

번역자료

(운할통신) 85. 10월호

고체윤활제의 최근동향

유공 윤활유부

1. 윤활제에 대한 시장요구의 변화

지난 10년간 두차례에 걸친 오일쇼크의 경험과 각 산업분야에 있어서의 기술혁신으로 윤활제를 둘러싼 환경은 크게 변하여 고체 윤활제에 대한 시장요구에도 큰 변화가 발견되었다. 특히 근래의 수년간 경박단소라 불리는 재료혁명과 인체에의 영향 및 작업환경의 오염등에 관한 환경위생 요인은 고체윤활제에 대한 요구에 커다란 영향을 미쳤다.

1.1. Oil Shock

종래 윤활은 기계에 2차적인 문제로서 산업 기술중에서 잘 연구관리되는 대상은 아니었다. 그러나 제 1차 오일쇼크 이후 자원 및 에너지 절감이 논의되는 가운데 윤활에 큰 관심이 주어지게 되었다. 대기업에는 생산현장에 윤활관리 전문부서가 설치되고 마찰, 마모에 의한 비용 증대와 가동률 저하등 윤활과 생산성, 경제성등의 관계가 모든 각도에서 검토되었다. Tribology 라는 말이 일반화되었고 학술적인 면에서도 윤활에 대한 새로운 연구결과가 다수 발표되었다. 그림 1은 일본의 광공업 생산과 공업용 윤활유, 일반 그리스의 수요추이를 1973년을 100으로 나타내었다. 이 표에서 보는 것처럼 범용 윤활유의 수요량은 1차 오일쇼크이후 평행을 유지하고 있고 윤활관리가 얼마나 철저하며 윤활제 절약이 얼마나 생활화되어 있는지 알 수가 있다. 이와 같이 윤활유 전반에 걸쳐 고체윤활제는 착실히 성장했다. 특별히 이황화 몰리브덴(MoS₂)은 내열성, 내식성, 내하중성, 저마찰성등의 뛰어난 특성과 Paste, Grease, Dispersion, 전성피막등의 여러형태로 사용하는 편리함때문에 제철소, 시멘트공장, 화력발전소 등 중공업분야에 널리 사용되고 급유간격의 연장과 기기손상의 감소 등 윤활관리면에서 크게 공헌하였다.

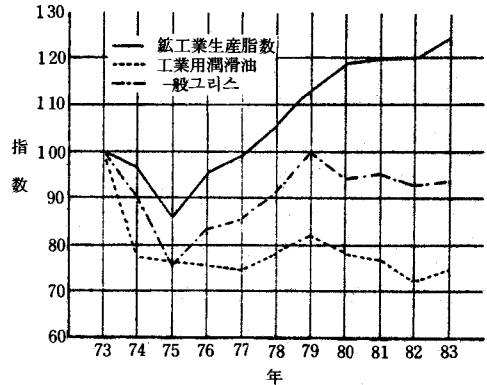


그림 1. 汎用潤滑劑需要推移

1.2. 플라스틱화

최근의 특수윤활제 개발에 가장 큰 영향을 끼치고 있는 것은 자동차, 약전기기를 중심으로 급속한 템포로 발전하고 있는 소형경량화를 동반하는 각종 기기, 부품의 plastic化에 있다. 그림 2는 자동차의 플라스틱화의 추이를 표시한 것이지만 현재에는 자동차의 총중량의 8% 가까이 plastic化되고 있다. 부품수에는 60점이상이 되고 있다. 플라스틱과 금속의 비중차를 비교해 볼 때 어떻게 plastic化가 진행되고 있는가를 알수가 있다. 자동차에 관한 plastic化는 경량화, 성형성, 내식성, Design성, 소음감소 등의 여러가지 이점이 있고 급후 급속하게 발전하리라 생각된다. 이같은 플라스틱화는 자동차를 막론하고 약전기기는 물론 사무기기, 정밀기기 등에 널리 진행되고 있는 것은 주지의 사실이다. 플라스틱화는 현재 기기의 외장뿐 아니라 각종 베어링, 기어, 캠, 휠, 가이드 케이 블등 여러가지 구동부품에 미치고 있다. 그 결과 각종기기의 구동기구는 금속-금속의 습동에서 금속-plastic, plastic-plastic의 습동

