

5MW급 소형 가스터빈 압축기 Casing 구조해석 및 평가 Structural Analysis of 5MW Class Small Gas Turbine Compressor Casing

*박누가¹, 이현¹, 김동훈¹, #석진익¹

*Luke Park¹, Hyun Lee¹, Donghun Kim¹, #Jhinik Suk(jhinik.suk@doosan.com)¹

¹두산중공업 기술연구원

Key words : Gas Turbine, Compressor Casing, Thermal, Structural, Stress, Safety Margin

1. 서론

두산중공업에서 개발한 5MW급 가스터빈 압축기 케이싱의 구성은 압축기 inlet에 들어가는 공기를 균등하게 하고 베어링을 지지하는 입구 케이싱, 압축공기 추출을 위한 추기공이 있는 메인 케이싱, 그리고 원심압축기, labyrinth 및 diffuser ass'y 위치에 해당하는 출구 케이싱으로 구성되어 있다.

그림1은 5MW급 가스터빈 엔진의 3D 모델이며 엔진 코어와 기어박스까지 조립 완료되어 있는 최종 형상을 보여준다.

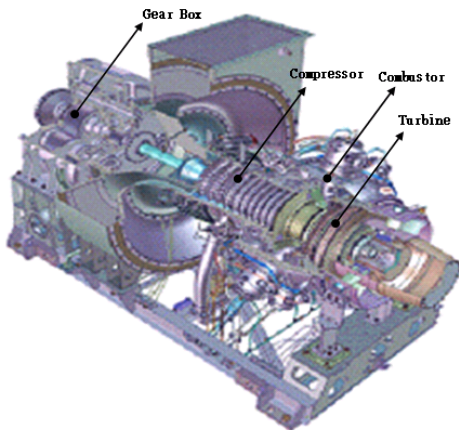


Fig.1 Simplified 2D axisymmetry modeling

가스터빈에서는 높은 크리프 강도를 지닌 저합금강의 대형 주물들이 고온과 고압의 응력이 집중되는 가스터빈 및 케이싱에 사용되고 있다⁽¹⁾. 또한 국내에서 HGP(Hot Gas Path) 케이싱 부분에서 열-피로나 취하 현상에 의한 균열이 발생하는 사례가 종종 보고가 되고 있기 때문에 반드시 구조 평가가 이루어져야 한다⁽²⁾. 이를 위해 본 연구에서는 압축기 케이싱의 주 하중인 압력과 축 하중⁽³⁾을

고려한 열-구조 연성 해석 및 구조 안전성 평가를 진행하였다.

2. 전처리 모델링 구축

압축기 케이싱 구조 해석을 위한 2D axisymmetry 전처리 모델과 사용된 위치별 물성 명을 그림2에서 나타내었고, 그림3은 해석에 사용된 소재의 탄성계수, 열팽창 계수, 열전달 계수 및 포아송 비를 온도에 따라 그림2와 동일 색으로 표시하였다. 해석 tool은 ANSYS 12.1을 이용하였으며 element type은 PLANE82를 사용하였다.



Fig.2 Simplified 2D axisymmetry casing model

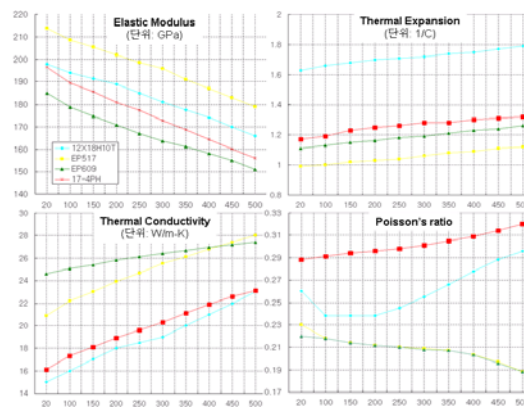


Fig.3 Material properties for the analysis

3. 열 해석 결과

그림4는 압축기 케이싱의 열 해석 결과를 보여주고 있다.

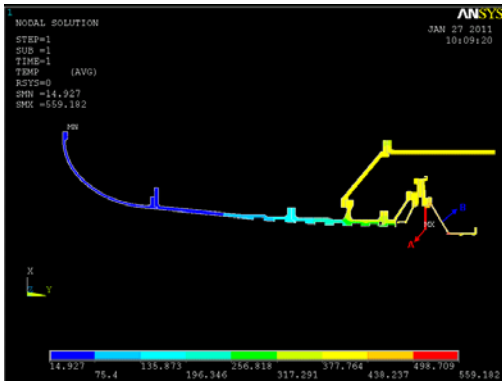


Fig. 4 Result of thermal analysis

원심압축기와 인접한 ‘A’ 지점은 고속 회전에 의한 공기 마찰로 인하여 온도 상승효과가 나타나고, 이로 인해 해당 부분이 가장 높은 온도인 560℃가 계산 되었다. 연소기에 인접한 ‘B’부분은 임펠러에서 나오는 400℃ 온도의 공기로 인하여 열전달 차폐 효과가 있기 때문에 상대적으로 온도가 낮을 약 430℃의 결과를 확인할 수 있다.

4. 열-구조 연성해석 결과 및 안전성 평가

후단 압축기 케이싱은 전단에 비해 고온, 고압으로 주 하중은 압력과 온도이다. 그림5는 케이싱 후단 부분의 열-구조 연성해석 결과를 나타낸 것으로 앞단에 비해 상당히 높은 응력이 발생한 것을 확인할 수 있다.



Fig 5. Result of coupled analysis

따라서 구조 평가 역시 위험 지역인 원심압축기 및 연소기 주위의 케이싱을 대상으로 수행하였다.

열-구조 연성 해석 결과, labyrinth ass'y와 diffuser ass'y에서 응력이 최대 300MPa로 계산되었으며 이는 허용응력 450~500MPa 대비 높은 안전계수를 만족하고 있음을 확인할 수 있다.

당사에서는 구조 안전성 평가를 위해 local load carrying capacity margin을 계산하게 되며 식은 다음과 같다.

$$Local\ Safety\ Margin$$

$$n_B = \frac{\sigma_r^t(Rupture)}{\sigma_{max}}$$

$$Load\ Carrying\ Margin$$

$$k_B = \frac{\sigma_r^t}{\sigma_{np}}$$

σ_{max} 는 critical section의 최대 응력(von mises stress)을 의미하며 σ_{np} 는 평가지점의 주응력(principal stress)를 이용한 계산 결과를 나타낸다. 계산된 안전계수는 각각 2.4과 3.3으로 계산되었으며 이는 당사의 자체 안전성 기준 이상의 마진을 확보한 것으로 확인하였다.

5. 결론

5MW급 소형 가스터빈 압축기 케이싱 구조해석을 위해 열 해석과 압력, 축 하중을 이용한 열-구조 연성해석을 진행하였다. 자체 평가 식에 따른 구조 평가 결과 모두 기준 이상의 마진을 확보하였다.

후기

본 연구는 지식경제부, 전력원자력연구개발 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 최우성, 윤완노, 강명수, “균열이 있는 가스터빈 케이싱의 유한요소 해석,” 대한기계학회 재료 및 파괴부분 춘계학술 논문집, pg. 83~86, 2009.
2. 강명수, 윤완노, 김준성, “유한요소해석을 이용한 가스터빈 케이싱 열피로 균열 발생 해석,” 한국동력기계공학회지 제 13권 제5호, pg. 52~58, 2009.
3. R.A. Cookson, "Mechanical Design of Turbo machinery - Loads Acting on a Turbo machine," Cranfield University, SME/PPA/RAC/0937