

고성능 항공기 환경제어 계통용 열교환기 구조해석 Structural Analysis of Heat Exchanger for High-Performance Aircraft Environmental Control System

*조민수¹, #조종래², 김창수³, 구병수³

*M. S. Cho¹, #J.R. Cho(cjr@hhu.ac.kr)², C.S. Kim³, B.S. Koo³

¹한국해양대학교 대학원 기계공학과, ² 한국해양대학교 기계·에너지시스템공학부

³ (주)동화엔텍 열유체연구소

Key words : ECS, Dual Exchanger, Reheater/Condenser, Thermal stress, Dynamic Analysis, Inconel 625,

1. 서론

현재 민간 및 군수 항공기의 환경제어 부품에 대해서 국내 자체 기술개발 사례는 거의 없다. 항공기 환경제어 계통(ECS)용의 핵심부품인 열교환기, 밸브, 컨트롤러 중 국내 기술개발 인프라(제작 및 성능시험)가 갖추어진 핵심기자재는 열교환기이지만, ECS용 열교환기는 미국, 프랑스 등 전량 수입에 의존하고 있는 상황이므로, 국내 항공기 자재 기술 발전을 위해서 연구가 반드시 필요하다.

따라서 본 연구에서는 ECS (Environmental Control System) 열교환기 중 핵심제품인 dual heat exchanger와 reheater/condenser의 구조적 특성과 열교환기 각 조건에서 발생할 수 있는 열응력, 진동범위, 조화응력 등을 예측하여 형상 변수를 설계하였다.

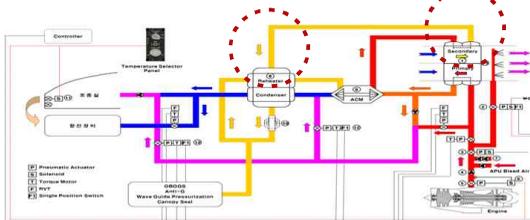
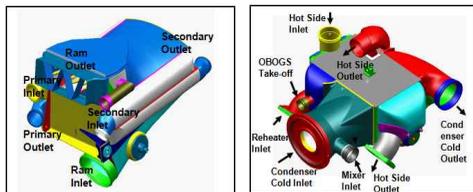


Fig. 1. Diagram of ECS

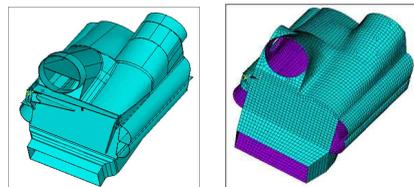


(a) Dual Heat Exchanger (b) Reheat/Condenser

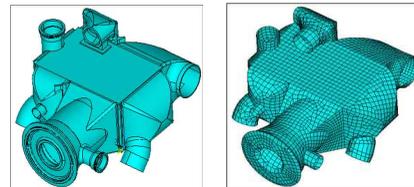
Fig. 2. Dual heat exchanger and Reheat/Condenser

2.1 3D 모델링 및 유한요소 모델링

실측을 통하여 얻은 치수를 NX4를 이용하여 3차원 모델링을 구현하고 ANSYS APDL해석을 위해 다시 최적화 모델링을 진행하였다.



(a) dual heat exchanger



(b) Reheat/Condenser

Fig. 3. 3D Modeling and Finite Element Modeling

2.2 Material property 및 경계조건

Dual Heat exchanger는 inconel625로 Reheat/Condenser는 Al6061로 제작되며 각각의 물성치는 아래와 같다.

TABLE.1 Reheat/Condenser Material property

E : 탄성계수 (Young's modulus, GPa)
K : 열전도도 (Thermal conductivity, W/m^2K)
α : 열팽창계수 (Thermal expansion, $\times 10^{-6}/^{\circ}C$)
T : 온도 (Temperature, $^{\circ}C$)
P : 압력 (Pressure, MPa)

2. 유한요소 모델링과 FE 해석 조건

		E	K	α	T	P	
R A M	Inlet	210	9.8	12	-50	0.1	
	Outlet	210	9.8	12	0	0.1	
Bleed head	pri ma ry	in	174	18.7	14.6	571	0.7
		out	199	11.7	13	104	0.1
	seco nda ry	in	189	14.5	13.4	295	1.45
		out	199	11.7	13	104	0.1

3. 열응력, 진동, Harmonic 해석

3.1 열응력 해석결과

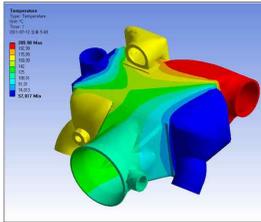


Fig. 4. Thermal analysis result of dual heat exchanger

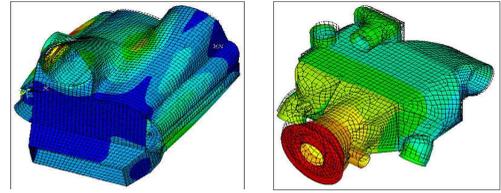
TABLE.2 Thermal analysis result dual heat exchanger & reheat/condenser

Exchanger	Calculated Stress (MPa)	ASME -Sa (MPa)	Safety Factor (1.5Sa)	
RAM	183.4	128	1.05	
Bleed head	Primary	96	338	5.3
	Secondary	179.7	338	2.8
Condenser				
R-cold inlet header	24.7	73.2	4.4	
R-cold outlet header	57.3	73.2	1.9	
C- cold outlet header	17.5	32.6	2.8	
Hot outlet header	48.2	70.0	2.18	
Hot inlet header	81.2	70.0	1.3	
Mixer	24.4	32.6	2	

3.2 Modal 해석

TABLE.3 The natural frequency

No.	Natural Frequency[Hz]	
	Exchanger	Condenser
1	232.26	818.27
2	519.06	1061.2
3	640.59	1172.7
4	742.24	1456.5
5	857.65	1756.9



(a) dual heat exchanger (b) Reheat/Condenser
Fig. 5. Mode shape of dual heat exchanger and reheat/condenser

3.3 Harmonic 해석

Exchanger에서 9.02g를 Reheater/Condenser에는 7.87g의 가속도를 적용하여 harmonic 해석을 수행하였다. 감쇄계수는 3%로 가정하였다.

TABLE. 4 Stress of harmonic analysis

No	Exchanger (9.02g)		Condenser (7.87g)	
	Freq. [Hz]	Stress [MPa]	Freq. [Hz]	Stress [MPa]
1	226	115	830	62.5
2	514	255	1064	135
3	640	350	1181	140
4	748	160	1454	205
5	856	190	1766	140

이 때 최대응력은 각각350MPa 과205MPa 로 나타났다.

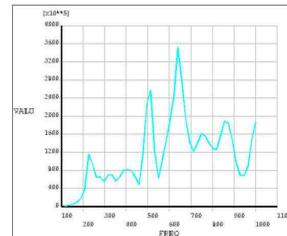


Fig. 6. Graph of harmonic result for dual heat exchanger

4. 결론

본 연구를 통하여 Dual heat exchanger,와 Reheater/condenser 구조해석의 열응력 건전성을 확인하였다. 또한 1차 공진 주파수범위가 각각 226hz 와 830hz임을 파악하고 조화응력을 통한 운전 중 공진영역들을 확인하였다.

후기

이 논문은 2012년도 항공우주부품기술개발사업부의 지원을 받아 수행된 연구입니다.