

고점도지수(VHVI)운활기유를 사용한 엔진유의 고성능화 (제1보)

문 우 식, 이 증 훈, 한 수 국
(주) 유공 대덕연구소

1. 서론

자동차의 설계 및 재질의 변경을 통한 연비향상이 지속적으로 진행되고 있는 가운데 최근 엔진유의 저점도화를 통한 연비향상이 주목되고 있다 [1].

엔진유를 통한 연비향상에는 저점도화를 통한 유체운활영역에서의 마찰손실 감소와 저마찰첨가제의 사용을 통한 방법이 있는데, 최근 저마찰형으로 설계된 엔진에서는 후자보다는 전자의 효과가 큰 것으로 알려져 있다.

그러나, 저점도화에 따른 문제점도 수반되는 바, 엔진유의 설계시 운활기유의 선택 및 첨가제의 처방에 주의하여야만 한다.

최근 상품화된 API SH 및 ILSAC GF-1 급 엔진유의 경우 SAE 5W/30으로 개발하기 위해서 일반적으로 합성유 또는 VHVI (Very High Viscosity Index) 기유를 일정비율로 배합하거나 정밀정제한(Narrow Cut)광유를 사용하고 있다. 저자의 연구에 의하면 일반 광유계 기유를 사용할 경우 7.5W/30급 엔진유의 연비점감성능이 가장 우수하다는 결론을 얻은 바 있다[2].

현재 국내에서는 10W/30 및 10W/40이 주종이지만 향후 연비향상에의 요구에 부응하고 가혹해질 ILSAC 규격을 만족하는 제품개발을 위해서는 고성능기유를 조속히 확보할 필요가 있다. 본고에서는 최근 개발되고 있는 VHVI 기유의 사용을 통하여 가솔린엔진유를 고성능화하고자 수행한 연구개발과정에서 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

2. VHVI 운활기유의 특성

고성능 엔진유를 제조하기 위하여 중

래부터 첨가제 배합기술, 신규 첨가제 개발뿐만 아니라 엔진유의 대부분을 구성하는 기유의 고성능화가 추진되어 오고 있다. 첨가제의 효과는 기유의 종류 즉 탄화수소의 구성성분에 따라서도 크게 달라지게 되기 때문에 기유의 최적선택 및 배합비의 최적화가 필요하다.

특히 저점도화를 위하여 저점도의 기유를 사용할 경우 오일소모량의 증가로 배기에의 악영향뿐만 아니라 오일 보충량의 증대도 필요하게 된다.

따라서 특히 고성능을 요구하는 오일의 경우 PAO (Poly-Alpha-Olefin) 및 에스테르 등의 합성유를 배합하여 왔으나 매우 고가이기 때문에 그 사용이 극히 제한적이었다.

그러나 새로운 공정으로 제조되는 석유계 운활기유인 VHVI 기유의 등장으로 합성유가 아닌 석유계 고성능 기유를 사용함으로써 합성유에 필적하는 성능을 가지면서도 비용이 비교적 저렴한 고성능엔진유의 개발이 가능하게 되었다.

최근에 수소화분해법을 이용하여 개발된 VHVI 기유의 대표물성치를 Table 1에 기존기유 및 PAO형 합성유와 비교하여 나타낸다.

Table에 나타낸 바와 같이 일반기유에 비하여 고온점도(100℃)가 높은 반면, 저온(-20℃, -25℃) 점도가 낮아 합성유(PAO)에는 미치지 못하지만 우수한 점도특성을 가지고 있다.

또한 포화탄화수소의 함량이 99% 이상이며, 증발감량(250℃, 1h)이 매우 낮아 엔진유의 저점도화시 산화안정성 및 오일소모량 감소 측면에서 우수한 특성을 기대할 수 있다. 유동점은 기존기유와 동등한 수준이며, 합성유와의 차이가 크나, 유동점감하제의 첨가로 그 차이는 줄일 수 있다.

