

## 수분함량에 따른 자동차용 휠베어링 그리스 품질특성 연구

임영관<sup>†</sup> · 이은희 · 이정민 · 정충섭

한국석유관리원 녹색기술연구소

### Performance of Automotive Wheel Bearing Grease by Water Contents

Young-Kwan Lim<sup>†</sup>, Eun-Hee Lee, Joung-Min Lee, and Choong-Sub Jeong

Fuel Technology R&D Center, Korea Institute of Petroleum Management, Chung-buk, 363-883, Korea  
(Received April 25, 2011; Revised June 30, 2011; Accepted July 5, 2011)

**Abstract** – Automotive wheel bearing grease helps to reduce stresses and prevent wear of wheel bearings. But it is easily contaminated by water and other contaminants. In this study, we investigated the property change of automotive wheel bearing grease under water contamination. The result showed that some properties such as dropping point, work penetration and oxidation stability were not influenced by water content. However, most of properties such as work stability, water washout characteristics, leakage tendency, oil separation, evaporation loss and rust protection became worse after water was added. This is thought that added water makes the interaction weak between thickener and base oil of grease.

**Keywords** – wheel bearing grease(휠베어링 그리스), water content(수분 함량), low-temperature torque(저온토크), work stability(혼화안정도), rust protection(습윤)

#### 1. 서 론

고속으로 주행하는 자동차는 여러 부품으로 이루어져 있으며, 접촉한 부품간의 마찰을 줄이기 위해 다양한 종류의 윤활유를 사용하고 있다. 그 중 자동차용 휠베어링은 자동차의 바퀴가 고속으로 주행하면서 힘의 분산을 위해 사용되는 베어링으로서, 베어링의 마찰·마모를 방지하기 위해 자동차용 휠베어링 그리스를 사용하고 있다[1].

그리스는 윤활유의 한 종류로서 증주제(thickener)를 분산시켜 반고체 또는 고체상으로 변환시킨 윤활유로서 일반적 액상윤활유보다 점도와 밀도가 높으며, 고하중성 형태의 윤활유이다. 이러한 그리스는 한번의 공급으로 추가 공급없이 장기간 사용가능하며, 소량으로도 충분한 윤활기능이 가능하며, 밀봉이 단순하다는 장점이

있지만, 이물질의 제거가 불가능하여, 냉각능력이 액상 윤활유에 비해 낮다는 단점을 지니고 있다[2].

이러한 그리스는 사용되는 증주제의 종류와 함량에 따라 성능이 크게 좌우되는데, 증주제는 윤활유 중에 콜로이드상으로 분산된 물질로서 일반적으로 금속 비누형(metal soap)과 비비누형으로 구분된다. 금속 비누형의 대표적인 것은 알루미늄(Al), 리튬(Li), 칼슘(Ca), 나트륨(Na) 등의 금속비누이고, 비비누형의 대표적인 것은 벤토나이트(bentonite), 실리카겔(silica gel) 등의 무기성 화합물(inorganic compound)과 요소유도체(urea derivatives), 프탈로시아닌(phthalocyanines) 등의 유기화합물(organic compound)이 있다[3].

다양한 그리스 중 자동차용 휠베어링 그리스는 1970년대까지 일반적으로 칼슘비누 형태의 그리스를 주로 사용하였으나, 70°C 정도에 불과한 내열성으로 인해 그리스가 연화되어 오일이 브레이크 쪽으로 누유되면서 중대한 사고가 발생할 우려가 있어 1980년대부터 내열

<sup>†</sup>주저자 · 책임저자 : yklim92001@yahoo.co.kr

**Table 1. Domestic specification of automotive wheel bearing grease**

Item	Grade 2	Grade 3	
Work penetration	365~295	220~250	
Dropping point (°C)	above 175		
Copper corrosion (100°C, 24 h)	No green or dark color change on copper		
Evaporation loss (%) (99°C, 22 hr)	below 2.0		
Oil separation (%) (100°C, 24 hr)	below 5.0		
Oxidation stability (99°C, 100 hr) Mpa	below 0.069		
Deleterious particles (ea/cm <sup>3</sup> )	above 10 µm	below 5000	
	above 25 µm	below 3000	
	above 75 µm	below 500	
	above 125 µm	0	
Work stability	below 375		
Water washout characteristic (79°C, 1 hr)(%)	below 10		
Leakage tendency (104°C, 6 hr) (g)	below 10		
Low-temperature torque (-20°C)N · m	Starting torque	below 0.79	below 0.99
	Running torque	below 0.39	below 0.49
Rust protection (14 ays)	grade A		

성이 좋고 전단안정성이 우수한 리튬 그리스로 대체되어 널리 보급되어지고 있다[4].