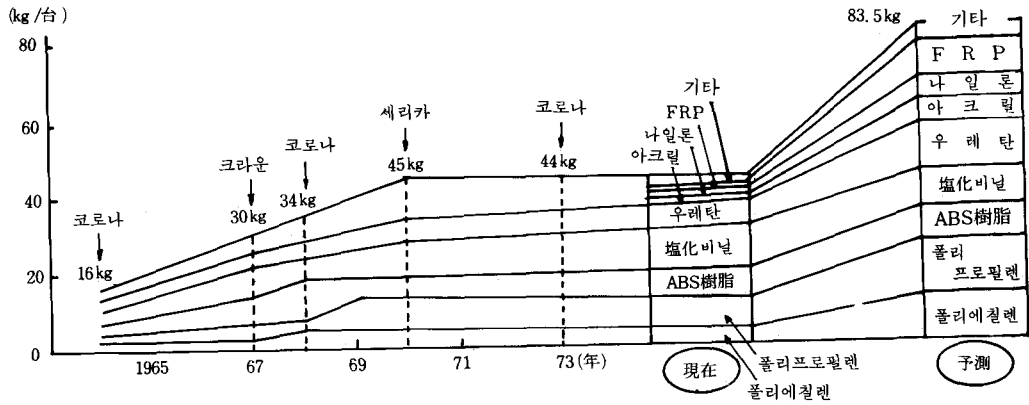


그림 2. 自動車の 플라스틱 使用予測

이 이루어지고 윤활제에 대한 요구도 당연히 크게 변하게 되었다. 우선 윤활제가 플라스틱에 장기간 접촉하여도 플라스틱이 변색, 갈라짐, 강도 저하등 변질하지 않는 것이 첫번째 조건이다. 두번째는 금속과 금속의 습동부에 요구되었던 내열성과 내저속 고하중성의 요구는 약간 후퇴하고 중하중하에서의 장기 내구성과 저온화의 Torque 안정성등이 요구되게 되었다. 이 결과 그리스와 paste에 사용되는 base oil, 증조제, 각종 첨가제는 습동부에 사용되는 플라스틱의 종류와 사용조건에 따라 신중하게 선택하지 않으면 안되게 되었고 교체윤활제도 M_0S_2 뿐 아니라 불소수지 (PTFE)와 멜라민시아누레이트 (MCA) 등 유기계의 교체윤활제가 사용되게 되었다.

1.3. 환경위생

환경위생은 윤활제에 관한 것은 악니지만 최근의 제품개발의 원료재를 선택할때 재료가 작업자의 눈과 피부에 자극을 주는 등 인체에 해로운 영향이 없는가 악취가 발생하지 않는가등 환경위생적인 요인이 기술적 특성보다도 우선 되는 경우가 많다. 일산화납은 고온에서 뛰어난 윤활성을 발휘하기 때문에 전에는 소부방지제, 극압첨가제로서 많이 사용되었지만 납이 공해물질로 판정된 후는 납은 물론 납화합물은 전반적으로 기피되어 특수한 장소를 제외하고는 거의 사용되고 있지 않다. 또 제철소, 시멘트공장등 정비에 사용되는 경우는 그다지 문제가 없지만 자동차 부품, 음향 기기, 정밀기기 등 특히 여성작업자가 대부분인 조립라인에는 흑색의 윤활제는 아무리 특성이 좋아도 작업자

의 작업환경을 해친다고 하면 경원(敬遠) 되는 수가 많다. M_0S_2 윤활제는 특성적으로 대단히 우수한 윤활제이며 인체에 대한 안정성도 인정되고 있지만 색이 검다는 것때문에 경원되는 것은 안타까운 일이다. 이에 대해서 PTFE와 MCA는 색깔도 희고 앞서 말했던 플라스틱화와 더불어 조립라인에서 사용되는 윤활제의 증조제와 극압첨가제로 사용되는 기회가 증가하고 있다. 환경위생상의 문제는 윤활제 자체를 막론하고 각종 첨가제, 용제, 에어졸용 분사가스 등에도 있으며 특히 조금이라도 암의 발생에 의심이 있는 물질은 일체 사용할 수 없다.

1.4. 영구윤활(Lifetime Lubrication)

전에는 어떤 가정에도 기름치는 도구가 있었고 자전거, 미싱, 전축 등 가정용의 기기류에는 정기적으로 기름을 주입해 왔다. 그러나 최근의 미싱, VTR 등의 어떤 기기를 보더라도 가정에서 급유할 필요가 없다. 최근의 기기는 소형경량화되는 동시에 그의 기구는 점점 복잡화, 정밀화, 패키징화되어 아마추어가 분해하여 급유하는 일이 불가능하게 되었다. 그 때문에 기기의 설계단계에서 윤활제도 중요한 재료의 하나로서 신중하게 검토되고 있고 기기의 수명과 일치하는 윤활제가 채용되게 되었다. 기기의 조립에서 수명이 다할때까지 도중에 급유한 부품을 교환하는 일이 없이 원활한 작동이 계속되는 윤활의 상태를 영구윤활이라 부르고 그것에 적합한 윤활제의 개발노력이 이루어지고 있다. 영구윤활을 만족시키는 윤활제의 개발에는 기유, 교체윤활제, 각종 첨가제등 재료의 선택,

편성이 완료되고 있지만 더욱 중요한 요소는 윤활제의 평가방법이다. Falex 시험기, Four Ball 시험기, LFW-1 시험기 등 표준시험기의 데이터를 기초로 평가하여 User도 만족하고 있지만 최근의 구동기기가 복잡화한데다 장기내구성이 요구되는 것과 표준시험기의 결과만으로는 판정할 수 없고 될수 있는대로 근사한 조건에 설정한 실용시험기에 의한 수백 시간에서 수천시간에 걸친 장기내구시험이 필요하게 되었다.

2. 고체윤활제의 동향

이상 기술한 것처럼 오일속크와 산업기술의 눈부신 진보는 윤활제에 대한 Needs에 큰 변화를 가져왔다. 특히 고체 윤활제는 기기의 소형경량화와 그에 따른 플라스틱화, 영구윤활의 추구, 환경위생상의 규제강화, 게다가 내구소비재에 대한 소비자의 고급취향 등 시장요구의 변화가운데 첫번째의 전환기에 접어들었다. 최근 몇년사이 특징적인 것은 PTFE와 MCA 등 유기계 고체윤활제의 사용기회가 많아진 것과 종래의 금속가공, 정비(Maintenance) 중심의 용도에서 자동차, 약전기기, 정밀기기등 고체윤활제의 용도가 대폭 확대되었다는 것이다. 근년 고체윤활제에 관한 연구개발은 매우 활발하며 고체윤활제로 알려져있는 물질은 100종류를 넘고 있다. 그러나 실제 산업에 사용되려면 가격, 사용방법, 공급상의 문제등으로 널리 실용화되고 있는 것은 비교적 적다. 그림 3에 최근 실용화되고 있는 고체윤활제 5종류(powder)의 수요량을 비율로 표시하였다. 그림 4~6에는 흑연, MoS₂, PTFE 각종 powder의 주용도를 비율로 표시하였다. 이하 주요한 고체윤활제에 대하여 그의 동향을 간단히 서술한다.

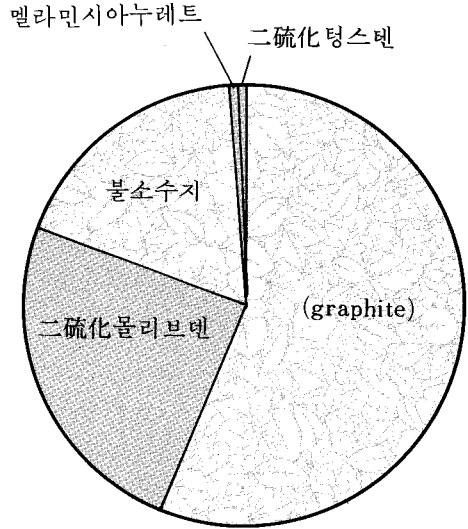


그림 3. 主要固体潤滑劑의 需要比率

2.1. 흑연

흑연은 독성이 없는 안전한 윤활제로서 꽤 오래전부터 사용되어오고 있는 고체윤활제이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 현재에도 대량으로 사용되고 있다.

흑연은 MoS₂보다 150℃ 정도 높은 내열성이 있고 고온에서의 금속가공용 윤활제로 높은 점유율을 갖고 있다. 또 최근에는 Seamless pipe의 윤활유로서도 사용되고 있고 석면(아스베스토스)의 사용규제에서 브레이크 라이닝의 마찰조정제로 수요가 증가하고 있다. 흑연에는 천연흑연과 인조흑연이 있고 윤활제로서의 사용비율은 천연 70%, 인조 30%의 비율이 되고 있다. 최근에는 제철시의 부산물로 산출되는 깃수그라화이트가 안전한 흑연으로 주목되고 있다.

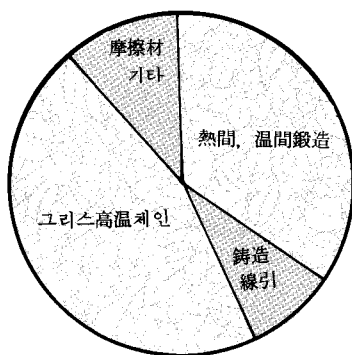


그림 4. 黒鉛의 用途比率

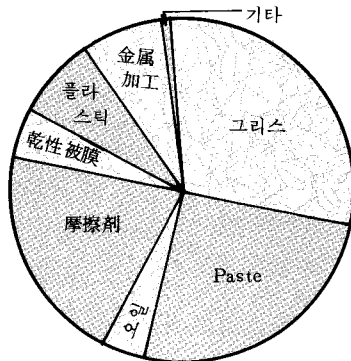


그림 5. 二硫化 몰리브덴의 用途比率

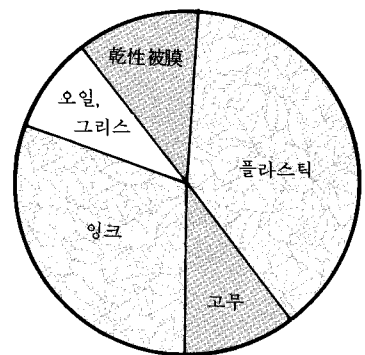


그림 6. 불소樹脂用途比率

2·2. 이황화 몰리브덴 (MoS₂)

MoS₂는 전후 1953년에 일본에 소개된 고체 윤활제인데 전술한 것처럼 종합적이고 우수한 윤활성을 갖고 있기 때문에 년 10% 이상의 높은 성장율을 보이고 있다. 현재에는 정비에서 조립라인까지 더욱 폭넓게 사용되고 있는 대표적인 고체윤활제이다. MoS₂ 윤활제가 자동차산업과 함께 성장한 유럽과 달리 일본에는 당초 제철소, 시멘트공장, 화력발전소, 조선소등 중공업 기계설비의 정비를 중심으로 수요를 신장시키고 자동차산업과 관련하여 엔진오일의 첨가제등 after-market이 중심이었다. 그러나 1965년대에 들어서 자동차산업의 중심에도 급속히 용도를 확장, 현재에는 등속 불조인트용에 MoS₂배합 그리스가 대량으로 사용되기 시작하고 브레이크 라이닝의 마찰조정제와 도어 부품의 윤활제로 그리스, 전성피막을 중심으로 각소에 사용되고 있다. 미국에는 MoS₂ 수요의 약 40%가 자동차산업에 사용되고 있으며 일본에는 같은 정도의 비율로 자동차관련산업에 소비되고 있다. 덧붙여서 말하면 미국에 있어서의 윤활그레이드의 MoS₂과우더 소비량은 일본의 약 4배, 유럽에는 약 3배라고 한다. MoS₂는 1978년에서 1979년에 걸쳐 일시 제품부족으로 가격이 급등한 것이 현재에는 그라이막사사의 신광산의 가동과 미국의 철강업의 불황등으로 몰리브덴광의 공급은 풍부하여 윤활그레이드의 MoS₂ 가격도 안정되고 있다.

