

선박도장용 공압식 고압펌프 개발에 관한 연구 Development of Air-type High Pressure Spray Pump for Ship Painting

*김순경¹, 김동건², 김재룡³, 박근조³

*S. K. Kim(kskim@dit.ac.kr)¹, D. K. Kim², J. R. Kim³, K. J. Park³

¹동의과학대학 자동차과, ²부산대학교 바이오산업기계공학과, ³대신테크

Key words : High Pressure Spray Pump, Flow Analysis, CFX, Transient Technique, Freezing time

1. 서론

현재 선박도장에서 사용되는 도료는 큰 점성을 가지고 있기 때문에 도료만을 통해 도장 공정을 수행하는 데 있어 어려움이 많다. 이러한 고점성의 단점을 해결하기 위해서 도료에 용제를 섞어서 사용하게 되는데, 사용하는 용제는 대부분 휘발성 유기 화합 물질(Volatile Organic Compounds : VOC)이기 때문에 작업환경을 열악하게 만들고, 유해물질 배출규제에 적용되는 실정이다⁽¹⁾. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 기존의 분사방식인 에어스프레이 방식에서 에어리스 방식으로 대체되고 있으나, 고점성 도료에 대한 문제를 해결하기 위해서는 고압으로 분사할 수 있는 분사펌프의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 기존의 300bar이하에서 사용하는 도장 펌프를 고점도의 도료에도 사용할 수 있도록 압력을 500bar이상에서 작동이 가능한 공압식 도장 펌프를 설계하여 해석적으로 검증하고자 한다. 아울러 구조적으로 압축과 팽창이 교차할 시점에 급속 흡입과 배출로 인해 결빙 현상이 발생하여 관로가 폐쇄되는 문제점에 대해서도 연구하고자 한다.

공압식 도장 펌프는 크게 상부 하우징(Upper Housing), 하부 하우징(Lower Housing), 피스톤(Piston), 방향전환밸브(Directional control valve) 등으로 구성되어 있다. Fig. 1은 공압식 도장 펌프의 구조를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 SST(Shear Stress Transport)의 난류모델을 사용하여 공압식 도장 펌프의 내부 유동 해석을 수행하였고, 상용해석 프로그램인 CFX 14.0⁽²⁾을 사용하였다. CFX는 Navier-Stokes 방정식을 일정시간에 따라 평균함으로써 얻어지는 URANS (Unsteady Reynolds Averaged Navier-Stokes)방정식에 대한 해를 구한다. 연속방정식, 운동량방정식, 에너지 방정식은 다음과 같다. 연속방정식

$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \tag{1}$$

운동량방정식

$$\rho \frac{d\vec{u}}{dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{u} + \vec{g}(\rho_0 - \rho) \tag{2}$$

에너지방정식

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = k \nabla^2 T \tag{3}$$

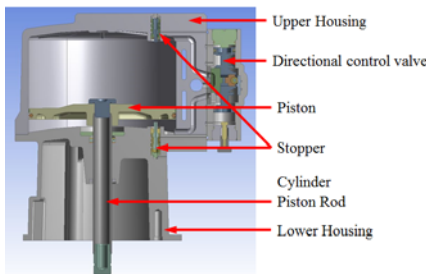


Fig. 1 Structure of air-type spray pump

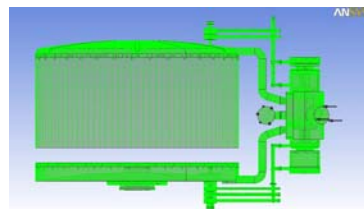


Fig. 2 Grid generation

해석에 사용된 격자는 비정렬 격자(Tetra)와 정렬 격자(Hexa)를 혼합하여 생성하였고, 생성된 격자의 노드 수는 각각 1,204,200이다. 경계조건은

2. 공압식 도장 펌프의 유동해석

펌프에서 공급되는 압력을 6bar, 출구는 대기압 상태로 배출되기 때문에 대기압 조건을 설정하였다. 그리고 피스톤의 행정거리는 120mm이고, 이때 시간은 1sec로 설정하여 해석하였다. Fig. 2는 격자 생성과 경계조건을 나타내었다.

