

# 자동차 엔진오일의 사용전후에 대한 점도 및 점도지수 변화에 대한 실험적 고찰

정 석 민<sup>1)</sup>, 이 재 호<sup>2)</sup>, 최 영 아<sup>2)</sup>, 김 종 수<sup>3)</sup>

## Experimental Study on the Changes in the Viscosity and Viscosity Index of Automobile Engine Oils

S.M. Jung , J.H. Lee , Y.A. Choi , J.S. Kim

### Abstract

The present work is investigated into the changes in the viscosity and viscosity index of automobile engine oils. To measure the viscosity of used engine oils, we sampled the engine oils from several cars with shorter or longer travel distance. Kinematic viscosity of both the new and used engine oils are measured as the change of temperature. The results are shown that the viscosity of the used oils obtained from the car with a shorter travel distance are decreased than that of new oils, and the viscosity index of it is higher than the new oils. But for the engine oils sampled from the cars with a longer travel distance, the viscosity is increased and the viscosity index is lower than the new oils.

### 1. 서 론

에너지절감과 대기오염 등 공해의 억제측면에서 그리고 각 차량제조업체의 품질 경쟁에서 자동차의 성능을 향상시키려는 노력은 주로 엔진의 고출력, 고속화로 있으며 그 동안 연료분사장치, 2중 흡·배기밸브 그리고 터보장치 등의 사용으로 상당한 발전을 거듭하고 있다. 따라서 엔진의 설계와 제작기술의 발달과 함께 엔진오일의 성능이 매우 중요시되었고 그에 따라 오일제조 기업들의 자체경쟁과 노력에 힘입어 엔진성능의 향상에 많은 기여를 하고 있으며 오일사용의 장기화 등 환경 공해감소에도 기여가 크고 그 결과로 API성능등급이 계속 향상되어 현재는 SJ(가솔린 엔진용)급과 CH(디젤엔진용)급이 생산 판매되고 있다.

1) 한국해양대학교 대학원

2) 한국해양대학교 기계공학부

3) 한국해양대학교 기계·정보공학부

모든 기계가 기본성능을 유지하면서 만족한 결과를 얻기 위하여 고온, 고부하등의 가혹한 사용 환경에서 사용되는 오일의 성능 감소가 필연적으로 일어나게 되므로 적당한 기준에 의하여 오일을 교환해 주어야한다. 자동차를 사용하는 사용자의 입장에서 가장 필요한 정보는 엔진오일을 교환 한 후 언제 또는 얼마만큼 달렸을 때 또다시 엔진오일을 교환해 주어야 하는지 일 것이다. 본 연구는 이 부분에 대한 연구의 일환으로 몇 가지의 운전조건을 갖는 자동차로부터 엔진오일을 채취하여 점도 및 점도지수를 조사하였다. 그리고 한 번도 사용하지 않은 동일한 새 엔진오일에 대하여도 점도 및 점도지수를 측정함으로써 자동차 엔진오일의 사용전후에 대한 점도 및 점도지수 변화를 고찰할 수 있었으며 이를 통하여 적절한 교환주기를 추정하는 데 있어서 상당한 도움을 얻을 수 있었다.

## 2. 엔진오일의 채취 및 시험

### 2.1 오일 샘플의 채취

분석에 사용된 엔진오일은 S사의 5W-30 및 H사의 10W-30은 소형승용차로부터 추출하였고, SS사 15W-40 와 K사 15W-40은 소형트럭으로부터 채취되었으며 그 사용조건은 Table 1과 같다. 그리고 H사와 K사의 엔진오일은 차가 출고되어 엔진 길들이기를 막 끝낸 차량이었다. 시험오일은 이미 사용한 오일을 엔진에서 바로 채취하여 산화를 막기 위해 완전히 밀봉하여 보관하였고, 온도가 높지 않은 곳에서 보관하였다. 새 오일은 동일제품군 중에서 구입하였다. 사용한 엔진오일의 조건과 새로 구입한 오일에 대한 물성치는 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Nominal properties of new oils and conditions of used oils

Engine oils	Nominal properties of new oils			Conditions of used oils
	Kinematic viscosity(cSt)	Viscosity Index	density (kg/m <sup>3</sup> )	
S사 5W-30 (for gasoline)	61.47@40℃ 10.5@100℃	161	859	8000km, 7 months
H사 10W-30 (for gasoline)	67.3@40℃ 10.1@100℃	135	855	3000km, 2.5 months
SS사 15W-40 (for diesel)	110.3@40℃ 14.6@100℃	136	882	6922km, 3 months
K사 15W-40 (for diesel)	106@40℃ 14.2@100℃	136	882	3900km, 2 months

### 2.2 실험도구 및 장치

점도측정에 사용된 점도계는 Cannon Instrument사의 Ostwald식 점도계(Viscometer No 400 A65, Fig. 1)이다. 시험방법은 ASTM D 445를 표준시험을 따랐다. 일정한 온도에서 점도를 측정할 수 있는 항온조는 Fig. 2와 같다.



Fig. 1. Viscometer No400 A65

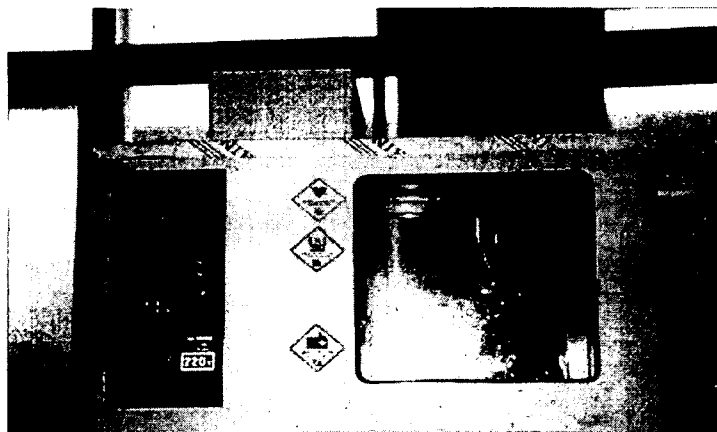


Fig. 2 Chamber for maintaining as constant temperature

### 2.3 점도측정 방법

점도계의 이상유무를 먼저 검사한 후 Ostwald 점도계에 엔진오일을 약10cc 투입한 후 항온조에 장착한다. 온도조절과 일정한 온도유지에 필요한 물 50 ℓ를 항온조에 투입하였다. 그리고 모든 점도는 30℃에서 100℃까지 10℃의 간격으로 상승시키면서 측정되었다. 각 온도구간에서 정상상태에 확실하게 도달 할 수 있도록 하기 위하여 30분 동안 유지시킨 후에 점도를 측정하였다. 측정방법은 점도계에 시험 오일을 넣고, 각 온도에서 엔진오일 류하시간(流下時間)을 측정하여 점도계 제조회사가 제공하는 동점도식을 이용하여 동점도를 구하였다. 3번을 측정하여 평균을 취하였다. 특히 이미 사용된 디젤 엔진오일의 경우 다량의 불순물 함유로 인해 오일의 유출여부를 육안으로는 식별이 불가능하여 조명기구를 이용하여 빛을 투사하면서 류하시간(流下時間)을 측정하였다.

점도계 제조회사가 제공하는 동점도 산출공식은 다음과 같다.

$$\nu [cSt] = t(\text{sec}) * C_o (1 - B [T_T - T_F]) \quad (1)$$

$$C_o = 1.155, \quad B = 81 \times 10^{-6} \left( \frac{1}{C} \right)$$

여기서 t는 류하시간이고, T<sub>T</sub> 및 T<sub>F</sub>는 각각 항온조와 실험실내부의 온도이다

### 3. 측정결과와 고찰

Fig. 3은 S사의 가솔린 엔진오일의 사용전후에 따른 점도 변화를 보여주고 있다. 사용하였던 엔진오일의 동점도가 사용 전에 비해 증가함을 보이고 있으며 온도가 상승함에 따라 그 차이가 점차 줄어들음을 보이고 있다. 이는 엔진오일의 산화 등으로 인하여 윤활유의 점도가 높아졌음을 알 수 있다. 그리고 Fig. 4는 디젤엔진차량으로부터 추출한 엔진오일에 대한 사용전후의 점도 변화를 보여주고 있다. 가솔린 차량에 비하여 점도의 증가폭이 매우 높음을 보여주고 있다. 이는 시내주행만을 주로 하는 가솔린 차량에 비해 화물운송을 주로 하는 디젤엔진차량의 경우가 높은 압축비 뿐만 아니라 보다 과속한 운전조건하에서 있었음을 의미한다. 또한 디젤엔진에 사용되는 경유가 실린더 내에서 가솔린보다 더 많은 슬러지 등 오염 물질을 배출하기 때문에 오일의 점도를 증대되었다고 볼 수 있다. 그리고 전체적으로 가솔린 차량용 엔진오일에 비하여 디젤 차량용 엔진오일의 점도가 훨씬 높는데 이는 디젤엔진이 보다 과속한 운전조건을 갖기 때문으로 생각된다.

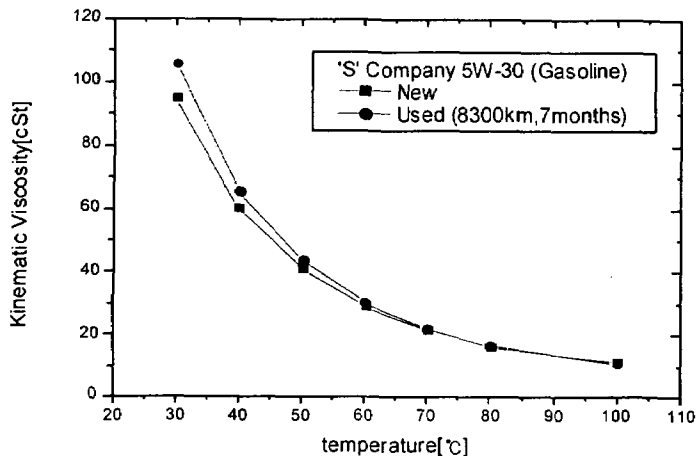


Fig. 3 Comparison of viscosity between new and used oils of 'S' company(5W-30, for gasoline)

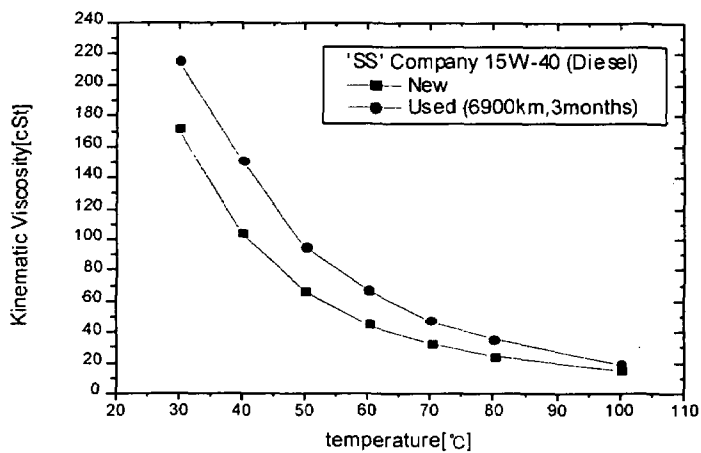


Fig. 4 Comparison of viscosity between new and used oils of 'SS' company(15W-40, for diesel)

그러나 엔진 길들이기를 막 끝낸 차량에서 채취한 오일의 사용전후에 따른 점도 변화를 Fig. 5와 6에서 나타내고 있는데 이는 앞의 경우와 크게 다르다. 즉, 새 오일에 비하여 사용된 오일의 경우가 오히려 점도가 더 낮게 됨을 보여주고 있다. 이는 일반적인 상식과는 상반될 수 있는 결과

이나 몇몇의 다른 연구자들의 결과에서도 이와 비슷한 결과들을 볼 수 있었다.

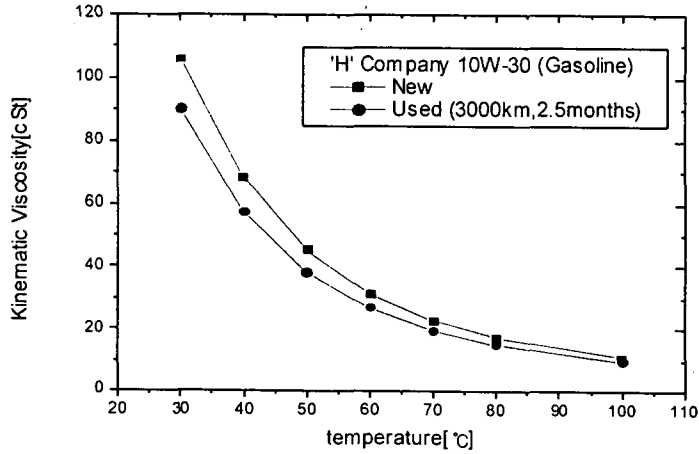


Fig. 5 Comparison of viscosity between new and used oils of 'H' company(10W-30, for gasoline)

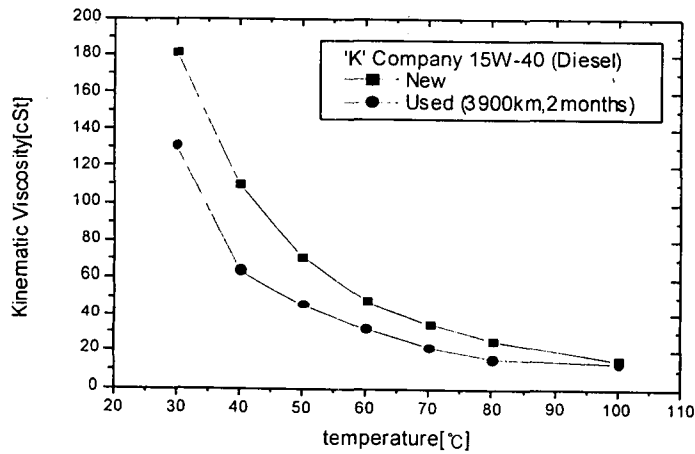


Fig. 6 Comparison of viscosity between new and used oils of 'K' company(15W-40, for diesel)

이는 엔진오일의 사용초기에는 고분자의 폴리머들의 체인(chain)들이 끊어지면서 점도가 감소하기 때문이다. 따라서 일반적인 엔진유포는 초기에는 점도가 오히려 감소하다가 이 시점이 지나게 되면 산화에 의하여 다시 점도가 올라가게 된다. 즉, 엔진오일을 교환한 후 처음 얼마동안은

엔진이 더 부드러워지고 또 연비도 향상되다가 어느 정도 지나면서 점점 소음과 연비가 나빠지는 쪽으로 진행되어 나간다고 볼 수 있다. 그러나 이와 같은 초기의 점도 저하는 엔진오일의 성능에 영향을 줄 정도는 아니고 적정수준 범위(최대10% 정도의 수준)에서 조정이 되도록 설계하고 있다. 한편 위 실험의 차량과 같이 신차에서 채취한 오일에는 잔존 주물사 등 비 자성입자와 비교적 큰 금속입자가 오일 속에 포함되어 있을 가능성이 높기 때문에 이러한 폴리머의 전단이 더욱더 가속화 될 수도 있다고 볼 수 있다.

이러한 결과들을 통하여 볼 때 일반적으로 3000-4000km에서 엔진오일을 교환하는 것이 오히려 가장 나쁜 때일 수 있음에 유의하여야 한다. 즉, 그 정도 달렸을 때가 엔진오일이 가장 잘 길들여져 있다고 볼 수 있다. 그리고 가솔린 엔진오일에 비하여 디젤 엔진오일의 교환 주기가 좀더 빨라 할 필요가 있다고 판단된다.

한편 엔진오일의 사용에 따른 점도지수의 변화는 Fig. 7에 나타내고 있다. S사와 SS사의 엔진오일은 사용 후에 점도지수가 감소하였으나 그 양이 극히 미약하였으며, H사와 K사의 엔진오일의 경우에는 사용 후에 점도지수가 상당히 증가하였음을 알 수 있다. 즉, 사용 초기에는 점도가 전체적으로 낮아 질 뿐만아니라 점도지수는 더욱 높아져서 엔진 오일의 점도성능이 보다 향상된다고 볼 수 있으며 이후 더 오랫동안 윤활유를 사용하게 되면 다시 점도는 증가하고 점도지수는 낮아져서 전체적으로 보다 나쁜 쪽으로 진행되어 나간다.

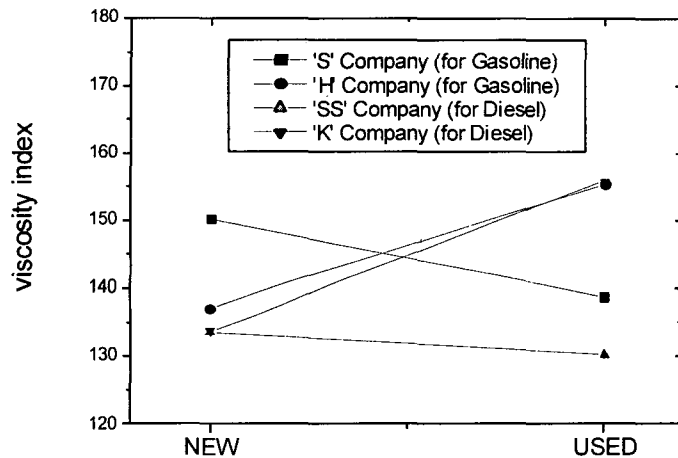


Fig. 7 Comparison of viscosity index between new and used oils

새 오일과 사용된 오일에 대한 온도에 따른 동점도 및 점도지수에 대한 결과들을 Table 2에 중

합하여 정리하였다. Table 1에서 엔진오일 제조회사에서 제공하는 점도지수와 본 실험에서 새 오일에 대하여 측정된 결과와는 S사의 경우(약 6.8% 오차)를 제외하면 거의 일치하는 결과(2%이내의 오차)를 얻었다.

Table 2 Comparison of viscosity and viscosity index between new and used oils

Engine oils		Kinematic Viscosity[cSt] in temperature[°C]						VI
		30(°C)	40	50	60	70	80	
S사 5W-30 (for gasoline)	new	94.6	59.9	40.9	29.3	21.4	16.3	150
	used	105.8	65.2	43.5	30.2	21.9	16.4	138.7
H사 10W-30 (for gasoline)	new	106	68.3	45.1	31.4	22.7	17.2	137.1
	used	90.2	57.3	37.9	26.9	19.4	14.9	155.4
SS사 15W-40 (for diesel)	new	170.8	103.8	65.9	45	32.1	23.8	133.4
	used	215.4	150.6	94.8	66.4	47.3	35.2	130
K사 15W-40 (for diesel)	new	181.9	110.1	70.5	47.9	34	24.9	133.7
	used	131.1	63.2	45.7	31.6	21.2	15.5	155.9

#### 4. 결론

적절한 엔진오일의 교환주기를 예측하기 위한 일환으로 가솔린 및 디젤 엔진의 엔진오일에 대한 사용전후에 따른 점도 및 점도지수의 변화를 조사하였다. 그 결과들을 정리하면 다음과 같다.

사용 초기에는 윤활유의 분자체인이 전단 되면서 점도는 감소하면서 점도지수는 증가하고, 어느 정도 더 지나면 다시 산화에 의하여 점도가 증가하면서 점도지수는 낮아지게 된다. 이와 같은 변화량은 가솔린 차량에 비하여 디젤차량에서 보다 크게 일어난다. 그러므로 3000-4000km에서 오일을 교환하는 것은 가장 최적인 상태의 오일을 교환하는 것과 같은 결과가 될 수 있음을 알 수 있었다. 최적의 교환주기를 추천하기에는 본 실험의 양이 충분하지 못하지만, 디젤차량의 경우에는 가솔린 차량보다 보다 자주 엔진오일을 교환 할 필요가 있음을 알 수 있었다. 엔진오일의 최적 사용 한계를 초과하여 계속 사용될 경우에는 오일의 점도 및 점도지수가 악화되므로 에너지손실이 증가하게 되고, 소음 및 연비의 악화 등으로 엔진의 성능이 가속적으로 감소하게 되어 차량의 수명단축이나 엔진의 고장발생을 초래할 수도 있음을 알 수 있었다.



## 참고문헌

- [1] 이봉구, "Tribology 개론", 동명사, 1996
- [2] 강석춘, 호광일, "디젤 엔진 오일의 사용에 따른 물성변화에 관한 연구", 한국자동차공학회지, Vol.4, No.1, pp.1~15, 1996
- [3] 강석춘, "가솔린 엔진 오일의 사용에 따른 기계적 성질의 변화에 관한 연구", 한국윤활학회지, 제 9권, 2호, pp.36~48, 1993
- [4] KIA 자동차 고객 센터, "엔진오일 관련 자료", KIA 자동차
- [5] Loather, H. V., "Some Factor Affecting Engine Oil Consumption", Paper 867 SAE Nov, 1956
- [6] Georgi, C.W, "Some Effects of Motor Oils and Additives on Engine Oil Consumption," Paper 238 SAE Annual Meeting, Detroit, 1954
- [7] Selby, T. W, "A Comparison of the Effects of Cranking Speed and Oil Viscosity", Paper 805, SAE Jan, 1964
- [8] 강석춘, "자동차 엔진오일의 마찰특성에 관한 연구", 한국자동차공학회지, Vol.13, No.4, 1991
- [9] 안정기, "자동차 공학과 정비", 동연출판사, 1995
- [10] 김재휘, "자동차기관 I (오토기관)", 중원사, 1995
- [11] GB기획센터저, "자동차구조학", 골든벨, 1999