

# Anti-wear performance and life evaluation of wheel bearing type greases

Jung-Young Kim · Keun-Wo Chung · Young-Wun Kim · Won-Oh Jo\*  
Korea Research Institute of Chemical Technology , \* Chang-Am LS CO.,LTD.

## ABSTRACT

Li-complex and urea type greases (each 10 species) which were furnished by Chang-Am LS, analyzed anti-wear performance into fretting wear tester & four-ball wear tester. From the results of fretting wear test, the wear volume of Li-complex greases are 4.6~8.9mg and 8.3~14.4mg with the test of urea greases. The anti-wear performance for 4-ball wear test of greases produced results around 0.5mm at the value of WSD. The grease life performance were evaluated by SKF-ROF Grease Tester and wheel bearing life tester. From the results of SKF-ROF tester, the life performance evaluated by whole working time produced results 50~300hr with the Li-complex greases and 100~1000hr with the urea greases. That is to say, in spite of severe condition at the higher of 10°C reaction temp, the life performance with Urea type greases are much superior to Li-complex type greases. Prior to wheel bearing life tester, the grease selected performance evaluation(=anti-wear test) are tested by wheel bearing tester. In this results, we can confirm results those are similar with SKF-ROF tester. In this study, we can draw two major conclusions, one is that Li-complex greases are superior to urea greases with anti-wear properties and the other is that urea greases are much superior to Li-complex greases with life performance

Keywords : Li-complex grease, Urea grease, anti-wear performance, wheel bearing.

## 1. 서론

자동차 휠 베어링은 연비향상을 위한 경량화 추세에 따라 소형화와 경량화 및 콤팩트화되고 있다. 최근에 개발되는 자동차는 부품의 유니트화에 의해 등속조인트와 휠 베어링이 일체형으로 구성된 제품들이 개발되어 장착되고 있으며 이들 부품은 유지관리의 간편화를 위해 maintenance-free화 되고 있어 폐차 시까지 그리스를 교환하지 않는 장수명화가 요구되고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 휠 베어링 그리스는 고속회전과 함께 잦은 stop-and-go에 의한 디스크 브레이크의 발열 및 등속조인트에 의한 발열 등이 전달되

어 고온상태에 놓여지고 있어 종래 사용되었던 그리스에 비해 내열성이 매우 중요한 물성으로 되었다. 1970년대에 사용한 휠 베어링용 그리스는 칼슘비누 그리스이었으나 70 °C 정도에 불과한 내열성으로 인해 그리스가 연화되어 오일이 브레이크 쪽으로 누유되면 중대한 사고가 발생할 우려가 있어 1980년대에는 내열성이 좋고 전단안정성이 우수한 리튬그리스로 대체되었다. 한편 미국에서는 승용차의 장거리 수송도중에 미세한 진동에 의해 휠 베어링의 프렛팅 마모가 문제로 되어 이에 대한 많은 연구가 진행되면서 그리스에 대한 개선요구가 있었다<sup>3)</sup>.

특히 자동차 수출을 하기 위한 선박수송 시장기간에 걸친 해상운송 도중에 과도에 의한 미세진동이 자동차 휠 베어링의 프렛팅 마모를 촉진시켜 부식이 발생하는 경우가 있다. 따라서 세계의 주요 자동차 생산업체에서는 휠 베어링의 maintenance-free를 위해 그리스의 내구성, 내수성, 윤활성을 만족시키면서 내프렛팅성까지 우수한 제품을 요구하고 있다. 그 중에서도 미세진동에 의한 프렛팅 마모를 개선하기 위해 그리스에 대한 연구노력을 기울이고 있으며 검토 대상으로 되고 있는 그리스로는 크게 리튬복합 그리스와 우레아 그리스로 모아지고 있는 추세이다.

본 연구는 휠 베어링용 그리스의 내마모성, 내프렛팅성과 내구수명에 미치는 증주제 종류 및 첨가제의 영향을 평가하여 휠 베어링용 그리스 개발에 기초적인 자료를 제공하고 신뢰성을 향상시키기 위한 목적으로 수행하였다.

## 2. 실험

### 2.1 시료그리스의 제조

본 연구에서 검토대상으로 한 그리스는 앞의 서론에서 설명한 바와 같은 리튬복합 그리스와 우레아 그리스를 선정하였다. 시료 그리스는 표-1에서 나타낸 바와 같이 파라핀계 광유와 나프텐계 광유를 혼합한 광유계 기유를 사용하여 리튬복합 그리스와 우레아 그리스를 합성하고 여기에 기본적으로 산화방지제와 방청제를 0.5wt% 및 0.4wt% 첨가하고 내마모제, 마찰저감제, 극압제, 유성향상제 마모방지성에 영향을 미치는 첨가제의 농도를 변화시키면서 리튬복합 10종, 우레아 10종 등 총 20종의 시료 그리스를 제조하여 내마모성, 내프렛팅성 등 마찰저감성능을 평가하고 베어링 내구수명시험과 그 중에서 우수한 수명성능을 나타낸 시료를 선정하여 휠 베어링 수명시험을 수행하였다.

### 2.2 Four-ball 내마모성 평가실험

STANHOPE-SETA 4-Ball Lubricant Tester 사용하여 ASTM D4172(40kgf, 75°C, 60min, 1200rpm)에 의해 시험전 후의 4-ball wear scar diameter(WSD)를 측정하여 내마모성을 평가하였다.

### 2.3 프렛팅 내마모성 평가실험

Farfnir 마찰산화시험기를 사용하여 ASTM

D4170 (하중 250kg, 진동수 30Hz, 진폭 12°, 시간 22hr)에 의해 시험 전 후 베어링의 무게변화를 측정하여 내프렛팅성을 평가하였다.

### 2.4 볼 베어링 수명평가 실험

SKF-ROF Grease Testing Machine을 사용하여 6204-2Z/C3 ball bearing에 시료 그리스 1.4g을 주입하고 axial load 100N, radial load 50N의 하중을 가하여 10,000rpm의 속도로 회전시키면서 리튬복합그리스는 140°C에서, 우레아 그리스는 150°C에서 실험을 하였다. 베어링의 온도가 가동 설정온도보다 20°C 상승하면 자동으로 모터회전이 정지하며 그때까지의 가동시간을 비교하여 그리스의 베어링 수명을 Weibull 분석을 통해 비교하였고 시험전 후 그리스의 전산가 측정과 GPC분석을 통해 그리스의 화학적 변화를 비교하였다.

### 2.5 휠 베어링 수명평가 실험

휠 베어링 수명시험기(Kohler Co. model K18500)를 사용하여 ASTM D3527의 규정에 따라 1000±50rpm의 모터회전속도, axial load 111N으로 20시간 회전, 4시간 정지의 사이클 반복을 하면서 그리스 열화로 모터부하의 한계치에 도달하여 모터가 자동으로 정지할 때까지의 누적 가동시간을 그리스 수명으로 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Four-ball 내마모성 평가

장암엘에스(주)에서 제공받은 20종의 그리스에 대해 일차적으로 4-ball 시험을 한 후 wear scar diameter(WSD)측정을 통해 내마모성을 평가하였다. 아래 표-2에 나타낸 바와 같이 리튬복합 그리스에 대한 4-ball 내마모성 실험결과에서는 전체적으로 첨가제의 종류와 배합비에 따라 WSD가 0.43~0.55mm를 나타내었으며 그중에서도 시료 No.1의 그리스가 가장 우수한 내마모성을 나타내어 첨가제의 종류와 배합비가 가장 적절하게 조정된 것임을 알 수 있었다. 우레아 그리스의 경우에는 첨가제의 종류나 배합비에는 큰 영향을 받지 않으며 전체적으로 0.49~0.55mm의 WSD값을 나타내었다. 이러한 결과로부터 리튬복합 그리스는 우레아 그리스에 비해 첨가제 종류 및 농도에 따른 배합효과가 비교적 잘 나타나고 있음을 알 수 있었다.

### 3.2 프렛팅 내마모성 평가

ASTM D4170에 의거하여 시료 그리스 20종에 대하여 프렛팅 내마모성을 평가한 결과를 표-2에 나타내었다. 리튬복합 그리스의 경우는 시험전과 후의 베어링 무게변화가 모두 10mg이하로 나타났으나 우레아 그리스의 경우는 전반적으로 리튬복합 그리스에 비해 베어링의 무게감소가 큰 것으로 나타났다. 앞의 4-ball 내마모성 평가시험에서도 리튬복합 그리스의 내마모성이 우레아 그리스보다 우수한 결과를 얻은 바 있으며 이러한 마모시험을 통해 리튬복합 그리스가 우레아 그리스에 비해 내마모첨가제 배합에 의한 마모방지효과가 잘 발현되고 있는 것으로 판단되었다.

