

운 활 연 구

자동변속기 오일의 규격동향



한국화학연구원
정근우 박사

1. 서론

최근 자가용 운전자의 Easy-drive 지향과 여성 운전자의 증가에 따라 자동변속기의 장착율이 매년 증가하고 있다. 그러나 자동변속기는 토크변환기에 의한 동력손실 때문에 수동변속기에 비해 동력 전달효율이 나쁘므로 연비가 떨어지는 문제가 있어 연비향상을 위해서는 자동변속기의 동력손실을 줄이는 것이 중요한 과제이다. 이를 해결하기 위해 자동차 업계에서는 자동변속기의 구조에 대한 다양한 기술개발 및 개량을 통해 대응하고 있으며 특히 전자제어에 의한 Lock-up clutch의 slip 제어화나 one-way clutchless에 의한 소형·경량화, 변속기의 다단화 등 여러 방면으로 자동변속기의 개발 및 개량이 추진 중에 있다. 또한 오일업계에서는 이러한 자동변속기의 개량에 따른 오일의 요구물성을 만족시키기 위해 많은 노력을 하고 있으며 자동차메이커에서는 이를 규격화하고자 오일규격을 계속적으로 변경시키고 있다.

본 해설에서는 최근 외국의 자동변속기 오일 규격동향에 대해 살펴보고자 한다.^{1,2)}

2. 자동변속기 오일에의 요구사항

자동변속기 오일에 요구되는 성능으로는 연비향상과 함께 변속 시에 쾌적한 승차감을 유지시켜주고 잦은 오일교환에 따른 불편함과 금전적 부담 등을 줄이기 위해 오일의 수명연장을 통한 maintenance-free화 등이 있다. 그림 1에 자동변속기 오일의 요구특성 중 주요항목을 나타내었다. Lock-up clutch의 slip 제어에서는 shudder를 발생하지 않으면서 높은 마찰계수로 충분한 토크 전달용량을 가져야 한다.

승차감 측면에서는 저온 시에도 부드럽게 발진할 수 있는 적절한 점도를 가져야 하며 변속 시에는 변속충격을 느끼지 않는 우수한 마찰특성이 필요하다. 또한 이러한 특성이 장기간에 걸쳐 유지되어 잦은 오일교환에 따른 불편함이 없어야 한다. 최근에는 시장에서 부적합한 오일 교환을 방지하기 위해 공장에서 충전한 자동변속기 오일을 폐차 시까지 사용하는 소위 무교환 오일사용이 확대되고 있다. 따라서 자동변속기 오일은 shudder 방지수명이 길고 전단안정성이나 산화안정성이 보다 우수한 장수명의 자동변속기 오일이 요구되고 있다.