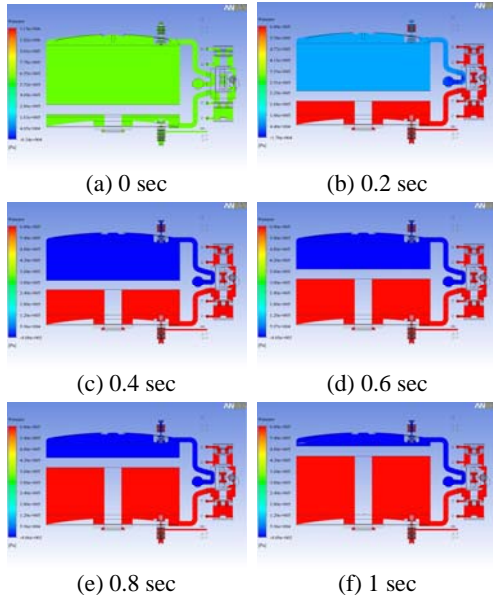


Fig. 3 Distributions of pressure with variation of stroke time

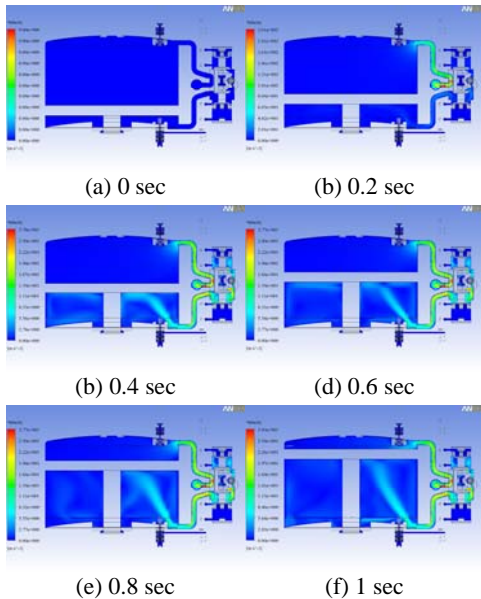


Fig. 4 Distributions of Velocity with variation of stroke time

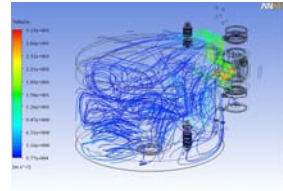


Fig. 4 Distribution of 3D-streamline

3. 해석결과

Fig. 3과 Fig. 4는 공압펌프에서 피스톤이 상부로 움직이는 과정을 묘사한 것으로, Fig. 3은 압력분포를 나타낸 것이고, Fig. 4는 속도 분포를 나타낸 것이다. 실제 펌프 작동시 입구쪽에는 6bar의 압력이 공급되고, 출구는 대기압상태로 빠져 나간다. 속도분포를 보면 피스톤이 상부로 움직임에 따라 하부에는 팽창행정으로 인해 유동이 공급되고 있으며, 상부는 압축행정에 의해 바깥쪽으로 토출되어 나가는 현상을 보인다. Fig. 5는 펌프 내부의 유선분포를 나타낸 것으로, 내부의 최대속도는 31.5m/s로 토출되어 나가는 것을 확인하였다. 또한 펌프의 내부의 온도 분포를 보면 배출되는 과정에서 펌프의 내부와 토출부분에서 영하로 떨어지는 것을 확인하였고, 이는 펌프 내부에 결빙현상이 생기는 것으로 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 선박도장용 고압펌프의 내부 유동을 해석하여 펌프내부의 압력, 속도, 온도 분포를 파악하였다. 펌프 개발과정에서 문제시 될 수 있는 압력 및 온도 변화를 예측, 검증하여 펌프 설계시 적용하면 보다 효율적으로 설계가 될 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 2012년도 지역산업기술개발사업의 연구비 지원에 의해 연구된 것입니다.

참고문헌

1. Jo-Chun Kim, "Trend and Control Technologies of Volatile Organic Compound," Korea Society for Atmospheric Environment, J. KOSAE, Vol. 22, No. 6, pp. 743-757, 2006.
2. Ansys CFX Ver. 14 "User Manual"