### 3.3 볼베어링 수명평가

#### 3.3.1 리튬복합 그리스

표-2에 SKF-ROF 그리스 시험기를 이용한 볼베어링 수명시험 결과를 정리하였다. 리튬복합 그리스에서는 시료 No.3과 7의 배합비를 갖는 경우가 수명이나 그리스 물성 면에서 다른 배합비에 비해 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있었다. 한편 그림-1에서 수명과 그리스 소모량과의 관계를 도시하였으며 시료 No.3의 경우 그리스 소모량이 14.5%로 가장 적으면서 약 260시간으로 긴 수명을 나타내어 그리스 소모량으로 볼 때 아직 잔여수명이 충분하다고 할 수 있다. 또한 시료 No.7의 경우는 그리스 소모량이 약 50%이면서 수명이 270시간이므로 이러한 경우는 실질 수명에 거의 도달한 것으로 판단할 수 있다.

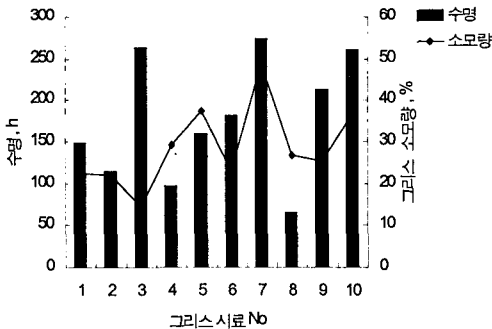


그림-1 수명과 그리스 소모량과의 상관관계

#### 3.3.2 우레아 그리스

우레아 그리스는 전반적으로 리튬복합 그리스에 비해서 긴 수명을 나타냄을 아래 그림-2의 수명과 그리스 소모량과의 상관관계로부터 알 수 있다. 수명이 짧은 시료 No.2와 7의 경우는 소모량이 다른 시료에 비해 많은 것을 알 수 있으며 시료 No.9와 10의 경우는 수명도 길고 소모량도 30%미만으로 나타났다. 특히 시료 No.10의 경우는 수명 시험을 1000시간에서 임의로 중단시킨 것으로 그리스 소모량으로 볼 때 아직 수명이 남아있는 것으로 판단된다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 우레아계 그리스는 내구수명 측면에 있어서 리튬복합 그리스에 비해 우수함을 알 수 있었다.

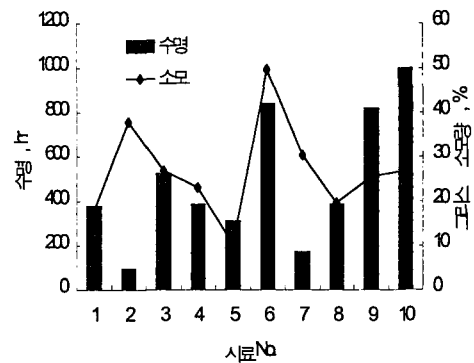


그림-2 수명과 그리스 소모량과의 관계

### 3.4 휠베어링 수명평가

시험에 사용한 그리스는 4-ball WSD가 작은 값을 나타내고 프렛팅 내마모성도 좋으면서 볼 베어링 수명이 긴 시료를 선택하여 시험하였으며 리튬복합 그리스와 우레아 그리스 시료 중 각 2가지씩 4개의 시료에 대한 휠베어링 수명시험결과를 표-3에 나타내었다. 표-3에서 보면 리튬복합 그리스는 4-ball 내마모성이나 프렛팅 내마모성에서는 우수하지만 볼베어링이나 휠베어링 수명 시험에서는 우레아 그리스에 비해 수명이 짧은 것을 알 수 있었다. 반면에 우레아 그리스의 경우는 4-ball 내마모성은 문제가 없으나 프렛팅 내마모성이 리튬복합 그리스에 비해 약간 떨어지고 있으며 베어링 수명에 있어서는 리튬복합 그리스에 비해 우수한 수명성능을 보이고 있다.

