บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโอเลฟินส์[1]

พลาสติกวัสดุทดแทน

พลาสติกเป็นวัสดุที่จำเป็นและกำลังจะมาแทนที่วัสดุจากธรรมชาติ ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต 2 ใน 4 อย่างของปัจจัย 4 คือ ที่อยู่อาศัยและเครื่องนุ่งห่ม เป็นสิ่งที่ทดแทนได้ด้วยพลาสติก พลาสติกเข้ามาแทนที่ทั้งโลหะและเซรามิกส์ในงานบางประเภท ทั้งนี้เพราะพลาสติกมีราคาถูกและมีคุณสมบัติที่เหมาะสมตามความต้องการ

ปิโตรเคมี

สารเคมีที่พัฒนามาจากน้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติ รวมเรียกว่า ปิโตรเคมี พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่พัฒนามาจากสารตั้งต้นปิโตรเคมี ตัวอย่างเช่น พลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนอาจทำได้โดยเอาอีเทนมาทำเป็นเอทิลีน แล้วเอาโมเลกุลของเอทิลีนมาต่อกันยาวๆ เป็นพอลิเมอร์ เป็น พอลิเอทิลีน (polyethylene) ดังนี้

$$C_2H_6 \xrightarrow{\text{ความร้อน}} C_2H_4 + H_2$$

C_2H_4 มีโครงสร้างเป็นพันธะคู่ $_2HC{=}CH_2$ ซึ่งสะดวกต่อการทำพอลิเมอร์ต่อไป

ปฏิกิริยาสำคัญทางปิโตรเคมีได้แก่

1. อีเทน $\xrightarrow{\text{ความร้อน}}$ เอทิลีน $\xrightarrow{\text{โพลิเมอไรเซชัน}}$ โพลิเอทิลีน (PE)

2. โพรเพน $\xrightarrow{\text{ดีไฮโดรเจเนชัน}}$ โพรพิลีน $\xrightarrow{\text{โพลิเมอไรเซชัน}}$ โพลีโพรพิลีน (PP)

3. เอทิลีน + คลอรีน $\longrightarrow$ ไวนิลคลอไรด์โมโนเมอร์ $\longrightarrow$ โพลีไวนิลคลอไรด์
(VCM) (PVC)

4. เอทิลีน + เบนซิน $\longrightarrow$ สไตรีน $\longrightarrow$ โพลีสไตรีน (PS)

โดยทั่วไปจะรวมเรียก เอทิลีน โพรพิลีน บิวทิลีน และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะคู่ว่า โอเลฟินส์ (olefins) และ พอลิเมอร์ของโอเลฟินส์ว่า โพลิโอเลฟินส์ (polyolefins;PO)

