

ILSAC GF3 가솔린엔진유 개발

류재곤, 조연근, 문우식
SK 주식회사 대덕기술원

Development of ILSAC GF3 Gasoline Engine Oil

JaeKon Ryoo, YunGuen Cho, WooSik Moon
Daeduk Institute of Technology, SK Corporation

ABSTRACT – ILSAC GF 3/API SL specification will be adopted in July 2001. The background and characteristics of GF3 specification is reviewed. GF3 specification consists of five new engine tests, two new bench tests and new limits on three bench tests currently used to define ILSAC GF-2. GF 3 engine oil shows good performance compared to GF2 engine oil in fuel efficiency, protecting ability the emission catalyst and high temperature oxidation stability.

Key word – GF 3 specification, Fuel Efficiency, oxidation stability

1. 서론

2001년 7월부터 가솔린 엔진유 신규격 ILSAC GF3/API SL(이하 GF3라 함)이 적용된다. GF3 규격은 1996년 1월 북미와 일본의 자동차 제조사로 구성된 ILSAC (International Lubricant Standardization and Approval Committee)이 가솔린 엔진유 신규격의 개발을 SAE에 공식 요청하면서 논의가 시작되었다. 자동차 제조자들은 ILSAC GF2급 엔진유는 2000년대 초반에 나오는 엔진에 적합하지 않다고 본 것이다. ILSAC의 제안에 대해 SAE는 타당성 검토를 거쳐 신규격의 필요성을 인정하고 1997년 5월에 ASTM에 1998년 12월 개발 완료를 목표로 새로운 승용차 엔진유 성능등급(category)의 제정을 의뢰하였다[1]. 그러나 규격 내용 중에서 신규 개발되는 일부 시험 항목의 정확성과 가혹도가 문제가 되어 규격 제정이 당초 목표에 비해 1년 10개월 지연된 2000

년 10월에야 규격을 확정하였다. 규격 제정의 지연을 만회하기 위해 규격 제정 후 보통 1년이던 준비 기간을 9개월로 단축하였으며 의무 사용 시점도 2002년 4월로 정하였다. 이는 GF3 엔진유에 대한 자동차 제작자들의 큰 기대를 단적으로 보여주는 것이다.

가솔린엔진유의 규격은 1980년대까지만 해도 현장에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 제정되었다. API SE, SF, SG가 여기에 해당된다. 그러나 1990년 이후에는 지구 온난화 방지, 자원절약, 환경 보호에 대한 요구가 강화됨에 따라 이를 충족하기 위한 특성이 규격에 포함되며 규격이 바뀌기 시작했다. API SH/ILSAC GF1, API SJ/ILSAC GF2가 여기에 해당된다[2]. GF3 규격도 이런 추세를 이어 가지만 선행 GF2 규격에 비해 연비 향상과 배기 정화 촉매 보호 성능이 강화된 외에 연비의 지속성까지 포함된 것

이 큰 차이점이라 볼 수 있다[3]. 본고에서는 GF3 규격의 특징을 살펴보고 GF3 오일의 성능을 GF2 오일과 비교 설명하였다.

2. ILSAC GF3 규격의 특징

GF3 규격은 5 개의 새로운 엔진시험과 2 개의 신규 벤치 시험법 그리고 GF2 규격에 사용된 4 개 벤치시험의 새로운 규격값으로 특징지어진다. 표 1 에 GF3 의 규격을 GF2 와 비교하여 나타내었고 이하는 각 시험에 대해 기술하였다.

표 1 ILSAC GF-2 규격과 GF-3 규격 비교

Engine Test Requirements	GF-2	GF-3
Engine Rusting	Sequence IID	Ball Rust Test
Wear and Oil Thickening	Sequence IIIE	Sequence IIIF
Sludge and Varnish	Sequence VE	Sequence VG
Valvetrain wear	N/A	Sequence IVA
Bearing Corrosion	L-38	Sequence VIII
Fuel Efficiency	Sequence VIA	Sequence VIB
Bench Test Requirements		
Volatility	Noack or GCD	Noack and GCD
High Temperature Deposit	TEOST	TEOST MHT-4
Filterability	EOFT	EOFT
Foaming Tendency	ASTM D 892	ASTM D 892
High Temperature Foaming	ASTM D 6082	ASTM D 6082
Shear stability	L-38	Sequence VIII
Homogeneity and Miscibility	FTM 791C	FTM 791C
Catalyst compatibility	P content	P content

(1) 방청성(BRT, Ball Rust Test)

BRT 는 Sequence IID 의 엔진이 더 이상 생산되지 않음에 따라 이 시험법을 대체하기 위해 개발된 새로운 벤치 시험법이다. BRT 는 hydraulic lifter ball 을 오일에 넣고 산(acid)과 공기를 18 시간 접하게 한 후 표면의 부식도를 측정하여 오일의 방청성을 평가한다. BRT 는 오일의 전염기가(TBN)와 관련이 깊은 것으로 알려져 있다.

