

金 俊  
<미창석유주식회사 영업과장>

一般石油製品에 비해 特異한 使用目的 및 特性을 갖는 電氣絶緣油는 油入電氣機器의 絶緣 및 冷却用으로 長期間에 걸쳐 使用되어 왔다.

最近에 이르러서는 電氣機器의 高電壓化, 大容量化 추세에 따라 絶緣油에 對한 要求特性도 더욱 苛酷하게 되었으며 이 要求特性을 만족시키기 爲하여 不斷한 研究와 努力이 뒤따라 現時點에서는 特高壓 및 超高壓 電氣機器의 需要에도 대응하게 되었다.

한편, 先進外國에서는 鑛油系 絶緣油와는 별도로 合成絶緣油의 開發이 활발히 進行되고 있는 실정이다.

본란에서는 現在 主種을 이루고 있는 鑛油系 電氣絶緣油가 갖는 特性 및 取扱上 留意點을 記述하고자 한다.

### 1. 電氣絶緣油의 用途

電氣絶緣는 主로 油入變壓器, 油入콘덴서, 油入케이블에 絶緣 및 冷却을 目的으로 使用된다.

### 2. 製造方法 및 原油

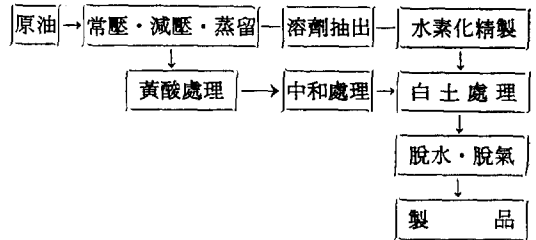
#### 가. 原油

電氣絶緣油 製造用 原油로서 Naphthene系 原油와 Paraffine系 原油로 大別할 수 있으며 電氣絶緣油의 特性과 用途에 비추어 Naphthene系 原油가 最適이나 Naphthene系 原油의 生産減小에 따라 부득이 流動點 및 耐 Corona 性的의 保完을 爲한 Paraffine系 原油가 병용되고 있다.

#### 나. 製造方法

電氣絶緣油의 製造方法으로 從來에는 黃酸處理方法(化學精製法)이 主를 이루어 왔으나 現在는 溶劑精製

表 1. 電氣絶緣油의 製造工程表



法(Furfural法, 바리솔·듀오솔法), 水素化精製法으로 變하고 있다.

### 3. 電氣絶緣油의 要求特性

電氣絶緣油의 要求特性을 油性自體의 一般的인 特性과 電氣特性을 부여한 後의 電氣的인 特性으로 分類한다.

#### 가. 一般的인 要求特性

##### 1) 酸化安定性

酸化安定性이란 電氣絶緣油의 壽命 즉 使用時間을 測定할 수 있는 重要한 特性으로서 酸化安定性이 나쁜 絶緣油는 劣化에 依한 廢油化 速度가 빠름을 의미한다.

絶緣油酸化의 主原因은 絶緣油와 空氣中の 酸素接觸이 主因이며 기타 水分, 金屬, 먼지, 日光, 他의 絶緣材料등도 影響을 미친다.

劣化過程中 生成되는 Sludge, 酸性物質等이 電氣機器의 加動에 依한 發生熱과 함께 劣化를 促進시키며 이 有機酸 等の 不純物에 依해 酸化된 絶緣油는 電氣機器에 對한 冷却性能의 減小, 電氣特性의 低下, 金屬의 腐蝕等 副作用을 일으키게 되며 結果적으로 絶緣油自體는 물론 油入電氣機器의 壽命에도 影響을 미치게

된다.

一般的으로 絶緣油의 上昇溫度 10°C 에 劣化速度는 約 2배가 된다.

2) 引火點 및 冷却性

電氣機器의 使用中 發生되는 電氣에너지의 損失熱은 絶緣油의 대류작용에 依해 冷却된다.

冷却作用의 효율적인 성과를 얻기 위해서는 低粘度의 성상이 要求되지만 低粘度油는 相對的으로 引火點이 낮아 蒸發損失이 크고 引火의 위험성을 갖는다.

낮은 粘度, 높은 引火點의 상반된 要求特性을 만족시키기 爲해서는 沸點範圍가 작을수록 좋다.

3) 腐蝕性

銅製品과 接觸된 絶緣油는 銅을 腐蝕, 黑變케하며 이 黑化物이 長期間에 걸쳐 生成, 機器性能의 減小과 함께 生成된 黑化物이 떨어져나가 사고의 원인이 되므로 腐蝕性이 없어야 한다.

4) 低流動點

電氣絶緣油는 低溫에서도 機器의 冷却 및 絶緣作用에 문제점이 없도록 流動點이 낮아야 한다.

絶緣油의 安定性은 熱에 依한 影響이 큰데 高流動點의 絶緣油나 流動點降下劑를 添加한 絶緣油는 絶緣作用 및 冷却효과가 낮다. 流動點降下劑를 添加한 絶緣油는 親水性인 添加劑의 特性에 依한 物理, 化學的인 副作用이 클을 添言해 둔다.

5) 耐 Corona 性

電氣機器에 絶緣油를 注入 使用中 電氣의 Stress를 받을 때 重合 또는 축합반응이라는 化學變化를 일으키는데 이때 生成되는 Gas(主로 水素 Gas)를 絶緣油가 흡수하지 못했을 때 油中에 空隙이 생기고 다시 이 부분에 電氣의 Stress가 加해졌을 때 局部破壞를 초來하는데 이 현상을 Corona 性이라 한다.

이 Corona 현상시 絶緣油는 發生 Gas를 신속히 흡수 분산시켜야 하는데 Naphthene 系 原油의 絶緣油는 이 發生 Gas를 吸收하나 Paraffine 系 原油의 絶緣油는 Gas 吸收가 어려운 것으로 發表되어 있다.

나. 電氣的인 要求特性

1) 絶緣破壞電壓

絶緣力의 程度 즉 電壓에 對한 抵抗力을 말하며 이 抵抗力이 커야한다. 이 特性은 油의 本質에 기인하는 것이 아니라 不純物에 依해 電壓에 對한 抵抗力이 크고 작음이 決定된다. 水分에 依한 影響이 大部分이며 기타 먼지, 섬유, 금속이 微粒子等의 影響도 무시할 수는 없다.

2) 誘電正接

電壓을 加했을 때 電氣에너지가 熱로써 喪失되는 電

表 2. 水分含量과 絶緣破壞電壓

水分含量 vol %	0	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1
絶緣破壞電壓 kv	70	31	22	16	12.5	10

力損失의 大小를 나타내는 特性으로서 絶緣油의 精製도와 水分 및 먼지等의 異物質, 劣化度, 周波數, 溫度等의 影響을 받으며 특히 水分의 增加에 따라 低下速度가 크다.

3) 體積抵抗(固有抵抗)

電壓을 絶緣油에 加했을 때 絶緣油가 通過시키는 微量의 滲洩電流에 對한 抵抗力의 크기 즉 單位體積當 電氣損失의 大小를 나타내는 特性으로서 水分의 影響을 크게 받아 油中水分 30ppm 以上에서는 抵抗力이 현저히 低下된다.

4. 電氣絶緣油의 分類

가. 콘덴사油

油入콘덴사의 誘電作用과 絶緣 및 發生熱의 冷却역활을 한다.

나. 케이בל油

高電壓의 送電케이블 內에 絶緣油를 채워 空隙이 생기지 않도록 하여 送電時 發生하는 熱의 冷却 및 絶緣역활을 한다.

다. 變壓器油, 遮斷器油

變壓器油는 鐵芯(코어)과 卷線에 發生하는 熱의 冷却 및 絶緣역활을 한다.

遮斷器油는 電氣遮斷操作의 迅速화와 Arc를 削減하며 Arc에 依한 分解카본의 沈降에 도움을 주며 冷却 및 絶緣역활을 한다.

5. 電氣絶緣油의 規格

韓國의 規格은 KSC 2301에 規定되어 1號油는 油入 콘덴사 및 油入케이블用으로, 2號油는 油入變壓器 및 油入遮斷器用으로, 3號油는 심히 추운 곳 以外의 場所에서 使用되는 油入變壓器 및 油入遮斷器用으로 分類되어 있다.

表 3에 各國의 絶緣油規格을 紹介했는데 規格의 차이에 불구하고 實在 電氣機器 製造社의 要求規格이나 絶緣油 製造社의 社規는 國家規格보다 훨씬 높다.

5. 電氣絶緣油의 保守管理

가. 電氣絶緣油保管 및 注入時

表 3. 各國의 絶縁油規格

規格 試驗項目	ASTM D1040	WEMCOC	JIS C2320	BS 148	CSA C50	IEC-296	
						class I	class II
比重 15.56/15.56°C	0.84~0.91	0.898 以下	(15.4°C) 0.92 以下		0.906 以下		
密度 20°C				0.895 以下		0.891 以下	0.895 以下
引火點 COC °C	146 以上	145 以上			146 以上	140 以上	130 以上
PM °C			130 以上	140 以上			
色	1 以下	0.5 以下			1 以下		
粘度 sus 0°C	320 以下	320 以下					
37.8°C	65 以下	62 以下					
cst -40°C					6,000 以下		1,800 以下
-30°C				800 以下		800 以下	
-15°C					75 以下		
0°C							
20°C			(30°C) 23 以下	40 以下		40 以下	25 以下
40°C			(75°C) 55 以下		10 以下		
流動點 °C	-40 以下	-45.6 以下	-27.5 以下	-21 以下	-46 以下	-30 以下	-45 以下
全酸價 mgKOH/g	0.05 以下	0.03 以下	0.02 以下	0.03 以下	0.03 以下	0.03 以下	0.03 以下
界面張力 dyn/cm	40 以上	40 以上			35 以上		
腐蝕 140°C×1pHr	非腐蝕性	非腐蝕性	非腐蝕性	非腐蝕性	非腐蝕性	非腐蝕性	非腐蝕性
絶縁破壊電壓 kv/2.5mm	30 以上	30 以上	30 以上	30 以上	30 以上	30 以上	30 以上
誘電正接 25°C		0.05 以下					
90°C			(80°C) 0.1 以下	0.5 以下		0.5 以下	0.5 以下
100°C	0.5 以下				0.5 以下		
水分 ppm	35 以下	35 以下		35 以下			
酸化安定度 140°C ×24Hr	sludge Wt % 0.06以下						
95°C, 15dynl cm이 되는 時分		100 以上					
110°C×24Hr					Sludge Wt% 없음 全酸價 0.15 以下 界面張力 20 以上		
100°C×164Hr				sludge Wt% 0.1 全酸價 0.4		0.1	0.1
120°C×75Hr			Sludge Wt% 0.4 以下 全酸價 0.6 以下			0.4	0.4

電氣絶縁油의 重要特性中의 하나인 電氣特性은 油本質보다 水分 및 不純物의 影響이 小하므로 거의 大部分의 경우 不良容器 및 容器保管時 不注意 油注入時의 不注意로 電氣特性을 현저히 低下시키게 된다.

大氣습도 80% 以上에서는 絶縁油製造까지 中斷되는 點을 감안할 때 水分의 影響이 電氣特性에 미치는 點

은 絶對라고 하여도 과언이 아니다.

容器保管時 Drum의 호흡현상에 依한 水分吸入에 留意하여 露天保管은 避해야 한다. 건조한 處에 貯留시켜서 保管하여야 하며 容器로부터 機器에 絶縁油를 注入할 때 水分은 물론 微細한 夾雜物과 먼지까지도 混입되지 않도록 注意해야 한다.

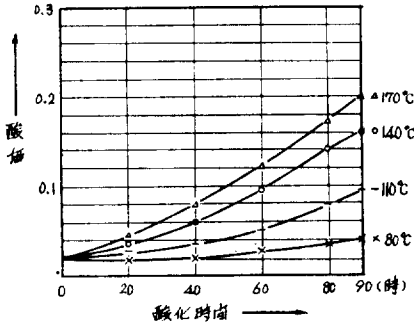


그림 1. 溫度에 의한 酸化變化

更油時는 新油로 機器內部를 充分히 세척한 후 注入해야 한다.

나. 電氣機器使用時 溫度管理

一般的으로 電氣機器의 絕緣物溫度 95°C 油溫 90°C 以下가 유지되어야 한다. 過負荷에 注意해야 하며 냉각장치의 효율적인 성능발휘를 도와야 한다.

그림 1에 依한바와 같이 熱에 依한 影響이 絕緣物劣化促進은 물론 機器의 壽命과도 관계되는 點을 留意해야 한다.

다. 絕緣油의 更油

絕緣油의 更油基準으로 絕緣破壞電壓, 體積抵抗率, 全酸價等を 定期的으로 점검하여 판단하며, 日常管理時 色상의 심한 變化 機器의 異常溫度上昇時는 一斷 注意할 必要가 있다.

1) 絕緣破壞電壓(kv · 25mm)

一般的으로 絕緣破壞電壓 25kv 以上은 良好하며 20kv는 유지 되어야 한다. 15kv 以下는 更油한다.

全酸價가 更油基準 以上일 경우 耐壓上昇을 爲한 濾過作業은 효과적이다. 但, 電氣特性 試驗에 共通되는 사항이지만 耐壓測定 試驗時 試料채취 및 試驗時 다음과 같은 點에 充分한 注意를 하지 않으면 안된다.

시료채취시는 적은 양의 不純物 혼입으로도 測定값에 현저한 차이가 나므로 먼지 등이 혼입되지 않도록 세심한 注意를 要하며 微量水分에 依한 影響이 크기 때문에 상대습도 80% 以上인 경우 시료채취를 급하고 있으며 주위의 溫度보다 낮은 溫度의 試料를 채취하면 空氣中の 습기가 응축되어 電氣特性이 낮아진다.

Drum 또는 罐筒中の 시료채취 경우는 8시간 以上 정치한 후 채취하며 시료채취기는 充分히 試料로서 세척한 후 使用한다.

試料試驗時는 試料의 溫度에 依한 測定수치 變化가 있으므로 油溫 15°C에서 測定하며 試料中の 기포가 자연히 없어질 때까지 정치한후 試料가 진동을 받지않은 상황에서 1초당 3000v씩 계속승압되도록 조작한다.

5회를 試驗하여 첫회 측정값은 공백시험으로 하며 4회의 측정수치를 平均하여 판단한다. 반복시험 중 生 成되는 不純物은 自然적으로 가라앉힌 후 시험한다.

2) 全酸價(mg/KOH/g)

全酸價 0.2以下는 良好하나 0.2~0.4는 更油의 基準이 된다. 0.4 以上은 必히 更油하여야 한다.

3) 體積抵抗率(Ωcm · 80°C)

體積抵抗率(固有抵抗) 1 × 10<sup>13</sup>Ω 以上은 良好하며 1 × 10<sup>11</sup>~10<sup>12</sup>Ω은 注意를 要하며 1 × 10<sup>10</sup>Ω 以下는 更油한다.

<p. 33의 계속>

望的으로 開發되어 간다.

原子力의 境遇도 原子爐壓力容器 蒸氣發生器 加壓器 等의 主機器類를 包含 補助設備類의 國産化에 意欲的으로 參與하고 있다. 勿論 이와 並行하여 國內 技術用 役會社 또한 開發에 着手 이미 이 分野의 技術會社가 發足되어 技術 蓄積을 하고 있다. 멀지않은 將來에 100% 國産化가 이루어지리라 믿지만 現在는 汽力을 包含 機資材 國産化率이 50% 程度이다. 先進技術提携 線의 活用과 既 蓄積된 技術人力과 經驗을 土臺로 멀지않은 時期에 우리의 技術이 輸出市場으로 向하게 될

것으로 본다. 關聯 設計 Engineering技術과 製作業體의 不斷한 研究와 政府 및 研究機關의 誠意있는 支援策이 合心하여 早速히 建設費 節減과 自給力이 增大되어야 하겠다. 2,000년까지의 政府長期電源開發計劃에 따른 新規 發電設備 建設에 對하여는 Step by Step式으로 빈틈없이 進陞되겠지만 政府의 積極的인 支援과 關聯製作業體의 誠意있는 努力만이 先進技術의 早期國內 土着化를 可能케 하리라 믿는다.

끝으로 會誌 紙面을 割愛하여 주신데 對해 眞心으로 感謝드립니다.