

멀티그레이드 윤활유의 탄성유체윤활 유막 측정 연구

장시열¹, 김승재², 김재홍², 배대윤³, 유성춘³

¹국민대학교 기계 자동차공학부, ²국민대학교 자동차공학전문대학원, ³현대자동차

A study on the EHL film behavior measurement for the multigrade lubricant

Siyoul Jang¹, Seungjae Kim², Jaehong Kim², Daeyoon Bae³, SungChoon Yoo⁴

¹School of Mechanical and Automotive Engineering, Kookmin University (*jangs@kookmin.ac.kr*)

²Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University (*kandsandj@hanmail.net*)

³Hyundai Motors, Co. Ltd. (*bdy0420@hyundai-motor.com, ysc2583@hyundai-motor.com*)

ABSTRACT

It is important to decide the minimum film thickness and viscosity variations of a multigrade lubricant in the contact surface under the high pressure conditions. By carrying out acceleration, deceleration, and various sliding-rolling ratio movement between two contact bodies, it is experimented that film formation variations in the contact surface are captured with multigrade lubricants in order to exactly investigate the variations of film formations. Optical interference images are continuously captured with high resolution CCD camera during the captured period of acceleration, deceleration. The friction forces between the contacting bodies are also measured simultaneously with the film formation.

Keywords : Multigrade engine oil, Elastohydrodynamic lubrication, Friction force, Film formation

기호 설명

U_d disk velocity, m/s

U_b ball velocity, m/s

$\Sigma \frac{2(U_d - U_b)}{U_d + U_b}$, sliding and rolling ratio, SR-ratio

1. 서론

다중점도급 윤활유(multigrade lubricant)의 역할은 엔진 구동요소인 피스톤 스커트, 엔진 베어링, 캠 등의 움직임에서 접촉되는 마찰에너지의

손실을 줄이는 것이다. 또한 접촉면을 분리하고 접촉과 점착으로 유막을 형성한다. 그러나 마찰 에너지를 최소한으로 줄이면서 엔진의 내구성을 보장하고 연비개선 효과를 기대하기 위해서는 적절한 점도 제어가 필수적이다. 그러기 위해서는 점도에 따른 유막두께를 알아내는 것이 무엇보다 중요하다. 그렇기 때문에 접촉면 틈새에서의 다중 점도급 엔진오일의 거동 특성 파악은 마찰 에너지 손실을 줄이고 내구성 확보를 위해서 중요한 연구 요소가 된다. 본 실험에서는 이를 위해서 윤활유 거동에 영향을 주는 속도, 압력을 실제 기계 구동 요소(motion element)와 근접한 상황으로 구현하여 실험을 했고 이때 각각의 운동상태에서 탄성 유체 윤활영역의 유막 이미지 변화상태를 촬영할 수 있도록 하였다.

2. 실험

2.1 실험장치 구성

본 실험에서는 멀티그레이드 윤활유의 유막 거동 특성을 파악하기 위해 다음과 같은 실험장치를 구성하였다. 다양한 상황을 구현하기 위해 스텝모터를 사용하여 미끄럼 운동, 구름운동, 구름-미끄럼 운동비 (SR-ratio)에서의 유막 거동 특성을 파악할 수 있도록 하였다. 또한 다중 투과 광선을 이용하여 유막 이미지를 볼 수 있도록 하였고 각각의 운동 상황에서의 연속적인 유막 이미지 변화를 관찰하기 위해서 초당 30프레임을 찍을 수 있는 CCD Camera를 사용하였다.

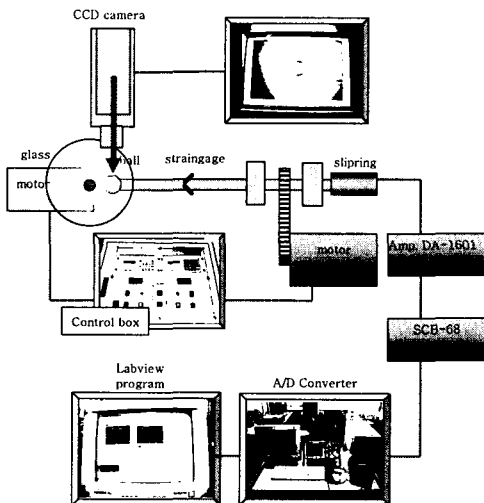


Figure 1 Schematics diagram of the data acquisition

점 접촉 운동상태에서 볼 샤프트(Shaft)에 걸리는 마찰 토크를 측정하기 위해 스트레인 게이지를 장착하였다. 1N이하에서 발생하는 작은 마찰 토크값의 변화를 감지 하기 위해서 앰프(Amp)를 사용하여 증폭하였고 데이터 수집 및 저장은 터미널 커넥터를 사용하여 컴퓨터에 내장된 A/D Board를 통해 수집하고 Labview프로그램을 통해 데이터를 저장하고 분석하였다. 데이터 수집과정에서 장비에서 발생하는 노이즈(Noise)제거가 필수적이다. 그래야만 미세한 변화를 감지해 낼 수 있다. 로켓

타입의 스트레인 게이지는 두 개가 교차되어 배치되어 있는 형태로 총 4개의 스트레인 게이지가 풀 브리지를 형성하여 샤프트에 발생하는 비틀림에 의한 변형량을 측정하게 된다. Figure 2 는 변형량과 마찰 토크(Friction torque)값이 그래프로 도시된 것이다.

Table 1 Properties of multigrade lubricant

Test category	used lubricant
HTSH, cP	2.22
Density 15/4 °C ,kg/L	0.8474

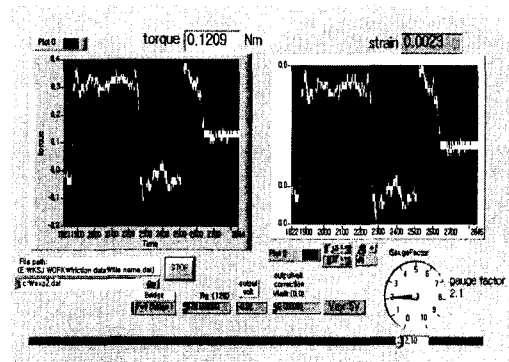
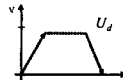
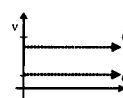


Figure 2 Diagram of the labview program for measure friction torque

Table 2 Experimental condition, Temperature 24C

	Load	Motion	Velocity(m/s)
Acceleration Deceleration	10N, 20N		$U_d = 0.3m/s$
Sliding- Rolling ratio	10N, 20N		$U_d = 0.3m/s$ $U_b = \pm 0.03m/s$ $\sim \pm 0.09m/s$

2.2 가속 상황

실험은 Table 2 의 조건에 따라 시행했다. 하중은 10N, 20N 두 가지로 했고 디스크가 감속과 가속하는 동안과 상대속도가 변화 하는 동안에 각각 유막 이미지가 연속적으로 변화한다는 것을 확인 할 수 있었다. 두 개의 스텝모터 속도의

제어는 콘트롤 박스(control box)에서 가능하도록 하였다

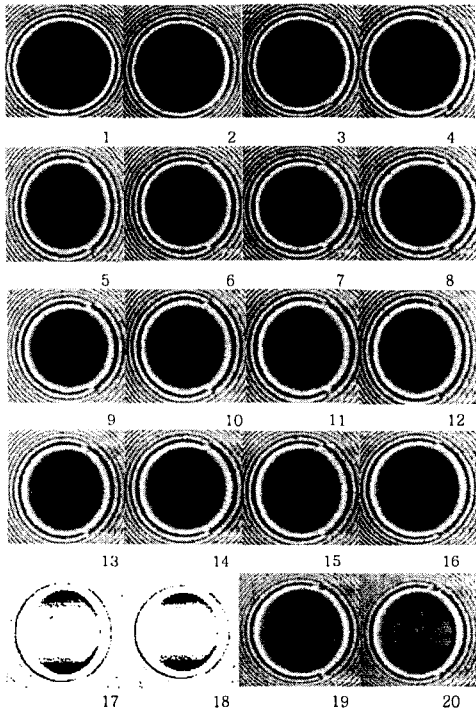


Figure 3 Image from optical interferometer during acceleration ($U_d=0.00\text{m/s}\sim 0.3\text{m/s}$), Load 10N