(2) 고온 청정성,내마모성(Sequence IIIF)

Sequence IIIF 는 고온 고속 운전조건에서 오일의 산화안정성 및 마모방지성을 평가하는 시험법이다. Seq. IIIF 는 Seq. IIIE 의 대체 시험법으로 벨브트레인을 플랫폼 태프트로 바

꾼 GM 3800 series II V-6 엔진을 사용하여 시험한다. 윤활유의 고온 마모를 평가하기 위해 캠샤프트와 리프트의 재질을 특별한 것을 사용하고 오일의 산화를 촉진하기 위해 고온 고속 운전을 한다.

Seq. IIIF 는 Seq. IIIE 에 비해 오일의 온도도 높고 시험시간도 길며 엔진의 출력도 높아진 반면 점도상승률의 한계는 낮아지고 퇴적물의 생성도 낮은 것을 요구하는 등 시험의 가혹도는 높아졌다고 볼 수 있다.

(3) 내마모성(Sequence IVA, KA24E)

KA24E 는 JASO 시험법을 수정하여 ASTM 의 요구조건을 맞춘 것이다. 이것은 새로운 시험법으로 Sequence VE 의 내마모성 평가를 대체한다. 이 시험법은 저온 저속 조건에서 윤활유의 벨브 트레인 마모방지성을 평가한다.

(4) 저온슬러지 방지성(Sequence VG)

Sequence VG 는 Sequence VE 의 슬러지 바니쉬 평가법을 대체한 시험법이다. Seq VG 엔진이 롤러 벨브 시스템을 지니기 때문에 Seq VE 의 마모평가는 KA24E 로 대체되었다. Seq VG 시험법의 가혹도는 Seq.VE 와 비슷한 정도인 것으로 알려져 있다.

(5) 연비성능(Sequence VIB)

Sequence VIB 시험법은 롤러 팔로워 벨브 트레인이 장착된 포드 4.6L SOHC V-8 엔진을 시험에 사용한다. 시험은 연비개선의 지속성이 중요해짐에 따라 신유 상태의 연비개선 뿐만 아니라 열화를 시킨 후에 연비개선을 평가한다. 다양한 속도, 하중, 온도 조건에서 연료 소모량을 측정하며, 동일 조건에서 시험한 기준유(Baseline calibration oil)와 비교하여 연비개선율을 평가한다. 기준유는 5W30 의 합성유를 사용하며 결과는 기준유 대비 연비개선율을 백분율로 나타낸다.

연비개선의 지속성은 4000 마일 주행후 조건을 모사한 것이다.

GF-3 에서 연비개선 성능은 GF-2 에 비해 상당히 강화된 항목으로 초기 연비 개선을 위한 마찰저감제의 선정 뿐만 아니라 연비내구성을 유지하기 위해서는 오일의 열화에 의한 점도증가로 인한 연비 악화를 막기 위한 처방도 필요하게 되었다.

(6) 부식방지성(Sequence VIII, Unleaded L-38)

L-38 시험은 오일의 동면(copper-lead) 배어링 부식 방지성과 전단에 의한 영구 점도저하 저항성을 평가하는 시험법이다. 종전의 L-38 은 유연 가솔린을 사용하였는데 유연가솔린이 점차 사라짐에 따라 무연가솔린으로 연료를 전환한 것 외에는 엔진과 시험조건이 동일하다. 따라서 부식방지성 측면에서 종전의 오일과 GF-3 오일의 차이는 크지않을 것으로 전망된다.

(7) 증발성

오일의 증발성은 오일 소모와 밀접한 관계가 있어 사용자에게 편의를 제공하면서 동시에 유해 배기가스도 줄이기 위해 신규격이 도입될 때마다 규격이 계속 강화된 항목이다. GF-3 에서는 규격의 한계를 줄이는 것 뿐만 아니라 두가지 시험법의 동시 만족을 규정하고 있는 점은 증발성 규격 강화의 일면을 보여 주는 것이다. 즉 GF-2 에서는 증발성 평가를 Noack Volatility(ASTM D 5800) 또는 GCD(ASTM D 2887, D5480)중에서 한가지만으로 시험하여 각각 22%와 17%의 한계를 충족하면 되었지만 GF-3 에서는 상기 두 시험법으로 시험하여 각각 15%와 9%를 만족하여야만 한다.

(8)소포성

고온 소포성의 한계가 GF-2 보다 낮아지게 된다. 이것은 aeration 으로 인한 소음을

줄이고 오일의 열화를 억제하기 위한 것이다.

3. GF3 엔진유의 성능 평가 및 검토

GF3 엔진유의 특징을 평가하는데 사용한 시료의 물성은 다음 표 2 에 나타내었다. GF2 오일과 GF3 오일 모두 Group III 기유를 사용하였고, 점도지수향상제는 olefin copolymer 를 사용하였다. GF3 규격에서는 배기 가스 정화 촉매의 피독을 방지하기 위해 오일 증발량을 대폭 줄였으며 이를 맞추기 위해서는 Group II+ 이상의 기유를 사용하여야 한다. 표 2 에의 시험유는 Noack volatility 가 모두 10% 이하로 규격 15% 를 여유있게 만족하고 있다.

표 2 시험유의 물리화학적 특성

	GF2 oil	GF3 oil
Specific Gravity, 15/4°C	0.8509	0.8512
Viscosity @40°C, cSt	65.51	63.72
Viscosity@ 100°C, cSt	10.99	10.56
Viscosity Index	160	155
CCS @-25°C, cP	2950	3340
TAN, mgKOH/g	2.15	3.00
TBN, mgKOH/g	5.36	7.03
Pour Point, °C	-35.0	-37.5
Flash Point, °C	232	225
Noack Volatility, %	9.1	9.4

3.1. 연비 특성

GF3 엔진유가 GF2 엔진유 및 그 이전 성능 등급 오일과의 가장 큰 차이점은 연비개선 항목 중 연비 지속성이라 할 수 있다. 다른 속성들, 예를 들면 산화안정성, 슬러지 방지성, 마모 방지성, 부식방지성 등은 이전 규격에도 포함되어 있었는데 GF3 에서는 시험방법이 바뀌거나 규격값이 변한 것에 불과하지만 연비 지속성은 GF3 규격에 새롭게 도입된 개념이며 연비의 중요성을 강

조한 예라 할 수 있다.

일반적으로 윤활유를 통한 연비 향상은 엔진 내부에서 발생하는 마찰 손실을 줄여 줌으로써 얻을 수 있다. 윤활유를 통해 마찰 손실을 줄이는 방법으로 저점도화와 저마찰화가 있다. 저점도화에 의한 연비개선은 메인 베어링과 같은 유체윤활영역에서 점도가 낮을수록 고속 주행 조건에서 점성 저항이 낮아지기 것을 이용한다. 최근에 들어 토요타, 포드 등은 연비 향상을 위해 공장충진유의 점도를 5W20으로 낮추고 있는 것도 이를 이용하고자 하는 것이다.

한편 저마찰화를 이루기 위해서는 마찰조정제를 사용하게 된다. 마찰조정제가 주로 작용하는 영역은 경계마찰 또는 혼합마찰 영역으로 벨브트레인 부위와 피스톤 링과 실린더 라이너 사이의 윤활에 해당된다.

다음 그림 1은 GF3 엔진유와 마찰조정제(FM, Friction Modifier)가 포함되어 있지 않은 엔진유의 마찰 특성을 왕복동시 마찰시험기(Optimol 모델)를 통해 시험한 결과이다. 시험은 면접촉으로 엔진의 속도에 따른 특성을 관찰하기 위해 상대 운동 속도를 변경시키며 마찰계수를 측정하였다. FM의 효과로 전 영역에서 마찰계수 낮게 나타났다. 이것은 엔진의 실린더 헤드 마찰 시험에서도 같은 결과를 보여주고 있다.

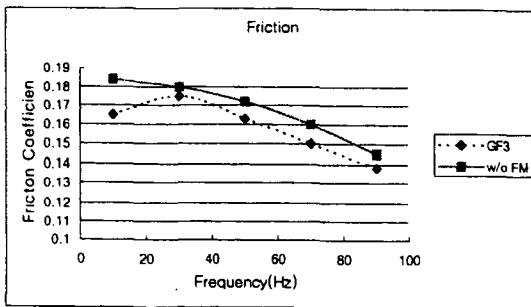


그림 1 GF3 엔진유의 마찰 특성

GF3 엔진유의 연비 개선 지속성을 평가하기 위해 실차 시험을 한 결과를 그림 2에 나타내었다. GF3 규격의 Seq VI B 연비 시험을 조건을 이용하여 신유 상태에서의 연비와 일정 거리 주행 후의 연비를 샷시 동력계를 이용하여 측정하였다. 샷시 동력계 시험은 EPA FTP 75 방법에 준하여 수행하였다.

