

문 활 연 구

폴리알킬렌글리콜계 및 폴리부텐계 합성윤활유 (Synthetic Lubricants based on PAGs and PB Fluids) (I)

고려대학교 화학과
최 주 환 박사

A. 폴리알킬렌(PAG)계 합성윤활유

1. 서 론

폴리알킬렌은 자동차용 유압 브레이크액으로의 윤활제로서 Castor Oil에 대한 우수한 대체물질을 얻기 위해 처음 합성되었다. 1942년초 자동차용으로의 모든 브레이크액은 PAG에 기초하여 미국 정부를 위해 클라이슬러사에서 제조되었다. 1945년 PAG는 유니온 카바이드사에 의해 미국 시장에 소개되었다.

2. 화학적인 구조

분자구조는 반복되는 옥시알킬렌 단위체들로 결합되어진 선형 사슬로 이루어져 있다. 영국 석유(BP)화학사는 BREOX R이란 상품명으로 세가지의 주된 유형으로 폴리알킬렌 글리콜을 시판하고 있다.

- (i) 폴리프로필렌 글리콜의 단일 에테르들
- (ii) 옥시 알킬렌 부분이 에틸렌 옥사이드와 프로필렌 옥사이드의 혼합물로 형성된 폴리옥시 알킬렌 글리콜의 단일 에테르들

(iii) 옥시 알킬렌 부분이 에틸렌 옥사이드와 프로필렌 옥사이드의 혼합물로 형성된 폴리옥시 알킬렌 글리콜(디올)들

이와같은 유형의 고분자의 일반적인 구조는 그림1에 나타내었다. 이러한 전형적인 분자식은 기본구조에서의 변형을 통하여 높은 탄력성(탄성도)을 나타낸다. 다음 변수들은 특별한 관심의 대상이다.

(a) 고분자의 사슬길이

폴리알킬렌 글리콜 액체의 점도는 고분자 사슬길이 혹은 분자량에 의해 영향을 받는 기초적인 성질들이다. 폴리알킬렌 글리콜 윤활제는 40°C에서 3cSt정도로 낮은 범위의 점도들로 제조되어진다. 휘발성, 인화점, 용해도, 용매성질(용해력), 유동점, 고무 팽윤성등과 같은 특성들은 분자량에 의해 역시 영향을 받게된다.

(b) 옥사이드 혹은 옥사이드 비율

가장 광범위하게 사용되고 있는 옥사이드 혼합물은 프로필렌 옥사이드 혹은 프로필렌 옥사이드와 에틸렌 옥사이드의 혼합물이다.

비록 성질들에 있어서의 적지않은 변화가 에틸렌-프로필렌 옥사이드 비율을 변화시킴으로서 이루어지지만 이에 영향을 받는 가장 현저한 특징은 물에 대한 용해도이다. 고분자 사슬에서 옥시 에틸렌 군이 증가함에 따라 물에 대한 용해도는 증가한다.

(c) 말단기

산업적으로 가능한 BREOX R 윤활제는 부톡시 혹은 디올 말단기를 갖는 단일 에테르이다. 이들 구조에서의 다른 변화는 개선된 탄화수소 용해도, 방향족성, 반응성, 열안정도 그리고 점도지수를 주기위해 가능하다.

3. 물리적 성질

옥사이드 혼합 PAG에 대한 의존은 전체적인 불용해성에 대해서 완전한 물에 대한 용해도를 주기위해 이루어진다. 폴리알킬렌 글리콜(점도지수 160-280)은 온도변화에 따른 점도 변화가 석유계(광유계)기유(점도지수 90-105)나 폴리알파올레핀(점도지수 150-160)과 같은 많은 합성기유들보다 훨씬 좋다. (그림2를 보시오)

유동점은 전형적으로 -35°C -- 60°C의 범위로서 매우 균일한 값을 나타내고 있다. 인화점과 발화점은 동일한 점도를 갖는 광유계와 비교되거나 더 높다. 전형적으로 인화점(ASTM D-92, IP 36)은 180-250°C 범위이다.

PAGs의 독특한 비슬러지성과 비 탄소분형성 성질들은 이들의 화학적인 구조가 전통적인 석유의 그것과는 매우 다르다는 사실과 관련된다. 비록 PAGs의 산화안정도가 탄화수소의 그것과 현저히 다르지는 않다 할지라도 산화조건 아래에서 PAGs는 슬러지 혹은 바니쉬 보다는 오히려 휘발성 이거나 용해되는 산화 생성물을 형성하는 경향

이 있다. 대부분의 고온 사용에서 탄소나 코오크스의 형성은 없다.

적절히 억제된 PAGs 윤활제는 산화에 대한 노출이 최소로 잡힐 수 있는 260°C 이상의 온도에서 만족스럽게 사용될 수 있다. 이 온도에서 산화에 대한 노출 정도를 최소화 할 수 있다. 윤활제의 만족스러운 성능과 수명은 각 단계들에서의 충분한 회전 사용, 윤활제-금속 계면에서의 온도변화를 최소화 할 수 있는 닫힌계와 굴곡이진 시스템들에서 실현될 수 있다.

260°C 이상에서 PAGs 액체는 빠른 열적, 산화 분해를 할 수 있다. PAGs는 전단안정도가 좋으며 높은 전단율을 받을때 부서지지 않는다. 즉 큰 변화를 일으키지 않는다. PAGs는 가수분해에 역시 안정하며 산성, 중성 혹은 염기성 수용액의 존재시 가수분해하지 않는다. PAGs 윤활제는 광유계와 비교하여 현저한 종합적 하중 운반 능력과 막강도 그리고 내마모 성질들을 갖는다. 이들의 다른 화학적 구조 때문에 이들의 기본적인 윤활특성은 직쇄형 탄화수소유(광유계)의 윤활특성과는 현저히 다르다. PAGs 윤활제는 이드라이 슬러지 형성에 대한 훌륭한 저항(즉 비 슬러지 형성)과 함께 고유의 좋은 윤활성은 기어나 베어링 그리고 다른 중요한 기계부품들에서 윤활제의 긴 수명이 필수적인 산업적 응용분야에서의 이들의 사용을 접하게 된다. 이들 색다른 독특한 성질들은 예를들면 청동-스틸 베어링 표면의 경우에 명백히 뚜렷하게 나타낸다. 가혹한 하중조건에서의 기어의 수명은 종종 PAGs 윤활제의 사용을 통해서 부서짐, 마모변형을 크게 감소시키거나 제거함으로써 확장될 수도 모른다. PAGs 윤활제가 사용되면 기어나 베어링 시스템은 정상적으로 더 낮은 온도에서 가동될 것임이 타당하다.