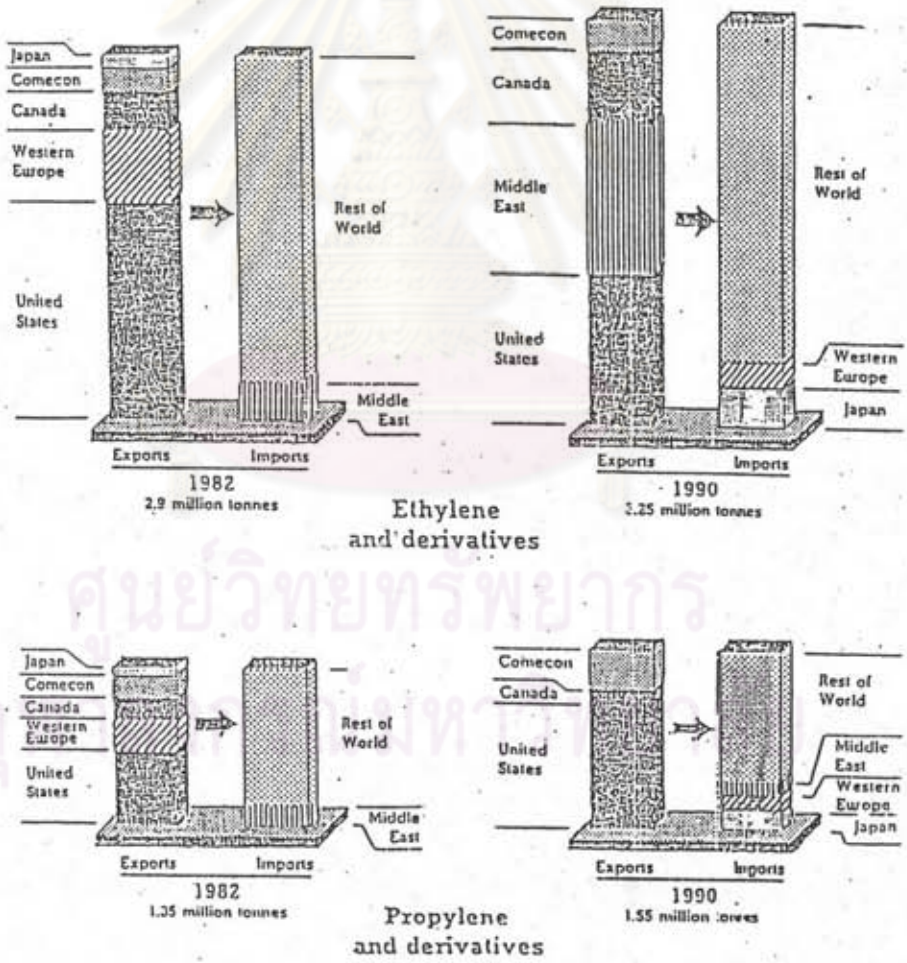
1.2 สถานการณ์ปิโตรเคมี [1]

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีนั้นผลิตขึ้นมาโดยใช้วัตถุดิบหลัก 2 อย่างคือ แนฟทา (naphtha) หรือส่วนกลั่นของน้ำมันดิบ ซึ่งบางทีเรียกว่าแก๊สโซลีนหนัก (heavy gasoline) กับแก๊สธรรมชาติ (natural gas) ในยุโรปและญี่ปุ่นมักจะใช้แนฟทาเป็นวัตถุดิบ แต่ในสหรัฐอเมริกา จะใช้แก๊สธรรมชาติหรือผลผลิตพลอยได้จากโรงกลั่นน้ำมันมากกว่า ข้อแตกต่างระหว่างวัตถุดิบทั้ง 2 ประเภทนี้ก็คือว่า ถ้าใช้แนฟทาผลผลิตที่ได้จะมีหลายตัวและพลังงานสูง หากผลผลิตที่ได้ทุกตัวสามารถขายได้ และราคาที่ใช้ในการผลิตต่ำการใช้แนฟทาก็จะดี แต่ถ้าตลาดหรือความต้องการของตลาดไม่ดีเท่ากันทุกตัวและพลังงานมีราคาสูง การใช้แนฟทาเป็นวัตถุดิบก็อาจมีปัญหาในด้านต้นทุนการผลิต ส่วนการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นวัตถุดิบนั้น ผลผลิตที่ได้จะแคบกว่าหรือแทบจะเจาะจงลงไปเลยว่า ถ้าเราใช้อีเทนเป็นวัตถุดิบ เราจะได้เอทิลีนเป็นผลผลิตหลัก ซึ่งทำให้การใช้แก๊สธรรมชาติสะดวกกว่า เพราะไม่ต้องคำนึงถึงผลพลอยได้อื่นๆมากนัก

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีได้เจริญรุ่งเรืองมาโดยเฉพาะในช่วงปี 1960 และ ต้นปี ค.ศ.1970 แต่แล้วก็เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันในปี ค.ศ. 1973 ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมนี้อย่างมากคือต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ทำให้ราคาผลิตภัณฑ์สูงตามไปด้วยหลายเท่า โดยเฉพาะโรงงานที่ใช้แนฟทาเป็นวัตถุดิบ ประกอบกับวัสดุที่ได้จากธรรมชาติหลายอย่าง เช่น กระจก กระดาษ เริ่มมีราคาต่ำลงและกลับมาแทนผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีในตลาดใน

บางกรณี เมื่อเป็นเช่นนี้ทำให้กำลังการผลิตของโลกสูงกว่าความต้องการ และประเทศซาอุดิอาระเบียตัดสินใจสร้างโรงงานปิโตรเคมีขนาดใหญ่ในปี 1980 โดยใช้วัตถุดิบที่มีราคาต่ำมาก คือแก๊สธรรมชาติที่ได้จากการดูดน้ำมันขึ้นมา ซึ่งเดิมเผาทิ้งไป แต่ผลจากการวิเคราะห์เรื่องราคาผลิตภัณฑ์จากโรงงานของประเทศซาอุดิอาระเบียปรากฏว่าราคาไม่ต่ำกว่าราคาของประเทศผู้ผลิตเดิมในยุโรป อเมริกา หรือ ญี่ปุ่นมากนัก เพราะปัจจัยต้นทุนการผลิตนั้นมีหลายตัวและราคาวัตถุดิบเป็นเพียงหนึ่งในหลายๆปัจจัย เพราะฉะนั้นผลกระทบจึงมีน้อย

สถานภาพ ความต้องการ และกำลังการผลิตของอุตสาหกรรมนี้ในโลกโดยทั่วๆไปแล้ว ส่วนใหญ่ประเทศต่างๆจะผลิตเพื่อใช้เอง ส่วนที่ส่งออกเพื่อขายนั้นน้อย รูปที่ 1.1 แสดงปริมาณการสั่งเข้าและส่งออกผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีบางชนิด



รูปที่ 1.1 แสดงการสั่งเข้าและส่งออก สารปิโตรเคมีจากเอทิลีนและโพรพิลีน[1]

ข้อสังเกตจากรูป คือ ประเทศผู้ส่งออกและประเทศผู้สั่งเข้าจะเปลี่ยนไป เช่น ญี่ปุ่น และ ยุโรป ซึ่งเคยเป็นประเทศผู้ส่งออกในปี ค.ศ. 1982 จะกลายเป็นผู้สั่งเข้าในปี ค.ศ. 1990 อเมริกาที่เคยส่งออกมากที่สุด ก็ต้องลดปริมาณส่งออกลง ประเทศแถวตะวันออกกลางที่เคยสั่งเข้า ก็กลายเป็นประเทศผู้ส่งออกรายใหญ่ หลายประเทศหรือเกือบทุกประเทศที่เคยมีโรงงานเก่า มีประสิทธิภาพไม่ดีคือการออกแบบไม่ได้คำนึงถึง การประหยัดพลังงานเมื่อโรงงานเหล่านี้ต้องมาแข่งขันกับโรงงานใหม่และใหญ่ซึ่งใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุด ประสิทธิภาพก็ย่อมจะดีกว่ามาก ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยี

สำหรับประเทศไทยอุตสาหกรรมปิโตรเคมีใช้แก๊สธรรมชาติเป็นวัตถุดิบ ปัญหาทางด้านผลิตผลพลอยได้ไม่มี เมื่อโรงงานเสร็จสภาพความต้องการและกำลังการผลิตของโลกยังคงอยู่ในสภาพที่ค่อนข้างจะสมดุล อีกทั้งผลผลิตที่ได้เรามุ่งใช้กับตลาดภายในประเทศเป็นหลัก เทคโนโลยีที่ใช้เป็นเทคโนโลยีใหม่

สภาพการตลาดในปี พ.ศ. 2529 มีการผลิตเอทิลีนรวม 49 ล้านตัน มีการซื้อขายระหว่างประเทศ ประมาณ 1-2 ล้านตัน และโพรพิลีน ผลิตรวม 25 ล้านตัน มีการซื้อขายระหว่างประเทศประมาณ 1 ล้านตัน มีการวิเคราะห์ว่าเอทิลีนในตลาดโลกจะขาดตลาดในปี ค.ศ. 1995 โพรพิลีนในตลาดโลกจะเริ่มขาดในปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นไป และ วีซีเอ็ม ก็อยู่ในสภาพเดียวกัน

