

# 유압시스템에서 작동유가 미치는 영향 Influence of Hydraulic Fluid In Hydraulic System

구 영 모  
Y. M. Gu

## 1. 서 언

국내의 철강, 제지, 시멘트 산업 등은 장치산업으로 그 규모나 경쟁력에 있어서 세계적 수준이며 국가 경제발전의 원동력 역할을 담당하고 있습니다. 이들 산업체에서 품질과 생산에 직결되는 설비에는 대부분 유압을 사용하고 있으며, 유압시스템의 최적 관리가 이들 산업체 경쟁력향상을 위해서 반드시 필요하다.

우리 인간에 있어서 팔, 다리의 움직임을 원활하게 할 수 있는 매체는 혈액이라 할 수 있으며, 유압시스템에 있어서는 작동유가 혈액과 같은 역할을 하고 있다. 작동유의 기능은 우선 동력전달 매체, 일반 윤활유의 기능과 마찬가지로 윤활, 방청, 냉각 등의 역할을 하고 있다. 이러한 역할을 하기위해서 작동유에 필요한 요구 성능은 크게 동력전달을 위한 매체로서의 성능, 기기의 수명을 연장시키기 위한 윤활유로서의 성능, 작동유 자체의 수명을 연장시키기 위한 성능이 필요하게 된다. 그리고 이러한 요구 성능이 선정단계에서부터 부적합한 작동유가 선정되거나 혹은 사용 중 관리상태의 불량으로 성능이 유지되지 못할 경우 가장 정밀하게 움직여야 할 유압시스템은 오동작하거나 수명이 단축되는 결과를 초래하여 생산성저하 및 기기수명 단축등 경제적인 손실이 발생하게 될 것이다. 일반적으로 작동유에서 요구되는 성질은 다음과 같다.

## 2. 유압시스템에서 작동유의 역할

### 2.1 동력전달에 필요한 성질

- ① 적절한 점도 및 온도 변화에 따른 점도 변화가 적어야 함.
- ② 소포성, 방기성이 좋고, 압축성이 작을 것.
- ③ 유동성이 좋고, 관로저항이 적을 것.

### 2.2 기기의 수명연장에 필요한 성질

- ① 온도, 압력, 속도 및 윤활조건에 대하여 양호한

윤활성을 가질 것.

- ② 금속재료에 대하여 방청성을 가질 것.
- ③ Seal재 및 도료와의 적합성이 양호 할 것.
- ④ 수분과 이물등의 분리성이 좋을 것.

### 2.3 작동유의 수명연장에 필요한 성질

- ① 산화안정성, 열안정성이 우수할 것.
  - ② 전단안정성이 좋고, 점도저하가 적을 것.
- 이상의 성질 외에 사용 환경에 따라 난연성, 비위험성 및 폐유 처리가 쉬운 성질 등이 요구된다.

## 3. 유압시스템에서 작동유가 미치는 영향

그러면 이제 현장에서 만날 수 있는 사례를 통해 작동유가 시스템에 미치는 영향과 요구 성능, 관리 방향에 대해서 알아보기로 하자.

### 3.1 동력전달에 미치는 영향

#### 3.1.1 점도에 의한 영향

##### 1) 액추에이터 속도에 미치는 영향

유압시스템 설계시에는 액추에이터를 요구 속도로 움직이기 위한 소요유량을 계산하고, 그에 따라 요소기기를 선정하게 된다. 이때 배관 Size도 결정되는데, 중요한 것은 유체의 흐름이 층류이어야 하므로 선정된 작동유의 점도를 이용하여 반드시 확인해야한다는 점이다. 층류, 난류의 계산은 다음 식으로 알 수 있다.

$$Re = \frac{VD}{\nu} \tag{1}$$

여기서,  $Re$ 는 레이놀즈수,  $V$ 는 유속,  $D$ 는 배관경,  $\nu$ 는 동점도이다. 일반 유압시스템에서는  $Re < 2000$  이하의 층류가 되어야 한다. 그러나 현장에서는 난류가 필요할 때도 있다. 작동유의 점도-온도관계에서 온도가 높아질수록 점도는 낮아지게 되는데, 설비를 신설한 뒤 실시하는 플러싱은 바로 이런 성질

을 이용하여 실시하게 된다. 즉 플라싱 시 유온을 상승(60℃정도)시켜 오일의 점도가 작아지면 난류 유동(Re>4000)을 만들어 마찰의 증가를 통해 플라싱의 효과를 높이게 되는 것이다.

2) 펌프 내부 누설량과의 관계

펌프의 성능을 나타내는 출력유량 계산식은 다음과 같다.

$$Q_a = Q_i - Q_1 \quad (2)$$

여기서,  $Q_a$ 는 실제 펌프 토출량,  $Q_i$ 는 이론 펌프 토출량,  $Q_1$ 은 내부 누설량이며, 내부 누설량은 다음 식으로 표시할 수 있는데

$$Q_1 = \frac{(2\pi \cdot C_s \cdot D_p \cdot \Delta P)}{\mu} \quad (3)$$

여기서,  $C_s$ 는 슬립계수,  $D_p$ 는 펌프의 배제체적,  $\mu$ 는 절대점도이며, 절대점도가 낮은 경우에는 내부 누유량의 증가로 펌프의 실제 토출량은 (2)식에 의해 감소하게 되어 액추에이터의 속도가 저하되므로 선정단계에서 적절한 점도와 사용 중 온도관리가 중요하다.

3.1.2 밀도의 영향

유체의 유량방정식에서

$$Q = C_d \cdot A \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P} \quad (4)$$

여기서,  $Q$ 는 오리피스 통과유량,  $C_d$ 는 오리피스계수,  $A$ 는 오리피스 단면적,  $\Delta P$ 는 전후단 압력차,  $\rho$ 는 밀도이다. 이 식에서 밸브의 개도가 변하지 않는다면 오리피스를 통과하는 유량은 밀도의 변화에 의해 커지거나, 작아지게 된다. 즉, 하절기나 동절기시 온도변화에 따라 액추에이터의 속도가 변화되는 원인이 바로 여기에서 기인된다. 밀도=질량/부피이므로 하절기에는 온도상승으로 질량에 따른 부피가 커져 밀도가 감소하므로 오리피스를 통과하는 유량이 증가하게 되어 속도가 빨라지고, 동절기에는 밀도가 증가하여 통과 유량이 줄어들어 속도가 느려지게 된다. 반대로 동절기에는 밀도가 감소하여 통과 유량이 줄어들어 속도가 느려지게 된다. 이런 현상 발생 시에는 유량조절밸브 조정(통과 단면적)을 통하거나 온도보상 유량조절밸브의 적용으로 시스템의 영향을 줄일 수 있다.

3.1.3 체적탄성계수(Bulk Modulus,  $\beta$ )

최근 유압시스템이 경량, 고속, 자동화로 고압사용

과 서보밸브 등의 정밀제어 등이 많아지면서 작동유의 압축량에 대한 검토가 반드시 필요하게 되었다. 서보시스템에서 체적탄성계수  $\beta$ 가 큰 경우에는 시스템의 공진주파수가 작아지게 되므로 고속 제어시 시스템 응답성이 느려지는 문제가 발생하게 된다. 또한 시스템에서 Peak Pressure를 계산하기 위해서는 다음과 같은 식을 이용하게 되는데

$$P_p = P_s + \rho \cdot c \cdot V_o \quad (5)$$

여기서  $P_p$ 는 Peak Pressure,  $P_s$ 는 Relief V/V 설정압력,  $c$ 는 Sound Velocity(음속),  $V_o$ 는 밸브 폐쇄전의 유속이다. Sound Velocity  $c = (\beta/2\rho)$  이므로, 체적탄성계수가 큰 작동유를 사용하면 Peak Pressure도 따라서 커지게 되어 시스템에 나쁜 영향을 미치게 된다.

3.2 유압기기 수명에 미치는 영향

3.2.1 내마멸성의 영향

유압장치의 고압화, 고속화에 의해 윤활성이 중요하게 되고, 윤활성이 저하하면 마멸이 증가하고, 기기의 수명을 단축시키게 된다. 작동유의 마모시험은 베인 펌프가 사용되고, 100시간 후의 마멸량을 측정하여 작동유의 내마멸성을 판단하게 되며, 표 1은 광양제철소의 작동유별 관리기준 이다.

3.2.2 항유화성의 영향

작동유중 수분의 과다 잔존은 유압요소기기에 많은 나쁜 영향을 미치게 된다. 윤활불량에 의한 마모 촉진, 펌프, 밸브부식, 부식에 의한 수명단축, Stick-슬립현상 등의 오동작, 유화에 의한 작동유 수명단축 등 그 피해가 크다. 작동유와 물은 비중차에 의해 시간이 지나면 분리되게 되며, 이를 항유화성이라 합니다. 따라서 작동유는 이 항유화성이 우수해야 한다.

3.2.3 소포성의 영향

작동유중에 기포가 혼입하게 되면 고압에서 단열 압축에 의한 발열로 작동유는 열화하게 되고, 기기에 대해서도 많은 악영향을 미치게 된다. 기기에 미치는 영향은 작동유의 압축성이 크게 되어 제어밸브의 작동불량이 발생하게 되고, 펌프의 소음과 진동

표 1 유압작동유의 내마멸 기준

Fluid Type	광유계	Water Glycol	Polyol Ester	비고
마멸량	50mg	50mg	15mg	광양제철소

표 2 오염도 관리 기준(광양제철소)

NO	시스템 구분	오염도	위치별 Filter 사양(여과입도)		
			압력라인	리턴라인	Air Breather
1	서보밸브 사용	NAS 7급	3 $\mu$ m		3 $\mu$ m
2	비례밸브 사용 및 210Bar이상	NAS 8급	6 $\mu$ m		3 $\mu$ m
3	일반 유압시스템	NAS 9급	12 $\mu$ m		3 $\mu$ m

이 커지게 되며, 윤활개소의 유막을 단절시켜 마모를 촉진하게 되므로 작동유는 기포의 발생을 억제하고 발생한 기포는 빠르게 제거시킬 수 있어야 한다. 기타 작동유는 Seal, 금속도료에 대한 적합성과 방청성이 요구된다.

3.3. 작동유 자체 수명연장을 위한 성능

3.3.1 산화안정성

작동유는 압축계통내를 순환하고, 장시간 사용하게 된다. 고압의 작동유가 공기, 수분 및 각종 금속에 접하거나 고온으로 유지되면, 산화하여 유기산과 슬러지를 발생시키게 된다. 이를 통해 각종 제어밸브 작동불량의 원인이 되어 유압장치의 운전이 불량하게 된다.

3.3.2 전단안정성

유압 펌프 등의 접동면 같이 작동유가 통과 할 때에는 전단을 받게 되는데, 이 전단작용에 의해 작동유속의 점도지수 향상제등의 고분자 첨가제가 파괴되어 점도저하가 발생하게 된다.

4. 작동유의 관리 방향

다음은 현장에서 작동유의 상태를 최적으로 관리하여 설비의 고장방지와 기기수명연장 및 사용유 절감을 위해서는, 우선 사용유 관리기준에 따라 주기적인 유분석을 실시하여 기준대비 불량이 발생할 경우에는 적절한 조치를 취해야 한다. 일반적으로 작동유의 교환은 전산가 기준 초과시 교환을 실시하게 되고, 기타 점도, 수분, 오염도 불량시에는 안정화 조치를 취하여 계속사용 것이 사용량 절감차원에

서 바람직하다. 특히 현장에서 오염도 관리는 유압 시스템에서 가장 중요한 사항으로 통계적으로 유압 시스템 고장 중 오염도 불량에 의한 것이 전체의 80% 정도를 차지하고 있습니다. 오염물에는 금속마모입자, 수분, 에어 등이 있으며, 순환 계통내에서 발생되거나, 외부로부터의 혼입이 될 수 있으므로 설비별, 환경에 따라 적절한 대처가 필요하다. 표.2는 광양제철소의 오염도 관리기준 및 필터적용 기준입니다. 하지만 관리상태가 양호하더라도 Oil Leak가 다량 발생한다면 관리자체가 무의미하므로 배관, Hose, Seal 등의 누설 방지활동도 반드시 필요하다.

5. 결 언

유압시스템을 고장없이 안정적으로 사용하기 위해서 작동유 선정단계에서부터 사용 중에도 철저한 관리가 필요하며 이를 통해 사용하는 유압시스템의 안정화, 설비수명 연장, 사용유 절감 등의 효과를 가져올 수 있을 것이다.

[저자 소개]



구영모(책임저자)

E-mail : young@poscotfs.com

Tel : 02-3412-4025

1967년 7월 17일생.

1992년 동아대학교 기계공학과 졸업. 1992

년 포스코(주) 입사, 1997년 포스코 유공압

그룹에서 유압/윤활 기술 부분 중사, 2004

년 TFS Global 프로젝트사업부 근무