

광 집속장치용 반사경의 열해석

Thermal Analysis of Mirror for Beam Director

오대환, 김정주, 고헌용, 이정옥, 이수상
 대우종합기계(주) 특수사업본부
 e-mail : dhi200918@solar2.dhilt.co.kr

레이저 인공별 발생장치나 레이저 통신등에 적용되는 광집속장치는 원거리 표적을 지향하여 구동한다.^(1,2) 따라서 집속광학계는 반사경계와 방위각 및 고각 구동이 자유로운 Coude 광경로로 구성된다. 레이저 빔은 연결거울들로 이루어진 광경로를 따라 진행하므로 레이저에 의한 반사경의 열적변형은 광집속장치의 광학적 성능을 떨어뜨릴수 있다. 따라서 광집속장치용 반사경계에서 열해석은 필수적이다.

본 연구에서는 광집속장치용 반사경계의 열해석을 실시하였고, 열이 구조 변형에 미치는 영향을 살펴보았다. 먼저 유동해석 소프트웨어를 이용하여 열유동의 거동을 살펴보았다. 또한 구조해석을 실시하여 열응력에 따른 구조물의 변형을 보았다. 본 연구는 반사경의 열해석에 대한 기초연구로서 반사경 표면의 코팅 영향을 무시하고 반사경을 단순 구조물로 가정하였다. 또한 해석의 단순화를 위하여 조사된 레이저 중 반사경에서 반사되지 않은 레이저의 에너지가 모두 열로 변환된다고 가정하였다. 그리고 반사경 재질의 투과율을 무시하고 모든 열이 반사경의 표면에서 발생한다고 가정하고 해석하였다. 레이저 조사시간(발열시간)은 15초이며, 조사 후 45초 (조사 시작 후 60초)까지 냉각 시 반사경의 온도변화화에 따른 구조변형을 살펴보았다. 대기와의 열전달 계수는 $5W/m^2K$ 로 설정하였으며, 일반적으로 많이 사용하는 재질인 Zerodur와 Silicon에 대해 각각 해석을 수행하였다.

그림 1과 2는 Zerodur에 대한 온도 분포를 보여주며, 그림 3과 4는 Silicon에 대한 온도 해석 결과를

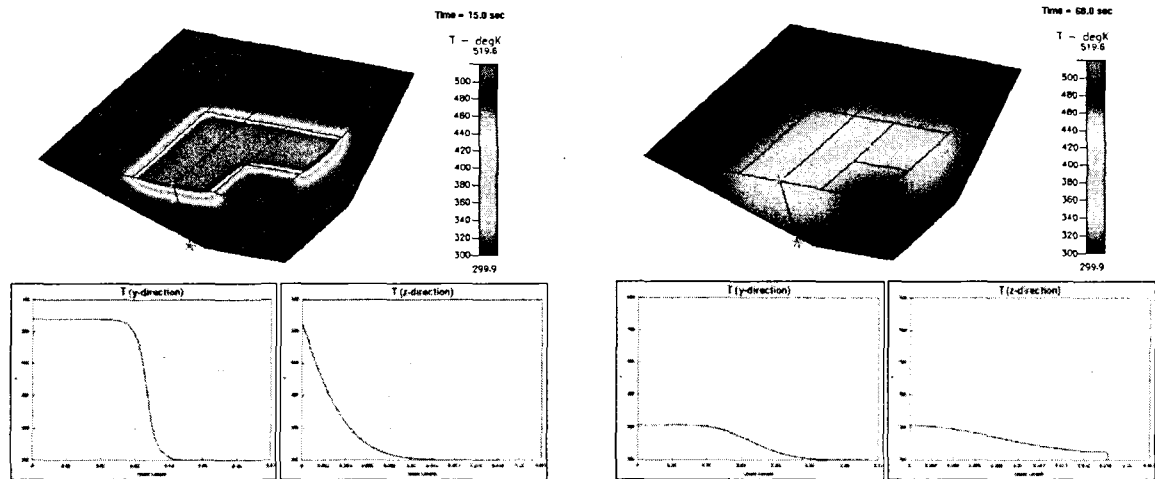


그림 1 조사 후 15초(Zerodur)

그림 2 조사 후 60초(Zerodur)

