

VHVI 윤활기유(고도의 수침 분해 윤활기유) 제품적용

SK(주) 대덕기술원 조 용 래 선임연구원
SK(주) 윤활유사업팀 윤 춘 배 대 리

1. 서 론

향후 등장할 가솔린 엔진유의 ILSAC GF-3규격 등 최근 윤활유의 요구성능이 점점 가혹해지고 있기 때문에 일반 윤활기유만을 사용하여 제조하여 규격을 만족하기는 점점 어렵게 되어지고 있다.

이러한 변화에 따라 점차적으로 VHVI 윤활기유(고도의 수침 분해 윤활기유)의 필요성이 증대되어지고 있다.

VHVI 윤활기유의 차량용 윤활유, 산업용 윤활유, 특수 윤활유 등 다양한 적용처와 우수한 성능에 대하여 알아보기로 하자.

2. VHVI 윤활기유의 적용

VHVI 윤활기유는 <표 1>에 나타낸 바와 같이 대부분의 윤활유제품에 적용하여 우수한 윤활성능을 얻을 수 있다.

표1> VHVI 윤활기유의 적용처

차량용 윤활유	산업용 윤활유	특수 윤활유
1. 가솔린엔진유	1. 유압유	1. 열매체유
2. 디젤엔진유	2. 터빈유	2. 열처리유
3. 기어오일	3. 압축기유	3. 절연유
4. 자동변속기유	4. 진공펌프유	4. 금속가공유
5. 트랙터오일	5. 접동면유	5. 섬유용오일
6. 속압쇼바 오일		6. 프로세스유
		7. 유동파라핀

VHVI 윤활기유를 적용한 윤활유는 일반 광유계 윤활기유를 적용한 윤활유보다 많은 이점을 제공하는 것은 표2>

에 나타낸 바와 같은 여러가지 특성을 지니고 있기 때문이다.

표2> VHVI 윤활기유 적용 윤활유의 특성과 원인

특 성	원 인
저온점도 특성 우수	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 점도지수 • 적은 왁스함량
우수한 마모방지 성능	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 점도지수 • 적은 방향족 화합물 함량
적은 오일소모	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 휘발성 • 좁은 비점범위
높은 인화점 / 발화점	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 휘발성
열안정성 / 산화안정성 우수	<ul style="list-style-type: none"> • 적은 방향족 화합물 함량 • 첨가제 응답성 우수
퇴적물 감소	<ul style="list-style-type: none"> • 고온 열안정성 우수
환경 친화력 우수	<ul style="list-style-type: none"> • 낮은 휘발성 • 적은 방향족 화합물 함량

가. 유럽형 최고급 가솔린 엔진유

최고급 유럽형 10W/40 엔진유는 엄격한 휘발성 규격과 고온고전단 점도 규격을 충족시키기 위해 약간의 특수한 윤활기유를 사용해야 한다.

일반적으로 특수 윤활기유의 사용량은 해당규격을 충족시키면서 가장 낮은

원가확보가 되는 최적점에서 결정되어진다.

다음은 합성윤활기유 PAO를 적용한 최고급 유럽형 10W/40 엔진유를 보다 경제적인 VHVI윤활기유로 대체한 결과이다.

해당제품의 품질은 다음과 같다.

점도등급	일반규격	OEM 규격
SAE 10W-40	ACEA A3/B3 API SJ/CD API CF	VW 500/505 BMW MB 229.1

PAO 6 15%를 VHVI 5 윤활기유 18%로 대체하였다.

VHVI 5는 100N 등급인 VHVI 4와 150N 등급인 VHVI 6를 혼합하여 제조한 130N등급의 VHVI윤활기유이다.

또한 적용된 용제추출 윤활기유는 유럽지역에서 널리 적용되는 145N, 150N

등급으로 동일 회사의 동일제품이나 점도등급이 약간 다른 제품이다.

두제품의 배합식과 일반물성을 표 3>에 나타내었는데 저온점도, 휘발성, 고온고전단 점도 등의 항목에서 두제품은 동등함을 알 수 있다.

