

食品機械의 潤滑劑 選定

金 柱 恒

韓田油化工業株式會社

1. 서 론

최근 우리 주변의 식생활을 살펴보면 간편함을 추구함에 따라 Instant 식품이 보편화되어지고 있으며, 병행하여 각종 식품의 가공화도 급격하게 기계화 내지 공업화로 발전이 거듭되어지고 있다. 식품가공산업은 다품종 소량 생산으로부터 대량에 이르기까지 다양다종하며 또한 식품가공 기계도 다양다종하다.

식품기계가 일반기계와 근본적으로 다르다고 말할 수 있는 것은 기계에 사용되고 있는 윤활제가 직접 또는 간접으로 식품과 접촉하고 있는 점이 식품기계의 특색이다. 따라서 식품기계가 갖추어야 할 가장 중요한 인자가 보건안전위생으로, 이는 무엇보다도 인간의 식생활 안전에 대한 요구로 어느나라건 망라하여 가장 까다롭고 귀중한 위치를 차지하는 과제중의 하나가 되고 있다.

이의 한 예로서 녹을 비롯한 부식노화 등의 문제로부터 사용되고 있는 Stainless steel, Gasket 및 Sealant 등에 있어서 당연한 배려가 필요하며, 이밖에 부수되는 Bearing류 등도 제조하고자 하는 식품류에 닿지 않도록 하는 기계 제작이 절대적이어야 하지만, 아울러 각종 식품 기계에 사용되어지는 윤활제에 있어서도 심도 있는 선별이 매우 중요하다.

따라서 본 기고에서는 제목전에 대하여 간략하게 기술하여 보기로 하겠다.

2. 식품기계의 윤활개소

식품기계의 종류로서는 식품을 혼합하는 혼합기나 냉각기, 고체식품을 분쇄하는 분쇄기, 과립상(顆粒狀) 식품 등을 제조하는 조립기(造

粒機), 현탁액(懸濁液)이나 유탁액(乳濁液)을 분리하는 원심분리기, 여과기, 건조기, 압착기 등이 있고, 이러한 기계에 사용되는 윤활개소는 다음과 같다.

2-1. 식품(食品)

Ham 제조기를 비롯하여 포모정형기(蒲鋒整形機), Mixer, 곤약제조기 등의 Bearing, 습동부, 각종 통조림의 씨머, 반송포장기의 Bearing 등.

2-2. 식료(食料)

Bottling Machine을 비롯한 통조림 Machine 등의 Bearing, 습동부, 세병기(洗瓶機)의 Bearing, 반송기, 포장기 등의 Bearing 등.

2-3. 빵 및 과자류

Mixer의 Bearing을 비롯한 반송기, 포장기의 Bearing 습동부 등.

2-4. 급식 Center 및 Restaurant

교반기(攪拌機)를 비롯한 증기솥, 반송기 등의 Bearing, 습동부, 경전(傾轉) Gear 등.

2-5. 기타

고체 성분을 Tubing하기 위한 압착기, 분말가루 등에 있어서 고운 것과 거치른 물질을 가려내기 위한 Sieve기, 화장품 제조장치, 충전장치, 반송장치의 Bearing, 습도 부문 등.

3. 식품위생법의 규제

식품기계의 윤활개소에는 직접 식품과 접촉하는 개소와 접촉하지 않는 개소가 있다.

식품과 직접 접촉하는 부분의 윤활에 사용되

는 유동파라핀은 식품위생법[1]에 의하여 규정되어 있고 식품첨가물공전[2]에 규정되어 있는 윤활제를 사용하지 않으면 안된다. 따라서 식품첨가물의 규격 및 기준에서의 유동파라핀 및 이를 함유하는 제재의 사용기준은 빵을 제조하는 과정에서 빵생지(生地)를 분할기(分割機)로 분할할 때 및 구울 때의 이형의 목적 이외에 사용하여서는 아니되며, 유동파라핀 및 이를 함유하는 제재는 유동파라핀으로서 방에 0.1% 이상 남지 않도록 사용하여야 한다고 규정하고 있다.

한편 미국에서는 식품가공공장에서 사용되는 제품 안전성을 검사하는 기관으로서 식품의약품국(Food and Drug Administration)과 미국농상무성(United State Department of Agricultural)이 있다. 물론 윤활제의 원료나 제품도 당연히 안전성을 고려하여 검사대상이 되고 있다.