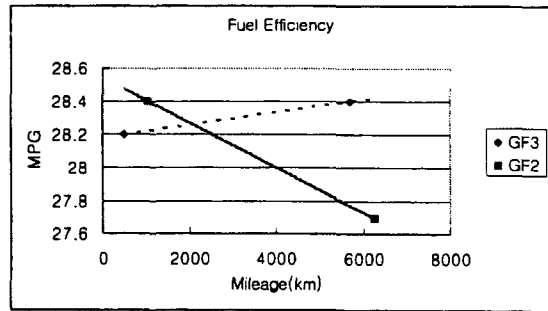


그림 2 GF3 오일의 연비 지속성 평가

시험 결과에 의하면 GF2 오일의 경우 주행거리가 증가함에 따라 연비가 신유 대비 급격히 감소하고 있다. 반면 GF3 오일의 경우 오히려 연비가 향상되는 결과를 보여주고 있다. 그러나 여기서 한가지 감안해야 할 사항은 오일의 aging 과정 중에 연료가 바뀌었다는 것이다. 2000년 후반기부터 당사에서 판매하는 가솔린에 연비를 향상시키는 마찰 조정제를 넣기 시작했다. 연료를 통해 주입된 마찰 조정제가 금번 시험 결과에 영향을 미쳐서 GF3 오일에서의 연비가 증가된 것으로 판단된다. GF2 오일의 경우는 연비 저하량이 연료중의 마찰 조정제 영향으로 좀 줄어든 것으로 추정되며 이를 감안한다면 GF3와 GF2 오일의 연비 지속성의 차이는 더 큰 것으로 판단된다. 여기서 GF3 오일과 GF2 오일 간의 신유 상태에서의 연비의 차이는 시험 차량의 차이로 우열을 구분하는 것은 큰 의미가 없다.

3.2 고온 산화안정성

GF3 엔진오일에서 연비 특성과 함께 강조되는 특성이 고온 산화안정성이다. 특히 고온 디파짓 방지성은 엔진의 사용조건이 점차 가혹해지고 또 엔진이 정밀해짐에 따라 GF3에서 특히 강조하는 특성중의 하나이다. 고온 산화안정성은 엔진 동력계를 이용하여 평가하였다. 시험조건은 표 3 과 같으며 평가 결과는 표 4 와 그림 3 에 나타내었다.

표 3 고온산화안정성 시험 조건

Test Method	JASO M 333 modified
Test Engine	Hyundai Tiburon 2.0
Test Hours	96
Load	60Nm
RPM	4800
Oil Temperature	150°C

표 4 고온산화안정성 시험결과

		GF2	GF3
Piston	1 st Ring Land	3.88	5.26
	Oil Ring Groove	9.49	9.65
	Skirt	9.99	9.98
Sludge Oil pan		9.57	9.61
Varnish Oil pan		9.92	9.25

Rating : merit system

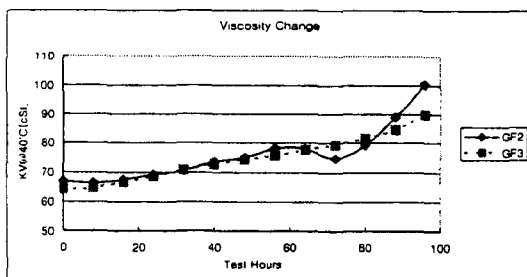


그림 3 GF3 오일의 산화안정성 시험결과

엔진 시험 후 엔진 부품의 평가에서 GF3 엔진오일은 GF2에 비해 전반적으로 양호한 결과를 보이고 있지만 그 차이는 크지 않는데 이것은 시험에서 비교유로 사용

한 GF2 오일도 group III 기유의 사용 등으로 고온 산화안정성이 양호했기 때문이다. 하지만 오일만의 열화 추세를 비교하면 GF3 오일과 GF2 오일간에 차이를 보이고 있다. 엔진 시험유를 사용시간별로 샘플링하여 점도를 측정된 결과를 그림 3에 나타내었다. GF3 오일이 GF2에 비해 점도 상승이 적어 고온 산화안정성이 양호하다는 것을 보여주고 있다. GF2 오일에서 일시적인 점도 감소는 오일의 보충으로 인한 것이다.

3.3 실차 시험

GF3 엔진유의 품질을 평가하기 위해 실차시험을 하였다. 실차시험은 일반 승용차를 이용하여 실시하였으며 평소의 주행습관을 그대로 따랐으며 시험을 위해 주행조건을 바꾸거나 연료에 변화를 주는 일은 하지 않았다. 시험은 비교를 위해 GF2 엔진유와 동시 실시하였으며 시험에 참여한 차량은 16대이며 시험기간은 6개월이다. 그림 4와 그림 5에 점도 변화와 철 마모분의 변화를 각각 나타내었다.

먼저 점도의 변화를 살펴보면 대부분의 시험유가 점도가 감소하여 8000km 주행 시점까지 신유 점도를 회복하지 못하고 있다. 점도 변화 추세를 보면 사용 초기에 급격히 감소했다가 점차 점도가 증가하는 모양을 보이고 있다. 점도 감소의 원인으로는 점도

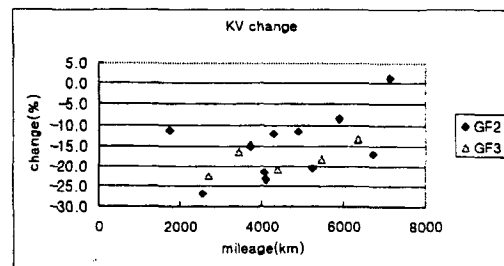


그림 4 실차시험 결과 - 점도 변화

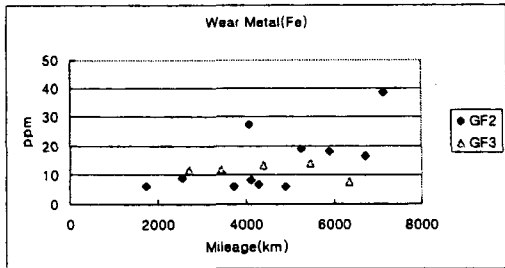


그림 5 실차시험 결과 - 금속마모분(Fe)

지수향상제의 진단과 연료유 회석을 들 수 있다. 사용유 중의 연료유 혼입량은 주행거리와 관계없이 거의 일정하다고 보면 사용 초기 점도 저하는 점도지수 향상제의 진단 때문이며 점차 오일의 산화가 진행되며 점도 증가가 일어난다고 보아진다. GF3 오일과 GF2 오일간에 점도 변화 추세에서 차이는 보이지 않는다. 이것은 GF3 오일과 GF2 오일간의 성능 차이가 없었기 때문이 아니라 차이를 나타낼 만큼 시험기간이 길지 않은 탓으로 여겨진다.

한편 그림 5는 엔진의 보호성능을 알 수 있는 철 마모분 양을 검출한 결과이다. 이 역시 점도 변화에서와 마찬가지로 GF3와 GF2 오일 간에 우열을 보이지는 않고 있으며 마모금속의 절대량 면에서 두 오일 모두 아주 양호한 엔진 보호성능을 보여주고 있다.

4. 결론

이상에서 GF3 규격의 배경 및 특징을 살펴보고 GF3 오일의 성능을 GF2 오일과

비교하였다. 본고에서 비교유로 사용한 GF2 오일은 본문 중에서도 언급했듯이 group III 기유를 사용하여 오일 증발량이라든가 산화 안정성, 점도 특성이 우수하여 GF3 오일과는 큰 성능 차이를 보이고 있지는 않지만 일반기유(group 1, group 2)를 사용한 GF2 오일과 GF3 오일간에는 상당히 큰 성능 차이가 예상된다. GF3 오일의 성능상 차이점을 종합하면 다음과 같다.

- (1) 증발감량이 9%대로 배출가스 정화 촉매의 수명을 연장하여 대기 환경 보호에 큰 기여를 할 수 있다.
- (2) 연비의 향상 및 연비 지속성을 자원 절약 및 지구 온난화 방지에 기여를 한다.
- (3) 고온 산화안정성의 강화로 엔진의 정밀성을 유지한다.
- (4) 오일 소모가 적고 소포성이 우수하여 사용자의 편익이 증대된다.

참고 문헌

1. F. Fernandez, et. al. "Developing GF-3, the next automobile engine oil performance specification" 1999, Lubricants & Waxes meeting, NPRA
2. Infineum GF3 Development Notebook
3. Brent R. Dohner and Melody A. Wilk, "Fuel Economy Durability, The Key to ILSAC GF-3" 6th Annual Fuels & Lubes Asia Conference