

유압베인펌프의 마찰특성

정재연* (전북대학교)

이종순 (전북대학교)

김장현 (전북대학교 대학원)

이봉구 (원광대학교)

1. 서 론

유압베인펌프는 토출유량이 많고 소형으로 동력밀도는 높으나 토출압력면에서는 피스톤식 펌프에 뒤지기 때문에 발생압력의 고압화에 대한 연구가 계속되어 왔다. 유압장치의 경제적인 압력으로서 300kgf/cm^2 가 제시되어 있는 가운데, 유압베인 펌프의 고압화의 연구가 진행중에 있는 점, 또한 최근들어 에너지 절약의 일환으로 펌프의 수명연장 문제가 거론되어지고 있는 점, 물에 타기 어려운 난연성유압 작동유를 사용할 경우 마찰증대 및 마모성능이 저하하는 점 등의 이유에서 유압베인 펌프의 마찰, 윤활문제가 중요시 되어지고 있다. 특히 펌프의 체적효율을 높이는 것과 마찰, 마모를 저하시키는 것과는 서로 상반된 관계에 놓여있기 때문에 문제의 해결에 어려움을 갖고 있다. 이와같은 모순을 해결하기 위해서는 베인과 캠링사이의 슬라이딩부분의 윤활상태를 파악하지 않으면 안된다. 그러나 베인의 선단부에는 10-20ms의 짧은 시간동안에 수백기압의 압력이 변화하기 때문에 지금까지 확실한 작용력의 파악이 어려워 이 분야의 윤활상태 파악에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고있다. 베인과 캠링간의 윤활상태를 윤활공학적 관점에서 보면 변동하중 상태에서의 슬라이딩 탄성유체윤활상태 또는 혼합윤활상태에 있는 것으로 판단되어지는데, 이와같은 여러가지 어려운 조건때문에 윤활상태를 파악하는데, 어려운점이 뒤따르게 된다. 위와 같은 배경에 착안하여 본 연구에서는 유압베인펌프를 모델화하여 변동하중상태에서 실험이 가능한 장치를 제작, 사용하여 베인 선단 슬라이딩부분의 윤활상태를 파악하였다.

2. 실험

실제 베인펌프의 베인과 캠링사이 에 가하여지는 수직하중은 로타의 회전에 의한 베인의 관성력, 베인과 로타 슬리트간의 점성마찰력, 베인의 선단과 저면부분에 작용하는 유압에 의한 힘으로 구분할 수 있다. 이중, 관성력, 점성마찰력은 베인의 양단에 작용하는 압력에 의한 힘에 비해 극히 적기 때문에 무시할 수가 있다. 베인 주위의 작용압력으로서의 구조상 베인저면부에는 로터 회전중 계속해서 토출압력이 작용하며 베인 선단부에는 흡입, 토출구간에서 각각 흡입압력, 토출압력이 반복되는 단계상의 형태로 변화하며 그 관계를 그림 1에 나타낸다. 횡축에는 로타의 회전각도를, 종축에는 베인의 양단에 작용하는 차압을 표시한다. 따라서 베인선단과 캠링사이 에 작용하는 수직하중은 단계형상의 변화를 하는 것으로 고려한다. 표 1에는 본 실험에서 사용한 베인과 캠링을 표시하며, 이것들은 실제의 베인펌프에서 사용하는 형상이다. 이와같은 내용들을 종합하여 제작한 실험장치 본체의 개략 도면을 그림 3에 나타낸다. 여기서 직경 200mm의 원판 1 은 캠링과 동일한 재질, 경도, 표면 거칠기를 갖고 있으며 D.C모터에 의해서 0-1200rpm의 범위를 무단변속으로 회전하도록 하였다. 이 원판의 중심으로부터 75mm의 위치에 베인홀더 3 에 두께 3.1mm 길이 10mm의 베인 4 를 고정시킨 후, 원판에 대하여 변동하중을 가할 수 있도록 하였다. 작용하중은 서어보밸브 11 을 이용하여 유압실린더 12 를 뿜하여 가하도록 하였다. 작용하중을 확인하고 조정하기 위하여 유압실린더 상 하단에 각각 스트레인 게이지식 압력변환기를 설치하여 항상 양단 실린더실의 압력을 측정할 수 있도록 하였다. 원판과 베인사이 에 가하여지는 하중의 변동파형, 주파수, 진폭 등은 평선 제너레이터에서 임의로 설정할 수 있도록 하였다. 하중을 가하여 원판을 회전시킬때 원판과 베인선단사이 에 발생하는 마찰력은 마찰력검출봉 8 을 이용하여 로드셀 7 에서 검출하였다. 그림 2에서는 본 실험에 있어서의

제어, 측정관계를 나타낸다. 실험조건으로서는 실제 베인펌프의 운전으로서 회전수 150-750rpm, 토출압력 20-80kg/cm²의 경우를 고려하여 회전원판의 회전수를 100-600rpm의 범위로, 변동하중의 변화는 0-50Hz의 범위로, 작용하중의 진폭은 6-25kgf의 범위로 하였다.

