

외접형 기어펌프의 정동적해석에 관한 연구

* 이원창¹, 최현오², 조명규¹, 이동혁¹, 안승일³, 김재실¹

¹창원대학교 기계공학과, ²한국기계연구원, ³(주)한텍

Static and Dynamic Analysis of Gear Pumps Circumscriptive

*W. C. Lee¹, M. K. Cho¹, D. H. Lee¹, C. S. Kim¹, S. I. Ahn³, H. O. Choi²

¹Dept. of Mech. Eng. CNU, ²KIMM, ³HANTECH

Key words : Involute curve, The lowest point of single tooth contact, The highest point of single tooth contact

1. 서론

최근 들어, 산업의 각 분야에서 기계들의 대형화와 자동화를 실현하기위해 유압 구동방식이 폭넓게 사용되어지고 있고, 또한 트랙터, 지게차, 특장차 및 일반 산업용 기계 등 산업의 전반에서 유압에 의한 구동방식이 필수적으로 요구되어 지고 있는 상황이다.

외접형 기어펌프의 구조는 대단히 간단하며 치형이 특수한 것이 있기는 하지만 치형 절삭이 용이한 인벌루트 치형곡선의 평기어가 가장 많이 쓰이고 있다. 기어 측면의 간극이 항상 일정한 것과 토출하는 압력에 의해 부시를 기어에 밀어 붙여 간극을 조정하는 가동측판식이 있다. 고정측판식인 구조의 외접형 기어펌프는 고압이 되면 기어 측면으로부터 누설이 증가하여 용적효율이 저하하기 때문에 최고 사용압력에 제한이 있으나, 가동측판식 구조는 고압이 되어도 누설이 증가하지 않는다.

따라서 고압, 고유량, 고회전수의 외접형 알루미늄 기어펌프를 제작하여 용적 효율 및 기계효율, 전효율의 성능을 높이고 또한 고압력 및 고회전수에 대한 내구성을 높이기 위해 유한요소 해석을 통한 기어치의 정적 안정성을 확보하고 기어 전동시 불균일한 기어전동으로 발생하는 진동을 최소화하는 영역을 동적해석을 통하여 예측하고 기어펌프 설계에 반영하는 기법을 제안한다.

2. 유한요소법에 의한 기어 펌프의 정적해석

Fig. 1은 물림이 2쌍에서 1쌍으로 변하는 순간이다. 오른쪽의 물림이 Pinion의 이끝이 빠져나감으로써 끝나고, 물림은 한 법선피치 뒤에 한군데에서만 존재하게 된다.



Fig. 1 The lowest point of single tooth contact

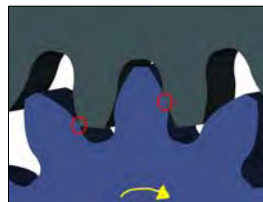


Fig. 2 The highest point of single tooth contact

이곳을 내1치물림점(The lowest point of single tooth contact, LPSTC)이라 한다. Fig. 2를 보면 Gear의 이끝이 Pinion의 치면에 닿기 시작하면서 물림은 2쌍으로 바뀌게 된다. 이 곳을 외1치물림점(The highest point of single tooth contact, HPSTC)이라한다. 즉 기어의 작용선에서 한 쌍의 물림만이 존재하는 부분은 Fig. 3과 같이 양쪽의 치선원과 법선피치에 의해 구획지어진다.

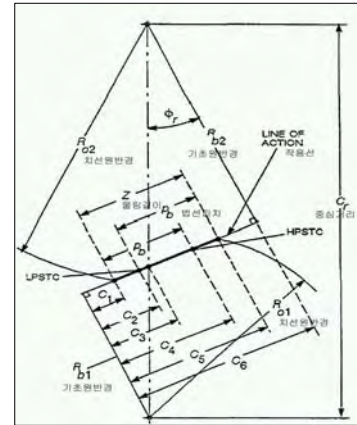


Fig. 3 Contact shape of gear

기어의 물림이 강도해석에서 중요한 이유는 2쌍의 물림이 일어날 경우 힘이 분배되므로 최악의 조건이 되지 않는다.

기어에 있어서의 모든 해석은 기어의 이뿌리부의 정확한 모델링에서 출발하는 것을 알 수 있다.

기어의 이뿌리부를 빠르고 정확하게 모델을 구성하기 위하여 Pro/ENGINEER를 이용하였다. 인벌루트 곡선(Involute curve)를 이용하여 기어의 이뿌리부를 모델링을 한 다음 ANSYS와 연동하여 구조 안정성 해석을 수행하였다.

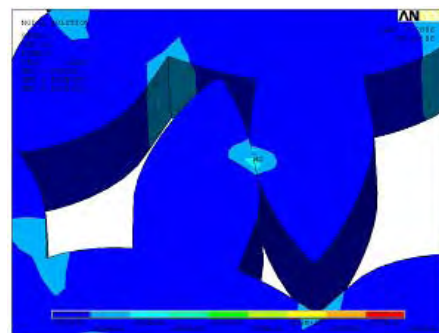


Fig. 4 Stress tendency of gear

Fig. 4는 구조 안정성 해석 결과를 나타내는 것으로 기어의 접촉부와 이뿌리부분에 비교적 큰 응력이 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 물림점에서 기어의 물림쌍의 중요성을 보여주는 것으로 LPSTC와 HPSTC의 각 경우에 대하여 응력의 분포 상태를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다.

