บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

1. พอลิโอลิฟินด์ อิลาสโตเมอร์ (Polyolefin Elastomer, POEs) เกรด Exact™ 5061 ของบริษัท Exonmobi Chemical Co., Ltd
2. ยางธรรมชาติ (Natural Rubber, NR) เกรด STR5L ของบริษัทยางไทยปักษ์ใต้ จำกัด
3. ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ของบริษัท Neoplastomer Co.,Ltd.
4. กรดสเตียริกของบริษัท Neoplastomer Co.,Ltd.
5. เมอร์แคพโทเบนโซไธอะโซล (MBT) ของบริษัท Neoplastomer Co., Ltd.
6. ไดฟีนิว กัวนีดีน (Diphenyl guanidine, DPG) ของบริษัท Neoplastomer Co., Ltd.
7. สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ (Antioxidant, 6PPD) ของบริษัท Neoplastomer Co.,Ltd.
8. น้ำมันพาราฟินนิก (Parafinic Oil) ของบริษัท Neoplastomer Co.,Ltd.
9. ซัลเฟอร์ (Sulphur) ของบริษัท Neoplastomer Co., Ltd.
10. เม็ดพลาสติก POEs เกรด Exact™ 5061 จากบริษัท Exonmobi Chemical Co.,Ltd.
11. แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) จากร้าน รังสิต เรซิน
11. ทัลค์ (Talc) จากร้าน รังสิต เรซิน

3.2 เครื่องมือทดสอบ

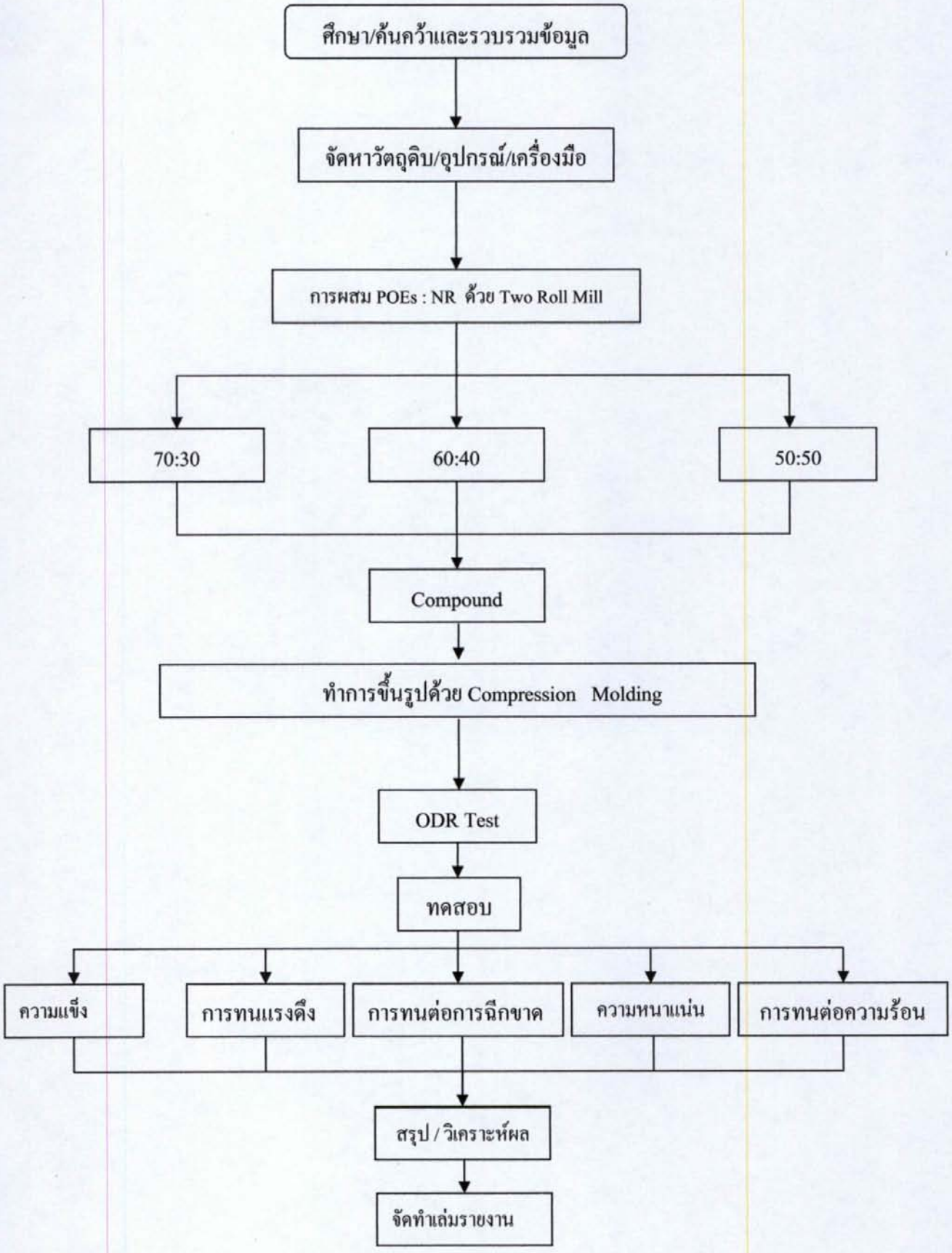
1. เครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) บริษัท Lab Tech Engineer
2. เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Moulding Machine)
3. เครื่องทดสอบการทนแรงดึง (Tensile Testing Machine) บริษัท Instron Calibration Laboratory)
4. เครื่องทดสอบความแข็ง (Shore Hardness) บริษัท Matshuzawa Seiki รุ่น DXT – 1
5. เครื่องทดสอบความทนทานต่อการฉีกขาด (Tear Testing Machine) บริษัท Instron Calibration Laboratory)
6. เครื่องทดสอบการคงรูปของยาง (Oscillating Disc Rheometer (ODR)
7. เครื่องทดสอบหาความหนาแน่น (Density Testing Machine)
8. เครื่องวัดความหนา (เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์)
9. เครื่องปั๊มชิ้นงานดัมเบลของพลาสติก ของบริษัท Ceast รุ่น 6051
10. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance Overting) ของบริษัท Mettler AT 261 Delta Range

