

온도변화에 따른 난류강도 측정 및 영향에 대한 연구

이준식*, 전재욱
*창신대학교 항공기계공학과
e-mail:jslee@cs.ac.kr

A Study of Turbulence Intensity Measurement with Temperature Change and its Effects

Jun-Sik Lee*, Jae-Wook Jeon

*Dept. of Aeronautical & Mechanical Engineering, Changshin University

요약

본 연구는 온도변화에 따른 난류강도를 측정하기 위해 고온용 열선유속계와 고온풍동을 이용하여 일정한 유속 조건에서 실험을 실시하였다. 본 실험에 사용된 I-형 열선유속계는 최대 300°C까지 유체의 속력과 이에 따른 난류강도를 측정할 수 있다. 시험부 중심에서 주 유동이 20 m/s 일 때 상온에서 200°C 까지 온도를 변화시켜 난류강도를 측정하였다. 난류강도의 크기는 경계층 발달과 관련이 있으며, 온도의 증가는 난류강도를 증가시키는 결과를 얻었다. 따라서 고온 환경에서 실험 및 수치해석을 수행할 때 온도에 따른 난류강도의 영향을 고려해야 한다.

1. 서론

풍동(Wind tunnels)은 유체 특성을 연구하기 위해 개발된 유체 흐름 장치이며, 조절 가능한 인공적인 바람을 발생시킴으로써 다양한 목적에 맞도록 개발되어 건설, 우주항공, 기계 분야 등에 이용된다. 다양한 특징의 풍동이 있으며, 이를 활용한 많은 연구가 진행되고 있다[1-3]. 하지만 온도변화가 발생하고 고온 환경에서의 실험이 가능한 즉, 풍동의 주 유동 온도가 상온에서 수백 도씨 수준으로 조정 할 수 있는 고온 풍동의 개발 및 연구는 많이 소개 되지 않았다. 고온 풍동은 기존 풍동에 주 유동의 공기 온도를 높이기 위해 히터가 장착된 것이 특징이다.

난류강도(Turbulent Intensity)는 풍동의 상태를 결정하는 중요한 요소 중에 하나이며, 평균 유동 속도에 대한 특성 변동속도 성분의 비로 정의된다[4]. Computer Fluid Dynamic(CFD) 난류 해석을 위한 경계조건 설정 시 입구조건으로 난류강도를 설정한다. 난류강도는 일반적으로 열선유속계(Hot-wire probe)를 이용하여 측정하며, 유체기계분야에서 자주 사용되고 있다. 특히 난류 영역의 실험적 연구를 위한 필수적인 장치이다. 난류강도는 덕트 유동의 완전 발달된 중심부에서 경험식으로 예측이 가능하지만 온도변화에 따른 난류강도 및 경험식은 부재하다.

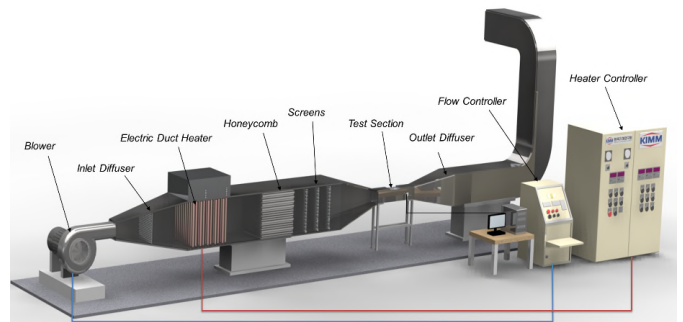
따라서 본 연구에서는 고온 풍동과 열선유속계를 이용하여

고온에서의 난류 강도 측정방법 및 온도 변화에 따른 난류 강도의 영향에 대해 알아보고자 하였다.

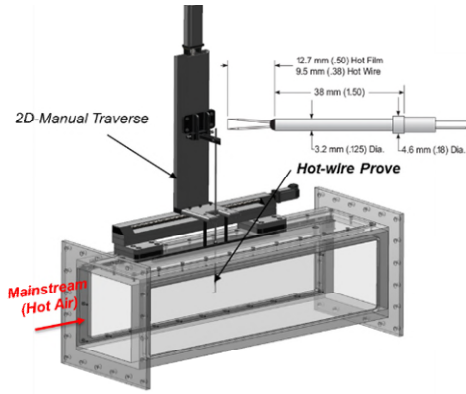
2. 본론

그림 1은 본 연구에 사용된 고온 풍동 실험장치 계략도이다. 개방형 풍동으로, 15hp 블러워를 통해 흡입된 공기가 300kW 전기 히터를 통해 가열되어 시험부에 주유동을 공급하는 구조이다. 시험부의 크기는 가로 250 mm, 높이 250 mm, 길이 1000 mm 이다. 시험부에서의 최대 주 유동 유속은 30 m/s 이며, 최대 온도는 350°C 이다.