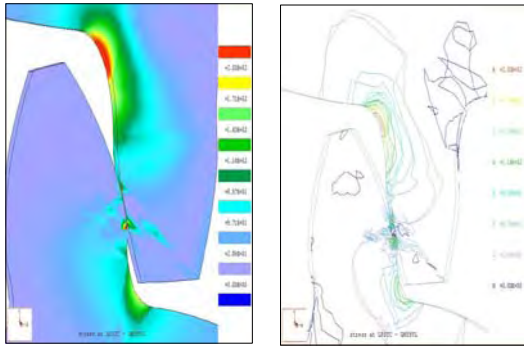


Fig. 5 Stress distribution of the lowest point of single tooth contact

Fig. 5는 LPSTC의 응력 분포 상태를 나타내는 해석 결과로 기어의 이뿌리와 접촉부에 큰 응력이 발생하는 것을 알 수 있다. 특히 HPSTC와는 다르게 전동축 기어이에 최대 응력이 발생하는 것을 알 수 있다. HPSTC의 응력분포는 Fig. 6에 나타내었다.

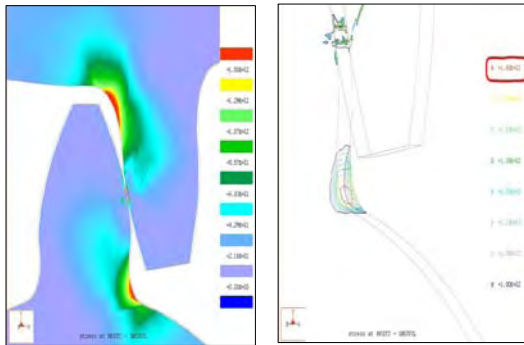


Fig. 6 Stress distribution of the highest point of single tooth contact

3. 기어펌프의 동역학적해석

기어펌프를 구동시켰을 때 발생하는 불균일한 진동을 감소시키기 위하여 기어의 구동축과 피동축 거리를 조절하면서 동역학 해석을 수행하였다. 기어열의 피동축의 가속도 변화폭이 가장 작게 나타나는 지점이 기어이가 맞물리는 부분의 진동현상을 최소화 시키는 지점으로 해석 결과를 통하여 최적의 축간 거리를 찾는다.

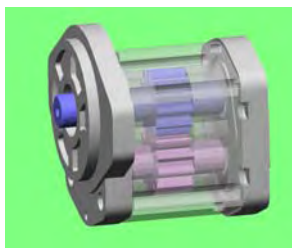


Fig. 7 Model of gear pump

Fig. 7은 Pro/ENGINEER를 이용하여 구성한 기어펌프 모델을 동적 거동을 해석하기 위해 동역학 해석 상용 코드인 MSC.VisualNastran4D로 해석 모델을 재구성한 것을 나타내고 있다. 초기 설계 형태로 모델링하여 구동축과 피동축 사이의

거리가 33.467mm로 구동축의 입력 속도를 180 deg/s로 일정하게 구동하면서 0.1mm 간격으로 축간거리를 조절하여 진동현상이 최소인 지점을 찾은 후 좁혀진 영역을 더 세밀하게 Table 1과 같이 축간거리를 0.025mm 씩 조절하여 피동축의 가속도 변화가 최저가 되는 기어열의 축간 거리를 찾아내었다.

Table 1 Anguler acceleration of pinion gear for distance axis interval

Drive gear velocity(deg/s)	Axis interval (mm)	Max. anguler acceleration(deg/s)	Min. anguler acceleration(deg/s)
180	34.342	124.05*10 ³	-94.46*10 ³
	34.367	165.48*10 ³	-122.75*10 ³
	34.372	137.96*10 ³	-122.09*10 ³
	34.417	122.00*10 ³	-143.17*10 ³
	34.442	157.45*10 ³	-724.87*10 ³
1800	34.372	1633.40*10 ³	-2006.70*10 ³

Table 1에서 34.342mm에서의 최대, 최소값이 작게 나왔지만 시간에 따른 전체적인 안정도를 고려했을 때 축간 거리 34.372mm에서 Fig. 8에서와 같이 가장 안정적인 결과를 나타내었다.

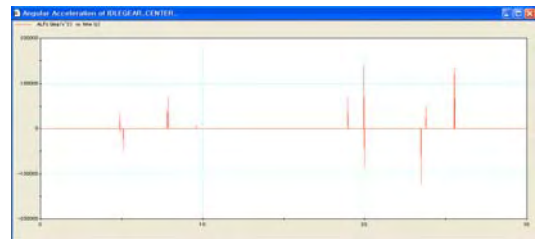


Fig. 8 Anguler acceleration of pinion gear for distance axis interval at 34.372mm

4. 결론

Pro/ENGINEER를 사용하여 기어펌프를 정밀하게 모델링하고 정동적 해석 상용 코드와 연동하여 기어의 구조 안정성 및 동적 거동 해석을 수행한 결과 기어치의 구조 강도는 증대를 위해서는 2쌍 이상의 물림이 유리함을 알 수 있었다. 또한 동역학 해석을 통해 전동시 발생하는 진동을 저감 시키는 최적의 축간 거리가 존재함을 알 수 있었으며 이는 기어 펌프의 설계시 백래쉬 설계에 활용할 수 있음을 제안한다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신 사업 [RTI04-01-03] 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- H. Walker : "GEAR PUMP TEETH", Automobile Eng. No.478, p. 347, 1948.
- E. H. Bowers : "AIRCRAFT HYDRAULICS", Vol. 2, p. 33, 1957.
- W. Ernst : "OIL HYDRAULIC POWER & ITS INDUSTRIAL APPLICATIONS", McGRAW-HILL, p. 73, 1960.