

ผลของตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีต่อสารช่วยยึดติดที่ใช้กับเทปกาวสำหรับวัสดุประเภท
โพลีเอเลฟินและยางสังเคราะห์

นางสาวพระระพี กองธนาศิริกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Effect of low volatile organic solvent on adhesion promoter using with adhesive tape
for polyolefins and synthetic rubber material

Miss Pornrapee Kongtanasirikul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีต่อสารช่วยยึดติดที่ใช้กับเทปกาวสำหรับวัสดุประเภทโพลีเอเลฟินและยางสังเคราะห์
โดย	นางสาวพระระพี กองธนาศิริกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรชัย อภรณ์วิชานพ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เหมือนเดือน พิศาลพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรชัย อภรณ์วิชานพ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเทพ เขียวหอม)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกร รามกุล)

พระพี กองธนาศิริกุล: การศึกษาผลของตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีผลต่อสารช่วยยึดติดของเทปกาวที่ใช้สำหรับพื้นผิววัสดุประเภทโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์ (Effect of low volatile organic solvent on adhesion promoter using with adhesive tape for polyolefins and synthetic rubber material) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อมรชัย อภรณ์วิชานพ, 90 หน้า.

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาผลของการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำ (low volatile organic solvent) ทดแทนตัวทำละลายสารอินทรีย์ชนิดเดิม โดยพิจารณาสมบัติในการละลาย และชนิดของตัวทำละลาย ที่สอดคล้องกับข้อกำหนดเกี่ยวกับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยศึกษาส่วนที่ใช้ในสูตรการผลิตสารช่วยยึดติดเทปกาว สมบัติทางกายภาพของสารช่วยยึดติดเทปกาวที่ได้ การยึดติดของเทปกาวบนพื้นผิววัสดุประเภทโพลีโอเลฟินและยางสังเคราะห์ สารช่วยยึดติดที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำในงานวิจัยนี้ มีสมบัติในการเพิ่มพลังงานพื้นผิวบนพื้นผิววัสดุประเภทโพลีโอเลฟิน (polyolefins) และยางสังเคราะห์ที่เป็นวัสดุที่มีพลังงานพื้นผิวต่ำให้มีพลังงานพื้นผิวที่สูงขึ้น สามารถช่วยยึดติดของเทปกาวบนพื้นผิวโพลีโอเลฟิน (polyolefins) และยางสังเคราะห์ได้ดี และมีความทนทานต่อสภาพอากาศและสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี รวมถึงสภาวะที่ใช้ในการผลิตสารช่วยยึดติด เช่นการปั่นกววนของสารละลาย โดยคุณสมบัติดังกล่าวไม่มีความแตกต่างจากสารช่วยยึดติดที่ใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายสูงชนิดเดิม

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา.....2555.....

5171505821: MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORDS : LOW VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS / SOLVENT / ADHESION
PROMOTER / PRIMER

PORNRAPEE KONGTANASIRIKUL: EFFECT OF LOW VOLATILE ORGANIC SOLVENT
ON ADHESION PROMOTER USING WITH ADHESIVE TAPE FOR POLYOLEFINS AND
SYNTHETIC RUBBER MATERIAL. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. AMORNCHAI
ARPORNWICHANOP, Ph.D., 90 pp.

The objective of this research is to study effect of low VOCs solvent which is used for formulation of adhesion promoter or primer. The adhesion promoter is used for promote adhesion performance of double sided adhesive tape onto polyolefins and synthetic rubber substrate which are using as part in automotive industry. This research is studied the low VOCs solvent by refer to requirement and regulation in automotive industry. According to the low VOCs solvent is vaporized material under standard temperature and pressure. The solvent vapor is harmful to environmental, users and passengers who use the vehicle. This research is emphasized to optimize type and ratio of substituted low VOCs solvent in adhesion promoter while maintaining the adhesion performance when using with double sided adhesive tape onto polyolefins and synthetic rubber substrate. This is referred to requirements and regulations concerning VOCs in automotive industry.

Department :.....Chemical Engineering.....Student's Signature.....

Field of Study :.....Chemical Engineering.....Advisor's Signature.....

Academic Year :.....2012.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรชัย อภรณ์วิชานพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้แนวคิด ข้อเสนอแนะ และแนวทางการทำงานวิจัยอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยแก้ไขและปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เหมือนเดือน พิศาลพงศ์ ประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรเทพ เขียวหอม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประกร รามกุล ที่กรุณามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับงานวิจัย และชี้แนะแนวทางแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมกระบวนการเชิงคำนวณ โครงการขับเคลื่อนการวิจัย (STAR) ภายใต้โครงการพัฒนาวิชาการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 100 ปี ที่ให้การสนับสนุน

ขอขอบคุณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เป็นแหล่งความรู้ให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้ทำการวิจัย ต้องขอขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัว ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	5
1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	5
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎี.....	6
2.1 ทฤษฎีการยึดติด (Bonding theory).....	6
2.1.1 การล็อกกันเชิงกล (The mechanical interlock).....	6
2.1.2 ทฤษฎีการดูดซับ (Adsorption)	6
2.1.3 ทฤษฎีการดูดซับทางเคมี (Chemisorption)	7
2.1.4 ทฤษฎีการเกิดไฟฟ้าสถิต (Electrostatic).....	7
2.1.5 ทฤษฎีการแพร่ (Diffusion).....	7
2.1.6 ทฤษฎีชั้นขอบเขตที่เปราะบาง (Weak boundary layer).....	8
2.2 พลังงานพื้นผิว.(Surface energy).....	8
2.2.1 การวัดพลังงานพื้นผิวของเหลว.....	9
2.2.2 ทฤษฎีสมการยัง (Young's equation)	9
2.2.3 การวัดพลังงานพื้นผิวของแข็ง.....	10
2.3 มุมสัมผัส (Contact angle).....	11
2.3.1 ชนิดของมุมสัมผัส.....	11
2.3.2 อุณหพลวัต (Thermodynamics) ของมุมสัมผัส.....	11
2.3.3 วิธีการวัดมุมสัมผัส.....	12

	หน้า
2.4 ความเปียก (Wetting).....	13
2.5 การเพิ่มพลังงานพื้นผิว.....	14
2.5.1 โคโลนา และพลาสมาทรีทเมนต์ (Corona and plasma treatment).....	14
2.5.2 เฟรม ทรีทเมนต์ (Flame treatment).....	15
2.5.3 สารช่วยยึดติด หรือไพรเมอร์ (Primer).....	15
2.6 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds).....	15
2.6.1 คำจำกัดความ.....	15
2.6.2 หัวข้อหลัก : ตัวทำละลาย.....	15
2.6.3 แคนาดา.....	16
2.6.4 สหภาพยุโรป.....	16
2.6.5 สหรัฐอเมริกา.....	16
2.7 ชนิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยโครงสร้างโมเลกุล.....	16
2.7.1 สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มที่ไม่มีคลอไรด์.....	16
2.7.2 สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มที่มีคลอไรด์.....	16
2.8 แหล่งการใช้งานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอุตสาหกรรมรถยนต์.....	16
2.9 รายการควบคุมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์.....	17
บทที่ 3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	18
บทที่ 4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	20
4.1 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็ง (%Solid content).....	23
4.2 ทดสอบค่าคุณสมบัติการละลายของตัวทำละลาย (Solubility).....	25
4.3 การเตรียมสารช่วยยึดติดเพื่อใช้ในงานวิจัย.....	26
4.4 การทดสอบค่ามุมสัมผัส (Contact angle) เพื่อศึกษาผลของความเร็ว ในการปั่นกว.....	28
4.5 การทดสอบโครงสร้างของสารยึดติดที่ได้.....	29
4.6 การทดสอบค่าความเหนียวของเทปกาว.....	31
บทที่ 5 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	35
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัย.....	45
รายการอ้างอิง.....	47
ภาคผนวก.....	48
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	90

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงมุมเปียกบนพื้นผิวต่อความแข็งแรงของพื้นผิว.....	14
ตารางที่ 2.2 รายการสารอินทรีย์ระเหยง่ายและปริมาณที่ควบคุมในอุตสาหกรรมรถยนต์.....	17
ตารางที่ 4.1 สูตรการผลิตสารช่วยยึดติดโดยการผันแปรสัดส่วนระหว่างไซโคลเฮกเซน และเอทิลอะซิเตทโดยน้ำหนัก.....	27
ตารางที่ 4.2 ชื่อเรียกสารยึดติดที่ได้จากการผันแปรสัดส่วนของตัวทำละลาย และรอบ- การปั่นกววน.....	27
ตารางที่ 5.1 สัดส่วนตัวทำละลายที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการละลาย.....	36

สารบัญญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะการล็อกกันเชิงกล.....	6
ภาพที่ 2.2 ลักษณะการเกิดการยึดติดแบบการดูดซับ.....	7
ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเกิดการยึดติดแบบการดูดซับทางเคมี.....	7
ภาพที่ 2.4 ลักษณะการเกิดการยึดติดจากแรงไฟฟ้าสถิตย์.....	7
ภาพที่ 2.5 ลักษณะการเกิดการยึดติดจากการแพร่.....	8
ภาพที่ 2.6 ลักษณะมูมสัมพันธ์จากสมการยัง.....	9
ภาพที่ 2.7 เครื่องวัดมูมสัมพันธ์โกนโอมิเตอร์.....	12
ภาพที่ 2.8 Cohesive.....	13
ภาพที่ 2.9 Adhesive.....	13
ภาพที่ 2.10 มูมสัมพันธ์เมื่อของเหลวหยดลงบนของแข็ง.....	14
ภาพที่ 4.1 ขั้นตอน และหัวข้อการทดลองสำหรับงานวิจัย.....	21
ภาพที่ 4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปั่นกวน.....	23
ภาพที่ 4.3 ถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์.....	24
ภาพที่ 4.4 ปีกเกอร์แก้ว.....	24
ภาพที่ 4.5 ตู้อบความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 25 – 200°C.....	24
ภาพที่ 4.6 ใบบิ้นชนิดใบพัด.....	26
ภาพที่ 4.7 ใยสังเคราะห์อัดแท่ง.....	28
ภาพที่ 4.8 เครื่องทดสอบมูมสัมพันธ์.....	29
ภาพที่ 4.9 เครื่องทดสอบ FT-IR.....	30
ภาพที่ 4.10 หลักการทำงานของเครื่อง FT-IR.....	30
ภาพที่ 4.11 เครื่องทดสอบแรงดึง.....	32
ภาพที่ 4.12 ลักษณะการดึงเทปกาวในมูม 180องศา.....	34
ภาพที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ได้จากตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เลือกทดลอง.....	35
ภาพที่ 5.2 ปริมาณโพลีเมอร์เรซินที่ใช้จนละลายอิมิตัว ต่อชนิดและสัดส่วนของตัวทำละลาย..	36
ภาพที่ 5.3 เวลาที่ใช้เพื่อนำให้โพลีเมอร์เรซินละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่ศึกษา.....	38

ภาพที่ 5.4	เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสของสารช่วยยึดติดที่ผสมจากตัวทำละลายใน สัตส่วนต่างๆ กับความเร็วในการปั่นกวนบนพื้นผิววัสดุโพลีโพรไพลีน.....	40
ภาพที่ 5.5	เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสของสารช่วยยึดติดที่ผสมจากตัวทำละลายใน สัตส่วนต่างๆ กับความเร็วในการปั่นกวนบนพื้นผิววัสดุยางเอทิลีนโพรไพลีน- ไดอินโมโนเมอร์.....	41
ภาพที่ 5.6	เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสที่ได้จากการใช้สารยึดติดที่มีตัวทำละลายในสัตส่วน ต่างกันบนพื้นผิวโพลีโพรไพลีนและยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรไพลีนไดอิน- โมโนเมอร์ ที่ความเร็วในการปั่นกวน 300 rpm.....	42
ภาพที่ 5.7	ค่าประสิทธิภาพแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเปรียบเทียบระหว่างสูตร ของสารช่วยยึดติดสูตรเดิม และสูตรใช้สารอินทรีย์ระเหยง่าย บนพื้นผิวที่ ทำการวิจัยในสภาวะการทดสอบต่างกัน.....	43

คำอธิบายคำย่อและสัญลักษณ์ต่างๆ

ABS	Acrylonitrile butadiene styrene
AES	Acrylonitrile ethylene styrene
A-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 100:0 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
A-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 100:0 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
A-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 100:0 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
A-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 100:0 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
B-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 90:10 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
B-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 90:10 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
B-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 90:10 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
B-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 90:10 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
cc.	Cubic centimeter (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
CMGR	Chlorinated maleinized guayule rubber
CR	Chloroprene rubber
C-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 80:20 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
C-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 80:20 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
C-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 80:20 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
C-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไส้โคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 70:30 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที

	การปั่นกวน 500รอบต่อนาที
D-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 70:30 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
D-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 70:30 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
D-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 70:30 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
D-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 60:40 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
EPA	European Protection Association
EPDM	Ethylene Propylene Diene Monomer
E-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 60:40 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
E-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 60:40 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
E-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 60:40 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
E-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 60:40 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
FT-IR	Fourier transform infrared spectroscopy
F-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 50:50 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
F-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 50:50 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
F-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 50:50 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
F-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 50:50 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
g.	Gram (กรัม)
G-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 40:60 และใช้ความเร็วใน

J-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 10:90 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
K-1	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 0:100 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 100รอบต่อนาที
K-2	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 0:100 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 200รอบต่อนาที
K-3	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 0:100 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300รอบต่อนาที
K-4	ตัวทำละลายสัดส่วน ไฮโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท เท่ากับ 0:100 และใช้ความเร็วในการปั่นกวน 500รอบต่อนาที
MEK	Methyl ethyl ketone
mg.	Miligram (มิลลิกรัม)
ml.	Mililitre (มิลลิลิตร)
mm.	Milimetre (มิลลิเมตร)
m ³	Cubic metre (ลูกบาศก์เมตร)
NBR	Nitrile butadiene rubber
PC	Polycarbonate
PP	Polypropylene
ppb.	Part per billion (ส่วนในสิบล้านส่วน)
ppm.	Part per million (ส่วนในล้านส่วน)
STP	Standard temperature and pressure
THF	Tetryhydrofuran
TPE	Thermoplastic elastomer
TPV	Thermoplastic vulcanizate

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันตลาดรถยนต์ในประเทศไทยมีอัตราการเติบโตอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการผลิตและการบริโภคไม่ว่าจะเป็นตลาดภายในประเทศ และการส่งออกนอกประเทศ เนื่องจากประเทศไทยถือได้ว่าเป็นศูนย์กลางการผลิตระดับภูมิภาคของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเหตุผลในแง่ของคุณภาพและต้นทุนการผลิต อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของประเทศไทย ครอบคลุมการผลิตรถยนต์หลายชนิดได้แก่ รถยนต์โดยสาร รถบรรทุกขนาดเล็ก หรือปิกอัพ (Pick-up truck) รถบรรทุกขนาดใหญ่ รวมถึงรถขนาดใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง โดยสัดส่วนของการผลิตที่เป็นอุตสาหกรรมหลักของอุตสาหกรรมรถยนต์คือการผลิตรถยนต์โดยสาร และรถบรรทุกขนาดเล็ก หรือปิกอัพ

ในการอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ จะจำแนกส่วนประกอบของรถยนต์เป็นสองส่วนหลักคือส่วนที่เป็นชิ้นส่วนภายนอก (Exterior parts) และชิ้นส่วนภายใน (Interior parts) โดยการจำแนกสองส่วนดังกล่าวใช้การจำแนกด้วยห้องโดยสารเป็นหลัก โดยถือว่าส่วนที่อยู่นอกห้องโดยสารรถยนต์จะจำแนกเป็นชิ้นส่วนภายนอก และส่วนที่อยู่ในห้องโดยสารรถยนต์จำแนกเป็นชิ้นส่วนภายใน ด้วยการจำแนกดังกล่าวทำให้ความต้องการของผู้ผลิตต่อชิ้นงานที่ใช้ในแต่ละชิ้นส่วน เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตรถยนต์และผู้ใช้รถยนต์แตกต่างกัน

ชิ้นส่วนที่ใช้ภายนอกรถยนต์ เช่น คิ้วข้างรถ กระจกหน้า และหลัง กระจก กันแมลง เป็นต้น การใช้งานของชิ้นส่วนดังกล่าวซึ่งอยู่นอกห้องโดยสารรถยนต์จะไม่มีผลกระทบโดยตรงกับผู้โดยสาร ซึ่งความต้องการส่วนใหญ่ จะเป็นความทนทานต่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนไปภายนอกห้องโดยสาร ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการทนทานต่อทั้งอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง หรืออุณหภูมิต่ำ เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน การทนทานต่อรังสียูวี และแสงแดด ความทนทานต่อน้ำมันต่างๆ เป็นต้น ความต้องการเหล่านี้ทำให้ผู้ผลิตชิ้นส่วนภายนอกที่จัดส่งให้กับผู้ผลิตรถยนต์ ต้องตระหนักถึงวัสดุที่นำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนภายนอกต่างๆเหล่านั้น เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ผลิตรถยนต์ รวมถึงผู้ผลิตรถยนต์ยังต้องคำนึงถึงระบบการยึดติดชิ้นส่วนภายนอกเหล่านั้นกับตัวรถยนต์เพื่อให้ทนทานและไม่หลุดร่อนในสภาวะการใช้งานจริง

สำหรับชิ้นส่วนภายในรถยนต์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่อยู่ภายในห้องโดยสารรถยนต์ โดยจะมีผลกระทบต่อผู้โดยสารโดยตรง เช่น ผ้าหลังคา แผงประตู แผงควบคุมรถ เบาะรถยนต์ เป็นต้น ชิ้นส่วนดังกล่าวจะต้องมีความทนทานต่อทั้งอุณหภูมิสูง และอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง ทนทานต่อน้ำ และมีอัตราการระเหยของสารอินทรีย์เป็นไอต่ำ ซึ่งจากสภาวะและผลกระทบกับผู้ใช้งาน ทำให้ความต้องการและข้อจำกัดของชิ้นส่วนที่ใช้ภายในรถยนต์มีความแตกต่างกับความต้องการของชิ้นส่วนที่ใช้

ภายนอกรถยนต์ โดยจะพูดถึงรายละเอียดความต้องการ โดยเฉพาะความต้องการและข้อจำกัดในเรื่องอัตราการผลิตของสารอินทรีย์กลายเป็นไอ ในส่วนต่อไปของงานวิจัยนี้

โดยทั่วไปวัสดุที่นำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนทั้งภายนอกและภายในของรถยนต์ ทำมาจากวัสดุประเภทพลาสติก วัสดุที่มีความยืดหยุ่น (Elastomers) และยางทั้งที่เป็นยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีและปรับปรุงโครงสร้างวัสดุดังกล่าวในทางวิศวกรรม (Engineering Material) โดยวัสดุหลักที่ใช้สำหรับผลิตเป็นชิ้นส่วนรถยนต์ เช่น PP, PC, ABS, AES, TPO, TPE, EPDM, NBR, CR เป็นต้น และวัสดุที่เป็นวัสดุปรับปรุงทางวิศวกรรม โดยการผสมคุณสมบัติสำคัญของแต่ละวัสดุเข้าด้วยกันเพื่อผลิตเป็นวัสดุในทางวิศวกรรม เช่น ABS+PC, PP+TPV เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการติดตั้งชิ้นส่วนทั้งภายนอกและภายในรถยนต์จะมีการใช้ระบบการยึดติดเพื่อยึดติดชิ้นส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน รวมถึงการยึดติดกับตัวรถยนต์ ระบบการยึดติดอาจทำได้โดยการใช้การเชื่อมติด นอตและสกรู การเย็บ การใช้กาว และเทปกาว เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันระบบการยึดติดแบบการใช้เทปกาวสองหน้า เป็นระบบที่นิยมเนื่องจากระบบดังกล่าวจะไม่มีอาการเกาะตัวรถ สามารถออกแบบและติดตั้งได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นๆ อีกทั้งยังตัดปัญหาเกี่ยวกับการหลุดหรือหลวมเมื่อเปรียบเทียบกับการยึดติดแบบนอตและสกรู

การใช้ระบบการยึดติดด้วยเทปกาวสองหน้า สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือคุณสมบัติเรื่องความสามารถในการยึดติดของเทปกาวบนวัสดุต่างๆ ซึ่งมีความหลากหลายในแง่ของโครงสร้างของวัสดุ รวมถึงความเหนียวของเทปกาวนั้นบนวัสดุต่างๆ โดยเทปกาวส่วนใหญ่ที่นิยมใช้จะทำมาจากวัสดุที่เป็นอะคริลิกโพลีเมอร์ เนื่องจากโครงสร้างของอะคริลิกโพลีเมอร์ที่มีความทนทานต่อการใช้งานในสภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความทนทานต่ออุณหภูมิการใช้งานในช่วงกว้างตั้งแต่อุณหภูมิต่ำจนถึงอุณหภูมิที่สูงมากๆ ความทนทานต่อน้ำมันต่างๆ และมีอายุการใช้งานยาวนาน

เทปกาวอะคริลิกโพลีเมอร์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในเรื่องความเหนียวและความยืดหยุ่นตัวสูง โครงสร้างโมเลกุลของเทปกาวอะคริลิก จะมีความเหมือน หรือคล้ายกันกับวัสดุที่เป็นสีพ่นรถยนต์ในปัจจุบันซึ่งทำมาจากอะคริลิกอีพ็อกซี (acrylic-epoxy base) ทำให้สามารถยึดติดกับตัวถังรถยนต์พ่นสีได้ดี แต่ในการใช้งานนอกจากติดชิ้นส่วนเข้ากับตัวถังรถยนต์แล้ว ชิ้นส่วนต่างๆที่มีความแตกต่างกันในวัสดุที่นำมาผลิตจะมีการยึดติดเข้าด้วยกัน โดยใช้เทปกาวอะคริลิกสองหน้า ความแตกต่างของวัสดุต่างๆเหล่านี้ จะต้องอาศัยสารช่วยยึดติด หรือที่เรียกว่า ไพร์เมอร์ (Adhesion promoter or primer) เพื่อให้สามารถยึดติดกับวัสดุที่มีความแตกต่างและหลากหลายได้ โดยคงความสามารถทนทานต่อสภาวะต่างๆไว้

สารช่วยยึดติด หรือไพร์เมอร์ เป็นสารที่ช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างวัสดุที่มีความแตกต่างกัน โดยเป็นการช่วยในการเตรียมผิวของวัสดุให้มีโครงสร้างใกล้เคียงกับเทปกาว อะคริลิกโพลีเมอร์ ใน

ขณะเดียวกันโครงสร้างของสารช่วยยึดติดจะต้องมีความสอดคล้องกับโครงสร้างของชิ้นส่วนที่ต้องการยึดติด โดยสารช่วยยึดติดจะทำหน้าที่เพิ่มพลังงานพื้นผิวหน้าสัมผัสและสร้างพันธะการยึดติดทางเคมีผ่านชั้นฟิล์มของสารช่วยยึดติด ส่วนประกอบหลักของสารช่วยยึดติดคือสารที่ช่วยสร้างพันธะระหว่างวัสดุ หรือไบน์เดอร์ (Binder) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์หรือเรซินที่สามารถทำให้เกิดการยึดติดผ่านชั้นฟิล์มได้ ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้จะต้องคำนึงถึงวัสดุของชิ้นงานที่ต้องการการยึดติดเป็นหลัก ส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนของสารช่วยยึดติดคือตัวทำละลายที่ทำหน้าที่ในการกระจายตัวของไบน์เดอร์ และลดความหนืดของโพลีเมอร์หรือเรซินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเคลือบเป็นชั้นฟิล์มบนผิวของชิ้นงานที่ต้องการการยึดติดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังสามารถเพิ่มความประสิทธิภาพการยึดติดของเทปกาวอะคริลิกโพลีเมอร์ได้อีกด้วย

ในอุณหภูมิและความดันปกติ ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์สามารถระเหยจากของเหลวกลายเป็นไอได้ง่าย (Volatile organic compound – VOCs) โดยตัวทำละลายอินทรีย์ที่นิยมใช้จะเป็นสารประกอบคาร์บอน เช่น อัลดีไฮด์ (Aldehydes) คีโตน (Ketone) อโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbon) ซึ่งตัวทำละลายที่นิยมใช้ในการผลิตเป็นสารช่วยยึดติด เช่น โทลูอีน (Toluene) ไซลีน (Xylene) เป็นต้น ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่อระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ระบบย่อยอาหารในร่างกายของผู้ใช้ที่ต้องสัมผัสหรือสูดดมสารประกอบที่มีตัวทำละลายเหล่านี้ และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการทำลายชั้นบรรยากาศ (HAPs) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ผู้ผลิตที่ต้องใช้ตัวทำละลายเป็นส่วนประกอบในการผลิต คำนึงถึงการใช้ตัวทำละลายทดแทนตัวทำละลายที่เป็นพิษเหล่านี้

ในปัจจุบันสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์^[1] มีการกำหนดปริมาณและชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่นำมาใช้งานโดยเฉพาะชิ้นงานที่เป็นชิ้นส่วนภายในรถยนต์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อผู้ใช้งานโดยตรง เช่นข้อกำหนดตามมาตรฐานยุโรป (EU Direction) ข้อกำหนดตามหน่วยควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอเมริกา (EPA – The united state environmental protection agency) ข้อกำหนดของสมาคมผู้ผลิตรถยนต์ญี่ปุ่น (JAMA – Japan automobile manufactures association) โดยมีแนวโน้มในการลดและจำกัดปริมาณการใช้งานสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้กับชิ้นส่วนภายในรถยนต์

การใช้ตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายในรถยนต์ มีการใช้การในหลายกระบวนการเช่นการใช้เป็นตัวทำละลายในสีที่ใช้พ่นรถยนต์ การใช้เป็นตัวทำละลายหรือโครงสร้างโมเลกุลในชิ้นส่วนรถยนต์ การใช้เป็นตัวทำละลายในสารช่วยยึดติดและเทปกาว ซึ่งในกับวัสดุที่นำมาผลิตเป็นชิ้นส่วนรถยนต์ และด้วยข้อกำหนดการใช้งานโดยการคำนึงถึงผลกระทบต่อผู้ใช้งาน โดยเฉพาะชิ้นส่วนภายในรถยนต์ ที่ผลิตมาจากวัสดุ เช่นโพลีโพรไพลีน (Polypropylene - PP) ยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรไพลีนไดอีนโมโนเมอร์ (Ethylene propylene diene monomer - EPDM) และ

พลาสติกอะคริโลไนไตรน์บิวตะไดอิน สไตรลีน (Acrylonitrile butadiene styrene – ABS) เป็นต้น ซึ่งเป็นชิ้นงานแผงควบคุม ยางซีลตามจุดต่างๆ แผงประตู วัสดุตั้งกล่าวจัดเป็นวัสดุที่ยึดติดได้ยาก เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของวัสดุ ในการยึดติดวัสดุตั้งกล่าวด้วยระบบเทปกาวสองหน้า จึงจำเป็นต้องใช้สารช่วยยึดติด และในสารช่วยยึดติดซึ่งมีส่วนประกอบของตัวทำละลายระเหยง่าย เช่น โทลูอีน (Toluene) ไชลีน (Xylene) เบนซีน (Benzene) เป็นต้น

ในงานวิจัยฉบับนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อรองรับการลด และควบคุมการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่าย ตามข้อกำหนดในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายทดแทนสารอินทรีย์ระเหยง่ายเดิม โดยงานวิจัยหลักเป็นงานวิจัยในการปรับสูตรของสารช่วยยึดติดที่ใช้กับชิ้นส่วนภายในรถยนต์ ที่ทำมาจากวัสดุกลุ่มโพลีโอเลฟิน (Polyolefins) เช่น โพลีโพรไพลีน (Polypropylene) และยางสังเคราะห์ โดยศึกษาถึงตัวทำละลายที่นำมาใช้ในการผลิตสารช่วยยึดติด เปรียบเทียบกับสารช่วยยึดติดเดิมที่ผลิตจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ถูกควบคุมตามข้อกำหนดในอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายทดแทนที่มีความปลอดภัยกับผู้ใช้งานมากกว่า อีกทั้งยังเป็นตัวทำละลายในกลุ่มที่ไม่ถูกควบคุมตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยรักษาคุณสมบัติในการช่วยยึดติดระหว่างชิ้นงานด้วยเทปกาวสองหน้าที่ใช้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาหาตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้ในการผลิตสารช่วยยึดติด ทดแทนสารอินทรีย์ระเหยง่ายเดิมที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยศึกษาและพัฒนาสูตรการผลิตสารช่วยยึดติดใหม่ ที่ยังคงคุณสมบัติทางกายภาพกับเทปกาวสองหน้าที่ใช้สำหรับยึดติดวัสดุชิ้นงานภายในรถยนต์กลุ่มโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์ โดยทำการวิจัยคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของสารยึดติดที่ได้จากการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายทดแทนนั้น

ขอบเขตของงานวิจัย

1. วัสดุหลักที่ใช้สำหรับงานวิจัย

- การใช้คลอรีเนตเต็ดโพลีโอเลฟินโคโพลีเมอร์ เรซิน (Chlorinated polyolefin copolymer resin)^[2] ที่มีคุณสมบัติที่ดีสำหรับผลิตเป็นสารช่วยยึดติดสำหรับเทปกาวกับวัสดุประเภทโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์
- ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มที่สามารถใช้ได้ตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์
- วัสดุประเภทโพลีโพรไพลีน ที่เป็นกลุ่มวัสดุโพลีโอเลฟิน และยางอีพิตีเอ็มที่เป็นกลุ่มยางสังเคราะห์ ซึ่งเป็นวัสดุหลักที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนภายในรถยนต์

- เทปกาวอะคริลิกสองหน้า ซึ่งเป็นเทปกาวที่ใช้เป็นระบบการยึดติดสำหรับชิ้นส่วนภายในรถยนต์
2. การทดสอบคุณสมบัติของตัวทำละลาย
 - การทดสอบคุณสมบัติในการละลายของตัวทำละลาย
 - การทดสอบคุณสมบัติการกระจายตัวโดยไม่มีผลต่อโครงสร้างทางโมเลกุลของเรซินที่นำมาใช้เป็นสารช่วยยึดติด
 - ความเร็วในการปั่นกวาน ต่อผลการละลายของตัวทำละลาย รวมถึงผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารช่วยยึดติดที่ได้
 3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสารช่วยยึดติดที่ได้จากตัวทำละลายทดแทน
 - คุณสมบัติเรื่องความเหนียวของเทปกาวอะคริลิกสองหน้าบนพื้นผิวโพลีโอะเลฟิน และยางสังเคราะห์โดยใช้สารยึดติดที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายทดแทน โดยการทดสอบความทนทานต่อสภาวะการใช้งานต่างๆที่อ้างอิงสภาวะการทดสอบตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์
 4. นำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของสารช่วยยึดติดที่ได้จากการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายทดแทนกับสารอินทรีย์ระเหยง่ายเดิม โดยที่ไม่ทำให้คุณสมบัติของสารช่วยยึดติดที่มีผลต่อความเหนียวของเทปกาวอะคริลิกสองหน้าบนพื้นผิววัสดุโพลีโอะเลฟิน และยางสังเคราะห์เปลี่ยนไป

ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. สารช่วยยึดติดสูตรใหม่ที่ใช้ตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายทดแทน โดยมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายเดิมที่ถูกจำกัดชนิดและปริมาณการใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
2. ตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตในอุตสาหกรรมรถยนต์ เพื่อเป็นไปตามข้อกำหนดสากล
3. สารช่วยยึดติดที่สามารถช่วยยึดติดเทปกาวอะคริลิกบนวัสดุประเภทโพลีโอะเลฟิน และยางสังเคราะห์

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎี

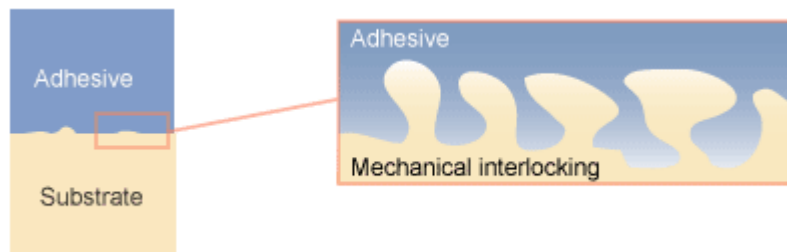
แนวคิดและทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีการยึดติด (Bonding theory) ^{[3] [4]}

การยึดติดเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการยึดติดกันของวัสดุแต่ละชนิดเข้าด้วยกัน โดยทั่วไปแล้วจะอธิบายถึงการยึดติดกันโดยใช้กาว ซึ่งการที่วัสดุสามารถยึดติดกันได้นั้นได้มีการศึกษาไว้หลายทฤษฎี แต่ทฤษฎีหลักที่ใช้นำมาอธิบายเกี่ยวกับเรื่องการยึดติด โดยอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดการยึดติดกัน ได้แก่

2-1.1. การล็อกกันในเชิงกล (The mechanical interlock theory)

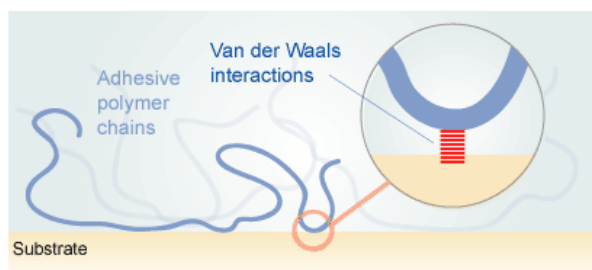
ทฤษฎีนี้จะเป็นการอธิบายถึงปรากฏการณ์การยึดติดอย่างง่ายในระดับเล็ก (Microscopic level) โดยทั่วไปแล้วพื้นผิววัสดุแต่ละชนิดจะมีความหยาบและความไม่เท่ากันของพื้นผิว อาจจะมีลักษณะเป็นรูพรุน หรือรอยแยก เมื่อทำการติดกาว กาวซึ่งมีคุณสมบัติของของไหลที่มีความหนืด (Viscoelastic) จะไหลลงไปติดกับพื้นผิวและเกิดความแข็งแรงขึ้นในเนื้อผิวสัมผัส เกิดการยึดติดกัน แต่การยึดติดกันในลักษณะดังกล่าวนี้จะให้แรงยึดติดไม่สูงมากนัก



ภาพที่ 2.1: ลักษณะการยึดติดกันแบบล็อกกันในเชิงกล ^[5]

2-1.2. ทฤษฎีการดูดซับ (The Adsorption theory)

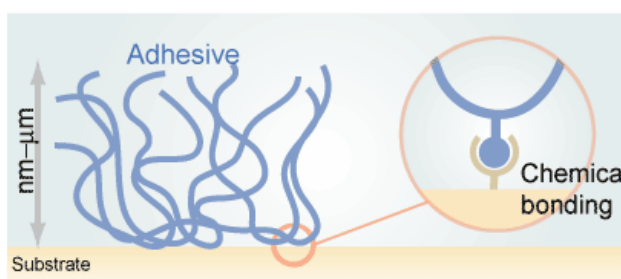
ตามทฤษฎีนี้อธิบายถึงการยึดติดโดยตั้งสมมุติฐานว่าพื้นผิวนั้นเป็นพื้นผิวเปียกไปด้วยกาว ในความหมายคือวัสดุนั้นจะเคลือบไปด้วยกาวอย่างเป็นธรรมชาติเมื่อเกิดการยึดติดเกิดขึ้น ในทฤษฎีนี้จะอธิบายครอบคลุมในกรณีที่วัสดุของกาวมีความตึงผิวน้อยกว่าค่าการยึดติดของพื้นผิววัสดุ



ภาพที่ 2.2: ลักษณะการเกิดการยึดติดแบบการดูดซับ^[5]

2-1.3. ทฤษฎีการดูดซับทางเคมี (The chemisorptions theory)

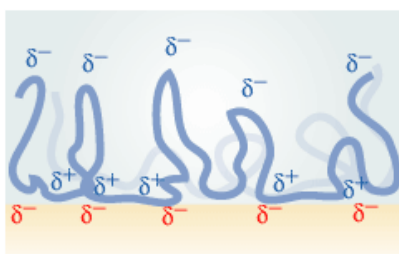
ทฤษฎีนี้เป็นทฤษฎีที่แตกออกมาจากทฤษฎีการดูดซับ ซึ่งมีการยึดติดทางพันธะทางเคมี (พันธะทางไอออน (ionic) พันธะโคเวเลนต์ โดยการสร้างความเชื่อมต่อระหว่างพื้นผิว หรือพันธะโมเลกุลขึ้นมา ด้วยทฤษฎีดังกล่าวนี้ ทำให้สามารถศึกษาการเพิ่มแรงยึดติดระหว่างวัสดุโดยการทำให้เกิดปฏิกิริยาขึ้นที่พื้นผิวของวัสดุกับกาวด้วยกระบวนการที่เหมาะสม หรือเพิ่มสารช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี (Coupling agents)



ภาพที่ 2.3: ลักษณะการเกิดการยึดติดแบบการดูดซับทางเคมี^[5]

2-1.4. ทฤษฎีการเกิดไฟฟ้าสถิต (Electrostatic theory)

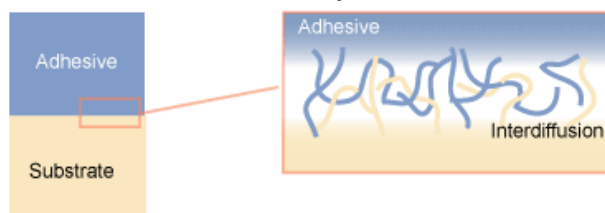
ทฤษฎีนี้จะกล่าวถึงไฟฟ้าสถิตพื้นผิววัสดุจากการแตกตัวของอิเล็กตรอนบนพื้นผิววัสดุที่สัมผัสกับกาวทำให้เกิดการสร้างพันธะระหว่างพื้นผิวและกาว



ภาพที่ 2.4: ลักษณะการเกิดการยึดติดจากแรงไฟฟ้าสถิต^[5]

2-1.5. ทฤษฎีในเรื่องของการแพร่ (Diffusion theory)

เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วส่วนประกอบของกาวจะมีส่วนประกอบของตัวทำละลายซึ่งสามารถแพร่เข้าไปสู่พื้นผิวของวัสดุ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนของโมเลกุล โดยทั่วไปแล้วทฤษฎีนี้จะกล่าวถึงการยึดติดกับในวัสดุที่เป็นโพลีเมอร์ ที่มีขนาดใหญ่ และมีโมเลกุลยาว ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดการยึดติดเนื่องจากการแพร่ ยังอาจรวมถึงระยะเวลาที่มีการสัมผัส อุณหภูมิ น้ำหนักโมเลกุลของโพลีเมอร์ ความเป็นขี้



ภาพที่ 2.5: ลักษณะการยึดติดจากการแพร่^[5]

2-1.6. ทฤษฎีชั้นขอบเขตที่เปราะบาง (Weak boundary layer theory)

ทฤษฎีนี้จะกล่าวถึงวัสดุโดยเฉพาะวัสดุที่เป็นโลหะซึ่งจะมีพื้นผิวเป็นชั้นออกไซด์ ความสามารถในการยึดติดของบนพื้นผิววัสดุประเภทนี้จึงมีการยึดติดได้ง่าย

จากทฤษฎีการยึดติดจะเห็นได้ว่าความสามารถในการยึดติดของวัสดุที่เป็นประเภทเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน จะมีความสามารถยึดติดกันได้ดี ดังนั้นสิ่งสำคัญคือการทำให้เพิ่มพลังงานพื้นผิว หรือทำให้พื้นผิวมีพลังงานพื้นผิวที่สามารถยึดติดกันได้

2.2 พลังงานพื้นผิว (Surface energy)^[6]

พลังงานพื้นผิวคือปริมาณพลังงานการยึดติดระหว่างโมเลกุลโดยเกิดขึ้นที่พื้นผิว ในเชิงกายภาพของของแข็งพื้นผิวจะมีพลังงานภายในน้อยกว่าที่เกิดขึ้นในมวล (Bulk of material) ทำให้เกิดการถ่ายโอนพลังงานสู่พื้นผิว โดยเคลื่อนตัวออกมาจากมวลของวัสดุมาสู่ผิว พลังงานที่พื้นผิวจึงถือได้ว่าเป็นพลังงานส่วนเกินเมื่อเทียบกับในมวลวัสดุ

เมื่อตัววัตถุของแข็งเพื่อทำลายแรงยึดเกาะ ในการตัดวัสดุลงไป วัสดุจะพยายามรักษาแรงยึดติดไว้ ทำให้พลังงานถูกใช้ไปโดยการตัดจะเท่ากับพลังงานที่วัสดุ 2 ชั้นเกิดพื้นผิวใหม่ หน่วยของพลังงานพื้นผิวในวัสดุ จะเป็นครึ่งหนึ่งของแรงประสาน (Cohesion) ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วความเท่ากันของพลังงานดังกล่าวจะเป็นจริงได้เมื่อเกิดขึ้นในลักษณะสุญญากาศ (Vacuum)

เมื่อพื้นผิวมีถูกทำให้แยกออกจากกันด้วยแรง (Cleaved bond) พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bond) แยกออกระหว่างวัสดุโดยจะเกิดเป็นขอบเขตพลวัต (dynamic region) สูงซึ่งพร้อมที่จะมีการจัดเรียงใหม่ หรือเกิดการกระทำ ดังนั้นพลังงานลดลงโดยการผ่านกระบวนการดูดซับ

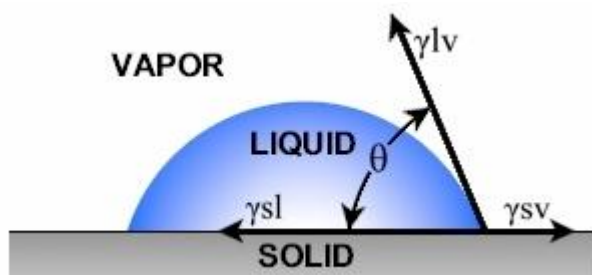
2-2.1 การวัดพลังงานพื้นผิวของของเหลว

การวัดพลังงานพื้นผิวได้ถูกอธิบายครั้งแรกโดยโทมัส ยัง (Thomas Young) ในปี ค.ศ.1805 ในรายงานการประชุมเกี่ยวกับหลักปรัชญาของสมาคมราชวงศ์ของลอนดอน (The philosophical transactions of the royal society of London) ซึ่งกล่าวไว้ว่าแรงปฏิกิริยาร่วมระหว่างแรงประสาน และแรงยึดติด ซึ่งอธิบายหลักความเปียก (Wetting) พื้นผิว หรือแผ่กระจาย (Spreading) ของของเหลวบนพื้นผิวไม่สมบูรณ์ จะทำให้ของเหลวมีลักษณะเป็นเม็ด โดยมีการสัมผัสที่เป็นมุมสัมผัส (Contact angle) ระหว่างของเหลวกับพื้นผิว และเมื่อมุมสัมผัสมีผลต่อพลังงานพื้นผิวของระบบ การวัดพลังงานพื้นผิวจะใช้วิธีการประมาณเป็นตัวเลขด้วยค่ามุมสัมผัส

2-2.2 ทฤษฎีสมการยัง (Young's Equation)

ยังได้เป็นผู้เริ่มต้นทฤษฎีนี้ โดยการอธิบายความสมดุลของแรงโดยหยดเปียก (wet drop) บนพื้นผิวแข็ง ถ้าพื้นผิวนั้นเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำ มุมของหยดน้ำที่เปียกบนพื้นผิวจะใหญ่ ในขณะที่ถ้าเป็นพื้นผิวที่ชอบน้ำ หยดน้ำจะมีมุมสัมผัสเล็ก (โดยทั่วไปแล้วน้ำจัดเป็นกลุ่มมีพลังงานพื้นผิวสูงเนื่องจากความมีขี้และพันธะไฮโดรเจน) ในสมการยังได้อธิบายความสัมพันธ์ว่า

$$\gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta_c = \gamma_{SV}$$



ภาพที่ 2.6 : ลักษณะมุมสัมผัสตามสมการยัง

โดยที่ γ_{SL} , γ_{LV} และ γ_{SV} เป็นแรงตึงผิวระหว่างหน้าสัมผัสของของแข็งกับของเหลว ของเหลวกับไอ และของแข็งกับไอตามลำดับ ในสภาวะสมดุลมุมสัมผัสของหยดของเหลวบนพื้นผิวจะทำมุมกันเป็นมุม θ_c ซึ่งอธิบายในสมการยัง โดยปกติแล้วแรงตึงผิวระหว่างหน้าสัมผัส จะอธิบายเป็นค่าของแรงต่อหน่วยความยาว และเป็นแรงในทิศทางเดียวซึ่งเป็นการสมดุลระหว่างแรงตลอดแนวแกน X และในทฤษฎีของยังสมมุติว่าพื้นผิวที่ความเรียบสมบูรณ์แบบ ในหลายกรณีพื้นผิวจะมีความขรุขระและไม่เป็นเนื้อเดียว ซึ่งทำให้เกิดความผันแปรของค่ามุมสัมผัสที่ได้ เมื่อคำนวณตามสมการยัง อย่างไรก็ตามบนพื้นผิวที่เรียบสมบูรณ์แบบ หยดของของเหลวจะก่อตัวเป็น

แถบของมุมสัมผัส โดยเรียกมุมสัมผัสด้านหน้าเป็น θ_A มุมสัมผัสด้านหลังเป็น θ_R ความสมดุลของมุมสัมผัสที่ θ_C ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก θ_A และ θ_R ดังแสดงโดยแทดมอร์ (Tadmor)

$$\theta_C = \arccos \left(\frac{r_A \cos \theta_A + r_R \cos \theta_R}{r_A + r_R} \right)$$

เมื่อ :

$$r_A = \left(\frac{\sin^3 \theta_A}{2 - 3 \cos \theta_A + \cos^3 \theta_A} \right)^{1/3}$$

$$r_R = \left(\frac{\sin^3 \theta_R}{2 - 3 \cos \theta_R + \cos^3 \theta_R} \right)^{1/3}$$

ในกรณีของพื้นผิวเปียกแบบแห้ง (Dry wetting) สามารถใช้สมการ ยัง-ดูเป้ (Young-Dupré Equation) ซึ่งแสดงถึงงานของการยึดติด ในวิธีนี้จะอธิบายถึงความดันพื้นผิวของไอของเหลวเป็นส่วนสำคัญ และยังมี ปีแอร์-กิลเลส เดอ เกนเนส (Pierre-Gilles de Gennes) ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ได้อธิบายถึงพื้นผิวเปียกทั้งแบบแห้งและแบบเปียก และความแตกต่างระหว่างความสัมพันธ์ทั้ง 2 กรณีไม่ว่าจะมีการอิมิตัวเป็นไอหรือไม่

2-2.3 การวัดพลังงานพื้นผิวของแข็ง

การวัดพลังงานพื้นผิวของของเหลวสามารถวัดได้โดยการยึดออกของชั้นผิวของของเหลวซึ่งมีการเพิ่มพื้นที่ผิว และความหนาแน่นของพลังงานพื้นผิว ในกรณีดังกล่าว การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ผิวของมวลของเหลวจำนวน δ_A ปริมาณของงาน $\gamma \delta_A$ ที่ต้องการเมื่อ γ เป็นความหนาแน่นของพลังงานพื้นผิวของของเหลว

อย่างไรก็ตามวิธีการคำนวณนี้ไม่สามารถวัดพลังงานพื้นผิวของของแข็งได้เนื่องจากการยึดตัวของชั้นผิวของแข็งจะทำให้พลังงานยึดหยุ่นในมวลถูกนำไปใช้ในการเพิ่มพลังงานพื้นผิว

การวัดพลังงานพื้นผิวของของแข็งโดยปกติจะวัดที่อุณหภูมิสูง ซึ่งของแข็งจะมีการเลื่อนตัวและมีการเปลี่ยนของพื้นผิวโดยมีปริมาตรคงที่ ถ้า γ คือความหนาแน่นของพลังงานพื้นผิวของวัตถุแห่งทรงกระบอกรัศมี r และความยาว l ที่อุณหภูมิสูงโดยแรงดึงผิวแกนเดียว (uniaxial tension) P เมื่อสภาวะสมดุล การผันแปรของพลังงานอิสระกิบส์ (Gibbs free energy) ทั้งหมด จะอธิบายได้ด้วยสมการ

$$\delta G = -P \delta l + \gamma \delta A = 0 \Rightarrow \gamma = P \frac{\delta l}{\delta A}$$

เมื่อ G เป็นพลังงานอิสระกิบส์ และ A เป็นพื้นที่ผิวของแท่งทรงกระบอก

$$A = 2\pi r^2 + 2\pi r l \Rightarrow \delta A = 4\pi r \delta r + 2\pi \delta r + 2\pi r \delta l$$

และเนื่องจากปริมาตร (V) ของแท่งทรงกระบอกคงที่ ความผันแปรของ $\delta A = 0$

$$V = \pi r^2 l = \text{constant} \Rightarrow \delta V = 2\pi r l \delta r + \pi r^2 \delta l = 0$$

$$\delta r = -\frac{r}{2l} \delta l$$

ดังนั้นความหนาแน่นของพลังงานพื้นผิวจะอธิบายด้วยสมการด้านล่างในสภาวะสมดุลที่ P , r และ l

$$\gamma = \frac{Pl}{\pi r(1-2r)}$$

2-3. มุมสัมผัส (Contact angle) ^[6]

มุมสัมผัสเป็นมุมที่เกิดขึ้นระหว่างของเหลวและไอที่จุดสัมผัสบนพื้นผิวของแข็ง มุมสัมผัสจะเป็นตัวกำหนดระบบว่ามีการปฏิสัมพันธ์ในระหว่างหน้าสัมผัสอย่างไร โดยใช้การพิจารณาหยดของเหลวเล็กๆ ที่หยดบนระนาบพื้นผิวเรียบของของแข็ง รูปร่างของหยดของเหลวจะมีความสัมพันธ์ตามทฤษฎีของยัง มุมสัมผัสจะทำหน้าที่เป็นขอบเขตของระบบ ซึ่งสามารถวัดได้โดยเครื่องวัดมุมสัมผัสโกนิโอมิเตอร์ (Contact angle goniometer) โดยไม่จำกัดว่าเป็นการสัมผัสระหว่างของเหลวและไอ แต่สามารถวัดมุมสัมผัสได้ทั้งระหว่างของเหลว 2 ชนิดหรือไอ 2 ชนิด

2-3.1. ชนิดของมุมสัมผัส

เมื่อพิจารณาจากการหยดของเหลวบนพื้นผิวของแข็ง ^[7] ของเหลวจะติดบนพื้นผิวของแข็งได้ และมีการแผ่กระจายออกไปบนพื้นผิวของแข็ง ในวัสดุที่เป็นวัสดุชอบน้ำ (Hydrophilic) มุมสัมผัสสามารถน้อยได้ลงจนเป็น 0 องศา แต่ในวัสดุที่เป็นวัสดุไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) มุมสัมผัสอาจจะมีมากถึง 90 องศา ในวัสดุที่ชอบน้ำมากๆ หยดของเหลวจะทำมุมได้ตั้งแต่ 0 – 30 องศา แต่ถ้าวัสดุนั้นไม่ชอบน้ำมากๆ จะมีมุมสัมผัสได้มากกว่า 90 องศาจนถึงประมาณ 120 องศา ซึ่งเรียกว่าเป็นวัสดุที่มีพลังงานพื้นผิวต่ำ (Low surface energy) เช่น วัสดุกลุ่มฟลูออรีเนต (Fluorinated) และวัสดุที่มีมุมสัมผัสมากกว่า 150 องศา จัดเป็นกลุ่มไม่ชอบน้ำมาก (Superhydrophobic) ในบางครั้งการวัดมุมสัมผัสในสภาวะแก๊ส แทนสภาวะของเหลว มุมสัมผัสอาจจะวัดได้ค่าออกมาในทางตรงกันข้าม

2-3.2. อุณหพลวัต (Thermodynamics) ของมุมสัมผัส

ทฤษฎีที่นำมาใช้อธิบายมุมสัมผัสที่เพิ่มขึ้นโดยพิจารณาในสภาวะสมดุลอุณหพลวัตของ 3 สถานะ คือสถานะของเหลวของหยดของเหลว (L) สถานะของแข็งของพื้นผิว (S) และสถานะแก๊ส หรือไอของบรรยากาศ (V) ซึ่งโดยทั่วไปในบรรยากาศจะเป็นบรรยากาศผสมในสภาวะสมดุลความเข้มข้นของของเหลวและไอ ซึ่งไอไม่สามารถเปลี่ยนเป็นสถานะของเหลวได้เพิ่มขึ้นอีก เช่นเดียวกับทฤษฎีของยัง พลังงานพื้นผิวที่พื้นผิวสัมผัสของแต่ละสถานะสามารถเขียนได้เป็นอีกสมการที่เรียกว่า Young-Dupré equation

$$\gamma (1 + \cos \theta_c) = \Delta W_{SLV} \quad ; \quad W_{SLV} \text{ คือพลังงานการยึดติด ต่อหน่วยพื้นที่ของพื้นผิวของแข็งและของเหลวในตัวกลาง V}$$

2-3.3. วิธีการวัดมุมสัมผัส

2-3.3.1. วิธีการวัดหยดหยุดนิ่งบนพื้นผิว (The static sessile drop method) เป็นวิธีการวัดมุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัสโกนิโอมิเตอร์ โดยการใช้ระบบภาพในการจับลักษณะของเหลวบริสุทธิ์ที่หยดบนพื้นผิวของแข็ง มุมที่เกิดขึ้นระหว่างของเหลวและของแข็งในจุดที่สัมผัสกัน เรียกว่ามุมสัมผัส ในระบบการวัดที่ผ่านมา จะใช้การส่องด้วยกล้องไมโครสโคปแบบส่องหลัง ซึ่งด้วยการพัฒนาระบบดังกล่าวเข้ากับการใช้กล้องและซอฟต์แวร์ เพื่อวิเคราะห์หามุมสัมผัส ตัวอย่างเครื่องมือวัดดังภาพที่ 2-3.3



ภาพที่ 2.7: เครื่องวัดมุมสัมผัสโกนิโอมิเตอร์

2-3.3.2. วิธีการวัดหยดเคลื่อนที่ (The dynamic sessile drop method) จะคล้ายกับการวัดหยดหยุดนิ่งแต่มีการปรับการหยด โดยการศึกษาหามุมที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถยึดติดได้ระหว่างของแข็งและของเหลว โดยไม่มีการเพิ่มพื้นที่สัมผัส แต่เพิ่มปริมาตรซึ่งมุมสัมผัสที่วัดได้เรียกว่ามุมสัมผัสล่วงหน้า (Advancing angle) และลดปริมาตรออกจนมีมุมสัมผัสน้อยที่สุด ซึ่งเรียกมุมสัมผัสนี้ว่ามุมสัมผัสถอยหลัง (Receding angle) ความแตกต่างระหว่างมุมสัมผัสที่วัดได้เรียกว่ามุมสัมผัสแบบฮิสเทอรีซิส (Contact angle hysteresis)

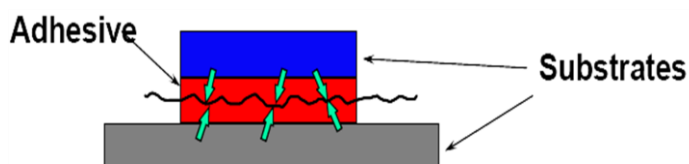
2-3.3.3. วิธีเคลื่อนที่วิลเฮล์ม (Dynamic Wilhelmy Method) เป็นวิธีการคำนวณมุมสัมผัสล่วงหน้าและถอยหลังบนพื้นผิวของแข็งที่เป็นสัญญาณเดียวกัน โดยสองด้านของของแข็งต้องมีคุณสมบัติเหมือนกัน แรงพื้นผิวเปียกบนของแข็งเป็นการวัดของแข็งที่จม หรือออกจากของเหลวด้วยแรงตึงผิว

2-3.3.4. ไฟเบอร์เดี่ยววิลเฮล์ม (Single-fiber Wilhelmy method) เป็นวิธีเคลื่อนที่วิลเฮล์มที่ปรับใช้กับการวัดไฟเบอร์เดี่ยวในเรื่องมุมสัมผัสล่วงหน้าและถอยหลัง

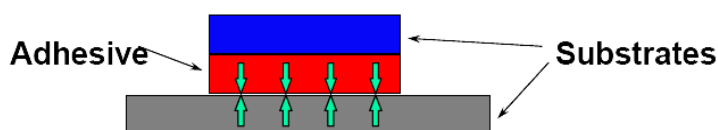
2-3.3.5. มุมสัมผัสโดยใช้ผง (Powder contact angle method) เป็นการวัดค่าเฉลี่ยของมุมสัมผัส และการดูดซับแบ่งลงไปในพื้นที่ผิวที่มีรูพรุน โดยการเปลี่ยนไปของน้ำหนัก และเวลาเป็นตัวบ่งชี้

2-4. ความเปียก (Wetting) ^[8]

ความเปียกเป็น ความสามารถของของเหลวที่จะรักษาแรงยึดติดระหว่างของเหลว และของแข็งโดยผลของปฏิกริยาร่วมระหว่างโมเลกุล มุมของความเปียก (Wettability) เป็นการบอกถึงพลังงานที่สมดุลกันระหว่างแรงยึดติดภายในของวัสดุ (Cohesive) กับแรงยึดติดระหว่างวัสดุ (Adhesive)



ภาพที่ 2.8: Cohesive



ภาพที่ 2.9: Adhesive

- 2-5.2. เพรม ทรีทเมนต์ (Flame treatment) ใช้หลักการทำให้อิเล็กตรอนบนพื้นผิวเกิดเป็นอิสระ และมีพลังงานสามารถยึดติดกับกาวได้มากขึ้น แต่แหล่งของการทำให้อิเล็กตรอนเป็นอิสระจะต่างจากวิธีโคโลนา และพลาสมา คือการใช้ความร้อนจากเปลวไฟแทนการใช้กระแสไฟฟ้าโวลต์สูง
- 2-5.3. สารช่วยยึดติด หรือไพเมอร์^{[3][10]} (Adhesion promoter or Primer treatment) เป็นการอาศัยหลักการการทำให้พื้นผิววัสดุมีพลังงานมากขึ้นจากการใกล้เคียงกันของโครงสร้างโมเลกุล โดยมีสารที่ทำหน้าที่ช่วยในการยึดติด หรือไบน์เดอร์ (Binder) วิธีนี้เป็นวิธีที่สามารถใช้ได้โดยทั่วไป โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ที่มีราคาแพง หรือการติดตั้งเครื่องมือในการใช้เหมือน 2 วิธีดังกล่าวด้านบน

2-6. สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds - VOCs)

2-6.1. คำจำกัดความ

สารอินทรีย์ระเหยง่ายเป็นสารประกอบเคมีที่มีความดันไอ และมีผลต่อสิ่งแวดล้อมมนุษย์และสุขภาพ สารอินทรีย์ระเหยง่ายมีอยู่ทั่วไปทั้งที่เป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้น หรือสารที่มาจากธรรมชาติ อีกทั้งสารอินทรีย์ระเหยง่ายถือเป็นสารควบคุมโดยเฉพาะภายในอาคารซึ่งสามารถมีความเข้มข้นสูง โดยปกติแล้วสารอินทรีย์ระเหยง่ายจัดอยู่ในกลุ่มที่เป็นสารมีพิษ ก่อให้เกิดการสะสมเรื้อรัง เนื่องจากมีโดยปกติแล้วจะมีความเข้มข้นไม่สูงมาก ผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ

2-6.2. หัวข้อหลัก : ตัวทำลาย

สารอินทรีย์ระเหยง่ายใช้สำหรับควบคุมสารตั้งต้นของหมอกปนควันแบบโฟโตเคมี (photochemical smog) โดยสำนักปกป้องสิ่งแวดล้อมในสหรัฐอเมริกา (Environmental protection agency – EPA) ระบุเป็นข้อกำหนดของมลพิษนอกอาคาร โดยการจำกัดความของสารประกอบที่มีเป็นแก๊สอินทรีย์ที่เกิดปฏิกิริยาอย่าง (Reactive organic gases – ROG) เป็นศัพท์เฉพาะทางคือวีโอซี (VOC) อย่างไรก็ตามสารอินทรีย์ระเหยง่ายสามารถนำไปใช้ได้กับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากสารเคมีบางตัวไม่ถูกจำกัดเมื่อใช้งานภายนอกอาคาร ในขณะที่สารเคมีบางตัวมีความสำคัญต่อคุณภาพอากาศเมื่อถูกใช้งานภายในอาคาร ดังนั้นสารอินทรีย์ระเหยง่ายจึงครอบคลุมถึงความต้องการตามข้อกำหนดของมลพิษทางอากาศซึ่งแตกต่างกันในแต่ละที่ และแต่ละที่มีคำจำกัดความเกี่ยวกับไว้ต่างกัน สารอินทรีย์ระเหยง่ายดังนี้

- 2-6.3. แคนาดา: อนามัยแคนาดาได้กำหนดสารอินทรีย์ระเหยง่าย คือสารประกอบอินทรีย์ที่มีจุดเดือดอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 50 ถึง 250 องศาเซลเซียส หรือ 122 ถึง 482 องศาฟาเรนไฮต์ มีการควบคุมการใช้งานสารอินทรีย์ระเหยง่ายในสถานที่ที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ
- 2-6.4. สหภาพยุโรป (European Union): กำหนดว่าสารอินทรีย์ระเหยง่ายคือสารประกอบอินทรีย์ที่มีจุดเดือดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส โดยการวัดที่ความดันบรรยากาศ 101.3 กิโลปาสคาล และสามารถทำลายระบบการมองเห็นและได้ยิน
- 2-6.5. สหรัฐอเมริกา: สารอินทรีย์ระเหยง่ายมีการกำหนดให้เป็นสารอันตราย และมีข้อกำหนดในทางกฎหมายและคำจำกัดความแตกต่างกันไป เช่นหน่วยงานป้องกันสิ่งแวดล้อมจะจำกัดการใช้งานในอากาศ น้ำ และแผ่นดิน เช่นการต้มน้ำที่ปลอดภัย ต้องการการควบคุมการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ และสารระเหย ไม่ว่าจะ เป็นในกระบวนการผลิต หรือวัตถุดิบ

2-7. ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายโดยโครงสร้างโมเลกุล

- 2-7.1. สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มที่ไม่มีคลอรีน (Non-Chlorinated VOCs or Non-Halogenated Hydrocarbons) เช่น โทลูอีน (Toluene) เบนซีน (Benzene), ไซลีน (Xylene) เป็นต้น
- 2-7.2. สารอินทรีย์ระเหยง่ายกลุ่มที่มีคลอรีน (Halogenated Hydrocarbon) จะมีความเป็นพิษสูงกว่ากลุ่มแรก เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform), ฟลูออโรไตรคลอโรมีเทน (Fluorotrichloromethane) เป็นต้น

2-8. แหล่งการใช้งานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอุตสาหกรรมรถยนต์

เนื่องจากในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ใช้กับอุตสาหกรรมรถยนต์ แหล่งที่มีการใช้งานของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในอุตสาหกรรมรถยนต์ เช่น

- 2-8.1. ทินเนอร์ผสมสี
- 2-8.2. ตัวทำละลายสำหรับสีพ่นรถยนต์
- 2-8.3. สารทำความสะอาดชนิดแห้ง (Dry cleaning)
- 2-8.4. ตัวทำละลายต่างๆ
- 2-8.5. สเปรย์
- 2-8.6. กาว

2-8.7. ชิ้นส่วนรถยนต์

2-9 รายการควบคุมของสารอินทรีย์ระเหยง่ายสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ : ปริมาณที่
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส^[12]

ตารางที่ 2.2: รายการสารอินทรีย์ระเหยง่ายและปริมาณที่ควบคุมในอุตสาหกรรมรถยนต์

ฟอร์มาดีไฮด์ (Formaldehyde)	100 mg./m ³ (0.08 ppm.)
โทลูอีน (Toluene)	260 mg./m ³ (0.07 ppm.)
ไซลีน (Xylene)	870 mg./m ³ (0.20 ppm.)
พาราไดคลอโรเบนซีน (Paradichlorobenzene)	240 mg./m ³ (0.04 ppm.)
เอทิลเบนซีน (Ethyl benzene)	3800 mg./m ³ (0.88 ppm.)
สไตรีน (Styrene)	220 mg./m ³ (0.05 ppm.)
คลอโรไพริฟอส (Chloropyrifos)	1 mg./m ³ (0.07 ppb.) สำหรับเด็ก 0.1 mg./m ³ (0.007 ppb.)
ไดบิวทิลพทาเลท (Di-n-butylphthalate)	220 mg./m ³ (0.02 ppm.)
เตตระดีแคน (Tetradecan)	330 mg./m ³ (0.04 ppm.)
ไดเอทิลเฮกซิลพทาเลท (Di-2-Ethylhexyl phthalate)	120 mg./m ³ (7.6 ppm.)
ไดอะซีนอน (Diazinon)	0.29 mg./m ³ (0.02 ppb.)
อะซีตัลดีไฮด์ (Acetaldehyde)	48 mg./m ³ (0.03 ppm.)
ฟีโนบูคาร์บ (Fenobucarb)	33 mg./m ³ (3.8 ppb.)

บทที่ 3

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำเสนองานวิจัยที่มีการศึกษาจำกัด และเป็นการใช้งานเฉพาะทางซึ่งจากที่ได้ทำการค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัยนี้ แต่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางอ้อม เช่น

งานวิจัยของ Horst Hintze-Bruning, Harald Borgholte (2000)^[12] เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการปรับปรุงโครงสร้างวัสดุกลุ่มโพลีโอเลฟิน ที่เป็นวัสดุโพลีโพรไพลีน ซึ่งจัดว่าเป็นวัสดุกลุ่มที่มีพลังงานพื้นผิวต่ำ การเพิ่มพลังงานพื้นผิวของวัสดุโพลีโพรไพลีน เพื่อให้มีพลังงานพื้นผิวเพิ่มขึ้นโดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างพื้นผิวของ ทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นโพลีเมอร์ร่วม ซึ่งวัสดุที่นำมาทำโพลีเมอร์ร่วมเป็นวัสดุอะคริลิกโมโนเมอร์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความเป็นขั้ว ทำให้วัสดุโพลีโพรไพลีนเดิมมีพลังงานพื้นผิวเพิ่มมากขึ้น เมื่อนำมาใช้ในการยึดติดกับกาว สามารถทำการยึดติดได้โดยไม่ต้องเพิ่มการทรีตด้วยสารช่วยยึดติด

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้คลอรีเนตเต็ดรีบเบอร์ ซึ่งเป็นโครงสร้างคล้ายคลึงกับคลอรีเนตเต็ดโพลีโอเลฟินที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ว่าสามารถนำมาใช้เป็นสารช่วยยึดติด เช่นในงานวิจัยของ Michael D.Foster และ Shelby F. Thames^[13] ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการใช้ Chlorinated maleinized guayule rubber (CMGR) มาสังเคราะห์เป็นโพลีเมอร์ โดยส่วนประกอบที่สำคัญในการสังเคราะห์ CMGR คือคลอรีเนตเต็ดรีบเบอร์ ซึ่งเป็นโมเลกุลไม่ชอบน้ำ จากนั้นเพิ่มส่วนประกอบของ Maleic acid ซึ่งเป็นส่วนที่ชอบน้ำ จึงทำให้โพลีเมอร์ CMGR ที่สังเคราะห์ขึ้นมาได้นี้ สามารถละลายในน้ำได้มากขึ้นจากการเพิ่มโมเลกุลของ Maleic acid CMGR ที่สังเคราะห์ขึ้นมา สามารถนำไปใช้เป็นสารช่วยยึดติดกับพื้นผิวที่มีพลังงานพื้นผิวต่ำ ประเภทโพลีโพรไพลีน และในงานวิจัยนี้ยังอ้างถึงโพลีเมอร์สังเคราะห์ CMGR นี้สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบของสารยึดติดโดยลดการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย อย่างไรก็ตามส่วนประกอบของน้ำที่สามารถใช้เป็นตัวทำละลายได้นั้น จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลายได้มากที่สุด 5% โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้ต้องศึกษาตัวทำละลายร่วมที่สามารถนำมาละลายโพลีเมอร์สังเคราะห์นี้ได้ อีกทั้งตัวสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายจะมีข้อเสียในการแห้งตัวเมื่อนำไปใช้งานจริง

จากงานวิจัยของ Michael D.Foster และ Shelby F. Thames ถึงโพลีเมอร์สังเคราะห์ที่สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในสารช่วยยึดติดได้ แต่ในงานวิจัยไม่ได้กล่าวถึงชนิดของกาวที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับสารช่วยยึดติดที่ได้จากโพลีเมอร์สังเคราะห์นี้ และตัวทำละลายที่สามารถละลายโพลีเมอร์ชนิดนี้ได้ดีที่สุดในงานวิจัยนี้คือเตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran – THF) ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้ในระดับห้องทดลองมากกว่านำมาใช้เป็นอุตสาหกรรมขนาดนั้นและถึงแม้ว่า THF จะ

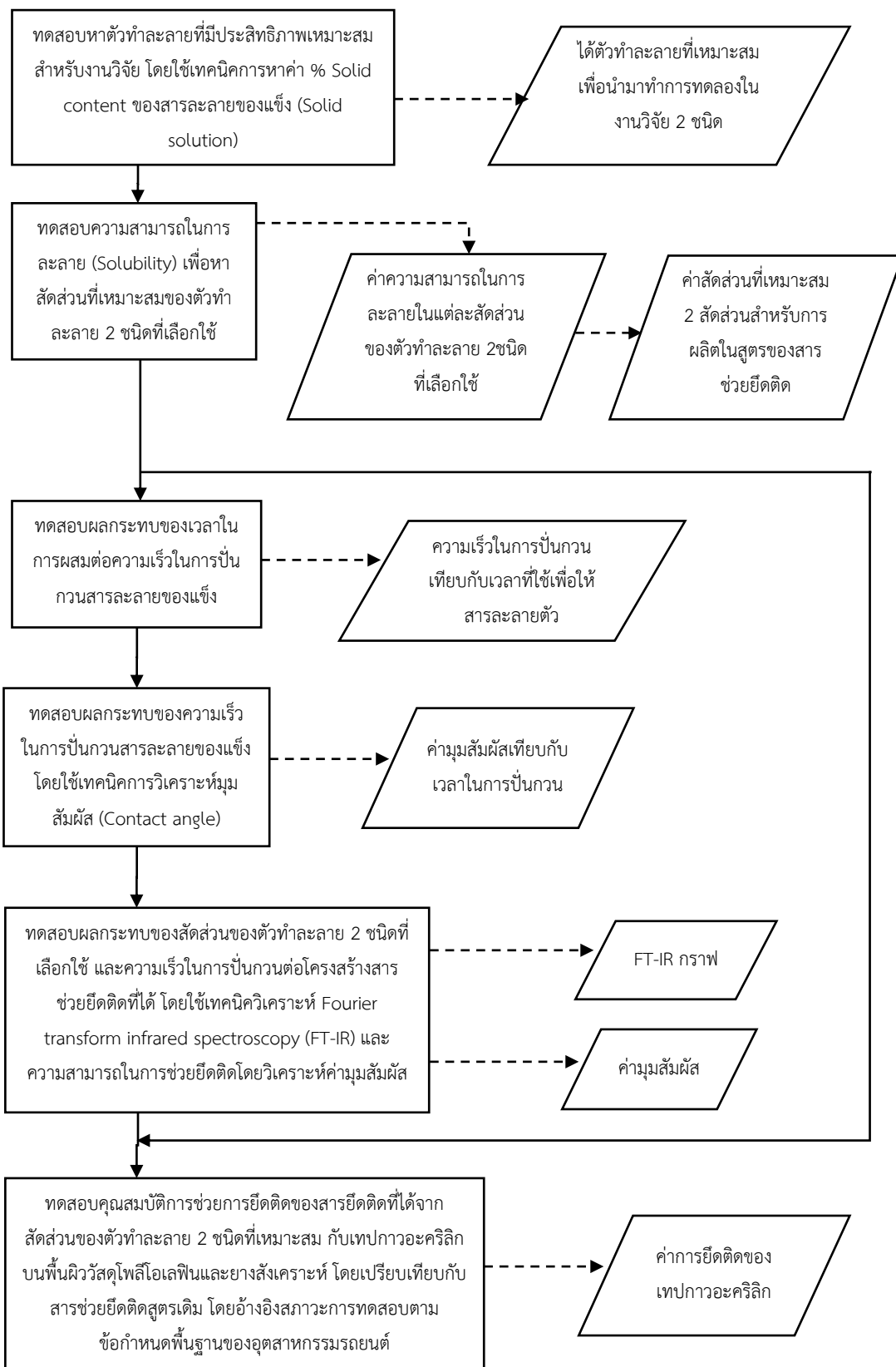
เป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดสำหรับ CMGR และมีข้อจำกัดของการหาตัวทำละลายร่วมกับ THF และน้ำ เนื่องจากการละลายได้ไม่สมบูรณ์จนถึงไม่สามารถละลายได้ อีกทั้งยังเกิดเป็นเจลได้ในระหว่างการผสม และสูตรที่ใช้ CMGR ในปริมาณมาก

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสารสร้างพันธะการยึดติดกับวัสดุ หรือไบน์เดอร์ โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากงานวิจัยของ M.N. Sathyanarayana, M. Yaseen^[14] ซึ่งได้ทำการศึกษาการใช้การของสารอินทรีย์เป็นเหมือนสารเคลือบผิว เพื่อช่วยในการเปลี่ยนโครงสร้างของวัสดุ โดยทำหน้าที่เหมือนสารยึดติดเพื่อเข้าไปยึดติดในผิวเนื้อของวัสดุแต่ละชนิด รวมถึงการพัฒนาแรงเค้น แรงเครียด การประสานตัวของสารยึดติดต่างๆบนพื้นผิววัสดุโดยอาศัยหลักการการยึดติด ที่มีการศึกษาถึงแรงดึงผิวระหว่างหน้าในระดับโมเลกุล โดยการพิจารณาจากปรากฏการณ์การเกิดขึ้นของพันธะทางเคมีระหว่างสารเคลือบผิวอินทรีย์และผิวสารที่ไม่เป็นสารอินทรีย์ รวมถึงหลักการการยึดติดของสารช่วยยึดติดที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของวัสดุอีกด้วย

บทที่ 4

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในส่วนของการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ แบ่งส่วนงานวิจัยเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ศึกษาเกี่ยวกับตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติการละลายของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อเรซิน และศึกษาสัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์ที่เลือกใช้ในการผลิตเป็นสูตรของสารช่วยยึดติด รวมถึงผลกระทบของความเร็วในการปั่นกวนเรซินกับตัวทำละลาย ต่อโครงสร้างของสารยึดติดที่ได้ และอีกส่วนหนึ่งคือการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติสารช่วยยึดติดที่ได้จากการปรับสูตรและเลือกใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายจากส่วนแรก โดยแสดงขั้นตอนและหัวข้อของการวิจัยสำหรับงานวิจัยนี้ ดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 : ขั้นตอนและหัวข้อการทดลองสำหรับงานวิจัย

งานวิจัยเป็นสองส่วนหลักคือ

1. วิจัยเพื่อหาตัวทำละลายในกลุ่มที่เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่สามารถใช้ทดแทนสารอินทรีย์ระเหยง่ายเดิม โดยอ้างอิงการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่ถูกกำหนด และจำกัดการใช้งานตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์ โดยการวิเคราะห์เพื่อหาตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อคลอรีนเน็ตเต็ดโพลีโอเลฟินโพลีเมอร์เรซินที่นำมาใช้ในงานวิจัย
2. วิจัยเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของสารช่วยยึดติด ที่ใช้ตัวทำละลายเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายทดแทน โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบกับสารช่วยยึดติดที่ใช้ตัวทำละลายเป็นสารอินทรีย์ระเหยโดยเปรียบเทียบคุณสมบัติในการช่วยยึดติดเทปกาวอะคริลิกกับพื้นผิววัสดุประเภทโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์

รายละเอียดขั้นตอนของงานวิจัยที่แสดงดังแผนภาพที่ 1

ในงานวิจัยนี้เริ่มจากการสรรหาตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับละลายคลอรีนเน็ตเต็ดโพลีโอเลฟินโพลีเมอร์เรซินที่ใช้เป็นไบน์เดอร์สำหรับสารช่วยยึดติด โดยวิเคราะห์ความสามารถในการละลายได้มากน้อยต่างกันของตัวทำละลายแต่ละชนิดด้วยเทคนิคการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของแข็ง (% Solid content) ที่ตัวทำละลายสามารถละลายได้ เมื่อกำหนดสภาวะคงตัวคือปริมาณเรซินที่ใช้ เวลา อุณหภูมิ และความเร็วในการปั่นกวนสารละลายของแข็ง

เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้พบว่าตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการละลายเรซิน มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงดำเนินงานวิจัยต่อโดยศึกษาผลกระทบของสารละลายเรซินที่ได้จากการผันแปรค่าสัดส่วนของตัวทำละลายโดยเลือกใช้ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด 2 ชนิด โดยศึกษาความสามารถในการละลายของตัวทำละลาย (Solubility) ในสัดส่วนต่างๆ โดยกำหนดสภาวะคงตัวการทดสอบภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐาน จากการวิเคราะห์ความสามารถในการละลายจะทำให้ทราบถึงสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำมาผลิตในสูตรการผลิตสารช่วยยึดติดต่อไป

หลังจากที่ได้ตัวทำละลาย และสัดส่วนของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการผลิตสารช่วยยึดติด ทำการผสมสารช่วยยึดติดตามสูตร จากนั้นวิเคราะห์เรื่องความเร็วในการปั่นกวนกับเวลาที่ใช้เพื่อให้สารละลายของแข็งละลายเป็นเนื้อเดียวกัน และศึกษาถึงความเร็วในการปั่นกวนที่มีผลต่อโครงสร้างของสารยึดติดที่ได้ เนื่องจากความเร็วในการปั่นกวนอาจมีผลต่อการเรียกตัว หรือโครงสร้างของสารยึดติดที่ได้ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาค่ามุมสัมผัส (Contact angle) เมื่อใช้สารยึดติดที่ผันแปรความเร็วในการปั่นกวน บนพื้นผิววัสดุโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์ โดยความคาดหวังของการวิเคราะห์ผลของความเร็วในการปั่นกวน จะไม่กระทบต่อค่ามุมสัมผัส และเพื่อเป็นการยืนยันผลของความเร็วในการปั่นกวนต่อโครงสร้างสารยึดติดที่ได้ โดยการนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีโดยเทคนิคการส่องผ่านด้วยรังสีอินฟราเรด (Fourier transform infrared spectroscopy : FT-IR)

จากการทดลองเบื้องต้นทำให้ทราบถึงสัดส่วนที่เหมาะสมของตัวทำละลายที่เลือกใช้สำหรับสูตรการผลิตสารช่วยยึดติด โดยพิจารณาความเหมาะสมในแง่ของความสามารถในการละลายเรซิน สารยึดติดที่ได้จากสัดส่วนตัวทำละลายที่เหมาะสม จะถูกนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติการยึดติดของเทปกาวบนพื้นผิวโพลีเอเลฟิน และยางสังเคราะห์ตามสภาวะต่างๆที่กำหนด โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติการยึดติดกับสารยึดติดที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายสูตรเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การหาค่าเปอร์เซ็นต์สารที่เป็นของแข็ง (%solid content) เพื่อพิจารณาหาตัวทำละลายที่มีความเหมาะสมสำหรับงานวิจัย

4-1.1. วัสดุที่ใช้สำหรับการทำทดลอง

4-1.1.1 คลอรีนเนตเต็ดโพลีเอเลฟินโพลีเมอร์เรซิน

4-1.1.2 ตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่าย (low volatile organic compounds) ที่ต้องการศึกษาในงานวิจัย ได้แก่

4-1.1.2.1 ไซโคลเฮกเซน (Cyclohexane)

4-1.1.2.2 เมทิล เอทิล คีโตน (Methyl ethyl ketone - MEK)

4-1.1.2.3 เอทิลอะซิเตท (Ethyl acetate)

4-1.1.2.4 บิวทิลอะซิเตท (Butyl acetate)

4-1.2. เครื่องมือที่ใช้การทดลอง

4-1.2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

4-1.2.2 เครื่องปั่นกวน แบบใบปั่นชนิดใบพัด (Turbine)



ภาพที่ 4.2 : อุปกรณ์ที่ใช้ในการปั่นกวน

4-1.2.3 ถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ขนาดเล็ก (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3

4-1.2.4 ปีกเกอร์แก้วขนาด 250 ml. (ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4

4-1.2.5 ตู้อบความร้อนช่วงอุณหภูมิ 25 – 200°C (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 : ตู้อบความร้อน

4-1.3. วิธีการทดลอง

- 4-1.3.1. นำคลอรีนเนตเต็ดโพลีโอเลฟินโพลีเมอร์เรซินปริมาณ 1 g. ผสมลงในตัวทำละลายแต่ละชนิดตามรายการ 4-1.1.2.1 – 4-1.1.2.4 อย่างละ 99 g. ลงในปีกเกอร์แก้วขนาด 250 ml. เพื่อให้ได้สารละลายความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก
- 4-1.3.2. นำสารผสมที่ได้จากข้อ 1 มาปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นกวน โดยใช้ความเร็วรอบในการปั่นกวน 250 rpm. เป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง
- 4-1.3.3. นำถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ที่เตรียมไว้สำหรับใส่สารละลายไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้กำจัดความชื้นที่อยู่ในถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ จากนั้นนำถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ออกจากตู้อบและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 0.5 ชั่วโมง

- 4-1.3.4. นำสารละลายของแข็งที่ได้จากตัวทำละลายต่างๆ ในข้อ 4-1.3.2 จำนวน 10 g. ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ที่ผ่านการอบแล้วในข้อ 4-1.3.3 ซึ่งน้ำหนักถ้วยด้วยเครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ (น้ำหนัก A)
- 4-1.3.5. นำสารละลายของแข็งในถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาแล้วนำสารละลายของแข็งในถ้วยอลูมิเนียมฟอยด์ออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง จนมีอุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง ประมาณ 2-5 นาที ซึ่งน้ำหนักถ้วยด้วยเครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง จดบันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ (น้ำหนัก B)
- 4-1.3.6. คำนวณหาค่า เปอร์เซ็นต์ของแข็ง เพื่อวิเคราะห์หาตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพในการละลายคลอรีนเนตเตตโพลีโอเลฟินเรซินได้ดีที่สุด โดยคำนวณตามสูตรด้านล่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของแข็ง} = \frac{\text{น้ำหนัก B}}{\text{น้ำหนัก A}} \times 100$$

4-2. ทดสอบค่าคุณสมบัติการละลายของตัวทำละลาย (Solubility) ^[15] ที่ได้จากการทดลอง เปอร์เซ็นต์ของแข็ง ตามข้อ 1 โดยผันแปรสัดส่วนระหว่างตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน ต่อ เอทิลอะซิเตท

4-2.1 วัสดุที่ใช้สำหรับการทำทดลอง

- 4-2.1.1 คลอรีนเนตเตตโพลีโอเลฟินโคโพลีเมอร์เรซิน
- 4-2.1.2 ตัวทำละลายผสมระหว่าง ไซโคลเฮกเซน : เอทิลอะซิเตท ตามสัดส่วนโดยน้ำหนักดังนี้ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0
- 4-2.1.3 ตัวทำละลายโทลูอิน และไซลีน เพื่อใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติการละลายของตัวทำละลายทดแทน และตัวทำละลายเดิม

4-2.2 เครื่องมือที่ใช้การทดลอง

- 4-2.2.1 เครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4-2.2.2 ปีกเกอร์แก้วขนาด 250ml.
- 4-2.2.3 ซ้อนตักสาร

4-2.3 วิธีการทดลอง

- 4-2.3.1 ทดลองภายใต้อุณหภูมิห้อง, ระหว่าง 23 - 25°C
- 4-2.3.2 ใส่ตัวทำละลายผสมระหว่างไซโคลเฮกเซน : เอทิลอะซิเตท น้ำหนัก 100 g. ลงในปีกเกอร์ขนาด 250 ml.

- 4-2.3.3 ค่อยๆใส่คลอรีนเน็ตเต็ดโพลีโอเลฟินโพลีเมอร์เรซินลงในตัวทำละลายสัดส่วนต่างๆตามข้อ 1 โดยใส่ทีละ 0.01 g. และเขย่าเบาๆ เพื่อให้เรซินละลาย
- 4-2.3.4 สังเกตเรซินที่เติมเข้าไปในตัวทำละลายว่าสามารถละลายได้หมดหรือไม่ในระยะเวลาไม่เกิน 1 นาที
- 4-2.3.5 สังเกตการละลายของเรซิน เมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที ถ้าเรซินละลายได้หมด ให้เติมเรซินอีก 0.01 g.
- 4-2.3.6 ทำซ้ำข้อ 4-2.3.3 – 4-2.3.5 จนกว่าจะสังเกตพบว่า เรซินไม่สามารถละลายได้อีกเมื่อเวลาผ่านไป 1 นาที
- 4-2.3.7 บันทึกปริมาณเรซินที่ใช้มากที่สุดที่สามารถละลายได้ในแต่ละสัดส่วนของตัวทำละลายผสม

4-3. การเตรียมสารช่วยยึดติดเพื่อใช้ในงานวิจัย

4-3.1 วัสดุที่ใช้สำหรับการทดลอง

- 4-3.1.1 คลอรีนเน็ตเต็ดโพลีโอเลฟินโพลีเมอร์เรซิน 5% โดยน้ำหนัก
- 4-3.1.2 ตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนต่อตัวทำละลายเอทิลอะซิเตทตามสัดส่วนที่กำหนดในข้อ 4-2.1.2 โดยน้ำหนักรวม 90% โดยน้ำหนัก
- 4-3.1.3 สารละลายฮาร์ดเดนเนอร์ 5% โดยน้ำหนัก

4-3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 4-3.2.1 เครื่องปั่นกวน แบบใบปั่นชนิดใบพัด (Turbine)



ภาพที่ 4.6 : ใบปั่นชนิดใบพัด

- 4-3.2.2 เครื่องชั่งความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 4-3.2.3 ปีกเกอร์แก้วขนาด 1000 ml.

4-3.3 วิธีการทดลอง

4-3.3.1 ผสมวัสดุที่ใช้สำหรับการทดลองตามรายการในข้อ 4-3.1 ทั้งหมดเข้าด้วยกัน ให้ได้น้ำหนักรวม 500 g. ซึ่งจะผันแปรสัดส่วนระหว่างตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนและเอทิลอะซิเตท โดยมีสูตรการผสมดังตารางที่ 4-3.3.1

ตารางที่ 4.1: สูตรการผลิตสารช่วยยึดติดโดยการผันแปรสัดส่วนระหว่างไซโคลเฮกเซนและเอทิลอะซิเตทโดยน้ำหนัก

อัตราส่วนระหว่าง ไซโคลเฮกเซนและ เอทิลอะซิเตท	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
ไซโคลเฮกเซนและ เอทิลอะซิเตท	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50	40:60	30:70	20:80	10:90	0:100
คลอรีนเนตเต็ด โพลีโอเลฟินโพลี เมอร์เรซิน (กรัม)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
ไซโคลเฮกเซน (กรัม)	450	405	360	315	270	225	180	135	90	45	0
เอทิลอะซิเตท (กรัม)	0	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450
สารละลาย ฮาร์ดเดนเนอร์ (Hardener) (กรัม)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

4-3.3.2 นำส่วนผสมตามสูตรในข้อ 4-3.3.1 มาปั่นกวนให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นกวนโดยผันแปรค่าความเร็วในการปั่นกวน ตั้งแต่ 100, 200, 300, และ 500 rpm. โดยออกแบบตำแหน่งและขนาดของใบปั่นการปั่นตามการออกแบบมาตรฐานดังแสดงในภาคผนวก ค.1. จากนั้นบันทึกเวลาที่ใช้ในการปั่นกวนสารละลายจนกระทั่งของแข็งละลายเป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลาย ดังนั้นจะได้สารยึดติดที่มีชื่อเรียกดังตารางด้านล่าง

ตารางที่ 4.2: ชื่อเรียกสารยึดติดที่ได้จากการผันแปรสัดส่วนของตัวทำละลาย และรอบการปั่นกวน

อัตราส่วนระหว่างไซโคลเฮ กเซนและเอทิลอะซิเตท	ความเร็วในการปั่นกวน (rpm.)			
	100	200	300	500
100:0	A-1	A-2	A-3	A-4
90:10	B-1	B-2	B-3	B-4

80:20	C-1	C-2	C-3	C-4
70:30	D-1	D-2	D-3	D-4
60:40	E-1	E-2	E-3	E-4
50:50	F-1	F-2	F-3	F-4
40:60	G-1	G-2	G-3	G-4
30:70	H-1	H-2	H-3	H-4
20:80	I-1	I-2	I-3	I-4
10:90	J-1	J-2	J-3	J-4
0:100	K-1	K-2	K-3	K-4

4-4. การทดสอบค่ามอดุลัสเพื่อศึกษาผลของความเร็วในการปั่นกว

4-4.1. วัสดุที่ใช้สำหรับการทำทดลอง

4-4.1.1 สารยึดติดตามสูตรแสดงในตารางที่ 4-3.3.2

4-4.1.2 พลาสติกโพลีโพรไพลีน ความหนา 6 mm. มาตรฐานอ้างอิงจากมาตรฐานการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

4-4.1.3 ยางเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ (EPDM rubber) ความหนา 6 mm. ความแข็ง (ค่า Shore A) เท่ากับ 60 มาตรฐานอ้างอิงจากมาตรฐานการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

4-4.1.4 ยางฟรูนเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ (EPDM sponge) ความหนา 6 mm. ความแข็ง (ค่า Shore A) เท่ากับ 60 มาตรฐานอ้างอิงจากมาตรฐานการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

4-4.1.5 หลอดหยด

4-4.1.6 ไยสังเคราะห์อัดแท่ง สำหรับเป็นอุปกรณ์ในการทาสารยึดติดลงบนพื้นผิว ขนาดกว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 8 mm. x 15 mm. x 6 mm.



ภาพที่ 4.7 : ไยสังเคราะห์อัดแท่ง

4-4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4-4.2.1 เครื่องทดสอบมุมสัมผัสโกนิโอมิเตอร์, Kyowa company



ภาพที่ 4.8 : เครื่องทดสอบมุมสัมผัส

4-4.3 วิธีการทดลอง

4-4.3.1 เตรียมพื้นผิววัสดุพลาสติกโพลีโพรไพลีน และยางเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ ทำความสะอาดด้วยผ้าสะอาด เพื่อเช็ดสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิว

4-4.3.2 ใช้หลอดหยดดูดสารยัดติดที่เตรียมได้จากข้อ 4-3.3.2 ประมาณ 2 cc. หยดสารยัดติดลงบนใยสังเคราะห์อัดแห้ง

4-4.3.3 ทาสารยัดติดลงบนพื้นผิววัสดุ โดยทางไปในทางเดียวกันอย่างสม่ำเสมอทิ้งไว้ให้สารยัดติดแห้ง จากนั้นทำลักษณะเดียวกันโดยเปลี่ยนชิ้นงานชิ้นใหม่ และสารยัดติดสูตรใหม่ โดยทำวิธีเดียวกันจากข้อ 4-4.3.1 – 4-4.3.3

4-4.3.4 นำชิ้นงานจากข้อ 4-4.3.3 ไปวิเคราะห์ค่ามุมสัมผัสด้วยเครื่องทดสอบมุมสัมผัสโกนิโอมิเตอร์

4-4.3.5 บันทึกค่ามุมสัมผัสที่วัดได้ของสารยัดติดแต่ละสูตร

4-5. การทดสอบโครงสร้างของสารยัดติดที่ได้

4-5.1 วัสดุที่ใช้สำหรับการทำทดลอง

4-5.1.1 สารยัดติดที่ได้จากสูตรการทดลองในข้อ 3

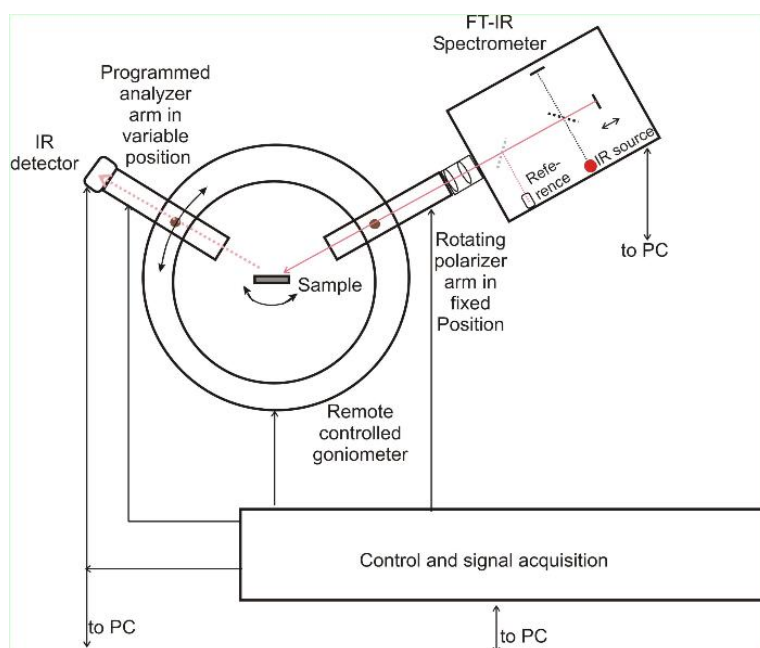
4-5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4-5.2.1 หลอดหยด

4-5.2.2 เครื่องทดสอบ FT-IR



ภาพที่ 4.9 : เครื่องทดสอบ FT-IR



ภาพที่ 4.10 : หลักการทำงานของเครื่อง FT-IR

4-5.2.4 หลอดหยด

4-5.2.5 ตัวทำละลายอะซิโตน

4-5.3 วิธีการทดลอง

4-5.3.1 เช็ดแท่นใส่ตัวอย่างสำหรับทดสอบด้วยตัวทำละลายอะซิโตน เพื่อเช็ดสิ่งปนเปื้อนต่างๆออกจากแท่นใส่ตัวอย่าง

4-5.3.2 ใช้หลอดหยดดูดสารยึดติดที่ได้แต่ละสูตรในข้อ 4-3.3.2 ลงบนแท่นใส่ตัวอย่างที่เช็ดด้วยอะซิโตนดังข้อ 4-5.3.1 โดยให้สารยึดติดกระจายทั่วแท่นใส่ตัวอย่าง

4-5.3.3 นำแท่นใส่ตัวอย่างประกอบเข้ากับเครื่อง FT-IR

4-5.3.4 ตั้งสภาวะทดสอบในเครื่อง FT-IR โดยให้ใช้จำนวนส่องกราด เท่ากับ 10 ช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอยู่ระหว่างช่วงความยาวคลื่น $450 - 4400 \text{ cm}^{-1}$

4-5.3.5 เริ่มการทำงานของเครื่อง

4-5.3.6 บันทึกกราฟ FT-IR ที่ได้

4-5.3.7 ทำการทดลองซ้ำ จากสารยึดติดที่ได้ตามรายการในข้อ 4-3.3.2

4-6. การทดสอบค่าความเหนียวของเทปกาว^[16]

ในการทดสอบค่าความเหนียวของเทปกาวเมื่อใช้สารช่วยยึดติดบนพื้นผิววัสดุที่ต้องการศึกษา จะใช้สารยึดติดที่เป็นสูตร D-3 และ E-3 เนื่องจากเป็นสถานะของสารยึดติดที่ดีที่สุดในแง่ของคุณสมบัติการละลายที่ละลายได้ดี

โดยในการทดสอบ จะทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารยึดติดสูตรที่ปรับปรุงสำหรับงานวิจัยนี้ เทียบกับสารยึดติดเดิมที่มีการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายในรายการควบคุมตามมาตรฐานอุตสาหกรรมรถยนต์

4-6.1 วัสดุที่ใช้สำหรับการทำทดลอง

4-6.1.1 สารยึดติดที่ได้จากสูตรการทดลองในข้อ 4-3.3.2 สูตร D-3 และ E-3

4-6.1.2 สารยึดติดที่เป็นสูตรเดิม

4-6.1.3 พลาสติกโพลีโพรไพลีน ความหนา 6 mm. ความแข็ง (ค่าShore A) เท่ากับ 60 อ้างอิงจากมาตรฐานการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

4-6.1.4 ยางเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ ความหนา 6 mm. ความแข็ง (ค่าShore A) เท่ากับ 60 อ้างอิงจากมาตรฐานการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์

4-6.1.5 ยางพรมเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ ความหนา 6 mm.

4-6.1.6 หลอดหยด

4-6.1.7 ไยสังเคราะห์อัดแท่ง สำหรับเป็นอุปกรณ์ในการทาสารยึดติดลงบนพื้นผิว ขนาดกว้าง x ยาว x หนา = 8 mm. x 15 mm. x 6 mm.

4-6.1.8 เทปกาวอะคริลิกความหนา 1.2 mm. ความกว้าง 10 mm. ที่ใช้สำหรับติดตั้งชิ้นส่วนรถยนต์

4-6.1.9 ตัวทำละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (IPA)

4-6.1.10 ตัวทำละลายเมทิลไอโซบิวทิลคีโตน (MIBK)

4-6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4-6.2.1 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile tester)



ภาพที่ 4.11 : เครื่องทดสอบแรงดึง

4-6.2.2 ลูกกลิ้งรีดน้ำหนัก 3 kg.

4-6.2.3 ตู้อบความร้อน

4-6.2.4 ตู้อบความร้อนชื้น

4-6.2.5 อ่างน้ำร้อน

4-6.3 วิธีการทดลอง

4-6.3.1 การเตรียมเทปกาวบนพื้นผิววัสดุโพลีโพรไพลีน

4-6.3.1.1 เช็ดทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานด้วยตัวทำละลายไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

4-6.3.1.2 ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยจากชิ้นงาน

4-6.3.1.3 ใช้หลอดหยดดูดสารยึดติด ประมาณ 2 cc. ลงบนเส้นใยอัดแท่ง

4-6.3.1.4 ทาสารยึดติดด้วยใยสังเคราะห์อัดแท่งลงบนพื้นผิวชิ้นงาน โดยทำให้ทั่วชิ้นงาน และทำให้สม่ำเสมอ

4-6.3.1.5 ทิ้งชิ้นงานไว้ให้แห้งจากสารยึดติด

4-6.3.1.6 ติดตั้งเทปกาวอะคริลิกในข้อ 4-6.1.8 ลงบนพื้นผิววัสดุที่แห้งจากสารยึดติดแล้ว

4-6.3.1.7 รีดลูกกลิ้งน้ำหนัก 3 kg. ลงบนเทปกาว เพื่อให้เทปกาวมีการยึดติดกันได้ดียิ่งขึ้น และสม่ำเสมอ

4-6.3.2 การเตรียมเทปกาวบนพื้นผิววัสดุยางเอทิลีนโพรไพลีนไดอีนโมโนเมอร์

4-6.3.2.1 เช็ดทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานด้วยตัวทำละลายเมทิลไอโซบิวทิลคีโตน

4-6.3.2.2 ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยจากชิ้นงาน

- 4-6.3.2.3 ทาสารยีสต์ติดด้วยใยสังเคราะห์อัดแทนลงบนพื้นผิวชิ้นงาน โดยทำให้ทั่วชิ้นงาน และทำให้สม่ำเสมอ
- 4-6.3.2.4 ทิ้งชิ้นงานไว้ให้แห้งจากสารยีสต์ติด
- 4-6.3.2.5 ติดตั้งเทปกาวอะคริลิกในข้อ 4-6.1.8 ลงบนพื้นผิววัสดุที่แห้งจากสารยีสต์ติดแล้ว
- 4-6.3.2.6 ริดลูกกลิ้งน้ำหนัก 3 kg. ลงบนเทปกาว เพื่อให้เทปกาวมีการยีสต์ติดกันได้สม่ำเสมอ และเหมาะสม
- 4-6.3.3 การเตรียมเทปกาวบนพื้นผิววัสดุอย่างพรุณเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์
- 4-6.3.3.1 เช็ดทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานด้วยตัวทำละลายเมทิลไอโซบิวทิลคีโตน
- 4-6.3.3.2 ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาทีเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยจากชิ้นงาน
- 4-6.3.3.3 ใช้หลอดหยดดูดสารยีสต์ติด ประมาณ 2 cc. ลงบนเส้นใยอัดแห้ง
- 4-6.3.3.4 ทาสารยีสต์ติดด้วยใยสังเคราะห์อัดแทนลงบนพื้นผิวชิ้นงาน โดยทำให้ทั่วชิ้นงาน และทำให้สม่ำเสมอ
- 4-6.3.3.5 ทิ้งชิ้นงานไว้ให้แห้งจากสารยีสต์ติด
- 4-6.3.3.6 ติดตั้งเทปกาวอะคริลิกในข้อ 4-6.1.8 ลงบนพื้นผิววัสดุที่แห้งจากสารยีสต์ติดแล้ว
- 4-6.3.3.7 ริดลูกกลิ้งน้ำหนัก 3 kg. ลงบนเทปกาว เพื่อให้เทปกาวมีการยีสต์ติดกันได้เหมาะสม
- 4-6.3.3.8 ทิ้งตัวอย่างที่ได้จากข้อ 4-6.3.1 ถึง 4-6.3.3 ไว้ภายใต้อุณหภูมิ 23-25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-75% Rh.
- 4-6.3.4 นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 4-6.3.3.8 ไปไว้ที่สภาวะต่างๆ ดังนี้
- 4-6.3.4.1 สภาวะเบื้องต้น:
ปล่อยตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 4-6.3 เป็นเวลา 20 นาทีก่อนนำทดสอบค่าแรงยีสต์ติดของเทปกาว
- 4-6.3.4.2 สภาวะคงตัว:
ปล่อยตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 4-6.3 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบค่าแรงยีสต์ติดของเทปกาว
- 4-6.3.4.3 สภาวะอุณหภูมิสูง:
- 4-6.3.4.3.1 ปล่อยตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 4-6.3 เป็นเวลา 72 ชั่วโมงหลังจาก 72 ชั่วโมง นำตัวอย่างเข้าสู่ตู้อบความร้อน โดยตั้งอุณหภูมิการอบไว้ที่ 80°C
- 4-6.3.4.3.2 ทิ้งตัวอย่างไว้ในตู้อบความร้อน 336 ชั่วโมง

4-6.3.4.3.3 หลังจากครบ 336 ชั่วโมง นำชิ้นงานออกมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 23-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-75 % Rh. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบค่าแรงยึดติดของเทปกาว

4-6.3.4.4 สภาวะความชื้นสูง:

4-6.3.4.4.1 ปล่อยตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 4-6.3 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

4-6.3.4.4.2 หลังจาก 72 ชั่วโมง นำตัวอย่างเข้าตู้อบความร้อนขึ้น โดยตั้งอุณหภูมิการอบที่ 50 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 95-98 % Rh.

4-6.3.4.4.3 ทิ้งตัวอย่างไว้ในตู้อบความชื้นเป็นเวลา 336 ชั่วโมง

4-6.3.4.4.4 หลังจากครบ 336 ชั่วโมง นำชิ้นงานออกมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 23-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-75 %Rh. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบค่าแรงยึดติดของเทปกาว

4-6.3.4.5 สภาวะน้ำอุ่น:

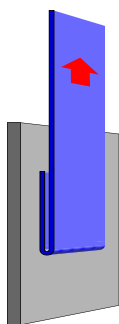
4-6.3.4.6 ปล่อยตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 4-6.3 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

4-6.3.4.7 หลังจาก 72 ชั่วโมง นำตัวอย่างเข้าแช่ลงในน้ำอุ่น 40 °C

4-6.3.4.8 ทิ้งตัวอย่างไว้ในอ่างน้ำอุ่นเป็นเวลา 336 ชั่วโมง

4-6.3.4.9 หลังจากครบ 336 ชั่วโมง นำชิ้นงานออกมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 23-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 55-75 %Rh. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบค่าแรงยึดติดของเทปกาว

4-6.3.5 หลังจากได้ตัวอย่างที่ทิ้งไว้ตามสภาวะต่างๆในข้อ 4-6.3.4 แล้ว นำตัวอย่างที่ได้มาทดสอบค่าแรงยึดติดของกาว ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงในแนว 180 องศา



ภาพที่ 4.12 : ลักษณะการดึงเทปกาวในมุม 180 องศา

4-6.3.6 ตั้งสภาวะการดึงโดยใช้ความเร็วในการดึง 300 mm./min โดยใช้ระยะการดึง 100 mm.

4-6.3.7 บันทึกค่าแรงดึงที่ได้ในหน่วย นิวตัน/เซนติเมตร (N/cm)

บทที่ 5

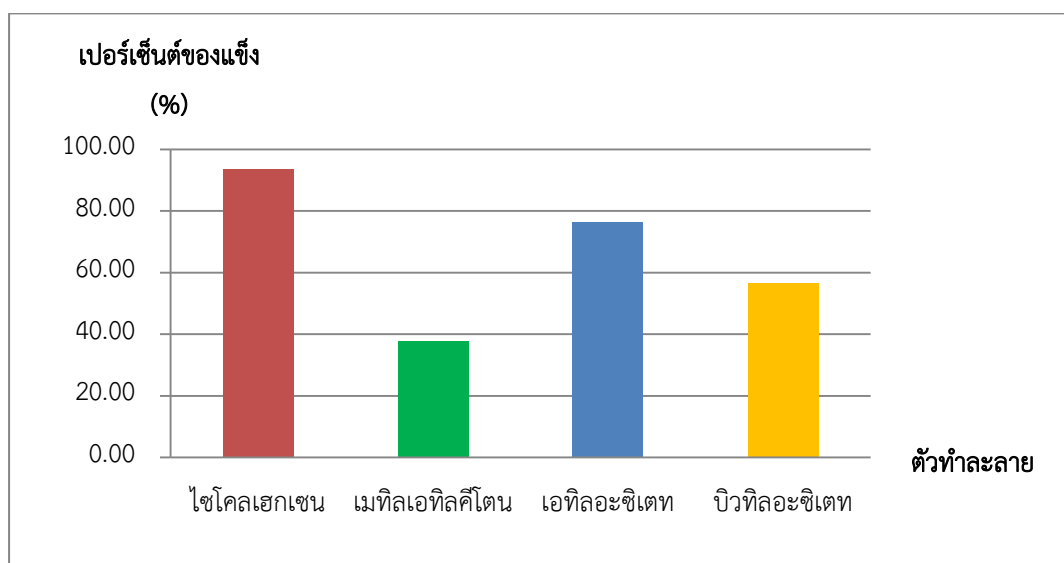
ผลการดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาสารละลายอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อนำมาทำการผลิตเป็นสารช่วยยึดติดที่ช่วยยึดติดระหว่างเทปกาวอะคริลิกและชิ้นส่วนที่เป็นวัสดุประเภทโพลีเอเลฟิน โดยใช้พลาสติกโพลีพรไพลีนเป็นตัวแทนวัสดุในการศึกษา และใช้ยางสังเคราะห์อีพิตีเอ็มที่เป็นลักษณะยางและยางพรม เป็นตัวแทนวัสดุสำหรับวัสดุประเภทยางสังเคราะห์

โดยเริ่มต้นทำการศึกษาคูณสมบัติการละลายของตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายใหม่ที่ต้องการนำมาใช้ทดแทนตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายเดิม

ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากโพลีเมอร์เรซินที่ใช้เป็นโพลีเมอร์ร่วมที่มีความซับซ้อน โดยคำนึงถึงคุณสมบัติในเรื่องความสามารถในการยึดติดเป็นหลัก ตัวทำละลายที่ใช้สำหรับละลายโพลีเมอร์เรซินจึงต้องเป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายโพลีเมอร์ร่วมในเรซินได้ ซึ่งอาจจะไม่ใช่ตัวทำละลายชนิดเดียว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทดสอบตัวทำละลายที่สามารถละลายโพลีเมอร์ร่วมได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลของผู้ผลิตโพลีเมอร์เรซิน ถึงตัวทำละลายที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยตัวทำละลายที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน เมทิลเอทิลคีโตน เอทิลอะซิเตท และบิวทิลอะซิเตท โดยไม่ทราบว่ตัวทำละลายใดที่มีประสิทธิภาพในการละลายโพลีเมอร์เรซินได้มากน้อยอย่างไร

จากการศึกษาคูณสมบัติการละลายจากค่าเปอร์เซ็นต์ของแข็ง ค่าการทดลองนี้จะบ่งบอกถึงความสามารถในการละลายโพลีเมอร์เรซินที่ใช้เป็นสารไบน์เดอร์ ด้วยสภาวะควบคุมที่ความเร็วในการปั่นกววนและเวลาเท่ากัน เพื่อเปรียบเทียบว่าตัวทำละลายชนิดไหนที่สามารถละลายโพลีเมอร์เรซินได้มาก และเร็ว



ภาพที่ 5.1 : เปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ได้จากตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เลือกทดลอง

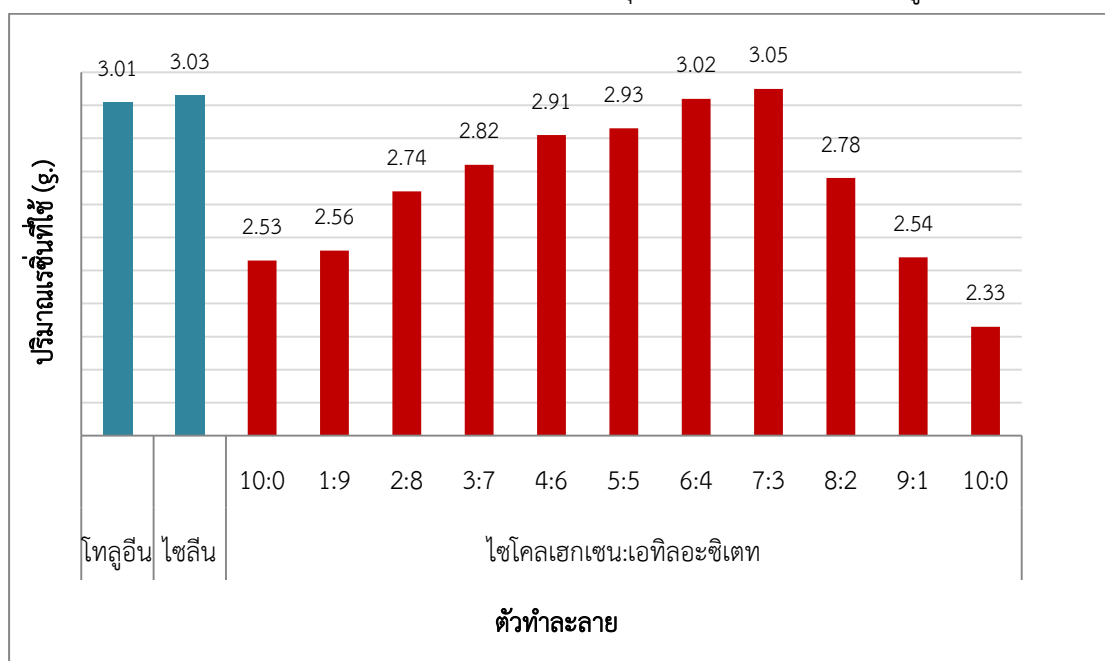
จากผลการทดลอง ตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่นำมาศึกษาเพื่อทดแทนตัวทำละลายเดิม พบว่าตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายโพลีเมอร์เรซินได้มาก และเร็วที่สุด รองลงมาคือเอทิลอะซิเตท ในขณะที่ตัวทำละลายบิวทิลอะซิเตท และเมทิลเอทิลคีโตนสามารถละลายโพลีเมอร์เรซินได้น้อย จากข้อมูลดังกล่าวเมื่อพิจารณาแล้ว ตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการนำมาใช้งานคือตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน และเอทิลอะซิเตท

จากข้อมูลดังกล่าวจึงพิจารณาใช้ตัวทำละลายร่วมสำหรับงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาหาสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับตัวทำละลายที่เลือกใช้ 2 ชนิด เพื่อหาคุณสมบัติการละลายของตัวทำละลายร่วมในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยการทดสอบคุณสมบัติการละลายของสารละลายผสมในสัดส่วนต่างๆกัน โดยพิจารณาการละลายที่สภาวะอุณหภูมิและความดันมาตรฐานบรรยากาศ (STP) พิจารณาจุดอิมตัวของ การละลายว่าสามารถละลายโพลีเมอร์เรซินได้มากเท่าไร ข้อมูลดังกล่าวจะทำการเปรียบเทียบกับตัวทำละลายเดิมคือโทลูอีน และไซลีน ในสัดส่วน เทียบกับการใช้โทลูอีน 100% และ ไซลีน 100%

ตารางที่ 5.1 : สัดส่วนตัวทำละลายที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการละลาย

ตัวทำละลาย	สัดส่วนตัวทำละลาย										
ไซโคลเฮกเซน	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
เอทิลอะซิเตท	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
สัดส่วนโดยรวม (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

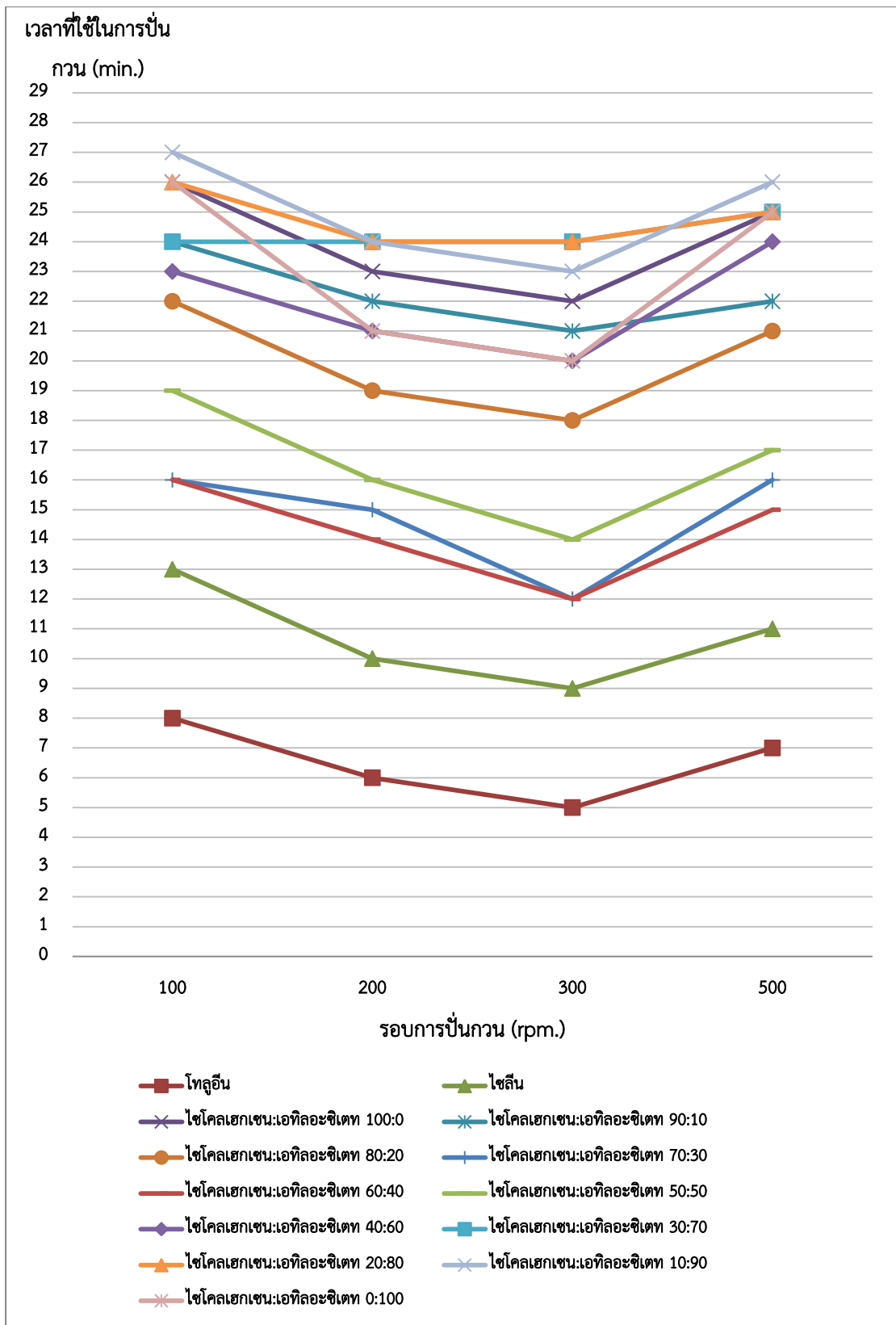
จากการทดลองปริมาณการใช้โพลีเมอร์เรซินเพื่อทดสอบคุณสมบัติการละลายได้ข้อมูลดังภาพที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 : ปริมาณโพลีเมอร์เรซินที่ใช้จนละลายอิมตัวต่อชนิดและสัดส่วนของตัวทำละลาย

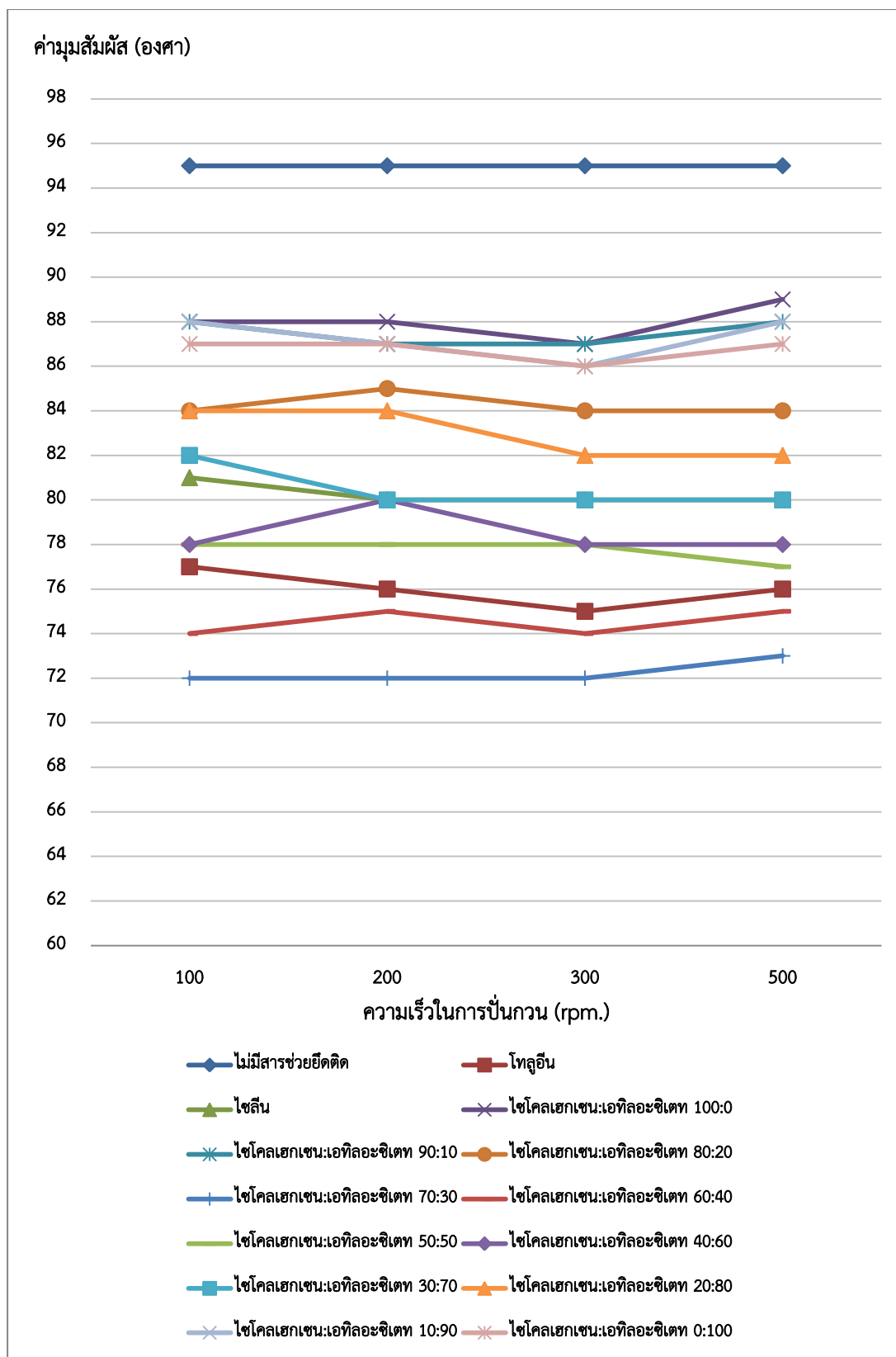
จากผลการทดลองคือสัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายไซโคลเฮกเซน และเอทิลอะซิเตท ซึ่งมีผลในแง่ของกระบวนการผลิตที่สามารถทำให้โพลีเมอร์เรซินมีการละลายได้ดี และเร็ว ดังจะเห็นได้จากการทดลองว่าสัดส่วนของตัวทำไซโคลเฮกเซน และเอทิลอะซิเตทที่มีประสิทธิภาพต่อการละลายของสารได้ดีคือสัดส่วนไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท เท่ากับ 6:3 และ 7:4 โดยเปรียบเทียบตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่าย กับตัวทำละลายเดิมคือโทลูอีนและไซลีน ตัวทำละลายสามารถละลายได้ใกล้เคียงกับตัวทำละลายเดิม และมีความสามารถในการละลายได้สูงสุดเมื่อเทียบกับไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท สัดส่วนอื่น เนื่องจากในสารช่วยยึดติดที่นำมาใช้ในการทดลองมีส่วนประกอบซึ่งเป็นสารประกอบโคโพลีเมอร์ สารที่สามารถละลายได้ดีในไซโคลเฮกเซน ได้แก่ ส่วนที่เป็น คลอรีเนตเต็ดโพลีโอเลฟิน และเมลานิกแอนไฮไดรด์ (Chlorinated polyolefin with melaic anhydride) และสารที่สามารถละลายได้ดีในเอทิลอะซิเตทได้แก่ ส่วนที่เป็นไฮดรอกซีเมทิลวันทรีโพรพานไดโอดอลโพลีเมอร์ (Hydroxyl-1,3-Propanodiol polymer) โดยมีรายละเอียดของผลการทดลองแสดงในภาคผนวก ข.

และผลการทดลองจากการพิจารณาเรื่องความเร็วในการปั่นกวนเปรียบเทียบกับเวลาที่ทำให้โพลีเมอร์เรซินเป็นเนื้อเดียวกับตัวทำละลายกลายเป็นสารยึดติดที่อยู่ในรูปสารละลายของแข็ง พบว่าความเร็วในการปั่นกวนที่ 300 rpm. สามารถทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้เร็ว และเมื่อพิจารณาถึงความเร็วในการปั่นกวนที่ 500 rpm. เปรียบเทียบกับความเร็วที่ 100-300 rpm. ในความเร็วที่ 100-300 rpm. จากรายละเอียดในภาคผนวก ค. แนวโน้มของสารช่วยยึดติดจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากค่ามุมสัมผัสที่ลดลง อาจเป็นผลอันเนื่องมาจากความเร็วรอบทำให้พื้นผิวสัมผัสของโพลีเมอร์เรซินมีโอกาสสัมผัสกับตัวทำละลายได้มากขึ้น เมื่อสัมผัสกับตัวทำละลายได้มาก ความเป็นเนื้อเดียวของสารยึดติดที่ได้ จะมีมาก และส่งผลให้มีความสามารถในการยึดติดได้ดีขึ้น ในขณะที่ความเร็วที่ 500 รอบต่อนาที เป็นความเร็วที่ทำให้สารละลายขณะปั่นกวนเกิด จุดศูนย์กลางของการปั่นกวนที่มีการเคลื่อนตัวน้อยกว่าจุดอื่นๆ ทำให้การสัมผัสของโพลีเมอร์เรซินสัมผัสกับตัวทำละลายได้ไม่ทั่วถึง ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าว ส่งผลต่อความสามารถในการเพิ่มพลังงานพื้นผิวของพื้นผิวที่มีพลังงานพื้นผิวต่ำ ประเภทโพลีโอเลฟินและยางสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามในการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ ใช้หลักการออกแบบระบบปั่นกวน ตามอ้างอิงในภาคผนวก ค.1

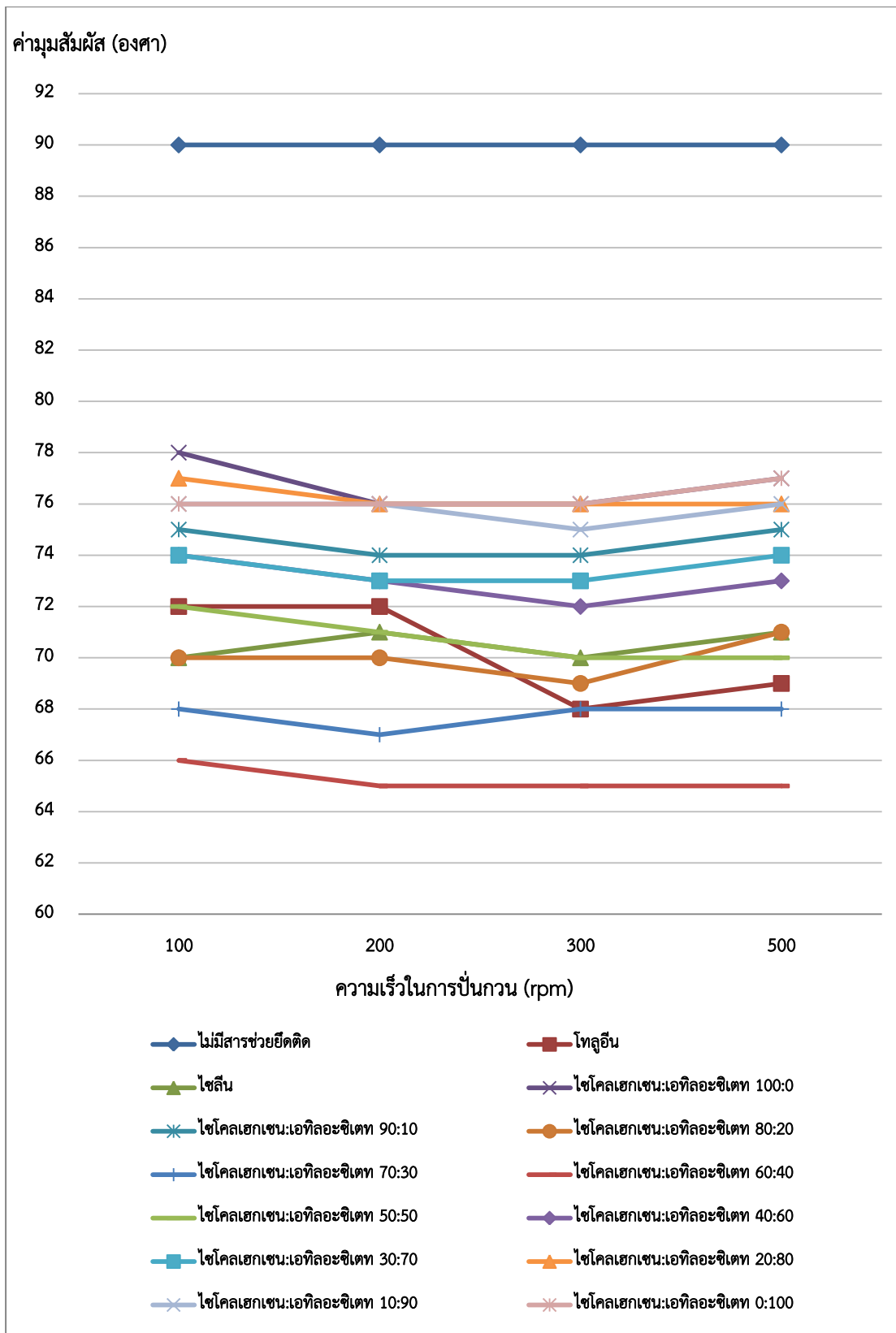


ภาพที่ 5.3 : เวลาที่ใช้เพื่อนำให้โพลีเมอร์เรซินละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่ศึกษา

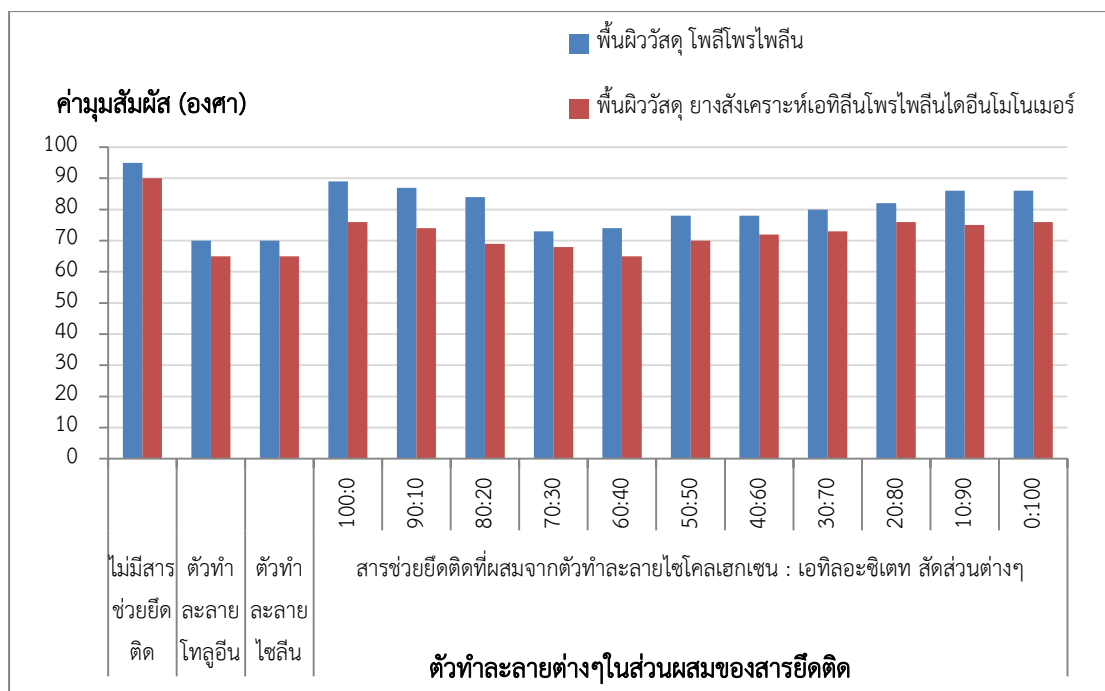
จากเวลาที่ใช้ในการทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์โดยเทคนิคการหาค่ามูสมัผัสของพื้นผิวเมื่อมีการเคลือบด้วยสารยึดติดที่ได้จากการผันแปรสัดส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่าย กับความเร็วในการปั่นกวน ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง. แนวโน้มที่ได้เป็นไปในทางเดียวกันคือ สารช่วยยึดติดที่เป็นสารละลายของแข็งมีความเร็วที่เหมาะสมในการปั่นกวนให้สารเป็นเนื้อเดียวกันที่ 300 rpm. จะมีความสามารถในการละลาย เป็นสารช่วยยึดติดที่มีประสิทธิภาพที่สุด อย่างไรก็ตามผลของค่ามูสมัผัสเป็นส่วนประกอบหนึ่งในการพิจารณาความสามารถในการละลาย โดยเป็นข้อมูลในการพิจารณาถึงคุณสมบัติการละลายของตัวทำละลายว่าสามารถละลายเรซินได้มากน้อยเพียงใด ในขณะที่เดียวกันค่ามูสมัผัสสามารถบอกได้ถึงประสิทธิภาพของตัวทำละลายในการเป็นตัวนำ และกระจายปริมาณของเรซินละลาย เพื่อเป็นสารช่วยยึดติดบนพื้นผิวของวัสดุ ถ้าตัวทำละลายมีความสามารถในการละลาย และกระจายตัวของเรซินได้ดี ค่ามูสมัผัสของพื้นผิวที่ได้จะลดน้อยลง นั่นคือปริมาณของสารช่วยยึดติดสามารถกระจายตัว และเพิ่มพลังงานพื้นผิวของวัสดุได้ดี ดังแสดงดังภาพที่ 5.4 และ 5.5 โดยแสดงถึงมูสมัผัสบนพื้นผิวโพลีโพรไพลีน และยางเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ ตามลำดับ