097466

สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ

3.3 แผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตหนังเทียม ศึกษาสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต ศึกษาวิธีการการเตรียมวัตถุดิบที่จะนำมาใช้และปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเมื่อเปลี่ยนวัตถุดิบ สำรวจวัสดุที่สามารถจัดหาได้เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี)
2. รวบรวมข้อมูลและจัดทำรายงานเบื้องต้นพร้อมทั้งวางแผนการดำเนินการวิจัยในขั้นปฏิบัติ
3. ดำเนินการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปเพื่อเตรียมตัวอย่างการทดลองและวางแผนการดำเนินงาน ณ ภาควิชาฯ และที่บริษัท คอทโก้ พลาสติกส์ จำกัด
4. เตรียมวัตถุดิบเม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ยางอีพีดีเอ็ม ยางธรรมชาติ และเทอร์โมพลาสติกพอลิโอเลฟีน (Thermoplastic polyolefin, TPO), เทอร์โมพลาสติกพอลิยูรีเทน (Thermoplastic polyurethane, TPU) และทำการขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ
5. ดำเนินการทดสอบสมบัติเชิงกลของชิ้นงานตัวอย่าง ประเมินปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ประเมินการนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิตในโรงงาน พร้อมทั้งทดลองกระบวนการผลิตจริงในโรงงาน
6. รวบรวมและคำนวณผลการทดสอบ และประเมินมาตรฐานของผลิตภัณฑ์และประเมินกระบวนการผลิต
7. วิเคราะห์ วิจารณ์ผลการทดลอง และสรุปผลความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงาน พร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกระบวนการผลิตโดยใช้วัตถุดิบจากพลาสติกพอลิไวนิลคลอไรด์ สรุปข้อเสนอแนะในกระบวนการผลิต
8. จัดทำรูปเล่มรายงานผลการทดลอง สรุปผลการดำเนินงานวิจัย และรายงานผลการวิจัย