1.3 <u>โครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมี</u>

อุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย ใช้วัตถุดิบจากแก๊สธรรมชาติผ่านโรงงาน 4 ขั้นตอน จึงจะถึงผลิตภัณฑ์พลาสติก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นที่หนึ่ง

แยกแก๊สธรรมชาติออกเป็นองค์ประกอบต่างๆโดย โรงแยกแก๊สธรรมชาติ

ขั้นที่สองหรืออุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น

ใช้อีเทนและโพรเพนรวมทั้งแก๊สเชื้อเพลิงเป็นวัตถุดิบผลิตโอเลฟินส์ (เอทิลีน และ โพรพิลีน) โดยโรงงานโอเลฟินส์

ขั้นที่สาม หรือ อุตสาหรรมปิโตรเคมีต่อเนื่อง

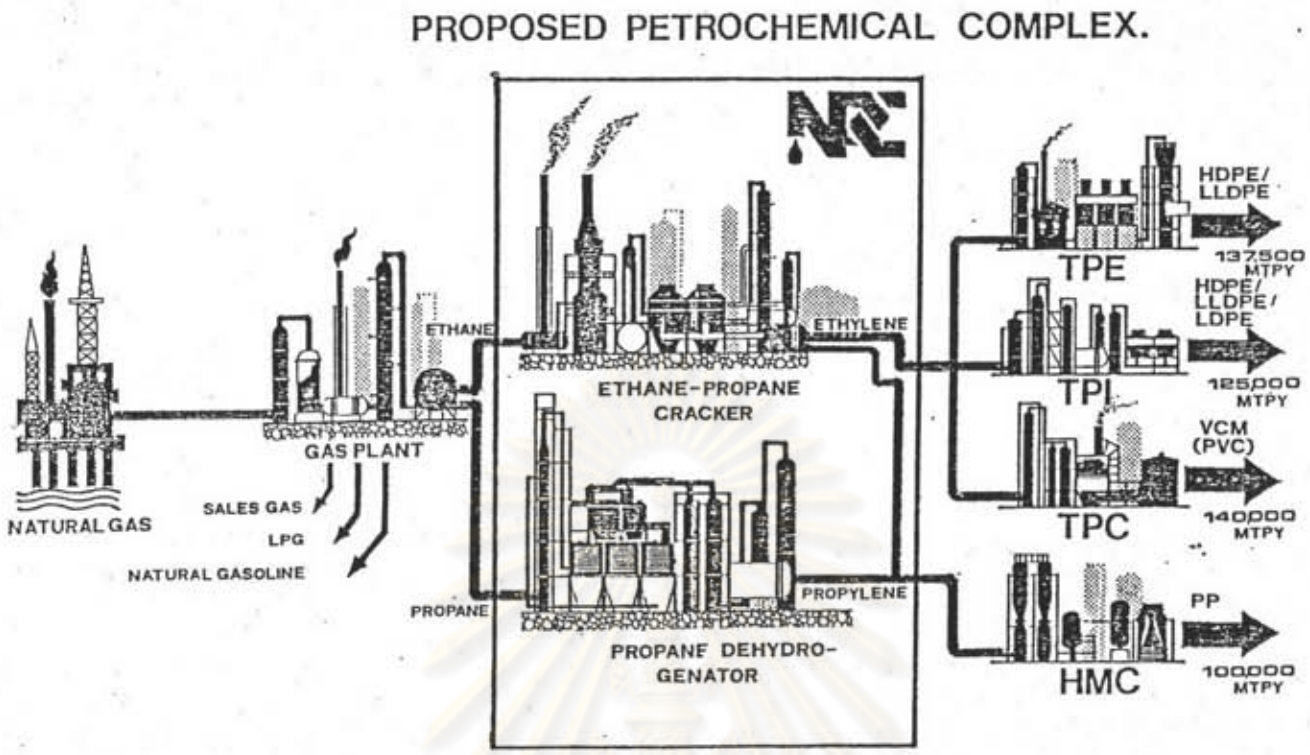
ใช้โอเลฟินส์เป็นวัตถุดิบผลิตพอลีโอเลฟินส์ (โพลีเอทิลีน, โพลีโพรพิลีน) โดยโรงงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมีต่อเนื่อง

