

디젤자동차 연료펌프의 유동 및 진동 특성에 관한 연구 Study on the flow and vibration characteristics of fuel pump in Diesel Automobile

*손재환¹, #한창우², 정재훈³, 김덕주³

*J. H. Son¹, #C. W. Han(cwhan@ync.ac.kr)², J. H. Jung³, D. J. Kim³

¹대구기계부품연구원, ²영남이공대학 자동차과, ³대광소결금속(주)

Key words : Fuel pump, Flow rate, Pulsation, Acceleration, Numerical simulation

1. 서론

연료펌프(fuel pump)는 자동차의 엔진 등에 장착되어 구동되는 부품으로 큰 유량 공급이 가능해야 할 뿐 아니라 진동으로 인한 안정성 저하가 방지되어야 한다. 따라서 연료 공급은 원활하면서 맥동은 최소화되도록 되어야 한다.^[1] 그리고 펌프의 내부 로터와 외부 로터 중심 축이 편심된 구조에서 연료의 흡배출로 발생하는 진동도 억제되어야 한다.

본 연구에서는 연료펌프의 성능을 평가하기 위해 유량 해석과 진동 해석을 수행하였다. 유체해석에서는 입구와 출구 포트의 각도가 각각 0, 15, 30°인 3가지 모델의 해석을 통해 유량(flow rate)과 맥동(pulsation)을 예측하였다. 예측된 결과들이 요구 토출량 190.0 LPH(liter per hour)를 모두 만족하는지를 평가하였다. 그리고 3가지 모델 중에서 큰 유량을 토출하면서도 비교적 맥동이 적은 최적의 모델을 결정하였다.

진동 해석을 수행함에 있어 내부 로터와 외부 로터의 중심 축이 편심된 상태에서 유체를 회전시킬 때 발생하는 일정주기의 진동을 평가하기 위해 가속도값을 예측해 보았다. 예측된 결과가 허용 가속도 1.3 m/s² 이하인지를 평가하였다.

2. 모델링 및 해석조건

유량 해석에 사용된 모델은 Fig.1과 같고 입구와 출구의 포트각을 0, 15, 30°로 변화시키며 모델들을 형성하였다. 유한요소생성은 ANSYS ICEM CFD를 이용하였으며 속도구배가 클 것으로 예상되는 작동유체의 경계층 부분은 Mesh 층을 세밀하게 구성하였다. 입출구 포트, 작동 유체, 내부 로터의 요소 수(element)는 각각 78 300, 180 540, 145

962 개로 하였으며, 작동유체는 디젤유로 설정하였다. 그리고 내부 및 외부 로터의 회전속도는 각각 4 800, 4 325 rpm으로 설정하여 ANSYS CFX를 사용하여 해석을 수행하였다.

진동 해석의 경우 사용된 모델은 Fig.2와 같고 내부 및 외부 로터와 이를 감싸고 있는 Motor case, Cover로 구성되어있다. 중력방향은 외부 Cover 위에서 아래 방향으로 작용시켰다.

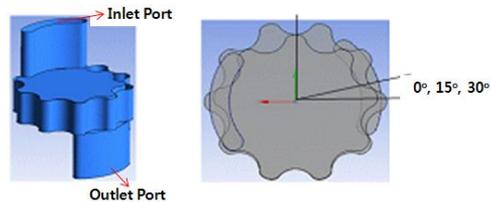


Fig.1 The model on the flow analysis

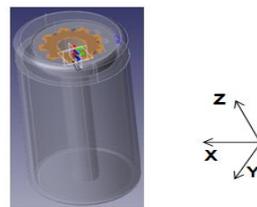


Fig.2 The model on the vibration analysis

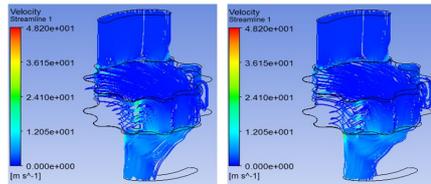
3. 해석결과

유량 해석에서 Fig.3에서 포트각 0°의 유속 분포에서 입구와 출구 포트사이 유선이 형성됨을 알 수 있다. 출구 포트에서 유량은 0.644 ~0.681 cc/rev/s로 계산되므로 평균 토출량과 맥동은 각각 0.663, 0.037 cc/rev/s이다. 맥동

은 평균 토출량 대비 5.6 %로 비교적 낮으므로 적은 소음이 발생될 것으로 판단된다.

포트각 15, 30° 모델 해석결과 시간 경과에 따른 유속분포, 유량, 맥동의 변화는 0° 모델 해석결과와 유사한 경향을 가짐을 예측할 수 있었다.

이 3가지 모델의 유량 계산 결과는 Fig.4에, 토출량과 맥동의 결과는 Table 1에 나타내었다. 포트각 0, 15, 30° 모두 일정한 맥동을 가지고 있지만 평균 토출량 대비 5.6, 7.2, 9.0 %로 미소하고 그 유량도 일정한 값에 수렴한다. 이 중 포트각 0°에서 시간당 토출량과 토출 대비 맥동률은 191.0 LPH, 5.6 %로 가장 우수한 결과가 나타났다. 그리고 요구 토출량 190 LPH도 만족함을 알 수 있었다.



(a) When 0.05 sec (b) When 0.15 sec
Fig.3 Fluid velocity at inlet-outlet port angle of 0°

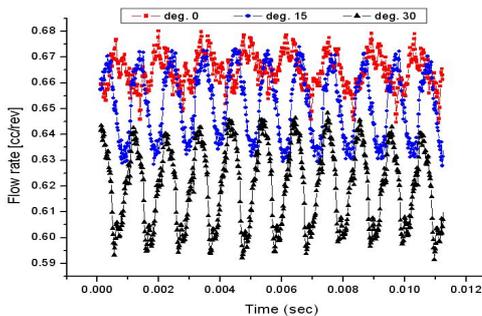


Fig.4 The results compared with flow rates of 3 models

Table 1. The results of 3 models

Model	Pulsation [cc/rev/s]	Flow rate [LPH]
0°	0.037	191.0
15°	0.047	188.6
30°	0.056	178.6

Fig.4에서 포트각이 커질수록 토출량과 맥동 결과는 나빠진다는 것을 예측할 수 있었다.

진동 해석의 결과는 Fig.5에서 나타내었다. 구동부의 특성과 재질에 의해 결정되는 병진력(translational force)과 회전력(rotational force)의 강성과 감쇠의 값은 제조사에서 제시한 값을 사용하였다. 초기 0.3 초까지 가속도는 과도상태가 되었다 이후에 0.085~0.866 m/s²에서 일정하게 반복 상태로 정상화되었다. 그리고 허용 가속도 1.3 m/s² 구간 이내로 진동이 평가되었다.

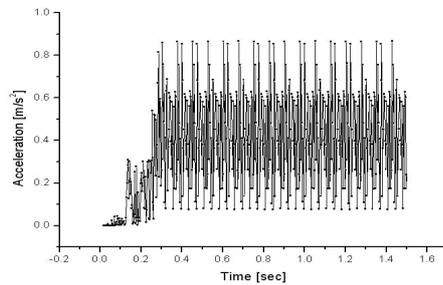


Fig.5 Acceleration of the pump

4. 결론

유량해석에서 입출력 포트각이 변화하는 연료 펌프의 3가지 모델에서 시간변화에 따른 유량과 맥동을 해석하였다. 토출량과 맥동 결과를 예측해 볼 때 3가지 모델 중 포트각 0° 모델이 최적의 상태임을 판단할 수 있다.

진동해석을 통해 예측된 가속도값이 허용 가속도 구간이내에서 진동되므로 저진동 연료펌프를 설계할 수 있었다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2009년도 첨단장비활용 기술개발지원사업에 의해 수행되었음.

참고 문헌

- (1) Colbourne, J. R., "Gear Shape and Theoretical Flow Rate in Internal Gear Pump," Transactions of the CSME, Vol. 3, No. 4, pp. 215-223, 1975.
- (2) Saegusa, Y., Urashima, K., Sugimoto, M., Onoda, M. and Koiso, T., "Development of Oil-Pump Rotors with a Trochoidal Tooth Shape," SAE Paper, No. 840454, 1984.