이러한 자동차용 휠베어링 그리스는 기능을 최적화시키기 위해 증주제, 극압제(EP additive), 내마모제(antiwear additive)와 같은 다양한 첨가제를 사용하고 있으며, 국내외 품질규격을 정해 관리하고 있다. Table 1은 국내 자동차용 휠베어링 그리스의 품질 규격을 나타내었다[5].

앞서 언급한 바와 같이 휠베어링 그리스는 다양한 첨가제를 이용하여 품질을 향상시킬 수 있으나 토양이나 수분, 그 밖의 외부적 이물질에 의해 쉽게 오염될 수 있으며, 오염된 휠베어링 그리스는 품질 저하가 발생할 수 있다. 이러한 외부적 오염방지를 위해 밀봉성을 고려한 립 씬에 대한 연구가 많이 보고되어져 있지만[6], 긴 장마철과 겨울철 많은 눈이 내리는 국내 기후를 고려하면 수분에 의한 자동차용 휠베어링 그리스의 오염이 충분이 가능하다.

Mistry A. 그룹에서는 수분함량에 따른 그리스의 특성에 대해 발표하였지만, 이 논문에서는 수분함량이 5%~43.8%의 높은 비율의 그리스를 이용하여 단지 주도와 저온토크에만 국한한 연구를 수행하였다[7]. 또한 Mistry A. 그룹 외에 지금까지 수분함량에 따른 휠베

어링 그리스의 특성연구가 거의 발표된 바가 없다.

본 연구에서는 국내에서 사용되고 있는 자동차용 휠베어링 그리스에 미량의 일정 수분(0%, 0.5%, 1%, 2%, 5%)을 혼합시킨 후, 이들 그리스 시료를 국내 품질규격에 의거해 실험함으로써 수분과 휠베어링 그리스의 상호관계에 대해 분석하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 수분혼합 자동차용 휠베어링 그리스 시료제조

본 연구에 사용한 자동차용 휠베어링 그리스는 H사에서 공급받은 자동차용 휠베어링 그리스 1종 2호 제품을 사용하였다. 본 그리스는 증주제(thickener)로서 리튬복합염 비누(lithium complex soap)가 약 10%, 기유로서 정제광유가 90%로 구성되어져 있으며, 첨가제로서 극압제(EP additive), 내마모제(antiwear additive), 점착제(tackifier) 및 미량의 색소(red dye)로 구성되어져 있다. 수분이 함유되지 않은 그리스를 주도 분석용 시료컵에 채우고, 일정비율(0.5%, 1%, 2%, 5%)의 수분을 첨가한 후, 혼화안정도 전동장치를 이용해 1000회 회전운을 시킴으로서 그리스와 수분이 균일하게 혼합한 시료를 제조하였다.

## 2-2. 그리스 적점, 혼화주도 및 혼화안정도 분석

적점은 그리스가 완전 액화 또는 과다한 오일의 분리없이 노출될 수 있는 최대온도로서 KS M ISO 2176 방법에 따라 시험하였다. 먼저 크롬으로 도금한 황동재질의 그리스컵(하부 구멍 직경 2.8 mm) 내부벽에 그리스를 채운 뒤, 1.0~1.5 °C/min 속도로 온도를 올려 그리스가 액화되면서 하부 구멍으로 유출되는 온도를 측정하였다.

혼화주도와 혼화안정도는 KS M ISO 2137 방법에 따라 분석하였다. 주도는 규정된 부하, 시간, 온도에서 표준 원뿔이 시료에 침입하는 정도를 의미한다. 혼화주도는 0.5 kg 이상의 시료를 시료컵에 채우고, 분당 60±10회, 67~71 mm 행정을 위아래로 움직이는 혼화장치에 이용하여 60회 혼화시킨 후, 그리스시료를 25°C에서 방치 후, 시료컵 내의 공기 등을 제거하여 균일하게 그리스시료가 시료컵에 채워지도록 하였다. 102.5±0.05 g의 표준원뿔과 원뿔의 이동식 부속장치가 47.5±0.05 g인 주도시험기를 이용하여 시료컵의 최상부 높이까지 수평하게 채워진 그리스시료와 표준원뿔을 접촉시킨 후, 5초간 원뿔을 하강시켜 원뿔이 그리스시료를 침투한 깊이를 0.1 mm로 측정하였다. 혼화안정도의 경우, 동일한 혼화장치를 이용하여 왕복운동을 100,000번 시킨 후, 시료를 25°C에 방치한 후, 혼화주도와 같은 방법으로 원뿔이 그리스 시료를 침투하는 깊이를 측정하였다.

## 2-3. 그리스 증발량, 이유도 및 누설도 분석

그리스 증발량 분석은 KS M 2037 방법에 따라 그리스시료 15 g을 시료컵에 채운 뒤, 105°C로 유지된 항온조에 넣고 2 L/min의 청정한 공기를 시료컵에 불어넣은 후, 22시간 후에 그리스시료내의 휘발성이 높은 물질의 증발정도를 분석하였다.

이유도 분석은 KS M 2050 방법에 의거하여 250 μm 니켈쇠그물 원뿔 여과기에 그리스시료 10 g을 취하여 100°C에서 24시간동안 방치한 뒤, 분리유의 무게를 측정하여 이유도를 구하였다.

누설도 분석은 KS M 2184 방법에 따라 그리스시료 90 g을 휠베어링과 휠 허브에 채운 뒤, 104°C에서 6시간 동안 660±30의 회전을 시키면서 휠베어링과 휠 허브에서 누설된 그리스의 양을 측정하였다.

## 2-4. 그리스 수세내수도, 저온토크, 산화안정도 및 습윤 분석

수세내수도는 KS M ISO 11009 방법에 따라 시험

용 베어링 2개에 그리스시료 4 g씩 충전시킨 뒤, 규정된 공간을 가진 하우징에 삽입하고 63±3 rad/s로 회전시키면서 79°C로 조절된 물을 5 mL/s의 수압으로 베어링 하우징에 충돌시켰다. 60분 동안에 그리스가 물에 씻겨 나간 정도를 수세내수도로 판단하였다.

저온토크는 KS M 2030 방법에 따라 6204 개방형 볼 베어링에 시료를 채우고 베어링을 -20°C에서 2시간 방치하였다. 2시간 방치 후, 전동기를 기동시켜 동력계에 도달한 최대값을 기동토크로 기록한 뒤, 회전을 10분간 계속하고, 마지막 15초 동안에 동력계 읽음값의 평균을 회전토크로 계산한다. 기동토크(N·m) 및 회전토크(N·m)는 다음식에 따라 산출하고 정수로 표시하였다.

기동토크 :  $A \times r$

회전토크 :  $B \times r$

여기에서 A : 기동개시 직후의 동력계의 읽음값의 최대값(N)

B : 회전 10분간의 마지막 15초 동안에서의 동력계 읽음값의 평균값(N)

r : 하우징의 토크 반지름(6.5 cm)

산화안정도는 KS M 2049 방법에 따라 그리스시료를 4 g씩 시료컵 5개에 채운 뒤, 산소압 0.76 MPa의 봄베에서 99°C로 가열하여 100시간 동안 방치한 뒤, 그리스가 산화하는데 소모되는 산소량 즉 산소압의 감소정도를 측정하였다.

습윤시험은 KS M 2109 시험방법에 준해 실험을 하였으며, 금속판의 한면에 그리스시료 0.3±0.05 g을 균일하게 도포한 뒤, 49°C의 온도, 상대습도 95% 조건으로 14일동안 방치한 후, 금속판 표면에 발생한 녹정도를 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 수분함량에 따른 자동차용 휠베어링 그리스의 특성 분석

일정비율의 수분이 함유된 자동차용 휠베어링 그리스의 특성을 분석하였다. Table 2는 수분함량에 따른 적점, 주도, 혼화안정도를 분석한 결과를 보여주고 있다. 분석결과 적점, 혼화주도는 수분함량에 따른 특성 변화가 거의 없는 것으로 분석되었지만, 혼화안정도의 경우, 수분함량이 증가할수록 높은 값을 보였다. 이는 수분함량이 높아질수록 증주제와 기유와의 결합을 약화시켜 휠베어링 그리스의 기계적 안정성이 열악해 지