ขั้นที่สี่ หรือ อุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic Processing Industry)

ใช้โพลีโอเลฟินส์เป็นวัตถุดิบผลิตถุง ท่อน้ำ ฉนวนหุ้มสายไฟ หนังเทียม แผ่นพลาสติก ขวดน้ำ

ในปัจจุบัน มีโรงงาน อุตสาหกรรมต่อเนื่องของเอกชน 3 โรง ผลิตโพลีเอทิลีน พีวีซี และ โพลีสไตรีน รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

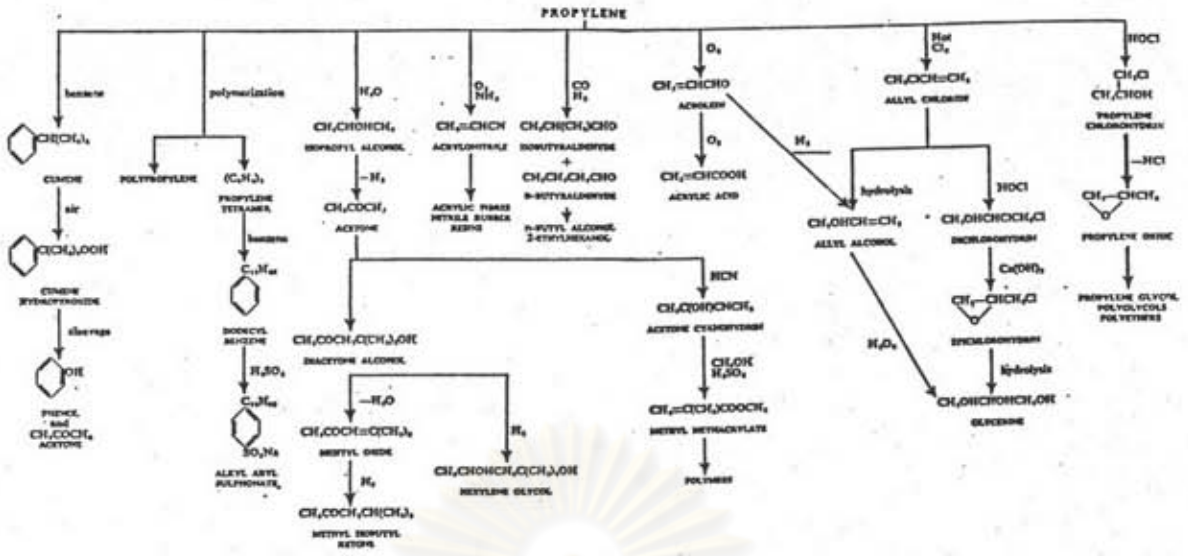


รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างอุตสาหกรรมปิโตรเคมีในประเทศไทย: ที่มา ปิโตรเคมีแห่งชาติ

1.4 ประโยชน์ของโพรพิลีนและบิวทิลีน

โพรพิลีนเป็นสารปิโตรเคมีที่สำคัญคู่กับเอทิลีน การใช้โพรพิลีนเป็นสารปิโตร-เคมี มีข้อได้เปรียบที่สามารถเลือกผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้กว้าง เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อนกว่าเอทิลีน เดิมในโรงกลั่นน้ำมันจะใช้โพรพิลีนในกระบวนการอัลคิลเลชันและโพลิเมอไรซ์แก๊สโซลีน ปัจจุบันการใช้โพรพิลีนที่สำคัญคือใช้ในกระบวนการทำพอลิเมอร์ผลิตพลาสติกพวก โพลีโพรพิลีนหรืออะแคโรไนตริล (acrylonitrile) ซึ่งสามารถนำมาผลิตอะดิโปไนตริล (adiponitrile) ในการทำไนลอน 6,6 ต่อไป