경계윤활조건들이 존재하는 장소에서는 내하중성 첨가제가 요구되는 성질을 제공키 위하여 첨가된다. 보편적인 사용조건 아래

에서는 PAGs 윤활제들은 철, 강철, 구리, 놋쇠, 청동, 알루미늄 그리고 베어링 합금과 같은 일반적인 금속들에서는 비부식성을 나타낸다. PAGs 윤활제들은 실제적으로 어떤 기계적이거나 유압 시스템에 사용된다. 만약 수용액 상태의 오염물이 문제가 된다면 억제제를 부식에 대해 대상물을 보호하기 위해 윤활제에 혼합할 수 있다. PAGs는 천연 그리고 합성 고무 화합물 뿐만 아니라 보편적인 개스킷(고무패킹) 물질에 효과가 매우 적거나 없다. 이러한 성질 때문에 PAGs 윤활제는 고무 관련 공정 가동시 광범위하게 사용될 뿐만 아니라 고무 조성을 갖는 최저용매 효과와 늘어남 효과를 요구하는 다른 응용분야에도 사용된다.

4. 독 성

산업적 이용시의 정상적 사용조건 아래에서 PAGs는 어떤 적절한 유해성도 나타내지 않는다. 사실상 FDA는 수많은 최종 사용처에 대해서 PAGs의 안정성을 인정하고 있다.

5. 응용분야

PAGs는 광유에 비해서 현저히 더 비싸기 때문에 PAGs는 이들의 훌륭한 성질들로 인해서 전환비용효과를 보이는 영역에 대해서만 사용된다. 이들의 응용 가능한 영역은 아래에 잘 정리해 놓았다.:

- 물에 대한 용해도가 요구되는 곳에서의 윤활(절삭, 난연성 유압작동유, 고분자 냉각이완제)
- 250°C 이상의 상승온도에서의 윤활(광내는 로울러 윤활, 열매체유)
- 저온 윤활(극지방에서의 혹한조건 윤활, NH₃용 컴프레셔 장착 냉동 시스템 윤활 등)
- 증대되고 있는 건강과 안전윤활(식품

가공 제조용 공정윤활, 양조공정윤활 등)

광유와 비교하여 비록 비싸다 할지라도 PAGs는 아직까지 가장 값싼 합성윤활제들 중 하나이다.(표1을 보시오)

PAGs의 주된 한계점 및 제한성은 다음과 같다.:

- 최대가동 온도 250°C
- 강한 산화조건 아래에서의 파괴성
- 수용액으로서 사용되지 않는다면 비난연성
- 몇가지 페인트에 대한 유연성

다른 종류의 합성윤활제 유형들과의 비교는 표1에 나타내었다.

PAGs의 독특한 사용면은 다음과 같이 정리할 수 있다.:

- * 유압작동유
- * 기어/베어링 윤활유
- * 컴프레셔유
- * 열매체유
- * 방직, 직물 윤활제
- * 냉각 이완 윤활제
- * 고무팽윤제
- * 모형 비행기 윤활제
- * 브레이크액
- * 그리이스
- * 절삭유제, 금속가공 윤활제

5.1 유압작동유

유압작동유 시장은 단연 PAGs의 가장 큰 사용 소비를 대변한다. 이 부문에서는 주로 다섯가지의 다른 응용분야가 있다. 난연성 유압작동유, 환경친화적 윤활제, FDA 공인청정 윤활제, 고온사용 윤활제 그리고 브레이크액이다.

(a) 난연성 윤활제

난연성 유압작동유는 특히 고압의 유압라

인으로부터 우발적인 새는곳이 있는 곳에 그리고 열원과 접촉하여 화재나 폭발을 할 수 있는 곳에서의 사용을 위해 요구된다. PAGs는 HFC-fluids나 혹은 Water Glycol fluids로 불리어져 사용된다. 이들의 작용은 윤활제를 두겹게 강화시키는 것으로 전형적인 ISO 46 점도등급으로서 물, 글리콜 그리고 소량의 퍼센트의 첨가제로 구성된다.

PAGs로 제조한 난연성 윤활제의 전형적인 이용은 자동차산업(welding robots, die-casting machines), 제철공장(furnaces, loaders/tilters, continuous casters, arc furnaces, roll stands etc) 그리고 석탄광산(transport equipment, coal cutting machines etc).

유럽에서 난연성 윤활제의 가장 많은 사용은 석탄광산 산업이다. 지하에서 사용되는 윤활제는 광산 및 추출산업을 위한 E.E.C. 위원회에서 제정된 제5차 룩셈부르크 보고서의 엄격한 요구사항을 만족시켜야 한다. 후보 윤활제는 화염에 의한 연소, 인화성, 성능과 독성시험을 통과해야 한다. 선택, 추천된 윤활제(영국을 제외한)는 HFC-types이다.

널리 사용되고 있는 난연성 작동유의 3가지 다른 부류가 있는데 그것은 H fluids(+90% 물), HFB(invert emulsion of mineral oil and water) 그리고 HFD fluids(인산에스테르계)이다. 난연성 유압작동유 시장에서의 장래 동향은 HFC 윤활제가 성장을 계속할 것으로 생각된다. 이유는 HFB(열등한 난연성과 안정도)의 가격과 HFD(독성과 원가)의 역시 가격면 등에서의 문제점 때문이다. 더 오랜기간 후의 일이지만 비록 변화가 매우 서서히 진행될 것으로 믿어지지만 HFC 윤활제 시장은 점차 다시 HFA 윤활제로 바뀔 것으로 앞서 추정되어진다. 난연성 유압작동유의 시험결과비교는 표2에 나타내었다.

(b) 환경 친화적 윤활제

적절히 억제된 PAGs는 윤활제가 수중 시스템에 피할 수 없이 들어가야할 준설과 물관련 작업에서와 같은 응용분야에서 환경적으로 수용할 수 있는 환경 친화적 유압작동유로서 광범위하게 사용된다. 비록 생분해성이 낮다하더라도 박테리아 억제시험(IC 50>1,000mg/l)에서 PAGs는 박테리아등과 같은 생균에 금지 가리워져 있지 않고 생물학적인 처리 취급 기기들에 영향을 미치지도 않았다는 사실이 밝혀졌다. 흔히 있을 수 있는 식품과의 접촉이 일어나는 장소에 대한 응용을 위해서 특별한 윤활제들도 개발되어 있는데 이들은 모두 FDA 규정 178,3570을 만족시킨다. 이들 윤활제는 모두 전형적인 광유계 이상의 성능특성들을 보유하고 있다.

(c) 브레이크액

PAGs는 윤활성이 있으면서 점도를 조절하고 고무 팽윤성이 있는 브레이크액으로 사용된다. 유럽에서는 브레이크액 배합 기술자들은 더 값비싼 에틸렌/프로필렌 옥사이드 공중합체 보다는 오히려 저분자량의 폴리에틸렌글리콜을 사용하는 경향이 있다. DOT-3와 DOT-4 요구조건과 결합된 브레이크액 배합에서 물배출과 관련한 더 높은 점도는 액에 사용되는 PAGs의 퍼센트를 감소시키는 경향이 있다. 앞으로의 장래 브레이크액 시장동향은 DOT-4요구가 DOT-3를 승계하게 될지의 여부가 더 많은 토론의 대상이다. PAG의 사용이 브레이크액 시장에서 쇠퇴할 것이라는 점은 아마도 올바른 가정일는지도 모른다.

5.2 컴프레서유

PAGs는 컴프레서, 동력 재생엔진 그리고 진공펌프와 같은 탄소 슬러지와 바니쉬 형성에 대한 PAGs의 저항성이 유익한 잇점

으로 작용할 수 있는 곳에 광범위하게 사용된다. PAGs의 수용할만한 용해도, 훌륭한 윤활성, 고온에서 잘 견디는 능력 그리고 매우 추운 기온에서의 쉬운 시동을 가능케 하는 점등은 컴프레서 윤활에서 부딪히는 많은 문제점들을 푸는데에 도움이 된다.

(a) 저밀도 폴리에틸렌 컴프레서 (LDPE Compressors)

PAGs의 가장 큰 규모의 컴프레서 윤활에의 응용은 저밀도 폴리에틸렌(LDPE) 제조를 위해 사용되는 고속의 reciprocating 컴프레서(HYPER COMPRESSORS)의 윤활에 있다. 중합과정 동안 윤활제는 폴리에틸렌과 접촉할 수 있으며 선택된 어떤 제품은 독성적으로 충족되어야 한다. 이러한 이유 때문에 광유계는 규정에 따라 제외된다. 사용되는 전통적인 전례의 제품은 White Oil이었지만 좋지 못한 윤활제로서 막음과 프런저 부분 그리고 밸브 부분의 마모는 항상 문제점으로 남아있다. 이들 결합을 부분적으로 극복하기 위한 시도로서 폴리부텐을 White Oil에 첨가하였다.

그러나 PAGs는 다음과 같은 이유 때문에 컴프레서 제조자들에 의해서 적절한 좋은 윤활제로서 존재하고 있다.:

- PAGs는 가장 좋은 압력-점도 특성을 나타내며 그러므로 고압의 라인들에서 더 쉽게 흐른다(그림 3을 보라).
- 에틸렌은 PAGs에 가장 적게 용해하며 그러므로 프런저 가동 지역으로부터 가장 적게 제거되는 것 같다.
- PAGs의 소비는 White Oil 그리고 White Oil/PiB 혼합물과 비교해서 보편적으로 절반밖에 안된다.
- PAGs는 가장 좋은 하중전달성과 이러한 윤활성능을 갖는다. 그래서 프런저와 막음부분에서의 마모를 최소화한다.

LDPE시장은 현재 성장하고 있으며 새로운 공장은 대부분 선형 저밀도인 쪽으로 기울고 있으며 PAGs의 고도의 성능을 요구치 않는 저압의 공정이다. 그러므로 PAGs에 대한 이러한 시장분야는 쇠퇴할 것으로 보인다.

(b) 탄화수소와 화학가스 컴프레서

어떤 reciprocating 컴프레서들에서 가스는 크랭크케이스 그리고 베어링 부분으로 들어간다. 이들 조건들에서 가스는 쉽게 광유계 윤활제에 용해되며 이러한 가스에 의한 물힘으로 점도와 윤활성능에서의 현저한 저감을 보인다(그림4를 보라).

PAGs는 이들의 감소된 용해성 때문에 추천되며 마모 보호성능을 개선시키고, 윤활제 수명을 확장시키고 컴프레서 효율을 개선시키며 거품을 감소시키는데 선도적인 역할을 한다. 몇몇의 PAG 윤활제들은 multigas서어비스에 적절하다. 부타디엔과 염화비닐은 이합체화없이 다루어질 수 있다.

(c) 다방면에 걸친 응용

PAGs는 헬륨, 질소 그리고 암모니아 스크류 타입 컴프레서에 대해서 좋은 윤활제로서 지적된다. 여기서 가스 품질요구는 대체로 고순도이다. 광유와 비교하여 PAGs의 낮은 연무효과와 감소된 기체 용해도는 매우 바람직하다. PAG 윤활제로부터 기체의 더 쉬운 제거는 더 값싼 기화기설계를 가능케 한다.

