

공기식 흡수기의 유동 방향에 따른 5kW_t급 접시형 태양열 집열기의 열성능 분석

*서 주현¹⁾, 강 경문, 이 주한, 오 상준, **서 태범²⁾

Thermal Performance of Air receiver with a Change of Flow direction for Dish Solar Collector

*Joohyun Seo, Kyungmoon Kang, Juhan Lee, Sangjune Oh, **Taebeom Seo

Key words : Dish solar collector(접시형 태양열 집열기), Reflector(반사경), Air Receiver(공기식 흡수기), Receiver efficiency(흡수기 효율), System efficiency(시스템 효율)

Abstract : The thermal performance of air receiver with a change of flow direction for dish solar collector. This system is installed and operated in Incheon, Korea. The thermal capacity of the system is about 5 kW thermal. The aperture diameter of the cylindrical-shape receiver which is made of stainless steel is 100 mm, and the height is 210 mm. Experiments are being carried out to investigate the thermal performance variation of the receivers with several design parameters such as the shape of the receiver, the flow directions and the flow rate of air. First, air flows into the upper part of the receiver, which is the opposite side of the aperture. After the air flows through the inside receiver, that goes out of the receiver through 3 exits which are located near the aperture. Second, air flows into the backside of the receiver, Which is the forward side of the aperture. After the air flows through the inside receiver, that goes out of the receiver through 1 exit. The results show that the system efficiency and receiver efficiency increase as the volume flow rate increases as expected.

Nomenclature

ET : equation of time
m : mass flow, kg/s
Cp : specific heat of ambient air, J/kg °C
T : temperature of a receiver, °C
η : system efficiency
P : radiative power from the sun, W
DNI : direct normal insolation, W/m²
A : area, m²

subscrip

air,i : inlet air
air,o : outlet air
mirror : mirror area

1. 서론

태양열을 이용한 에너지 시스템들은 기존의 화석 연료를 대체할 수 있는 경쟁력이 있는 자원으로 평가받고 있다. 일반적으로 태양열의 이용 분야는 집열 온도에 따라 저온용, 중온용, 고온용으로 세분화된다.⁽¹⁾ 그중에서 고온 태양열 집열 시스템은 500~1000°C의 온도를 얻을 수 있기 때문에 태양열 발전 및 산업 공정열 등에 널리

1) 인하대학교 대학원 기계공학과
E-mail : senseseo@hotmail.com
Tel : (032)874-7327 Fax : (032)868-1716
2) 인하대학교 기계공학부
E-mail : seotb@inha.ac.kr
Tel : (032)873-7327 Fax : (032)868-1716

보급되어 활용되고 있다. 이러한 고온 태양열 집열 시스템 중의 하나가 본 연구에서 실험한 Dish형 태양열 집열기 시스템이다.⁽²⁾

따라서 본 연구에서는 5kW급 접시형 태양열 집열기와 공기식 흡수기를 실제 설계 및 제작하였으며 공기식 흡수기의 출구 방향 변화에 따른 열성능 및 시스템 효율을 비교 분석 하였다.

2. 실험장치

2.1 실험장치 설계

Fig. 1은 5kW급 접시형 태양열 집열기의 정면도이며 현재 인천 송도시에 설치 및 가동 중이다. Fig. 2는 공기식 흡수기의 내부 단면도이다. 흡수기의 입구는 집열기의 초점지역에 도달하는 열유속 분포에 따라 태양복사열을 90% 이상 흡수할 수 있도록 100mm로 정하였다.⁽³⁾ 또한, 고온에 견딜수 있도록 Stainless Steel 306으로 제작하였다.



Fig. 1 접시형 태양열 집열기

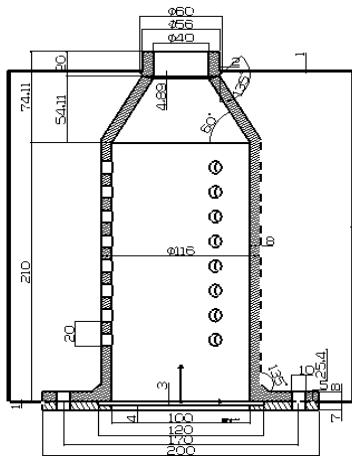


Fig. 2 공기식 흡수기

3. 실험방법

3.1 시스템 개략도

Fig. 3은 전체 시스템의 개략도이다. 전체 시스템은 실험실 내부의 제어시스템을 통해 구동된다. 접시형 태양열 집열기 상부에는 태양의 고도 변화를 추적할 수 있는 센서가 설치되었다. 송풍기에서 공급되는 공기는 플렉서블 호스를 따라 흡수기에 유입된다. 수집된 일사량과 공급된 유량 및 흡수기 내부의 온도분포는 데이터 로거를 통해 30초 간격으로 측정하여 수집하였다.

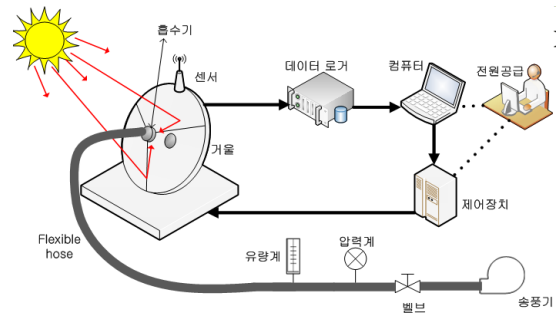


Fig. 3 시스템 개략도

3.2 흡수기 출구 방향 변화

본 연구에서는 흡수기 출구 방향을 두 가지로 제한하였다. Fig. 4에서와 같이 1번으로 공기가 유입되어 2번으로 공기가 나가는 방법과 2번으로 유입되어 1번으로 나가는 방법을 비교하였다. 첫 번째 경우를 정방향, 두 번째 경우를 역방향으로 나타내었다.

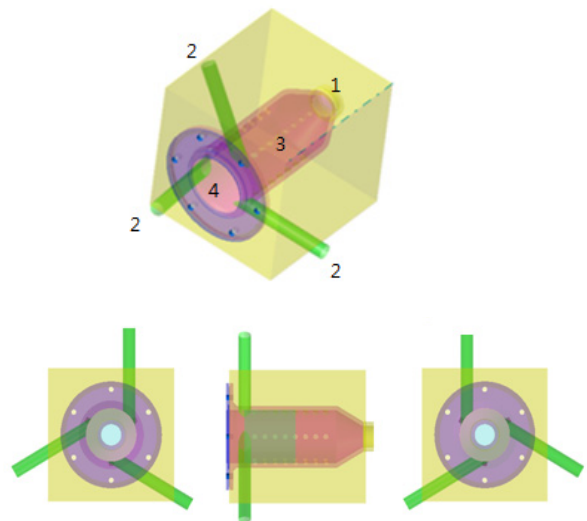


Fig. 4 흡수기 형상

4. 실험결과 및 고찰

4.1 실험결과 처리

시스템의 효율은 식 (1)을 사용하여 구하였다.

$$\eta = \frac{\dot{m}c_p(T_{air,o} - T_{air,i})}{P_{mirror}} = \frac{\dot{m}c_p(T_{air,o} - T_{air,i})}{DNI \times A_{mirror}} \quad (1)$$

4.2 실험결과 분석

Fig. 5~7은 정방향의 일사량에 분포와 그에 따른 유량 변화에 대한 흡수기의 입, 출구 온도변화를 나타낸다. Fig. 8~10은 역방향에 대한 그래프이다.

Fig. 8에서 일정 시간이 지난 후 일사량의 분포가 불규칙함을 알 수 있다. 이는 여러 요인중 구름으로 인한 산란 현상이 지표면에 도달하는 일사량의 영향을 미쳤다. 이와 반대로 Fig. 9는 지표면에 도달하는 일사량이 일정함을 알 수 있다. 이에 흡수기의 입, 출구 온도 또한 일정하게 측정되었다. 따라서, 일사량 변화가 전체 시스템의 성능에 영향을 미친다. Fig. 5~10의 그래프 모두 입구 온도는 일정하지만 출구 온도는 DNI에 비해 늦게 반응한다. 즉, 출구온도의 변화는 DNI의 변화를 완벽히 대응하지 못한다. 그 이유는 흡수기 내부의 온도가 태양 복사열에 의해 상승함에 따른 단열 효과에 의해서 내부 온도가 일정 시간 동안 유지되기 때문이다. 일사량 및 흡수기 입, 출구 온도변화는 정, 역방향 각각의 경우 모두 다 유사한 경향을 나타내었다.

유량변화에 따른 시스템의 평균 효율을 Table 1에 나타내었다. 유량이 증가할수록, 시스템의 평균 효율이 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 정, 역방향의 경우 비슷한 경향의 시스템의 평균 효율을 나타내었다. 결론적으로 공기의 유동 방향은 시스템 성능에 거의 영향을 미치지 못한다.

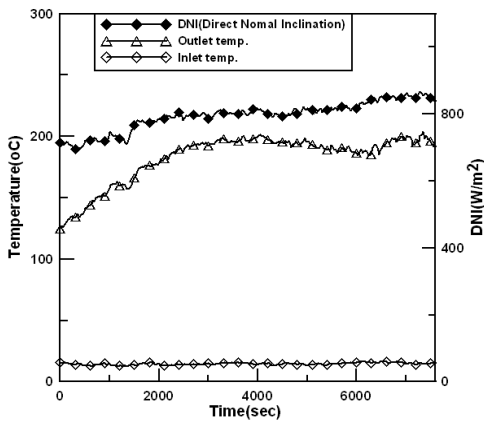


Fig. 5 흡수기 입·출구 온도변화(정방향)
유량=800 L/min

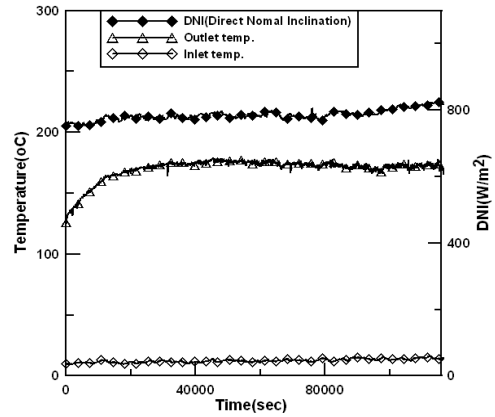


Fig. 6 흡수기 입·출구 온도변화(정방향)
유량=1200 L/min

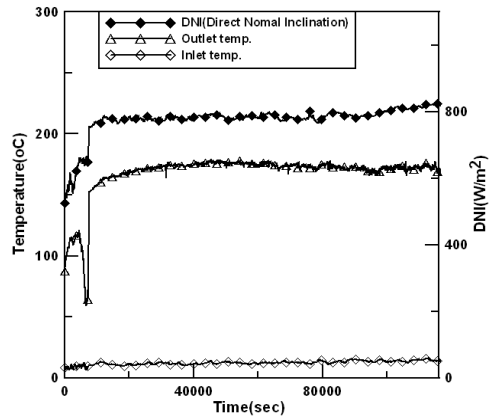


Fig. 7 흡수기 입·출구 온도변화(정방향)
유량=1600 L/min

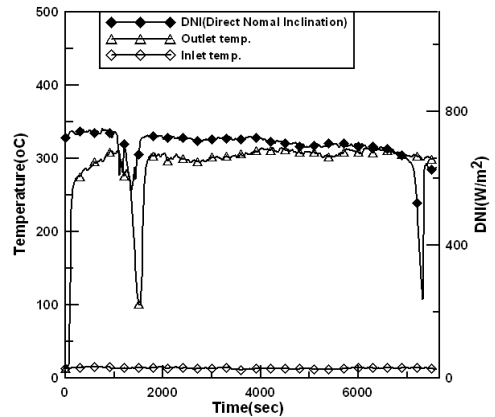


Fig. 8 흡수기 입·출구 온도변화(역방향)
유량=800 L/min

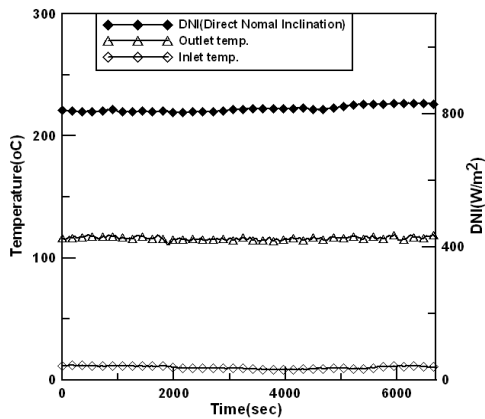


Fig. 9 흡수기 입·출구 온도변화(역방향)
유량=1200 L/min

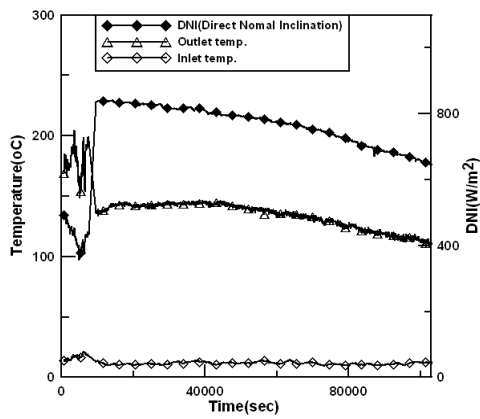


Fig. 10 흡수기 입·출구 온도변화(역방향)
유량=1600 L/min

Table 1 유량 변화에 따른 시스템 평균 효율 변화

A 효율 (%)	유량(L/min)	B 효율 (%)
85.25	800	86.71
89.12	1200	88.59
91.37	1600	92.62

5. 결론

본 연구에서는 실험을 통해 공기식 흡수기의 유동 방향에 따른 5kW급 접시형 태양열 집열기의 열성능을 비교하였다. 그 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 작동 유체인 공기의 유량이 증가함에 따라 작동 유체의 온도 변화폭이 작아진다.
- 2) 공기의 유량이 증가함에 따라 시스템 전체 효율이 좋아진다
- 3) 일사량이 증가함에 따라 흡수기 출구 공기의 온도도 증가한다.

4) 흡수기의 입, 출구의 방향이 바뀌어도 시스템의 효율은 일정한 경향성을 나타낸다.

5) 시스템의 효율은 흡수기의 출구 방향 변화보다는 일정한 일사량 값에 더 많은 영향을 받는다.

접시형 태양열 집열기의 실험을 할 경우에는 날씨의 청명도가 매우 중요한 인자로 작용하게 된다. 따라서 청명한 날씨 조건 하에서 장시간 실험을 실시하여 측정하는 것이 정확한 시스템의 효율을 구하는 데 효과적이다.

후기

본 연구는 산업자원부의 출연금으로 수행한 최우수실험실사업의 연구결과입니다

References

- [1] D. Mills, 2004, "Advances in solar thermal electricity technology," Solar Energy, Vol. 76, pp. 19-31, 2004.
- [2] S. T. Hyun, W. G. Chun, Y. H. Kang, H. G. Yoon, C. K. Yoo, 2001, "Experimental Study on Flux Distributions Produced by Dish Solar Reflector," Proceedings of the Korean Solar Energy Society, pp. 53-59, 2001.
- [3] Y. H. Kang, H. Y. Kwak, H. K. Yoon, C. K. Yoo, D. G. Lee, M. C. Kang, H. S. Yoon, 1999, "Flux Distribution of The Dish Concentrator," Proceedings of the Korean Solar Energy Society, pp. 127-133, 1999.