
5. 집열면에 설치된 일사량계 6. 온도센서 부착(흡수관) 7. 열매체 입구 주관 봉입 8. 집열기

5.5.3 시험조건

(표 7)에 주어진 조건이 사용되어야 한다.

즉, 규정된 작동 조건은 다음과 같다.

- ① 집열면의 전일사량 강도 G 가 (표 7)의 값보다 커야한다.
- ② 외기온도가 (표 7)의 값보다 커야 한다.

분무되는 물의 온도는 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이하이어야 하며, 유량은 집열기 투과체 유효면적당 $0.03\sim 0.05\text{ kg/s}$ 으로 한다.

주의 시수분무기의 배관이 외부의 태양복사에 노출되어 있는 경우, 배관 내에 고여진 물의 온도가 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이상일 수 있다. 이 경우, 물의 기준온도인 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 가 될 때까지 고인 물을 빼어낸 후, 시험을 수행하여야 한다.

5.5.4 시험결과 확인

집열기에 발생하는 모든 흠, 변형, 응축, 누수 또는 ^{주2)}진공상태의 손실에 대해 조사한다. 일사량, 외기온도, 흡수관 온도(측정하였을 경우), 분무되는 물의 온도와 유량의 측정값을 기록한다.

5.6 내부 열충격 시험(냉수주입 시험)

주의 : 상변화식 집열기 및 2중 진공관식 집열기의 경우 이 시험은 생략한다.

5.6.1 목적

집열기는 강한 일사에 노출된 기후조건에서 심각한 내부 열 충격(예를 들어 장기간 작동 중지로 집열기가 정체 온도에 있는 상태에서 열매체 순환작동을 시작하려고 할 때)을 일으킬 수 있는 차가운 열매체의 유입에 의하여 손상될 수 있다. 이 시험은 그러한 열적 충격을 견딜 수 있는 집열기의 능력을 평가하기 위한 것이다.

5.6.2 장치 및 절차

- (1) 집열기는 열매체를 채우지 않은 상태로 실외 또는 인공태양 아래 설치한다. 열매체 주관의 한쪽은 개폐밸브를 통해 열매체 공급원으로 연결되어야 하고, 다른 쪽(평판형 집열기의 대각선 방향)은 흡수관에 공기의 자유 팽창이 가능하도록 초기에 개방시켜 두고 열매체가 흡수관을 통과하도록 한다.(그림 7 참조)
- (2) 온도센서는 선택 사항으로 시험 중 온도를 파악하기 위해 흡수관에 부착될 수 있다. 센서는 흡수관 높이의 2/3지점, 너비의 중간에 위치해야 하고, 흡수관의 온도가 잘 감지되는 부위에 단단히 부착시켜야 한다. 이 때 센서는 태양복사로부터 직접 노출되지 않도록 하여야 한다.
- (3) 집열기는 열매체를 공급하기 전 1시간 동안 높은 일사량 상태에 노출시킨 후, 5분간 차가운 열매체를 공급하여 냉각한다. (5.6.3 참조)
- (5) 5.6.4의 검사를 한다.

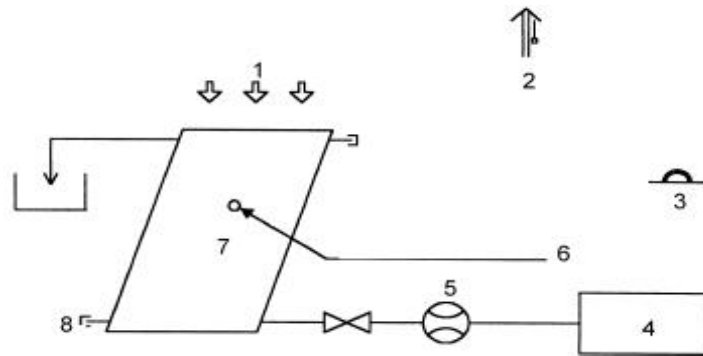


그림 7 내부 열충격시험(냉수주입) 설치

1. 태양복사일사 2. 외기온도 센서 3. 집열면에 설치된 일사량계 4. 냉수 공급원
5. 유량계 6. 온도센서 부착(흡수관) 7. 집열기 8. 열매체 입구 주관 봉입

5.6.3 시험조건

(표 7)에 주어진 조건이 사용된다.

즉, 규정된 작동 조건은 다음과 같다.

- ① 태양열(인공태양) 일사량 G 가 (표 7)의 값보다 커야한다.
- ② 외부 공기 온도가 (표 7)의 값보다 커야 한다.

열매체는 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이하의 온도이어야 한다. 권장되는 유량은 집열기 투과체 유효면적당 최소 $0.03\sim 0.05\text{ kg/s}$ 으로 한다.(만약 제작자가 규정한 사항이 없을 경우)

5.6.4 시험결과 확인

집열기에 발생하는 모든 흠, 변형, 뒤틀림, 누수 등에 대해 조사한다. 일사량, 외기온도, 흡수관 온도(측정하였을 경우), 열매체의 온도와 유량의 측정값을 기록한다.

5.7 빗물 침투 시험

5.7.1 목적

이 시험은 투과체가 포함된 집열기에 대해 수행하며, 투과체의 틈 등을 통해 집열기에 빗물이 침투되는 지에 대해 평가하기 위한 것이다. 집열기는 비에 의해 집열기를 타고 흐르는 빗물이나 수분 등의 침투가 발생되지 말아야 한다.

5.7.2 장치 및 절차

5.7.2.1 일반

- (1) 집열기는 [그림 8]과 같이 입·출구 배관을 하여 설치한다.(단, 온수가 흡수관을 통해 순환하지 않은 상태로 : 5.7.2.2 참조)
- (2) 또한 집열기는 제작자가 권장하는 설치경사각 중 가장 낮은 각도로 설치한다. 이 경사각이 규정되어 있지 않을 경우, 30°이하의 경사각을 취한다.
- (3) 지붕일체형 집열기는 인공 지붕에 설치하고 아래쪽 면이 외기와 차단되도록 보호되어야 한다. 기타의 집열기는 개방형 지지틀 또는 인공 지붕에 일반적인 방식으로 설치되어야 한다.
- (4) 집열기는 스프레이 노즐이나 샤워기를 통해 집열기 설치면에 수직으로 전 면에 걸쳐 4시간동안 분무한다.

5.7.2.2 물의 침입 감지

집열기는 집열기의 흡수관이 최소 50 °C로 유지되는 동안 위에서 설명한대로 분무되어야 한다. 이것은 흡수관을 통해 약 50 °C의 온수를 순환하거나 집열기를 태양복사일사에 노출시켜 가능하다. 빗물침투는 육안검사(물방울 또는 투과체 위의 응축 등의 징후)로 판단하거나 다음 중 하나의 방법으로 판단한다.

- ① 집열기의 무게를 잰다.(저울의 정확도는 ± 1 g 이하이어야 한다.)
- ② 습도 측정의 방법을 통해
- ③ 응축 수준을 측정하는 방법을 통해

집열기의 가열은 집열기가 시험 전 건조 상태라는 것을 확인하기 위해 물 분무 시험 전에 시작되어야 한다.

1

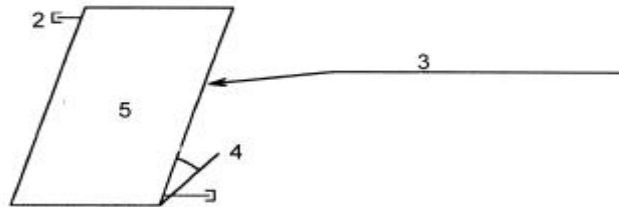


그림 8 빗물 침투시험 설치

1. 분무장치
2. 출구 주관 봉입
3. 지붕재 일체로 설계된 집열기의 경우 바닥면 보호
4. 경사각지지
5. 집열기

5.7.3 시험조건

분무되는 물의 온도는 30 °C이하이어야 하고, 유량은 집열기 투과체 유효면적당 0.05 kg/s으로 한다. 빗물침투 검사방법으로 무게를 잰 경우, 집열기는 시험 시작 전 저울로 무게를 달아야 하며, 시험 후의 무게는 ± 1 g 이상 변화해서는 안 된다.

5.7.4 결과

집열기 내부에 물이 침투되었는지를 조사한다. 물이 침투되었을 경우, 물 침투의 범위 및 침투 위치가 기록되어야 한다.

5.8 내동결 시험

5.8.1 목적

이 시험은 물을 열매체로 사용하는 집열기가 동결과 동결/융해의 반복에 견딜 수 있는 정도를 평가하기 위한 것이다. 이 시험은 시공(설치)지침에 분명히 언급되는 사항으로 부동액을 열매체로 사용하는 집열기에는 적용하지 않으며, 다음의 두 가지 종류의 집열기에 대하여 적용된다.

- ① 물이 채워졌을 경우 동파가 방지되는 집열기(재질 또는 구조적인 동결저항)
- ② 배수시켜 동파가 방지되는 집열기(자동배수 방식의 동결저항)

5.8.2 장치 및 절차

5.8.2.1 동결 저항 집열기(동결에 견딜 수 있는 집열기)

- (1) 집열기를 냉각챔버에 설치한다(그림 9 참조). 집열기의 열매체 입 출구를 완전히 밀폐시키고, 제작자가 권장하는 설치 경사각 중 가장 낮은 경사각으로 설치한다. 제작자가 이러한 경사각을 규정하지 않았을 경우, 집열기는 30°의 경사각으로 설치한다.
- (2) 집열기에 물을 채워 작동 압력으로 맞춘다. 집열기 내부의 압력이 떨어질 경우 작동 압력으로 물이 재충전 되어야 한다.
- (3) 시험과정 중의 물의 온도를 확인하여야 한다.

5.8.2.2 자동배수 용 집열기

- (1) 집열기를 냉각챔버에 설치한다(그림 9 참조). 집열기는 제작자가 권장하는 경사각으로 설치하고, 이에 대한 언급이 없을 경우, 30°의 경사각으로 시험된다.
- (2) 집열기에 물을 가득 채워 작동 압력 상태로 10분간 유지한 후, 제작자가 설치한 장치로 배수한다.
- (3) 만약, 배수가 시작된 후 5분간 집열기에서 배수된 수량이 최초 집열기를 채운 수량의 95%가 배수되었을 경우, 내동결 시험은 더 이상 필요하지 않다.
- (4) 냉각챔버의 공기는 순환시키고, 온도는 입구에 가까운 흡수판의 내부에서 측정되어야 한다.
- (5) 최종 싸이클 후 집열기는 작동 압력으로 재충전되어야 한다.

