

# 대칭형 굴곡면의 형상 변수에 대한 구조해석 Structural Analysis for Shape Parameters of Symmetric Corrugated Plates

\*전종원<sup>1</sup>, #조종래<sup>2</sup>, 정호승<sup>3</sup>

\*J.W. Jeon<sup>1</sup>, #J. R. Cho(cjr@hhu.ac.kr)<sup>2</sup>, H. S. Jeong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국해양대학교 기계공학과, <sup>2</sup>한국해양대학교 기계·에너지시스템공학부,

<sup>3</sup>부산대학교 롤스로이스 대학기술센터

Key words : Cross-corrugated heat transfer plates, Finite element method, Structural analysis

## 1. 서론

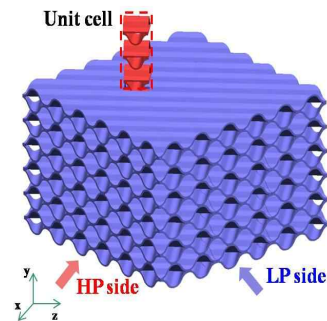
에너지 보존과 친환경적인 문제가 국제적으로 대두되면서 열교환기의 효율을 높이는 데 관심이 많아지고 있다. 따라서 관형 열교환기와 같은 단위 부피에 대해 전열면적의 비율을 높인 밀집된 형상의 고성능 열교환기가 산업 전반에 많이 적용되는 추세이다. 본 연구에서는 전열면과 전열면이 브레이징으로 접합하는 브레이징 관형 열교환기에 대하여 연구를 수행하였다.

관형 열교환기는 열성능적 관점에서 형상 변수에 대해 많은 해석이 수행되었으나, 구조적 관점의 해석은 드물다. 따라서 본 연구에서는 구조 해석에 있어 적절한 형상 변수를 정의하였으며, 구조 해석을 수행하였다. 또한 결과를 바탕으로 압력 및 온도 하중이 작용할 때 각 변수들이 응력에 어떤 영향이 있는지 예측하였다.

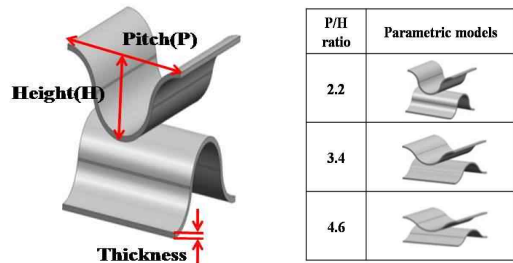
## 2. 형상 변수 정의

브레이징 관형 열교환기의 전열면은 굴곡진 형상이 주기적으로 반복되고, 전열면과 전열면 사이는 브레이징으로 접합된다. 주기적으로 반복되는 형상을 단위 모델(unit cell)로 정의하였으며, 효율적인 해석을 위해 본 연구에서는 대표성을 갖는 단위 모델에 대하여 해석을 수행하였다. Fig. 1 (a)는 단위 모델과 부분 모델을 나타낸다.

구조적 특성을 예측하기 위해 정의된 형상 변수는 피치/높이 비(P/H ratio)와 판의 두께이며, 단위 모델의 형상은 정확한 비교를 위해 단면적이 모두 동일하도록 하였다. 형상 변수 정의와 결정된 해석 모델은 Fig. 1 (b)에 나타내었다. 위·아래의 동일한 형상의 굴곡 전열면은 각각 대칭이며 서로 90°로 교차되도록 설계를 하였다.



(a) Sub-model and unit cell model



(b) Definition of parameters and parametric models  
Fig. 1 Unit cell and definition of shape parameters

## 3. 해석조건 및 유한요소모델

형상 변수의 값은 각각 3가지씩 선정하였으며, 압력과 온도에 대하여 구조 해석을 수행하였다. 정보는 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Shape parameters and load conditions

	P/H ratio	Thickness (mm)	Pressure (bar)	Metal temperature (K)
Values	2.2	0.10	5	450
	3.4	0.15		
	4.6	0.20		

정확한 특성을 파악하기 위해 18개의 모든 경우에 대해 해석을 수행하였다. 해석에는 상용코드인 ANSYS 12.1을 사용하였으며, 재료의 물성치는 오스테나이트계의 SUS316으로 선정하였다.

Table 2 Material properties of SUS316

	Modulus of elasticity (GPa)	Poisson's ratio	Coefficient of expansion ( $^{\circ}\text{C}$ )
Values	195	0.308	53e-5

전열면 접합부의 브레이징 형상을 구현하기 위해 선 solid 요소를 사용하는 것이 정확한 해석에 유리하다. 따라서 10절점의 solid 요소를 사용하였으며, 응력 집중부에는 요소를 많이 생성하였다.

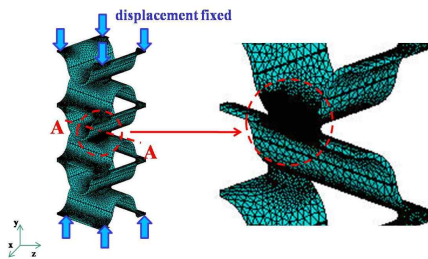
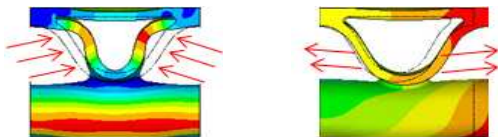


Fig. 2 FE model and boundary condition

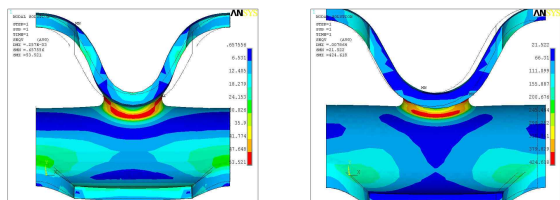
#### 4. 해석 결과

모든 해석 모델에서 동일한 위치에 최대응력이 발생하였으며, 변형 형상과 응력 분포는 Fig. 3와 Fig. 4에 정리하였다.



(a) Pressure loading (b) Thermal loading

Fig. 3 Deformation shape of heat transfer plates

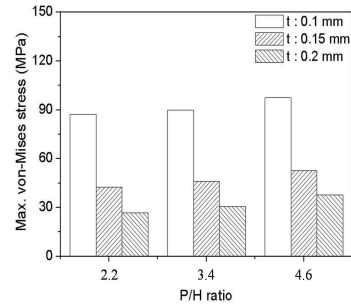


(a) Pressure loading (b) Thermal loading

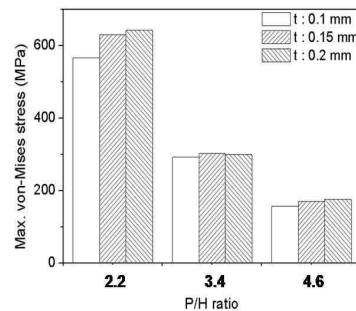
Fig. 4 Stress distributions of heat transfer plates

모든 변수에 대한 압력 및 온도 하중의 해석 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 응력은 브레이징과

전열면이 접하는 부분에서 측정하였으며, 이 부분의 응력이 최대응력을 나타낸다. 압력 하중일 때 응력은 P/H ratio 2.2, 두께가 0.2 mm일 때 가장 낮았으며, 반면 온도 하중일 때의 응력은 P/H ratio 4.6, 두께가 0.1mm일 때 가장 낮았다. 즉, P/H ratio가 작고 두께가 두꺼울수록 압력에 의한 응력에 유리하며, 반대로 P/H ratio가 크고 두께가 얇을수록 열에 의한 응력에 유리함을 확인하였다.



(a) Pressure loading



(b) Thermal loading

Fig. 5 Stress level in pressure and thermal loading

#### 5. 결론

본 연구에서는 구조 해석 모델로 적합한 단위 모델을 정의하였으며, 형상 변수를 선정하였다. 또한 형상 변수에 대해 압력 및 온도 하중으로 나누어 구조해석을 수행하였다. 그 결과로부터 각각의 하중에서 응력에 대한 형상 변수의 영향을 파악하였다.

#### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 해외 우수연구기관유치사업 연구(No. K20703001798 - 11E0100-00310)이며 이에 감사의 말씀을 드립니다.