Table 1 Properties of Base Oils

	SR150N	HT150N	PA06	VHV16	SR100N	HT100N	PA04	VHV14
Viscosity								
100°C, cSt	5.3	5.1	5.9	6.0	4.1	4.3	3.9	3.9
40°C, cSt	30.3	29.8	31.0	-	20.2	20.9	17.1	-
-20°C, cP	1950	2100	700	1750	780	800	low	640
-25°C, cP	3600	3800	1300	2800	2000	2200	490	960
Vis-Index	108	99	135	-	100	108	124	-
Pour Point								
, °C	-12.5	-15.0	-65	-15.0	-15.0	-15.0	-64	-17
Volatility								
(Noack), %	15.1	16.6	6.9	7.9	16.5	19.5	14.3	14.1
Saturate, %	74	~99	100	~99			100	~99
Aromatic, %	26	<1	0	<1			0	<1

3. VHV1 기유와 고성능엔진유의 개발

고성능엔진유를 만들기 위해서는 우수한 성능을 가지는 기유에 고성능의 첨가제를 선택하여 배합해야만 한다. 최종 성능은 기유와 첨가제의 상호작용에 의하여 최종적으로 결정되지만 기유 및 첨가제의 고유의 성능이 또한 존재하기 때문에 이들의 균형잡힌 배합비의 도출이 중요하다고 하겠다.

예로서 5W/30급 엔진유의 경우 점도 지수가 150 이상이기 때문에 VHV1 기유 또는 합성유를 사용하더라도 점도지수 향상제를 첨가하지않고는 제조할 수 없다. 그러나 점도지수향상제는 엔진에의 퇴적물을 증가시키는 작용도 하기 때문에 가능한 한 첨가량을 억제하는 것이 바람직하다. 따라서 점도지수가 높은 기유를 사용하는 것이 유리한 것은 당연한 결론이 된다.

또한 산화안정성을 향상시키기 위하여 아무리 많은 양의 산화방지제를 첨가하더라도 한계가 있으며 기유자체의 산화안정성이 중요하게 되며, 또한 윤활유가 열화되게 되면 첨가제의 열화도 촉진시킨다. 때문에 윤활유의 대부문을 차지하는 기유를 고성능화하여

이러한 제성능에 대한 내구성은 물론 점도특성 등의 물성을 향상시킴으로써 엔진유의 고성능화가 가능하다.

이하에서는 VHV1 기유를 사용을 통한 엔진유의 점도특성 및 제성능의 개선 효과에 관하여 기술하고자 한다.

3.1 점도 및 일반물성

서두에서 언급한 바와 같이 엔진유의 연비성능 향상을 위한 엔진유의 저연비화가 지속적으로 이루어지고 있으며, 장래에는 5W/X 급 오일만을 ILSAC (International Lubricant Standardization and Approval Committee)에서 승인할 가능성도 있다.

이와 같은 저점도의 다급점도엔진유를 제조하기 위해서는 고분자화합물질인 점도지수향상제를 다량 첨가해야만 한다. 이러한 고분자물질은 엔진내에서 사용중 배어링 및 피스톤/실린더부위 등에서 고전단응력이나 고온의 영향으로 분해된다. 이에 의한 점도저하 뿐 만 아니라 고전단유하에서는 일시적인 점도저하도 일어나기 때문에 고하중의 엔진운전시 윤활불량이 되기 쉽고, 분해된 점도지수향상제는 엔진퇴적물의

증대에도 기여하기 때문에 이의 첨가량은 작은 것이 바람직하다.

이러한 점도지수향상제의 감소라는 관점에서 점도지수가 높은 VHVI 기유는 매우 유리한 점이 있다. Table 2에는 5W/30 및 10W/30 급 엔진유 배합식의 예 및 시험 결과들 보인다.

Table 에 나타낸 바와 같이 기존의 100N기유를 사용할 경우(A,B) 5W/30 급의 엔진유를 제조하기 어렵음 뿐만 아니라 점도지수향상제의 투입량도 VHVI 기유사용의 경우(C) 보다 약 60% 증가된다.

또한, VHVI기유(VHVI4)를 약 40% 배합

Table 2 Formula and Properties of 5W/30 and 10W/30 engine oils

Lubricants	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Viscosity grade	5W30	10W 30	5W30	5W30	5W30	5W30	5W30	10W 30	10W 30	10W 30
Formula, wt% (Base Oil)										
100N: SR100N	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HT100N	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-
VHVI 4	-	-	40.0	40.0	40.0	-	-	-	-	-
PA04	-	-	-	-	-	20.0	20.0	-	-	-
150N: SR150N	-	-	-	60.0	-	80.0	-	100	-	-
HT150N	-	-	-	-	60.0	-	80.0	-	100	-
VHVI 6	-	-	60.0	-	-	-	-	-	-	90.0
500N: SR500N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.0
(Additive)										
DI Package VII*		API SH/ILSAC GF-1 GRADE DETERGENT						INHIBITOR		
	9.0		5.8	7.3		7.0		5.5		2.4
Viscosity										
@ 40 °C, cSt	61.9	65.1	58.2	62.0	60.9	65.7	64.3	67.9	65.5	65.9
@ 100 °C, cSt	10.4	10.7	9.83	10.2	10.1	10.5	10.3	10.5	10.2	10.2
@ -20 °C, cP	-	-	-	1900	1700	2050	1950	3300	3300	3200
@ -25 °C, cP	3500	4100	3300	3400	3400	3500	3500	-	-	-
Vis-Index	157	154	155	153	152	149	148	142	141	141
Volatility (250 °C, 1h), %	19.9	20.9	12.2	14.9	14.9	13.3	14.5	14.8	17.0	9.5
Deposit, mg (Panel Coker Test)	98.9	98.0	82.5	83.8	89.0	113	98.5	82.8	96.8	77.8

* Olefin Co-Polymer Type Viscosity Index Improver

하면 기존의 150N으로도 5W/30급오일의 제조가 가능하다(D,E). 합성유(PA04)를 사용할 경우(F,G)의 배합량인 20 ~ 30% 보다는 많으나 점도지수향상제의 소요량은 거의 동일하다.

Fig.1 에는 저온에서의 점도특성을 Scanning Brookfield Viscometer [3]를 사용하여 측정된 결과를 나타낸다. 같은 5W/30급의 엔진오일이지만 VHVI 기유를 사용한 오일C의 저온점도특성이 기존기유를 사용한 오일A보다 우수한 것을 알 수 있다.

10W/30급 오일의 경우(H,I,J) VHVI기유의 사용으로 점도지수향상제 사용량을 절반이하로 감소할 수 있다.

점도지수향상제의 감량으로 퇴적물의 생성량도 감소되는데, 오일C가 오일A보다 퇴적물이 약20% 감소되는 결과를 주고 있다. (Table 2.)

저점도화를 위하여 저점도의 기유를 사용하게 되면 증발에 의한 오일소모가 증가되는데 이는 배기가스에 악영향을 주기 때문에 ILSAC규격 등에서는 증발감량의 상한선을 규정하고 있다. 이러한 규격은 향후 더욱 가혹해질 것으로 예상되기 때문에 증발감량이 적은 고성능기유의 사용이 필수적으로 될 것이다.

Table 2 에도 나타낸 바와 같이 기존기유로 5W/30을 만들 경우 증발감량 약 20%이나(A,B) VHVI기유 및 합성유를 일부 또는 전부 사용할 경우 15% 이하로 억제할 수 있다.

3.2 열화에 따른 성능변화

이상에서는 VHVI의 우수한 점도특성 및 물성으로 고성능의 엔진유를 제조할 수 있다는 것을 기술하였다. 엔진유에는 위에서 언급한 점도특성외에도 산화안정성, 침전분산성, 내마모성 등의 여러가지 성능을 구비할 필요가 있다 이를 위하여 산화방지제, 침전분산제, 마모방지제 및 마찰저감제 등이 첨가되는데, 이들은 사용중에 열화 및 소모되어 지속적으로 엔진유의 성능에 영향을 주게된다.

점도지수향상제의 열화에 의한 퇴적물 증가는 앞에서 기술한 바가 있

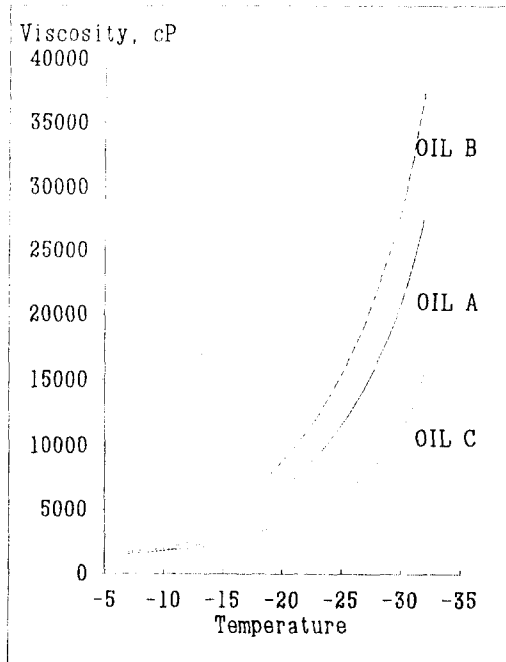


Fig. 1 Viscometric Characteristics at Low Temperature of 5W/30 Engine Oils

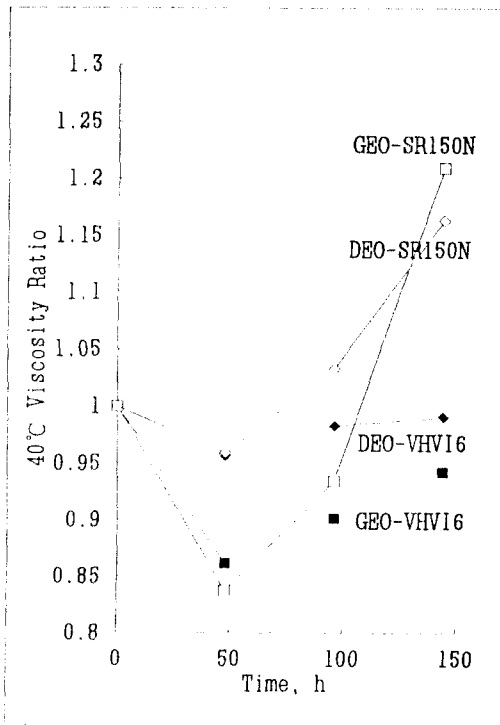


Fig. 2 Change in Viscosity with Degradation at High Temperature

지만, 첨가제의 열화에 따라서 점도의 저하도 일어나게 된다(Fig.2). 그림에서 보듯이 초기의 점도저하는 고분자량첨가제의 열화에 의하여 발생하는 것이며 이후의 점도증가는 기유의 산화 및 증합에 의한 점도증가이다.

VHVI기유를 사용한 오일이 초기점도저하 및 이후의 점도증가에서 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다. 이는 기유(VHVI)의 산화안정성이 우수할 뿐만 아니라 고분자량첨가제의 분해도 억제한다는 것을 의미한다.

Fig.3은 열화에 따른 적외선흡광도(1710 1/cm)의 변화를 나타낸 것이다. 신유에서의 흡광도는 분산제에 의한 것이며 열화에 따라 증가되는 것은 산화에 의한 C=O기의 증가를 나타낸다. 열화시간에 따라 지속적으로 증가되고 있으며 VHVI기유를 사용한 경우가 역시 산화안정성에서 우수함을 보여주고 있다.

점도변화 및 산화생성물의 증가 외에도 대부분의 첨가제가 열화되어 엔진유의 성능변화에 영향을 준다. Fig.4는 열화에 따른 슬러지생성량의 변화를 나타낸 것이다. 신유의 경우, 가솔린엔진유에서는 VHVI기유와 기존기유와의 사이에 슬러지 생성량의 차이가 없으나, 디젤엔진유에서는 기존기유의 슬러지 생성량이 적다. 그러나, 144h 열화유에서는 VHVI기유를 사용한 오일들의 슬러지 억제 성능이 월등히 우수하여 신유보다도 오히려 슬러지 생성량이 적는데 이는 열화생성물과의 상승작용으로 열화유의 분산성이 좋아졌음을 의미한다. 즉, 산화생성물의 작용으로 분산제의 용해성이 좋아졌거나 산화생성물 자체가 분산성을 가지고 있기때문일 것이다.

반면, 기존기유를 사용한 경우는 열화생성물의 증가로 분산능력을 거의 잃어버린 것으로 판단된다.

또한 고온열안정성을 평가하는 바니쉬 생성에서도 Fig.5에 나타낸 바와 같이 VHVI 사용의 경우가 우수한 성능을 주고 있다.

마찰마모 특성에서는 가솔린엔진유 및 디젤엔진유의 신유 및 열화유의 모든 경우에 VHVI기유 사용오일이 상대적으로 저마모량 및 저마찰계수로

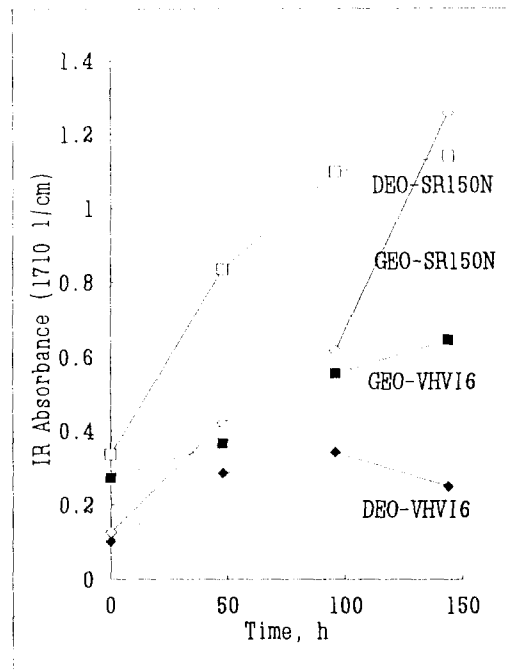


Fig. 3 Change in IR Absorbance with Degradation at High Temperature (ISOT, KS M2021, 165.5°C, 144 h)

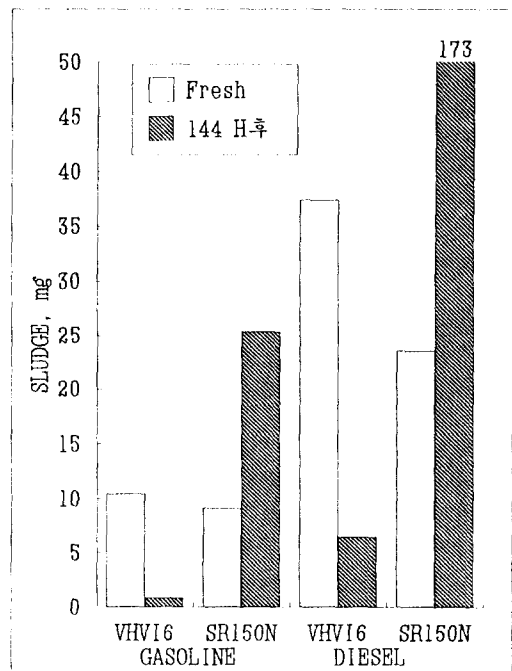


Fig. 4 Sludge Control Characteristics (95°C/RT + 140°C SOAKING)

우수한 성능을 나타내고 있다.(Fig.6 및 Fig.7)

4. 결론

최근 개발되고 있는 VHVI 기유를 사용하여 엔진유를 대상으로 물성 및 벤치싱 시험 결과 다음과 같은 결론을 얻었으며, 향후 엔진시험을 통한 성능확인이 필요하겠다.

- 가. VHVI 기유는 우수한 점도특성 및 저증발성을 가지고 있어 기존기유 사용시보다 우수한 엔진유의 제조가 가능하다.
- 나. 조사한 모든 성능 즉 산화안정성, 슬러지 및 바니쉬 억제성능, 마찰 마모특성 등에서 기존기유보다 우수한 성능을 가진다.

< 참고문헌 >

1. 문우식, 대한기계학회지, 제32권, 제11호, 1992, 927-937.
2. 문우식외, 한국자동차공학회지 논문집 제 1권 3호, 1993, 46-54, SAE 933763.
3. ASTM D5133-90

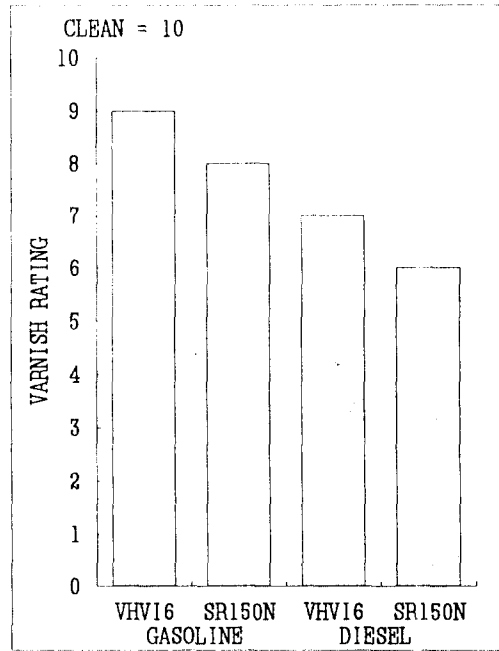


Fig. 5 Varnish Control Characteristics (Hot Tube Test, 260 °C, 16 h)

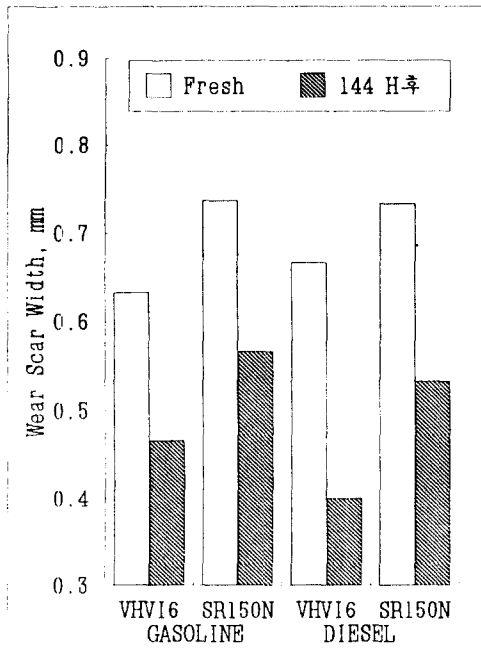


Fig. 6 Wear-Preventing Property of VHVI-Oil-Blended Engine Oil (Ball-on-Disk : 200N, 50°C, 50Hz)

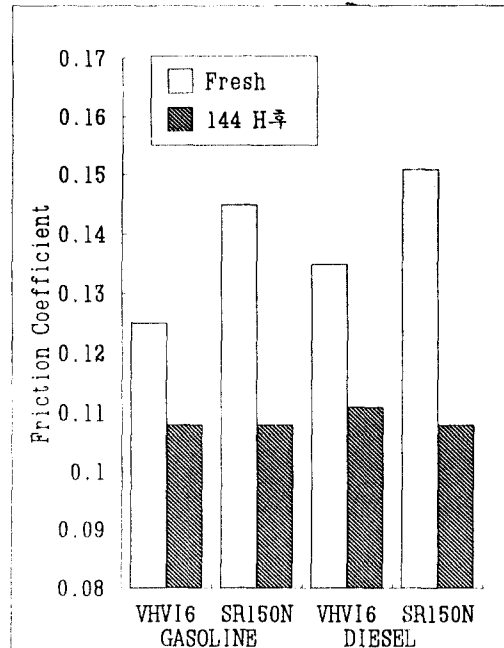


Fig. 7 Friction Coefficient of VHVI-Oil-Blended Engine Oil (Ball-on-Disk : 200N, 50°C, 50Hz)