

廢電氣絶緣油의 精製法에 関한 研究

金 柱 恒

한전유화공업(주)

(접수: 1985. 7.30)

A Study for Treatment of Used Electrical Insulating Oil

Ju Hang Kim

Han Jun Petrochemical Mfg, Co., Ltd.

(Received: July 30, 1985)

요 약

중전 황산처리 정제방법에 의해 재생된 정제유의 난점인 동판부식이나 재생유만이 갖는 특유의 악취를 본연구를 통하여 해결하였다.

ABSTRACT

Processes such as vacuum distillation, mixed solvent extraction, neutralization and clay treatment were used to refine an electrical insulating oil. The improved reused oil showed an excellent copper corrosion resistance and gave a better odor than that of oil refined from the conventional acid treatment method.

I. 序 論

廢油의 再生方法에 関해서는 이미 오래前부터 實施되 왔고 現在도 계속 研究가 進行되고 있다.

특히나 1978年 二次石油 波動 以后부터는 省 Energy⁽¹⁾라고 하는 觀点에서 볼때 世界的으로 더욱더 関心이 高潮되고 있는 部分이며, 廢油의 再利用은 資源再生의 意味⁽²⁾로 賦存資源에 關係 없이 매우 重要한 課題를 갖고있다.

이미 한 事例로서는 西獨의 경우 廢油處理法⁽³⁾

(Gesetz Über Massnahmen Zur Sicherung der Alt-Ölbeseitigung. 1978)에 依해 大規模의 施設에 對해서는 政府支援육성으로 基金과 補助 金을 지금 장려하고 있고 이에 연관되어 歐州各 國도 稅制面을 포함한 國家補助가 行하여지고 있다는 事實로 重要性을 인식할수 있다.

따라 가까운 日本國인 경우를 살펴보면 이미 廢油의 再生은 지금부터 50年前부터 研究가 進行되며 한때나마 그나라에 지대한 공헌을 한적 도 있었다.⁽⁴⁾

그러나 昨今에 이르러 問題가 대두되고 있는

것은 우리나라와 마찬가지로 從來의 廢油再生方法에 있어서는 化學的處理方法으로부터 排出되는 最終廢棄物인 Pitch나 酸Sludge 등의 固形物은 環境오염에 커다란 門題點⁽³⁾을 야기시키고 있을뿐만이 아니라 酸Sludge라고 하는 廢棄物을 燒却시킴에는 여러가지 經濟性이 대두되고 있다⁽²⁾ 특히나 廢油의 再生에 關於 研究는 많은 Process가 開發^(4,5)되고 있지만 小規模工場建設에 있어서 採算性은 尙當하지 못해 實用化가 死藏되는경우가 많았다.

이뿐만이 아니라 널리알려져 있고 손쉽게 精製할수 있는 從來의 黃酸處理法으로부터 再生된 製品에 있어서는 제반規格에 尙當하지 못한點이 많았으며 이中 再生油만이 갖는 特有의 臭氣는 거의 제거가 불가능하였으며 使用油로부터 熱的變化로 노화된 有無機酸은 金屬을 부식시키는 難題等을 갖고 있었다.

本論考者는 이러한 結論은 排除한 새로운 工程을 研究調査한 結果를 여기에 報告하는 바이다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗材料 및 處理

供試料는 韓國工業規格(KS C 2301) 2号 및 3号 相當의 鉸油系 電氣絶緣油^(6,7)을 一定한 期間 使用한后 廢棄처분한 使用油를 市中으로부터 牧去하여 一定한 容器에 數種分離貯藏시킨后 이들이 가운데 내포되어 있는 水分을 分離시켜 Random Sampling⁽⁸⁾하여 原料油로 使用하였다.

副資材로서는 石油系炭化水素溶媒⁽⁹⁾로서는 Petroleum ether, Toluene, MEK 등을, Ketone系 溶媒⁽¹⁰⁾로서는 주로 C₂H₆O를, 이밖에 NaOH,

Active Carbon, Active Clay를 使用하였다.

이들의 處理方式은 一次減壓蒸溜試驗裝置를 裝作組立實施⁽¹¹⁾하였으며 Distillation Column의 理論段數는 1段으로 Condensor에 眞空Pump를 연결 減壓을 10mmHg로 하였고 N₂를 通過시켜 裝置內의 壓力을 一定하게 유지시켰다.

減壓蒸溜工程으로부터 230℃로 Cut되고 Flash된 Oil을 二次工程 原料油로하여 室溫에서 各其 다른 溶媒로 各各 1 : 1로 配分 同히 RPM 20~30으로 20分間 교반시킨다음 沸點範圍보다 10℃ 낮은 溫度에서 24時放置시킨后 Atmospheric Distillation을 實施⁽¹²⁾各其 달리 試驗 制限한 溶媒의 沸點範圍에서 Cut, 溶液中에 포함되어있는 不純物을 抽出하였다. Solvent Extraction이 完了된 殘渣油는 미량의 溶媒를 回收하고 Extracted Oil을 70℃로 加熱하고 여기에 10% Sol'n NaOH 5%를 treated, 80±1℃로 조절된 dry oven에서 12時間 放置한다음 경사법에 依해 상등액만을 取해 60℃에서 Active Carbon Bleaching하고 105℃에서 Cut, 즉시 濾過하였다.

