고체-유체 연동해석 기법을 이용한 3차원 미세날개 구조의 진동이 표면 열전달 촉진에 미치는 영향 분석

Investigation into the heat-transfer effects of 3D small vibrating structures using a FSI (Fluid-Solid Interaction) analysis

*박기홍[1], 민준기[2], 김진규[2], 윤순현[1], 하만영[1], 고정상[1], #박상후[1]

*K. H. Park[1], J. K. Min[1], J. K. Kim[1], S. H. Yoon[1], M. Y. Ha[1], J. S. Go[1],

#S. H. Park(Sanghu@pusan.ac.kr)[1]

[1]부산대학교 기계공학부, [2]롤스로이스-부산대 대학기술센터

Key words : FSI (Fluid-Solid Interaction), Pulsating flow, Taguchi method, Modal analysis

1. 서론

오늘날 기술이 발전하고 현대화가 이루어진 시대에 전자 제품의 기능이 좋아지고 편리성을 갖추기 위해서 열전달 문제가 크게 대두 되고 있다. 특히 컴퓨터와 같이 하드웨어를 장착하여 전력을 사용하는 제품에는 사용하는 전력만큼이나 열을 발생 시킨다. CPU와 같이 온도에 매우 민감한 영향을 받는 핵심 부품인 경우에는 시스템의 내부 온도가 불안정하게 되면 시스템이 오작동, 다운증상이 발생하며, 장기간 과열 상태가 지속될 경우 하드웨어 사망 또는 수명이 단축되기도 한다. 이처럼 CPU와 같이 핵심 부품의 전열 단면적을 증가시켜 열전달 향상을 위한 방법으로 핀이 설치되어 있다.

따라서 본 연구에서는 핀의 효과를 크게 하기 위해 핀의 표면위에 미세날개를 만들어 바람에 의해 날개가 진동하게 되면 핀 표면에서의 열전달 촉진에 어떠한 영향을 주는지를 실험적으로 판단하기에 앞서 고체-유체 연동해석 (FSI) 을 통해 미세날개의 거동 특성 및 거동에 따른 온도장의 변화를 해석적으로 먼저 파악해 보고자 한다.

2. 수치 해석 방법

2.1 해석 조건

본 연구에서는 미세 날개의 진동을 유발하기 위해 맥동류 (Pulsating flow) 가 들어오는 상태를 가정하였으며, 이때 풍속은 0~4 m/s 이고 유동 주파수는 150 Hz가 되도록 하였다. 구조의 고유 주파수를 바람의 주파수와 같게 하여 공진 현상을 유발해 구조가 최대 변위를 갖도록 하였다.

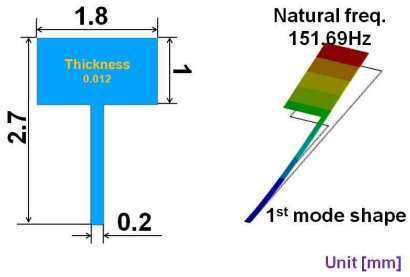

Fig. 1 Small structure's shape having a natural frequency (151.69 Hz) and 1st mode shape

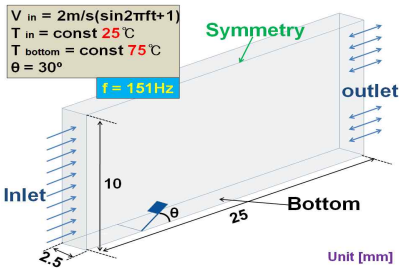

Fig. 2 Boundary conditions of computational domain

2.2 해석 모델

미세 날개의 형상을 결정하기 위하여 Taguchi method [4] 와 구조의 Modal analysis 통해 일정한 두께 (0.012 mm)에서 미세날개의 고유 주파수와 1차 모드의 변형 형상을 Fig. 1에 나타 내었고 미세날개의 기계적 물성치를 Table 1 에 나타 내었다.또한 Fig. 2 는 해석에 사용된 유체영역과 경계조건이다. 유체영역의 크기는 미소 날개의 형상을 고려하여 2.5 x 10 x 25 [mm] 로 사용하였고, 또한 미소날개가 Fig. 1과 같이 좌우 대칭성을 가지므로 대칭

Table 1 Material properties of a small structure

Physical properties	Value
density (kg/m^3)	2770
Young's modulus (GPa)	7.1
Poisson's ratio	0.33
Yield stress (MPa)	280

조건으로 모델링 하였다. 이때 총 요소 수는 50만개이고 절점수는 10만개이며, 미세구조 벽면에 3만개를 집중 하였다. 유체 영역의 기준 압력을 1 atm, 출구 상대압력을 0 Pa 하였다. 또한 열전달을 고려해 박판과 바람의 온도를 각각 75, 25 ℃를 일정하게 유지 하고 기준온도를 25℃로 하였다.

3. 해석 결과 및 고찰

Fig. 3에서 미세 날개가 1번 진동을 할 때 걸린 시간은 6.6 ms로써 날개의 고유진동수 (151.69 Hz)에 대한 주기의 시간과 같다. 이는 공진 현상이 발생했다는 것으로 사료되나 다른 주파수 영역의 결과를 얻지 못하여 정확한 판단이 어렵다. Fig. 4와 같이 대칭면에서의 한 주기의 온도장의 모습이고, 이를 Fig. 5와 같이 날개의 바로 뒤부터 유체영역의 길이방향으로 바닥면에서의 열속도 크기를 평판인 경우와 비교 하였다. 이때 미세날개의 뒤쪽 영역에서의 열전달 효과가 크다는 것을 알 수 있다.

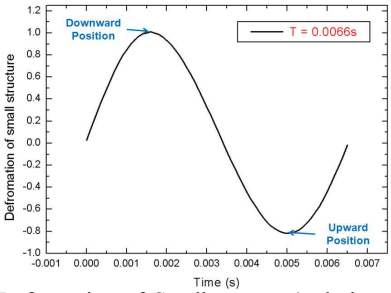

Fig. 3 Deformation of Small structure's during 6.6ms

4. 결론

본 연구에서 FSI 해석을 통해 미세날개가 진동하는 경우에 표면 열전달에 미치는 영향을 알아보고 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 미세날개가 고유 진동수로 진동하는 것으로 보아 공진 현상이 발생한 것으로 사료 된다.
(2) 미세날개의 진동에 의해 날개의 후류부분에서 표면 열속도가 40% 증가 한다.

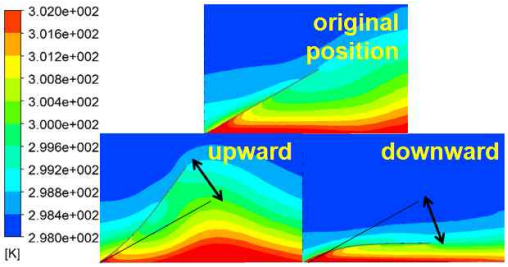

Fig. 4 Temperature field during vibrating the small structure

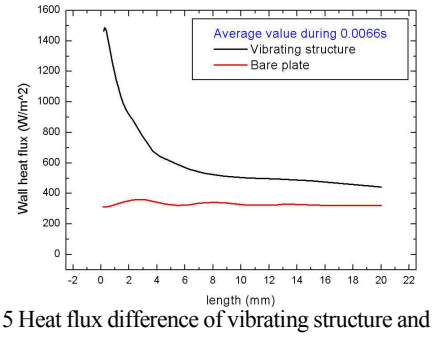

Fig. 5 Heat flux difference of vibrating structure and bare plate

5. 향후 과제

바람의 주파수를 바꾸어 해석결과를 얻어 미세날개가 공진 현상으로 인한 진동이 발생하는지 확인 하고, 미세날개가 진동하는 진폭의 크기와 박판에서의 여러 가지 배열을 통해 열전달의 촉진에 어떠한 영향을 미치는지 추가적인 FSI 해석이 필요 하다.

6. 후기

본 연구는 2010년도 한국연구재단 지원 특정기초연구사업(과제번호 2010-0000588 및 과제번호 2010-0016093) 지원에 의해서 수행되었습니다.

참고문헌

1. Jeung Sang Go, "Design of a microfin array heat sink using flow-induced vibration to enhance the heat transfer in the laminar flow regime," Sensors and Actuators A, 105, 201-210, 2003.
2. Ansys CFX 12.0 User's Manual, ANSYS, Inc.
3. 이상복, “Minitab을 이용한 다구찌 기법 활용,”이레테크, pp. 40-41, 2009