표 3> ACEA A3/B3, SAE 10W-40 엔진유의 배합식 및 물성

	VHVI윤활기유 적용	PAO 적용	규격
청정분산제, wt%	13.0	13.0	
점도지수향상제, wt%	10.6	10.0	
SR 145N 윤활기유, wt%	58.4		
SR 150N 윤활기유, wt%		62.0	
VHVI 5 윤활기유, wt%	18.0		
PAO 6		15.0	
동점도 @100℃, cSt	14.5	14.5	12.5~16.3
점도지수	151	152	
CCS 점도. @-20℃, cP	3270	3210	< 3500
고온고전단 점도s., cP	3.90	4.06	> 3.5
Noack 증발감량, wt%	11.8	12.1	< 13.0

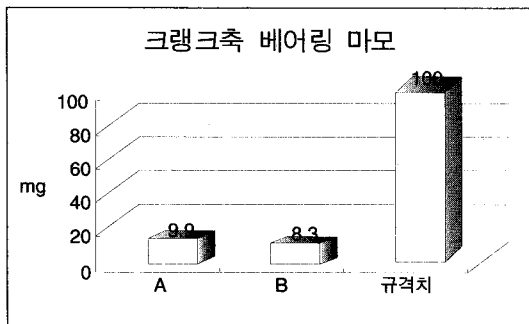
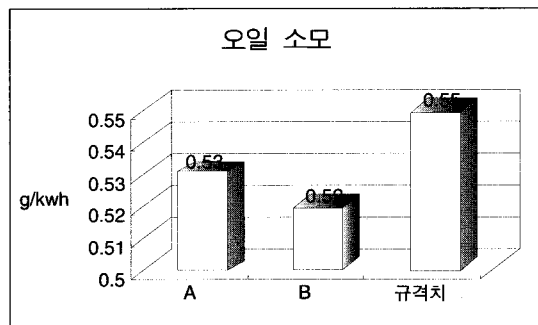
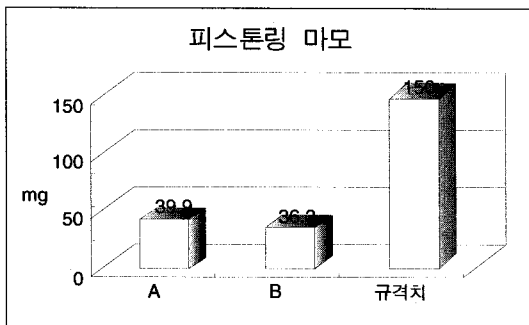
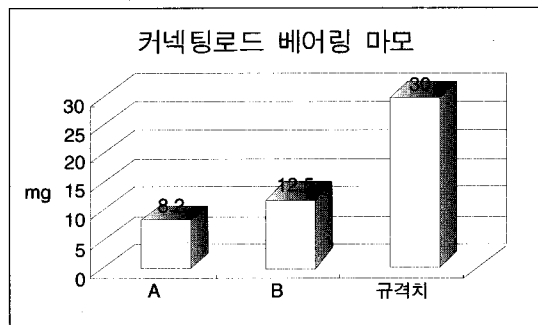
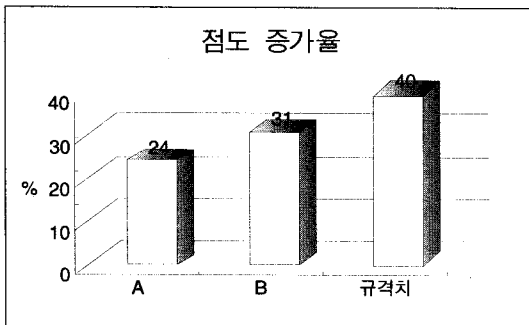
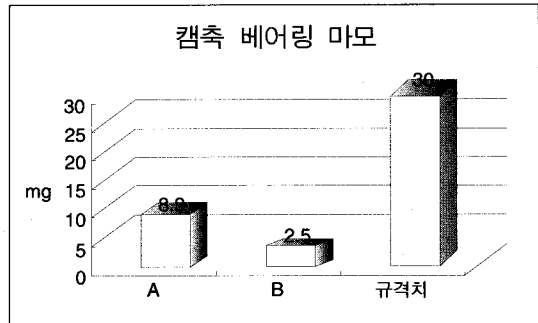
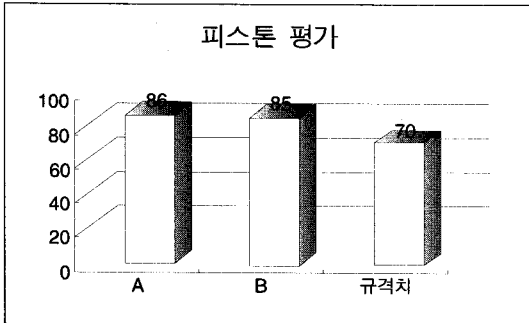
다음은 상기 두 제품에 대한 폭스바겐사의 사용 승인을 획득하기 위해 실시한 VW 1302 엔진시험 결과이다.

그림 1>의 VW 1302 엔진시험은 오일의 마모방지성능과 청정성을 평가하는 시험으로 PAO 및 VHVI 윤활기유 적용

시료 모두 청정성과 산화안정성의 해당 규격을 충족하는데 문제가 없었으며 매우 우수한 마모방지 성능을 나타내고 있다.

그림 1> VW1302 Engine Test

A : VHVI 윤활기유 적용 제품, B : PAO 합성윤활기유 적용제품



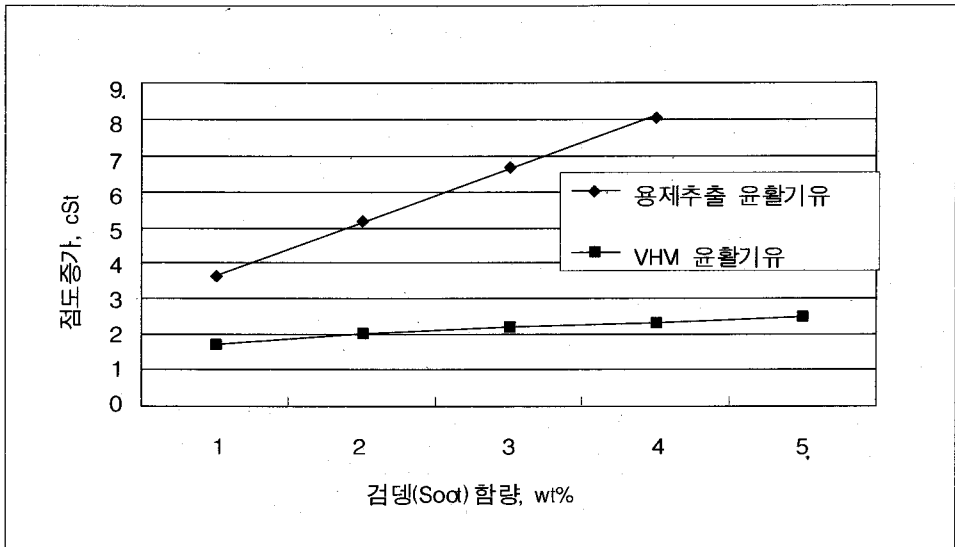
나. 복미형 최고급 디젤 엔진유

환경규제로 인해 등장한 저황분(황함량 0.05wt%) 디젤 연료유에 맞추어 설계된 API CG-4급 엔진유에서 SAE 10W-40 점도유를 제조할 경우에 용제 추출 윤활기유 또는 수첨개질 윤활기유를 적용시는 해당 규격을 충족하는데

어려움을 겪게 되는데 특히 검댕(Soot) 분산성을 평가하는 Mack T-8 엔진시험에서 좋지 못한 결과를 얻게 된다.

다음 그림 2>는 오일중의 검댕 함량과 점도 증대와의 상관관계 시험결과이며 VHVI윤활기유의 뛰어난 검댕 분산성을 알 수 있다.

그림 2> 윤활기유의 검댕 분산성능



일반 광유계 윤활기유로 SAE 10W-40 최고급 디젤엔진유 제품을 제조시 많은 양의 점도지수향상제가 소요되어 고온에서 퇴적물 형성이 많으며 점도지수향상제의 기계적 전단에 의한 점도저하로 마모증대, 저점도윤활기유 사용에 의한 오일소모 증가 등으로 해당규격의 엔진 시험을 통과하기 어렵게 된다.

반면에 VHVI 윤활기유를 적용한 SAE 10W-40 제품은 아래와 같이 우수한 고온 청정성을 나타내고 있으며 윤활기유 자체의 낮은 휘발성으로 인하여 오일 소모가 매우 적음을 알 수 있다.

이것의 배합식과 물성 및 고온퇴적물 방지성능 시험인 Caterpillar 1N 엔진 시험 결과를 표 4>, 표 5>에 나타내었다.

표 4> API CG-4/SH, SAE 10W-40 엔진유의 배합식 및 물성

	VHVI 적용	규격
DI 첨가제, wt%	13.3	
점도지수향상제, wt%	10.5	
유동점강하제, wt%	0.2	
VHVI 6, wt%	76.0	
동점도 @100℃, cSt	14.0	12.5-16.3
점도지수	152	
CCS 점도 @-20℃, cP	3300	<3500
고온고전단점도, cP	4.15	>2.9
Noack 휘발성, wt%	8.7	

표 5> API CG-4/SH, SAE 10W-40 의 Caterpillar 1N 엔진시험결과

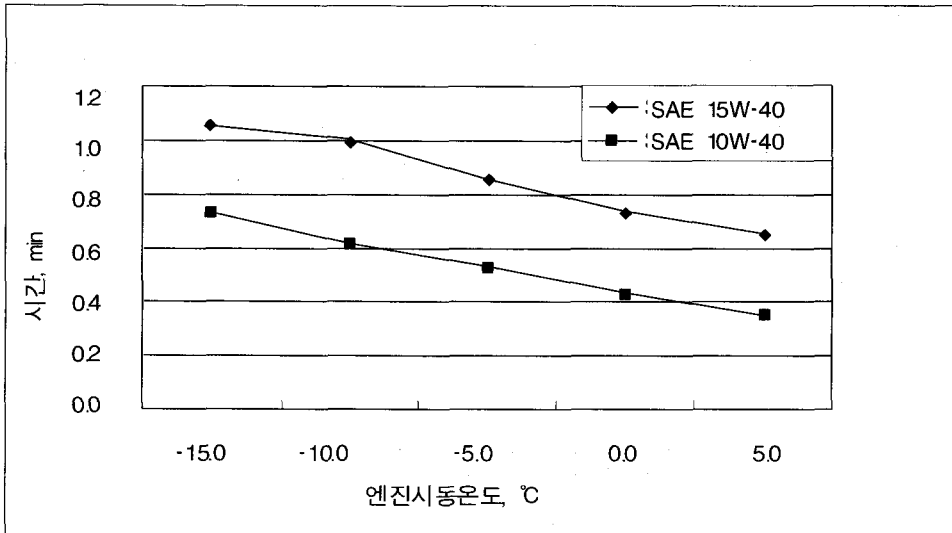
	시험결과	규격치
Weighted Demerits - N	183.7	286.2 max.
Top Groove Fill, %	7	20 max.
Top Land Heavy Carbon, %	0	3 max.
BSOC, g/Kwh	0.12	0.5 max.
Piston Scuffing, %	0	
Piston Ring Scuffing, %	0	
Piston Liner Scuffing, %	0	
Piston Ring Sticking	없음	없음

* BSOC : Brake Specific Oil Consumption

일반적으로 엔진의 총마모량 중에 약 70%가 시동초기에 발생된다고 알려져 있다. 따라서 시동초기에 엔진의 각 부위로 신속히 윤활유가 공급 되는 것은 매우 중요한데 상대적으로 저점도의 다급점도유는 이러한 측면에서 유리하다

고 볼 수 있는데 그림 3>의 시험결과는 SAE 10W-40 디젤엔진유의 완전 유회에 소요되는 시간(Oiling Time)이 SAE 15W-40 대비 상대적으로 적음을 보여 주고 있다.

그림 3> 디젤엔진의 완전유회환 소요시간



다. 고점도지수 유압유

다음은 고점도지수 유압작동유에 대한 VHVI유회환기유의 적용사례이다.

표 6>에서와 같이 ISO VG 46 제품에 적용한 결과 용제추출 유회환기유대비 점도지수향상제의 투여량이 30% 정도 절

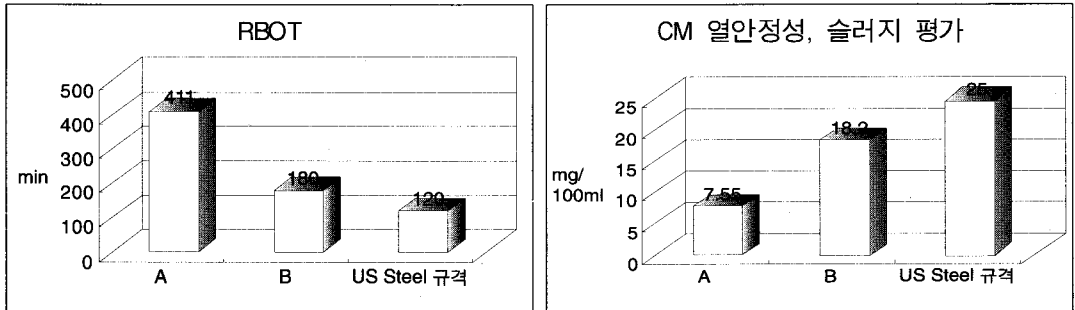
감 되었는데 이것은 고온에서 높은 전단안정성을 지니는 고점도지수 유압유 제조가 가능함을 의미한다.

또한 물성과 산화안정성등에서 용제추출 유회환기유 적용제품대비 상대적으로 우수한 결과를 보였다.

표 6> ISO VG 46 고점도지수 유압유의 배합식 및 물성

	용제추출 유회환기유 적용	VHVI 유회환기유 적용
첨가제, wt%	1.0	1.0
점도지수향상제	6.0	4.2
SR 150N	92.0	
SR 500N	1.0	10.0
VHVI-6		84.8
동점도 @40°C, cSt	45.6	45.1
점도지수	160	160
유동점, °C	-40	-45
항유화성, ml(min)	40-40-0 (10)	40-40-0 (5)
방청성	합격	합격

그림 3> ISO VG 46 HVI유압유 산화안정성 시험결과



A : VHVI 윤활기유 적용 제품, B : 용제추출 윤활기유 적용제품

라. 특수 윤활유

1) 절연유

일반적으로 절연유는 우수한 절연성, 저온성능, 우수한 열안정성, 산화안정성, 우수한 부식 방지성, 산화/열 안정성 등이 요구되어진다.

일반적으로 VHVI 윤활기유는 나프텐

윤활기유대비 유동점과 가스 흡습성이 안좋기 때문에 사용이 제한적이지만 VHVI 윤활기유 생산 mode의 변경과 적정 아로마틱 유분의 적용으로 이와 같은 단점을 보완할 수 있다.

아래의 표7>은 윤활기유에 따른 절연유 관련 성상을 비교한 것이다

표7>윤활기유에 따른 성상

	나프텐 윤활기유	HT 파라핀 윤활기유	VHVI 3 (저유동점)
동점도 @40℃, cSt	11.73	8.38	12.12
인화점, PMCC, ℃	136	144	194
유동점, ℃	-33	-21	-42
동판부식 @100℃/3hrs	2-a	1-b	1-a
유동점점, %	<0.001	0.002	0.03
절연 파괴전압, Point/Sphere @3.2mm, kV	48	90	77.5
가스 흡습성 @8KV/50℃, (μl/min)	-19	-4	+31
산화안정성 @125℃/75Hrs TAN, mgKOH/g	0.20	0.38	0.19
체적저항율 @80℃, Ωcm×10 ¹⁵	-	-	1.63

생산 mode의 변경으로 VHVI 3(저유동점)과 같은 낮은 유동점의 제품 생산이 가능하고 가스 흡습성은 아래와 같

이 1%의 C13 Aro.의 적용으로 개선 효과를 볼 수 있다.

	VHVI 3 (저유동성)	VHVI 3(저유동점)+ +1% C13Aro.
가스흡습성 @8KV/50°C, $\mu\text{l}/\text{min}$	+31	-23

2) 스프레이 오일

스프레이 오일이란 과실수의 Scales, 진드기, Insect 등의 해충으로 인한 질병으로부터의 보호를 위해 분무하는 오일을 말한다. 화학 농약제와는 달리 스프레이 오일은 해충이 내성을 갖지를 않는다

스프레이 오일로 사용되어지는 유제는 식물에 유해성이 없어야 하기 때문에 적절한 비점범위를 가져야 하며 아로마틱 함량이 적어야 한다.

아래의 표 8>과 같이 VHVI 윤활기유를 활용하여 제조한 스프레이 오일을 작물에 평가한 결과 화학 농약제와 동등한 효과를 볼 수 있었다.

표 8> 스프레이 오일 평가 결과

	스프레이 오일	화학 농약제
시험장소	제주도	
적용처	감귤 응애류	
적용방법	1% 유화 스프레이 오일	0.2% Tebufenpyrad
% 퇴치율		
3일차	93.8	100
7일차	98.7	100
14일차	99.4	99.7
21일차	99.4	99.5
약해	없음	-

VHVI 윤활기유는 그 외에도 유동파라핀, 섬유용 오일등 다양한 적용처를 가지고 있다.

3. 결 론

VHVI윤활기유는 합성윤활기유인 PAO만큼 유동점은 우수하지는 못하지만 유동점강하제에 대한 응답성이 탁월하여 저온성능이 우수하며 점도특성, 산화안정성, 휘발성 등의 일반성상 및 성능에서 PAO와 유사한 수준이므로 합성윤활기유급 성능을 확보하면서 상대적으로 경제적인 윤활유 제조가 가능하게 되었다.

VHVI윤활기유의 등장은 소비자들로 하여금 보다 낮은 가격으로 합성유급 윤활유제품을 접할 수 있는 기회를 제공하게 되었다.

선진국가에서 윤활유 완제품의 수요증가율이 연간 2-3% 수준인 반면에 이중 합성유는 2003년까지 매년 약 7%의 성장이 예측되고 있으며 국내의 윤활유 수요증가율은 이것보다 높으나 향후 선진국형으로 수요형태가 변화될 전망이다. 따라서 국내의 모두 VHVI윤활기유를 적용한 윤활유 제품은 우수한 성능과 경제성으로 인하여 그 사용이 보편화 될 것이라고 전망된다.

그리고 가혹한 요구규격의 윤활유 제품을 제조하는데 VHVI윤활기유는 매우 유용하고 향후 VHVI윤활기유의 적용처는 섬유용 오일, 파라핀계 프로세스유, 스프레이 오일 등의 특수윤활유 분야로 적용처가 확대 될 전망이다.

<< 참고 문 헌 >>

1. Lubrizol Co., "Hydroprocessed Oils : A new Additive Approach", News Line Vol.15 No.14, Aug.,1997 Engineering, Nov. 1997.
2. Stephen M. Hsu, National Bureau of Standards, " Characterization of Lubricating Base Stocks for Automotive Crankcase Oils" National Bureau of Standards Special Publication 584, Nov. 1980.
3. Michael Dowling, Exxon Chmical Co., "Basestock Options for High Quality Lubricants", 1994
4. B. A. Narloch, M. A. Chippey and M. W. Wilson, "Process for Paraffinic White Oil Containing a
5. High Proportion of Isoparaffins", US patent 5453176.
6. Fumikatsu Tokiwa, "Surfactant a comprehensive guide" Kao Corporation, page 107~180, 1983
7. Exxon Chemical Co., "Basestock Properties and Lubricant Performance", Dec.,1989