

비데노즐 시스템에 적용한 전산유체 유동해석에 관한 연구

백두성*, 이종선

*대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과
e-mail:dsbaik@daejin.ac.kr

Study on CFD Solution in Bidet Nozzle System

Doo-Sung Baik*, Jong-Sun Lee

요 약

본 논문에서는 비데용 물 분사 노즐의 내부유동을 가시화하기 위해서 여러 가지 설계변수에 관한 연구가 수행되었다. 특히 물 분사에 만 의존했던 과거의 세정시스템과는 달리 물과 공기를 혼합해서 물도 절약하고 세정의 효과도 높이고자 하는 기술을 개발하고자 했다. 상용코드인 CFD-ACE+를 이용하여 내부유동 특성을 관찰했고 여러 가지 인체 공학적인 설계가 되도록 다양한 각도에서 검토되었다.

1. 서론

20세기의 주거환경변화 및 인간의 끊임없는 편리성의 추구로 인하여 지속적인 생활의 변화가 이루어지고 있다. 이에 따라 화장실의 청결성과 생식기의 청결유지는 예나 지금이나 끊임없이 강조되고 있으며, 특히 화장실의 변기는 청결함과 편리함을 끊임없이 추구하여 혁신적으로 변화하고 있으며, 최근에는 세정이 가능한 변기가 등장하여 세정도 자동으로 끝이 나는 일체형 변기가 등장하고 있다.

그 중 비데는 치질, 변비가 걸린 사람이나 임산부 등에게 배변 후 청결함과 안락함을 주는 기계로서 비데용 노즐은 물통에 저장된 세정수를 사용자의 선택에 의해 세정노즐 및 비데노즐로 공급하여 항문세정 및 비데세정을 실시하는데 있어서 중요한 부품이라 하겠다. 따라서 본 연구에서는 액체의 미립화와 분무에 영향을 미치는 중요한 인자들로서 노즐형태 및 분사 액체의 물성치와 주위 기체의 조건 등을 고려하여 최소 유량으로 세정력이 우수한 분사 노즐과 제품의 특성화에 필요한 독특한 형태의 분사수류를 개발하는데 있어 수치해석적인 접근을 통해 시제품

및 완성 제품 개발에 기여하고자 한다.

현재 국내에서 시판중인 비데에 장착된 노즐은 일본이나 유럽에서 오래전에 상용화되어 그 효율성이 현재 떨어지며, 급격한 사용자의 증가로 인해 보다 인체공학적인 면을 고려한 제품이 요구되고 있는 현실이다.

따라서 본 연구에서는 선진국의 기술개발수준에 맞추어 비데의 핵심부품인 노즐에 대한 독자적인 기술 확보와 수출경쟁력 강화를 위해 수치해석적인 방법으로 노즐 설계 기술 개발에 기여하고자한다

2. 수치해석

노즐 내부 유동을 해석하고자 CFD-ACE+ 를 이용했으며 난류 효과를 고려하기 위해서 k-ε 난류 모델을 적용하였다. 유동해석을 위해서 2 종류의 모델을 대상으로 기하학적인 형상의 변화에 대응하는 압력과 속도의 변화에 대해서 집중적인 연구대상이 되었다.

Table 1은 모델에 해석에 필요한 외부 입력조건을 나타냈다.

Table 1 Inlet conditions (model 1 & 2)

항목	입력조건
물 유입속도 (m/s)	0.5
공기 유입속도 (m/s)	27
물 압력 (bar)	0.8
공기 압력 (KPa)	50
유입온도 (K)	300

2. 결과 및 고찰

실제적인 분사노즐에 대한 유동해석과 분사특성을 파악하기 위해 공기 펌프의 압력, 속도, 유량 및 수온 등의 데이터와 노즐 형상에 관련된 수치를 변경시켜 결과를 도출하였다.

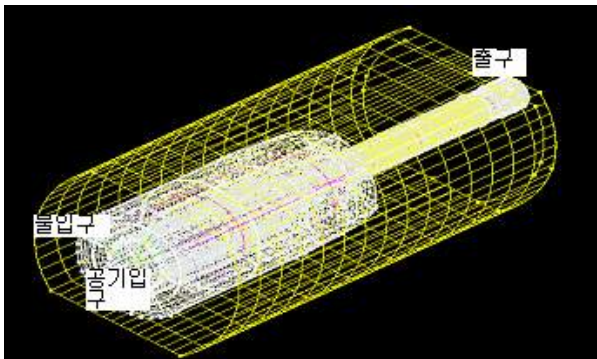
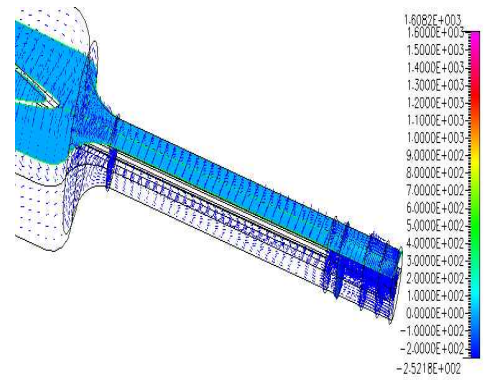


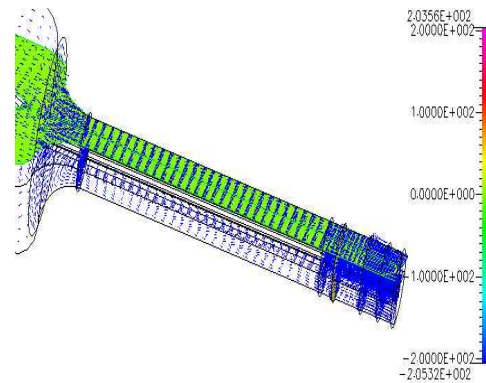
Fig. 1 Computational grid for model 1

Fig. 1은 모델 1의 계산 격자를 보여주고 있다. 치수는 맨 좌측의 가장 큰 내경이 7mm이고 그 속에 공기가 통과하는 부분의 내경은 3mm이고 분사노즐 팁은 3mm로 하였으며 공기와 물이 혼합된 후에 y-방향 즉 위로 분사된다. 모델격자의 총 개수는 52488개로 셀마다 해석이 수행되었다.

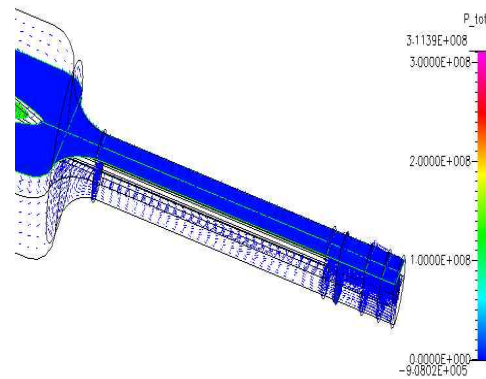
Fig. 2는 위 조건에 따른 해석 결과로서는 x-방향의 공기와 물의 속도로서 각각 1.6m/s와 8.3m/s이었으며, y-방향의 공기와 물의 속도로서 각각 5.5m/s와 2.0m/s로 나타났다.



(a) Velocity contour (x-direction)



(b) Velocity contour (y-direction)



(c) Pressure contour

Fig. 2 Velocity and pressure contour for model 1

Fig. 3은 중간의 라운딩 처리한 호의 끝 부분부터의 끝단의 3mm까지 공기가 분사되는 노즐의 길이를 제거하여 라운딩 처리한 호의 끝부분에서 공기가 분사되는 모델링을 하였을 때의 기하학적인 모습이다.

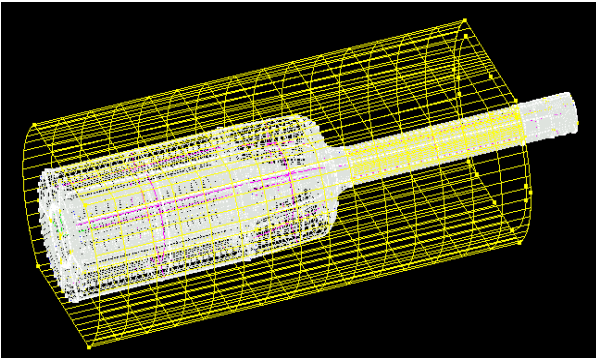
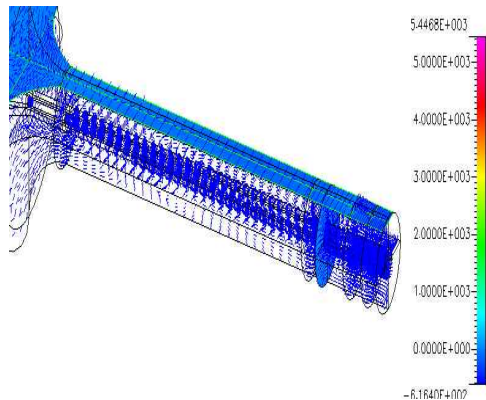
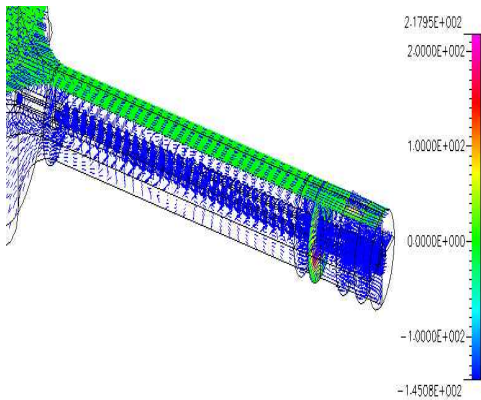


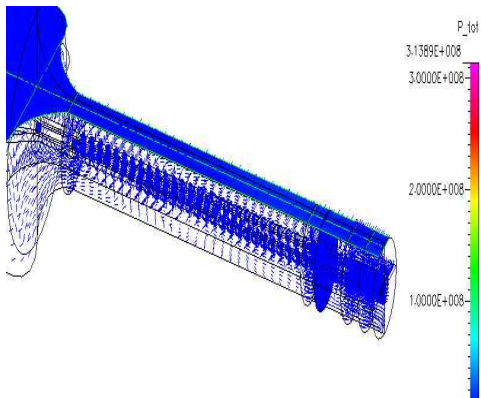
Fig. 3 Computational grid for model 2



(a) Velocity contour (x-direction)



(b) Velocity contour (y-direction)



(c) Pressure contour

Fig. 4 Velocity and pressure contour for model 2

Fig. 4는 계산결과로서 x-방향의 공기의 속도는 5.4m/s, 물의 속도는 1.6m/s로 혼합부의 길이를 증가한 결과 공기의 속도는 모델 1과 비교하면 공기 속도와 물의 속도에 있어서 감소를 가져오지만 혼합 상태는 더욱 향상되었으며, y-방향의 공기의 속도는 8.4m/s, 물의 속도는 2.1m/s로 공기의 속도는 증가를 가져왔지만 물의 속도는 약간의 감소가 있었다. 또한 전체 압력은 모델 1과 비교하면 상승하였다.

결론적으로 x-방향과 y-방향의 공기의 속도에 있어서는 감소하는 결과를 가져왔으나, 물의 분사속도가 향상되어 세정력의 증가를 가져올 것으로 판단된다.

3. 결론

본 비데 노즐에 대한 다각적인 각도 즉, 물과 공기의 혼합부 디자인, 노즐 팁 등에서 검토되었다. 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다,

- 1) 간단한 기하학적인 형상을 이용한 시뮬레이션을 통해 공기와 물의 혼합에 의한 유동 현상은 노즐 팁에서의 토출유량 및 분사각도에 지대한 영향을 미친다.
- 2) 노즐 팁에서의 토출 압력의 변화에 따라 (즉, 노즐 팁의 직경 및 구멍수) 배압에 따라 노즐 실린더의 민감도가 결정된다.

참고문헌

- [1] M. Pilch and C. A. Erdman, "Use of Breakup Time Date and Velocity History Date to Predict the Maximum Size of Suble Fragments to Acceleration-Induced Breakup of a Liquid Drop," *Int. J. Multiphase Flow*, Vol.13, 1987, pp. 741-757.
- [2] J. P. Delplanque and W. A. Siringano, "Boundary-Layer Stripping Effects on Droplet Transcritical Convective Vaporization," *Automization and Spray*, Vol.4, 1994, pp.325-349.
- [3] 최윤철, 정지원, "'액체의 물성치와 노즐의 형상 qs하에 따른 압력스윙 노즐의 분무 특성," *대한기계학회 논문집 B권*, Vol.25, pp 1813-1820.