ศึกษา/ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล
จัดหาวัตถุดิบ/อุปกรณ์/เครื่องมือ
การผสม POEs : NR ด้วย Two Roll Mill
70:30
60:40
50:50
Compound
ทำการขึ้นรูปด้วย Compression Molding
ODR Test
ทดสอบ
ความแข็ง
การทนแรงดึง
การทนต่อการฉีกขาด
ความหนาแน่น
การทนต่อความร้อน
สรุป / วิเคราะห์ผล
จัดทำเล่มรายงาน

3.4 การเตรียมวัสดุผสม

เป็นการเตรียมวัสดุผสมระหว่าง POEs และ NR ที่อัตราส่วนต่างๆ ดังนี้ 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับด้วยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง

วิธีการผสม

1. ทำการMastication ยาง NR (การบดย่อยยางให้นิ่มก่อนที่จะเติมสารเคมีต่างๆ ลงไป) ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 5 นาทีด้วยเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้งเตรียมไว้ก่อน
2. ตั้งอุณหภูมิของเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้ง ที่อุณหภูมิ 100 °C
3. ใส่ POEs ลงไปบดผสมเป็นเวลา 6นาที (POEs หลอม) แล้วใส่ยาง NR ที่ผ่านการ Mastication แล้วตามอัตราส่วนต่างๆลงไปบดผสมเป็นเวลา 2 นาที
4. เติม ซิงค์ออกไซด์ (ZnO), กรดสเตียริก(Stearic Acid), สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (Antioxidant), น้ำมันพาราฟินนิก (Parafinic Oil) บดผสมกันเป็นเวลาอีก 2 นาที
5. เติมเมอร์แคพโตเบนโซไธอะโซล (Mercapto Benzothiazole, MBT), ไดฟีนิลกัวนิดีน (Diphenyl guanidine, DPG) ลงไปอีก บดต่อเป็นเวลา 2 นาที
6. เติมกำมะถัน (Sulphur) ผสมต่ออีกเป็นเวลา 1 นาทีก็จะได้วัสดุผสม (Compound) ที่สมบูรณ์

ตารางที่ 3-1 แสดงสูตรยางและสารเคมีที่ใช้

Compounds	Amount (Phr)		
	1	2	3
TPO	70	60	50
NR	30	40	50
ZnO	5.0	5.0	5.0
Stearic acid	1.0	1.0	1.0
MBT	0.6	0.6	0.6
DPG	0.4	0.4	0.4
S	2.0	2.0	2.0
Antioxidant 6PPD	1.0	1.0	1.0
Parafinic oil	10	10	10