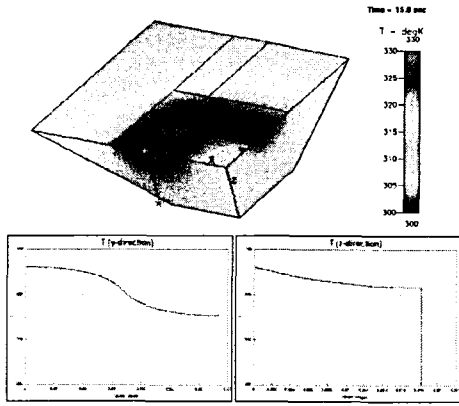


그림 3 조사 후 15초(Silicon)

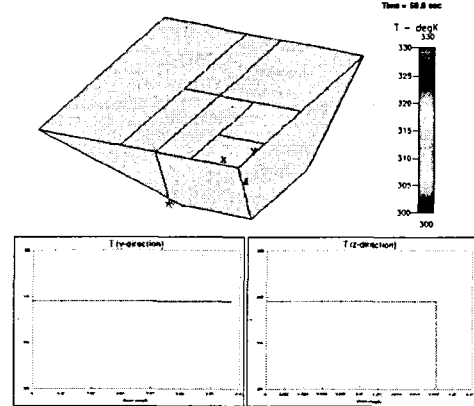


그림 4 조사 후 60초(Silicon)

보여준다. Zerodur는 열전도도가 낮아 조사 영역에서만 온도가 상승하는 반면, 상대적으로 열전도도가 큰 Silicon은 열의 확산이 빨라 반사경 전체의 온도가 상승한다. Zerodur의 최고온도와 최저온도의 차는 약 200K정도이며, Silicon의 경우는 30K정도이다. 조사 시작 후 60초의 온도분포 역시 Zerodur의 경우 불균일하나 Silicon의 경우 반사경 전체가 비교적 균일한 온도분포를 보여준다.

그림 5와 6은 시간에 따른 최고온도의 변화이다. 조사가 끝나면 두 경우 모두 최고온도는 감소하기 시작한다. 대기로 방출되는 열전달량은 열전달 계수와 열전달 면적 그리고 대기와 물체 간의 온도차에 의해서 결정된다. Zerodur의 최고온도가 Silicon에 비해서 높으므로 냉각 초기(15초 이후)에 Zerodur에서 대기로 방출되는 열량이 Silicon에서 대기로 방출되는 열량보다 많다. 따라서 Zerodur의 최고 온도의 시간에 따른 감소율이 Silicon의 감소율보다 크다.

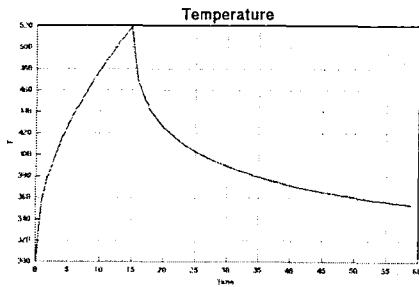


그림 5 시간에 따른 최고 온도의 변화(Zerodur)

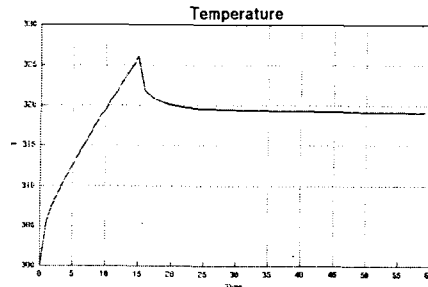


그림 6 시간에 따른 최고 온도의 변화(Silicon)

현재 정밀한 열변형 해석은 진행 중에 있다. 재료의 열전도도와 열팽창계수의 차이에 따라 구조물의 변형 측면에서는 다른 결과를 가질 수 있으므로 Zerodur와 Silicon의 열유동 및 열변형 결과를 비교하여 반사경의 기판의 재질을 선정하고자 한다.

참고문헌

1. R.W. Duffner, "AirBorne Laser," (Penum Press, New York, 1997).
2. 김연수, 김현숙, 김현규, "집속장치의 광학정렬을위한 null 광학계," 한국광학회지, 15(3), 254 - 257 (2004).