**Table 2. Determination of physical properties by water**

Water content	Dropping point(°C)	Work penetration	Work stability
0%	298	293	354
0.5%	294	306	378
1%	304	305	398
2%	297	309	428
5%	292	308	457

**Table 3. Determination of grease characteristics by water**

Water content	Evaporation loss (%) (99°C, 22 hr)	Oil separation (%) (100°C, 24 hr)	Leakage tendency (g) (104°C, 6 hr)
0%	0.2322	3.3864	1.9694
0.5%	0.7147	8.3499	6.9799
1%	1.0358	10.3173	10.7474
2%	2.1849	11.9516	13.3639
5%	5.4019	13.0468	13.8112

는 것을 의미한다.

Table 3은 수분함량에 따른 증발량, 이유도, 누설도를 분석한 결과를 보여주고 있다. 증발량은 시료 15g을 시료컵에 넣은 후, 99°C에서 22시간 증발시킨 후, 시료의 증발량을 측정하였는데, 수분함량이 증가할수록 증발량이 증가하는 것을 보였다. 증가비율은 혼합수분함량과 유사하게 나왔으며, 이는 그리스 내에 있는 휘발성물질과 수분이 증발된 것으로 판단하였다.

그리스를 장기간 보존해 두면 오일이 점차 분리되어 그리스 표면에 스며 나오며 이러한 현상을 이유현상 또는 유분리현상이라 하며, 그리스의 저장안정성이라고도 한다. 이유도는 250 µm-seive의 니켈망으로 된 시료컵에 그리스시료를 10g 넣고 100°C에서 24시간 방치한 후, 기름성분이 빠져나오는 양을 측정하였다. 측정 결과, 그리스 내 수분 함량이 높을수록 이유도가 증가함을 보였다.

베어링에 충전된 그리스는 사용중에 회전력, 진동, 온도, 전단, 하중 등의 여러 가지 요인에 의해 외부로 흘러나오는 수가 있다. 이는 그리스의 기계적 안정성이나 열안정성 등에 관련되는 현상이며, 그리스의 측면에서 보면 증주제의 종류, 비누기의 함량, 섬유의 구조 및 주도 등에 관련된 것이다. 베어링에서 그리스가 유출되면 윤활결핍으로 인해 베어링의 수명을 현저히

**Table 4. Determination of grease characteristics by water**

Water content	Water washout characteristics (%) (79°C, 1 hr)	Low-temperature torque (-20°C)N·m	
		Starting torque	Running torque
0%	7.0092	0.24	0.05
0.5%	9.0888	0.23	0.06
1%	9.6955	0.23	0.06
2%	13.6529	0.20	0.05
5%	15.4235	0.18	0.05

단축시키고 기계의 고장원인이 되기도 한다. 가장 일반적인 그리스의 누설도 평가방법으로 KS M 2184 방법에 준해 휠허브 및 베어링에 그리스시료 90g을 채운 뒤, 104±1.5°C로 유지된 챔버내에서 660±30회/분의 속도로 6시간동안 휠허브를 회전시켰다. 실험 후 휠허브와 베어링으로부터 누설된 그리스 양을 측정 한 결과 미량의 수분이 첨가되어도 그리스의 누설정도가 급격하게 증가되는 것을 관찰하였으며, 수분함량이 증가될수록 누설 정도가 증가되는 것을 확인하였다. 이는 차량이 고속으로 운전시, 휠베어링 그리스의 누설로 인해 차량안전성문제와 직결될 수 있다.

### 3-2. 수분함량에 따른 자동차용 휠베어링 그리스의 수세내수도 및 저온특성 분석

수세내수도는 그리스의 성능평가의 한 방법으로 그리스를 충전한 볼 베어링에 물을 계속적으로 뿜으면서 회전시켜 물에 의해 유출되는 그리스의 양을 측정하는 시험방법이다. 실험결과, 이유도나 누설도의 실험결과와 유사하게 수분함량이 높을수록 볼 베어링에 충전된 그리스가 물에 의해 쉽게 베어링으로부터 유출되는 경향을 보였다.

다음으로는 그리스 시료를 자동차용 휠베어링에 채운 뒤, -20°C에서 2시간 방치 후, 베어링을 구동시키는데 필요한 토크를 관찰하였다. 수분함량이 높은 그리스일수록 기동토크(starting torque)가 적게 걸렸으며, 베어링 구동후 10분이 지났을 때 분석한 구동토크(running torque)는 수분함량에 크게 영향을 받지 않았다. 이는 수분이 그리스속에 균일하게 분포되어 있어, 빙점 이하의 낮은 온도에서도 기름(기유)과 혼합상태에서 물이 빙결되기 어렵고, 빙결되더라도 얼음조각이 미세하게 분산되어있어 전체적인 그리스 시료가 딱딱

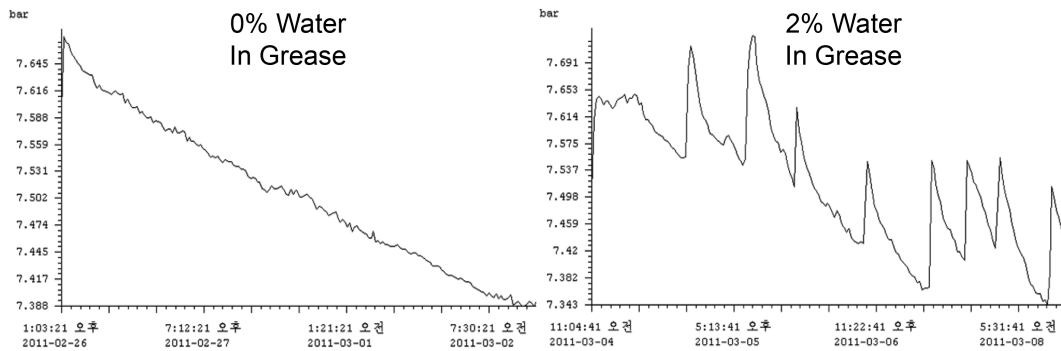


Fig. 1. Test of oxidation stability for automotive wheel bearing grease by water contents.

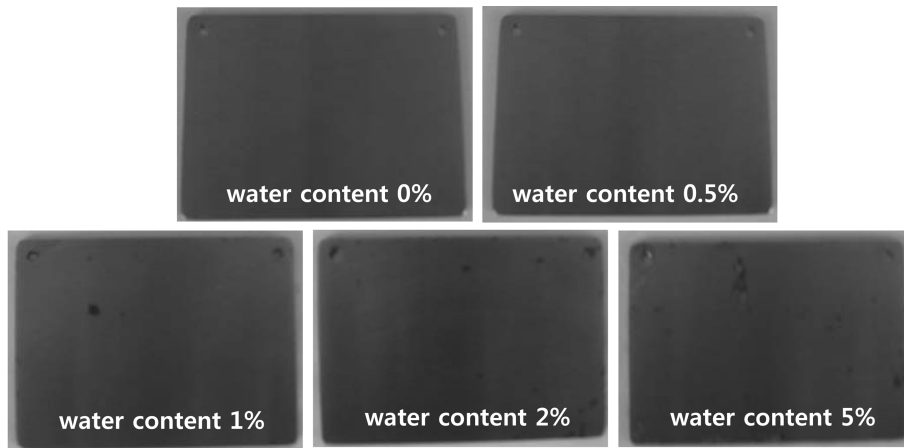


Fig. 2. Test of rust protection for 14 days at 60 degree.

하게 동결되지 않았기 때문이라 판단된다. 반면에 분산된 수분이 증주제와 기유와의 결합에 간섭하여 그리스의 구조를 약화시키므로 오히려 그리스가 연화되어 오히려 수분함량이 높은 그리스시료의 경우 기동토크가 낮게 측정되었을 것이라 판단된다.

**3-3. 수분함량에 따른 자동차용 휠베어링 그리스의 산화안정도 및 습윤 분석**

산화안정도란 그리스가 각종 외부 요인에 의해 산화되려는 것을 억제하려는 성질이며, 그리스의 산화는 주로 윤활의 주체인 기유의 산화로 알려져 있다. 산화안정도 실험은 KS M 2049 시험방법에 준하여 그리스시료를 99°C에서 100시간동안 산화시켰다. 일반적으로 그리스 산화안정도 실험의 경우 시료가 산화되면서 산소압력의 완만한 감소가 일어나지만 수분이 함유된 그리스의 경우, 압력의 증가와 감소가 반복적으로 일어

나는 것이 관찰되었다. 이는 그리스 내에 있는 수분 증발에 의한 압력증가와 그리스 산화에 의한 압력감소가 동시에 일어나기 때문에 일반적인 그리스 산화안정도 실험 결과와 크게 다른 패턴을 보였다. 그리스시료에 수분이 함유되면 일반적인 압력변화의 패턴과 많이 다르지만 시간이 지나면서 그리스를 산화시키는데 소모되는 산소의 압력을 측정할 결과, 수분함량에 따른 압력차이는 크게 관찰되어지지 않았다.

