광섬유센서를 이용한 오일 내 수분량 모니터링 시스템에 대한 연구

A Study of Water Content of Oil Monitoring System Using Optical Fiber Sensor

*#정석규[1], 곽양양[2], 송창규[3], 홍준희[4]

*#S. K. Jung(vivan_911@hotmail.com)[1], Y. Y. Guo[1], C. K. Song[2], J. H. Hong[3]

[1] 충남대학교 기계공학과, [2]한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부, [3]충남대학교 기계공학과 BK21 메카 사업단

Key words : Water Content Oil, Optical Fiber Sensor

1. 서론

천체를 정밀하게 관측하고자 하는 욕구는 우주를 이해하기 위한 하나의 방법으로 광학식 망원경을 발전시켜 왔다. 이렇게 천체를 관측할 망원경의 제작 기술은 점점 대형화와 정밀화를 화두로 삼고 있으며 이러한 천체 망원경 제작 기술의 핵심은 대구경의 반사경을 만드는 기술로, 최근의 국외 반사경 가공기술은 직경 8m에 형상정밀도 12nm를 실현하고 있다.

국내에서 개발되고 있는 대구경 광학계 가공기는 최대 가공 구경이 1.5m으로 연삭, 연마, 측정의 모든 공정을 피삭재인 반사경의 이동 없이 하나의 기계에서 끝낼 수 있는 장점을 지니고 있다. 이러한 장점을 가지기 위해서는 기계의 움직임이 높은 운동 정밀도를 갖아야만 하며, 높은 정밀도를 가지기 위한 방법으로 기계의 운동부는 리니어 모터와 유정압 베어링이 적용되어 있다. 리니어 모터와 유정압 베어링으로 구성된 다른 초정밀 가공기와 마찬가지로 대구경 광학계 가공기도 항온 항습 장치가 설치된 가공실에 설치되어 운영이 되지만 연마액을 사용하는 연마 공정의 특성상 언제나 습기에 직접적으로 노출될 수 있는 위험성이 존재한다.

오일에 수분이 섞여 유압펌프를 통해 기계 내를 순환 할 경우 기계의 작동시간에 따라 수분이 섞이지 않은 정상적인 상태의 오일의 점도보다 점점 높은 점도를 갖게 된다. 따라서 유정압 베어링에 사용하는 오일 내에 존재하는 수분은 오일의 특성 변화를 일으켜서 기계의 정밀도 감소와 함께 유정압 베어링 면을 녹슬게 만드는 등의 커다란 문제를 일으킬 수 있다. 이에 오일의 모니터링을 통하여 수분의 흡입 경고를 사전에 가능하게 하고자 본 논문에서는 광섬유(Optical Fiber) 센서를 이용한 오일 내 수분량 모니터링 시스템에 대한 연구를 실시하였다.

2. 실험 방법 및 장치 구성

오일의 순환이 가능하도록 펌프를 설치한 수조를 이용하여 실제 대구경 광학계 가공기의 오일 순환을 재현한 실험 장치를 구성하였고, 그 안에 광섬유 센서를 배치하였다. Fig. 1에 실험을 위한 장치의 전체 모습을 나타내고 있다. 광섬유 센서는 온도 변화에 둔감하고 액체 내에서도 적용이 가능한 특성을 가지고 있어서 오일 내에서 직접 측정을 하기에 접합한 센서이다.

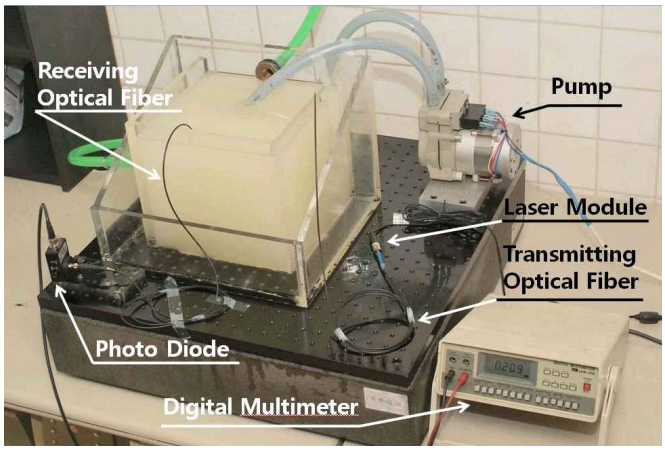


Fig. 1 Experimental setup

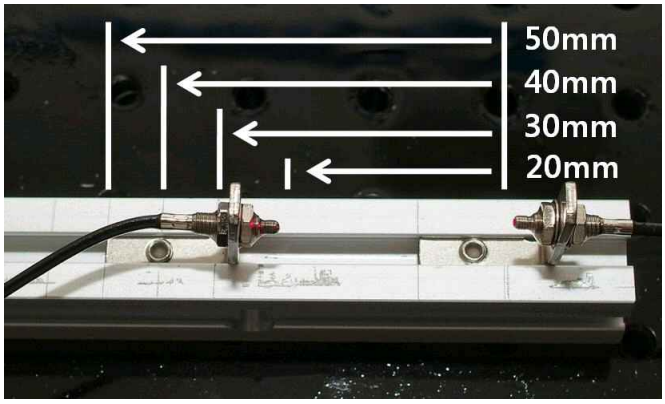


Fig. 2 Optical fiber sensor mechanism

레이저 다이오드(Laser Diode, LD)에서 발생 한 빛은 투광섬유(Transmitting Optical Fiber)를 통해 수조에 담겨있는 오일을 통과하여 수광섬유(Receiving Optical Fiber)에 입사하게 된다. 이 때 입사된 광속(Optical Flux)의 크기는 투광섬유와 수광섬유 사이에 존재하는 오일의 혼탁한 정도에 따라 달라지는데 이는 파장에 따른 광 손실이 일어나기 때문에 생기는 결과이다. 오일을 거쳐서 전달된 빛은 포토다이오드(Photo Diode, PD)로 전송되어 전류 신호를 만들어 내고 전류 신호는 신호처리회로를 통해 센서 출력 전압으로 나타난다.

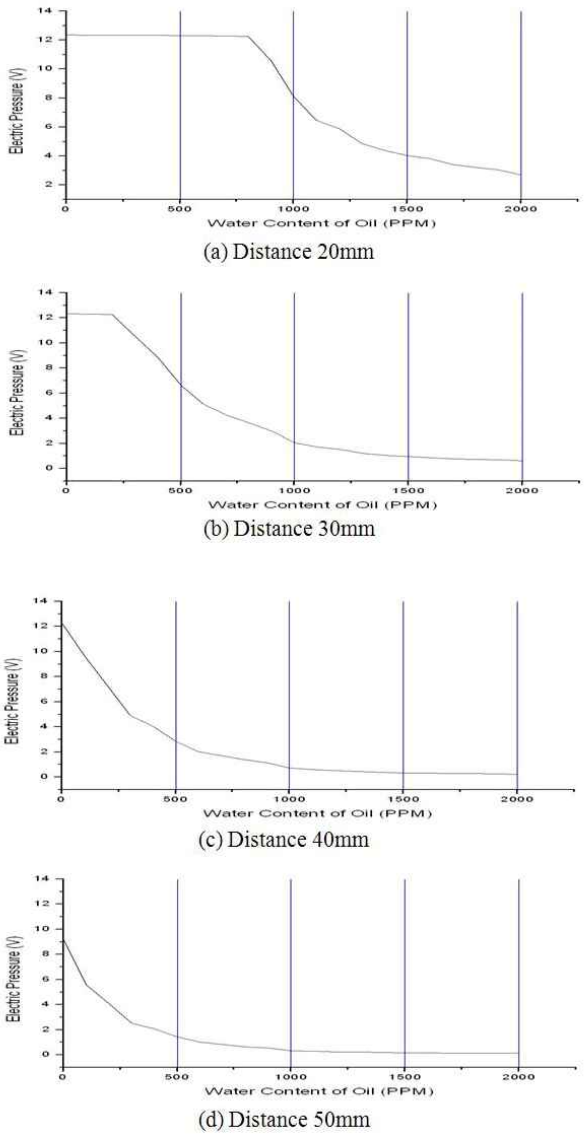
실험에 사용된 오일은 대구경 광학계 가공기의 유정압 베어링에 사용되는 것과 같은 오일인 Houghto SPIN 40을 사용하여 오일 10L에 단계별로 수분함유량을 다르게 하여 측정하였고, 수분의 함유량 변화 범위는 100ppm ~ 2000ppm까지로 1ml ~ 20ml의 수분을 1ml 단위로 첨가시켜서 측정하였다. 이때 각각의 단계에서 투광섬유와 수광섬유를 통과하는 오일의 거리를 10mm 단위로 다르게 배치하여 20mm, 30mm, 40mm, 50mm의 구간에 대해서 측정하였는데 이는 투광섬유와 수광섬유 사이의 최적화된 거리를 찾기 위한 방법의 일환이다. fig. 2는 거리를 조절하여 투광거리를 조절할 수 있도록 만들어진 광섬유 센서의 배치를 나타낸다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 3 은 실험조건에 따라 각각 광섬유 센서의 투과거리를 20mm, 30mm, 40mm, 50mm 로 변화시켜가며 각각의 수분함량에 따른 출력 전압의 값을 그래프로 나타낸다. 기본적으로는 오일에 수분량이 점진적으로 늘어남에 따라서 출력 전압의 값이 점점 줄어드는 경향을 알 수 있다. 이는 오일에 수분이 섞임에 따른 변화가 일정거리 오일 속을 통과하는 빛의 파장의 손실을 초래하여 출력 값에 영향을 준다고 해석할 수 있다. 물론 육안으로도 구별이 가능한 정도의 탁도 변화이지만 수분의 혼합 여부 정도만 판단할 수 있을 정도이며 광센서로 계측을 하였을 경우의 단위 비율에 따른 수분 함유량은 육안으로 구별하기 어려운 정도로 적은 변화량을 보였다.

본 실험에서 사용된 Houghto SPIN 40과 같은 비수용성 석유계 윤활유는 수분의 함량 관리를 1000ppm(=0.1%) 이하로 오일의 제조사는 제공하고 있으며 일반적인 작동환경에서 문제의 소지가 발생하기 시작하는 수분 함량을 500ppm(=0.05%)로 제시하고 있다. 이렇게 관리 기준 이상으로 오일에 수분이 함유되었을

경우 유화(Emulsion)된 상태의 유백색불투명 상태로 변화하며 거품의 발생을 동반하며 점도가 올라가는 등의 문제를 발생시킬 수 있다.



(a) Distance 20mm

(b) Distance 30mm

(c) Distance 40mm

(d) Distance 50mm

Fig. 3

Fig. 3 (a)의 결과는 광섬유 센서에 의한 오일의 투광거리가 20mm일 경우에 오일이 유입되지 않은 상태와 500ppm의 수분이 오일에 유입되었을 때의 출력 전압 값의 차이가 거의 없어 500ppm의 수분 유입에 대해서는 모니터링을 실시하기에 부적절한 결과라는 사실을 알 수 있다. 마찬가지로 Fig. 3 (d)의 결과는 수분의 함량이 500ppm과 1000ppm일 때의 출력 전압 값이 차이가 적어서 1000ppm까지의 모니터링에 적합하지 않은 결과라 할 수 있겠다. Fig. 3 (b) 와 Fig. 3 (c) 의 결과를 적절하게 이용한다면 수분의 함량으로 문제가 생기는 범위의 수분비율을 모니터링 할 수 있는 조건을 찾을 수 있을 것으로 추측되어 지는데 유체가 가지는 특성상 오일을 통과하는 빛의 손실이 일정하게 이루어지지 않았다. 특히 출력 전압이 3V ~ 10V 사이를 가질 때 값이 일정한 나타나지 않았다. 이는 오일 안에서 빛의 투과를 방해하는 수분 입자의 움직임 때문이라고 생각된다. 측정하고자 하는 수분량의 범위에서 출력 전압의 변화가 크게 나타나도록 센서를 배치한다면 오차를 줄일 수 있을 것이라 추측 되어 진다.

Table 1에 각각의 거리에 따라, 수분 함유량에 따른 출력 전압 값의 결과를 요약하여 나타내었다. 이 값은 오일의 순환을 멈춘 직후에 측정한 결과 값이다.

Table 1

ppm	Electric Pressure (V)			
	20mm	30mm	40mm	50mm
0	12.359	12.327	12.270	9.166
100	12.346	12.296	9.622	5.541
500	12.303	6.614	2.831	1.423
1000	8.130	2.064	0.741	0.335
1500	4.034	0.947	0.336	0.175
2000	2.685	0.604	0.214	0.121

4. 결론

이상에 있어서 유정압 베어링의 작동 오일에 수분이 함유되었을 때의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 광섬유 센서를 이용한 오일 내 수분 모니터링 시스템을 구축하기 위한 시도를 하였다. 각각의 수분 함유량에 대해 광섬유 센서를 이용한 결과 값을 분석하여 수분 함량의 관리 범위인 수분량 500ppm과 1000ppm범위의 계측이 가능한 광섬유 센서의 오일 투과 최적 거리를 분석하였다.

참고문헌

1. 신우철, 홍준희, “스텝 인덱스 멀티모드 광섬유의 투광 조도분포 모델링” 한국 광학회지, Volume 17, Number 2, April 2006