3-1. FDA(Food and Drag Administration)

FDA는 기초화학자료에 있어서 장기에 걸쳐 연속 동물 실험을 실시, 안전성을 승인하는 기관이다.

FDA의 승인을 얻은 자재는 연방규격 Code, 즉 Code of Federal Regulation(CFR)에 기재된다. 우발적으로 식품에 접촉하는 윤활제는 CFR 타이틀 21의 § 178.3570에 기재되고 있다.

3-2. USDA(United State Department of Agricultural)

FDA가 기초과학자재의 안전성을 승인하는 기관이라면 USDA는 실제의 제품을 승인하는 기관으로서 그 성격은 서로 다르다.

안전성의 검사는 미국 농무성의 동식물검역국 즉 "APHIS"(Animal and Plant Health Inspection Service)에서 실시하고, 우발적으로 식품과 접촉하는 윤활제는 H-1의 승인을, 식품과 접촉을 일으키지 않는 윤활제는 H-2로 승인을 받으며 여기서 USDA의 List에 회사명 상품명들이 기재된다.

4. 식품기계의 윤활제

식품기계에 사용되는 윤활제는 크게 분류하여 유동파라핀, Grease, 천연유지, 일반적으로 불리워지고 있는 기계유가 사용되고 있다.

식품기계에 사용되는 유동파라핀은 광유계 윤활기유로부터 유해한 물질을 철저히 제거한 것으로 식품위생법에 의하여 성상 및 용도가 엄격하게 규정되어 있으며, 식품에 접촉하는 가능성이 있고 한편 유동파라핀이나 천연유지가 사용되지 않는 개소에는 Grease가 쓰여지고 있다.

이밖에 일반기계유라고 하는 것은 광유계 기유에 각종 첨가제를 배합한 것으로 산화방지성, 내마모성, 내소부성(内燒付性), 녹방지성 등 각종 성능이 우수한 윤활유가 사용되고 있다.

4-1. 유동파라핀

유동파라핀의 종류는 식품첨가물을 비롯하여 의약 및 화장품 그리고 섬유공업 및 화학공업 용으로 구분하고 있다.

보건사회부 식품첨가물 공전 및 대한약전에서 규정하고 있는 유동파라핀의 규격을 살펴보면 표 1과 같으며 기타 한국공업규격[3]에서 규정하고 있는 유동파라핀의 규격은 표 2와 같다. 한국공업규격을 제외한 식품첨가물 공전이나 대한약전에서 규정하고 있는 유동파라핀의 경우, 표 1에서 보는 바와 같이 제반규격은 거의 흡사하며, 특히 주목할 만한 점은 순도시험중 다핵방향족 화합물이 공히 규격제재가 엄격하다는 것을 엿볼 수 있다.

260-350 nm에 있어서 자외선 흡광도가 0.1 이하가 되는 값은 전량이 발간 물질의 3.4 Benzopyrene이 된다고 가정하면 0.19 ppm에 상당하는 양이 된다. 따라서 실제로 3.4 benzopyrene은 다핵방향족화합물(多核芳香族化合物) 가운데도 극히 미량이라도 존재해서는 안되기 때문에 식품첨가물 유동파라핀의 경우 3.4 benzopyrene 양은 보통 검출한계 이하인 0.1 ppm 이하가 된다[4].

이의 측정에는 그림 1과 2에 나타내었다.

그림 1은 직접 유동파라핀 자외선 흡광도를 측정하고 그림 2는 Dimethy sulfoxide 추출법(抽出法)에 의한 것이다.

표 1. 식품첨가물, 의약 및 화장품의 국내 유동파라핀 규격[1,2]

시험분류	종 류	식 품 첨 가 물	의약 및 화장품
성 상		무색으로 거의 형광을 발하지 않는 정명하고 점조한 액체로서 냄새와 맛이 없다.	무색으로 거의 형광을 내지않는 맑은 유액으로 냄새 및 맛은 없다. 이 약은 에텔에 잘 녹으며 무수에탄올에는 매우 녹기 어렵고, 물 또는 에탄올에는 거의 녹지 않는다.
비점, (°C)		-	300 이상
확인시험		① 자체접시에 취하여 점화하면 밝은 불꽃을 내고 타며 파라핀 증기의 특이한 냄새를 낸다. ② 약 0.5g에 같은 양의 황을 가하여 흔들어 섞은 다음 가열하면 황화수소의 냄새를 낸다.	*파라핀의 확인시험에 따라 시험한다.
비중, d ₂₀ ²⁰		-	0.860-0.890
점도(37.8°C), cSt		-	37 이상
순도	냄 새	-	*이상한 냄새를 내서는 안된다.
	유리산 및 유리알카리	*페놀프탈레인시약→적색을 나타내어서는 안된다. 수산화나트륨→적색	
	중 금 속	-	*합격
	비 소	4 PPM 이하	2 PPM 이하
	고형파라핀	-	*비교액보다 진해서는 안된다.
	황화합물	-	*어두운 갈색을 나타내어서는 안된다.
	다핵방향족탄화수소 (파장 260-350 nm)	0.1 이하	0.10 이하
	황산에 대한 정색물	*유동파라핀층은 변색되어서는 안된다. 또 황산층의 색은 비교액보다 진하여서는 안된다.	

*는 식품첨가물 공전이나 대한약전에서의 규정한 시험조건임.

표 2. 유동파라핀의 한국공업규격[3]

시험항목	분 류	ISO VG 10	ISO VG 15	ISO VG 32	ISO VG 68	ISO VG 100
반응		중성	중성	중성	중성	중성
인화점, °C		140 ↑	150 ↑	180 ↑	200 ↑	200 ↑
동점도, cSt (40°C)		9.00-11.0	13.5-16.5	28.8-35.2	61.2-74.8	90.0-110
유동점, °C		-5 ↓	-10 ↓	-10 ↓	-10 ↓	-10 ↓
부식시험, (100°C × 3 h)		1 이하	1 이하	1 이하	1 이하	1 이하
색(Saybolt)		+30 ↑	+30 ↑	+30 ↑	+30 ↑	+30 ↑
황산정색시험		표준색 용액과 동등 또는 이것보다 담색				
니트로나프탈렌 시험		황색의 결정(니트로나프탈렌)이 남지 않을 것				

다핵방향족화합물 이외의 규격에 있어서는 우리나라의 경우, 식품첨가물 공전에서는 비소 및 유황화합물이 규정되어 있으며, 다핵방향족화합물량의 규격시험에 있어서는 그림 1과 같은 유동파라핀의 자외선 흡광도 측정을 직접법으로

행하며 미국이나 일본의 경우는 그림 2와 같이 Dimethyl Sulfoxide법[5]을 행하고 있다.

4-2. Grease

식품기계용 Grease가 일반공업용 Grease와 다른 점은 인체에 대하여 안전하며, 3항에서도 언급한 바와 같이 “FDA”나 “USDA”가 저명한 공인기관으로서 엄격한 규제를 하고 있다. Grease의 제조 처방에 있어서는 필수적으로 원료에 대한 제약을 받기 때문에 임의적으로 원료를 선택한다는 것은 공업용 Grease와는 달리 안전성을 무시하는 결과가 초래될 뿐만 아니라

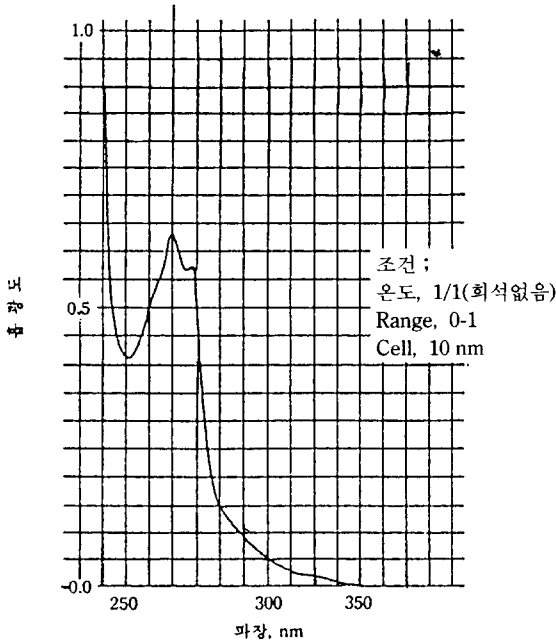


그림 1. 유동파라핀의 직접적 자외 흡광도

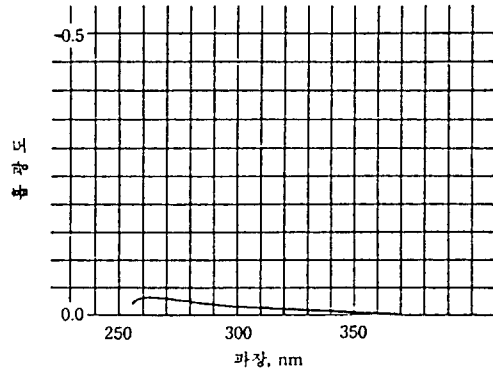


그림 2. 유동파라핀의 Dimethyl Sulfoxide법 자외 흡광도

표 3. Food Machinery Grease의 성상 비교

성상		분류	Aluminum Complex	Anitros Calcium	Polyurea	시험방법 (ASTM)
조성	증주제 Type, wt%		Al-Complex/Clay 7.5/4.2	Ca-Hydrostearate 12	Polyurea 12	-
	첨가제, wt%		1.5	1.5	1.5	
	산화아연		0.1	0.1	0.1	
	아조산소다					
기유 성상 (점도)	40°C, cSt		17.0	17.0	17.0	D 445
	100 °F, SUS		903	903	903	D 2161
	100°C, cSt		16.7	16.7	16.7	D 445
	210 °F, SUS		87	87	87	D 2161
	점도지수		103	103	103	D 2270
혼화주도			283	288	277	D 217
외관			미끄럼이 있는 Butter상			-

표 4. 고온특성 Grease

시험항목		분 류	Al Complex	Ca Hydrostearate	Polyurea	시험방법 (ASTM)
적점 °C (°F)			248 (480)	146 (295)	249 (480)	D 2265
박막시험(건조 까지의 일수)	121°C (250 °F)		8	8	>200	참고문헌 (7) 참조
	149°C (300 °F)		3	3	50	
고속 Bearing 수명(hr)	121°C (250 °F)		562	241	>4600	D 3336
	149°C (300 °F)		122	-	1200	(3회 시험 평균값)

표 5. 압송성시험

온도 °C (°F)	전단속도 sec. ⁻¹	겉보기점도(Poise)		
		Al Complex	Ca Hydrostearate	Polyurea
20(68)	200	150	90	140
	20	590	580	440
	2	3800	4000	1700
0(32)	200	410	180	410
	20	1300	990	1100
	2	6300	6100	3400
-20(-4)	200	1900	820	1800
	20	5700	2500	4900
	2	18000	15000	13000

표 6. 마찰과 방청성시험

항 목		분 류	Al Complex	Ca Hydrostearate	Polyurea	시험방법 (ASTM)
내마모성	4구 시험 마모흔(磨耗痕)지름 (1200 rpm, 75°C, 60 Min, 20 kg, 강)		0.501	0.354	0.376	D 2266
	하중마모지수, kg		20	26	26	D 2596
	4구 시험 윤착하중, kg		130	130	130	D 2596
방청성	증류수		1.1	3.3	1.1	D 1743
	합성해수*		3.3	-	2.1	D 1743

*ASTM D665

성능상의 요구에도 만족하지 못하게 되므로 Grease를 사용할 때 충분한 이해가 필요하며 또한 유의하여야 할 점이 많다.

이에 대표적인 식품기계용 Grease에 대한 실

례를 들면, 비교적 종류는 많지 않으나 Polyurea계를 비롯하여 Al 복합비누계 및 Ca 비누계가 있다.

이들의 Grease는 같은 증주제에 있어서도 기

표 7. 내수성과 이유도의 비교

항 목	분 류	Al Complex	Ca Hydrostearate	Polyurea	시험방법 (ASTM)
내수성 (wt%)	38°C (100 °F)	1.3	3.3	2.5	D 1264
	79°C (175°C)	5.1	7.7	7.8	
이유도 (wt%)	25°C (77 °F), 24 hr	1.3	1.5	1.4	D 1742

표 8. Food Machinery Grease의 성상비교 시험정리

항 목	성상의 우위성	Polyurea Vs Al Complex	Polyurea Vs Ca Hydrostearate
고온 특성	적점	동등	Polyurea
	박막시험	Polyurea	Polyurea
	변속 Bearing 시험	Polyurea	Polyurea
방 청 성		동등	Polyurea
내마 모성	4구 시험(마모흔지름)	Polyurea	동등
	하중마모지수	Polyurea	동등
내 수 성		동등	동등
압송성	저전단	Polyurea	Polyurea
	고전단	동등	Ca-Hydrostearate
적 합 성		동등	동등
이 유 성		동등	동등

유나 각종 첨가제는 제조 Maker의 제조처방에 따라 Know how로 되어 있다.