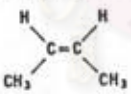
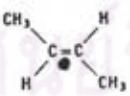
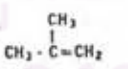
โพรพิลีนยังสามารถนำมาทำประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมเคมี เป็นโพรพิลีนออกไซด์ (ใช้ทำโฟม, ไกลคอล, กลีเซอรอล) ทำไอโซโพรพานอล (isopropanol) ซึ่งนำไปสู่การทำ แอซีโตน หรือ โพรพิลีนใช้ทำแอโครรีน (acrolein) ซึ่งนำมาทำอะไคลริก (acrylic) รูปที่ 1.3 แสดงการใช้โพรพิลีนผลิตสารต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรม



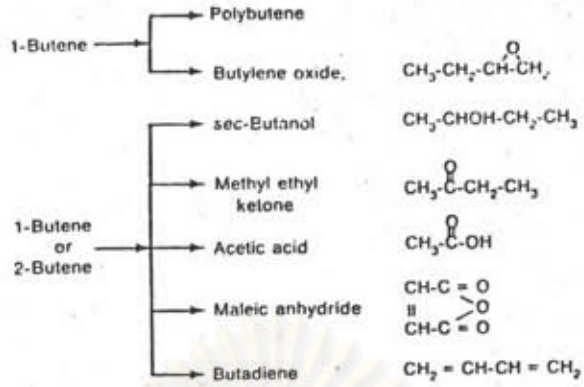
รูป 1.3 แสดงการใช้ประโยชน์ของโพรพิลีนในการผลิตสารอื่น

บิวทิลีน โครงสร้างของบิวทิลีนแต่ละตัว ชื่อ และ จุดเดือด แสดงในตาราง ที่ 1.1 บิวทิลีนในงานวิจัยนี้จะได้มาจากการทำดีไฮโดรเจเนชันบิวเทน ซึ่งประโยชน์ของบิวทิลีนมีมากมาย ดัง รูปที่ 1.4 และ 1.5

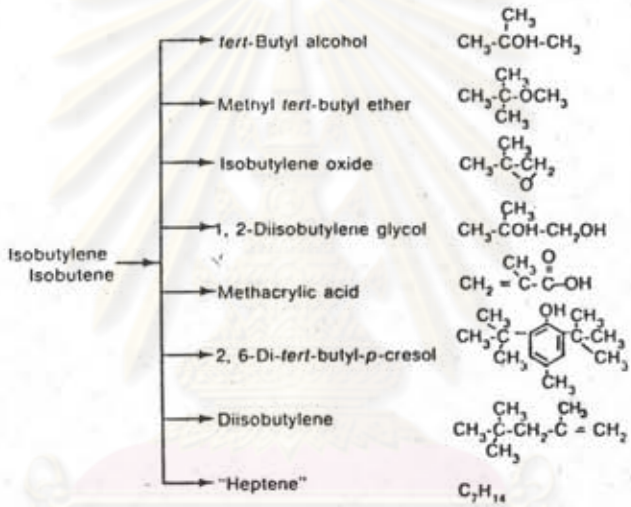
ตารางที่ 1.1 แสดงชนิด โครงสร้าง และ จุดเดือด ของ บิวทิลีน[2]

Olefins		
Structure	Names	Boiling point °C
$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$	1-Butene α-Butylene	− 6.3
	cis-2-Butene β-Butylene 2-Butene	+ 3.7
	trans-2-Butene β-Butylene 2-Butene	+ 0.9
	2-Methylpropene Isobutylene Isobutene	− 6.6
$CH_3 - CH = C = CH_2$	Diolefins 1,2-Butadiene Methylallene	+10.8
$CH_2 = CH - CH = CH_2$	1,3-Butadiene Butadiene	− 4.4