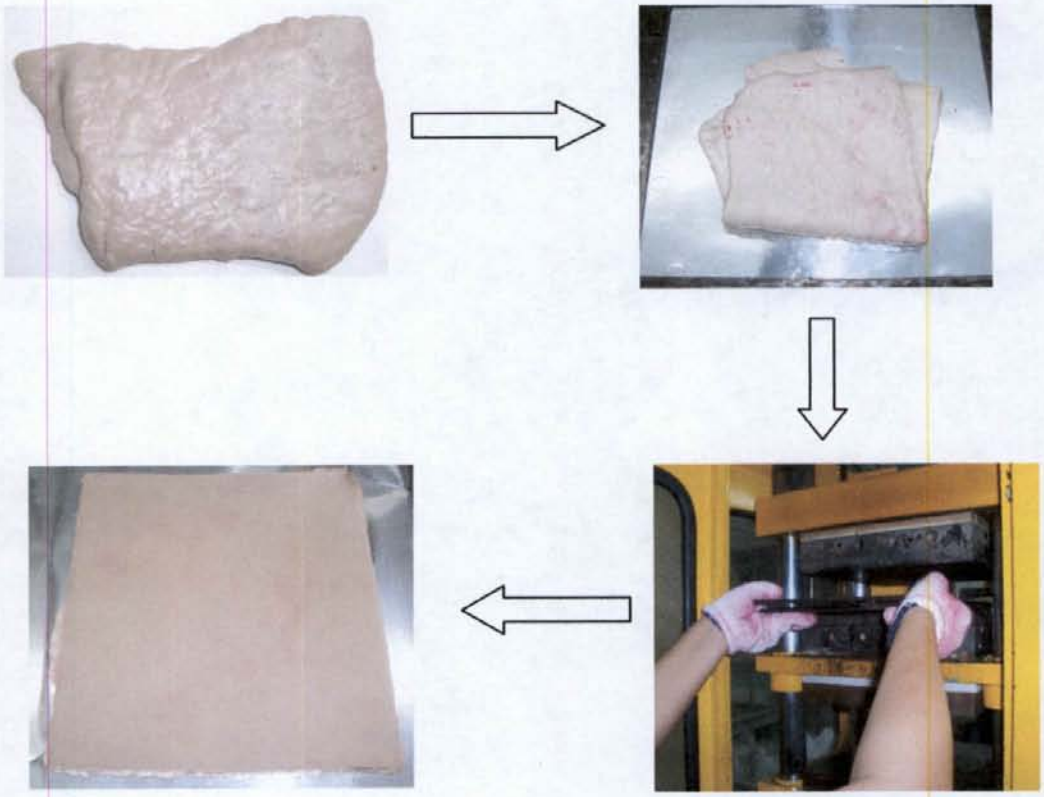
3.5 ขั้นตอนการขึ้นรูปชิ้นงานโดยเครื่องอัดขึ้นรูป

1. ตั้งอุณหภูมิที่แผ่นเพลท (Plate) แต่ละแผ่น ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง และทำการเช็คระบบหล่อเย็น (Cooling) และเครื่องทำน้ำเย็น (Shiller) ว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่

2. เมื่อได้อุณหภูมิตามต้องการให้นำ Thermoplastic Elastomer ที่ Compound แล้วไปวางระหว่างแผ่นเพลท (Plate) ทั้งสอง

3. เริ่มเดินเครื่องตามลำดับ และทำการหล่อเย็น (Cooling)

4. เมื่อทำการหล่อเย็น (Cooling) เรียบร้อยแล้ว แกะชิ้นงานออกจากแบบ แล้วทำความสะอาดแบบเพื่อเตรียมขึ้นรูปชิ้นงานในอัตราส่วนอื่นๆ



รูปที่ 7 แสดงชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยการอัด (Compression Moulding)

3.6 วิธีการทดสอบ

3.6.1 การทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธี (Shore Hardness)ตามมาตรฐาน ASTM D2240

- Shore D สำหรับวัสดุที่แข็ง
- หัวกดลักษณะหัวกดแหลมรัศมี 0.1 มิลลิเมตร หัวกดจะต่ออยู่กับ Coiled spring
- ชิ้นงานทดสอบขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร ความหนา 6 มิลลิเมตร
- น้ำหนักกด 1 กิโลกรัม

นำชิ้นงานมาวางบนแท่นวางชิ้นงาน และเลือกตำแหน่งทดสอบห่างจากขอบ 12 mm จากนั้นปลดดันล็อกให้หัวกดกระแทกลงบนชิ้นงานทดสอบ อ่านค่าที่ใส่ซึ่งในหนึ่งชิ้นงานควรทำซ้ำ 4 ตำแหน่งโดยแต่ละตำแหน่งควรห่างกันอย่างน้อย 6 mm

รูปที่ 8 แสดงเครื่องมือทดสอบความแข็ง (Hardness Shore D)

