

윤활연구

합성윤활유의 고찰

(I)

한국화학연구소
강 석 춘

1. 서 론

세계 제2차대전은 합성윤활유(합성유)의 개발과 사용을 위한 중요한 원천을 제공하였고 제트엔진같은 새로운 장치가 높은 성능을 갖이면서 생산되기 시작하였다. 또 기존장치는 환경의 극한지역 즉 극지방에 노출되면서 기존 광유가 더 이상 요구 성능을 만족시킬 수 없었다. 특히 독일같이 원유가 매우 부족한 나라의 경우 합성유가 유일한 윤활유의 수급에서 해결방법으로 나타났다.

대전 후 경제개발과 생산공장의 운영에서 안전상으로 합성유는 계속하여 사용의 의미가 확대되고 있다. 이제는 기존 광유가 더 이상 사용에 적합하지 않은 경우를 위하여 개발되고 있다. 합성유가 기존광유보다 분명한 잇점을 갖는 것은 프라스틱 압연기(오일교환 주기의 상당한 연장, 가동중단의 경우를 감소), 극심한 조건에서 작동하는 웹 기어(효율의 증가, 더 낮은 작동온도), 폭발하기 쉬운 공기 압축기(연소하기 쉬운 석유 잔존물의 제거), 화재염려가 있는 장치에 사용되는 유압유(광산용, 압력주조장치, 증기터빈의 조절장치) 등으로써 다음에 자세히 설명하기로 한다.

합성유를 개발하려는 또 다른 이유는 오일 가격의 상승과 원유 부존자원의 유한성이다. 이 합성유의 훌륭한 윤활성은 낮은 마찰계수, 더 좋은

내마모성, 에너지 절약과 기계관리에서의 상당한 기여 등이다. 이러한 이유로 합성유의 생산은 앞으로 점차 산업유나 자동차용 오일로써 기존 광유의 영역을 더 많이 차지할 전망이다.

앞으로 몇 단계로 나누어서 현재 생산과 사용이 가능한 합성유의 형태, 특성, 용도, 그리고 광유에 비한 우수성 등에 관하여 이해하기 쉽게 설명해 나갈 예정이다.

2. 합성유의 역사

합성유의 역사에 앞서서 천연 윤활유의 사용에 관해 알아보기로 한다. 이집트인의 무덤인 기원전 약 1650년전의 Tehut-Hetep에서 무거운 돌을 쉽게 옮기기 위하여 올리브 오일이 나무판자에 어떻게 사용되었는지의 설명이 있다. 기원후 23-79년에 Plinius는 그당시에 잘 알려져 있고 현재에도 아직 사용되고 있는 식물과 동물로부터 제조된 오일의 목록을 열거하였다. 베어링이나 천천히 움직이는 기계들은 고대에서 19세기 초기까지 올리브유, 유채오일, 피마자(아주까리)오일 그리고 다른 천연적인 마찰감소의 물질들로 윤활시켜 왔다. 이들이 사용된 첫 윤활제였다.

1769년경에 제임스 왓트의 증기기관 개량은 인류를 산업시대로 인도하게 되었다. 그후 새롭

고 더 많은 기계의 요구는 그에따라 더 개량된 오일을 찾기 시작하게 되었다. 그 오일들은 점차 증가되는 속도와 하중에서 작동하는 장치의 요구에 만족시켜야만 하였다. 이때 처음으로 사용되기 시작한 오일은 지표면에 노출된 광유였고 동식물유와 함께 사용되었다.

원유를 생산하기 위한 단일 목적으로 땅속을 굴착한 것은 1859년에 펜실바니아의 Titusville에서 처음으로 성공적으로 이루어졌다. 이 사업의 주요 목적은 등유 즉 석유의 수요증가 때문이었다. 그러나 초기의 연구로 정제과정에서 중질 윤활유의 제조가 알려지게 되었다.

19세기 후반은 원유로부터 윤활유를 더 효과적으로 생산하기 위한 많은 새로운 기술개발의 시대였다. 이들중 하나가 뉴욕의 Rochester 진공 오일회사의 감압 오일 정제기술이다. 이 방법으로 오일의 구성분자가 파괴되는 높은 온도분위기가 아닌 상태에서 중류 잔류분을 정제할 수 있었다.

1900년대 초에 가솔린은 매우 중요하게 되었고(가솔린 자동차용 연료) 이것이 원유의 수요를 대폭 증가시켰다. 이 시대까지 펜실바니아산 원유만이 윤활유 제조용으로 사용되었으나 이제는 새 제조법에 의하여 다른 원유로도 오일을 제조하였다.

1910년부터 1918년까지 성능이 향상된 기계 장치 즉 고압 스팀터빈, 새 전기 기계 그리고 자동차들이 윤활유 수요를 크게 증가시켜 주었다. 이에따라 윤활유의 연구가 활발해 지고 많은 발전을 이루게 된다. 이것은 정제기술과 함께 첨가제 기술의 개발을 포함하고 있다. 이들은 1920년대에서 1930년대 까지 높은 수준으로 향상되고 제2차대전 동안에 피크에 도달하게 된다. 기계에서의 새로운 개발은 윤활유의 성분에 새로운 개선이 요구되었다.

