

潤滑研究

# Water-glycol系를 中心으로 한 難燃性 作動油



韓田油化工業株式會社  
常務理事 金 柱 恒

## 1. 서 론

최근 우리나라에서도 수요가 자신의 방재의식(防災意識)의 향상등에 의하여 화재 위험성이 있는 개소에 각종 난연성(各種難燃性) 작동유의 사용이 증가하는 경향이 뚜렷하여 지고 있다.

광유계(鑛油系) 작동유가 난연성 작동유로 점차적으로 대체되고 변환되는 과정은 우리나라의 특수사정만은 아니며, 역사적 배경을 살펴보면, 난연성 작동유가 처음 사용되어 지기 시작한 기술은 이미 제 2차 세계대전으로 거슬러 올라가게 된다.

따라서 이의 배경은 미국규격<sup>1)</sup>이나 ASTM분과보고회<sup>2)</sup>에서도 잘 나타내주고 있고 입증되고 있다.

예를들어 미국 Oklahoma 대학 Fluid Power Reseach Center (FPRC)의 E. C. Fitch는 장래 15년 이내에 미국에 있어서의 유압작동유는 약 75%라고하는 난연성 작동유가 사용되어 질 전망이다라고 예측, 지적한 바도 있다.

이와같은 예측은 난연성 작동유라고 하는 것은 그 용도가 연속주조장치(連續鑄造裝置)를 비롯하여 고로(高爐), 압연(壓延), 제관(製管), 단조(鍛造)등 많은 공정에서 사용되고 또한 난연

성 작동유로서 가장 많은 범위를 차지하고 있지만, 자동차 전기관련(電機關連)의 유압 Press, Die Casting, 공작기계(工作機械)등에도 점차 확대되어 가고 있다. 이는 다량의 가연물(可燃物)을 공장에 보지(保持)하는 경우, 광유계 Oil에 비하여 재해의 위험이 없다는 점이 첫번째의 이유이고, 두번째로서는 작동유 자신의 성능과 가격의 Balance가 다른 유종에 비하여 양호한 점과 셋째 유압기기 자체도 개량되어 기기자체의 한계가 보다 많이 알려졌기 때문이라고 해석된다.

따라서 본 논고자는 우리나라에서 가장 신장이 빠른 난연성 작동유중 Water-Glycol에 대하여 중점적으로 기술하고자 한다.

## 2. 종류와 특징

난연성 작동유에 대한 종류로서는 그림 1에서 보는 바와 같이 일반적으로 대별하면 인산 ester계와 지방산 ester계를 기유로 하는 합성계와 합수계의 수성계(水成系)로 나누며 특징으로서는 각종 유압작동유의 성능으로서는 표 1에서, 내화성 비교로서는 표 2에 나타낸것과 같다.

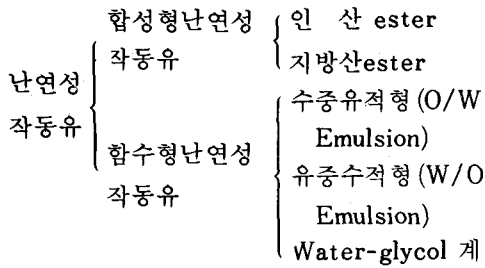


그림 1 난연성 작동유의 종류

(1) 인산 ester계

일반적으로 유기 인산화합물을 Straight한것을 말하며, 주성분으로서는 Triallyl Phosphate가 된다.

그러나 항공기용 작동유에는 사용온도 영역을 넓게하기 위하여 점도온도 특성이 비교적 양호한 Trialkyl Phosphate를 첨가한 것이 일반용과 다르다.\*)

종래에는 난연성 작동유에 적합한 Trialkyl Phosphate는 석탄건류(乾溜)로부터 얻어진 천연 Phenol류(주로 Gresol과 Xylenol을 주체로 하는 혼합 Phenol류)를 Oxy 염화인산과 반응시켜 얻어진 것이 주로써 Cresol Phosphate와 Tri-Xylol phosphate의 혼합물을 주성분으로 하는 것으로 되었다.

