

LED 프로젝터 방열용 히트싱크의 성능평가

이 경 용, 최 영 석[†], 전 동 순, 김 선 창, 손 광 은^{*}

한국생산기술연구원 열유체시스템팀, ^{*}이노스웰(주) 기술연구소

Performance Evaluation of Heat Sink for Cooling of LED Projector

Kyoung-Yong Lee, Young-Seok Choi[†], Dong-Soon Jeon, Seon-Chang Kim and Kwang-Eun Son^{*}

ABSTRACT: The flow and thermal performance of the skiving and louver fin type heat sinks for the cooling system of the small LED projector were experimentally evaluated. A small fan tester based on AMCA standards was used to control and measure the air flow rate into the heat sink. Three heat blocks were used to simulate the heat and light sources(red, green and blue) of the small LED projector. We measured the pressure drop, temperatures and input power at the specific air flow rate and discussed those results. As a result, it is found that the louver fin type heat sink has higher pressure drop and lower thermal resistance than the skiving type. From the comparison of the temperature of the heat block between skiving and louver fin type, the louver fin type heat sink was found to be more suitable for cooling the high power heat source than skiving type. The thermal performance of the fan-sink(louver fin type) system was discussed with the picture taken by a thermal video.

Key words: LED projector(LED 프로젝터), Heat sink(히트싱크), Louver fin type(루버핀 형), Skiving type(스카이빙 형), Thermal performance(열성능)

기 호 설 명

- Q : 유량 [CMM, m³/min]
- T : 온도 [°C]
- W : 입력 전력 [W]
- R : 열저항 [°C/W]

하첨자

[†] Corresponding author
 Tel.: +82-41-589-8337; fax: +82-41-589-8330
 E-mail address: yschoi@kitech.re.kr

ave : 평균

1. 서 론

고압 램프를 사용하여 대형 화면을 제공하는 기존의 프로젝터는 휴대가 어렵고 광원으로 사용되는 고압 램프가 고가이면서 수명이 짧으며 소비전력이 높다는 단점이 있다. 또한 사용 전후에 예열 및 냉각을 위한 시간이 필요하다.

최근 게임 산업의 발달과 개인 디스플레이에 대한 관심이 높아짐에 따라 배터리로 구동되어 휴대 편하고 시동이 빠르며 가격까지 저렴한 소형 LED(Light Emitting Diode) 프로젝터가 등장하고 있다. 그러나 현수준은 LED의 밝기가 낮아 빛을 차단하거나 어두운 환경에서만 사용이 가능

한 정도이다.

LED 프로젝터의 밝기는 기본적으로 광원부(LED) 자체의 밝기가 좌우하며 집광, 조명 및 투사와 같이 빛을 제어하는 기술과도 관련이 있다. 특히 광원부는 온도에 따라 중요 성능인 밝기가 변화하는 특징이 있고, 부품의 내구성과도 밀접한 연관이 있다. 성능과 관련된 광원부 온도 제어 기능을 만족시키면서도 소형화가 가능한 냉각 시스템의 개발은 전체 프로젝터 개발에서 매우 중요한 비중을 차지하고 있다.

본 연구에서는 일반적으로 광원 냉각을 위해 많이 사용되고 있는 공랭식 히트싱크 이용 냉각 시스템에서, 두 종류의 히트싱크를 선정하여 실험을 통해 유동 및 냉각 성능을 비교 분석하여 열 성능에 대한 데이터를 확보하고자 한다. 히터로 열원인 LED 광원을 모사하였고 송풍기 성능 시험장치를 사용하여 히트싱크로 유입되는 유량을 변화시켰다. 상용팬을 장착한 실제 시스템 모사 실험은 열화상 카메라를 사용하여 방열성능을 확인하였다.

2. 실험 대상 및 방법

2.1 실험 대상

실험 대상 히트싱크는 스카이빙(skiving) 및 루버핀(louver fin) 형식의 히트싱크이다. 스카이빙 히트싱크는 일반적인 압출형 히트싱크와 형상은 유사하나 얇게 벗긴 금속판을 세워서 핀으로 만든다는 점에서는 차이가 있다. 압출형에 비해 핀의 크기를 크게 하면서 얇게 가공이 가능하여 동일 면적 대비 방열 면적을 넓게 할 수 있다는 장점은 있으나 핀의 가공이 어려워 단가가 높은 것이 단점이다.