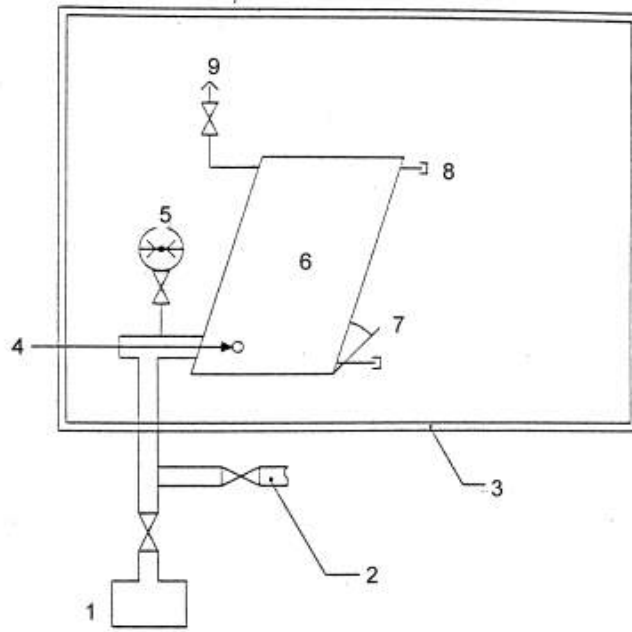


그림 9 내동결 시험장치

1. 시수원 2. 배수구 3. 냉각챔버 4. 온도 센서 5. 압력계
6. 집열기 7. 경사설치 8. 출구 주관 일부 봉입 9. 공기변

5.8.3 시험조건

집열기 내부의 작동유체(물)는 동결 사이클 중 적어도 30분간 -20 ± 2 °C에서 유지되어야 하고, 해빙 사이클 동안은 10 °C이상으로 유지해야 한다. 해빙 사이클은 최소 30분 이상이다.

집열기는 세 번의 동결 해빙 사이클을 거쳐야 한다.

5.8.4 시험결과 확인

집열기의 누수, 파손, 변형과 뒤틀림이 있는지 확인한다.

주) 5.9 구조체 강도시험 (평판형 집열기에 국한)

5.9.1. 목적

이 시험은 집열기가 투과체 위에 가해지는 바람이나 적설로 발생하는 하중부하를 견디는 능력의 정도를 평가하기 위한 것이다.

5.9.2 장치 및 절차

- (1) 집열기는 평탄한 지표면 위에 수평으로 설치해야 한다. 자갈 또는 모래를 담기 충분하도록 집열기 위에 금속 박(foil)을 깔고, 집열기 틀에 맞추어 나무 또는 금속 틀을 설치한다(그림 10 참조).
- (2) 가장 권장되는 것으로 직경 약 32 mm의 자갈로 투과체 위에 부하를 가한다. 이 때, 집열기 상부 각면에 고루 부하가 걸리도록 부하물질의 높이를 일정하게 한다.(유리의 구부러짐에 주의하라) 자갈 외의 부하물질로 모래나 물을 사용하여도 좋다.

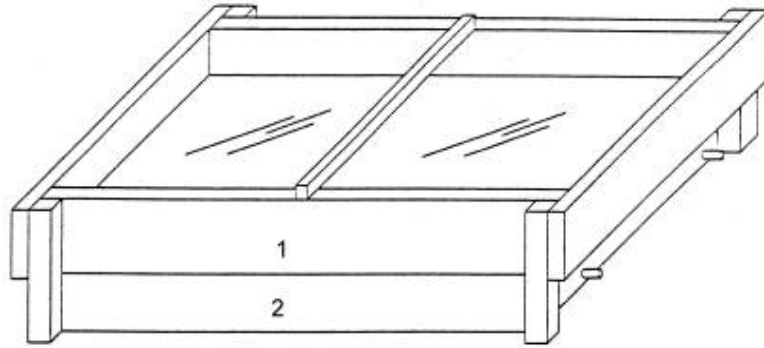


그림 10 구조체 강도시험 설치

1. 목재 프레임
2. 집열기

5.9.3 시험조건

시험 압력은 제작자가 규정한 최대 시험압력에 이르기까지 100 Pa 단위로 차례로 증가시킨다. 별도의 규정이 없으면 최소 1000 Pa 이상으로 한다.

5.9.4 시험결과 확인

집열기의 투과체 및 구조체에 발생하는 모든 결함을 검사한다.

주1) 5.10 투과체의 내충격 시험(평판형 집열기에 국한)

5.10.1 목적

이 시험은 집열기가 우박에 의해 발생하는 충격을 어느 정도 견딜 수 있는지 측정하기 위한 것으로, 투과체가 없거나, 투과체가 플라스틱과 같은 비금속 재료인 경우는 제외한다.

5.10.2 시험방법

- (1) 집열기를 지지대에 수평 혹은 수직으로 설치한다.(그림 11 참조). 지지대는 충격을 주는 동안 변형이나 비틀림이 발생하지 않을만한 충분한 강도를 지녀야 한다.
- (2) 쇠구슬을 일정한 높이에서 떨어뜨려 충격을 가한다. 높이의 결정은 집열기가 수평으로 설치된 경우, 낙하점에서 충격점까지의 거리이며, 수평으로 설치했을 경우, 진자점에서 충격점까지의 직선거리이다.
- (3) 충격 위치는 집열기 틀의 변에서 5 cm 이내, 모서리에서 10 cm 이내로 하며, 매 충격마다 수 mm씩 움직여 위치를 변경시킨다.
- (4) 쇠구슬은 최대 시험 높이(제작자의 규정)에 이를 때까지 첫 번째 시험 높이에서 10번을 두 번째 시험 높이에서 10번을 떨어뜨린다. 이 시험은 집열기에 손상이 발생하거나 집열기가 최고의 시험 높이에서 10개의 쇠구슬 충격을 견디었을 때 멈추어야 한다.
- (5) 제작자의 별도의 시험 높이가 제시되지 않았을 경우, 집열기 투과체 중앙부에 32 g의 쇠구슬을 50 cm 높이에서 낙하시켜 투과체 손상 유무를 조사한다.

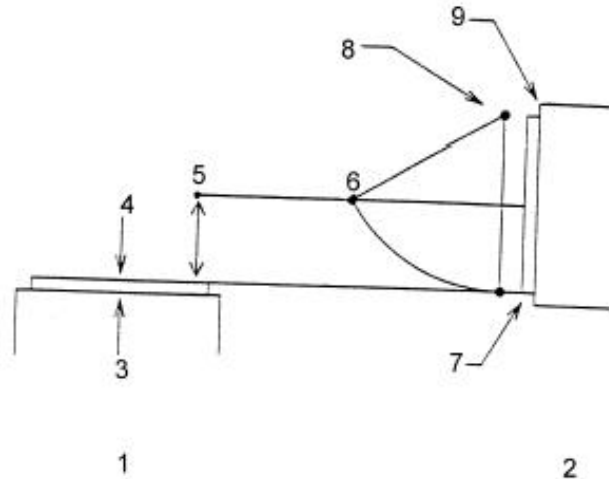


그림 11 쇠구슬을 이용한 투과체의 내충격 시험

1. 쇠구슬 낙하를 이용한 시험 설치 예, 2. 쇠구슬 팬듈럼을 이용한 시험 설치 예,
3. 9. 집열기 고정설치대, 4. 7. 집열기, 5. 6. 쇠구슬, 8. 팬듈럼 고정

5.10.3 시험결과 확인

시험결과 투과체의 손상 유무를 확인한다.

5.11 시편 절취 시험

5.11.1 목적

이 시험은 보급된 집열기와 시험에 사용된 집열기의 각 부품이 동일한 재질인가를 확인하기 위한 자료를 확보하기 위한 것이다. 보급 후 집열기의 성능 상의 문제가 발생할 시, 문제점을 발견할 수 있도록 주요 부품의 물성치를 확보함으로써 인증제품의 사후관리에 필요한 자료를 수집할 목적으로 수행한다.

5.11.2 시편 절취 및 공통사항

- (1) 본 시험은 집열기의 다른 모든 시험이 끝난 마지막 단계에서 수행하여야 한다.
- (2) 시편은 집열기 부품의 일부분을 절취하거나, 집열기에 사용된 재질과 동일한 생산조건으로 만들어진 것으로 한다.
- (3) 시편은 면적 5 cm × 15 cm 정도의 크기를 원칙으로 하되, 경우에 따라 적절한 크기로 할 수도 있다.
- (4) 흡수율, 투과율, 반사율은 KS L2008(열선 흡수 판유리)의 규정에 준하여 구한 파장 0.29~2.14 μm 범위에서의 측정치 평균으로 한다.

5.11.3 도막의 부착성 시험

부품의 도장체에 한하여 시험한다.

- 1) 예리한 칼날을 사용하여 시편 중앙이나 적당한 곳에 다음조건에 따라 바둑판 격자 모양을 만든다.
 - ① 도장강판의 경우, 가로 세로 1 mm 간격으로 10줄씩 그어 홈을 낸다.
 - ② 염화비닐수지 금속적층판의 경우, 가로 세로 2 mm 간격으로 한다.
- 2) 바둑판 눈모양의 홈 위에 KS A1528(셀로판 접착테이프)에 규정한 접착테이프를 붙인 후, 바로 떼어 내어 도막의 손상여부를 조사한다.

5.11.4 염수분무시험

금속 도막재에 한하여 시험한다.

- 1) 예리한 칼날을 사용하여 시편의 대각선 방향으로 3 mm 간격의 흠을 낸다.
- 2) 시편을 염수분무기에 넣고 KS D9502(염수분무시험방법)에 규정한 염수분무를 96시간 한 이후, 흠의 양쪽면 3 mm 이외의 부분의 터짐, 부풀음, 벗겨짐, 녹의 유무를 조사한다.

5.11.5 흡수판 시험

5.11.5.1 흡수판 방사율 시험

흡수판의 시편에 대해 방사율을 측정하여 그 값을 기록한다.

5.11.5.2 흡수판 흡수율 시험

제작자의 규정에 따라 흡수율을 측정하여 그 값을 기록한다. 별도의 규정이 없는 경우, 시험기관의 규정에 따른다.

