บทที่ 4

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

4.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 ไม้ตัวอย่าง : ไม้ตัวอย่างที่ใช้เป็นแก่นไม้จิ้งผาซึ่งได้มาจากท้องที่ตำบลแม่คะตวน กิ่งอำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคนต้นประมาณ 30 cm เลื่อยเป็นไม้กระดานหนา 2.5 cm กว้าง 10 cm ตัดเป็นท่อน ๆ ยาวท่อนละ 32 cm แล้วผึ่งแห้งในร่มนานประมาณ 3 เดือน ก่อนนำมาตัดให้ได้ขนาดที่ต้องการคือ 2 x 2 x 6 cm, 2 x 2 x 30 cm และ 2.5 x 5 x 10 cm ตามลำดับ

4.1.2 โมโนเมอร์ : โมโนเมอร์ที่ใช้คือเมทิลเมทาคริเลต (MMA) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก โดยไม่ได้ขจัดเอาสารยับยั้ง (inhibitor) ที่เจือปนออก

4.1.3 วัสดุห่อไม้ตัวอย่าง : วัสดุที่ใช้ห่อไม้ตัวอย่างกันการระเหยของโมโนเมอร์ ได้แก่ ฟอล์ยอลูมิเนียมและฟิล์มพีวีซี

4.1.4 ก๊าซเฉื่อย : ใช้ก๊าซไนโตรเจน หรือ อาร์กอน

4.1.5 ชุดอุปกรณ์สำหรับอัดโมโนเมอร์เข้าสู่เนื้อไม้ตัวอย่าง : ประกอบด้วยท่อแก้วหนาที่ใช้เป็นถังอัด (impregnation cylinder) เครื่องสูบสูญญากาศ (vacuum pump) เครื่องวัดความดันสูญญากาศ กรวยแยก (สำหรับเก็บและเติมโมโนเมอร์) ท่อสายยางพร้อมวาล์วและแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม

4.1.6 ตู้อัดก๊าซเฉื่อย เป็นตู้ที่สามารถสูบเอาอากาศออกแล้วอัดก๊าซเฉื่อยเข้าแทนที่และปรับความดันของก๊าซเฉื่อยให้สูงกว่าความดันภายนอก

4.1.7 ชุดอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไม้ตัวอย่าง ประกอบด้วย

4.1.7.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า

4.1.7.2 ตู้อบปรับอุณหภูมิได้

4.1.7.3 เวอร์เนียร์คาลิเปอร์

4.1.7.4 กล่องพลาสติกขนาดจุ 500 ml

4.1.7.5 ไฮโกรมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียก-แห้ง

4.1.7.6 เดสิคเคเตอร์ (desiccator)

4.1.8 ชุดเครื่องมือทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้จิ้งผาอัดพลาสติก ประกอบด้วย

4.1.8.1 เครื่องทดสอบความแข็ง ใช้เครื่อง Universal Testing System ,60CS-60.000LB.CAP ของกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

4.1.8.2 เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการเตาะ ใช้เครื่อง Pendulum Impact Testing Machine (HPSW 10) ของกรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

4.1.8.3 เครื่องทดสอบความต้านทานต่อการดัดและการบีบ ใช้เครื่อง Universal Testing Machine (Shimadzu DSS-10T) ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.9 เครื่องตรวจสอบภายในเซลล์ของไม้ตัวอย่าง ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกวาดลำอิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope JEOL-T20) ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.10 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ใช้เครื่องฉายรังสีจากต้นกำเนิด Co-60 ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และบริษัทเคนดอลล์-แกมมาตรอน จำกัด

4.1.11 อุปกรณ์และเครื่องมืออื่น ๆ ได้แก่ บิกเกอร์ขนาด 500-1000 ml, ขวดแก้วขนาด 10 ml และ กรรไกรหรือคัดเตอร์

4.2 วิธีดำเนินการวิจัย

4.2.1 การหาความหนาแน่นและปริมาณความชื้นของไม้งิ้วผาตัวอย่าง : นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 6 cm จำนวน 10 ตัวอย่างมาวัดปริมาตรอย่างละเอียดด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ และชั่งหามวลของแต่ละชิ้นด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (Mettler รุ่น H54AR) อ่านค่ามวลให้ได้ทศนิยมอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง แล้วนำมาคำนวณหาความหนาแน่นตามสมการ (2.1)

นำตัวอย่างที่ผ่านการหาความหนาแน่นแล้วทั้งหมดไปอบในตู้อบ เพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึง 105°c อบตัวอย่างไว้นาน 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างออกมาบรรจุในเดสิคเคเตอร์ เพื่อนำไปชั่งหามวลอบแห้งและคำนวณหาปริมาณความชื้นในไม้ตัวอย่างแต่ละชิ้นตามสมการ (2.2) จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับก็จะสามารถคำนวณหาความหนาแน่นและปริมาณความชื้นเฉลี่ยของไม้ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

4.2.2 การอัด MMA เข้าสู่เนื้อไม้งิ้วผา แบ่งการทดลองเป็น 3 กรณี คือ

4.2.2.1 อัด MMA เข้าสู่เนื้อไม้งิ้วผาขนาด 2 x 2 x 6 cm เมื่อทำความดันสูญญากาศในถังอัดเป็น 1.33 Pa : นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 6 cm จำนวน 24 ตัวอย่างบรรจุลงในถังอัด และเอาแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมทับไว้ ใช้เครื่องสูบสูญญากาศสูบเอาอากาศออกจนกระทั่งความดันภายในระบบสูญญากาศดังกล่าวลดต่ำถึงระดับที่กำหนด แล้วรอต่อไปอีกประมาณ 30 นาที จึงปิดวาล์วของเกจวัดความดันสูญญากาศและของเครื่องสูบสูญญากาศ แล้วปล่อยโมโนเมอร์ซึ่งบรรจุไว้ในกรวยแยกให้ไหลลงตามท่อเข้าสู่ภายใน จนกระทั่งระดับโมโนเมอร์ท่วมเหนือตัวอย่างประมาณ 10 cm ก่อนปรับความดันภายในให้เท่ากับความดันบรรยากาศ แช่ไม้ตัวอย่างไว้นาน 3 ชั่วโมง จึงสุ่มเอาตัวอย่างจำนวน 4 ชิ้นออกมาบรรจุลงในบิกเกอร์นำเข้าไปในตู้อัดก๊าซเฉื่อยเพื่อทำการห่อด้วยฟอล์ยอลูมิเนียมและปิดรอยพับให้สนิทด้วยแถบกาวพลาสติกใส เมื่อห่อตัวอย่างแต่ละชิ้นเสร็จแล้วนำไปชั่ง บันทึกมวลที่ได้ซึ่งเมื่อหักมวลของวัสดุห่อหุ้มและมวลเดิมของไม้ตัวอย่างออก ค่าที่เหลือจะเป็นปริมาณ MMA ที่ถูกดูดซับไว้ในเนื้อไม้ นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ MMA เป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักเมื่อเทียบกับไม้เดิมและประสิทธิภาพการอัดของตัวอย่างแต่ละชิ้นตามสมการ (2.6) แล้วหาค่าเฉลี่ยของปริมาณดังกล่าว

ทำนองเดียวกันให้หาปริมาณ MMA และประสิทธิภาพการอัดของกลุ่มตัวอย่างที่แช่ครบกำหนดนาน 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณ MMA หรือประสิทธิภาพการอัดเทียบกับเวลาแช่ตัวอย่าง

4.2.2.2 อัด MMA เข้าสู่เนื้อไม้งิ้วผาขนาด 2 x 2 x 6 cm เมื่อทำความดันสูญญากาศในถังอัดเป็น 5.42 Pa : นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 6 cm ที่ทราบมวลแล้วจำนวน 24 ชิ้น บรรจุลงในถังอัดและทับด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมใช้เครื่องสูบสูญญากาศสูบอากาศออกจนกระทั่งความดันในระบบสูญญากาศดังกล่าวลดต่ำถึงระดับที่กำหนด และดำเนินการทดลองในลำดับต่อไปเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 4.2.2.1 นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณ MMA หรือประสิทธิภาพการอัดเทียบกับเวลาแช่ตัวอย่างโดยใช้แกนร่วมกันกับกราฟความสัมพันธ์ในข้อ 4.2.2.1

4.2.2.3 อัด MMA เข้าสู่เนื้อไม้งิ้วผาขนาด 2 x 2 x 30 cm เมื่อทำความดันสูญญากาศในถังอัดเป็น 1.33 Pa : นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 30 cm ที่ทราบมวลแล้วจำนวน 8 ตัวอย่างบรรจุลงในถังอัด และทับด้วยแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ใช้เครื่องสูบสูญญากาศสูบอากาศออกจนกระทั่งความดันภายในระบบสูญญากาศดังกล่าวลดต่ำถึงระดับที่กำหนด แล้วดำเนินการทดลองในลำดับต่อไปเช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 4.2.2.1 แต่เปลี่ยนกำหนดเวลาแช่เป็น 0.5, 1, 3, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณ MMA หรือประสิทธิภาพการอัดเทียบกับเวลาแช่ตัวอย่างโดยใช้แกนร่วมกันกับกราฟความสัมพันธ์ในข้อ 4.2.2.1 รูป 4.1 และ รูป 4.2 เป็นภาพและแผนภาพแสดงระบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองอัด MMA เข้าสู่เนื้อไม้

4.2.3 การหาเปอร์เซนต์การเปลี่ยน MMA เป็น PMMA เมื่อตัวอย่างได้รับปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน

นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 6 cm ที่ทราบมวลแล้วบรรจุลงในถังอัด แล้วดำเนินการอัดโมโนเมอร์เข้าสู่เนื้อไม้ด้วยวิธีการตามหัวข้อ 4.2.2 โดยในกรณีนี้ทำความดันสูญญากาศ 5.32 Pa และแช่ตัวอย่างใน MMA นาน 12 ชั่วโมง ก่อนนำออกมาห่อด้วยฟอล์ยอลูมิเนียมภายในตู้อัดก๊าซเฉื่อย คำนวณหาปริมาณ MMA แล้วห่อตัวอย่างอีกชั้นด้วยฟิล์มพีวีซีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันการระเหยออกของโมโนเมอร์ให้ดียิ่งขึ้นก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา

แบ่งตัวอย่างออกเป็น 8 ชุด ๆ ละ 4 ตัวอย่าง แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิด Co-60 ให้แต่ละชุดได้รับปริมาณรังสีต่างกัน โดยมีช่วงประมาณ 4-30 กิโลเกรย์ (ใช้โดสมิเตอร์)

การทดลองในขั้นตอนนี้ ให้บรรจุ MMA ประมาณ 5 ml ลงในขวดแก้วเล็ก ๆ จนครบ 8 ขวด อัดแต่ละขวดด้วยก๊าซเฉื่อยและปิดให้สนิทก่อนนำไปแยกฉายรังสีแกมมาร่วมกับตัวอย่างไม้แต่ละชุดเพื่อเปรียบเทียบการโพลีเมอไรซ์ของ MMA ที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กันเหล่านั้น

หลังจากผ่านการฉายรังสีแกมมาแล้วแกะเอาสิ่งห่อหุ้มออกจากตัวอย่างแต่ละชิ้นก่อนนำเข้าตู้อบเพื่ออบไล่โมโนเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน โดยอบที่อุณหภูมิ 50°c นาน 24 ชั่วโมงจนกระทั่งหมดกลิ่น ตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้วนี้คือไม้งิ้วผาอัดพลาสติก (WPC) ชั่งหามวลของไม้งิ้วผาอัดพลาสติก แต่ละชิ้นแล้วคำนวณหาปริมาณพลาสติก (PMMA) ในเนื้อไม้

จากการทราบค่าปริมาณ PMMA (หลังอบ) และปริมาณ MMA (ก่อนฉายรังสี) ในแต่ละตัวอย่างก็จะสามารถนำมาคำนวณหาเปอร์เซนต์การเปลี่ยน MMA เป็น PMMA เมื่อตัวอย่างเหล่านั้นได้รับปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน ตามสมการ

$$\text{การเปลี่ยน (\%)} = \frac{\text{มวล PMMA ในตัวอย่างหลังอบ}}{\text{มวล MMA ในตัวอย่างก่อนฉายรังสี}} \times 100 \qquad (4.1)$$

จากข้อมูลที่ได้นำไปหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์การเปลี่ยนของตัวอย่างในแต่ละชุด และเขียนกราฟความสัมพันธ์ของเปอร์เซนต์การเปลี่ยนเทียบกับปริมาณรังสีเหล่านั้น

4.2.4 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไม้งิ้วผาอัดพลาสติก

4.2.4.1 การทดสอบการเพิ่มความหนาแน่นของไม้งิ้วผาอัดพลาสติก : นำตัวอย่างไม้งิ้วผาอัดพลาสติก จำนวน 21 ตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณเปอร์เซนต์ PMMA ในไม้เป็น 29.134, 34.562, 35.698, 41.667, 43.921, 50.174, 53.243, 55.025, 57.659, 59.884, 63.229, 65.833, 68.625, 70.520, 77.481, 63,060, 89.808, 92,627, 100.414, 102.575, และ 108.848 ตามลำดับมาชั่งหามวลและวัดปริมาตรของแต่ละชิ้น จากการทราบมวลและปริมาตรก็จะสามารถคำนวณหาความหนาแน่น ของ WPC เหล่านี้ได้ บันทึกข้อมูลแล้วนำไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกับปริมาณ PMMA ในเนื้อไม้

4.2.4.2 การทดสอบความสามารถในการดูดน้ำและการบวมของไม้งิ้วผาอัดพลาสติก : นำไม้งิ้วผาธรรมดาขนาด 2 x 2 x 6 cm จำนวน 4 ตัวอย่าง และ ไม้งิ้วผาอัดพลาสติก จำนวน 8 ตัวอย่าง โดยแบ่งตัวอย่างที่มีปริมาณ PMMA ใกล้เคียงกันออกเป็น 2 ชุด ๆ ละ 4 ตัวอย่างและหาค่าเฉลี่ยของ PMMA ในแต่ละชุดตามลำดับแล้วนำมาแช่ในน้ำที่อุณหภูมิและความดันปกติ โดยใช้วัสดุหนักกดทับไม้ให้จม เมื่อแช่ครบกำหนด 1, 3, 7, 14, 24 และ 31 วัน นำตัวอย่างแต่ละชุดไปชั่ง (ซับผิวให้แห้งก่อนชั่ง) แล้วคำนวณหาปริมาณเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของน้ำที่ตัวอย่างเหล่านั้นดูดไว้ เมื่อแช่ครบตามช่วงเวลาดังกล่าว นำข้อมูลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณการดูดน้ำเทียบกับเวลาแช่ตัวอย่างในน้ำ

การทดสอบการบวมของไม้งิ้วผาอัดพลาสติกในน้ำใช้ตัวอย่างร่วมกันกับตัวอย่างชุดที่ใช้ทดสอบการดูดน้ำ ทั้งนี้หลังจากชั่งตัวอย่างเพื่อหาปริมาณการดูดน้ำแล้วก็นำ

ตัวอย่างเหล่านั้นมาวัดปริมาตรด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ในตำแหน่งที่กำหนดไว้แล้วในไม้แต่ละชิ้น บันทึกผลของตัวอย่างแต่ละชุด หาค่าเฉลี่ย และเขียนกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณการบวมเทียบกับเวลาแช่ตัวอย่างในน้ำ

4.2.4.3 การทดสอบการเจาะไม้งิ้วผาอัดพลาสติกของตัวมอด : ตัวอย่างประกอบด้วยไม้งิ้วผาธรรมดาขนาด 2.5 x 2 x 10 cm และไม้งิ้วผาอัดพลาสติกขนาดใกล้เคียงกันที่มีปริมาณเปอร์เซนต์ PMMA เป็น 48.367, 49.485, 91.226 และ 94.011 ตามลำดับ บรรจุตัวอย่างลงในกล่องพลาสติกที่เจาะรูเล็ก ๆ หลาย ๆ รูที่ฝากล่องโดยจัดแบ่งการบรรจุเป็น 3 เงื่อนไขคือ กล่องแรกบรรจุไม้งิ้วผาธรรมดาร่วมกับไม้งิ้วผาอัดพลาสติกที่มีปริมาณ PMMA 49.485% กล่องที่สองบรรจุไม้งิ้วผาอัดพลาสติกที่มีปริมาณ PMMA 48.367% และ 94.011% และกล่องที่สามบรรจุไม้งิ้วผาอัดพลาสติก ที่มีปริมาณ PMMA 91.226% เพียงอย่างเดียว ใส่ตัวมอดกล่องละ 5-6 ตัว แล้วนำกล่องทั้งสามวางไว้ในที่มืดเพื่อสังเกตการทำลายตัวอย่างของมอดในช่วงเวลา 30 วัน

4.2.5 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของไม้งิ้วผาอัดพลาสติก