Figure 3은 10N의 하중을 볼에 가하면서 글라스를 0m/s부터 0.3m/s까지 가속하는 동안 초당 30프레임으로 연속 촬영한 것이다. 가속 시간은 1s이고 연속 촬영으로 인해 미세한 유막의 변화도 알아 낼 수 있었다.

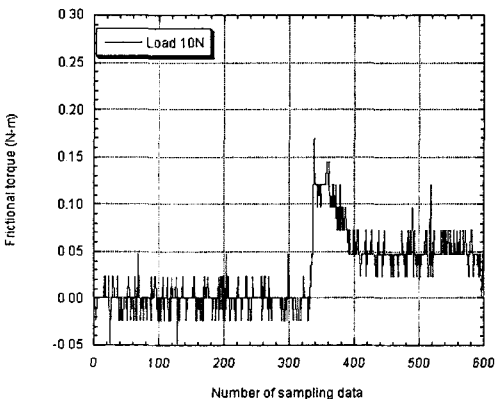


Figure 4 Friction torque during acceleration disk velocity 0.3m/s, Load 10N

Figure 4는 디스크가 0.3m/s까지 가속하는 동안의 마찰토크의 값이다. 디스크와 볼 사이의 접촉면은 처음 출발 할 시에 정지마찰에 의해 가장 큰 마찰토크가 걸리고 그 후 마찰 토크값은 접촉면 사이의 마찰력으로 인한 값이 나타내어 진다.

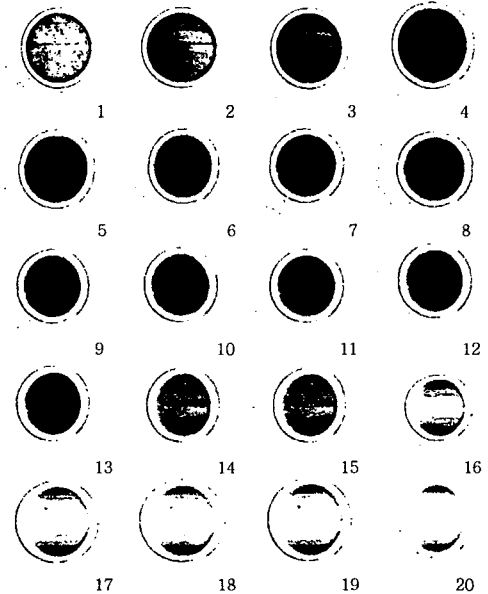


Figure 5 Image from optical interferometer during acceleration ($U_d=0.00\text{m/s}\sim 0.3\text{m/s}$), Load 20N

Figure 5는 동일 속도에서 하중을 20N으로 변화시켰을 때이다. 유막 이미지에서 속도가 느릴 때는 어두운 색을 속도가 빨라 질수록 밝은 색을 띠는 것을 알 수 있다.