5.11.6 투과체

투과체의 시편에 대하여 태양복사 투과율 측정하여 그 값을 기록한다.

주)5.11.7 반사체

반사체의 시편에 대하여 반사율을 측정하여 그 값을 기록한다.

5.12 최종 해체검사

모든 시험이 끝났을 때, 마지막으로 집열기를 해체해서 이상 유무를 검사하여야 한다. 이상한 점이 발견되었을 경우 사진과 함께 시험성적서에 그 내용이 기록되어야 한다.

6. 열성능시험

6.1 집열기 설치

6.1.1 일반

집열기의 설치방법은 열성능 시험결과에 영향을 준다. 따라서 시험될 집열기는 6.1.2에 따라 설치되어야 한다. 집열기를 축소 제작할 경우 모서리 손실이 전체 성능에 심각한 영향을 줄 수 있기 때문에 실제규모 크기의 집열기가 시험되어야 한다.

주의 : 지붕일체형 집열기는 가능한한 실제 조건과 유사한 조건을 만들어 시험하여야 한다. 그렇지 않을 경우 집열기 뒷면 열손실이 실제와 다를 수 있다.

6.1.2 집열기 설치대 및 위치

- (1) 집열기 설치대는 시험될 집열기의 경사각 및 방위각이 조절될 수 있는 구조이어야 한다.
- (2) 시험 집열기의 집열면은 그림자가 지거나 가리지 않아야 하며, 뒷면 또는 옆면의 단열에 심각한 영향을 주어서는 안 된다.
- (3) 지붕일체형 집열기를 제외하고는 공기가 집열기의 앞과 뒤쪽을 통해 자유롭게 순환될 수 있도록 설치되어야 한다.
- (4) 집열기는 아래쪽 부분이 지면에서 최소 0.5 m 이상 떨어져서 설치해야 한다. 주변 장애물이나 건물의 벽에서 발생하는 따뜻한 기류의 흐름이 집열기를 통과하도록 해서는 안 된다. 집열기가 건물의 지붕에서 실험되는 경우에, 집열기는 지붕 난간으로부터 최소 2 m 이상 떨어져서 설치해야 한다.
- (5) 집열기는 시험 중 주위 건물 또는 표면으로부터 반사되어 집열기에 도달하는 반사 일사량이 적고 집열기에서 본 시야(집열기의 형태계수)에 중요한 방해물이 없는 곳에 설치해야 한다. ^{주2)}진공관형 집열기와 같은 형식의 집열기에서는, 집열기의 앞과 뒤쪽 모두 반사일사량을 최소화 하는 것이 중요하다.

6.1.3 경사각

집열기의 경사각은 집열기의 방위각과 함께 조절될 수 있어야 하며, 열전달 방식으로 히트파이프(상변화식)를 이용하는 집열기와 같이 경사각이 집열기 열성능에 중요한 영향을 미치는 것을 제외하고는(이 경우 제작자의 요구가 없는 한 추천되는 경사각은 45 ± 5 °C임) 직달 일사에 수직이 되도록 조절될 수 있어야 한다.

주의 : 보통 대부분의 집열기에 대해, 경사각의 영향은 매우 작다. 그러나, 히트파이프(상변화식)와 같이 설치된 특별한 형식의 집열기에 대해 중요한 변수가 될 수 있다.

6.1.4 실외에 설치되는 집열기의 방위각

경사각과 마찬가지로 집열면에 대해 직달일사가 법선으로 입사되도록 조절되어야 한다. 집열기는 정남을 향해 고정하여 설치될 수 있으나, 시험가능한 시간이 크게 제한되는 결과를 가져오게 된다. 따라서 수동 혹은 자동추적장치를 사용해 집열기의 방위각은 경사각과 함께 직달일사가 집열면에 법선으로 입사되도록 태양 위치에 따라서 집열기를 움직이는 것이다.

6.1.5 유속

대부분의 집열기 성능은 바람(공기유속)에 민감하다. 따라서 집열기는 공기가 집열기의 앞뒷면을 자유롭게 통과할 수 있도록 설치되어야 한다. 집열기 면과 평행한 평균 유속은 6.4.3에 규정된 범위 내에 있

어야 한다. 필요한 경우, 송풍기를 설치해서 이러한 조건을 만들어줘야 한다. 그러나 지붕 일체형 집열기의 뒷면은 바람으로부터 보호될 수도 있다. 이러한 경우, 이러한 사항은 시험결과에 표시되어야 한다.

6.2 측정기기 및 측정 시 유의사항

6.2.1 일사량 측정

6.2.1.1 일사량계

6.2.1.1.1 일반

ISO 9060에 규정된 등급 I의 일사량계가 태양과 천공을 통한 총 단파 복사를 측정하는데 사용되어야 한다. ISO/TR 9901에서 주어진 기기 사용의 권장 사항들이 관찰되어야 한다. 각 시험 전에 일사량계는 외부 돔(유리)에 먼지에 대해 점검해야 하며 필요할 경우 청소해야 한다.

6.2.1.1.2 온도 구배의 효과에 대한 주의

시험 중 사용되는 일사량계는 규정된 시험 위치에 위치하며, 측정이 시작되기 최소한 30분전 동안에 평형(안정)상태가 유지되도록 한다.

6.2.1.1.3 습기의 효과에 대한 주의

일사량계는 장비의 내 표면에 판독에 영향을 줄 수 있는 습기의 응축을 막을 수 있는 방안이 있어야 한다. 이를 위해 일사량계를 흡수제(염화칼슘 등의 건조제가든 밀봉건조 용기)와 함께 사용하는 것도 도움이 된다.

6.2.1.1.4 일사량계 정확성을 위해 외선에 대한 주의

인공 광원의 복사를 측정하는데 사용되는 일사량계는 인공 광원으로부터 3 μm 이상 파장의 적외선을 읽는 영향을 최소화하기 위한 방법으로 설치되어야 한다.

6.2.1.1.5 외부에 일사량계의 설치

일사량계는 센서가 집열기 투과체 면과 $\pm 1^\circ$ 이내의 허용오차로 동일 면에 있도록 설치되어야 한다. 시험 중 집열기 투과면에 그림자가 있어서는 안 된다. 일사량계는 집열기가 받는 것과 같은 직달, 확산, 반사일사를 받도록 설치되어야 한다.

일사량계의 몸체와 코넥터의 도선은 태양열에 의한 가열을 최소화 하기위해 태양복사에 노출되지 말아야 한다. 태양열 집열기로부터 일사량계로 재 반사 또는 재 방사 되는 에너지 또한 최소화 하여야 한다.

6.2.1.1.6 인공 태양에서 일사량계의 사용

일사량계는 집열기 투과면에 걸쳐 인공태양복사의 분포 및 시간에 따른 일사의 변화를 측정하는데 사용될 수 있다(6.5.6 참조). 일사량계는 집열기 투과면과 $\pm 1^\circ$ 의 허용오차로 동일 면에 있도록 설치되어야 한다. 시험 중 어떠한 시간에도 집열기 투과면에 그림자가 생기게 해서는 안 된다. 일사량계는 집열기가 받는 것과 같은 직달, 확산, 반사일사를 받도록 설치되어야 한다.

시험 기간 중 인공 태양에 의한 모든 변화를 측정하기 위해 사용되는 방법 및 장비는 요구되는 정확도에 대해 충분히 증명되어야 한다.

6.2.1.1.7 일사량계의 보정

일사량계는 KS R ISO 9846과 KS R ISO 9847에서 주어진 절차에 따라 집열기를 시험하기 전 1년 이내에 보정되어야 한다.

6.2.1.2 직달 일사의 경사각 측정

직달 일사의 경사각 측정은 간단하게 눈금이 새겨진 동심원이 설치된 평판에 직각으로 시침(pointer)을 설치함으로써 가능하다. 시침에 의해 생긴 그림자의 길이는 동심원을 사용해 측정될 수 있고 경사각을 판단하는데 사용될 수 있다. 이 장치는 집열판의 한쪽 부분에 집열면과 동일하게 위치시켜야 한다.

6.2.2 온도 측정

6.2.2.1 일반

태양열 집열기 시험에서 세 개 지점의 온도 측정이 요구된다. 이것은 집열기 입구의 열매체 온도, 집열기 출구에서 열매체 온도, 그리고 주변온도이다.

6.2.2.2 집열기 입구의 열매체 온도 측정(t_{in})

6.2.2.2.1 정확도

집열기 입구로 들어가는 열매체의 온도는 0.1 K의 불안정성(변화도)을 가지고 측정될 수 있다. 그러나 온도가 시간에 따라 변화하지 않는다는 것을 확인하기 위해 온도 신호에 있어서 ± 0.02 K 정도의 높은 정확도가 요구된다.

6.2.2.2.2 센서의 설치

온도센서는 집열기 입구로부터 200 mm이상 떨어져서 설치되어서는 안 되며, 센서의 상부와 하부 두 군데 주위 배관 근처 모두에 단열되어야 한다. 집열기로부터 200 mm이상 떨어져서 센서를 설치해야 할 경우, 유체온도를 측정하는데 어떠한 영향도 미치지 않는다는 것을 증명해야 한다. 온도 측정 점에서 유체의 혼합을 확인하기 위해, 배관 내 구부림, 오리피스 또는 유체 혼합기가 센서 이전에 위치되어야 한다. 그리고 센서는 상류를 향해야 하며, 그림 1에서 나타난 것처럼 유체의 흐름이 발생하는 배관 내에 센서 근처의 공기가 정체되는 것을 막을 수 있는 장치가 있어야 한다.

6.2.2.3 열매체의 온도차(ΔT)

집열기 출구와 입구의 온도차(ΔT)는 0.05 K 이내의 정밀도로 측정되어야 한다.

6.2.2.4 외기온도(t_a)의 측정

6.2.2.4.1 정확도

외기 온도는 0.5 K의 정확도로 측정되어야 한다.

