

제로터 펌프의 포트형상에 따른 유동해석 Port Configurations on CFD Analysis in Gerotor Pump

*문현기¹, 장석주², #김철³, 조해용⁴

* H. K. Moon¹, S. J. Jang², #C. Kim(chulki@pusan.ac.kr)³, H. Y. Cho⁴

¹ 부산대학교 창의공학시스템협동과정, ² 부산대학교 정밀가공시스템학과 대학원, #부산대학교 기계기술연구원, ⁴ 충북대학교 기계공학부

Key words : Gerotor, CFD, Port Configuration, Flow rate irregularity, Flow Analysis

1. 서론

제로터(Gerotor) 펌프는 용적식 펌프로 하우징과 내부 로터, 외부 로터로 구성되어 있어 구조가 간단하고, 다른 펌프에 비해 1 회전당 토출 유량이 많기 때문에 소형화에 유리하다. 장시간 사용에도 효율 변화가 적어 자동차의 오일 펌프와 연료 펌프로 널리 사용되고 있다.

제로터 펌프의 유동은 기하학적 형상의 복잡성으로 인해 수치해석적으로 접근하기가 매우 까다로웠다. 최근 이러한 문제들을 해결하는 CFD 기법들이 많이 연구되고 있으며 제로터의 유동해석에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 제로터 펌프의 3 차원 유동해석을 수행하고 출구포트 형상의 변화에 따른 성능변화를 고찰하였다.



Fig. 1 Photograph of gerotor and cover plate

2. CFD 를 이용한 내부 유동해석

2.1 해석 모델 및 격자 생성

본 연구에서는 Fig. 1 에 나타난 제로터를 대상으로 모델링하였으며, 내외부 치의 개수는 9, 10 개이다. 입출구의 포트 형상은 Fig. 2 에서 보는 바와 같이 내외부 로터 사이에서 생성되는 Max./Min. chamber volume 과 내외부 로터의 치선경을 고려하여 적용하였고, 시계방향으로 회전하며 펌핑을 하게 된다. Fig. 2 에 나타난 2 차원 단면 형상을 토대로 내부 유동공간을 3 차원 모델링하여 격자를 생성하였다. 전체 셀 수는 약 18 만개이며 Fig. 3 에서 보는 바와 같이 육면체 격자로 생성하였다. 펌핑 챔버의 격자는 시계방향으로 회전하며, 회전과 동시에 격자는 deforming 된다.

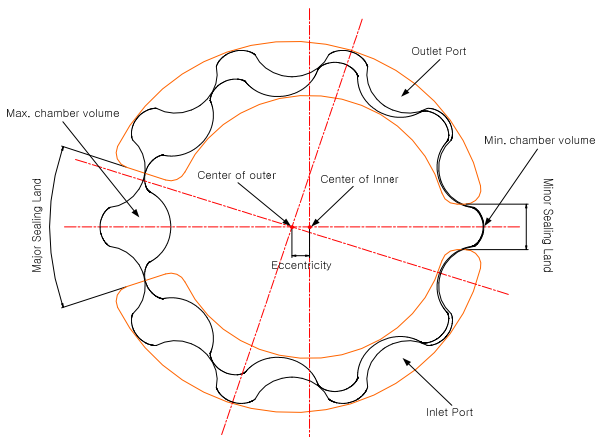


Fig. 2. Configuration of the gerotor and inlet/outlet port

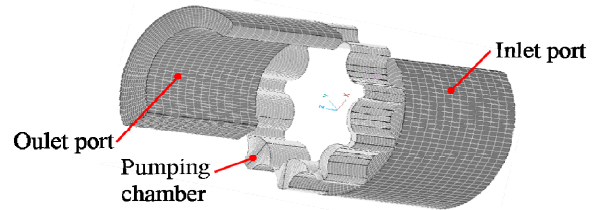


Fig. 3. Computational mesh of gerotor

2.2 경계 조건

입출구 포트 끝단의 경계는 고정된 압력경계조건이 선택될 수 있는 출구 경계 조건을 부여하였다. 제로터 회전시 제로터의 펌핑 챔버의 면과 하우징 포켓상의 셀 면이 불규칙하게 접하게 되는 공유면은 임의의 공유 경계조건이 사용되었다. 로터 회전은 1.6 도씩 225 시간 스텝으로 1 회전이 이루어지도록 하였고, 입구와 토출 포트 끝단의 압력차가 4bar 일 때 회전속도가 4000rpm 인 경우에 대하여 계산을 수행하였다. 이때 1 회전이 이루어지는 시간은 0.015 초이며, 상용 유동해석 코드인 CFD-ACE+를 이용하였다.