5.3 기어와 베어링 윤활제

PAGs는 성능 좋은 기어/베어링유로서 오랜기간 사용되어져 왔으며 그들의 사용은 지속적으로 증가하고 있다. PAGs의 이점은

다음과 같이 정리된다.:

- 고온에서의 좋은 산화안정도에 의한 더 긴 수명
- 더 좋은 열 전도도와 낮은 마찰계수로 인한 감소된 가동온도
- 높은 점도지수와 낮은 마찰계수로 인한 더 짧은 시동준비 시간과 쉬운 시동성
- 더 빠른 시동준비시간과 낮은 마찰계수 그리고 수력학적 조건 때문에 더 낮은 동력의 소모
- 고온에서의 수력학적 조건으로 인한 감소된 기어 마모

산화방지성능의 PAGs의 가장 초기의 그리고 가장 인기있는 분야에서의 응용중 하나는 나사기어와 드라이브에서 찾을 수 있다. 나사기어는 청동기어와 접촉하여 가동되는 강한 강철 나사로 이루어져 있다. 나사와 기어 사이에 높은 퍼센트의 슬라이딩 작용 때문에 낮은 마모를 보증키 위한 적절한 윤활제 선택은 매우 중요하다.

역시 마찰열은 흠어져 사라지도록 기어 케이스로 윤활제를 통해서 투과되어야 한다. PAGs 윤활제는 탄화수소계 윤활제(즉 기존 광유계)의 빠른 변질이 발생되고 더 좋은 점도지수가 요구되는 나사 드라이브에 적합한 것으로 받아들여지고 있다.

다른 주된 응용 영역은 대규모 공장에 있으며 고무, 방직, 제지 및 플라스틱 산업에 의 활용이다. 이러한 공장들에서는 커다란 구경의 저널 베어링, 내마찰 베어링 그리고 여러 가지 다른 유형의 기어들이 사용되고 있다. 이러한 타입의 기기들은 150°C 이상에서 광유계로써 만족스럽게 가동되고 있다. 이 온도 이상에서는 보통 PAG계 합성 윤활제가 추천되고 있다.

5.4 금속 가공유

PAGs의 수용액들은 단독으로 혹은 아민

비누, 아미드 혹은 인산 에스테르와 같은 다른 물에 용해되는 제품들과 상호존적인 상승작용을 위해 서로 혼합된 형태의 효과적인 윤활제이다. 많은 PAGs는 차거운 물에 비해서 뜨거운 물에 덜 용해한다. 작업 작용지점에서 발생하는 열은(절삭가공, 등) 윤활제가 순수한 윤활제를 공급키 위해 수용액 밖으로 유리되어 나오도록 한다. 냉각제가 순환하고 있기 때문에 온도는 감소하게 되고 윤활제는 다시 용해된다. 원래의 참용액으로부터 유리된 PAGs는 이들이 광유계 에멀전과 관련한 고유의 안정도 문제점들과 같은 것을 나타내고 있지 않기 때문에 PAGs는 광유계 에멀전 보다는 미생물에 의한 공격에 훨씬 더 저항성을 나타내는 경향을 보인다.

절삭유에 있어서의 소비성장은 페인트 유연화, 슬라이드웨이 그리고 베어링 탈그리 이산화 등의 기계나 기기 등에 있어서의 나쁜 영향 때문에 멈짓하고 제지되고 있다. 기계, 기기설계에 있어서의 발전, 향상은 현재 PAGs계 절삭유에서의 성장을 선도하고 있다. 더 나아가서 이러한 성장은 캔 도형 절삭 분야에서도 경험되고 있는 사실이며 이들 캔제조 분야에서는 알루미늄캔의 도형 절삭과 벽면 용접등은 매우 좋은 윤활성이 요구된다.

5.5 방직용 윤활제

PAGs와 이들의 에스테르들은 이들의 이상적인 마찰 성질, 훌륭한 열적성질, 빛에 대한 안정성 그리고 좋은 세척력 때문에(그림 5와 6) 방직용 윤활제들로서 광범위하게 이용된다. 이들의 낮은 휘발성, 높은 smoke point, 정전 방지성능 그리고 높은 온도의 철판 위에서의 최소한의 잔류물 축적(즉, 잔류탄소나 바니쉬 형성)과 같은 성질들은 이들 PAGs계 윤활제들을 폴리에스테르나 폴리아미드 섬유에 대한 이

상적인 윤활제로서 사용되게 한다.

5.6 고분자용 냉각 이완제

“polymer quenchant”란 말은 오일과 물 사이의 냉각특성 범위를 나타내기 위한 능력을 갖는 많은 수용성 냉각 이완제품을 기술하기 위해 금속산업계 내부에서 일반적으로 포괄적이고 총칭적인 현상으로서 나타내져 왔다. 미국/유럽에서는 4가지 부류의 제품들이 상업적인 상태로 시판되어오고 있다.

(a) 폴리비닐 알코올 : PVA

PVA는 유도된 강도의 기계에 사용키 위해 일차적으로 1950년대 중반에 수용성 quenchant로서 소개되었다. 기기와 부속품들에서의 저작성 잔유물위 형성으로 야기된 주된 농도 조절 문제점들로 인하여 이들의 사용이 중단되었다. 이런 문제점들로 인해서 동시에 많은 기기들이 손도 대지도 못한 채 그대로 남아 있게 되었다.

(b) 폴리알킬렌 글리콜 : PAG

이러한 종류의 제품에 대한 상업적인 소개는 1960년대 중반 미국에서 이루어졌다. 폴리글리콜 제품들은 현재 이들이 적은 가동상의 문제점들을 보유하는 성능적 성질들의 필수적인 균형을 나타내기 때문에 polymer quenchant 시장에서 주된 부분을 차지하고 있다. 이런 유형의 제품의 주된 단점은 마텐자이트 변태 온도범위에서 이들의 빠른 quenching 속도 때문에 야기된다. 결과적으로 더 늦은 quenching 속도의 전통적인 quenching유들을 이런 유형의 제품들로써 대체한다는 것은 현재로서는 불가능하다.

(c) 폴리비닐 피롤리돈 : PVP

물에 있어서의 PVP용액은 1975년 미국에서 상업적인 quenchants로서 처음으로 소개되었다. 이런 유형의 몇가지 quenchants에 대해서 “oil-like” 행동이라는 근거없는 주장이 있다. 상업적인 채택은 한계가 있으며 유럽에서는 이들 유형의 제품이 시장성 요인으로 작용하지는 못한다.

(d) Sodium Polyacrylate : SPA

1978년에 금속철의 가공에 대하여 특허화된 이런 유형의 제품은 선택된 bath 조건들에 의존하여 마텐자이트와 비 마텐자이트의 조절된 형성을 가능케 하는 냉각 특성에 있어서 충분히 느리기 때문에 수용성 quenchant 기술에서의 새로운 발전을 이룩하였다. 열분해로 인한 점도 변화로부터 야기된 농도조절 문제점들은 제품의 시장에 대한 강점을 제한하는 것으로 보고되고 있다. 제2세대의 acrylate 제품이 이미 발매되고 있다.

(e) 장래의 개발, 발전방향

철금속에 대한 열처리, polymer quench 기술을 심층적인 부분으로 확장하기 위해서 현재의 더 빠른 속도의 quenchants의 사용을 별도의 문제로 하더라도 알루미늄 분야는 이미 충분히 해결하고 있기 때문에, 대부분의 개발이 집중될 시장 분야이다.

높은 quench 속도에 대한 요구는 이미 만족되었다. 그러나 더 늦은 quench 속도에서 2세대 PAG Quenchants는 모든 요구에 대하여 오일 부분으로의 충분한 내습을 제공치 못한다. 이 분야에서 미래의 개발 노력은 비록 화학적으로 분명히 다르다고 할지라도 집중되어야 할 것이다.

5.7 열매체유

PAGs는 이들의 훌륭한 열전달 특성, 최소한의 잔류물 형성, 높은 인화점 그리고 물에 대한 용해성 때문에 열매체유로서 사용되는 것으로 알려지고 있다.

열매체유 시장에서 PAGs는 다음과 같은 분야에서 특별히 인기가 높다. : 전형적으로 사출성형기로 플라스틱을 제작하는 산업에서 덧붙여서 PAGs는 플라스틱과 윤활제의 적합성이 필수적이고 세척력이 요구되는 플라스틱 필름, 실이나 방직분야의 열처리를 위해서 독특한 응용성을 나타내고 있다.

PAGs의 하나의 가장 커다란 제약점은 이들의 최고 가동온도가 단지 250°C라는 점이다. 이점이 다른 합성유의 사용을 희생시키면서까지 지속되는 PAG계 열매체유의

사용성장을 계속적으로 제지하게 하는 사항이다.

장래의 동향

PAG계 윤활제에 대한 중기적인 짙막한 전망은 매년 3-5% 범위의 좋은 년간은 성장율을 나타낼 것으로 보인다. 성장을 나타내게 하는 주된 분야는 아마도 금속 가공유, 방직용 윤활유 그리고 기어유에 있다.

현재 유럽에는 시장 요구를 초과하는 전체 총합 용량을 갖는 8개의 주된 PAGs 생산업체가 있다. 이것은 분명히 소비자들에게 많은 잇점을 주며 계속적으로 PAG계 윤활유를 가장 저렴한 합성유들중 하나로 만드는 점이 된다.

(표 1)

PERFORMANCE COMPARISON OF SYNTHETIC LUBRICANTS

	VISCOSITY INDEX	OXIDATION RESISTANCE (1)	LOW TEMP. FLUIDITY	BOUNDARY LUBRICATION	COMPATIBILITIES		MINERAL OIL COMPATIBILITY	HYDROLIC STABILITY	RELATIVE COST
					PAINTS	SEALS			
MINERAL OIL	90-105	FAIR/POOR	POOR	GOOD	BEST	FAIR	-	EXCELLENT	0.25
PAG	160-280	FAIR	GOOD	GOOD	FAIR	GOOD	POOR	VERY GOOD	1
PAO	150-200	V. GOOD	GOOD	GOOD	BEST	BEST	EXCELLENT	EXCELLENT	1.8-2.0
DIALKYL BENZENE	>150	GOOD	GOOD	GOOD	BEST	FAIR	EXCELLENT	EXCELLENT	1.0-1.5
DIBASIC ESTER	120-180	GOOD	GOOD	GOOD	FAIR	FAIR	GOOD	FAIR	1.5-2.0
POLYOL ESTER	<160	V. GOOD	GOOD	V. GOOD	FAIR	POOR	FAIR	FAIR	1.5-2.3
PHOSPHATE ESTER	120	FAIR	FAIR	V. GOOD	FAIR	POOR	FAIR	FAIR	1.5-2.0
SILICONE	150-300	GOOD	GOOD	POOR TO V. GOOD	GOOD	GOOD	POOR	GOOD	3-4

FOOT NOTES

- (1) With anti-oxidants
- PAG = POLYALKYLENE GLYCOL.
- PAO 0 POLYALPHA OLEFIN

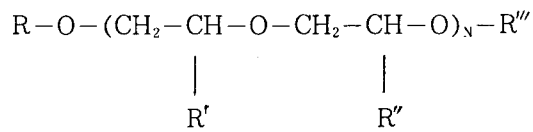
(丑 2)

COMPARISON OF FIRE RESISTANT HYDRAULIC FLUIDS

	HFA	HFB	HFC	HFD
Fire Resistance	Excellent	Fair	Good	Fair
Max. Operating Temp. °C	60	60	60	+100
Lubrication	Poor to Good	Good	Good	V.Good
Stability	Fair	Fair	Excellent	Excellent
Toxicity	V.Good	Good	Good	Poor
Cost	0.06	0.9	1	4

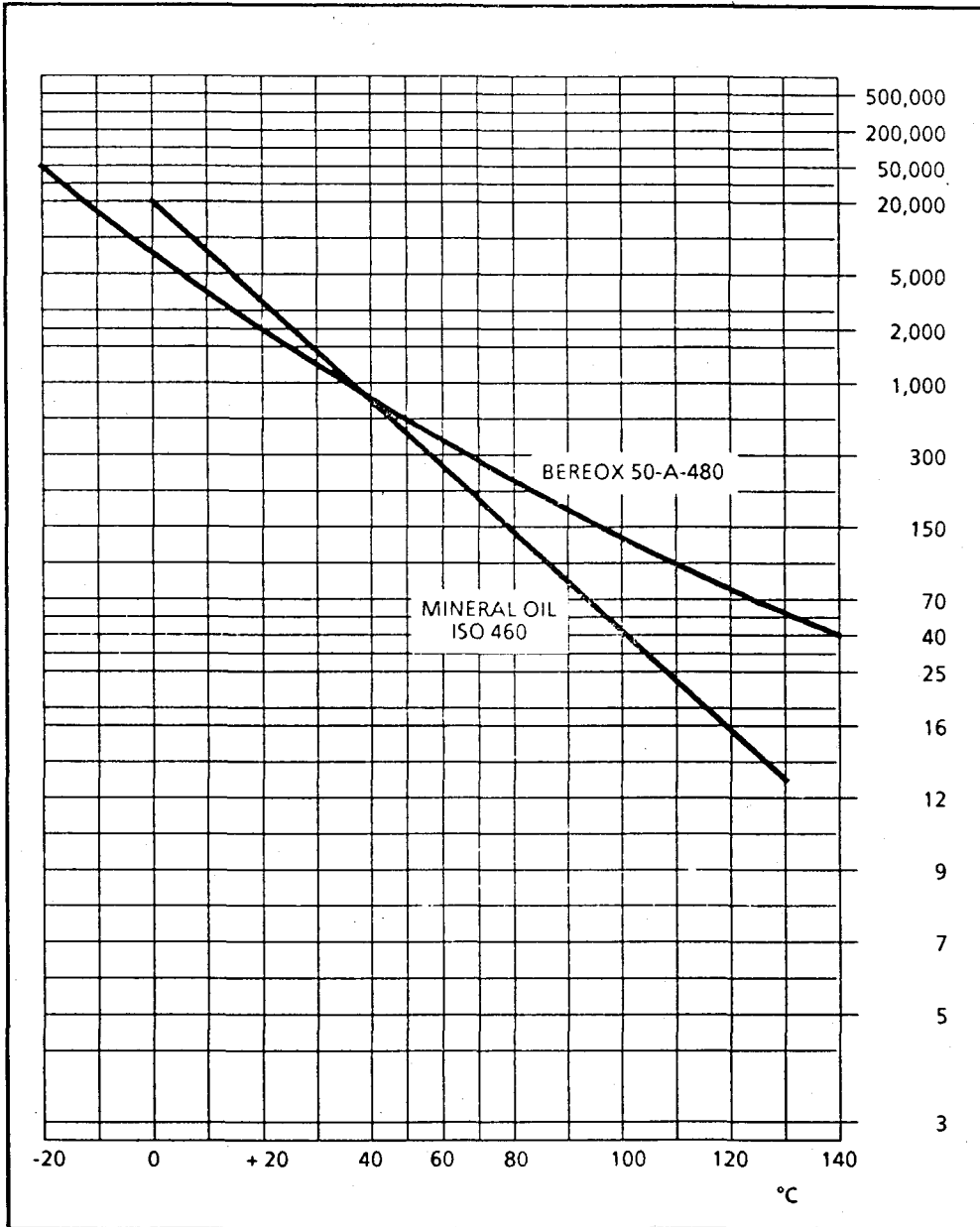
(그림 1)

대표적인 폴리글리콜 구조

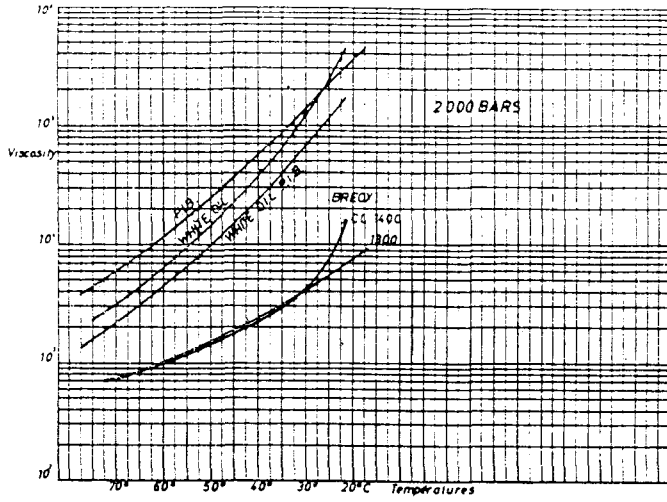


(그림 2)

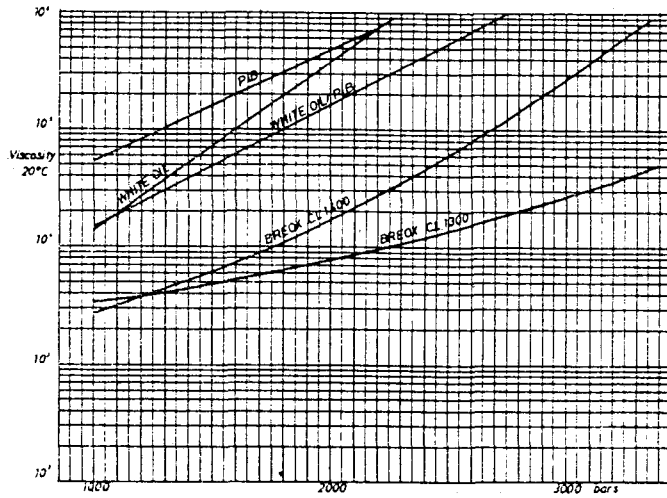
VISCOSITY v TEMPERATURE CHARACTERISTICS
OF POLYALKYLENE GLYCOLS v MINERAL OIL



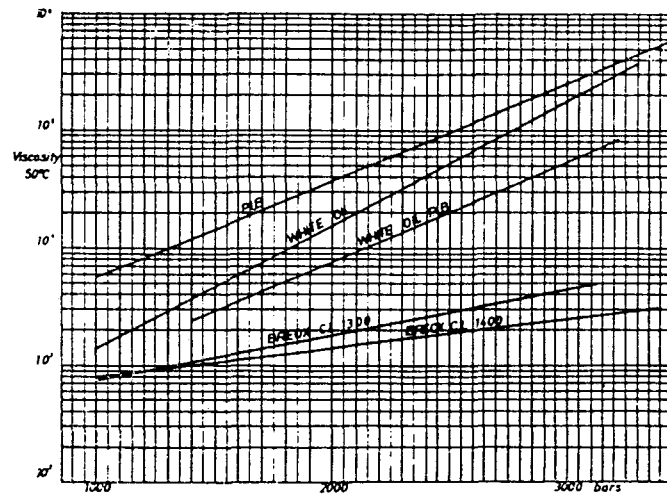
(그림 3)



Viscosity and temperature curves for polyethylene compressor lubes



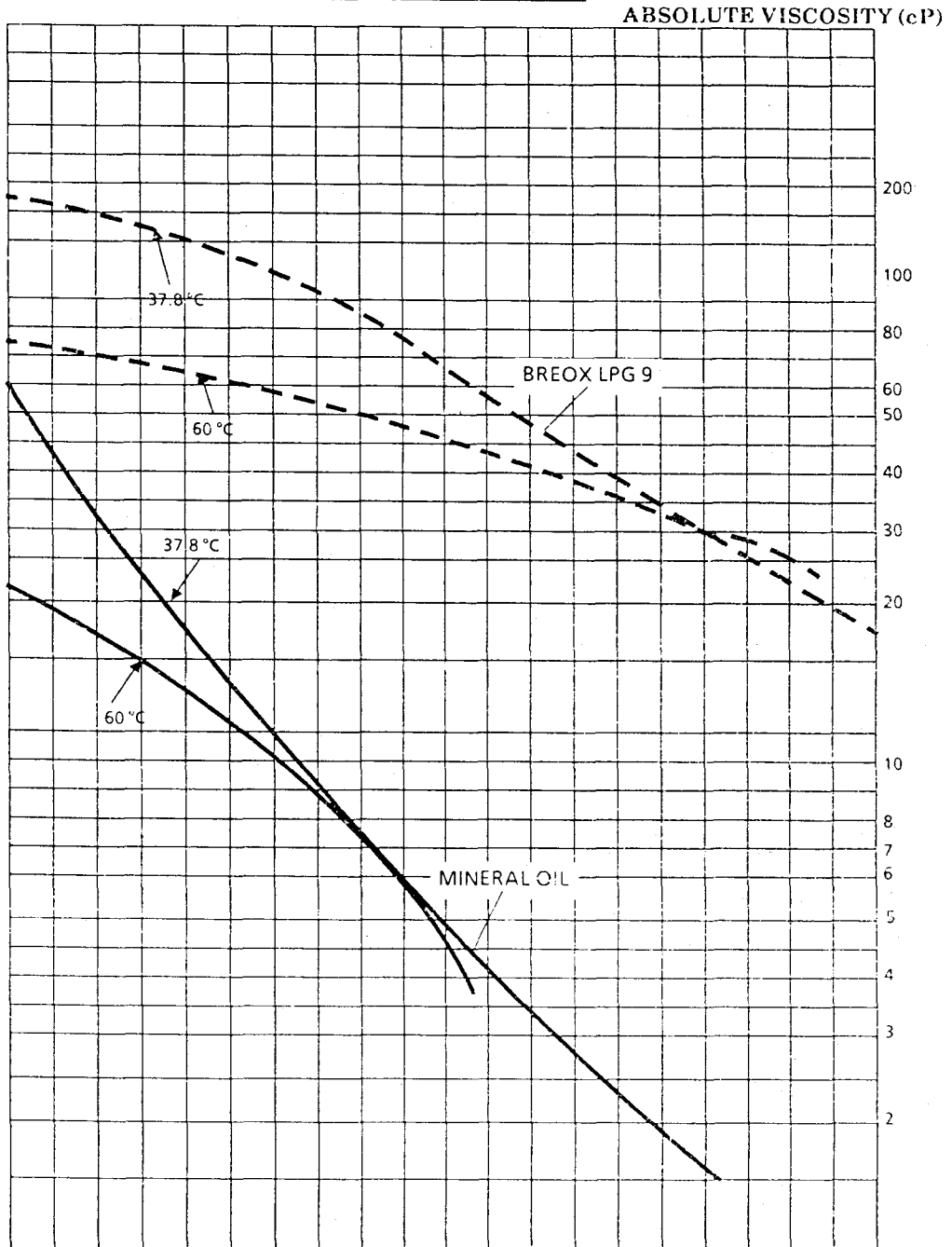
Viscosity and pressure curves for polyethylene compressor lubes



Viscosity and pressure curves for polyethylene compressor lubes

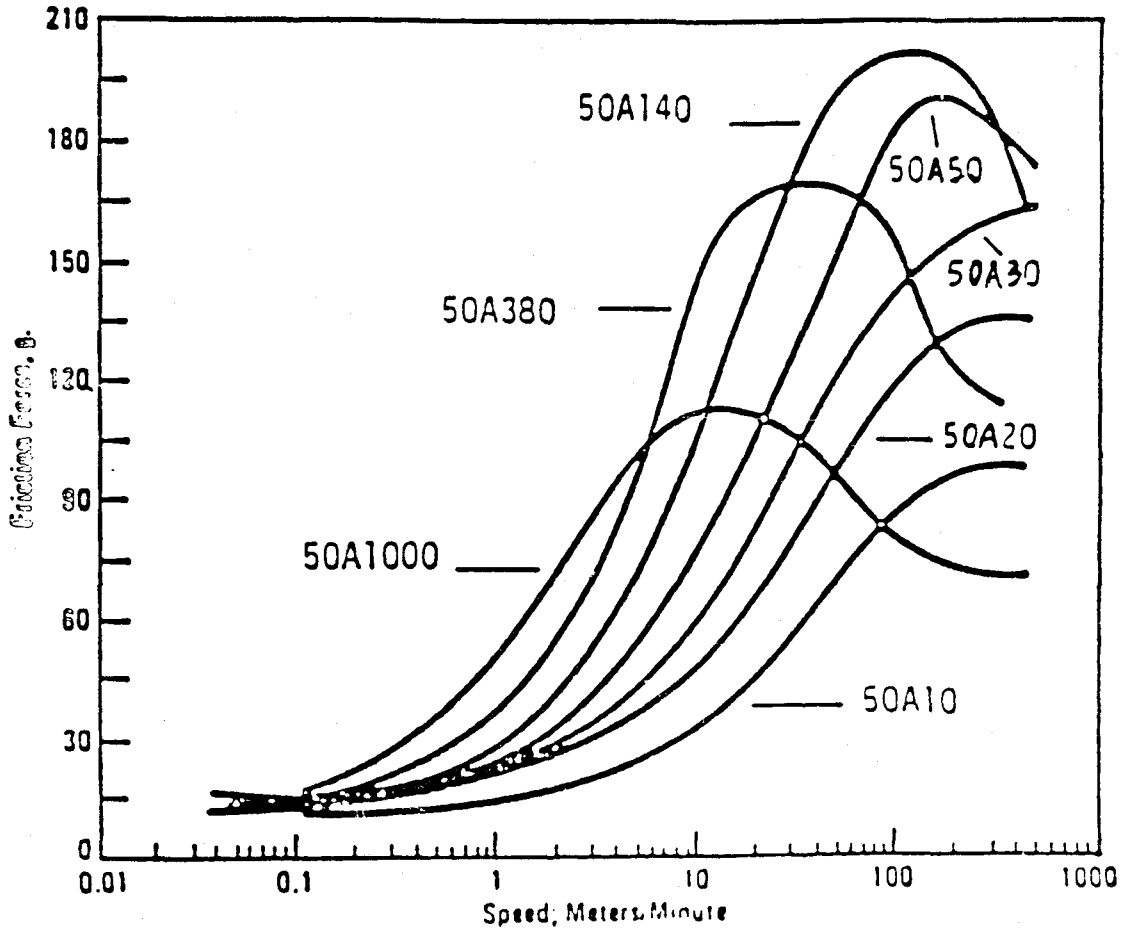
(그림 4)

**VISCOSITY / TEMPERATURE
GAS PRESSURE CURVES FOR
PROPAIN SYSTEM**



(그림 5)

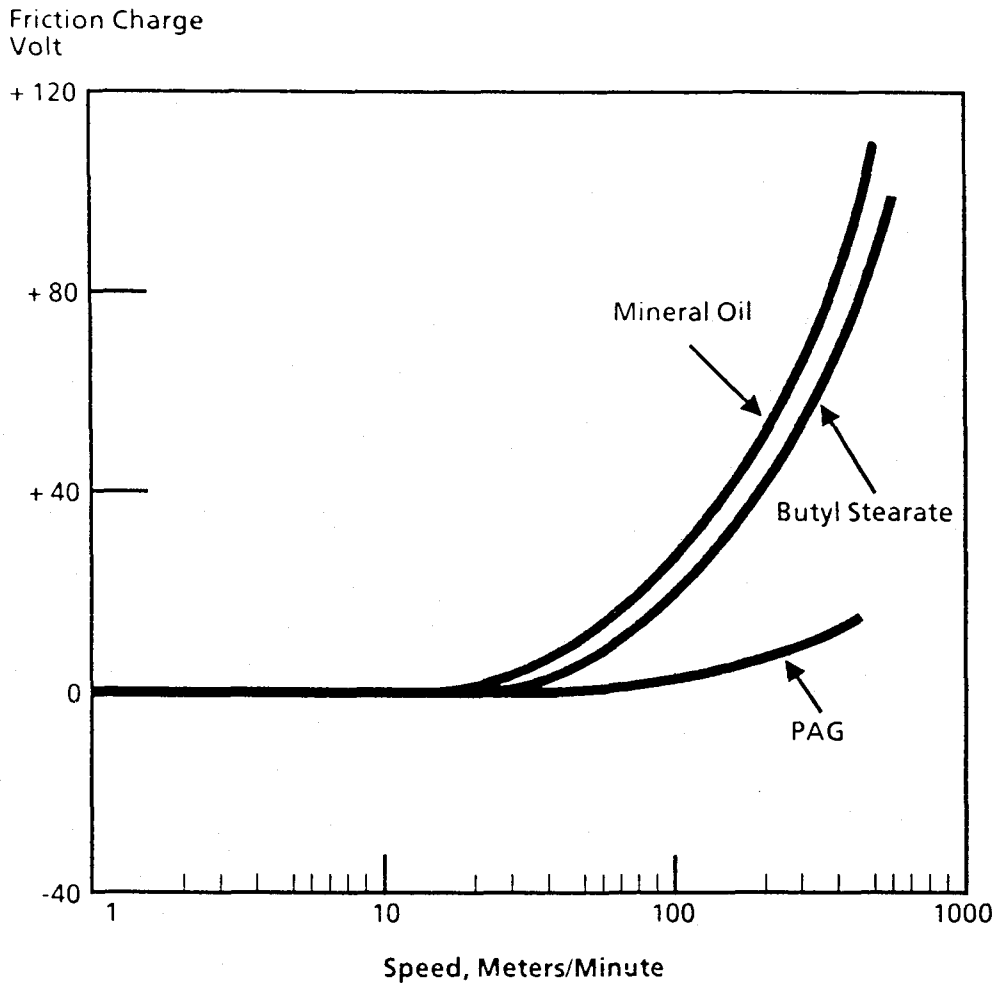
YARN-TO-METAL FRICTION FORCE
VS.
SPEED FOR POLYESTER YARN (150/30, 1/4Z)



FINISHED WITH BREOX 50-A LUBRICANTS. LUBRICANT LOADING
1.0%, PRETENSION 5 G., CONTACT (CHROME, 10 RMS) 82°, 21°C.,
65% R.H.

(그림 6)

YARN-TO-METAL FRICTIONAL CHARGE
VS.
SPEED FOR POLYESTER YARN (150/30, 1/AZ)



FINISHED WITH PAG, BUTYLE STEARATE AND MINERAL OIL, LUBRICANT
 LOADING 1.0% PRETENSION 5 G., CONTACT (CHROME, 10 RMS) 82°, 21°C.,
 65% R.H.

(계속)