루버핀은 열전달 성능이 뛰어나고 고밀도화 및 대량생산이 가능하여 주로 열교환기에 적용되는 형식이며 루버에 의해 압력손실이 크고 내구성이 떨어지는 단점이 있다.^(1, 2) 소형 LED 프로젝터와 같이 크기의 제한이 있는 냉각 시스템에서는 루버핀 형식과 같은 고밀도 히트싱크의 적용 가능성에 대한 검토가 필요하다.

Table 1에 실험에 사용될 히트싱크의 형상관련 정보를 비교하였다. 히트싱크 세트는 총 3개의 히트싱크로 되어 있으며 중심에 큰 히트싱크가

Table 1 Size and feature of heat sink

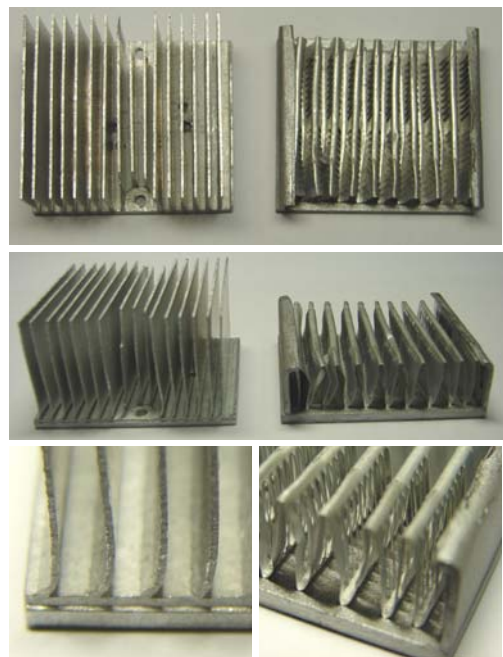
	Skiving type	Louver fin type
Base size(mm)	32×41 (2 EA)	
	36×41 (1 EA)	
Heat sink height(mm)	24	10
Fin pitch(mm)	2.56	4.1

있고 양쪽에 동일한 크기의 히트싱크가 배치된다. 가운데 히트싱크 상단에 축류팬이 장착되며 팬을 통과한 냉각용 공기는 중간 히트싱크를 지나 양분되어 양쪽 히트싱크를 지나며 냉각하게 된다.

Fig. 1에 실험 대상인 두 가지 히트싱크의 형상을 비교하였다.

2.2 실험 장치 및 방법

히트싱크의 유동 및 열성능을 측정하기 위해 열원을 히터로 모사하고 히트싱크로 유입되는 공기량의 조절 및 측정을 위해 소형 송풍기 성능 시험장치를 사용하였다. 소형 LED 프로젝터는 총 3개(적색, 녹색, 청색)의 LED가 사용되며 각각의 LED 마다 성능이 다르기 때문에 소요되는 전력



(a) skiving type (b) louver fin type

Fig. 1 Skiving and louver fin type heat sink

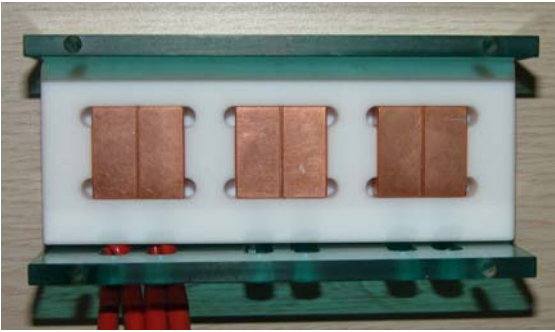


Fig. 2 Heating block and adiabatic base plate



Fig. 3 Photograph of thermal and fluid performance test setup

도 다르다. 이러한 효과를 실험에 반영하기 위해 입력 전력을 조절할 수 있는 3개의 히터 블록을 제작하였으며 히터는 블록 형태이며 2개의 50 W 급 원통형 히터가 하나의 히터 블록에 병렬로 연결되어 있다.(Fig. 2) Fig. 3에 송풍기 성능시험장치에 장착된 히트싱크 열유동 성능시험 세트를 나타내었다.

히트싱크의 유동성능 분석을 위해 히트싱크를 통과하는 공기의 유량 및 압력강하를 소형 챔버형 송풍기 성능시험장치에서 측정하였다. 열성능 확인을 위해 대기, 히터 블록, 히트싱크 입구 및 출구 부분에 T-type 열전대 8개를 설치하여 온도를 측정하였으며 전력계를 사용하여 각각의 히터 블록에 입력되는 전력을 확인하였다.

실험은 3개의 히터 블록의 입력 전력을 동일하게 유지한 상태에서 유량을 변화시키며 압력 및 온도를 측정하였다. 실제 LED 프로젝터는 각각의 LED 마다 소비전력이 다르고 열원이 외기에 노출되어 있다. 이런 상황에서 히트싱크로 전달

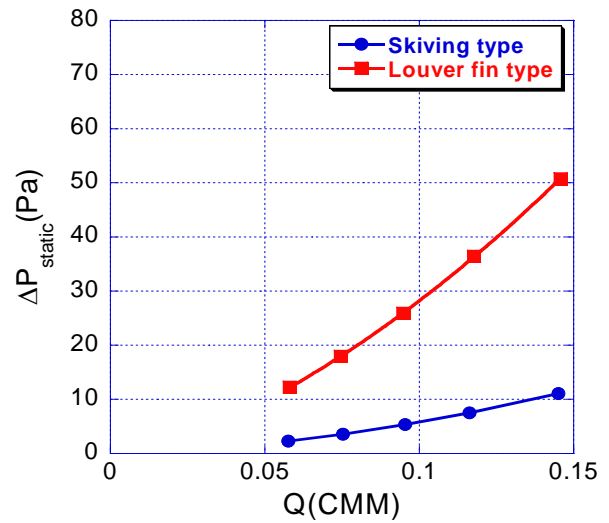


Fig. 4 Comparison of pressure drop between skiving and louver fin type heat sink

되는 열량을 정확하게 모사하는 것이 현실적으로 어려워 실험에서는 모두 동일하게 10W 및 20 W로 고정하였다. 유량 및 압력은 송풍기 성능시험장치에서 측정되는 값을 사용하였고 온도는 휴대용 DAQ 장비에서 측정하였다. 정상상태의 온도를 측정하기 위해 입력 전력 및 유량 변화 이후, 동일 조건에서 약 1시간 정도 온도를 측정하였으며, 성능시험은 온도가 정상상태에 도달한 후 계속하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압력강하 실험결과

히트싱크의 유량 변화에 따른 압력강하량을 Fig. 4에 비교하여 나타내었다. 형상 비교에서 예상했듯이 동일 유량조건에서 루버핀 히트싱크의 압력강하량이 스카이빙 히트싱크에 비하여 상대적으로 크다. 히트싱크의 압력강하 결과는 팬 선정을 위한 기본 자료가 되며 팬싱크의 작동 조건을 예측하는 기본 자료로 사용된다.

3.2 열성능 실험결과

히트싱크의 열성능 분석은 입력 전력 대비 외부와 히터 사이의 온도차로 표현되는 열저항 개념을 주로 사용하며, 열저항은 히트싱크로 유입

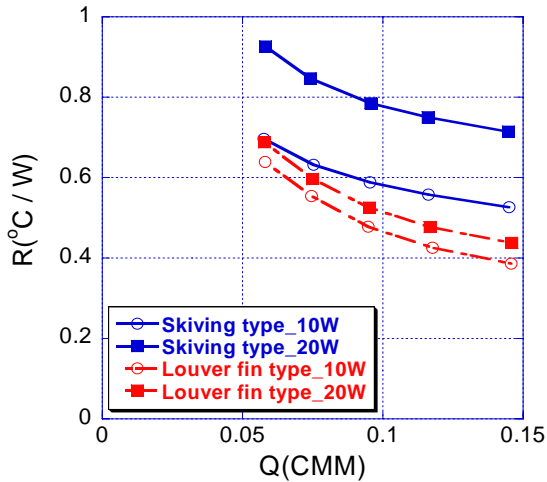


Fig. 5 Comparison of thermal resistance of heat sink

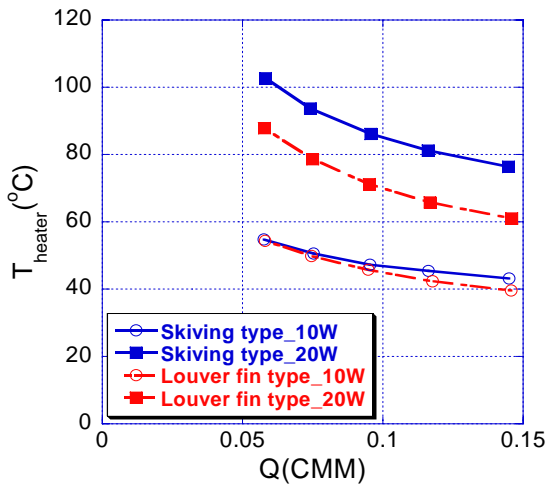


Fig. 6. Comparison of average temperature on the heater surface of heat sink

되는 유체 유량(또는 속도)에 대한 함수의 성격을 가지고 있다. 본 연구에서는 열저항을 식(1)로 정의하였다.

$$R = \frac{T_{ave(heater)} - T_{ave(in+out)}}{W_{ave}} \quad (1)$$

열저항에서 히터와 공기층의 온도차는 측정 대상 및 실험 방법에 따라 정의가 다를 수 있다. 본 연구에서는 입·출구의 개수가 다르고(입구 1개, 출구 2개) 입구부의 온도가 시간에 따라 약간 변하더라도 의미 있는 분석을 위하여 입·출구 온도의 평균값을 사용하였다.

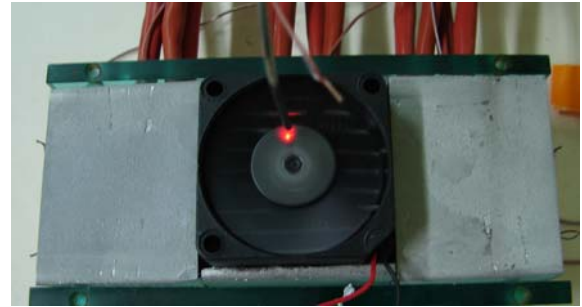


Fig. 7 Fan-sink system using louver fin heat sink

히트싱크 종류별 열저항 값을 입력 전력에 따라 비교하여 나타내면 Fig. 5와 같다. 열성능 결과를 보면 전체적으로 유량이 증가함에 따라 열저항이 감소하는 일반적인 열저항 곡선의 형태를 보인다. 히트싱크 종류에 따른 열저항 특성을 보면, 루버핀 히트싱크는 루버에 의해 압력강하는 높지만 난류강도의 증가로 열전달 성능이 향상되어 스카이빙 히트싱크보다 열저항이 낮은 특성을 보인다. 입력 전력의 변화에 따른 동일 유량에서의 열저항 변화폭을 보면, 스카이빙 히트싱크는 변화폭이 상대적으로 넓어 적용 범위가 한정되는 문제점이 있을 것으로 판단된다.

열저항 값과 함께 중요한 열성능 지표는 히터의 온도이다. 히터의 온도는 본 연구의 냉각 대상인 LED의 온도라고 볼 수 있으며 LED의 밝기 및 내구성을 결정하는 중요한 성능지표이다. 입력전력량에 대하여 유량에 따른 히터부의 온도를 비교하여 Fig. 6에 나타내었다. 유량 증가에 따른 전체적인 경향은 열저항 결과와 유사하나 입력전력을 기준으로 비교하면 특이한 현상을 확인할 수 있다. 입력 전압이 10W 인 경우에는 히트싱크의 종류와 관계없이 히터의 온도가 비슷하였으나 입력 전압이 20W로 상승했을 때는 루버핀 히트싱크로 냉각하는 히터 온도가 약 10°C 이상 낮았다. 스카이빙 히트싱크의 실험에서 입구 온도가 루버핀 히트싱크에 비해 약 3°C 정도 낮았다는 점을 감안하면 히터 온도 차이는 더 크다고 볼 수 있다.

위의 히트싱크 종류별 열성능 비교시험 결과로부터 루버핀 히트싱크의 열성능이 스카이빙 히트싱크에 비해 우수하고 특히 발열량이 많은 열원의 냉각에 유리하다는 사실을 확인하였다. 하지만 실제 팬을 장착하였을 때의 작동점은 히트싱

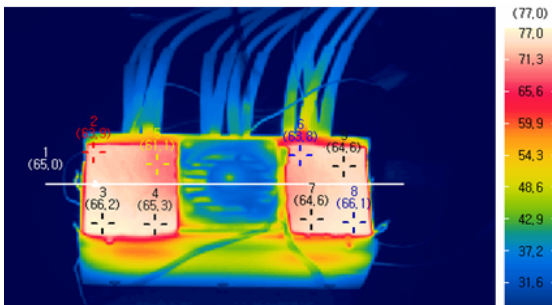


Fig. 8 Thermal image of fan-sink using louver fin heat sink with thermal video system

크의 압력강하 특성과 연관되어야 하므로 Fig. 4의 압력강하 특성 그래프와 장착하고자 하는 팬의 성능곡선으로부터 결정되므로 열성능과 압력강하 특성, 그리고 팬 성능곡선 특성을 모두 고려하여 판단하여야 한다.

3.3 열화상 촬영

열화상 카메라를 사용하여 루버핀 히트싱크를 적용한 팬싱크 시스템(Fig. 7)의 온도를 측정하였다. 히트싱크가 LED 프로젝터에 장착되는 환경은 Fig. 7과 같이 중앙에 있는 히트싱크에 팬이 장착되고 좌·우에 히트싱크가 연결되며 팬이 없는 히트싱크는 케이스가 둘러싸게 된다. 본 연구에서는 열화상 카메라로 온도 측정이 가능하면서 프로젝터의 케이스 역할을 할 수 있는 커버를 제작하여 루버핀 히트싱크와 접합시켰다. 그리고 커버의 표면이 매끄럽지 않아 열화상 촬영시 방사율이 문제가 되어, 이를 해결하기 위해서 써멀그리스(thermal grease)를 표면에 도포하였으며 입력 전력은 20 W로 설정하였다.

Fig. 8의 결과를 보면 써멀그리스를 도포한 좌·우 히트싱크의 온도가 팬이 장착된 부분보다 상대적으로 높게 측정되었다. 팬싱크에서 유동이 팬을 통해 좌·우 히트싱크를 통과하기 때문에

상대적으로 팬이 장착된 히트싱크의 방열 성능이 더 좋다고 판단된다.

열화상 촬영 결과는 색깔로 표시되는 정성적인 온도 분포 이외에 특정 위치에서의 온도를 정량적으로 확인 할 수 있다. 특히 히터와 히트싱크 표면과의 온도 차이가 크지 않다는 점을 착안하여 히트싱크의 표면 온도로 히터 온도를 예측할 수 있다. Fig. 8에서 히트싱크 표면 온도는 약 61-66°C 정도이며 히터 온도에 대한 결과(Fig. 6)에서 20 W 입력 전력 조건의 루버핀 히트싱크 결과에 해당된다.

열화상 촬영 결과로부터 열전대를 통한 점측정 방법이 아닌 시스템 전체의 열분포를 확인 하였고 열성능 실험 결과와 비교하여 촬영 결과의 신뢰도를 얻었다. 열화상 촬영 및 분석 기법은 추후 다양한 시스템에 대한 열성능 실험에 응용이 가능하리라 판단된다.

4. 결론

소형 LED 프로젝터의 냉각을 위해 스카이빙 및 루버핀 히트싱크의 유동 및 열성능 시험을 수행하여 유량 변화에 따른 압력 강하와 열저항 변화를 확인하였다. 루버핀 히트싱크는 루버에 의해 압력강하는 크지만 방열 성능은 스카이빙 히트싱크보다 우수하고 발열량이 큰 대상을 냉각하는데 더 효과적이다.

참고문헌

1. Frank, P. I., David, P. D., 1996, Introduction to heat transfer 3rd edition, WILEY, U.S.A
2. Han, J. H., Park, S. R., Kim, I. G., Yim, J. S., 2000, Numerical Analysis on Flow and Heat Transfer Characteristics in Louver Fin Heat Exchanger, Korea Journal of SAREK, Vol. 12, No. 4, pp. 398-403