2. 試驗方法

2-1 一般成分

試料中의 比重^(13,14,15), 粘度^(16,17), 流動點 및 閃點⁽¹⁸⁾, 引火點⁽¹⁹⁾, 反應⁽²⁰⁾, 銅板腐蝕⁽²¹⁾, 安定度⁽²²⁾ 絶緣破壞電壓⁽²³⁾, Petane 및 Benzene 不溶分⁽²⁵⁾ 硫黃分⁽²⁵⁾, Water Content⁽²⁶⁾, 色⁽²⁷⁾, 굴절율⁽²⁸⁾ 等은 KS 및 ASTM Code에 準하여 分析하였다.

2-2 體積抵抗率⁽²³⁾

試驗前에 試驗하고자하는 試料로 電極과 試驗 容器를 3회 깨끗이 씻은후 새로운 試料를 씻

은 容器에 넣고 電極사이의 Cap 1mm에 約 250 V의 直流電圧을 加해 直偏法에 依해서 1分間 充填한다음 測定값으로 부터 算出하였고 体積抵抗率의 測定을 $80 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 施行測定하였다.

2-3 全酸價⁶⁾

試料約 50g을 0.01g의 精밀도로 重量을 재어 250ml △각 Flask에 넣어 이것을 toluene 3容, ethyle alcohol 2容의 混合液 100ml를 加하여 잘混合 溶解시킨后 1~3 ml의 alkali blue 6 B의 alcohol溶液을 指示藥으로 하여 0.1N KOH 溶液으로 適定하였다. 液의빛이 보라에서 자주로 變化하여 15초동안 빛을 유지할수가 있을때를 適定の 終点으로하여 空試驗을 施行 測定하였다.

$$\text{全酸價} = \frac{56.1 \times NV}{W} \text{ (mg KOH/g)}$$

W : 試料의 重量 (g)

N : KOH溶液의 規定度

V : 空試驗分을 要 소오KOH 容量의 量 (ml)

KS表示工場으로부터 生産되고있는 各已다른 3社의 KS表示商品(KS C 2301의 2号 및 3号)을 市中으로 부터 구입하여 이 物品을 限度見本으로 定하고 서로 各已다른 5人이 檢査함에 試料를 $70 \pm 1^\circ\text{C}$ 加熱維持된 狀態와 室温狀態에서 各各 1回씩 官能檢査로 比較施行 하였다.

관정의 区分을 定하기 爲하여 5人全人이 악취가 有하다면 "Bad"로, 5人中 2人以上 臭氣가 있다면 "Poor"로, 5人 全人이 限度見本과 臭氣가 同一하다고 하면 "Good"로하여 判定하였다.

2-5 Solvent Extraction

裝置와 試驗方法은 韓國工業規格(KS M 2031-80)에 準하여 施行하였다.

2-6 減圧蒸溜

減圧蒸溜는 "Fig 1"과 같은 減圧蒸溜試驗 裝置를 裝作組로⁽¹¹⁾ 實施하였고 distillation column의 理論段數는 1段으로 Condenser에 眞空 Pump를 연결하여 減壓을 유지 처리함과 同時에 N_2 를 通過시켜 裝置内の 壓力을 一定하게 유지하였다.

또한 試料油는 light base⁽²⁹⁾ 이므로 因하여 Vaporizing되는 gas를 凝縮시키기 爲하여 恒溫槽의 물을 30°C 以下로 유지시키면서 循環 Pump로 循環시켰고 이의 모든 蒸溜試驗은 10mm Hg에서 施行하였다.

2-7 環分析(Carbon Type Analysis)^(30,31)

環分析에 있어서는 Kurtz^(30,31,32)氏에 依한 分析定量方法으로 "Fig 2"와 같은 三角函表를 使用하였으며 環分析을 하기爲하여 屈折点(Refractivity Intercept)^(30,31,32) 粘度比重恒數(Viscosity Gravity Constant)^(30,31,32,33)는 다음式에 依하여 算出하였다.

Refractivity Intercept^(30,31,32)

$$\begin{aligned} R \cdot I &= n_d^{20} - 1/2 d_d^{20} \\ &= n_d^{20} - 1/2 (G - 0.037) \end{aligned}$$

但 $G > 0.85$ 일때

Viscosity Gravity Constant^(30,31,32,33)

$$\begin{aligned} V \cdot G \cdot C &= \frac{G - 0.24 - 0.022 \log(V_1 - 35.5)}{0.755} \\ &= \frac{10G - 1.0752 \log(V_2 - 38)}{10 - \log(V_2 - 38)} \end{aligned}$$

n_d^{20} ……20°C에 있어서의 屈折率

d_d^{20} ……20°C에 있어서의 比重

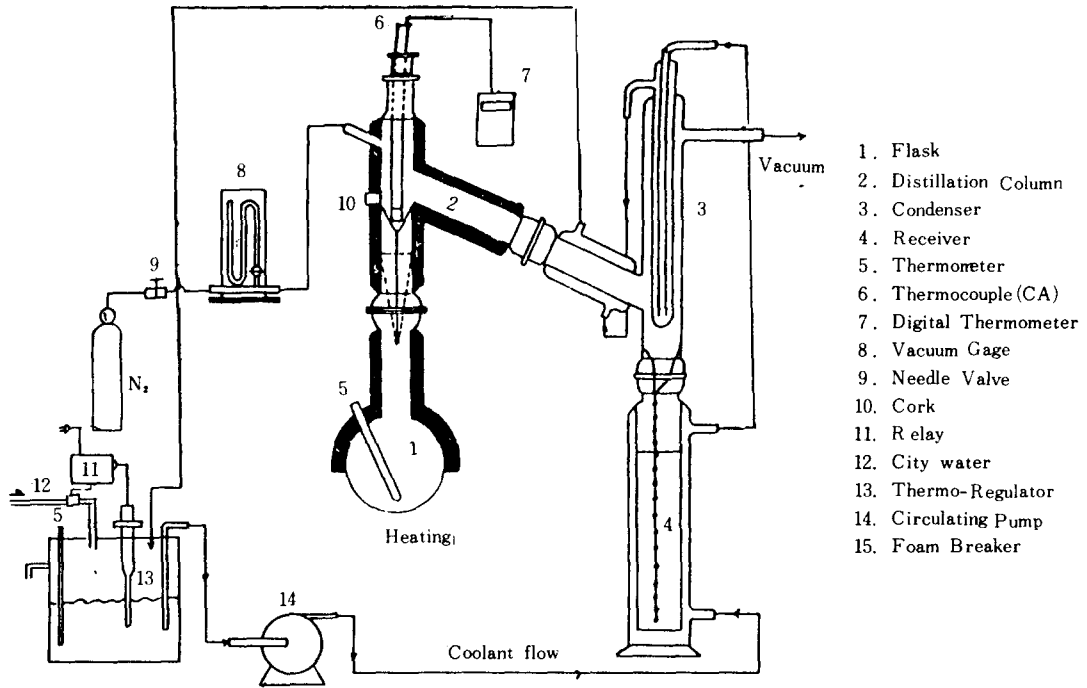


Fig. 1. Assembly of Vacuum Distillation Apparatus.

G60 / 60° F때의 比重
 V₁.....98.9℃에 있어서의 Saybolt universal
 Viscosity, sec
 V₂.....37.8℃에 있어서의 Saybolt univer-
 sal Viscosity, sec

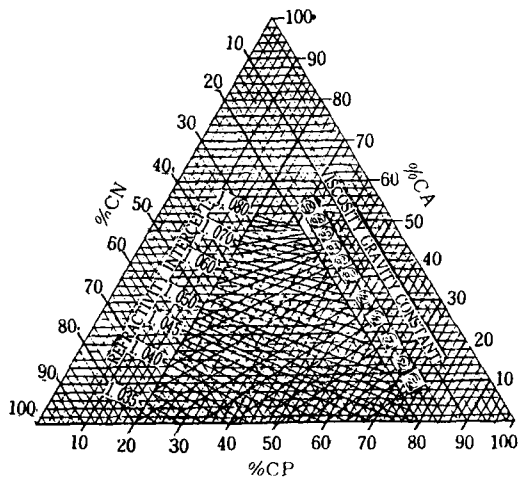


Fig. 2. 環分析 三角圖表

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 原料油의 分析

使用油의 收去는 標準化함에 여러가지 問題
 點⁽³⁴⁾들이 많아 收去方法이 比較的 惡條件이 隨
 伴될것을 豫測하여 加급적 効果의이고 實用化
 할수있는 方案에 力點을 두고 1次 外觀적(C-
 olor中心≒Dark)으로 不良하다고 생각된 廢油
 를 收去하여 分析한 成績은 “表1”과 같다.

變壓器및 開閉器等에 利用되고 있는 電氣絕
 緣油는 絶緣性이 큰것이 要求되며 破壞電壓은
 絶緣油의 外的絶緣性이 큰것이 要求되며 破壞
 電壓은 絶緣油의 外的 絶緣性 即 油의 化學
 的成分과는 別途로 水分, 먼지, 澱유等の 微少
 夾雜物에 依한 絶緣力을 試驗하는 것이 主目的
 임에 對해 低抗率은 油自體의 絶緣力을 나타내
 는 것이다.

