บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้

3.1.1.1 พอลิพรอพิลีน

พอลิพรอพิลีน เกรด 1100NK มีค่า Melt Flow Index (MFI) เท่ากับ 11 กรัม/10 นาที (ASTM D 1238 ที่ 2.16 กิโลกรัม/230 องศาเซลเซียส) จากบริษัท IRPC Public Co., Ltd. (Thailand)

3.1.1.2 ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ใช้ เป็นวัสดุที่เลือกจากอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ จากบริษัท V.P. Wood Co., Ltd. (Thailand) ลักษณะเป็นผงขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 150-250 ไมโครเมตร

3.1.2 การเตรียมเม็ดวัสดุเชิงประกอบด้วยการผสมแบบหลอม

ขั้นตอนการเตรียมเม็ดวัสดุเชิงประกอบด้วยการผสมแบบหลอมนี้ทำการผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง (High speed mixer) ก่อน จากนั้นจึงนำไปอัดรีดเป็นเม็ดวัสดุเชิงประกอบด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ (Twin screw extruder)

3.1.2.1 การผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องผสมความเร็วสูง

ในขั้นตอนนี้เป็นการผสมให้วัตถุดิบรวมกันก่อนทำการผสมแบบหลอมในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ เริ่มจากชั่งเม็ดพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงตามอัตราส่วนการผสมดังตารางที่ 3.1 จากนั้นผสมเม็ดพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพาราในเครื่องผสมความเร็วสูง รุ่น LMXS ของบริษัท Lab Tech Engineering จำกัด ดังรูปที่ 3.1 เวลาผสม 5 นาที เพื่อทำให้วัตถุดิบที่ผสมเข้ากันก่อนนำไปทำการผสมในเครื่องผสมแบบหลอมต่อไป

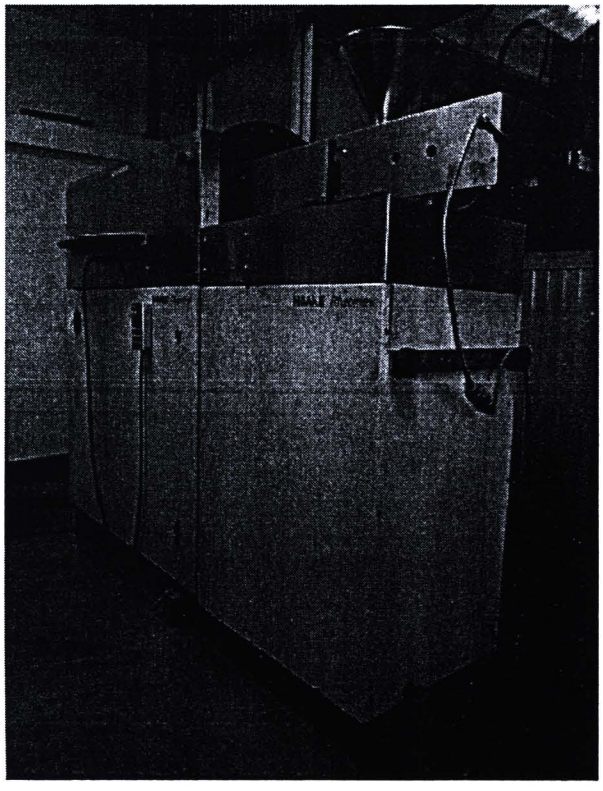
ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ยางพาราสำหรับการทดสอบสมบัติการในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

พอลิพรอพิลีน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	**ขี้เลื่อยไม้ยางพารา** (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
100	0
90	10
80	20
70	30

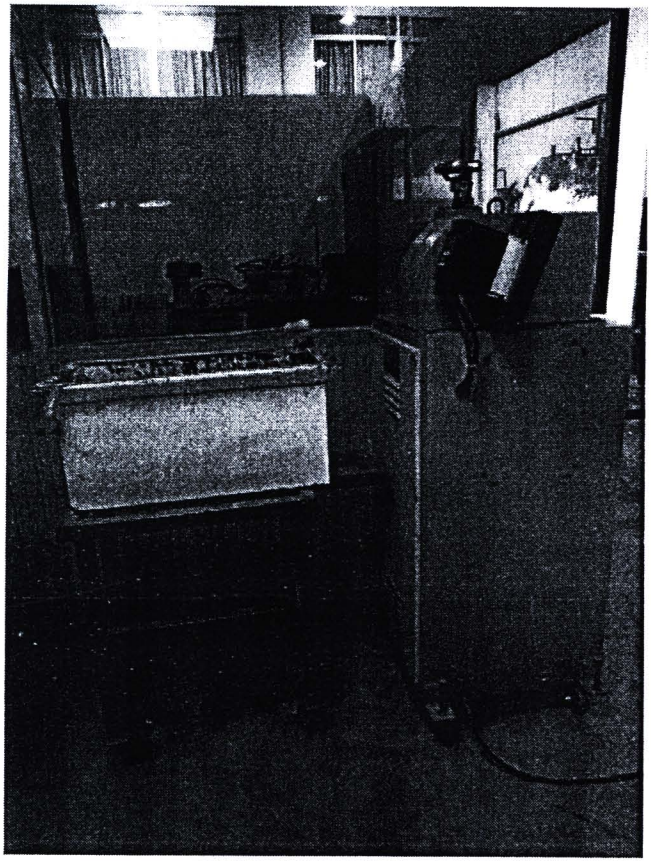
รูปที่ 3.1 เครื่องผสมความเร็วสูง

3.1.2.2 การผสมวัตถุดิบด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่

หลังจากผสมวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้เข้าด้วยกัน ด้วยเครื่องผสมความเร็วสูงแล้ว นำวัสดุผสมข้างต้นไปอัดรีดด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ รุ่น HAAKE Polylab Rheomex CTW 100p ของบริษัท HAAKE Co., Ltd. (Germany) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยใช้อุณหภูมิในการผสมตั้งแต่ช่วงป้อนเม็ดพลาสติก (Feed zone) ช่วงอัด (Compression zone) ช่วงหลอม (Metering zone) จนถึงบริเวณ หัวขึ้นรูป (Die) เป็น 160 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส ตามลำดับใช้ความเร็วรอบเกลียวหนอน 50 รอบต่อนาที วัสดุเชิงประกอบพลาสติกถูกหลอมเหลวและอัดรีดออกมาเป็นเส้นจากหัวขึ้นรูปชนิดกลม 3 รู ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรูขนาด 3 มิลลิเมตร จากนั้นทำการหล่อเย็นวัสดุเชิงประกอบที่ถูกอัดรีดด้วยชุดหล่อเย็น และตัดให้เป็นเม็ดด้วยเครื่องตัดเม็ดของบริษัท Thai Hydraulic Machinery Co., Ltd. จำกัด ดังรูปที่ 3.3 เม็ดวัสดุเชิงประกอบที่ได้ถูกนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



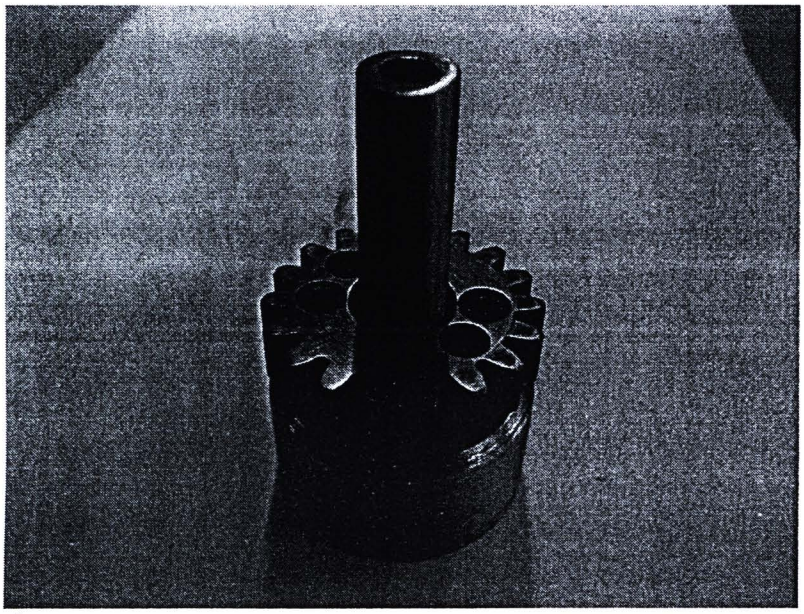
รูปที่ 3.2 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนคู่ รุ่น HAAKE Polylab Rheomex CTW 100p



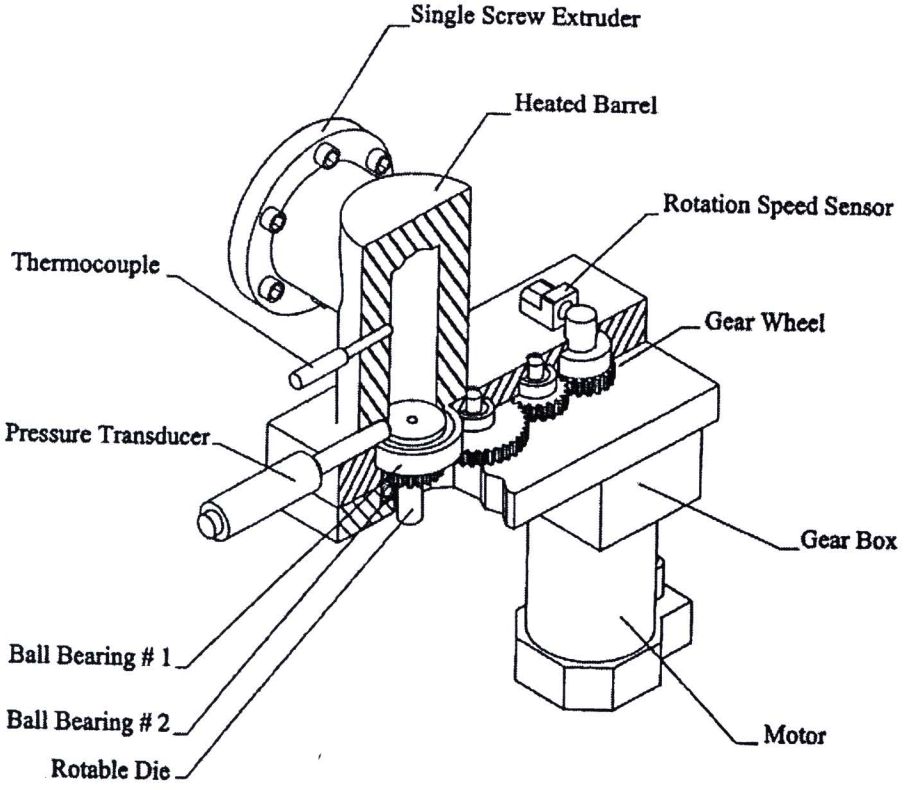
รูปที่ 3.3 ชุดหล่อเย็นและเครื่องตัดเม็ด

3.1.3 เครื่องอัดรีด

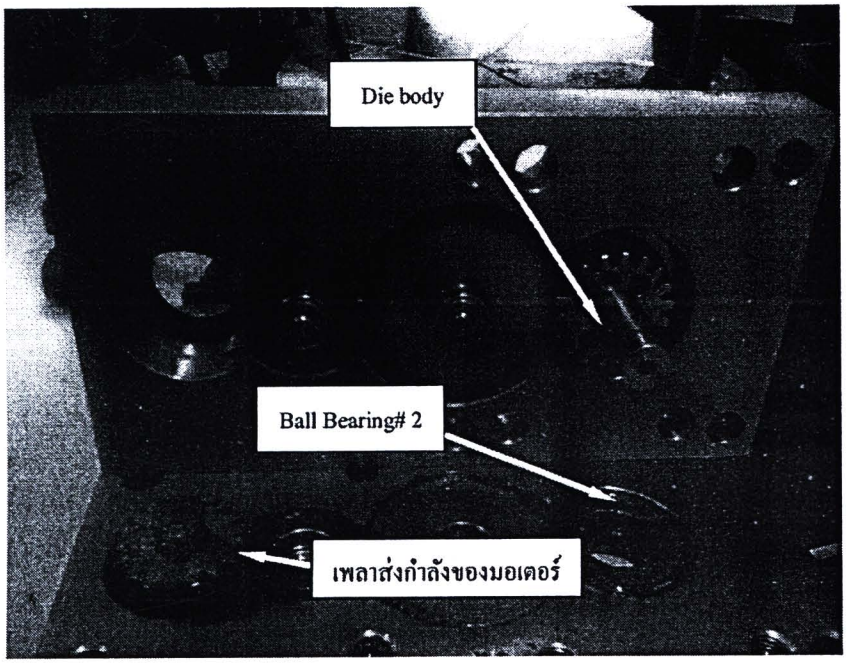
ทำการอัดรีดวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลวพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ โดยใช้กระบวนการอัดรีดแบบนอนไอโซเทอร์มอล (Non-isothermal extrusion process) ที่อุณหภูมิไม่เท่ากันตลอดการไหลของวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลว โดยอัดรีดผ่านเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว



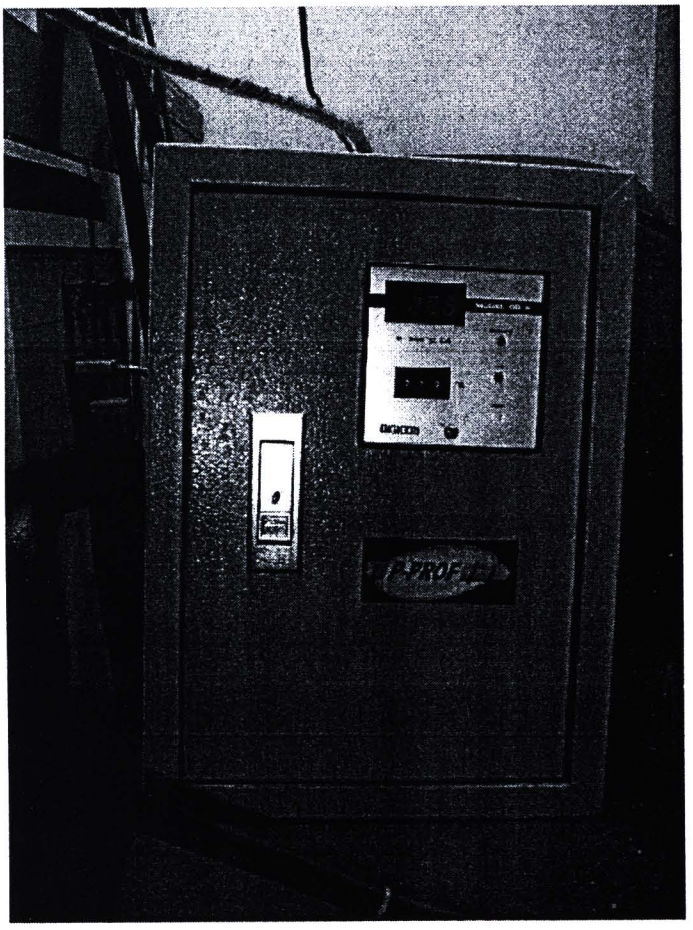
รูปที่ 3.4 หัวขึ้นรูปชนิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร



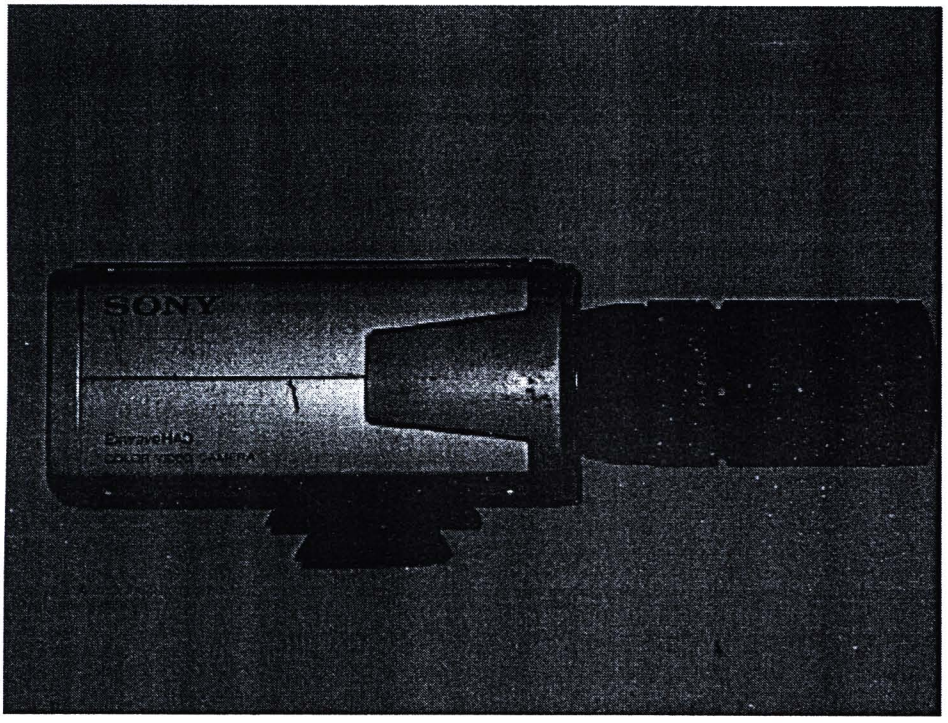
รูปที่ 3.5 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวประกอบกับชุดหัวขึ้นรูปแบบหมุน



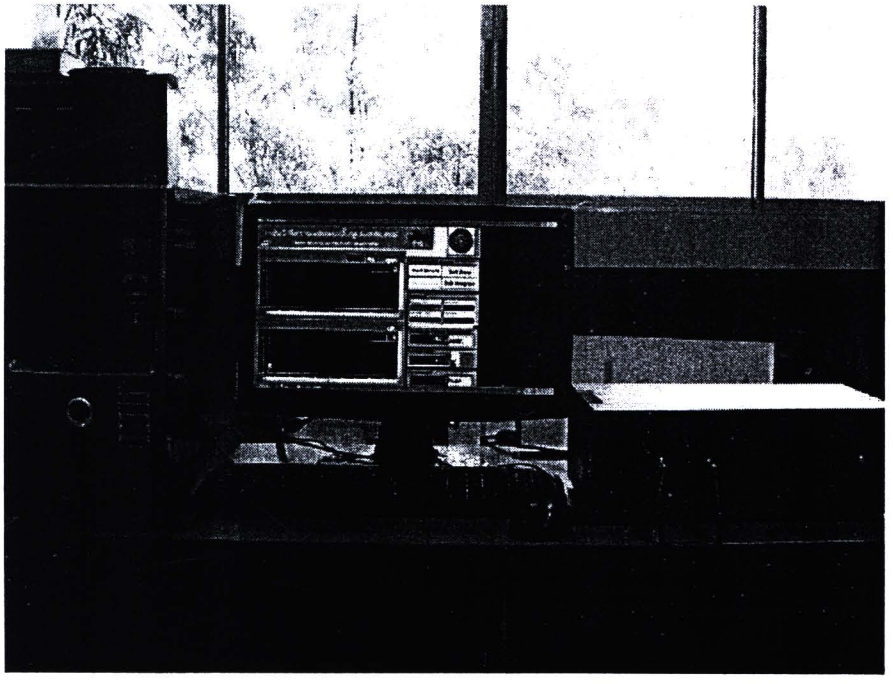
รูปที่ 3.6 ชุดหัวขึ้นรูปแบบหมุน



รูปที่ 3.7 ชุดควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 3.8 กล้องวีดีโอ ยี่ห้อ Sony รุ่น SSC-DC398P

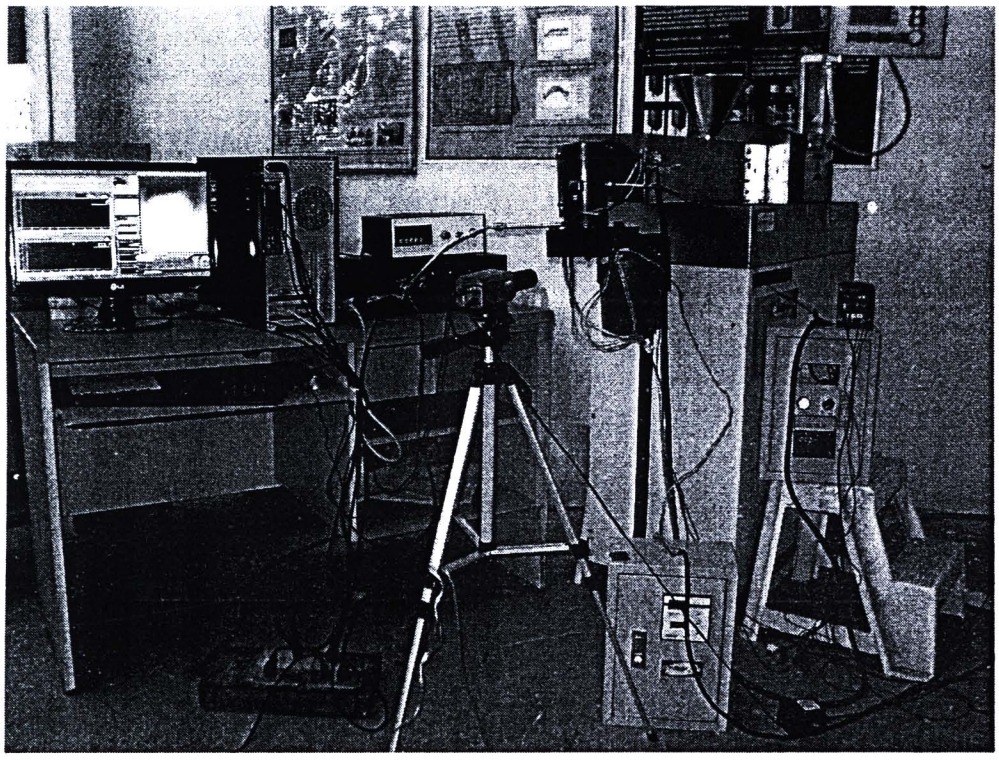


รูปที่ 3.9 อุปกรณ์เก็บข้อมูลความเร็วสูงที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

รูปที่ 3.10 อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์

3.1.3.1 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

ชุดหัวขึ้นรูปแบบหมุนติดตั้งไว้ที่ส่วนปลายของเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวดังรูปที่ 3.11 โดยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวที่ใช้ รุ่น HAAKE Polylab Rheomex CTW ของบริษัท HAAKE Co., Ltd. (Germany) ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ที่สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิในการผสมตั้งแต่ช่วงป้อนเม็ดพลาสติก (Feed zone) ช่วงอัด (Compression zone) ช่วงหลอม (Metering zone) จนถึงบริเวณหัวขึ้นรูป (Die) ได้ดังรูปที่ 3.12 ส่วนประกอบอื่นๆ ดังนี้ ชุดควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ กล้องวีดีโอและชุดเครื่องเก็บข้อมูลความเร็วสูง



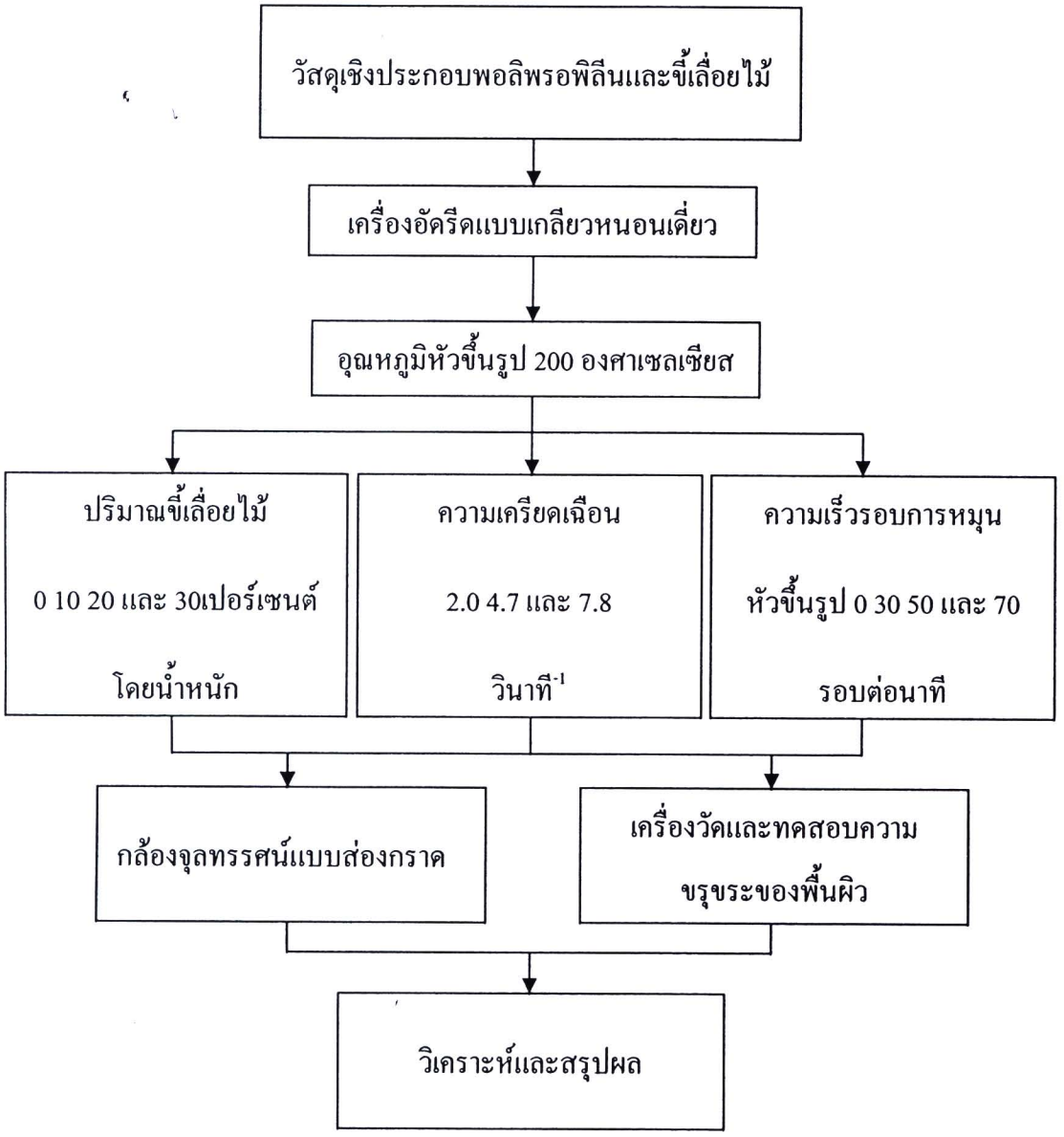
รูปที่ 3.11 เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวและประกอบกับชุดหัวขึ้นรูปแบบหมุน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การศึกษาสมบัติการไหลและการเกิดรอยฟันฉลามของวัสดุเชิงประกอบในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวประกอบกับหัวขึ้นรูปแบบหมุน

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาสมบัติการเกิดรอยฟันฉลามของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

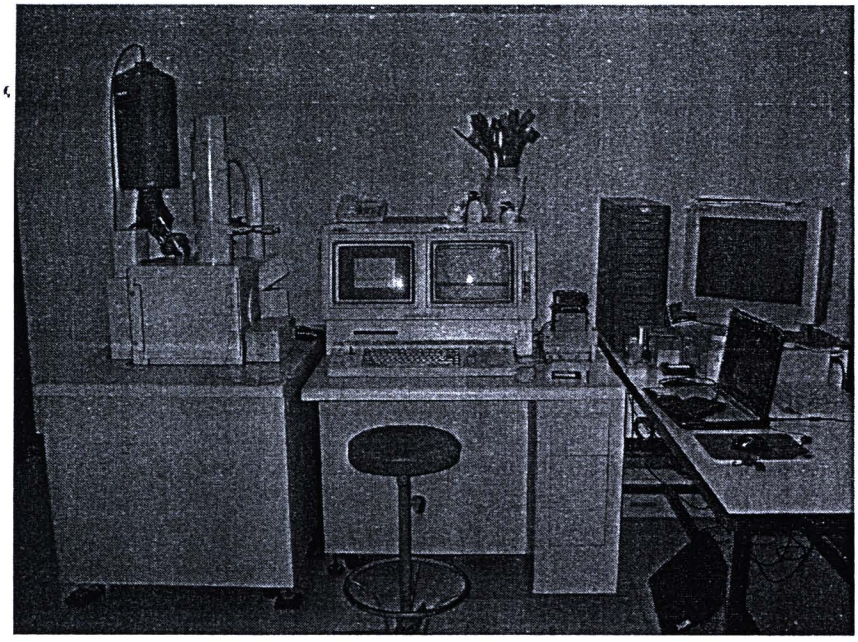


รูปที่ 3.12 แผนผังการดำเนินงานการศึกษาสมบัติการเกิดรอยฟันฉลาม ของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ใน กระบวนการอัดรีดด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

โดยงานวิจัยนี้มีขอบเขตการดำเนินงานวิจัย สามารถแบ่งงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ การศึกษาสมบัติการไหลของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนกับขี้เลื่อยไม้ และการศึกษาลักษณะการเกิดรอยฟันฉลามจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดและเครื่องวัด และทดสอบความขรุขระของพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบที่ได้จากเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ประกอบกับหัวขึ้นรูปแบบหมุน ดัง **รูปที่ 3.12** ขั้นแรกทำการอัดรีดวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีน และขี้เลื่อยไม้ที่มีอัตราส่วนขี้เลื่อยไม้ต่างๆ กัน และผ่านการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยตั้งอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงป้อนเม็ดพลาสติก ช่วงอัด ช่วงหลอมและช่วงหัวขึ้นรูปเป็น 180 190 200 และ 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับในเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวที่ค่าอัตราเครียดเฉือน ดังนี้ 2.0 4.7 และ 7.8 วินาที$^{-1}$ โดยแต่ละค่าอัตราเครียดเฉือน มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วรอบของการหมุนหัวขึ้นรูปต่างๆ ดังนี้ 0 30 50 และ 70 รอบต่อนาที ในระหว่างการทดลองมีการเก็บข้อมูล ด้วยเครื่องเก็บข้อมูลความเร็วสูง ดังนี้ ความดันตกคร่อมบริเวณทางเข้าหัวขึ้นรูป เพื่อนำไปคำนวณค่าความเค้นเฉือนและเก็บค่าความเร็วรอบในการหมุนหัวขึ้นรูป และทำการบันทึกภาพของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนกับขี้เลื่อยไม้ที่ไหลออกมาจากหัวขึ้นรูป เพื่อใช้ในการคำนาณเวลาที่พอลิเมอร์ใช้ในการคลายตัวและทำการเก็บตัวอย่างชิ้นงานที่ผ่านการอัดรีดออกมาจากหัวขึ้นรูป เพื่อนำไปศึกษาลักษณะการเกิดรอยฟันฉลามจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด และทดสอบความขรุขระของพื้นผิวของวัสดุเชิงประกอบต่อไป จากนั้นทำการวิเคราะห์ทั้งในส่วนของการศึกษาสมบัติการไหลของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนกับขี้เลื่อยไม้ อัตราการเกิดรอยฟันฉลามและสรุปผลการทดลอง

3.2.2 การตรวจสอบลักษณะการเกิดรอยฟันฉลามของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนกับขี้เลื่อยไม้ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

สำหรับการวิเคราะห์ และตรวจสอบลักษณะการเกิดรอยฟันฉลามของวัสดุเชิงประกอบในส่วนนี้จะต้องมีการเคลือบชิ้นงานด้วยทองคำก่อนเพื่อให้ชิ้นงานนำไฟฟ้า โดยเคลือบทองด้วยเครื่องเคลือบแบบสุญญากาศที่แรงดัน 10^{-4} ปาสคาล กระแส 20 แอมแปร์ เป็นเวลา 60 วินาที ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-6301F ; JEOL Scanning Microscope ตรวจสอบด้วย Secondary electron ใช้ศักย์ไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์

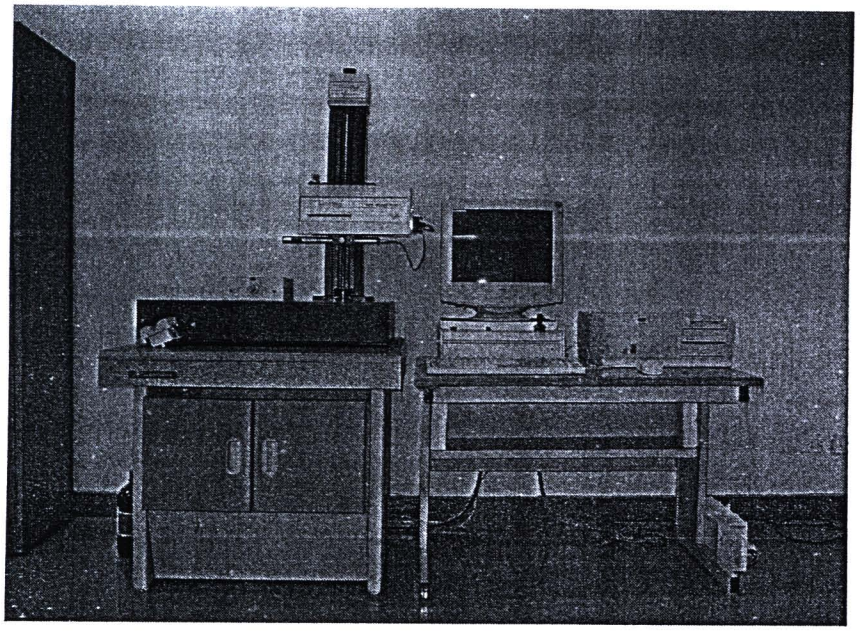


รูปที่ 3.13 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น JSM-6301F

3.2.3 การวัดความหยาบผิวของวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนกับขี้เลื่อยไม้ด้วยเครื่องวัดความหยาบผิวชิ้นงาน

3.2.3.1 การวัดความหยาบผิว

วัดความหยาบผิวของชิ้นงานที่ผ่านการอัดรีดออกมาจากหัวขึ้นรูป โดยใช้เครื่องวัดความหยาบผิวชิ้นงาน (Profilometer) ยี่ห้อ Talysurf Series II; Taylor Hobson, Leicester, UK แสดงดังรูปที่ 3.14 การวัดความหยาบผิวชิ้นงานโดยใช้หัววัดแบบกรวยเพชร (Diamond conical stylus) มีขนาดรัศมี 2 ไมโครเมตร โดยหัวขึ้นรูปลากผ่านบนผิวชิ้นงานด้วยความเร็ว (Scan rate) เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร

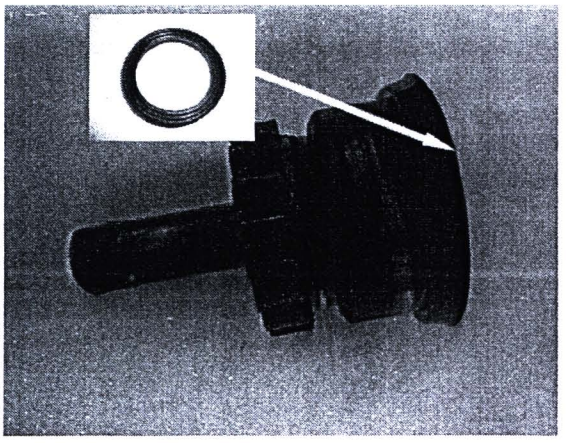


รูปที่ 3.14 เครื่องวัดความหยาบผิวชิ้นงาน ยี่ห้อ Talysurf Series II

3.3 ปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาการทดลอง

3.3.1 การรั่วของวัสดุเชิงประกอบระหว่างการอัดรีด

เมื่อทำการอัดรีดวัสดุเชิงประกอบผ่านเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว พบวัสดุเชิงประกอบรั่วไหลออกมาระหว่างรอยต่อของห้องหลอมเหลวกับหัวขึ้นรูปที่กำลังหมุน เนื่องมาจากความดันเพิ่มขึ้นของวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลวภายในห้องหลอมเหลวดันให้วัสดุเชิงประกอบไหลออกมา ตามรอยต่อนั้น ซึ่งพบการรั่วไหลของวัสดุเชิงประกอบมากขึ้นที่อัตราการอัดรีดสูงๆ การแก้ปัญหา คือ การปิดรอยต่อระหว่างห้องหลอมเหลวกับหัวขึ้นรูป โดยไม่ให้กระทบต่อการหมุนของหัวขึ้นรูป ทำได้โดยการใช้ซีลยางสวมบริเวณส่วนฐานของหัวขึ้นรูป เพื่อป้องกันการไหลของวัสดุเชิงประกอบเนื่องจากความดันที่เพิ่มสูงขึ้น โดยใช้ซีลยางชนิดยูคัพที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ SKY U-CUP VITON รุ่น SKY 35F ของบริษัท SKF-Economos Sealing Solutions Ltd. (Thailand) ดังรูปที่ 3.15

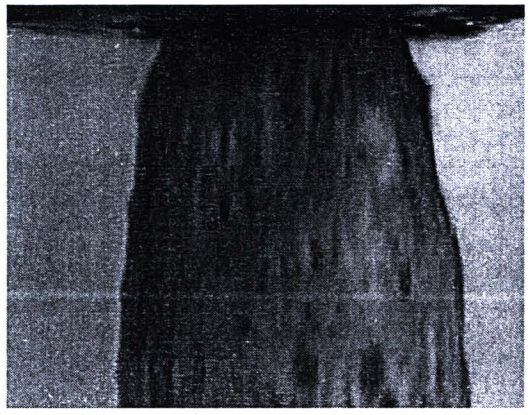


รูปที่ 3.15 ซีลยางที่สวมบนส่วนฐานของหัวขึ้นรูป

3.3.2 การเกิดฟองอากาศภายในวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลวระหว่างการอัดรีด

เนื่องจากในกระบวนการอัดรีดด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว ระหว่างอัดรีดวัสดุเชิงประกอบพอลิพรอพิลีนและขี้เลื่อยไม้ลงในห้องหลอมเหลว มีฟองอากาศแทรกอยู่ระหว่างเม็ดวัสดุ เมื่อทำการอัดรีด ข้อมูลที่บันทึกได้จะมีผลของการรบกวนเนื่องจากความดันของอากาศที่อยู่ภายในวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลว และเกิดความผิดพลาดในการเกิดรอยฟันฉลามของวัสดุเชิงประกอบได้ ซึ่งวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลวที่เกิดฟองอากาศภายในขณะทำการอัดรีดแสดงดังรูปที่ 3.16

การแก้ปัญหา คือ การเกิดฟองอากาศภายในวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลวระหว่างการอัดรีด ของการอัดรีดด้วยเครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยวอาจเกิดฟองอากาศขึ้นเนื่องจาก เม็ดวัสดุเชิงประกอบที่อยู่ในกรวยเติม (Hopper) อาจดูดความชื้นจากบรรยากาศก่อนไหลเข้าสู่ส่วนป้อนเม็ดพลาสติก เมื่อทำการอัดรีดมีฟองอากาศภายในวัสดุเชิงประกอบหลอมเหลว ซึ่งแก้ไขได้ด้วยการอบไล่ความชื้นของเม็ดวัสดุเชิงประกอบอย่างน้อย 6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วป้อนเม็ดวัสดุเชิงประกอบลงในกรวยเติมทีละน้อยเพื่อลดเวลาในการสัมผัสกับอากาศ และก่อนที่มีการอัดรีดเพื่อบันทึกข้อมูลต้องอัดรีดวัสดุออกมาก่อนประมาณ 2-5 นาที



รูปที่ 3.16 วัสดุเชิงประกอบหลอมเหลวเกิดฟองขณะรีด