그리스시료의 습윤실험은 금속판에 그리스 시료 0.4 g을 도포한 뒤, 14일동안 60°C에서 물을 뿌려 금속표면의 녹 형성정도를 알아보았다. 수분이 들어있지 않거나 0.5%의 미량 수분이 함유된 그리스시료의 경우, 14일동안의 습윤실험 후 금속의 표면에 녹이 발생되지 않았지만, 1%, 2%, 5%로 함유된 그리스시료의 경우, 금속표면에 녹이 발생되었으며, 수분함량이 높을수록 녹이 더 많이 형성되는 것을 관찰하였다. 이는

자동차용 휠 베어링과 이와 접촉된 금속재질을 쉽게 부식 시킬 수 있을 가능성을 의미한다.

#### 4. 결 론

본 연구는 국내에서 생산된 자동차용 휠베어링 그리스의 수분에 대한 특성을 분석하기 위해 휠베어링 그리스에 수분을 0.5%, 1%, 2%, 5%의 비율로 첨가시킨 뒤, 대표적 특성으로서 적점, 혼화주도, 혼화안정성, 증발량, 이유도, 누설도, 수세내수도, 저온토크, 산화안정도 및 습윤을 분석하였다.

적점과 혼화주도 및 산화안정도는 수분함량에 따라 큰 영향이 없는 것으로 분석되었지만, 혼화안정도, 증발량, 이유도, 누설도, 수세내수도의 경우 수분함량이 증가할수록 이들 변화가 큰 것으로 관찰되었다. 이는 그리스 내에 존재하는 수분이 증주제와 기유의 결합을 약화시켜 전체적인 그리스 시료를 연화시켰기 때문으로 판단되며, 이에 대해서는 추가적인 실험이 요구된다. 또한 습윤의 경우, 수분함량이 증가되면 금속표면의 녹 발생정도가 증가되어 실제적으로 휠베어링이나 인접한 기계부품의 부식을 초래할 수 있다. 또한 이유도나 누설도 등은 그리스의 윤활역할에 영향을 미칠 수 있는 품질항목이기 때문에 차량이 고속으로 운전시, 휠베어링의 윤활역할을 저하시켜 차량의 안전성문제와 직결될 수 있다.

본 연구결과, 수분에 의해 자동차용 휠베어링 그리스의 품질특성이 악화되는 것을 보였으며, 최적의 휠

베어링 그리스의 기능을 유지시키기 위해 적절한 수분 방지제 및 이물질이 휠베어링 그리스 내에 들어가지 못하도록 휠베어링을 보호하는 구조적 고려가 필요할 것이다.

#### 참고문헌

1. Lim, Y. K., Lee, E. H., Lee, J. M., and Jung, C. S., "Performance of Automotive Wheel Bearing Grease by Water Contents", *KSTLE* 춘계학술대회 논문집, 2011.
2. E. Richard Brooser, *Handbook of lubrication, Theory and practice of tribology*, Vol. II Theory & Design, CRC Press.
3. *ASM Handbook, Friction, lubrication and wear technology*, Vol. 18, Metal Park, OH: ASM International; 1992.
4. Kim, J. Y., Chung, K. W., Kim, Y. W., and Jo, W. H., "Anti-wear Performance and Life Evaluation of Wheel Bearing Type Greases", *KSTLE* 추계학술대회 논문집, pp. 111-116, 2004.
5. Business act for quality standard inspection method and inspection fee for petroleum product, Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2010-236.
6. Huh, Y. M., Lee, K., Sim, T. Y., and Kang, S. S., "Study on Geometry Design of Lip-seal for Automobile Wheel Bearing Drag Torque and Sealing Performance", *Transaction of KSAE*, Vol. 15, No. 4, pp. 10-16 (2007).
7. Mistry, A. and Bradbury, R., "Performance of Lubricating Grease in the Presence of Water", *Eurogrease*, pp. 12-22, 2001.