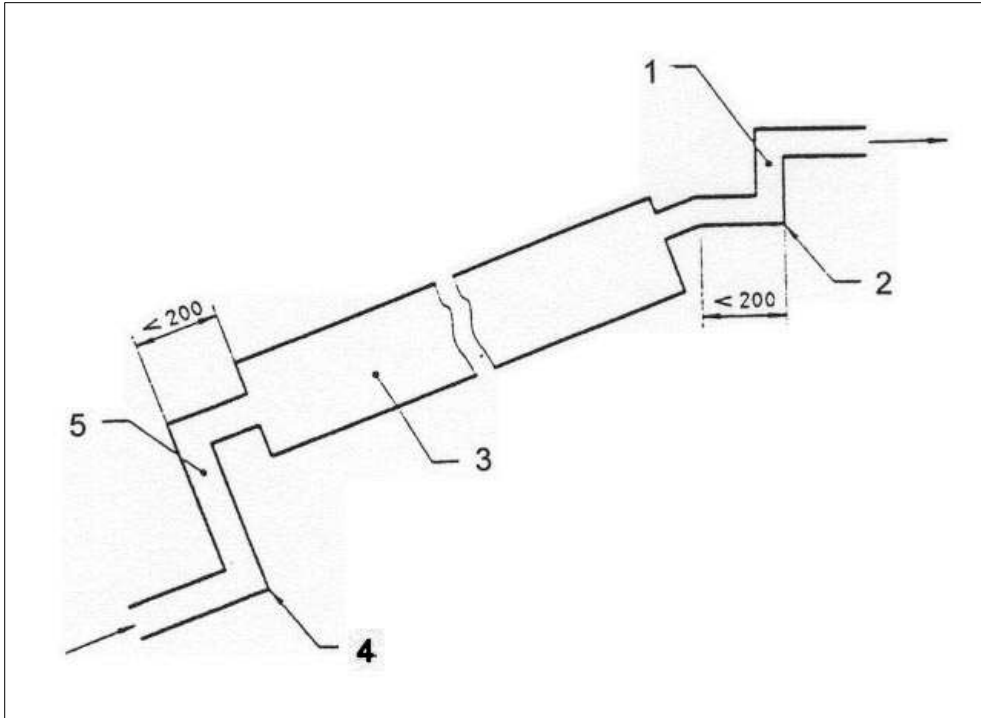


그림 12 집열기 입구 및 출구에서의 열매체 온도 측정 위치(단위mm)

- | | |
|-----------------------------------|--------------------|
| 1. 온도센서 ($t_e, \Delta T$ 측정용) | 2. 배관 구부림 또는 혼합 장치 |
| 3. 태양열 집열기 | 4. 배관 구부림 또는 혼합 장치 |
| 5. 온도센서 ($t_{in}, \Delta T$ 측정용) | |

6.2.2.4.2 센서의 설치

외기온도 측정에 대해 센서는 하얀색 페인트를 칠하거나, 환기가 잘되는 덮개, 강제 환기가 가능한 방법 등으로 직달 및 반사일사로부터 보호되어야 한다. 덮개 자체가 그늘지거나 집열기의 중간 높이에 설치될 수 있으나, 지표면에 의한 영향을 제거하기 위해 현장의 지표면에서 최소 1 m 이상 설치해야 한다. 덮개는 집열기의 한쪽 면에 전면으로부터 10 m 이내에 위치해야 한다. 공기가 집열기를 거쳐 풍속 발생기를 통해 순환된다면, 공기 온도는 풍속 발생기의 출구부분에서 측정되어야 하며, 측정된 온도가 외기온과 ± 1 K 이상 차이 나지 않는다는 것을 확인해야 한다.

6.2.3 열매체 유량의 측정

질량 유량은 직접 또는 간접적으로 측정될 수 있는데, 밀도를 알고 있을 경우, 체적 유량과 온도의 측정을 통해 결정될 수 있다. 유량 측정의 정확도는 시간당 질량으로 측정된 값의 ± 1 %의 범위에 있어야 한다. 유량은 집열기 시험 중 사용된 유체의 유량과 온도의 범위에 대해 측정되어야 한다.

6.2.4 공기속도의 측정

6.2.4.1 일반

집열기의 열 손실은 집열기 주위의 공기속도에 비례해서 증가한다. 기상학 상의 풍속과 집열기상의 공기 속도와의 관계는 시험 장비의 위치에 따라 차이가 있다. 따라서 기상학적인 풍속은 집열기 시험과 관련이 없으며, 집열기 상의 공기속도가 측정되어야 한다.

6.2.4.2 정확도

집열기 앞면의 외부 공기의 속도는 내·외부 모두 0.5 m/s의 범위 내에서 측정되어야 한다. 외부 조건에서 외부 공기속도는 좀처럼 일정하지 않고 돌풍이 흔히 발생한다. 따라서 평균 공기속도의 측정이 시험 기간 중 요구되며, 표준 값의 산술 평균 또는 시험 기간 중 시간 적산을 통해 얻을 수 있다.

6.2.4.3 집열기 상의 공기속도 측정을 위한 센서의 설치

- (1) 실내시험 중, 공기속도는 집열기 표면으로부터의 거리에 따라 다를 수 있다. 따라서 공기속도 측정은 집열기 투과체 표면으로부터 법선으로 10 mm ~ 50 mm 사이의 거리에서 집열기 전체에 걸쳐 동등한 간격으로 측정하여, 평균값이 사용되어야 한다. 또한 공기속도의 측정은 집열기 투과체를 가리지 않도록 성능 시험 이전과 이후에 측정되어야 한다.
- (2) 실외시험에서 평균 유속이 2 m/s이하인 지역에서, 풍속 발생장치(송풍기)가 설치되어 시험기간 내내 일정한 속도를 유지해야 한다.
- (3) 바람 부는 지역에서, 풍속 측정은 집열기의 중간 높이 집열기 근처에서 실시되어야 한다. 센서는 바람에 막혀서는 안 되며 시험 중 집열기에 그림자를 형성하여서도 안 된다.

6.2.4.4 교정

풍속계는 1년 이내에 교정되어야 한다.

6.2.5 압력 측정

집열기를 통과하는 열매체의 압력 강하는 측정 값 또는 ± 10 Pa 중 높은 값의 5%의 정확성을 갖는 장비로 측정되어야 한다.

6.2.6 경과 시간

경과 시간은 0.2 %의 정확성으로 측정되어야 한다.

6.2.7 측정 장비/ 자료 기록

어떠한 경우에도, 장비의 가장 작은 눈금 분할 또는 측정 시스템이 규정된 정확도의 2배를 넘지 않아야 한다. 즉, 규정된 정확도가 0.1 K라면 가장 작은 눈금 분할은 0.2 K를 넘지 않아야 한다.

6.2.8 집열기 면적

집열기 면적은 0.3 % 이내의 오차로 측정되어야 한다. 면적 측정은 20 ± 10 °C의 집열기 온도에서 측정되며 흡수판이 유기재로 만들어 졌을 경우 작동 압력 하에서 측정되어야 한다.

6.2.9 열매체 량

집열기내의 열매체 용량은 적어도 10 %의 정확성으로 측정되어야 한다. 측정은 집열기가 비어 있을 때 무게를 재고 유체를 채운 후 다시 무게를 재는 것으로 측정되거나 집열기에 채워지는 유체의 양으로 측정될 수 있다. 유체의 온도는 외기온도의 ± 2 K의 범위 내에 유지되어야 한다.

6.3 시험회로(Test Loop) 및 설치 시 고려사항

6.3.1 일반

열매체로 액체를 사용하는 태양열 집열기의 시험회로에 대한 개요는 그림 13과 14를 참조한다.

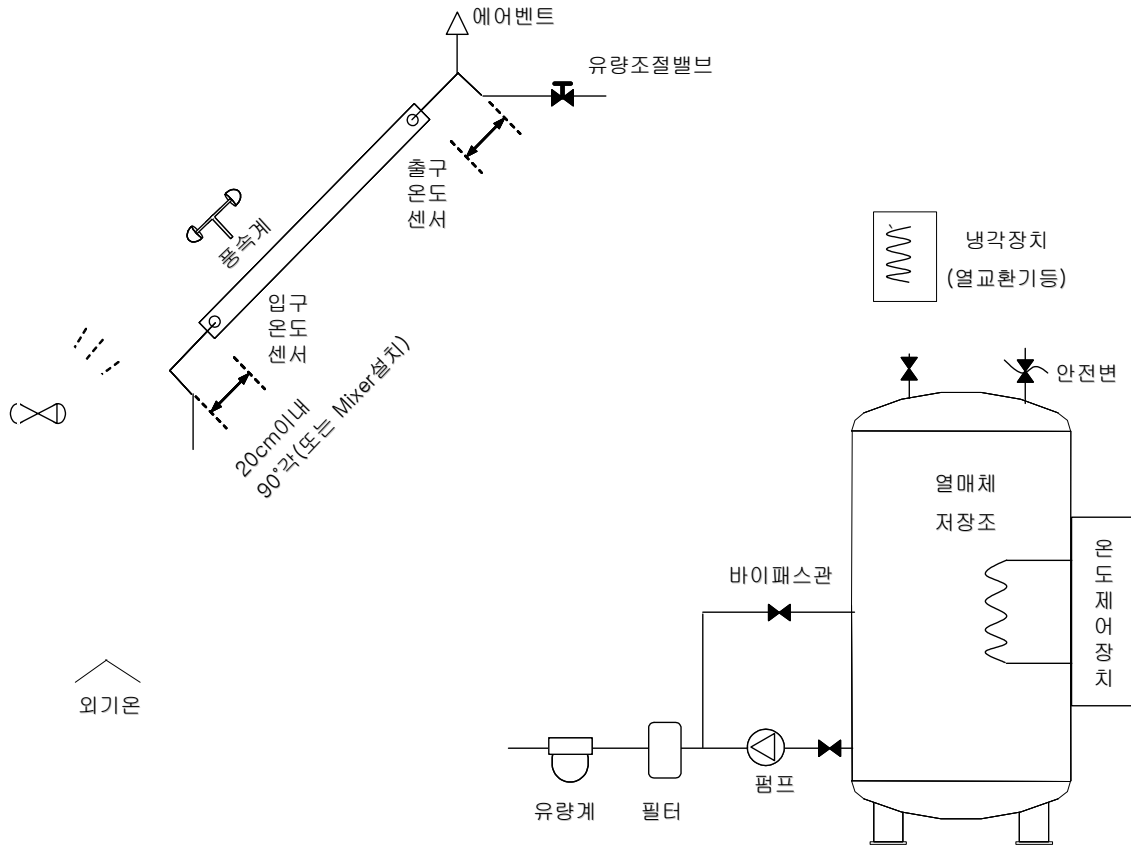


그림 13 폐쇄 회로 구성 예

6.3.2 열매체

집열기 시험에 사용되는 열매체는 물 또는 집열기 제작자가 추천하는 유체이다. 사용된 유체의 열용량과 밀도는 시험 중 유체의 온도에 따라 $\pm 1\%$ 의 범위에서 알려져 있어야 한다. 일부 유체는 유체의 특성이 규정된 특성으로 유지되기 위해 주기적인 교환이 필요할 수 있다. 열매체의 질량 혹은 체적 유량은 시험되는 집열기에 대한 열성능 곡선, 시간상수 및 경사각 수정계수를 결정하기 위한 시험 절차 내내 일정해야 한다.