3.6.2. ทดสอบการทนแรงดึง (Tensile strength) ตามมาตรฐาน ASTM D2240 D 638

สภาวะทดสอบ

- ชิ้นงานทดสอบ ลักษณะเป็นรูปดัมเบลขนาด A ความยาว 115 มิลลิเมตร ความกว้างของระยะ Grip 65 มิลลิเมตร หนา 2.5 มิลลิเมตร
- ความเร็วในการทดสอบความเร็ว 500 มม./นาที, แรง (Load Rang) 500 นิวตัน

นำชิ้นงานดังกล่าวยึดด้วยตัวหนีบ (Grips) ในตำแหน่งแนวดิ่งจับให้แน่นโดยไม่ให้เลื่อน และตั้งความเร็วในการทดสอบ ขณะที่เครื่องทำงานชิ้นงานยืดออกเครื่องจะบันทึกค่าแรง (Load)

รูปที่ 9 แสดงการทดสอบการทนแรงดึง (Tensile strength)

สูตรการคำนวณ

$$Tensile\ strength,\ kg/mm^2 = \frac{tensile\ at\ break\ (kg)}{sample\ cross\ section\ area\ (mm^2)}$$

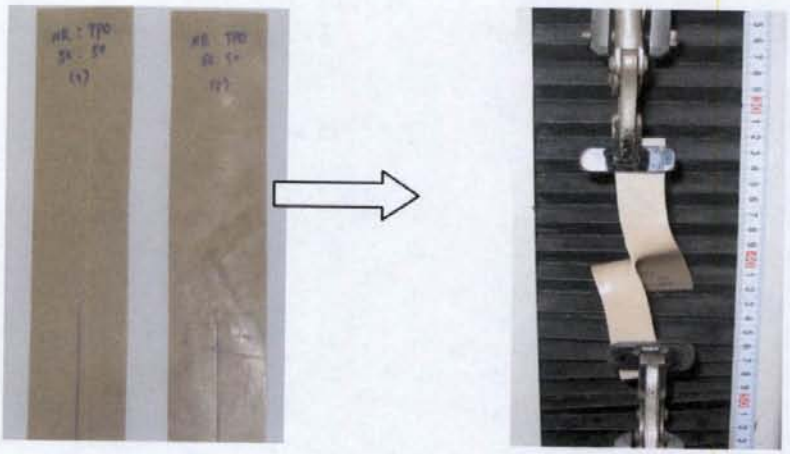
$$Elongation,\ \% = \frac{extened\ length\ (mm)}{originallength\ (mm)} x\ 100$$

3.6.3. การทดสอบการทนต่อการฉีกขาด (Tear strength) ใช้มาตรฐานอ้างอิง ASTM D1938

สภาวะทดสอบ

- ความเร็วในการทดสอบเท่ากับ 250 มม./นาที
- แรงขนาด 500 นิวตัน
- ชิ้นงานทดสอบ หนา 2.5 มิลลิเมตร
- ความกว้างของระยะ Grip 50 มิลลิเมตร
- ความยาว เท่ากับ 75 มิลลิเมตร
- ดึงชิ้นงานทดสอบที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส

ชิ้นงานมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าผ่ากลางชิ้นงาน 50 มิลลิเมตร โดยชิ้นงานทดสอบจะถูกฉีกขาดด้วยแรงดึง และวัดค่าออกมาเป็นแรงต่อความหนาของชิ้นงานที่ทดสอบ



รูปที่ 10 แสดงชิ้นทดสอบการทนต่อการฉีกขาด (Tear strength)

สูตรการคำนวณ

$$Tensile\ strength, kg/mm = \frac{Maximum\ tensile\ force\ (kg)}{sample\ thickness\ (mm)}$$

3.6.4 การทดสอบความหนาแน่น (Density Testing) ใช้มาตรฐานอ้างอิง ASTM D792

ความหนาแน่นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลและปริมาตร นำพอลิเมอร์มาเบลนด์ที่ทราบความหนาแน่น และทำการชั่งน้ำหนักในอากาศจุ่มในไอโซโพรพานอล จะเกิดการสูญเสียน้ำหนักของพอลิเมอร์เบลนด์ ไปแทนที่น้ำหนักของไอโซโพรพานอล มีความหนาแน่น 0.82 g/cm^2 โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 792

ความหนาแน่นหาได้จากการใช้ของเหลวที่ทราบความหนาแน่นที่แน่นอนซึ่งทำการชั่งน้ำหนักในอากาศและเมื่อจุ่มในของเหลวจากน้ำหนักทั้งสองความหนาแน่น สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Specific\ gravity = \frac{a}{a+w-b} \times density\,(0.8)$$

เมื่อ a = น้ำหนัก Sample ในอากาศ

w = น้ำหนัก Sample ที่อยู่ในน้ำ (ไม่นำมาคิด)

b = น้ำหนัก Sample ที่อยู่ในสารละลาย (Isopropanal)

กำลังลอยตัวในอากาศของของแข็งไม่ต้องคำนึงถึงทุกครั้ง ถ้าจำเป็นผลที่ได้ สามารถแก้ไขโดยประมาณ + 0.001 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

วิธีการทดสอบ

1. ทำการเตรียมตัวอย่างและสารตัวกลาง
2. ติดตั้งอุปกรณ์ โดยติดตั้ง Wave Basket ในบีกเกอร์ซึ่งมีไอโซโพรพานอลบรรจุอยู่ เหนือบีกเกอร์จะเป็น Gem Holder
3. ติดตั้ง Gem Holder
4. กด Tare เครื่องชั่งให้เป็นศูนย์
5. คีบตัวอย่างมาวางบน Gem Holder ทำการอ่านค่าจากเครื่องชั่งในหน่วยกรัม บันทึกผลการชั่งน้ำหนักเป็น A ของของแข็งเมื่อชั่งในอากาศ
6. เมื่ออ่านค่าแล้วคีบตัวอย่างออกมาวางลงในภาชนะที่เตรียมไว้
7. คีบตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 5 ที่อยู่ในภาชนะที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 6 ไปวาง Wave Basket ซึ่งอยู่ในไอโซโพรพานอลทำการอ่านค่าจากเครื่องชั่งในหน่วยกรัม บันทึกผลการชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนัก b ของของแข็งเมื่อชั่งในไอโซโพรพานอล
8. ทำการทดลองซ้ำ 2-3 ครั้ง
9. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาแน่นของพลาสติกนั้นๆ

3.7 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทดแทนพีวีซี (non-PVC) โดยการเพิ่มความหนาแน่นของชิ้นงาน

ในอุตสาหกรรมยานยนต์มีความต้องการผลิตภัณฑ์หนังเทียมที่ใช้งานกั้นเสียงระหว่างเครื่องยนต์และห้องผู้โดยสารในรถยนต์ หนังเทียมที่ใช้ต้องมีความหนาแน่นสูงเพื่อการดูดซับ (Absorb) เสียงจากเครื่องยนต์ขณะขับขี่ เนื่องจากความต้องการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม บริษัทผู้ผลิตรถยนต์จึงมีความต้องการใช้วัสดุทดแทนพีวีซีในการผลิตหนังเทียมที่มีความหนาของชิ้นงานตั้งแต่ 3 mm ขึ้นไป ที่มีความหนาแน่นสูง

คณะผู้วิจัยได้เลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้ทดแทนหนังเทียมจาก PVC พบว่าวัตถุดิบที่สนใจ คือ เม็ดพลาสติก POEs ซึ่งในการทำวัสดุทดแทนนี้ จุดประสงค์หลักคือ ต้องการวัสดุที่มีความหนาแน่นสูง ดังนั้นจำเป็นต้องเติมสารเติมแต่ง (ฟิลเลอร์) ที่ใช้เพิ่มความหนาแน่นให้กับวัสดุทดแทนหนังเทียม PVC ซึ่งได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ทัลค์ (Talc) และ คาร์บอนแบล็ค (Carbon black) โดยใช้พลาสติกพอลิโอลิฟินค์ อีลาสโตเมอร์ (Polyolefin elastomers, POEs) เป็นวัสดุหลักในการขึ้นรูปหนังเทียม จากนั้นนำเม็ดพลาสติก POEs มาทดสอบหาความหนาแน่น

แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) $CaCO_3$ ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วกลายเป็นแคลเซียมไบคาร์บอเนต ($Ca(HCO_3)_2$) แคลเซียมไบคาร์บอเนตละลายในน้ำได้เล็กน้อย

รูปที่ 11 แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate)

Talc มีโครงสร้าง TOT เหมือนพวก Montmorillonite แต่ Al^{3+} ใน Octahedral sheet ถูกแทนที่ด้วย Mg^{2+} (Brucite sheet) แรงยึดกันระหว่างออกซิเจนกับออกซิเจนของแร่ละชั้นไม่แข็งแรงจึงเป็นเหตุให้เกิดรอยแตกตามแนวตั้งฉากกับแกน C ได้ง่าย และเป็นเหตุทำให้แร่นี้มีเนื้อแร่อ่อนนิ่ม ส่วนประกอบทางเคมีตามทฤษฎี คือ SiO_2 63.5%, MgO 31.7% และ 4.8%

รูปที่ 12 แร่ทัลค์ (Talc)

แร่ Talc นี้มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการจึงใช้เป็นส่วนประกอบในอุตสาหกรรมเซรามิกส์หลายชนิด คือ

1. ใช้เป็นส่วนผสมส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมกระเบื้องกรุฝาผนัง เนื่องจากแร่นี้มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดการรานตัว (crazing) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการขยายตัวเมื่อชื้น
2. ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นภาชนะที่ใช้สำหรับการปรุงอาหาร เนื่องจากแร่นี้มีคุณสมบัติต้านทานการเกิดการช็อคเนื่องจากความร้อน (thermal shock) นอกจากนี้คุณสมบัติที่เป็นประโยชน์อีกอันหนึ่งก็คือ เนื้อแร่นี้ไม่แข็งมากนักและเป็นมันลื่น แบบโลหะที่ใช้ในการขึ้นรูป โดยวิธีการอัดเนื้อดินปั้นที่มี Talc เป็นส่วนผสม จะมีอายุการใช้งานได้นานกว่าปกติ

ตารางที่ 3-2 อัตราส่วนที่ใช้ในการผสมพอลิโอลิฟินค์อีลาสโตเมอร์กับแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ทัลค์ (Talc) และ คาร์บอนแบล็ค (Carbon black)

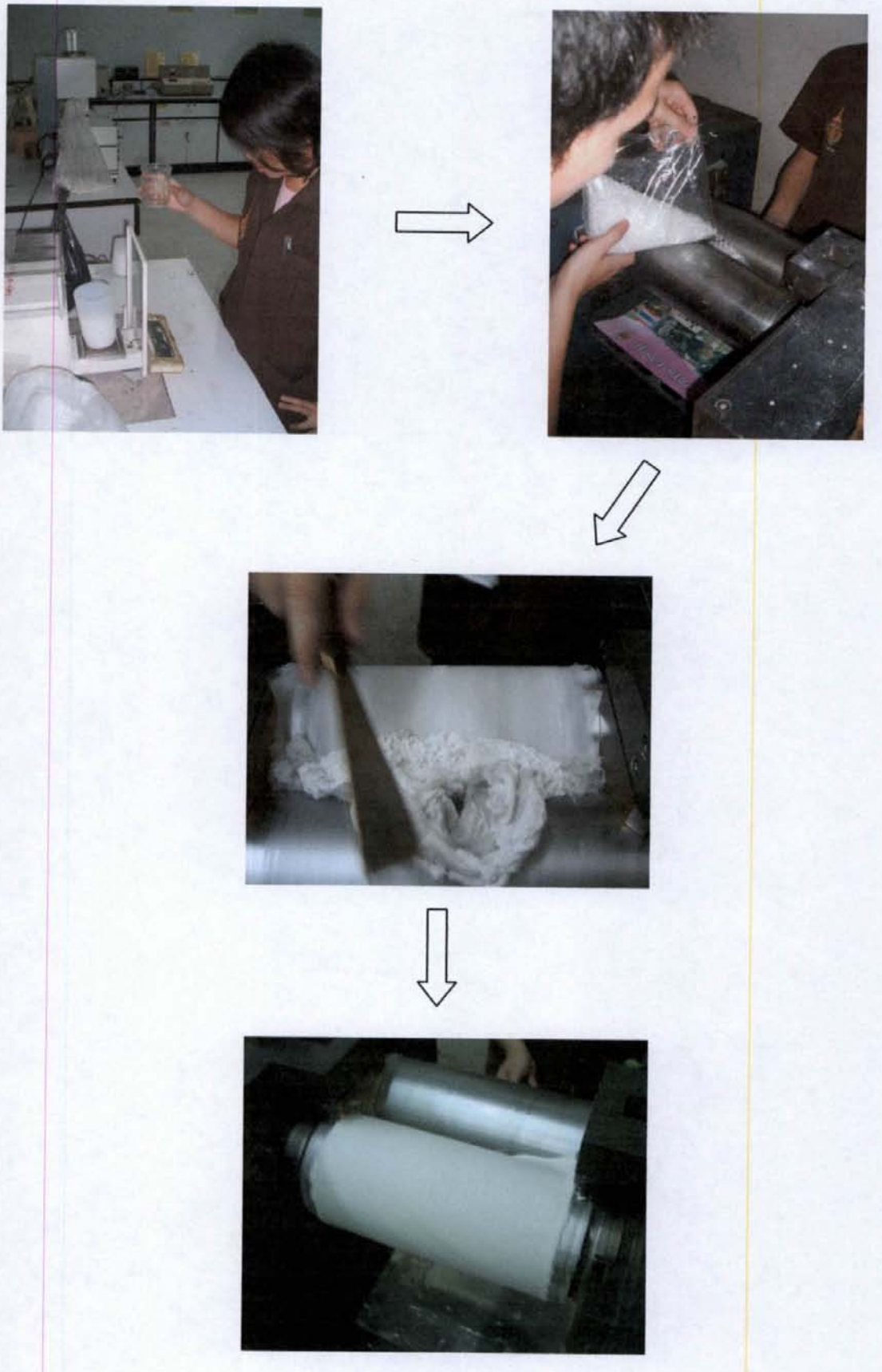
พอลิเมอร์ผสม	อัตราส่วน		
POEs : $CaCO_3$	80:20	70:30	60:40
POEs : Talc	80:20	70:30	60:40
POEs : Carbon black	80:20	70:30	60:40

การคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)

$$Specific\ gravity = \frac{weight\ (in\ air)}{weight\ (in\ ethanol)} \times ethanol\ density$$

การเตรียมชิ้นงาน

1. ชั่งพลาสติกและสารเติมแต่งตามอัตราส่วนที่กำหนด
2. เปิดเครื่องตั้งอุณหภูมิเครื่องบดผสมสองลูกกลิ้งที่อุณหภูมิ 120 ° C
3. เดินเครื่องให้ลูกกลิ้งหมุน
4. เทพลาสติกลงไปผสมบนลูกกลิ้งที่ปรับขนาดแล้ว ให้พลาสติกหลอมติดลูกกลิ้ง
5. เทสารเติมแต่งลงไปผสมกับพลาสติกที่หลอมติดลูกกลิ้ง
6. ผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันและรีดออกมาเป็นแผ่น
7. เปิดเครื่องอัดขึ้นรูปและทำการตั้งอุณหภูมิที่ 150 ° C ความดันที่ 150 bar เวลาหล่อเย็น 15 นาที
8. นำชิ้นงานที่รีดออกมาเข้าเครื่องอัดขึ้นรูปและตัดเม็ด
9. นำไปทดสอบหาความถ่วงจำเพาะด้วยเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะ
10. บันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 13 การเตรียมชิ้นงานผลิตภัณฑ์ทดแทนพีวีซี