2차대전에서 오일 수요의 증가는 합성유를 처음 실제 상업적으로 사용하게 되는 결과를 가져왔다. 이들은 화학적 합성에 의하여 만들어지는 기본 유체로 제조는 상품으로 정의하였다. Polyalkylene glycols(polyglycols)은 비록 100여년

전에 이미 알려져 있었지만 1940년에 처음으로 군사적인 용도의 윤활유로 사용되기 시작하였다. 그들은 1945년 이후 산업용으로 더 널리 사용되었다. 오늘날 polyglycols는 브레이크 오일이나 합성수지나 필름을 만드는데 사용되는 높은 온도용 윤활유로 잘 알려져 있다.

O-phosphoric acid esters의 화학적 역사는 polyglycols만큼 오래 되었다. Triphenyl phosphate는 1854년에 처음 합성되었다. Phosphoric acid esters는 1920년에 cellulose nitrate를 연화시키기 위하여 1920년경에 처음으로 산업적인 매력을 얻기 시작하였다. 최근에 tertiary phosphoric acid esters는 소포제, 내마모제와 내연성 유압유 등으로 더욱 발전해 왔다.

Dibasic acid esters의 연구가 비록 오래 전부터 시작 되었었지만 이 물질들이 다양한 형태로 윤활유로의 주요한 역할은 제2차대전이 발발함으로써 제기되었다. 양 진영에서 모든 연구자들은 온도에 덜 민감하고 낮은 온도에서 유동성이 좋으며 매우 높은 온도에서 기화성이 적고 더 안정한 유압유나 오일을 개발하려고 노력하였다. 이 시도중 많은 노력이 dibasic acid esters에 집중되었고 그에 따라서 계기, 화기조절 장치, 차이로스코프 및 특수한 항공이나 해군병기 등을 위한 특수오일이 개발되었다. 독일에서만 이들이 엔진오일로 사용되었다. 1950년 초기에 영국과 미국의 연구자들은 처음에는 군사적인 용도로 그리고 나중에는 상업적인 용도로 diester를 젯트 엔진 오일을 개발하였다. 현재 diester와 polyol ester-based제품은 두번째로 큰 윤활유 시장을 차지하고 있다(polyglycols이 가장 많음).

Silicone polymers는 2차대전중에 그리스나 계기유로 사용되었다. 그들의 우수한 물리적 특성과 고온 안정성에도 불구하고 가격이 비싼 이유로 시장에서 적은 몫을 차지하고 있다. 그럼에도 불구하고 그들은 어떤 특수한 분야 즉 정밀기계, 동기모터, 충격흡수기와 매우 높은 온도의 유압계에 필수적으로 사용되고 있다. 그들은 기포 억제제로도 사용된다. 최근에 개발된 다른 합성오일로는 fluoride esters, polyphenyl ethers,

tetra-alkylsilanes, ferrocene derivatives, heterocyclenes aromatic amines와 hexafluorobenzenes 등이 비교적 규모는 작지만 특수한 용도를 갖고 있다.

합성탄화수소에 대한 연구는 1920년과 1930년대에 처음으로 이루어졌다. 그것은 현재 사용되는 polyalphaolefins과 비슷한 alphaolefin 기술에 바탕을 두고 있다. 이들의 초기 노력은 다음의 이유로 학문적 관심을 벗어나지 못 하였다.

1. 윤활유의 품질은 빠르게 진전되었고 획득성은 무한하며 값이 싸다.
2. alphaolefins이 유도되는 기초원료가 충분히 공급이 되지 못했다.
3. 점도지수 향상제가 개발되어 고 점도지수를 가진 합성유의 필요를 억제시켰다.

그러나 현재에는 광유가격과 관계있는 원유가의 상승과 함께 합성탄화수소의 제조가격의 급격한 감소는 비용과 성능을 연계해서 이들 대부분 최신 오일이 만들어지고 있다. 오늘날 합성탄화소는 산업용과 자동차용으로 널리 사용되어지고 합성유계통에서 빠른 성장율로 시장을 확장하고 있다.

오늘날 합성유는 가장 수요가 확대하고 있는 것으로 소개되고 있다. 오는 10여년 이내에 합성유는 그들이 높은 작동온도와 용력(면적당 하중)에서 작동하는 경우와, 특히 에너지절약의 측면에서 사용이 크게 늘어날 전망이다. 또 먼 장래 원유가 점차 고갈되어가면 합성유는 석탄이나 석유암석으로 만들어지거나 초기 윤활유의 형태이었던 동물과 식물의 오일로 만들어야 할런지도 모른다.

분에서 서로 다르지만 그들은 모두 같은 기본 성분을 갖는다. 즉 가벼운 가스인 에탄, 메탄, 부탄과 프로판은 대기상태에서 분리된다. 가솔린, 디젤연료와 연료분이 원유로부터 증류되고 나머지 잔존물로부터 광유인 오일이 정제된다. 여러가지의 정교한 정제과정이 아스팔트, 왁스와 황 화합물을 제거하는데 사용된다. 남은 것이 윤활 기유로써 화학적 정제에도 불구하고 아직도 산소 유기화합물, 유황과 질소화합물들이 적은 양의 다른 무기물과 함께 잔류한다.

만들어지는 과정에서 원유속의 수 많은 화합물들이 정제에 의해 대부분 제거되지만 정제방법에 따라 어떤 성분들이 윤활 기유에 남아 있게 된다.

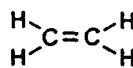
반대로 합성유에서는 압력, 온도와 성분원소의 비가 잘 조절된 상태에서 화학적 반응에 의하여 제조된다. 일반적으로 원하는 최종 제조물로 반응시키는 방법은 몇 단계를 갖고 각 단계에서 중간 생성물을 정화시키는 것이 필요하다. 축대로 제조된 최종물질이 합성유에서의 고유한 특성을 제공한다. 각 제조단계가 광유에 비해서 높은 가격을 이루는 원인이 된다. 즉 합성유의 최종 가격은 원료의 가격에 각 반응 단계의 비용이 포함되는 것이다.

일반적으로 화학 산업에서처럼 원료재료는 대부분 원유나 천연가스를 열처리 과정을 거쳐서 얻는다. 그림 1과 2에서와 같은 에틸렌과 그의 유도체는 가장 중요한 유화산업의 기본 물질이다. 가장 중요한 합성오일 중에서 몇 가지는 이 기본 물질로부터 특수 반응단계에 의하여 제조되어진다. 이들의 각 단계는 그림 3과 같이 반응도표로 나타낼 수 있다.

3. 합성오일의 기본화학

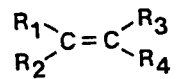
3.1 합성유의 일반

일반적으로 원유는 복잡한 탄화수소의 혼합물이다. 여러 유전에서 생산되는 원유가 화학적 성



Ethylene

그림 1



Ethylene Derivative

그림 2

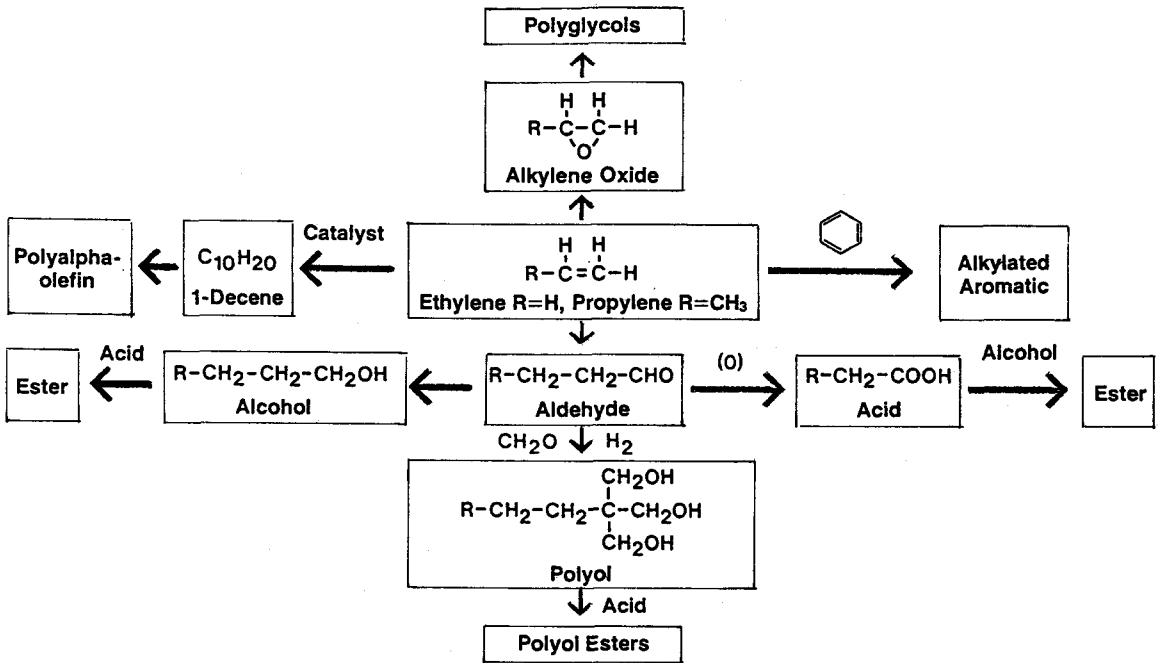


그림 3. Ethylene으로부터 유도되는 합성윤활유들

3.2 합성 탄화수소계

3.2.1 Polyalphaolefins

Polyalphaolefins 혹은 olefin oligomers는 고온에서 점도의 감소가 적고 낮은 기화성을 가지며 매우 낮은 유동성과 고온에서 산화저항이 강한 매우 특정한 특성들을 가진 파라핀같은 액체상태의 탄화수소이다. 이 특징은 미리 결정된 연쇄길이를 구성되고 비교적 가치가 없는 분자들로 이루어지며 왁스가 존재하지 않기 때문에 얻

어진다. 그림 5에서 합성 탄화수소를 만드는 몇 가지 방법중 하나를 보여준다. 제조과정의 필수 단계들은 다음과 같다. Ethylene은 오일이나 석탄 혹은 천연가스로부터 유도되고 액체상태의 Polyalphaolefin, decene 혹은 C₁₀, alpha olefin의 기본 건축 블럭같은 형태로 반응시킨다. 그 decene는 촉매가 있는 있는 상태에서 dimers (길이를 두개의 decene분자를 구성), trimers (세개), tetramers(네개)와 얼마의 무거운 성분이 되도록 중합시킨다. 대부분에서 trimers

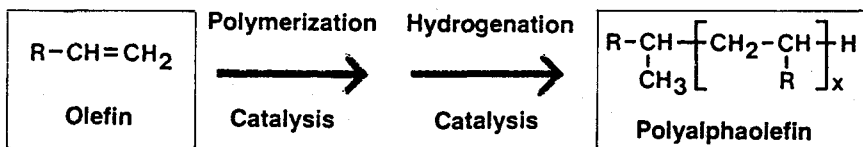


그림 4. Polyalphaolefins의 제조에 관계되는 기본 화학

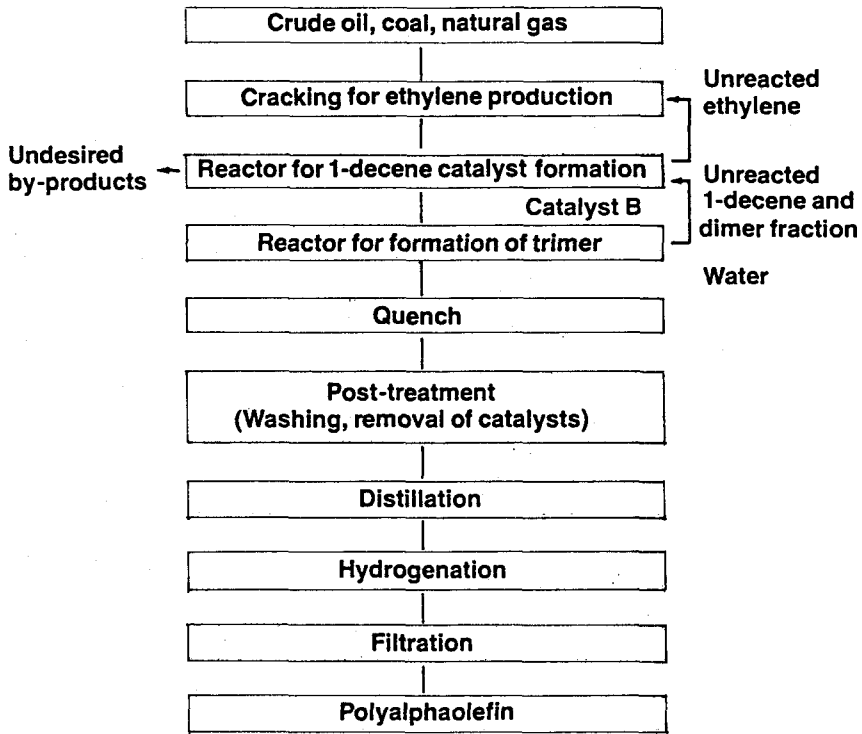


그림 5. Polyalphaolefins의 제조단계

(세개), tetramers(네개)의 성분이 합성기유의 기본으로 사용되어진다. 그러나 dimers와 pentamers들은 특별한 용도로 사용되는 매우 낮거나 높은 점도중 하나를 얻는데 사용된다. 다른 것들은 다음과정에서 다시 사용된다.

열이나 산화안정성을 개선시키기 위하여 분자중에서 잔류하는 이중 결합체는 제거되어야 한다. 이것은 분자들을 포화시키고 모든 이중결합체를 제거하도록 수소를 첨가하므로써 이루어진다. 도표에서 보여주는 것처럼 중간 단계가 필요하고 이들은 촉매를 제거하기 위한 세척과 원하는 점도를 얻기 위한 증류등이다.

3.2.2 Alkylated Aromatics

두번째 형태의 탄화수소계는 alkylbenzenes로 알려진 alkylated aromatics이 있다. 이들은 그림 6에서 보여주는 것처럼 benzene nucleus에 하나의 olefin을 첨가하므로써 제조되어진다. 이 과정에서 유도되어지는 기유는 polyalphaolefins과 비슷한 특성들을 갖는다. 그들은 비교적 큰 점도를 얻을 수 없고 최종 생성물의 용도가 낮은 온도의 사용에 한정되어 있다는 제한을 갖는다.

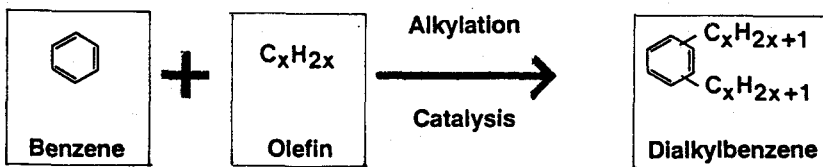


그림 6. Alkylbenzene Equation

3.2.3 Polybutenes

Polybutenes 혹은 polyisobutylenes은 합성 기유에서 항상 고려되지는 않는다. 그러나 유럽과 일본등에서 매우 많은 용도로 사용되기 때문에 포함시키게 되었다. 이들의 혼합물은 butenes과 isobutylene을 중합시켜서 제조한다. 그림 7에서 전형적인 구조를 보여주고 있다. 점도는 연쇄길이의 함수로써 긴 구조는 높은 점도를 갖는다. Polybutenes의 주요 용도는 전기장치 산업으로써 절연유나 cable오일로 널리 사용된다.

그들은 또 작업물에 잔존물이 남지 않고 금속 면에서 가스상태로 분해된다는 사실 때문에 압연유, 인발유, 압출유로도 사용된다. 다른 용도로는 윤활유의 증주제와 2행정기관용 오일의 첨가제로 사용된다.

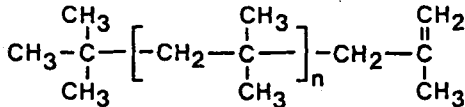


그림 7. Polybutene의 전형적인 구조

3.2.4 Cycloaliphatics

Cycloaliphatics는 마찰유체(traction fluid)라고 일반적으로 말하는 것으로 무단변속장치로 약간 사용된다. 이 용도에서는 토크가 유체의 전단저항에 의해서 피동 구동체를 돌리는데 전달되어진다. 그러한 제품은 높은 마찰계수(traction coefficient)를 가져야 한다. 그들은 높은 응력하에서 유리같이 되면서 전단력을 전달하게 된다. 전형적인 구조를 그림 8에서 보여주고 있다.

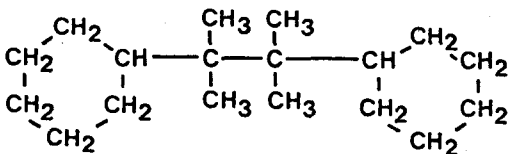


그림 8. Cycloaliphatic의 전형적인 구조

3.3 Polyglycols

이 폴리머는 polyalkylene glycols, polyoxyalkylene glycols, polyethers 혹은 단순히 glycols라고 불리워진다. Polyglycol이 가장 널리 사용되어지고 현재 전세계적으로 인정되고 있다.

Polyglycols는 ethylene oxide, propylene oxide, 혹은 그들의 유도체로부터 만들어진 폴리머이다. 그들의 주요 원료는 그림 9에서 보여주는 것과 같은 사이클릭 ethers의 형태로 산화시킨 ethylene이나 propylene이다.

이들은 보여주는 것과 같은 긴 연쇄의 형태로 형성하기 위하여 촉매가 있는 곳에서 알콜과 중합되어진다.

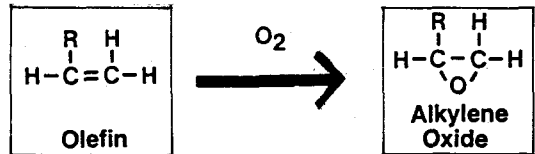


그림 9. Cyclic Ether

괄호부분은 그림 10에서와 같이 점도에 영향을 주면서 무한히 되풀이 되어질 수 있다.

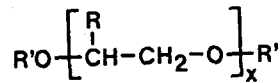


그림 10. Polyglycol Intermediate

Ethylene이나 propylene으로부터 유기된 ethers를 혼합하므로써 공중합체를 제조하는 것이 가능하다. Ethylene oxide(EO)와 Propylene oxide(PO)의 비는 제조물질이 다른 유체에서 용해성에 상당한 영향을 준다. 그 예는 다음과 같다.

EO : PO = 4 : 1 물에는 용해됨
탄화수소에는 용해되지 않음

EO:PO=1:1 찬 물에서는 용해성
알콜과 glycol ethers에
용해됨
탄화수소에는 용해됨

EO:PO=0:1 물에 녹지 않음
탄화수소에는 조건적으로
용해됨

이나 산의 성분에 따라 서로 서로 달라진다. 가장 널리 사용되어지는 산은 adipic, azelaic과 sebacic이다. 알콜들로는 2-ethylhexyl, trimethylhexyl, isodecyl과 tridecyl 등이다.

산과 알콜은 열에 의해 혹은 에스터가 있는 반응로에서 촉매가 있는 곳에서 반응되어진다. Ester가 형성된 후에 반응이 안된 dibasic acid

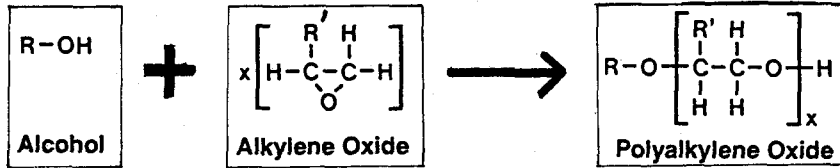


그림 11. Polyglycol Equation

이 비교는 polyglycol의 여러 형태와 그들의 용도에서 차이를 설명하는데 도움이 된다. 그들이 사용되는 주요 용도로는 자동차용 부동액, 브레이크액, 물로 제조되는 유압유, 탄화수소가스 압축기와 높은 온도의 베어링용 윤활제 등이다.

는 중화시키거나 여과에 의해 제거 되어진다. 그러면 base stock은 최종 상품으로 혼련시키기에 적합하다.

Dibasic acid esters는 훌륭한 낮은 온도성질, 전단 안전성과 높은 점도지수를 갖는다. 그들은 형성된 부유물질을 포함할 수 있어서 뜨거운 금

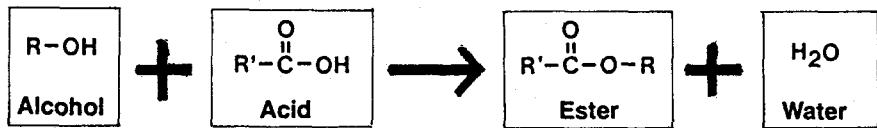


그림 12. Diester Intermediate

3.4 Organic Esters

Dibasic acid esters(Diesters)와 polyol esters는 그림 12와 같이 유기산과 알콜을 반응시켜 얻어지는 산소를 포함한 유기화합물이다.

3.4.1 Dibasic acid esters

만약에 두개의 카복실 그룹을 포함하는 diacid가 사용된다면 diester(dibasic acid ester)가 제조되어진다.

잘 알려진 여러 종류의 diester는 그들의 알콜

속표면을 깨끗이 유지할 수 있다. 광유에 비교해서 부정적인면은 dibasic acid esters가 더 쉽게 탄성물질(실이나 가스켓)질의 변형을 유발하고 페인트나 표면을 손상시킬 수 있다. 수분에 대한 안정성과 방청성에서는 보통 정도이다.

이러한 물질들은 원래 젯트엔진용 오일의 용도로 개발되었으나 최근에는 다음에 설명하는 polyol esters에 의해 대체되어 지고 있다. 오늘날 dibasic acid esters가 육상 젯트엔진이나 자동차와 압축기 오일의 기유로 사용되고 있다. 그들은 역시 높은 온도의 항공기용 그리스의 제조에 사용되고 있다.

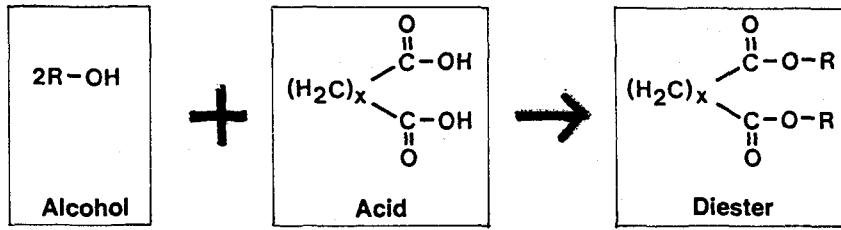


그림 13. Dibasic Acid Esters의 형성

3.4.2 Polyol Esters

Polyol Esters는 원하는 ester를 만들기 위하여 trimethylol propane이나 pentaerythritol 같은 polyhydric alcohol을 mono-basic acid와 반응해 주므로써 만들어 진다. Polyol Esters는 diesters보다 더 높은 열안정성을 가지고 있어서

alkyl diaryl
dialkyl aryl

Triaryl phosphate esters가 윤활유로써 가장 일반적인 의의를 갖고 있고 오늘날 내연성 유압 유로써 터빈이나 다른 화재의 위험이 있는 곳에

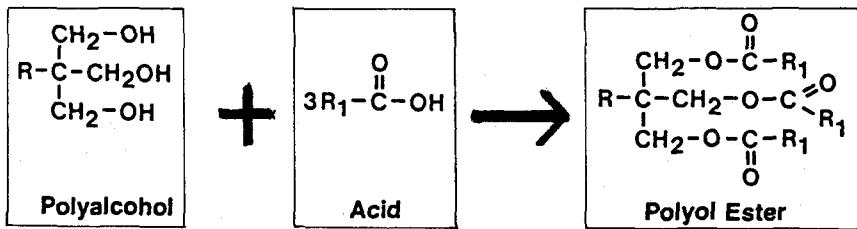


그림 14. Polyol Esters의 형성

Type II 젯트엔진 오일의 용도로 사용되고 있다. 다른 성질들은 거의 동일하다. 그들은 역시 공기 압축기유로 사용되거나 자동차 엔진오일로 혼련하기 위한 합성탄화수소의 성분으로 사용된다.

3.5 Phosphoric Acid Esters (Phosphate Esters)

다음 세가지의 phosphate esters형이 윤활유로 사용되고 있다.

- Triaryl phosphate esters
- Trialkyl phosphate esters
- Mixed alkyl aryl phosphate esters

널리 사용되고 있다.

이 ester들은 150-200°C에서 phosphorox-trichloride를 phenols과 촉매와 함께 반응시켜서 제조한다. Hydrogen chloride는 불활성 기스와 함께 불어 주거나 화학적 수단에 의해 제거시킨다. 원래의 phosphate ester는 cresylic산을 제거하기 위하여 증류시키고 알카리수와 물로 잘 닦고 진공에서 수분을 제거시킨다. 여과가 마지막 과정이다. 사용되는 phenol은 여러방법 즉 톨루엔의 공기중 산화에 의해 합성하거나 석탄 티르로부터 자연적으로 얻을 수 있다. Phenol을 얻는 방법에 따라서 합성 혹은 천연 phosphate esters로 결정되어 진다.

Trialkyl과 alkyl aryl phosphates의 기본물성은 triaryl 타입과 비슷하다. 초기의 내연성 유

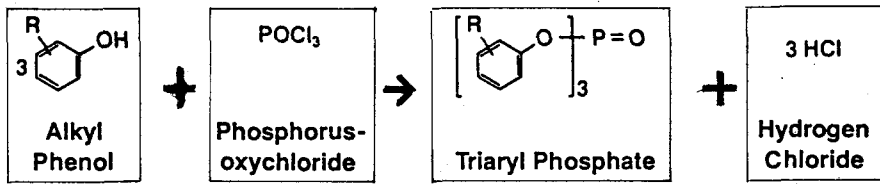


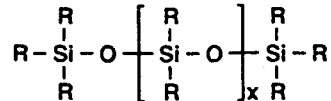
그림 15. Polyol esters의 구성

압유는 trialkyl의 범주에 들고 오늘날에는 triaryl의 변종에 더 가깝다. Alkyl aryl의 혼합유가 항공기용 유압유로 사용되기도 한다.

특수한 윤활유들은 phosphate esters 중의 하나 혹은 그 이상을 혼합하여 만들고 있다. Polychlorinated biphenyl(PCP)와 phosphate esters가 환경적 이유로 사용금지될 때까지 내연성 유체로 사용되어 왔다. 또 다른 혼합방법은 윤활성을 향상시키기 위하여 여러 esters와 알콜 그리고 ether나 탄화수소를 실리콘과 섞어서 계기유, 유압유, 그리고 충격억제유(damping compound)를 만들어 왔고 광유와 금속 비누를 함께 사용하여 높은 온도에서 사용하는 그리스를 제조하였다.

3.6 Silicones

Silicone유는 실리콘과 산소가 결합된 실리콘과 연결된 유기연쇄를 반복되는 기본구조를 갖인 중합체 또는 공중합체로 이루어져 있다.



Silicone Oil

그림 16. Silicon오일의 구조

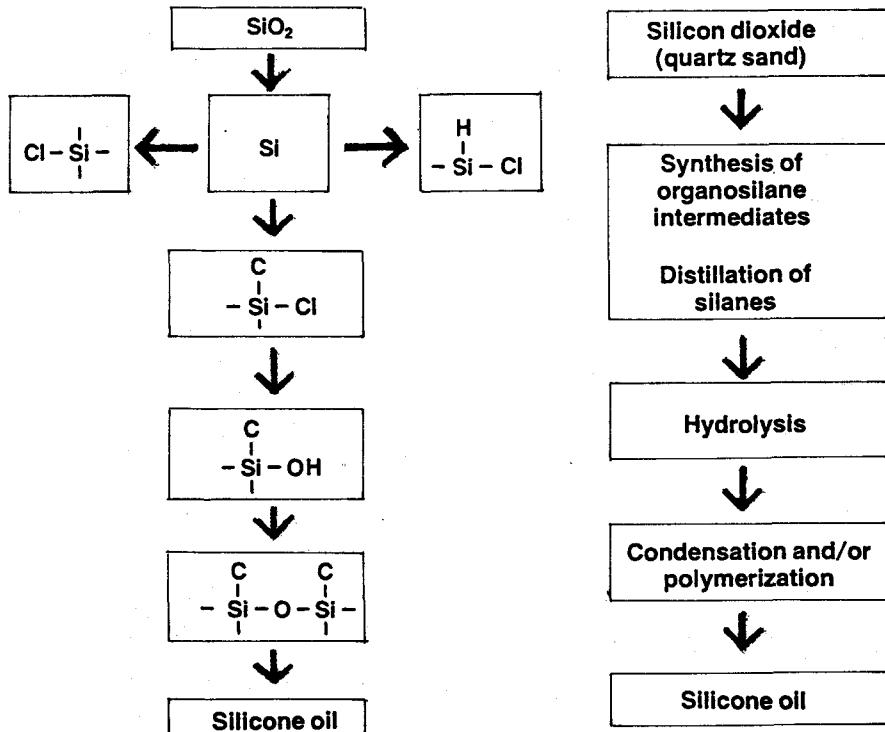


그림 17. Silicon의 제조

Silicones의 생산은 그림 16과 17에 요약되어 있다. Silicones 오일은 매우 비싸고 유체윤활유나 그리스로 제조되어 진다. 주요 용도는 밸브, 압축기와 다른 산화 혹은 부식시키기 쉬운 화학 물질을 다루는 장비에 사용되거나 볼베어링이나 자력을 이용한 클러치 혹은 특수 유압유로 사용되고 있다.

3.7 Polyphenyl Ethers

Polyphenyl ethers에 바탕을 둔 윤활유는 훌륭한 고온산화성 안정성을 갖고 있고 비싼 비용에 충분한 가치를 갖는 품질과 고온 용해점을 갖는다. 이들 윤활유는 50°C 이하에서는 고체이고 따라서 사용할 때 특별한 예열장치를 필요로 한다. Polyphenyl ethers Polyphenyl Ethers는 그림 18에서 처럼 aromatic halides와 phenol

의 반응같은 절차에 의해 제조될 수 있다. Polyphenyl Ethers과 비슷한 것으로 polyphenoxybenzols이 있다. 그리고 그것은 연쇄의 중간 부분만이 다르다. 이 혼합물의 높은 화학적 안정성은 그들의 불활성 때문에 강한 산이 있는 경우에 사용될 수 있다. 주요 사용 용도는 진공 확산 펌프와 귀금속이 사용되는 전기접촉 그리고 높은 수준의 방사능이 노출된 곳의 윤활이다.

3.8 Silicate Esters

Silicon과 같이 silicate esters는 수정모래로부터 시작하고 silicic 산 즉 Si(OH)₄와 알콜 혹은 페놀과 반응시키므로써 제조되어 진다. 구조 형태가 그림 20에서 보여주고 있다. R그룹은 alkyl 혹은 aryl중 하나이다. Silicate esters의 주용 용도는 열전달 유체나 유전체 냉매이다.

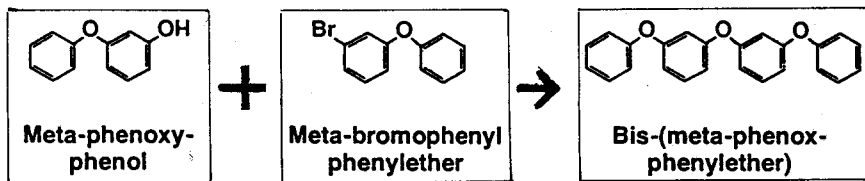


그림 18. Polyphenyl Ethers의 구성

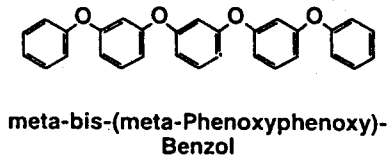


그림 19. Polyphenoxybenzenes의 구성

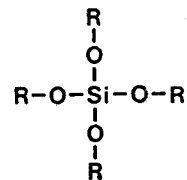


그림 20. Silicate Ester의 구조

3.9 다른 합성윤활유

많은 다른 화학적 화합물들이 순수한 연구목적으로 혹은 어떤 특별한 문제해결을 위한 윤활유로의 가능성을 위하여 연구되어 왔다. 오늘날의 장치들의 작동조건은 높거나 낮은 극한 온도조건에서 또는 방사능이 노출된 곳 또는 부식물질이 존재하는 곳등 사용용도가 점점 가혹해지고 있다. 그리고 에너지 비용의 증가와 윤활유 효율같은 또 다른 중요성이 무시될 수 없다. 이런 저런 이유로 새로운 윤활유의 연구는 계속되고 또 계속 될 것이다. 다음은 현재 관심을 갖고 있는 화합물들이다.

- Fluoroesters
- Chlorofluorocarbon polymers
- Tetraalkyl silanes
- Multisubstituted urea derivatives
- Heterocyclic compounds
- Aromatic amines
- Hexafluorobenzene

이러한 화합물의 합성은 대부분의 경우 매우 복잡하고 때로는 불활성 상태에서 이루어지며 정확한 온도 조절이 필요하다. 최종 생산물은 시작하는 원료물질에 비하여 매우 작고 필요한 경제 과정이 더욱 더 많이 필요하게 된다. 이러한 윤활유는 현재 특수한 경우에 단지 적은 양만이 매우 비싼 가격에서 사용되고 있다. <계속>

생활의 지혜

■ 화분과 정원에 물 주는 요령

* 물주기는 일견 쉬운 것 같지만 의외로 까다롭습니다. 물을 많이 주거나, 조금 주면 나무의 생육이 좋지 않으며 모양도 나빠집니다. 화초를 마당에 그냥 심었을 경우엔 특별히 물 주는데 신경을 쓰지 않아도 되며, 아주 가물 때 한번 정도주면 충분합니다. 저녁 때 물을 주는 것은 나무의 생육도 나쁘고, 겨울에 동해를 입을 우려가 많습니다.

그러나 화분에는 매일 물을 충분히 주는 것이 좋고 꽃이 피어 있는 경우에는 물이 꽃에 까지 뿌려지지 않도록 해야 하며, 꽃이 피어 있지 않은 경우엔 잎 전체에 물이 닿도록 뿌리는 것이 좋습니다.