รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ไกรวุฒิ เกียรติโกมล และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. " การคัดเลือกเถ้าถ่านหินที่เหมาะสมสำหรับงานคอนกรีต " , รายงานการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2539 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย : (ม.ป.ท.).

ประยูร แจ้งสุทธิวรวัฒน์ และ ลิขิต ภู่เขียว. " การฟื้นฟูสภาพน้ำมันหม้อแปลง " เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่อง " การถ่ายทอดประสบการณ์และเทคโนโลยีประจำปี 2538 " เล่มที่ 3 , 21-22 ธันวาคม 2538 , การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

วิชญ์ พิพุธวัฒน์ และ สุพัตรา ภูมิวัฒน์ . " การประเมินความเสื่อมสภาพทางฉนวนของหม้อแปลงที่ใช้งานมานาน " ในเอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่อง " การถ่ายทอดประสบการณ์และเทคโนโลยีประจำปี 2538 " เล่มที่ 3 , 21-22 ธันวาคม 2538 , การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

สุพัตรา ภูมิวัฒน์ และ เพิ่มศักดิ์ ควรสถิตย์ . " การบำรุงรักษา/วิเคราะห์น้ำมันหม้อแปลง " จาก Thailand's First Chemical & Refining Plant Maintenance Conference วันที่ 26-28 ตุลาคม 2537 : (ม.ป.ท.).

ภาษาอังกฤษ

ASTM. " Electrical Insulating Oils" ASTM Publication Code Number (PCN):04-998 000-21 ISBN:0- 8031-1179-7 , 1988 .

ASTM . Annual Book of ASTM Standards , " Standard Test Method for Dissipation Factor (or Power Factor) and Relative Permittivity (Dielectric Constant) Of Electrical Insulating Liquids " , Vol. 10.03 ,1997. Designation : D 924-92.

ASTM . Annual Book of ASTM Standards , " Standard Test Method for ASTM Color of Petroleum Products (Astm Color Scale) " , Vol. 05.01 ,1996.Designation : D 1500-91.

ASTM . Annual Book of ASTM Standards , " Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration " ,Vol. 05.01 ,1996. Designation : D 974-95.

ASTM .Annual Book of ASTM Standards , " Standard Test Method for Water in Insulating Liquids (Karls Fischer Reaction Method) " , Vol. 10.03 ,1997 . Designation : D 1533-96.

ASTM . Annual Book of ASTM Standards , " Standard Test Method for Interfacial Tension of Oil Against Water By The Ring Method " , Vol. 10.03 ,1997. Designation : D 971-91.

ASTM . Annual Book of ASTM Standards , " Standard Practice for Relative Density (Specific Gravity), or Api Gravity of Crude Petroleum And Liquid Petroleum Products by Hydrometer Method " , Vol. 05.01 ,1996. Designation : D 1298-85 .(Reapproved 1990).

ASTM . Annual Book Of ASTM Standards , " Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes " , Vol. 10.03 ,1997. Designation : D 877-87 (Reapproved 1995).

ASTM . Annual Book Of ASTM Standards , " Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Oils of Petroleum Origin Using VDE Electrodes " , Vol. 10.03 ,1997 . Designation : D 1816-84a (Reapproved 1990).

Allinson J.P. . " Criteria For Quality Of Petroleum Products " Applied Science Publishers Ltd Great Britain England : 1975. ISBN 0 85334 469 8.

Baranowski L.B. . Kelly J. J., " An Update on The Reclamation of Insulation Oils " Division of S.D. Myers Incorporated : 1977 : (ม.ป.ท.).

Burmah-Castrol Industrial Limited . " Code Of Practice for Maintenance of Insulating Oil " , Revised January 1981. : (ม.ป.ท.).

The Institute of Electrical And Electronics Engineers . " IEEE Guide for The Reclamation of Insulating Oil And Criteria For Its Use" IEEE Std 637-1985 , New York , USA.

Hasnuddin Siddiqui M. K. " Bleaching Earth " Per Gamon Press, Great Britain : 1968.

Hico Products Limited : Technical Bulletin No.17020 : (ม.ป.ท , ม.ป.ป.).

Lamarre C. , Duval M. , and Crine J.-P. " Optimum Reclamation for Insulating Oils ", Doble Engineering Company : 1988 .

Mantell C.L. " Adsorption " Mc Graw-Hill Book Company, New York : 1951.

McCabe W.L. , Smith J.C. " Unit Operation of Chemical Engineering " 5 Edition , McGraw - Hill Books Co. Singapore : 1993.

Patterson H. B.W. " Bleaching and Purifying Fats and Oils Theory And Practice " American Oil Chemists ' Socicty , Champaign , Illinois , U.S.A. : 1992 .

Tomshaw J. , Padula J. " Fly Ash as A Reclamation Agent For Used Insulating Oils " Doble Engineering Company : 1977 .

ภาคผนวก

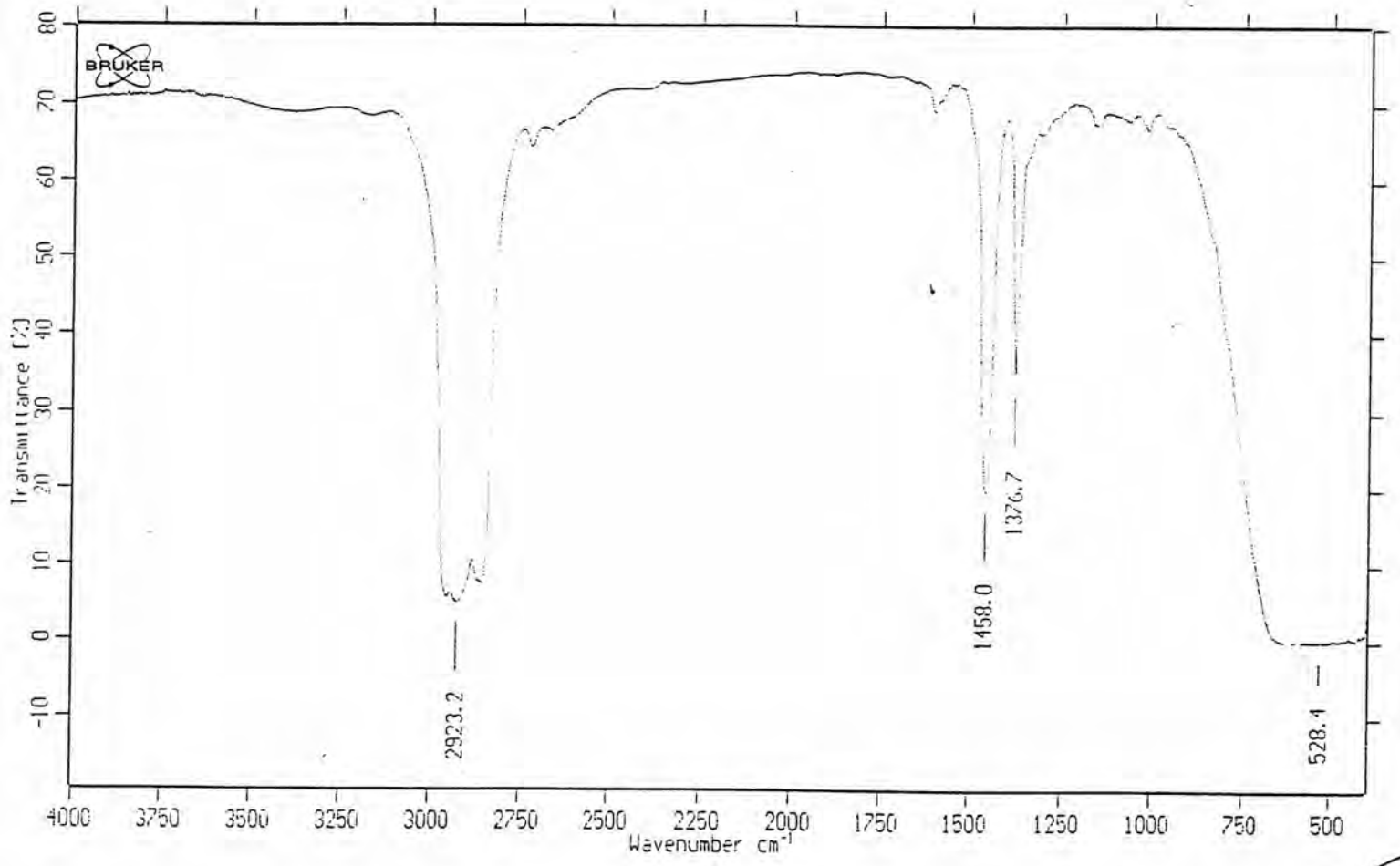
ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

รูปที่ ก 1

อินฟราเรด สเปคตรัม ของน้ำมันหม้อแปลงใหม่ (SW 358)

Department of Science Service



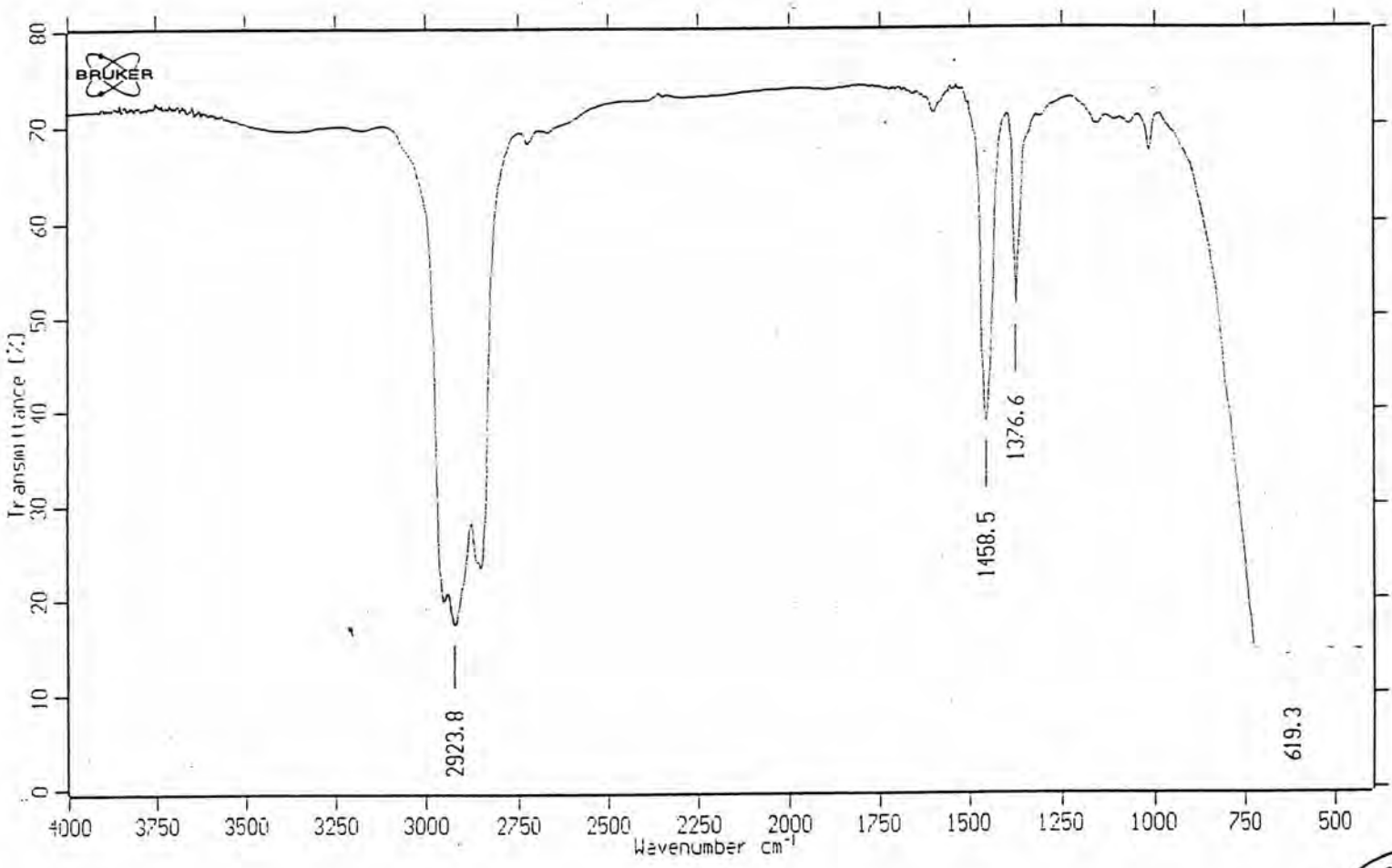
Sample : NEW TRANSFORMER OIL (SW 358)		Measured on : 3/ 9/1996
Technique : OIL	Resolution : 4.0	Instrument : IFS28 , Sample Scans : 12
Operator : NUALTHIP	File Name: MIR.486	Path Name:D:\OPUS\MEAS

กรมวิทยาศาสตรบริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

รูปที่ ก 2

อินฟราเรดสเปคตรัมของน้ำมันหม้อแปลงเก่า (KT 1B)

Department of Science Service



Sample : KT1B (SW 360)		Measured on : 3/ 9/1996
Technique : OIL	Resolution : 4.0	Instrument : IFS28 , Sample Scans : 12
Operator : NUALTHIP	File Name: MIR.489	Path Name: D:\OPUS\MEAS

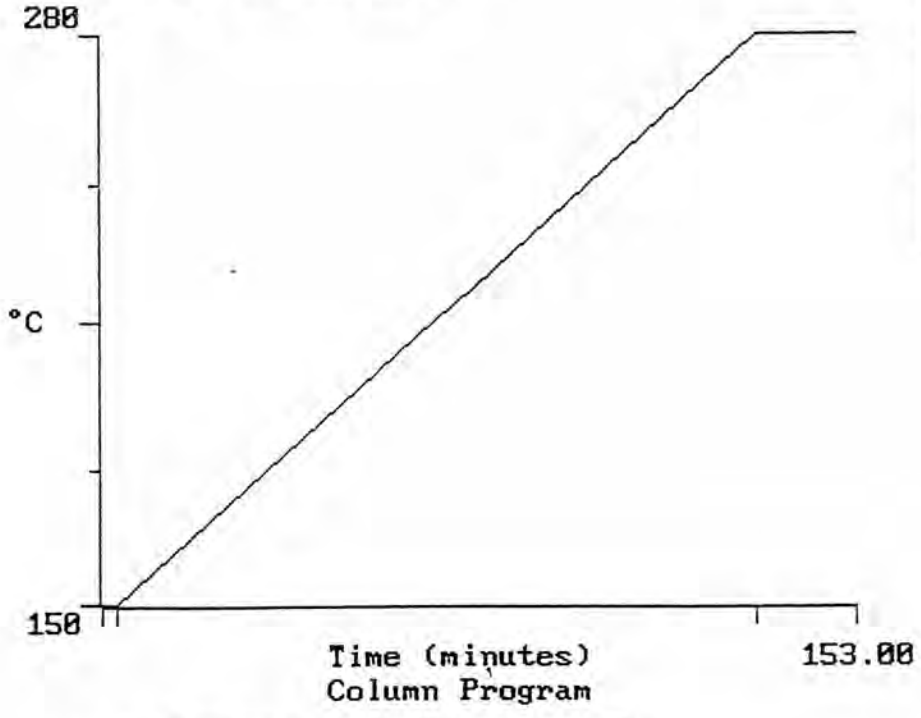
กรมวิทยาศาสตรบริการ DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE

รูปที่ ก 3

GC-MS โครมาโตแกรม และ สเปคตรัม น้ำมันหม้อแปลงใหม่ (NEW)

■ File Control Segment Parameters Configuration Exit

GC Method: METHODS\KTIM



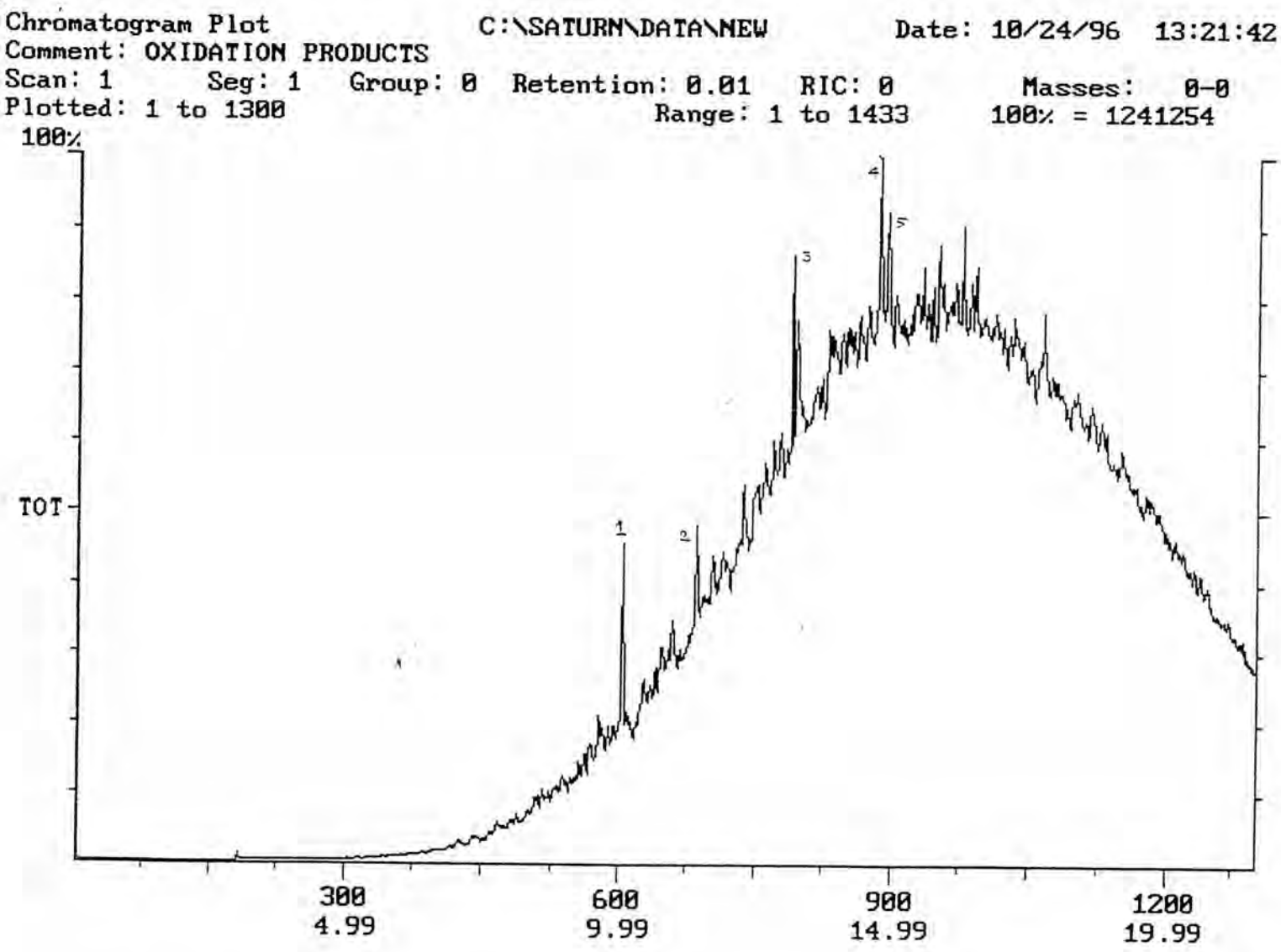
Seg	Temp	Rate	Time	Total
1	150	0.0	3.00	3.00
2	280	1.0	130.00	133.00
3	280	0.0	20.00	153.00

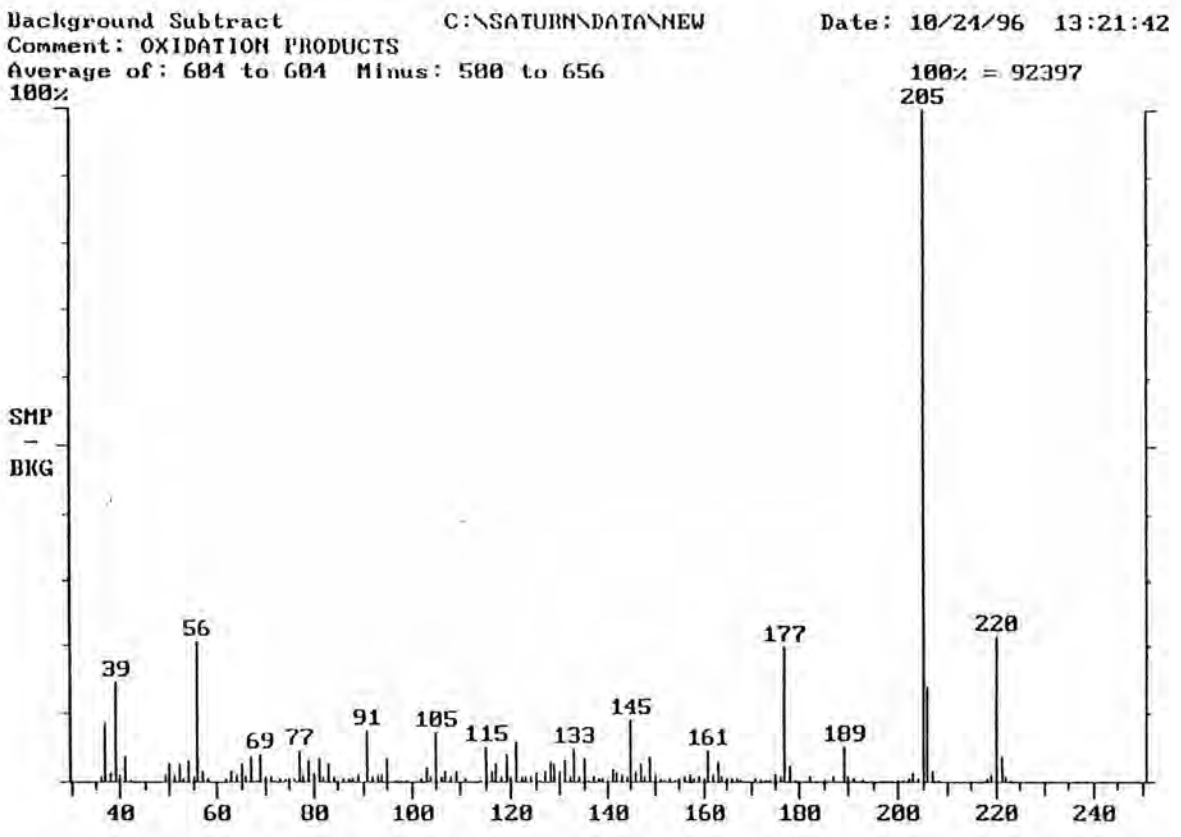
Column Program

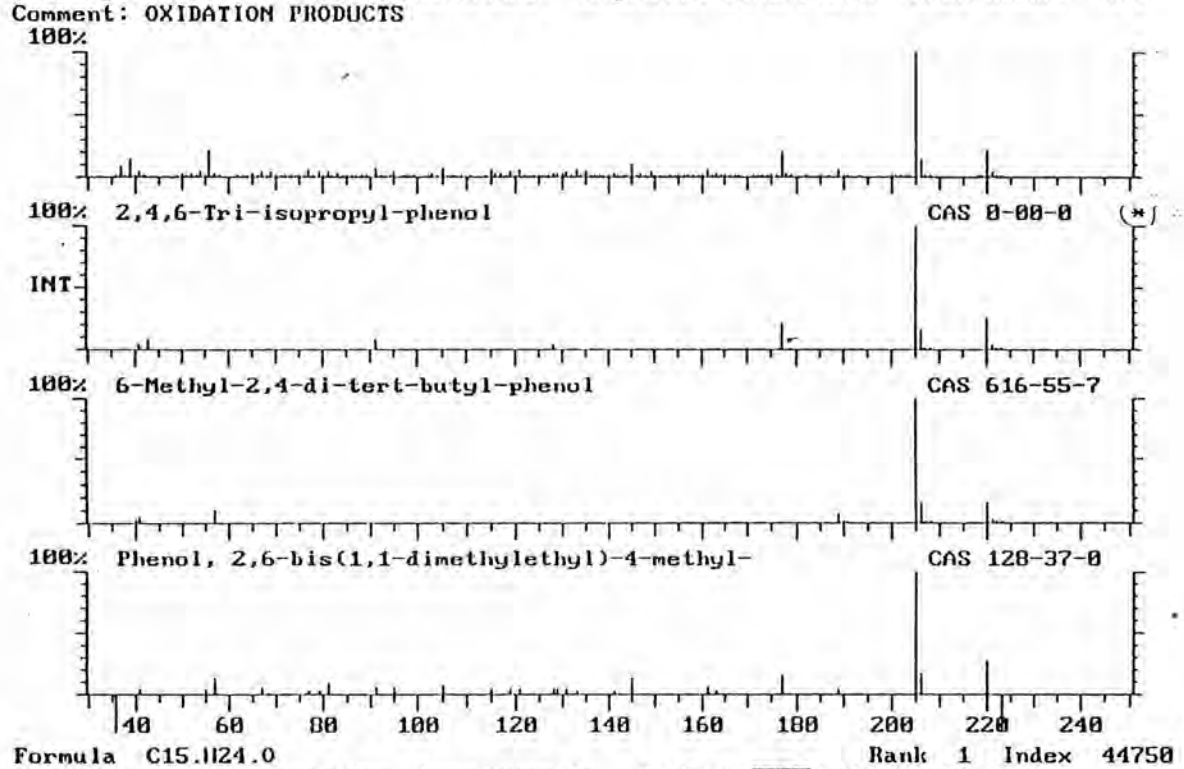
Start	150 °C	Event 1	
End	150 °C	Event 2	
Time	3.00 min	Event 3	
Rate	0.0 °C/min	Event 4	