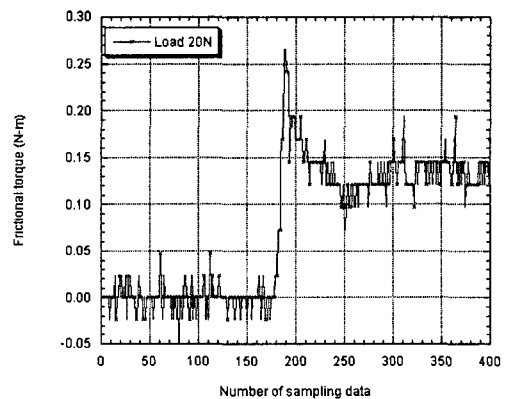


Figure 6. Friction torque during acceleration disk velocity 0.3m/s, Load 20N

Figure 6은 디스크가 0m/s에서0.3m/s까지 가속하는 동안의 마찰토크 값이다. 디스크와 볼 사이의 접촉면의 하중은 20N일 때이다. 그래프에서 보듯이 가속 시에 10N에 비해 큰 마찰토크값이 생긴다는 것을 알 수 있다.

2.3 감속 상황

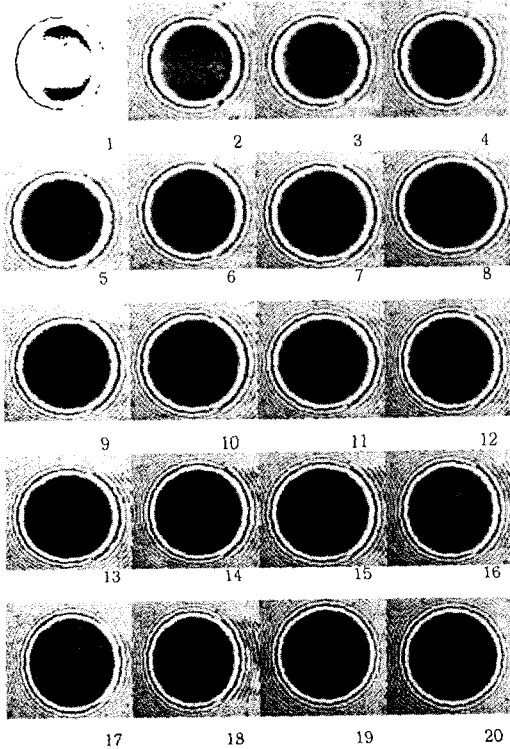


Figure 7 Image from optical interferometer during deceleration ($U_d = 0/3\text{m/s} \sim 0.0\text{m/s}$), Load 10N

Figure 7은 감속상황을 보여준다. 볼이 글라스를 10N의 하중을 주고 있는 동안에 글라스가0.3m/s에서0m/s로 감속 하는 동안의 유막 이미지이다. 감속하는 시간은 1s이다. 유막 이미지에서 보듯이 가속상황과는 반대로 밝은 색에서 어두운 색으로 바뀐다는 것을 알 수 있다. 가속 중간에는 유막 이미지가 어두운 색을 나타낸다는 것을 알 수 있었다. 이것은 색상 분석에 따라 유막 두께가 달라지므로 중요한 데이터가 된다.

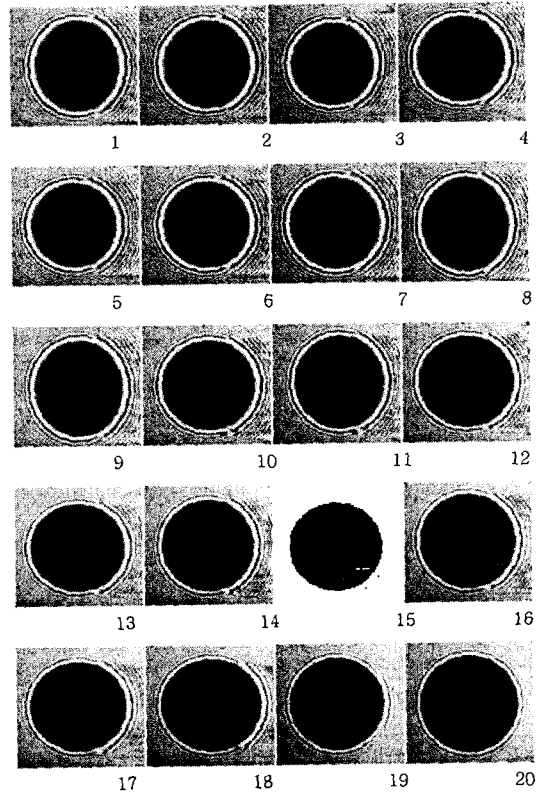


Figure 8 Image from optical interferometer during deceleration ($U_d = 0/3\text{m/s} \sim 0.0\text{m/s}$), Load 20N

Figure 8은 Figure7과 같은 상황에서 하중만 20N을 가한 것이다. Figure7과 비교했을 때 유막의 크기가 큰 하중에 의해 커졌다는 것을 알 수 있다.

2.4 상대속도

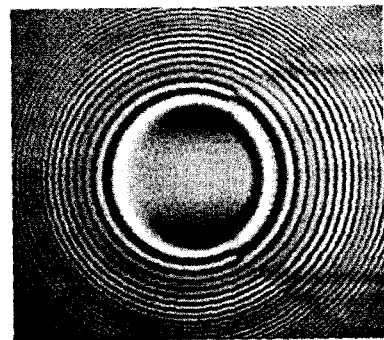


Figure 9 The image under $\Sigma = 1.60$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, $U_b = 0.03\text{m/s}$, Load 10N)

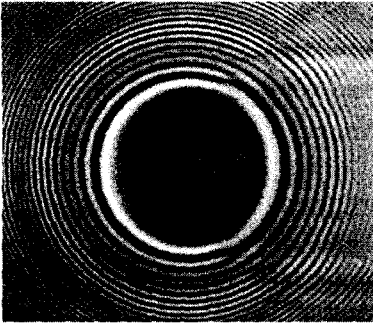


Figure 10 The image under $\Sigma = 2.4$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, - $U_b = 0.03\text{m/s}$, Load 10N)

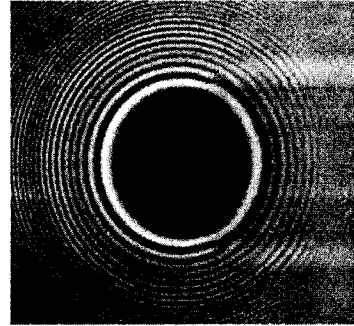


Figure 14 The image under $\Sigma = 3.7$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, - $U_b = 0.09\text{m/s}$, Load 10N)

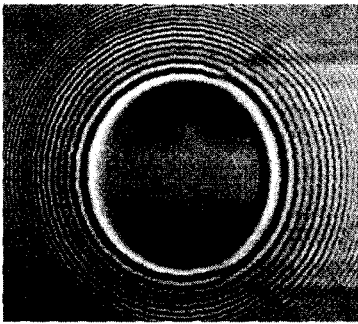


Figure 11 The image under $\Sigma = 1.6$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, $U_b = 0.03\text{m/s}$, Load 20N)

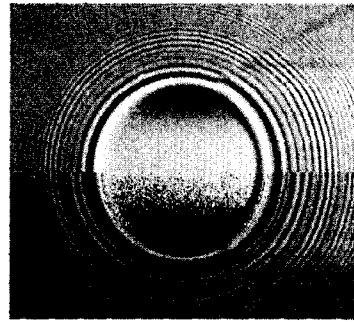


Figure 15 The image under $\Sigma = 1.07$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, $U_b = 0.09\text{m/s}$, Load 20N)

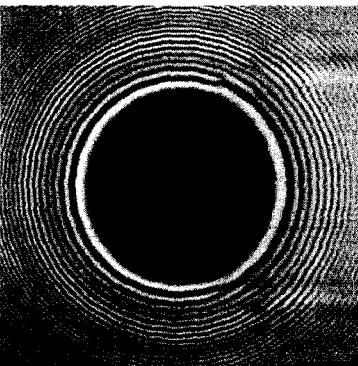


Figure 12 The image under $\Sigma = 2.4$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, $U_b = 0.03\text{m/s}$, Load 20N)

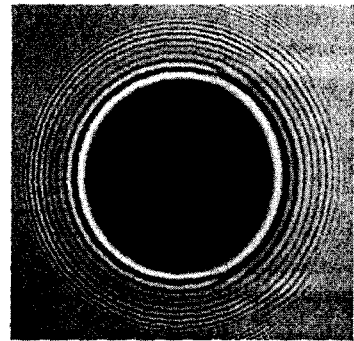


Figure 16 The image under $\Sigma = 3.7$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, - $U_b = 0.09\text{m/s}$, Load 20N)

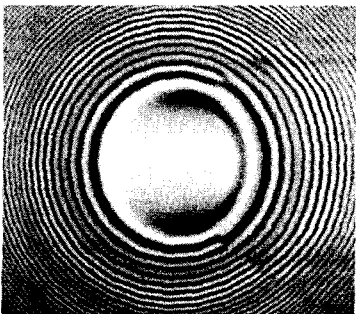


Figure 13 The image under $\Sigma = 1.07$ ($U_d = 0.3\text{m/s}$, $U_b = 0.09\text{m/s}$, Load 10N)

Figure 9-16까지는 각각 10N, 20N 하중의 차이와 SR-ratio에 따른 유막 이미지 변화를 나타내고 있다. 같은 10N의 하중이라도 SR-ratio에 따라 유막 이미지의 색상이 다르다는 것을 알 수 있다. 글라스와 볼이 반대방향으로 회전하는 동안에 접촉면에서 상대 속도비가 클수록 유막 이미지는 공 통적으로 어두운 색을 띠는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

탄성 유체 윤활영역에서 광학간섭으로 관찰 되는 이미지를 각 운동변화에 따라서 1초당 30프레임의 속도로 찍을 수 있게 되어 더욱 정밀한 멀티그레이트 윤활유의 유막 이미지 변화를 실험을 통하여 관찰 할 수 있었다. 또한 랩뷰(Labview)를 통해 스트레인 게이지 변형량에 따른 마찰토크 변화 값을 측정할 수 있게 되어 이미지에 따른 접촉면에서의 마찰 토크값의 변화를 알 수 있었다.

참고문헌

1. G.J. Johnston, R. Waute and H. A. Spikes, "Measurement and Study of Very Thin Lubricant Films in Concentrated Contacts", Tribology Transactions, Vol.34, 187-194.
2. Hamrock, B. J., Fundamentals Fluid Film Lubricant, 1994, McGraw-Hill.
3. M. Kaneta, 1999, "For the Establishment of a New EHL Theory," Lubrication at the Frontier, Elsevier Science B.V., pp 25-36.
4. Shoichi Furuhashi et al., 엔진의 事典, Asakura Publishing Co.Ltd. 大光書林, 1994.
5. Bruce R. Munson, Theodore H. Okiishi, Fundamentals of Fluid Mechanics, John Wiley & Sons, Inc.
6. R. P. Glovnea, H. A. Spikes, 2001, "Elastohydrodynamic Film Collapse During Rapid Deceleration : Part I - Experimental Results," Trans. ASME, J. Tribology, Vol. 123, pp 254-261.
7. R. P. Glovnea, H. A. Spikes, "Behaviour of EHD films during reversal of entrainment in cyclically accelerated/decelerated motion," 56th STLE 2001.
8. M. Kaneta, 1999, "For the Establishment of a New EHL Theory," Lubrication at the Frontier, Elsevier Science B.V., pp 25-36.
9. M. Kaneta, T. Kanada, 1996, "Optical Interferometric Observations of the Effects of a Moving Dent on Point Contact EHL," Elastohydrodynamics, Elsevier Science B.V., pp 69-79.
10. M. Kaneta, H. Nishikawa, 1992, "Effects of Elastic Moduli of Contact Surfaces in Elastohydrodynamic Lubrication," J. Tribology, Vol. 114, pp 75-80.