2·3. 불소수지 (PTFE)

여기서 말하는 불소수지는 저분자량 4불화에틸렌의 초미분말을 가르카고 있고 전기압출과 다리미에 사용되고 있는 에나멜타입의 제품은 포함하지 않는다. 그림 6에 나타낸 것처럼 고무, 플라스틱에의 첨가와 blocking방지를 위해서 잉크에 첨가하는 비율이 전체의 약 80% 정도를 차지하고 있고 순수한 의미의 고체 윤활제로의 용도는 20%이다. 그러나 넓은 의미의 윤활용도로 보면 연간 20% 이상이며 근년에도 더욱 높은 성장율을 보여주는 고체윤활제일 것이다. 특수 합성유를 베이스로 한 내열 그리스의 증가, 저속고하중부터 고속경하중의 구동기구의 변천, 윤활제의 백색지향 등 PTFE의

수요증가의 요인은 많다. MoS₂와 비슷한 가격 조건 때문에 앞으로도 용도를 넓힌 수요는 증대되리라 생각된다.

2·4. 메라민 시아누레이트 (MCA)

MCA는 일본에서 개발된 유기계 백색고체 윤활제이며 역사는 짧다. MCA의 약 50%는 이형제로 사용되고 있으며 윤활제로 실용화되고 있는 수량은 작지만 내열성도 좋고 플라스틱의 윤활에도 효과가 있고 가격도 MoS₂의 1/4~1/5 정도로 값이 싸며 최근의 Needs에 꼭 맞는 요소를 갖추고 있어 앞으로 신장이 기대되고 있다.

2·5. 기타 고체윤활제

이상 서술한 이외에 무기계의 고체윤활제로 이황화텅스텐, 불화흑연등이 화제에 오르고 각각 흥미있는 특성을 갖고 있지만 가격이 MoS₂의 2~4배로 비싸고 특수한 용도에는 사용되고 있지만 널리 사용되지는 않는다. 또 동, 주석, 아연, 니켈 등의 금속과 그의 산화물 그리고 운모, 불화칼슘 등이 소부방지제와 금속 가공의 분야에서 상당량이 사용되고 있지만 정확한 실태는 파악되고 있지 않다. 유기몰리브덴에 대해서는 내열성, 산화안정성의 우수한 극압첨가제로 그리스에도 사용되고 있지만 용도의 대부분은 엔진오일에의 첨가등 액상으로 사용되고 있고 고체윤활제로 사용량은 명확하지 않다. 이외에 문헌상에는 천이금속의 유화물, Selen 화물 등 흥미있는 보고가 있지만 어느 것도 실용화에 이르지 않고 있다.

3. 맺음말

고체윤활제의 개발 및 응용연구는 어느정도 왕성하며 금후도 새로운 물질이 상품화되리라 생각한다. 고체윤활제는 일종의 엔지니어링 Material이다. 특효약이 그의 사용방법에 따라 부작용을 일으켜 폐해가 있기도 하듯, 고체윤활제의 사용에 있어서는 그의 대상과 인접한 시기의 재질, 사용조건, 기대한 효과등을 잘 확인하여 신뢰성 있는 고체윤활제를 선택하는 것이 가장 중요한 일이다.