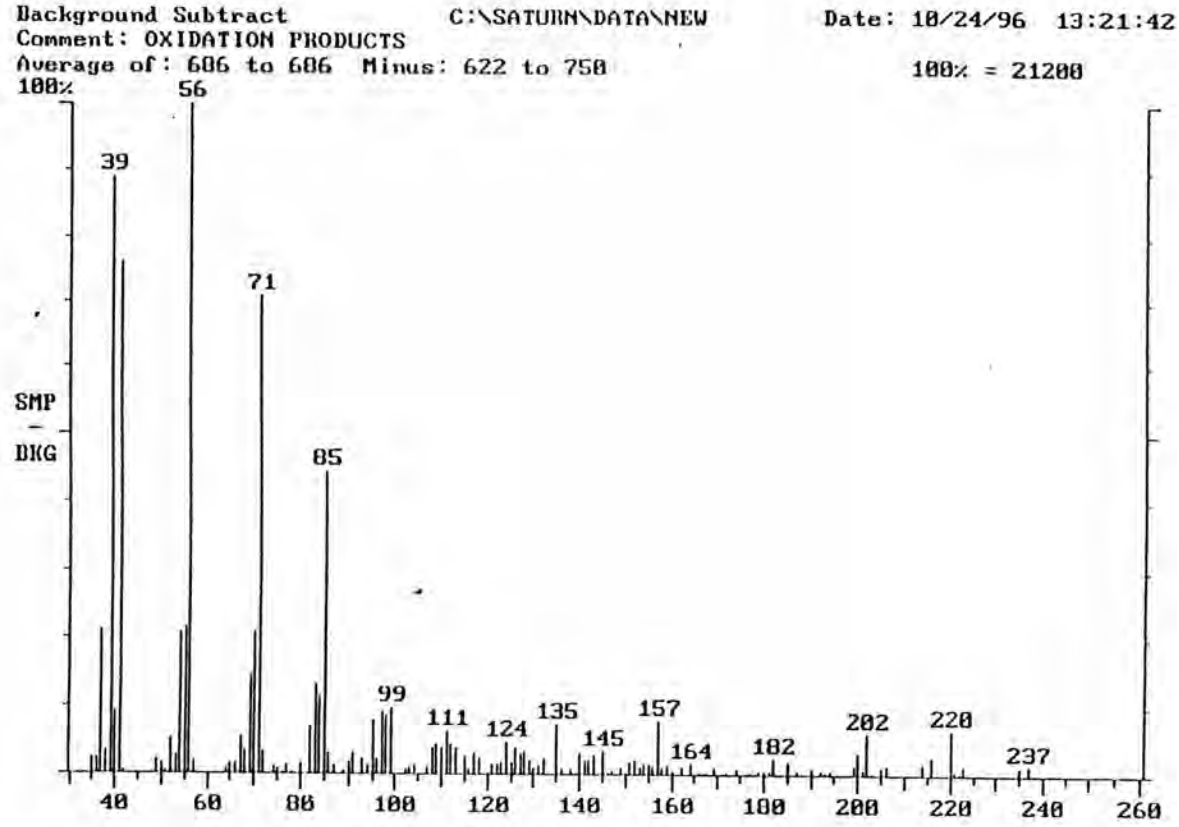
1077

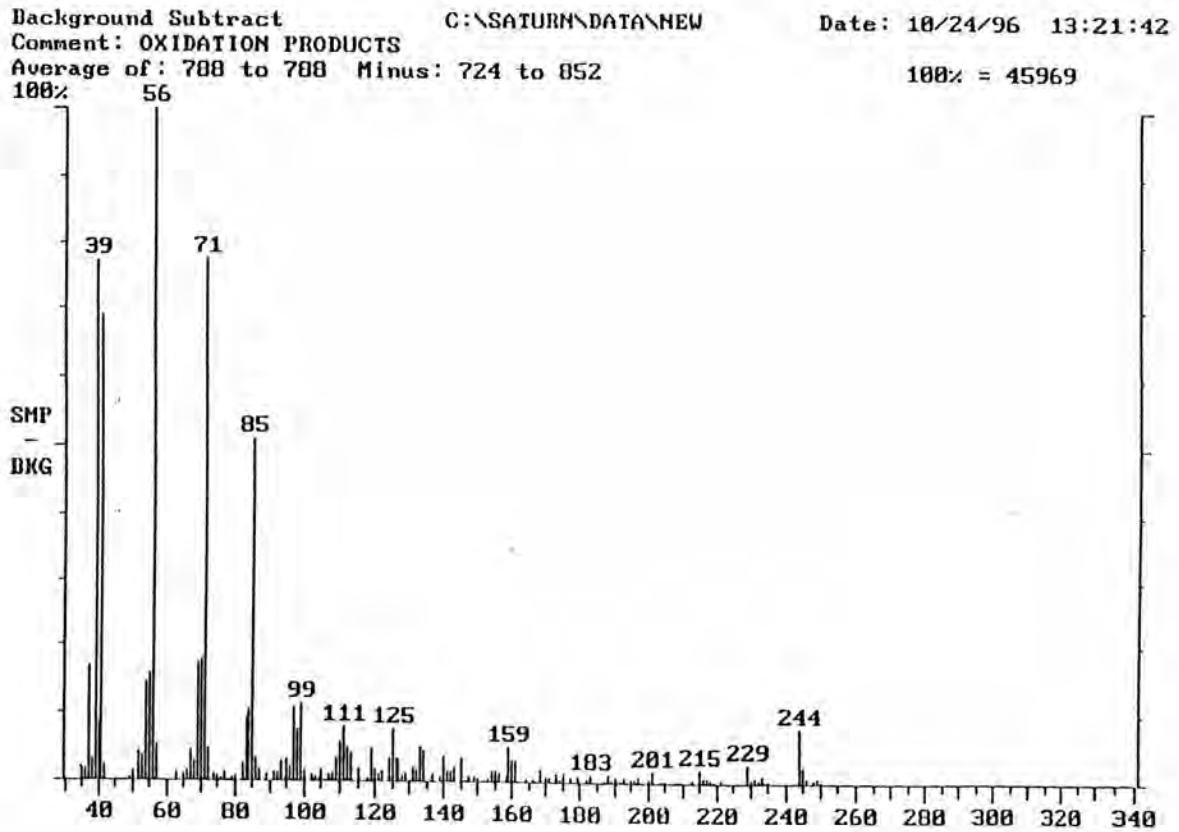
	Column	Injector	Xfer Line	Detector
Set	150 °C	100 °C	250 °C	250 °C
Actual	50 °C	50 °C	230 °C	150 °C

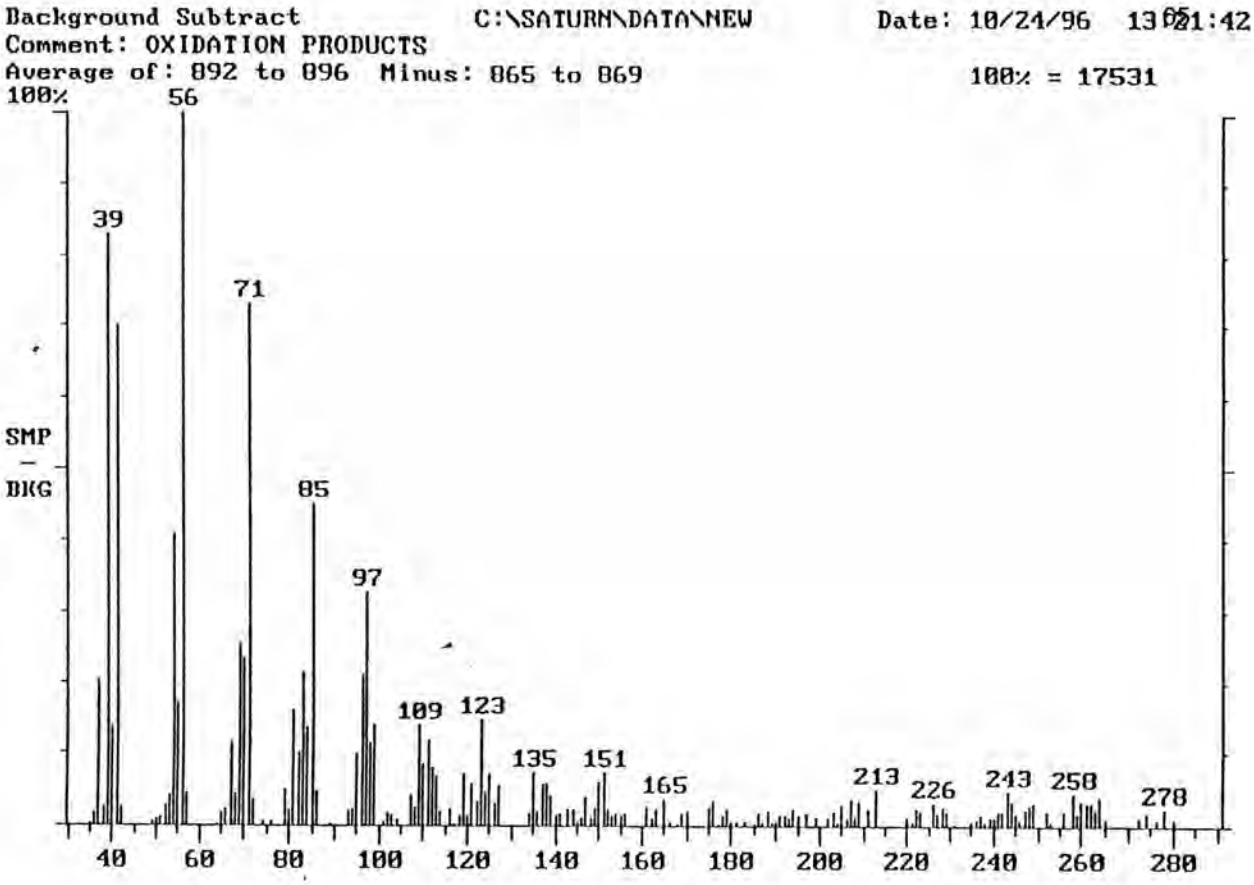

Chromatogram Plot
C:\SATURN\DATA\NEW
Date: 10/24/96 13:21:42
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Scan: 1 Seg: 1 Group: 0 Retention: 0.01 RIC: 0 Masses: 0-0
Plotted: 1 to 1300
Range: 1 to 1433
100% = 1241254
100%
TOT
1
2
3
4
5
300
4.99
600
9.99
900
14.99
1200
19.99

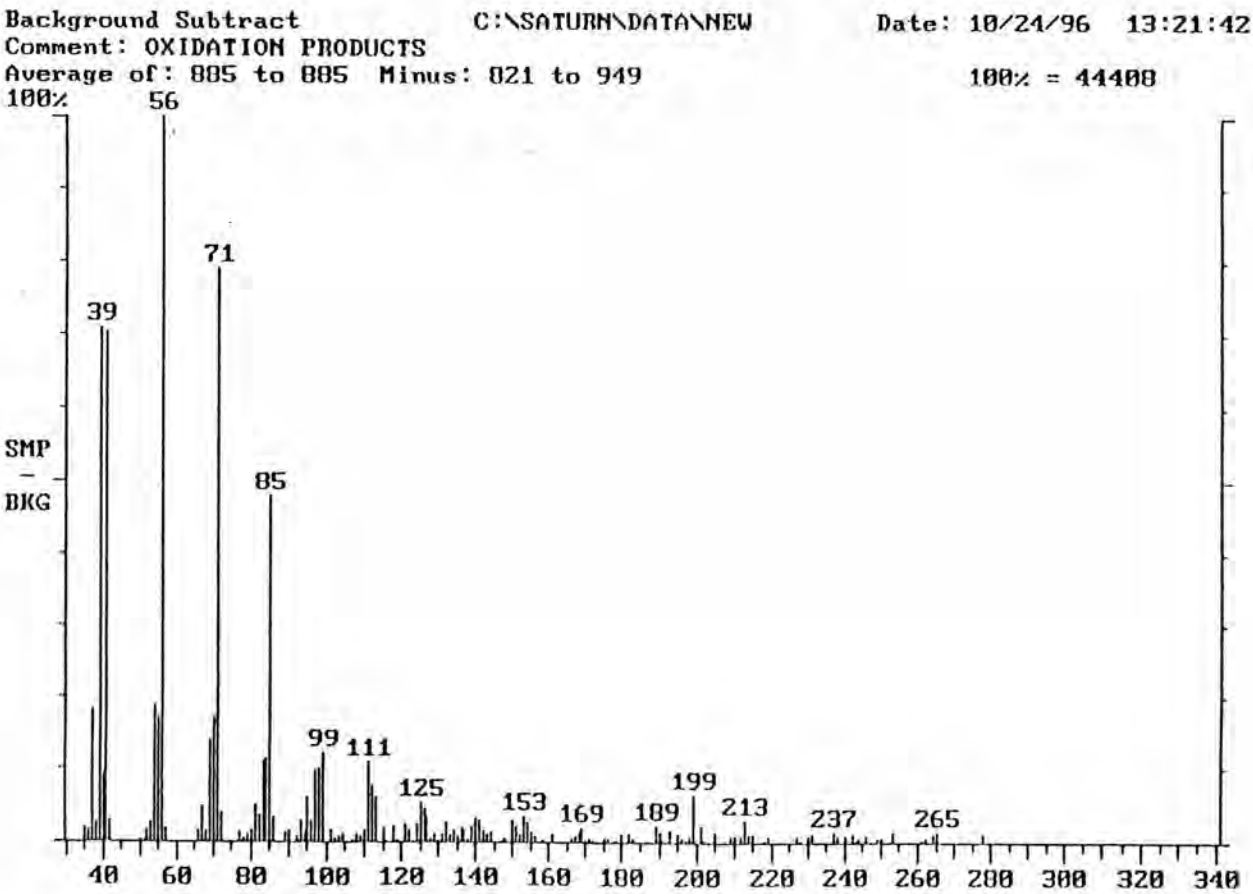

Background Subtract C:\SATURN\DATA\NEW Date: 10/24/96 13:21:42
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 604 to 604 Minus: 500 to 656
100% = 92397
100%
SMP
-
BKG
205
56
39
177
220
145
91
105
69 77
115
133
161
189
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240


Library Search C:\SATURN\DATA\NEW Acquired: 24 Oct 1996 Scan number 604
Comment: OXIDATION PRODUCTS
100%
100% 2,4,6-Tri-isopropyl-phenol CAS 0-00-0
INT
100% 6-Methyl-2,4-di-tert-butyl-phenol CAS 616-55-7
100% Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-methyl- CAS 128-37-0
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240
Formula C15.H24.O Rank 1 Index 44750
MolWeight:220 Search:Acq LocalNorm:On P:653 F:988 R:659 CAS# 0-00-0


Background Subtract
C:\SATURN\DATA\NEW
Date: 10/24/96 13:21:42
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 686 to 686 Minus: 622 to 758
100% = 21200
100%
56
39
71
SMP
BKG
85
99
111
124
135
145
157
164
182
202
220
237
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260

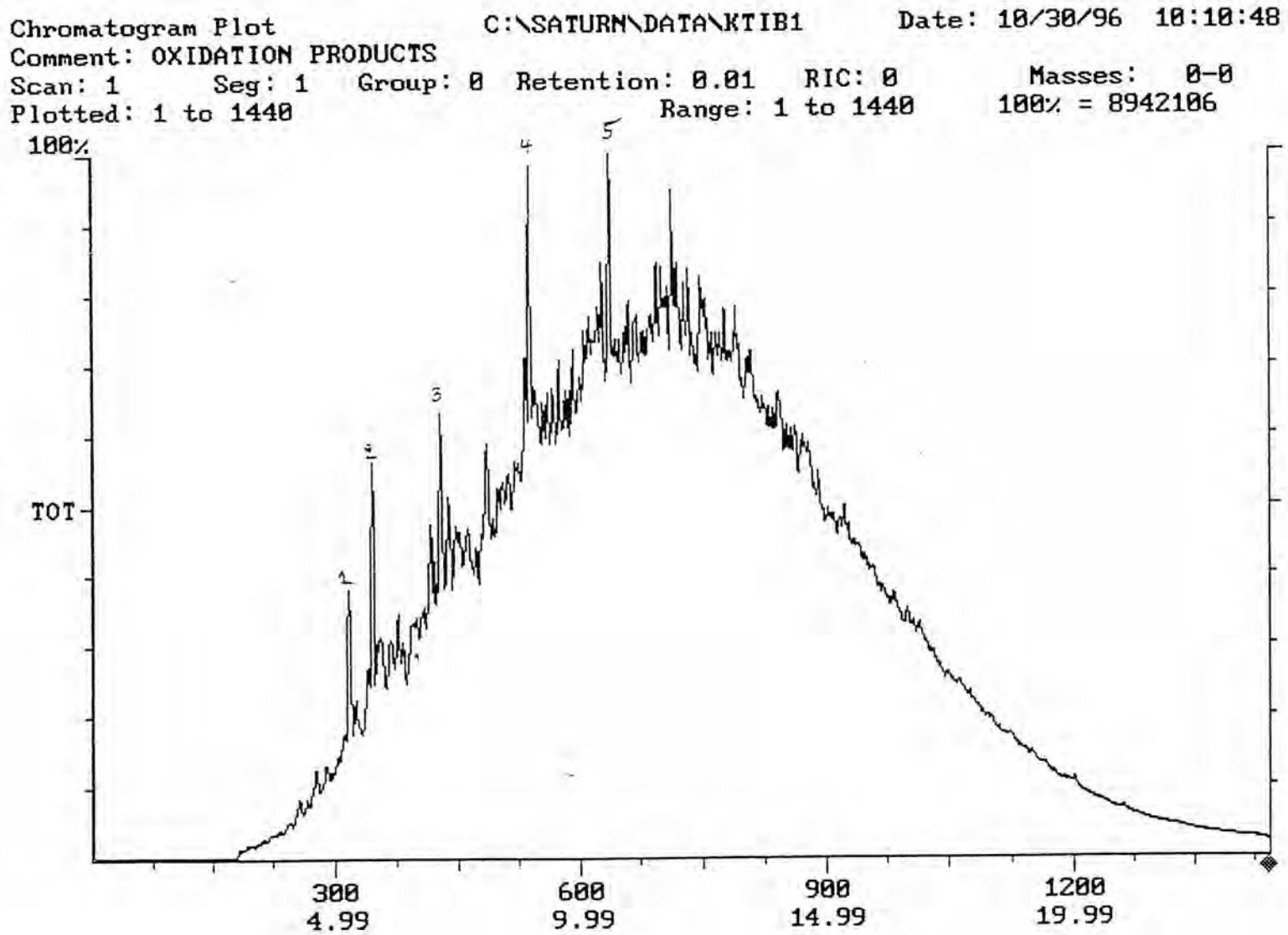

Background Subtract
C:\SATURN\DATA\NEW
Date: 10/24/96 13:21:42
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 708 to 708 Minus: 724 to 852
100% = 45969
100%
56
39
71
SMP
BKG
85
99
111
125
159
183
201
215
229
244
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340

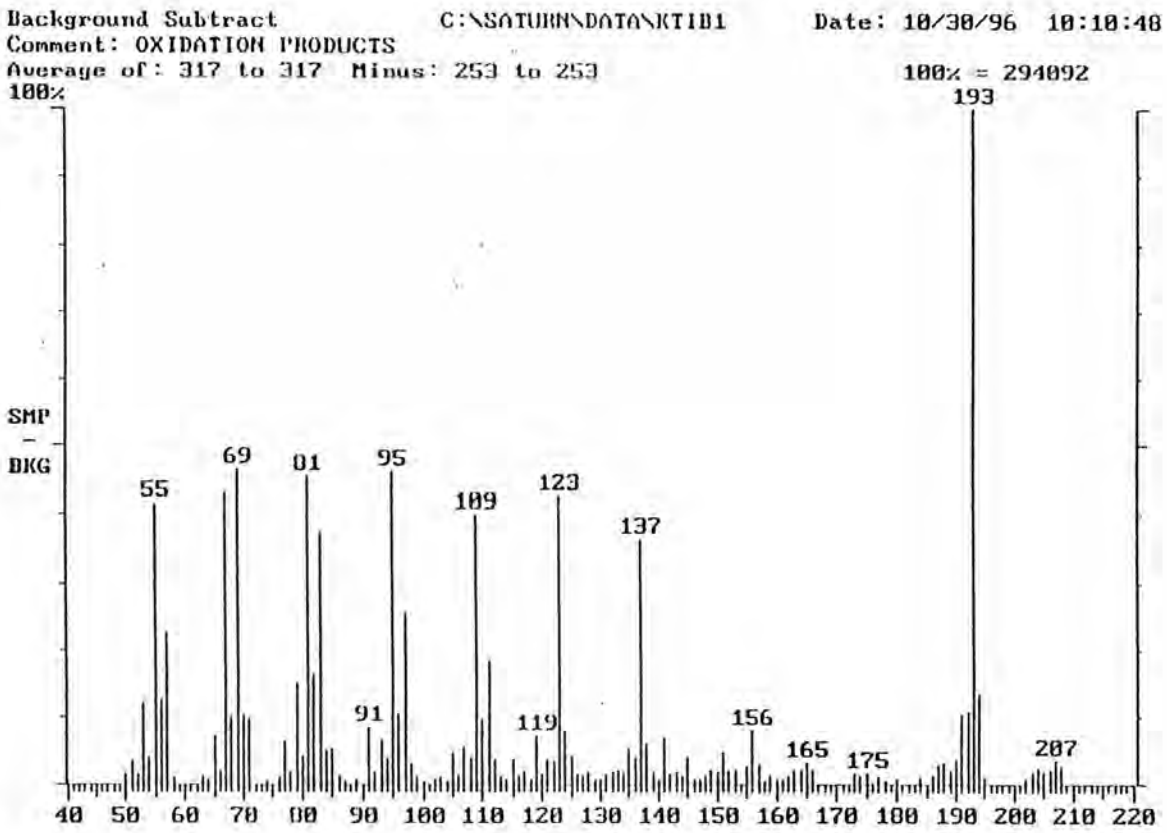

Background Subtract C:\SATURN\DATA\NEW Date: 10/24/96 13:21:42
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 892 to 896 Minus: 865 to 869
100% = 17531
100%
SMP
BKG
56
39
71
85
97
109
123
135
151
165
213
226
243
250
278
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280

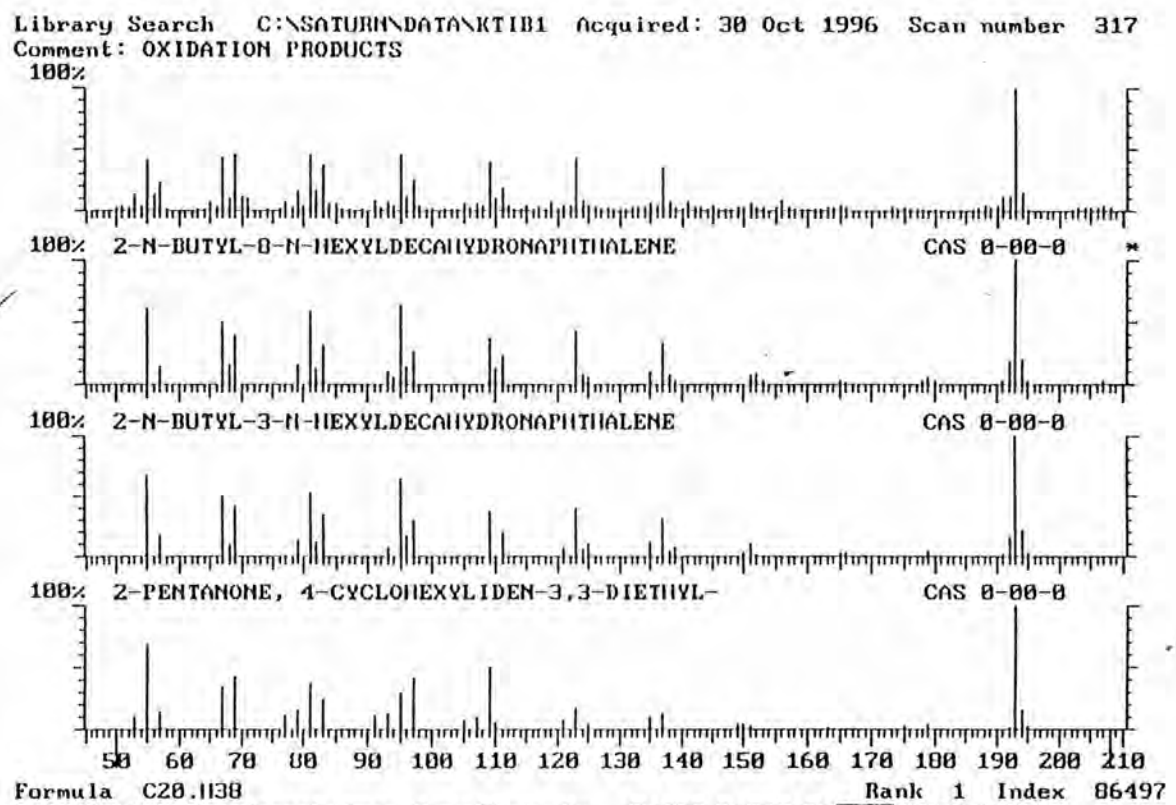

Background Subtract C:\SATURN\DATA\NEW Date: 10/24/96 13:21:42
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 885 to 885 Minus: 821 to 949
100% = 44400
100%
SMP
BKG
56
71
39
85
99
111
125
153
169
189
199
213
237
265
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340

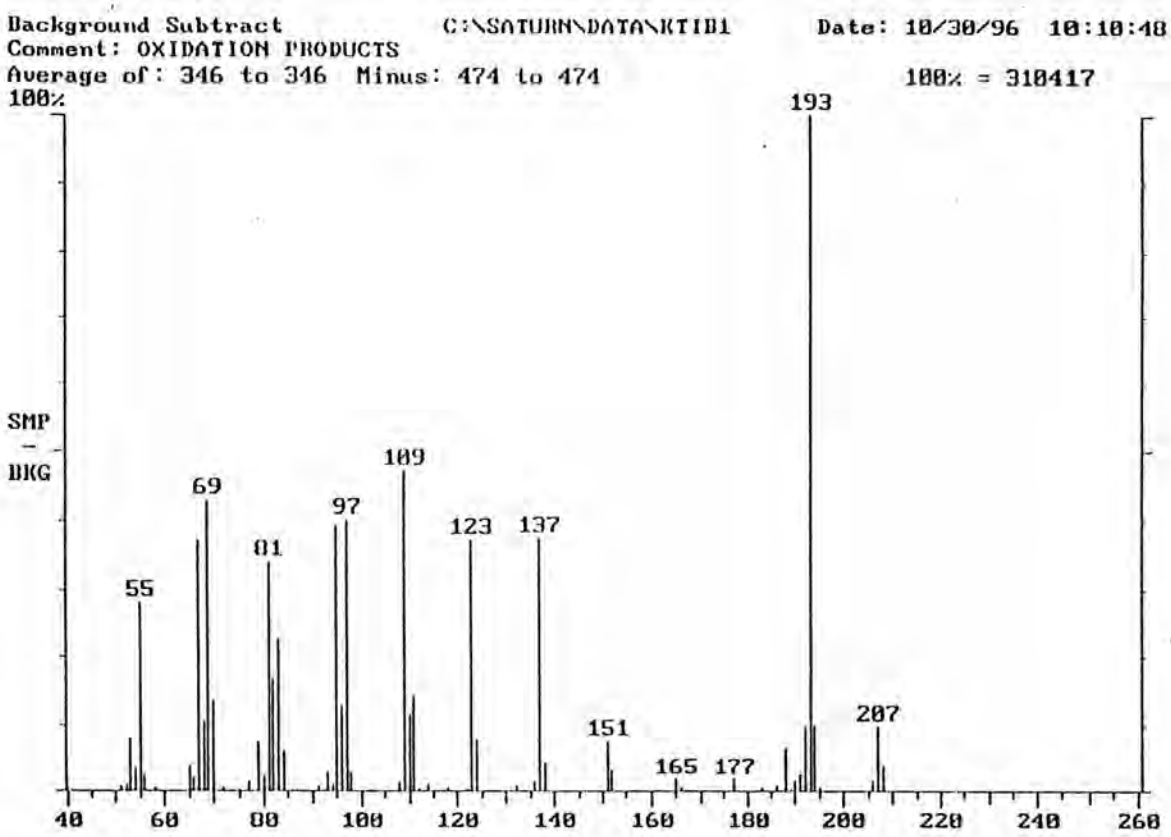
รูปที่ ก 4

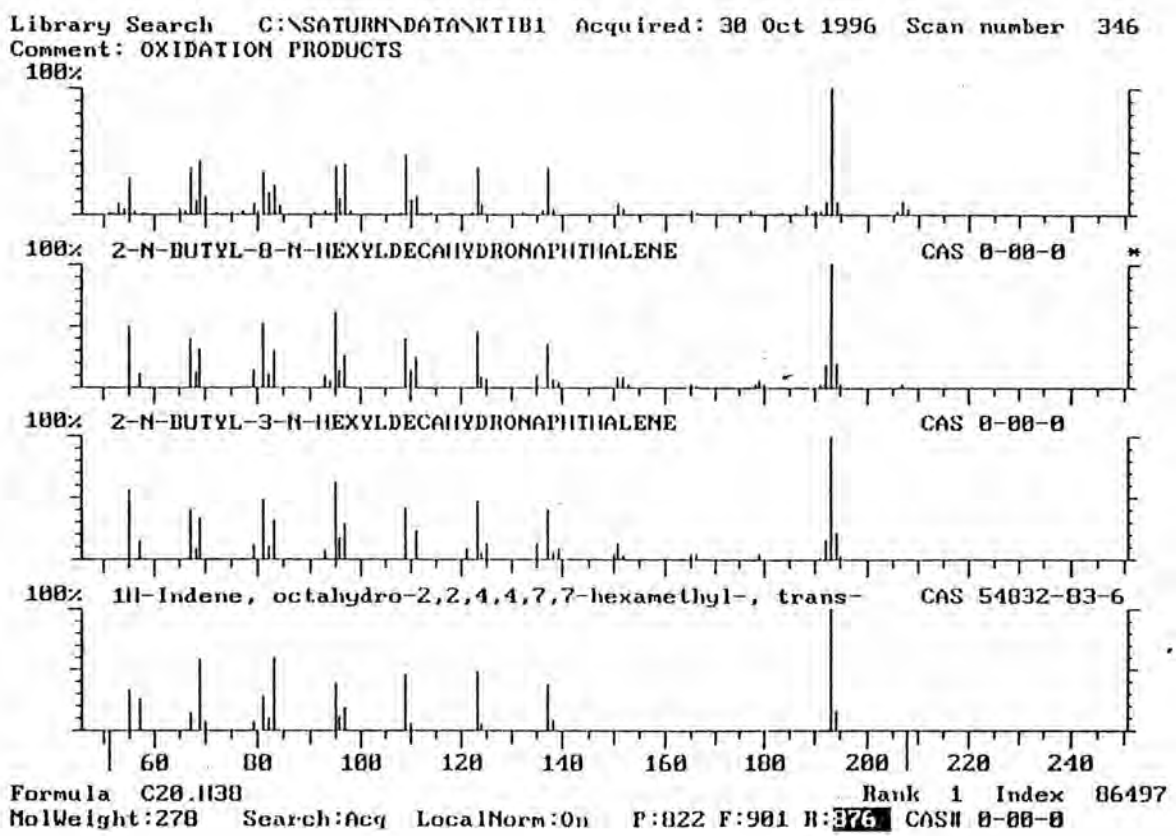
GC-MS โครมาโตแกรม และ สเปคตรัม น้ำมันหม้อแปลงเก่า (KT - 1 B)

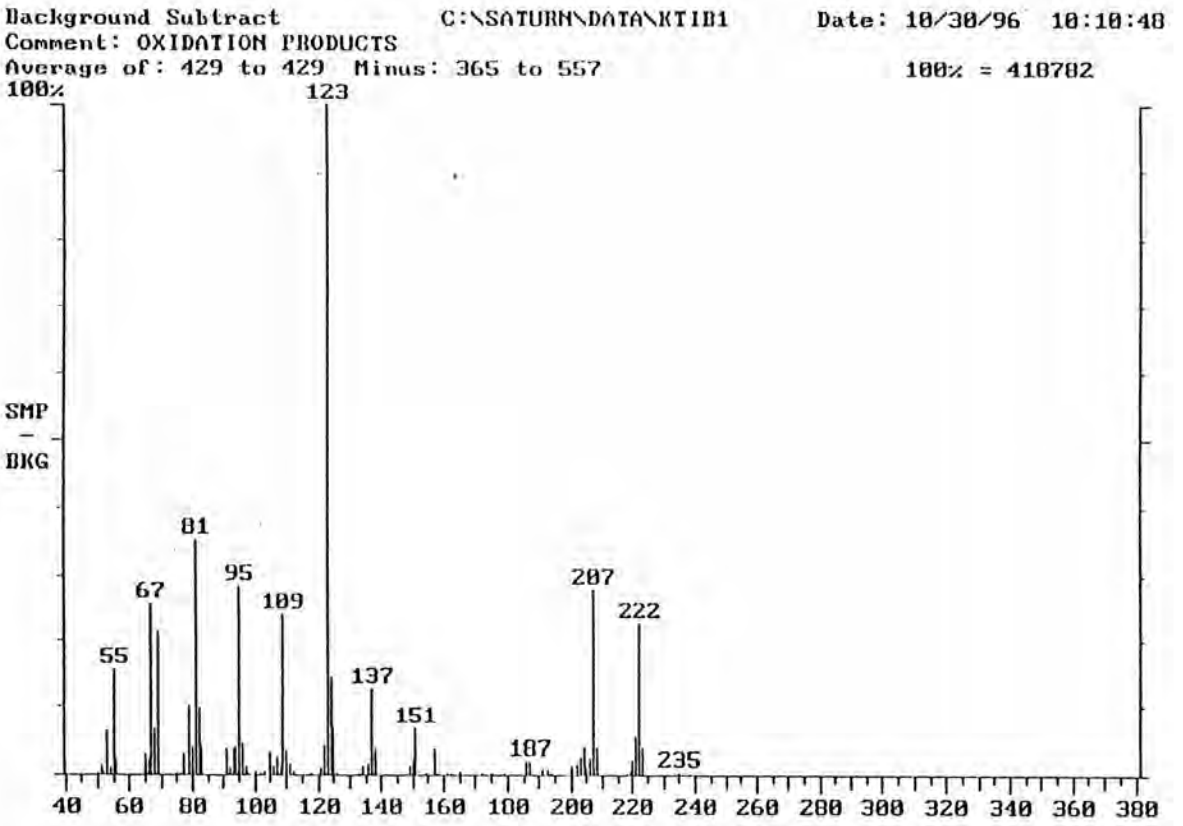

Chromatogram Plot
C:\SATURN\DATA\KTIB1
Date: 10/30/96 10:10:48
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Scan: 1 Seg: 1 Group: 0 Retention: 0.01 RIC: 0
Masses: 0-0
Plotted: 1 to 1440
Range: 1 to 1440
100% = 8942106
100%
TOT
1
2
3
4
5
300
4.99
600
9.99
900
14.99
1200
19.99

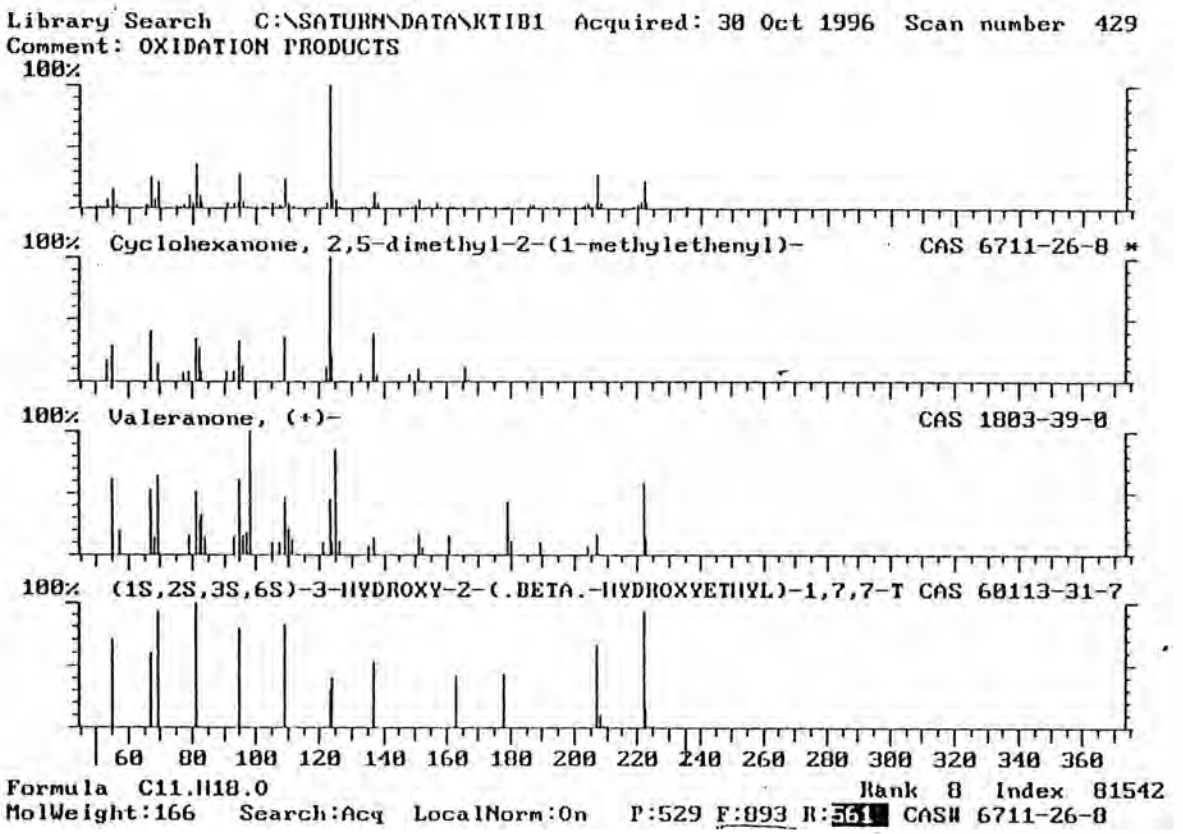

Background Subtract C:\SATURN\DATA\KTIB1 Date: 10/30/96 10:10:48
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 317 to 317 Minus: 253 to 253
100% = 294092
100%
SMP
-
BKG
193
69
81
95
55
109
123
137
91
119
156
165
175
207
40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220

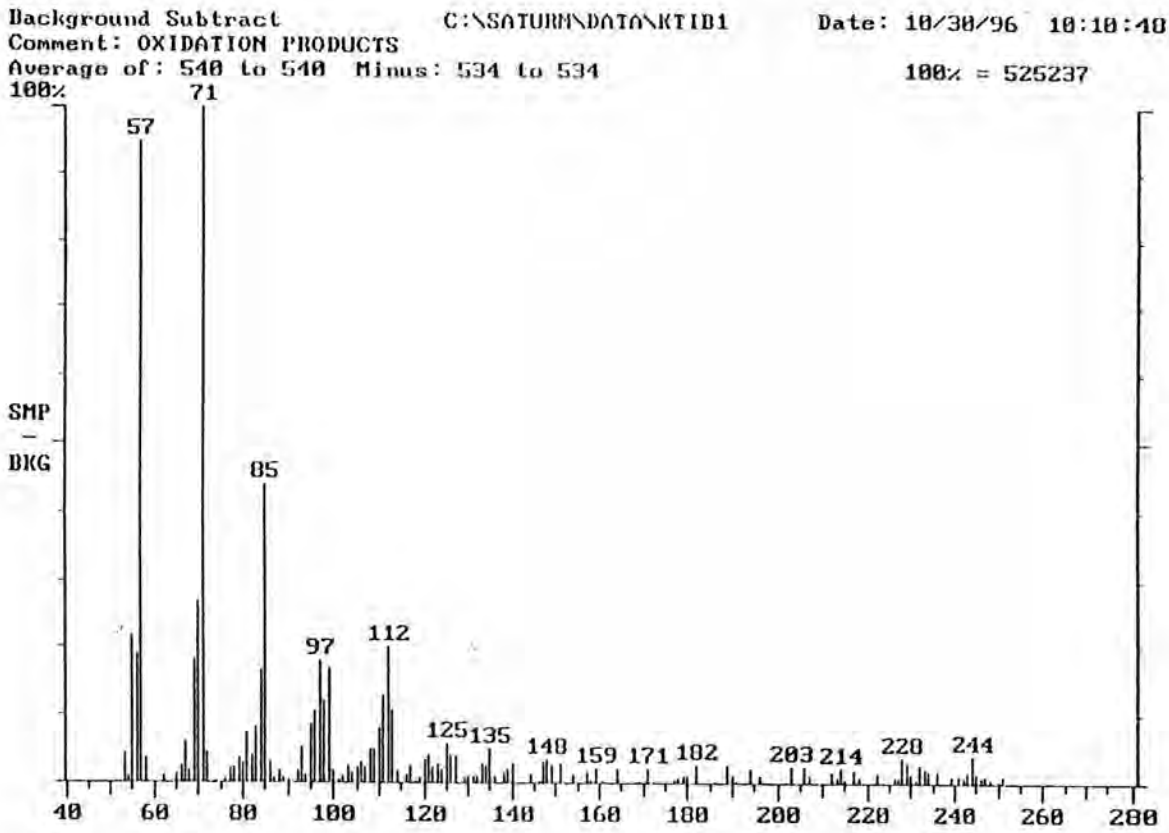

Library Search C:\SATURN\DATA\KTIB1 Acquired: 30 Oct 1996 Scan number 317
Comment: OXIDATION PRODUCTS
100%
100% 2-N-BUTYL-8-N-HEXYLDECAHYDRONAPHTHALENE CAS 0-00-0 *
100% 2-N-BUTYL-3-N-HEXYLDECAHYDRONAPHTHALENE CAS 0-00-0
100% 2-PENTANONE, 4-CYCLOHEXYLIDEN-3,3-DIETHYL- CAS 0-00-0
50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210
Formula C20.H38 Rank 1 Index 86497
MolWeight:278 Search:Acq LocalNorm:On P:770 F:942 R:798 CAS# 0-00-0

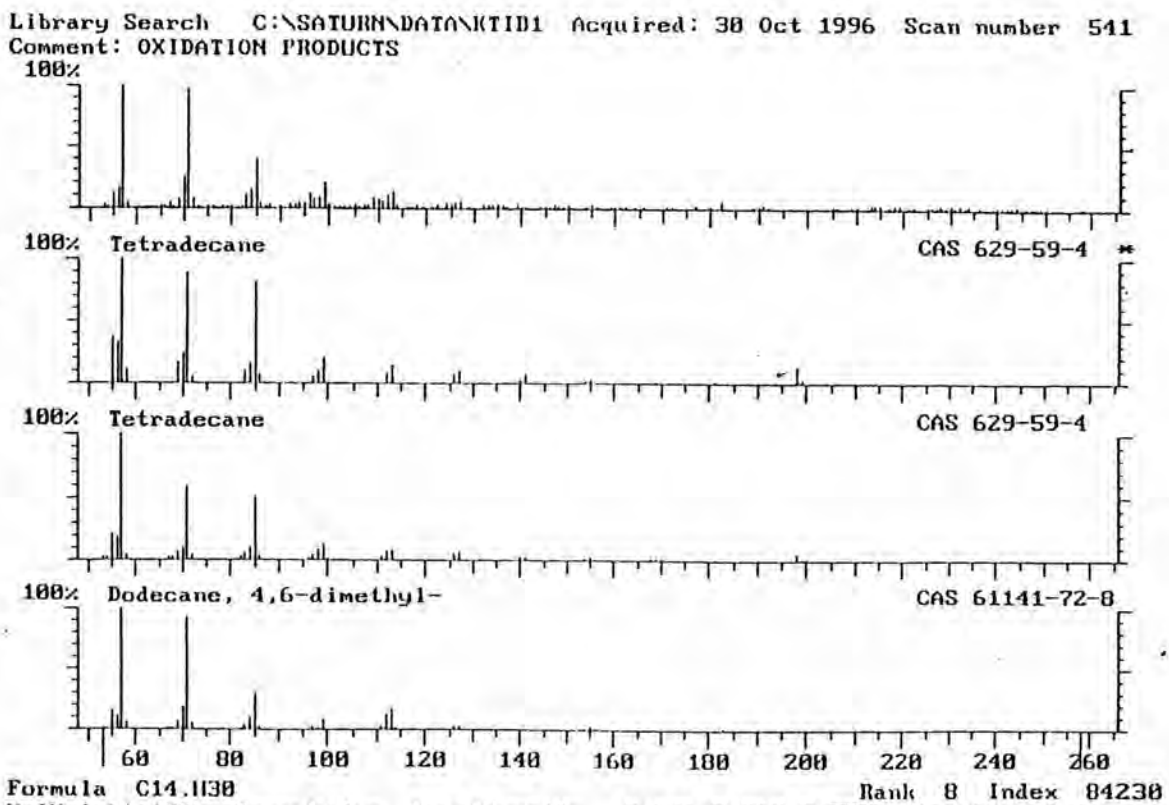

Background Subtract C:\SATURN\DATA\KTIB1 Date: 10/30/96 10:10:48
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 346 to 346 Minus: 474 to 474 100% = 310417
100%
SMP
-
BKG
193
109
69
97
123
137
81
55
151
207
165
177
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260

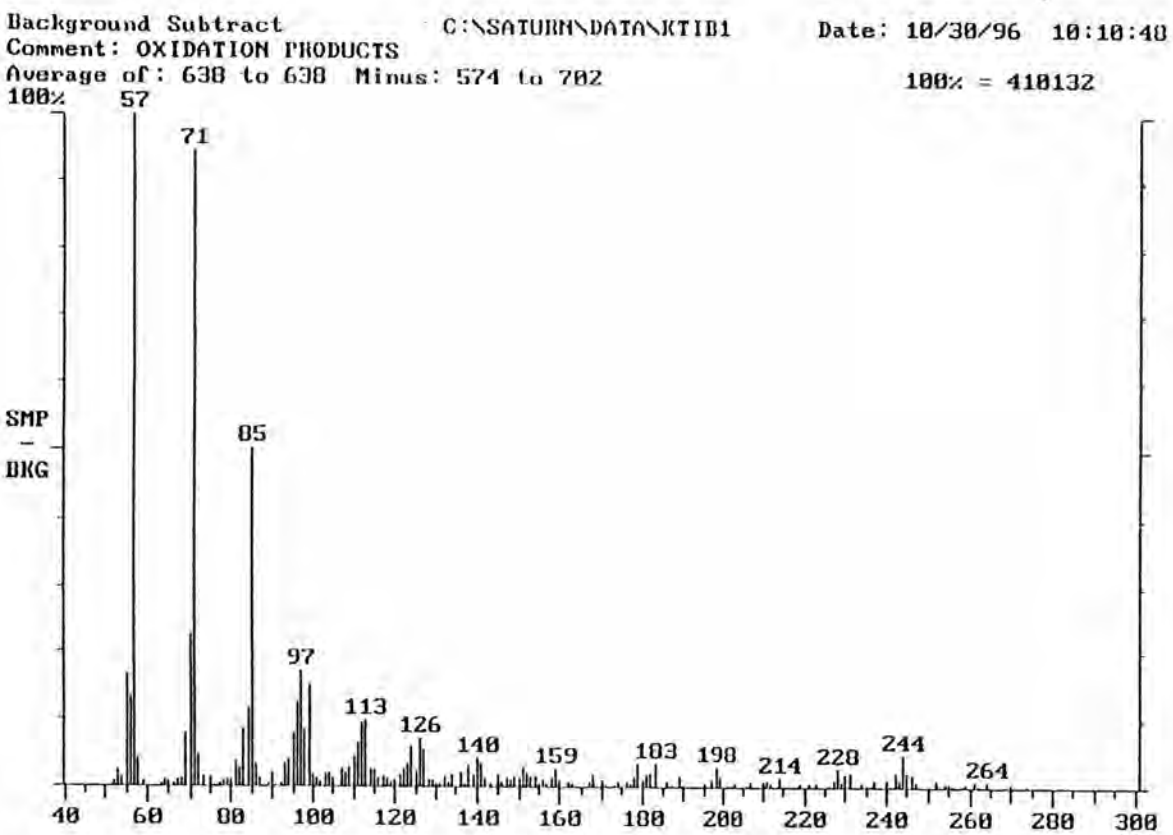

Library Search C:\SATURN\DATA\KTIB1 Acquired: 30 Oct 1996 Scan number 346
Comment: OXIDATION PRODUCTS
100%
100% 2-N-BUTYL-8-N-HEXYLDECAHYDRONAPHTHALENE CAS 0-00-0 *
100% 2-N-BUTYL-3-N-HEXYLDECAHYDRONAPHTHALENE CAS 0-00-0
100% 1H-Indene, octahydro-2,2,4,4,7,7-hexamethyl-, trans- CAS 54032-83-6
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
Formula C20.H38 Rank 1 Index 86497
MolWeight:278 Search:Acq LocalNorm:On F:822 F:901 R:876 CAS# 0-00-0

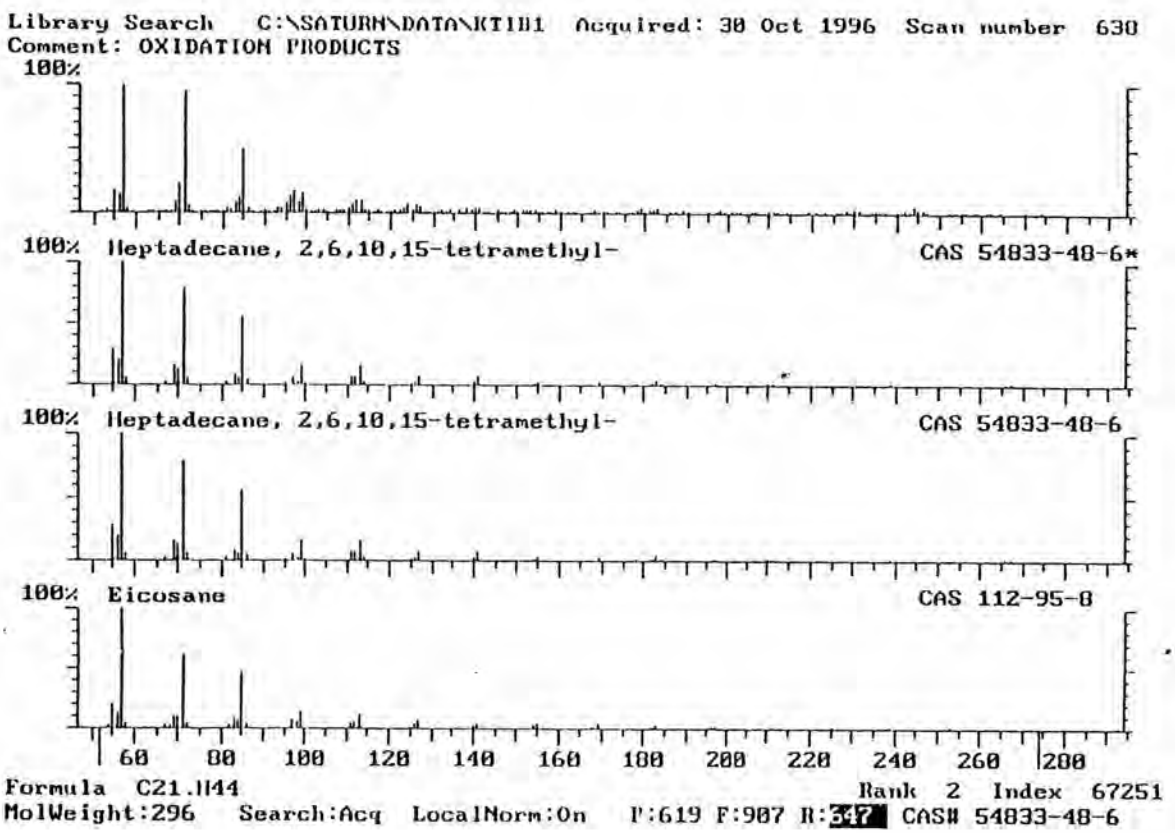

Background Subtract C:\SATURN\DATA\KTIB1 Date: 10/30/96 10:10:48
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 429 to 429 Minus: 365 to 557 100% = 410782
100%
SMP
BKG
123
81
95
67
109
207
222
55
137
151
187
235
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380

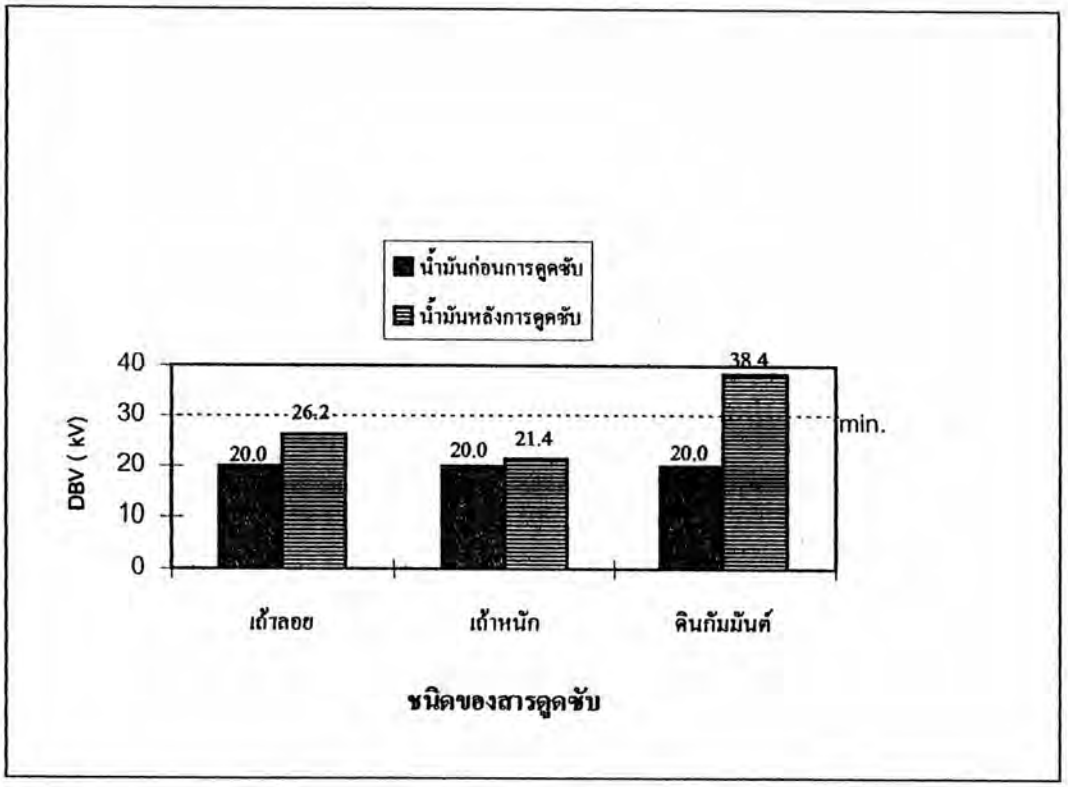

Library Search C:\SATURN\DATA\KTIB1 Acquired: 30 Oct 1996 Scan number 429
Comment: OXIDATION PRODUCTS
100%
100% Cyclohexanone, 2,5-dimethyl-2-(1-methylethenyl)- CAS 6711-26-8 *
100% Valeranone, (+)- CAS 1803-39-8
100% (1S,2S,3S,6S)-3-HYDROXY-2-(.BETA.-HYDROXYETHYL)-1,7,7-T CAS 60113-31-7
60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360
Formula C11.H18.O Rank 8 Index 81542
MolWeight:166 Search:Acq LocalNorm:On P:529 F:893 R:561 CAS# 6711-26-8


Background Subtract C:\SATURN\DATA\KTID1 Date: 10/30/96 10:10:40
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 540 to 540 Minus: 534 to 534
100% = 525237
100%
71
57
SMP
BKG
85
97
112
125
135
148
159
171
182
203
214
220
244
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280

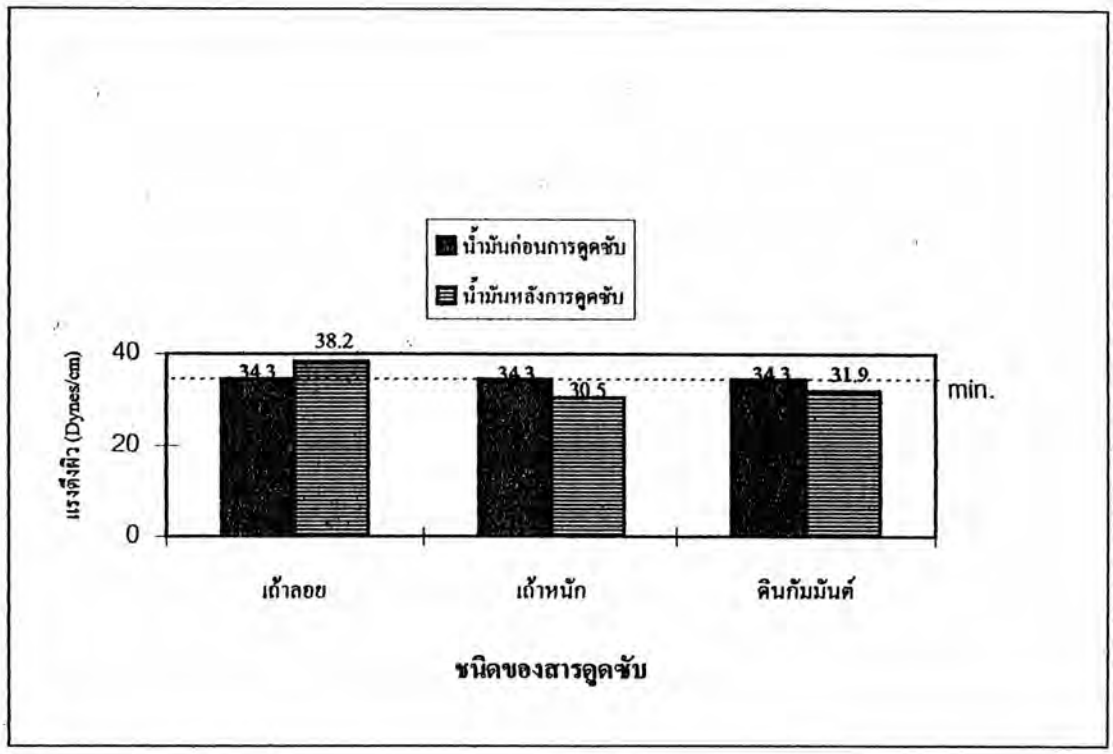

Library Search C:\SATURN\DATA\KTID1 Acquired: 30 Oct 1996 Scan number 541
Comment: OXIDATION PRODUCTS
100%
100% Tetradecane
CAS 629-59-4
100% Tetradecane
CAS 629-59-4
100% Dodecane, 4,6-dimethyl-
CAS 61141-72-8
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
Formula C14.H30
Rank 8 Index 84230
MolWeight:198 Search:Acq LocalNorm:On P:546 F:060 R:508 CAS# 629-59-4


Background Subtract C:\SATURN\DATA\KTIB1 Date: 10/30/96 10:10:40
Comment: OXIDATION PRODUCTS
Average of: 630 to 630 Minus: 574 to 702 100% = 410132
100%
57
71
85
97
113
126
140
159
183
198
214
228
244
264
SMP
BKG
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300

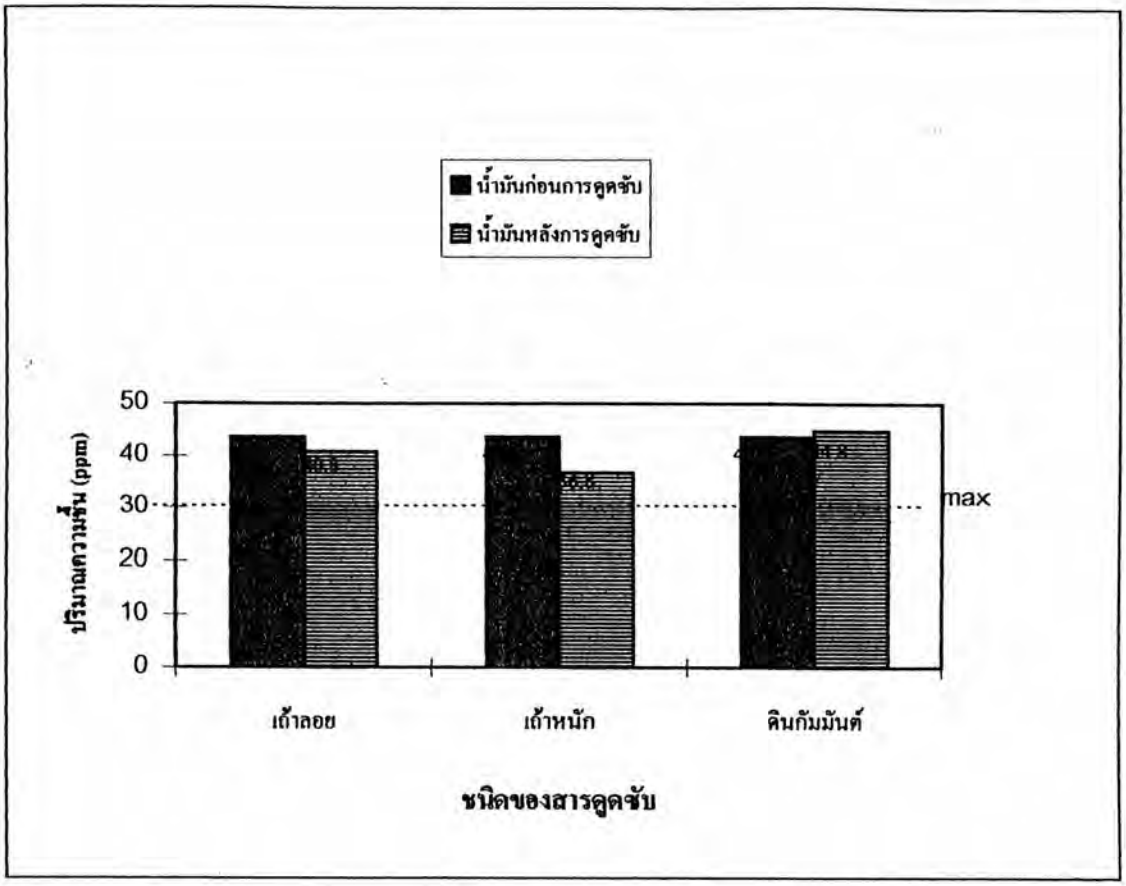

Library Search C:\SATURN\DATA\KTIB1 Acquired: 30 Oct 1996 Scan number 630
Comment: OXIDATION PRODUCTS
100%
100% Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl- CAS 54833-48-6*
100% Heptadecane, 2,6,10,15-tetramethyl- CAS 54833-48-6
100% Eicosane CAS 112-95-8
60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280
Formula C21H44 Rank 2 Index 67251
MolWeight:296 Search:Acq LocalNorm:On F:619 F:907 R:347 CAS# 54833-48-6



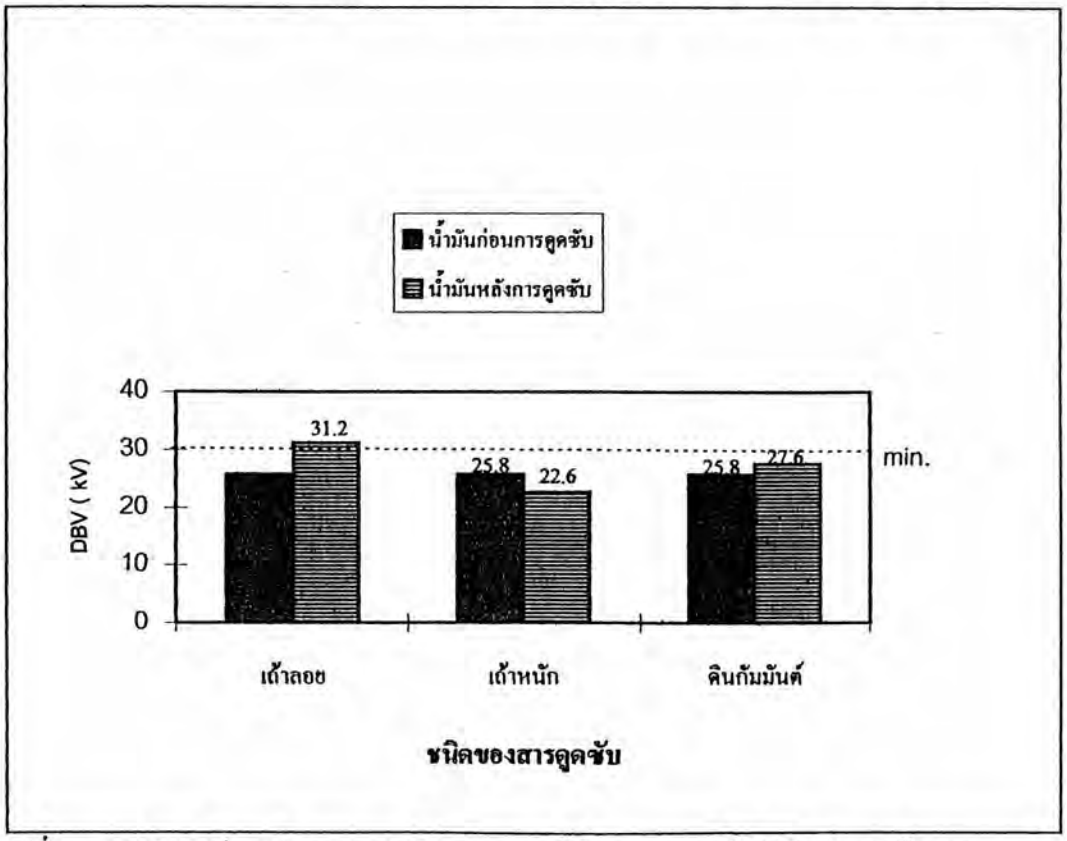
รูปที่ ก 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง DBV และชนิดของสารดูดซับในกระบวนการสัมผัส (ตารางที่ 4.2)



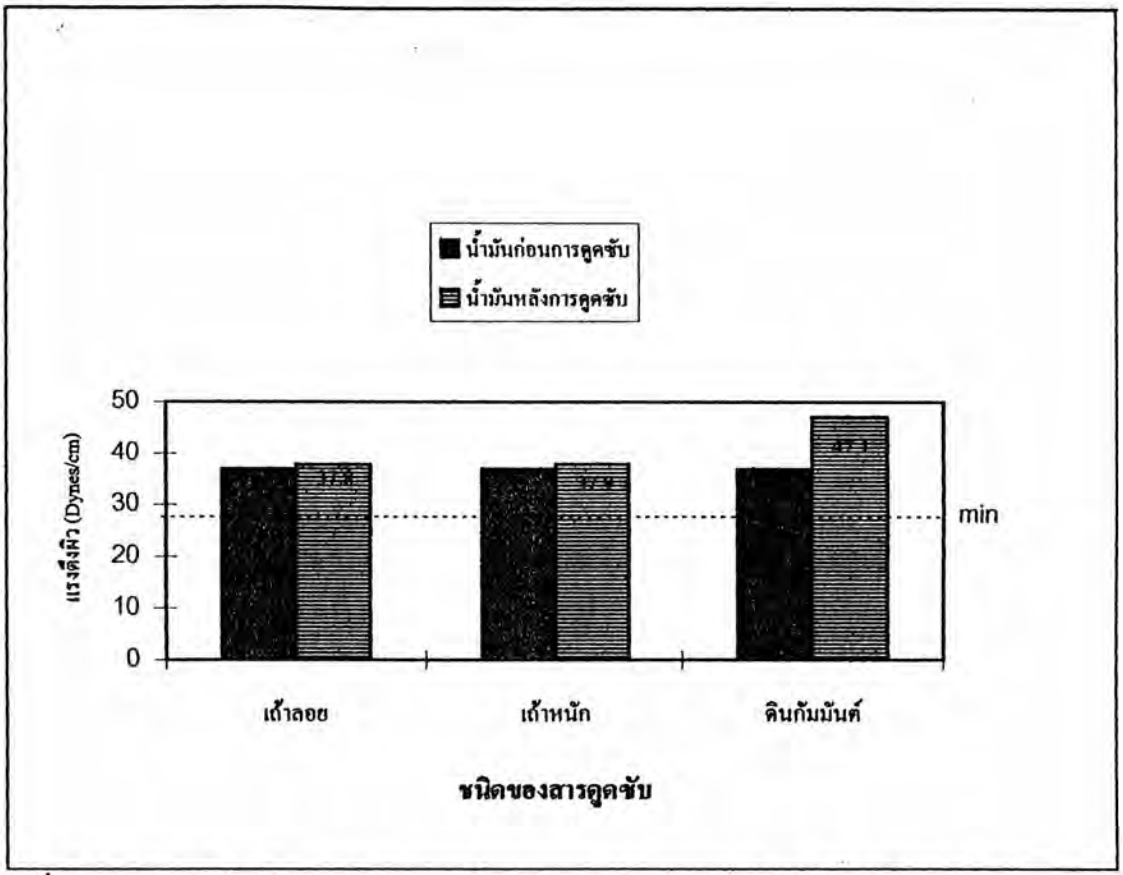
รูปที่ ก 6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวและชนิดของสารดูดซับในกระบวนการสัมผัส (ตารางที่ 4.2)



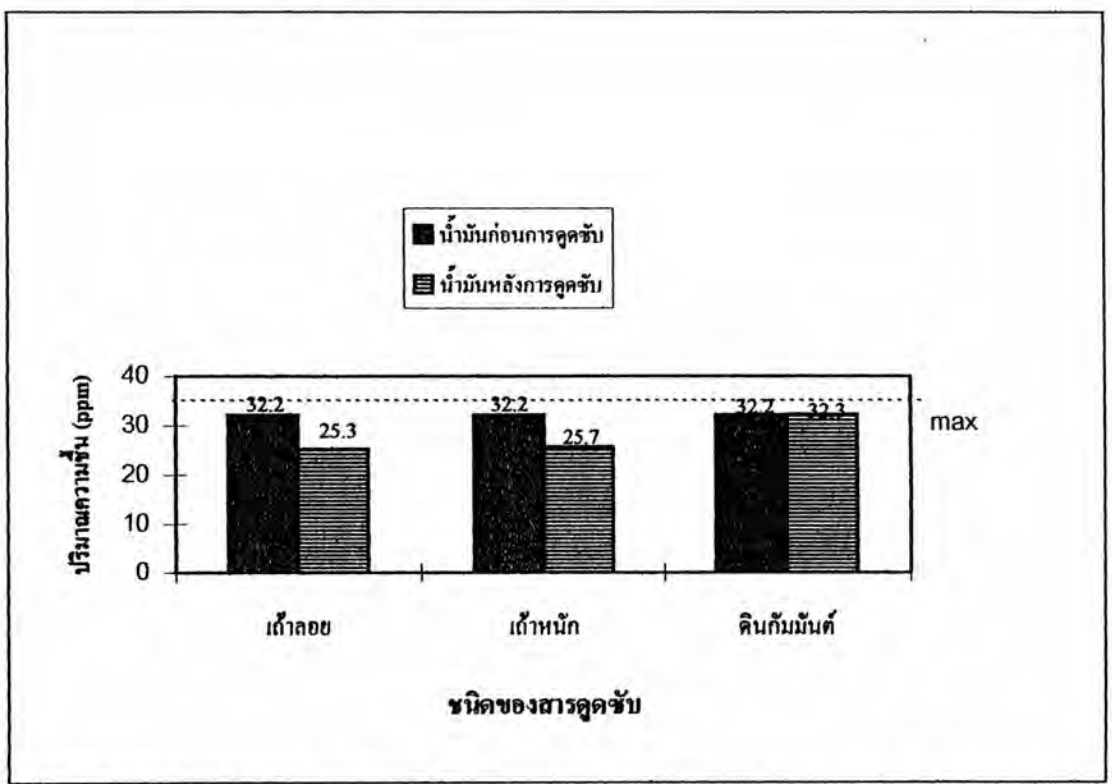
รูปที่ ก 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและชนิดของสารดูดซับในกระบวนการสัมผัส (ตารางที่ 4.2)



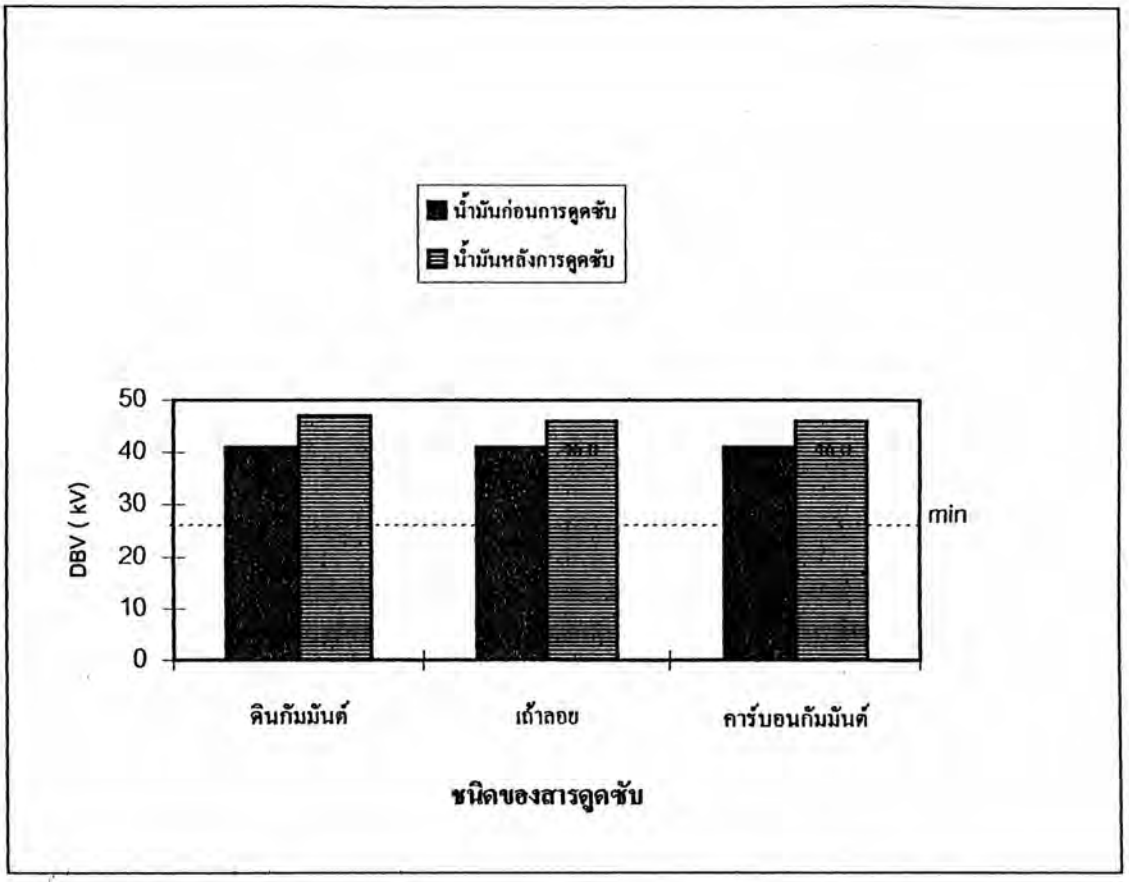
รูปที่ ก 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง DBV และชนิดของสารดูดซับในกระบวนการสัมผัส โดยเติมสารต้านทานการออกซิเดชัน 0.1% (ตารางที่ 4.3)



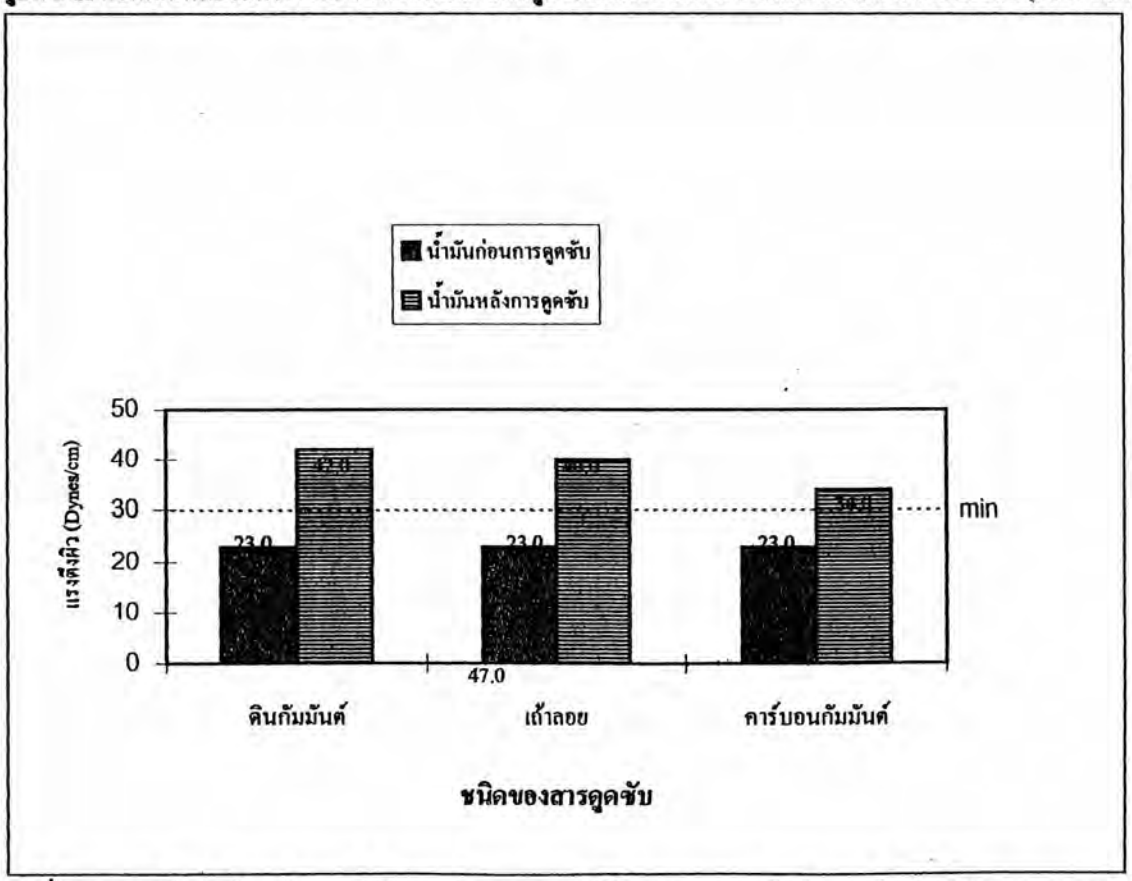
รูปที่ ก 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึงผิว และชนิดของสารดูดซับในกระบวนการสัมผัส โดยเติมสารต้านทาน การออกซิเดชัน 0.1% (ตารางที่ 4.3)



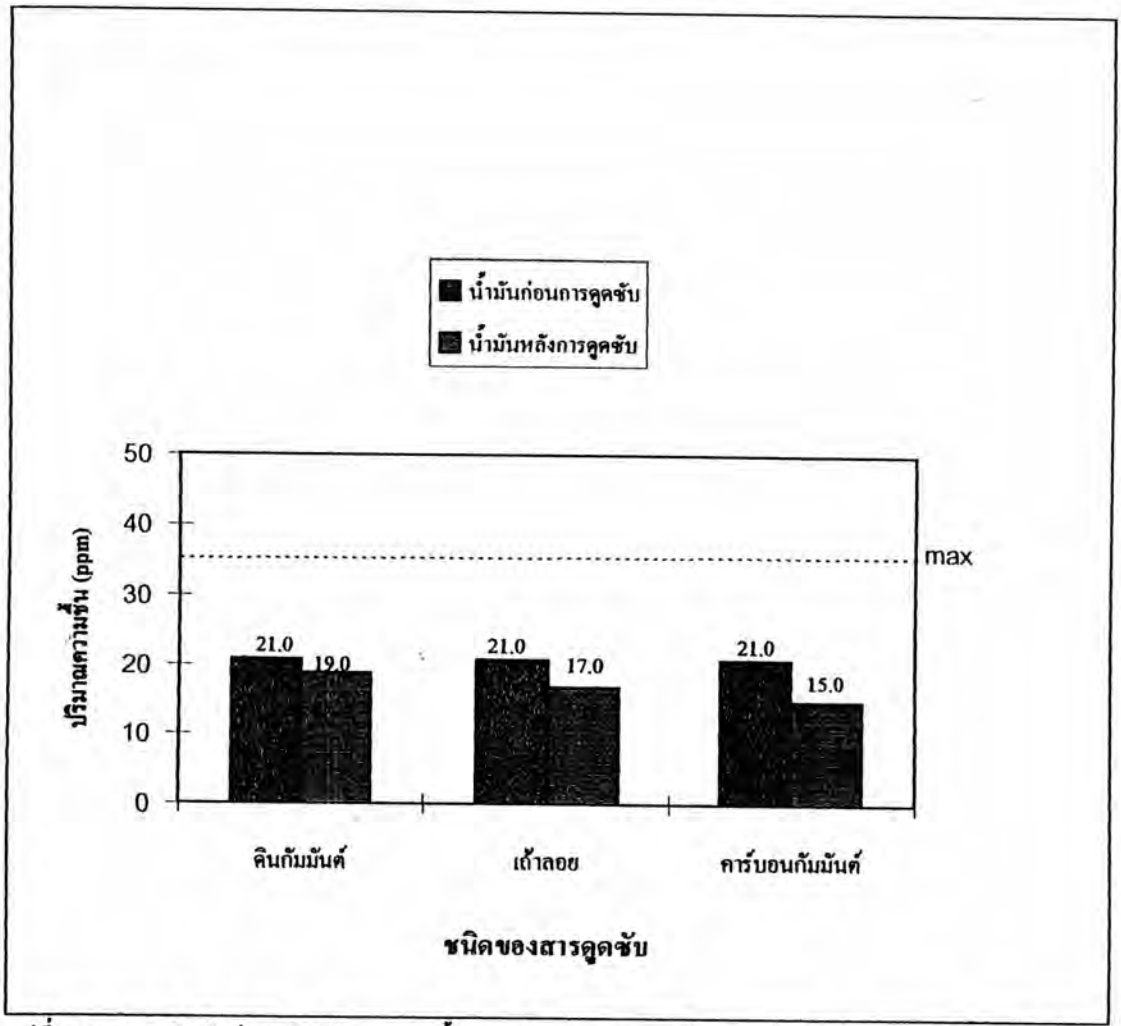
รูปที่ ก 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและชนิดของสารดูดซับในกระบวนการสัมผัส โดยเติมสารต้านทาน การออกซิเดชัน 0.1%



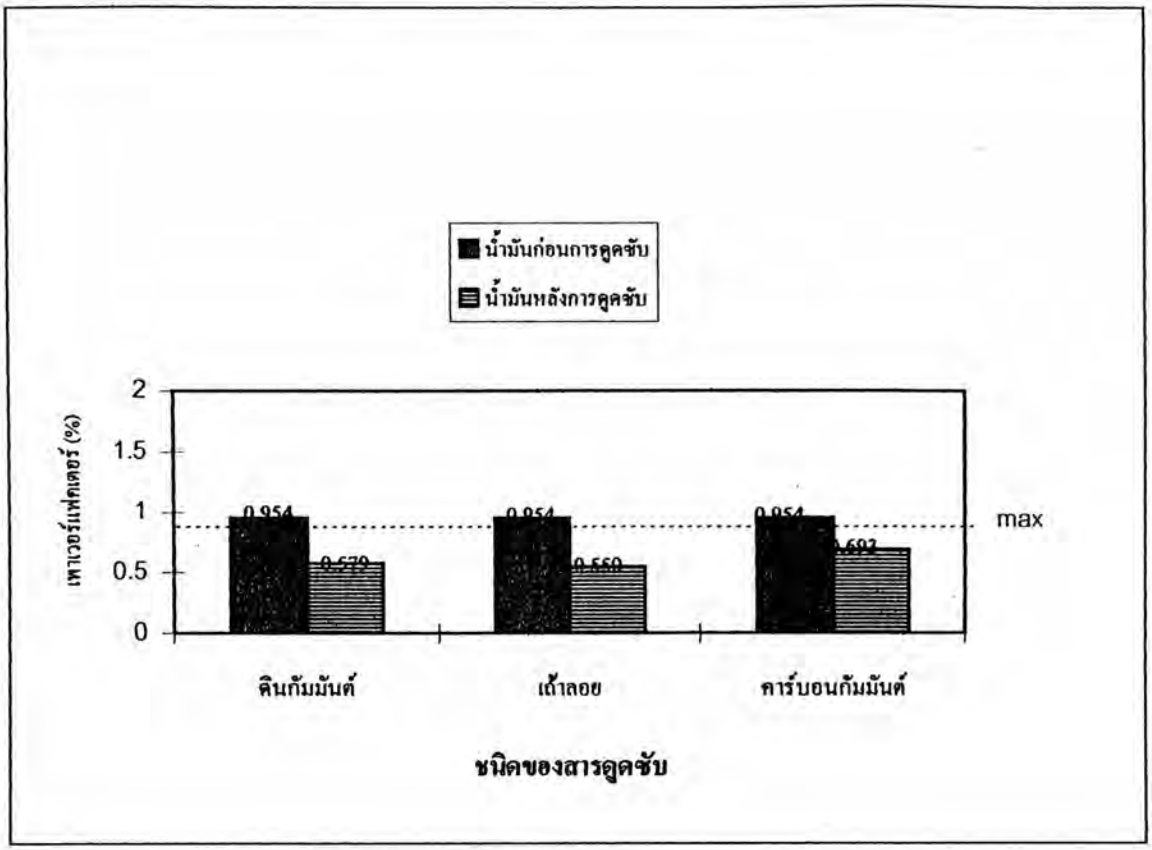
รูปที่ ก 11 ความสัมพันธ์ระหว่าง DBV และชนิดของสารดูดซับในกระบวนการซึมผ่านแบบไหลวนกลับ 5 รอบ (ตารางที่ 4.4)



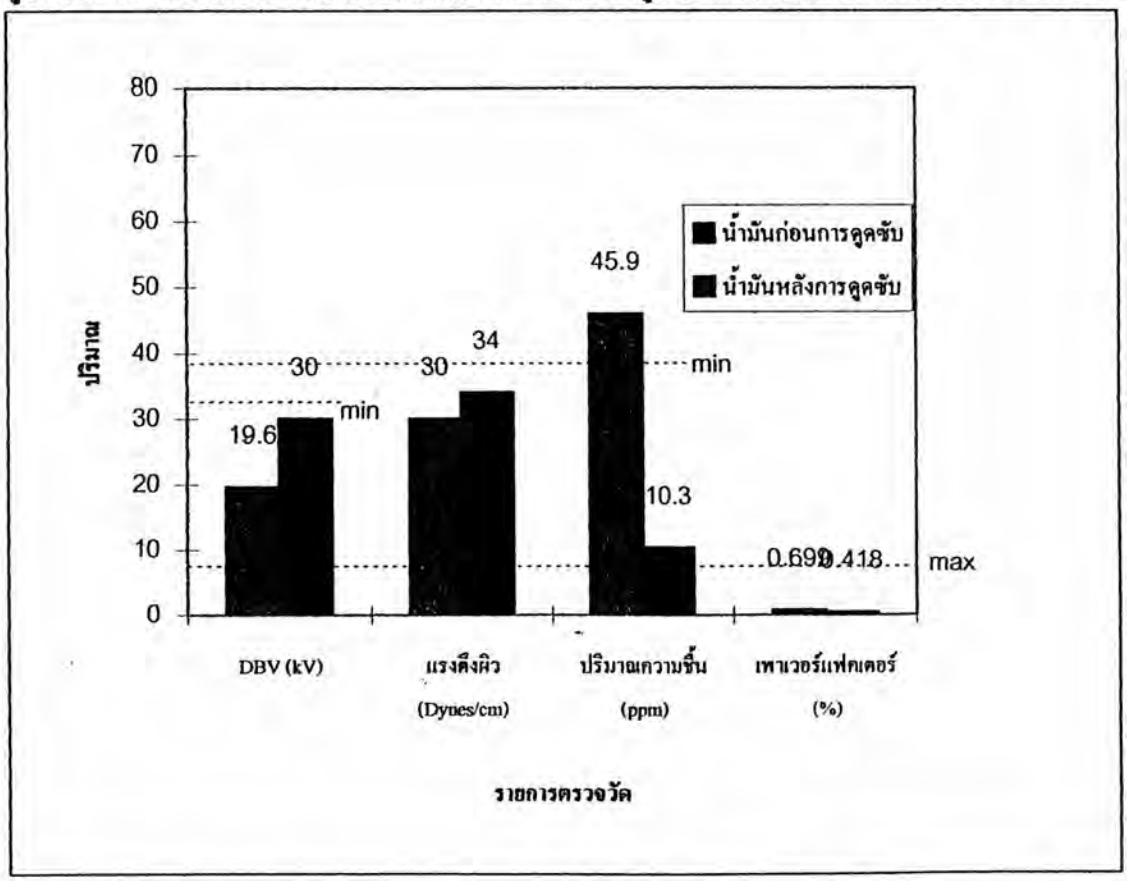
รูปที่ ก 12 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงตึงผิวและชนิดของสารดูดซับในกระบวนการซึมผ่านแบบไหลวนกลับ 5 รอบ (ตารางที่ 4.4)



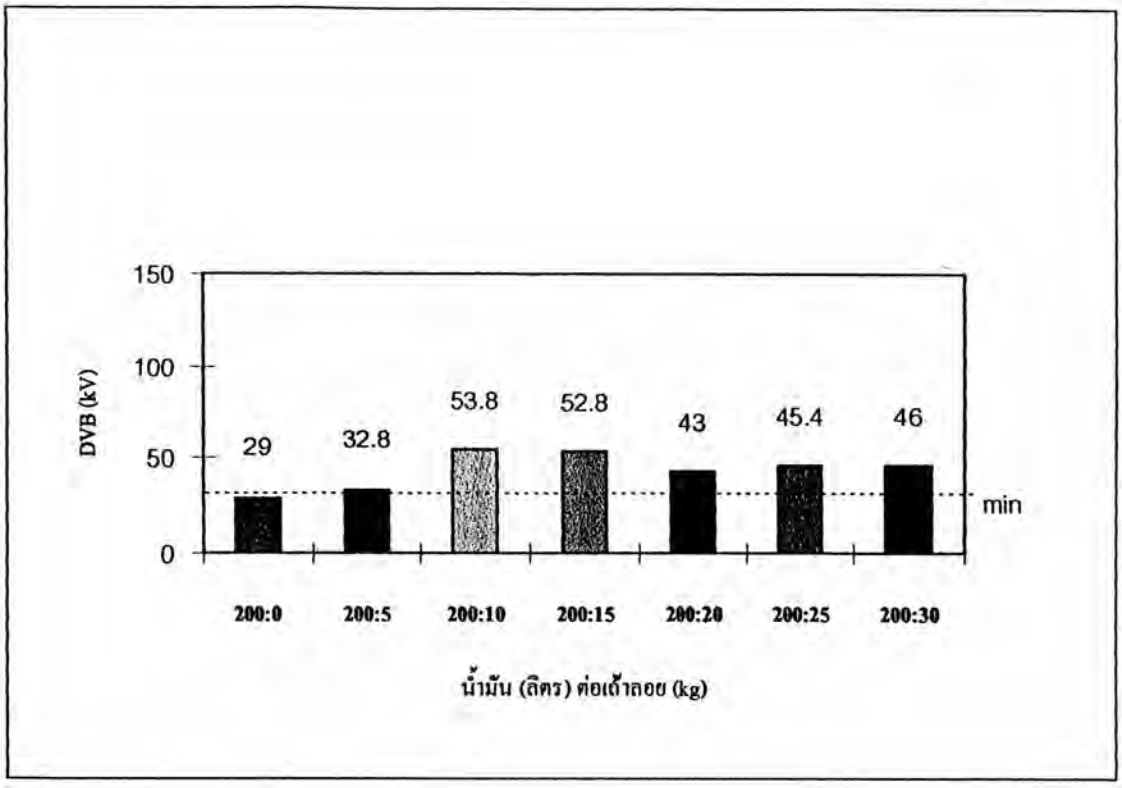
รูปที่ ก 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและชนิดของสารดูดซับในกระบวนการซึมผ่านแบบไหลวนกลับ 5 รอบ (ตารางที่ 4.4)



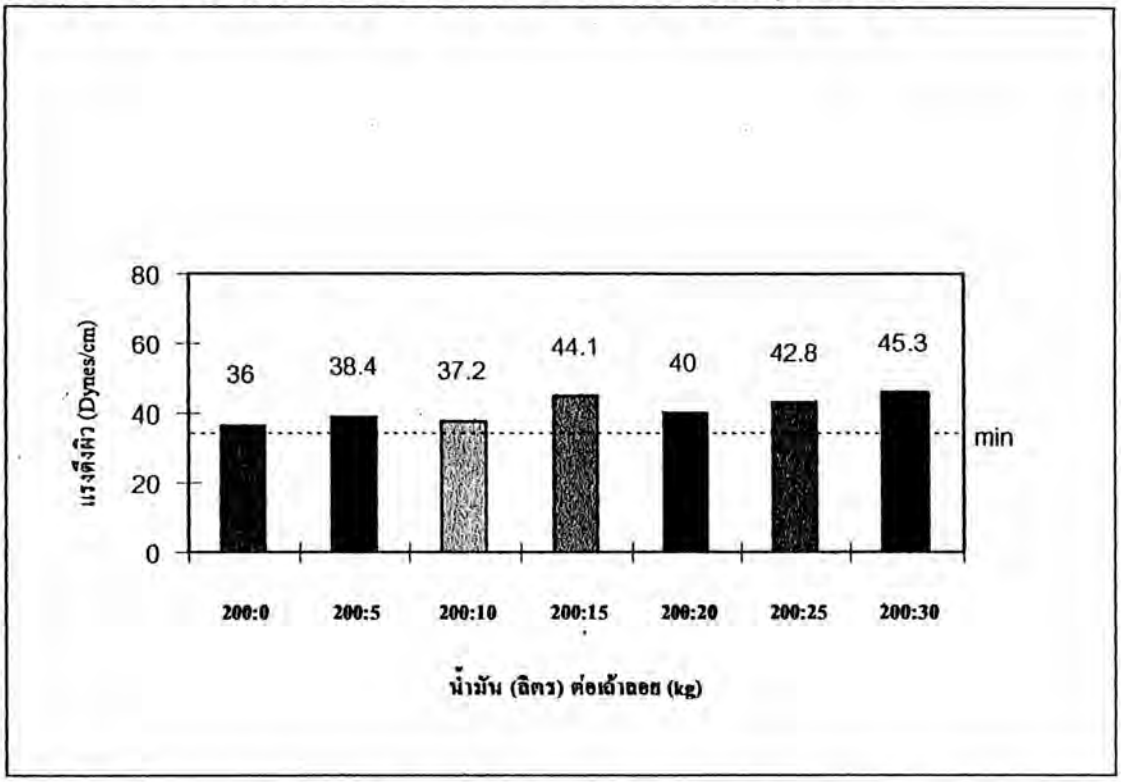
รูปที่ ก 14 ความสัมพันธ์ระหว่างเพาเวอร์แฟคเตอร์และชนิดของสารดูดซับในกระบวนการซึมผ่านแบบไหลวนกลับ 5 รอบ (ตารางที่ 4.4)



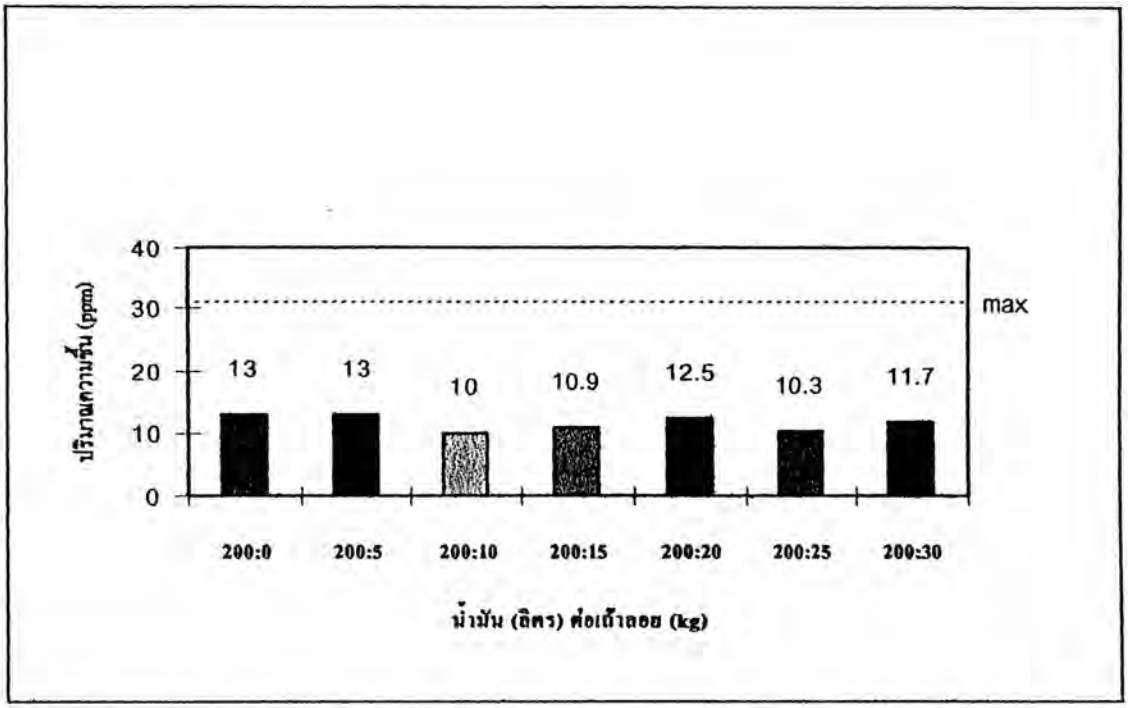
รูปที่ ก 15 ผลการปรับสภาพน้ำมันหม้อแปลง 3,500 ลิตรโดยใช้เถ้าลอยลิกไนต์ 300 กิโลกรัม ไหลวน 3 รอบ (ตารางที่ 4.5)



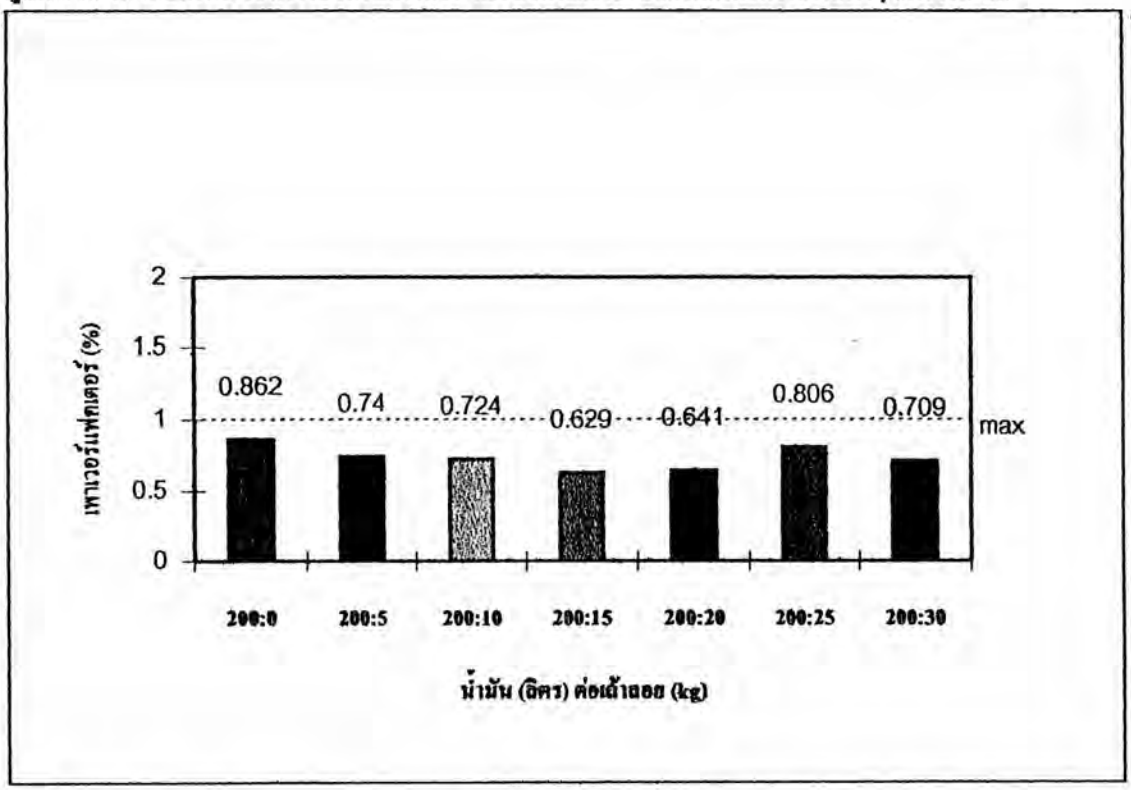
รูปที่ ก 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง DVB และปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราส่วนต่างๆ (ตารางที่ 4.6)



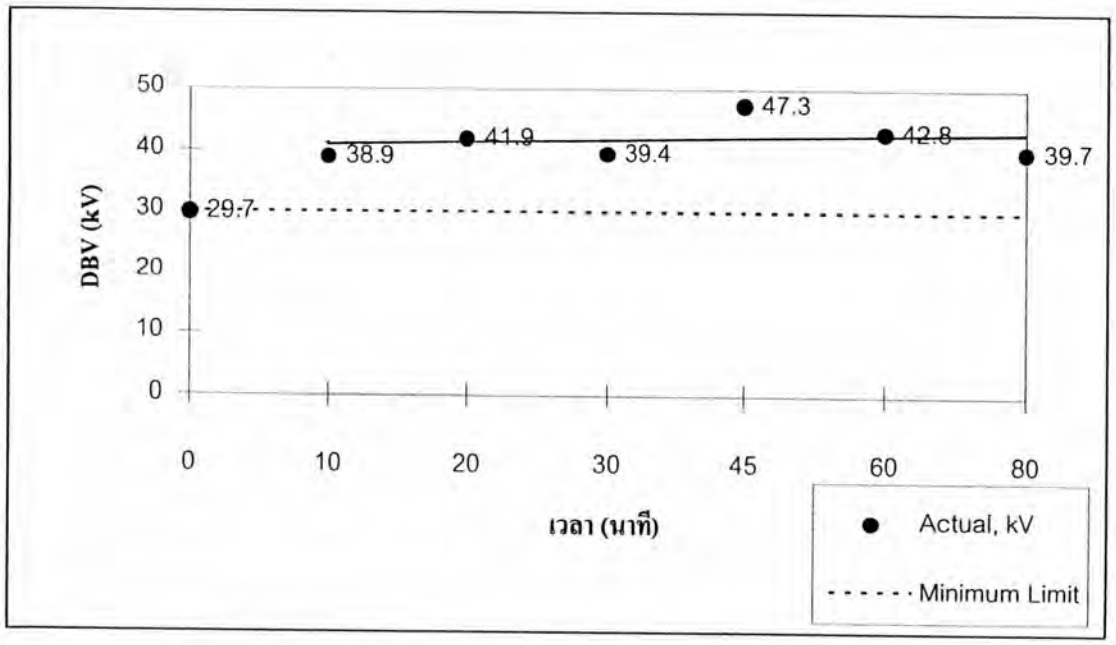
รูปที่ ก 17 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึงผิว และปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราส่วนต่างๆ (ตารางที่ 4.6)



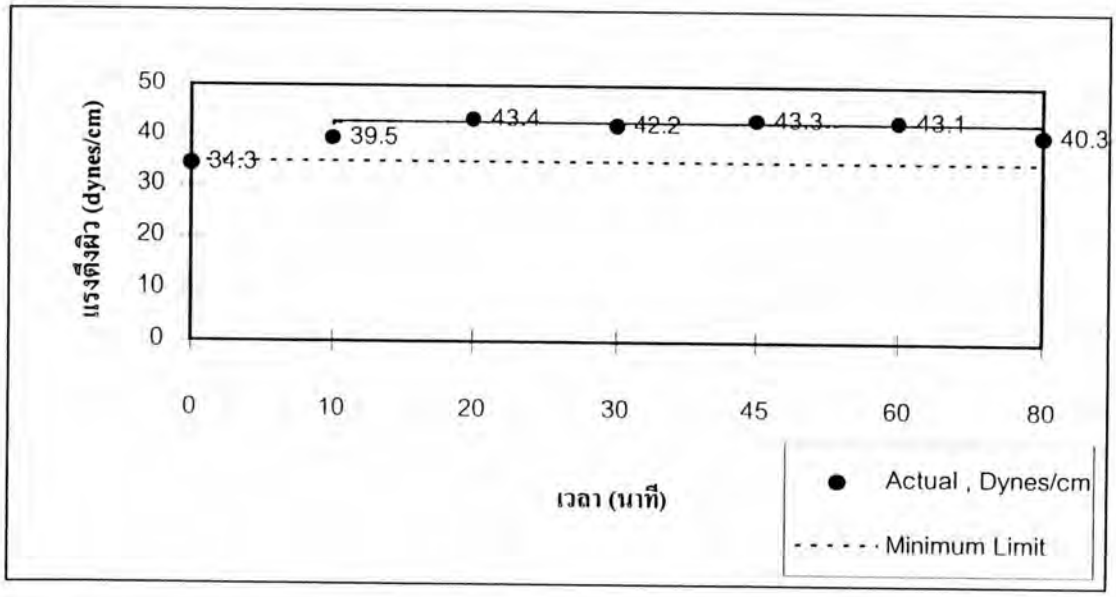
รูปที่ ก 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราส่วนต่างๆ (ตารางที่ 4.6)



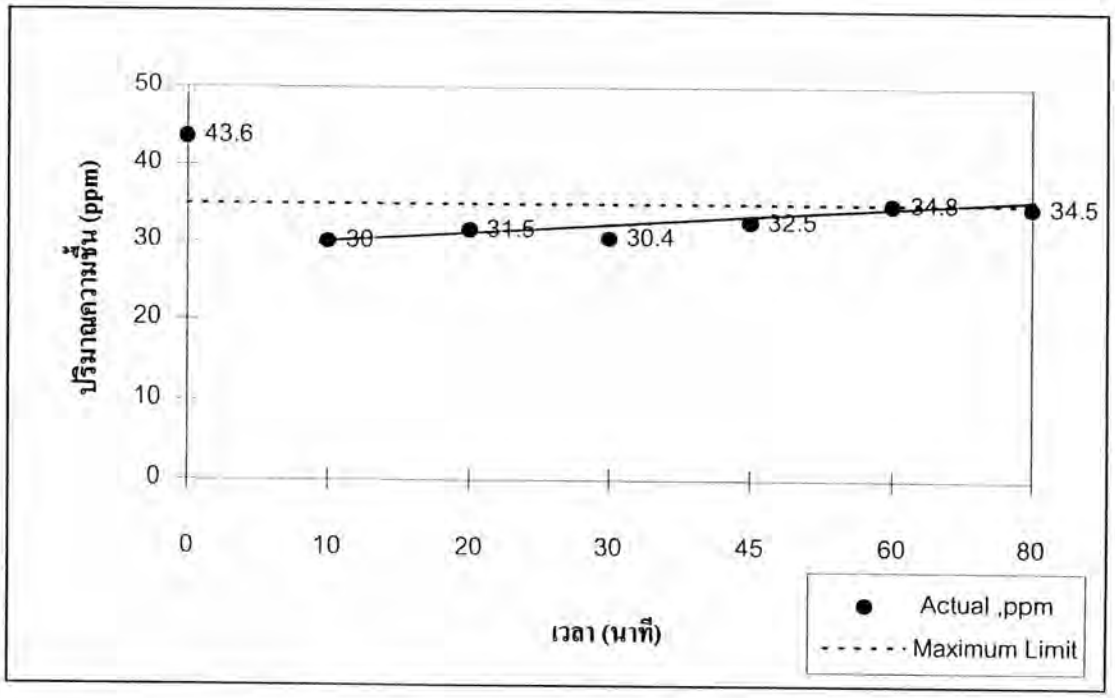
รูปที่ ก 19 ความสัมพันธ์ระหว่างเพาเวอร์แฟคเตอร์ และปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ในอัตราส่วนต่างๆ(ตารางที่ 4.6)



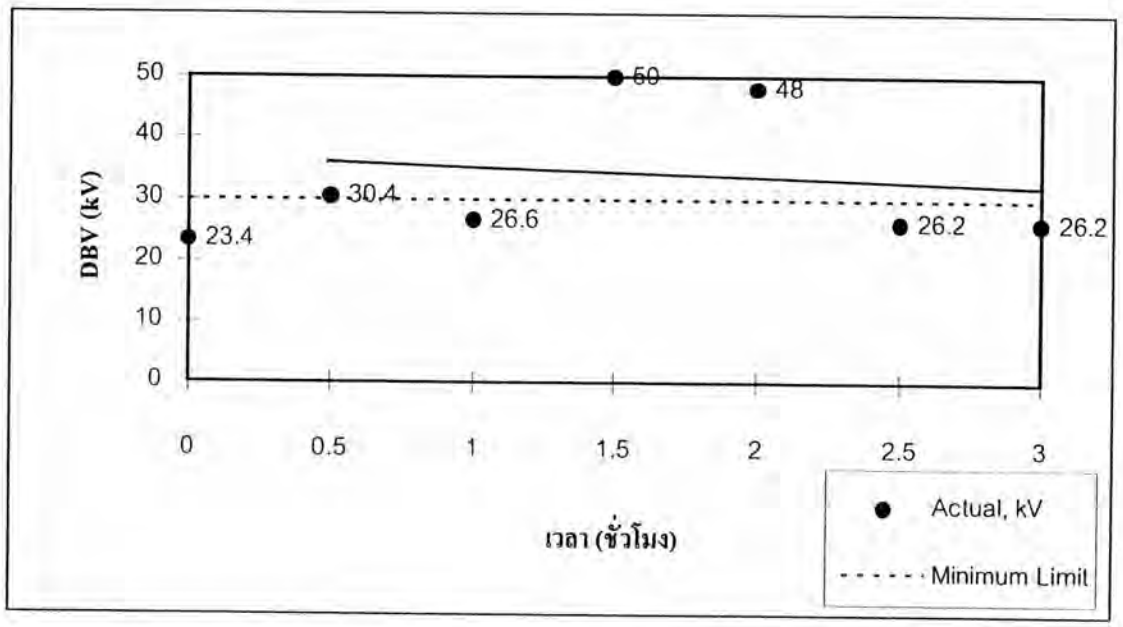
รูปที่ ก 20 ความสัมพันธ์ระหว่าง DBV และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านเถ้าลอย 50 kg. ครั้งเดียว ด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.7)



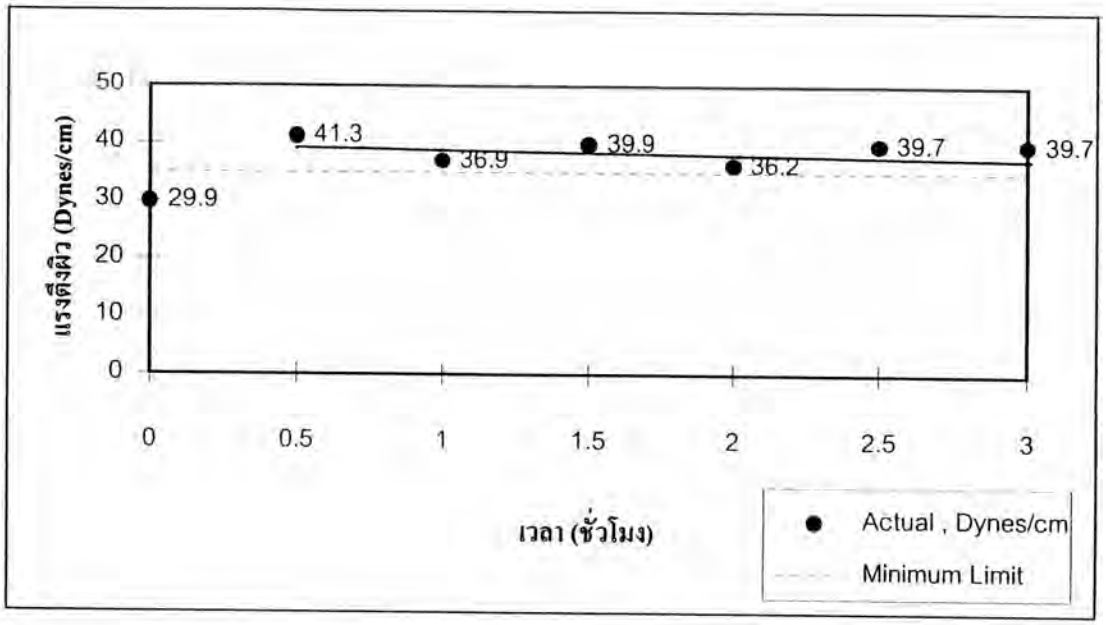
รูปที่ ก 21 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึงผิว และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านเถ้าลอย 50 kg. ครั้ง เดียว ด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.7)



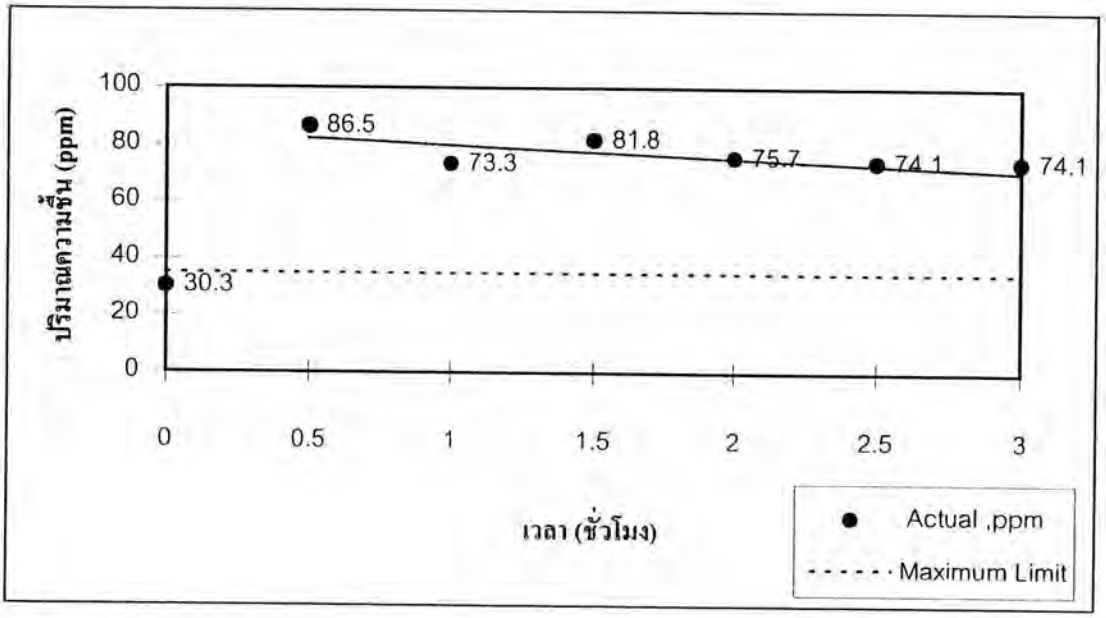
รูปที่ ก 22 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณความชื้น และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านเถ้าลอย 50 kg. ครั้งเดียว ด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.7)



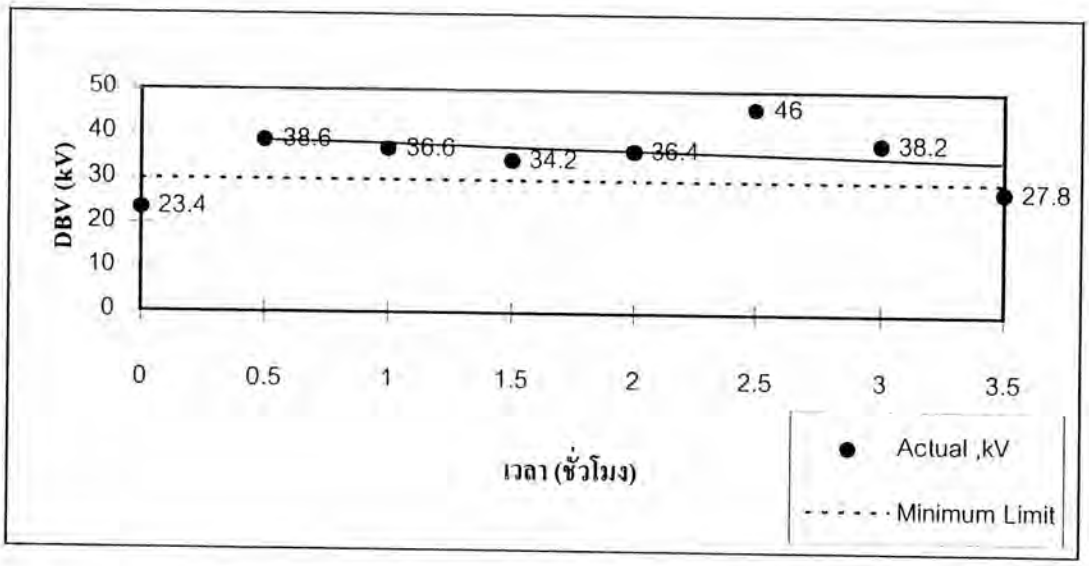
รูปที่ ก 23 ความสัมพันธ์ระหว่าง DBV และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านดินกัมมันต์ 50 kg. ครั้งเดียวด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.8)



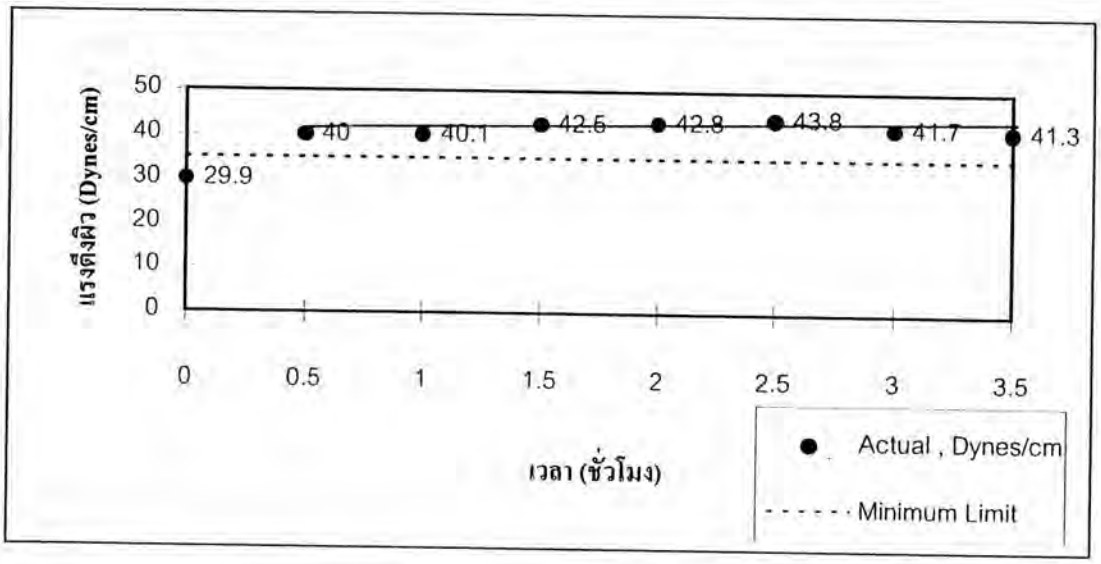
รูปที่ ก 24 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึงผิว และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านดินกัมมันต์ 50 kg. ครั้งเดียวด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.8)



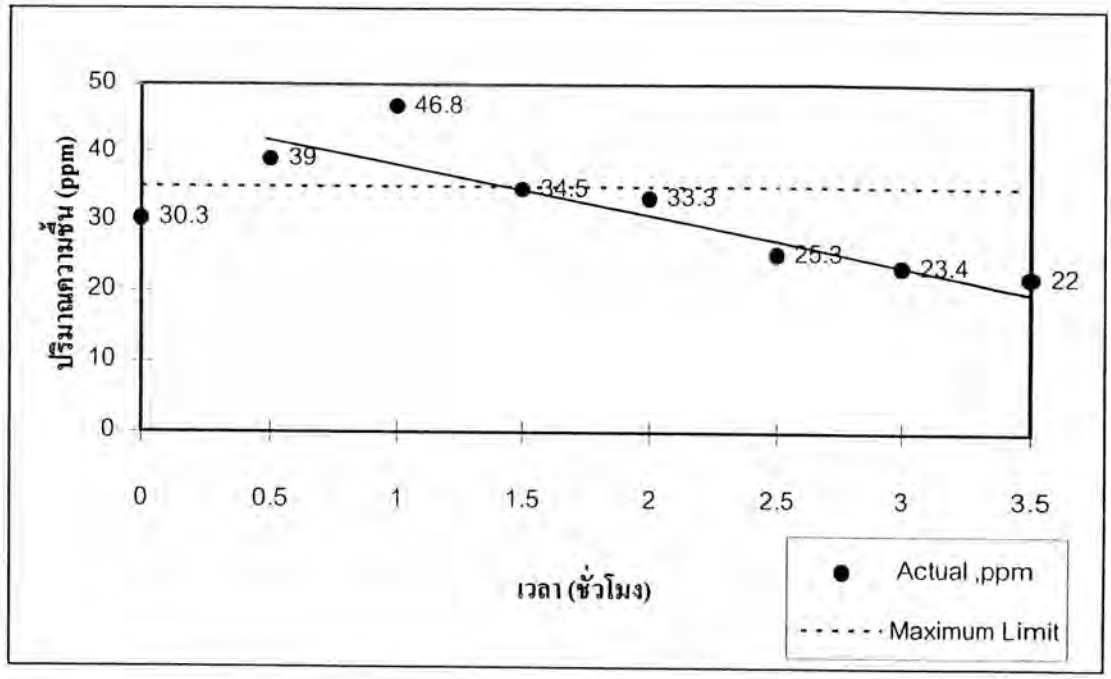
รูปที่ ก 25 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณความชื้น และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านดินกัมมันต์ 50 kg. ครั้งเดียวด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.8)



รูปที่ ก 26 ความสัมพันธ์ระหว่าง DBV และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านเถ้าลอย 50 kg. ครั้ง เดียวด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.9)



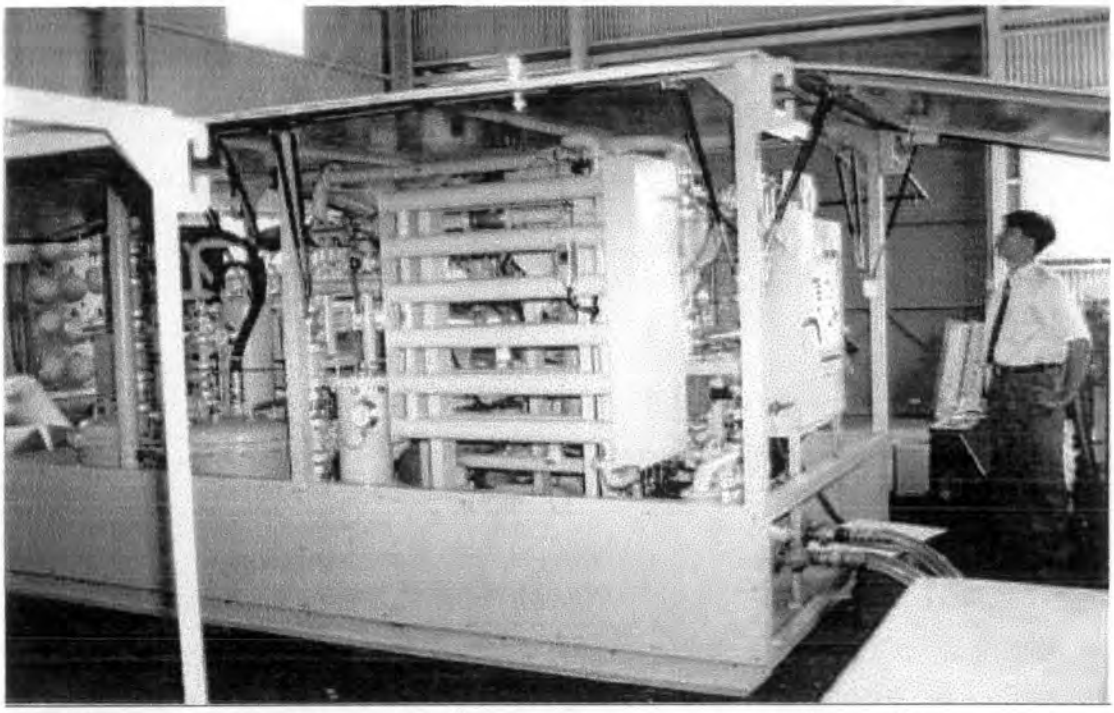
รูปที่ ก 27 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงตึงผิว และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านเถ้าลอย 50 kg. ครั้ง เดียวด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.9)



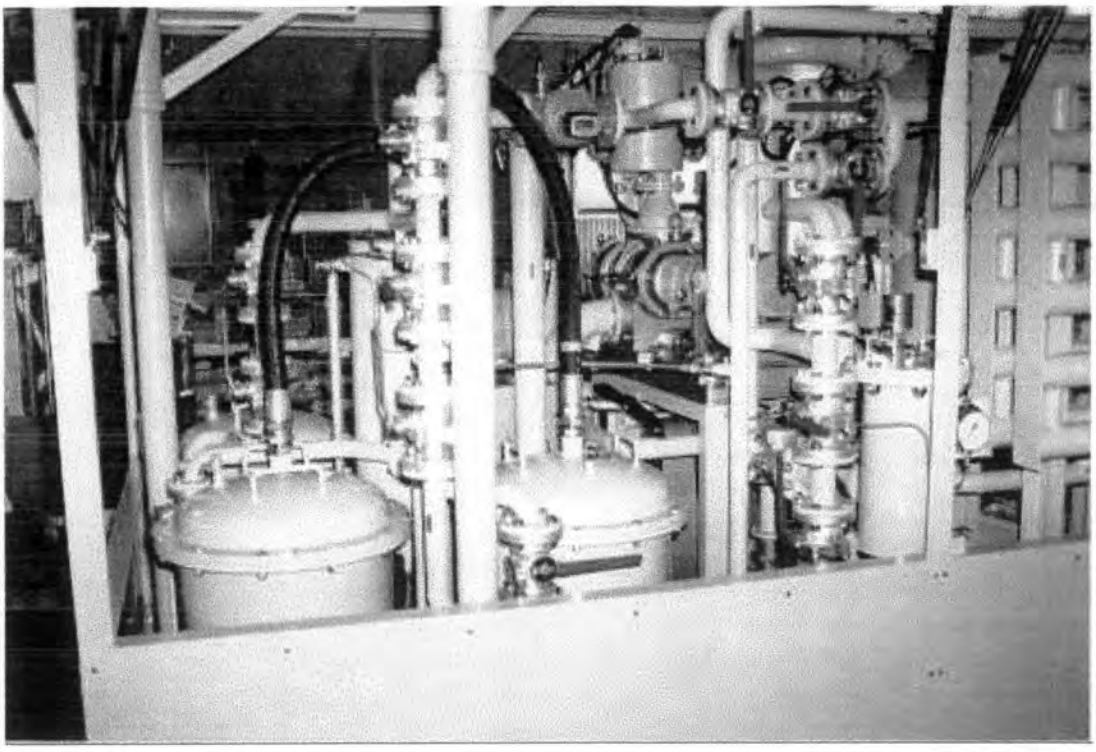
รูปที่ ก 28 ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณความชื้น และ เวลาหลังกรองแบบไหลผ่านเถ้าลอย 50 kg. ครั้งเดียวด้วยอัตรา 350 ลิตรต่อชั่วโมง (ตารางที่ 4.9)

ภาคผนวก ข.

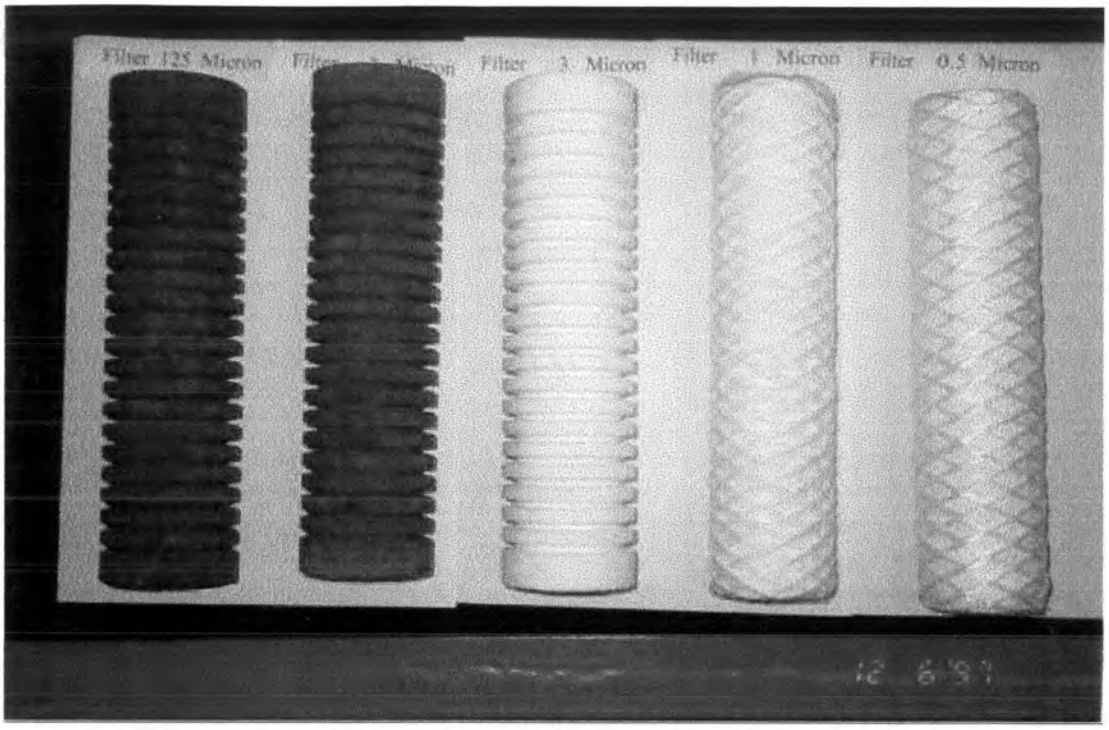
รูปถ่ายประกอบ



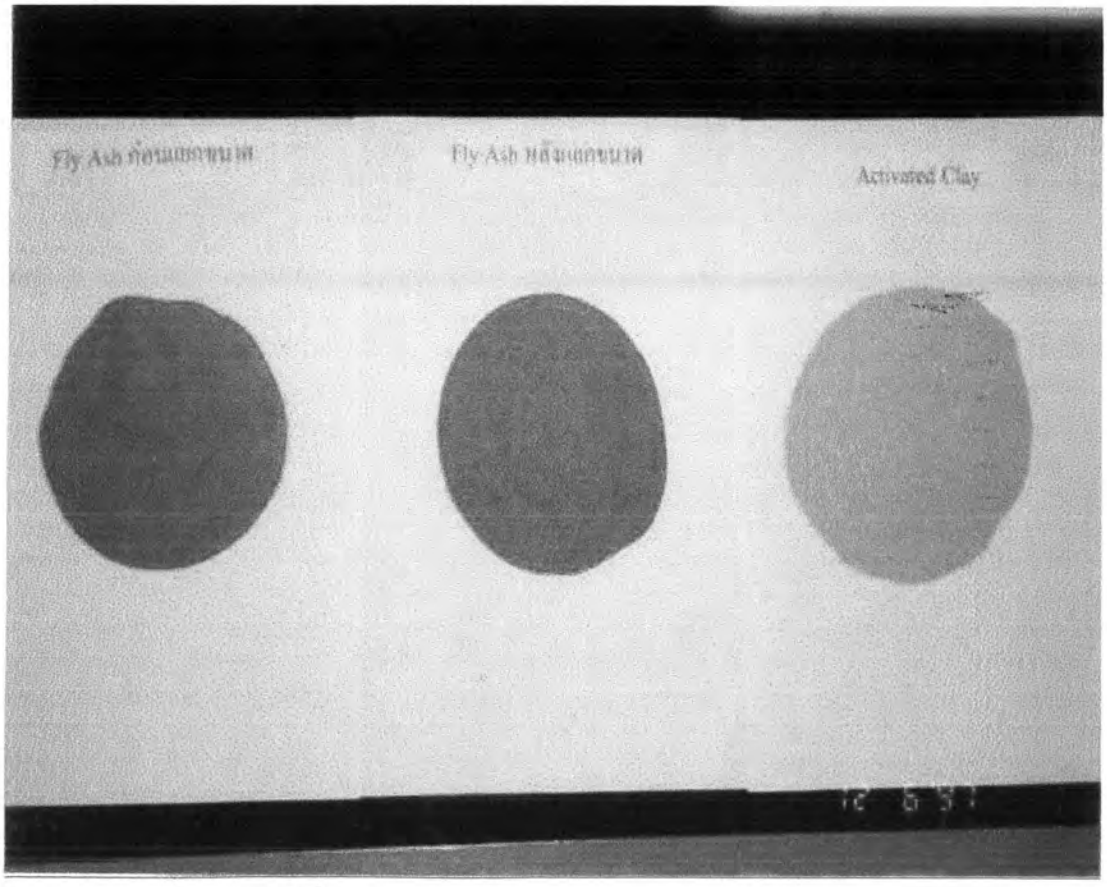
รูปที่ ข 1 ชุดอุปกรณ์ปรับสภาพน้ำมัน ขนาด 12,000 ลิตรต่อชั่วโมง ยี่ห้อ "KATO"



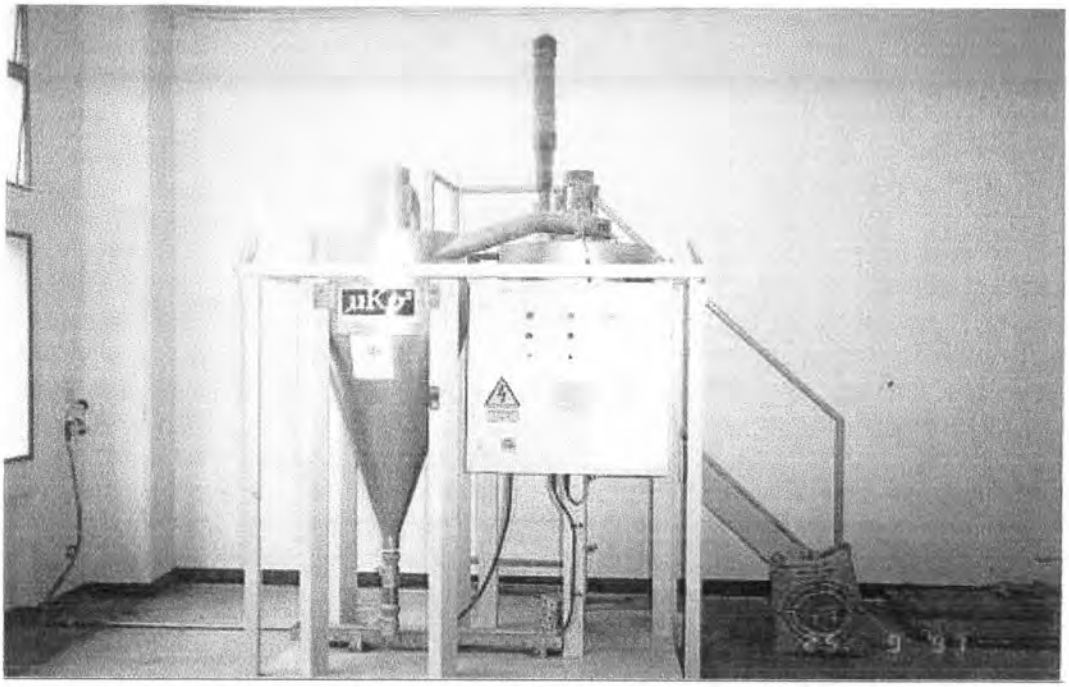
รูปที่ ข 2 หอดูดซับแบบสามารถบรรจุใหม่ได้จำนวน 3 ถังในชุดอุปกรณ์ปรับสภาพน้ำมัน



รูปที่ ข 3 ตัวอย่างไส้กรองขนาดต่างๆ



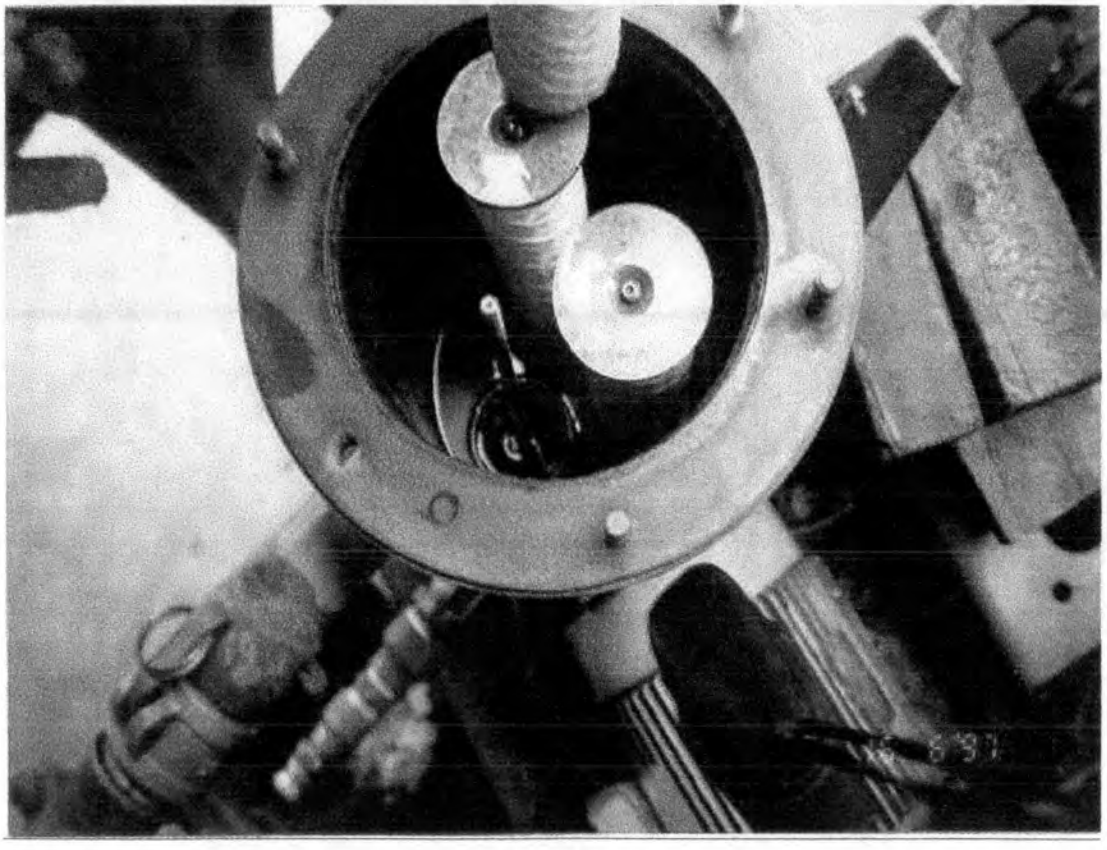
รูปที่ ข 4 ตัวอย่างเถ้าลอย และดินกัมมันต์



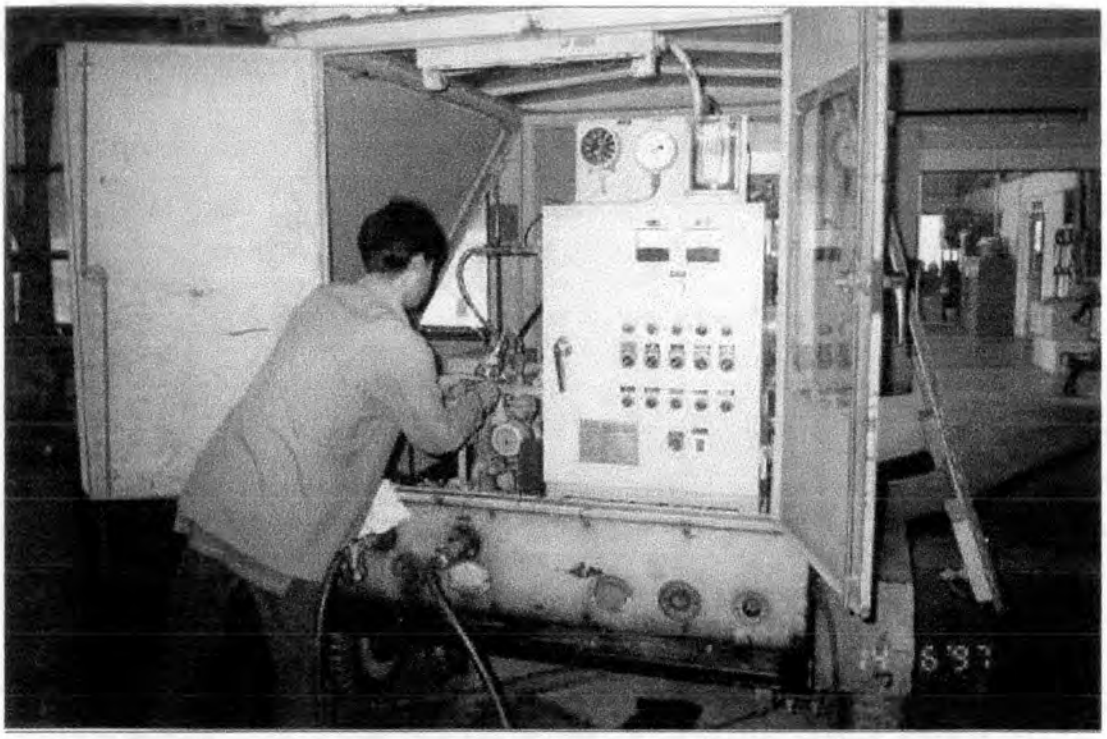
รูปที่ ข 5 เครื่องคัดแยกขนาดเถ้าลอยลิกไนต์ ยี่ห้อ UKPS

รูปที่ ข 6 การถอดชิ้นส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อต่อเข้าอุปกรณ์ปรับสภาพน้ำมัน

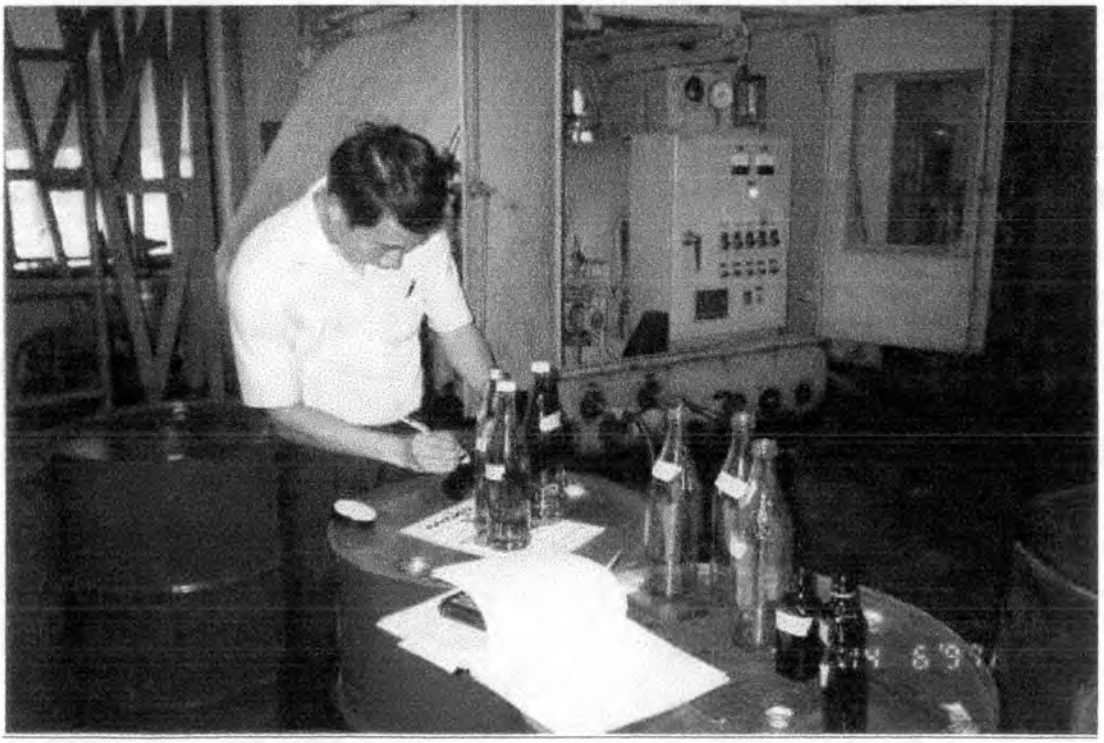
รูปที่ ข 7 การประกอบอุปกรณ์ต่างๆในระบบ



รูปที่ ข 8 ส่วนประกอบต่างๆในถังกรองละเอียด



รูปที่ ข 9 การสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำมันหลังปรับสภาพน้ำมันแล้ว



รูปที่ ข 10 การปิดฉลากตัวอย่างและบันทึกข้อมูล

ภาคผนวก ค

ข้อมูลทางเทคนิค

มาตรฐาน IEEE

ตารางที่ ค 1 มาตรฐานของลักษณะสมบัติของน้ำมันหม้อแปลงตามแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน

SUGGESTED LIMITS FOR IN-SERVICE OILS : Group I by Voltage Class				
Property	**Limit**			**ASTM Test Methods**
Voltage Class	**69 kV and Below**	**Above 69 kV Through 288 kV**	**345 kV and Above**	
Dielectric breakdown voltage, 60 Hz, 0.100 gap 1 min. kV, min.	26	26	26	D877 [6]
Dielectric breakdown voltage 0.040 gap, kV, min	23	26	26	D1816 [16]
Dielectric breakdown voltage 0.080 gap, kV, min	34	45	45	D1816 [16]
Neutralization number max, mg KOH/g	0.2	0.2	0.1	D974 [9]
Interfacial tension, min, mN/m	24	26	30	D971 [8]
Water max, ppm	35	25	20	D1533 [14]
Gas content when specified, max %	●	●	●	D831 [5]
				D1817 [26] or D2945 [22]

◆ Does not pertain to free breathing transformer or compartment.

● Some transformers are equipped with diaphragms to prevent the introduction of aอินฟราเรด. The dissolved gas content in these transformers should be maintained in accordance with the manufacturer's recommended limit.

ตารางที่ ค 2 มาตรฐานลักษณะสมบัติของน้ำมันหม้อแปลงที่ต้องปรับสภาพ

SUGGESTED LIMITS FOR OIL TO BE RECONDITIONED OR RECLAIMED			
Property	**Group II**	**Group III**	**ASTM Test Methods**
Neutralization number max. , mg KOH/g	0.2	0.5	D974 [9]
Interfacial tension, min. , mN/m	24	16	D971 [8]

ตารางที่ ค 3 มาตรฐานลักษณะสมบัติของน้ำมันหม้อแปลงหลังการปรับสภาพ

SUGGESTED PROPERTY REQUIREMENTS OF RECLAIMED OIL FOR TRANSFORMERS		
Property	**Limit**	**ASTM Test Method**
Physical		
Flash point, min, $^{\circ}C$	140 ●	D92 [2]
Pour point, min, $^{\circ}C$	-40 ◆	D97 [3]
Specific gravity, 15 / 15$^{\circ}C$, max	0.91	D1298 [10]
Viscosity, max, cSt at 40$^{\circ}C$ (mm^2 / s)	12.0	D88 [1] OR
		D445 [4]
Color max	1.5	D1500 [12]
Visual examination	Clear	D1524 [13]
Interfacial tension, min, mN / m	35	D971 [8]
Electrical		
Dielectric breakdown voltage, 60 Hz, kV, min	30	D877 [6]
Power factor at 60 Hz, 100$^{\circ}C$, max, %	1	D924 [25]
Chemical		
Neutralization Number, max, mg, mg KOH	0.05	D974 [9]
Oxidation Inhibitor, max %, by wgt	0.3	D2668 [20]
Oxidation Stability, min, minutes	150	D2112 [27]
Oxidation Stability		D2440 [28]
164 h		
% sludge, max	0.25	
Total Acid No, max, mg KOH / 8	0.50	
Water , max, ppm	35	D1533 [14]

● 145$^{\circ}C$ flash point may be desired for 65$^{\circ}C$ rise transformers

◆ In certain sections of the United States and Canada, it is common pracrice to specify a lower or higher pour point , depending upon climatic conditions

ตารางที่ ค 4 มาตรฐานลักษณะสมบัติของน้ำมันหม้อแปลงหลังเติมเข้าหม้อแปลง

SUGGESTED TEST LIMITS FOR RECLAIMED OIL IN TRANSFORMERS AND REACTORS AFTER FILLING BUT BEFORE ENERGIZING				
Property	**Limit**			**ASTM Test Method**
Voltage Class	**69 kV and Below**	**Above 69 kV Through 288 kV**	**345 kV and Above**	
Dielectric breakdown voltage, 60 Hz, kV, min.	30	35	35	D877 [6]
Dielectric breakdown voltage, 60 Hz, kV, min 0.040 gap	26	26	26	D18160[16]
Desอินฟราเรดable, kV	30	30	30	D18160[16]
Neutralization number max, mg KOH/g	0.05	0.05	0.05	D974 [9]
Interfacial tension, min, mN/m	35	35	35	D971 [8]
Water max, ppm	35	20	15 (10 desอินฟราเรดable)	D1533 [14]
Gas content when specified, max %	∞	∞	∞	D831 [5]
				D1817 [26] or
				D2945 [22]
Color, max	1.5	1.5	1.5	D1500 [12]
Condition-visual	Clear	Clear	Clear	D1524 [13]

∞ Some transformers are equipped with diaphragms to prevent the introduction of aอินฟราเรด. The dissolved gas content in these transformers should be maintained in accordance with the manufacturer's recommended limits.

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM

วิธีวัด ความถ่วงจำเพาะ

ASTM D 1298-85 (REAPPROVED 1990)

ขอบเขต เป็นการใช้ไฮโดรมิเตอร์ของน้ำมันซึ่งมีค่าความดันไอรีด (REID VAPOR PRESSURE) ไม่เกิน 176 กิโลปาสคาล (26 psi)

หลักการวิเคราะห์ ความถ่วงจำเพาะ คืออัตราส่วนของมวลของของเหลวที่มีปริมาตรหนึ่งที่อุณหภูมิ 15.6°C ต่อมวลของน้ำบริสุทธิ์ที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน การวิเคราะห์กระทำโดยการจุ่มไฮโดรมิเตอร์ลงในกระบอกตวงซึ่งมีน้ำมันตัวอย่างซึ่งควบคุมอุณหภูมิที่ 15.6° C อ่านค่าความถ่วงจำเพาะจากสเกลของไฮโดรมิเตอร์

วิธีวัดความต่างศักย์สูงสุดที่ทนได้ของฉนวน (DIELECTRIC BREAKDOWN VOLTAGE)

ASTM D 1816-84a (REAPPROVED 1990)

ขอบเขต วิธีวัดนี้เหมาะกับน้ำมันที่ผ่านการกรอง ไล่ก๊าซหรือความชื้นที่ใช้งานที่ความต่างศักย์สูงเกิน 230 kV

หลักการวิเคราะห์ น้ำมันจะถูกใส่ในเซลที่อยู่ระหว่างอิเลกโตรดที่ห่างกัน 1 มิลลิเมตร หรือ 2 มิลลิเมตรโดยน้ำมันถูกกวนตลอดเวลา ค่อยๆเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างอิเลกโตรดในอัตรา 0.5 กิโลโวลต์ต่อวินาที (kV/s) เมื่อถึงจุดหนึ่งที่น้ำมันไม่สามารถคงความเป็นฉนวนได้ จะเกิดกระแสไหลผ่าน บันทึกค่าความต่างศักย์ที่ก่อให้เกิดกระแสในช่วง 2 - 20 มิลลิแอมแปร์ เป็นค่า ความต่างศักย์สูงสุดที่ทนได้ของฉนวน ทำการวัด 5 ครั้งต่อน้ำมัน 1 ตัวอย่าง นำค่ามาเฉลี่ยเพื่อออกรายงาน

วิธีวัดค่าความสูญเสียทางฉนวน

ASTM D 924 -92

ขอบเขต วิธีวัดนี้สามารถใช้กับน้ำมันหม้อแปลงใหม่ หรือน้ำมันหม้อแปลงที่อยู่ระหว่างใช้งาน

หลักการวิเคราะห์ คุณลักษณะการสูญเสีย (LOSS CHARACTERISTIC) จะถูกวัดในรูปดิสสิเพชันแฟคเตอร์ (DISSSIPATION FACTOR OR TAN DELTA) หรือในรูปพาวเวอร์แฟคเตอร์ (POWER FACTOR) ตัวอย่างน้ำมันจะถูกทดสอบในเซล ที่อุณหภูมิที่ต้องการ ในที่นี้ทดสอบที่ 100° C ใช้วงจรบริดจ์ วัดคุณลักษณะการสูญเสียและคาปาซิแตนซ์

วิธีการวัดแรงตึงผิวของน้ำมันเมื่อเทียบกับน้ำ

โดยวิธี RING METHOD (ASTM D971-91)

หลักการ

แรงตึงผิว เป็นแรงที่ต้องใช้ในการแยกวงแหวนซึ่งทำด้วยลวดแพลตตินัม ขึ้นจากรอยต่อระหว่างน้ำและน้ำมัน อุปกรณ์ประกอบด้วย

1. เทนซิโอมิเตอร์ (TENSIOMETER) ซึ่งมีลวดสำหรับยกวงแหวนแพลตตินัม ปลายข้างหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องชั่งวัดค่าแรงดึงในหน่วย มิลลินิวตันต่อเมตร (mN/m)
2. วงแหวนแพลตตินัม ทำด้วยลวดแพลตตินัม ละเอียด มีเส้นรอบวงยาว 4 หรือ 6 ซม. เชื่อมกับโกลน สำหรับคล้องเข้ากับลวดยกของเทนซิโอมิเตอร์ (TENSIOMETER)
3. บีกเกอร์แก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 45 มิลลิเมตร

วิธีการวัดโดยย่อ

1. ใส่น้ำกลั่น 50 ถึง 75 มิลลิลิตร ที่ 25°C ในบีกเกอร์ที่สะอาดแล้วจึงวางลงบนแท่นของ TENSIOMETER แขวนวงแหวนแพลตตินัม ที่ล้างสะอาดแล้วเข้ากับ TENSIOMETER เลื่อนแท่นซึ่งมีบีกเกอร์นั้นขึ้นจนวงแหวนจุ่มอยู่ใต้น้ำลึกไม่เกิน 6 มิลลิลิตร ค่อยๆเลื่อนแท่นลงอย่างช้าๆโดยรักษาวงแหวนให้อยู่ในแนวระดับตลอด เมื่อฟิล์มที่จับวงแหวนแตกให้รีบอ่านค่าแรงดึงในขณะนั้น ซึ่งควรจะมีค่า 71-72 mN/m หากอ่านค่าได้นอกเหนือจากช่วงดังกล่าวต้องทำการปรับอุปกรณ์หรือล้างอุปกรณ์ให้สะอาด

2. ปรับค่าแรงดึงให้อ่าน 0 mN/m ยกแท่นขึ้นจนวงแหวนจุ่มอยู่ใต้น้ำกลั่นลึก 5 มิลลิเมตร เติมน้ำมันที่กรองแล้วที่มีอุณหภูมิ 25°C ลงในน้ำจนมีความสูงของชั้นน้ำมัน 10 มิลลิเมตร ระวังอย่าให้วงแหวนสัมผัสรอยต่อของน้ำมันและน้ำ ทิ้งเวลาให้รอยต่ออยู่ตัว 30 วินาที จึงลดระดับของแท่นลงอย่างช้าๆ บันทึกค่าแรงดึงเมื่อวงแหวนถูกดึงผ่านพ้นรอยต่อระหว่างน้ำมันและน้ำ

3. นำค่าแรงดึงที่วัดได้จากข้อ 2 มาปรับค่าด้วยคอเร็คชันแฟคเตอร์ (Correction Factor) เป็นค่าแรงตึงผิว

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำในน้ำมันหม้อแปลง

ASTM D 1533-96 (KARL FISCHER REACTION METHOD)

ขอบเขต ใช้วิเคราะห์ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำมันหม้อแปลงน้อยกว่า 200 ppm

หลักการวิเคราะห์ ใช้วิธีรีดักชั่นของไอโอดีนตามปฏิกิริยาคาร์ล ฟิชเชอร์ (KARL FISCHER) ดังสมการ

$$SO_2 + 2\,CH_3OH \rightleftharpoons CH_3SO^-_3 + CH_3OH^-_2$$

$$CH_3SO^-_3 + I_2 \rightleftharpoons CH_3SO_3I^-_2$$

$$CH_3SO^-_3\,I^-_2 + H_2O \longrightarrow CH_3SO^-_4 + 2I^- + 2H^+$$

ตัวทำละลาย คลอโรฟอร์ม-เมธานอลที่ใช้ในการไตเตรตจะถูกทำให้ปราศจากน้ำโดยทำปฏิกิริยากับไอโอดีน ซึ่งผลิตจากเครื่องกำเนิดไอโอดีน เครื่องกำเนิดไอโอดีนจะทำการส่งกระแสที่รู้ค่ามาผลักดันให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยน I^- ให้เป็น I_2 ในปริมาณที่เพียงพอจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้หมด ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการพักของเครื่องนำสารละลายที่ปราศจากน้ำนี้มาไตเตรตกับน้ำมันตัวอย่าง โดยเครื่องกำเนิดไอโอดีนจะผลิตไอโอดีนมาทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างอัตโนมัติโดยวิธีการคูลอมเมตริก ไตเตรตชัน จุดยุติจะกำหนดโดยการวัดกระแสที่ไหลระหว่างขั้วแพลตตินัม 2 ขั้ว ซึ่งรักษาความต่างศักย์ไว้ที่ 20 - 50 มิลลิโวลต์ ปริมาณน้ำสามารถอ่านได้โดยตรงจากมิเตอร์

วิธีวิเคราะห์หา ค่าการสะเทินกรด (NEUTRALIZATION NUMBER)

ASTM D 974 - 95

ขอบเขต ในกรณีของน้ำมันหม้อแปลงนี้ เป็นการหาปริมาณกรดที่มีค่าคงที่การแตกตัวในน้ำมากกว่า 10^{9} ค่านี้จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าค่าปริมาณกรดรวม (TOTAL ACID NUMBER) หมายถึงตัวเลขแสดงมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งต้องใช้ในการสะเทินองค์ประกอบในน้ำมันที่เป็นกรดทั้งหมด ที่มีในน้ำมัน 1 กรัม

หลักการวิเคราะห์ ใช้วิธีการไตเตรตโดยใช้อินดิเคเตอร์สี โดยนำน้ำมันตัวอย่างละลายในตัวทำละลายผสมของ โทลูอีน - ไอโซโปรปิลอัลกอฮอล์ ซึ่งมีน้ำอยู่เล็กน้อย แล้วนำมาไตเตรตกับสารละลายด่างในอัลกอฮอล์จนถึงจุดยุติซึ่งบ่งบอกได้จากการเปลี่ยนสีของพารา แนพธอลเบนซีนินอินดิเคเตอร์

วิธีวัด สีของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

ASTM D 1500-91

ขอบเขต เป็นการวัดสีในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลี่ยม รวมทั้งน้ำมันฉนวนต่างๆ โดยใช้การมองด้วยตา

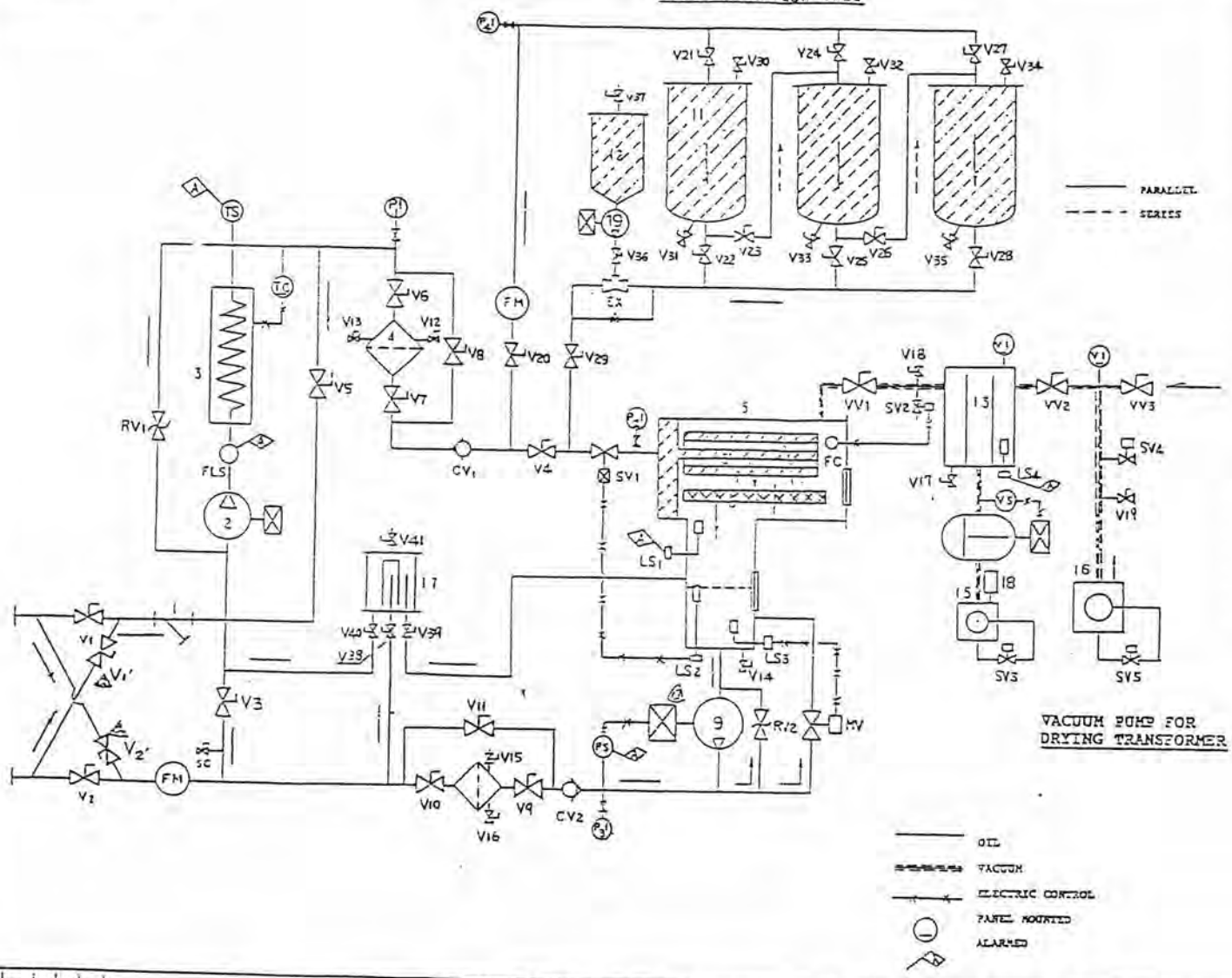
หลักการวิเคราะห์ ใส่น้ำมันตัวอย่างในที่บรรจุตัวอย่างซึ่งทำด้วยแก้วแล้ววางในอุปกรณ์เทียบสี ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงส่องผ่าน เทียบสีที่ลอดผ่านน้ำมันตัวอย่างกับสีมาตรฐานอ่านค่าจากสเกลของสีที่ใกล้เคียงกับสีตัวอย่าง เลขสเกลมีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 8.0

รูปที่ ค 5

แผนภาพชุดอุปกรณ์ปรับสภาพน้ำมันหม้อแปลง

DWG. NO. M32-20016

OIL RECLAMATION UNIT



ITEM	NOMENCLATURE	QTY	MATERIAL
1	STRAINER		25 60 mesh
2	OIL INLET PUMP		6000/12000 L/H
3	OIL HEATER		120 KW
4	PRE-FILTER		3 micron
5	VACUUM CHAMBER		
6	SPRAY NOZZLE		
7	DEGASSING ELEMENT		
8	DEGASSING COLUMN		
9	OIL OUTLET PUMP		6000/12000 L/H
10	AFTER FILTER		0.5 micron
11	FULLER'S EARTH TANK		70 Kg
12	INHIBITOR TANK		30 Lit
13	VAPOR TRAP		
14	MECHANICAL BOOSTER		500 M3/H
15	VACUUM PUMP		1500 L/M
16	VACUUM PUMP		3000 L/M
17	GAS & MOISTURE TESTER		KCM-5A
18	OIL MIST SEPARATOR		
19	INHICITOR PUMP		
PI	PRESSURE GAUGE		
PS	PRESSURE SWITCH		
TC	THERMO-CONTROL		
VT	VACUUM GAUGE		
VS	VACUUM SWITCH		
V	BALL VALVE		
VV	VACUUM VALVE		
RV	RELIEF VALVE		
SV	SOLENOID VALVE		
MV	MOTOR VALVE		
LS	LEVEL SWITCH		
FLS	FLOW SWITCH		
FC	FOAM CONTROL		
FM	FLOW METER		
SC	SAMPLING COCK		
TS	THERMO-STAT		

REVISED	DATE	BY
A IT CHANGE	1-10-92	
	17-11-92	
	DEC 3-93	
	01 DEC 4'93	

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

1. ANGLE PROJECTION
2. DIM IN mm
3. SCALE NTS
4. DATE 16-9-'92
5. DRAWN
6. CHECKED S. Hamamoto
7. DESIGNED
8. APPROVED W. K.

HEAT TREATMENT FINISH

KATO ELECTRIC MFG. CO., LTD.

TITLE: MODEL KLVC-4SAECV-1 /KCF-70T3
FLOW DIAGRAM FOR INSULATING OIL RECLAMATION UNIT

DWG. NO. M32-20016

ประวัติผู้เขียน

นายวิศาล อิทธิฤทธานนท์ เกิดวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2502 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาชั้นประถมตอนต้น จากโรงเรียนกว่างเจ้า และ สำเร็จการศึกษาชั้นประถมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสว่างวัฒนา และเข้าศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและ ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลายที่โรงเรียนเทพศิรินทร์จนสำเร็จ ในปี พ.ศ. 2521 ได้ศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาจนสำเร็จการศึกษา วุฒิปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2524 ปัจจุบันทำงานที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี