

윤 활 연 구

합성윤활유의 고찰 (III)

수원대학교 기계공학과 교수
강 석 춘

4.3 Polyglycols

Polyalkylene glycols는 일반적으로 Polyglycols로 알려져 있고 상업적으로 사용되어온 가장 오래된 합성유에 속한다. 비록 그들이 19C에 개발되었지만 2차대전 초까지는 상업적인 가치가 없었다. 그러나 오늘날 Polyglycols은 합성유 시장에서 많은 비중을 갖는다. 현재에 PAO나 다른 합성유가 개발됨에 따라 Polyglycols은 한계점에 다른 것으로 생각되고 있다.

Polyglycols은 다양한 중합이 일어나기 때문에 각각 서로 다른 성질을 갖도록 하기 쉽다. 중합과정에서 사용되는 propylene산화물에 대한 ethylene산화물의 비에 따라서 최종 생성물은 어느정도 물이나 오일에 용해될 수 있다. 생산물의 분자량은 제조과정에서 조정될 수 있고 그에따라 넓은 범위의 점도를 얻을 수 있다. Polyglycols의 윤활유로써 용도는 많고 또 다양하다. 금속가공유의 제품은 냉각과 함께 윤활작용이 되어야 한다. 자동차의 부동액은 물펌프에서 부분적으로 윤활기능을 하고 있다.

Water-glycol내화 유압유는 펌프와 베어링에서 어느정도 윤활작용을 해준다. 이런 목적에서 윤활유로써 많이 사용되지는 않지만 고려되고 있다.

Polyglycols은 플라스틱, 고무 그리고 종이생

산용 기계에서 기어나 베어링의 윤활에 사용된다. 그들은 또 고온안정성과 가스와의 불용해성 때문에 고압 탄화수소의 압축기용 윤활유로도 사용된다. 일반적으로 말해서 Polyglycols은 보통 150이상의 고점도지수와 낮은 유동성의 특성이 있다. 이들은 원래 산화안정성이 좋은편이나 산화방지제로 더욱 향상시킬 수 있다. 열안정성에서도 비교 대상인 광유보다 훨씬 높은 점까지 억제제로 증대시킬 수 있다. 단점으로는 ethylene 산화기 polyglycols가 광유와 친화성이나 혼합성이 없고 사업적으로 보통 사용되는 첨가제와 혼합성도 나쁘다. 그러나 기화성은 낮고 인화점은 200°C 이상으로 아주 높다.

장비의 페인트나 “셀” 재료의 선택에서 그들 모두가 Polyglycols에 저항을 갖는 것은 아니지만 조심할 필요가 있다.

높은 하중이나 높은 온도에 노출되어 있는 윤활유는 안정적인 점도를 요구하고 높은 산화안정성을 필요로 한다. 이 두성질이 혼련된 Polyglycols에 존재하고 이들 특성을 설명하기로 한다.

보통 Polyglycols은 폴리머의 화학적 구조로부터오는 매우 높은 점도지수를 갖는다. 이 특성을 광유제품인 ISO VG460과 온도-점도 관계를 비교하기 위하여 그림 23에 도시하였다. 점도 지수가 91인 광유는 직선을 이루는 반면에 polyglycols은 40°C 이하에서 직선 아래에 위치하

고 그 이상의 온도에서는 직선 위에 존재한다. 실제적인 면에서 이것은 낮은 온도에서 기계의 시동이 더 쉽고 높은 온도에서 더 두꺼운 윤활막을 형성하여 마찰과 마모를 효과적으로 억제해 줌을 의미한다.

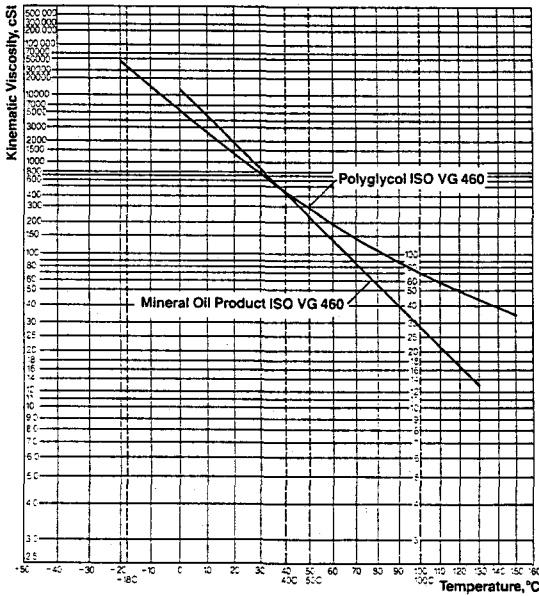


그림 23 ISO VG 460 광유계오일과 Polyglycol의 비교특성을 보여주는 점도-온도표

Polyglycols의 높은 점도지수는 자연적인 성질이고 첨가제에 의한 것이 아니므로 오일의 사용에 의해 전단이 일어나지 않으며 점도의 감소도 적다.