최근에는 합성시킨 Phenol류를 사용하여, 이에 예를들것 같으면 Isopropyl phenol류를 사용한것 Tertiary-Butyl Phenol류를 주체로 한것

표 1 각종유압작동유의 성능

분류항목 \ 작동액	광 유 계 (耐摩耗性)	Emulsion系 (O/W)	Emulsion系 (W/O)	water-glycol 系	인산 Ester 系	지 방 산 Ester 系
위험물분류(소방법)	제 4 석유류	非危險物	非危險物	非危險物	제 4 석유류	제 4 석유류
耐火性	可燃	難燃	難燃	難燃	難燃	難燃
潤滑性	우수	불량	양호	우수	우수	우수
상용압력 (kg/cm <sup>2</sup> )	Vene Pump Piston pump	Recipro Pump	70 ↓	140 ↓	140 ↓	全域
		140 ↓	140 ↓	210 ↓	210 ↓	
금속부식방지성	우수	불량	양호	양호 亞鉛, 鉛은 불량	양호	양호
녹방지성	우수	불량	불량	양호	양호	우수
Seal, Packing 적합성	거의 고무에는 양호 ethylene, propylene, butyl 고무에는 불량 양호	Nitrile 고무에는 양호	Nitrile 고무에는 양호	(Nitrile, 불소, butyl, ethylene, Propylene, 고무에는 양호)	(butyl, 불소, Silicone, ethylene, Propylene, 고무에는 양호)	거의 고무에는 양호, ethylene, Propylene butyl 고무에는 불량
塗料과의適合性	우수	불량	불량	불량	불량	양호(phenol계는 불량)
Filter材質과의適合性	우수	stainless가 양호	stainless가 양호	鐵계가 양호	우수	우수
수분混入의 영향 (윤활성, 녹방지성, 안정성)	中	小	小	小	大	中↔大
鑛油系와混合安定性	—	불량	불량	불량	불량	양호
Serve Valve와의적합성	우수	불량	불량	불량	불량	양호
보수관리	용이	곤란	곤란	용이	용이	용이
수명	길다	짧다	짧다	길다	길다	길다
단가*	100	10~15	150~200	400~500	800~900	600~700

\* 광유계를 100으로한 경우에 있어서의 상대비로 나타낸것임.

표 2 耐火性 比較

시험항목 시험방법 작동유의 종류	인 화 점 ℃	자연착화 온도, ℃	고압Spray 시 험	hot-manifold 시 험	용 용 금 속 착 화 시 험	pipecleaner 시 험 (회수)
	KSM 2056	ASTM D 286	Fed. 6052 MiL-F-7100	Fed. 6053 MiL-F-7100	ASTM D 286 준합	MiL-F- 7100
鑛 油 系	150~270	230~350	폭발적으로 착	순간시에 발화	바로 착화	3
W / O Emulsion 系	인화하지 않 음	430	착 화 하 지 않 음	발화하지 않음. (수분을 증발시키 기 때문에 manifold 의 표면을 球 狀으로 하여 굴러 떨어진다.)	수분증발후 연 소	50
Water - glycol 系	인화하지 않 음	410~435	착 화 하 지 않 음	上 同	수분증발후 연 소	66
인 산 Ester (Straight 系)	230~280	640 ↑	착 화 하 지 않 음	발화하지 않음	착 화 하 지 않 음	80
지 방 산 Ester 系	260	480	—	순간시에 발화	—	27

備考 ① 고압 Spray 시험 : 시료를 70kg/cm<sup>2</sup>의 압력에서 orifice로부터 분사하여 일정거리에 위치한 炎에서 착화하는가를 본다.

② hot-manifold 시험 : 700℃로 가열한 강관에 일정량의 시료를 일정시간내에 적하하여 이의 發火性を 살핀다.

③ 용용금속착화시험 : 용용한 금속상에서 시료를 적하하여 착화성을 본다.

④ pipe cleaner 시험 : tabacopipe의 cleaner에 oil을 적시어 넣고, 가열한 grid간이 炎가운데 수화를 통해서 발화할때까지의 회수를 산출하는 방법

도 출현하고 있다.<sup>7)</sup>

인산 ester계의 유허성은 그 자체가 광유계 유허향상제로 되는것과 같이 극히 양호한 유허성을 나타내고 있으므로, 철강의 연속주조장치 같은 고압부분(高壓部分)에 사용되어 왔다.

현재 일반산업에 있어서 사용조건에는 천연 Phenol계 합성 Phenol계 어느것도 그의 특성에는 미묘(微妙)한 차가 인정되고 있지만<sup>8)</sup> 실용상(實用上) 확실한 평가는 아직 정하여져 있지 않다.

일시적 문제가된 인산 ester계의 유압 Valve 손상문제(損傷問題)에 있어서는 Nelson<sup>9)</sup> 이나 Beck<sup>10)</sup> 및 福永 등의 연구가 있었지만, 어

느것도 제어 Valve의 이상마모(異常摩耗)는 전기화학적 침식(電氣化學的侵食)에 의한 것이지, 침식이 일어나는 부식전류는 좁은 사이를 고압(高壓)에서 흐르는 유체(流体)의 전기전도도(電氣傳導度)에 의해서 영향되고 있는 것이라고 생각되어지고 있다.

따라서 부식전류를 흐르는 전기화학적 活性(活性)한 화합물을 Aspirater나 백토처리로 문제가 해결되는 것으로 보고되고 있다.

이밖에 인산ester계 작동유는 내화성, 내마모성, 안전성이 우수하지만 일반적으로 점도는

표 3 인산Ester계 난연성 작동유의 중요물성

시 험 항 목	성 상	
비 중, 15/4℃	1.130~1.150	
동 점 도 cst	40℃	47~49
	100℃	4.8~5.3
점 도 지 수	-30~15	
유 동 점, ℃	-22.5	
전 산 가, mgKOH/g	0.01~0.13	
수 분, %	0.03~0.05	
전 염 소, %	6.5~28	
인 화 점, %	240 ↑	
자연발화점, ℃	500 ↑	

도특성이 불량하고 사용온도 범위가 좁으며, 물이 있으면 가수분해를 일으키어 Alcohol성의 분류물(分溜物)과 산성의 분류물로 분해하여 작동유와 유압 System의 수명을 단축하는 단점도 지니고 있다. 표 3에서는 인산ester계 난연성 작동유의 중요물성을 참고적으로 나타내어 보았다.

표 4 지방산 Ester계 난연성 작동유의 중요성상

시 험 항 목		성 상
비 중, 15/4℃		0.920~0.948
색 (ASTM) 또는 외관		4~5 or 담황색, 투명
동 점 도 cst	40℃	34~55
	100℃	6.20~9.60
점 도 지 수		150~190
유 동 점, ℃		-10~-30↓
전 산 가, mgKOH/g		0.1~3.9
검 화 가, mgKOH/g		164~180
요 소 가, g/100g		0.8~87
수 분, ppm		흔적~700
기 포 시 험 ml	24℃	10-0~320-0
	93.5℃	0-0~10-0
	93.5~24℃	10-0~230-0
황 유 화 성		40-40-0~40-38-0
녹방지성능(터빈유)		pass
인 화 점, ℃		268~290
자연발화점, ℃		약410

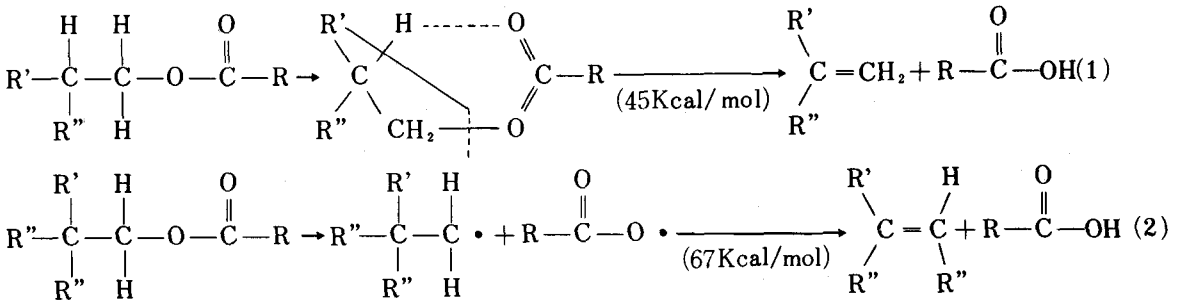
(2) 지방산 ester계

지방산 ester oil은 저온으로 부터 고온에 이르기까지 유효작용을 만족케 하기 위한 항공기 Jet Engine oil로서 개발되어진 것과 같은 종류로서 Hindered alcohol과 직쇄포화지방산과의 ester를 Base로 하여, 여기에 각종 첨가제를 배합한 것이다. 조성은 Penta-erythritol, Trimethylol propane, neo pentyl glycol등의 neo pentyl polyol과 mono Carboxylic Acid의 ester가 주체로 된다. neo pentyl polyol ester의 특징은 극히 열안정성이 우수한 점과 생분해성(生分解性)이 높다는 점을 들 수 있다.

예를들어 열안정성이 양호한 것은 구조적(構造的)으로 비슷한 유지(油脂)가 가열에 의하여 그림 2에 나타난것과 같이 6원환구조(六員環構造)의 중간체(中間體)를 형성하여 낮은 Energy(45kcal/mol)의 열분해를 받는데 대하여, 이의 neo pentyl polyol ester는 6원환구조를 받지 않고 보다 높은 온도에서 free radical적 열분해(67kcal/mol)를 취하는 것으로 부터 된다. 이것은 neo pentyl polyol가 β탄소원자상에 수소원자(水素原子)를 갖지 않은 열분해 저지형

으로서 되는 것이기 때문이다. 반면에 생분해성(生分解性)이 높게되는 것은 그만큼 공해상(公害性)의 문제가 적은 것을 나타내고 있다. neo pentyl Triallyl ester는 생화학적으로는 우선 ester결합이 끊어져 보통의 지방산이나 alcohol과 같은 분해를 한다.

표 4에서는 지방산ester계 난연성 작동유의 중요성상을 나타내어 보았다.



\*유지 (1)과 neopentyl polyol ester (2)의 차

그림 2 Ester의 熱分解

(3) O/W Emulsion계

O/W Emulsion계는 원래 수압기(水壓機)의 부식을 방지하기 위하여 개발된 것으로서, 처방은 광유에 소량의 유화제, 부식방지제등 각종 첨가제를 배합한 것이다.

일반적으로 수분이 90~95%의 Emulsion 계에서 사용되는 것으로 미국에서는 90/10 또는 95/5 Fluids<sup>4)</sup>라든가 Water-additive Fluids<sup>5)</sup>라고 부르고, 용도로서는 철강등의 수압계유압 System에 비교적 대량 사용하고 있다.

특징으로서는 난연성이 우수하고 가격이 어느 작동유 보다도 우수한 점을 들어 William<sup>5)</sup>은 장래 광범위한 사용이 기대되는 것으로 이를 위하여 Pump Maker, 작동유 Maker 및 User 측도 진중히 검토가 된다면 가치가 있는 Oil로 시사한 바 있다.

그러나 단점으로서는 윤활성이 부족하고 저온성능(低温性能)이 불량하며 Bacteria가 죽게 되면 부식의 문제등이 발생된다.

(4) W/O Emulsion계

W/O Emulsion계는 가격면에 있어서 O/W Emulsion계에 비하여 불안정(不安定)하고 또한 보수 관리상 문제가 있으며 O/W Emulsion 계는 W/O Emulsion계와는 반대로 Oil중에 Water를 가용화(可溶化) 시킨 것이다.

유화제 이외에 마모방지제, 산화방지제, 녹방지제등 각종 첨가제를 첨가한 것이 있고, 수분은 약 40%를 첨가하고 있다. O/W Emulsion

계의 이점(利點)에 부언하면, 윤활성이 우수하지만 수온 Control이 어렵고 Emulsion이 역전(逆轉)하는 불안정성(不安定性)이 있다.

3. Water-glycol계

(1) 조 성

Water-glycol계는 기체가 Water, 수용성(水溶性) Polymer, glycol류의 3가지로 부터 구성하고 있는 점이 조성의 특징으로서, 각각 난연성, 증점성(增粘性), 부동성(不凍性)을 부여하고 있으며 이의 개략적인 처방은 표 5에 나타내었다.

수용성 Polymer로서는 Poly Vinyl alcohol, poly alkyl meta glyrate, Cellulous계는 용해성(溶解性), 가수분해 안정성(加水分解 安定性), 진단안정성등 어느것에도 문제가 있어 사용에는 적다.

일반적으로 ethylene oxide과 Propylene oxide와의 공중합(共重合)에 의한 Poly alkyl ane glycol이 많이 쓰인다.

수용성 Polymer의 말단수산기(末端水酸基)가 내마모성에 관여하는 것으로 되어<sup>11)</sup> 이것으로 부터 중합의 출발원료(出發原料)에 Polyol 나 Polyamine을 써서 Poly alkylane glycol의 분자쇄(分子鎖)를 지분(枝分)시키는 시도도 행하고 있다.<sup>12)</sup>

Glycol류는 동결방지(凍結防止)를 하기 위한 목적으로 첨가되며, 이의 종류에 따라 완제품

표 5 Water-glycol계 난연성 작동유의 조성

조 성		분 류	화 합 물
基 材	water	35~45%	—
	增粘劑	10~15%	Polyalkylane glycol, Polyvinylalcohol, Polyalkylane acrylate, Cellulous계
	溶劑	40~50%	Alkylane glycol, Alkylane glycol monoether
첨가제	마 모 방 지 제		지방산, 지방산 Amine, Polycarboxylic Acid
	방 청 제		저급지방산 Amine, ethanolamine, molephoryl 유도체, 지방산 Soap
	방 식 제		방향족질소화합물, 방향족 Carboxylic Acid, 금속ion比金鎖劑
	alkali 조 절 제		수산화카리움, 수산화나트륨, ethanolamine, 저급지방산Amine
	기 타		소포제, 착색제

의 기포성, 방기성(放氣性), 고무팽윤성(膨潤性)등의 성능(性能)에 영향이 있다.

또한 Water-glycol계 난연성 작동유는 전술한 바도 있지만 기재중에 하나인 Water가 윤활제로서 되기 때문에 결정중에 하나인 윤활성과 방청성이 부족되는 점이 있기 때문에 이를 보완하기 위하여 첨가제로서 윤활성과 방청성을 향상시켜 주게 된다.

(2) 물리적 성질

일반적으로 Water-glycol계의 물리적 성질은 광유계에 비할때 특이(特異)한 값이 많다.

따라서 유압 System 영향을 미리 정량적(定量的)으로 파악하여서 설계상에 대책을 강구할 필요가 있으며<sup>13)</sup> 구체적(具體的)으로는 압축성(壓縮性)이 적기 때문에 System의 제어성<sup>14),15)</sup>에, 또한 비열(比熱), 열전도성(熱傳導性)이 높기 때문에, 작동유의 유온(油溫)제어에, 또한 점도지수가 높고 유동점이 낮기 때문에, 저온시동성(低溫始動性)에, 각각의 이점(利點)이 있는 것으로 기대된다.

그러나 증기압이 현저하게 높기 때문에 고온에서 수분의 손실이나 Cavitation을 피하기 위하여 Tank유온이 50°C 이상을 초과하지 않도록 주의할 필요가 있다.

다음 표 6에는 Water-glycol계 난연성 작동유에 대한 중요 물리적 성질의 값을 살펴 보았

표 6 Water-glycol계 난연성 작동유의 중요물성

시 험 항 목	성 상
비 중, 15/4°C	1.055~1.085
점 도, 40°C, cst	40~52
점도지수	170~210
유동점, 0°C	-30~-60
압축율, 20°C, cm <sup>2</sup> /kg	2.87 × 10 <sup>-5</sup>
비 열, 20°C, Kcal/kg°C	0.80
열전도율, KJ/mh K	1.5
증 기 압, 50°C, mmHg	63
표면장력, dyne/cm	36
공기함유량, 1기압, Vol%	4.0
압력점도계수, mm <sup>2</sup> /kg	3.5 × 10 <sup>-2</sup>

다.

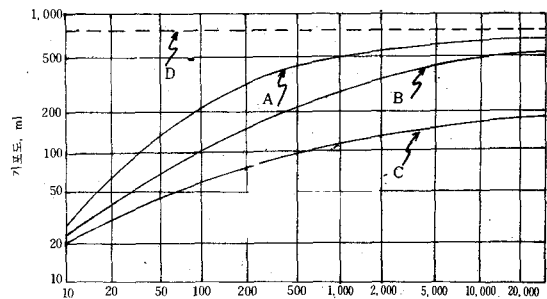
(3) 난연성

작동유가 화재의 위험성을 나타내는 것은 균용등의 특수용도를 제외하고는 크게 나누어 2가지로 대별한다.

따라서 그 하나의 가압(加壓)되어진 작동유가 분무상(噴霧狀) 비산(飛散)한 때의 발염성(發炎性)과 또하나는 누설(漏洩), 적하(滴下)한 작동유의 발염성이다.

Water-glycol 계는 누설, 적하에서 발염성에 관련한 시험방법에서 시험간에 대부분의 수분이 휘산(揮散)하기 때문에 연소하는 경우(自然發火溫度, 溶融着火試驗)가 있다.

한편 분무상에서 발염성을 평가하는 고압분무점화시험(高壓噴霧點火試驗) 방법에서는 W/O Emulsion계, 지방산 ester계가 연속 연소하는 경우가 있는것에 대하여, Water-glycol계는 O/W Emulsion계와 함께 충분히 난연성을 나타내고 있다.



작동유의 filter cycle수(Cycle)

LEGEND;

A : 3μ Filter

B : 6μ Filter

C : 24μ Filter

D : 무첨가소포제인 경우에 있어서의 기포도 filtering 시험기

Tank油量 : 20 l

流 量 : 10 l / min

壓 力 : 20kg/cm<sup>2</sup>

油 溫 : 25°C

filter : 절대여과입도 3.6 및 24μ

그림 3 첨가소포제 Water-glycol계의 소포성 經時變化圖

(4) 기포성

Water-glycol 계 작동유는 유성제(油性劑)나 수용성 Polymer 등 계면활성(界面活性)한 성분을 다량 배합하고 있기 때문에 기포성이 광유계에 비하면 훨씬 높은 경향이 있어 Silicone계 소포제를 첨가하거나, 또는 기포성이 낮은 기재(基材)선택이 매우 중요하다고 생각된다.

유압 System에 있어서 오염관리를 보다 높여주기 위해 여과입도(濾過粒度)가 미세(微細)한 Filter를 사용할 경우는 그림 3에 나타낸 것과 같이<sup>16)</sup> 소포제가 Filter에 포착(捕捉)되어 소포성이 빨리 악화(惡化)되는 것도 있어 최근에는 소포제를 첨가하지 않는 제품도 고려되고 있다.

(5) 공동현상과 침식

공동현상((Cavitation)이라고함은 유압 System의 수명, 효율(效率), 제어성(制御性)에 크나 큰 영향을 부여하는 중요한 문제중의 하나가 된다. pump에서의 작동유 흡입(吸入)의 경우와 같이 상압(常壓)으로부터 부압(負壓)으로 될 때에 Water-glycol계의 증기압(蒸氣壓)이 높게 되므로 광유계에 비하여 상당한 차이점을 가지고 있어 공동현상이 일어나기 쉽고 Pump 회전수(回轉數)의 제한(制限), Tank나 배관설계(配管設計), 액온관리(液溫管理)등 System에서의 대응이 뒤따르지 않으면 안된다. 또한 공동현상에 의한 손상에 있어서는 기체성(氣體性) 공동현상이 주체(主體)로 되고, 광유계에 비교하여 증기(蒸氣) 공동현상이 주체로 되는 Water-glycol계는 기포의 수축속도(收縮速度)가 높고, 유체압축성(流体壓縮性)이 적기 때문에 공동현상이 크게되기 쉽다.<sup>17)</sup>

이러한 이유로 공동현상이나 침식(Erosion)이 가장 염려되는 Nozzleflapper Type Servo Valve의 고압적합성 시험에도 Water-glycol계에서는 손상(損傷)이 인식되지 않으면 안된다.<sup>18)19)</sup>

(6) 재료의 적합성

유압기기에 관련되는 금속, 고무, 여과기, 도료(塗料)등 금속 및 비금속의 각 재질에 대하여 Water-glycol계는 표 7에서보는 바와같이 재료

표 7 Water-glycol 계에 부적합한 유압기구재료

재 료	금속·비금속의종류	비 고
금속재료	Zn, Ca, Mg	—
Seal 재	Urethane Rubber, 가죽, *일부불소고무	*일부불소고무는 특히 고온사용에 문제가 있다.
Filter	흡착제 Filter	—
도 료	내면도료 (內面塗裝)	도료전체
	외면도장 (外面塗裝)	Phthalic Acid 수지, Phenol 수지

와의 적합성에 대하여 많은 제한이 있다. 그러나 작동유의 품질개량 이전에 유압 System의 설계측으로부터 사전에 대책이 진행되어 최근에는 많은 Trouble을 감하고 있지만 재질 내부에 침투(浸透)한 수분이 압력변동(壓力變動)에 수반하여 수축(收縮), 팽윤(膨潤)을 반복하면서 유압 Hose의 강도를 저하시키는 사례가 있어, 단순한 라보침적시험(浸滴試驗)으로 적합성(適合性)을 추정(推定)하는 것에는 한계가 있는 것으로 생각된다.

(7) 내마모성

Water-glycol계 내마모성은 실용상(實用上) Vane Pump의 고압사용시 우수함과 저열함이가장 현저하게 잘 나타내주고 있지만 上田<sup>20)</sup>의 자료에 따르면 제품간의 품질차이가 큰 원인으로서 Water-glycol계가 일종의 전해질용액(電解質溶液)으로 되고 한편으로는 Pump 습동부와 이종금속(異種金屬)의 조합(組合) 시킨것이 많기 때문에 전기화학적(電氣化學的)인 유성제(油性劑)의 흡착저해현상(吸着阻害現象)으로 고찰하고 있는 것으로 밝히고 있다.

따라서 이러한 자료 이전에 최근의 Water-glycol계 작동유의 품질도 그 어느때 보다도 많은 향상이 되었다고 생각되어지며 유압Pump로부터 습동부 재료나 표면처리, 나아가 Pump의 수전용화(水專用化)등의 재질에 많은 연구가 있

어<sup>21)22)</sup> 습동부의 수명에는 광유계에 개략 대등한 개소까지 왔다고 본다.<sup>23)</sup>

#### 4. 작동유의 요구 성능

유압기기에 있어서 작동유는 Energy 전달의 매체와 함께 각 기기의 윤활제로서 성능을 발휘하지 않으면 안된다.

따라서 일반적으로 유압 작동유가 겸비하지 않으면 안되는 성질은 다음과 같다.

- ① 사용조건에서 용이하게 유동하여야 한다.
- ② 운전부분에서 적당한 Seal의 역할을 하여야 한다.
- ③ 물리적 또는 화학적 변화를 거의 일으키지 않아야 한다.
- ④ 녹발색, 부식을 억제시켜 주어야 한다.
- ⑤ 운동부분의 마모를 최소(最小)로 하여 주어야 한다.
- ⑥ Water, 먼지등 불용성(不溶性) 불순물을 분리시키기 쉬워야 한다.
- ⑦ Seal등의 적합성(適合性)이 좋아야 한다.
- ⑧ 기포가 적고 발생된 기포가 쉽게 제거되어야 한다.
- ⑨ 구성재료(構成材料)와의 적합성이 좋아야 하며, 또한 광범위하여야 한다.

#### 5. 난연성 작동유 요구사항

- ① 인체에 피해를 주지 않아야 한다.
- ② Cavitation 발생이 광유계와 병행하여 Cavitaion, Erosion이 적어야 한다.
- ③ 금속과 적합성이 좋아야 하며, 표준적인 금속재료에 사용이 가능하여야 한다.
- ④ 방청성, 방식성이 좋아야 한다.
- ⑤ 온도, Water관리의 기준폭이 넓어야 한다.
- ⑥ 각 습동부의 윤활성이 양호하여야 한다.
- ⑦ W/O에는 작동유의 Emulsion이 안정되어 있어야 한다.
- ⑧ O/W에는 박테리아발생을 방지할 수 있어야 한다.
- ⑨ 외부에 Leakage가 될 경우, 공해 대상이 되지 않아야 한다.

#### 6. 맺는말

지금까지 간략하게나마 Water-glycol계를 중심으로한 난연성 작동유에 대하여 살펴 보았다.

우리나라도 유압기술의 진보와 더불어 난연성 작동유의 보급도 수요가 자신의 방재(防災)의식대책으로 부터 점차 관심이 고조되고 또한 점진적으로 사용범위가 신장되고 있다.

그러나 과혹한 사용조건에 있어서 아직도 난연성 작동유의 진가는 현장 경험에 바탕을 둔 많은 Date와 축적된 기술이 미비한 사항이고 보면, 기계 Maker를 비롯하여 작동유 제조 Maker, 나아가 User가 합심하여 금후 계속적인 연구 검토가 필요하다고 사료된다.

따라서 본 기술에서 누락된 난연성 작동유의 각종 사양과 사용상의 관리법<sup>24)25)</sup>은 많은 문고가 있으므로 병행하여 참고하여 주기 바란다.

#### 참 고 문 헌

1. MIL-H-19547(1957)
2. ASTM, STP, 406(1966)
3. Fluid power Reserch Center; "Fluid power News", 2 (1), (1978)
4. Chem Systems Inc; "Synthetic Lubricants" Report No 77-6, p.72(1978)
5. W. H. Millet; Iron and steel Eng, 5, p.21(1977)
6. R. E. Hatton; Introduction to Hydraulic Fluids, Reinhold Publishing Co., p. 158(1962)
7. 福永一郎外; 油空壓化設計, 15(11), p.54(1977)
8. 山本雄外; 日本潤滑學會 1976年度 研究發表予稿集 p.33(1976)
9. W. G. Nelson & A. W. Waterman; SAE Committee A-b, Aerospace Fluid power and Control Technologies Boston, Mass, April 10(1974)
10. T. R. Beck, D. W. MAHAFFEY & J. H. OLSEN; Boeing Scientific Research



- Laboratories, DI-82-0839 M September (1969)
11. F. W. Mould & H B SILVER; Tribology intern., 11, p. 280 (1978).
  12. 源氏田文秀外; 日本特許 60-53079
  13. W. Scott; Wear, 56, p. 105 (1979)
  14. 北沢一俊; 油空壓化設計, 18(2), p. 43 (1980)
  15. J. S. Steck; & B. T. Kuhnell; SAE 851599 (1985)
  16. 岩宮保雄; 潤滑, 32(8), p. 537 (1987)
  17. 中原綱光; 潤滑, 26, p. 146 (1981)
  18. 齊藤實外; 油壓技術, 19(7), p. 19 (1980)
  19. 佐々木勝美外; 油空壓設計, 19(1), p. 1 (1981)
  20. 上田亨外; 丸善石油技報, 12, p. 22 (1967)
  21. 西本榮司; 潤滑, 24, p. 513 (1979)
  22. H. W. Herbert; Z. Werkstofftech, 15, p. 17 (1984)
  24. 鈴木清一外; 油壓技術, 18(10), p. 38 (1979)
  24. A. R. Protheroe; Hydraulics & Pneumatics, May, p. 73 (1978)
  25. R. E. HATON & L. R Stark; chem Age India, 28(9), p. 765 (1977)

윤활유는 마찰을 적게하고  
마모를 방지하며  
동력의 소비를 적게하여  
기계 효율을 높이는 작용을 합니다.