2.3 유량맥동 감소를 위한 포트 설계

포트 기본 설계규칙을 적용하여 CFD 수행하여 그 결과를 Fig. 4 에 나타내었다. 최소와 최대 유량의 폭이 크게 나타나는 것을 관찰할 수 있고, 유량 맥동이 다소 크게 발생하였다. 이는 Max chamber 의 저압영역이 내부로터가 14.4° 회전하여 출구 포트의 고압영역으로 들어가 저압과 고압영역이 혼합되고, 두 영역의 압력 차이로 역류 현상이 발생하여 유량 맥동이 심하게 나타나는 것으로 예측되었다. Fig. 5 를 통해 유량이 최소가 되는 지점에서의 전산 해석의 결과를 관찰 하였다. 이 결과에서 예측된 바와 같이 출구 포트 부근에서 역류 현상으로 인한 유량 맥동이 생기는 것을 관찰되었다. 이 결과를 통해 역류현상이 유량과 유량맥동에 큰 영향을 미칠 것임을 알 수 있고, 이에 따라 Fig. 6 과 같이 역류가 일어나는 부분의 Major Sealing angle 을 1.6° 에서 17.6° 까지 3.2° 씩 변화시키면서 유량, 유량 맥동을 해석하였다.

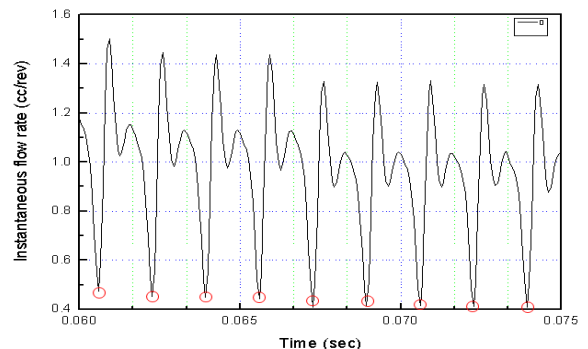


Fig. 4 Instantaneous flow rate

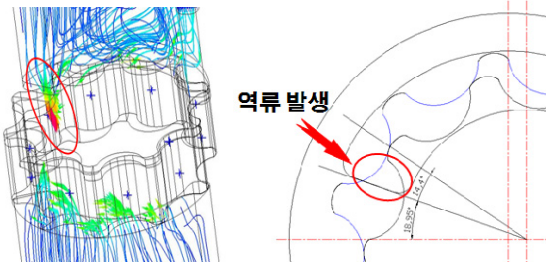


Fig. 5 Back-ward flow at CFD analysis

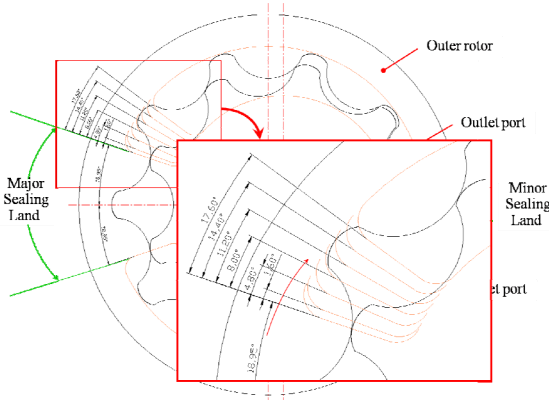


Fig. 6 Modification of major sealing angle

3. 해석 결과 및 고찰

Fig. 7 은 출구 포트의 major sealing angle 을 1.6° 에서 17.6° 까지 변화시키면서 로터가 1 회전 하였을 때의 순간 유량을 각 major sealing angle 별로 나타낸 결과이다. Fig. 7 에서 보는 바와 같이 major sealing angle 이 증가함에 따라 맥동 감소가 예측되었고, 이는 저압영역의 chamber 가 고압 영역인 port(출구)를 만나는 시간을 지연시켜 chamber 내의 압력 압력이 증가하여 역류가 감소하고 유량이 증가한 것이라 볼 수 있다. 또한 최소 유량도 커지는 모습을 관찰할 수 있다. 이 결과에서 최대, 최소 유량의 차이가 감소하여 유량 맥동이 감소하는 것을 볼 수 있다. Fig. 8 은 major sealing angle 을 변화시키면서 로터가 1 회전하였을 때의 시간에 따른 유량과 유량 맥동을 구하여 정리한 결과이다. 이 결과에서 Major sealing angle 이 증가하면 유량은 증가하고 유량 맥동은 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 역류가 일어나지 않게 되어 원활한 내부유동이 이루어진 것으로 인해 일어난 결과로 볼 수 있다. 소음과 진동을 유발하는 유량 맥동의 경우 17.6° 인 경우에 가장 작게 나타났지만 펌프의 성능을 나타내는 유량의 경우에는 0.933 cc/rev 로서 가장 작게 나타낸 결과를 살펴보았을 때, 14.4° 의 경우가 선정된 major sealing angle 중에서 가장 우수한 경우로 나타났다.