표 3은 광유의 bright stock과 Polyglycols의 물리적 시험결과를 비교한 것이다.

표 3 Polyglycols과 Bright Stock의 전형적인 물리적 성질

| | Polyglycol | Bright Stock |
|----------------------|------------|--------------|
| Viscosity 40°C, cSt | 224 | 540 |
| Viscosity 100°C, cSt | 31 | 33 |
| Viscosity Index | 181 | 91 |
| Pour Point, °C | -29 | -6 |
| Flash Point, °C | 280 | 300 |

그림 23에서 보여주는 것처럼 대략 작동상태인 높은 온도에서 점도에 관련된 보호기능은 비슷하다. 낮은 온도에서 Polyglycols의 상당히 낮은 점도는 기계에서 요구동력의 감소와 윤활유의 초기순환에 더 효과적이 될 것이다. 순수한 결과는 더 적은 전기료의 부담과 초기작동시 부품마모의 감소이다.

모든 윤활유의 주요기능은 상대운동하는 부품 사이에서 마찰을 감소시켜주는 것이다. 낮은 마찰은 윤활유와 기계요소사이의 온도감소를 의미하고 일반적으로 성능의 향상을 나타낸다. 마찰 감소효과와 한 실례가 워기어의 비교 시험관 결과인 그림 24에서 보여주고 있다. 시험윤활유는 모두 같은 점도를 갖고 다음과 같은 것들이다.

오일 A : Mobil SHC 634, 완전히 혼련된 PAO(polyalphaolefin)

오일 B : 프리미엄형 산업용 기어오일

오일 C : 프리미엄형 산업용 순환유

그림 24에서 보여주듯이 기어시험 셋트의 온도는 100%의 초과작동에서 오일 C의 경우 거의 90°C로 증가하였다. Polyglycols제품은 단지 53°C만 증가하였다. 성능면에서도 비슷하게 향상되었고 Polyglycols은 오일 C보다 성능이 10% 더 향상된 것을 보여준다.

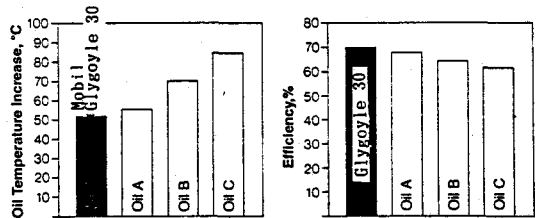


그림 24 워기어 시험결과와의 비교

앞서에서와 같이 혼련된 Polyglycols의 마찰 감소특성은 분명하고 PAO도 비슷하다. 사용장비와 작동조건에 따라 둘중 하나가 더 우수해진다. 예를들면 표 4는 네개의 서로 다른 워기어에서 측정된 성능향상과 온도감소의 비교를 보여주고 있다. 모든 경우에서 기준은 광유계의 기어오일이다.

표 4 광유와 비교된 PAO와 Polyglycol에서 성능과 온도의 이득

| 웬기어 제조사 | 감속비 | 평균성능향상, % | | 평균온도의 감소, % | |
|------------|------|-----------|--------------|-------------|--------------|
| | | PAO* | Polyglycol** | PAO* | Polyglycol** |
| Lechner | 30:1 | N/A | N/A | 9.5 | 8.3 |
| Boston | 10:1 | 2.2 | 3.0 | 11.1 | 8.3 |
| Durand | 30:1 | 5.6 | 4.0 | 7.2 | 7.2 |
| Cone | 50:1 | 7.7 | 7.1 | N/A | N/A |

*Mobil SHC 634

**Mobil Glygoyle 30

또 다른 시험절차는 HL25 청동과 철틀로 구성된 웬기어의 시험으로 시험조건은 1.5kW에서 1500rpm의 전기모터로 작동하였다. 기어장치의 감속비는 30 : 1이고 보통 토크는 2305Nm이다. 시험의 목적을 위해 1시간동안 정상토크의 60%에서 160%로 작동하였다. 마모는 오일속에 포함된 구리를 정량적으로 측정하는 것이다.

그림 25는 재래오일과 실린더오일, 완전히 혼련된 PAO와 Polyglycols제품을 비교한 결과이다. 다른 시험에서와 같이 Polyglycols와 PAO의 성능이 다른 오일보다 우수하고 두 오일은 서로 거의 비슷함을 보여준다.

