

고효율 LED 조명기구의 히트파이프 내장형 복합 방열시스템 개발

Development of Complex Cooling Systems with Built-in Heat Pipe for High Efficiency LED Lighting

**박재우¹, 안홍림²

*# J. W. Park(pjw7550@dreamwiz.com)¹, H. R. An²

¹경남정보대학 자동차과, ²(주)세명알앤지

Key words : Heat Pipe, Wick, Heat Sink, Groove, Mesh

1. 서론

고휘도/고출력 LED 조명기구의 방열시스템은 LED 광원으로부터 전달되는 열을 메탈 PCB를 통해 히트파이프를 거쳐서 급속확산이 이루어지게 하고 확산된 열원이 히트싱크를 통해 대기로 방사되는 구조이다. 대부분의 LED용 방열시스템은 히트파이프 원리가 없는 냉각핀 구조만 갖는 알루미늄 방열판 형태이다. 방열판만으로는 향후 중대형 LED 조명기구에 대응하는 것은 많은 제약이 따른다. 실제로 최근 들어 고휘도/고출력 LED 칩을 사용하고도 방열문제를 소홀히 하여 납품한 후 리콜을 당하는 업체가 빈번히 발생하여 기업의 생존마저 위태롭게 하는 경우가 종종 발생하고 있다. 전력소모를 줄이기 위해 기존 조명을 LED로 대체하려는데 열문제에 부딪히면 저출력 LED의 경우 방열판만으로 방열문제를 어느 정도 해결 가능하지만, 고휘도/고출력 LED로 올라갈수록 방열판으로 해결하려다보니 크기와 무게가 전체 조명기구의 80%까지 증가하여 소형화나 중량감소 같은 새로운 문제를 야기시키는 결과를 낳고 있다. LED 용량에 따라 이에 상응하는 히트파이프, 히트싱크 또는 이 두 기능을 합친 복합 방열기구에 대한 연구가 절실한 상황이다. 히트파이프의 직경이 상당히 큰 경우 작은 직경의 히트파이프에 비해 모세관 효과를 발휘하기 어렵다. 따라서 메쉬 형태의 Wick을 삽입하든지 히트파이프 내면에 그루브 형태의 Wick을 형성하여 모세관 효과를 발휘하도록 설계해야만 한다. 혹은 이 둘을 병합하면 훨씬 더

효과적인 열전달을 이룰 수 있다.

그리하여 본 연구에서는 방열판에 히트파이프를 일체형으로 내장시킴으로써 급속 열전달이 이루어지도록 하였으며 이번 연구를 통해 보다 더 효율적으로 열전달을 이루기 위해 히트파이프 내부에 고효율 Wick 구조를 갖도록 개발하고자 한다.

2. 고효율 Wick(wick)의 구조

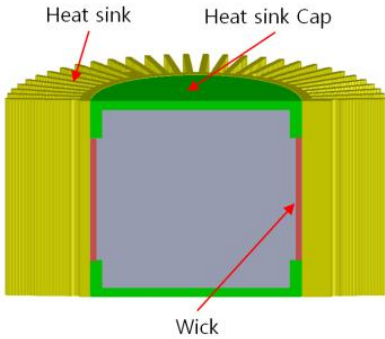
LED 조명기구를 설계할 때 저휘도 LED 칩 수백 개로 디자인하는 경우는 열에 대해 그다지 어려움이 없었지만 패키지 기술이 발달함에 따라 고휘도/고출력 LED 칩 하나로 광원을 디자인하면서 심각한 방열문제에 봉착하게 된다. 히트파이프 내장형 히트싱크는 이러한 방열문제를 해결할 대안으로 떠오르고 있는 기술이다. 기존의 히트파이프를 따로 만들어서 히트싱크와 결합하는 경우보다 내장형이므로 접합부에서 발생하는 열저항을 최소화하여 방열효과를 극대화할 수 있는 구조이다.



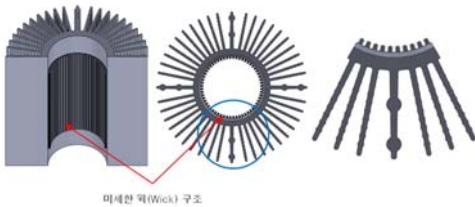
(a) Grooved Wick (b) Metal Mesh Wick (c) Metal Sintered Powder Wick

Fig 1. 히트파이프에 사용되는 Wick의 종류
그림 2는 본 연구에서 개발하고자 하는 고효율 Wick

구조를 갖는 히트파이프 내장형 히트싱크의 내부 단면을 나타낸 것이다.



(a) 기존 Heat Pipe 일체형 Heat Sink 구조



(b) 미세한 Wick 구조를 갖는 히트싱크 구조

Fig 2. 미세한 Wick 구조를 갖는 히트파이프 내장형 히트싱크 설계(안)

3. 방열시스템에 대한 열 해석

모델링된 방열기구에 대해 열해석을 수행하였다. 열해석을 통하여 설계된 방열기구에 대한 성능을 시제작하기 전에 예측하여 설계의 타당성을 검토하였다. 해석조건은 주변온도를 30℃, 열전도 계수는 알루미늄의 계수 값을 사용하였고, 열대류 계수 값은 기존 제품에 적용했던 값을 사용하였다. 히트파이프부에서의 열전달은 열전도 계수로 환원한 열전도 값을 적용하였다. 해석결과 LED칩과 접촉하는 부분의 온도는 58℃이도 방열기구의 최대온도는 베이스의 가장자리에서 59℃이다. 이는 설계 목표는 주변온도 30℃에서 칩온도 65℃이하를 만족해야 한다. 그림 3은 Ansys를 이용하여 방열시스템의 열해석 결과를 나타낸 것이다.

그림 4는 해석 결과를 바탕으로 시제작된 압출 히

트싱크 제품에 대해 나타낸 것이다.

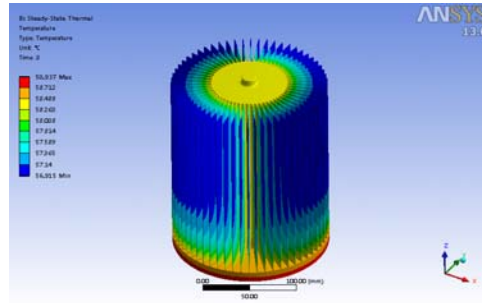


Fig 3. 히트파이프 내장형 히트싱크에 대한 열해석



Fig 4. 히트싱크에 대한 압출금형과 시제품

4. 결론

LED 조명용 방열기구 내부의 모세관 효과를 극대화하도록 고효율 Wick 구조를 갖는 히트파이프(Heat Pipe)가 내장된 히트싱크(Heat Sink)를 개발한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 패키지 기술이 발달함에 따라 고휘도/고출력 LED 칩 하나로 광원을 디자인하면서 발생한 심각한 방열문제가 히트파이프 내장형 히트싱크 기술을 이용하면 해결할 수 있는 충분한 대안이 될 수 있으므로 이를 LED watt 수별로 규격화한다면 고휘도/고출력 LED 조명 기구의 방열시스템에 널리 적용될 수 있을 것으로 사료된다.
- 효율적인 방열효과로 인하여 기존의 냉각핀으로만 열을 뽑아내던 방열판 구조보다는 작은 체적으로 방열문제를 해결할 수 있기 때문에 히트싱크의 무게를 대폭 줄일 수 있고, 작아진 히트싱크는 LED 조명기구 제품의 디자인적인 제약을 크게 줄일 수 있다.