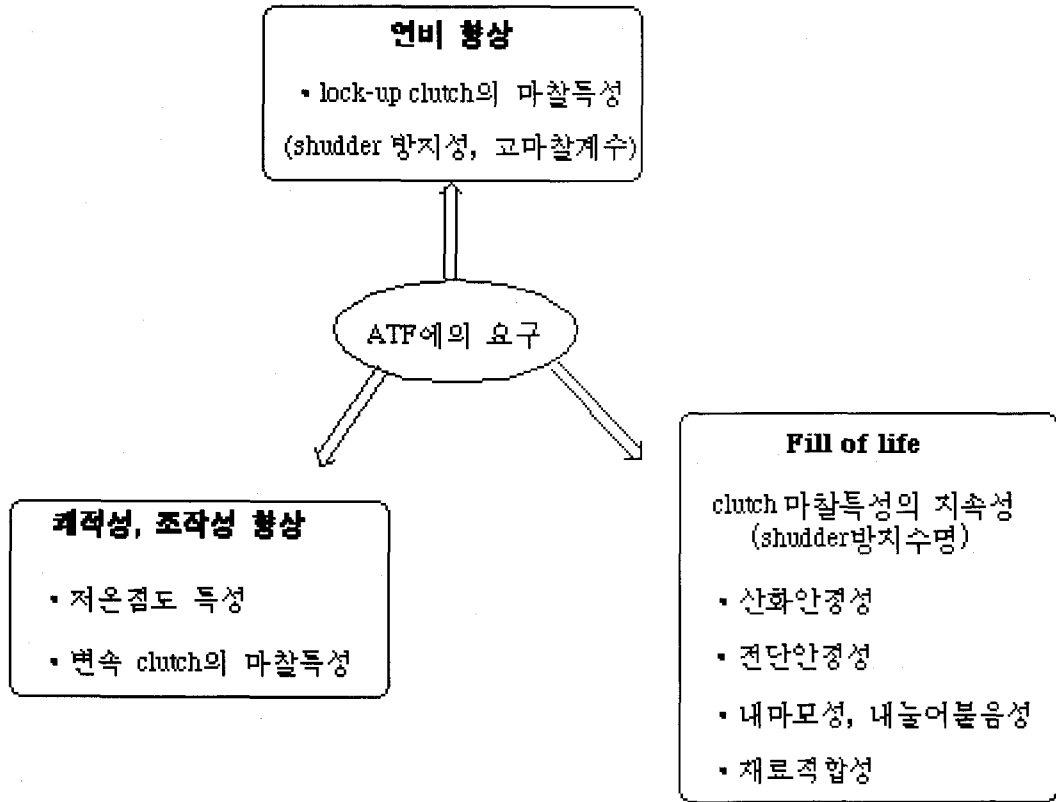


그림 4 자동변속기 오일에의 요구

3. 자동변속기 오일의 규격

자동변속기 오일의 규격은 GM의 DEXRON 및 Ford의 MERCON 규격이 국제적으로 사용되고 있으며 일본에서도 과거에는 DEXRON이나 MERCON 규격을 사용하였으나 자동차 메이커가 자체적인 자동변속기에 적합한 오일을 개발하게 되어 각 사의 독자규격을 가지고 있다. 그러나 일본 내에서도 통일된 자동변속기 오일규격이 필요성이 요구되어 JASO에 의해 1995년에 전단안정성 시험방법, 변속클러치 마모시험방법 및 Lock-up clutch의 shudder 방지

성 시험방법에 제정되었다. 자동변속기 오일에 있어서도 shudder 방지성의 유무로 분류하는 내용변경이 있었다. 1998년에는 shudder 방지성 시험방법에 수명시험을 추가시킨 내용으로 변경되었으며 수지적합성 시험도 새로이 제정되었다. 그 후 2002년에 새로이 개정된 JASO M-315-2002 규격이 제정되어 현재에 이르고 있다.

표 1에 JASO M-315-2002 규격에서 정한 자동변속기 오일의 요구성능을 나타내었다.

표 1 JASO M-315-2002 규격의 자동변속기 오일 요구성능

항목		1종		2종	
		1-A02	1-I02	2-A02	
색		6.0~8.0	보고	6.0~8.0	
밀도		0.820~0.900	보고	0.820~0.900	
인화점		170 °C 이상	보고	170 °C 이상	
발화점		185 °C 이상	보고	185 °C 이상	
동점도	40 °C	보고	보고	보고	
	100 °C	5.7mm/s 이상	보고	5.7mm/s 이상	
점도지수		120 이상	보고	120 이상	
유동점		-40 °C 이하	보고	-40 °C 이하	
중화가 mgKOH/g	전산가,	보고	보고	보고	
	전염기,	보고	보고	보고	
부식방지성		2 이하	-	2 이하	
방청성		시험편에 녹 발생 없음	-	시험편에 녹 발생 없음	
아닐린점		90 °C 이상	90 °C 이상	90 °C 이상	
BF 점도	-20 °C	보고	-	보고	
	-30 °C	5,000mPa·s 이하	-	5,000mPa·s 이하	
	-40 °C	20,000mPa·s 이하	-	20,000mPa·s 이하	
전단안정성	초음파전단	5.7mm/s 이상	5.7mm/s 이상	5.7mm/s 이상	
	Taper roller bearing	5.4mm/s 이상	-	5.4mm/s 이상	
원소분석	s, p, Zn, Ca, Mg, Ba, B, Cl, N	보고	보고	보고	
산화안정성	점도증가율	20% 이하	-	20% 이하	
	전산가 변화	2.0mgKOH/g	-	2.0mgKOH/g	
	락카도	부착물 없음	-	부착물 없음	
소포성	Seq I	50-0mL	50-0mL	50-0mL	
	Seq II	50-0mL	50-0mL	50-0mL	
	Seq III	50-0mL	50-0mL	50-0mL	
	Seq IV	100-0mL	-	100-0mL	
재료적합성	수지	인장강도유지율 70%이상	-	인장강도유지율 70%이상	
	고무	니트릴 아크릴 불소	경도변화: -10~+10 체적변화: +1~+8 인장강도변화율(%): 보고 신장변화율(%): 보고	-	경도변화: -10~+10 체적변화: +1~+8 인장강도변화율(%): 보고 신장변화율(%): 보고
	습식마찰재	반복압축전단 피로시험	≥1.00	-	-
마찰특성	μt 비(50-5,000 사이클)		≥0.85	≥0.85	-
	μt 비(50-500 사이클)		-	-	≥0.85
	μo/μd(50-5,000 사이클)		1.1≥	1.1≥	1.1≥
	μo변화(50-5,000 사이클)		10%≥	10%≥	10%≥
shudder 방지성	초기 방지성	dμ/dV(0.3) @40°C	≥0.000	-	-
		dμ/dV(0.9) @40°C	≥0.000	-	-
	유지성	dμ/dV(0.3), dμ/dV(0.9) @40°C	≥1.0	≥1.0	-
		dμ/dV(0.3), dμ/dV(0.9) @80°C	≥1.0	≥1.0	-
		dμ/dV(0.3), dμ/dV(0.9) @120°C	보고	≥1.0	-

새로이 개정된 규격의 주요 변경사항을 보면

- ① 전단안정성의 합격기준이 개정되었다.
- ② 재료적합성 평가에서 실리콘고무가 삭제되었다.
- ③ 새로이 2001년에 규격화된 습식마찰재료 적합성 시험 (JASO M-375-2001)이 추가되었다.
- ④ 마찰특성의 평가재료로 SD-1777이 NW461E로 변경되었으며 합격/불합격 판정기준이 μ 비, μ_0/μ_d 값, μ_d 변화를 등 3개 항목으로 변경되었다.
- ⑤ Shudder 방지성의 판정방법을 step 법에서 sweep 법으로 변경하였다.

이러한 규격변경의 주된 목적은 일본에서 생산되는 자동변속기에 가장 적합한 오일을 제공해 주기 위한 것으로 특히 마찰특성의 판정기준 변경이 과거에 비해 엄격해진 점을 특징으로 들 수 있다. 한 예로 새로이 개정된 JASO M-315-2002에 의거하여 일본 내에서 생산 중인 자동변속기 오일의 마찰특성을 재평가한 결과 표 2에 나타낸 바와 같이 일부 제품에서 불합격하는 사례가 나타나고 있다.

표 2 일본 자동차메이커 순정유의 JASO M-315-2002에 의거한 마찰특성 평가결과

오일종류	A	B	C	D	E	합격기준
μ 비	122	100	97	83	93	> 85
최대 μ_0/μ_d 값	1.11	1.048	1.007	0.931	0.979	<1.1
μ_d 변화율	5.9	4.4	8.6	12	11	<10
Slip제어형 AT에의 적용성 여부	불가능	가능	가능	가능	가능	

Ford 사의 MERCON-V 규격은 1996년에 발행된 것으로 저온점도를 크게 낮추고 shudder 방지성을 평가하기 위해 SAE No. 2를 사용한 시험법이 추가되었으며 수명연장을 목적으로 FISST에 의한 전단안정성 시험이 새로이 추가

되었고 ABOT의 시간을 길게 하는 등 전단안정성과 산화안정성의 요구사항을 보다 가혹하게 한 점이 주된 변경사항이다.

GM은 1966년 DEXRON 규격을 발표한 이래 1973년 DEXRON-II를 발표하였으며, 1993년에는 오일 교환주기를 연장시키기 위해 산화안정성과 마찰특성을 보완한 DEXRON-III 규격을 제정하였다. 그 후 1997년에 DEXRON-III 규격을 개정하여 실차를 사용한 shudder 방지성 시험법을 추가하는 등 일부 내용을 변경한 DEXRON III의 G 라이선스를 발행하였다. 규격에 합격한 오일에는 G번호를 부여하기 때문에 일명 DEXRON-III(G) 규격이라고도 불린다. 또한 2002년 9월에는 DEXRON-III(H) 규격의 개요를 발표하였으며 현재 실험법을 개발하고 있으나 약간 지연되고 있는 상황으로 알려져 있다. 새로운 DEXRON-III(H) 규격 변경 내용은 다음과 같다.³⁾

- ① Cycling 시험; 종래의 GM 4L60 AT를 사용하는 대신에 전자제어화된 4L60E AT를 사용하여 토크변환기 lock-up clutch의 slip 제어운전도 실제로 하여 마찰특성의 내구시험을 하도록 되었다. 또 실기에서의 shudder 방지성을 평가하기 위해 내구시험 사용유를 소량 채취하여 SAE No.2 시험기로 μ -v 특성을 평가하고 μ -v 값이 규정치에 도달할 때까지의 시간을 측정하여 shudder 방지 내구성을 판정하는 방법이 도입되었다.
- ② Seal 재료적합성; Seal 재료 평가대상으로 기존 6종의 재료를 10종으로 변경할 예정으로 알려져 있다.
- ③ 산화안정성; DEXRON-III(G) 규격에서는 실제 트랜스미션을 모터로 회전시키면서 공기를 불어넣어 오일을 열화시키는 방법으로 오일의 열화도와 슬러지 생성정도를 평가하였으나 변경되는 규격에서는 실험방법은 동일하지만 시험시간을 변경하여 기존의 300시

간에서 450시간으로 연장시킬 예정이다.

- ④ 소포성 및 기포방지성: 자동변속기의 전자제어화 추세에 따라 오일의 소포성과 기포방지성이 매우 중요하게 되었으며 이를 평가하기 위해 ASTM D892법을 채용하게 되었고 사용유에 대한 기포방지성 실험법은 현재 SwRI (Southwest Research Institute)에서 개발 중에 있는 것으로 알려져 있다.
- ⑤ Band/Plate clutch 마찰시험: 기본적으로 종

래의 시험법과 동일하지만 Band 시험에서는 실험의 정밀도를 높이기 위해 규격에 적합한 새로운 drum을 사용하고 Plate 시험에서는 시험시간을 종래 100시간에서 150시간으로 연장시켜 마찰특성의 안정성을 평가할 계획이다.

참고로 표 3에 종래의 DEXRON-III와 MERCON-V 규격 개요를 나타내었다.

표 3 GM사의 DEXRON-III 규격과 Ford사의 MERCON V 규격의 비교

요구성능	시험항목	시험법	DEXRON III	MERCON V
점도특성	동점도 @100	ASTM D445	보고	6.8cSt 이상
	BF점도 @-40	ASTM D2983	20.000mPa·s 이하	9.000±4.000mPa·s
전단안정성	FISST 후 동점도@100	Ford법	-	6.8cSt 이상
	THCT 후 동점도@100	GM, Ford 법	5 cSt 이상	5 cSt 이상
	THOT 후 동점도@100	GM법	5.5 cSt 이상	-
산화안정성	THOT 300h 후 전산가상승	GM법	3.25mgKOH/g이하	-
	ABOT 300h 후 전산가상승	Ford법	-	3.25mgKOH/g이하
Shudder 방지성	실기시험	GM법	합격	-
마찰특성	SAE No. 2 시험	Ford법	-	합격
	Plate clutch 시험	GM, Ford 법	합격	합격
내마모성	Band clutch 시험	GM, Ford 법	합격	합격
	Vane pump 마모시험	ASTM D2882	15mg 이하	10mg 이하
	FZG	ASTM D5182	-	합격
	Falex EP	ASTM D3233	-	합격
	4-Ball	ASTM D4172	-	합격
	Timken	ASTM D2782	-	합격

4. 결론

지금까지 자동변속기 오일의 규격동향에 대해 간단하게 살펴보았다. 자동변속기는 연비향상과 함께 차량의 정속주행성, 오일의 장수명화 등이 가장 요구되는 성능으로 연비향상을 위해서는 자동변속기가 소형·고출력화 되고 있으며 고도의 전자제어기술이 사용되고 있다. 이 때문에 자동변속기 오일에는 우수한 마찰특성과 함께 산화안정성, 내구성 등이 요구되고 있으며 이러한 요구사항들이 규격변경 또는 규격강화의 형태로 나타나는 것을 알 수 있다. 국내

의 자동변속기 오일도 이러한 외국의 추세에 따라 점차 요구성능이 강화될 것으로 예상되며 국내 오일업체의 적극적인 대응으로 우리나라 자동차가 세계시장에서 성능이 가장 뛰어난 자동차가 되기를 기대해 본다.

5. 참고문헌

- 1) 弟子丸順一: ATF, 벨트 CVT 오일의 기술 동향, JAST Tribology Forum '99, 1999. 7
- 2) 八並憲治: ATF·CVTF의 요구성능에 대하여, 潤滑經濟 (2003-1) 25.
- 3) Roy Fewkes: ILMA Meeting, Sep. 30, 2002