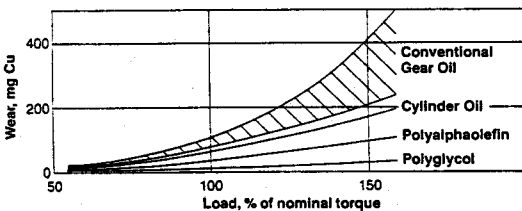


그림 25 웬기어 시험에서 마모율의 비교

앞서의 모든시험은 마찰특성의 우수성을 나타낸 것으로 그들은 웬기어에 의해 부과된 높은 온도에서 합성제품의 안정된 점도에 기인한 것이다. 간과되어서는 안되는 또다른 관점은 마찰계수의 변화에 관한 것이다. 개량된 Tannert기구를 사용하여 일련의 시험이 20°C에서 수행되었다. 시험의 목적은 윤활유형태의 한 기능으로써 철틀로 작동하는 다양한 합금의 마찰계수를 결정하

는 것이다. 시험에 관한 모든 자세한 내용은 생략하고 얻은 결과에 따르면 표 5에서 윤활유의 형태에 의해 널리 사용되는 몇가지의 금속조합에 대한 평균값을 보여준다. 이들은 사용된 시험방법때문에 고정된 자료라고는 할 수 없다. 그러나 비교를 위해서 polyglycol과 PAO의 광유에게에 대한 우수성을 다시한번 보여주고 있다.

표 5 마찰계수의 비교

| | Tin-base babbitt | High-lead babbitt | Copper- lead |
|---|---------------------|----------------------|-----------------|
| Industrial gear oil (containing lead) | 0.232 | 0.180 | 0.163 |
| Industrial gear oil (sulfur-phosphorous) | 0.186 | 0.171 | 0.176 |
| Polyglycol (Mobil glygoyle) | 0.121 | 0.116 | 0.130 |
| Polyalphaolefin (Mobil SHC 600) | 0.193 | 0.166 | 0.119 |

모든 윤활유에서 일반적으로 산화과정은 산소가 있는 곳에서 열과 촉매에 노출되었을 때 일어난다.

이 과정에서 석유제품은 중화기의 증가와 폴리머를 형성하게하는 산을 형성한다. 후자의 화합물은 점도의 증가를 일으키고 심한 경우에 금속면에 부착물이 형성된다.

Polyglycols에서도 극한상태에 노출되면 역시 산이 형성된다. 그러나 긴 연쇄의 고분자물을 형성하는 대신에 생성물은 점진적으로 점도의 감소를 가져오는 분해과정으로 시작한다.

앞에서 자세히 설명한바 있는 Mobil산화시험은 산화과정의 축진을 나타내기 위한 것으로 성능이 좋고 나쁨의 차이를 훨씬 빨리 비교할 수 있다. 이 시험에서 완전히 혼련된 polyglycols은 프리미엄급 산업용 오일의 산화안정성보다 두배 더 안정함을 보여준다. 실제적인 의미에서 이것은 윤활유의 수명이 조건이 같다고 가정하면 두배가 됨을 의미하고 더 높은 온도에서도 열만큼 사용시간을 더 증가시켜줄 수 있음을 뜻한다.

차등 열분석(DTA)은 새 오일이나 사용한 윤활유의 산화안정성을 신속히 결정하기 위하여 널리 사용되는 방법이다. 이 시험에서 오일제품 10mg이 180-220°C의 온도에서 산소와 같이 있게한다. 기록계로 모든 내산화제가 소모되고 산화분해가 시작될 때까지 걸리는 시간을 기록한다. 시험방법에서 보여주는 것으로 polyglycols의 경우에 polyglycols이 원래 우수한 산화안정성을 갖지 않으므로 기유보다는 오히려 산화억제제에 관한 시험이 된다.

사용오일의 조건을 결정할 목적에서 DAT는 보다 더 재래적 시험기술인 중화가, IR분석시험, 점도변화, toluene불용성 분석과 함께 사용되어진다. 장시간 사용하지 않거나 드문 드문 작동하는 산업기계는 대기습도에 따라 다양한 정도의 가혹한 부식조건에 이르게 된다.

부식은 기어와 베어링의 마모를 증가시킬 뿐 아니라 촉매로 작용하고 나아가서는 윤활유의 산화과정을 가속시켜준다. 따라서 윤활유의 필수적인 요구는 부식억제성이다. 이 성질은 polyglycols에 들어있는 천연적인 억제제를 통하여 갖게 될 수 있다.

4.4 Organic Esters

Polyglycols와 Organic Esters는 2차 세계대전중에 윤활유로 중요하게 되기 시작하였다. 그들은 독일에서 낮은 온도특성을 향상시키고 또 부족한 석유공급을 보충하기 위해서 광유와 혼합하여 처음 사용되었다.

젯트엔진 윤활제로의 그들의 사용은 1950년 초기로 거슬러 올라가고 필수적으로 모든 항공기 엔진오일의 기본을 이룬다. 더욱 최근의 용도로는 고성능 그리스에서 기유성분과 PAO계오일의 자동차용과 산업유제품에서 첨가제로의 사용이다.

두가지 형태의 유기에스터가 사용되고 그것은 dibasic acid ester 혹은 diesters와 보통 단순히 polyglycols라고 하는 hindered polyolestes이다.

Diesters는 매우 우수한 낮은 온도유동성과 낮은 유동점을 갖는다. 점도지수는 보통 높고 140이 넘는 경우도 있으며 전단안정성이 좋다. 가수분해성은 높은 성능의 광유보다는 좋지 않다. Diesters는 좋은 윤활성질, 좋은 열 및 산화안정성과 같은 점도의 광유보다 낮은 기화성을 갖는다. 그들은 근본적으로 퇴적물질(deposit)을 녹혀줄 수 있어서 기계 내부면을 청결하게 유지시켜준다. 그러나 Diesters가 어떤 물질에서는 해로운 반응을 할 수 있으므로 페인트나 밀봉재료의 선정에 조심할 필요가 있다.

젯트엔진의 윤활유로 사용되는 diester는 현재 더 안정된 polyolesters의 출현에 의해서 낮은 군사용 엔진으로 제한되어 있다.

Diesters의 다른 용도는 고성능 그리스와 자동차용 엔진오일의 구성성분으로의 사용이다.

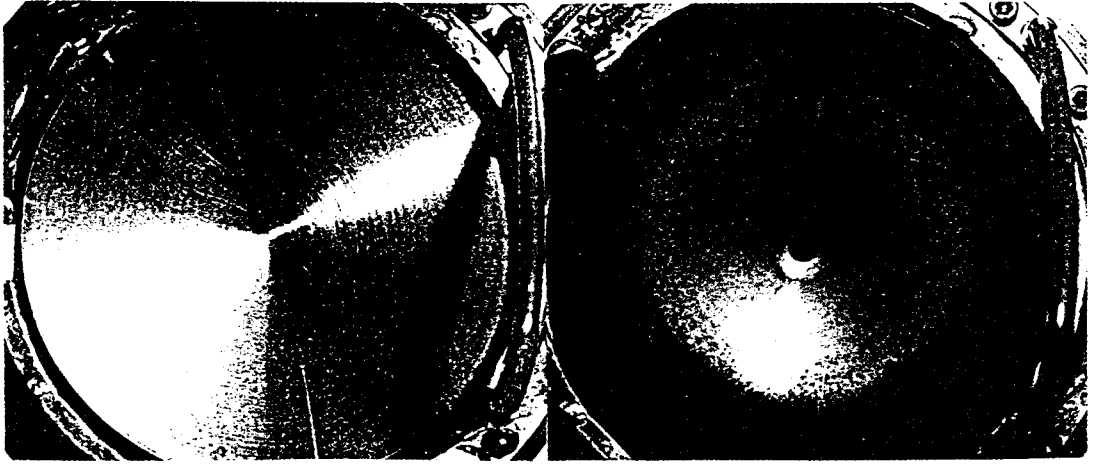
Polyol esters는 diesters보다 더 좋고 높은 열안정성을 갖는다. 온도에서의 성질과 가수분해안정성은 거의 같지만 점도지수는 더 낮으며 기화성은 같거나 낮다. 페인트나 밀봉재료와의 잠재적인 영향은 더 크므로 그들의 선정에 주의할 필요가 있다. 현재 모든 상업용과 군용항공기의 기유로 polyolesters가 일반적으로 사용되므로써 시장점유도가 상당히 증가되었다.

Polyolesters의 또 다른 용도로는 공기압축기유, 기어유, 계기유와 합성탄화수소계오일의 혼합용으로 사용된다.

유기에스터계 윤활유에 관련된 일반성질의 설명은 표준시험의 절차를 사용할 수 없으므로 억제되어오고 있다. 젯트엔진의 용도에서 제기되는 특별히 정밀한 조건을 정확히 나타내도록 작동되는 조건에 맞게 설계된 수 많은 시험법이 개발되었다.

General Electric, Rolls Royce와 Pratt & Whitney같은 항공기 엔진의 제조회사들은 순간화염성, 기화손실, 저장성, pitting성, 부식과 산화성질, 열안정성을 정의하고 측정할 수 있는 시험법을 제시하였다. 그러나 이들은 너무 세분되어 있어서 설명하지 않기로 한다.

좀 더 넓은 의미의 시험방법으로는 오일의 산



Mobil Rarus 827

광유계 압축기유

그림 26 Thin Film Oxidation 시험결과

화안정성과 잔류물 형성경향을 측정하기 위하여 Mobil에서 개발된 Thin Film Oxidation Test가 있다. 이것은 고온에서의 상황이나 제트터빈에서 오일의 작용과 더욱 직접적인 관계를 갖는다.

이 시험에서 오일을 300°C로 예열시키고 300-360°C로 가열한 알미늄디스크에 떨어뜨린다. 이때 디스크는 2500rpm으로 회전하고 있으므로 오일이 디스크위에 얇은 피막을 만들게하며 오일은 다시 수집되어 계속 순환하게 된다. 그리고 여과된 공기를 디스크에 걸쳐 불어준다. 이 공기는 산화물과 응축된 가스와 함께 오일의 저장탱크로 되돌아 온다. 시험은 80분간 지속되고 그 후 알미늄디스크의 상태를 평가한다. 그림 26은 ester계오일과 광유계 압축기오일을 시험한 결과를 비교한 것이다.

광유계 제품은 디스크의 표면에 고체탄소물질이 잔류되어 있지만 반면에 Diester와 Polyol esters는 디스크표면을 깨끗이 유지하고 있다. 이것은 디스크에서 비교적 짧은 시간동안 산화억제능력을 갖는 에스테르오일의 높은 산화안정성 때문이다. 두번째 이유로는 에스테르가 강한 용해능력을 갖고 있으므로 그들 자신의 산화물을 용해하여 제거시켰기 때문이다. 이 성질들은 실용적인 면에서 매우 큰 가치를 갖는다. 즉 높은 압축

온도를 갖는 공기압축기에서 산화안정성과 용해시킬 수 있는 능력은 압축기의 청결도 유지와 오일의 수명을 향상시킬 수 있을 것이다. 이런 이유로 고압압축기에 에스테르계 윤활유의 응용이 점차 확대되고 있다.

또 다른 산화시험은 Pneuop Oxidation Test로써 압축기의 오일에서 잔존물을 매우 많은 비율로 만드는 경향을 가진 제품을 찾아내기 위해 개발된 것이다. 이 시험에서 Organic ester로 만든 Mobil Rarus 800의 경우 압축기오일은 탄소잔존물이 0.19-0.24% 정도를 보이나 독일에서 최대허용치가 2.5%임으로 매우 만족할만한 정도이다. 이들 결과와 실제 사용에서 Ester오일은 고온용 윤활유로써 매우 적합함을 입증해 준다.

산화억제제로써 Diesters와 Polyol esters가 모두 혼련용 제품으로 널리 사용되고 있다. 이들 두 유기 에스테르는 산화억제제와 함께 유성향상제나 녹방지제 같은 첨가제로도 좋은 효과가 있다.

첨가제로 개선시킬 수 없는 두 organic ester형의 한가지 성질은 열 안정성이다. 이 필수적인 성질은 순전히 그리고 단순히 기유의 화학적 구조에 따르는 기능이다.

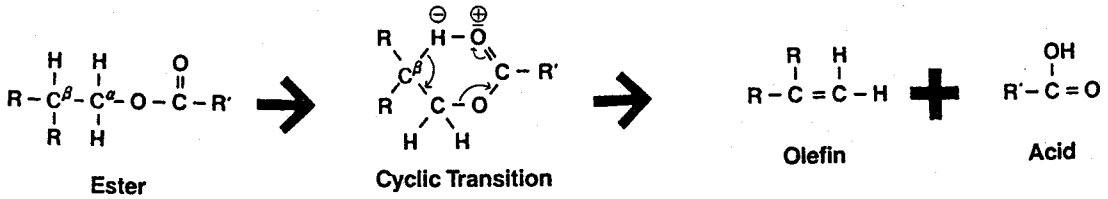
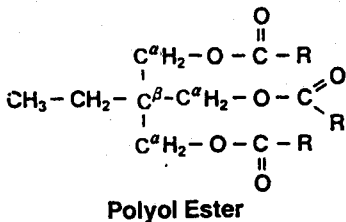


그림 27 Cyclic 전이상태

2차 알콜로 만든 에스터는 330°C 정도까지 안정적이거나 반면에 2차 알콜로 만든 에스터는 270°C에서 분해된다. 두 경우 모두 분해된 물질은 산과 olefin들이다. Diesters에서 열분해는 배타 탄소가 그림 27에서 보여주는 것처럼 수소를 가질 때 cyclic 전이상태를 통하여 일어난다.

Polyol esters에서 이러한 분해기구는 베타 탄소원자가 그림 28에서와 같이 다른 탄소원자와만 결합되어 있으므로 가능하지 않다.



Polyol Ester

그림 28 Polyol Esters의 분해메커니즘

역시 산과 olefin으로 된 polyol esters의 열분해는 더 많은 에너지를 요구하는 radical기구를 통하여 일어나고 이것은 다른말로 말하면 단지 더 높은 온도에서만 가능하다. 평균적으로 polyol ester의 열분해온도는 diesters의 경우보다 30-40°C가량 더 높고 이러한 이유로 제트엔진 오일로 널리 사용되어지고 있다.

두 esters오일의 하중부담능력과 윤활성은 같은 점도를 갖는 광유제품의 성능과 비교할만하다. 그러나 polyol esters는 diesters가 갖는 것보다 경계윤활상태에서 더 좋은 결과를 보여준다. 경계윤활의 의미는 접촉되어 있는 금속면을 분리시켜주는 면적이 점도보다는 윤활유의 화학적 구조에 더 의존되고 있음을 말한다.

다른말로 말하면 윤활피막이 윤활유의 분자크기만을 가지고 있고 움직이는 면사이에서 금속접촉면의 증가를 일으키지 않기 때문이다. 이러한 형태의 윤활에서 일어나는 반응의 단계는 다음과 같다.

- 금속면에서 극성그룹의 흡착
- 반응층의 형성
- 상호마찰과정에서 반응층의 차원(크기) 감소
- 새로운 흡착

Polyol esters는 운동마찰계수에 대한 정지마찰계수의 비를 1보다 작게하는 반응층을 형성하며 그에따라 매끈한 미끄럼을 일으킨다.

에스터는 하중부담능력을 훨씬 더 크게하기 위하여 내마모성 물질을 첨가한다. 이것은 오일이 높은 온도에 자주 사용되기 때문에 열 안정성이 있는 내마모 첨가제이어야 한다.

저장안정성은 오일자체의 성질변화없이 오래 저장되어 있을 수 있는 윤활유의 성질을 말한다. Rolls-Royce는 모든 에스터 오일이 그들의 엔진에 사용되고저 한다면 통과해야 하는 가수분해시험법을 개발하였다. 이 시험에서는 250ml의 오일이 90°C에서 물 250ml과 함께 교반되어진다. 시험은 192시간 후에나 혹은 오일의 중화가가 1.5mgKOH/g에 도달될 때 끝난다. 오늘날 사용되고 있는 diester나 polyol ester를 조심하여 만든다면 일반적으로 이 시간 이내에 최대중화가에 도달되지 않으며 따라서 그들은 저장에서 가수분해 안정성이 있는 것으로 간주된다.

낮은 분자량을 갖는 esters는 강력한 용매제이고 이 성질은 페인트산업에 큰 의미를 갖는다. 윤활제로 사용되는 에스터는 같은 작용을 하지만

큰 문제를 일으키지는 않는다. 이러한 용해성질이 페인트나 탄성체에서 보통 발견되는 여러 화합물을 사용하는 데에 에스터는 부적합한 기유가

되게 한다. 표 6은 organic ester로부터 만든 윤활유를 사용하는 경우에 밀봉재, 나무리나 구조재에서 관찰되는 주의점을 요약해 놓은 것이다.

표 6 Organic Ester의 호환성 지침

| | 적 합 함 | 보 통 | 부 적 합 함 |
|------------|--|---|---|
| Elastomers | Nitrile Rubber (Buna-N, NBR) Only if Nitrile exceeds 36%. Fluorosilicone Rubber Polysulfide(Thiokol) Fluorocarbon(Viton, Teflon) | Nitrile Rubber (Buna-N, NBR) With nitrile content 30-36% Polyurethane Ethyl Propylene Terpolymer Epichlorohydrin Polyacrylate Rubber Silicone Rubber | Nitrile Rubber (Buna-N, NBR) With nitrile content below 30%. Natural Rubber Styrene-Butadiene Rubber Butyl Rubber Chlorosulfonated Polyethylene Neoprene |
| Paints | Epoxy Baked Phenolic Two-Component Urethane Moisture-Cured Urethane | Alkyds Phenolic Single-Component Urethane Industrial Latex | Acrylic Latex(Household) Vinyl Varnish Lacquer |
| Plastics | Nylon Fluorocarbon(PVC) Polyacetal(Delrin, Acrylonitrile-Butadiene-Celcon) | Polyurethane Polyethylene Polypropylene Polycarbonate(Lexan) Acrylic(Lucite, Plexiglas) Polysulfone Phenylene Oxide(Noryl) | Polystyrene Polyvinyl Chloride Styrene(ABS) |
| Metals | Steel and Alloys Aluminum and Alloys Copper and Alloys Nickel and Alloys Titanium Silver Chromium Tin | Cadmium Zinc Magnesium | Lead |

4.5 Phosphate Esters

보통 Phosphate esters로 불리워지는 Phosphoric acid esters는 화학적으로 100여년전부

터 알려져 왔다. 그러나 그들의 비교적 높은 가격과 특수한 성질이 그들의 사용을 억제해 왔었다. 응용되고있는 주요분야는 첨가제(mild EP

와 소포제), 가스제, 연료유의 연소개선제 등이 있다.

Phosphate esters로 불리워지는 화합물중 많은 종류는 훌륭한 화재 저항성을 갖고, 유압유로 사용되는데 충분한 안정성을 갖는다. 비록 이러한 성질이 널리 알려져 있지만 앞서 언급한 높은 가격이 내화용 오일을 제외하고 널리 사용되는데 방해가 되어왔다. 이 분야의 지배적인 상품은 좀 덜 비싸지만 비슷한 효능을 갖는 polychlorinated biphenyls이다. 10-15년전에 PBS로 알려진 이들 물질은 유독하고 생분해가 안되는 것으로 알려져서 대부분의 국가에서 금지되고 있다. Phosphate ester가 내화기능을 갖는 유제로 전면에서 나서게 된 것은 이러한 이유 때문이다.

내화성은 유기분자속에 인을 침투시켜 얻어진다. 대부분의 유기화합물과 반대로 내화성질이 인에대한 탄소의 비가 감소됨으로 인하여 분자량의 감소와 함께 이루어진다. 그래서 덜 점성적인 Phosphate ester는 표7에서 보여주는 것처럼 가장 높은 순간점화성을 갖는다.

표 7 Phosphate Ester - 점도와 순간점화온도

| Viscosity, cSt at 40°C | Spontaneous Ignition Temperature, °C |
|------------------------|--------------------------------------|
| 17.3 | 650 |
| 28.2 | 605 |
| 40.3 | 590 |
| 68.1 | 585 |

Phosphate ester는 결코 불연물질은 아니다. 그들은 에너지원이 충분히 크고 조건이 허락된다면 타게 될 것이다. 따라서 석유제품의 발화점이나 인화점을 측정하는 장비로는 Phosphate esters에 부적당하다. 이 시험기의 온도나 열 조건에서 그들은 연소할 수 있는 잔존물을 남기면서 분해될 것이다.

일반적으로 Phosphate esters의 산화안정성은 보통 정도이다. 적당한 조건에서 그들은 비교적 안정적이고 산화억제제의 첨가제로 개선될 수 있다.

Phosphate esters는 특수한 ester의 분자구조에 따라 열안정성은 차이가 매우 많다. 모든 경우에 열분해성질은 금속을 부식시킬 수 있는 치환된 인산(phosphoric acids)을 형성한다.

열안정성은 시간-온도의 함수이고 ester는 낮은 온도에서 더 오랜 기간동안 안정하다. 일반적으로 triarylphosphate esters는 alkyl aryl 그룹에 있는 것보다 더 안정하다. 대략 150-180°C의 온도가 전자에 해당한다면 후자는 90-120°C로 비교된다.

가수분해안정성은 보통정도이다. 에스터의 가수분해는 초기화합물인 산과 알콜로 가역되는 결과에 이른다. 예로 phosphoric acid triaryl esters는 phenyl residue나 수소를 2차 phosphoric acid esters나 acidic phosphoric acid partial esters로 교환되므로써 가수분해되어진다.

유압장치에서 Phosphate esters는 유동력 매체로써 작용할 뿐 아니라 그들은 펌프나 벨브의 마모보호기능을 한다. 산업체에서는 광유제품에 인화합물이나 마모억제제로 합성유에 첨가하고 있다. 그래서 Phosphate ester가 좋은 내마모성을 제공한다는 것은 매우 논리적이다.

Vickers V104C pump를 사용한 유압시험에서 140bar에 250시간 마모시험한 자료를 표 8에 제시하였다.

표 8 Phosphate Ester - 유압펌프의 마모율

| | Phosphate Ester ISO-VG 46 | Petroleum Product ISO-VG 46 |
|---------------|------------------------------|--------------------------------|
| Ring wear, mg | 5 | 20-120 |
| Vane wear, mg | 5 | 10- 30 |
| Total, mg | 10 | 30-150 |

Phosphate esters의 훌륭한 내마모기능은 철의 표면에 인화철을 형성하고 이들은 용해온도가 낮으므로써 마찰감소 기능을 한다는 사실로 설명된다.