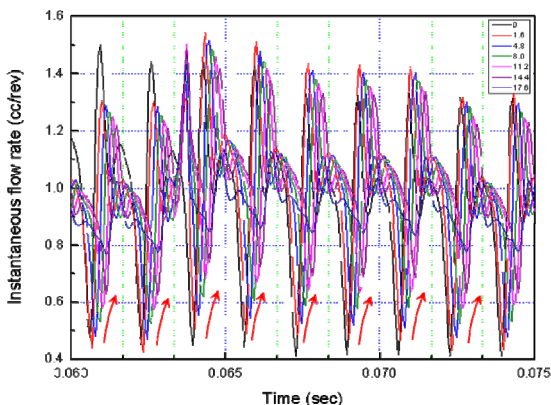


Fig. 7 Flow rate at major sealing angle

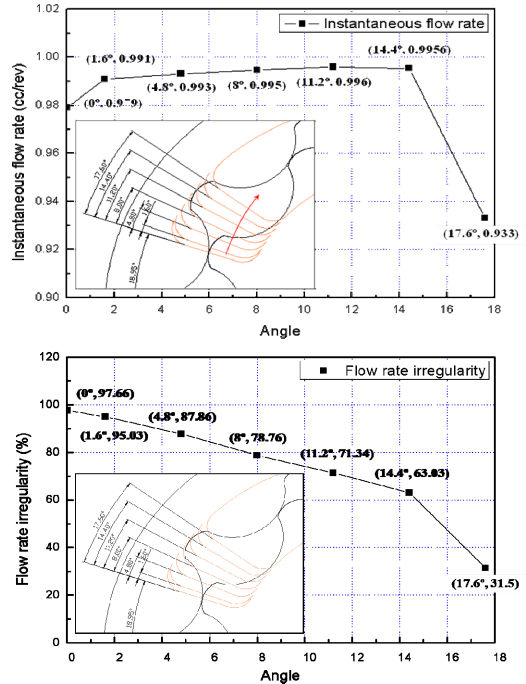


Fig. 8 Flow rate and irregularity at major sealing angle

4. 결론

본 연구에서 출구 포트의 major sealing angle 변화에 따른 제로터 펌프의 내부 유동해석을 수행한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) Major sealing angle 이 증가함에 따라 유량과 유량맥동이 좋아지는 결과를 관찰할 수 있다. 이는 역류가 발생하는 구간이 줄어들면서 생기는 것으로 볼 수 있다.

(2) Major sealing angle 이 14.4° 를 넘어가는 경우에는 유량이 줄어드는 결과가 나타났다. 이는 정상적인 내부유동이 이루어지는 구간보다 포트부의 입구영역이 좁기 때문으로 예측된다. 이에 펌프의 성능을 향상시키기 위해서는 Major sealing angle 에 대한 고려가 필요하다.

실험이 병행되지 않은 CFD 계산 결과만으로는 실제와 차이가 다소 있으나 경향성은 확인할 수 있었다. 향후 세부적으로 14.4° 구간과 17.6° 구간 사이에 대한 각도에 따른 유동해석을 수행할 예정이며, 좀 더 정확한 결과 값을 얻기 위해 실험을 병행하여 최적의 포트 설계를 위한 유동해석을 병행할 예정이다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업의 수행된 연구결과임.

참고문헌

- Santosh, k., Nick, M., and Richard, T., "Numerical Simulation of Cover Plate Deflection in the Gerotor Pump," SAE-05-AE-185, 2005
- 김병조, 성승학, 윤순현, "상용 CFD code 를 이용한 Gerotor 펌프 유동해석 및 포트 최적화," 대한기계학회 창립 60 주년 기념 추계학술대회 강연 및 논문 초록집, pp. 709-714, 2005
- 남경우, 조석현, 박재인, "엔진 유허용 제로터 오일펌프 유동해석," 대한기계학회논문집 B 권, 제 30 권, 제 10 호, pp. 1019-1025, 2006.
- 김재훈, 김철, "지로터 오일 펌프용 통합적 설계 자동화 시스템 개발," 한국정밀공학회지 제 23 권, 제 2 호, pp. 88-96, 2006.