ภาพที่ 5.4: เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสของสารช่วยยึดติดที่ผสมจากตัวทำละลายในสัดส่วนต่างๆ กับความเร็วในการปั่นกวนบนพื้นผิววัสดุโพลีโพรไพลีน



ภาพที่ 5.5: เปรียบเทียบค่ามุมสัมผัสของสารช่วยยึดติดที่ผสมจากตัวทำละลายในสัดส่วนต่างๆ กับความเร็วในการปั่นกวนบนพื้นผิววัสดุยางสังเคราะห์เอทีลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์

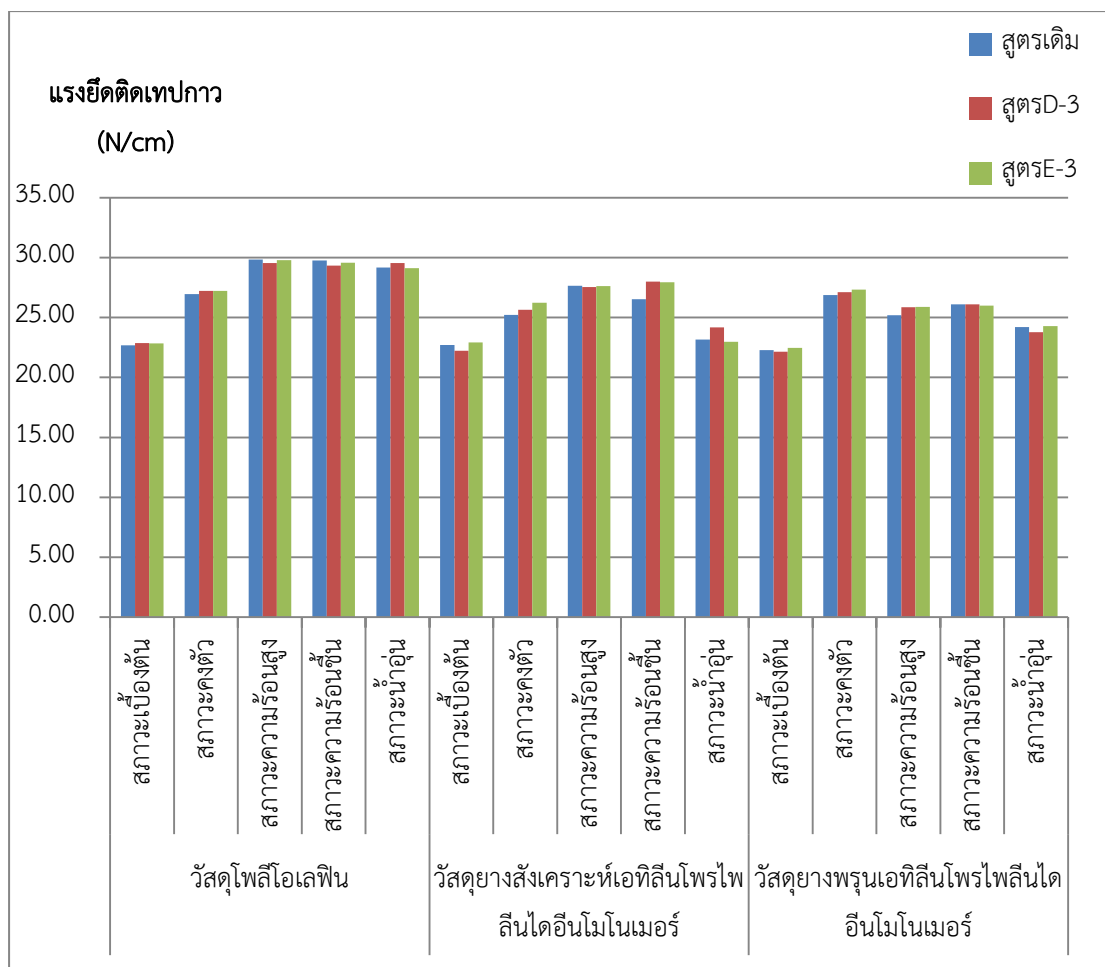


ภาพที่ 5.6: เปรียบเทียบค่ามมสัมผัสน์ที่ได้จากการใช้สารช่วยยึดติดที่มีตัวทำละลายในส่วนต่างๆกันบนพื้นผิวโพลีโพรไพลีนและยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ที่ความเร็วในการปั่นกววน 300 รอบต่อนาที

อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการศึกษาผลของความเร็วในการปั่นกววนมีผลต่อโครงสร้างทางเคมีของสารช่วยยึดติดหรือไม่ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ด้วยการส่องกราดด้วยรังสีอินฟราเรด (FT-IR) ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ. ซึ่งเลือกทดสอบสารช่วยยึดติดที่มีสัดส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่าย ไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท 6:3 และ 7:4

จากผลการทดลองพบว่าความเร็วในการปั่นกววนไม่มีผลทำให้โครงสร้างสารช่วยยึดติดเปลี่ยนไป โดยกลุ่มเคมีที่สารช่วยยึดติดที่สำคัญคือกลุ่มอัลคีนที่ปรากฏเป็นยอดคลื่นซ้ำ (double peak) ที่ช่วงความยาวคลื่น 3000 cm^{-1}

การทดลองที่ผ่านมาข้างต้นทำให้ทราบว่าสัดส่วนของตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่เหมาะสมคือ 6:3 และ 7:4 และความเร็วในการปั่นกววนที่เหมาะสมคือ 300 rpm. เพื่อทดสอบค่าประสิทธิภาพการยึดติดของเทปกาวอะคริลิคบนพื้นผิวโพลีโพรไพลีน ยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรไพลีน ไดอินโมโนเมอร์ (EPDM rubber) และยางพรมเอทิลีนโพรไพลีนไดอินโมโนเมอร์ (EPDM Sponge) โดยใช้สารช่วยยึดติดสูตรใช้สารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยเปรียบเทียบกับสูตรเดิม รายละเอียดของผลการทดลองแสดงดังภาคผนวก ฉ. รวมถึงรายละเอียดของการแยกออกของชิ้นงานระหว่างทดสอบแรงดึง อาจพบลักษณะของเทปกาวที่ถูกดึงแตกต่างกัน



ภาพที่ 5.7: ค่าประสิทธิภาพแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเปรียบเทียบระหว่างสูตรของสารช่วยยึดติดสูตรเดิม และสูตรใช้สารอินทรีย์ระเหยง่าย บนพื้นผิวที่ทำการวิจัยในสภาวะการทดสอบต่างกัน

จากผลการทดสอบค่าแรงดึงของเทปกาวอะคริลิกที่ใช้ยึดติดบนวัสดุโพลีโพรไฟลีน ยางสังเคราะห์เอทิลีนโพรไฟลีนไดอินโมโนเมอร์ (EPDM rubber) และยางพุนเอทิลีนโพรไฟลีนไดอินโมโนเมอร์ (EPDM Sponge) โดยใช้สารยึดติดที่ได้จากตัวทำละลายที่ศึกษาในงานวิจัย พบว่าค่าแรงยึดติดที่ทดสอบได้ไม่มีความแตกต่างกับสารยึดติดสูตรเดิมที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่อยู่ในรายการควบคุมตามมาตรฐานอุตสาหกรรมยนต์

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลดิบของผลการทดสอบแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเมื่อใช้สารช่วยยึดติดเปรียบเทียบระหว่างสูตรเดิมที่มีตัวทำละลายสารอินทรีย์ควบคุม และสูตรใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่ถูกควบคุม ในภาคผนวก ฉ. จะพบว่าลักษณะของชิ้นงานหลังจากทดสอบ จะมีลักษณะการขาดของชิ้นงานเป็นการขาดในชั้นวัสดุของเทปกาว (Cohesive) โดยมีบางผลการทดลองที่มีการขาดระหว่างชั้นของเทปกาวและวัสดุที่เป็นพื้นผิวทดสอบ (Adhesive) ซึ่งตรงความต้องการของอุตสาหกรรมที่ต้องการการขาดในชั้นของวัสดุเทปกาว มากกว่าการขาดระหว่างชั้นของเทปกาว และ

พื้นผิววัสดุ สำหรับชิ้นงานบางชิ้นที่มีการขาดระหว่างชั้นของเทปกาวและพื้นผิววัสดุ อาจเกิดจากความผิดพลาดระหว่างการทำความสะอาดพื้นผิววัสดุก่อนทำการทาสารช่วยยึดติด โดยการทำ ความสะอาดพื้นผิววัสดุไม่เพียงพอ ทำให้สารช่วยยึดติดไม่ซึมเข้าสู่พื้นผิววัสดุ แต่เคลือบบนชั้นฟิล์มของสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิววัสดุแทน

ความสามารถในการยึดติดของเทปกาวบนพื้นผิววัสดุ จะแสดงสภาพการยึดติดที่สมบูรณ์เมื่อเวลาผ่านไปจนเทปกาวแสดงการยึดติดขั้นสุดท้าย ดังแสดงในภาพที่ 5.7 พบว่าค่าแรงยึดติดของเทปกาว ในสภาวะคงตัว จะมีค่าสูงกว่าค่าแรงยึดติดที่สภาวะเริ่มต้น เนื่องจากเทปกาว สามารถยึดติดด้วยแรงลือกทางกลกับพื้นผิววัสดุได้มากขึ้นจากแรงหนืดของตัวเทปกาวเอง ที่ไหลไปลือกกับผิวหน้าสัมผัสของพื้นผิว ในขณะเดียวกันเทปกาวยังเกิดพันธะทางเคมีจากความเข้ากันของกลุ่มเคมีระหว่างเทปกาวและพื้นผิววัสดุ โดยมีสารช่วยยึดติดเป็นตัวประสานการยึดติดนั้นอีกด้วย

และเมื่อพิจารณาการทำลายแรงยึดติดด้วยสภาวะอุณหภูมิสูง แรงยึดติดของเทปกาวจะมากขึ้นเนื่องจากการไหลตัว และลือกกับผิวหน้าสัมผัสได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเดียวกับในสภาวะความชื้นสูง ในขณะที่สภาวะแช่น้ำอุ่น จะมีแรงยึดติดที่ลดลง เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอุ่นที่สามารถแทรกตัวไประหว่างเทปกาวและพื้นผิววัสดุบางส่วน ทำให้หน้าสัมผัสของเทปกาว สัมผัสกับพื้นผิววัสดุ โดยผ่านชั้นฟิล์มของน้ำอุ่น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าแรงยึดติดในสภาวะน้ำอุ่นต่ำลง

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการศึกษาตัวทำละลายที่เป็นส่วนผสมในการผลิตสารช่วยยึดติดระหว่างเทปกาวอะคริลิกและพื้นผิวที่มีพลังงานพื้นผิวดำ ประเภทโพลีเอเลฟิน และยางสังเคราะห์ ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการผลิตเป็นชิ้นงานภายในรถยนต์

ในอุตสาหกรรมรถยนต์มีความต้องการในการควบคุมสารอินทรีย์ระเหยง่าย โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นงานภายในรถยนต์ หรือห้องโดยสารรถยนต์ เนื่องจากผลกระทบของตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่าย มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง แต่มีความเป็นพิษสะสม ต่อสิ่งแวดล้อม ผู้ใช้งาน ในโรงงานผลิต และผู้ขับขี่ยานยนต์ เมื่อใช้เป็นเวลานาน ด้วยความต้องการดังกล่าว ทำให้ผู้ผลิตที่เกี่ยวข้องกับการผลิตชิ้นส่วนภายในรถยนต์ ต้องตระหนักและคำนึงถึงวัตถุดิบที่นำไปใช้กับชิ้นส่วนภายในรถยนต์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวทำละลายที่เป็นส่วนผสมของสารช่วยยึดติด เนื่องจากระบบการยึดติดด้วยเทปกาวอะคริลิกเป็นระบบที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น และเป็นระบบการยึดติดที่ใช้แทนระบบการยึดติดแบบไม่จำเป็นที่จะเป็นการใช้น้ำ สกรู เป็นต้น ถึงแม้ว่าเทปกาวอะคริลิกจะเป็นเทปกาวที่สามารถใช้งานได้ในช่วงกว้างของความแตกต่างไม่ว่าจะด้านสภาพแวดล้อมในการใช้งานหรือความหลากหลายในการใช้กับวัสดุชนิดต่างๆ แต่เทปกาวอะคริลิกก็ไม่สามารถยึดติดกับพื้นผิวที่มีพลังงานพื้นผิวดำได้ ซึ่งด้วยข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้การใช้งานสารช่วยยึดติดในการช่วยเพิ่มแรงยึดติดระหว่างเทปกาวอะคริลิกได้มากขึ้น สารช่วยยึดติดดังกล่าวจึงต้องมีการคำนึงถึงปริมาณการใช้ตัวทำละลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่อยู่ในรายการควบคุมของอุตสาหกรรมรถยนต์

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาถึงตัวทำละลายทดแทนโดยเลือกใช้ตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน เอทิลอะซิเตท เมทิลเอทิลคีโตน และบิวทิลอะซิเตท โดยการเลือกใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ดังกล่าวไม่อยู่ในรายการควบคุมตามข้อกำหนดอุตสาหกรรมรถยนต์ อีกทั้งยังมีความเป็นพิษน้อยกว่าตัวทำละลายเดิมที่เป็นโทลูอิน และไซลีน

ในการเลือกใช้ตัวทำละลายทดแทนดังกล่าวต้องอยู่ในเงื่อนไขที่ตัวทำละลายดังกล่าวนี้สามารถละลายโพลีเมอร์เรซินที่นำมาใช้เป็นโบนีเตอร์ในสารช่วยยึดติด และเนื่องจากโพลีเมอร์เรซินที่เลือกใช้เป็นโพลีเมอร์ร่วม ซึ่งมีความสามารถในการละลายของตัวทำละลายต่อโพลีเมอร์จะแตกต่างจากผลการละลายในโพลีเมอร์ชนิดเดียวกัน

หลังจากทำการทดลองถึงความสามารถในการละลายเป็นพิจารณาผลการทดลองถึงการเลือกใช้ตัวทำละลายที่นำมาทดสอบแล้วพบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นสูตรสารช่วยยึดติดสำหรับพื้นผิวที่มีพลังงานพื้นผิวดำกลุ่มโพลีเอเลฟิน และยางสังเคราะห์ ได้แก่ตัวทำละลาย

ผสมระหว่างตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน และตัวทำละลายเอทิลอะซิเตท ในสัดส่วนที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการผลิตเป็นสารช่วยยึดติดคือสัดส่วนระหว่างไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตทที่ 6:4 และ 7:3 ซึ่งตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนสามารถละลายกลุ่มอัลคีน และเอทิลอะซิเตทละลายกลุ่มโพลี แอลกอฮอล์ ที่เป็นโพลีเมอร์รวมในโพลีเมอร์เรซินที่เลือกใช้ อย่างไรก็ตามความอันตรายนอกเหนือ ข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์ของตัวทำละลายทางเลือกที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ สามารถอ้างอิง ได้จากข้อมูลความปลอดภัยของสารในภาคผนวก ซ.

ในขณะเดียวกันในงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาถึงความเร็วในการปั่นกวนสารละลายของแข็งที่ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงสภาวะการผลิตที่เหมาะสมสำหรับผลิตสารช่วยยึดติด พบว่า ความเร็วในการปั่นกวนที่ 300 rpm. เป็นความเร็วที่เหมาะสม ที่ทำให้โพลีเมอร์เรซินมีประสิทธิภาพในการละลายในตัวทำละลายได้มากที่สุด และใช้เวลาน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเพิ่มการผลิตจากขนาดการผลิตในห้องทดลองเป็นการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ความเร็วในการปั่นกวนอาจมีการศึกษาเพิ่มถึงการเพิ่มใบปั่น ครีบ หรือระบบการปั่นกวนที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นต่อไป

สารช่วยยึดติดที่ผลิตจากตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายในอัตราส่วน ไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท 6:3 และ 7:4 ที่ใช้ความเร็วในการปั่นกวน 300 rpm. ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติดของเทปกาวอะคริลิกบนพื้นผิวกลุ่มโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์ โดยสารช่วยยึดติดที่ได้ มีประสิทธิภาพในการช่วยยึดติดสำหรับเทปกาวอะคริลิกได้เทียบเท่ากับสูตรเดิมที่ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายที่อยู่ในรายการควบคุม

ข้อมูลจากงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาสูตรการผลิตสารช่วยยึดติดสำหรับพื้นผิวพลังงานต่ำกลุ่มโพลีโอเลฟิน และยางสังเคราะห์ โดยหวังว่างานวิจัยนี้สามารถนำไปศึกษาต่อเพื่อผลิตเป็นสารช่วยยึดติดในการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

รายการอ้างอิง

- [1] Joe Franklin, Automotive volatile organic compounds (VOCs emitting from a new vehicles, Intertek automotive research (2006)
- [2] Raymond L. Etter, Jr., Longview, Tex, Chlorinated polymeric compositions useful as rimer for polyolefins, United states patent (1976)
- [3] Walter Brockmann, Paul Ludwig Geiß, Jürgen Kligen, Bernhard Schröder, Adhesive bonding, WILEY-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA (2009)
- [4] D.E.Packham, Handbook of adhesion second edition, John Wiley & Sons,Ltd (2005)
- [5] <http://www.specialchem4adhesives.com/resources/adhesionguide/> (online)
- [6] D.E.Packham, Work of adhesion: contact angles and contact mechanics, School of materials science, University of bath (1995)
- [7] Derrick O. Njobuenwu, Esio O.Obobo, Rhoda H.Gumus, Determination of contact angle from contact area of liquid droplet spreading on solid substrate
- [8] J.F.Padday, Wetting, Spreading and Adhesion, Academic Press (1978)
- [9] Scott Sabreen, Surface wetting and pretreatment method, The Sabreen Group, Inc.
- [10] R.Houwink, Adhesion and adhesives, Elsevier Publishing Company (1967)
- [11] ISO 16000-9
- [12] Horst Hintze-Brüning, Harald Borgholte, Coating of untreated polypropylene with halogen free aqueous materials, Progress in organic coatings 40 (2000), 49-54
- [13] Michael D.Foster and Shelby F. Thames, Chlorinated maleinizedguayule rubber as an adhesion promoter for polypropylene, Southern society for coatings technology (1998)
- [14] M.N.Sathyanarayana, M.Yaseen, Role of promoters in improving adhesion of organic coating to a substrate, Progress in organic coatings 26 (1995), 275-313
- [15] ASTM E1148-2 (2008)
- [16] ASTM D7490-08
- [17] Christie J.Geankoplis, Transport process and unit operations, Third edition, Prentice-Hall International , Inc., 1993
- [18] ศูนย์ข้อมูลวัสดุอันตราย และเคมีภัณฑ์, กรมควบคุมมลพิษ

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ก.1 ผลของค่าเปอร์เซ็นต์ของของแข็งในสารละลาย

ตัวทำละลาย	น้ำหนักถ้วย อลูมิเนียมฟอยด์ (กรัม)	น้ำหนัก A (กรัม)	น้ำหนัก B (กรัม)	เปอร์เซ็นต์ ของแข็ง
ไซโคลเฮกเซน	1.7881	11.7881	11.0366	93.62
เมทิลเอทิลคีโตน	1.5463	11.5463	4.3576	37.74
เอทิลอะซิเตท	1.6162	11.6162	8.8655	76.32
บิวทิลอะซิเตท	1.6481	11.6481	6.5707	56.41

สูตรที่ใช้ในการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแข็งคือ $\frac{\text{น้ำหนัก B}}{\text{น้ำหนัก A}} \times 100$

ตัวอย่างการคำนวณ

เช่น การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่สามารถละลายได้ในไซโคลเฮกเซน

$$\frac{\text{น้ำหนัก B}}{\text{น้ำหนัก A}} \times 100 = \frac{11.0366}{11.7881} \times 100 = 93.62\%$$

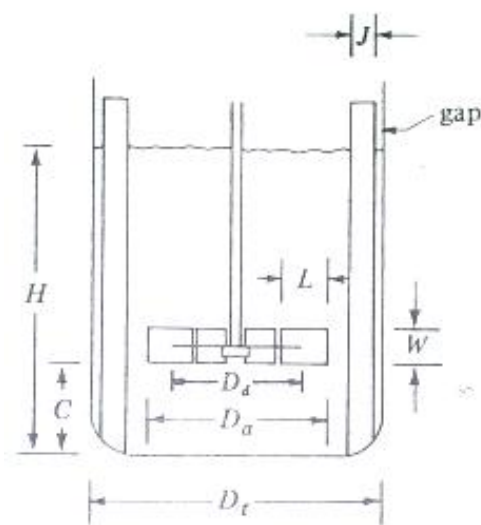
ภาคผนวก ข

ข.1 ปริมาณของโพลีเมอร์เรซินมากที่สุดที่ตัวทำละลายสามารถละลายภายใต้อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศ

ตัวทำละลาย		ปริมาณโพลีเมอร์เรซินที่ใช้ (กรัม)
โทลูอีน		3.01
ไซลีน		3.03
ไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท	100:0	2.53
	10:90	2.56
	20:80	2.74
	30:70	2.82
	40:60	2.91
	50:50	2.93
	60:40	3.02
	70:30	3.05
	80:20	2.78
	90:10	2.54
	100:0	2.33

ภาคผนวก ค

ค.1 หลักการออกแบบพื้นฐานระบบการปั่นกววน ^[17]



$$\frac{Da}{Dt} = 0.3 \text{ to } 0.5 \quad \frac{H}{Dt} = 1 \quad \frac{C}{Dt} = \frac{1}{3} \quad \frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{Dd}{Da} = \frac{2}{3} \quad \frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \quad \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

ค.2 เวลาที่ใช้การปั่นกววนที่ความเร็วในการปั่นกววนต่างๆ (นาที)

ตัวทำละลาย	เวลาที่ใช้ในการผสมสารจนเป็นเนื้อเดียวกัน (min)				
	100	200	300	500	
ความเร็วในการปั่นกววน (rpm.)	100	200	300	500	
ตัวทำละลายโทลูอีน	8	6	5	7	
ตัวทำละลายไซลีน	13	10	9	11	
สารช่วยยึดติดที่ผสมจากตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน : เอทิลอะซิเตท สัดส่วนต่างๆ	100:0	26	23	22	25
	90:10	24	22	21	22
	80:20	22	19	18	21
	70:30	16	15	12	16
	60:40	16	14	12	15
	50:50	19	16	14	17

	40:60	23	21	20	24
	30:70	24	24	24	25
	20:80	26	24	24	25
	10:90	27	24	23	26
	0:100	26	21	20	25

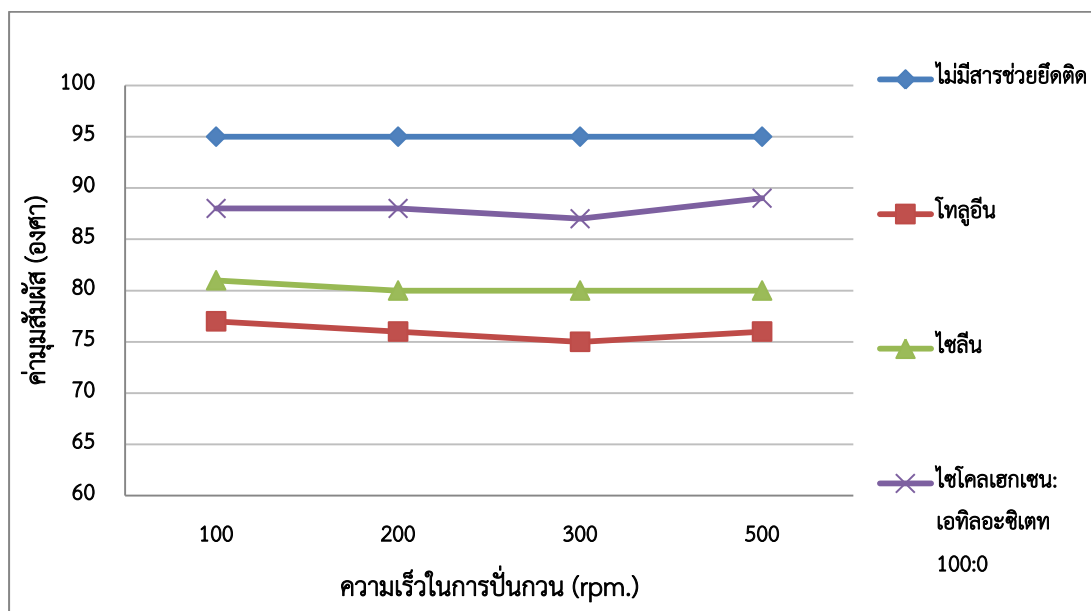
ภาคผนวก ง

ง.1 ค่ามุมสัมผัสของสารยึดติดที่ได้จากสูตรการผสม และความเร็วในการปั่นกวนที่แตกต่างกัน

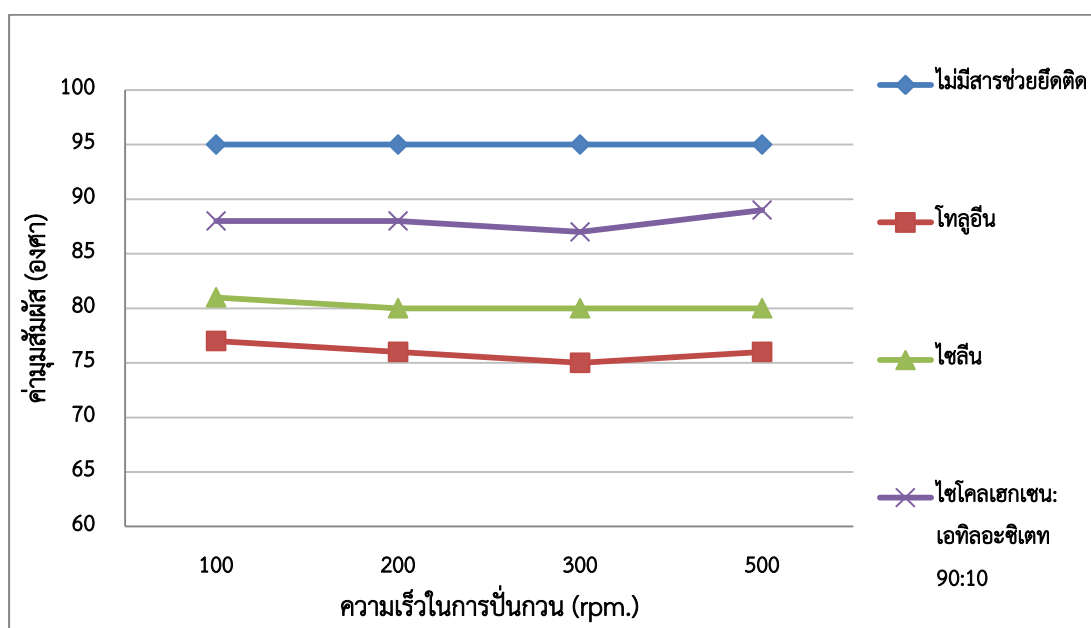
ตัวทำละลาย	พื้นผิววัสดุ								
	โพลีโพรไพลีน				ยางเอทิลีนโพรไพลีนไดอีน โมโนเมอร์				
ความเร็วในการปั่นกวน (rpm)	100	200	300	500	100	200	300	500	
ไม่มีสารช่วยยึดติด	95	95	95	95	90	90	90	90	
ตัวทำละลายโทลูอีน	77	76	75	76	72	72	68	69	
ตัวทำละลายไซลีน	81	80	80	80	70	71	70	71	
สารช่วยยึดติดที่ผสมจาก ตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน : เอทิลอะซิเตท สัดส่วนต่างๆ	100:0	88	88	89	89	78	76	76	77
	10:90	88	87	86	88	76	76	75	76
	20:80	84	84	82	82	77	76	76	76
	30:70	82	80	80	80	74	73	73	74
	40:60	78	80	78	78	74	73	72	73
	50:50	78	78	78	77	72	71	70	70
	60:40	74	75	74	75	66	65	65	65
	70:30	72	72	73	73	68	67	68	68
	80:20	84	85	84	84	70	70	69	71
	90:10	88	87	87	88	75	74	74	75
0:100	87	87	86	87	76	76	76	77	

ง.2 แผนภูมิแสดงค่ามุมสัมผัสของสารยึดติดที่ส่งผลต่อวัสดุโพลีโพรไพลีนที่ใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตทแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับสารยึดติดสูตรเดิมที่ใช้ตัวทำละลายโทลูอีนและไซลีน

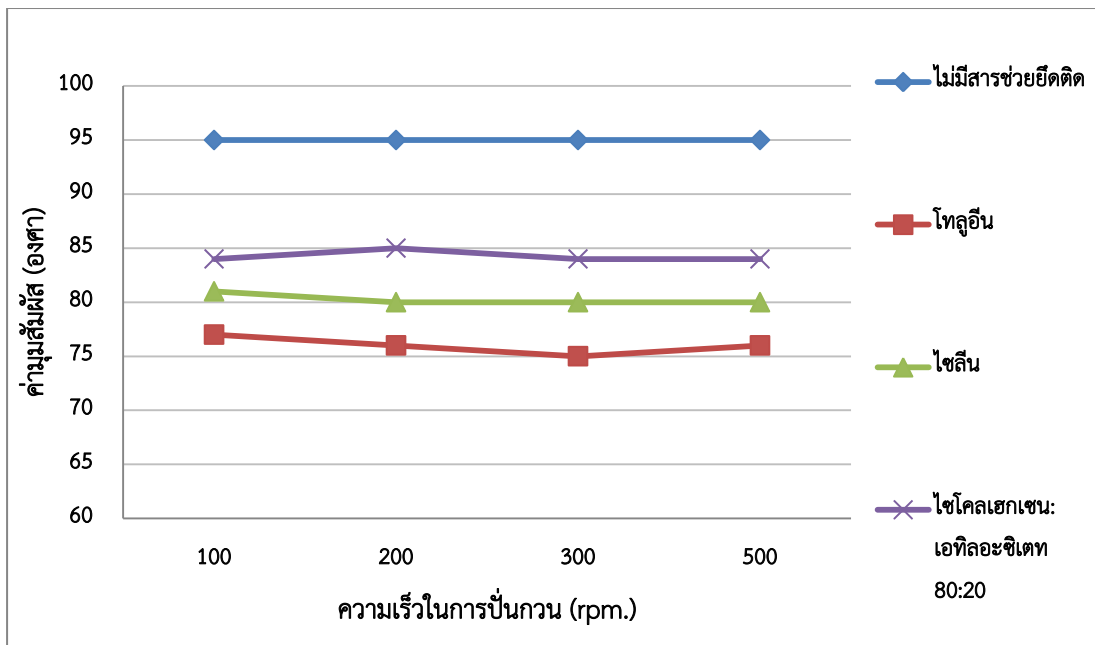
ค.2-1 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 100:0



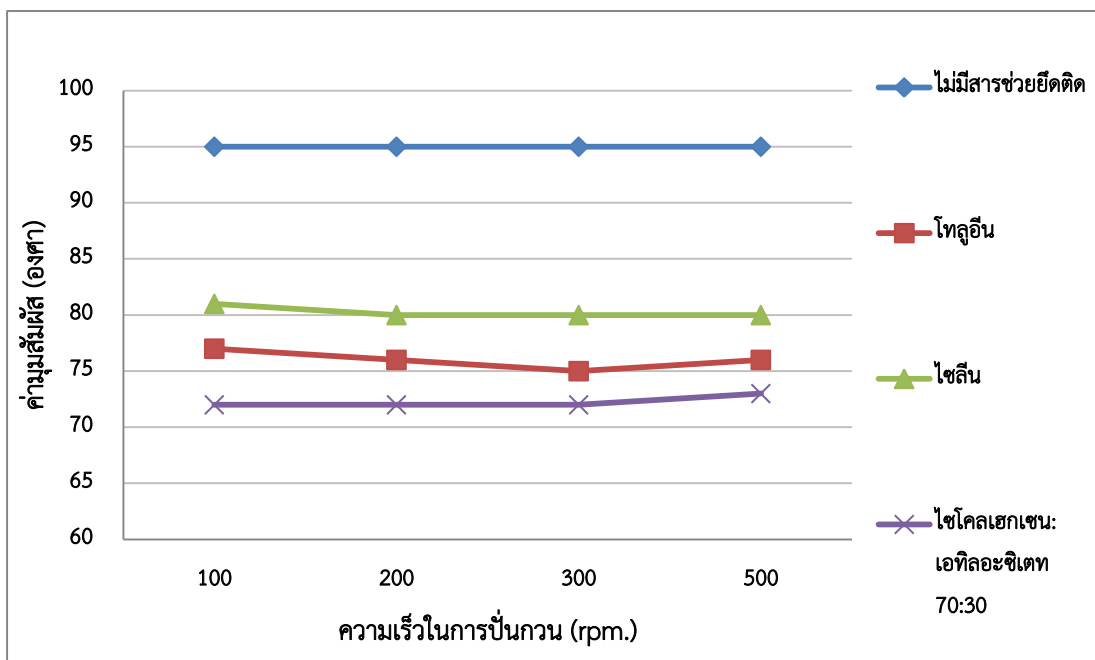
ง.2-2 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 90:10



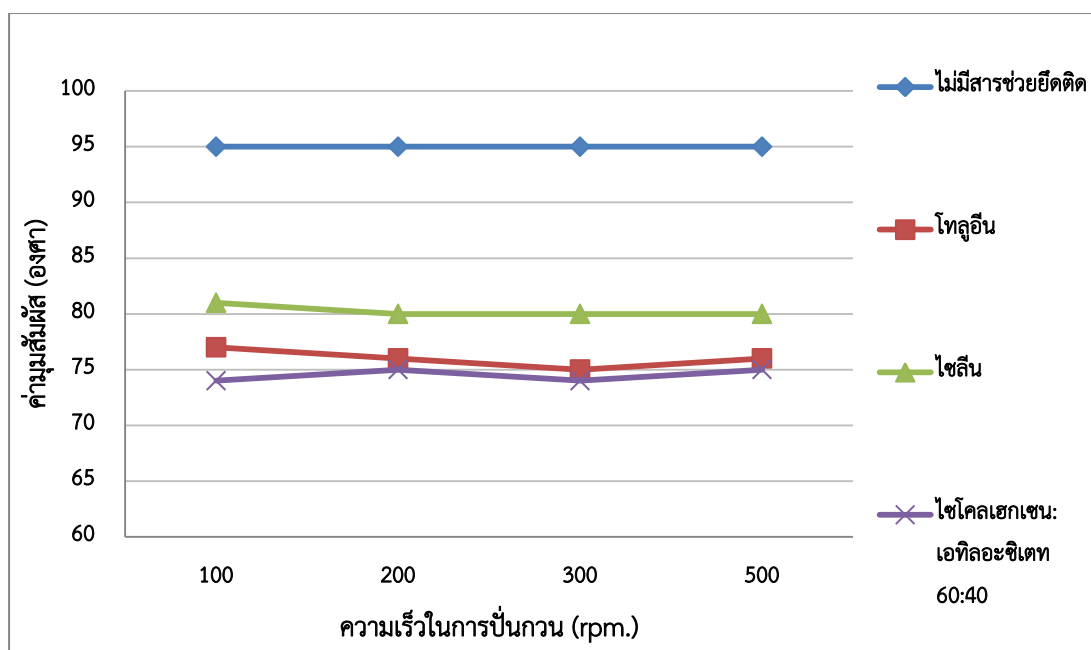
ง.2-3 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 80:20



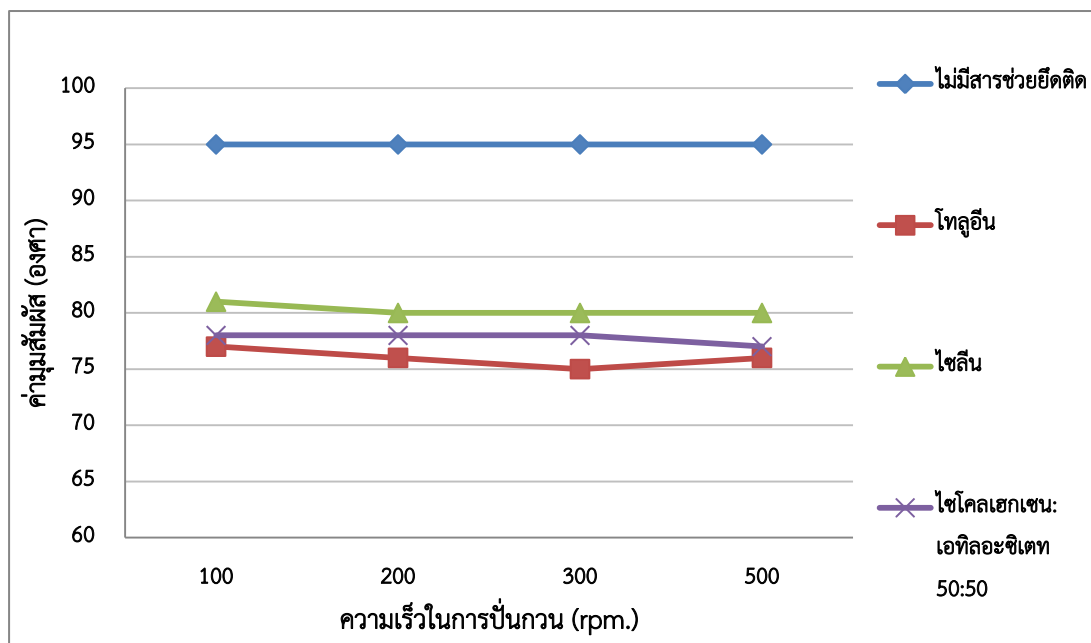
ง.2-4 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 70:30



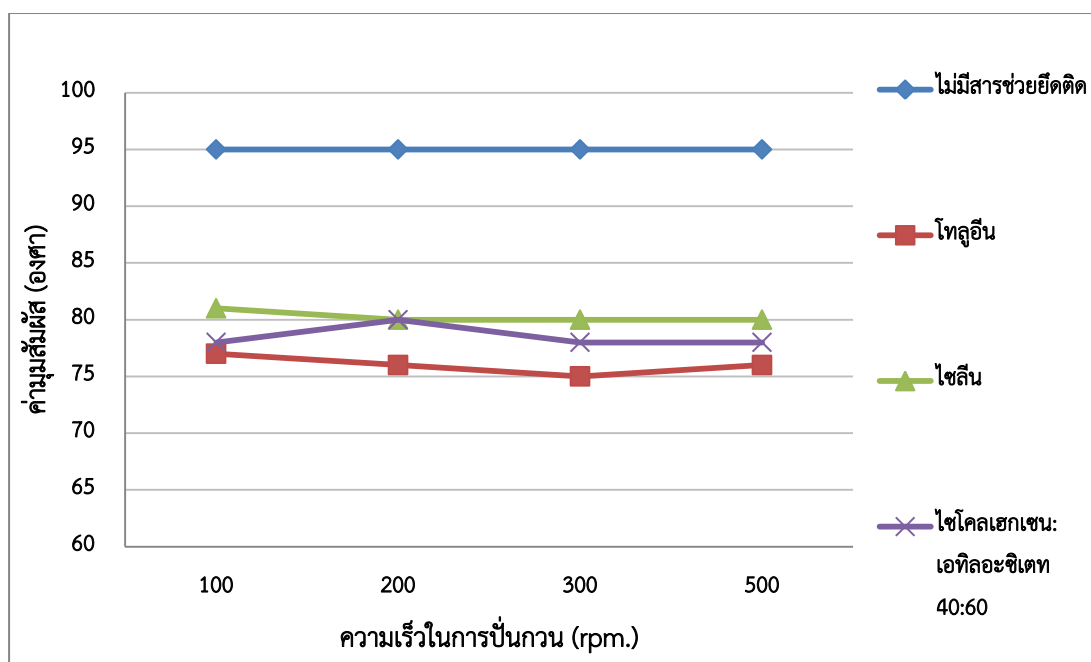
ง.2-5 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 60:40



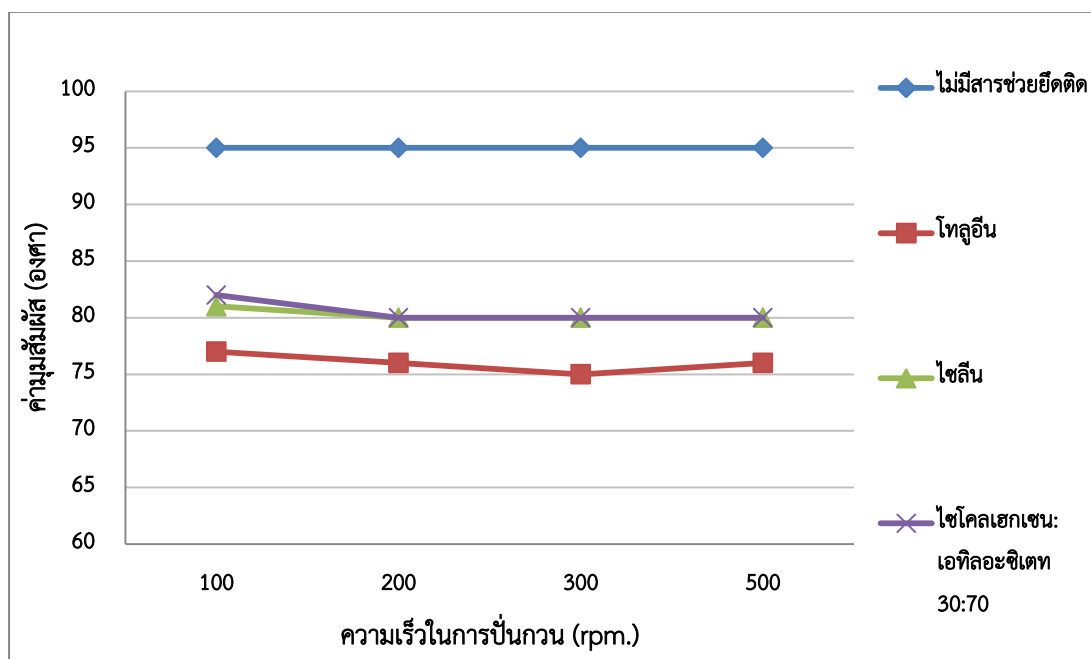
ง.2-6 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 50:50



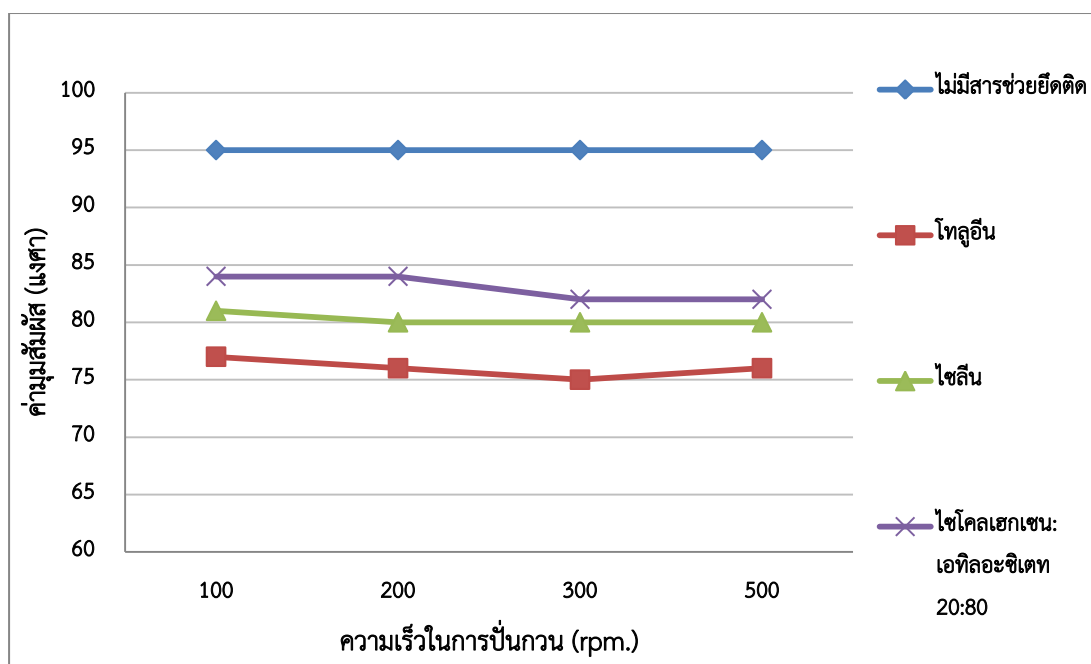
ง.2-7 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 40:60



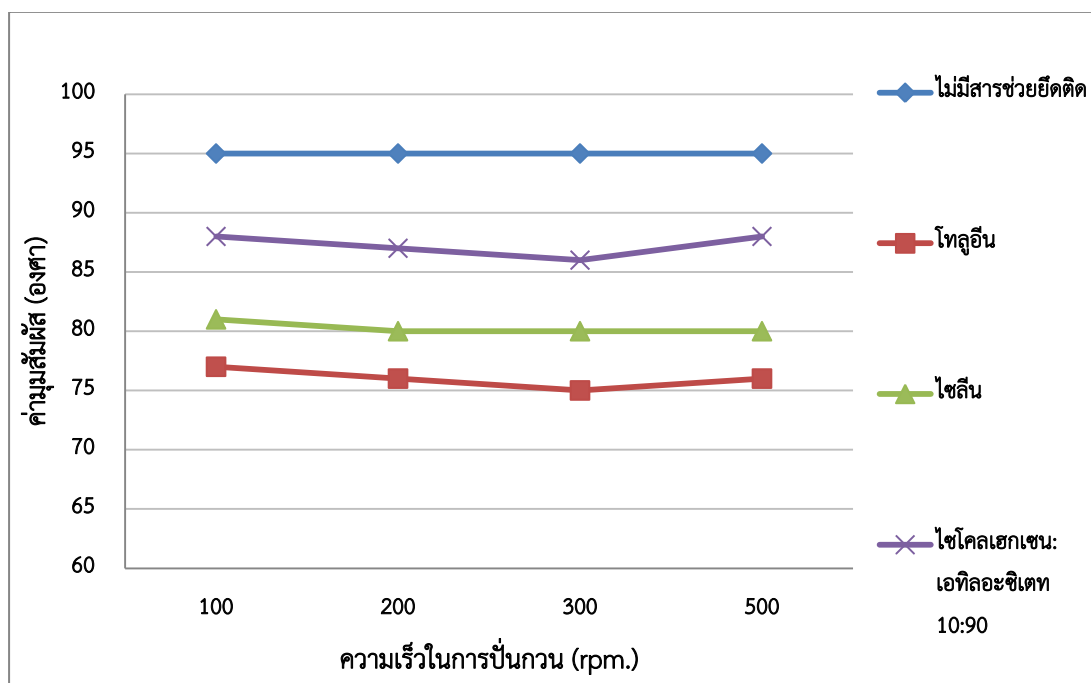
ง.2-8 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 30:70



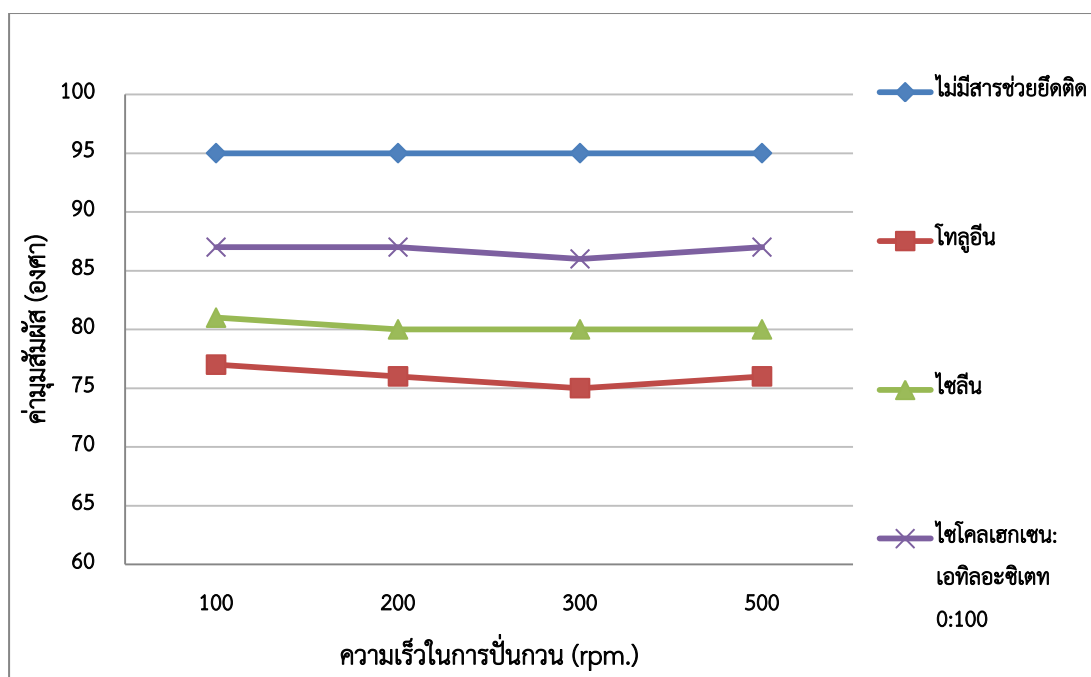
ง.2-9 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 20:80



ง.2-10 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 10:90

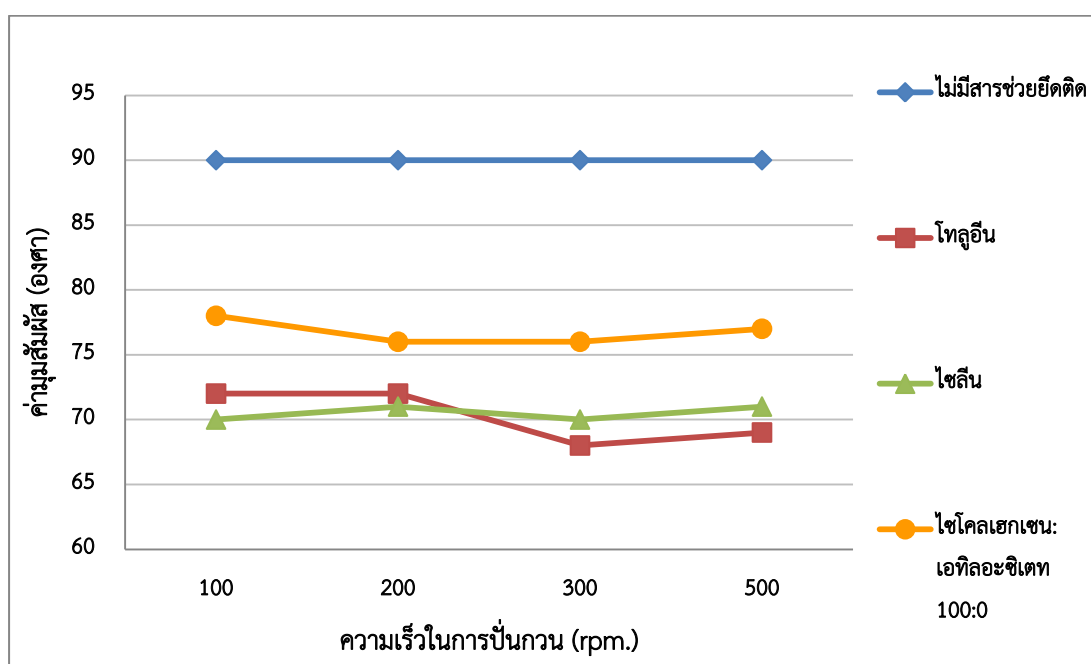


ง.2-11 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 0:100

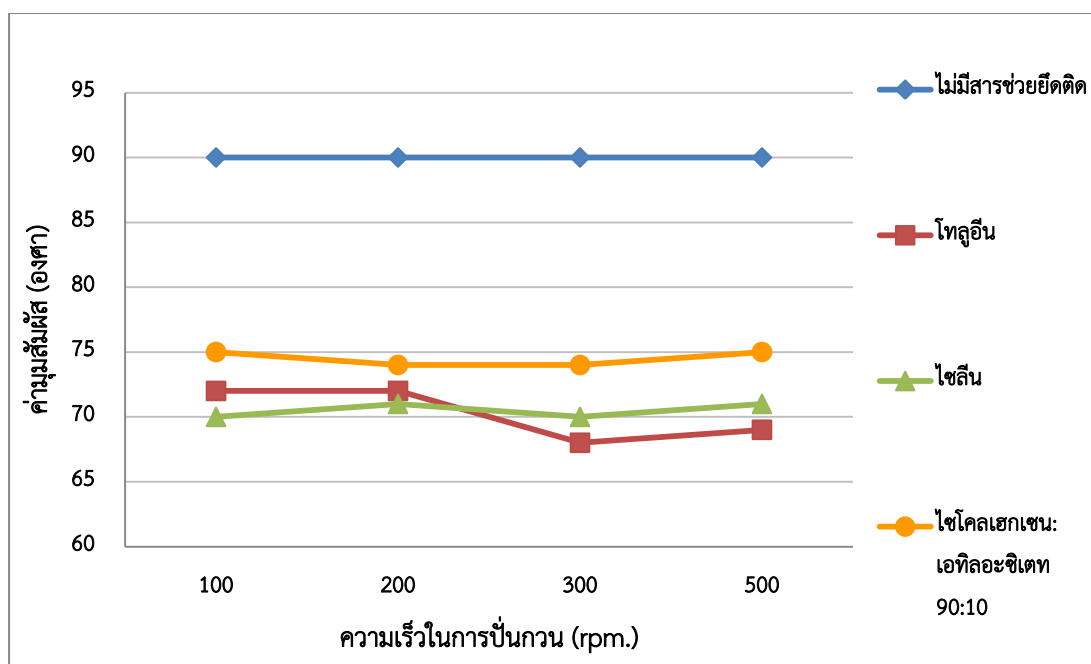


ง.3 แผนภูมิแสดงค่ามุลัมสัมพัทธ์ของสารยัดตติที่ส่งผลต่อวัสดุยางอีพีดีเอ็ม ที่ใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตทแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับสารยัดตติสูตรเดิมที่ใช้ตัวทำละลายโทลูอินและไซลีน

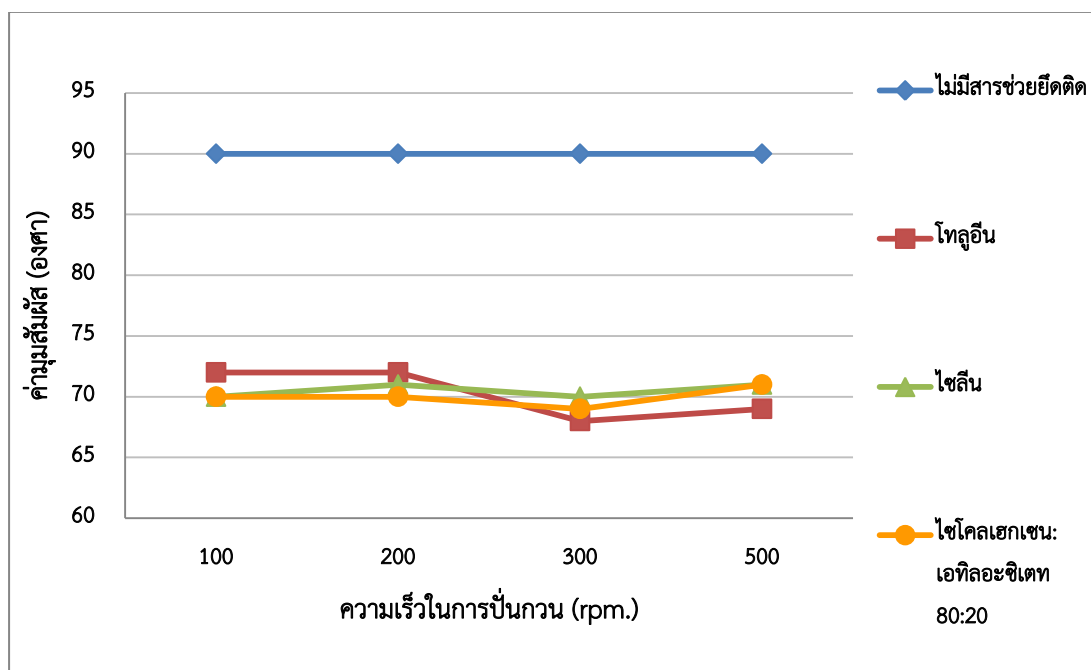
ง.3-1 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 100:0



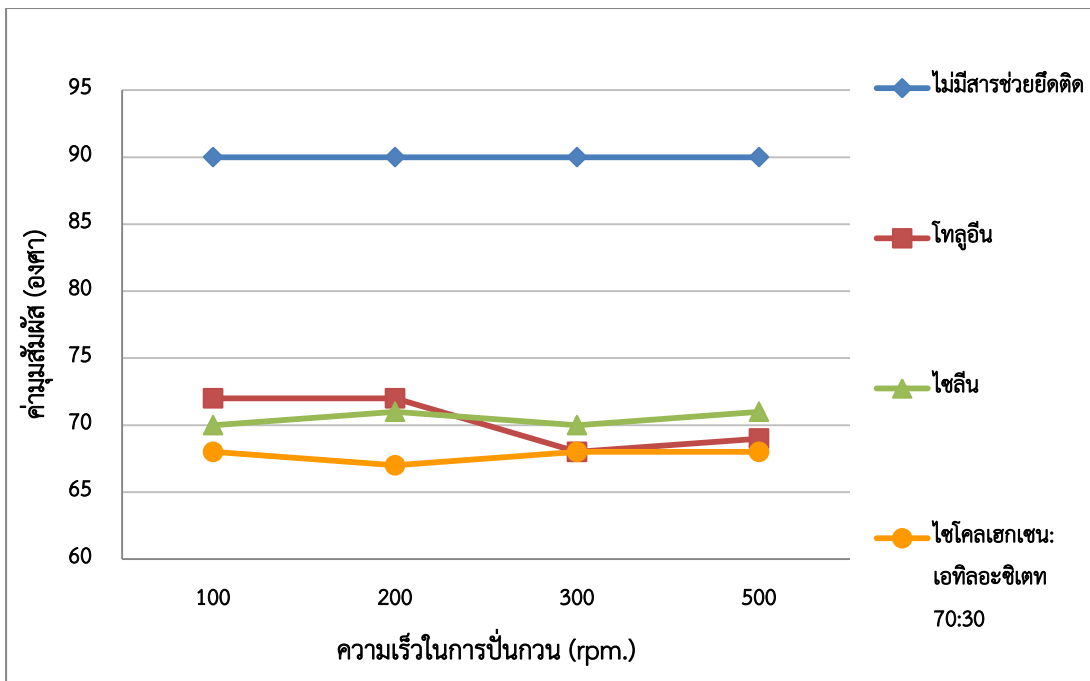
ง.3-2 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 90:10



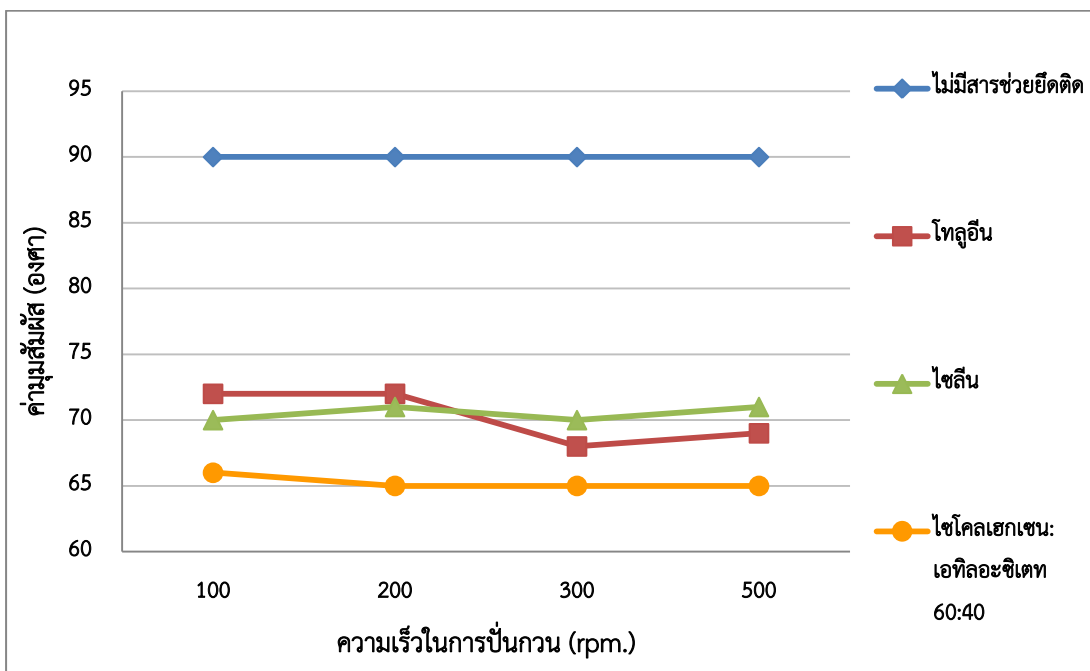
ง.3-3 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 80:20



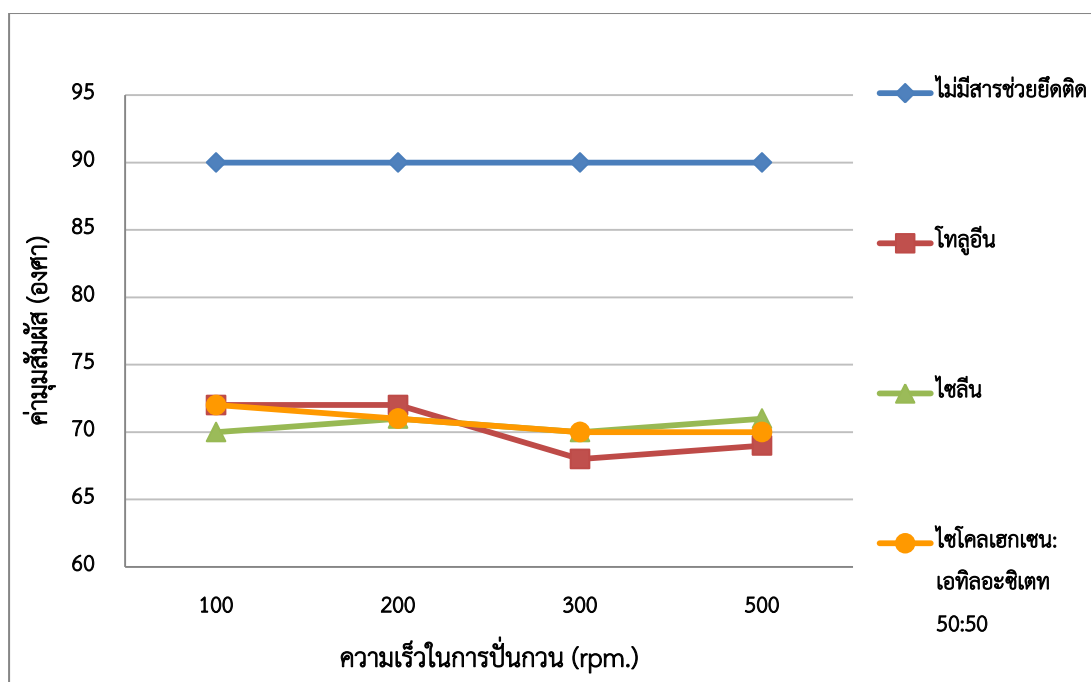
ง.3-4 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 70:30



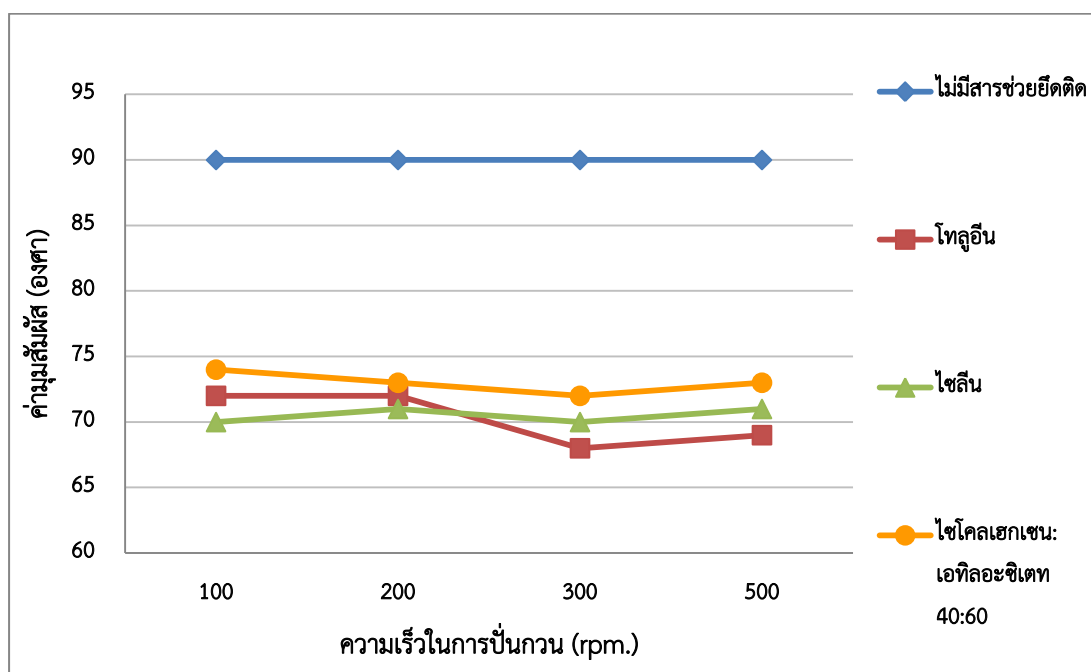
ง.3-5 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 60:40



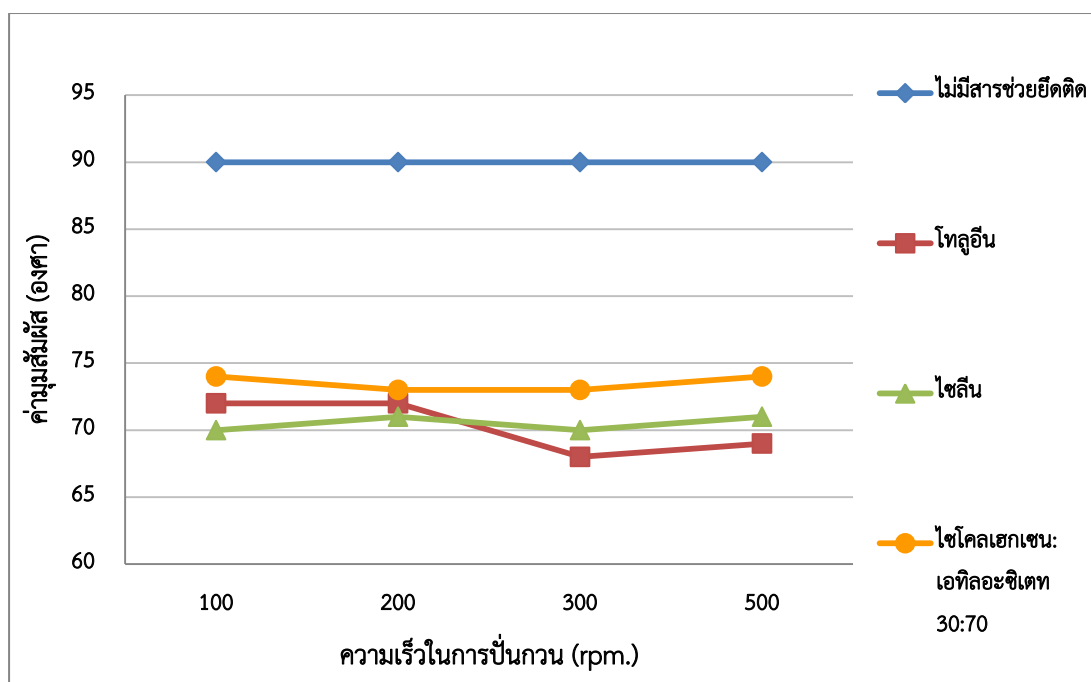
ง.3-6 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 50:50



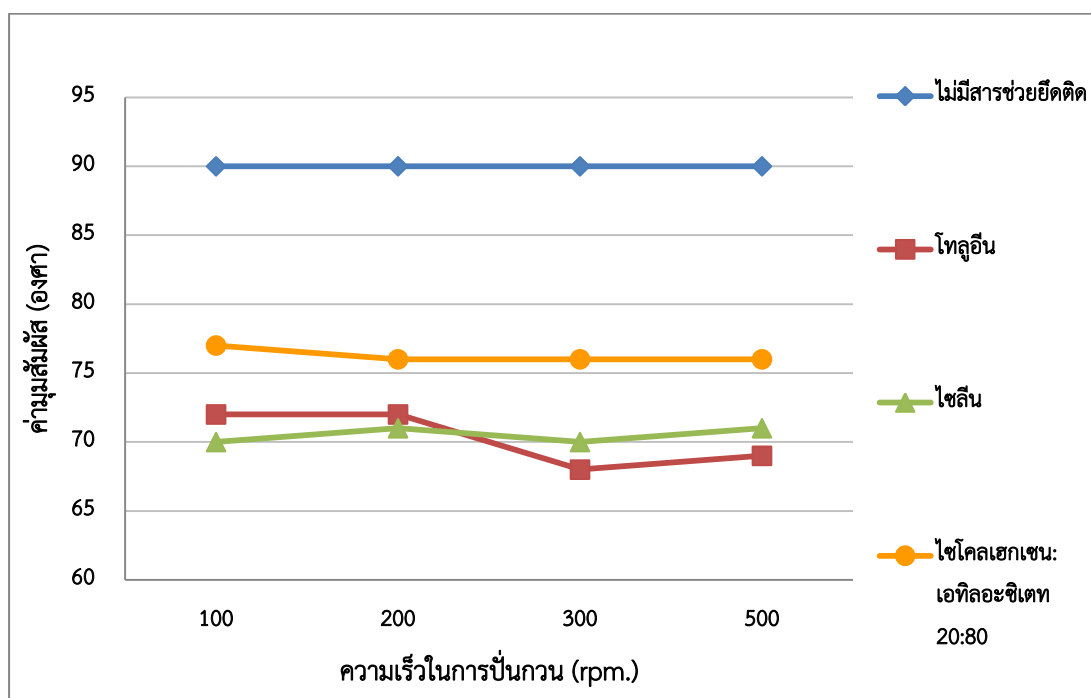
ง.3-7 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 40:60



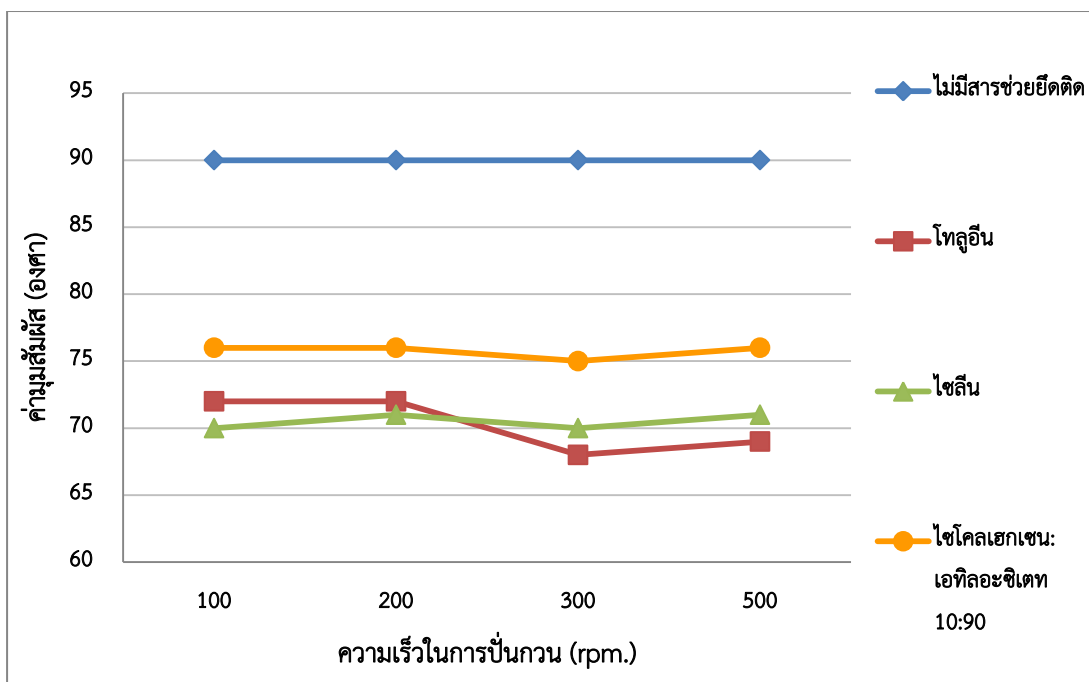
ง.3-8 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 30:70



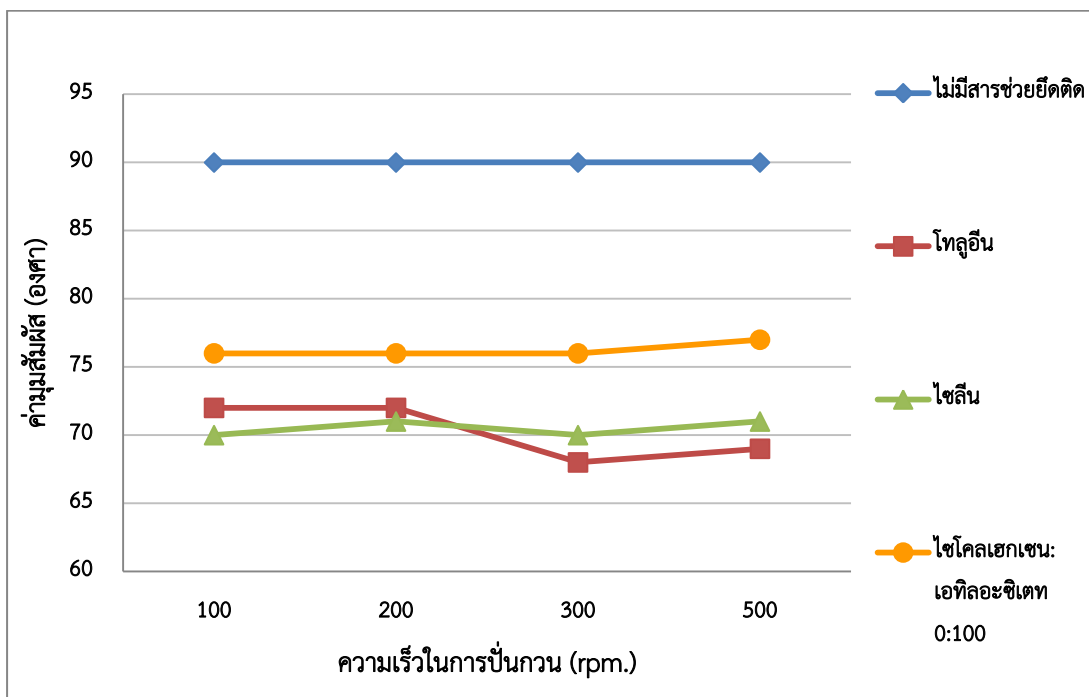
ง.3-9 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 20:80



ง.3-10 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 10:90



ง.3-11 : อัตราส่วนตัวทำละลายไซโคลเฮกเซน:เอทิลอะซิเตท = 0:100

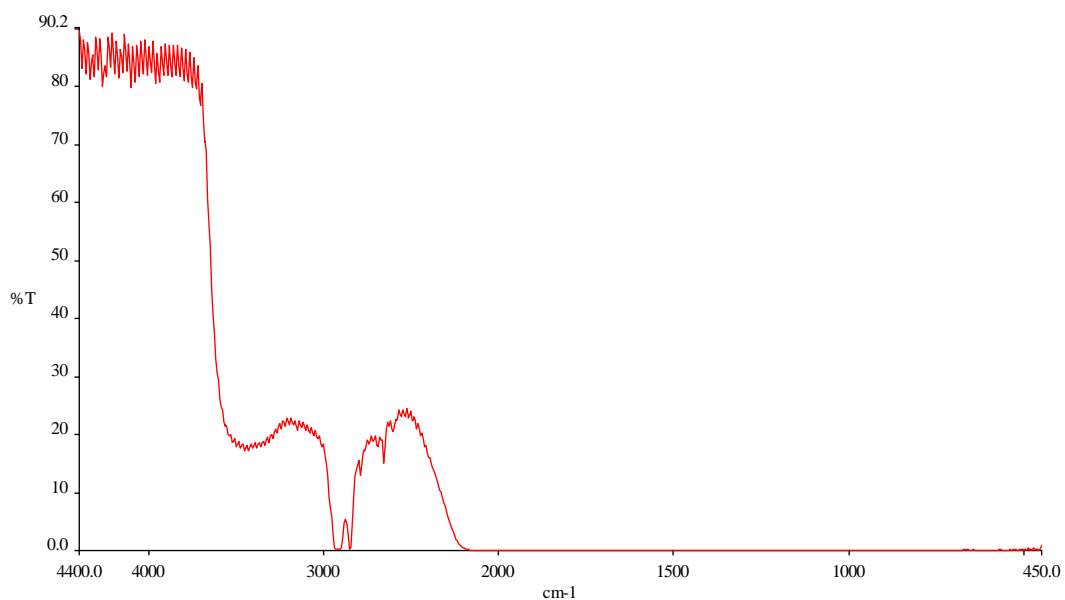


ภาคผนวก จ

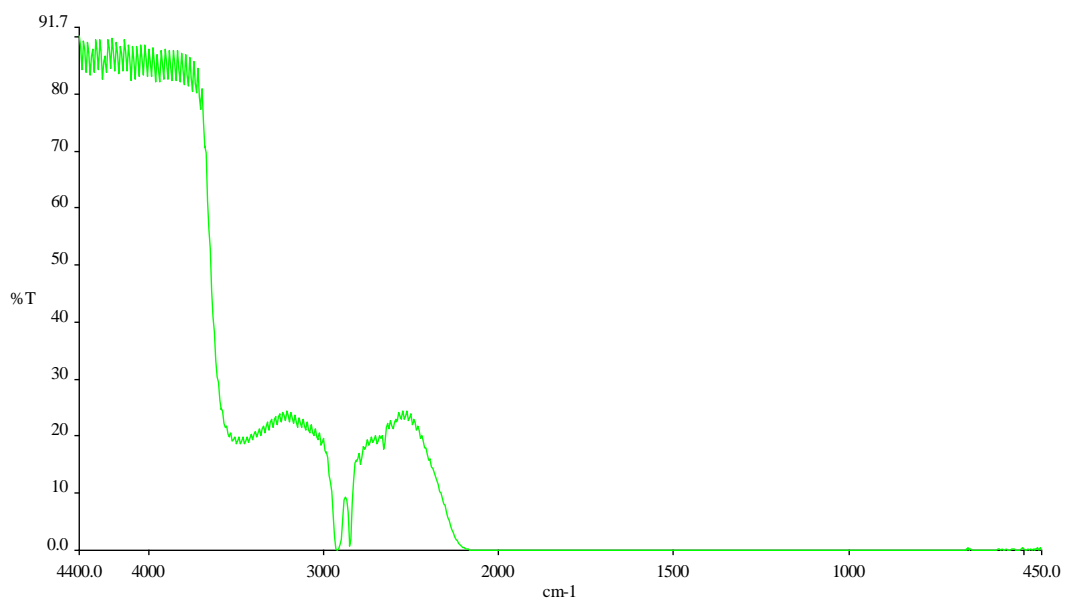
จ.1 กราฟแสดงโครงสร้างโมเลกุลของสารช่วยยึดติดที่มีการผันแปรความเร็วในการปั่นกวน

จ.1-1 สารช่วยยึดติดที่ได้จากสัดส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท
เท่ากับ 6:3

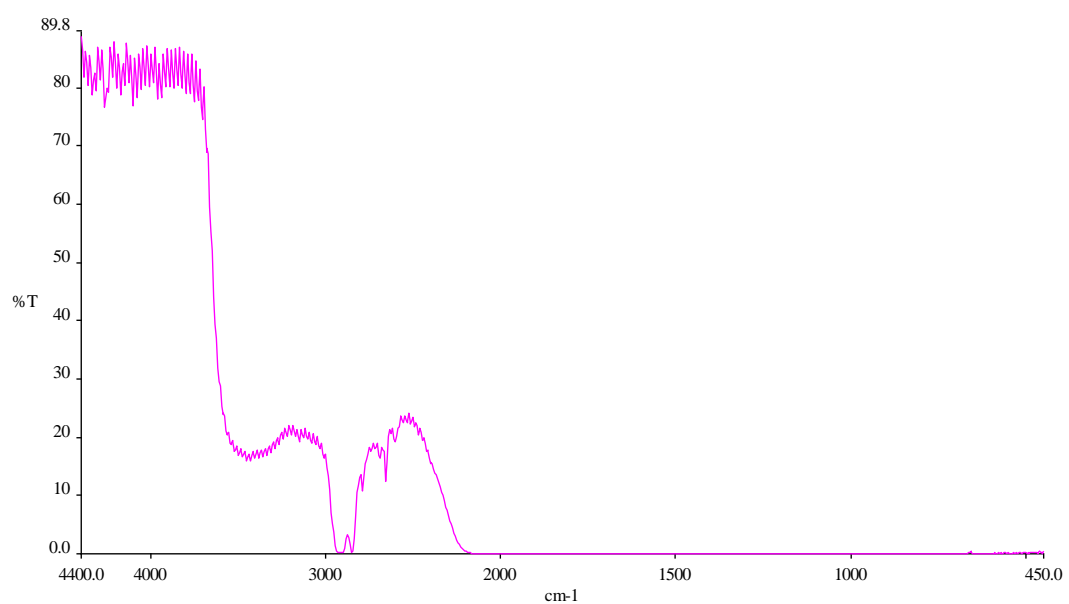
จ.1-1.1 ความเร็วในการปั่นกวน 100 rpm.



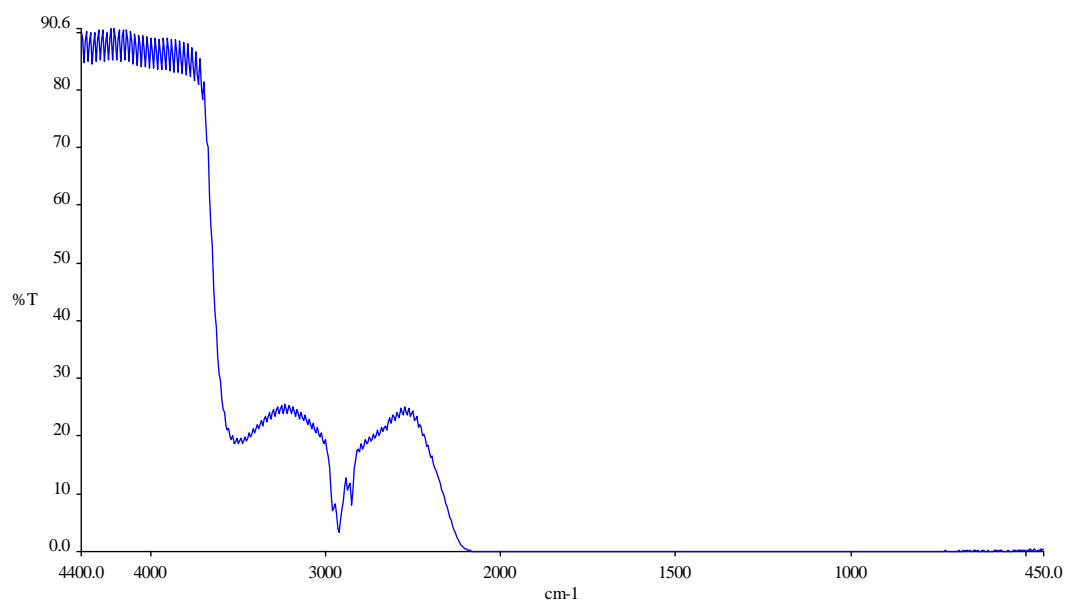
จ.1-1.2 ความเร็วในการปั่นกวน 200 rpm.



จ.1-1.3 ความเร็วในการปั่นกวน 300 rpm.

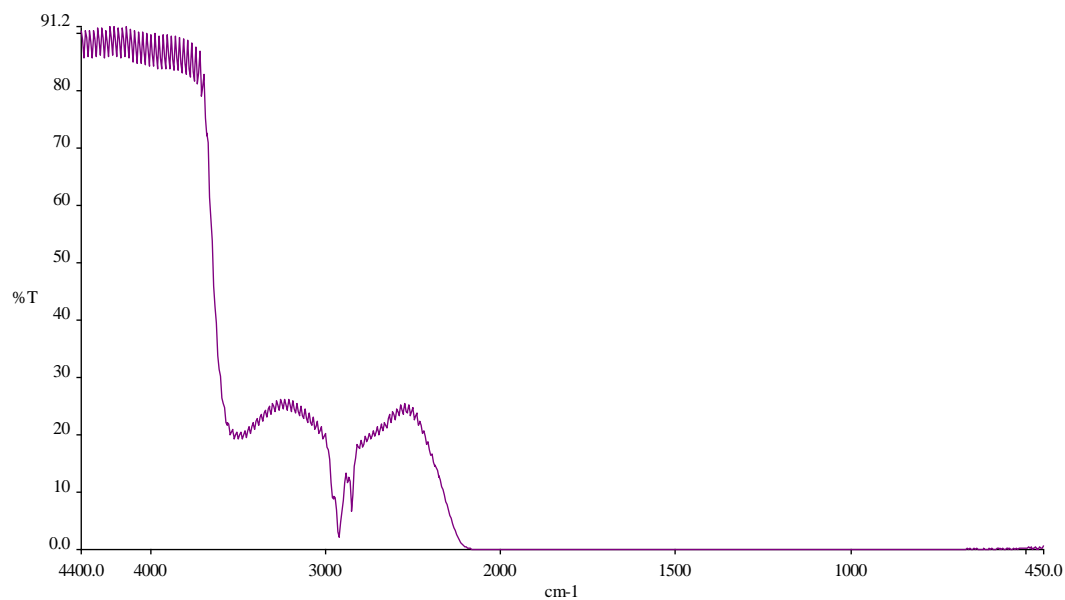


จ.1-1.3 ความเร็วในการปั่นกวน 500 rpm.

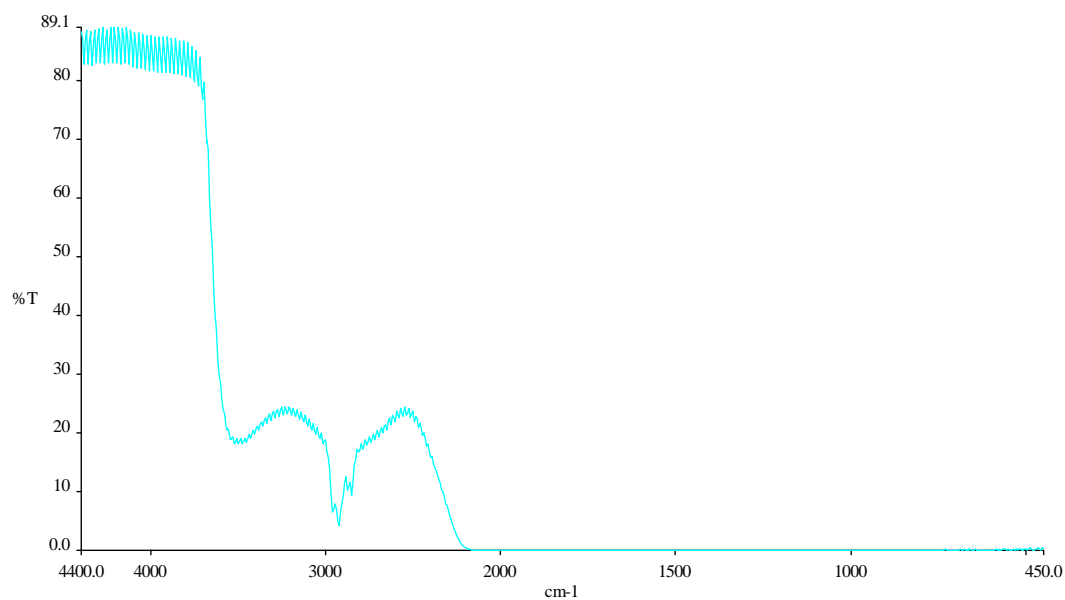


จ.1-2 สารช่วยยึดติดที่ได้จากสัดส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ระเหยง่ายไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท
เท่ากับ 7:4

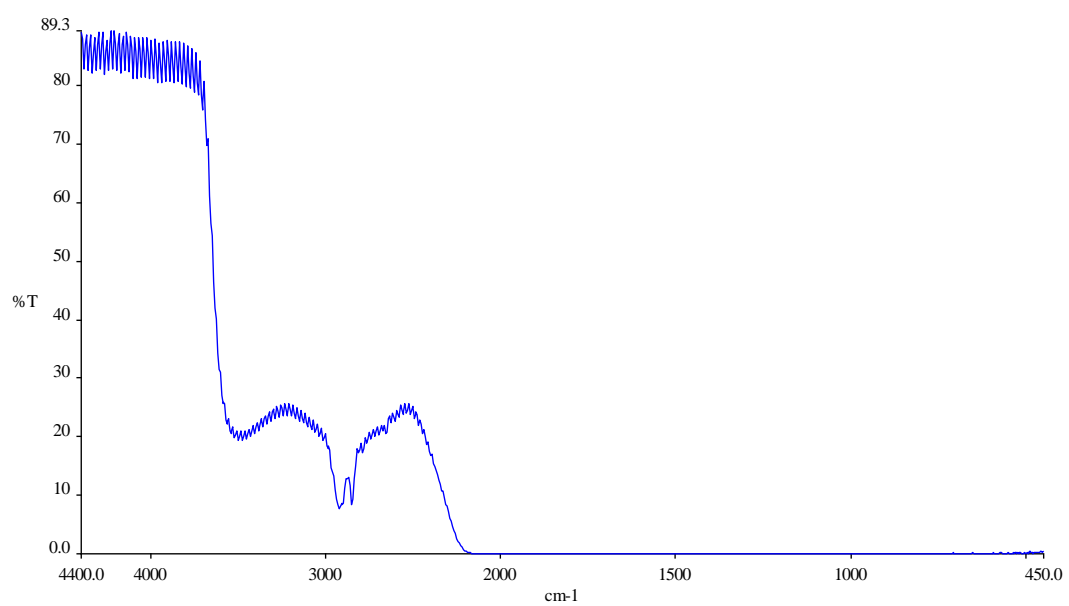
จ.1-2.1 ความเร็วในการปั่นกวน 100 rpm.



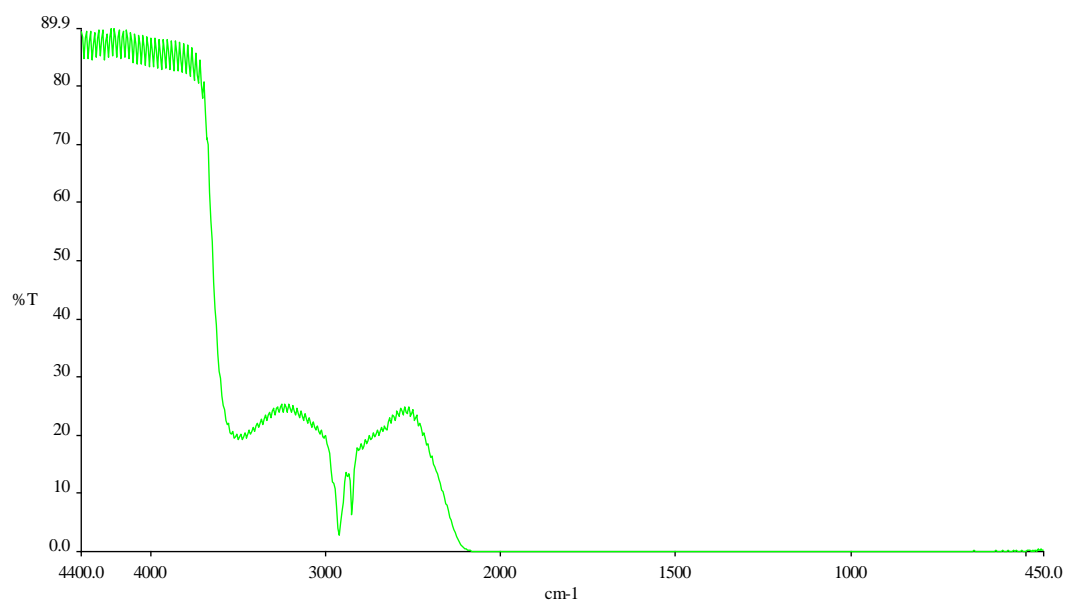
จ.1-2.2 ความเร็วในการปั่นกวน 200 rpm.



จ.1-2.3 ความเร็วในการปั่นกววน 300 rpm.



จ.1-2.4 ความเร็วในการปั่นกววน 500 rpm.



ภาคผนวก ฉ

ฉ.1 ตารางแสดงค่าการทดสอบแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเมื่อใช้สารช่วยยึดติดบนพื้นผิวโพลีโพรไพลีน ยางสังเคราะห์อีพิตีเอ็ม และยางพรุณอีพิตีเอ็ม

ฉ.1-1 ตารางแสดงผลการทดสอบค่าแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเมื่อใช้สารช่วยยึดติดสูตรเดิมที่มีการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่อยู่ในรายการควบคุมตามข้อกำหนดของอุตสาหกรรมรถยนต์

แรงดึงในแนว 180 องศา	สูตรเดิมที่มีการใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายในรายการควบคุม										
	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4	ตัวอย่าง5	ตัวอย่าง6	ตัวอย่าง7	ตัวอย่าง8	ตัวอย่าง9	ตัวอย่าง10	ค่าเฉลี่ย
วัสดุโพลีโอสเทฟิน	สถานะเบื้องต้น	22.80 C	23.50 C	21.94 C	23.17 C	22.17 C	22.82 C	22.61 C	21.97 C	22.98 C	22.68
	สถานะคงตัว	26.37 C	26.37 C	27.26 C	27.61 C	26.45 C	27.68 C	26.87 C	27.32 C	27.01 C	26.96
	สถานะความร้อนสูง	30.40 C	29.60 C	29.30 C	29.98 C	29.86 C	30.40 C	30.41 C	29.96 C	28.64 C	29.85
	สถานะความร้อนขึ้น	29.20 C	30.80 C	29.20 C	29.54 C	29.66 C	30.21 C	30.14 C	29.98 C	30.11 C	29.76
วัสดุยางสังเคราะห์ อีพิตีเอ็ม	สถานะน้ำอุ่น	29.80 C	29.20 C	28.80 C	29.86 C	29.34 C	28.87 C	29.21 C	28.85 C	28.96 C	29.18
	สถานะเบื้องต้น	23.50 C	22.90 C	21.60 C	21.47 C	22.34 C	23.56 C	23.21 C	22.48 C	22.67 C	22.71
	สถานะคงตัว	18.30 C	24.90 C	27.40 C	25.36 C	23.41 C	25.66 C	27.24 C	27.61 C	25.54 C	25.22
	สถานะความร้อนสูง	25.70 C	26.60 C	28.40 C	29.04 C	28.78 C	28.87 C	27.56 C	28.48 C	25.21 C	27.65
วัสดุยางพรุณสังเคราะห์ อีพิตีเอ็ม	สถานะความร้อนขึ้น	16.30 C	29.70 C	27.50 C	26.55 C	27.84 C	27.71 C	27.26 C	28.14 C	26.57 C	26.53
	สถานะน้ำอุ่น	17.50 A	22.80 C	26.60 A	23.46 A	24.28 A	22.14 A	23.31 C	25.56 C	22.97 A	23.17
	สถานะเบื้องต้น	19.20 C	21.40 C	22.60 C	23.36 C	22.78 C	22.62 C	22.71 C	23.34 C	22.44 C	22.28
	สถานะคงตัว	27.00 C	28.30 C	25.30 C	26.67 C	27.38 C	27.34 C	27.43 C	26.94 C	27.13 C	26.87
วัสดุยางพรุณสังเคราะห์ อีพิตีเอ็ม	สถานะความร้อนสูง	25.50 C	24.30 C	25.80 C	25.66 C	25.54 C	25.94 C	25.21 C	25.77 C	25.56 C	25.20
	สถานะความร้อนขึ้น	27.20 C	26.90 C	24.20 C	24.42 C	24.41 C	24.11 C	26.67 C	25.32 C	26.11 C	26.10
สถานะน้ำอุ่น	23.10 C	27.70 C	21.80 A	23.18 C	23.44 C	23.28 C	23.26 C	23.81 C	23.64 C	23.26 C	24.20

ฉ.1-2 ตารางแสดงผลการทดสอบค่าแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเมื่อใช้สารช่วยยึดติดสูตรเดิมที่มี
การใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท สัดส่วน 6:4

แรงดึงในแนว 180 องศา	สูตรที่ทำการละลายไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท สัดส่วน 6:4											
	ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4	ตัวอย่าง5	ตัวอย่าง6	ตัวอย่าง7	ตัวอย่าง8	ตัวอย่าง9	ตัวอย่าง10	ค่าเฉลี่ย	
วัสดุโพลีเอเลฟิน	สถานะเบื้องต้น	23.00 C	22.87 C	23.00 C	23.66 C	22.84 C	23.01 C	22.88 C	21.96 C	22.11 C	23.04 C	22.84
	สถานะคงตัว	26.37 C	27.50 C	28.31 C	27.44 C	26.97 C	26.14 C	27.32 C	28.11 C	27.64 C	26.51 C	27.23
	สถานะความร้อนสูง	28.40 C	30.10 C	30.20 C	30.11 C	30.06 C	28.87 C	29.38 C	30.01 C	30.20 C	30.56 C	29.79
	สถานะความร้อนขึ้น	28.80 C	29.50 C	30.20 C	28.88 C	29.34 C	30.10 C	30.01 C	30.66 C	28.79 C	29.36 C	29.56
	สถานะน้ำอุ่น	30.03 C	29.80 C	30.11 C	29.34 C	28.76 C	29.61 C	28.34 C	28.76 C	28.98 C	27.51 C	29.12
วัสดุยาง	สถานะเบื้องต้น	22.20 C	22.00 C	23.60 C	22.98 C	22.69 C	23.61 C	22.95 C	23.32 C	23.01 C	22.76 C	22.91
	สถานะคงตัว	26.30 C	25.50 C	26.80 C	25.98 C	26.61 C	27.21 C	27.04 C	25.34 C	26.68 C	25.01 C	26.25
	สถานะความร้อนสูง	27.40 C	27.80 C	26.90 C	27.77 C	27.78 C	26.36 C	27.69 C	28.21 C	27.96 C	28.45 C	27.63
	สถานะความร้อนขึ้น	29.10 C	27.00 C	28.10 C	28.88 C	27.56 C	28.04 C	29.11 C	27.56 C	27.24 C	26.74 C	27.93
	สถานะน้ำอุ่น	25.10 C	18.70 A	18.70 A	25.26 C	24.96 C	23.21 A	23.43 C	22.98 A	23.65 C	23.78 C	22.98
วัสดุยางพรม	สถานะเบื้องต้น	21.60 C	22.00 C	22.90 C	22.54 C	22.45 C	22.37 C	22.78 C	23.26 C	22.45 C	22.44 C	22.48
	สถานะคงตัว	27.00 C	28.10 C	27.30 C	27.45 C	27.56 C	27.81 C	26.82 C	27.30 C	27.31 C	26.64 C	27.33
	สถานะความร้อนสูง	25.00 C	25.90 C	25.10 C	26.32 C	26.32 C	26.46 C	25.78 C	26.22 C	26.44 C	25.31 C	25.89
	สถานะความร้อนขึ้น	26.67 C	28.41 C	25.42 C	26.67 C	25.87 C	24.26 C	24.11 C	26.67 C	26.41 C	25.56 C	26.01
	สถานะน้ำอุ่น	23.70 A	23.30 A	27.00 F	23.44 C	24.65 C	24.41 C	23.63 C	23.32 C	24.96 C	24.45 C	24.29

ฉ.1-3 ตารางแสดงผลการทดสอบค่าแรงยึดติดของเทปกาวอะคริลิกเมื่อใช้สารช่วยยึดติดสูตรเดิมที่มี
การใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท สัดส่วน 7:3

แรงดึงในแนว 180 องศา		สูตรตัวทำละลายไซโคลเฮกเซนต่อเอทิลอะซิเตท สัดส่วน 7:3										ค่าเฉลี่ย
		ตัวอย่าง1	ตัวอย่าง2	ตัวอย่าง3	ตัวอย่าง4	ตัวอย่าง5	ตัวอย่าง6	ตัวอย่าง7	ตัวอย่าง8	ตัวอย่าง9	ตัวอย่าง10	
วัสดุโพลีเอทีพี	สถานะเบื้องต้น	22.50 C	22.80 C	23.00 C	22.66 C	22.74 C	23.16 C	23.04 C	23.12 C	22.88 C	22.81 C	22.87
	สถานะคงตัว	27.45 C	26.80 C	27.86 C	27.87 C	26.93 C	27.14 C	26.66 C	27.10 C	27.34 C	26.96 C	27.21
	สถานะความร้อนสูง	29.36 C	28.77 C	29.21 C	28.91 C	29.36 C	30.26 C	30.47 C	29.93 C	30.21 C	28.96 C	29.54
	สถานะความร้อนขึ้น	29.40 C	27.93 C	28.86 C	28.56 C	29.23 C	29.74 C	30.46 C	30.24 C	29.23 C	29.66 C	29.33
	สถานะน้ำอุ่น	30.12 C	29.97 C	29.00 C	30.08 C	30.05 C	29.56 C	28.87 C	30.11 C	30.12 C	27.64 C	29.55
วัสดุยาง	สถานะเบื้องต้น	21.27 C	22.14 C	22.75 C	21.56 C	21.76 C	22.93 C	22.81 C	22.45 C	21.96 C	22.78 C	22.24
	สถานะคงตัว	24.69 C	26.97 C	27.01 C	24.23 C	25.23 C	25.63 C	26.01 C	24.87 C	25.34 C	26.46 C	25.64
	สถานะความร้อนสูง	27.74 C	28.06 C	26.96 C	26.55 C	27.34 C	27.68 C	28.92 C	26.57 C	27.74 C	27.87 C	27.54
	สถานะความร้อนขึ้น	28.96 C	28.89 C	29.11 C	28.71 C	26.56 C	27.89 C	27.46 C	28.31 C	27.66 C	26.54 C	28.01
	สถานะน้ำอุ่น	24.64 C	20.81 A	18.88 A	25.61 C	24.79 C	25.53 C	24.66 C	24.87 C	25.26 C	26.66 C	24.17
วัสดุยางพรม	สถานะเบื้องต้น	21.84 C	22.10 C	21.96 C	22.36 C	21.91 C	22.23 C	22.21 C	21.98 C	22.34 C	22.65 C	22.16
	สถานะคงตัว	27.72 C	27.73 C	26.91 C	27.37 C	27.21 C	26.55 C	27.57 C	26.42 C	26.82 C	26.96 C	27.13
	สถานะความร้อนสูง	25.55 C	25.01 C	25.57 C	25.56 C	25.47 C	25.56 C	26.31 C	26.34 C	26.47 C	26.66 C	25.85
	สถานะความร้อนขึ้น	26.11 C	26.84 C	26.58 C	26.65 C	26.41 C	25.34 C	26.56 C	25.44 C	25.36 C	25.67 C	26.10
	สถานะน้ำอุ่น	23.44 C	21.36 A	25.41 F	24.21 C	24.76 C	24.96 C	23.46 C	23.57 C	23.17 C	23.37 C	23.77

ตัวอย่าง “C” ในผลการทดสอบหมายถึง : การแยกออกของในชั้นของเทปกาว (Cohesive failure) โดยจะเห็นคราบขาวติดอยู่บนพื้นผิวที่ทำการทดสอบและติดมีทางฝั่งเทปกาวที่ดึงออก



ตัวอย่าง “A” ในผลการทดสอบหมายถึง: การแยกออกในชั้นระหว่างเทปกาว และพื้นผิว (Adhesive failure) จะไม่พบคราบขาวบนพื้นผิวที่ทำการทดสอบ

ภาคผนวก ข^[18]

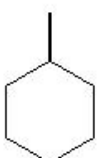



ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และเคมีภัณฑ์
Chemical Data Bank
 เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS)

ปรับปรุงข้อมูลครั้งสุดท้ายเมื่อ 23/8/2544

รหัส กพ. ที่: กพ/-

1. การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : Methyl cyclohexane		
ชื่อเคมีทั่วไป : Cyclohexylmethane		
ชื่อห้องอื่นๆ : Toluene Hexahydride; Hexahydrotoluene		
สูตรโมเลกุล : C_7H_{14}	สูตรโครงสร้าง :	
รหัส IMO : 	รหัส UN/ID NO. : 2296	รหัส EC NO. : 601-018-00-7
รหัส EUEINECS/ELINCS : 203-624-3	รหัส CAS NO. : 108-87-2	รหัส RTECS : GV 6125000
	ชื่อวงศ์ : -	

2. ชื่อผู้ผลิต/จำหน่าย (Manufacturer and Distributor)

ชื่อผู้ผลิต/นำเข้า : -
แหล่งข้อมูลอื่นๆ : -

3. การใช้ประโยชน์ (Uses)

- ใช้เป็นตัวทำละลาย

4. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD ₅₀ (มก./กก.) : 2250 (หนู)	LC ₅₀ (มก./ม ³) : 41500 / 2	ชั่วโมง (หนู)
IDLH(ppm) : 1200	ADI(ppm) : -	MAC(ppm) : -

PEL-TWA(ppm) : 500	PEL-STEL(ppm) : -	PEL-C(ppm) : -
TLV-TWA(ppm) : 400	TLV-STEL(ppm) : -	TLV-C(ppm) : -
พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535(ppm) : -		
พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 (ppm) : -	พรบ. ความคุ้มครองกัมมันต์ พ.ศ. 2530 : <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 1 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 2 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 3	
พรบ. คุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง : -	ระยะสั้น - ค่าสูงสุด -	สารเคมีอันตราย : <input checked="" type="checkbox"/>
พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 : <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 1 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 2 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 3 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 4 หน่วยงานที่รับผิดชอบ :		

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ : ของเหลว	สี : ไม่มีสี	กลิ่น : คล้ายเบนซีน	น.โมเลกุล : 98.2
จุดเดือด(°ซ.) : 101	จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(°ซ.) : -126	ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) : 0.8	
ความหนืด(mPa.sec) : -	ความดันไอ(mm.ปรอท) : 36	ที่ 20 °ซ. ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) : 3.4	
ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.) : -	ไม่ละลาย	ที่ 20 °ซ. ความเป็นกรด-ด่าง(pH) : -	ที่ - °ซ.
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm =	4.02 มก./ม ³ หรือ 1 มก./ม ³ =	0.25 ppm	ที่ 25 °ซ.
ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่นๆ :			

6. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ :	- การสัมผัสสารนี้ทางการหายใจ จะระคายเคืองจมูกและทำให้มีอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ คลื่นไส้ ง่วงนอน และหมดสติ
สัมผัสทางผิวหนัง :	- การสัมผัสสารนี้ทางผิวหนังจะทำให้ผิวหนังระคายเคือง เป็นผื่นแดง
กินหรือกลืนเข้าไป :	- การกลืนหรือกินสารนี้เข้าไป จะทำให้เกิดอาการระคายเคืองคอ ลำคอ มีอาการเจ็บปวดในช่องท้อง และมีอาการคล้ายคลึงกับการสัมผัสสารนี้ทางการหายใจ
สัมผัสถูกตา :	- การสัมผัสสารนี้ทางตา จะทำให้ระคายเคืองตา ตาแดง เจ็บตา
การก่อมะเร็ง :	- สารนี้ทำให้ระคายเคืองตาและระบบหายใจและหมดสติ ถ้าสัมผัสถูกของเหลวจะทำให้ผิวหนังแห้ง
ความคิดปกติอื่นๆ :	- อวัยวะเป้าหมาย ตา ผิวหนัง ระบบทางเดินหายใจ ระบบประสาทส่วนกลาง

7. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

- สารที่เข้ากันไม่ได้ : ทำปฏิกิริยารุนแรงกับสารออกซิไดซ์อย่างแรง
- สภาพที่ควรหลีกเลี่ยง : เปลวไฟ ประกายไฟ

8. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ(⁰ซ.): -4

จุดจุดติดไฟได้เอง(⁰ซ.): 258

NFPA Code :



ค่า LEL % : 1 UEL % : 6.7 LFL % : - UFL % : -

- สารนี้เป็นสารที่ไวไฟมาก และไอระเหยของสารนี้หนักกว่าอากาศ ถ้าสามารถแพร่กระจายอยู่บริเวณพื้นทำให้มีความเสี่ยงต่อการจุดติดไฟได้

- สารดับเพลิง : ผงดับเพลิง, โฟม AFFF, โฟม, คาร์บอนไดออกไซด์ (ฮาโลน)

- ใช้น้ำฉีดเป็นฝอยเพื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่สัมผัสกับเปลวไฟ

- ไอระเหยของสารสามารถแพร่กระจายออกไปถึงแหล่งจุดติดไฟและอาจเกิดการติดไฟและอาจเกิดการติดไฟย้อนกลับมา

9. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

- เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดมิดชิด
- เก็บในบริเวณที่เย็นและแห้ง
- เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ
- การเก็บรักษาสารนี้ควรเก็บให้ห่างจากเปลวไฟและประกายไฟ
- ห้ามสูบบุหรี่ในบริเวณที่เก็บรักษาสารนี้เก็บแยกจากสารออกซิไดซ์
- ให้สังเกตคำเตือนและข้อควรระวังทั้งหมดที่ให้ไว้สำหรับสารนี้
- ให้ล้างทำความสะอาดร่างกาย ให้ทั่วถึงภายหลังทำการเคลื่อนย้าย

10. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

- การกำจัดกรณีสารนี้หกหรือไหล ให้ดูดซับสารที่หกหรือไหลด้วยทรายหรือวัสดุดูดซับอื่นที่เฉื่อย
- เก็บกวาดใส่ในภาชนะบรรจุที่เหมาะสม สามารถปิดผนึกได้
- ห้ามฉีดล้างสารที่หกหรือไหลลงท่อระบายน้ำ
- ให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม
- ป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกหรือไหล ไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ
- ล้างบริเวณสารหกหรือไหล หลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว
- การพิจารณาการกำจัด : ปฏิบัติให้เป็นไปตามกฎระเบียบที่ทางราชการกำหนด

11. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)

					
หน้ากากป้องกันการ หายใจ	ถุงมือ			แว่นตาป้องกัน	
<p>ข้อแนะนำการเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล(PPD/PPE) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ข้อแนะนำในการเลือกประเภทหน้ากากป้องกันระบบหายใจ - สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 200 ppm : ให้ใช้อุปกรณ์ใส่อากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) โดยแนะนำให้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10 ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) หรือหมวกแก๊บบวมเต็มหน้า โดยแนะนำให้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 - โคม่าที่เกิดเหตุฉุกเฉิน หรือการเข้าไปสัมผัสกับสารที่ไม่ทราบช่วงความเข้มข้น หรือการเข้าไปในบริเวณที่มีสถานะอากาศที่เป็น IDLH : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) หรือหมวกแก๊บบวมเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) โดยแนะนำให้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000 หรือให้อุปกรณ์ใส่อากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) หรือหมวกแก๊บบวมเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) หรือแบบที่ใช้งานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว และแบบความดันภายในเป็นบวก (combination with an auxiliary self-contained positive-pressure breathing apparatus) โดยแนะนำให้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 10,000 - ในกรณีการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉิน : ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) หรือหมวกแก๊บบวมเต็มหน้า (gas mask) ซึ่งมี Canister ที่สามารถป้องกันไอรกของสารอินทรีย์ ฟุน ละอองไอ และฝุ่น ให้ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉินหรืออุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) โดยแนะนำให้อุปกรณ์ที่มีค่า APF. = 50 					

12. การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป :	- ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยหายใจด้วยวิธีช่วยหายใจด้วยปากช่วย นำส่งไปพบแพทย์
กินหรือกลืนเข้าไป :	- ถ้ากลืนกินสารนี้เข้าไป ให้ล้างปากด้วยน้ำสะอาด อย่างระมัดระวังให้ผู้ป่วยอาเจียน นำส่งไปพบแพทย์
สัมผัสถูกผิวหนัง :	- ถ้าสัมผัสสารนี้ทางผิวหนังให้ฉีดล้างด้วยสบู่และน้ำสะอาดปริมาณมาก ๆ พร้อมถอดเสื้อผ้าและทำความสะอาดเสื้อผ้าที่ปนเปื้อนก่อนนำมาใช้ครั้งต่อไป นำส่งไปพบแพทย์
สัมผัสถูกตา :	- ถ้าสารนี้เข้าตาให้ฉีดล้างตาด้วยน้ำ ปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที นำส่งไปพบแพทย์
อื่น ๆ :	

13. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

- จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ หากมีการใช้และจัดการกับสารอย่างเหมาะสม

14. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 1500

OSHA NO. : 7

วิธีการเก็บตัวอย่าง : กระดาษกรอง หลอดเก็บตัวอย่าง อิมพันเจอร์

วิธีการวิเคราะห์ : ชั่งน้ำหนัก สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แก๊สโครมาโตกราฟี อะตอมมิกแอบซอร์ปชัน

ข้อมูลอื่น ๆ :

- การเก็บตัวอย่างใช้ : coconut shell charcoal 100 mg / 50 mg

- การวิเคราะห์ใช้ : GC โดยมี FID

15. การปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน (Emergency Response)

AVERS Guide : 14

DOT Guide : -

- กรณีฉุกเฉิน โปรดใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระงับอุบัติเหตุจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลขโทรศัพท์ 1650

- ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม โปรดติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447 ,0 2298 2457

16. เอกสารอ้างอิง (Reference)

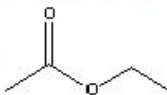

1. "Chemical Safety Sheet ,Samsom Chemical Publisher ,1991 ,หน้า 593"
2. "NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.US.DHHS ,1990 ,หน้า 204-205"
3. "Lange'S Handbook of Chemistry McGrawHill ,1999 ,หน้า 1.264"
4. "Fire Protection Guide to Hazardous Material ,NFPA ,1994 ,หน้า 325-68"
5. "ITP. SAX'S Dangerous Properties of Industrial Materials ,1996 ,หน้า 2215"
6. "สอป.มาตรฐานสารเคมีในอากาศและดัชนีวัดทางชีวภาพ ,นำอักษรการพิมพ์ ,2543 ,หน้า 41"
7. "http://www.cdc.gov/NIOSH ,CISC Card. ,0923"
8. "Firefighter 's Hazardous Materials Reference Book ,1997 ,หน้า -"
9. " ACGIH. 2000 TLVs and BEIs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents ,and Biological Exposure Indices. Ohio.,2000 ,หน้า 40"
10. Source of Ignition หน้า 109"
11. "อื่น ๆ"www.chemtrack.trf.or.th"



ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตราย และเคมีภัณฑ์
Chemical Data Bank
เอกสารข้อมูลความปลอดภัยเคมีภัณฑ์ (MSDS)

ปรับปรุงข้อมูลครั้งสุดท้ายเมื่อ 24/8/2544
 รหัส กพ. ที่: กพ/-

1. การชี้บ่งเคมีภัณฑ์ (Chemical Identification)

ชื่อเคมี IUPAC : -		
ชื่อเคมีทั่วไป : Ethyl acetate		
ชื่อท้องถิ่น : Ethyl acetic ester; Acetoxyethane; Acetic ether; Vinegar naphtha; Acetidin; Acetic ester		
สูตรโมเลกุล : $C_4H_8O_2$	สูตรโครงสร้าง :	
	รหัส UN/ID NO. : 1173	รหัส EC NO. : 607-022-00-5
	รหัส CAS NO. : 141-78-6	รหัส RTECS : AH 5425000
รหัส EUEINECS/ELINCS : 205-500-4	ชื่อวงศ์ : -	

2. ชื่อผู้ผลิต/จำหน่าย (Manufacturer and Distributor)

ชื่อผู้ผลิต/นำเข้า : -
แหล่งข้อมูลอื่นๆ : -

3. การใช้ประโยชน์ (Uses)

- ใช้ทำเครื่องสำอางค์, ใช้ในการกลั่นแยก, ใช้เป็นสารละลาย

4. ค่ามาตรฐานและความเป็นพิษ (Standard and Toxicity)

LD ₅₀ (มก./กก.) : 5620	(หนู)	LC ₅₀ (มก./ม ³) : 200	/ หนู	ชั่วโมง (-)
IDLH(ppm) : 400		ADI(ppm) : -		MAC(ppm) : -
PEL-TWA(ppm) : 2000		PEL-STEL(ppm) : -		PEL-C(ppm) : -
TLV-TWA(ppm) : 400		TLV-STEL(ppm) : 1400		TLV-C(ppm) : -

พรบ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535(ppm) :	-
พรบ. โรงงาน พ.ศ. 2535 (ppm) :	- พรบ. ควบคุมยุทธภัณฑ์ พ.ศ. 2530 : <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 1 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 2 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 3
พรบ. คุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 (ppm) เฉลี่ย 8 ชั่วโมง :	- ระยะสั้น - ค่าสูงสุด -- สารเคมีอันตราย : <input checked="" type="checkbox"/>
พรบ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 :	<input checked="" type="checkbox"/> ชนิดที่ 1 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 2 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 3 <input type="checkbox"/> ชนิดที่ 4 หน่วยงานที่รับผิดชอบ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม

5. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

สถานะ :	เป็นของเหลว	สี :	ใส	กลิ่น :	หอม	นน.โมเลกุล :	88.11
จุดเดือด(⁰ ซ.) :	77.2	จุดหลอมเหลว/จุดเยือกแข็ง(⁰ ซ.) :	-83	ความถ่วงจำเพาะ(น้ำ=1) :	0.9018		
ความหนืด(mPa.sec) :	0.44	ความดันไอ(mm.ปรอท) :	75	ที่ - ⁰ ซ.	ความหนาแน่นไอ(อากาศ=1) :	3.0	
ความสามารถในการละลายน้ำที่(กรัม/100 มล.) :	7.9	ที่ 20 ⁰ ซ.		ความเป็นกรด-ด่าง(pH) :	7.4	ที่ - ⁰ ซ.	
แฟกเตอร์แปลงหน่วย 1 ppm =	3.60	มก./ม ³ หรือ 1 มก./ม ³ =	0.28	ppm ที่ 25 ⁰ ซ.			
ข้อมูลทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ :	- สารนี้ละลายในแอลกอฮอล์ อีเทอร์ กสิเซอริน ตัวทำละลายอินทรีย์						

6. อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ :	- จะเป็นอันตรายถ้าหายใจเข้าไป ไอระเหยที่ความเข้มข้นสูง ๆ จะทำให้ปวดศีรษะ มึนงง หมดสติ
สัมผัสทางผิวหนัง :	- การสัมผัสทางผิวหนังทำให้เกิดการอักเสบของผิวหนังบริเวณที่สัมผัส และเกิดการทำให้ผิวหนังไหม้ของผิวหนังอย่างรุนแรง
กินหรือกลืนเข้าไป :	- การกลืนกินเข้าไปจะทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ ง่วงนอน หมดสติ
สัมผัสถูกตา :	- การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง
การก่อมะเร็ง :	- ไม่เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ตามรายชื่อ IARC ,NTP, OSHA
ความคิดปกติอื่น ๆ :	- สารนี้มีผลทำลายดวงตา ผิวหนัง และระบบหายใจ

7. ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

- ความคงตัว :	สารนี้มีความเสถียร
- อันตรายจากการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน :	จะไม่เกิดขึ้น
- สถานะ :	ควรหลีกเลี่ยงความร้อน สัมผัสกับแหล่งจุดติดไฟ จะจุดติดไฟเมื่อสัมผัสกับโพแทสเซียม เดริกบิวทอกไซด์
- ปฏิกิริยารุนแรงกับ :	กรดคลอโรซัลฟอนิก
- สารที่ควรหลีกเลี่ยง :	กรด สารออกซิไดซ์ สารอัลคาไลที่มีปฏิกิริยารุนแรง ในเครท

8. การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

จุดวาบไฟ(⁰ ซ.): -4.44	จุดจุดติดไฟได้เอง(⁰ ซ.): 460	NFPA Code : 2-2-1
ค่า LEL % : 2.20%	UEL % : 11.00%	LFL % : - UFL % : -
<ul style="list-style-type: none"> - วิธีการดับไฟ : สารดับเพลิงที่เหมาะสมเมื่อเกิดอัคคีภัย คือ แอลกอฮอล์ โฟม คาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง - ใช้น้ำฉีดเป็นฝอยเมื่อหล่อเย็นภาชนะบรรจุที่สัมผัสถูกเพลิงไหม้ - ขั้นตอนการปฏิบัติการดับเพลิง ควรสวมใส่เครื่องช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัวและจุดป้องกันสารเคมี - ไอระเหยสามารถแพร่กระจายไปสู่แหล่งจุดติดไฟและเกิดไฟย้อนกลับมาได้ผสมกับอากาศส ุระกายไฟอาจเกิดขึ้นได้ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ุระกายไฟทั่วไปที่เกิดขึ้นเอง หรืออุณหภูมิของ ุระกายไฟ อุณหภูมิ ุระกายไฟจะลดลงเมื่อปริมาณ ไอระเหยเพิ่มขึ้นและเวลาที่ไอระเหยสัมผัสกับอากาศและความดันที่เปลี่ยนแปลง - ุระกายไฟอาจเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเฉพาะกับห้องปฏิบัติงานภายใต้สูญญากาศ ถ้าอากาศเข้าไปอย่างทันทีทันใดหรือการปฏิบัติงานภายใต้ความดันสูงถ้าไอระเหยออกมาทันใด หรือการเกิดขึ้นที่บริเวณแอทโมสเฟีย 		

9. การเก็บรักษา/สถานที่เก็บ/เคลื่อนย้าย/ขนส่ง (Storage and Handling)

<ul style="list-style-type: none"> - เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท - เก็บไว้ในที่มีอุณหภูมิเย็น แห้ง - เก็บไว้ในที่มีการระบายอากาศ - เก็บให้ห่างจากแหล่งที่เกิดประกายไฟ และสารออกซิไดซ์ - สารที่เหลือนอยู่ในภาชนะอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้ ควรใช้อย่างระมัดระวัง - ข้อมูลการขนส่ง DOT ชื่อทางการขนส่งเหมาะสม : Ethyl Acetate - หมายเลข DOT ID UN : 1173
--

10. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

<ul style="list-style-type: none"> - วิธีการเมื่อเกิดอุบัติเหตุรั่วไหล การตอบโต้กรณีหกรั่วไหล - อพยพคนที่ ไม่เกี่ยวข้องทั้งหมดออกจากพื้นที่ - สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันให้เหมาะสมที่ระบุไว้ในบัญชีรายชื่อได้เปิด / การป้องกันอันตรายส่วนบุคคล - จัดแหล่งการจุดติดไฟใดๆออกไปจนกระทั่งพื้นที่ดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการระเบิดหรืออันตรายไฟ - บรรจุส่วนที่หกรั่วไหลและแยกออกจากแหล่งสารเคมีนั้น - ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสี่ยงอันตราย เก็บและบรรจุสารสำหรับการนำไปกำจัดให้เหมาะสม - ปฏิบัติตามกฎ กฏหมาย และกฎระเบียบของทางราชการในการรายงานการรั่วไหลของสารเคมี - ต้องปฏิบัติตามระเบียบ ข้อบังคับของทางราชการอย่างเคร่งครัด
--

11. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPD/PPE)

 <p>หน้ากากป้องกัน หายใจ</p>	 <p>ถุงมือ</p>		 <p>หน้ากากกระบังหน้า</p>	 <p>แว่นตาป้องกัน</p>	
<p>ข้อแนะนำการเลือกใช้ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล(PPD/PPE) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - การเลือกประเภทถุงมือ : ให้นำไปใช้ถุงมือที่ทำมาจากวัสดุประเภท Laminated film ซึ่งจะมีระยะเวลาที่จะทำให้เกิดการซึมผ่านของถุงมือ (Permeation Breakthrough time) มากกว่า 480 นาที และควรมีอัตราการเสื่อมสภาพของถุงมือ (Degradation Rating) อยู่ในระดับดีมาก และให้นำไปใช้ถุงมือที่ทำมาจากวัสดุประเภท Nitrile, Polyvinyl Chloride - ข้อแนะนำในการเลือกประเภทหน้ากากป้องกันระบบหายใจ - สารที่ช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 2000 ppm : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจประเภทที่ใช้การส่งอากาศสำหรับการหายใจ ซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศแบบต่อเนื่อง โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 25 หรือให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) ซึ่งมี Cartridge หรือหมันอากาศแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) หรือหมันอากาศแบบเต็มหน้า (gas mask) ซึ่งมี Canister สำหรับป้องกันไอระเหยของสารอินทรีย์ โดยแนะนำให้ใช้ อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) หรือหมันอากาศแบบเต็มหน้า โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 50 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่ง อากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 50 - โครเมียมที่กัดกร่อนสูงๆ หรือการเข้าไปสัมผัสกับสารที่ไม่ทราบช่วงความเข้มข้น หรือการเข้าไปในบริเวณที่มีสภาวะอากาศที่เป็น IDLH : ให้ใช้อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศ ในตัว (SCBA) หรือหมันอากาศแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 10,000 หรือให้ใช้อุปกรณ์ส่งอากาศสำหรับการหายใจ (Supplied - air respirator) หรือหมันอากาศแบบเต็มหน้า ซึ่งมีการทำงานแบบความดันภายในเป็นบวก (pressure-demand / positive pressure mode) หรือแบบที่ใช้การทำงานร่วมกับระหว่างอุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว และแบบความดันภายในเป็นบวก (combination with an auxiliary self-contained positive-pressure breathing apparatus) โดยแนะนำให้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 10,000 - โครเมียมที่หลุดออกจากสถานการณ์ฉุกเฉิน : ให้ใช้อุปกรณ์ทำให้อากาศบริสุทธิ์ (Air - purifying respirator) หรือหมันอากาศแบบเต็มหน้า (gas mask) ซึ่งมี Canister ที่สามารถ ป้องกันไอระเหยของสารอินทรีย์ ให้ใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับในการจัดการหลบหนีออกจากสถานการณ์ฉุกเฉินหรืออุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) โดยแนะนำให้ ใช้ใช้อุปกรณ์ที่มีค่า APE. = 50 					

12. การปฐมพยาบาล (First Aid)

<p>หายใจเข้าไป :</p>	<p>- ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ผู้ป่วยไม่หายใจ ให้ช่วยหายใจ ผู้ป่วย หายใจลำบาก ให้ออกซิเจน</p>
<p>กินหรือกลืนเข้าไป :</p>	<p>- การกินหรือกลืนเข้าไป : ถ้าผู้ป่วยยังมีสติให้ดื่มน้ำและกระตุ้นทำให้อาเจียนทันทีโดยเข้าหน้าที่ทางการแพทย์ ถ้าผู้ป่วยหมดสติห้ามไม่ให้สิ่งใดเข้าปาก ถอดเสื้อผ้าที่ประอบี้นและทำความสะอาดก่อนใช้อีกครั้ง</p>
<p>สัมผัสถูกผิวหนัง :</p>	<p>- ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ล้างออกด้วยน้ำและสบู่ปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที</p>
<p>สัมผัสถูกตา :</p>	<p>- ถ้าสัมผัสถูกตา ให้ฉีดล้างตาโดยให้น้ำไหลผ่านอย่างน้อย 15 นาที</p>
<p>อื่น ๆ :</p>	

13. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

- เมื่อรั่วไหลลงสู่น้ำ : สารนี้มีความเป็นพิษต่อปลาและแพลงก์ตอน อาจเกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำ ให้ไอของสารที่ระเหยได้
- สารนี้สามารถเกิดการสลายตัวทางชีวภาพได้ดี
- สารนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำทิ้ง หากมีการใช้และจัดการสารอย่างเหมาะสม

14. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analytical)

NMAM NO. : 1457	OSHA NO. : 7
วิธีการเก็บตัวอย่าง : <input type="checkbox"/> กระจายกรอง <input checked="" type="checkbox"/> หลอดเก็บตัวอย่าง <input type="checkbox"/> อิมพีเนเจอร์	
วิธีการวิเคราะห์ : <input type="checkbox"/> ชั่งน้ำหนัก <input type="checkbox"/> สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ <input checked="" type="checkbox"/> แก๊สโครมาโตกราฟี <input type="checkbox"/> อะตอมมิกแอบซอร์ปชัน	
ข้อมูลอื่น ๆ :	
- การเก็บตัวอย่างใช้ : coconut shell charcoal 100 mg/ 50 mg	
- อัตราการไหลสำหรับเก็บตัวอย่าง : 0.01-0.2 ลิตรต่อนาที	
- ปริมาณเก็บตัวอย่างต่ำสุด-สูงสุด : ต่ำสุด 0.1 มิลลิกรัม, สูงสุด 10 มิลลิกรัม	

15. การปฏิบัติกรณีฉุกเฉิน (Emergency Response)

AVERS Guide : 18	DOT Guide : 129
- กรณีฉุกเฉิน โปรดใช้บริการระบบให้บริการข้อมูลการระงับอุบัติเหตุจากสารเคมีทางโทรศัพท์หรือสายด่วน AVERS ที่หมายเลขโทรศัพท์ 1650	
- ต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม โปรดติดต่อ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ โทร 0 2298 2447 ,0 2298 2457	

16. เอกสารอ้างอิง (Reference)

1. "Chemical Safety Sheet ,Samsom Chemical Publisher ,1991 ,หน้า 384"
2. "NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.US.DHHS ,1990 ,หน้า 130"
3. "Lange'S Handbook of Chemistry McGrawHill ,1999 ,หน้า 1.213"
4. "Fire Protection Guide to Hazardous Material ,NFPA ,1994 ,หน้า 325-47"
5. "ITP. SAX'S Dangerous Properties of Industrial Materials ,1996 ,หน้า 1513"
6. "สอป.มาตรฐานสารเคมีในอากาศและดัชนีวัดทางชีวภาพ ,นำอักษรการพิมพ์ ,2543 ,หน้า 32"
7. "http://www.cdc.gov/NIOSH ,CISC Card. ,0367"
8. "Firefighter 's Hazardous Materials Reference Book ,1997 ,หน้า 320"
9. " ACGIH. 2000 TLVs and BEIs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents ,and Biological Exposure Indices. Ohio.,2000 ,หน้า 30"
10. Source of Ignition หน้า 95"
11. "อื่น ๆ" http://chemtrack.trf.or.th"

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพระพี กงธนาศิริกุล เกิดเมื่อวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2541 หลังจากจบการศึกษาได้ทำงานในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปพลาสติก ที่ใช้ในเป็นชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นระยะเวลา 3 ปี จากนั้นเริ่มทำงานที่เกี่ยวข้องกับการการขึ้นรูปยางสังเคราะห์ และยางพรมสังเคราะห์ ที่ใช้กับอุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และก่อสร้าง เป็นระยะเวลา 3 ปี และได้นำประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวกับพอลิเมอร์มาทำงานในอุตสาหกรรมเทปกาว และระบบยึดติดเชิงกลในอุตสาหกรรมรถยนต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานด้านวัสดุชนิดต่างๆที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ ในระหว่างนี้ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาภาคปลายของปีการศึกษา 2551 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นปีการศึกษา 2555