Phosphate esters의 주요응용은 화재의 염려가 있는 유압계와 산업 혹은 상업용 항공기에 사

용되고 있고 아울러 화재에 취약한 다른 분야에서도 사용되고 있다. 한 예로 매우 높은 토출온도를 갖는 압축기로서 기존오일을 사용할 경우에 화재가 일어날 염려가 있는 경우이다. 특히 화재의 가능성이 높은 가스파이프라인의 수송계통에서 가스터빈의 주요 베어링 윤활에 사용된다. 또 스팀터빈의 성공적인 사용의 실예가 있다.

모든 esters의 경우에서처럼 Phosphate esters 역시 강력한 용해성이 있다. 그래서 일반적으로 Fluorocarbon elastomers가 밀봉재로 많이 사용되고 있다. 실리콘화합물은 공기의 분리가 중요한 경우에 사용되어서는 안된다. 왜냐하면 그들이 Phosphate esters와 함께 공기가 채워져있는 계통에서 공기를 안정시키는 경향이 있기 때문이다.

4.6 Silicones

Silicones는 비교적 오래된 합성유체중의 하나이다. 그들은 300°C 혹은 그 이상까지 매우 높은 점도지수를 갖는다. 유동점은 낮고 낮은 온도의 유동성이 좋다. 그들은 화학적으로 불활성, 무독성, 내화성, 흡수성과 낮은 기화성을 갖는다. 밀봉재의 부풀음 현상도 매우 적다. 산화나 열안정성은 매우 높은 온도에까지 우수하다. 만약 산화가 일어난다면 분해물질은 실리콘 산화물을 포함하고 있어서 금속을 연마하는 성질이 있다. 오일의 압축성은 광유보다 상당히 높다. Silicones의 주요 결점은 오일이 금속면에 넓게 펼쳐지게 해주는 낮은 표면장력을 갖는다는 것이다. 결과적으로 효과적인 윤착 윤활피막을 금속표면에 형성하지 않는다. 아울러 실리콘은 마찰과 마모감소용 첨가제와 반응이 빈약하다.

Silicones은 넓은 온도범위에 사용되는 그리스의 기유로써와 특히 유압유체나 압축기오일로 널리 사용된다. 그들은 염소가스나 산화 또는 부식 환경에 접촉되는 밸브나 교반기 조인트용 그리스로 사용되고 있다. Silicones오일이 더 널리 사용되는대 주요 장애는 광유보다 10-100배에 달하는 비용문제이다.

4.7 Polyphenyl Ethers

이 유기물질은 탁월한 고온성을 갖고 우수한 방사성 저항성을 갖는다. 그들은 450°C까지 열안정성을 갖고 높은 온도에서 우수한 산화저항성을 갖는다. 그러나 그들은 보통 주위온도에서 높은 점도를 갖고 이것이 polyphenyl ethers의 사용을 제한하는 경향이 있다. 적은 양이지만 Polyphenyl Ethers은 열전도유체로 사용되고 높은 진공의 확산펌프용 윤활제와 방사성저항을 갖는 그리스의 유체성분으로도 사용되고 있다. 이것 역시 가격이 비싸고 고급광유의 약 20배 정도이다.

4.8 Silicate Esters

Silicate Esters는 월등한 열안정성과 산화안정성을 갖는다. 또 우수한 점도-온도특성, 낮은 유동점, 낮은 기화성과 비교적 좋은 윤활성질을 갖는다. 주요 단점은 가수분해의 저항성이 빈약하다는 것이다. 적은 양의 Silicate Esters는 열전도 유체와 절연냉각유로 사용된다. 또 약간이지만 특수유압유로도 사용되나 고급광유에 비해 10-12배 비싼것이 Silicate esters의 사용에 문제점이다.

5. 합성유와 건강과의 관계

일반적으로 합성유는 먹거나 피부접촉에서 독성을 일으키지 않는다. 그러나 광유나 광유계 솔벤트처럼 합성유도 천연지방의 일부와 피부오일을 약간 씻어낸다. 따라서 오래동안 접촉하거나 자주 접촉하게되면 약간의 가려움 현상을 일으킬 수 있다. 특히 오일증기나 오일미립자는 폐에 부담이 될 수 있으나 대부분의 작업분위기에서 증기나 미립자의 생성이 심하지 않다.

그래도 오일의 생산자들은 사용자에게 충분한 정보를 제공하여 건강에 문제가 발생되지 않도록 주의를 해 줄 필요가 있다. <끝>