ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ข้อมูลทางเทคนิคของ ZSM-5

ACS MATERIAL®
Advanced Chemicals Supplier

Technical Data Sheet

ACS Material Mesoporous Molecular Sieve
ZSM-5 Catalyst

Table of Contents

1 – Preparation Method
2 – Characterizations
3 – Application Fields

Contact Information:
Manufacturer: ACS Material, LLC.
Address: 959 E Walnut St. Suite 100
Pasadena, CA 91106, USA
Phone: (866)-227-0656
Fax: (781)-518-0284
E-Mail: contact@acsmaterial.com
Revision: 050117

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. Preparation Method

Hydrothermal Method

2. Characterizations

Appearance:	Column (pelletized), solid
SiO_2/Al_2O_3 Molar Ratio:	38
Dimension:	Φ2×2-10 mm
Pore Volume:	≥0.25 cm^3/g
BET surface area:	≥250 m^2/g
Bulk Density:	~0.72 kg/m^3
Crushing Strength:	≥98 N/cm^2
Attrition:	<1 wt.%

3. Application Fields

1) Diesel Oil Nonhydrodewaxing catalysts: decrease the freezing point of diesel fuel
2) DCC catalyst: maximize to produce propylene
3) FCC Catalyst or additives: improve the gasoline octane number and the yields of LPG and propylene
4) Xylene isomerization catalyst
5) Methanol converting to gasoline
6) Aromatization catalyst

Disclaimer: ACS Material, LLC believes that the information in this Technical Data Sheet is accurate and represents the best and most current information available to us. ACS Material makes no representations or warranties either express or implied, regarding the suitability of the material for any purpose or the accuracy of the information contained within this document. Accordingly, ACS Material will not be responsible for damages resulting from use of or reliance upon this information.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

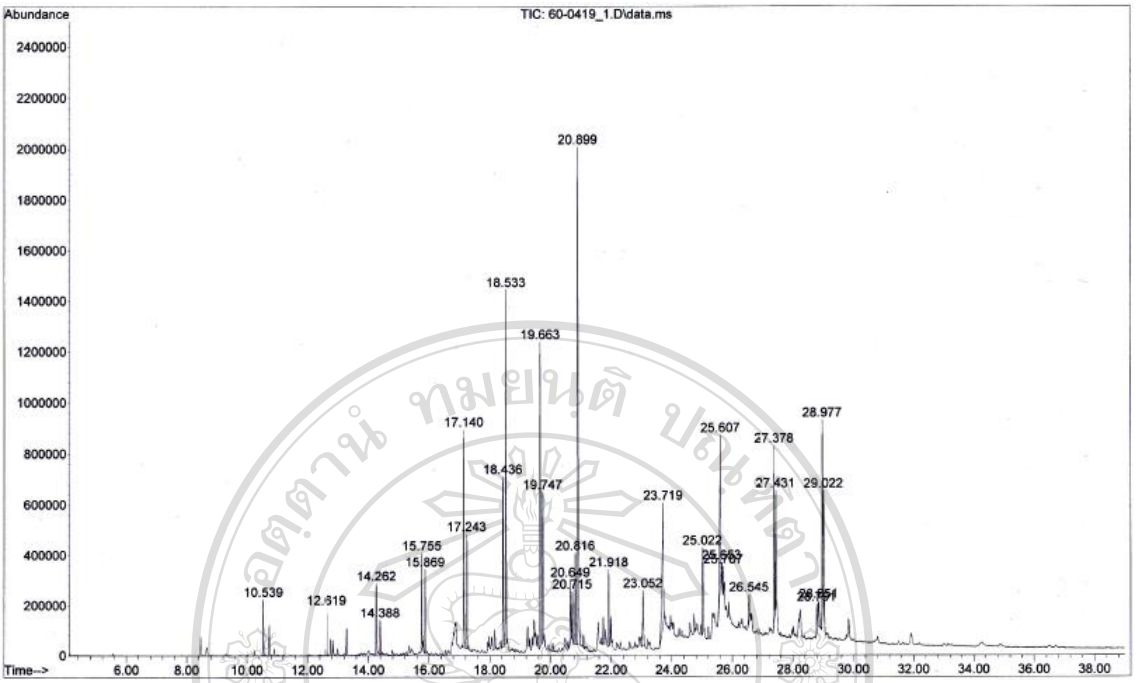
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์เหลวแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย Gas Chromatography - Mass Spectrometer (GC-MS)

ตารางที่ ข1 ข้อมูล GC-MS องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์เหลวแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

Time (min.)	Formula	Type	Time (min.)	Formula	Type
10.539	$C_{22}H_{34}$	Hydrocarbon	20.899	$C_{17}H_{36}$	Hydrocarbon
12.619	$C_{11}H_{22}$	Hydrocarbon	21.918	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
14.262	$C_{12}H_{24}$	Hydrocarbon	23.052	$C_{17}H_{34}O$	Ketone
14.388	$C_{12}H_{26}$	Hydrocarbon	23.719	$C_{16}H_{32}O_2$	Carboxylic acid
15.755	$C_{13}H_{26}$	Hydrocarbon	25.022	$C_{19}H_{38}O$	Ketone
15.869	$C_{13}H_{28}$	Hydrocarbon	25.607	$C_{18}H_{36}O_2$	Carboxylic acid
17.140	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon	25.653	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
17.243	$C_{14}H_{30}$	Hydrocarbon	25.707	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
18.436	$C_{15}H_{30}$	Hydrocarbon	26.545	$C_{23}H_{46}$	Hydrocarbon
18.533	$C_{15}H_{32}$	Hydrocarbon	27.378	$C_{19}H_{38}$	Hydrocarbon
19.663	$C_{15}H_{32}$	Hydrocarbon	27.431	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
19.747	$C_{16}H_{34}$	Hydrocarbon	28.791	$C_{14}H_{26}$	Hydrocarbon
20.649	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon	28.851	$C_{26}H_{50}$	Hydrocarbon
20.715	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon	28.977	$C_{23}H_{46}$	Hydrocarbon
20.816	$C_{16}H_{30}O$	Ketone	29.022	$C_{19}H_{38}$	Hydrocarbon

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครมาโตแกรมและข้อมูล GC-MS ของผลิตภัณฑ์เหลวแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา
จากการทดสอบที่สภาวะที่ดีที่สุด



Time (min)	Peak area
10.539	2943605
12.619	2621764
14.262	3944112
14.388	1800905
15.755	5290284
15.869	4502041
17.140	12407537
17.243	6133500
18.436	9526819
18.533	20283054

Time (min)	Peak area
19.663	17781274
19.747	8493247
20.649	4287943
20.715	3209901
20.816	5696950
20.899	31495798
21.918	4637400
23.052	4860880
23.719	16353887
25.022	5400196

Time (min)	Peak area
25.607	13862732
25.653	903716
25.707	1293376
26.545	1700339
27.378	10199999
27.431	6359416
28.791	1895516
28.851	2215431
28.977	10219728
29.022	6338561

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผลิตภัณฑ์เหลวด้วย

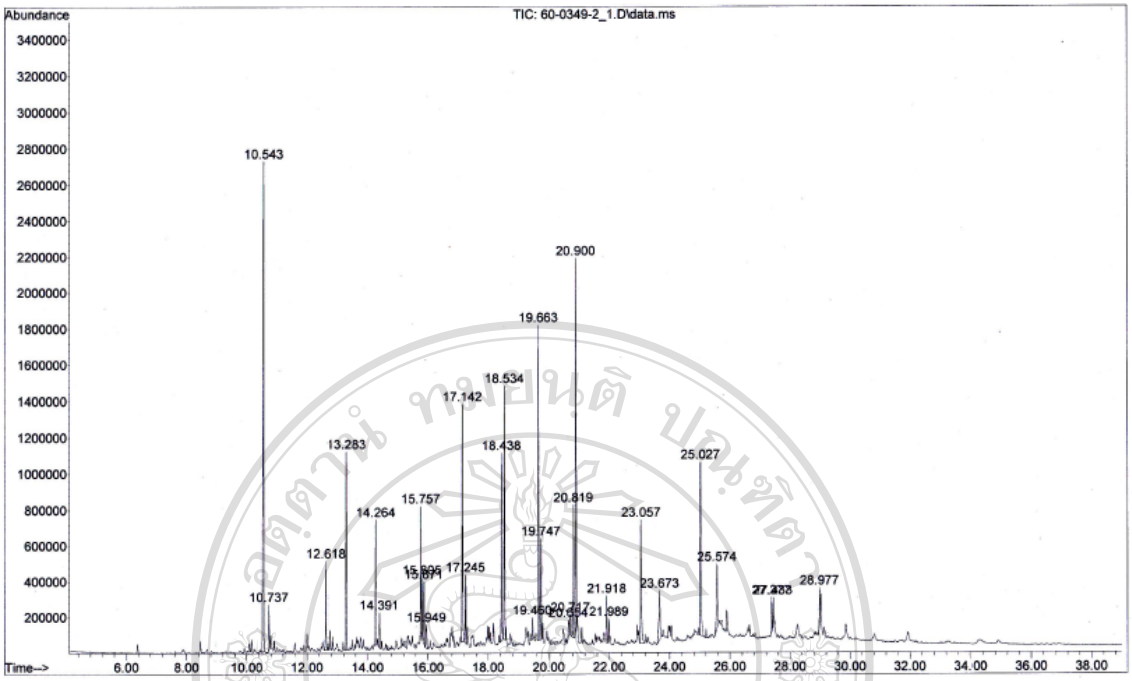
Gas Chromatography - Mass Spectrometer (GC-MS)

ตารางที่ ข2 ข้อมูล GC-MS องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์เหลว

Time (min.)	Formula	Type	Time (min.)	Formula	Type
10.54	$C_8H_{24}O_4Si_4$	Other	19.66	$C_{16}H_{32}$	Hydrocarbon
10.74	$C_{10}H_{20}$	Hydrocarbon	19.75	$C_{16}H_{34}$	Hydrocarbon
12.62	$C_{11}H_{22}$	Hydrocarbon	20.65	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
13.28	$C_5H_{20}O_5Si_5$	Other	20.72	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
14.26	$C_{12}H_{24}$	Hydrocarbon	20.82	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
14.39	$C_{12}H_{26}$	Hydrocarbon	20.90	$C_{17}H_{36}$	Hydrocarbon
15.76	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon	21.92	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
15.80	$C_{12}H_{36}O_6Si_6$	Other	21.99	$C_{18}H_{38}$	Hydrocarbon
15.87	$C_{13}H_{28}$	Hydrocarbon	23.06	$C_{17}H_{34}O$	Ketone
15.95	$C_{10}H_8$	Hydrocarbon	23.67	$C_{16}H_{32}O_2$	Carboxylic acid
17.14	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon	25.03	$C_{19}H_{38}O$	Ketone
17.25	$C_{14}H_{30}$	Hydrocarbon	25.57	$C_{18}H_{36}O_2$	Carboxylic acid
18.44	$C_{15}H_{30}$	Hydrocarbon	27.38	$C_{19}H_{38}$	Hydrocarbon
18.53	$C_{15}H_{32}$	Hydrocarbon	27.43	$C_{20}H_{40}$	Hydrocarbon
19.46	C_6H_{10}	Hydrocarbon	28.98	$C_{26}H_{52}$	Hydrocarbon

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โครมาโตแกรมและข้อมูล GC-MS ของผลิตภัณฑ์เหลว
จากการทดสอบที่สภาวะที่ดีที่สุด



Time (min)	Peak area
10.543	37932137
10.737	3667229
12.618	7328111
13.283	14759745
14.264	10070345
14.391	262315
15.757	10165283
15.805	3824171
15.871	4785271
15.949	3053655

Time (min)	Peak area
17.142	19878525
17.245	5446958
18.438	15517711
18.534	20209017
19.460	1823478
19.663	25643921
19.747	7992783
20.655	2500677
20.717	2253698
20.819	11434316

Time (min)	Peak area
20.900	30552928
21.918	4319892
21.989	1861789
23.057	13876847
23.673	7869681
25.027	18454512
25.574	8537962
27.377	2825558
27.433	2189488
28.977	2590914

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ของเหลวโมเลกุลเบาด้วย

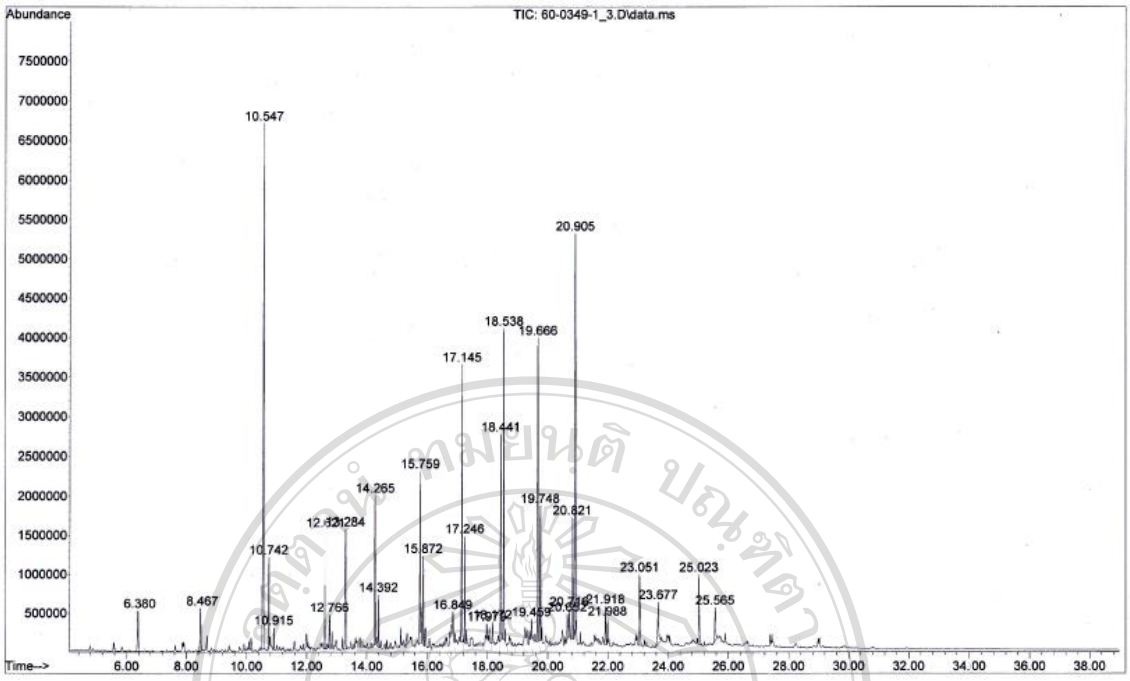
Gas Chromatography - Mass Spectrometer (GC-MS)

ตารางที่ ข3 ข้อมูล GC-MS องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์เหลวโมเลกุลเบา

Time (min.)	Formula	Type
6.380	$C_{36}H_{18}O_3Si_3$	Other
8.467	C_9H_{18}	Hydrocarbon
10.547	$C_{48}H_{40}O_4Si_4$	Other
10.742	$C_{10}H_{20}$	Hydrocarbon
10.915	$C_{10}H_{22}$	Hydrocarbon
12.621	$C_{11}H_{22}$	Hydrocarbon
12.766	$C_{11}H_{24}$	Hydrocarbon
13.284	$C_5H_{20}O_5Si_5$	Other
14.266	$C_{12}H_{24}$	Hydrocarbon
14.392	$C_{12}H_{26}$	Hydrocarbon
15.759	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon
15.872	$C_{13}H_{28}$	Hydrocarbon
16.849	$C_{10}H_{20}O_2$	Carboxylic acid
17.145	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon
17.246	$C_{14}H_{30}$	Hydrocarbon
18.172	C_6H_{10}	Hydrocarbon
18.441	$C_{15}H_{30}$	Hydrocarbon
18.538	$C_{15}H_{32}$	Hydrocarbon
19.459	C_6H_{10}	Hydrocarbon
19.666	$C_{16}H_{32}$	Hydrocarbon
19.748	$C_{16}H_{34}$	Hydrocarbon
20.652	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
20.716	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
20.821	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
20.905	$C_{17}H_{36}$	Hydrocarbon
21.918	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
21.988	$C_{18}H_{38}$	Hydrocarbon
23.051	$C_{17}H_{34}O$	Ketone
23.677	$C_{14}H_{28}O_2$	Carboxylic acid
25.023	$C_{19}H_{38}O$	Ketone
25.565	$C_{18}H_{36}O_2$	Carboxylic acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โครมาโตแกรมและข้อมูล GC-MS ของผลิตภัณฑ์เหลวโมเลกุลเบา
จากการทดสอบที่สภาวะที่ดีที่สุด



Time (min)	Peak area
6.380	9634526
8.467	10108299
10.547	89525792
10.742	16722126
10.915	3876715
12.621	22828565
12.766	5610201
13.284	21407267
14.266	27478532
14.392	8874901
15.759	38026806

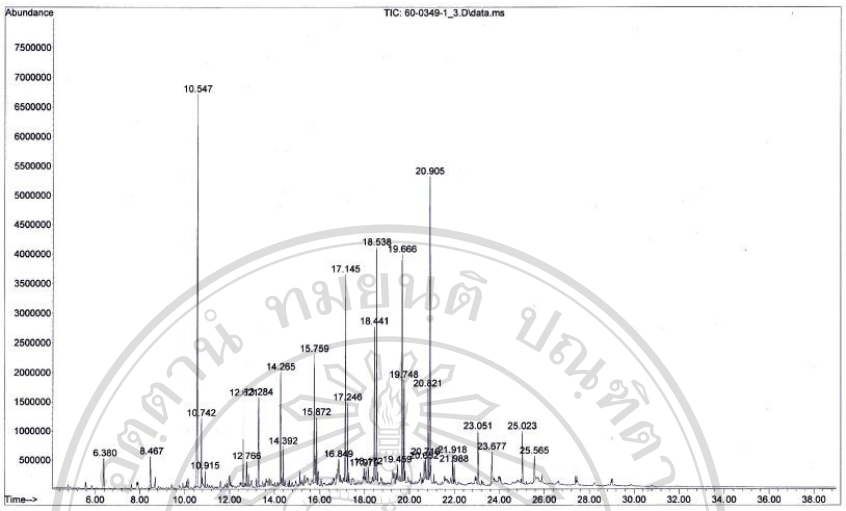
Time (min)	Peak area
15.872	15731715
16.849	4499700
17.145	50772186
17.246	18384824
18.172	4281000
18.441	38923312
18.538	57751279
19.459	4289108
19.666	57762639
19.748	23571734

Time (min)	Peak area
20.652	6557054
20.716	6208502
20.821	24090199
20.905	76172993
21.918	7893934
21.988	4533483
23.051	17480989
23.677	15112147
25.023	16013625
25.565	10321746

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เหลวโมเลกุลเบาด้วย GC-MS

GC-MS ของผลิตภัณฑ์เหลวโมเลกุลเบาจากการทดสอบที่อุณหภูมิ 443°C, เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 6.3%wt



จากโครมาโตรแกรมจะได้ข้อมูล Time และ Peak area ซึ่งสามารถวิเคราะห์แยกชนิดผลิตภัณฑ์เหลวโมเลกุลเบา ได้ดังตารางที่ ข4

ตารางที่ ข4 ข้อมูล GC-MS ของผลิตภัณฑ์เหลวและการวิเคราะห์แยกชนิดของผลิตภัณฑ์เหลว

Time (min.)	Peak area	Formula	Type
6.380	963526	$C_{36}H_{18}O_3Si_3$	Other
8.467	10108299	C_9H_{18}	Hydrocarbon
10.547	89525792	$C_{48}H_{40}O_4Si_4$	Other
10.742	16722126	$C_{10}H_{20}$	Hydrocarbon
10.915	3876715	$C_{10}H_{22}$	Hydrocarbon
12.621	22828565	$C_{11}H_{22}$	Hydrocarbon
12.766	5610201	$C_{11}H_{24}$	Hydrocarbon
13.284	21407267	$C_5H_{20}O_5Si_5$	Other
14.266	27478532	$C_{12}H_{24}$	Hydrocarbon
14.392	8874901	$C_{12}H_{26}$	Hydrocarbon
15.759	38026806	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon
15.872	15731715	$C_{13}H_{28}$	Hydrocarbon
16.849	4499700	$C_{10}H_{20}O_2$	Carboxylic acid
17.145	50772186	$C_{14}H_{28}$	Hydrocarbon
17.246	18384824	$C_{14}H_{30}$	Hydrocarbon
18.172	4281000	C_6H_{10}	Hydrocarbon
18.441	38923312	$C_{15}H_{30}$	Hydrocarbon
18.538	57751279	$C_{15}H_{32}$	Hydrocarbon
19.459	4289108	C_6H_{10}	Hydrocarbon
19.666	57762639	$C_{16}H_{32}$	Hydrocarbon
19.748	23571734	$C_{16}H_{34}$	Hydrocarbon
20.652	6557054	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
20.716	6208502	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
20.821	24090199	$C_{17}H_{34}$	Hydrocarbon
20.905	76172993	$C_{17}H_{36}$	Hydrocarbon
21.918	7893934	$C_{18}H_{36}$	Hydrocarbon
21.988	4533483	$C_{18}H_{38}$	Hydrocarbon
23.051	17480989	$C_{17}H_{34}O$	Ketone
23.677	15112147	$C_{14}H_{28}O_2$	Carboxylic acid
25.023	16013625	$C_{19}H_{38}O$	Ketone
25.565	10321746	$C_{18}H_{36}O_2$	Carboxylic acid
Total peak area	714445899		

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการคำนวณ %Selectivity สำหรับแยกสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง หรือสารประกอบลุ่มอื่นๆจะใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\%\text{Selectivity ของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง หรือ สารประกอบกลุ่มอื่นๆ} = \frac{\text{ปริมาณสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง หรือ สารประกอบกลุ่มอื่นๆ}}{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลว}}$$

ดังนั้น

$$\%\text{Selectivity ของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง}}{\text{ผลรวมทั้งหมดของพื้นที่ใต้กราฟ}}$$

$$\%\text{Selectivity ของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง} = \frac{530,450,107}{714,445,899} \times 100\%$$

%Selectivity ของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง = 74.25%

และ

$$\%\text{Selectivity ของสารประกอบกลุ่มอื่นๆ} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มอื่นๆ}}{\text{ผลรวมทั้งหมดของพื้นที่ใต้กราฟ}}$$

$$\%\text{Selectivity ของสารประกอบกลุ่มอื่นๆ} = \frac{174,361,266}{714,445,899} \times 100\%$$

%Selectivity ของสารประกอบกลุ่มอื่นๆ = 24.40%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการคำนวณ %Selectivity เพื่อแยกชนิดเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิดจากจำนวนคาร์บอนในสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ตามสมการต่อไปนี้

$$\%\text{Selectivity ของแก๊สโซลีน เคโรซีน หรือ ดีเซล} = \frac{\text{ปริมาณแก๊สโซลีน เคโรซีน หรือดีเซล}}{\text{ปริมาณสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง}}$$

ดังนั้น

$$\%\text{Selectivity ของแก๊สโซลีน} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิงชนิดแก๊สโซลีน}}{\text{ผลรวมพื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง}}$$

$$\%\text{Selectivity ของแก๊สโซลีน} = \frac{67,716,014}{714,445,899} \times 100\%$$

%Selectivity ของแก๊สโซลีน = 9.48%

$$\%\text{Selectivity ของเคโรซีน} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิงชนิดเคโรซีน}}{\text{ผลรวมพื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง}}$$

$$\%\text{Selectivity ของเคโรซีน} = \frac{255,943,555}{714,445,899} \times 100\%$$

%Selectivity ของเคโรซีน = 35.82%

$$\%\text{Selectivity ของดีเซล} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิงชนิดดีเซล}}{\text{ผลรวมพื้นที่ใต้กราฟของสารประกอบกลุ่มเชื้อเพลิง}}$$

$$\%\text{Selectivity ของดีเซล} = \frac{206,790,538}{714,445,899} \times 100\%$$

%Selectivity ของดีเซล = 28.94%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ การคำนวณ %Liquid Yield ที่ได้จากการทดสอบการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 430°C, เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที และปริมาณ ZSM-5 6.3%wt มีข้อมูลดังตารางที่ ข5

ตารางที่ ข5 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กรัม)
ไขวัว	30
ผลิตภัณฑ์เหลว	22.45
แก๊ส	5.54
ส่วนที่เหลืออยู่	2.01

การวิเคราะห์ %Liquid Yield ของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ใช้สมการ 3.3 และ 3.4 ตามลำดับ

$$\%\ \text{Yield ของเชื้อเพลิงเหลว แก๊ส หรือ ส่วนที่เหลืออยู่} = \frac{\text{ปริมาณผลิตภัณฑ์เหลว, แก๊ส หรือ ส่วนที่เหลืออยู่ (กรัม)}}{\text{ปริมาณน้ำมันไขวัว (กรัม)}}$$

ดังนั้น

% Yield ของผลิตภัณฑ์เหลว เท่ากับ 74.84

% Yield ของแก๊ส เท่ากับ 18.46

% Yield ของส่วนที่เหลืออยู่ เท่ากับ 6.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค

การคำนวณค่าความร้อน

การคำนวณหาค่าความร้อน จำเป็นต้องทราบค่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (Δt) ของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ โดยใช้สมการ $\Delta t = t_c - t_a - r_1(b - a) + r_2 (c - b)$ ในการคำนวณ

เมื่อ a คือ เวลาที่เริ่มจุดระเบิด

b คือ เวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นร้อยละ 60 ของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทั้งหมด

c คือ เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด

t_a คือ อุณหภูมิขณะจุดระเบิด (แก้ด้วยค่า calibrate จากตารางแก้ค่าแล้ว), ^oC

t_c คือ อุณหภูมิสูงสุดที่เวลา c (แก้ด้วยค่า calibrate จากตารางแก้ค่าแล้ว) , ^oC

r_1 คือ อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วง 5 นาทีก่อนการจุดระเบิด, $^oC/min$

r_2 คือ อัตราการลดลงของอุณหภูมิในช่วงหลังจากเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด, $^oC/min$

เมื่อได้ค่า Δt แล้ว จะถูกนำมาคำนวณค่าความร้อน (Hg) ในสมการ

$$Hg = \frac{\Delta t\ W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

เมื่อ W คือ ค่าพลังงานเทียบเท่าของแคลอรีมิเตอร์ ในชุดอุปกรณ์นี้จะมีค่าเท่ากับ 2,410 $cal/^oC$

e_1 คือ ค่าแก้ (correction) จากค่าความร้อนเนื่องจากการเกิดกรดไนตริก (HNO_3)

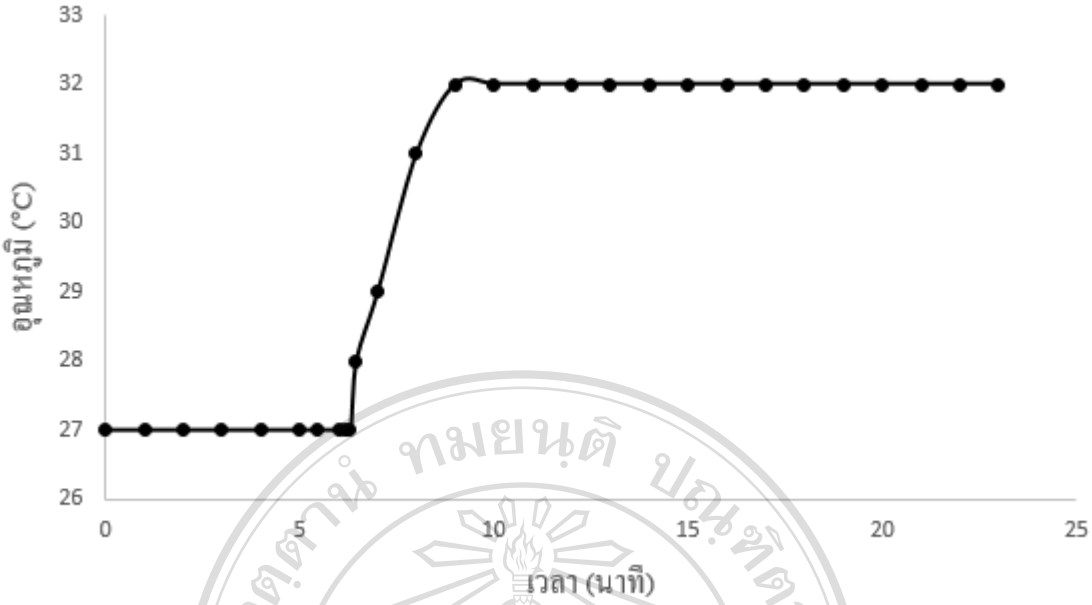
e_2 คือ ค่าแก้เนื่องค่าความร้อนจากการเกิดเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

m คือ มวลของเชื้อเพลิง (g)

e_3 คือ ค่าแก้ (correction) จากค่าความร้อนจากการเผาไหม้ของลวดจุดระเบิด (Heat of combustion of fuse wire) โดย $e_3 = 2.3 \times C_3$ และ C_3 คือความยาวเส้นลวดจุดระเบิดที่เหลือ (cm)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการทดสอบวัดค่าความร้อนของผลิตภัณฑ์เหลว ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter (ASTM 240-64) ได้ข้อมูลดังภาพที่ ค1 และตารางที่ ค1



ภาพที่ ค1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามเวลาของบอมบ์

ตารางที่ ค1 ค่าที่ได้จากการทดสอบ

ตัวแปร	ค่าที่ได้	หน่วย
t_c	32	^oC
t_a	27	^oC
r_1	0	^oC/min
r_2	0	^oC/min
a	5	min.
b	7.5	min.
c	9	min.
C_3	1.2	cm.
m	1.100	g.

จาก $\Delta t = t_c - t_a - r_1(b - a) + r_2 (c - b)$

จะได้ $\Delta t = 32 - 27 - 0.0(2.5\text{-}1.5) + 0$

$\Delta t = 5\ ^oC$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นำมาคำนวณในสมการ

$$Hg = \frac{\Delta t\ W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

$$Hg = \frac{(5\ ^{\circ}C \times 2{,}410\ cal/^{\circ}C) - 0 - 0 - (2.3 \times 7.3)cal}{1.100\ g}$$

Hg = 10,939.28 kcal/g หรือ 45.8 MJ/kg

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ค่าความหนืด ด้วย Saybolt Universal Viscometer

น้ำมันไขวัวและผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงเหลวที่ได้จากการทำปฏิกิริยาแตกตัวด้วยตัวเร่งที่สภาวะที่ดีที่สุด ซึ่งจะถูกตรวจวัดความหนืดของที่ 40°C ผ่านเครื่อง Saybolt Universal Viscometer ซึ่งได้ค่าจากการทดสอบดังตารางที่ ง1

ตารางที่ ง1 ผลการทดสอบ

	ผลิตภัณฑ์เหลว
SUS ครั้งที่ 1	36.8
SUS ครั้งที่ 2	36.4
SUS เฉลี่ย	36.6

จากนั้นนำค่า SUS เฉลี่ย คำนวณจากสมการ

$$\upsilon = 0.222(SUS) - \left(\frac{180}{SUS}\right)$$

จะได้

$$\upsilon \text{ ของผลิตภัณฑ์เหลว} = 0.222(36.6) - \left(\frac{180}{36.6}\right)$$

υ ของผลิตภัณฑ์เหลว = 3.2 cSt

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก จ

การวัดค่าความเป็นกรดรวม (Total Acid Number, TAN)

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ TAN

ASTM D974	
Titration solvent	Toluene 500 ml
	Isopropanol 495 ml
	Water 5 ml
Titrant	0.1M KOH ใน Isopropanol
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เหลว	2 กรัม

ทำการผสมน้ำมันตัวอย่างใน Titration Solvent 100 มล. จากนั้นใส่ Phenolphthalein 0.5 มล. แล้วทำการไทเทรตด้วย 0.1M KOH จนสารเปลี่ยนเป็นสีชมพู และไม่เปลี่ยนกลับเป็นเวลาอย่างน้อย 15 วินาที จึงบันทึกปริมาณ Titrant ที่ใช้ไป ในขั้นตอนสุดท้ายทำการคำนวณ TAN จากสมการ

$$\text{TAN}\left(\frac{\text{mg KOH}}{\text{g sample}}\right) = \left[\frac{\text{ปริมาณ KOH ที่ใช้ (ml)} \times \text{ความเข้มข้นKOH (mol/L)} \times 56.1\ \text{(g/mol)}}{\text{น้ำหนักสาร (g)}}\right]$$

$$\text{TAN}\left(\frac{\text{mg KOH}}{\text{g sample}}\right) = \left[\frac{50.26\ \text{(ml)} \times 0.11\ \text{KOH (mol/L)} \times 56.1\ \text{(g/mol)}}{2.18\ \text{(g)}}\right]$$

$$\text{TAN} = 142.27\ \text{mg KOH/g}_{\text{sample}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายฐาปนพงศ์ คำมาสาร

วัน เดือน ปี เกิด 17 กุมภาพันธ์ 2531

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจาก
โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ เชียงใหม่

ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก
โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ เชียงใหม่

ปีการศึกษา 2554 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved