



รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การเตรียมน้ำมันแก๊สโซลีนจากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน
ที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil
(Thailand) Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

Preparation of Gasoline from the Thermal Cracking with ZSM-5
as Catalyst of Mixed Lubricating Base Oil Processed Wastes
From Chevron Oil (Thailand) Limited

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นันทนิตย์ ยิ้มวาสนา

ดร. เทพรัตน์ ลีลาสัตตรัตน์กุล

นายวัฒนพงษ์ พวงพิน

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2551

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการเตรียมน้ำมันแก๊สโซลีนจากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Company Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 โดยการแตกตัวของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนยาวเป็นสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนสายสั้นลงในรูปของเหลวโมเลกุลเล็กลง ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิสูงภายใต้ความดันบรรยากาศ การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง จากการศึกษาพบว่าร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมจะสามารถให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่เกิดจากการแตกตัวและกลั่นออกมาในช่วงที่จะนำไปผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้านอื่นได้โดยการให้ความร้อนกับน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่างในชุดกลั่น จากผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจาก คลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 พบว่า ปริมาณร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือร้อยละ 15 และ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่น 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันที่กลั่นได้ร้อยละ 73 ของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่างที่ใช้ ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ได้มีปริมาณน้ำมันแก๊สโซลีนร้อยละ 67 น้ำมันก๊าด ร้อยละ 5 และกากน้ำมันหนักร้อยละ 1 ของน้ำมันหล่อลื่นตัวอย่างตั้งต้น

Abstract

This research is the preparation of gasoline by thermal cracking with ZSM-5 as a catalyst of mixed lubricating base oil processed waste from Chevron Oil (Thailand) company limited. Basically Chevron Oil (Thailand) company limited runs the batch process of blending and processing the lubricating oil, it needs to clean the tank before go over the process again. Those produce a lot of cleaning mixed lubricating base oil waste to the environment. Thus the remained long chain molecules of base oil in the waste are heated under atmospheric pressure until breaking down to many small fractions. Because of the high efficiency of the catalyst, zeolite, ZSM-5 is used to gives the optimum conditions of temperature, time and quantity of the zeolite to produce the maximum percentage of crude distillates. Those conditions of maximum crude distillates are 450°C, 260 minutes and 15 percent of zeolite needed. The thermal cracking with ZSM-5 as a catalyst reaction produced 73 percents of crude distillate are 67 percent of gasoline distillate, 5 percent of kerosene, and 1 percent of crude residue.



สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
สารบัญเรื่อง	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 การผลิตน้ำมันหล่อลื่น	4
2.1.1 น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oil)	6
2.1.2 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน	8
2.1.3 การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียม	9
2.1.4 น้ำมันแร่	11
2.1.5 น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์	14
2.1.6 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่น	16
2.1.7 ประกาศกรมธุรกิจพลังงานเรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่น	23
2.1.8 ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อลื่นในประเทศไทย	25
2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา	27
2.2.1 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา	27
2.2.2 ปฏิกิริยาอะตอมไฮโดรเจน (Catalytic Reaction หรือ Catalysis)	27
2.3 ซีโอไลต์	28
2.3.1 นิยามของซีโอไลต์	29
2.3.2 การสังเคราะห์ซีโอไลต์	33

สารบัญเรื่อง

	หน้า
2.4 ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5	35
2.5 การแตกตัวด้วยความร้อน	38
2.6 การแตกตัวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic cracking)	40
2.7 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน	43
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	43
บทที่ 3 เนื้อหาการวิจัย	49
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	49
3.2 สารตั้งต้น และสารเคมี	52
3.3 การดำเนินการวิจัย	52
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	52
บทที่ 4 ผลการวิจัย และข้อวิจารณ์	54
4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของสารตั้งต้น	54
4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5	56
4.2.1 อิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา	57
4.2.2 อิทธิพลของร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5	63
4.2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา	70
4.3 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันที่เตรียมขึ้น โดยเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงานหรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า	75
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	77
5.1 การกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5	77
5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในระดับต่อไป	78
บรรณานุกรม	80
ประวัติคณะผู้วิจัย	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่น พ.ศ. 2547	23
2.2	ปริมาณการนำเข้าน้ำมันหล่อลื่นภายในประเทศ	26
2.3	สมบัติโดยทั่วไปของซีโอไลต์ ชนิด ZSM-5	38
4.1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้าง ถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น	55
4.2	ผลการทดสอบคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงที่เตรียมขึ้นตามข้อกำหนดของกรม ธุรกิจพลังงาน	76



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย	10
2.2	กระบวนการเติมไฮโดรเจน	10
2.3	กระบวนการแยกไข	11
2.4	กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ	12
2.5	กระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่น	13
2.6	หลักการของความหนืด	17
2.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นบางชนิด	18
2.8	ผลของความดันต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น SAE 40	19
2.9	การหาค่าดัชนีความหนืด	20
2.10	หน่วยโครงสร้างปฐมภูมิรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้าของซีโอไลต์	30
2.11	หน่วยโครงสร้างทุติยภูมิของซีโอไลต์	31
2.12	ขั้นตอนการละลายของซิลิกาและการเกิดซีโอไลต์	33
2.13	ลักษณะโครงสร้างย่อยของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (a) แสดงโครงสร้างย่อยของซีโอไลต์ ชนิด ZSM-5 (b) แสดงการต่อโครงสร้างย่อยของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ตามระนาบ	36
2.14	ลักษณะ โครงสร้างของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระนาบ	36
2.15	โครงสร้างของโพรงเปิดในซีโอไลต์ชนิด ZSM-5	37
3.1	ชุดการกลั่นที่ใช้ในการศึกษาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่น	49
3.2	เครื่องให้ความร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิได้	50
3.3	เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	50
3.4	เครื่องกลั่นเบนซิน (Gasoline distillation)	51
3.5	เครื่องชั่งละเอียดชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง	51
4.1	น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น	55
4.2	ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (นาที) โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200 - 450 องศาเซลเซียส	58
4.4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (นาที) โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200 - 450 องศาเซลเซียส	59
4.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาต่าง ๆ (นาที) โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200 - 450 องศาเซลเซียส	60
4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือด กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่ 400 องศาเซลเซียส โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 300 นาที	62
4.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหา ค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่ 450 องศาเซลเซียส โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 260 นาที	63
4.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น (%) และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (%) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที	64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น (%) และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (%) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที	65
4.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 200 องศาเซลเซียส	67
4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 250 องศาเซลเซียส	67
4.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 300 องศาเซลเซียส	68
4.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 350 องศาเซลเซียส	68
4.14	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส	69
4.15	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส	69

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.16	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) ที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที	71
4.17	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) ที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที	72
4.18	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้รับการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 5	74
4.19	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้รับการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 10	74
4.20	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้รับการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15	75

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยจะได้กล่าวเป็นลำดับดังนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์หล่อลื่น (Lubricant) ได้มีการขยายตัว และปรับปรุงคุณภาพเพื่อแข่งขันกันอย่างมาก เนื่องมาจากอุตสาหกรรมรถยนต์มีการผลิตรถยนต์ออกมาจำนวนมากและมีผู้บริโภคเพิ่มขึ้นทุกปีจนทำให้เกิดปัญหาด้านน้ำมัน ทำให้มีการศึกษากันว่าเพื่อหาพลังงานทดแทนอย่างเร่งด่วน ส่วนทางด้านอุตสาหกรรมทางด้านการผลิตก็มีการพัฒนาสารหล่อลื่นให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์แต่ละประเภท อีกทั้งเนื่องจากภาวะเศรษฐกิจของโลก ที่ถดถอย หลายบริษัทต้องปรับตัว ไม่ว่าจะเป็นการลดต้นทุนการผลิต ลดขนาดองค์กร ย้ายฐานการผลิต ควบรวมกิจการ ประกอบกับสถานการณ์ราคาน้ำมันที่แพงขึ้น การเกิดภัยธรรมชาติในหลาย ๆ พื้นที่ ทำให้มีผลต่อการผลิตที่ค่อนข้างจะตึงตัว ซึ่งสวนทางกับความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแนวโน้มการเติบโตทางเอเชียแปซิฟิก ในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีสมรรถนะ (High Performance) เพื่อให้ลูกค้าและผู้บริโภคได้ประโยชน์สูงสุด รวมถึงการให้ความสำคัญในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีสาเหตุมาจากสารหล่อลื่นเหล่านี้ ในกระบวนการผลิตสารหล่อลื่นแต่ละชนิดจะมีการเติมสารเพิ่มคุณภาพ (Additive) และปรุงแต่งน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oil) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับประเภทของเครื่องยนต์ โดยการผสมส่วนประกอบของน้ำมันหล่อลื่นสูตรต่าง ๆ จะผสมในถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์เพื่อให้ส่วนผสมต่าง ๆ เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งในการผลิตน้ำมันหล่อลื่นครั้งใหม่จะมีการใช้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์เพื่อให้ถึงกวนสะอาดพร้อมใช้สำหรับการผสมน้ำมันครั้งต่อไป โดยน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งจะมีเป็นจำนวนมากและนับเป็นของเสียที่ต้องกำจัดทิ้งไม่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ซึ่งในกระบวนการผลิตแต่ละครั้งจะมีของเสียชนิดนี้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากและต้องกำจัดทิ้งไป ไม่มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

นับเป็นการสูญเสียทางเศรษฐกิจไปอีกด้านหนึ่งนอกจากการทิ้งน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานดังกล่าวซึ่งต้องมีค่าใช้จ่ายในการกำจัด

กระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal cracking) เป็นกระบวนการซึ่งสามารถเปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลงโดยใช้ความร้อนสูง ซึ่งถ้าควบคุมการแตกตัวให้เป็นไปอย่างเหมาะสมจะสามารถเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้ ในการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ได้มีการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) สำหรับช่วยในการเกิดปฏิกิริยาและควบคุมการแตกย่อยของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ให้มีโครงสร้างที่เหมาะสม และมีคุณภาพพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่ที่ใช้จะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ในประเทศไทยได้มีการพัฒนางานวิจัยการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 เป็นจำนวนมาก งานวิจัยบางส่วนสามารถสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวจากวัสดุภายในประเทศได้โดยมีคุณสมบัติไม่แตกต่างจากตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้สนใจทำการศึกษาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังคอนแทกผลิตภัณฑ์หล่อลื่นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ในการเตรียมน้ำมันแก๊สโซลีน ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำของเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้ว ข้อมูลที่ได้ยังเป็นแหล่งอ้างอิงการใช้ประโยชน์จากตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าวซึ่งสามารถผลิตขึ้นใช้ได้ภายในประเทศอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำมันเชื้อเพลิง จากกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ล้างถังคอนแทกผลิตภัณฑ์หล่อลื่นโดยใช้ ZSM-5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยทำการศึกษาผลของ อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ที่ใช้

1.2.2 เปรียบเทียบสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ ณ ภาวะที่เหมาะสมที่สุดกับข้อกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 เตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ล่างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นโดยใช้ ZSM-5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อเปลี่ยนค่าอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาการแตกตัวด้วยความร้อนรวมกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 200-450 องศาเซลเซียส ช่วงระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 40-300 นาทีและร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ในช่วงร้อยละ 5 - 15

1.3.2 เตรียมน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตขึ้นจากสภาวะที่เหมาะสมไปทดสอบกับข้อกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน โดยทดสอบ ปริมาณตะกั่ว ปริมาณกำมะถัน การกัดกร่อนเสถียรภาพต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปริมาณยางเหนียว การกลั่น ความดันไอที่ อุณหภูมิ 37.8 องศาเซลเซียส ปริมาณเบนซีน ปริมาณสารอะโรมาติก ปริมาณน้ำ ปริมาณสารออกซิเจนเนต และลักษณะทั่วไปที่ปรากฏ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากกระบวนการแตกตัวน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ล่างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นโดยใช้ ZSM-5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.4.2 ได้รับความรู้จากการทดลองที่สภาวะต่างๆ จากการทดลองจะได้สภาวะที่ให้ผลผลิตมากและมีคุณสมบัติที่ดีใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด

1.4.3 ทราบสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเชื้อเพลิงจากสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากงานวิจัยเมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน

1.4.4 เป็นการใช้อยู่ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งประเภทน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล่างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสำหรับสังเคราะห์เชื้อเพลิงเหลวเพื่อเพิ่มมูลค่า และก่อให้เกิดผลดีต่อการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดขยะน้ำมันที่มีเพิ่มมากขึ้นทุกวัน

1.4.5 เป็นแหล่งข้อมูลการใช้ประโยชน์จากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด ZSM-5

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil) หมายถึง สารลดแรงเสียดทานระหว่างผิวของวัตถุที่สัมผัสกัน สารเหล่านี้เกิดจากการนำ น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน เช่น น้ำมันพืชหรือน้ำมัน หรือน้ำมันแร่ (Mineral Oil) หรือ น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic Oil) มาผสมกับสารเพิ่มคุณภาพ เช่น สารลดไหลเท สารเพิ่มค่าดัชนีความหนืด สารป้องกันการเกิดฟอง สารป้องกันการออกซิเดชัน สารป้องกันการกัดกร่อน สารป้องกันสนิม สารชะล้างและกระจายสิ่งสกปรก สารป้องกันการสึกหรอ เป็นต้น ในกระบวนการผลิตแต่ละครั้งนั้น มักนิยมผลิตแบบแบทช์ (Batch Process) เพื่อการควบคุมคุณภาพของ น้ำมันหล่อลื่นให้คงที่เหมือนกันทุกครั้งของการส่งมอบผลิตภัณฑ์ถึงมือลูกค้า

2.1 ผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

สารหล่อลื่นที่เข้าไปแทรกเป็นฟิล์ม หรือเยื่ออยู่ระหว่างผิวโลหะที่เสียดสีกันเพื่อลดความฝืด และลดการสึกหรอให้มากที่สุด อีกทั้งช่วยระบายความร้อนของเครื่องยนต์ ทำความสะอาดภายในเครื่องยนต์ ป้องกันการกัดกร่อนจากสนิม และกรดต่างๆ และป้องกันกำลังอัดของเครื่องยนต์รั่วไหล และยังสามารถอุดช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ป้องกันการรั่วซึมของแก๊สไม่ให้ความดันรั่วไหล ทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเต็มที่ สารหล่อลื่นที่เป็นของเหลวเรียกว่าน้ำมันหล่อลื่น (Lubrication Oils or Lube Oils) เช่น น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ น้ำมันไฮดรอลิก เป็นต้น มีส่วนผสมระหว่าง น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oils) สารเพิ่มคุณภาพ (Additives) และสีย้อม (Dye) สารหล่อลื่นที่มีลักษณะกึ่งเหลวกึ่งแข็งเรียกว่าจาระบี (Grease) ใช้หล่อลื่นในจุดที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำมันไว้ได้ เช่น ตลับ ลูกปืน ล้อ ลูกหมาก บูชเพลาหรือหูเห็บ แบริ่งลูกปืนบางชนิด เป็นต้น เป็นสารผสมระหว่าง น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (Base Oils) สารเพิ่มคุณภาพ (Additives) และสบู่ (Soap)

การเคลื่อนย้าย การเก็บรักษา และการเบิกจ่ายผลิตภัณฑ์หล่อลื่น เป็นขั้นตอนหนึ่งในการควบคุมรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์หล่อลื่นให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์จนถึงเวลาที่นำไปใช้งาน ซึ่งถือว่ามีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าขั้นตอนการควบคุมคุณภาพอื่นๆ ที่นำไปสู่การหล่อลื่นอย่างมีประสิทธิภาพ

การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่บรรจุถึง 200 ลิตร เมื่อเคลื่อนย้ายลงจากรถบรรทุก ควรมีอุปกรณ์ช่วยในการเคลื่อนย้าย เช่น รถยก หรือใช้สะพานไม้คู่ยึดติดกัน และมีความยาวพอที่จะทำให้ถึงผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเดือนลงสู่พื้นอย่างช้า ๆ ไม่ควรกลิ้งถึงไปบนพื้นขรุขระหรือมีเศษก้อนหิน เพราะจะทำให้ถึงรั่วได้ ควรใช้ไม้กระดานรองรับให้ถึงน้ำมันกลิ้งไป ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่เป็นเกลลอนบรรจุในกล่อง ปีบ หรือถังขนาดเล็ก เมื่อมีการเคลื่อนย้ายควรยกวางด้วยความระมัดระวัง เพื่อไม่ให้ภาชนะแตกรั่วเสียหาย

วิธีเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่ดีที่สุด คือเก็บไว้ในโรงเก็บที่สามารถป้องกันแดด และฝน โดยโรงเก็บจะต้องมีการระบายอากาศที่ดี ไม่ร้อนอบอ้าวจนเกินไป ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพ

ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นต่อไปนี ต้องเก็บไว้ในโรงเก็บ หรือในร่มเสมอ

- 1) น้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าและสวิตช์เกียร์ไฟฟ้า
- 2) น้ำมันหล่อลื่นเครื่องทำความเย็น
- 3) น้ำมันสนู
- 4) จาระบี

เก็บกลางแจ้ง ถ้าจำเป็นต้องเก็บผลิตภัณฑ์หล่อลื่นไว้กลางแจ้ง ควรปฏิบัติดังนี้

- 1) ถ้าจำเป็นต้องตั้งถัง ควรใช้ขอบไม้หนุนด้านล่างถังข้างหนึ่งสูงประมาณ 10 ซม. เพื่อให้ฝาดังทั้งสองสูงกว่าส่วนอื่น เป็นการหลีกเลี่ยงน้ำซึม เข้าสู่ถังน้ำมันในกรณีที่มีน้ำขังบริเวณส่วนบนของถัง
- 2) ฝาดังทั้งสองต้องปิดให้สนิท และคอยดูแลให้สะอาดเสมอ ควรใช้ผ้าใบหรือสังกะสีคลุม

การเบิกจ่ายผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

- 1) ผลิตภัณฑ์ที่รับมาก่อน ควรนำออกใช้ก่อนตามลำดับ
- 2) มีระบบบัญชีควบคุมสต็อก ปริมาณ และสถิติการเบิกจ่าย
- 3) ระบุชนิด เกรด ปริมาณผลิตภัณฑ์หล่อลื่นที่จะเบิกไปใช้งาน
- 4) ทำความสะอาดฝาดังทุกครั้งก่อนเปิด และปิดให้สนิทหลังจากจ่ายน้ำมันเรียบร้อยแล้ว
- 5) อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กรวย กระป๋องตวง และเครื่องสูบลมมือหมุนต้องสะอาด อย่าใช้ปะปนกันโดยไม่ได้ทำความสะอาดเสียก่อน ควรเก็บในที่มิดชิดเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและน้ำ

2.1.1 น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating oil) [1,2]

สารหล่อลื่นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่มากมาย ซึ่งถ้าแบ่งตามสถานะจะแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด คือ แก๊ส ของเหลว สารกึ่งแข็ง (Semi Solid) และของแข็ง ในจำนวนของสารหล่อลื่นทั้งหมด สารหล่อลื่นที่เป็นของเหลวจะใช้มากที่สุด รองลงมาคือสารกึ่งแข็ง ได้แก่จาระบี การที่สารหล่อลื่นที่เป็นของเหลวใช้กันแพร่หลายมากนั้นเพราะสามารถแยกผิววัตถุทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์และสามารถรับแรงกระทำได้มาก ของเหลวที่ใช้เป็นสารหล่อลื่น เช่นสารละลายกับน้ำได้ (Aqueous Solution) น้ำมันแร่ (Mineral oil) น้ำมันพืช น้ำมันสัตว์ และน้ำมันสังเคราะห์ สารหล่อลื่นที่เป็นของเหลวนี้จะมีการใช้งานค่อนข้างจำกัด เช่นใช้ในการหล่อลื่นเบร้งไม้ หรือเบร้งยางของกังหันวิดน้ำบางประเภท ส่วนสารละลายกับน้ำได้จะใช้เฉพาะในการหล่อลื่นชิ้นงานของเครื่องกลึง เครื่องเจียระไน และเครื่องไส เป็นหลัก สำหรับสารหล่อลื่นที่เป็นของเหลวที่ใช้กันมากคือ น้ำมันแร่ และน้ำมันสังเคราะห์ ส่วนน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ไม่นิยมใช้เนื่องจากราคาแพงมาก

ถึงแม้จะใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณภาพสูงเท่าใดก็ตาม ก็ยังต้องเปลี่ยนถ่ายเมื่อถึงกำหนดเวลา เพราะเมื่อใช้ไปย่อมมีการเสื่อมสภาพ และลดคุณสมบัติลงการเสื่อมสภาพมาจากสาเหตุของความสกปรกที่มารวมอยู่ในตัวน้ำมัน เช่น ฝุ่นละอองที่เล็ดลอดเข้าไปในเครื่องทางหม้อกรองอากาศ ท่อไอดีรวมทั้งฝาดิมน้ำมันหล่อลื่นเขม่าจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ไอน้ำจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงกรดซึ่งเกิดจากการรวมตัวของก๊าซบางชนิดและน้ำ น้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมดเศษโลหะที่เกิดจากการสึกหรอ ยางเหนียวที่เกิดจากการรวมตัวของน้ำมันกับออกซิเจน ในอากาศ ณ อุณหภูมิสูง สิ่งต่างๆ เหล่านี้จะสะสมรวมกันอยู่ในอ่างน้ำมันเครื่อง เมื่อการสะสมมากขึ้นก็ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมคุณภาพลงจนไม่สามารถหล่อลื่นได้ดีพอ อาจก่อให้เกิดปัญหาการสึกหรอและทำให้เครื่องยนต์เสียหายได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่นเพื่อเอาสิ่งสกปรกออกและเป็นการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากเครื่องยนต์ไปในตัว เพื่อช่วยปกป้องรักษาเครื่องยนต์ และยืดอายุการทำงานของเครื่องยนต์ให้ยาวนานขึ้น

ระยะเวลาในการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันหล่อลื่น ขึ้นอยู่กับลักษณะและสภาพของเครื่องยนต์รวมทั้งลักษณะของงานที่ใช้หรือการใช้รถของผู้ขับขี่ โดยทั่วไปควรพยายามปฏิบัติตามหนังสือคู่มือและที่สำคัญอีกประการหนึ่งควรตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นและเติมอย่างสม่ำเสมอด้วย เพราะถ้ามีปริมาณน้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอการทำงานก็จะไม่เต็มที่และทำให้เครื่องยนต์ เสียหายได้เช่นกัน

ในความเป็นจริงแล้วน้ำมันหล่อลื่นแต่ละชนิดถูกออกแบบและผลิตมาให้เหมาะสมกับงานแต่ละชนิด ซึ่งประกอบไปด้วยการนำน้ำมันพื้นฐานที่มีความหนืดเหมาะสมมาเติมสารเพิ่มคุณภาพ เพื่อให้มีคุณสมบัติพิเศษ เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น สารต้านทานปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารป้องกันการสึกหรอ สารป้องกันการสนิม สารรับแรงกดสูง เป็นต้น ซึ่งเมื่อมีการใช้งานน้ำมันไปแล้ว คุณภาพต่างๆ ของน้ำมันจะลดลงไม่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยการเกิดการเสื่อมสภาพมีจากหลายสาเหตุ ดังนี้

1) การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันหล่อลื่น ตามปกติน้ำมันจะมีการเติมสารเพิ่มคุณภาพป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอยู่แล้วหากสารนี้ถูกใช้หมดไปหรือเสื่อมสภาพน้ำมันหล่อลื่นจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ เมื่อน้ำมันมีการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจะเกิดเป็นสารประเภทกรด และคราบยางเหนียว ถ้าความเป็นกรดมีสูง จะทำให้เนื่อน้ำมันเสื่อมสภาพเร็วขึ้น เกิดยางเหนียวเกาะตามร่องรูทางผ่านของน้ำมันหล่อลื่น และในที่สุดจะเกิดการกัดกร่อนเนื้อโลหะในเครื่องจักร

2) สารเพิ่มคุณภาพถูกใช้หมดไปหรือเสื่อมสภาพ เมื่อมีการใช้น้ำมันหล่อลื่นเป็นระยะเวลานาน สารเพิ่มคุณภาพจะถูกใช้หมดไปหรือเสื่อมสภาพ หรืออาจจะมีการเปลี่ยนเป็นสารอื่นที่ไม่ช่วยเพิ่มคุณภาพนั้นอีกต่อไป ทำให้น้ำมันหล่อลื่นไม่มีคุณสมบัติพอที่จะทำงานได้ดีอีกต่อไป

3) มีสิ่งสกปรกจากภายนอกเข้าไปปนเปื้อนอยู่ในระบบ สารปนเปื้อนที่เมื่อเข้าไปปะปนกับระบบ อาจทำให้เกิดความเสื่อมสภาพของน้ำมันหล่อลื่นเช่น น้ำ เมื่อมีการปนเปื้อนเข้าไปของน้ำอนุภาคของน้ำจะเข้าไปแทรกตัวในเนื่อน้ำมัน ทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีลักษณะขาว ขุ่น ความหนืดจะเปลี่ยนไป ทำให้ไม่เหมาะสมที่จะใช้งานได้อีกต่อไป เศษโลหะ เมื่อมีเศษโลหะเป็นปริมาณมากในเนื่อน้ำมัน เศษโลหะจะไปขัดกับผิวโลหะของเครื่องจักร ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องจักรเกิดขึ้น น้ำมันเชื้อเพลิง เมื่อมีน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่น จะทำให้จุลควาไฟฟ้าของน้ำมันหล่อลื่นลดลง ทำให้อาจเกิดอันตราย รวมถึงความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นก็จะลดลงด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงมีความจำเป็นต้องหมั่นตรวจสอบคุณภาพน้ำมัน และเปลี่ยนถ่ายน้ำมันในเครื่องจักรอุตสาหกรรมอยู่เสมอ เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักรอุตสาหกรรมด้วย

ข้อกำหนดตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineer: SAE) ใช้ระบุความหนืด (ความข้นใส) ของน้ำมันหล่อลื่น ค่ายิ่งมากก็ยิ่งมีความหนืดมาก โดยแบ่งน้ำมันหล่อลื่นออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ

- เกรดเดียว (Mono grade) คือน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าความหนืดค่าเดียว เช่น SAE 40 หมายความว่า ณ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำมันจะมีค่าความหนืดอยู่ที่ เบอร์ 40
- เกรดรวม (Multi grade) คือน้ำมันหล่อลื่นที่มีค่าความหนืด 2 ค่า เช่น SAE 20W-50 หมายความว่า ในอุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส น้ำมันจะมีค่าความหนืดอยู่ที่ เบอร์ 20 แต่เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนค่าความหนืดเป็น เบอร์ 50
- อักษร "W" ใช้เป็นตัวบ่งบอกว่าค่าความหนืดนี้เป็นเกรดฤดูหนาว (วัดที่ -25 องศาเซลเซียส) หากไม่มีจะเป็นเกรดฤดูร้อน (วัดที่ 100 องศาเซลเซียส)

ข้อกำหนดตามมาตรฐานของสถาบันปิโตรเลียมอเมริกัน (The American Petroleum Institute : API) ใช้ระบุประเภทของเครื่องยนต์ และสมรรถนะในการปกป้องชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ สำหรับเครื่องยนต์เบนซินใช้อักษร "S" (Spark ignition) เช่น SA SC SD SE SF SG SH SJ ส่วนเครื่องยนต์ดีเซลใช้อักษร "C" (Compress ignition) เช่น CD CB CF4 บางครั้งเราอาจเห็นทั้ง "S" และ "C" มาด้วยกัน เช่น SG/CH4 หมายถึง น้ำมันหล่อลื่นนี้เหมาะกับเครื่องยนต์เบนซิน แต่ก็สามารถใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ในระยะสั้น หรือ CH4/SG ก็จะกลับกันกับกรณีข้างต้น

2.1.2 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน หมายถึงน้ำมันที่เป็นส่วนหลักจากกระบวนการกลั่นน้ำมันซึ่งจะนำไปผสมกับสารเพิ่มคุณภาพเพื่อผลิตน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปต่อไป

2.1.2.1 น้ำมันพื้นฐานจากปิโตรเลียม (Petroleum Base Oils) ใช้กันมากที่สุดเพราะหาง่าย นอกจากคุณภาพดีแล้วราคายังถูกด้วย

2.1.2.2 น้ำมันพื้นฐานสังเคราะห์ (Synthetic Base Oils) เป็นน้ำมันที่สังเคราะห์ขึ้น โดยกระบวนการทางเคมีน้ำมันสังเคราะห์ที่ใช้กันอยู่มีหลายชนิดแต่ราคาค่อนข้างสูงมักจะใช้กับงานที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษเช่นงานในอุณหภูมิสูงมาก ๆ หรืออุณหภูมิต่ำมาก ๆ เช่น ในประเทศเมืองหนาว เพราะน้ำมันสังเคราะห์จะมีดัชนีความหนืดสูงมากจะมีความคงตัวในอุณหภูมิสูงๆ ได้ดีไม่เสื่อมสลายง่าย และมีการระเหยต่ำมากเป็นต้นปัจจุบันเริ่มมีความนิยมในการใช้น้ำมันเครื่องที่ผลิตจากน้ำมันพื้นฐานสังเคราะห์มากขึ้นแต่ก็มีราคาสูงกว่าน้ำมันเครื่องที่ผลิตจากน้ำมันพื้นฐานปิโตรเลียมอยู่มาก

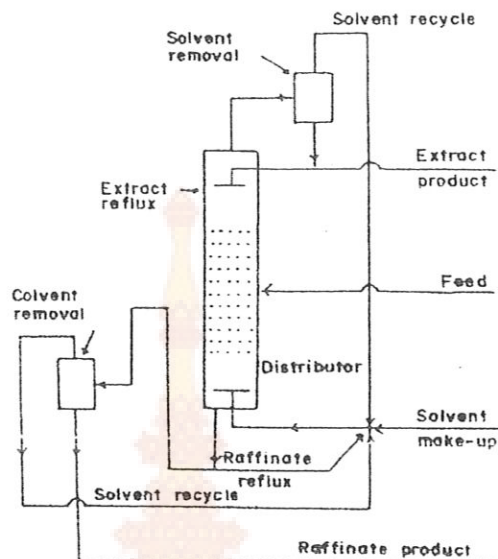
2.1.2.3 น้ำมันพืช/สัตว์ ในสมัยก่อนมีการใช้งานหลายอย่างและเนื่องจากมีความคงตัวต่ำเสื่อมสลายง่ายขณะใช้งานจึงต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพทำให้มีราคาสูงมากขึ้นจึงไม่เป็นที่นิยม

น้ำมันที่คุ้นเคย ได้แก่ น้ำมันละหุ่ง น้ำมันปาล์ม น้ำมันหมู น้ำมันปลา ซึ่งปัจจุบันใช้เฉพาะในงานที่ต้องการคุณสมบัติพิเศษบางประการ เช่น ใช้เป็นตัวเพิ่มคุณภาพให้กับน้ำมันจากปิโตรเลียม เพิ่มความลื่น เพิ่มความสามารถของน้ำมันในการรวมตัวกับน้ำ (เช่น น้ำมันหล่อเย็นปากเครื่องมือของเครื่องกลึง) เป็นต้น น้ำมันหล่อลื่นสำหรับยานยนต์น้ำมันเครื่อง (Engine crank case oils) ยานยนต์ทั้งหลายที่แล่นได้ ต้องอาศัยเชื้อเพลิงเป็นพลังงานแต่น้ำมันเชื้อเพลิงอย่างเดียวยังไม่พอเราต้องมีการหล่อลื่นส่วนต่าง ๆ เช่น ในเครื่องยนต์เกียร์และเฟืองท้ายฯลฯจึงจะใช้งานได้ขึ้นส่วนต่าง ๆ ของยานยนต์ที่เคลื่อนไหวเสียดสีกันเกิดแรงเสียดทานหรือความฝืดสารหล่อลื่นจะเข้าไปแทรกระหว่างผิวของโลหะที่ขัดสีกันเพื่อลดความเสียดทานนี้ หากไม่มีการหล่อลื่นนอกจากจะเกิดการสึกหรอแล้วอุณหภูมิสูงที่เกิดจากแรงเสียดทานอาจทำให้ผิวโลหะเชื่อมติดกันเป็นเนื้อเดียวได้นั่นคือความเสียหายของเครื่องจักรเครื่องยนต์บางส่วนในยานยนต์ เช่น ลูกปืนเราไม่สามารถใช้น้ำมันหล่อลื่นได้ ในกรณีเช่นนี้เราใช้จาระบีน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ได้อย่างไรน้ำมันเครื่องจากอ่างถูกส่งภายใต้แรงดันของปั๊มผ่านไส้กรองไปยังท่อรวมใหญ่แล้วไหลผ่านรูที่เจาะไว้ไปยังเมนแบร็งและแบร็งเพลาลูกเบี้ยวในกรณีที่ไส้กรองอุดตันน้ำมันจะไหลผ่านลิ้นบายพาสได้จากเมนแบร็งน้ำมันเครื่องจะไหลผ่านรูในเพลาลูกเบี้ยวไปยังก้านสูบซึ่งมีรูให้น้ำมันไหลไปยังแบร็งก้านสูบและสลักลูกสูบอีกต่อหนึ่ง เพื่อเข้าไปหล่อลื่นผนังกระบอกสูบ และแหวนน้ำมันจากท่อรวมใหญ่ส่วนหนึ่งจะแบ่งไปหล่อลื่นแบร็งเพลาลูกเบี้ยวและกลไกเปิด-ปิดลิ้น

2.1.3 การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากปิโตรเลียม

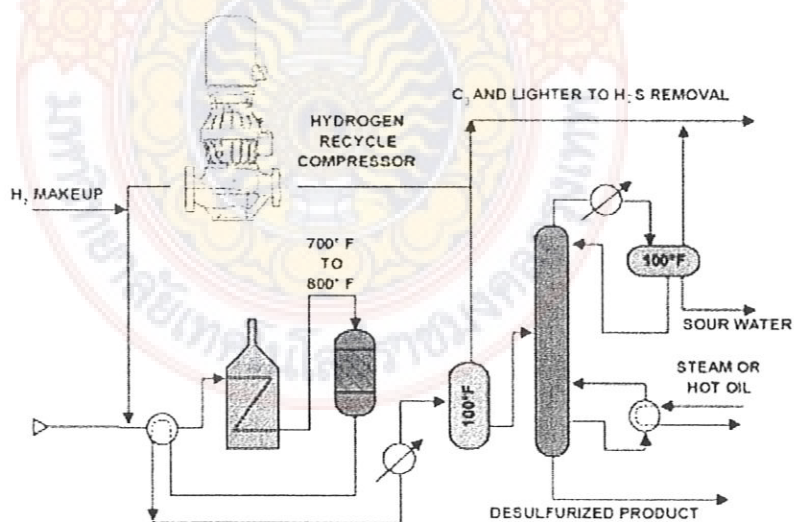
น้ำมันดิบที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกส่งเข้าสู่หอคอยกลั่นเพื่อแยกเอาส่วนเบาที่เป็นเชื้อเพลิง (แก๊สหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด และน้ำมันดีเซล) ออกก่อนแล้วจึงถูกส่งมากลั่นต่อในหอคอยกลั่นสุญญากาศ (Vacuum Distillation Tower) ส่วนของน้ำมันหล่อลื่นจะถูกกลั่นแยกออกมาด้านข้างหอคอยกลั่น มีทั้งความหนืดต่ำความหนืด ปานกลาง และความหนืดสูง ซึ่งจะต้องผ่านการปรับปรุงคุณภาพอีก 3 ขั้นตอนคือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย การเติมไฮโดรเจนและการแยกไข

2.1.3.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) โดยกำจัดสารที่ไม่อิมตัวจำพวกอะโรมาติก กำมะถัน และสารประกอบไนโตรเจนด้วยตัวทำละลายเพื่อปรับปรุงให้มีดัชนีความหนืดสูงขึ้น สีเปลี่ยนแปลงได้ง่ายและรวมตัวกับออกซิเจนได้ยาก



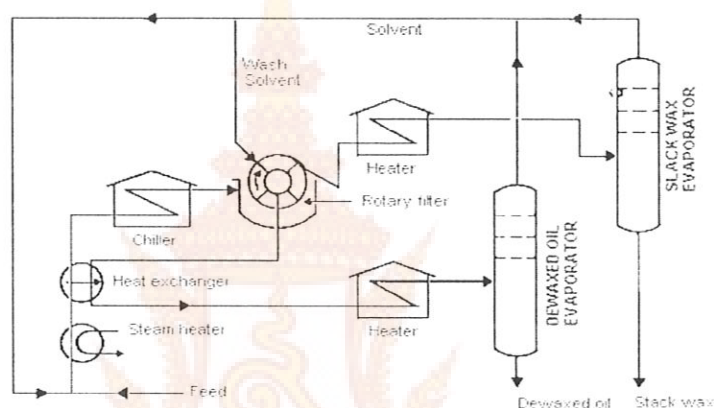
ภาพที่ 2.1 กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย

2.1.3.2 การเติมไฮโดรเจน (Hydro-finishing) เพื่อทำละลายหรือแปรรูปสารประกอบกำมะถัน ไนโตรเจน กรดและไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว ทำให้น้ำมันพื้นฐานมีความต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจนสูง ไม่สลายตัวง่าย ไม่เกิดยางเหนียวและมีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น



ภาพที่ 2.2 กระบวนการเติมไฮโดรเจน

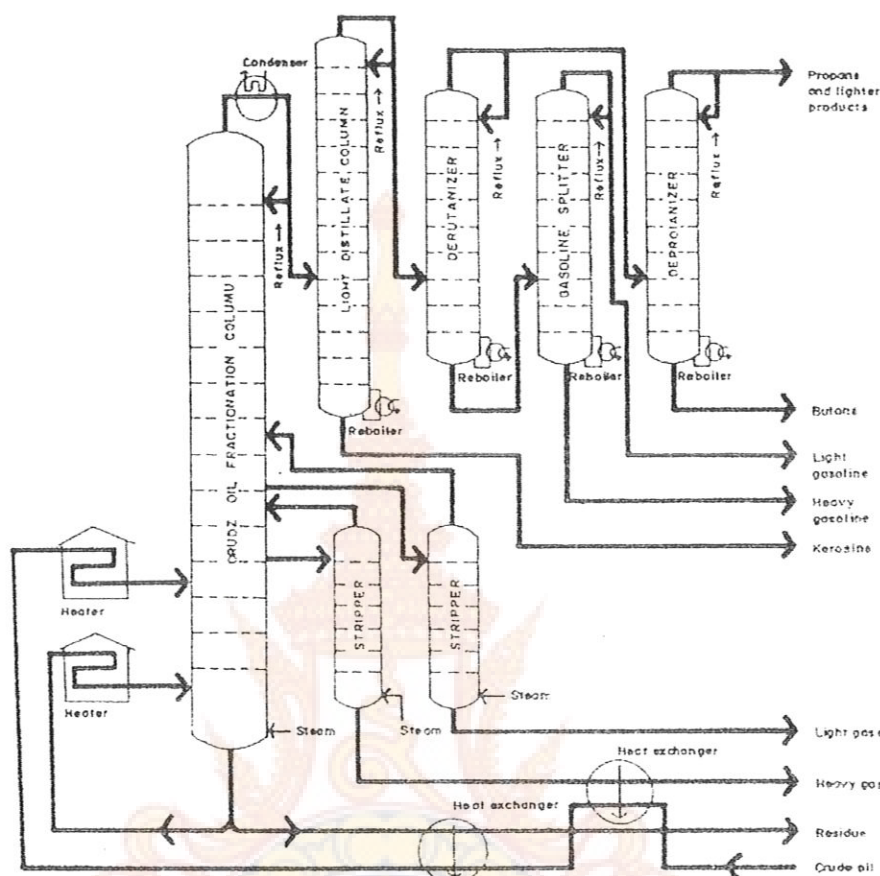
2.1.3.3 การแยกไข (Dewaxing) เพื่อให้มีจุดไหลเทต่ำลงสามารถใช้งานที่สภาพอุณหภูมิ ต่ำๆ ได้ดี จะได้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่มีบริสุทธิ์คุณภาพสูง เรียกว่า Solvent Neutral (SN) ความหนืด แสดงเป็นตัวเลขต่างๆ เช่น SN 150, SN 500 และ SN 600 ซึ่งเหมาะสำหรับทำน้ำมันหล่อลื่น ประเภท ต่างส่วนหนักและชั้นของน้ำมันที่กันหอกันสูญญากาศจะถูกนำไปแยกเอาขมออก (Deasphalting) แล้วผ่านการปรับปรุงคุณภาพอีก 3 ขั้นตอนดังกล่าวมาแล้วก็จะได้น้ำมันหล่อลื่น พื้นฐานบริสุทธิ์ที่ชั้นมากมีชื่อเรียกว่า Bright Stock (BS) ดังภาพ



ภาพที่ 2.3 กระบวนการแยกไข

2.1.4 น้ำมันแร่

น้ำมันแร่เป็นน้ำมันที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ (Crude Oil) น้ำมันหล่อลื่นที่ได้มาจาก ส่วนที่หนักของน้ำมันดิบที่เหลือจากการกลั่นเอาส่วนที่เบาได้แก่ แก๊ส น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด และ น้ำมันดีเซลออกไปโดยหอกันบรรยากาศ (Atmospheric Tower) ตามที่แสดงในภาพที่ 2.4

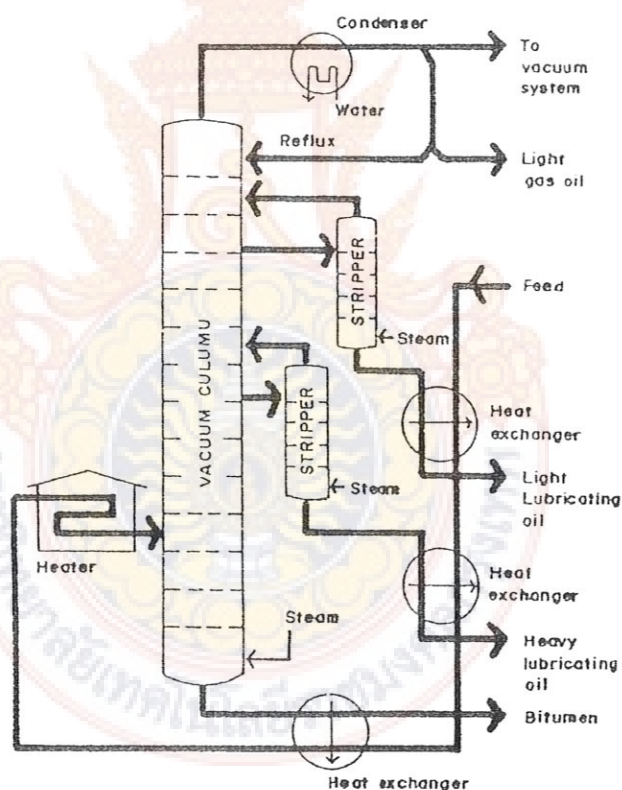


ภาพที่ 2.4 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ [1, 2]

กระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นจากน้ำมันดิบเริ่มจากการนำเอา ส่วนที่เหลือจากหอกกลั่นเข้าไปกลั่นอีกครั้งในหอกกลั่นสุญญากาศ เพื่อแยกส่วนที่เหลือจากหอกกลั่นบรรยากาศออกเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีจุดเดือด (Boiling Point) เหมือนกัน โดยความดันในหอกกลั่นในสุญญากาศทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดการแตกสลาย (Cracking) ที่อุณหภูมิสูง

คุณสมบัติที่สำคัญถูกควบคุมโดยการกลั่นสุญญากาศก็คือความหนืด (Viscosity) จุดวาบไฟ (Flash Point) และกากคาร์บอน (Carbon Residue) ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ กันออกมาหลังจากที่ออกจากหอกกลั่นสุญญากาศแล้วจะนำไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อแยกส่วนที่ไม่ต้องการออกให้เหลือผลิตภัณฑ์หรือน้ำมันหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติตามต้องการ

ตัวอย่างของกระบวนการเหล่านี้ได้แก่ กระบวนการแยกยางมะตอยออกโดยใช้โพรเพนเป็นสารละลาย (Propane Deasphalting) กระบวนการแยกเอาสารประกอบพวอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbons) ออกจากพวกที่ไม่ใช่อะโรมาติก (Nonaromatic Compound) ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นได้แก่ การเพิ่มเสถียรภาพในด้านความร้อนและการรวมตัวกับออกซิเจน และเพิ่มดัชนีความหนืด (Viscosity Index) กระบวนการต่อไปคือกระบวนการแยกเอาไขออกเพื่อลดจุดเทโหลให้ต่ำลงให้สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำส่วนกระบวนการสุดท้ายก็คือการเติมไฮโดรเจน (Hydro-Finishing) เพื่อเปลี่ยน โครงสร้างของโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดสีและสารที่ไม่เสถียรทำให้น้ำมันหล่อลื่นมีสีจางลงและช่วยเพิ่มสมบัติบางประการผลิตน้ำมันหล่อลื่นดังกล่าวได้แสดงไว้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กระบวนการผลิตน้ำมันหล่อลื่น [1, 2]

2.1.5 น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ [1, 2]

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานประเภทน้ำมันแร่ที่ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ แม้ว่าจะผ่านกระบวนการกลั่น หรือ จะผ่านกระบวนการมากมายที่ใช้กำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไปแต่น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ออกมานั้นยังคงเป็นสารผสมของสารประกอบหลายตัว ซึ่งไม่มีทางที่จะเลือกเอาเฉพาะสารที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดได้ หรือ ถ้ามีก็จะได้ผลผลิตต่ำทำให้การผลิตไม่คุ้มค่า น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานประเภทน้ำมันแร่ จึงมีคุณสมบัติเฉลี่ยของของผสม ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบที่เหมาะสมมากที่สุดและน้อยที่สุดเป็นผลให้น้ำมันแร่มีข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงได้มีการพัฒนาน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานประเภทน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์ขึ้นมา น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์เป็นน้ำมันพื้นฐานที่ได้จากกระบวนการทางเคมี ซึ่งเป็นการรวมตัวของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำให้ได้น้ำมันที่มีความหนืดเพียงพอที่จะใช้เป็นสารหล่อลื่น โดยสารประกอบเริ่มต้นที่ใช้ในการผลิตน้ำมันสังเคราะห์มักจะได้มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และเนื่องจากน้ำมันสังเคราะห์เป็นน้ำมันที่สร้างขึ้นจากกระบวนการเคมีจึงสามารถควบคุมให้มีโครงสร้าง โมเลกุลตามที่ต้องการและมีสมบัติตามที่คาดหวังไว้ได้

ข้อได้เปรียบที่สำคัญของน้ำมันสังเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันแร่ก็คือ สามารถนำไปใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่กว้างกว่าน้ำมันแร่ คือ ใช้ได้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและสูงกว่าของน้ำมันแร่นอกจากนี้ น้ำมันสังเคราะห์บางประเภทให้คุณสมบัติเฉพาะ เช่น ผสมเข้ากับน้ำและไม่ติดไฟ เป็นต้น

สำหรับน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ที่ใช้กันอยู่สามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ

1) ไฮโดรคาร์บอนสังเคราะห์ (Synthesized Hydrocarbon) ซึ่งเป็นไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่ได้มาจากน้ำมันดิบที่ใช้กันอยู่สามชนิด คือ โอลิฟิน(Olefin) โอลิโกเมอร์ (Oligomers) อัลคิลเลเตด อะโรมาติก (Alkylated Aromatics) และพอลิบิวทีน (Polybutenes) ข้อได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันแร่ก็คือมีความมั่นคงที่อุณหภูมิสูงอายุการใช้งานที่ยาวมีดัชนีความหนืดสูง มีการไหลที่อุณหภูมิต่ำ ไม่มีไข และมีการระเหยต่ำ

2) เอสเทอร์อินทรีย์ (Organic Ester) เป็นสารหล่อลื่นที่ได้มีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นสารหล่อลื่นของเครื่องยนต์เจ็ทของงานอากาศยาน และใช้ในระบบไฮดรอลิก เป็นต้น เอสเทอร์อินทรีย์ที่ใช้กันอยู่มีสองชนิด ชนิดแรกคือ ไดเบสิกเอซิดเอสเทอร์ (Dibasic Acid Esters) บางครั้งเรียก ไดเอสเทอร์ (Diesters) ซึ่งได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างไดเบสิกเอซิด (Dibasic Acid) กับ โมโนไฮดริคแอลกอฮอล์ (Monohydric Alcohol) อีกชนิดหนึ่งก็คือ พอลิอลเอสเทอร์ (Polyol Esters)

ได้จากปฏิกิริยาเคมีของพอลิไฮดรอลิกแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol) กับโมโนไฮดรอลิกเบสิกแอซิด (Monobasic acid) ข้อได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันแร่ก็คือ มีความมั่นคงที่อุณหภูมิสูงมีการไหลที่อุณหภูมิต่ำและมีอายุการใช้งานยาว

3) พอลิไกลคอล (Polyglycol) เป็นสารหล่อลื่นที่มีจุดเดือดสูงและจุดไหลเทต่ำเหมาะสำหรับสภาพการใช้งานที่อุณหภูมิสูง เช่น น้ำมันเบรกและน้ำมันไฮดรอลิกที่ติดไฟได้

4) ฟอสเฟตเอสเทอร์ (Phosphate Ester) เป็นสารหล่อลื่นที่มีคุณสมบัติทนไฟจึงใช้เป็นน้ำมันไฮดรอลิกสำหรับงานอากาศยานและน้ำมันไฮดรอลิกที่ไม่ติดไฟด้วย

5) น้ำมันหล่อลื่นอื่นๆ ได้แก่ ซิลิโคนซึ่งเป็นสารหล่อลื่นที่มีความหนืดสูงมาก (300 cSt หรือมากกว่า) และมีจุดไหลเทต่ำจึงเหมาะสำหรับการใช้งานในช่วงอุณหภูมิกว้าง และใช้เป็นน้ำมันไฮดรอลิกในกรณีพิเศษ เช่น ใช้เป็นสปริงของเหลวและซิลิเกตเอสเทอร์ (Silicate Ester) เป็นสารหล่อลื่นที่มีดัชนีความหนืดสูง และจุดไหลเทต่ำเช่นกันแต่น้ำมันสังเคราะห์จะมีคุณสมบัติโดยทั่วไปดีกว่าน้ำมันแร่ก็ตาม แต่สำหรับการนำไปใช้งานบางประเภทน้ำมันสังเคราะห์ก็ยังไม่มีความเหมาะสมทุกด้าน จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันสังเคราะห์ โดยการเติมสารเพิ่มคุณภาพเข้าไปเช่นเดียวกับการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันแร่

ที่ผ่านมาผู้บริโภคนิยมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์แม้จะมีราคาแพงก็ตาม แต่ในปัจจุบันภาวะเศรษฐกิจที่ถดถอยผู้บริโภคหันมาใช้น้ำมันหล่อลื่นกึ่งสังเคราะห์แทนเพราะเห็นว่าราคาถูกกว่าน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์และคุณภาพก็น่าจะดีกว่าน้ำมันหล่อลื่นทั่วไป เพราะมีส่วนผสมของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานสังเคราะห์อยู่ในการเลือกซื้อน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ผู้บริโภคควรอ่านฉลากสินค้าอย่างละเอียดก่อนที่จะตัดสินใจเลือกซื้อการแสดงความบนฉลากจะมีทั้งไทยและอังกฤษโดยทั่วไปน้ำมันเครื่องสังเคราะห์ 100 % และน้ำมันหล่อลื่นกึ่งสังเคราะห์มีการแสดงความหมายภาษาอังกฤษไว้เช่น

น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ 100 % แสดงข้อความ Fully synthetic

น้ำมันหล่อลื่นกึ่งสังเคราะห์แสดงข้อความ Semi-synthetic หรือ Partial-synthetic แต่บางข้อความ เช่น Synthetic blend, Plus Syn, Syntec, Synthetic performance หรือ Synthetic technology เป็นต้น ซึ่งข้อความเหล่านี้ไม่ได้สื่อให้ชัดเจนว่าเป็นน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ บางผลิตภัณฑ์ก็เป็นเพียงน้ำมันแร่ธรรมดาเท่านั้นแต่ผู้ผลิตจะแสดงไว้เพื่อเป็นจุดขายซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภค

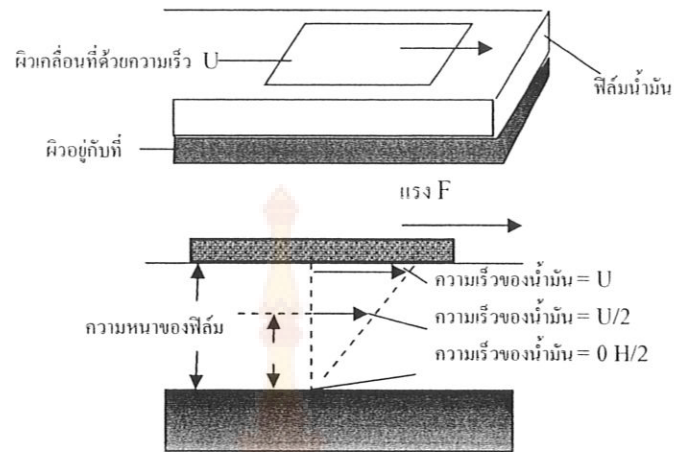
เข้าใจคิดว่าเป็นน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ 100 % ก็ได้ ดังนั้นจึงต้องอ่านข้อความภาษาไทยเป็นหลักเพื่อจะได้ใช้น้ำมันที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ถ้าไม่แน่ใจก็ไม่ควรที่จะซื้อ

นอกจากนี้แล้วผู้บริโภคควรพิจารณาว่ามีความจำเป็นเพียงใดที่จะต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ ใช้น้ำมันแล้วจะคุ้มหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเปลี่ยนถ่ายกับราคาน้ำมันที่ต้องจ่ายแพงขึ้นสำหรับการใช้งานจริงในท้องถนนซึ่งรอบและสภาวะการใช้งานของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา น้ำมันเครื่องสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์อาจช่วยได้บ้าง เนื่องจากมีความคงตัวสูง แต่สำหรับการใช้งานที่มีระยะทางไม่มากนัก วิ่งระยะใกล้ในสภาวะปกติ ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์หรือกึ่งสังเคราะห์ก็ได้ เนื่องจากในน้ำมันแรกก็มีการเติมสารเคมีที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะหล่อลื่นและปกป้องรักษาเครื่องยนต์ได้เช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเลือกซื้อน้ำมันหล่อลื่นประเภทใดก็ควรจะซื้อจาก แหล่งที่เชื่อถือได้เพื่อที่จะได้ใช้น้ำมันหล่อลื่นอย่างปลอดภัย และคุ้มค่า

2.1.6 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่น [1, 2]

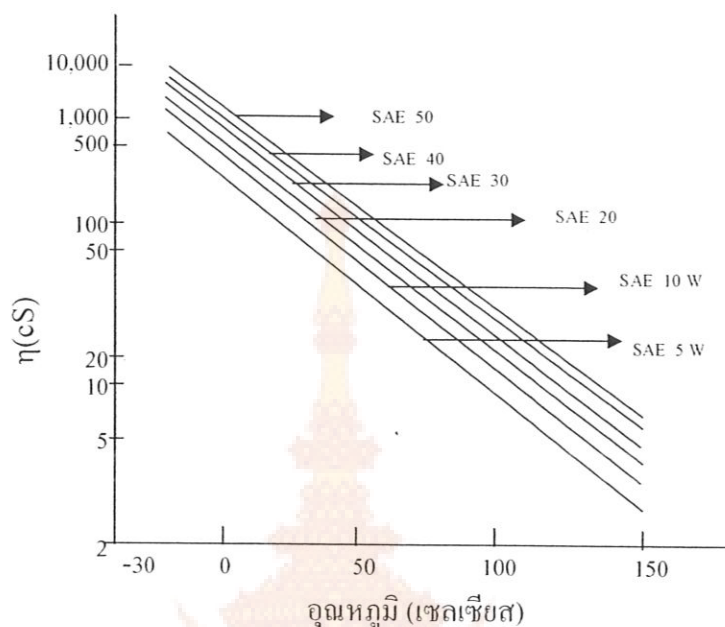
น้ำมันหล่อลื่นประเภทน้ำมันแร่นั้นมีหลายชนิดแต่ละชนิดจะมีลักษณะต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้ จึงจำเป็นต้องรู้ถึงสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น และในการผลิตก็ต้องมีการควบคุมคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นให้เป็นไปตามที่ต้องการทั้งทางด้านฟิสิกส์และเคมีดังต่อไปนี้

2.1.6.1 ความหนืด (Viscosity) หมายถึง ความข้นหรือความใสของน้ำมันเป็นคุณสมบัติของไหลซึ่งวัดในรูปของการต้านทานในการไหล เป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของน้ำมันหล่อลื่น เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นระหว่างผิวสัมผัส และผลต่อการเกิดความร้อนขึ้นในระหว่างผิวสัมผัสที่มีการหล่อลื่นด้วยน้ำมัน ความหนืด



ภาพที่ 2.6 หลักการของความหนืด [1, 2]

หลักการของความหนืดตามที่แสดงใน ภาพที่ 2.6 ประกอบด้วยวัตถุถูกดึงไปบนฟิล์มของน้ำมันด้วยความเร็วสม่ำเสมอฟิล์มที่ติดอยู่กับตัววัตถุที่เคลื่อนที่และอยู่กับที่ซึ่งเมื่อ พิจารณาให้น้ำมันประกอบขึ้นด้วยชั้นน้ำมันหลายๆ ชั้น ชั้นน้ำมันที่ติดอยู่กับผิวที่เคลื่อนที่ก็เคลื่อนไปด้วยความเร็วเดียวกับผิวที่เคลื่อนที่ (U) ส่วนชั้นน้ำมันที่ติดอยู่กับที่ก็จะมีความเร็วเป็นศูนย์ชั้นน้ำมันที่อยู่ระหว่างชั้นบนสุด และชั้นล่างสุดก็จะถูกดึงไปด้วยชั้นน้ำมันที่อยู่ด้านบนถัดไปให้มีความเร็วส่วนหนึ่งของความเร็ว U ซึ่งความเร็วของแต่ละชั้นน้ำมันดังกล่าวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรง (F) ที่ใช้ในการดึงให้ผิววัตถุอันบนเคลื่อนที่ไปนี้คือ แรงที่ต้องเอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นน้ำมันนั่นเอง และเนื่องจากแรงนี้เป็นผลมาจากความหนืด โดยแรงจะเป็นผลโดยตรงกับความหนืด ดังนั้นความหนืดก็สามารถได้จากการวัดแรงที่ต้องใช้เพื่อเอาชนะความเสียดทานของน้ำมันความหนืดที่หาได้ในที่นี้เรียกว่าความหนืดสัมบูรณ์ หรือความหนืดเชิงพลศาสตร์



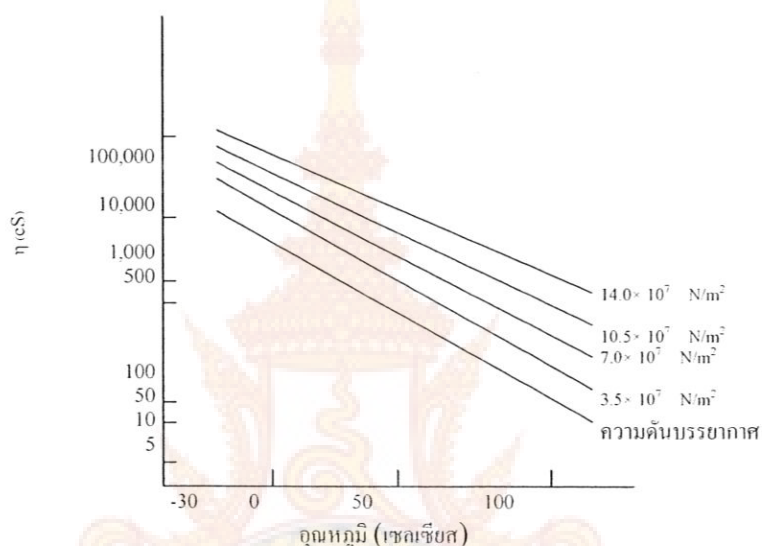
ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นบางชนิด [1, 2]

ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะไม่คงที่แต่จะแปรผันตามสภาวะการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะแปรผันกับอุณหภูมิและความดัน ในการใช้งานในด้านของอุณหภูมิ ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำมัน ซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นของเหลวจะขยายตัว โมเลกุลของน้ำมันจะเคลื่อนออกห่างกันทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลลดลงเป็นผลให้ความหนืดลดลงด้วยภาพที่ 2.7 เป็นกราฟแสดงถึงผลอุณหภูมิที่มีต่อความหนืดเชิงกลศาสตร์ได้ด้วย นอกจากนี้แสดงด้วยกราฟแล้วผลของอุณหภูมิที่มีต่อความหนืดก็ยังสามารถแสดงได้ด้วยสมการ 2-1 แต่เป็นเพียงโดยประมาณเท่านั้น ดังสมการ

$$\log \eta = A + B / T \quad (2-1)$$

โดยที่ η = ความหนืดเชิงพลศาสตร์
 A และ B = ค่าคงที่ (ขึ้นอยู่กับชนิดของของเหลว)
 T = อุณหภูมิสัมบูรณ์

สำหรับผลของความดันต่อความหนืดนั้น จะเห็นได้ชัดเจนก็ต่อเมื่อความดันเพิ่มสูงขึ้นมาก ซึ่งเมื่อความดันของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้น โมเลกุลของน้ำมันก็จะถูกบีบให้เข้าใกล้กันทำให้แรงยึดระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้นและเป็นผลทำให้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้นด้วยภาพที่ 2.8 ซึ่งแสดงถึงผลของความดันที่มีต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น SAE 40 โดยความหนืดจะเปลี่ยนแปลงจนเห็นได้ชัดเจนเมื่อความดันเพิ่มขึ้นประมาณ 2×10^7 N/m² (Pascal)



ภาพที่ 2.8 ผลของความดันต่อความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น SAE 40 [1, 2]

เมื่อความดันเพิ่มเป็น 3.5×10^7 N/m² ความหนืดก็จะเพิ่มเป็นสองเท่าของความหนืดที่ความดันบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงของความหนืดอันเนื่องมาจากความดันสามารถแสดงสมการโดยประมาณดังสมการ 2-2

$$\eta = \eta_0 e^{\sigma_p} \quad (2-2)$$

η = ความหนืดเชิงพลศาสตร์ที่ความดัน p

η_0 = ความหนืดเชิงพลศาสตร์ที่ความดันบรรยากาศ

p = ความดันของน้ำมันหล่อลื่น

σ = สัมประสิทธิ์ของความดันกับความหนืด

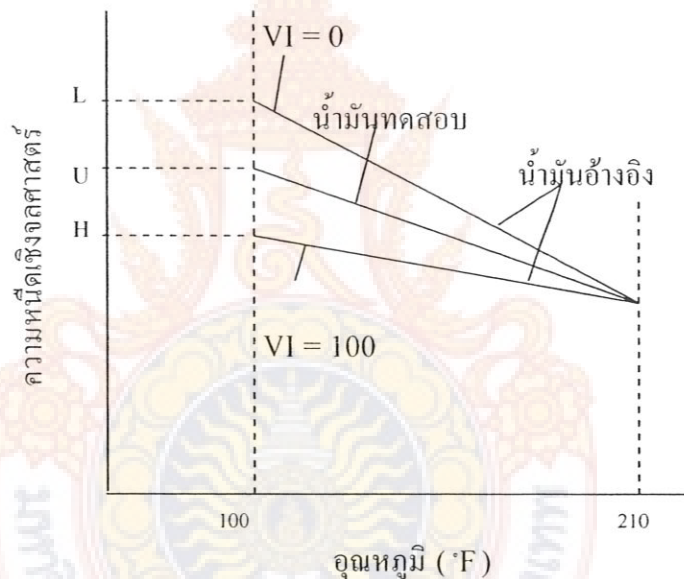
e = 2.7182

2.1.6.2 ดัชนีความหนืด (Viscosity Index) การหาดัชนีความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น กระทำได้ โดยการหาความหนืดเชิงจลศาสตร์ของน้ำมันหล่อลื่น ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 100°C และ 120°C แล้วหาดัชนีความหนืดตามสมการคือ

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100 \quad (2-3)$$

VI = ดัชนีความหนืด (viscosity index)

ค่า L, U และ H แสดงได้ดัง ภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การหาดัชนีความหนืด [1, 2]

2.1.6.3 คากคาร์บอน (Carbon Residual) หมายถึง สิ่งที่ตกค้างอยู่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ภายหลังจากเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่นในสภาวะที่กำหนด ปริมาณคากคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นจะไม่ค่อยมีความสำคัญนักสำหรับการใช้งาน เนื่องจากจะไม่มีคาร์บอนโดยตรงของน้ำมันหล่อลื่นในการนำไปใช้งาน แต่ปริมาณคากคาร์บอนจะมีความสำคัญสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง เพราะจะมีการเผาไหม้โดยตรง ดังนั้นการหาปริมาณคากคาร์บอนในน้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไป จึงเป็นการหาน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเพื่อดูว่ากระบวนการผลิตเป็นไปตามกำหนดหรือไม่

2.1.6.4 สี (Color) สีของน้ำมันหล่อลื่นที่เห็นเมื่อแสงผ่านนั้นจะมีสีต่างๆ กัน ตั้งแต่ใสมากจนถึงดำ ซึ่งอาจมีสีเหลือง แดง และน้ำตาล เป็นต้น ความแตกต่างของสีของน้ำมันหล่อลื่นเป็นผลมาจากชนิดของน้ำมันดิบที่นำมาผลิตเป็นน้ำมันหล่อลื่นแตกต่างกันทั้งวิธีการกลั่น และผลิตจำนวน และชนิดของน้ำมันดิบที่นำมาผลิต จำนวนและชนิดของสารเติมคุณภาพ ดังนั้นสีของน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปจึงไม่มีความสำคัญนักในด้านการใช้งานยกเว้นเป็นน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และยา

2.1.6.5 ความหนาแน่น และความถ่วงจำเพาะ (Density and Specific Gravity) ความหนาแน่น หมายถึง มวลของสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรที่อุณหภูมิมาตรฐานที่กำหนด ส่วนความถ่วงจำเพาะ (ความหนาแน่นสัมพัทธ์) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของน้ำมัน และความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน ในอเมริกามักกำหนดค่าความถ่วงจำเพาะในรูปหน่วย องค์การ API (American Petroleum Institute) สถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกาเป็นผู้กำหนดมาตรฐานของน้ำมัน ตามค่าตัวแปรทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมัน และกำหนดวิธีการทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติทั่วโลก ดังนั้นการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันจึงต้องอาศัยมาตรฐาน API เป็นสำคัญ ค่าความถ่วง API คือตัวเลขแสดงค่าความหนักเบาของผลิตภัณฑ์น้ำมันและน้ำมันปิโตรเลียมต่างๆ กำหนดเหมือนกันทั่วโลกที่ 60°F น้ำมันมีค่าความถ่วง API สูงเป็นน้ำมันหนัก ในทางตรงข้าม น้ำมันมีค่าความถ่วง API ต่ำเป็นน้ำมันเบา ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\text{ความถ่วง API ที่ } 60^{\circ}\text{F} = \frac{141.5}{\text{Sp.gr. } 60/60^{\circ}\text{F}} - 131.5 \quad (2-4)$$

ความถ่วง API = ความถ่วง API ที่ 60°F ดังสมการ 2-4

Sp.gr. 60/60°F = ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันที่ 60°F

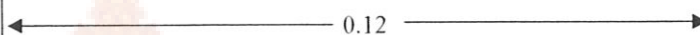
จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อความถ่วง API เพิ่มขึ้น ค่าความถ่วงจำเพาะจะลดลงค่าความถ่วงจำเพาะนี้จะเป็นการช่วยในการตรวจสอบน้ำมันหล่อลื่น โดยเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นที่เครื่องยนต์ใช้แล้วซึ่ง ถ้ามีค่าความถ่วงจำเพาะลดลง (ค่าความถ่วง API จะเพิ่มขึ้น) ก็อาจแสดงว่าน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ามาผสมกับน้ำมันหล่อลื่น และถ้าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นก็อาจแสดงว่ามีสิ่งแปลกปลอม เช่น เหม้า หรือ สารที่เกิดจากการรวมตัวกับออกซิเจนผสมอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น

2.1.6.6 จุดวาบไฟและจุดติดไฟ (Flash Point and Fire Points) หมายถึง อุณหภูมิที่น้ำมันระเหยกกลายเป็นไอ เพียงพอที่ผิวและสามารถจุดติดไฟได้เมื่อถูกเปลวไฟแต่เมื่ออุณหภูมินี้การระเหยกกลายเป็นไอจะไม่เพียงพอที่จะทำให้ การลุกไหม้คงอยู่ต่อไป เปลวไฟจึงดับลงเองทันทีแต่ถ้าหากการให้ความร้อนแก่น้ำมันต่อไปอีกอุณหภูมิ ก็จะสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่ระเหยกกลายเป็นไอเพียงพอที่จะทำให้เกิดการลุกไหม้ได้อย่างต่อเนื่อง อุณหภูมินี้ เรียกว่า จุดติดไฟ จุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นใหม่จะแปรผันกับความหนืด โดยน้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดสูงก็จะมีจุดวาบไฟสูงด้วย นอกจากนี้ชนิดของน้ำมันดิบที่นำมาผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานก็มีผลต่อจุดวาบไฟด้วย จุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันที่ใช้ในการควบคุมการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และใช้ในการพิจารณาในด้านความปลอดภัยในการใช้งาน

2.1.6.7 จุดไหลเท (Pour Point) หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุดที่น้ำมันจะเริ่มไหลภายใต้สภาวะที่กำหนดซึ่งน้ำมันทั่วไปจะมีไขส่วนหนึ่งละลายอยู่ด้วย เมื่อน้ำมันเย็นไขก็จะตกผลึก และเกาะกันเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงโดยกักเอาน้ำมันไว้ และเมื่อผลึกของไขเกิดขึ้นมากพอน้ำมันก็จะไม่สามารถไหลได้ต่อไปความสำคัญของจุดไหลเทจะขึ้นอยู่กับสภาวะการใช้งาน ตัวอย่างเช่นในประเทศหนาวจะต้องเลือกน้ำมันที่มีจุดไหลเทต่ำ เพื่อให้สามารถไหลได้ถึงแม้อุณหภูมิของอากาศโดยรอบต่ำในทางตรงกันข้ามน้ำมันที่มีจุดไหลเทต่ำก็ไม่ได้มีความจำเป็นสำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้งานในสภาวะอุณหภูมิสูงตลอดเวลา

2.1.6.8 ตัวเลขความเป็นกลาง (Neutralization Number) น้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปจะมีสภาพความเป็นกรดอยู่เล็กน้อยซึ่งสภาพความเป็นกรดนี้จะวัดปริมาณของเบสมาตรฐานที่ต้องใช้ในการทำน้ำมันมีสภาพเป็นกลาง ความเป็นกรดของน้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้นทั้งนี้ เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นเกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกับออกซิเจน (oxidation) ซึ่งจะทำให้เกิดกรดอินทรีย์ขึ้นสภาพความเป็นกรดนี้อาจทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนของโลหะได้ ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นโดยเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ดีเซลจึงนิยมเติมสารเพิ่มคุณภาพที่มีสารที่เป็นด่างเข้าไป เพื่อให้สารที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งมีสภาพเป็นกรดให้มีสภาพเป็นกลาง และเมื่อนำน้ำมันหล่อลื่นไปใช้งานอัตราการสิ้นเปลืองสารที่เป็นด่างที่ตรวจสอบได้ก็จะเป็นตัวชี้ถึงอายุการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่น การวัดความเป็นกรดค่านี้จะวัดในรูปของจำนวนเบสทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่น พ.ศ. 2547 (ต่อ)

ข้อกำหนด	อัตรา สูงต่ำ	ชนิดความหนืด											วิธีทดสอบ
		0W	5W	10W	15W	20W	25W	20	30	40	50	60	
ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส ร้อยละ โดยน้ำหนัก (ELEMENT CONSTENT; PHOSPHORUS %WT) - ชั้นคุณภาพ API SH ชนิดความ หนืดรวม SAE 5W-30 และ 10W-30	ไม่สูงกว่า												ASTM D 6443

ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน

หมายเหตุ

1. วิธีทดสอบอาจใช้วิธีอื่นที่เทียบเท่าก็ได้ แต่ในกรณีที่มิมีข้อได้เปรียบให้ใช้วิธีที่กำหนดในตารางแนบท้ายนี้
2. น้ำมันหล่อลื่นชนิดความหนืดรวม (Multigrades) ทุกความหนืดจะต้องมีลักษณะและคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของทุกชนิดความหนืดที่ครอบคลุมถึง
3. สำหรับข้อกำหนดน้ำมันหล่อลื่นชั้นคุณภาพที่สูงกว่า API SL และ API CI-4 ให้เป็นไปตามที่ American Petroleum Institute (API) ประกาศกำหนด หรือตามที่ระบุใน ASTM D 4485 สำหรับมาตรฐานอื่น ๆ ให้เป็นไปตามชั้นคุณภาพที่มาตรฐานนั้นกำหนด

2.1.8 ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อลื่นในประเทศไทย [3]

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยเจริญเติบโตมากขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งน้ำมันหล่อลื่นมีความจำเป็นต่อกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงทำให้น้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นเฉพาะรถยนต์นั่งรวมกันประมาณ 50,000,000 ลิตรต่อปี และหากรวมน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมด้วย จึงต้องมีการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันหล่อลื่นจากต่างประเทศเพื่อใช้ในกระบวนการต่าง ๆ

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการนำเข้าน้ำมันหล่อลื่นภายในประเทศ [4]

ปี	ปริมาณการนำเข้า (ล้านลิตร)
2535	11,648
2536	18,794
2537	21,336
2538	26,558
2539	36,844
2540	42,348
2541	39,446
2542	40,535
2543	39,242
2544	41,368
2545	42,279
2546	45,045

ที่มา <http://www.doeb.go.th/dbd/data-stat.html> [2006,February 9]

ตามประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่น พ.ศ. 2544 ซึ่งเริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2544 เป็นต้นมา ได้กำหนดให้ผู้นำเข้า ผู้ผลิต น้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะและเครื่องยนต์ดีเซลภายใต้สูตรของตนเอง หรือรับจ้างผลิตให้กับลูกค้าน้ำมันรายอื่น รวมถึงผู้ค้าน้ำมันหล่อลื่นชนิดดังกล่าวที่เป็นเจ้าของชื่อทางการค้า หรือเครื่องหมายการค้าที่ใช้หรือจะใช้กับน้ำมันหล่อลื่นนั้น ต้องแจ้งลักษณะและคุณภาพด้านการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นเพื่อขอรับความเห็นชอบจากกรมธุรกิจพลังงานก่อนการนำสินค้าออกจำหน่าย

สำหรับน้ำมันหล่อลื่นที่นำเข้า กรมธุรกิจพลังงานได้ขอความร่วมมือจากกรมศุลกากรในการ ดำเนินการตรวจสอบเลขทะเบียนของน้ำมันหล่อลื่นก่อนตรวจปล่อยสินค้าให้กับผู้นำเข้า ทั้งนี้เพื่อ ประโยชน์ในการติดตามดูแลคุณภาพของน้ำมันหล่อลื่นอีกทางหนึ่ง ดังนั้นหากผู้นำเข้ายังมิได้ มาดำเนินการขอรับความเห็นชอบให้เรียบร้อยเสียก่อนก็จะไม่สามารถนำสินค้าออกจากด่านศุลกากรได้ จนกว่าจะมาดำเนินการให้เสร็จเรียบร้อย ซึ่งในระหว่างระยะเวลาดังกล่าวผู้นำเข้าจะต้องเสียค่าใช้จ่าย

ในการฝากเก็บสินค้าให้กับกรมศุลกากร และหากผู้นำเข้ายังไม่สามารถดำเนินการขอรับความเห็นชอบได้ภายในกำหนดระยะเวลาการฝากเก็บสินค้าตามที่กรมศุลกากรกำหนด ก็อาจจำเป็นต้องส่งสินค้ากลับหรือสินค้านั้นอาจถูกยึดและถูกแจ้งจำหน่ายได้

กรมธุรกิจพลังงานขอแนะนำว่าผู้ที่จะนำเข้าน้ำมันหล่อลื่นควรมาดำเนินการขอรับความเห็นชอบให้เรียบร้อยเสียก่อนที่จะส่งนำเข้าน้ำมันหล่อลื่น โดยผู้นำเข้าน้ำมันหล่อลื่นควรศึกษารายละเอียดของกฎหมายให้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งรายละเอียดเกี่ยวกับเอกสารประกอบการขอรับความเห็นชอบในส่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและคุณภาพด้านการใช้งานของน้ำมันหล่อลื่นซึ่งเป็นข้อมูลเชิงเทคนิคที่ผู้นำเข้าจะต้องติดต่อขอเอกสาร จากผู้ผลิตในต่างประเทศ นอกจากนี้ควรมีการวางแผนการนำเข้าไว้ล่วงหน้าโดยต้องเผื่อเวลาสำหรับการจัดหาเอกสารและการติดต่อไว้ด้วยเนื่องจาก โดยทั่วไปแล้วการติดต่อกับต่างประเทศจะใช้ระยะเวลามากกว่าปกติ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้การนำเข้าน้ำมันหล่อลื่นเป็นไปด้วยความสะดวกและไม่เป็นการเพิ่มภาระค่าใช้จ่ายของผู้นำเข้าโดยไม่จำเป็น

2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา [5,6]

ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เป็นสารที่เติมลงไปปฏิกิริยาโดยไปเปลี่ยนกลไกการเกิดปฏิกิริยาบางอย่าง ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น โดยที่ตัวสารเองไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหลังเกิดปฏิกิริยาเสร็จสิ้น โดยสมดุลของปฏิกิริยาไม่เปลี่ยน

2.2.1 สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา

- 1) ไม่รบกวนสมดุลของปฏิกิริยา
- 2) ช่วยลดพลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยา (E_a)
- 3) ต้องเป็นสารเสมอ

2.2.2 ปฏิกิริยาอะตอมิซิส (Catalytic Reaction หรือ Catalysis) [5,6,7,8]

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ปฏิกิริยาอะตอมิซิสแบบเอกพันธ์ (Homogeneous Catalytic Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่ทั้งตัวเร่งปฏิกิริยาและสารตั้งต้นอยู่ในสถานะเดียวกัน เช่น การสังเคราะห์กรดอะซิติก (CH_3COOH) จากเมทานอล (CH_3OH) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของโลหะโรเดียม (Rhodium Complex) ประเภทของปฏิกิริยาอะตอมิซิสแบบเอกพันธ์แบ่งออกได้ดังนี้

1.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นแก๊ส ได้แก่ แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide) ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfur dioxide) ในกระบวนการผลิตกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

1.2 สภาพที่เป็นของเหลว เช่น การใช้กรดและเบสในกระบวนการไฮโดรลิซิสของพอลิเอสเทอร์

2. ปฏิกิริยาคะตะไลซิสแบบวิวิธพันธ์ (Heterogeneous catalytic reaction) เป็นปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นและตัวเร่งปฏิกิริยามีสถานะที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ไฮโดรจิเนชันของโพรเพน

3. ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นเอนไซม์ (Enzymatic Catalysis) ที่มีทั้งแบบเอกพันธ์ และแบบวิวิธพันธ์ส่วนใหญ่ที่ใช้กันในปัจจุบันเป็นแบบเอกพันธ์ โดยเอนไซม์เป็นโมบิลไท์เอนไซม์ (Mobilized Enzyme) แต่ได้มีการพัฒนาอิมโมบิลไท์เอนไซม์ (Immobilized Enzyme) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์

2.3 ซีโอไลต์ [9]

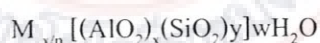
ซีโอไลต์ (Zeolite) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก zein แปลว่า to boil และ lithos แปลว่า stone รวมความหมายแล้วก็คือ boiling stone หรือ หินเดือด ซีโอไลต์ถูกค้นพบครั้งแรกในช่วงกลางศตวรรษที่ 18 ซีโอไลต์ที่พบตามธรรมชาติมีอย่างน้อย 40 ชนิด พบได้ตามทะเลสาบที่มีความเป็นด่างและความเค็ม พื้นผิวดินที่แห้งและมีค่าพีเอชสูง นอกจากนี้ยังมีซีโอไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์อีกมากกว่า 150 ชนิด โดยได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างซิลิกา อะลูมินา โซเดียมออกไซด์ และโพแทสเซียมออกไซด์ ภายใต้สภาวะความดันไอน้ำอ้อมตัว ซึ่งเรียกว่า “กระบวนการไฮโดรเทอร์มัล (Hydrothermal treatment)” ซีโอไลต์ คือ สารประกอบอะลูมิโนซิลิเกต (Crystalline Aluminosilicates) ซีโอไลต์ที่พบในธรรมชาติ นอกจากซิลิกอน หรืออะลูมิเนียมและออกซิเจนแล้วในโครงสร้างโมเลกุลของซีโอไลต์ยังมีประจุบวกของโลหะ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม เกะอยู่อย่างหลวมๆ และยังมีโมเลกุลของน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ในช่องว่างในโครงผลึก สามารถดัมให้เดือดระเหยออกไปได้ ทำให้เป็นที่มาของชื่อซีโอไลต์นั่นเอง ซีโอไลต์นั้นอาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติในรูปของแร่ธาตุ มีการทำเป็นเหมือนซีโอไลต์ในพื้นที่หลายแห่งของโลก หรืออาจสังเคราะห์ขึ้นได้โดยกระบวนการทางเคมี เพื่อประโยชน์ทางการค้า ซึ่งจะทำให้ได้ซีโอไลต์ที่มีสมบัติเฉพาะเจาะจง รวมทั้งอาจมีการสังเคราะห์ซีโอไลต์ในห้องปฏิบัติการเพื่อประโยชน์ในการศึกษาลักษณะทางเคมีของซีโอไลต์เองด้วย ซีโอไลต์มีมากกว่า 600 ชนิด แต่สามารถแบ่งกลุ่มตามชนิดของโครงสร้างได้ประมาณ 40 ชนิด ซึ่งความแตกต่างในโครงสร้างนี้มีผล

คุณสมบัติต่าง ๆ ของซีโอไลต์ เช่น โครงสร้างผลึก ความหนาแน่น ขนาดของโพรง ความแข็งแรงของพันธะ เป็นต้น การจำแนกชนิดของซีโอไลต่นั้นอาศัยขนาดและรูปร่างของโพรงซีโอไลต์เป็นหลัก ซึ่งจะทำให้จำซีโอไลต์ไปใช้ประโยชน์ในงานที่แตกต่าง

นักวิทยาศาสตร์ดีเด่นประจำปี 2546 ท่านแรก คือรองศาสตราจารย์ ดร.จรัส ลิ้มตระกูล นั้นถือเป็นนักวิจัยคนแรก ๆ ของประเทศไทยที่ให้ความสนใจและศึกษาถึงการออกแบบ และนำซีโอไลต์มาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมโดยเฉพาะใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา มีการพัฒนาเทคนิคใหม่ อันเป็นการศึกษาเชิงลึก ซึ่งจากผลงานตลอด 15 ปีที่ผ่านมาทำให้ห้องปฏิบัติการวิจัยเคมีคอมพิวเตอร์ และเคมีประยุกต์ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อันเป็นต้นสังกัดได้รับความเชื่อถือในระดับนานาชาติ มีผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและผลงานได้รับการอ้างอิงในหลายแห่งและเมื่อเร็ว ๆ นี้ บริษัท Dow Chemical ได้ทำความตกลงในความร่วมมือเพื่อทำวิจัยเกี่ยวกับสารเร่งปฏิกิริยาของกลุ่มซีโอไลต์กับห้องปฏิบัติการแห่งนี้ ส่วนนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น 2546 อีกท่านคือ รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว นั้นเป็นการใช้เคมีควอนตัมในการศึกษาโครงสร้างของซีโอไลต์ ซึ่งเป็นการพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้แทนแรงกระทำระหว่างเกสต์โมเลกุล (Guest molecule) กับ ซีโอไลต์ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ถูกต้องและมีความซับซ้อนมากกว่าสมการที่ใช้อยู่เดิม ทำให้สามารถอธิบายและตรวจพบปรากฏการณ์ใหม่ๆ เกี่ยวกับซีโอไลต์อีกด้วย โดยสรุป งานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นทั้งสองท่านนั้นเป็นงานที่ศึกษาเคมีเชิงพื้นฐาน แต่ก็เป็นเรื่องพื้นฐานที่สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีได้ทันที ซึ่งเมื่อมองถึงมูลค่าของการใช้ซีโอไลต์เฉพาะในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมแล้วก็นับว่าเป็นงานวิจัยที่สามารถนำไปต่อยอดกลายเป็นค่าทางเศรษฐกิจที่มีมูลค่ามหาศาล

2.3.1 นิยามของซีโอไลต์

ซีโอไลต์จัดเป็นสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตหรือสารอะลูมิโนฟอสเฟตมีสูตร โครงสร้างทางเคมี คือ

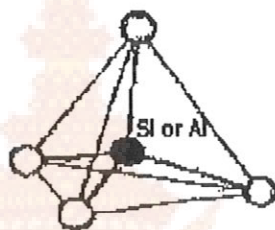


เมื่อ M คือ ไอออนบวกที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ n

w คือ จำนวนโมเลกุลของน้ำ

y/x คือ อัตราส่วนซิลิกอนต่ออะลูมิเนียม (Si / Al)

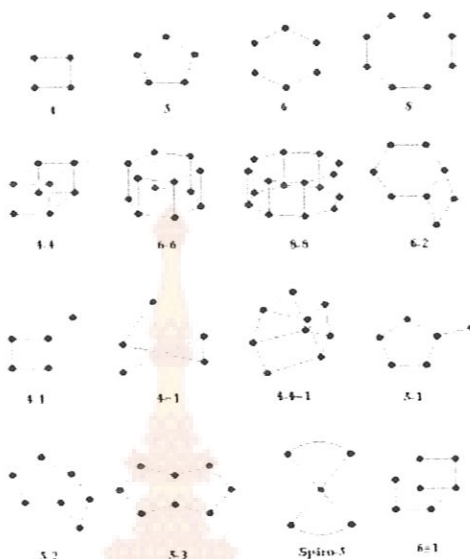
อัตราส่วน y/x จะมีค่าอยู่ในช่วง 1-5 ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของซีโอไลต์ นอกจากนี้ยังจัดเป็นสารที่มีความพรุนสูง (Microporous molecules) มีโพรงภายในโครงสร้างที่มีรูปแบบแน่นอนขนาดประมาณ 3-30 Å ภายในโพรงจะเต็มไปด้วยไอออนบวกและโมเลกุลของน้ำ ซึ่งโมเลกุลทั้งสองชนิดสามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนบวกได้ โครงสร้างของซีโอไลต์ประกอบด้วยหน่วยโครงสร้างปฐมภูมิ (Primary units) TO_4 เมื่อ T คือ อะตอมของซิลิกอน อลูมิเนียม หรือ ฟอสฟอรัส ส่วนอะตอมของออกซิเจน จะอยู่ที่มุมทั้งสี่ของรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้า (Tetrahedron unit) ล้อมอะตอม T ไว้ตรงกลาง ดังแสดงใน ภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 หน่วยโครงสร้างปฐมภูมิรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้าของซีโอไลต์

โครงสร้าง 3 มิติของซีโอไลต์เกิดจากการเชื่อมต่อกัน ของทรงเหลี่ยมสี่หน้าของซิลิเกต (Silicates, $[\text{SiO}_4]^{4-}$) กับรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้าของอะลูมินेट (Aluminates, $[\text{AlO}_4]^{3-}$) หรือรูปทรงเหลี่ยมสี่หน้าของฟอสเฟต (Phosphate, $[\text{PO}_4]^{3-}$) เกิดเป็นหน่วยย่อย (Sub-units) ซึ่งเรียกว่าหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary Building Units, SBUs)

หน่วยโครงสร้างทุติยภูมิมีรูปร่างหลายแบบแตกต่างกันซึ่งมุมของรูปหลายเหลี่ยมแต่ละรูปจะแทนด้วยหน่วยปฐมภูมิ จำนวน 1 หน่วย หน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ มีโครงสร้างหลายแบบ ดังแสดงในภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 หน่วยโครงสร้างทุติยภูมิของซีโอไลต์

โครงสร้างที่เป็นรูพรุนอย่างเป็นระเบียบของซีโอไลต์ ซึ่งอาจใช้เป็นตัวกรองสารที่ต้องการ โดยโมเลกุลที่เล็กกว่าขนาดโพรงซีโอไลต์ก็จะสามารถผ่านไปได้ ในขณะที่โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถผ่านออกมา และโมเลกุลที่ต้องการซึ่งมีขนาดพอดีกับโพรงซีโอไลต์ก็จะถูกกักไว้ภายในโพรง แต่ในการประยุกต์ใช้ซีโอไลต์ในการกลั่นปิโตรเลียมให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นๆ นั้น ปัจจัยสำคัญมิใช่เรื่องขนาดของโพรงซีโอไลต์อย่างเดียว แต่ยังมีสมบัติทางเคมีของอะตอมที่อยู่รอบๆ โครงสร้างผลึกที่มีส่วนทำให้เกิดผลที่ต้องการด้วย เช่น ในบางกรณีที่เราต้องการทำให้สารไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่แตกออกกลายเป็นโมเลกุลที่เล็กลง เพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้นั้น การแตกออกของโมเลกุลใหญ่ๆ ก็เกิดจากการที่โมเลกุลทำปฏิกิริยากับอะตอมที่อยู่รอบๆ โพรงซีโอไลต์นั่นเองโดยสรุปแล้ว การใช้ประโยชน์จากซีโอไลต์จะถูกกำหนดด้วยสมบัติพื้นฐานในระดับโมเลกุลของสาร ซึ่งมีอยู่สามด้านหลัก ๆ ด้วยกัน ได้แก่ เป็นตัวแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange) เป็นตัวดูดซับ (Adsorbent) และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

1) ตัวแลกเปลี่ยนประจุ เนื่องจากประจุบวกของโลหะที่เกาะกับซีโอไลต์นั้นเกาะอยู่อย่างหลวม ๆ มันจึงพร้อมที่จะแลกเปลี่ยนกับโลหะอื่นเมื่ออยู่ในสารละลายได้ ด้วยหลักการนี้จึงสามารถประยุกต์ใช้กับการลดความกระด้างของน้ำ (น้ำที่ไม่กระด้าง หรือน้ำอ่อนนั้น เมื่อเติมสารซักฟอกลงไป จะเกิดฟองมากมายหรือง่าย ๆ ว่าน้ำกระด้างฟอกสบู่ไม่เป็นฟอง) โดยโลหะอัลคาไลน์ เช่น โซเดียม

หรือ โพลีเอทิลีนที่เกาะกับซีโอไลต์จะมีการแลกเปลี่ยนประจุกับแคลเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งเป็นประจุของโลหะในน้ำที่เป็นตัวการทำให้น้ำกระด้าง และมีการนำซีโอไลต์มาใช้ในการลดความกระด้างของน้ำแทนการใช้ฟอสเฟตในผงซักฟอก เนื่องจากฟอสเฟตนั้นถือว่าเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและด้วยหลักการของการแลกเปลี่ยนประจุนี้ ทำให้สามารถใช้ซีโอไลต์ในการกำจัดแอมโมเนียออกจากน้ำเสีย โดยการแลกเปลี่ยนประจุบวกของแอมโมเนียกับโลหะโซเดียมที่อยู่ในโครงของซีโอไลต์ รวมทั้งสามารถใช้ในการขจัดแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) จากไอเสียของเครื่องยนต์ให้กลายเป็นแก๊สไนโตรเจน และแก๊สออกซิเจนที่ปลอดภัย (อุปกรณ์นี้ถูกเรียกว่า คะตะไลติกคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งบังคับให้คิดไว้ที่ท่อไอเสียของรถยนต์รุ่นใหม่ ๆ ทุกคัน) และสามารถขจัดไอโซโทปกัมมันตรังสีของซีเซียมและสตรอนเชียมจากกากนิวเคลียร์ได้อีกด้วย

2) ตัวดูดซับ การใช้ซีโอไลต์เป็นตัวดูดซับนั้นสามารถใช้ได้ทั้งในกระบวนการทำให้แห้ง (Dehydration) การทำให้บริสุทธิ์ (Purification) และการแยกสาร (Separation) ซึ่งซีโอไลต์นั้นมีสมบัติในการเลือกทำปฏิกิริยาตามรูปร่าง อันเป็นหลักการพื้นฐานของกระบวนการดูดซับระดับโมเลกุล โดยสามารถเลือกให้มีการเลือกดูดซับเฉพาะบางโมเลกุล ส่วนการทำให้แห้งนั้น เนื่องจากซีโอไลต์ที่มีประจุบวกสามารถดูดซับน้ำได้ดีเป็นพิเศษและสามารถเกิดปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้ กล่าวคือ เมื่อมีการให้ความร้อน น้ำก็จะระเหยออกไปหมด แต่เมื่อซีโอไลต์เหล่านี้สัมผัสกับไอน้ำอีกครั้งก็สามารถดูดซับน้ำได้อีก หรืออาจนำไปใช้ดูดซับสารอื่นแทน เช่น แก๊สไอโอไดน์ ตะกั่ว หรือแอมโมเนียแบบย้อนกลับได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังใช้ในการแยกแก๊ส ซึ่งโมเลกุลของแก๊สต่างชนิดกันจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของปฏิกิริยาทางไฟฟ้าสถิตกับไอออนโลหะในทางกลับกันซีโอไลต์บางชนิดจะไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำแต่จะดูดซับเฉพาะโมเลกุลอินทรีย์เท่านั้น

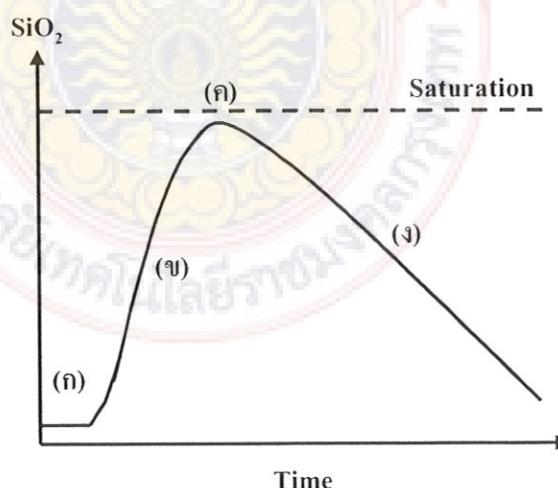
3) ในแง่ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้นจัดว่ามีมูลค่ามหาศาลโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ในแต่ละปีประเทศไทยต้องนำเข้าตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเคมีปีละกว่าพันล้านบาท และกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของตัวเร่งปฏิกิริยานี้คือ ซีโอไลต์ (ราคาของซีโอไลต์มีตั้งแต่กิโลกรัมละ 4,000-5,000 บาทไปจนถึงประมาณล้านบาท) ด้วยเหตุที่ข้อดีของซีโอไลต์คือ มันจะอยู่ในรูปของแข็งที่มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้ง่ายทนกว่า และนำกลับมาใช้ได้ง่ายกว่าสารเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปของเหลว หรือแก๊ส ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานและเป็นมิตรกับธรรมชาติ จากความรู้ที่ว่าสมบัติการเป็นตัวแยกโมเลกุล (Molecular sieve) ของซีโอไลต์ขึ้นกับขนาดของช่องว่างที่อยู่ระหว่างโครงสร้างหน่วยย่อย และเราสามารถควบคุมขนาดของช่องนี้โดยควบคุมอุณหภูมิและประจุบวกที่อยู่ภายในหรืออยู่รอบๆ ช่องว่าง ทำให้ช่องว่างนี้ไว้อย่างบางส่วน และนักเคมีสามารถเพิ่มหรือลดขนาดช่องว่างนี้ได้โดยการ

ปรับปรุงปัจจัยสองประการดังกล่าว จึงมีการสังเคราะห์สารที่มีโครงสร้างคล้ายซีโอไลต์ และใช้สารกลุ่มนี้เป็นตัวแยกโมเลกุล และใช้สารดังกล่าวเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ซึ่งนอกจากจะเป็นการประหยัดพลังงาน และลดขั้นตอนได้แล้ว นอกจากจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เร็วขึ้นแล้ว ยังสามารถสร้างมูลค่าของสารตั้งต้นให้ออกมาเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ต้องการได้เท่านั้น เช่น เพิ่มค่าออกเทนของน้ำมัน โดยกำจัดองค์ประกอบที่เป็นสายตรง หรือแยกสารไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวออกจากชนิดไม่อิ่มตัว เป็นต้น

2.3.2 การสังเคราะห์ซีโอไลต์ [10]

การสังเคราะห์ซีโอไลต์สามารถทำได้ โดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล โดยทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส และความดันสูง การทำปฏิกิริยานี้จะถูกทิ้งไว้ตามระยะเวลา ความดัน และอุณหภูมิที่กำหนด ภายได้ปริมาณน้ำที่มีมากเกินไป อย่างไรก็ตามได้มีวิธีการใหม่ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่ใช้อุณหภูมิต่ำ ซึ่งซีโอไลต์สามารถเกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิ น้ำเดือด

ขั้นตอนการเกิดซีโอไลต์แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน [11] ดังแสดงในภาพที่ 2.12 เริ่มจากขั้นตอน (ก) เป็นช่วงเริ่มการละลายของซิลิกาซึ่งเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ขั้นตอน(ข) เป็นขั้นตอนที่ซิลิกาละลายอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดอิ่มตัว และเริ่มเกิดผลึกซีโอไลต์ในขั้นตอน (ค) ส่วนในขั้นตอน (ง) ซิลิกาในสารละลายถูกใช้ในการเกิดซีโอไลต์ ซึ่งในขณะนั้นก็มีการเกิดการละลายของซิลิกาเกิดขึ้นด้วยแต่มีในปริมาณที่น้อยกว่า



ภาพที่ 2.12 ขั้นตอนการละลายของซิลิกา และการเกิดซีโอไลต์

องค์ประกอบหลักในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ [9]

1) แหล่งของอลูมิเนียม การสังเคราะห์ซีโอไลต์ในการทดลองโดยทั่วไปจะใช้สารประกอบโลหะอลูมินา (Metal Aluminates) เป็นสารตั้งต้น เช่น โซเดียมอะลูมิเนต หรือบางครั้งอาจใช้อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ หรือเกลืออลูมิเนียม ($\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{AlO}(\text{OH})$) หรือแหล่งแร่ อลูมิเนียมตามธรรมชาติ เช่น หินฟีนมา (Feldspar หรือ Felspatoides)

2) แหล่งของซิลิกอน โดยทั่วไปจะใช้สารละลายของซิลิกา เช่น โซเดียมเมทาซิลิเกต เพนตะไฮเดรต (Sodium Metasilicate Pentahydrate) ซิลิกาโซล เช่น ซิลิกา 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก บางครั้งอาจใช้ซิลิกาเจล แก้ว ทราชแร่ควอร์ต เป็นต้น

3) แหล่งของไอออนบวก ได้แก่ ไอออนของโลหะหมู่ I และ หมู่ II ที่อยู่ในรูปของไฮดรอกไซด์ไอออน นอกจากนี้สามารถได้จากสารประกอบออกไซด์ และเกลือของโลหะหมู่ I และ หมู่ II ได้

4) สารเคมีอื่นๆ เช่น สารประกอบอินทรีย์ (Organic Compounds) ที่แตกตัวให้ไอออนบวก ซึ่งเรียกว่า สารโครงสร้าง (Template) โดยใส่ในเจล เพื่อช่วยในการตกผลึกของซีโอไลต์ เช่น เตตระเอทิลแอมโมเนียม เตตระโพรพิลแอมโมเนียม เป็นต้น

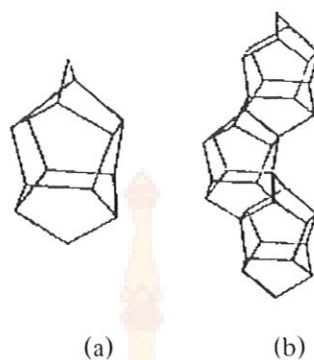
การสังเคราะห์ซีโอไลต์ โดยการนำแหล่งของซิลิกา อลูมินา และ สารประกอบไฮดรอกไซด์ของโลหะผสมกัน ซึ่งไฮดรอกไซด์จะเป็นตัวช่วยเปลี่ยนซิลิกาให้อยู่ในรูปของซิลิเกต โดยสารละลายที่ผสมกันแล้ว เรียกว่า เจล ซึ่งเป็นสารไฮดรอกไซด์อลูมิเนียมซิลิเกต (Hydrous Metal Aluminosilicate) ที่เกิดจากการเกิดโคพอลิเมอร์ไรเซชัน (Copolymerization) ของซิลิเกต และอลูมินาที่อยู่ในสารละลาย โดยมีกลไกการเกิดพอลิเมอร์แบบควบแน่น (Condensation Polymerization Mechanism) เจลที่ได้สามารถนำไปสังเคราะห์ซีโอไลต์โดยการตกผลึกภายใต้กระบวนการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆกัน ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิประมาณ 175°C อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจใช้อุณหภูมิสูงถึง 300°C ความดันที่ใช้เป็นความดันออโตจีเนียส (Autogenous Pressure) ซึ่งมีค่าประมาณใกล้เคียงกับความดันไอที่อิ่มตัว (Saturated Vapor Pressure) ของน้ำที่อุณหภูมิที่กำหนด ระยะเวลาที่ใช้ในการตกผลึกอาจมีค่าตั้งแต่สองถึงสามชั่วโมงไปจนถึงระยะเวลาที่เป็นวัน [9,10]

การศึกษาด้านซีโอไลต์สังเคราะห์นั้น เป็นความพยายามของนักวิจัยในการศึกษาวิจัยถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และกัมมันตภาพเชิงเร่งปฏิกิริยาหรือความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อออกแบบ และสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่มีสมบัติใหม่ๆ เพื่อใช้ในปฏิกิริยาเคมีเฉพาะที่ต้องการ

หรือความพยายามของนักเทคโนโลยีนาโนในด้านเคมี ที่ต้องการสร้างแผ่นซีโอไลต์ (Zeolite Membrane) ซึ่งใช้ในการแยกสารไฮโดรคาร์บอน โดยเทคโนโลยีนาโนทำให้นักวิจัยสามารถดูการจัดเรียงของอะตอมให้กลายเป็นแผ่นเมมเบรนได้ และที่สำคัญอีกอย่าง คือ การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับซีโอไลต์ เพื่อสร้างองค์ความรู้ในระดับพื้นฐาน ซึ่งมีการศึกษาโดยใช้ฟิสิกส์เชิงสถิติ และใช้แบบจำลองในคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบผลการจำลองแบบเหล่านี้ได้โดยตรงกับข้อมูลที่ได้จากการทดลองจริง ซึ่งในช่วงสิบปีที่ผ่านมา มีการพัฒนาทั้งทฤษฎี และวิธีการทดลองเกี่ยวกับซีโอไลต์ อย่างมากมาย นำไปสู่ความเข้าใจในรายละเอียดของพฤติกรรมของโมเลกุลที่เข้ามาเกาะกับซีโอไลต์ ทำให้สามารถนำซีโอไลต์มาประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ ได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น ส่วนการศึกษาการเจริญของผลึกซีโอไลต์ในอวกาศขององค์การนาซานั้น ก็เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับซีโอไลต์เช่นกัน โดยที่ผลึกซีโอไลต์ที่เจริญในอวกาศนั้นจะโต กว่าผลึกที่ปลูกบนโลกตั้งแต่ 100-500 เท่า ทำให้นักวิจัยได้เรียนรู้กระบวนการก่อตัวของผลึก ซึ่งผลที่ตามมา ก็จะทำให้สามารถผลิตซีโอไลต์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

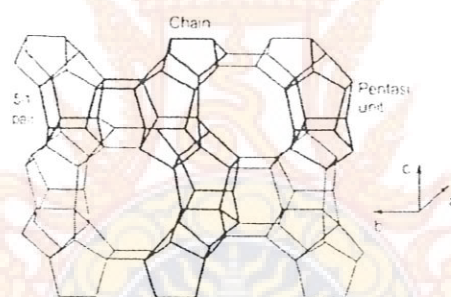
2.4 ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 [13]

ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 เป็นซีโอไลต์ที่ถูกจัดอยู่ในตระกูลเพนตาซิล (Pentasil) โดยมีลักษณะโครงสร้างของซีโอไลต์ประกอบด้วยหน่วยของโครงสร้างย่อย (Building Unit) ที่เชื่อมระหว่างทรงเหลี่ยมสี่หน้าเข้าด้วยกัน ดังภาพที่ 2.10a ซึ่งประกอบไปด้วยวงแหวนห้าเหลี่ยม (Five membered ring) จำนวนแปดวง หน่วยของโครงสร้างย่อยของ ZSM-5 จะต่อกันตรงบริเวณขอบต่อเรียงกันเป็นสายโซ่ ดังภาพที่ 2.13 b ซึ่งสายโซ่เหล่านี้ได้เชื่อมโยงต่อกันเป็นแผ่น และมีการเชื่อมโยงจากแผ่นไปเป็นโครงสร้างสามมิติ ภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 ลักษณะโครงสร้างย่อยของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (a) แสดงโครงสร้างย่อยของซีโอไลต์ ชนิด ZSM-5 (b) แสดงการต่อโครงสร้างย่อยของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ตามระนาบ [001]

ที่มา : Kokotailo (1978)

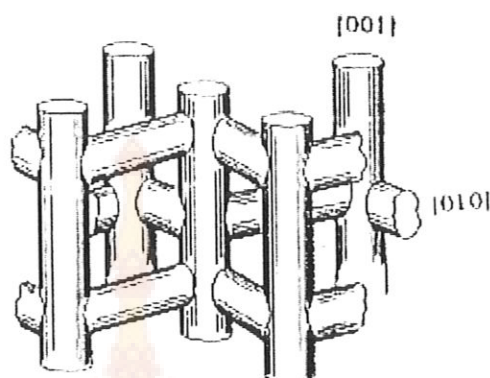


ภาพที่ 2.14 ลักษณะโครงสร้างของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระนาบ [100]

ที่มา : Kokotailo (1978)

ผลึกของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 มีรูปทรงเป็นออร์โธโรมบิก (Orthorhombic) โดยมี $a = 20.1$, $b = 19.9$ และ $c = 13.4$ Å บางครั้งอาจอยู่ในรูปของโมโนคลินิก (Monoclinic) ก็ได้ หน่วยเซลล์ (Unit Cell) ประกอบด้วย Na^+ ซึ่งอยู่ในรูป $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ โดย $n < 27$ และทั่วไปมีค่าประมาณ 3

โครงสร้างของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ประกอบไปด้วยโพรง 2 แบบเชื่อมต่อกัน ส่วนแรกจะเป็นลักษณะของ Sinusoidal ซึ่งวางตัวอยู่ในทิศ [001] และอีกส่วนจะเป็นลักษณะตรงกึ่งตัวในทิศ [010] ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างของโพรงเปิดในซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

ที่มา : Kokotailo (1978)

การสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 สามารถทำการสังเคราะห์ได้โดยใช้อัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินาในช่วงตั้งแต่ 20 เป็นต้นไปจนใช้ซิลิกาบริสุทธิ์สังเคราะห์ซึ่งจะได้ซิลิกาไลต์ (Silicalite) โดยซิลิกาไลต์นั้นมีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับ ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 แต่ไม่มีอะตอมของอลูมิเนียมอยู่ในโครงสร้าง [12] โดยทั่วไปการสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ยังต้องใช้สารโครงสร้างซึ่งเป็นไอออนบวกของสารอินทรีย์ ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 โดยสารโครงสร้างนี้จะช่วยในการละลายของอลูมินา และซิลิกาเกิดไอออนและช่วยในการจัดเรียงโมเลกุลของน้ำ เพื่อให้เกิดการจัดเรียงตัวของผลึกให้เกิดซีโอไลต์ตามชนิดที่ต้องการ [9,12] สมบัติโดยทั่วไปของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมบัติโดยทั่วไปของซีโอไลต์ ชนิด ZSM-5

สมบัติ	ขนาดและจำนวน
จำนวนวงแหวนเตตระฮีดรอล	10
องค์ประกอบในหนึ่งหน่วยเซลล์	$(\text{Li}_2\text{Na})_2(\text{AlO}_2)_2(\text{SiO}_2)_{3.2m}$
ปริมาตรของช่องว่าง	5.3 ml/ml
ขนาดรูพรุน	5.5 Å
อัตราส่วนโดยโมลของซิลิกอนต่ออลูมิเนียม	6-50
ความหนาแน่นของโครงข่าย	17.9 nm ³

ที่มา : Bhatia (1990)

การนำซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 มาใช้ประโยชน์นั้นมีหลายด้าน เช่น เป็นตัวดูดซับเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น

- 1) การเปลี่ยนเมทานอล หรือสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นแก๊สโซลีน หรือโอเลฟิน
- 2) การเติมหมู่แอลคิล เช่นการสังเคราะห์เอทิลเบนซีน พาราเอทิลเบนซีน การเติมอัลคิลของโทลูอินในโซลีน เป็นต้น
- 3) การเปลี่ยนไอโซเมอร์ของโซลีน และพาราฟินชนิดเบา เช่น $\text{C}_4\text{-C}_8$
- 4) การเปลี่ยนแอลกอฮอล์เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน
- 5) การสังเคราะห์เบนซีน โทลูอิน และโซลีนจากสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอะลิฟาติก

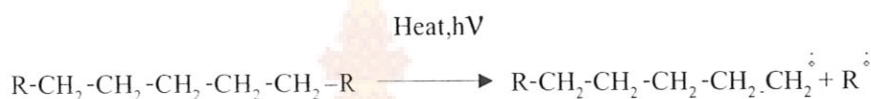
2.5 การแตกตัวด้วยความร้อน [5, 14, 15, 16]

การแตกตัวด้วยความร้อน (Thermal Cracking) เป็นกระบวนการเปลี่ยนไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่ให้มีขนาดของโมเลกุลที่เล็กลง โดยใช้ความร้อนสูงโดยหากควบคุมให้การแตกตัวเป็นไปได้อย่างพอดีจะมีการเลือกเกิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเนื่องจากการให้ความร้อนจะเกินพอดีจะทำให้การแตกตัวไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กเกินไปจนอยู่ในรูปแก๊ส $\text{C}_1\text{-C}_4$ ซึ่งเป็นที่ไม่ต้องการ และไม่สามารถ

นำไปใช้ประโยชน์ได้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแตกโมเลกุลด้วยความร้อนจะมีความว่องไวต่อปฏิกิริยา โดยเฉพาะส่วนที่มีแขนโอเลฟิน (Olefin) และไดโอเลฟิน (Di-olefin) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากันเองต่อไป

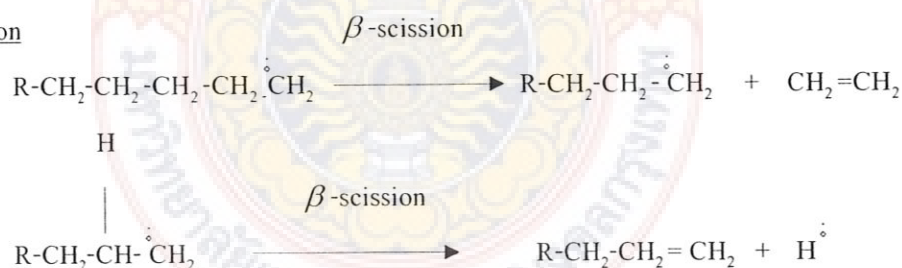
กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยความร้อนเป็นการเกิดปฏิกิริยาแบบอนุมูลอิสระ (Free Radical) แบบห่วงโซ่ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน [17]

1. ขั้นเริ่มต้น (Initiation Step) เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ (Free Radical) เกิดจากความร้อนไปทำลายสายโซ่ไฮโดรคาร์บอนขาดออกจากกัน เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งจะ去做ปฏิกิริยาในขั้นต่อไป



2. ขั้นการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องแบบลูกโซ่ (Propagation Step) เกิดจากอนุมูลอิสระในขั้นเริ่มต้นทำปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่อง การแตกตัวจะเริ่มจากอนุมูลอิสระเข้าไปยังพันธะคาร์บอนที่ตำแหน่ง β เกิดอนุมูลอิสระใหม่ขึ้น (β -fission) ซึ่งทำให้สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนเกิดความไม่เสถียร ส่งผลให้เกิดการถ่ายทอดไฮโดรเจน (Chain Transfer) เพื่อให้โมเลกุลเกิดความไม่เสถียรจึงเกิดเป็นสารต่างๆ ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงจากสายโซ่เดิม พร้อมทั้งเกิดอนุมูลอิสระตัวใหม่ขึ้นต่อเพื่อเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องไปเรื่อยๆ

β -fission



Chain Transfer



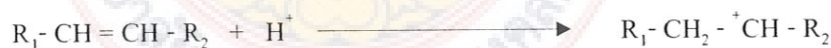
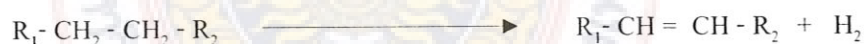
3. ขั้นหยุดปฏิกิริยา (Termination Step) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะหยุดปฏิกิริยาต่อเนื่อง โดยจะทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่โมเลกุลใหญ่ขึ้น โดยอาจเกิดเป็น โมเลกุลใหม่โมเลกุลเดียว หรือเกิดเป็นโมเลกุลย่อย 2 โมเลกุล



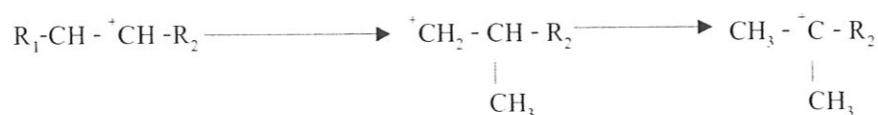
2.6 การแตกตัวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Cracking) [15, 16, 18]

การแตกตัวโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Cracking) เป็นกระบวนการนำตัวเร่งปฏิกิริยา เข้ามามีบทบาทในการช่วยแตกย่อยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ให้ได้โครงสร้างที่เหมาะสมคุณภาพพอเหมาะที่จะนำไปใช้ประโยชน์ตามต้องการได้ กลไกของ กระบวนการแตกโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา ประกอบด้วย

1. การดีไฮโดรจิเนชัน (Dehydrogenation) และปฏิกิริยาการเกิดคาร์บอเนียมไอออน (Carbonium Ion) ซึ่งเกิดจากการที่โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสูญเสียไฮโดรด์ไอออนที่มีประจุลบให้กัน ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีความเป็นกรด ทำให้คาร์บอเนียมไอออนมีสภาพเป็นบวกทางไฟฟ้า โดยคาร์บอเนียม ไอออนที่เกิดขึ้นจะมีเสถียรภาพแตกต่างกันตามโครงสร้างของไอออน โดยเทอร์เชียรีไอออน (Tertiary Ion) จะมีเสถียรภาพมากกว่าเซกนดารีไอออน และไพรมารีไอออน (Secondary Ion และ Primary Ion) ตามลำดับ



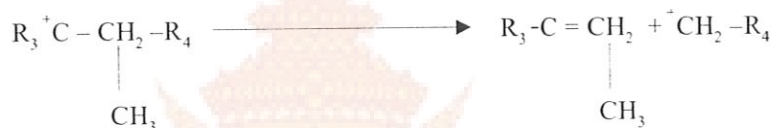
2. การเกิดปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายหมู่เมทิลของคาร์บอเนียมไอออนซึ่งเกิดจากการที่โครงสร้าง ของคาร์บอเนียมไอออนมีเสถียรภาพแตกต่างกัน



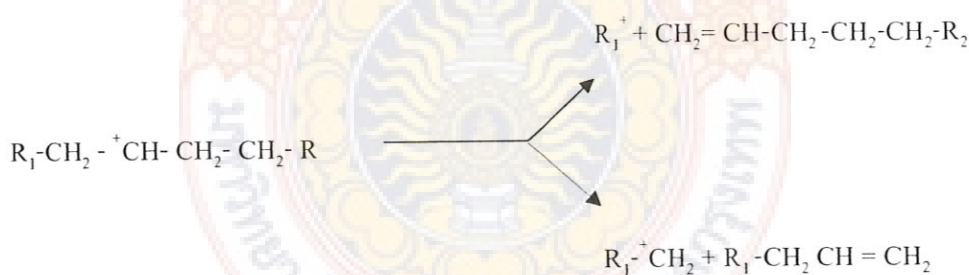
และเกิดการเคลื่อนย้ายไฮไดรด์ (Hydride Transfer) โดยเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนเนียมไอออนกับโมเลกุลของสายโซ่ไฮโดรคาร์บอน



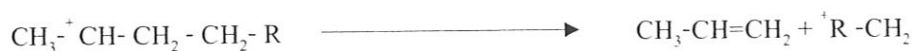
สำหรับคาร์บอนเนียมไอออนที่มีขนาดใหญ่สามารถเกิดปฏิกิริยา β -Scission หรือการแตกตัวที่ตำแหน่ง β ที่นับจากจุดที่มีประจุบวก ซึ่งจะให้สารประกอบโอเลฟิน และคาร์บอนเนียมไอออนที่มีขนาดเล็กลง โดยมักจะเป็นไพรมารีคาร์บอนเนียมไอออน (Primary Carbonium Ion) ดังสมการ



ในบางกรณีคาร์บอนเนียมไอออนสามารถเกิดการแตกตัวได้มากกว่า 1 รูปแบบ เช่น ในตัวอย่างของเซกนดารีคาร์บอนเนียมไอออน (Secondary Carbonium Ion)



ถ้า $\text{R}_1 = \text{H}$ การเกิด β -Scission จะสามารถเกิดผลิตภัณฑ์ได้เพียงตัวเดียว ดังสมการ

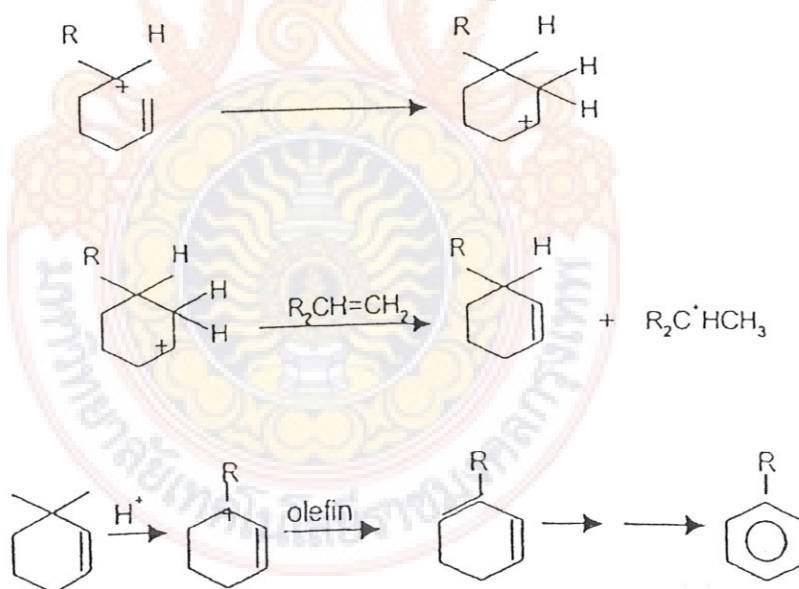
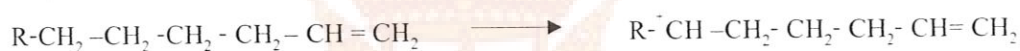


โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้คือโพรพีนจะเกิดปฏิกิริยาการเติมโปรตอนและอยู่ในรูปคาร์บอนเนียมไอออน ซึ่งจะไม่สามารถเกิด β -Scission ต่อไปได้



ไอโซโพรพิลคาร์บอนเนียมไอออน (Isopropyl Carbonium Ion) จะเกิดปฏิกิริยาการเคลื่อนย้ายไฮโดรด์ กับโมเลกุลประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นได้ผลิตภัณฑ์เป็นโพรเพน หรืออาจเกิดการสูญเสียโปรตอนซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นโพรพีน

ในการเกิดวงแหวนอะโรมาติกจากปฏิกิริยาดีไฮโดรไซคลิกเซชัน (Dehydrocyclisation) โดยโอเลฟินเกิดเป็นคาร์บอนเนียมไอออนแล้วเกิดปฏิกิริยา β -Scission ทำให้ได้สารประกอบโอเลฟินคาร์บอนเนียมไอออน (Olefin Carbonium Ion) ที่มีลักษณะเป็นวงแหวน ต่อจากนั้นไปเกิดปฏิกิริยาต่อกับโอเลฟิน มีการเคลื่อนย้ายไฮโดรไอออนจากบริเวณที่เป็นกรดของตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งจะได้ อัลลิลิกคาร์บอนเนียมไอออน (Allylic Carbonium Ion) ที่มีเสถียรภาพและเกิดการรับโปรตอนจากสารประกอบไซโคลเฮกซะไดอิน (Cyclohexadiene) ซึ่งในขั้นสุดท้ายจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบอะโรมาติก



ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะประกอบด้วยแก๊สที่มีโอเลฟินสูงองค์ประกอบของเบนซีนที่มีค่าออกเทนสูง เนื่องจากมีสารจำพวกอะโรมาติก และโอเลฟินมาก องค์ประกอบของน้ำมันดีเซลที่มีค่าซีเทนต่ำ กากน้ำมันชนิดใส และโค้ก (coke)

ที่เกาะติดอยู่บนผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา ส่งผลให้พื้นที่ผิวรูพรุน และความว่องไวของตัวเร่งปฏิกิริยา ลดลงจนเกิดการเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา

2.7 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน [5, 16, 19]

การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน (Crude Oil Evaluation) เป็นวิธีการวิเคราะห์หาคุณภาพของน้ำมันดิบอย่างละเอียด เพื่อหาองค์ประกอบและสมบัติของส่วนต่างๆ ในน้ำมันดิบเริ่มต้นเพื่อหาปริมาณ โดยการนำมากลั่นแยกเป็นส่วนตามคาบจุดเดือด (Boiling Range) อย่างละเอียดโดยแบ่งเป็นส่วนแคบๆ ชนิดคาบจุดเดือดเพียง 5-10 °C แต่มีค่าใช้จ่ายที่แพงมาก และใช้เวลานานจึงไม่นิยมทำกัน ปัจจุบันจึงใช้วิธีแยกน้ำมันดิบออกตามคาบจุดเดือดกว้างๆ ให้พอดีกับที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำมันสำเร็จรูปกล่าวอย่างหยาบสามารถแบ่งได้เป็น

1. พวกที่มีคาบจุดเดือดตั้งแต่ IBP (Initial Boiling Point) จนถึง 200°C เรียกว่า ส่วนของแก๊สโซลีน (Gasoline Fraction) มักใช้ในการผลิตน้ำมันเบนซิน
2. พวกที่จุดเดือดระหว่าง 200-250°C เรียกว่าส่วนน้ำมันก๊าด (Kerosene Fraction) มักใช้น้ำมันก๊าดให้แสงสว่าง ถ้าจุดเกิดควันไม่ต่ำจนเกินไปน้ำมันก๊าดที่มีคุณภาพดี และมีจุดเยือกแข็งต่ำจะใช้เป็นเชื้อเพลิงอากาศยานไอพ่นได้ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับสมบัติอื่นๆ ด้วย
3. พวกที่มีคาบจุดเดือดระหว่าง 250-350°C เราเรียกว่าส่วนของแก๊สออยล์ชนิดเบา (Light Gas Oil Fraction) เหมาะแก่การนำมาเป็นน้ำมันเครื่องยนต์
4. พวกที่คาบจุดเดือดระหว่าง 350-370 °C เราเรียกว่าส่วนของแก๊สออยล์ (Gas Oil Fraction) เหมาะการนำมาเป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ดีเซล
5. พวกที่มีคาบจุดเดือดเหนือกว่า 370°C เรียกว่ากากน้ำมัน (Residual) อาจนำไปใช้ได้หลายอย่างแล้วแต่สมบัติของกากน้ำมัน เช่น นำไปเป็นน้ำมันเตาหรือนำไปเป็นยางมะตอย หรือผลิตเป็นน้ำมันเครื่องหรือนำมาเป็นสารป้อน (Feed Stock)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมสุข [20] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพอลิเอทิลีนไปเป็นแก๊สโซลีน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM-5 โดยศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อร้อยละผลิตภัณฑ์แก๊สโซลีน ประกอบด้วยอุณหภูมิระหว่าง 400-480°C ความดันแก๊สไฮโดรเจน 10-30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 30-60 นาที โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ HZSM-5, ซิลิกาบนอลูมินา และตัวเร่งที่มีสัดส่วน

โมลของซิลิกาต่ออลูมินาบนซีโอไลต์ HZSM-5 ต่างๆกัน โดยทำการทดลองในเครื่องปฏิกรณ์ขนาดเล็ก พบว่าสภาวะที่ให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ของเหลวที่ดีที่สุดคือ ที่อุณหภูมิ 450°C ความดันแก๊สไฮโดรเจน 30 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เป็นเวลา 45 นาที โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ที่มีสัดส่วน โมลของซิลิกาต่ออลูมินา ($\text{Si}/\text{Al} = 44$) ให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวถึงร้อยละ 69.20 และค่าการกระจายตัวผลิตภัณฑ์โดยเป็นเนฟทาถึงร้อยละ 43.60

Wang และคณะ [21] ศึกษาการแตกตัวของพลาสติก พอลิพรอพิลีน (PP) พอลิเอทิลีน (PE) พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนเทอแรฟทาเลต (PET) และอซิโโลไนไทรล์บิวตะไดอินสไตรีน (ABS) รวมกับน้ำมันหล่อลื่นพบว่า พอลิเอทิลีนจะเกิดปฏิกิริยาได้ที่ 460°C เวลา 30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันมากกว่าร้อยละ 99 สภาวะที่เหมาะสมของพอลิพรอพิลีน คือ 430°C เวลา 30 นาที ได้ผลิตภัณฑ์เกือบสมบูรณ์ ซึ่งใช้พลังงานในการแตกตัวต่ำกว่าใช้พอลิเอทิลีน ส่วนพอลิสไตรีนจะได้น้ำมันมากกว่าร้อยละ 95 ที่ 430°C เวลา 12 นาที ABS จะได้น้ำมันต่ำกว่า PS และใช้เวลา 12 นาที 430°C ส่วน PET จะให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันน้อย จะให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันน้อย ประมาณร้อยละ 78 และใช้เวลา 30 นาทีที่ 460°C

Serrno และคณะ [22] ศึกษาถึงกระบวนการแตกตัวแบบใช้ความร้อน และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และน้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil) ในเครื่องปฏิกรณ์ต่อเนื่องเตาเผาแบบหมุน โดยมีบริเวณที่ทำปฏิกิริยาสองช่วงการทำงานในอุณหภูมิที่ต่างกัน (T_1/T_2) และการนำน้ำมันหล่อลื่นลงในพลาสติกจะช่วยลดความหนืดของน้ำมันได้เป็นผลดีต่อส่วนผสมที่ไหลผ่านเครื่องปฏิกรณ์ กระบวนการแตกสลายด้วยความร้อนที่ $450/500^{\circ}\text{C}$ ของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำและน้ำมันหล่อลื่นที่มีส่วนประกอบตั้งแต่ 40/60-70/30 (%W/W) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ของเหลวประมาณร้อยละ 90 โดยมีผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนน้อย เป็น $\text{C}_1\text{-C}_4$ การแตกสลายโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 70/30 (%W/W) พอลิเอทิลีนที่มีความหนาแน่นต่ำ และน้ำมันหล่อลื่นใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเมโซพอร์ัส (Mesoporous: Al-MCM-41) ที่ $400/450^{\circ}\text{C}$ จะมีความสามารถในการกระตุ้นที่ต่ำกว่าการแตกสลาย โดยใช้พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเพียงอย่างเดียว ส่วนความเป็นพิษของตัวเร่งปฏิกิริยาตรงบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา โดยซัลเฟอร์ และไนโตรเจนจะรวมเป็นสารประกอบ และปรากฏอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นทั้งนี้ในอุณหภูมิที่สูงกว่า $450/500^{\circ}\text{C}$ จะเกิดการแตกสลายได้ดีที่ส่วนผสมนั้น ส่วนการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Al-MCM-41 และนาโนคริสตัลไลน์ (Nanocrystalline) HZSM-5 (n- HZSM-5) , Al-MCM-41 ส่วนใหญ่จะได้ $\text{C}_5\text{-C}_{12}$ ประมาณร้อยละ 65 n- HZSM-5 จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สจำนวนมากกว่า และได้ผลิตภัณฑ์ $\text{C}_5\text{-C}_{12}$ ประมาณร้อยละ 63 ผลิตภัณฑ์นี้ แสดงว่าเครื่องปฏิกรณ์เตาเผาแบบหมุนเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสำหรับกระบวนการแบบต่อเนื่องของผสมระหว่างพลาสติก และ

น้ำมันหล่อลื่นโดยการบำบัดสิ่งเหล่านี้ได้ด้วยวิธีการแตกสลายแบบความร้อน และแบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ธีระพงษ์ [23] ได้สังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากเถ้าลอยของถ่านหินลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้สารเตตระโพรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (TPA-Br) เป็นสารโครงสร้าง เริ่มจากนำเถ้าลอย 3 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.001 โมลต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะแล้วเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตเพื่อปรับอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาตั้งแต่ 3-200 และใส่สารเตตระโพรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ 0.37 กรัม ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer) เพื่อจับแร่เหล็กที่ปะปนอยู่ในเถ้าลอย ขณะทำการกวนอยู่ทำการปรับค่าพีเอชของสารละลายให้ได้ค่าเท่ากับ 11 โดยใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องปฏิกรณ์เพื่อทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มอล โดยทำการอัดความดันเริ่มต้นด้วยแก๊สไนโตรเจนที่ปราศจากออกซิเจน (Oxygen Free Nitrogen) เข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ โดยใช้ความดันตั้งแต่ 1-5 บรรยากาศ ให้ความร้อนจนอุณหภูมิเริ่มจาก 30 °C จนถึงอุณหภูมิสุดท้าย 150 180 และ 210 °C ตามลำดับ โดยใช้เวลาต่าง ๆ กัน แล้วทำการแยกผลึกด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นล้างผลึกด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากการทดลองพบว่า สามารถสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ได้ที่อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาตั้งแต่ 20-100 ที่ความดันตั้งแต่ 1-5 บรรยากาศ อุณหภูมิตั้งแต่ 180-210°C และใช้ระยะเวลา 2-4 ชั่วโมง และที่อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาเท่ากับ 40-60 จะเกิดผลึก ZSM-5 มากที่สุด แต่ที่อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาเท่ากับ 200 ไม่สามารถสังเคราะห์สารซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นของแข็งอสัณฐาน

เกษณีย์ [24] ศึกษาการสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากเพอร์ไลต์จากจังหวัดลพบุรี ด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล โดยใช้เตตระโพรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (TPABr) เตตระเอทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (TEABr) และ เอทิลีนไดแอมีน (ED) เป็นสารโครงสร้าง สภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์โดยใช้ TPABr เป็นสารโครงสร้าง คือ ใช้อัตราส่วนโดยโมลของ $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 80$, $\text{OH}^-/\text{SiO}_2 = 0.45$ และ $\text{TPABr}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0.5$ อุณหภูมิ 200°C และระยะเวลาตกผลึก 4 ชั่วโมง และพบว่า การเพิ่มความดันเริ่มต้นนั้นมีผลให้ผลึกซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ได้มีขนาดเล็กลง ส่วนพื้นที่ผิวของผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้มีแนวโน้มแปรผันตามปริมาณซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่เกิดขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 80-200 ตารางเมตรต่อกรัม และขนาดรูพรุนเฉลี่ยมีค่าระหว่าง 6.7- 11.0 Å จาก

ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนของสารโครงสร้าง TEABr/SiO₂ และ ED/Al₂O₃ ที่เหมาะสมคือ 0.5 และ 10 ตามลำดับ โดยสามารถสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ได้ร้อยละ 51 และร้อยละ 59 ตามลำดับ นอกจากนี้สามารถสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากเพอร์ไลต์ที่ผ่านการกำจัดเหล็กออกไซด์ด้วยวิธีทางกายภาพได้มากที่สุดร้อยละ 71

Rawtani และคณะ [25] ศึกษาผลของส่วนผสมเริ่มต้น ความเป็นด่าง และระยะเวลาที่ใช้ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ภายใต้อุณหภูมิ 125-200°C ระยะเวลา 6-120 ชั่วโมง และอัตราส่วนโดยโมลของซิลิกาต่ออลูมินาเท่ากับ 24.88 ผลการทดลองพบว่าผลึกที่เกิดขึ้นเป็นซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 มีรูปร่างเป็นออร์โธโรมบิก โดยเปอร์เซ็นต์การเกิดจะลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น และการเกิดซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ขึ้นอยู่กับเวลา โดยระยะเวลาที่เหมาะสม คือ ประมาณ 6 ชั่วโมง พบว่าเกิดซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ประมาณร้อยละ 95

นิรุติ [26] การสังเคราะห์ซีโอไลต์ ZSM-5 จากดินขาว (China Clay) โดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล ในการทดลองได้ใช้ดินขาว 4 แบบ คือ (1) ดินขาวที่ไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ (2) ดินขาวที่ผ่านการคลอรีนที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (3) ดินขาวจากแบบที่ 1 ที่ผ่านการชะล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก และ (4) ดินขาวจากแบบที่ 2 ที่ผ่านการชะล้างด้วยกรดไฮโดรบรอมิก ในกระบวนการสังเคราะห์ได้ใช้ดินขาว 1 กรัม ผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.001 โมลต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมซิลิเกตเพื่อปรับค่าอัตราส่วนโดยโมลของซิลิกาต่ออลูมินา แล้วใส่สารเคอร์เซอร์โพพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ 0.5 กรัม นำมาทวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน และปรับค่าพีเอชโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จากนั้นจึงนำเข้าเครื่องปฏิกรณ์ความร้อนพร้อมกับตั้งค่าความดัน และอุณหภูมิตามขอบเขตการศึกษา โดยศึกษาการแปรค่าอัตราส่วนโดยโมลของซิลิกาต่ออลูมินาเป็น 30 50 70 100 พีเอชเท่ากับ 10-14 ความดันเริ่มต้น 1-5 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 150 และ 160°C ใช้เวลาในการให้ความร้อนรวม 4 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 คือ อัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินาเป็น 100 สภาพความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 11 ความดันเริ่มต้น 1 บรรยากาศ และอุณหภูมิ 160 °C โดย

สามารถสังเคราะห์ซีโอ-ไลต์ชนิด ZSM-5 ได้ร้อยละ 100 ผลิตภัณฑ์ซีโอ-ไลต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะอยู่ในช่วง 40-586 ตารางเมตรต่อกรัม

ชัยวัฒน์ [28] สร้างถังปฏิกรณ์เพื่อใช้ศึกษาการสลายตัวของพอลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นสูง ในกระบวนการแบบต่อเนื่อง (Continuous process) เปรียบเทียบกับกระบวนการแบบงวด (Batch process) โดยใช้ซีโอ-ไลต์ชนิด H-ZSM-5 และ H-Beta เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในกระบวนการแบบงวดได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 430°C เป็นเวลา 15 และ 30 นาที ภายใต้บรรยากาศแก๊สไฮโดรเจน และฮีเลียมที่มีอัตราการไหลของแก๊สตัวพา 100 มิลลิลิตรต่อนาที โดยทำการศึกษาถึงผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา การแตกตัวในกระบวนการแบบต่อเนื่องได้ทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 350-430°C ภายใต้บรรยากาศฮีเลียม อัตราการป้อน HDPE 90 กรัมต่อชั่วโมง โดยศึกษาผลของอุณหภูมิ และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา จากการทดลองโดยป้อนสารที่มีอัตราส่วนของซีโอ-ไลต์ชนิด H-Beta ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 375 ถึง 430 °C พบว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวร้อยละ 45-65 และผลิตภัณฑ์ที่เป็นแก๊สร้อยละ 30-35 ส่วนที่อุณหภูมิ 350 °C ไม่เกิดปฏิกิริยาการแตกสลายขึ้น จากการศึกษาด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (Nuclear Magnetic Resonance: NMR) พบว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมีค่าออกเทน ประมาณ 110-130 และมีองค์ประกอบของสารไอโซพาราฟิน และโอเลฟินมาก ส่วนอะโรมาติกมีน้อย ผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จะมีปริมาณอะโรมาติกสูงกว่าผลิตภัณฑ์ของเหลวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ในขณะที่ปริมาณของสารโอเลฟิน และไอโซพาราฟินต่ำกว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาจะได้สารอะโรมาติกมากขึ้น และสารโอเลฟินลดลง

อาทิตย์ [29] ศึกษาการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงและสารอะโรมาติกจากเอทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอ-ไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ได้รับการปรับปรุงโดยการเติมแต่งแคลเซียม แพลทินัม และเงิน ซีโอ-ไลต์ที่ได้รับการปรับปรุงนี้สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิควิเคราะห์พื้นฐาน เช่น เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ เป็นต้น การเร่งปฏิกิริยาดำเนินการที่ความดันบรรยากาศในถังปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งคงที่ อิทธิพลของสภาวะที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น ความเร็วสเปส 1.73-5.76 ต่อชั่วโมง อุณหภูมิ 300-525°C และองค์ประกอบของสารป้อน สามารถทดสอบได้ในระยะเวลาทดลอง 6 ชั่วโมง เก็บผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นช่วง หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วย เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี จากการทดลองพบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาโอลิเมอไรเซชันจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่สัมผัสตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แต่จะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปปฏิกิริยาจะขัดขวางปฏิกิริยาโอลิโกเมอไรเซชันของเอทิลีน ซีโอ-ไลต์ ที่ได้รับการเติมแต่งเงินโดยการแลกเปลี่ยนไอออน (AgHZSM5 และ AgNaZSM5) ซึ่งสามารถ

จะใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงการเลือกสรรผลิตภัณฑ์ประเภทอะโรมาติก ในปฏิกิริยาที่ใช้เอทานอลเป็นสารป้อน โดยสันนิษฐานว่าไอออนเงินสามารถดูดซับไฮโดรเจนในระหว่างปฏิกิริยาในปฏิกิริยาที่ใช้เอทานอลร้อยละ 95 เป็นสารป้อนน้ำจะทำให้ความเป็นกรดของซีโอไลต์ที่ได้รับการเติมแต่งแลกเปลี่ยนเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีการเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาโอลิโกเมอไรเซชันของเอทิลีน และปฏิกิริยาอีพอกไซด์ นอกจากนี้พบว่าซีโอไลต์ที่ได้รับการเติมแต่งด้วยวิธีการฝังตัวของแพลทินัม (Pt/HZSM5) จะขัดขวางปฏิกิริยาโอลิโกเมอไรเซชันของเอทิลีน ในขณะที่ซีโอไลต์ที่ได้รับการเติมแต่งด้วยวิธีการฝังตัวของเงินมีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาอะโรมาไทเซชันต่ำกว่า และเมื่อศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีหลายหน้าที่ซึ่งถูกเตรียมโดยการผสมแพลทินัม และแลกเปลี่ยนที่ฝังตัวบนซีโอไลต์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดด้วยอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง พบว่าความเป็นกรดของซีโอไลต์ที่ได้รับการเติมแต่งแลกเปลี่ยนจะเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มปฏิกิริยาโอลิโกเมอไรเซชันของโอเลฟิน และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารอะโรมาติกโดยแพลทินัม (Pt/HZSM5) อย่างไรก็ตามไม่มีผลของการเสริมการทำงานร่วมกันของการเร่งปฏิกิริยาในตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว

วีระชัย [30] งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ในปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนของคาร์บอนไดออกไซด์โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลองโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งภายใต้ช่วงอุณหภูมิ 250- 600°C ความดัน 10 บรรยากาศ อัตราส่วน CO_2/H_2 เท่ากับ 1/3 อัตราการไหลของแก๊สรวมเท่ากับ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที (cm^3/min) จากการทดลองพบว่า ค่าการแปรผัน (conversion) ของ CO_2 เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทดลองเพิ่มขึ้น และค่าการแปรผันสูงสุดที่อุณหภูมิ 600°C เท่ากับ 33.1, 37.3, 38.6, 29.3, 39.4 และ 40.7 เปอร์เซ็นต์โมล สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (Si/Al=100), ZSM-5 (Si/Al=54), ZSM-5 (สังเคราะห์จากแอลกอฮอล์ผ่านหินลิคไนต์) Y, 8 เปอร์เซ็นต์ Fe/Y และ 8 เปอร์เซ็นต์ Fe/ZSM-5 ตามลำดับ สำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (Si/Al=54, 100) และซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่สังเคราะห์จากแอลกอฮอล์ผ่านหินลิคไนต์ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นส่วนมากเป็นมีเทน (CH_4) ส่วนตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด Y พบว่าเกิด CH_4 และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดมากที่สุด และพบว่าโลหะเหล็ก (Fe) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเร่งของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์

บทที่ 3

เนื้อหาการวิจัย

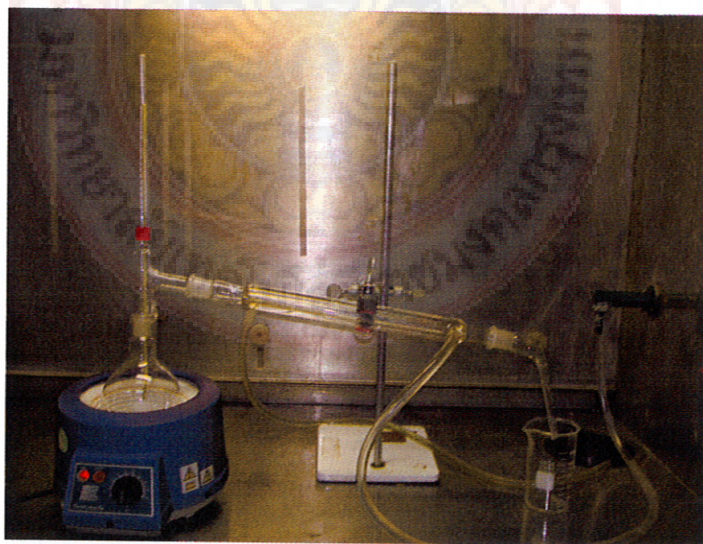
ในบทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาการวิจัย โดยจะระบุถึงรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย การออกแบบการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ดังจะกล่าวในรายละเอียดเป็นลำดับดังนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 ชุดการกลั่นที่ใช้ในการศึกษาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกววนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นประกอบด้วยอุปกรณ์ 6 ชิ้นคือ

- 1) ขวดก้นกลม (Round-Bottom Flask)
- 2) อุปกรณ์ควบแน่น (Condenser)
- 3) ชุดข้อต่อต่าง ๆ สำหรับชุดกลั่น (Distillation Adapter)
- 4) เครื่องให้ความร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (Heating Mantle)
- 5) ขาตั้ง (Stand)
- 6) ตัวจับยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ (Clamp)

เมื่อนำมาประกอบกันแล้วแสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ชุดการกลั่นที่ใช้ในการศึกษาการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่น

3.1.2 เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิทัล(Temperature Controller) ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิที่เกินความจำกัดของเทอร์มิสเตอร์

3.1.3 เครื่องให้ความร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิได้ แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 เครื่องให้ความร้อนแบบควบคุมอุณหภูมิได้

3.1.4 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) สำหรับต่อกับเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิทัล สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิเป็นแบบเค (K-type) แสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

3.1.5 เครื่องกลั่นเบนซิน (Gasoline distillation) สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันตาม
 ทาบของจุดเดือดแสดงดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เครื่องกลั่นเบนซิน (Gasoline distillation)

3.1.6 เครื่องชั่งแบบละเอียดชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง สำหรับชั่งน้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยาแสดง
 ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 เครื่องชั่งละเอียดชนิดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

3.1.7 นาฬิกาจับเวลา สำหรับควบคุมระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา

3.2 สารตั้งต้น และสารเคมี

3.2.1 น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited

3.2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

3.3 การดำเนินการวิจัย

3.3.1 วิเคราะห์สมบัติของสารตั้งต้น โดยทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited และตัวเร่งปฏิกิริยา โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของสารตั้งต้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมคุณภาพของสารตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษาเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไป

3.3.2 ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 โดยทำการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา และร้อยละของซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้

3.3.3 วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือดโดยใช้วิธีการกลั่น ซึ่งจะบ่งบอกถึงร้อยละของแก๊ส โซลีน น้ำมันก๊าด และกากน้ำมันหนักที่ได้จากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษาตามข้อ 3.3.2

3.3.4 ศึกษาคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซลีนที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 เปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.4.1 นำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจำนวน 100 กรัม ใส่ในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิตร

3.4.2 ให้ความร้อนในแต่ละการทดลองในช่วงอุณหภูมิ 200-450 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 200 250 300 350 400 และ 450 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3.4.3 ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ปริมาณร้อยละ 5 10 และ 15 (ร้อยละน้ำหนักโดยน้ำหนัก) เมื่อเทียบกับสารตั้งต้น 100 กรัม โดยใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาตามข้อ 3.4.2

3.4.4 ควบคุมระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 40-300 นาที โดยทำการทดลองที่เวลา 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 และ 300 นาที โดยใช้อุณหภูมิและร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาตามข้อ 3.4.2 และ 3.4.3 ตามลำดับ

3.4.5 ควบคุมจนได้อุณหภูมิและเวลาตามที่ต้องการแล้วตัดน้ำหล่อเย็นที่ต่ออยู่กับอุปกรณ์ควบแน่นตัวแรกที่ต่ออยู่กับขวดกั่นกลมเพื่อให้สารระเหยออกไปควบแน่นในอุปกรณ์ควบแน่นตัวที่สองแล้วกลั่นออกมาเป็นของเหลว

3.4.6 นำของเหลวที่ได้จากการแตกตัวไปกลั่นในช่วงจุดเดือดของน้ำมันเชื้อเพลิงในทุกการทดลองโดยกลั่นในช่วงของแก๊สโซลีนเป็นอันดับแรกและเปรียบเทียบผลของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้

3.4.7 เมื่อทราบสถานะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงว่าอยู่ในช่วงของน้ำมันชนิดใดที่ให้ปริมาณมากที่สุดให้ทำการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดนั้นเพื่อนำไปทำการทดสอบต่อไป

3.4.8 นำน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ผลิตได้จากสถานะที่เหมาะสมที่สุดไปทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน



บทที่ 4

ผลการวิจัย และข้อวิจารณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาสมบัติเบื้องต้นของสารตั้งต้น ผลของอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังคอนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลด์ชนิด ZSM-5 ผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัว เพื่อหาค่าการกระจายตัวตามกาบจุดเดือด โดยการกลั่น ซึ่งจะบ่งบอกถึงร้อยละของแก๊สโซลีน น้ำมันก๊าด และกากน้ำมันหนักที่ได้ จากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่ได้ทำการศึกษาก่อนหน้านี้ และส่วนสุดท้ายจะกล่าวถึง ผลการศึกษาคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซลีนที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน โดยจะนำเสนอเป็นลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติของสารตั้งต้น

4.1.1 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังคอนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากภาพพบว่าลักษณะของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังคอนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นมีลักษณะเป็นของเหลวข้นใส สีเหลืองอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้ม มีความหนืดค่อนข้างสูง มีกลิ่นหอม และไม่มีตะกอนหรืออนุภาคแขวนลอยในน้ำมัน ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 4.1

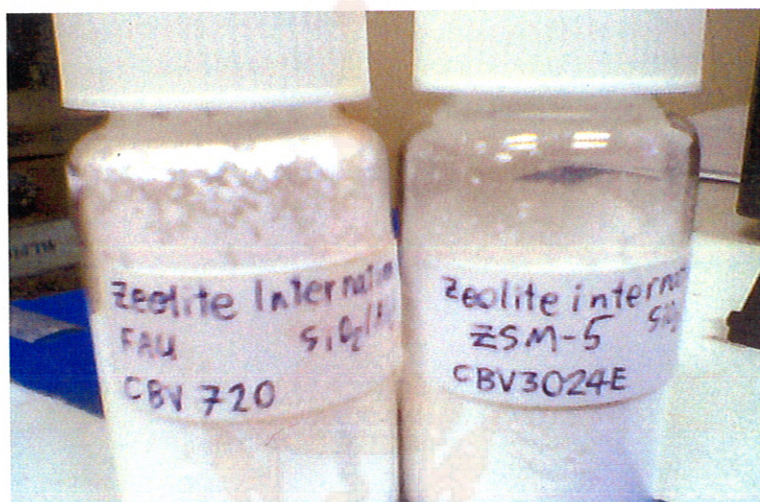


ภาพที่ 4.1 น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น

รายละเอียดที่ทดสอบ	ผลการทดสอบ	วิธีการทดสอบ
ปริมาณกำมะถัน (% Vol)	0.024	X-Ray fluorescence spectrometry
การกัดกร่อนทองแดง	1a	ASTM D 130
ปริมาณเบนซีน (%Vol)	0	Petro Spec. GS1000
ปริมาณสารอะโรมาติก (%Vol)	0	Petro Spec. GS1000
ความหนืดที่ 40 °C (cSt)	51.4	ASTM D 445
ความหนืดที่ 100 °C (cSt)	8.5	ASTM D 445
ความถ่วง API ที่ 60 °F	27.0	API Gravity
ความถ่วงจำเพาะที่ 60/60 °F	0.8927	Specific Gravity
ความหนาแน่นที่ 60 °F	0.8924	Density

4.1.2 สมบัติทางกายภาพของ ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 แสดงในภาพที่ 4.2 จากภาพจะเห็นได้ว่าลักษณะของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 มีลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด คล้ายแป้ง ไม่มีกลิ่น



ภาพที่ 4.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา และหาสภาวะที่ดีที่สุดในการเกิดกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ในสภาวะของตัวแปรต่างๆ กัน ที่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้จากการแตกตัวทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้มีลักษณะเป็นน้ำมันซึ่งสามารถหาร้อยละของการเกิดเป็นผลิตภัณฑ์หรือร้อยละการเปลี่ยนแปลง แล้วนำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เตรียมได้ไปศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันเชื้อเพลิงได้

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) การศึกษาสภาวะของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

2) ศึกษาร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัว ไปกลั่นและดูค่าการกระจายตัวตามลาบจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ที่ได้ว่ามีร้อยละของแก๊สโซลีน (Gasoline) น้ำมันก๊าด (Kerosene) น้ำมันที่หนักกว่าหรือมีสายโซ่ยาวกว่า (Heavy gas oil) และกากน้ำมันหนัก (Long residue) อยู่ร้อยละเท่าไร

3) การทดสอบคุณภาพของน้ำมันที่เตรียมขึ้นจากปฏิกิริยาโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษา โดยนำน้ำมันที่เตรียมได้ไปทดสอบคุณภาพเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงาน

ในการทดลองศึกษาถึงสภาวะเบื้องต้นเพื่อหาแนวโน้มที่เหมาะสมในการนำมาทดลองต่อไป โดยได้ศึกษาถึง

- ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ระหว่างร้อยละ 5-15
- อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองระหว่างอุณหภูมิ 200-450 องศาเซลเซียส
- เวลาที่ใช้ในปฏิกิริยาระหว่าง 40-300 นาที

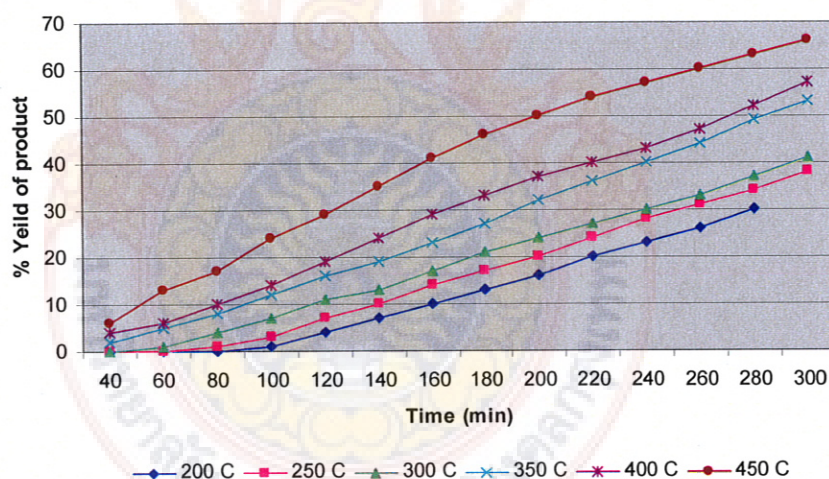
ผลการทดลองจากการศึกษาทั้งหมดจะได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

4.2.1 อิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา

จากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมัน โดยทำการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่างๆ กัน ในช่วง 40-300 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่แตกต่างกันคือ 200 250 300 350 400 และ 450 องศาเซลเซียส และใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ร้อยละ 5 10 และ 15 ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.3- 4.5 จากผลการทดลองที่ได้พบว่าระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยามีผลต่อปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ กล่าวคือ เมื่อใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น ร้อยละของผลิตภัณฑ์ก็มีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยแนวโน้มดังกล่าวจะแปรผันตามกันไม่ว่าจะเป็นที่อุณหภูมิใดๆ ในการเกิดปฏิกิริยา หรือ ที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละต่างๆ ยกเว้นที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส และ ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15 เมื่อเพิ่มเวลาจาก 260 องศาเซลเซียสไปถึง 300 องศาเซลเซียส

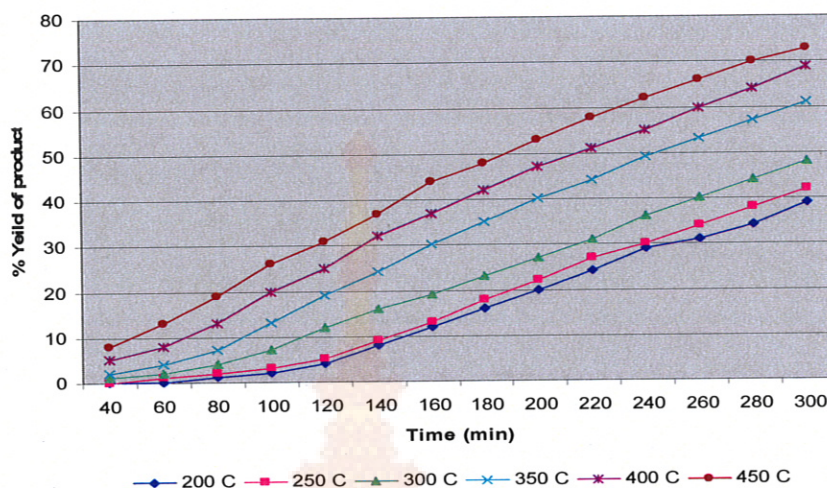
ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าคงไม่เปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพที่ 4.5 การที่ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยานานขึ้น เนื่องจากการให้ความร้อนแก่ระบบเป็นเวลานานจะส่งผลให้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวเกิดการแตกตัวของโมเลกุลเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายสั้น ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงและอยู่ในสภาพที่เป็นแก๊สไฮโดรคาร์บอนจำนวนมาก ทำให้ได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4.3 -4.5 ส่วนที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 40 นาที ถึง 260 นาที ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นดังเหตุผลที่กล่าวไว้ข้างต้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปจนถึง 300 นาที พบว่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปฏิกิริยาการแตกโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายยาวไปเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนสายสั้นนั้นเกิดอย่างสมบูรณ์แล้วถึงแม้จะมีการเพิ่มระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นแต่ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็มีค่าคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 5



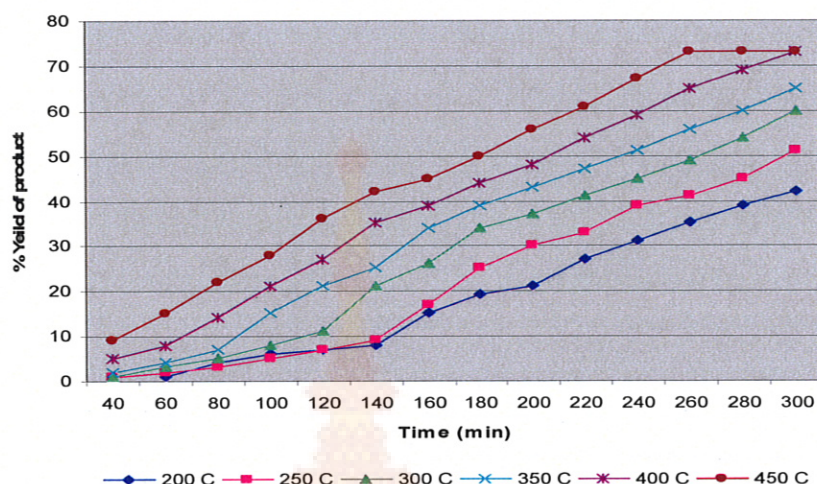
ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาต่างๆ (นาที) โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 5 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200 - 450 องศาเซลเซียส

ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 10



ภาพที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาต่างๆ (นาที) โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 10 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200 - 450 องศาเซลเซียส

ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15



ภาพที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังคอนสตรัคชันหล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาต่างๆ (นาที) โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15 และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200 - 450 องศาเซลเซียส

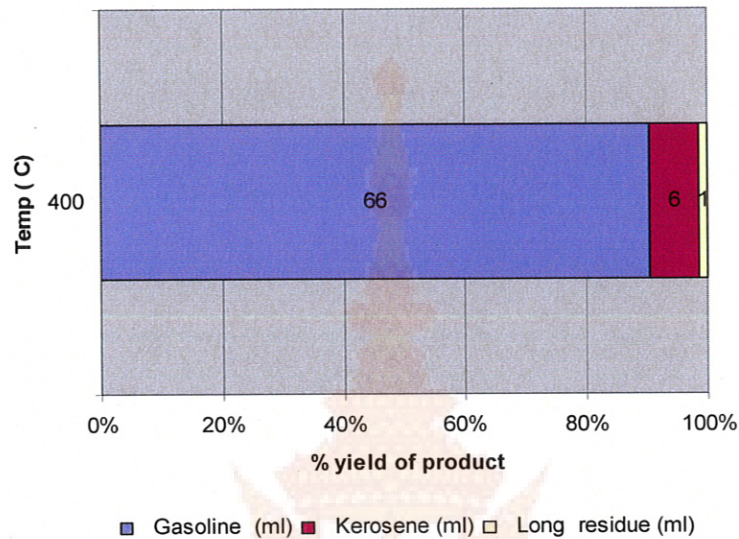
จากผลการทดลองโดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15 ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 260 - 300 นาที และที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 300 นาที ทั้งสองสภาวะเป็นสภาวะที่ให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ สูงสุดและมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในการตัดสินใจเพื่อเลือกระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม จึงได้ทำการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ได้ ไปวิเคราะห์เพื่อหาค่าการกระจายตามคาบของจุดเค็ดโดยการกลั่น เพื่อดูร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงที่ได้ โดยผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.6 และ 4.7

จากผลการทดลองที่ได้เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังคอนสตรัคชันหล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15 ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 300 นาที และ อุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส ไปกลั่นพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีร้อยละของแก๊สโซลีนที่ได้เท่ากับร้อยละ 90.5 ร้อยละของน้ำมันก๊าดเท่ากับร้อยละ 8.5 และมีกากของแข็ง (long Residue) เท่ากับร้อยละ 1.0 ส่วนที่สภาวะที่ใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส เมื่อนำของเหลวที่ได้จากการแตกตัวของ

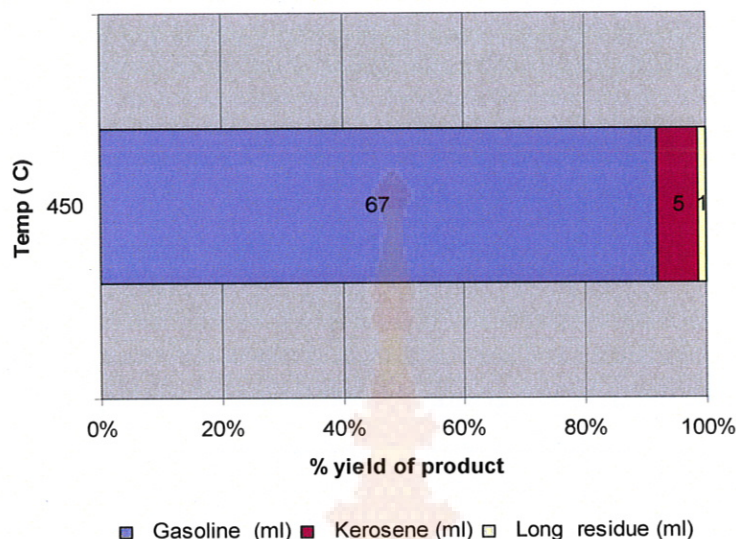
น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานไปกลั่น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้มีร้อยละของแก๊สโซลีนที่ได้เท่ากับร้อยละ 92.0 ร้อยละของน้ำมันก๊าดเท่ากับร้อยละ 7.0 และมีกากของแข็ง(long Residue) เท่ากับร้อยละ 1.0 ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่สภาวะนี้จะให้ร้อยละของแก๊สโซลีนมากกว่า การใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส การที่ร้อยละของแก๊สโซลีนที่ได้จากการใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 300 นาที มีค่าน้อยกว่าการใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส เวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อาจเนื่องมาจากอันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงกว่าที่อุณหภูมิต่ำจึงทำให้การแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ส่วนการที่ร้อยละของแก๊สโซลีนไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเพิ่มระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาจาก 260 นาที เป็น 300 นาที ที่อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส เป็นผลมาจากในช่วงแรกของปฏิกิริยา เกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเกิดการแตกตัวไปเป็นสายโซ่โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดกลางจำพวกน้ำมันก๊าด ซึ่งหลังจากนั้นตัวเร่งปฏิกิริยาจะเข้าไปมีบทบาทในการเกิดการแตกตัวของน้ำมันก๊าด ทำให้ได้ขนาดโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่เล็กลง โดยการแตกตัวจะเริ่มแตกตัวจากสารที่มีโมเลกุลใหญ่ๆ เช่น น้ำมันที่มีองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนขนาดใหญ่แตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีขนาดกลางและเล็ก และเนื่องจากเมื่อสารอยู่ในระบบเป็นเวลานาน สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะแตกตัวเป็นมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนทำให้การแตกตัวของสายโซ่โมเลกุลเป็นขนาดเล็กลงจึงทำได้ก่อนข้างยากเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยานานมากขึ้นจาก 260 นาที เป็น 300 นาที จึงทำให้ปริมาณของน้ำมันแก๊สโซลีนที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยามีผลต่อปริมาณร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยเมื่อระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากอิทธิพลของระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาแล้ว อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาและร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ยังมีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานด้วย โดยจากการศึกษาขั้นต้นพบว่าที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ร้อยละ 15 จะให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมากที่สุด โดยเมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปกลั่นเพื่อดูค่าการกระจายตามคาบของจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ พบว่า ให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมัน 73 มิลลิลิตร โดยองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันมีปริมาณแก๊สโซลีน 67 มิลลิลิตร น้ำมันก๊าด 5 มิลลิลิตร และกาก

ของแข็ง 1 มิลลิลิตร ส่วนน้ำมันที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวที่ไม่สามารถระเหยได้จากขั้นตอนการแตกตัว มีจำนวน 33 มิลลิลิตร



ภาพที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือด กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่ 400 องศาเซลเซียส โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 300 นาที

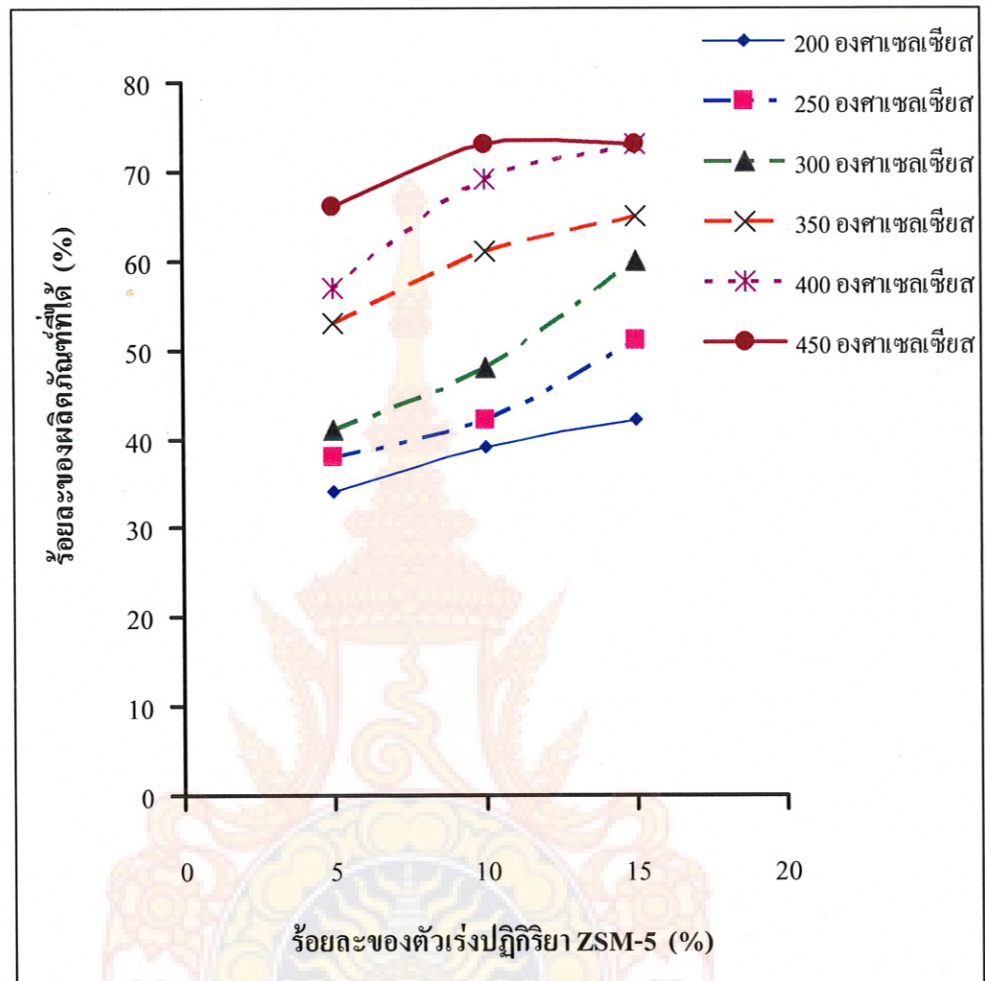


ภาพที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่าง ๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือด กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาที่ 450 องศาเซลเซียส โดยใช้ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 260 นาที

4.2.2 อิทธิพลของร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

จากการศึกษาอิทธิพลของร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังจนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น โดยทำการเปลี่ยนร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในช่วงร้อยละ 5-15 โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน คือ 200 250 300 350 400 และ 450 องศาเซลเซียส ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.8 และ 4.9

จากผลการทดลองที่ได้ในภาพที่ 4.8 เมื่อเพิ่มร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ขึ้นจากร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 15 พบว่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่ามากขึ้นทุกๆอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา ยกเว้นที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 15 พบว่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 73

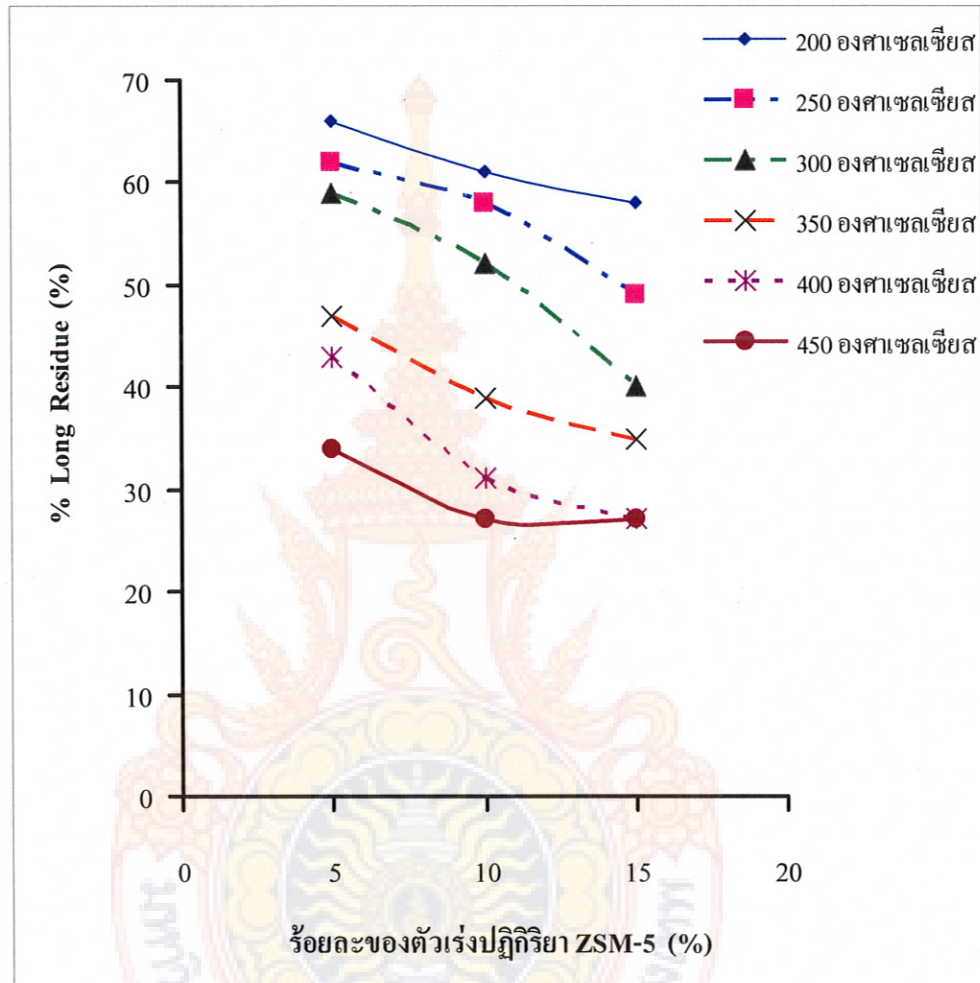


ภาพที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น (%) และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (%) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที

จากผลการทดลองที่ได้ในภาพที่ 4.9 เมื่อเพิ่มร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ขึ้นจากร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 15 พบว่าร้อยละของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าลดลงทุก ๆ อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ทำการศึกษา ยกเว้นที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 15 พบว่าร้อยละของ

กากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ

27



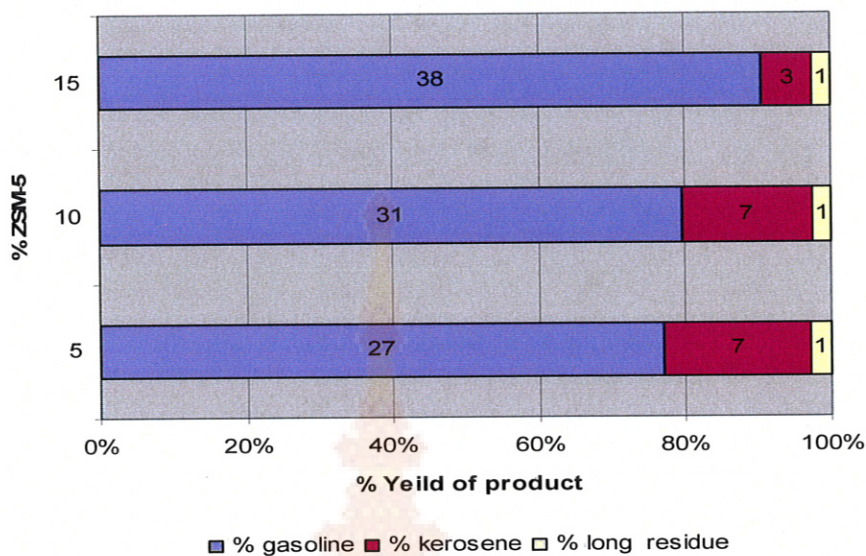
ภาพที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น (%) และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 (%) ที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที

จากผลการทดลองที่ได้ในภาพที่ 4.8 – 4.9 ให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ เมื่อเพิ่มร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่น

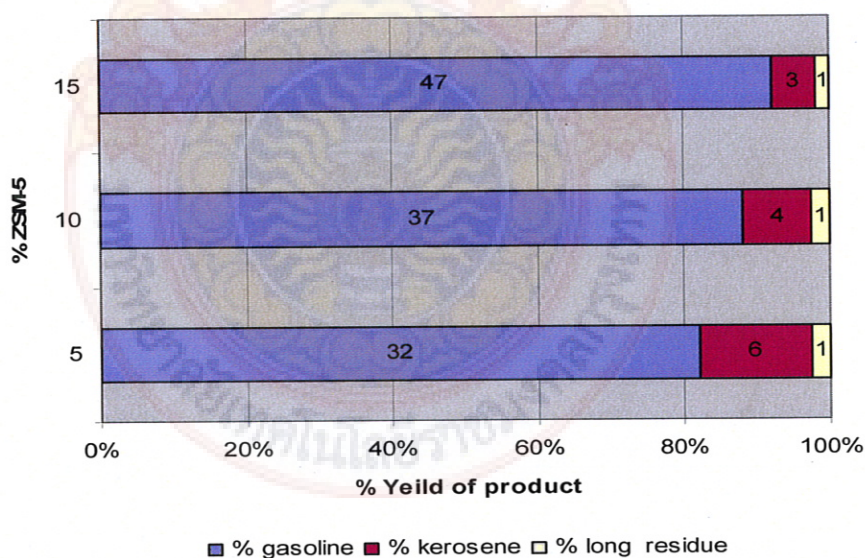
พื้นฐานที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น และมีกากน้ำมันหนักที่เหลือจากปฏิกิริยาลดลง อันเป็นผลเนื่องมาจากตัวเร่งปฏิกิริยามีส่วนช่วยในการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานด้วยความร้อน โดยตัวเร่งปฏิกิริยาจะช่วยทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสายโซ่ที่ยาวแตกตัวจนกลายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสายโซ่ที่สั้นกลายเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กพอที่จะระเหยไปกลั่นเป็นผลิตภัณฑ์ได้เมื่อเวลาผ่านไป

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาและอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปหาทำการกระจายตามคาบของจุดเดือดโดยวิธีการกลั่น เพื่อดูร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงที่ได้ ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.10-4.15

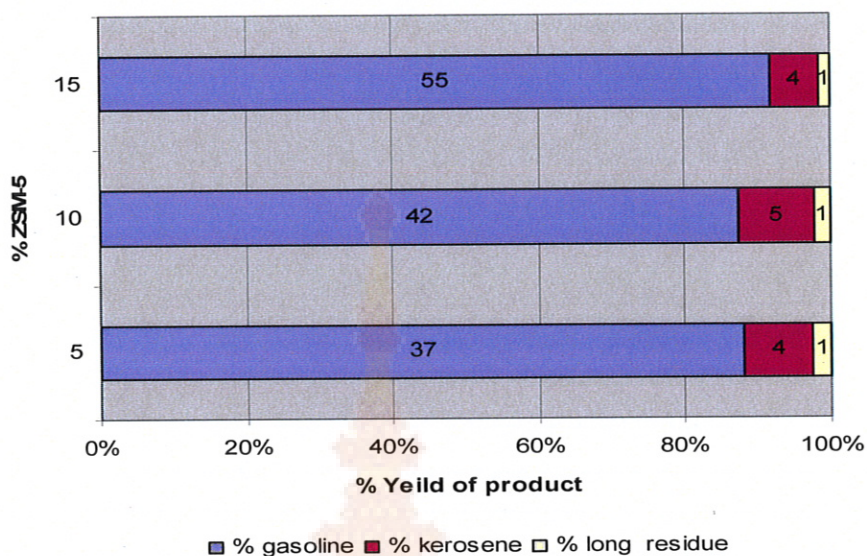
จากผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นปริมาณแก๊สโซลีนจะเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการที่น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นสามารถเกิดการแตกตัวได้ดีขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสายโซ่โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กจำพวกแก๊สโซลีน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากจะส่งผลให้เกิดการแตกตัวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดการแตกตัวจนได้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำพวกแก๊สไฮโดรคาร์บอน จากผลการทดลองสังเกตที่ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 5, 10 และ 15 จะให้ปริมาณของแก๊สโซลีนเพิ่มขึ้นตามปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา ดังนั้นการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 สามารถแตกตัวได้ดีที่ร้อยละ 15 จากการที่ปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น บทบาทในการแตกตัวให้ได้สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจึงสามารถทำได้ เมื่อเพิ่มปริมาณของตัวเร่งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการด้วย



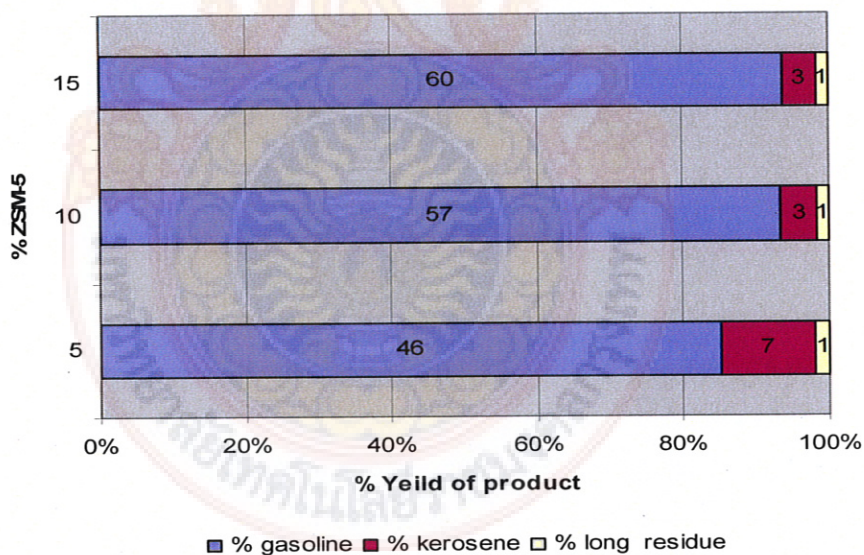
ภาพที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 200 องศาเซลเซียส



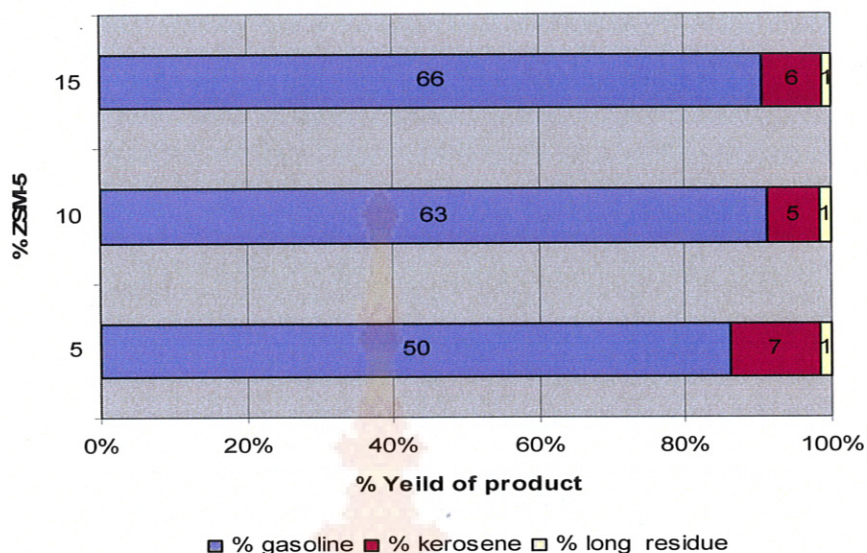
ภาพที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 250 องศาเซลเซียส



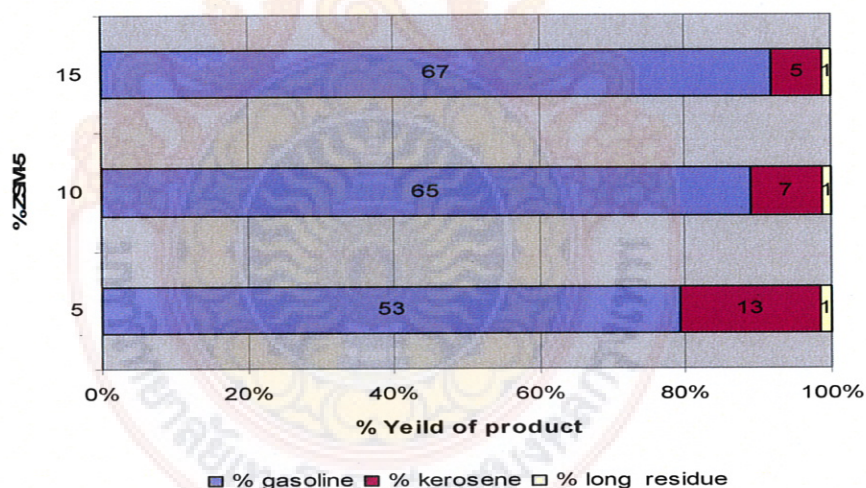
ภาพที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 300 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 350 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 400 องศาเซลเซียส



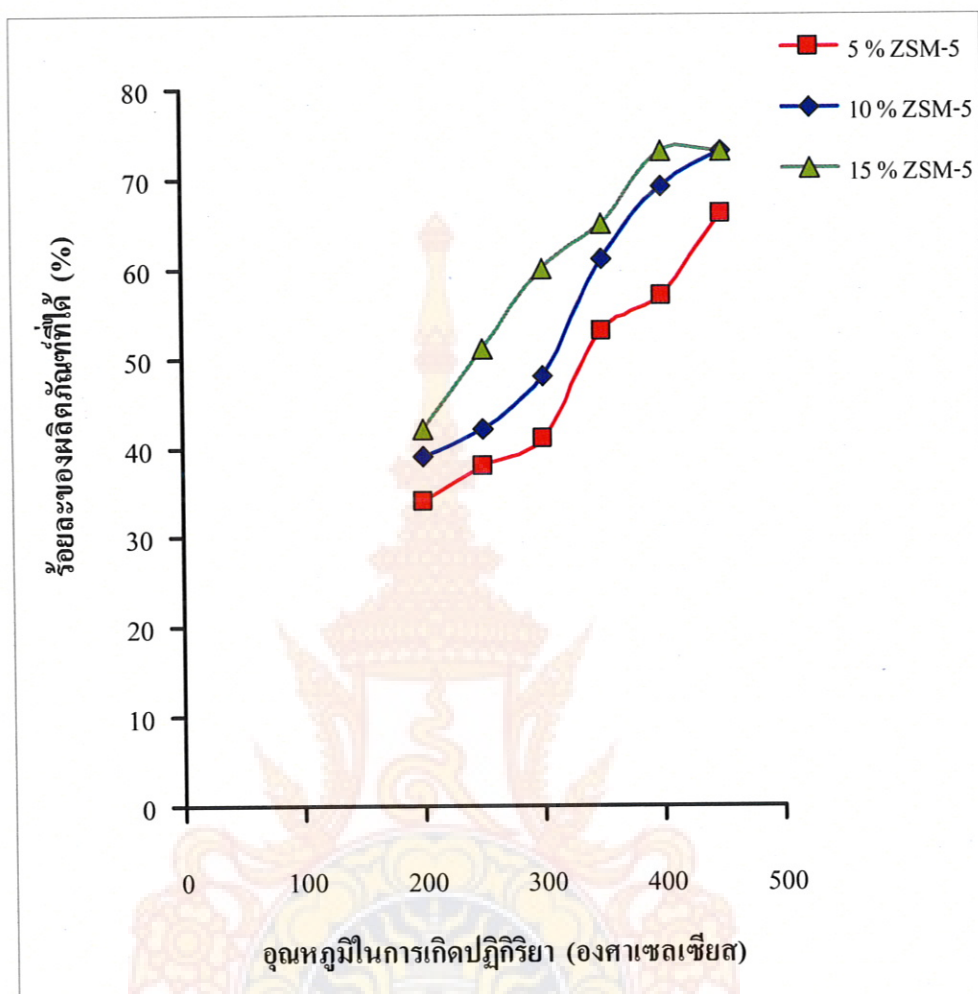
ภาพที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา 450 องศาเซลเซียส

โดยจากการวิเคราะห์หาร้อยละของแก๊สโซลีนทั้งหมดได้ค่าการกระจายตัวตามคาบจุดเดือดของการกลั่นจากการทดลองที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้นจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมัน และปริมาณแก๊สโซลีนมากขึ้นด้วยและจากการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 พบว่าสถานะที่เหมาะสมในการเกิดผลิตภัณฑ์น้ำมันมากที่สุด คือปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาร้อยละ 15 จะให้ปริมาณแก๊สโซลีนมากที่สุด

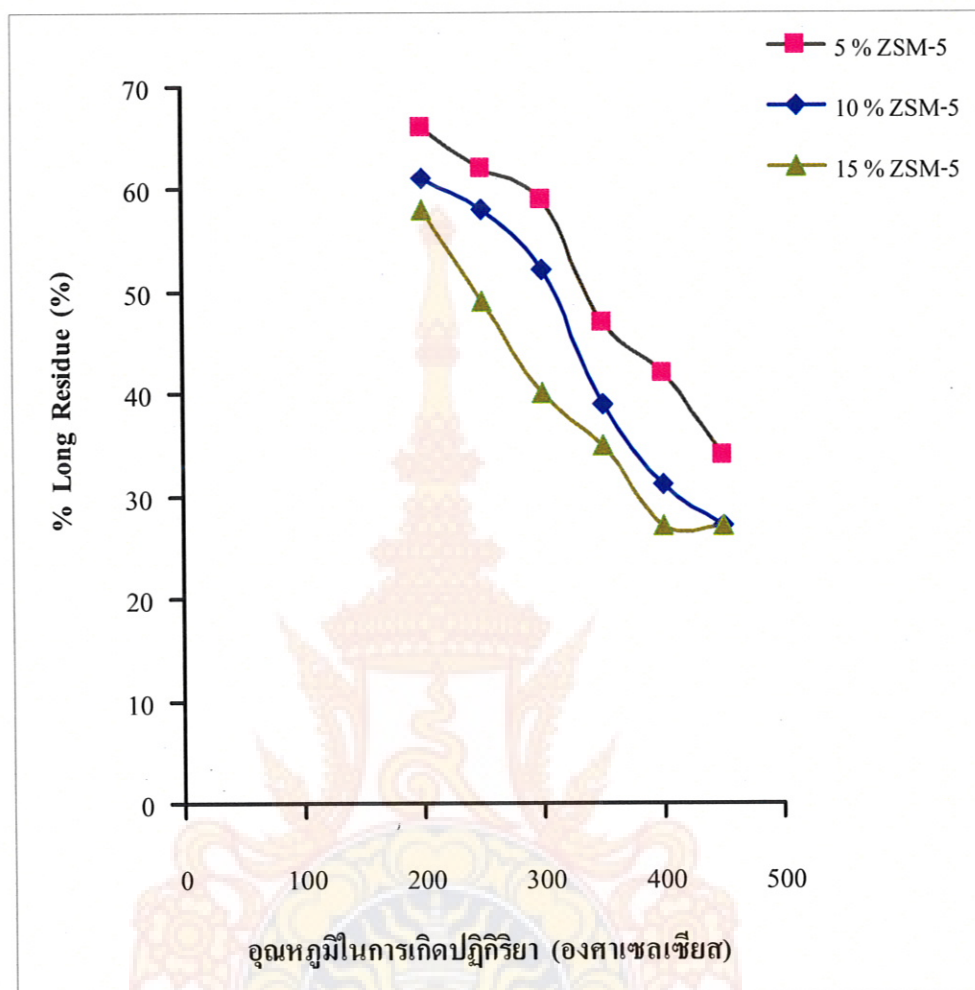
4.2.3 อิทธิพลของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่มีผลต่อร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่น โดยทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาในช่วง 200-450 องศาเซลเซียส โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 5 10 15 และใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.16 และ 4.17

จากผลการทดลองที่ได้ในภาพที่ 4.16 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาจาก 200 องศาเซลเซียส เป็น 450 องศาเซลเซียส พบว่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ทำการศึกษายกเว้นที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ร้อยละ 15 พบว่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 73 การที่ได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้น เนื่องจากการที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงทำให้สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีสายโซ่ที่ยาวแตกตัวจนกลายเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็ก ส่งผลให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่แสดงในภาพที่ 4.17 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาจาก 200 องศาเซลเซียส เป็น 450 องศาเซลเซียส พบว่าร้อยละของของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าลดลงทุก ๆ ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ทำการศึกษายกเว้นที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ที่ร้อยละ 15 พบว่าร้อยละของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 27

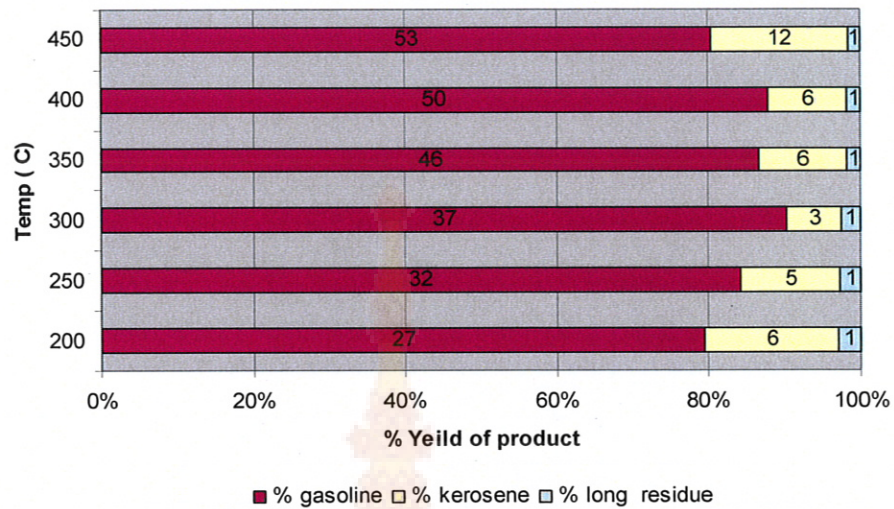


ภาพที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) ที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ค่าต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที

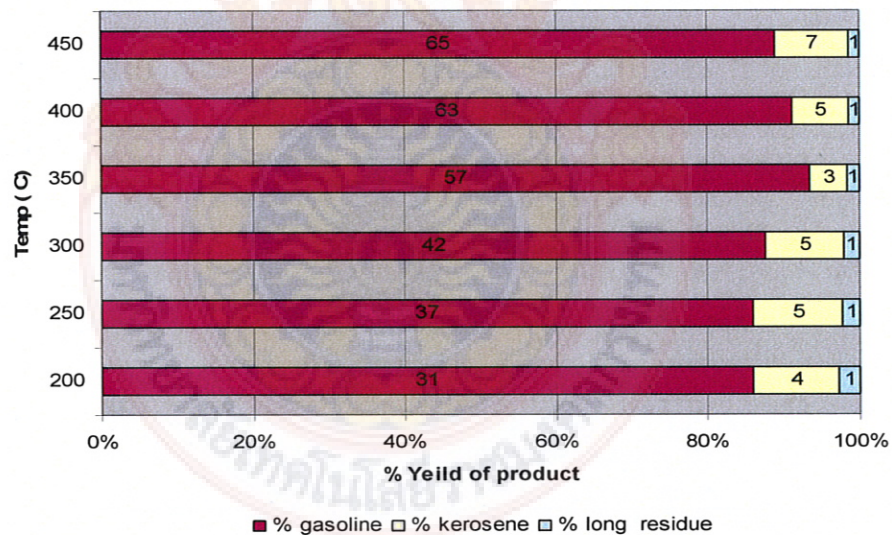


ภาพที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกากน้ำมันหนักที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) ที่ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ค่าต่างๆ โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที

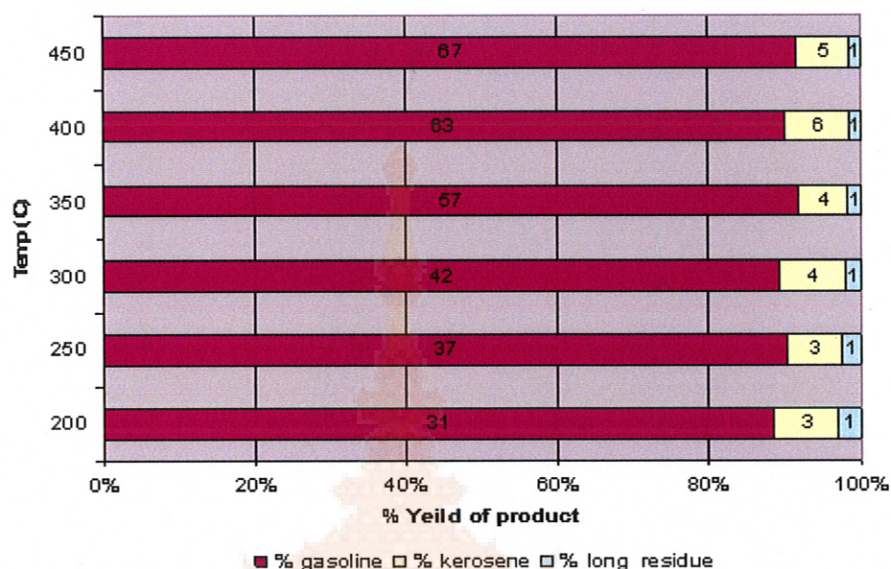
จากการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาค่าต่างๆ โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปหาค่าการกระจายตามคาบของจุดเดือดโดยวิธีการกลั่นเพื่อดูร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงที่ได้ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.18-4.20 จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณแก๊สโซลีนที่กลั่นได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการที่น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังคอนสตรัคต์หล่อลื่นสามารถเกิดการแตกตัวได้ดี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสายโซ่โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กจำพวกแก๊สโซลีน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากจะส่งผลให้เกิดการแตกตัวด้วยความร้อนทำให้เกิดการแตกตัวอย่างรุนแรงจนได้โมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กจำพวกแก๊สไฮโดรคาร์บอน จากภาพที่ 4.18 สังเกตที่อุณหภูมิ 200 250 และ 300 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณของแก๊สโซลีนที่ได้จากการกลั่นเพียง 27 -37 มิลลิลิตร แต่ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 350 ขึ้นไปจนถึง 450 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณของแก๊สโซลีนที่ได้จากการกลั่นมากถึง 67 มิลลิลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถังคอนสตรัคต์หล่อลื่นด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 สามารถแตกตัวได้ดีที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส จากการที่อุณหภูมิสูงขึ้นตัวเร่งยังคงมีบทบาทในการแตกตัวให้ได้สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กลงได้อีกจึงทำให้ได้ปริมาณของแก๊สโซลีนเพิ่มขึ้น และได้แก๊สไฮโดรคาร์บอนมากขึ้นด้วยซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวด้วยโดยจากการวิเคราะห์หาร้อยละของแก๊สโซลีนทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 4.18-4.20 จะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์น้ำมัน และปริมาณแก๊สโซลีนมากขึ้นด้วย จากการทดลองเพื่อหาอิทธิพลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังคอนสตรัคต์หล่อลื่น โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดผลิตภัณฑ์น้ำมันมากที่สุด คืออุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส จะให้ปริมาณแก๊สโซลีนมากที่สุด



ภาพที่ 4.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 5



ภาพที่ 4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 10



ภาพที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงต่างๆ ที่ได้จากการกลั่นเพื่อหาค่าการกระจายตัวตามคาบของจุดเดือดกับอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยา (องศาเซลเซียส) โดยใช้ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา 260 นาที และ ร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ร้อยละ 15

4.3 การทดสอบคุณภาพของน้ำมันที่เตรียมขึ้น โดยเปรียบเทียบจากข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงาน หรือมาตรฐานอื่นเทียบเท่า

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำมันแก๊สโซลีนที่กลั่นได้จากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานเปรียบเทียบกับข้อกำหนดคุณลักษณะของน้ำมันเชื้อเพลิงของกรมธุรกิจพลังงาน โดยนำน้ำมันแก๊สโซลีนที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสมวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพโดยวิธีมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าน้ำมันแก๊สโซลีนที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงานสามารถที่จะนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงที่เตรียมขึ้นตามข้อกำหนดของกรมธุรกิจพลังงาน

รายละเอียดที่ทดสอบ	ค่าที่วิเคราะห์ได้	ค่ามาตรฐาน		วิธีการทดสอบ
		91	95	
ค่าออกเทน (RON)	94.6	>91.0	>95.0	Petro Spec.
ค่าออกเทน (MON)	81.9	>80.0	>84.0	GS1000
ปริมาณกำมะถัน	0.024	<0.05	<0.05	ASTM D 4294
การกัดกร่อนทองแดง	1a	=1	=1	ASTM D 130
การกลั่น				ASTM D 86
อุณหภูมิการระเหยในอัตราร้อยละ 10 (°C)	66.7	<70	<70	
อุณหภูมิการระเหยในอัตราร้อยละ 50 (°C)	105.5	<110	<110	
อุณหภูมิการระเหยในอัตราร้อยละ 90 (°C)	163.3	<170	<170	
จุดเดือดสุดท้าย (°C)	199.8	<200	<200	
กากน้ำมัน (%Vol)	0.2	<2.0	<2.0	
ความดันไอ ณ อุณหภูมิ 37.8 °C (kPa)	56	<62	<62	ASTM D 323
ปริมาณเบนซีน (%Vol)	2.40	<3.5	<3.5	Petro Spec.
ปริมาณสารอะโรมาติก (%Vol)	34.7	<35	<35	GS1000
ปริมาณน้ำ (%Vol)	0.1	<0.7	<0.7	ASTM E 203
ปริมาณสารออกซิเจนเนต	0.9	-	<11.0	Petro Spec.
ความถ่วง API ที่ 60 °F	53.3	-	-	API Gravity
ความถ่วงจำเพาะที่ 60/60 °F	0.7657	-	-	Specific Gravity
ความหนาแน่นที่ 60 °F	0.7654	-	-	Density
ลักษณะทั่วไปที่ปรากฏ	ของเหลวใส	ของเหลวใสไม่ขุ่น ไม่แยกชั้น		ตรวจพินิจด้วย สายตา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 โดยการแตกตัวเป็นของเหลวจากน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นซึ่งจำเป็นต้องทำในสภาวะที่ใช้อุณหภูมิสูง เนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นดังกล่าวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโมเลกุลขนาดใหญ่รวมถึงต้องมีการเติมตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแตกตัวได้ดี ดังนั้นจึงได้นำน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นมาแตกตัวด้วยความร้อนรวมกับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาควบคู่กันไปเป็นโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็กและแตกตัวให้ปริมาณของน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดี สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแตกตัวของสารตั้งต้นประกอบด้วยร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแตกตัวมีลักษณะเป็นของเหลวสามารถนำไปวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อหาร้อยละของผลิตภัณฑ์ของเหลว และทำการวิเคราะห์ของเหลวเชิงคุณภาพโดยวิเคราะห์การกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ช่วงจุดเดือดต่างๆด้วยการกลั่น ผลการทดลองสามารถสรุปถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ดังนี้

5.1 การกระบวนการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถึงกวนผสมผลิตภัณฑ์หล่อลื่นจากคลังน้ำมัน Chevron Oil (Thailand) Limited ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5

5.1.1 การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมเบื้องต้น สำหรับการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จะให้ร้อยละผลิตภัณฑ์ของของเหลวได้มากกว่าการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว และพบว่าปริมาณร้อยละของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 ให้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือร้อยละ 15 ซึ่งให้ปริมาณของแก๊สไฮโดรคาร์บอนมากที่สุด คือ ร้อยละ 67 เมื่อเทียบกับปริมาณสารตั้งต้น และจากการทดลองเมื่อใช้ปริมาณร้อยละของตัวเร่ง

ปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 มากขึ้น จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมากขึ้น และได้ผลิตภัณฑ์อื่นลดลง

5.1.2 ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อร้อยละผลิตภัณฑ์น้ำมันและค่าการกระจายตัวขององค์ประกอบผลิตภัณฑ์น้ำมันที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 และอันตรกิริยาของอุณหภูมิกับปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา

5.1.3 สภาพที่เหมาะสมในการแตกตัวของน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการล้างถังคอนสตรัคต์ผลิตภัณฑ์หล่อลื่นให้แนวโน้มของผลิตภัณฑ์น้ำมัน ค่าการกระจายตัว และองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ดีที่สุด ดังนี้

อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา	450	องศาเซลเซียส
เวลาในการทำปฏิกิริยา	260	นาที
ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา	ร้อยละ 15	(หนักโดยน้ำหนัก)

โดยที่สภาวะการทดลองข้างต้นได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันร้อยละ 73 และจากการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปกลั่น เพื่อดูค่าการกระจายตามคาบของจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณแก๊สโซลีน 67 มิลลิลิตร น้ำมันก๊าด 5 มิลลิลิตร และกากของแข็ง 1 มิลลิลิตร ส่วนน้ำมันที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนสายโซ่ยาวที่ไม่สามารถระเหยได้จากขั้นตอนการแตกตัว มีจำนวน 33 มิลลิลิตร

5.1.4 จากการศึกษาสมบัติของแก๊สโซลีนที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้ โดยนำน้ำมันแก๊สโซลีนที่ได้ไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน ผลการทดสอบพบว่าน้ำมันแก๊สโซลีนที่ผลิตได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้ ซึ่งหากจะปรุงแต่งให้มีคุณภาพดีขึ้นเทียบเท่ากับน้ำมันแก๊สโซลีนที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมโดยตรง อาจต้องมีการเติมสารปรุงแต่งประเภทต่างๆ อาทิเช่น สารเพิ่มค่าออกเทน หรือสารที่มีคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ

5.2 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในระดับต่อไป

5.2.1 พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแตกตัวให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.2 ศึกษาตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นๆที่เหมาะสม โดยเฉพาะตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถสังเคราะห์ได้เอง และราคาไม่แพง รวมถึงการนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ใหม่

5.2.3 ศึกษาการนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ เพื่อดูประสิทธิภาพในการใช้งานกับเครื่องยนต์จริง โดยจากผลทดสอบทางกายภาพ และทางเคมีเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าน้ำมันแก๊สโซลีนที่ได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์ได้ แต่หากมีการนำไปศึกษาถึงประสิทธิภาพในการใช้งานจริง อาจสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้สนใจงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อ

5.2.4 ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรมและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่สามารถผลิตขึ้นใช้เองได้ภายในประเทศ สามารถลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศได้



บรรณานุกรม

- [1] Available : from <http://library.kmitnb.ac.th/fulltext/tech41/16005.html> [2006,february 1]
- [2] Chaiprasert P., One-Step Catalytic Hydro treatment of Used Automotive Lubricating oil Master Thesis, Program of Petrochemistry and Polymer Science, Faculty of Science, Chulalongkon University, 1999.
- [3] Division of fuel, Ministry of Commerce. Monthly Report. Thailand, 1993-1994.
- [4] Available of from: <http://www.doeb.go.th/dbd/data-stat.html> [2006,February 9]
- [5] Charles N. Satterfield. Heterogeneous Catalysis in Industrial Practice. New York: McGraw-Hill,1991.
- [6] James A. Casumano. Catalysis in coal. New York: Academics Press, 1978.
- [7] Matar S., Manfred J.M., Hassan A.T. Catalysis in Petrochemical Processes. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, (1988): 46-48.
- [8] วิทยา เรืองพรวิสุทธิ์. อะตอมไฮโดรเจนแบบเฮเทอโรจีเนียส : หลักทฤษฎีการประยุกต์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534.
- [9] Dyer, A. 1988. An Introduction to Zeolite Molecular Sieves. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
- [10] Breck, D.W. 1974. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [11] Hawkins, D.B. 1981. Kinetics of glass dissolution and zeolite formation under hydrothermal conditions. Clays and Clay Minerals. 29(5) : 331-340.
- [12] Bhatia, S.1990. Zeolite Catalysis: Principles and Applications. CRC Press, Inc., United States.
- [13] Kokotailo, G.T., S.L. Lawton and D.H. Olson. 1978. Structure of synthetic zeolite ZSM-5. Nature. 272: 437-438.
- [14] Harold H. Schobert, The Chemistry of Hydrocarbon fuel. New York:1991.
- [15] Raseev S. Thermal and Catalytic Processes in Petroleum Refining. New York: Marcel Dekker, 2003.
- [16] ปราโมทย์ ไชยเวท. ปิโตรเลียมเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : สุนทรออฟเซต. 2537

- [17] Matlon J.S. and Mark V.B. Active carbon surface chemistry and adsorption from Solution. New York : Marcel Darkker, 1971.
- [18] วิทยา เรืองพรวิสุทธิ. กะตะไลซีตแบบเฮทเทอโรจีเนียส : หลักทฤษฎีและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์, 2534.
- [19] วีระชัย เปรมโยธิน. เชื้อเพลิงและปิโตรเคมี. ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2534.
- [20] สมสุข ไตรศุกิติ. การเปลี่ยนแปลงพอลิเอทิลีนไปเป็นแก๊สโซลีนบนตัวเร่งปฏิกิริยา HZSM5. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต.สาขาวิชาปิโตรเคมี และวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
- [21] Wang, L., Yoo, J., Park, S., Heon J., Ho, T.L., Deuk K.L. "Optimization of pyrolytic coprocessing of waste plastics and waste motor oil into fuel oils using statistical pentagonal experimental design", Journal of fuel, 78, (1999): 809-813.
- [22] Serrano D.P., Aguado, J., Escola, J.M., Garagorri E. "Performance of a continuous screw kiln reactor for the thermal and catalytic conversion of polyethylene-lubricating oil base mixtures", Journal of Applied Catalysis B, 4, (2003): 95-100.
- [23] ชีระพงษ์ นามโท. 2543. การผลิตซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากเถ้าลอยถ่านหินลิกไนต์. วิทยานิพนธ์ปริญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [24] เกศณีย์ อมดวง. 2545. การสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากเพอร์ไลต์. วิทยานิพนธ์ปริญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [25] Rawtani A.V. and M. S. Rao. 1989. Synthesis of ZSM-5 Zeolite Using Silica from Rice Husk Ash. Ind. Chem. Res. 28: 1411-1413.
- [26] นิรุติ วานิชกิจ. 2546. การสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิด ZSM-5 จากดินขาว. วิทยานิพนธ์ปริญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [27] บทความการพัฒนาสารเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ และน้ำมันพื้นฐาน จากการประชุมวิชาการ The 12 th Annual Fuels & Lubes Asia Conference ณ เขตการบริหารพิเศษฮ่องกง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน วันที่ 1-3 มีนาคม 2549
- [28] ชัยวัฒน์ เตชะเกียรติกูร. 2544 . เชื้อเพลิงสังเคราะห์จากการสลายตัวของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงที่ใช้แล้ว ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ในกระบวนการแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [29] อาทิตย์ อัสวสุชี . 2544. การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงและสารอะโรมาติกส์จากเอทานอล. วิทยานิพนธ์ปริญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- [30] วีระชัย มณีวงษ์ . 2547. การผลิตสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์. งานวิจัย , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.



ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นันทนิตย์ ยีมวาสนา

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Assistant Professor Nuntanit Yimwadsana

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โทรศัพท์

02-2879600 ต่อ 1181 หรือ 02-2211998

E-mail

Yimwadsana@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

กศ.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)
2518

ศษ.ม. (สิ่งแวดล้อมศึกษา) มหาวิทยาลัยมหิดล 2525

สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ

เคมีสิ่งแวดล้อม ปีโตรเคมี และชีวเคมี

ผลงานวิจัย

- งานวิจัยเรื่อง การติดตามผลการประเมินคุณภาพภายนอกระดับอุดมศึกษา ปี 2545-2546 โครงการวิจัยภายใต้ทุนสนับสนุนจาก สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา ปีงบประมาณ 2547
- งานวิจัยเรื่อง การพัฒนากำลังคนในอุตสาหกรรมพลาสติกปี 2551 โครงการวิจัยภายใต้ทุนสนับสนุนจาก สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
- งานวิจัยเรื่อง ความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งทอ 2525 โครงการวิจัยภายใต้ทุนสนับสนุนจาก สถาบันวิจัยการศึกษา

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)

ดร.เทพรัตน์ ถีลาสัตตรัตน์กุล

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Dr. Tapparath Leelasattarathkul

ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สถานที่ติดต่อ

สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

โทรศัพท์

02-2879600 ต่อ 1202 หรือ 1204

E-mail

Tapparut@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตร์คหุภัณฑ์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2549

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2544

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีวิเคราะห์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ 2541ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (เคมีปฏิบัติการ-ปิโตรเคมี) สถาบัน
เทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ 2539

สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ

Flow Injection Analysis, Sequential Injection Analysis, Lab on
a chip,

ผลงานตีพิมพ์

1. **Tapparath Leelasattarathkul**, Saisunee Liawruangrath, Mongkon Rayanakorn, Boonsom Liawruangrath, Winai Oungpipat, Napaporn Youngvises, "Greener analytical method for the determination of copper(II) in wastewater by micro flow system with optical sensor", *Talanta*, **72** (2007)126-131.
2. **Tapparath Leelasattarathkul**, Saisunee Liawruangrath, Mongkon Rayanakorn, Winai Oungpipat, and Boonsom Liawruangrath, "The development of sequential injection analysis coupled with lab-on-valve for copper determination", *Talanta*, **70** (2006)656-600.
3. Gillian Greenway, **Tapparath Leelasattarathkul**, Saisunee Liawruangrath, R.Alan Wheatley, Napaporn Youngvises, "Ultrasound-Enhanced Flow Injection Chemiluminescence for Determination of Hydrogen Peroxide", *Analyst*, **131**(2006) 501-508.

4. Jirayu Makchit, Senee Kruanetr, Prasert Prasertgitwatana, **Tapparath Leelasattarathkul**, Saisunee Liawruangrath, "An Inexpensive Sequential Injection Analyzer for the Analytical Laboratory", *Instrumentation Science and Technology*, **33**(2005) 565-573.
5. Winai Oungpipat, **Tapparath Leelasattarathkul**, Churairat Dongduen, Saisunee Liawruangrath, "Bioaccumulation and determination of lead using treated-*Pennisetum*-modified carbon paste electrode", *Talanta*, **61**(2003)455-464.

การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ

1. Saisunee Liawruangrath, **Tapparath Leelasattarathkul**, Napaporn Youngvises, Seeneee Kruenetr, Prinya Masawat, Wansiri Pitakkeatkun, Wilaiwan Phakthong, "Microflow Analysis Based on Lab on a Chip in Analytical Sciences in Thailand", Pure and Applied Chemistry International Conference 2009, 14-16 January 2009, pp. 8.
2. **Tapparath Leelasattarathkul**, Boonchai Duangsawat, Wanna Iam-ard, "The Spectrophotometric Method for Determination of Copper(II) in Water Based on the Reaction with Zincon in Surfactant Medium", Pure and Applied Chemistry International Conference 2009, 14-16 January 2009, pp. 152.
3. **Tapparath Leelasattarathkul**, Mongkon Rayanakorn, Winai Oungpipat, Boonsom Liawruangrath and Saisunee Liawruangrath, "The Development of Sequential Injection Analysis Coupled with Lab-On-Valve for Copper(II) Determination", Oral presentation, 11th Asian Chemical Congress, Korea University, Seoul, Korea, 24-26 August 2005, p.p. 150.
4. **Tapparath Lelasattarathkul**, Napaporn Youngvises and Saisunee Liawruangrath, "Optical Sensor for Determination of Copper(II) Ion in Micro Flow System", Poster presentation, An International Meeting on Advance in Flow Analysis, The University of Hull, Hull, United Kingdom, 28-29 July 2004.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)

วัฒนพงษ์ พวงพิน

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)

Wattanapong Poungpin

ตำแหน่งปัจจุบัน

Customer engineer บริษัท Agilent Technology

สถานที่ติดต่อ

บริษัท Agilent Technology

โทรศัพท์

038-609485, 038-607983

E-mail

Wattananpong.p@gmail.com

ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

กรุงเทพ 2541

สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ

Gas Chromatography, Liquid Chromatography

