

윤 활 관 리

작동유오염관리의 실제 (II)

- 油壓作動油 汚染度 모니터 -



서울대학교 名譽教授兼前潤滑學會長
月刊機械設計發行人兼 編輯人
工學博士 鄭 善 謨

油壓作動油는 아무리 適油 선정이 완벽하다 하더라도, 메인テナンス(maintenance)가 좋지 못하면 기계의 성능을 長期間에 걸쳐서 유지하기 어렵다. 여기에 또 하나의 技術이 필요하게 되는 것이며 그것은 바로 潤滑관리라고도 통한다.

1 油壓作動油의 劣化의 原因

유압작동유를 오랫동안 사용하게 되면 혼탁하게 되기도 하며, 색깔이 진하게 되고, 新油와 전혀 다른 상태로 된다. 보통 이 상태를 劣化라고 부르고 있으나 어느 限度를 넘으면, 油壓機器에 대하여 여러가지 피해를 일으키게 된다. 油壓作動油의 종류, 품질, 유압시스템의 종류, 사용환경, 운전조건 등에 의하여, 劣化의 정도는 다르나, 完全히 防止할수는 없을 것이다. 그러나, 油壓作動油의 劣化의 상태를 항상 파악함으로써 油壓機器의 損傷을 미연에 防止할수는 있을 것이다.

그 劣化을 일으키는 原因으로써 다음 3가지를 생각해 본다.

1. 酸化劣化
2. 挾雜物의 混入
3. 물, 水溶性切削液, 研削液의 混入

[1] 酸化劣화와 그 피해(弊害)

일반적인 石油系 油壓作動油는 炭素와 水素로 된 炭化水素化合物이기 때문에 長期間 사용하면 空氣中の 산소와 反應해서 알코올類, 알데히드類, 케톤類, 칼본類라고 말하는 分子中에 酸素를 포함시킨 酸化劣化物을 生成하게 된다. 이것을 보통 酸化劣化라고 말하고 그 메커니즘을 도시하면 그림 1에서 보는 바와 같이 된다.

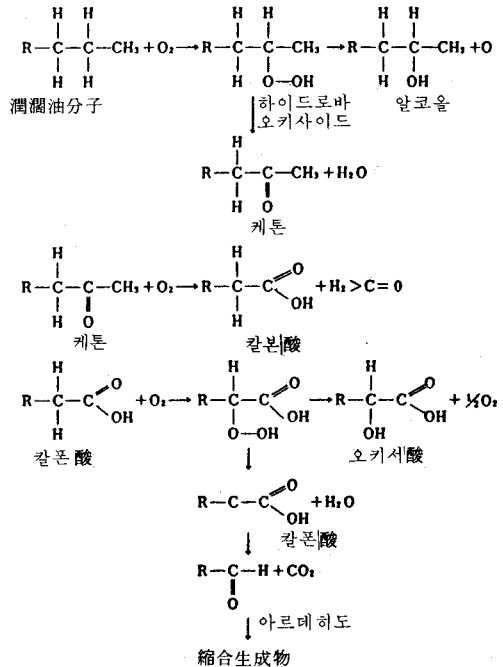


그림1 酸化劣화의 메커니즘

이 反應에서는 먼저 第1의 中間生成物로서· 하이드로퍼 옥시사이드라고 부르는 물질을 생산한다. 소독약으로 사용되고 있는 옥시플 (過酸化水素) 은 이 종류에 속한다. 이것은 熱에 대하여 극히 不安定한 물질이고, 分解해서 알코올과 케톤으로 된다. 이것이 다시 酸化하면 칼본酸, 알데히드, 옥시酸이라 부르는 酸性物質로 되고, 최종적으로는 슬러지(Sludge)라고 부르는 沈澱物을 生成하게 된다.

이 반응은 溫度가 높아 갈수록 빨라지고 금속 마모가루와 水分등에 의하여 劣化가 促進되게 된다.

일반적으로 酸化劣化가 진행되면 油壓作動油로서의 殘存壽命이 짧아짐과 동시에 鐵, 非鐵 금속 등의 기계재료의 녹(鏽), 부식을 일으키게 되며 큰 트라블의 原因으로 된다.

(1) 酸化劣화와 녹

油壓시스템을 오우버호울하면 配管内部에 녹이 있는것을 確認하게 된다.

녹(鏽)의 상태도 넓게 코오팅된 것 같은것에서 부터 凹凸으로 浸蝕된 것에 이르기까지 各種各樣이다. 발생하는 개소로서는 물이 모으기 쉬운 配管의 이음部分과 귀환配管의 뒷쪽부분 그리고 탱크의 밑부분과 천정판 등에서 많이 볼 수가 있다.

녹은 금속表面에 생긴 酸化物과 水酸化물이고, 물과 酸素는 鏽生成의 必要條件이기는 하나, 산성물질에 依해서도 生成이 促進되는 것이다. 산성물질의 代表的인 것은 大氣汚染에 의하여 空氣中에서 油中에 混入하는 鹽酸과 黃酸 등의 無機酸이고, 환경이 나쁜곳에서 발생하는 녹은 이것에 起因한바 많다는 것이다. 이밖에 무시할 수 없는 것이 앞에서 言及한 酸化劣化物 (有機酸) 이다.

종래부터 酸化劣化物이 녹의 발생을 促進하게 된다는것은 이전부터 定性的으로 이해되고 있는 바이나, 유감스럽게도 定量的으로 論하지는 않았다.

이 점을 명확하게 하기 위하여 시도된 것이 그림 2 에 도시한 試驗結果이다. 그림 2 는 가로軸에 劣化油의 PH를, 세로劣化油를 물로서 抽

출한 것의 PH를 잡고, 어떤 領域에서 鏽이 發生하기 쉬운 가를 調査한 결과이다. 이것은 實驗室的인 데이터이나, 기름그 자체의 PH值가 4.7, 抽出水의 PH值가 3.7 以下로 되면 鏽防止性이 不合格으로 되는 確率이 극히 높은 것을 알수가 있다. 즉, 劣化가 促進되어 生成하는 칼본酸에 녹發生의 큰 原因이 되고 있다.

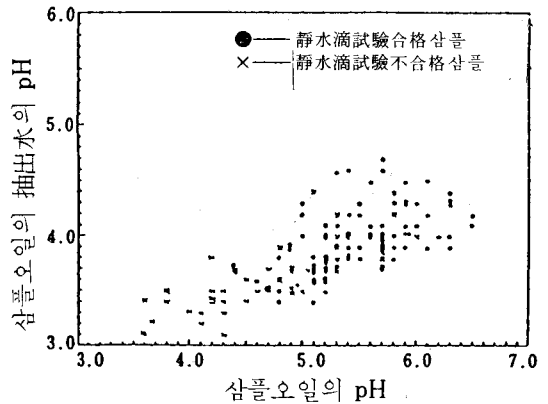


그림2 劣化油의 pH와 녹發生의 관계

녹의 原因은 물과 酸化劣化物質뿐 아니라, 油壓回路를 洗淨할때에 사용되는 鹽素系溶劑도 加水分解되면 녹을 誘因하는 물질로 되므로, 이 점도 충분히 配慮하여야 될 것이다.

(2) 酸化劣화와 기름누설

油壓시스템에서의 기름누설은 경비를 낭비시킬뿐 아니라 火災事故등의 原因으로도 된다. 이 기름누설의 原因으로서, 油壓作動油와 시일材의 不適合, 기름中の 挾雜物(컨데미네이션, Contamination) 등에 크게 기인하나, 기름의 酸化劣化物의 영향도 무시할수가 없다.

종래 윤활油와 시일材와의 適合성은 新油에 대해서만 論하여 왔지만, 실제의 트라블을 조사하여 보면 新油에서는 문제가 없다고 해서 安心할 수 없는 것 같다. 즉, 酸化劣化物이 시일材에 대해서 劣影響을 끼칠 염려가 있는 것이다.

그림 3 은 시일材에 對한 劣化油의 影響을 조사한 결과이다.

第1表는 그 劣化油의 性狀을 나타낸 것이다. 酸化劣化의 影響을 쉽게 받는가 받지 않는가의

여부는, 시일材의 종류에 依해서도 다르고, NBR(니트로브다젠고무)보다는 우레탄 고무의 편이 敏感하다. 또, 단연히 酸化劣化하기 어려운 安定性이 우수한 油壓作動油일수록 시일材에 對하여 良好하다.

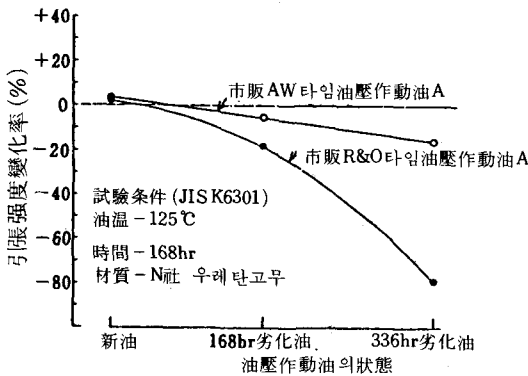


그림3 시일材와 油劣化와의 관계

第1表 劣化油의 性狀

試驗項目	劣化時間(hr)	油名	市販AW타임	市販R&O타임
			油壓作動油A	油壓作動油A
全 酸 價 mg KOH/g	0		0.77	0.12
	168		0.73	0.07
	336		0.74	1.0
色 相 (ASPM)	0		L0.5	L0.5
	168		1.0	L3.0
	336		2.0	8.0

[2] 挾雜物의 混入과 그 영향

油中에 混入된 挾雜物은 아브레시브摩耗(油壓펌프, 油壓밸브, 油壓실린더等), 하이드로리 크로크(油壓밸브), 시일의 破損, 캐비테이션의 原因이 된다. 일반적으로 油壓作動油가 原因으로 발생하는 油壓機器의 고장의 8割은 이 挾雜物이 관계가 있는 것으로 알려져 있으며, 油壓펌프와 油壓밸브에 한정되지 않고 모든 油壓機

器의 萬病이 되는 物質이라고 말하고 있다. 제 2表는, 油中の 挾雜物의 종류와 그 汚染原因을 표시한 것이다.

表2 油中 挾雜物의 종류와 汚染原因

挾雜物의 종류 汚染의 原因	금속 가루	주물 사	먼지	銅	요점 스러그	시일 材
不適當한 洗淨과 제조조립과정	0	0	0	0	0	0
보관수송도상	-	-	0	0	-	-
장치의노출部 수리時	0	-	0	0	0	0
장치내에서의 離脫의 발생	0	-	0	0	0	0

挾雜物의 종류 汚染의 原因	고무類의 마모가루	섬유류	도료片	유압작동 유의劣化物	切削研削 가루
不適當한 洗淨과 제조조립과정	0	0	0	0	0
보관·수송도상	-	-	0	-	-
장치의노출部 수리時	0	0	0	-	0
장치내에서의 離脫 의 발생	0	0	0	0	0

油中에 混入하는 挾雜物은, 사용되는 油壓시스템의 주위의 환경에 支配되기 때문에 그 종류 形狀, 硬度, 混入量등이 一定하지 않고, 따라서 機器에 미치는 영향도 均一하지는 않다. 다만, 挾雜物의 大部分은, 공기중에 混入되는 먼지이고, 그 主成分은, SiO₂(시리카) Al₂O₃(알미나), Fe₂O₃(酸化第二鐵), 이고, 이 밖에 CaO(酸化칼슘) ; MgO(酸化마그네슘)도 포함되고 있다.

그리고, 여기서 油中挾雜물이 미치는 영향에 대하여, 좀 자세히 설명하기로 한다.

(1) 油中 懸濁物과 異常摩耗

그림 4는, 各種의 組成의 懸濁物을 油壓作動油中에 混入시켜서 油壓펌프를 돌려서 마모의 量을 측정한 데이터이다. Al_2O_3 는 硬度가 높고 아브레지브摩耗를 일으키기 쉽다는 것을 알수가 있다. 또 같은 懸濁物이라 할지라도 5μ 보다 粒徑이 큰 편이 큰 영향을 끼치게 된다는 것을 알수가 있다.

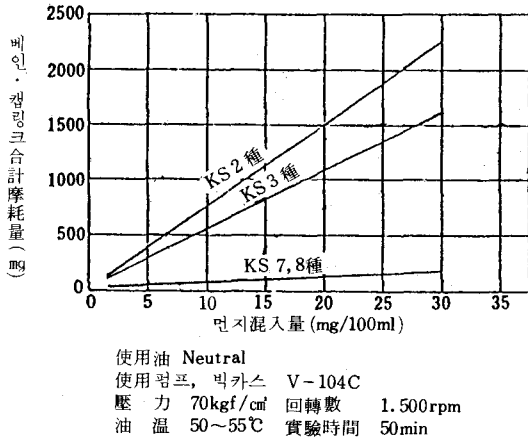


그림4 標準 먼지(dust)에 의한 베인캠프의 마모

(2) 油中 懸濁物과 기름 누설

그림 5는 懸濁物의 粒徑과 시일(seal)의 마

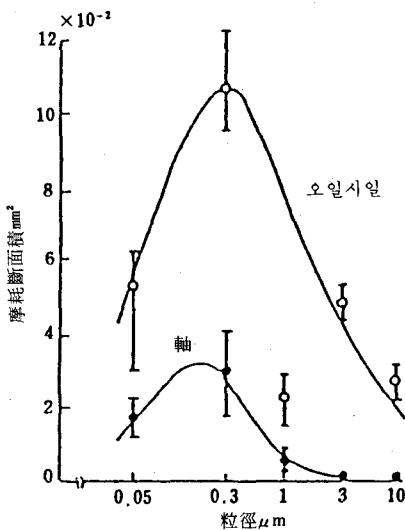


그림5 시일 마모에 주는 油中 懸濁物의 영향

모와의 관계를 표시한 것이다. 粒徑이 0.3μ 前後에서 最大値가 나타난다.

즉, 懸濁物의 粒徑이 습동부(摺動部)의 간격과 기름의 膜두께보다 크거나 작더라도 마모에 의한 영향은 적고, 粒徑과 膜두께와 간격이 거의 같을 경우에 크게 된다.

시일마모는, 油壓실린더의 로드部에서 侵入하는 먼지에 의하여 생기는 수도 있으므로, 機構面에서의 對策도 필요하다.

[3] 水溶性切削油의 混入에 의한 弊害(弊害)

물은 懸濁物과 마찬가지로, 油壓機器에 대하여 注意해야 될 물질의 하나이다. 물은, 옥외, 옥내에 관계 없이, 모든 油壓시스템에 混入해 올 염려가 있다. 混入經路로서는 油壓탱크의呼吸作用에 의한 결로(結露), 액시덴트에 의한 冷却器에서의 混入이외에, 公작기계의 油壓시스템과 같이 加工用에 사용되는 水溶性 切削液과 研削液이 들어오는 수도 있다. 油壓作動油가 물속에 들어 온 상태 그대로 시스템을 움직이면 윤활성이 나쁜 遊離水가 油壓펌프와 油壓밸브 등에 侵入하여, 油膜 끊어지기 현상에 의한 異常摩耗를 일으키기도 하고, 配管과 各種의 油壓機器를 녹슬게 하기도 한다.

이들에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.

① 水分混入과 壽命低下

水分이 윤활성을 低下시키기도 하고, 녹을誘因시키는 사실을 충분히 理解해 주신 것으로 생각되나, 水分이 일으키는 弊害는 비단 이것뿐인 것은 아니고 油壓作動油 자신의 壽命을 低下시키는 것이다.

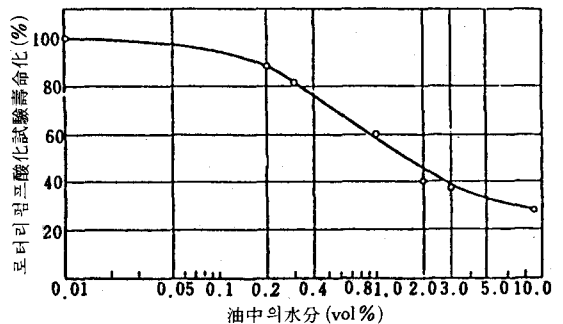


그림6 油中水分량과 油壓 作動油의 壽命과의 관계

즉 水分이 금속과 마찬가지로 酸化觸媒의 作用을 하게 된다.

그림 6은, 油中水分량과 로터리펌프 酸化安定度試驗에서의 수명의 관계를 도시한 것이다.

(2) 水溶性切削油의 混入과 作動不良

水溶性切削液과 研削液도 앞에서 언급한물과 똑같은 トラブル을 일으키게 되는데, 그 以外에 油壓作動油와 反應하여 質質의 슬러지를 生成하고, 油壓機器의 楮동부(摺動部)에 부착하여 作動不良을 일으키기도 하고 필터(filter)를 폐쇄시켜서 캐비테이션(Cavitation)을 일으키기도 한다.

이와 같은 경우에는, 급속히 기름을 交換해야 할 需要가 있으나, 應急處置法으로 슬러지分散性이 높은 油壓作動油를 채용하는 것도 하나의 方法이다.

以上, 일반적인 油壓作動油의 劣化와, 그것이 일으키게 되는 폐해에 대하여 論술하였는데 다음에는 이 폐해를 最小限으로 멈추게 하는 油壓作動油의 管理方法에 대하여 研究해 보기로 한다.

② 油壓作動油의 管理方法

油壓作動油의 관리라고 하는 것은, 사람의 定期健康診斷과 비슷한 것이고, 油壓作動油를 定期的으로 샘플링分析試驗을 하여 劣化의 정도를 判定하고 油交換의 必要性을 決定하는 것이다.

定期的으로 行하는 分析試驗을 管理試驗이라고 말하는데 그 시험항목은 油壓作動油의 종류, 使用條件에 依하여 약간 바뀔 需要가 있는 것이다.

일반적으로 行하여지고 있는 管理試驗項目의 意義와 劣化判定 基準에 대하여 설명한다.

(1) 粘度

보통의 使用조건에서는, 劣化에 依한 粘度變化는 그다지 없으나, 使用中에 10% 以上の 變化가 있었을 경우에는, 異種油의 混合과 劣化의 염려가 있으므로, 油交換을 검토할 需要가 있는 것이다.

(2) 摻雜物(挾雜物)

일반적의 油壓作動油는 그림 7에 도시한장치를 사용하여 시행하는 미리보아 重量法으로 관리하면 되나, 油壓로보트와 같이 摻雜물을 극도로 싫어하는 油壓시스템에서는, 自動 微粒子計測法으로 管理해야 된다.

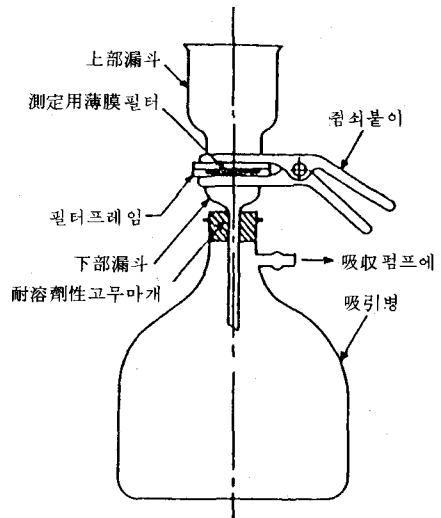


그림7 미리보아重量法의 濾過裝置

管理의 基準으로서는 미리보아 重量法에서는 10mg/100ml 以内로 억제할 需要가 있다. 또, 自動微粒子計測法에서는, 시스템에 따라서는 NAS7級 以内에, 적어도 NAS12級 以内로 억제해야 된다. 表 3은 標準먼지 組成이고 表 4는 粒徑分布를 표시 한다.

表3 표준먼지組成

單位: Wt %

種 類 成 分	2種, 3種	7種, 8種
SiO ₂	} 合計 3 以上	34~40
Fe ₂ O ₃		17~23
Al ₂ O ₃		26~32
TiO ₂		0~4
MgO		3~7
強熱減量		0~4
C ₂ O		0~3

表4 표준먼지의 粒徑分布

種別 粒徑 μ	2種, 7種%	3種, 8種%
5	88±5	61±5
10	76±3	43±3
20	62±3	27±3
30	50±3	15±3
40	39±3	9±3

表5는 NAS等級을 결정하는 基準値가 되는 油壓作動油中の 許容粒子數를 표시한 것이다.

表5 油壓 作動油中の 許容微粒子數 (NAS-1638)

(100ml中の個數)

사이즈分類 (μ m)	級 (個/100ml)						
	00	0	1	2	3	4	5
5-15	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000
15-25	22	44	89	178	356	712	1,425
25-50	4	8	16	32	63	126	253
50-100	1	2	3	6	11	22	45
100以上	0	0	1	1	2	4	8

사이즈分類 (μ m)	級 (個/100ml)						
	6	7	8	9	10	11	12
5-15	16,000	32,000	64,000	128,000	256,000	512,000	1,224,000
15-25	2,850	5,700	11,400	22,800	45,600	91,200	182,400
25-50	506	1,012	2,025	4,050	8,100	16,200	32,400
50-100	90	180	360	720	1,440	2,880	5,760
100以上	16	32	64	128	256	512	1,024

(3) 水分

水分의 영향에 대해서는 이미 論述한바 그대로이나, 항상 稼動하고 있는 시스템에서는, 0.1% 정도까지는 許容되고 있으나, 停止期間이 긴 것에서는, 0.5%以下에서 관리해야 된다. 또 水-구리코올系 油壓作動油에서는, 水分이 증발

하면 粘度가 增加하므로, 定期的으로 水分을 補給할 需要가 있다. 이 경우 사용하는 물은, 이온交換水, 蒸溜水, 또는 보일러의 凝縮水 이어야 될 것이다.

(4) 全酸價

全酸價는 劣化정도를 알기 위한 바로메이터로 되는 것이다. 따라서 管理基準値는 갑자기 酸化劣化가 進行될 때까지의 값으로 設定해야 될 것이다.

이 全酸價는 油壓作動油에 사용되는 첨가제의 종류와 量에 依하여 다르게 되므로, 일률적으로 결정 할수는 없다.

(5) 予備알카리度 PH

水-구리코올系油壓作動液에서는, 금속의 부식을 방지하기 위하여 첨가제를 配合하여 알카리側에 키이프(Keep) 하고 있다.

예비알카리度는 氣相防鏽劑의 含有量의 減少정도를 알기 위한 바로메이터이고, PH는 알카리水酸化物의 減少정도를 나타내는 바로메이터이다. 減少정도에 依하여 첨가제를 補給할 需要가 있다.

表6은, 各種 油壓作動油에 대한 一般的인 管理試驗項目이다.

表6 油壓作動油의 管理試驗項目

試驗項目	油壓作動油			
	石油系	水-구리 코올系	임산에스 테르系	O/W에 필른系
動粘度 (40℃)	●	●	●	
全酸價	●		●	
PH		●		●
予備알카리度		●		
水分	●	●	●	
협잡물	미리보아重量法	●	●	●
	微粒子計數法	0서어보油		0서어보油
稀釋倍率(油分濃度)				●
강판부식시험				●