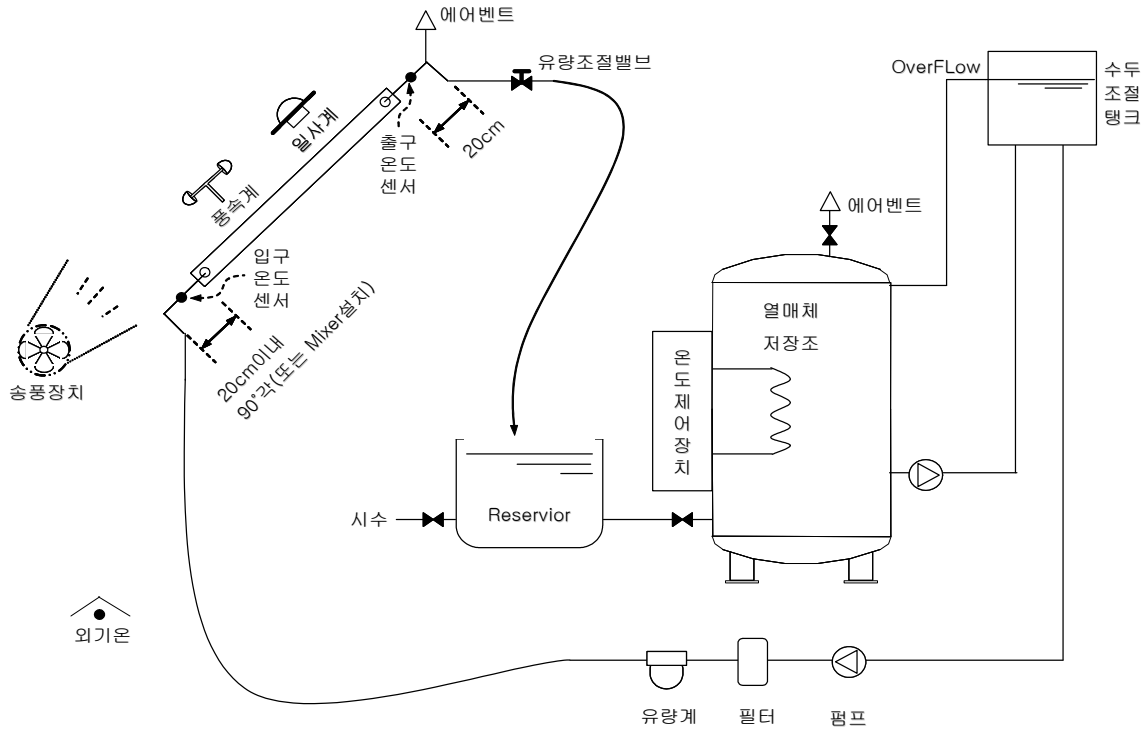


그림 14 개방 회로 구성 예

6.3.3 배관

집열회로에 사용되는 배관은 내부식성이 있어야 하며, 최대 작동온도(^{주1})평판형의 경우 95 °C, ^{주2}진공관형은 200 °C, 기타 집광형은 제작자의 사양에 의함) 내에서 작동가능 해야 한다. 만약 물이 아닌 유체가 사용되었을 경우, 시험장치의 시스템 재료와의 호환성이 입증되어야 한다. 배관은 가능한한 짧게 구성되어야 한다. 특히, 유체 온도제어기의 출구와 집열기의 입구 사이 배관 길이는 유체의 입구온도에 외기에 의한 영향을 줄이기 위해 최소화시켜야 한다.

배관은 열손실율이 0.2 W/K 이하가 되도록 단열되어야 하며, 반사 및 방수 코팅으로 보호되어야 한다. 온도센서와 집열기 입·출구 사이의 온도차는 ±0.01 K 이내가 되도록 철저한 배관 단열과 온도센서 위에 반사, 방수커버로 보호되어야 한다.

주의 1 : 아주 짧은 길이의 투명튜브를 설치해서 기포나 다른 포함물이 열매체와 함께 흐르는지를 확인하는 것도 필요하다. 이 경우 투명 튜브는 집열기의 입구와 가까이 설치하되 유체 입구온도 제어나 온도 측정에 영향을 주어서는 안 된다.

주의 2 : 공기 분리기와 공기변은 집열기의 출구에 위치하며, 시스템 내부에 공기가 찰 수 있는 곳에 위치한다.

주의 3 : 필터는 유량계 및 펌프 이전에 위치하도록 한다(200 μm의 표준 필터 크기가 적당하다).

6.3.4 펌프 및 유량 조절기

펌프는 배관에서 유체로 전달되는 열이 집열기 입구 온도의 제어나 집열기를 통한 유체 온도 증가 측정에 영향을 주지 않는 집열회로 내에 위치해야 한다. 단순한 바이패스 회로와 수동으로 제어되는 니들밸브가 유량제어를 위해 추가될 수 있다. 필요할 경우, 적절한 유량 제어기가 질량 유량을 안정화시키기 위해 부착될 수 있다.

펌프와 유량조절기는 작동 범위에서 선택된 모든 입구온도의 변화에 대하여 집열기를 통한 유량의 $\pm 1\%$ 범위의 안정성을 유지해야 한다.

6.3.5 열매체의 온도 규정

집열기 시험회로는 작동 범위에서 선택된 모든 온도에서 일정한 집열기 입구온도를 유지해야 한다. 집열효율이 유체의 입·출구 온도의 순간 값으로 계산이 가능하기 때문에, 입구온도에서의 작은 변화는 집열량 계산에 오류를 가져올 수 있다. 따라서 집열기 입구온도에 영향을 끼치는 모든 것들은 피해야 하는 것이 매우 중요하다.

6.4 실의 열효율 시험

6.4.1 시험 설치

집열기는 6.1에 따라 설치되어야 하며 6.3에 설명된 시험회로에 적합하여야 한다. 열매체의 진행방향은 집열기의 바닥에서 상층부로 흐르도록 하며, 특별한 경우 제작자의 요구에 의해 바꿀 수 있다.

6.4.2 집열기 사전 조정(Preconditioning)

집열기의 열성능 시험전에 다음과 같은 사항이 수행되어야 한다.

- (1) 집열기를 육안으로 검사하면서 파손 등 이상 유무를 확인하고 기록되어야 한다.
- (2) 집열기 투과체는 깨끗하게 청소되어야 한다. 집열기 내부의 어느 한 부분에 습기가 있다면 약 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 의 열매체를 순환하여 습기를 배출시켜야 한다.
- (3) 집열기를 포함한 집열배관은 공기변 또는 필요할 경우 많은 유량으로 유체를 순환시켜 정체된 공기를 빼내야 한다. 유체의 유입상태는 회로의 배관 내에 설치된 투명 튜브를 통해 정체된 공기나 공기방울이 없는지 확인되어야 하며, 모든 불순물은 제거되어야 한다.
- (4) 만약 의뢰자가 다른 시험을 제외한 열성능 시험만을 요구할 경우, 집열기는 700 W/m^2 이상의 일사량 하에서 5시간 이상 일사에 노출시킨 후 수행되어야 한다.

6.4.3 시험조건

- (1) 시험 중, 집열면에 입사되는 일사량 강도는 700 W/m^2 이상이어야 한다.
- (2) 집열면 전체에 걸쳐 부분적인 변화나 시험 중 일시적인 변화를 고려해서 집열면에 평행한 외부 공기 속도의 평균값은 $3\text{ m/s} \pm 1\text{ m/s}$ 가 적정하다.
- (3) 열매체의 유량은 제작자의 지시에 따른다, 별도의 지시가 없다면, 집열기 단위면적당(m^2) 약 0.02 kg/s 로 한다. 유량은 각각의 시험 기간 중 설정된 값의 $\pm 1\%$ 의 범위 내에서 안정적이어야 하며, 각각의 조건에서의 유량값은 설정된 값의 $\pm 10\%$ 이상 변화해서는 안 된다.

6.4.4 시험 절차

집열기는 효율특성을 결정하기 위해 청명한 날에 작동온도 조건에 대해 시험되어야 한다. 아래에 주어진 요구사항을 만족하는 데이터가 집열기의 작동온도 범위에 걸쳐 적어도 4개 이상의 유체 입구 온도에 대해 측정 되어야 한다. 가능한한 최초에 수행되는 시험의 입구온도는 외기온도의 $\pm 3\text{ K}$ 범위 안에 있도록 하여 정확한 n_0 의 측정이 가능하도록 한다. 만약 물이 열매체로 사용될 경우, 최대 온도는 적어도 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 근처이어야 한다.

적어도 4개의 독립된 데이터(총 16개의 데이터) 측정이 각 유체 입구온도에 대해 이루어져야한다. 시험조건이 허락된다면, 동등한 수의 데이터가 각 유체의 입구 온도에 대해 태양 정오의 전과 후에 측정되어야 한다. 후자는 집열기가 자동 추적장치를 통해 방위각과 경사각이 자동조정 될 경우에는 필요하지

않다.

시험 중, 측정은 6.4.5의 규정에 따라야 한다.

6.4.5 측정데이터

다음의 데이터가 측정되어야 한다.

- (1) 집열기 전면적(A_G) 및 투과면적(A_a)
- (2) 유체 용량
- (3) 집열기 투과면적에 대한 전 일사량
- (3) 집열기 투과면적에 대한 산란 일사량(외부 시험의 경우에만 실시하며, 생략할 수 있다)
- (4) 직달일사의 입사각(대안으로, 이 각은 계산으로 결정될 수 있다.)
- (5) 공기 속도
- (6) 외기온도
- (7) 집열기 입구 열매체의 온도
- (8) 집열기 출구 열매체의 온도
- (9) 열매체의 유량(질량유량 값으로 환산)

6.4.6 정상상태 하에서 시험

시험은 6.4.2 집열기 사전 조정이 끝난 이후 집열기가 정상상태에 도달한 상태에서 시험을 실시한다. 정상상태에 도달하는 시간은 대략 집열기 시간정수의 4배 또는 10분(모를 경우) 정도이다. 이 기간동안 집열기 입구로 공급되는 열매체 온도는 일정하게 유지되어야 한다.

주1) 시험 중 시험에 영향을 미치는 변수들은 측정기간 동안의 평균값에서 표 8에 주어진 범위 이내일 경우, 정상상태에서 작동된 것으로 간주된다.

주2) 정상 상태의 확인은 30초 동안 얻어진 각 변수의 평균값이 측정 기간 전체에 걸친 평균값과 비교되어야 한다.

표 8 측정 기간 중 측정 변수의 허용 범위

변 수	평균값으로부터 허용 오차
집열면 전 일사량	$\pm 50 \text{ W/m}^2$
외기온도	$\pm 1 \text{ K}$
열매체 유량	$\pm 1 \%$
집열기 입·출구의 열매체 온도	$\pm 0.1 \text{ K}$

6.4.7 집열기 효율(순간효율) 계산

6.4.7.1 일반

정상상태 조건에서 작동하는 태양열 집열기의 순간효율은 집열기에 도달한 일사량에 대한 실제 집열된 열량의 비율로 정의된다.

6.4.7.2 집열량과 순간효율

실제 집열된 열량 Q 는 다음과 같이 계산된다.

$$Q = \rho \cdot C_p \cdot \dot{m} \cdot \Delta T \quad (\text{식 3})$$

여기서 열매체의 비열 C_p 는 집열기의 입구온도 하에서의 값이 사용되며, 열매체 유량 \dot{m} 은 체적유량, ρ 는 밀도이다.

경사각이 20° 미만이라고 가정하였을 때, 입사각 수정계수의 사용은 6.7에서 언급한 것처럼 단일 투과체를 이용한 평판형 집열기에 대해 필요하지 않다.

단위면적 당 순간 열효율 η 는 다음과 같이 계산된다.

$$\eta = \frac{Q}{A \cdot G} \quad (\text{식 4})$$

6.4.7.3 단순화된 온도차

순간효율은 단순화된 온도차 T_m^* 의 함수로 나타내어야 한다. 열매체의 입구온도 t_{in} 이 사용되었을 경우, 단순화된 온도 차는 다음으로 계산된다.

$$T_m^* = \frac{t_{in} - t_a}{G} \quad (\text{식 5})$$

여기서 t_a 는 집열기 주변온도이다.

6.4.7.4 순간효율 선도

6.4.7.4.1 일반

순간효율 η 곡선은 다음의 형태로 표현된다.

$$\eta = \eta_0 - a_1 T_m^* \quad (\text{식 6})$$

6.4.7.4.2 투과체 면적/전 면적에 따른 순간효율

단순화된 온도차 T_m^* 의 개념에 따라 순간 효율식은 다음과 같다.

$$T_m^* = \frac{t_{in} - t_a}{G} \quad (\text{식 7})$$

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_{in} - t_a}{G} \quad (\text{식 8})$$

$$\eta = \frac{Q}{A_g G} \quad (\text{식 9})$$

여기서 G : 평균 집열면 전일사량

A_g : 집열기 전면적

6.4.7.3 순간효율식의 단순화

1) 각 측정점에서의 집열효율은 다음 식을 이용하여 구한다.

$$\eta_g = \frac{\rho \dot{m} C_p (t_e - t_{in})}{A_g \cdot G} \quad (\text{식 10})$$

여기서 η_g : 집열기 순간 열효율

t_e : 열매체 출구온도 평균

2) 1)에서 구한 4점의 n_g 를 y축으로 하고, $(t_{in} - t_a)/G$ 를 x축으로 하여, 효율선도를 작성한다.

3) 효율선도를 통해 다음 식의 계수 $(A_a/A_g)F_R(\tau\alpha)_{e,n}$ 과 $(A_a/A_g)F_RU_L$ 을 구하여 그림 15와 같이 완성한다.

$$n_g = (A_a/A_g)F_R(\tau\alpha)_{e,n} - (A_a/A_g)F_RU_L[(t_{in} - t_a)/G] \quad (\text{식 11})$$

여기서 A_a : 집열기 투과면적

$F_R(\tau\alpha)_{e,n}$: 입사각 0°상태에서의 집열기 투과흡수율

F_RU_L : 집열기 열손실율

t_a : 집열기 주변온도

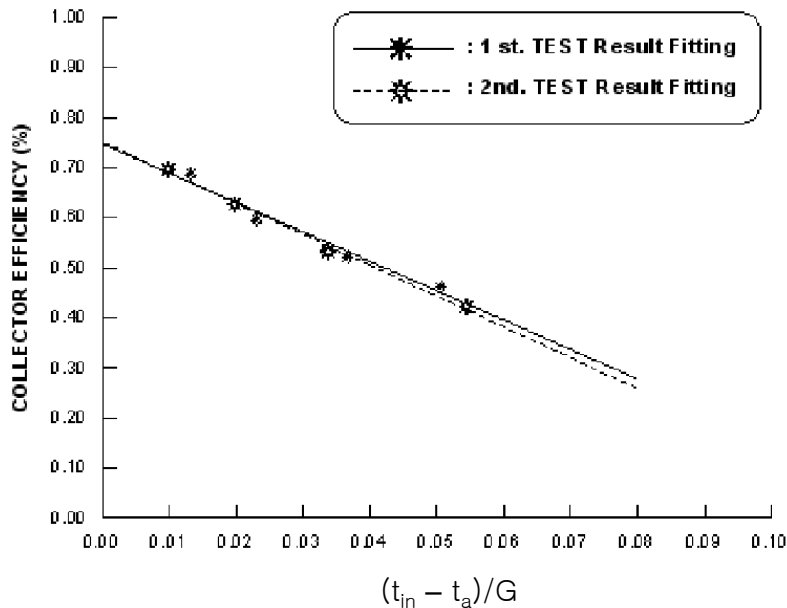


그림 15 집열기 효율 선도

6.5 인공태양을 사용한 열효율 시험(실내시험)

6.5.1 일반

대부분 집열기의 성능은 산란일사보다 직달일사에서 더 좋다. 따라서 이 시험 방법은 인공태양 일사에 의해 입사각이 거의 0에 가깝게 집열면에 입사되는 시험에서만 가능하다.

실제 인공태양 일사의 일정한 직달성분을 만드는 것은 대단히 어렵고 따라서 평균 일사량은 집열기 투과면 전체에 대해 측정되어야 한다.

6.5.2 열효율 시험에 필요한 인공 태양 요구조건

정상상태 효율시험을 위한 인공태양은 다음의 조건을 만족하여야 한다.

(1) 램프는 집열기의 투과면에 걸쳐 조사되는 평균 일사량이 적어도 700 W/m^2 이상 생산할 능력이 되어야 한다. 표 1에서 주어진 정확도에 관련된 사항이 얻어질 수 있고 일사량 값이 시험 결과에 기록된다면 특별한 시험에 대해 300 W/m^2 에서 1000 W/m^2 의 범위 값이 사용될 수 있다.

- (2) 집열기 투과면 전체에 조사되는 평균 일사량은 시험 기간 중 ± 3 % 이상 변화해서는 안 된다.
- (3) 집열기 투과면의 한점에서 일사량은 투과면 전체의 평균 일사량과 ± 15 % 이상 차이가 나면 안 된다.
- (4) 인공태양의 스펙트럼 분포는 에어매스 1.5의 태양 스펙트럼 분포와 동등해야 한다.

6.5.3 집열기 설치

- (1) 6.1.에 언급된 집열기 설치에 대한 사항을 준수해야 한다.
- (2) 집열기 경사각은 $45 \pm 5^\circ$ 전후로 하되 입사각이 0° 가 되도록 하는 것을 원칙으로 하며, 특별한 경우 제작자의 권장사항으로 한다. 따라서 경사각의 조절 기능을 갖는 인공태양 장치가 필요하다.
- (3) 풍속 발생기는 6.1.5에 따라 집열기 상의 공기 유동을 만들어주기 위해 사용되어야 한다.

6.5.4 집열기 사전 조정

6.4.2에서 언급된 절차를 따라야 한다.

6.5.5 시험 절차

- (1) 집열기는 실외시험(6.4.4 참조)에서 규정된 것과 같은 방법으로 작동온도 범위에 대해 시험되어야 한다.
- (2) 시험 중 측정은 6.5.6에 규정된 바와 같이 행해져야 한다.

6.5.6 시험

6.5.6.1 일반

측정은 6.4에 규정대로 실시되어야 한다.

6.5.6.2 인공태양의 측정

- (1) 일사량계는 6.2.1의 것을 사용한다.
- (2) 집열기 투과면에 조사된 일사량 분포는 최대 간격 150 mm의 산술평균으로 산술한다.
주의 1 : 인공태양은 일반적으로 집열기 투과면 전체에 걸쳐 일사강도가 변화할 뿐 아니라 시간 경과에 따라 약간씩 변한다. 따라서 집열기 투과면에 조사된 일사량을 적산하는 절차가 필요하다. 시간에 따른 변화는 일반적으로 일정치 못한 전기 공급과 온도, 작동시간을 가진 램프 출력 변화에 따라 발생한다.

6.5.6.3 실내시험의 외기온도 측정

외기온도(t_a)의 측정은 복사 영향을 최소화 하기위해 센서가 보호된 상태에서 여러 값들의 평균값을 취해 측정한다.

6.5.7 시험기간

시험기간은 정상상태의 실외시험과 같은 방법으로 결정된다. 실내시험의 경우 실외시험 보다 정상상태 환경을 상대적으로 쉽게 조성할 수 있지만, 6.4.6에 규정된 집열기의 적당한 정상작동을 위해서는 충분한 시간이 필요하다.

6.5.8 시험조건

실외시험에 대한 6.4.3에서 언급된 시험조건이 다음의 추가사항과 함께 관찰되어야 한다. :

- (1) 집열기 투과체면의 열방사는 외기온도에서 흑체 공동의 방사보다 총 방사의 5% 범위를 초과하여서는 안 된다.
- (2) 풍속 발생기(송풍기)의 취출온도는 외기온도보다 ± 1 K 이상 차이가 있어서는 안 된다.

6.5.9 집열기 효율계산

실외시험의 6.4.7에서 제시된 방법을 사용한다.

6.6 집열기 시간정수 결정

6.6.1 일반

집열기의 유효 열용량 및 시간정수는 순간적인 성능을 결정하는 중요한 변수이다.

집열기는 작동시 일반적으로 각각 다른 온도와 질량을 갖는 물질의 조합으로 되어 있다. 집열기 작동시, 각각의 집열기 요소는 작동조건의 변화에 따라 각각 다르게 반응한다. 따라서 전체 집열기에 대해 통합적인 유효 열용량을 고려하는 것이 효과적이다.

6.6.2 집열기 시간정수의 시험 절차

시험은 집열기 열효율 시험 시와 동일한 방법으로 열매체를 집열기를 통해 순환시켜 수행한다. 집열기로 공급되는 열매체의 온도는 외기온도와 같도록 한다. 측정요소는 다음과 같으며 6.2에 따라 측정되어야 한다.

- 열매체 공급온도 (t_{in})
- 열매체 출구온도 (t_e)
- 외기온도 (t_a)

6.6.2.1 일사에 노출시키는 시험

- 1) 집열기를 덮개를 사용하여 일사로부터 차단하고, 열매체를 주변 외기온도와 ± 1 °C 오차범위 내에서 일정온도를 유지하여, 설정유량으로 최소 10분 이상 집열기에 공급하여 정상상태에 이르도록 한다.
- 2) 정상상태에 이르는 즉시 덮개를 제거하고 700 W/m²이상의 일사량 하에서 입사각 0°로 노출시킨다. 이때 열매체는 계속 공급한다.
- 3) 집열기 출구의 열매체온도가 점차 상승하여 일정온도를 유지할 때까지 시험을 지속한다.

주의 : 정상상태는 유체의 출구온도가 분당 0.05 K 이내의 변화율을 보일 때, 정상상태에 도달한 것으로 가정한다.

6.6.2.2 고온유체의 유입을 사용하는 시험

- 1) 집열기를 광원으로부터 완전히 차단한 상태에서, 외기온도보다 약 30 °C 이상 높은 온도의 열매체를 집열기의 출구온도가 일정하게 될 때까지 주입한다.
- 2) 시험체 출구의 열매체온도가 점차 상승하여 일정온도를 유지하면, 집열기 주변 대기온도와 같은 온도의 열매체를 설정된 유량으로 공급하고, 측정을 개시한다.

6.6.3 집열기 시간정수의 계산 (선택사항)

열매체의 출구온도와 외기온도 차, $t_e - t_a$ 를 그림 16과 같이 시간에 따라 그래프로 작성한다. 시험은 초기 정상상태 $(t_e - t_a)_0$ 에서 시작하여 광원에 노출시킨 후에 도달되는 정상상태 $(t_e - t_a)_2$ 에 이를 때까지 계속된다.

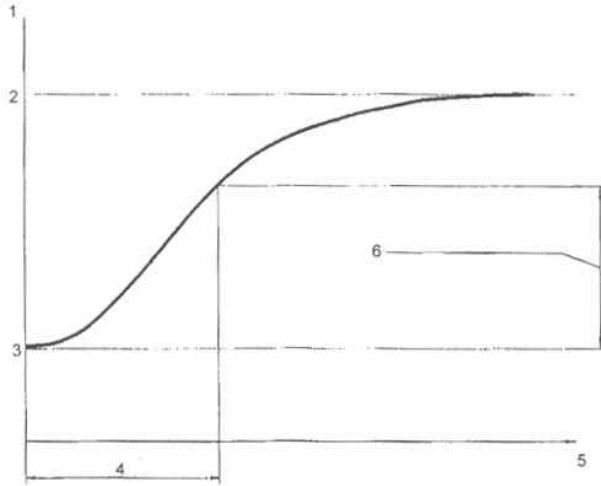


그림 16 집열기 시간정수

1. $t_e - t_a$
2. $(t_e - t_a)_2$
3. $(t_e - t_a)_0$
4. τ_c
5. 시간
6. $0.632((t_e - t_a)_2 - (t_e - t_a)_0)$

집열기 시간정수 τ_c 는 시간 0(시험시작 시점)에서 일사의 증가에 따라 집열기 출구온도가 $(t_e - t_a)_0$ 에서 $(t_e - t_a)_2$ 까지 총 증가의 63.2 %가 증가하는데 걸린 시간으로 정의 된다. 온도센서의 응답시간이 문제가 될 경우, 이것은 시험 결과를 계산하는데 고려되어야 한다.

6.7 집열기 입사각 수정계수(IAM)

6.7.1 일반

유효 투과흡수율 $(\tau\alpha)_e$ 는 입사각 수정계수(K_θ)와 법선면의 투과흡수율의 곱의 형태로 정의되며 이 경우 효율 식은 식 (16)과 같다.

$$\eta = F'K_\theta(\tau\alpha)_{en} - a_1 \frac{t_m - t_a}{G} - a_2 G \left[\frac{t_m - t_a}{G} \right]^2 \quad (16)$$

여기서 평판형 집열기의 경우 유효 투과흡수율은 다음과 같다.

$$(\tau\alpha)_e = K_\theta(\tau\alpha)_{en} \quad (17)$$

[그림 17]은 투과체에 따라 변화하는 K_{θ} 의 일례를 참고로 예시한 것이다.

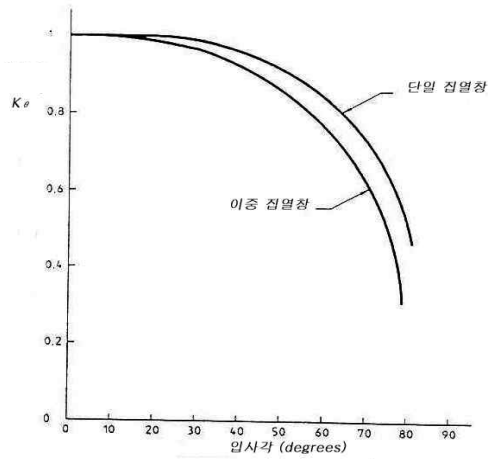


그림 17 일반적인 입사각 수정계수 K_{θ}

6.7.2 입사각 수정계수 측정을 위한 인공태양

입사각 수정계수의 측정을 위해 다음의 기준에 부합하는 인공태양에서만 사용되어야 한다. 시험 중 집열기의 모든 점에서 인공태양에 의해 조사되는 총일사의 90 % 이상이 20° 각도 범위 이내에 분포되어야 한다.

6.7.3 시험 절차

6.7.3.1 일반

입사각수정계수를 결정하기 위한 태양열 집열기의 시험은 다음의 방법으로 시행한다. 단 시험 기간 중 집열기의 설치각도는 측정 대상 입사각 조건의 $\pm 2.5^{\circ}$ 범위 내에서 유지 될 수 있도록 해야 한다.

6.7.3.2 시험방법

이 방법은 6.5.2에서 규정된 특성을 가진 인공태양을 사용한 실내시험의 경우 또는, 집열기 설치각도가 일사량의 방향에 따라 자유롭게 조절되는 설치대를 사용한 실외시험의 경우에 적용될 수 있다.

평판형 집열기의 경우 측정 대상 입사각도는 50° 각도 조건에 대해서만 수행한다. 이는 평판형 집열기의 경우 입사각 0° 및 50°의 2개 조건만으로도 충분히 입사각 수정계수를 도출할 수 있기 때문이다. 평판형 집열기 이외의 특별한 광학적 성능 특징을 가진 집열기의 경우 또는, 시스템 시뮬레이션의 경우는 필요에 따라 입사각 조건 20°, 40°, 60°의 추가 각도에 대한 시험을 수행할 필요도 있다.

열매체의 평균온도는 가능한 외기온도와 ± 1 K의 범위 내에서 제어되어야 한다. 효율 값은 6.4.4.에 따라 결정되어야 한다.

주의 : 반사판을 채용한 진공관형 집열기, 또는 고정집광형 집열기와 같은 특별한 기하학적 특성에 이 방법을 적용할 경우는, 보다 많은 전문 지식이 요구되며 20°, 40°, 60° 등의 입사각에 대해 추가 시험이 수행되어야 한다.

6.7.4 집열기 입사각수정계수의 계산

집열기 열효율 값은 각 입사각의 시험측정값에 대해 결정되어야 한다. 평판형 집열기의 경우, 단지 하나의 입사각인 50°조건이 요구된다. 유체의 평균온도는 $(t_m - t_a) \approx 0$ 이 되도록 외기온도와 매우 유사하여야 한다. K_θ 와 효율사이의 관계식은 다음과 같다

$$K_\theta = \frac{\eta}{F'(\tau\alpha)_{en}} \quad (18)$$

유체의 평균온도가 외기온도와 ± 1 K의 범위 내에서 조절될 수 없는 경우, a_1 과 a_2 의 근사가 시험조건의 집열기에 대해 이루어져야 하며 이때 각 K_θ 의 값은 다음 식으로 계산된다.

$$K_\theta = \frac{\eta + a_1 \frac{t_m - t_a}{G} + a_2 G \left[\frac{t_m - t_a}{G} \right]^2}{F'(\tau\alpha)_{en}} \quad (19)$$

6.8 일일 집열량 계산

6.8.1 계산조건

집열량 계산은 6.4(실외 열효율 시험) 또는 6.5(인공태양을 사용한 열효율 시험(실내시험))에서 구한 집열기 효율곡선 식과 6.7(입사각 수정계수)에서 구한 입사각 수정계수를 활용하여 다음과 같은 조건하에서 일일 집열량을 계산한다.

- (1) 분석기준일 : 춘분(3월 22일)
- (2) 집열기 향 및 경사각 : 정남향 36.5도
- (3) 평가기준 일사량 : 2.1×10^7 J/(m² · d)
- (4) 설치위도 : 북위 36.5도(대전기준)
- (5) $t_{in} - t_a$: 30 °C

6.8.2 계산방법

집열기 단위면적당(m²) 집열량 계산은 6.8.1의 조건하에서 다음의 식에 따라서 시간별로 계산한다. 6.8.1의 조건하에서 시간별 집열기 경사면에서의 단위면적당 일사량과 직달일사의 입사각은 표 8과 같다. 이 자료를 근거로 입사각 수정계수를 적용하여

$$Q = \sum_{h=6, 18} G_h$$

$$Q_h = [F_R(\tau\alpha)_{en} \cdot K_{\theta_n} \cdot G_{dir, h} + F_R(\tau\alpha)_{e.n} \cdot K_{\theta_{sk}} \cdot G_{dif, h}] - F_R U_L \cdot \Delta t$$

여기서

Q_h : 시간별 집열량

G_h : 시간별 집열면 일사량

$\Delta t = t_{in} - t_a$

t_{in} : 집열기 입구로 들어가는 열매체 온도

t_a : 외기온도

참고로 산란일사에 대한 입사각은 시간에 관계없이 56.61도로 가정한다.

표 8 평가기준 일사량(정남향 경사면 36.5도, 위도 36.5도, 춘분일 때)

시간		입사각	집열면 일사량, G_h (kJ/m ²)		
			직달, G_{dir}	산란, G_{dif}	계, G_h
6 ~ 7	17 ~ 18	82.5	176.2	105.1	281.3
7 ~ 8	16 ~ 17	67.5	582.6	293.9	876.5
8 ~ 9	15 ~ 16	52.5	1071.1	464.4	1535.5
9 ~ 10	14 ~ 15	37.5	1560.0	605.0	2164.9
10 ~ 11	13 ~ 14	22.5	1954.5	705.1	2659.6
11 ~ 12	12 ~ 13	7.5	2174.6	757.3	2931.8
합 계			20.899MJ		

6.9 집열기 압력손실 시험

6.9.1 일반

집열기를 통한 압력 강하는 태양열 집열기 시스템 설계의 중요 사항이 될 수 있다. 시험을 위해 집열기에 사용되는 유체는 물 또는 부동액(물 : 글리콜 60:40), 기타 제작자가 요구하는 유체가 사용될 수 있다. 사용되는 유체의 온도는 20±2 °C 이어야 한다.

6.9.2 집열기 설치

- (1) 집열기는 6.1에 따라 설치되어야 한다.
- (2) 6.3에 적합한 배관작업이 되어야 하며, 특히 배관연결에 세심한 주의가 요구된다.

6.9.3 집열기의 사전 조정

- (1) 유체에 불순물이 포함되지 않았는지 확인한다.
- (2) 공기 빼기 밸브(air bleed valve)나 이와 같은 기능을 할 수 있는 장치가 설치되어야 한다.

6.9.4 시험 절차

집열기 입구와 출구 연결부위 사이의 압력 강하는 실제 작동 조건에서 사용될 수 있는 범위의 유량에 대해 결정되어야 한다. 제작자의 특별한 규정 유량이 없을 경우, 압력 강하 측정은 집열기 단위 면적당 0.005~0.003 kg/s의 유량 범위에서 이루어 져야 한다.

적어도 5개의 측정이 하나의 유량 범위에 대해 동등한 간격의 밸브에서 이루어 져야 한다.

6.9.5 측정

다음의 자료는 6.2에 따라 측정되어야 한다.

- (1) 집열기 입구에서 열매체 온도

- (2) 유량
- (3) 집열기 입구와 출구 연결 부위 사이의 열매체의 압력 강하

6.9.6 연결 부위에 의한 압력 강하

유체 압력을 측정하기 위해 사용되는 연결 부위는 그 자체로 압력 강하를 일으킬 수 있다. 압력 강하에 대한 0 점검 (zero check)이 배관 회로에서 집열기를 제거하고, 직접 서로 연결된 압력 측정 연결부위와 함께 시험을 반복함으로써 실시되어야 한다.

6.9.7 시험조건

유체의 유량은 시험 측정 중 표준 값의 $\pm 1\%$ 내에 일정해야 한다.

열매체의 입구 온도는 시험 측정 중 $\pm 5\text{ K}$ 내에서 일정해야 한다. 시험은 외기온도에서 $\pm 10\text{ K}$ 의 범위에 있는 온도의 집열기에서 실시되어야 한다. 다른 온도에서 압력 강하 시험은 기름류의 열매체에 매우 중요할 수 있다.

6.9.8 계산 및 결과의 제시

압력 강하는 수행된 각 각의 시험에 대해 유량의 함수로 그래프에 의해 제시되어야 한다.

7. 표시사항

7.1 일반사항 내구성이 있어야 하며 소비자가 명확히 인식할 수 있도록 표시하여야 한다.

7.2 제조 및 사용 표시

7.2.1 인증설비에 대한 표시는 최소한 다음 사항을 포함하여야 한다.

- (a) 업체명 및 소재지
- (b) 설비명 및 모델명
- (c) 정격 및 최고사용압력
- (d) 제조연월일
- (e) 인증부여번호
- (f) 신재생에너지 설비인증표지
- (g) 기타사항

7.3. 카달로그 또는 사용설명서 등에 기재

카달로그 또는 사용설명서 등에는 표 9와 같은 사항을 기재한다.

표 9 카탈로그 또는 기술자료 등에 표시할 사항

표시 항목	카탈로그	취급설명서	공사설명서	기술자료	표시 내용	단위
종류 및 형식	○	○	○	○	종류 및 메이커의 호칭 또는 그 약호	
외형치수	○	○	○	○	나비×길이(안길이)×높이 스케치도에 의한 외형 치수 포함	mm
집열매체 용량	○		○	○	집열기에 채워지는 집열매체의 용량 또는 질량	L, g
중량	○	○		○	제품의 중량(빈무게 및 전열매체를 채운 후 총 중량)	
집열 매체		○		○	명칭 또는 종류	
최고 사용압력	○	○	○	○	사용할 수 있는 최고 압력	Pa
외 형 도		○	○	○	평면도, 측면도 또는 이에 준하는 도면	mm
부착 치수			○	○	부착 또는 설치 등의 치수	mm
접속관 구경치수			○	○	접속관 구경은 KS호칭 또는 mm로 표시한다.	
구성 부재	○			○	집열기를 구성하는 주요 부재를 표시한다. (1) 투과체 재료: 재질, 두께 (2) 흡수판 재료: 재질, 두께 (3) 단열재: 재질, 두께 (4) 외장재: 재질, 두께 (5) 집열매체 관 : 재질	
집열성능	○			○	집열성능의 결과에 의거하여 표시한다. 표시방법은 부속서에 따른다.	
압력손실			○	○	압력손실 특성도를 표시한다.	
운전상의 주의사항		○	○	○	운전상의 주의사항을 표시한다.	
설치상의 주의사항			○	○	설치상의 주의사항 및 동결 방지에 관한 사항 등을 표시한다.	
보수 점검상의 주의사항		○	○	○	보수 점검에 관한 사항을 표시한다.	

*** 주석 ***

- 주1) 평판형 태양열집열기에 적용
- 주2) 진공관형 태양열집열기에 적용
- 주3) 고정집광형 태양열집열기에 적용
- 주4) 상변화식 태양열집열기에 적용

[부속서]

설비형 태양열 시스템 세부 심사기준

1. 적용범위 이 기준은 저장용량 600 L를 초과하는 태양열온수기 및 태양열 냉·난방 겸용 장치 등 태양열 집열기에서 집열된 태양열원을 이용하기 위하여, 축열조, 열교환기, 보일러, 냉방기 등의 조합하여 구성된 설비형 태양열시스템(이하 “설비형 태양열 시스템”이라 한다)에 대한 시스템의 안전성 및 품질, 열적성능을 확보하기 위한 기술기준 및 평가 방법에 대하여 규정한다.

2. 용어의 정의

2.1 용어의 정의

- (1) 용어사용 설비형태양열시스템에 사용되는 용어는 태양열온수기를 준용하여 사용하고, 그 외의 것은 설비형태양열시스템의 용어정의에 따른다.
- (2) 태양열시스템 태양열 집열기의 사용상 필요한 기능을 실현하기 위하여 관련 부품 및 기기를 조합

한 구성체로 집열부, 축열부, 이용부, 기타 순환시설, 보조열원 및 제어장치로 구성된다.

- (3) 태양열분야 시공기준 태양열분야 설치시공관련 산업자원부 고시 기준
- (4) 표준도면 인증기관에서 설비형태양열시스템의 표준화용으로 선정한 표준시스템 도면
- (5) 승인도면 인증업체에서 인증기관에 신청하여 설비형 태양열시스템 도면으로 승인한 도면

3. 설비형 태양열시스템의 분류

3.1 분류

(1) 집열부(축열조 포함)

가. 밀폐식 설비형 시스템 외부에 노출된 집열배관 및 집열기의 동파방지를 위하여 집열매체를 부동액을 사용하여 밀폐회로를 강제순환 시키는 시스템으로 집열열교환기 축열조외장형, 집열열교환기 축열조 내장형 등이 해당된다.

나. 개폐식 설비형시스템 외부에 노출된 부분이 동결조건에 근접하면 펌프가 가동을 멈추고 열적으로 보호된 곳에 위치한 탱크로 모든 집열매체가 환수되는 시스템으로 축열조배수형, 배수탱크 배수형 등이 해당된다.

(2) 이용부

가. 급탕전용시스템 취득한 태양열을 급탕전용하는 시스템으로 축열조/보일러 분리방식, 축열조 가열방식, 고온축열조분리방식 등으로 구분될 수 있다.

나. 난방전용시스템 취득한 태양열을 난방에 전용하는 시스템으로 축열조/보일러 분리방식, 축열조 가열방식, 고온축열조분리방식 등으로 구분될 수 있다.

다. 급탕난방 겸용시스템 취득한 태양열을 급탕, 난방, 냉방등에 사용하는 시스템으로 축열조 자연대류축열조가열방식, 축열조 자연대류순간승온방식, 온수순간가열방식 등으로 구분될 수 있다.

4. 평가기준(요구조건)

4.1 평가

- (1) 설비형태양열시스템의 구성에 대한 품질성능을 확보하기 위하여 배관의 단열, 축열조, 열교환기, 보일러, 냉방기 등의 조합상태 및 제어 등에 대한 평가를 말한다.
- (2) 설비형태양열시스템은 태양열온수기의 5. 평가기준(요구조건) 5.1~5.6항의 기준에 적합하도록 구성되어야 한다.
- (3) 설비형태양열시스템 구성은 시스템의 성능 및 품질 최적으로 유지되도록 표준도면(승인도면)을 사용하여 구성하여야 한다.
- (4) 설비형태양열시스템의 표준도면(승인도면 포함)에 명시되지 않은 사항은 태양열분야 설치시공기준에 적합하여야 한다.
- (5) 설비형태양열시스템의 평가는 (2), (3), (4)항을 검사하여 적합하여야 한다.