การใช้บิวทิลีนส่วนใหญ่ใช้เป็นสารโมโนเมอร์สำหรับกระบวนการพอลิเมอไรซ์ในการทำยางสังเคราะห์ ยางกันน้ำมันหรือใช้เป็น โคโมโนเมอร์ในการผลิตพลาสติกทางวิศวกรรม (Engineering Plastic) พวกเอบีเอส (ABS) ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมเคมี ใช้ทำกรดแอซิติก มาลิอิกแอนไฮดรายด์ (maleic anhydride) หรือ MIBK (Methyl Isobutyl Ketone), MEK (Methyl Ethyl Ketone) แม้กระทั่งการทำแอลกอฮอล์



รูปที่ 1.4 แสดงการใช้บิวทีนในการสังเคราะห์สารอื่น [2]



รูปที่ 1.5 แสดงการใช้ไอโซบิวทีนในการสังเคราะห์สารอื่น[2]

1.5 วัตถุประสงค์ของการวิจัย และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในงานวิจัยนี้ จะสนใจถึงการผลิตโพรพิลีนและบิวทิลีนจากแก๊สปิโตรเลียมเหลว โดยวิธีดีไฮโดรเจเนชัน (dehydrogenation) ซึ่งเป็นการดึงอะตอมของไฮโดรเจนออกจากโมเลกุลของโพรเพนและบิวเทน เพื่อให้ได้โอเลฟินส์ กระบวนการทำดีไฮโดรเจเนชันนี้เป็นกระบวนการที่ทำกันมานานแล้ว แต่ใช้กับไฮโดรคาร์บอนหนักซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลสูงและเป็นปฏิกิริยาส่วนหนึ่งของการทำรีฟอร์มมิ่ง การทำดีไฮโดรเจเนชันไฮโดรคาร์บอนเบาเพื่อให้ได้โอเลฟินส์ มีโรงงานเชิงพาณิชย์อยู่น้อยมาก การวิจัยค้นคว้าเป็นสิ่งจำเป็นในแง่ของการรับเทคโนโลยีเองเพื่อให้เข้าใจอย่างถูกต้อง หรือการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อการแข่งขันหรือเพื่อลดต้นทุนการผลิต

1.5.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อใช้ในการทำปฏิกิริยา ดีไฮโดรเจเนชันของไฮโดรคาร์บอนเบา และเพื่อ เป็นแนวทางในการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ต่อไป

2. ศึกษาผลของสารทำให้เจือจางคือไนโตรเจนและไฮโดรเจน ที่มีต่อการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันของแก๊สปิโตรเลียมเหลว เมื่อใช้ตัวเร่ง-ปฏิกิริยาดังกล่าว

3. ศึกษาผลของอุณหภูมิและความเร็วเชิงสเปซต่อระบบของการทำปฏิกิริยาดีไฮโดรเจเนชันที่เหมาะสม

1.5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถที่จะเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา ประเภทโลหะบนตัวรองรับอะลูมินาสำหรับการผลิตโอเลฟินส์ เพื่อใช้ในการทดลองปฏิกิริยาประเภทนี้

2. จากความรู้ในการเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาดังกล่าว จะเป็นแนวทางในการพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาประเภทเดียวกัน หรือตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดอื่นที่ใช้กลไกของปฏิกิริยานี้

3. ทำให้เข้าใจถึงผลของตัวแปรในกระบวนการที่มีผลต่อการปฏิบัติงานในการทำดีไฮโดรเจเนชันของไฮโดรคาร์บอนเบา

4. เมื่อหาความแตกต่างของสารทำให้เจือจาง (diluent) สามารถที่จะเลือกใช้สารทำให้เจือจางที่เหมาะสมต่อไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. เมื่อสามารถผลิตโอเลฟินส์ได้ ทำให้สามารถผลิตสารเคมีต่อเนื่อง จากโอเลฟินส์พื้นฐานนี้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย