

Simulation을 통한 미세 PUMP 내에서의 유체흐름 연구

김용천* · 김미진* · 김진명* · 김진현* · 류근걸*

A Simulation Study on Fluid Flowing in Micro Pump

Yongcheon Kim*, Mijin Kim*, Jinmyoung Kim*, Jinhyoun Kim* and Kunkul Ryoo*

요 약 21세기에 가장 시급하게 확보되어야 하는 기술은 BT(Biotechnology)와 NT(Nano technology)를 접목시키는 기술이다. 특히, 이들을 종합한 MEMS에 관한 연구는 가장 광범위한 분야에서 활발하게 이루어지고 있어 그 기술적 가치가 점차 중요시되고 있다. 본 연구는 Simulation을 통하여 Bio-MEMS기술에서 사용되는 미세Pump 내에서의 유체흐름을 Fluent 프로그램 사용하여 알아보고자 하였다. 즉, 미세Pump 내로 유체가 흐를 경우, 유체의 압력변화나 온도변화 및 Model에 따른 유동의 흐름을 관찰하여 미세Pump 내에서의 최적의 외부조건과 최적의 Pump Model을 알아보고자 실험하였다. 유동의 흐름을 조사해 본 결과 Chamber의 유무에 따라 압력과 온도의 변화를 관찰할 수 있었다. Chamber가 있는 경우 압력의 변화가 적었고 온도의 변화 또한 적었다. 따라서 Chamber가 있는 Pump가 유체의 흐름에 영향을 적게 줄 수 있었으며 이는 Chamber가 있는 Pump를 설계하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

Abstract The technology of joining BT (Biotechnology) with NT (Nanotechnology) must be rapidly arranged in 21c. Specially, the technical value is important more and more since the research about MEMS, which synthesizes BT and NT, is variously proceeding on the wide fields. This study by simulation shows the Fluid-Flow within micro Pump used in Bio-MEMS technology through Fluent Program. Namely, this experiment shows the most suitable external conditions and Pump Model within micro Pump by observing the flow of fluids as to the conditions of pressure, temperature and Model when the Fluid flows within micro Pump. We saw the variousness of pressure and temperature as to the existence of Chamber through examining by reference of Fluid-Flow. In the case of the existence of Chamber, the variousness of pressure and temperature is less than in the case of the non-existence of Chamber. By this simulation, we know that the Pump, which has a Chamber, affects the Fluid-Flow less than that. So we can say that it is necessary for us to design the Pump which has a Chamber.

Key Word : Nano-technology, MEMS, simulation, micro Pump, CFD, Fluent, Gambit

1. 서 론

반도체 공정을 통한 미세 전자기계 제작기술을 바이오 분야에 적용한 Bio-MEMS(Bio Micro Electro Mechanical System)는 새로운 BT관련 기술과 산업의 활용 및 응용을 가능케 하는 도구(tool)로서 그 중요성이 높아져 가고 있다. Bio-MEMS는 기존의 시스템과는 다른 새로운 지식과 접근을 필요로 하며, 다양한 분야의 전문가들의 유기적인 합동 연구를 요구하고 있다. 그러면서도 기존 MEMS의 특징에 따라, 높은 수준의 가공 및 설계 기술과 가공을 위한 초기 투자, 유기적이면서도 고도화된 지식이 필요로 한다. 이러한 어려움에도 불구하고 Bio-MEMS 분야에 대한 깊은 투자와 연

구가 이루어지고 있는 것은 전적으로, 미세 시스템이 갖는 이점이 크기 때문이다. 예를 들면, 첫째, 작은 크기로 인하여 작은 공간을 차지하며, 현장에서의 즉각적인 활용이 가능하다는 장점이 있다. 예를 들어, 한 전염병이 한 지역에 퍼졌을 때, 현장에서 검체를 즉시 분석할 수 있는 경우와 특정 연구소로 검체를 옮긴 후 결과를 기다리는 경우의 차이를 생각해보면 그 이점이 얼마나 중요한지 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 둘째 적은 양의 시료에서도 분석이 가능하므로 비용이 절감되며, 시료 채취의 한계가 있을 경우에도 활용이 가능하다. 또한 시료 채취에 드는 비용이나 고통이 감소하는 효과가 있다. 셋째, 동력과 유지 관리비용이 감소한다. 넷째, 전후처리를 소자에 통합할 수 있으므로, 작동 스텝이 감소하여 신뢰성이 높고, 소자의 내부에 기준을 포함하여 제작할 경우 정확성을 향상시킬 수 있다. 또한 반응

*순천향대학교

시키거나 가열하거나 혼합하는 시료의 양이 작으므로 전체적인 반응 시간이 짧아 소요되는 시간이 짧은 장점이 있다. 이러한 여러 가지 장점을 바탕으로 Bio-MEMS 기술은 게놈 프로젝트(Genome Project)를 통해 확보된 인간 유전자에 대한 막대한 정보의 효율적인 활용과 새로운 의료 BT산업 환경을 위한 핵심 기술로 자리 매김하고 있다. 이러한 Bio-MEMS 기술 중 인체에 사용하는 미세 Pump의 재질을 Si으로 하였을 경우 펌프내의 유동의 흐름을 Computer Simulation을 통해 3차원적으로 알아보고, Pump 내에서의 대류현상을 발견하여 최적의 조건을 알아내고자 한다. 이러한 상황을 고려할 때 전산유체역학 시뮬레이션을 통해 Pump의 대류현상과 온도와 압력 등 여러 가지 외부 조건에 따른 결과를 연구하는 것은 중요한 의미를 가진다. 앞으로 본 연구에서는 CAD 프로그램인 Gambit 프로그램을 사용하여 사용하고자하는 Model을 modeling 한 후 Fluent를 이용하여 미세Pump 내에 흐르는 액체의 온도와 압력, 유속 등을 부여하여 그에 따른 미세Pump 내에서의 유체흐름의 변화를 관찰하여 최적의 조건을 찾아내고자 한다.

2. 실험

본 연구는 표 1의 사양으로 확정된 컴퓨터를 가지고 Gambit과 Fluent 프로그램을 사용하여 실험하였다.

먼저 Gambit Program을 이용하여 실험하고자 하는 구조(그림 1, 2, 3)를 Modeling한다(그림 4, 5, 6).

Modeling한 구조를 이용하여 Mesh기법을 이용하여

표 1. 컴퓨터 사양 및 사용된 Program

사용된 컴퓨터 사양	사용된 프로그램
Windows 2000	Gambit V4.0
CPU Pentium III 1Ghz	Program
SCSI+IDE HDD 50G	Fluent V5.3
RAM 768, VGA 32MB	Program

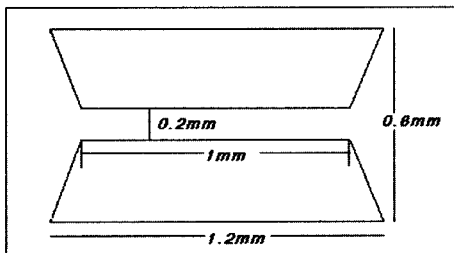


그림 1. Model 1의 Structure.

Mesh작업을 한다(그림 7, 8, 9).

Mesh작업을 할 때에는 격자간의 크기나 분포 및 숫자 등을 고려하여 작업을 한다. 완성된 Model에 Zone을 지정한 후 완성된 파일을 .msh File로 저장한다. Gambit Program에서의 Modeling과 Group설정 작업이 끝나면 실제 계산을 위하여 3D Fluent Program으로 Modeling한 .msh File을 불러들인다. 먼저 실험에서 사용될 Scale을 맞추어 주고 Define을 통하여 Boundary Condition 설정을 한 후, 3D 작업을 하기 위하여 필요한 환경 즉, 실험 Model에 사용될 재료(고상 Silicon, 액상 Water) 등을 설정하고, 실험에 사용될 작업환경을 설정(온도, 압력, 유속 등)한다.

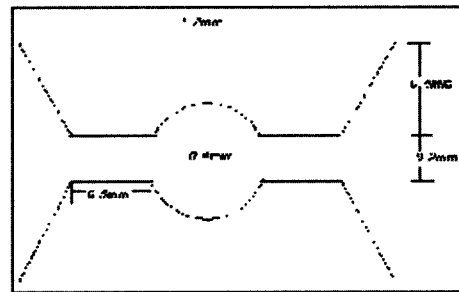


그림 2. Model 2의 Structure.

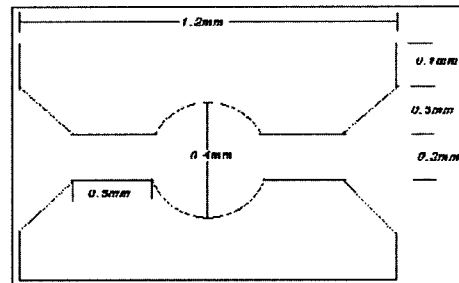


그림 3. Model 3의 Structure.



그림 4. Gambit Program을 이용한 Modeling.



그림 5. Gambit Program을 이용한 Modeling.

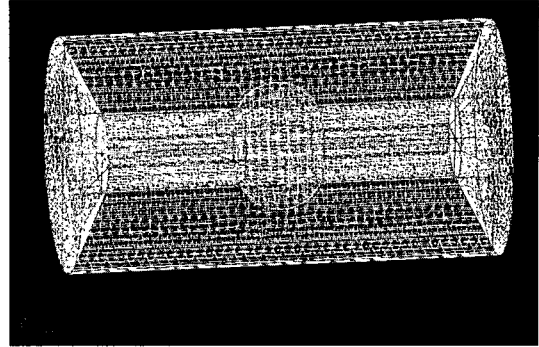


그림 8. Model 2의 Mesh.

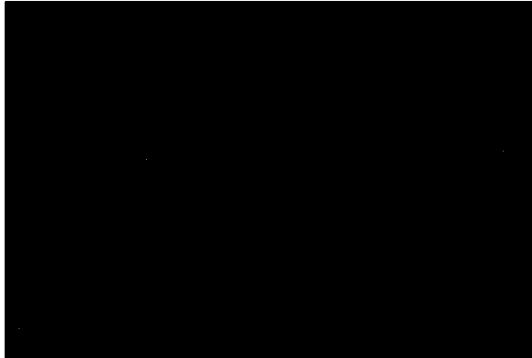


그림 6. Gambit Program을 이용한 Modeling.

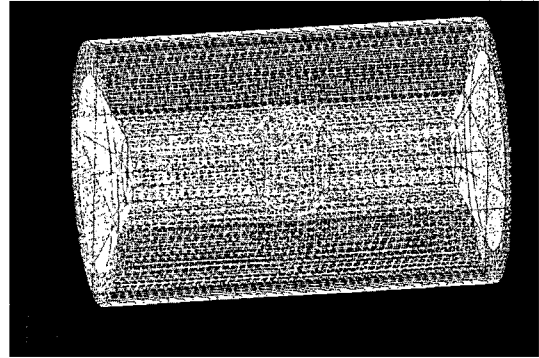


그림 9. Model 3의 Mesh.

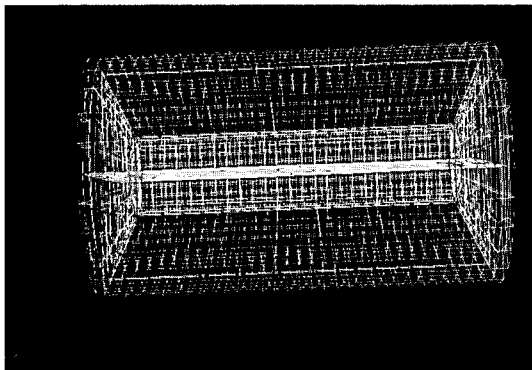


그림 7. Model 1의 Mesh.

를 찾아낸다. 이를 분석함으로써 작업환경이 Model에 미치는 정도를 분석하여 보다 좋은 작업환경을 구축할 수 있다. 실험에 사용된 작업환경은 인체 내에서 작동한다는 가정 하에 실험하였기 때문에 온도는 인체 평균 온도 36.5°C를 기준으로 오차범위를 +, - 2.5°C로 하여 설정하였고 설정압력 또한 인체 평균 압력 85 mmHg ⇒ 11332.4 Pa에서 130 mmHg ⇒ 17331.9 Pa로 설정하여 실험하였고 혈속도는 임의의 속도 0.3 m/s로 고정하여 실험하였다. 혈액의 물리적, 성질은 점도를 제외한 나머지 값들은 H₂O의 값들로 설정하였다.

3. 결 과

설정 후 Define을 토대로 한 여러 가지 변수와 환경에 따른 계산 Solver를 해준다. 마지막으로 정확성을 위하여 설정한 횟수만큼의 반복 수행인 Iteration을 통해 데이터를 얻는다.

Iteration 작업에 의해 얻어진 데이터를 Display를 통하여 시뮬레이션 계산과정이 화면으로 출력된다. 이 3차원적 화면을 통하여 유체의 흐름을 관찰한다. 압력과 온도의 변화에 따른 차이를 분석하여 최적의 실험 상태

11332.4Pa에서의 model별 설정 온도(36°C, 36.5°C, 39°C)값 변화에 따른 펌프 내에서의 온도변화를 비교·관찰하였다. 그림 10에서와 같이 Model 1에서는 온도 변화 차는 매우 미세하게 나타났고 34°C와 36.5°C에서는 거의 변화가 없었고 39°C에서 비교적 많은 온도변화를 보였다. Inlet과 Outlet의 온도가 높게 나타났으며 Pump내부에서도 높은 온도를 보였다. Model 2에서는 34°C에서 비교적 많은 온도변화를 관찰할 수 있었다.

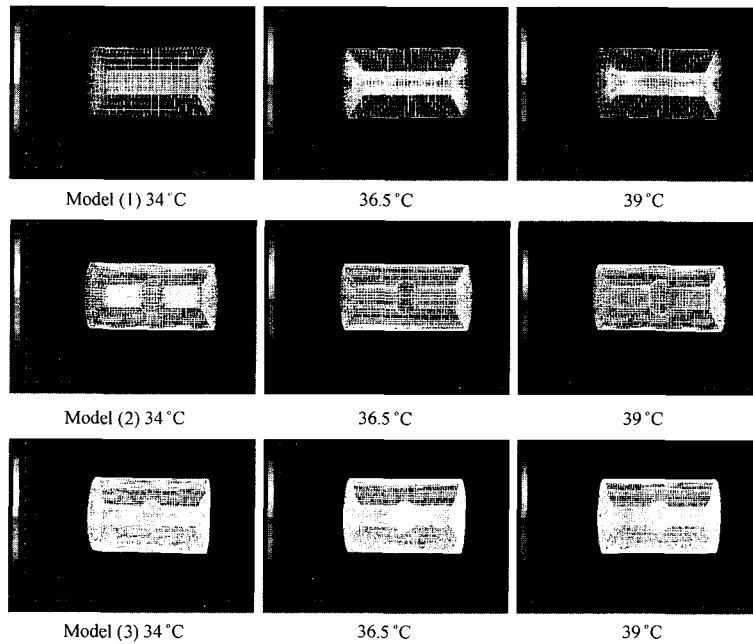


그림 10. 11332.4Pa에서의 Model별 온도변화.

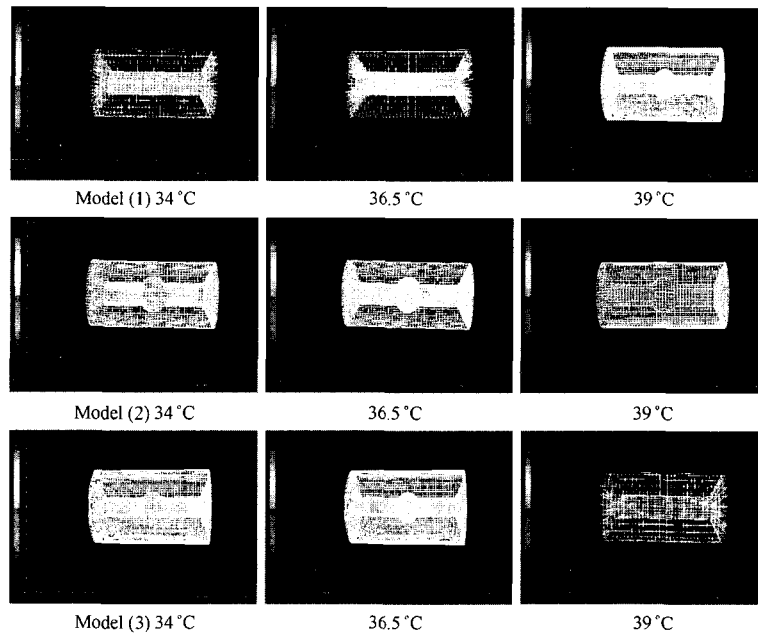


그림 11. 17331.9Pa에서의 Model별 온도변화.

Inlet과 Outlet, Chamber내 에서 상대적으로 낮은 온도 변화를 관찰할 수 있었다. Model 3에서도 Model 2와 유사하게 34°C에서 Inlet과 Outlet, Chamber에서 낮은 온도분포를 보였다.

압력 17331.9Pa에서의 각 Model별 설정 온도값 변

화에 따른 온도변화를 비교·관찰하였다(그림 11). Model 1에서는 압력 11332.4Pa 에서의 온도변화에 비해 비교적 고른 온도분포를 나타냄을 알 수 있었다. 그러나 이러한 미세한 변화는 정상치 혈압의 최대·최소의 변화에 별 영향이 없는 것으로 보인다. Model 2와

Model 3에서는 11332.4Pa에서와 비슷한 온도분포를 관찰하였다. 이는 앞의 Model 1에서와 마찬가지로 압력의 변화가 온도에는 그리 많은 영향을 주지 못하는 것으로 보인다.

11332.4 Pa에서의 설정온도변화에 의한 실험온도변

화(34°C, 36.5°C, 39°C)에 따른 각 Model별 유동의 흐름을 비교·관찰하였다. 그림 12에서와 같이 Model 1에서는 모든 온도 분포에서 동일한 흐름을 볼 수 있었다. 병목지점의 흐름이 빨라짐을 볼 수 있다. Model 2와 Model 3에서는 펌프내부의 유속이 느려짐을 공통적으로

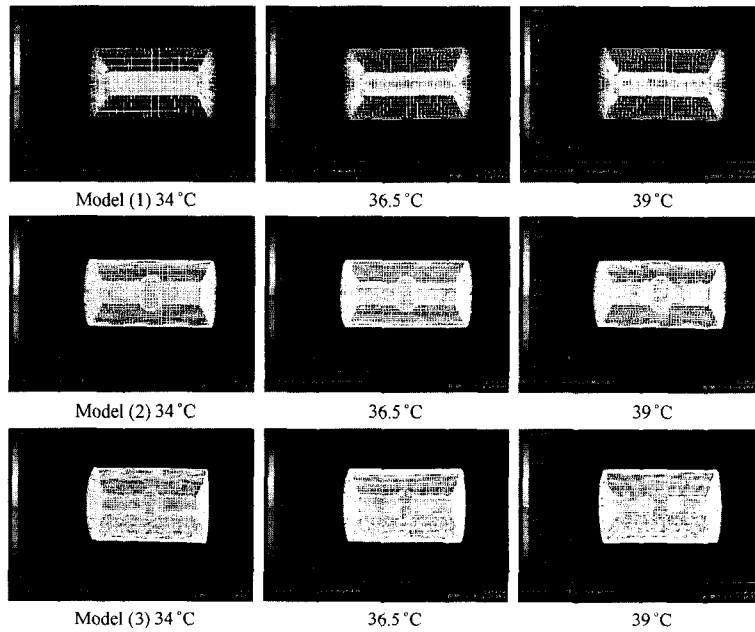


그림 12. 11332.4Pa에서의 Model별 Fluid변화.

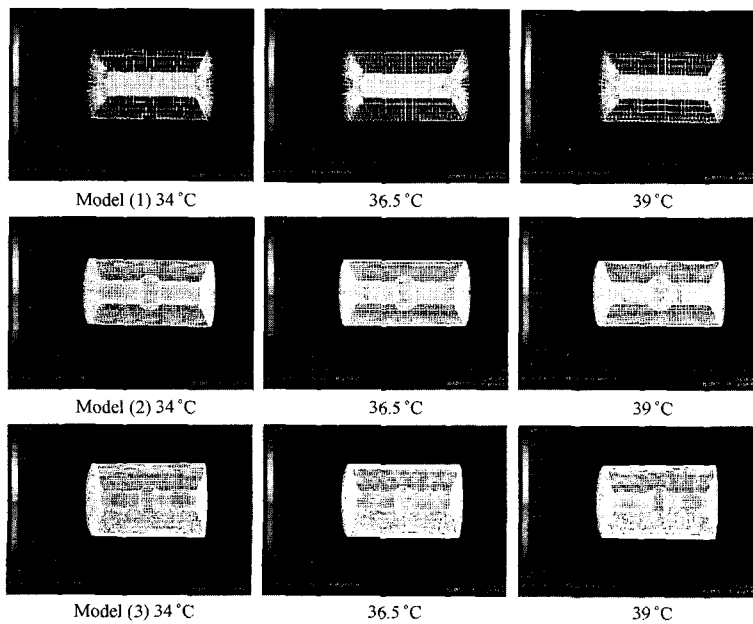


그림 13. 11331.9Pa에서의 Model별 Fluid변화.

관찰하였다. Pump내에서 Chamber가 없는 경우(Model 1)는 Fluid의 유속이 병목 구간인 Inlet 부분에서는 느려지고 Outlet 부분에서는 빨라짐을 알 수 있다. 그러나 Chamber가 있는 경우(Model 2, Model 3)는 Model 1과 같이 Inlet과 Outlet은 비슷한 현상이 관찰됐지만 Chamber내에서는 속도가 느려지는 것을 알 수 있다.

17331.9Pa에서의 온도변화에 이은 온도변화(36°C, 36.5°C, 39°C)에 따른 각 Model별 유동의 흐름을 비교·관찰하였다(그림 13).

Model 1, Model 2, Model 3 모두 11332.4Pa에서의 유동의 흐름과 동일한 분포를 보임을 알 수 있다. 이는 압력별 온도변화 비교·관찰에서와 마찬가지로 실험에서 설정한 압력(11332.4Pa, 17331.9Pa)차에 의해서 거의 변화가 없음을 압력변화에 따른 Fluid비교·관찰에서 알 수 있다.

온도를 34°C로 고정하였을 때 각 Model별 압력(11332.4Pa, 17331.9Pa)의 변화를 관찰하였다(그림 14). Model 1에서는 11332.4Pa과 17331.9Pa에서 동일한 분포를 나타냈다. Inlet쪽 병목지점에서의 압력이 상승하였고 Outlet쪽 압력은 낮아짐을 볼 수 있다. 이 분포는 온도 변화 관찰에서와 동일한 분포로 압력의 변화가 온도의 변화를 야기했다는 것을 알 수 있다. Model 2와 Model 3에서는 압력이 Model 1 보다는 작지만 Inlet쪽에서는 압력이 상승하고 Chamber에서 머문 후

Outlet에서는 그 변화가 적은 것으로 나타났다.

온도 36.5°C에서의 압력변화를 관찰하였다. Model 1, Model 2, Model 3에서 모두 온도 34°C에서의 결과

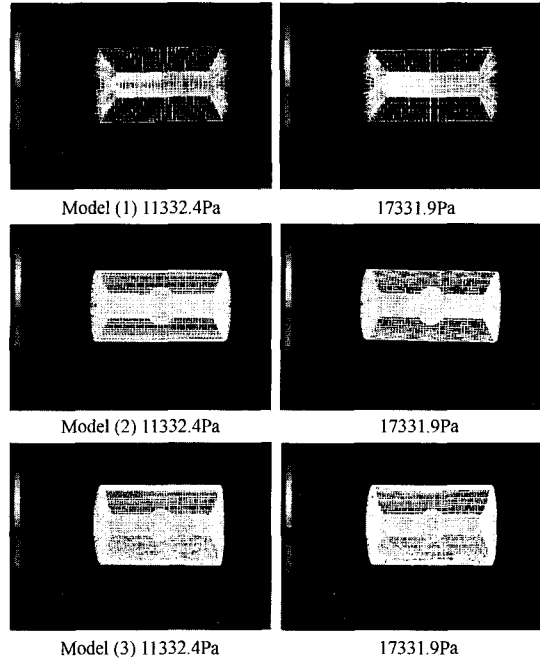


그림 15. 36.5°C일 때 Model별 압력변화.

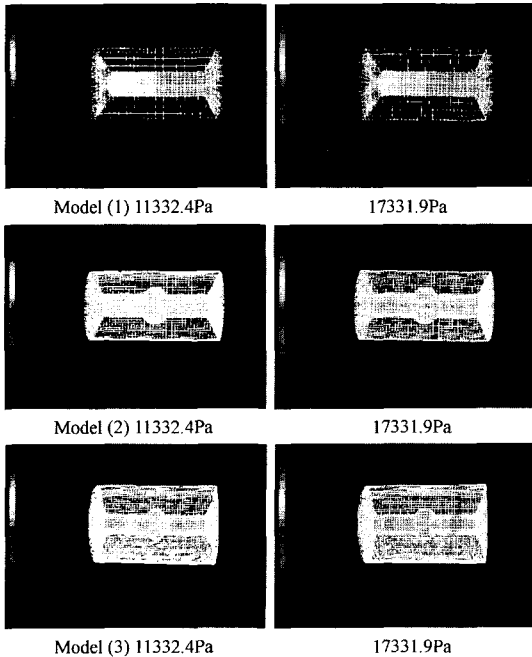


그림 14. 34°C일 때 Model별 압력변화.

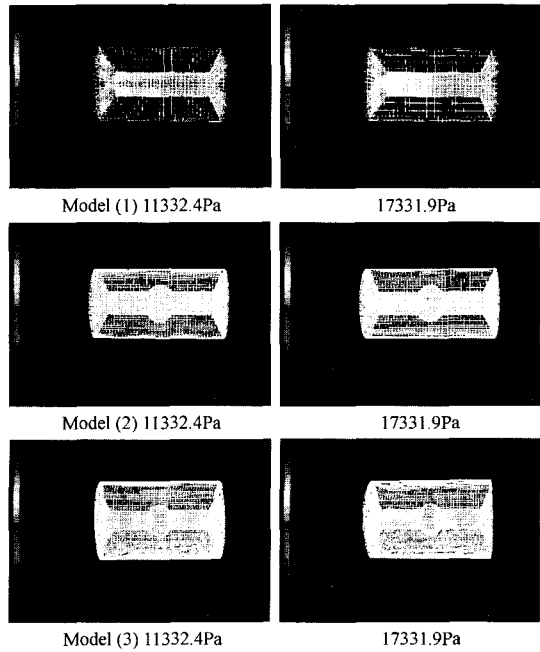


그림 16. 39°C일 때 Model별 압력변화.

Inlet과 Outlet에서의 좁아지고 다시 넓어짐에 따라서 압력의 변화가 나타나는 것을 각 온도별 압력변화 관찰에서도 알 수 있다. 그리고 온도변화에 따른 조건이 별 영향을 미치지 못했다는 것을 알 수 있다.

온도 39°C에서의 압력의 변화를 관찰하였다. Model 1), Model 2), Model 3)에서 모두 온도 34°C와 36.5°C에서의 결과와 동일한 변화를 보여 주었다(그림 16). 각각의 온도(34°C, 36.5°C, 39°C)에서의 관찰을 통하여 온도 변화에 따른 압력의 변화를 거의 관찰할 수 없었다.

4. 결 론

실험에서 Chamber의 유무와 Inlet의 위치변화에 따른 변화를 알아보았다. Chamber가 있는 Pump에서는 Chamber가 없는 Pump에 비해서 압력변화가 적게 나타났다. 이는 Inlet부분에서 투입되는 Water의 압력과 Outlet으로 나오는 Water의 압력이 Chamber가 있는 경우가 없는 경우와 비교할 때 차이가 적게 나타남을 알 수 있었다. 이는 Chamber가 없는 경우는 Inlet에서의 높은 압력변화가 Pump를 지나면서 다시 낮아지면서, Outlet부분에서는 Inlet부분과 비교할 때 현저하게 많은 차이를 볼 수 있었다. 그러나 Chamber가 있는 Pump의 경우는 Inlet에서의 높은 압력변화가 Chamber를 지나면서 다시 높아져 Outlet으로 나올 때의 압력이 Inlet에서의 압력과 비슷함이 보여졌다. 이는 온도의 경우도 마찬가지로 압력이 높은 곳에서는 온도 또한 높은 것으로 나타났으며 이는 미미한 변화이기는 하지만 육안으로 관찰할 수 있는 부분으로 압력이 높아지면서 마찰에 의해 온도가 올라감을 알 수 있다. 이를 보아 온도는 Model에 따른 변화를 압력의 변화와 비교할 때 영향을 적게 받음을 알 수 있다. 속도변화는 Inlet부분에서와 Chamber가 있는 경우에는 Chamber의 Out부분에서 역시 속도가 증가함을 확인 할 수 있다. 밀도변화는 액체의 고유밀도를 부여하였고 Pump의 모양이나 Chamber

의 유무에 상관없이 일정함을 알 수 있다. 본 실험결과 Chamber가 있는 Pump가 유체의 흐름에 영향이 적음을 알 수 있었으므로 Chamber가 있는 Pump가 Chamber가 없는 Pump에 비해 유용함을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] 최정현, "전산유체역학", 도서출판 대영사, 초판 제2쇄, 263-290 (1994).
- [2] Gambit Tutorial/User Guide, Fluent Co, 1998.
- [3] Fluent Tutorial/User Guide, Fluent Co, 1998.
- [4] Gambit 2.0 Training Notes, Fluent Co, 2002.
- [5] Fluent 6.0 Training Notes, Fluent Co, 2002.
- [6] 김진현, 우영철, 이영철 "순천향대학교 신소재화학공학부 학위논문" 2001.
- [7] 박제균, BioMEMS와 Nanobiotechnology의 응용, 2001.
- [8] 김현철, 하상도 "나노테크놀러지와 바이오칩", 한국보건산업진흥원.
- [9] 조종두, 조진래, 김현수 "공학도를 위한 유한요소법", 사이텍미디어, 2000.
- [10] 이승준, "역사로 배우는 유체역학", 인터뷰전, 1996.
- [11] 한국기술교육대학교 "열 · 유체 시뮬레이션과정".
- [12] 김민환, 김종인, 박진석, 김용완, 김지호, "SMART 냉각제 순환펌프 임펠러의 설계검증을 위한 3차원 유동 해석", 제4회 한국 Fluent User's Group Meeting Proceedings, 1999.
- [13] 김영수, 김종순, 정효천, "로타리 압축기용 머플러 해석에 관한 CFD 적용에 관한 연구", 제4회 한국 Fluent User's Group Meeting Proceedings, 1999.
- [14] 송우영, "열유체 수치해석에 의한 환경/에너지 시스템 고도계산 연구 : 액상 폐기물 소각로, 수체 열 유동 및 폭기조 성능 파악", 충남대학교 환경 공학과, 1995.
- [15] P. Bradshaw and T. Ceveci, "Momentum Transfer in Boundary Layer", Hemisphere, 1977.