

항공기 장착용 동정압 프로브의 열선 설계에 대한 연구

최인호*, 박영민*, 김성찬*, 송제호**

*한국항공우주연구원

**국방과학연구소

e-mail:incho@kari.re.kr

Research on Pitot-static Probe Heater Design for Aircraft

In-Ho Choi*, Yong-Min Park, Sung-Chan Kim, Jae-ho Song*

*Korea Aerospace Research Intitute

**Agency for Defense Development

요 약

본 논문에서는 항공기에 장착되는 동정압 프로브의 열선 설계에 대한 내용이다. 항공기에 장착되는 동정압 프로브는 방빙/제빙 기능이 매우 중요하고 기본 설계 단계에 해석에 의해서 설계가 수행되어야 한다. 여기서는 동정압 프로브를 해석하기 위한 설정 조건과 해석 방법 및 해석결과에 대하여 기술하였다.

1. 서론

항공우주산업이 많은 발전을 이루어가고 있고, 항공기가 없이는 현대인의 생활을 생각할 수 없을 만큼 운송수단으로써 항공기는 우리 생활에 밀접한 영향을 미칠 뿐 아니라, 국방을 위한 군작적을 위해서도 항공기는 필수적인 요소가 되었다.

이런 모든 항공기에 필수적인 요소들이 많이 있지만 그 중에서도 비행을 위하여 대기자료의 속도, 고도 및 온도를 측정하는 시스템은 매우 중요하고 기본적인 것이라 할 수 있다.

국내적으로도 KT-1 훈련기, T-50 고등훈련기 및 수리온 개발 사업을 통하여서 여러 가지의 동정압 프로브가 장착되었으며 운용되고 있다.

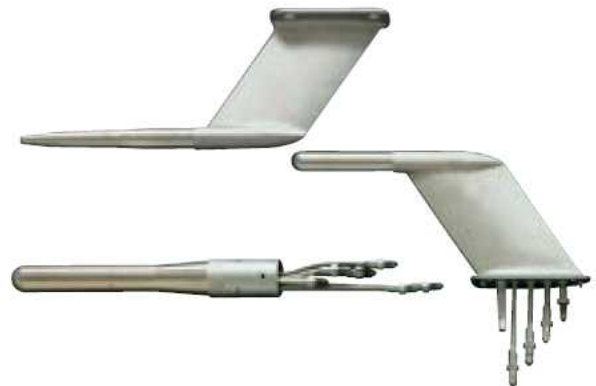
항공기에 장착되는 동정압 프로브는 실험실에서 사용되는 것과 기능은 유사하나 항공기 장착 환경에 따른 많은 고려해야 할 변수들을 포함하고 있으며, 특히 방빙/제빙을 위한 히터 설계는 매우 중요한 부분이라 할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 항공기에서 동정압 프로브의 적용 현황 및 상용 항공기에 장착된 프로브를 살펴보고, 동정압 프로브의 사례를 살펴본 후 한 개의 프로브 샘플을 이용하여 방빙/제빙 조건에 맞는 프로브를 설계하는 내용의 연구 결과를 소개하고자 한다.

2. 항공기의 동정압 시스템

항공기의 동정압 시스템은 항공기의 고도, 속도를 측정하기 위한 것으로써 정압을 측정하는 정압홀과 전압을 측정하는 전압홀로 구성되어 있다.

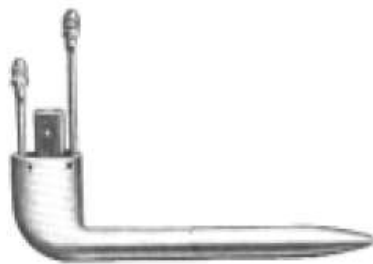
항공기의 동정압 프로브를 판매하는 대표적인 곳은 미국의 굿리치(Goodrich)와 ASI, 프랑스의 탈레스(Thales Avionics)가 대표적이라 할 수 있고, 그 외에 비행시험용으로 주로 판매하는 SpaceAge 사가 있으며, 저가용으로는 Aircraft Spruce에서 많은 모델들을 찾을 수 있다. 여기서 대표적인 기업에서 판매하는 고가용과 저가용의 차이는 바로 히터 설계에 대한 부분에 많은 차이가 있다.



[그림 1] Goodrich 사의 동정압 프로브들



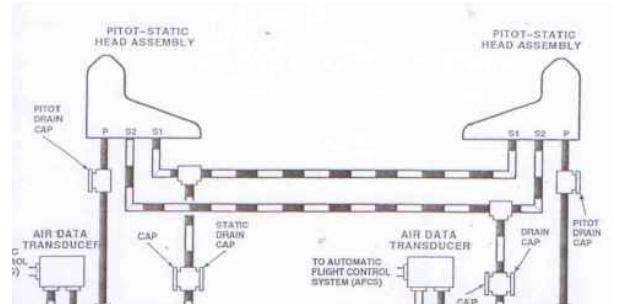
[그림 2] Thales 사의 동정압 프로브



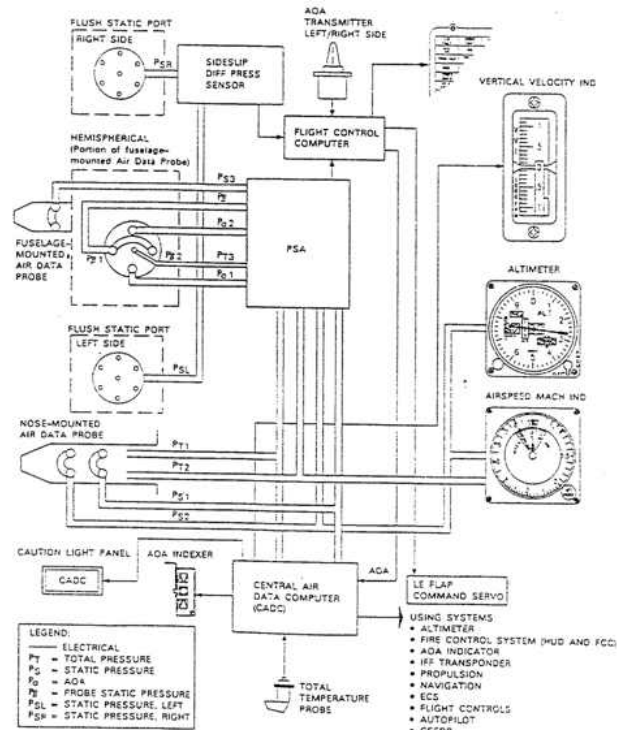
[그림 3] AN-5814 동정압 프로브 (Aircraft Spruce)

그림 1, 2, 3 은 대표적인 동정압 프로브들이며, 내부에 방빙/제빙을 위한 열선을 가지고 있다.

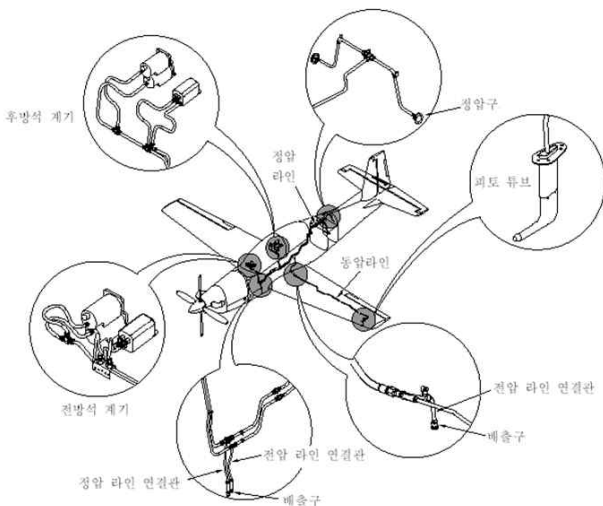
기존의 고정익 항공기 및 회전익기 항공기의 동정압 시스템 구성도는 그림 4, 5, 6 과 같이 간단한 형태에서 복잡한 형태까지 다양하게 구성되며 기본적으로 동정압 프로브를 가지고 있다..



[그림 5] UH-60 대기자료 시스템



[그림 6] F-16 대기자료 시스템



[그림 4] KT-1 대기자료 시스템

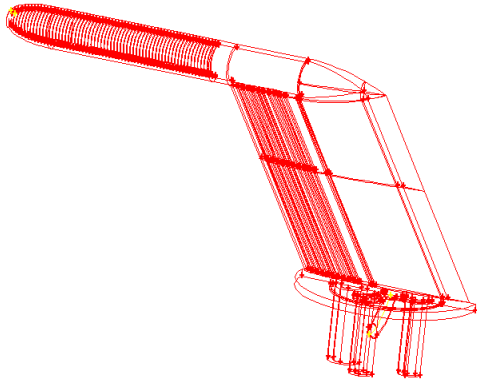
3. 동정압프로브 열선 설계 및 해석

동정압 프로브는 운용 과정에서 프로브 표면에 발생하는 결빙현상을 방지하기 위하여 방빙/제빙 (anti/deicing) 기능을 갖는다. 방빙 및 제빙기능은 프로브 내부에 용접(braze)된 열선에 의해 이루어지며 비행속도 및 운용 온도조건 등을 고려하여 결정해야 한다. 설계과정에서는 운용조건에 맞는 열선용량과 두께 및 길이 등을 결정해야 하며 상세설계 단계에서 이러한 조합이 적절함을 해석을 통해 증명해야 한다. 본 논문은 기존의 동정압 프로브 모델에 대한 열해석 및 설계결과를 논하고자 한다.

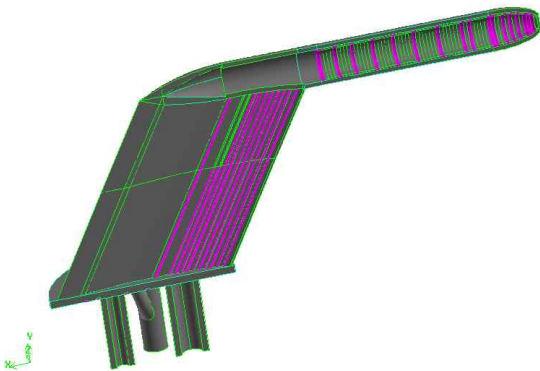
3.1. 열해석 조건

동정압 프로브의 열해석을 위해서는 프로브 내부

및 외부의 유동을 고려해야 하며 열선에 의한 열전달 또한 동시에 고려해서 수행한다. 본 자료에 사용된 프로브 형상은 그림 7과 같고 열선 장착부위는 그림 8과 같다.



[그림 7] 해석용 동정압 프로브 형상



[그림 8] 해석용 동정압 프로브 열선 분포

그림 8은 해석에 사용된 Pitot-static 프로브로 내부 및 Mast 그리고 장착판(mounting plate)부분에 최적화를 통해 결정된 열선이 장착되어 있음을 볼 수 있다. 열 해석을 위한 각 부위별 특성은 다음 표와 같다.

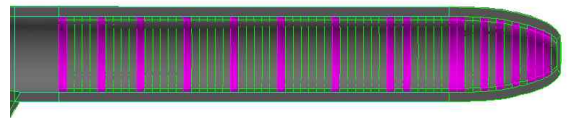
[표 1] 프로브 구성 재질

구분	재질	열전도율	밀도
프로브 측정부	Nickel	60.9W/mK	8,900 kg/m ³
프로브 후방 및 마스트	황동	90.1W/mK	8,262 kg/m ³
장착부	Stainless steel	16.0W/mK	7,880 kg/m ³
열선	Nickel 열선 및 Magnesium 절연체	4.50W/mK의 단일 물질로 가정	8,900 kg/m ³

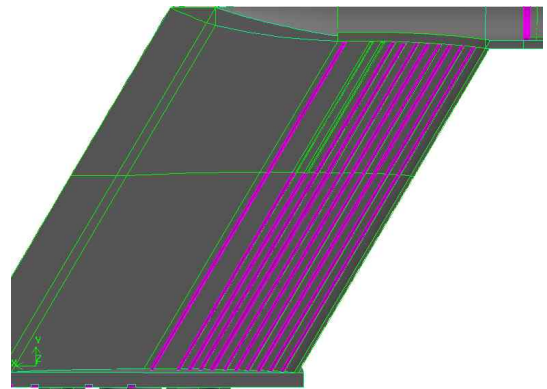
해석을 위한 경계조건으로 유동의 원방경계면은 FLUENT상의 경계조건인 “Pressure-far-field” 조건을 사용하였다. 대기 유동 속도 Mach수 0.27, 대기 온도 -20°C일 때와 Mach수 0.33, 대기 온도 -30°C일 때의 조건으로 사용하였다.

열선 분포는 그림 8과 같다. 그림을 보면 전체적으로 측정부 및 마스트 앞전 부분에 열선이 집중됨을 알 수 있다. 이러한 부분은 유동이 충돌하므로 빙결 현상이 발생하기 쉬운 영역에 해당한다. 마스터 부분의 경우 최대 두께지점까지는 열선이 부착되나 이후에는 열선을 부착하지 않는다.

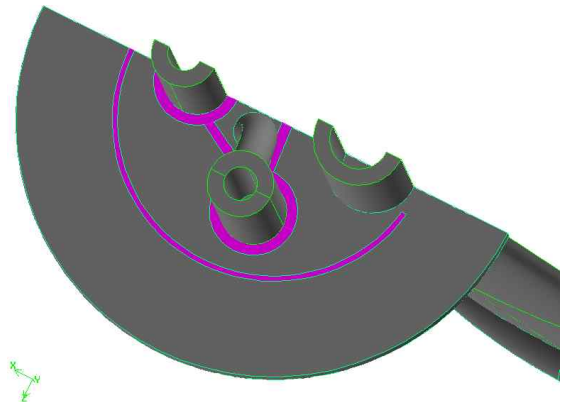
상세한 부위별 열선 분포는 그림 9, 10, 11과 같다.



[그림 9] 열선 분포(프로브 측정부)

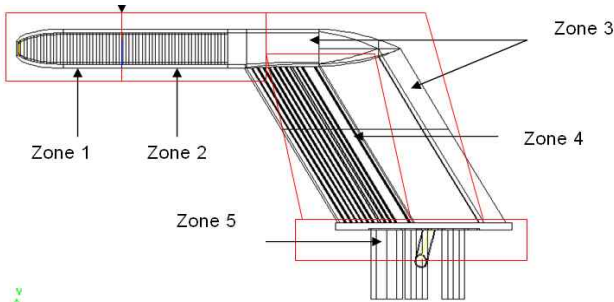


[그림 10] 열선 분포(마스트)



[그림 11] 열선 분포(프로브 장착판)

최적화 과정에서는 그림 12와 같이 5개의 영역을 분할하여 수행하였으며 각 영역에서의 열선의 길이 및 저항값은 표 2 와 같다. 표 2를 보면 프로브 측정부(zone 1)보다 마스트 부분(zone 4)에 가장 많은 열선이 집중됨을 알 수 있다. 상대적으로 프로브와 마스트가 연결되는 지점인 zone 3는 열선이 zone 4의 10% 정도밖에 되지 않아 중요도가 낮음을 알 수 있다. 그림 4에 의하면 프로브의 높이를 높이는 것보다 프로브 측정부의 길이를 증가시키는 것이 열선 소요 및 전력측면에서 유리함을 알 수 있다.



[그림 12] 열선의 영역분할

[표 2] 영역별 열선 길이 및 저항값(Mach 0.27, 대기온도 -20°C)

구분	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Total
Length (mm)	456	367	95	916	174	2008
Resistance -20°C (Ohm)	12.10	9.75	2.51	24.29	4.62	53.26

3.2. 열해석 결과

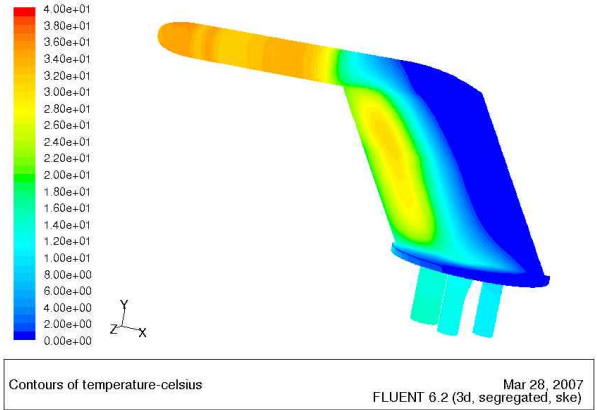
대기 유동 속도 Mach수 0.27, 대기 온도 -20°C 일 경우의 해석결과는 표 3 과 같이 영역별 소요전력을 나타낸 표로써 프로브를 지지하는 마스트부분에 가장 많은 전력이 소요됨을 알 수 있다. 총 소요 전력은 200W 정도이고 이 중 약 41%(82W, Zone1+2) 정도를 프로브에서 소비하고, 약 46.7%(93.1W, Zone4) 정도를 마스트에서 소비한다.

[표 3] 영역별 소요전력

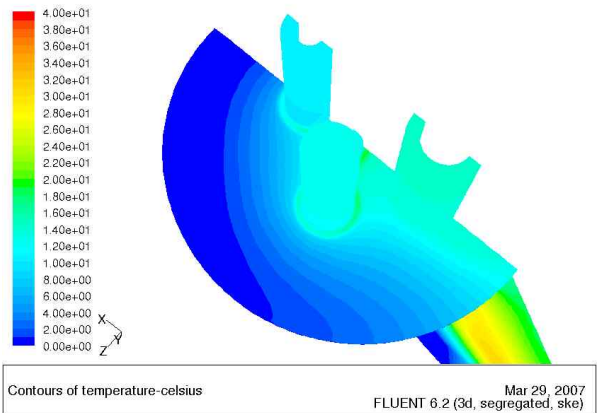
구분	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Total
Power at SAT -20°C	45.6W	36.3W	9.2W	93.1W	15.3W	199.5W

그림 13, 14는 프로브 표면의 온도분포를 보이고 있다. 그림을 보면 프로브 측정부는 30°C 이상으로 열

선으로 인한 가열현상을 보이고 있으나 마스트부분은 20°C 정도로 온도상승이 높지 않음을 알 수 있다. 이는 마스트부분의 열전달이 프로브 측정부보다 활발하므로 나타나는 현상이다.



[그림 13] 프로브 표면 온도 분포(프로브 상단)



[그림 14] 프로브 표면 온도 분포(프로브 장착부)

4. 결론

본 연구를 통하여 항공기에 장착되는 동정압프로브의 해석을 통한 설계 내용을 사례를 통하여 살펴 보았으며 동정압 프로브 열선 해석업무에 활용이 가능하리라 판단된다.

후기

동 연구는 지식경제부 KHP 민군겸용 핵심 구성품 개발사업의 일부로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 박영민, 최인호, 김성찬, 황인희, 이대성, “방빙 기능을 위한 다기능 대기자료 센서 히터 설계”, 한국군사과학기술학회, 2010.