

# 경량화 반사경의 최적설계

## Optimum Design of a Lightweight Mirror

박장수, 박현철, 조지현, 윤성기, 이준호\*  
 한국과학기술원 기계공학과, \*한국과학기술원 인공위성연구센터  
 pgsoo@kaist.ac.kr

인공위성 카메라에 장착되는 반사경의 경우 광학적 상의 열화에 영향을 미치는 자체 변형을 최소화 하기 위해 경량화와 함께 높은 강성이 유지되도록 설계하여야 한다. 이를 위하여 일반적으로 반사경의 하판의 형상을 벌집구조로 만들거나 단일아치나 이중아치로 만드는 경우가 많다. 예로 벌집구조를 가진 경량화 반사경의 형상을 그림 1에, 경량화 형상을 정의하기 위한 기하학적 변수를 그림 2에 나타내었다.

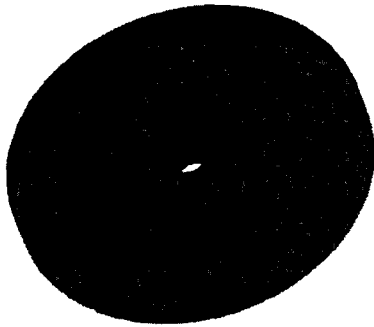


그림 1. 벌집구조 경량화 반사경

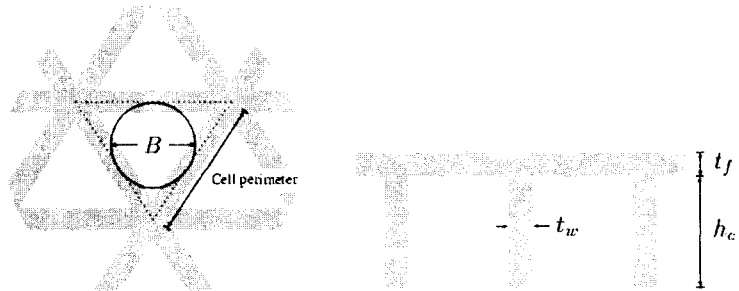


그림 2. 경량화 구조의 기하학적 변수들

여러 가지 반사경 형상에 따른 광학적 성능비교가 Valent와 Vukobratovich<sup>(1)</sup>에 의해 시도되었다. Cho와 Richard 그리고 Vukobratovich<sup>(2)</sup>는 반사경의 광학면의 파면오차를 최소화하고 동시에 제작비용을 줄이며 반사경을 지지하기 위한 최적 지지점의 위치를 설계기준으로 설정하고 자중이 작용하는 경우 경량화 반사경의 설계를 위한 절차와 방법을 제시하였다. 또한 Anderson, Park, Hansen, 그리고 Melugin<sup>(3)</sup>은 경량화된 두 가지 해석용 반사경 모델을 설정하고 자중이 작용하는 경우 있어서의 변형을 해석하였다. 그리고 해석결과로부터 광학면의 파면오차를 표현하는 제니케(Zernike) 다항식으로 분할하고 그 결과를 실제 제작한 반사경의 광학시험으로부터 얻은 파면오차값과 비교하였다.

이러한 기존의 연구들에서는 주로 제작자의 경험에 의존하는 설계가 대부분이고 따라서 시간과 비용이 큰 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 기존의 반사경 설계방식에서 탈피하여 최적설계 방법을 이용한 경량화 설계를 수행하였다. 벌집구조를 가지는 반사경에 대하여 반사경의 최적설계를 통하여 얻은 최적의 설계변수값을 바탕으로 자중이 작용하는 경우 반사경의 구조적 변형이 광학면의 상 열화에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 최적화 방법을 통하여 얻은 결과들에 수차이론을 적용하여 광학적 성능을 구하고 그 타당성을 검증하였다. 최적화 과정에서 사용된 설계변수로 광학면의 두께( $t_f$ ), 반사경 코어의 두께( $t_w$ ), 경량화 셀 패턴의 크기( $B$ ) 그리고 반사경 코어의 높이( $h_c$ )로 설정하였다. 또한 일반적인 최적화 방법의 수식화에 근거한 경량화 반사경의 경량화 설계식을 구성하였다. 여기서 목적함수인 반사경의 무게를 최소화하도록 하였고 제한조건으로 사용된 피크-밸리 상한과 고유진동수의 하한을 설정하였다. 피크-밸리 상한은 일반적으로 반사경의 광학적 성능에 큰 영향을 미치는 광학면의 변형을 설정된