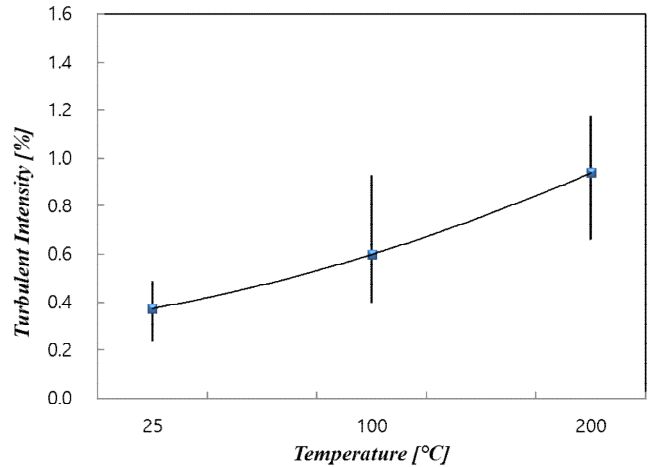
그림 2는 시험부 및 본 연구 사용된 고온용 I-형 열선유속계(Model 1220 High Temperature Straight Probe, TSP)는 최대 300°C 환경에서 속도장 및 난류강도 측정이 가능하다.



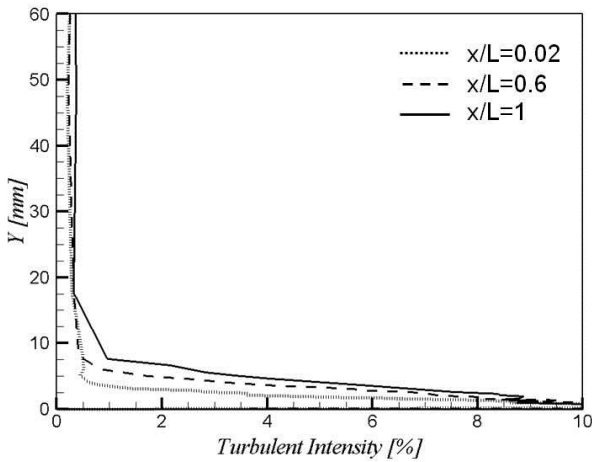
[그림 1] 고온 풍동 실험장치 계략도



[그림 2] 시험부 및 I-형 열선유속계



[그림 4] 유속 20m/s 일 때 온도변화에 따른 난류강도



[그림 3] 주 유동 20m/s 일 때 난류강도 분포

3. 결론

본 연구에서는 고온 풍동과 열선유속계를 이용하여 고온에서의 난류강도 측정방법 및 온도 변화에 따른 난류강도의 영향에 대해 알아보려고 하였다. 난류강도의 크기는 경계층 발달과 관련이 있으며, 온도의 증가는 난류강도를 증가시키는 결과를 얻었다. 따라서 고온 환경에서 실험 및 수치해석 수행 시 온도에 따른 난류강도를 고려해야 하며, 본 결과가 열을 동반한 유체관련 연구 분야에 활용되길 기대한다.

후기

본 논문은 2020년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2017R1C1B5076422)

참고문헌

- [1] 임형수 외 6명, 2016, “소형 고온 풍동 시험 장치 개발,” 한국유체기계학회 하계 학술대회 논문집.
- [2] Mahta R.D, Bradshaw P., 1979, “Design rules for small low speed wind tunnels,” Aeronautical Journal. 442-449.
- [3] Louis C., Chris B., Jose M., 2010, “Fundamentals of Wind-Tunnel Design,” Exp. Tech. for Fluid Dynamics and Thermal Science.
- [4] Wharton J.A., Ellzey J. L., Bogard D.G., 2005, “An Experimental Study of Turbulence Intensities and Non-uniformities in the Exit Flow from a Porous Combustor,” Experiment In Fluids. 38: 701-707.

본 연구에서는 2차원 이송 장치(2D-Manual Traverse)를 이용하여 수평(X), 수직(Y) 방향의 유속 및 난류강도를 측정하였다. 그림 3은 주 유동 20 m/s 일 때 중심부에서부터 수직(Y) 방향으로 난류강도를 측정한 결과를 보여준다. 시험부 중앙에서 난류강도는 0.36%로 측정되었으며, 벽면 근처로 갈수록 난류강도는 증가 하였다. $x/L = 0.6$ 일 때 경계층이 발달하며 $Y = 5\text{mm}$ 지점에서 난류강도는 1.75%이다. $x/L = 1$ 일 때 같은 수직인 높이에서 난류강도는 3.5%이다. 일반적으로 내부유동의 입구에서 난류강도는 앞선 유동의 영향을 받는 것을 확인 할 수 있으며 경계층 발달과 관련이 있다.

그림 4는 시험부 중심에서 주 유동이 20m/s 일 때 온도변화에 따른 난류강도 실험결과를 보여준다. 25°C, 100°C, 200°C 일 때 각각의 난류강도를 10회 측정된 결과를 막대그래프 나타내었으며, 평균한 결과는 각각 0.36%, 0.6%, 0.98% 나왔다. 온도가 증가함에 따라 난류강도도 증가하였으며, 온도의 영향은 난류강도에 영향을 미치며, 이는 전단에 의해 발생된 난류와 확산에 기인한다. 전단력이 강하면 강할수록 난류가 강하게 발생하여 난류강도가 증가한다.