

가스터빈용 공기 냉각기 구조 건전성 평가

Structural Integrity Assessment of Cooling-Air Cooler for Gas Turbine

*이승민¹, 홍린표¹, #조종래²

S.M. Lee¹, L.P. Hong¹, #J.R. Cho(cjr@hhu.ac.kr)²

¹한국해양대학교 기계공학과, ²한국해양대학교 기계·에너지시스템공학부,

Key words : Cooling-air cooler, Gas turbine, FE analysis, Fatigue life, Structural integrity

1. 서론

가스터빈 발전소 혹은 복합화력 발전소에서 사용되는 터빈과 연소실의 부품은 운전 중에 온도가 상승하기 때문에 냉각이 필요하다. 여기에 사용되는 냉각공기는 압축기에서 압축된 공기인데 온도가 높기 때문에 온도를 낮추어 공급해야 한다. 이때 사용하는 열교환기가 공기냉각기(cooling-air cooler)이다. 공기냉각기는 Fig. 1과 같이 수직형의 압력용기(pressure vessel) 형태이며 상부 입구에서 들어오는 고온의 공기는 물이 통과하는 핀튜브(fin tube)와 열교환을 해서 냉각된다.

고온의 공기가 공급되는 입구측 노즐은 고온의 열변형을 흡수할 수 있는 슬리브(sleeve)와 신축이음(expansion joint)이 사용되고 고온의 물이 나가는 물의 출구측 노즐도 마찬가지이다. 최근에 국내에서 공기냉각기의 제작 국산화가 이루어 졌으나 설계 자립을 위해서는 기본설계와 유한요소해석을 통한 노즐부위나 신축이음등의 부품은 구조건전성을 평가할 필요가 있다.

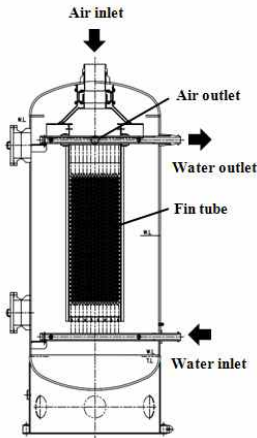


Fig. 1 Schematic drawing of cooling-air cooler

2. 공기 입구 노즐 주위 구조 해석

고온 공기가 공급되는 노즐에서 공기 온도는 490 °C, 압력은 19 기압 정도이고 냉각된 공기의 출구온도는 235 °C에 이른다. 공기 입구 노즐 주위의 노즐과 압력용기의 셸, 슬리브, 팽창이음만 분리하여 고려하면 Fig. 2와 같이 축대칭으로 모델링할 수 있다. Fig. 2는 정상상태의 온도 분포이며 Fig. 3은 등가응력을 나타내고 노즐입구 근방에서 최대 응력은 355 MPa를 나타내고 있다.

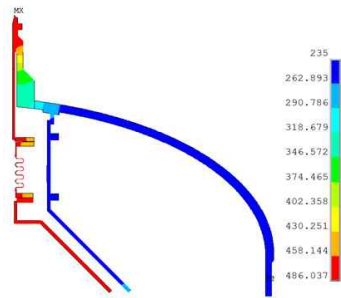


Fig.2 Distribution of temperature

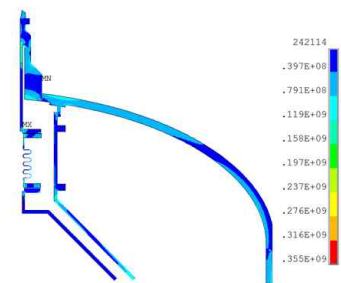


Fig.3 Distribution of von Mises stress

슬리브와 팽창이음 주위의 응력은 Fig. 4에 나타나 있으며 슬리브에서는 최대 피크응력이 295MPa, 팽창이음에서는 220 MPa 이다. Table 1에서는 ASME Sec.VIII, Div.2에 따른피로수명을 평가한 것이다. 코드에서 요구하는 용접상태를 반영한 피로강도저감계수(fatigue strength reduction factor)는 1.2로 선정하였고, 피크응력의 크기를 반영한 피로벌칙계수(fatigue penalty factor)는 1.0으로 계산되었다.

Table 1 Fatigue evaluation

Component	Total stress (MPa)	Alternating stress (MPa)	Allowable cycle
Sleeve	295	177	33,600
Expansion joint	220	132	95,200

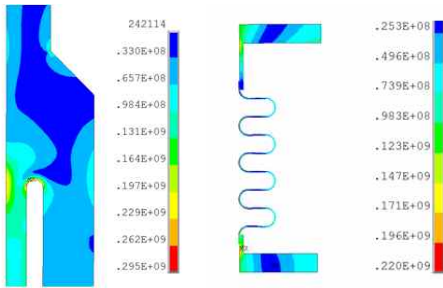


Fig.4 Distribution of von Mises stress in sleeve and expansion joint

3. 냉각수 출구 노즐과 헤드 구조해석

냉각수 출구는 330 °C이고 압력은 370 기압에 이른다. 이 노즐 해석에서는 Fig. 5와 같이 3차원 부분 모델링이 필요하다.

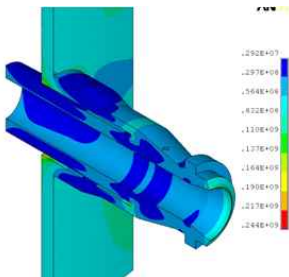


Fig.5 Stress distribution in feed water outlet

Fig. 6과 Fig. 7은 헤드(header)부의 온도와 응력 분포를 나타내고 있다. Fig. 5에서 최대응력은 244MPa 이고, Fig. 7에서 최대응력은 228MPa로 모두 허용한계를 초과하지 않는다.

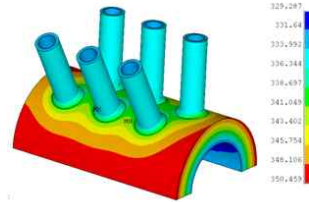


Fig.6 Temperature distribution in outlet header

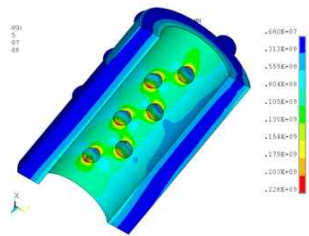


Fig.7 Stress distribution in outlet header

4. 결론

가스터빈 부품을 냉각하는 공기를 공급하기 위한 압력용기형의 핀튜브형 공기냉각기의 설계를 자립화하기 위해 ASME 코드에 따른 해석 절차를 완성하였다. 각 부품에 대한 온도분포와 응력을 구해서 건전성을 평가하였으며 국내 복합화력 발전소에 성공적으로 적용되었다.

감사의 글

본 논문은 한국해양대학교 연구강화사업의 지원을 받아 수행한 연구결과입니다.

참고문헌

1. F.P. Incropera et al., Fundamental of heat and mass transfer, six edition, John wiley & Sons, Inc.
2. ASME B&PV code, Sec. VIII, Div.2, 2010.
3. ASME B&PV code, Sec.II, Part D, 2010.