따라서 같은 증주제의 Grease라 할지라도 각각의 특징이 있는 것으로 품질 설계의 의도(意圖)를 이해하는 것이 대단히 중요하다.

한 예로 Polyurea를 증주제로 한 R.E. Crocker[6]의 보고 자료를 살펴보면 표 3에 나타낸 바와 같이 실험실적 조성을 기초로 하여 성능이나 성상을 시험 평가하고 있다.

여기서 개개의 평가는 표 4-7에 나타낸 바와 같으며 평가 결과를 표 8에 정리하고 있다. 안전성 이외의 Grease 특성으로서는 일반공업용 Grease와 같으며, 또한 성상이나 성능은 일반 Grease 규격에 따라 설계되어지고 있다.

다만 식품기계용 Grease는 안전성면에서 기계의 오염이나 작업환경으로부터 오염되는 것을

꺼림에 의식적으로나 외관적인 면으로 White한 Color의 Grease를 선호하고 있지만, 어쨌든 이러한 Grease도 원료면에서 제약이 되고 있는 특성임에는 틀림없다.

4-3. 천연유지

식품기계 윤활제로 현재 가장 많이 사용되고 있는 것이 천연유지 자체이다. 천연유지의 종류로서는 동백유를 비롯하여 대두유(大豆油), 면실유(綿實油), 채종유, 낙화생유(落花生油), 참기름, Safflower oil, Corn oil, Olive oil 등이 있고 이러한 oil들은 적절한 점도를 가지고 있을 뿐만 아니라, 보다 높은 유동점을 가지고 있으나 산화안정성이 유동파라핀에 비하여 뒤떨어지는 것이 결점이다.

특히 천연유지의 지방산 성분은 Oleic Acid,

Linoleic Acid, Linolenic Acid 등 불포화 결합을 많이 함유한 구조를 갖고 있으며 산화안정성이 극히 불량하다.

지방산의 산화생성물은 악취를 발생시키며 흑색의 점착물을 생성함과 동시에 식품기계의 금속장치의 부식원인이 되기도 한다.

따라서 짧은 기간의 전손식(全損式) 윤활개소에는 이상이 없으나 장기간의 사용은 불가능하다. 한편 전손식에 있어서도 윤활개소에 흑색의 점착물이 축적되면 금속의 부식이 조기에 발생될 우려가 있으므로 식품기계의 정기적인 점검이 필요하다.

4-4. 기계유

식품기계의 윤활개소가 직접 식품과 접촉하지 않는 부분에 쓰여지는 윤활유로서 특별한 규정은 없으며, 다만 기계용 윤활유라고 하는 것은 광유계 기유에 각종 기계성능 조건을 만족할 수 있도록 적절한 첨가제를 배합하여 산화안정성 내마모성 등 개선된 oil이라면 만족하다.

그러나 직접 식품과 접촉하지 않는 부분이라 할지라도 일반적으로 기계유는 유동파라핀이나 천연 유지계보다 가격이 저렴하기 때문에 선호하는 경향이 있으나, 특히 주목할 만한 것은 식품에 대하여 안전성이 없기 때문에 이를 도모하기 위하여 유동파라핀을 사용하는 것이 바람직하다. 이는 Seal로부터 leakage, 또는 윤활개소로부터 Leakage될 수 있는 oil에 대하여 항상 주의를 제거시킬 필요가 있기 때문이며, 만약 이와같은 위험성이 유발된다면 처음부터 안전성이 유지되고 보호되는 식품첨가물로서 규정되어진 윤활제가 바람직하다.

5. 식품기계 윤활제의 요구사항

식품기계에 사용되는 윤활제는 이미 누누히 강조한 바 있으며 무엇보다도 인체에 대한 안전성이 우선적으로 요구되고 있으나 세부적인 윤활특성의 요구사항은 다음과 같다.

5-1. 광유계 윤활유와 유동파라핀

광유계 윤활유의 경우 안전성에 관하여서는

WHO의 1기관으로 되는 국제간 연구기관에 의해 연구된 결과[8]가 있다.

이의 연구 결과, 고도로 용제 정제되어진 기유나 White oil(Liquid paraffin)은 발간성이 없다고 결론 지은 바 있다.

한편 성상면에서 천연하면 통상 무첨가 광유의 경우는 미량 함유하고 있는 불순물이 천연 산화방지제로써의 역할을 천연적으로 행하고 있지만, 유동파라핀의 경우에 있어서는 고도의 수소화 정제로 이루어진 기유가 중심이 되고 있으므로 수소화정제로 말미암아 기유자체가 지니고 있는 천연 산화방지 작용효과가 상실되게 된다[9].

따라서 유동파라핀은 보전중에 산화열화를 받기 쉽게 됨으로 인하여 현재는 dl- α -Tocopherol 첨가되고 있으며 의약 및 화장품의 경우는 0.001% 이하로 규정되고 있다[2].

이밖에 식품 또는 식품무첨가물로서 규정되어진 윤활유는 내하중성, 마모방지성, 산화안정성 등이 일반 윤활유에 뒤떨어지고 있는 점이 지적되고 있는 바, 기계설계자는 처음부터 식품제조기계에 있어서 완벽한 설계의 고안에 주의가 필요하며 Maintenance 면에서도 세심한 배려가 요구된다.

5-2. Grease

식품가공기계는 원료나 반제품 또는 제품에 이르기까지 윤활제가 직·간접으로 접촉하고 있기 때문에 기계의 Bearing부나 습동부에 쓰여지는 Grease의 경우 인체에 대하여 안전하고도 무해한 것이 필수적이며 특히 물이 많이 접하게 되는 기계의 경우는 충분한 내수성과 방청성이 요구되고 있다.

내수성은 넓은 의미로 발수성(發水性)이나 항유화성을 함유, 물이 접하는 윤활조건하에서도 윤활제의 역할이 충분하도록 배려가 필요하여 또한 녹의 발생을 억제할 수 있는 성능의 Grease가 요구된다.

또한 식품가공 공정에서도 때때로 건조에 의한 가열이 수반되는 경우도 많다. 열에 대한 가열온도는 조건 상황에 따라 여러 계층이 되고 있지만, 일반적으로 30-150°C 정도의 분위기로

되는 것이 많으며, 온도에 영향을 받는 Bearing이나 습동부에 사용되는 윤활제의 경우는 우수한 내열성이 요구된다.

한편 기계의 단위조작면에서 살펴 볼 때, 예를 들어 원료의 혼합 혼련은 윤활조건이 저속 고하중으로 운전됨이 일반적이나, Conveyer System 등은 고속 고하중으로 운전이 실시되고 있다. 따라서 부하가 큰 Bearing이나 습동부는 마찰이 일어나기 쉬우므로 Grease 윤활에는 유막의 유지와 소부방지의 성능이 요구된다.

이밖에 냉동식품과 같은 특수조건하의 가공인 경우는 내저온성, 산성 또는 Alkali성, 내무식성 등 각기 사용조건에 만족할 수 있는 성능이 요구되고 있다.

6. 맺는말

지금까지 식품기계의 윤활에 대하여 살펴보았다.

식품기계에 사용되고 있는 윤활제는 유동파라핀을 비롯하여 천연유지, Grease 및 기계유가 사용되고 있으나, 어느 것이든 실제 가장 중요한 조건은 인체에 대하여 안전하고 무해한 윤활제를 선택해야 되며, 이밖에 각종 식품제조 기계 설비의 운전조건에 응답한 성능을 만족시켜야 한다.

그러나 아직까지 모든 조건을 충족시키고 만족할 수 있는 성능의 윤활제는 미치지 못하고 있는 것으로 사료된다. 다만 최근에 이르러 선진국의 경우 천연유지로부터 적절한 성분만을 추출한 윤활제가 등장하고 있다는 외신자료를 접할 때, 우리의 경우 금후 많은 노력을 경주해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 한국식품공업협회, 식품첨가물공전, (주)일지문화사, p. 417 (1991).
2. 대한보건공정서협회, 대한약전 제 5개정, 한국메디칼인덱스사, p. 1072 (1987).
3. 한국공업표준협회, 한국공업규격, 유동파라핀 (KSM 2160-1986).
4. 高橋良雄, 日石レビュー, 28(3), p. 145 (1986).
5. 岡田美津雄, Petrotech, 14(8), p. 815 (1991).
6. R.E. Croker, NLGI Spokesman, February, p. 378 (1979).
7. J.L. Dreher, Predicting High Temperature Performance of Lubricating Grease, NLGI Spokesman, 21(2), p. 13 (1957).
8. International Agency for Research on Cancer, "LARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans", Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, Part 2, Carbon Blacks, Mineral Oils (Lubricant Base Oils and Derived Products) and Some Nitroarenes, Vol. 23 (1984).
9. 金柱恒, 化學工業과 技術, 10(1), p. 13(1992).