#### 4. 결론

리튬복합 증주제와 우레아 증주제를 사용하여 첨가제 배합비를 달리하면서 제조한 총 20종의 그리스 시료에 대해 4-ball 내마모성, 프렛팅 내마모성, 볼 베어링 수명시험, 휠 베어링 수명시험 등을 수행하면서 자동차용 휠 베어링 그리스의 연구를 진행하였다. 그 결과 내마모성 실험에서는 리튬복합 증주제 그리스가 우레아 증주제 그리스 보다 다소 우수함을 나타냈으며 내열성 및 수명평가실험에서는 우레아 그리스가 리튬복합 그리스보다 우수한 성능을 나타내었다. 이와 같은 결과로 볼 때 우레아계 그리스는 열적 안정성이 우수하여 고온의 운전조건이 필요한 부위에 효과적일 것으로 판단되었다. 이러한 결과를 기초로 하여 앞으로 내열성 및 내마모성이 우수한 그리스 개발을 위해 계속적으로 연구를 진행할 계획이다.

#### 5. 후기

본 연구는 산업자원부에서 지원하는 “휠베어링용 그리스 신뢰성향상지원사업” 과제로 장암엘에스(주)와 공동으로 수행한 연구결과입니다.

#### 6.참고 문헌

- 1) 吉松孝郎, Tribologist, 44(7), 524, 1999.
- 2) J. W. Carlisle, SAE Paper 810758, 1981.
- 3) 竹内 潜, Tribologist, 38(2), 181, 1993.
- 4) 早野治之, Petrotech, 9(1), 45, 1986.
- 5) 長谷川 亮, Tribologist, 33(11), 834, 1988.
- 6) G. J. Clark, F. Arezzo, NLGI Spokesman, 43(1), 18, 1978.
- 7) T. M. Verdura, NLGI Spokesman, 47(5), 158, 1983.
- 8) R. T. Schlobohm, NLGI Spokesman, 46(10), 334, 1982.
- 9) M. Mishima, H. Kinoshita & M. Sekiya, NLGI Spokesman, 53(11), 496, 1990.
- 10) 森祥致郎, 1982년도 일본윤활학회 동북대회 논문발표집, 285, 1982.
- 11) I. D. Campbell, G. L. Harting, NLGI Spokesman, 40(6), 193, 1976.
- 12) J. L. Dreher, C. F. Carter, NLGI Spokesman, 33(11), 390, 1970.
- 13) ibid 4).
- 14) R. Nantua, G. Dudgeon & F. Perlloud, Lub. Eng., 42(7), 426, 1986.

표-1 시료 그리스의 제조

구 분	종 류	시료 그리스 No.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
증 주 제	리튬복합 그리스와 우레아 그리스										
첨가제, %	에스테르오일	1.0	0	1.0	←	←	←	←	←	←	←
	산화방지제	0.5	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	방 청 제	0.4	←	←	←	←	←	←	←	←	←
	내 마 모 제	0.5	←	0	1.0	0.5	←	←	←	←	←
	마찰 저감제	0.5	←	←	←	0	1.0	0.5	←	←	←
	극 압 제	1.0	←	←	←	←	←	0	2.0	1.0	←
	유성 향상제	1.0	←	←	←	←	←	←	←	0	2.0

표-2 Four-ball 마모실험, 프렛팅 마모실험, ROF 베어링 수명실험 평가결과

구 분	종 류	시료 그리스 No.										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Four-Ball	Wear Scar Diameter, mm	리튬 복합	0.43	0.48	0.49	0.51	0.54	0.46	0.55	0.48	0.45	0.45
	우레아	0.49	0.51	0.50	0.54	0.51	0.49	0.55	0.51	0.51	0.49	
프렛팅 내마모시험	베어링 무게감소, mg	리튬 복합	4.6	6.1	7.1	5.1	7.3	7.5	5.8	8.9	4.5	7.8
	우레아	10.8	10.1	12.2	9.1	8.3	14.4	11.5	12.4	10.0	11.0	
SKF-ROF 베어링 수명시험	리튬 복합	수명, h	55.5	95.7	297.3	94.1	61.8	191.2	106	46.8	150	87.4
		Grease 소모량, %	22.3	22.2	14.5	29.2	37.3	22.9	48.9	26.8	25.5	36.6
	우레아	수명, h	376	93.8	523	383	307	813	169.3	389.1	448.2	>1000
		Grease 소모량, %	18	38	27	23	10.5	49.5	30.5	19.5	25.5	27

표-3 휠 베어링 수명시험 결과

구 분	리튬복합 그리스		우레아 그리스	
	시료 No. 1	시료 No. 9	시료 No. 1	시료 No. 9
휠 베어링 수명, hr	78.3	78.8	119	120
볼 베어링 수명, hr	148	150	376	448
프렛팅 베어링 무게감소, mg	5.1	4.5	10.8	10.0
4-ball wear scar diameter, mm	0.43	0.45	0.49	0.49