따라서 絶緣油의 低抗率이라고 함은 絶緣油에 一定한 直流電壓을 加할때 미약한 電流가 흐른다. 이것이 油中の 溶解水分, 溶解gas 및 有機酸 酸化生成物 等 때문에 Oil이 劣化 됨으로^{1,35)} 本廢油의 Spec이 모두 惡條件의 性狀으로 나타내 주고 있어 再生調查研究에 供試料로서 實用化에 적결될수있는 良好한 使用油의 선택 結果라 하겠다.

Table 1. Specification for Used Electrical Insulating oils

Test Item	Result
Spec Gr, 15/4 °C	0.8945~0.9001
Viscosity, @ 33°C, cst	13.50~14.50
@ 40°C, cst	10.63~11.00
@ 75°C, cst	4.20~4.80
Color, ASTM	7.5~Dark
Smell, Sensualism	Bad
Flash point, coc °C	140~150
Pour point, °C	-25.0~-30.0
Sulfur content, wt%, max	0.08~0.120
Water content, ppm, max	1.200
Dielectric strength, KV, 2.5mm, max	5
Insolubles, max @ Bentane, wt%	0.084
@ Benzene, wt%	0.060
Corrosion to copper strip, 100 °C × 3 hr	20
Acid Value, mg KOH/g	0.28~0.40

2. 減壓蒸溜

變壓器의 큰 負荷로 말미암아 油의 溫度가 上昇되고 이로 因한 熱作用과 더불어 變壓器內의 金屬銅이 酸化促進의 触媒로 作用하여 發生된 炭素微粒子^{1,36)}를 濾過나 또는 clay treatment, 沈降法으로는 分離除去가 거의 不可能하여 이를 蒸溜工程²⁾으로 除去分離 하고자 本試驗을 實施한 結果 이에따른 試驗成績은 “表2”와 같다.

Table 2. Typical Properties of Vacuum Flash Oils

Test Item	Result
Spec Gr, 15/4°C	0.8952
Viscosity, @ 30°C, cst	11.88
@ 75°C, cst	4.62
Color, ASTM	3
Smell, Sensualism	Bad
Flash Point, coc°C	145
Pour Point, °C	-27.5
Sulfur Content, Wt%	0.075
Dielectric Strength, KV, 2.5mm	20
Corrosion to Copper Strip, 100°C × 3hr	1a
Acid Value, mg KOH/g	0.17
Insolubles, @ Pentane, Wt%	0.010
@ Benzene, Wt%	0.002

本試驗은 表1의 供試料를 數拾回에 걸쳐 반복 試驗한 溜出量은 99.0~95.5%에 達하였으며 이때 平均溜出 溫度는 250~260°C였고 Cracking은 全然 發生하지 않았다.

특히 本試驗에서 溜出油 20%~35%까지는 淡黃色이 나타내 주었다가 以後 溜出의 增加에 따라서 色相은 漸次 濃黃色으로 變化되었으며 硫黃分 全酸價 等の 改善을 비롯하여 油不溶性物質들은 Pentane不溶分이 平均 0.84Wt%에서 0.074Wt%가 적은 0.01Wt%로, Benzene不溶分은 0.06Wt%에서 0.058Wt% 적은 0.002로 下降되어 比較的 安定된 工程改善油를 얻을수 있어 精製度 效果에 만족한 기대를 갖일수 있었다.

3. Solvent Extraction의 效果

使用油中에 내포되있는 油不溶性 炭化水素微粒子의 除去效果를 검토하기 爲하여 溶媒로서는 石油系炭化水素溶媒와 Ketone 및 石油系 混合溶媒를 使用 試驗을 實施한 結果, 油不溶性物質

“Fig. 4”에서 보는 바와같이 混合溶媒 (Mixture) 가 가장 이상적이라고 볼수 있으나 炭化水素系 溶媒로서는 石油ether가 가장 優秀하였다.

mixture의 混合溶媒比는 Ketone 系로서는 Acetone 20Vol%, 石油系炭化水素로서는 Benzene 80Vol%를 室温에서 配合하여 다시 供試料를 40℃로 加熱 RPM 25로하여 mixture 溶媒를 供試料와 1 : 1로混合 20分間 교반한뒤 바로 抽出工程에 代인, 數拾回를 반복 實施한 結果 溜出量은 49~52Vol%에 達하였고 溶媒의 回收 溫度는 60~62℃였다. 回收된 溶媒의 色相은 淡 黃色으로서 이는 油不溶性物質을 抽出하였음이 目示法으로도 究明할수가 있었다.

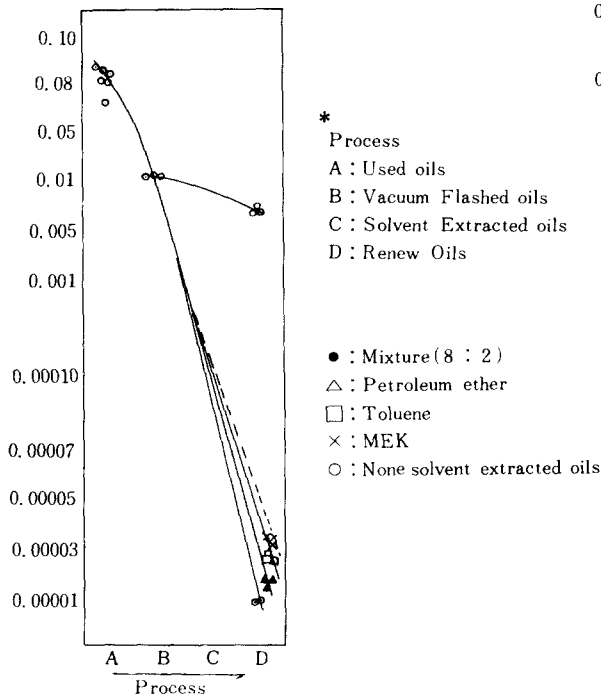


Fig. 3. Curves of Pentane Insolubles on Each Process

또한 精製油에 對한 油不溶性物質 分析結果는 溶媒抽出工程實施를 하지 않았을 경우는 Pentane의 경우 0.0075%, benzene의 경우 0.003%로 減圧蒸溜工程油에 比해 油不溶性物質의 改善은 거의 없었으며, 溶媒抽出을 實施함으로써 油不溶性物質의 降下는 石油系 炭化水素인 石油 ether의 경우는 減圧蒸溜工程油에 比해 Pentane인 경우는 平均 85%가 改善된 0.000015%였고 benzene인 경우는 平均 68%가 改善된 0.000019%로 크게向上 되었다는점이 究明됨으로 廢油再生工程改善 기대效果는 만족할수가 있었다.

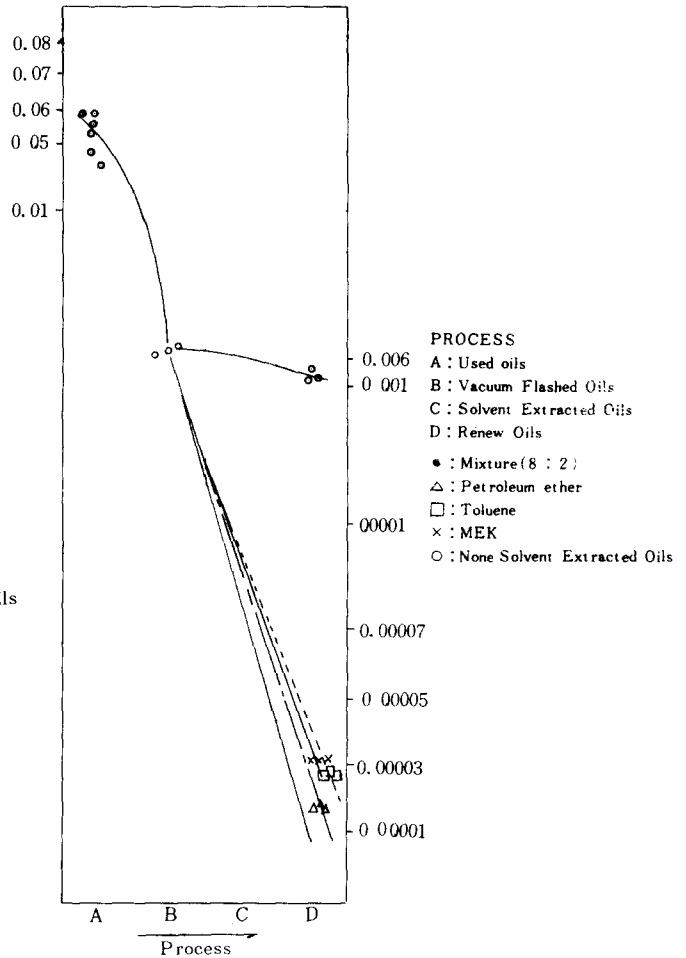


Fig. 4. Curves of Benzene Insolubles on Each Process

Table 3. Typical Properties of Solvent Extraction Oils

Test Item	Result
Spec Gr, 15-4°C	0.8949
Viscosity, @ 30°C, cst	11.54
@ 75°C, cst	4.22
Color, ASTM	2.5
Smell, Sensualism	Poor
Flash Point, coc°C	145
Pour Point, °C	-27.5
Sulfur Content, Wt%	0.025
Water Content, ppm	380
Corrosion to Copp strip, 100°C × 3 hr	1 a
Acid Value, mg KOH/g	0.087
Insolubles, @ Pentane, Wt%	*1 0.00001/*2 0.000015
@ Benylene, Wt%	*1 0.00001/*2 0.000019

* 1 : Data of Mixture
* 2. Data of Petroleum ether

4. Neutralization에 대한 영향

從來精製油가 갖는 再生油 특유의 臭氣를 탈취시키고 硫黃分, 全酸價 色相 改良 銅板腐蝕等에 미치는 영향에 대한 物性變化를 調査하기 爲하여 供試料로서는 Solvent extraction process에서 溶媒를 抽出 回收하고 殘渣油를 採하였다.

우선 neutralization을 實施하기에 앞서 供試料油를 60°C로 加熱한뒤 여기에 活性白土 5Wt%를 加하고 RPM 25로 5分間 bleaching 하면서 105°C로 cut, 즉시 濾過하여 精製油에 대한 物性調査를 實施하였다. 이때의 物性置는 "Fig 5.6"에서 보는바와 같이 硫黃分, 銅板腐蝕, 色相, 全酸價, 臭氣에 있어서는 改善點이 없었다.

따라 10Vol% Sol'n NaOH 5 Vol%를 treating后, 白土吸着精製를 實施하여 精製된 精製

油의 物性變化를 none neutralization process 精製油와 比較해본 結果 전자는 硫黃分을 비롯한 銅板腐蝕, 色相, 全酸價가 크게 品質改善이 되었으며 特히 從來再生油가 갖는 특유의 臭氣를 完全히 排除할수가 있었다.

이는 使用油中에 내포되어있는 無有機酸을 비롯하여 遊離硫黃, 元素狀硫黃, 硫化水素, 머르 캅탄³⁵⁾등을 白土吸着精製로서 除去시킨다는 것은 本 試驗結果로 미루어 보아 不可能하다는 點을 究明되었으며 이로 因해 새로운 工法의 廢油 精製法으로서는 neutralization 工法 施行이 이상 적이었다.

5. Renew oil의 品質과 結論

使用油를 再生시키기 爲한 제반 工程을 代入市 켜 얻어진 試驗分析成績은 "表 4"와 같다.

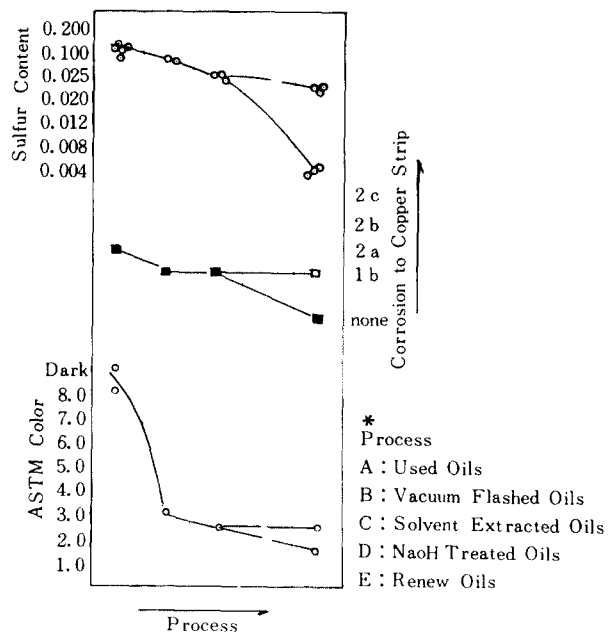


Fig. 5. Typical Curves of Sulfur Content, Corrosion to Copper Strip & ASTM Color on Each Process

Table 4. Typical Properties of Renew Oils

Test Item	Resuet Grade	
	A	B
Spec Gr, 15/4 °C	0.8940	0.8941
60/60 °F	0.8945	0.8946
20/4 °C	0.8908	0.8909
Color, ASTM	1 1/2	1 1/2
Viscosity, 30°C, cst	11.36	11.35
37.8°C sus	54.82	54.88
40°C, cst	8.40	8.43
75°C, cst	3.90	3.90
Pour Point, °C	-27.5	-27.5
Flash Point, coc. °C	145	145
Reaction	neutral	neutral
Acid Value, mg KOH/g	0.012	0.032
Corrosion to Copper Strip, 100°C × 3 hr	none	none
Sulfur Content, Wt%	0.004	0.004
Water Content, ppm	60	60
Cloud Point, °C	-25.0	-25.0
Dielectric Strength, KV, 2.5mm	41	39
Resistivity, Ω cm, 80°C	4 × 10 ¹³	4 × 10 ¹³
Stability, 120°C × 75h		
@ Sludge, %	0.22	0.25
@ Acidity, mg KOH/g	0.32	0.36
Refrative Index, N _D ²⁰	1.5019	1.5021
Refractivity Intercept	1.0565	1.0565
Carbon Type, @ CA, %	23.8	23.8
@ CN, %	23.4	23.4
@ CP, %	52.8	52.8
Viscosity Gravity Constant	0.8693	0.8693
Smell, Semsualism	Good	Good

이에 따른 絶縁油의 base를 排定해 보면 K-kurtz氏에 의한 環分析으로 定量한 結果 Carbon type이나 V. G. C값으로 볼때 国内 絶縁油의 Crude Source는 거의 naphtenic base 를 주로 선택使用되고 있음을 究明 할수가 있다.

JEEL^{137,38)}는 絶縁油 基油組成과 酸化安定性과의 關係를 檢討한바 非炭化水素 成分은 1~2 Wt%가 無添加 絶縁油로서 酸化安定性에 對한 가장 安定한 base의 組成이 되고 있음을 提

示한바 있어, 本 試驗研究로 얻어진 Renew Oil에 있어서는 非炭化水素成分이 1 Wt% 미만으로서 neutral Inhibitor의 作用에 依한 添加劑 効果³⁹⁾에 미치는 影響에 對하여서는 論할수는 없지만, HAEE WOOD⁴⁰⁾에 依한 電氣絶縁油의 飽和成分(主로 naphtenic hydrocarbon)인 경우는 高圧放電에 依해서 大量의 gas(水素, 아세치렌等)를 發生하지만 방향족 成分은 오히려 生成gas를 吸收하는 傾向이 있다고 한바, 本 R-enew oil인 경우 Carbon type中 Carbon Aromatic이나 Carbon Naphtenic이 찾아하는 P-percent는 概략 47.2% point로 미루어 볼때 鈹油系 電氣絶縁油로서 再使用함에 그品質은 良好 할것으로 示唆되는 바이다.

이밖에도 “Fig. 7”에서 보는바와 같이 精製效果 增加에따라 比重, 動粘度等の 下降을 볼수가 있으며 “Fig. 6”에 있어서 白土吸着精製의 副資材가 clay보다는 Active Carbon이 精製效果를 增進시켜 주었다는 點은(“表 4”-A Gr-

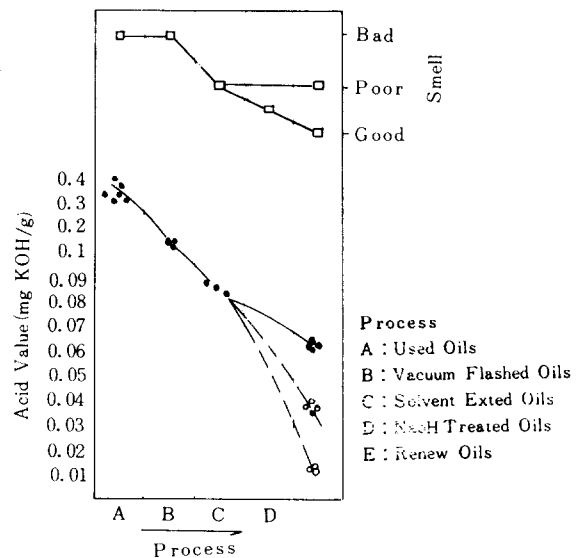


Fig. 6. Typical Curves of Smell & Acid Value on Each Process

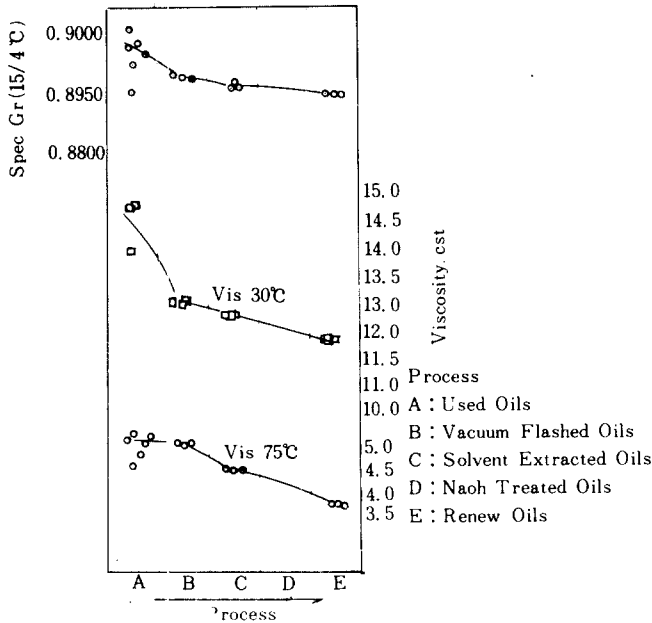


Fig. 7. Typical Curves of Spec Gr & Viscosity on Each Process

ade) K·S規格(KSC 2301)의 제반事項을 만족하게 할수있는 試驗分析 結果로서 究明되고 示唆되었다.

IV. 要 約

鎂油系 廢電氣絶緣油의 新精製法을 開發하기 爲하여 韓國工業規格 2号 및 3号相當의 油가 一定한 期間 使用된后 廢棄처분된 使用油를 市中으로부터 取去 하여 이를 供試料로하고 새로운 工法을 代入 研究檢討한바 다음과 같은 結果를 얻었다.

- (1) Process改良은 크게 나누어 減壓蒸溜, 溶劑混合抽出, 中和處理, 吸着濾過等 一聯의 工程을 代入함으로서 KS C 2301, 電氣絶緣油 2号 및 3号 제반 規格에 合當하는 再生油를 얻었다.
- (2) 減壓蒸溜를 實施하여 廢油中에 내포되 있는 微粒子 Carbon의 量을 줄일수 있었고

(3) 從來方法인 黃酸處理精製法 代身, 石油系 炭化水素溶媒나 Ketone系 混合溶媒를 使用하여 廢油中에 내포되 있는 油不溶性物質 및 矽質물을 簡單히分散, 溶解할수 있었으며

(4) 이로因한 Acid Sludge라고 하는 廢棄物은 전혀 發生되지 않았다.

(5) 從來 黃酸處理法으로 再生된 製品에 있어 가장 難點이 有은 銅板腐蝕이나 惡臭는 10% Sol'n NaOH 5Vol% treatment로 完全히 解決 수가 有었다.

(6) 全酸價의 조절效果로서는 活性炭素, (Active Carbon)가 가장 이상적이 有다.

(7) Yield는 90% 以上으로서 比較的 經濟적 가치성 有 有어 實用化가 可能하였고

(8) 鎂油系 電氣絶緣油 base뿐만이 아니라 石油系 輕質炭化水素系 潤滑base原料로서도 可能함을 示唆하였다.

参 考 文 献

- (1) 日本エネルギー經濟研究所 The Petroleum Dictionary, 石油春秋社(1979), p. 181
- (2) 渡邊 昭二, 燃料と環境, 日本燃料及 燃焼社(1979), p. 86-90
- (3) “中小企業技術實態調査報告書”(潤滑油製造業), 日本中小企業振興事業団(70-69), p. 75-76
- (4) 松井俊郎, 日本潤滑通信 No. 210, 10, p. 30-32.
- (5) 崔益綬, 潤滑油協會報, 제 3호, 4, p. 7-8
- (6) KS C 2301-80,
- (7) JIS C 2320-78
- (8) KS M 2001-80
- (9) 浅原照三, 溶劑ハンドブック, 日本(株)講

談社 (1980), p. 143

(10) 浅原照三, 溶剤ハンドブック, 日本 (株) 講談社 (1980), p. 507

(11) ASTM D 1160-73

(12) KS M 2031-80 石油製品 蒸溜試験方法

(13) KS M 2002-81

(14) KS M 2003-80

(15) ASTM D 1298-80

(16) KS M 2014-80

(17) ASTM D 88-81

(18) KS M 2016-80

(19) KS M 2010-83

(20) KS M 2012-82

(21) KS M 2018-82

(22) KS C 2101-80

(23) JIS C 2101-78 電気絶縁油試験方法, 20 絶縁破壊電圧試験

(24) KS M 2221-82

(25) KS M 2006-82

(26) KS M 2058-80

(27) ASTM D 1500-82

(28) KS M 0005-81

(29) 飯牟禮 渚. 石油製品事典, 日本産業図書 (1968), p. 26.

(30) F. S. Rostler, H. W. Sternberg Compounding Rubber with petroleum products, I.

E. C. , Vol. 41, NO. 3 (1949), p. 598

(31) S. S. Kurtz, Relationship between carbon-Type Composition, Viscosity Gravity Constant, and Refractivity Intercept of Viscous Fractions of Petroleum, Anal. Chem, Vol. 28 NO. 12 (1956), p. 1928

(32) S. S. Kurtz, Hydrocarbon Composition and Viscosity-Gravity Constant of Rubber Processing oils, I. E. C. , Vol. 48 NO. 12 (1956), p. 2232

(33) 牧 親彦 石油精製技術供覧, 新岩文化社 (1982). p. 47

(34) 山 崎 崇 日本潤滑通信 NO. 206, 6, p. 21-23

(35) 牧 親彦, 石油精製技術便覧, 新岩文化社 (1982), p. 762

(36) JISハンドブック石油, 日本規格協会 (1980), p. 1185-1190

(37) J. L. JEZL et al, : Ind. Eng. Chem, 50, (1958), p. 47

(38) J. L. JEZL et al. : power Apparatus and Systems NO. 38 (1958), p. 715

(39) 堀口 博, 潤滑油とグリース, 日本三共出版株式会社 (1974), p. 235-237.

(40) R. N. HAEEL WOOD, et al: J. Electrochem, SOO., 102 (1955), p. 170.