사용 작동유로서는 베인펌프에 일반적으로 사용되는 ISO VG32에 첨가제를 넣지않은 광물성 기유를 0.8 μ m의 멤부레인 필터에 여과한뒤 급유하였다. 급유는 1.5m 헤드를 갖도록 기름통을 위치시켜 비닐튜브를 통하여 베인선단과 회전하는 원판사이에 낙하시켰다.

이와같이 급유가 양호하게 된 상태에서 회전원판을 요구하는 회전수로 회전시킨 다음 하중을 가하는 유압실린더 양단의 차압이 요구하는 진동수, 진폭으로 변화하도록 평선 제너레이터를 조정하였다. 위의 상태에서 유압실린더내의 양단기름의 압력과, 원판과 베인 선단간의 마찰력을 디지털 메모리스코프에 기억시킨 다음 펜 레코더에 출력시켰다.

3. 실험 결과

회전원판과 베인선단사이에 수직하중을 작용시켰을때 나타나는 마찰력을 파악하기 위하여 그림 4(a)에 300rpm, 50Hz의 운전조건에 작용 최대하중 5kgf인 경우의 마찰력을 나타낸다. 그림 4(a)의 경우 평선 제너레이터를 통하여 입력시킨 사인파 하중곡선의 최대, 최소점에서 약간의 변동은 있으나 실험치로서 양호한 상태를 나타내주고 있다. 하중에 대한 마찰력의 응답으로서 약 0.007s의 시간지연을 나타내고 있으나, 작용하중과 마찰력의 관계를 파악하는데에는 별 어려움이 없을 정도로 나타났다. 마찰력 선도에서 원활한 사인파 선도를 보여줌으로서 회전원판과 베인선단사이의 접촉상태 및 윤활 유공급이 원활함을 나타내어준다. 이 그림에서 하중이 0에 가까워져도 마찰력은 1.3kgf이상의 값을 갖고있어 회전원판과 베인선단사이에 유막이 형성되어 점성마찰력을 갖고있는 것으로 파악된다. 여기에서 두 접촉면간의 마찰계수를 계산하면 하중이

최대일때 마찰계수는 최소가 되며, 하중이 최소일때 마찰계수는 최대임을 알 수 있다. 마찰계수의 값은 0.1이상의 분포를 나타내 원판의 회전속도가 적은점을 감안하더라도 높은 마찰계수를 나타내고 있다. 그림 4(b)에 원판의 속도가 600rpm, 하중의 파동진동수가 10Hz인 경우의 마찰력을 나타낸다. 그림 4(a)의 경우와 비슷한 형태를 나타내고 있음을 알 수 있다. 하중선도는 진동수가 적기때문에 최대, 최소점에서는 원만하게 입력되고 있음을 알 수 있다. 하중에 대한 마찰력의 지연시간은 0.08s이다. 선도의 형태 역시 50Hz인 경우보다 원만하게 나타나고 있다. 마찰계수의 범위로서 0.08-0.23을 갖고 있다. 마찰계수에 대한 영향으로서 주파수보다는 회전속도의 영향이 크게 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

유압베인펌프 베인선단부와 캠링간의 윤활상태를 추정하기 위하여, 변동하중을 작용시킬 수 있는 회전원판, 베인 실험장치를 제작하여 하중이 동적으로 작용하는 조건에서 실험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 변동하중이 작용할 때 마찰력은 하중의 변화에 대응하여 변화하며, 두 면간 마찰계수의 최대값은 작용하중이 최소일 때이며, 최소값은 작용하중이 최대일 때이다.
- 2) 실제 유압베인펌프의 운전조건으로부터 회전수 150-750rpm, 토출압력 20-80kgf/cm²을 고려한 모델실험장치에서 실험한 결과 베인선단과 캠링간의 최소 마찰계수가 0.1정도를 나타내어 혼합 윤활상태에 있으며, 마찰계수의 최소값은 작용하중의 주파수 크기에는 그다지 큰 영향이 없고 회전속도의 영향이 크게 작용함을 알 수 있다.

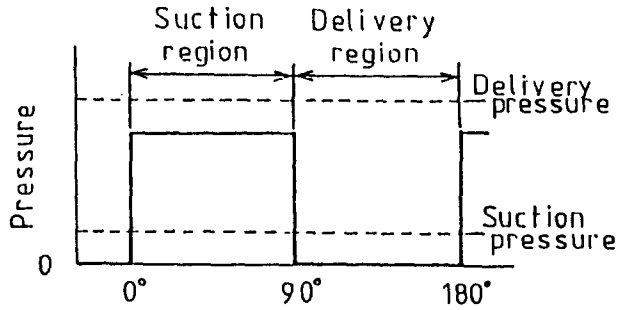


그림1. 베인주위 압력과 베인선단 위치와의 관계

	Vane	Camring
제 품	SKH-9	SUJ-2
경도	HRC 60~62	HRC 64
표면형상	6 μ m Rmax	1.6 μ m Rmax

표1. 베인과 캠링

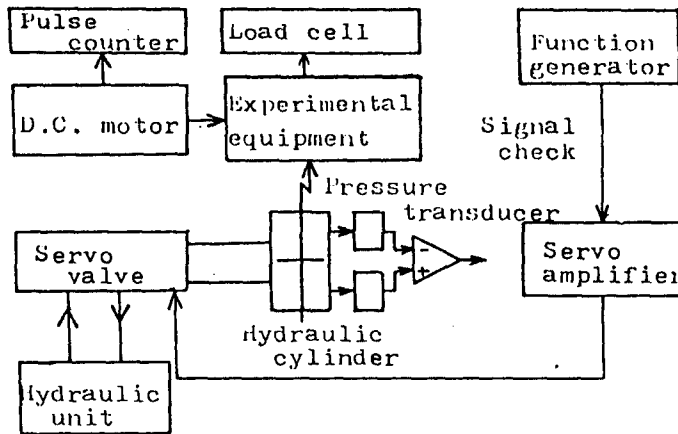
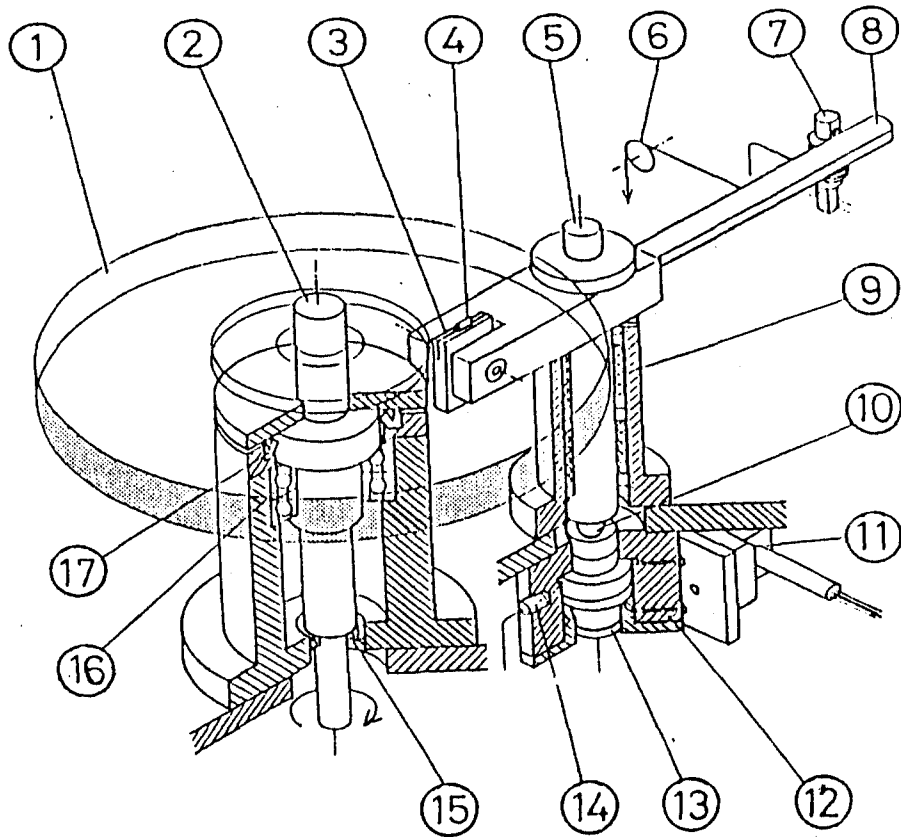
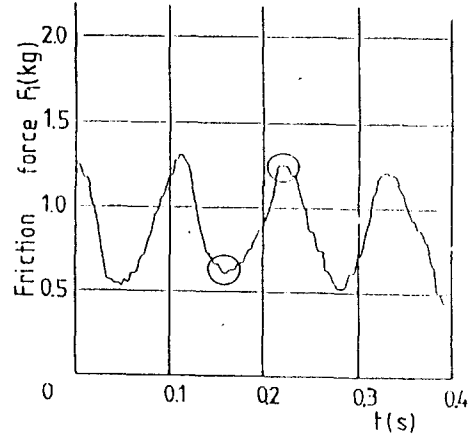
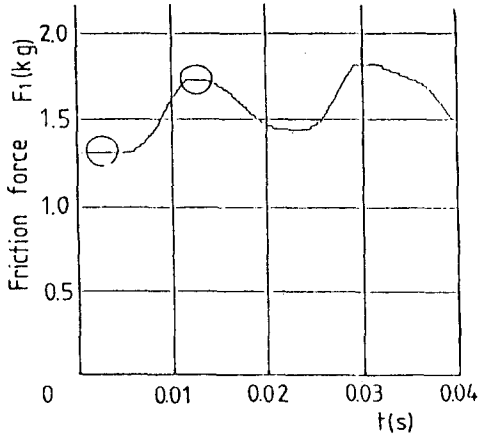
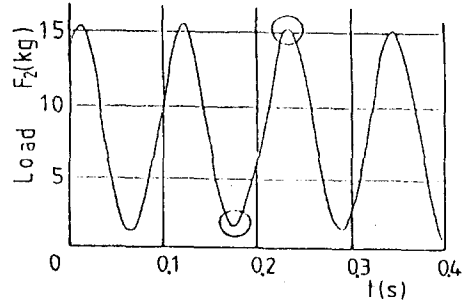
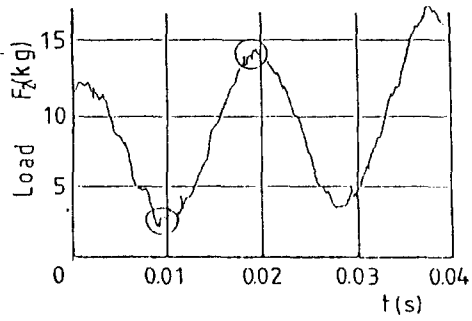


그림2. 측정 계통도



- | | |
|-------------------|--------------------------|
| 1. Disk | 10. Steel ball |
| 2. Disk shaft | 11. Servo valve |
| 3. Vane holder | 12. Cylinder |
| 4. Vane | 13. Piston |
| 5. Shaft | 14. Pressure transducer |
| 6. Roller | 15. Ball bearing |
| 7. Load cell | 16. Angular ball bearing |
| 8. Lever | 17. Oil seal |
| 9. Linear bearing | |

그림3. 실험장치 본체



(a) 300rpm, 50Hz

(b) 600rpm, 101Hz

그림4. 마찰력F1, 하중F2와의 관계

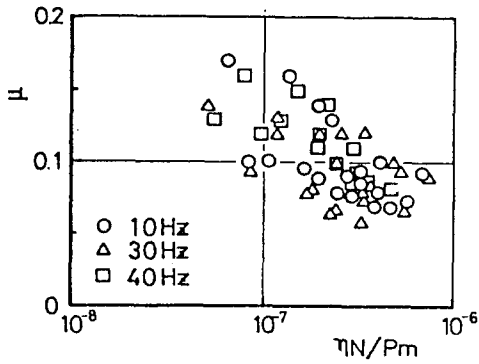


그림5. 베인선단부의 마찰계수
(진동수의 영향)

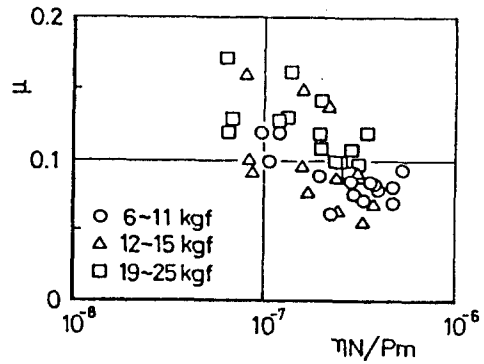


그림6. 베인선단부의 마찰계수
(작용하중의 영향)