4.2.5.1 การทดสอบความแข็ง : นำไม้งิ้วผาธรรมดาและไม้งิ้วผาอัดพลาสติก ขนาด 2.5 x 2 x 10 cm ที่ได้รับปริมาณรังสี 15 กิโลเกรย์และมีปริมาณเปอร์เซนต์ PMMA เป็น 21.270, 30.204, 47.064, 53.821, 57.800, 84.052 และ 98.145 ตามลำดับ ไปกดด้วยลูกปืนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.2 mm จนกระทั่งลูกปืนจมลงไปในเนื้อไม้ครึ่งลูกพอดี น้ำหนักที่ต้องใช้ในการกดลูกปืนลงไปถึงระดับดังกล่าวบันทึกเป็นค่าความแข็ง มีหน่วยเป็นนิวตันตามระบบเอสไอ ทดสอบตัวอย่างละ 4 จุดโดยรอบทั้งแนวรัศมีและแนวสัมผัสหาค่าเฉลี่ยแล้วนำผลไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความแข็งเทียบกับปริมาณ PMMA ในเนื้อไม้

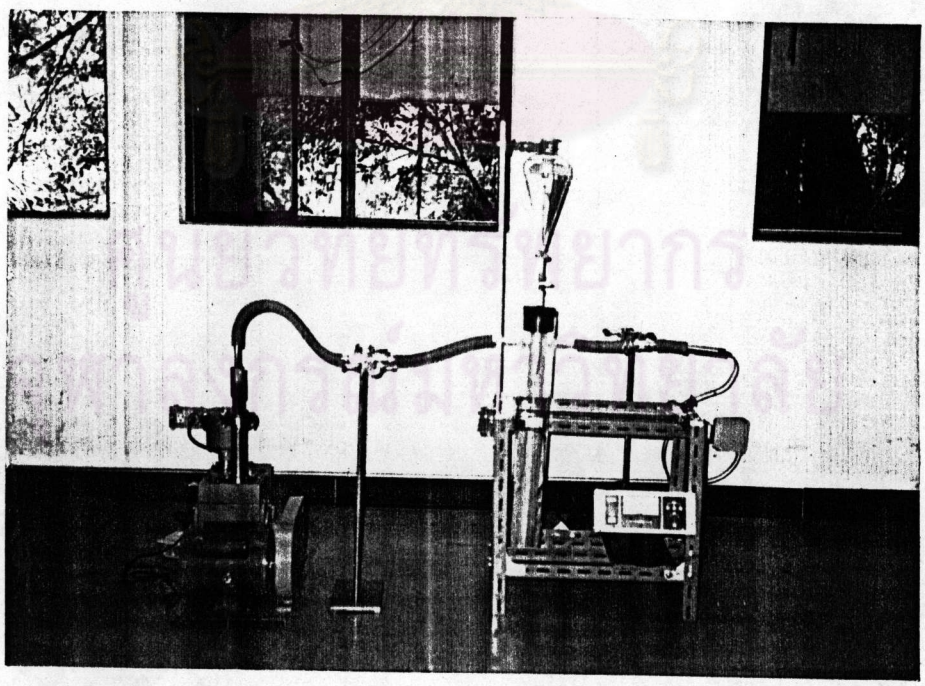
4.2.5.2 การทดสอบความต้านทานต่อการดัด : นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 30 cm ทั้งที่เป็นไม้งิ้วผาธรรมดาและไม้งิ้วผาอัดพลาสติกที่ได้รับปริมาณรังสี 15 กิโลเกรย์ และมีปริมาณเปอร์เซนต์พลาสติกเป็น 44.923, 56.388, 59.186, 73,740, 81.226, 84.654, 90.729, 92.945, 96.710, 100.878, 103.666 และ 108.327 ตามลำดับไปวางบนฐานรองรับ ซึ่งมีระยะห่างของฐาน 28 cm ให้ด้านรัศมีของตัวอย่างรับน้ำหนัก โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความต้านทานต่อการดัดเทียบกับปริมาณ PMMA ในเนื้อไม้

4.2.5.3 การทดสอบความต้านทานต่อการบีบขนานเสี้ยน : ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความต้านทานต่อการดัดแล้ว โดยจะมีส่วนของไม้ที่คงสภาพดีนำมาตัดให้ได้ขนาด 2 x 2 x 6 cm ดังนั้นตัวอย่างจึงประกอบด้วยไม้งิ้วผาธรรมดาและไม้งิ้วผาอัดพลาสติกที่มีปริมาณเปอร์เซนต์ PMMA ตามข้อ 4.2.5.2 นำตัวอย่างแต่ละชิ้นเข้าไปวางไว้ในเครื่องบีบ ซึ่งเป็นเครื่องชนิดเดียวกับที่ใช้ทดสอบความต้านทานต่อการดัด ให้น้ำหนัก

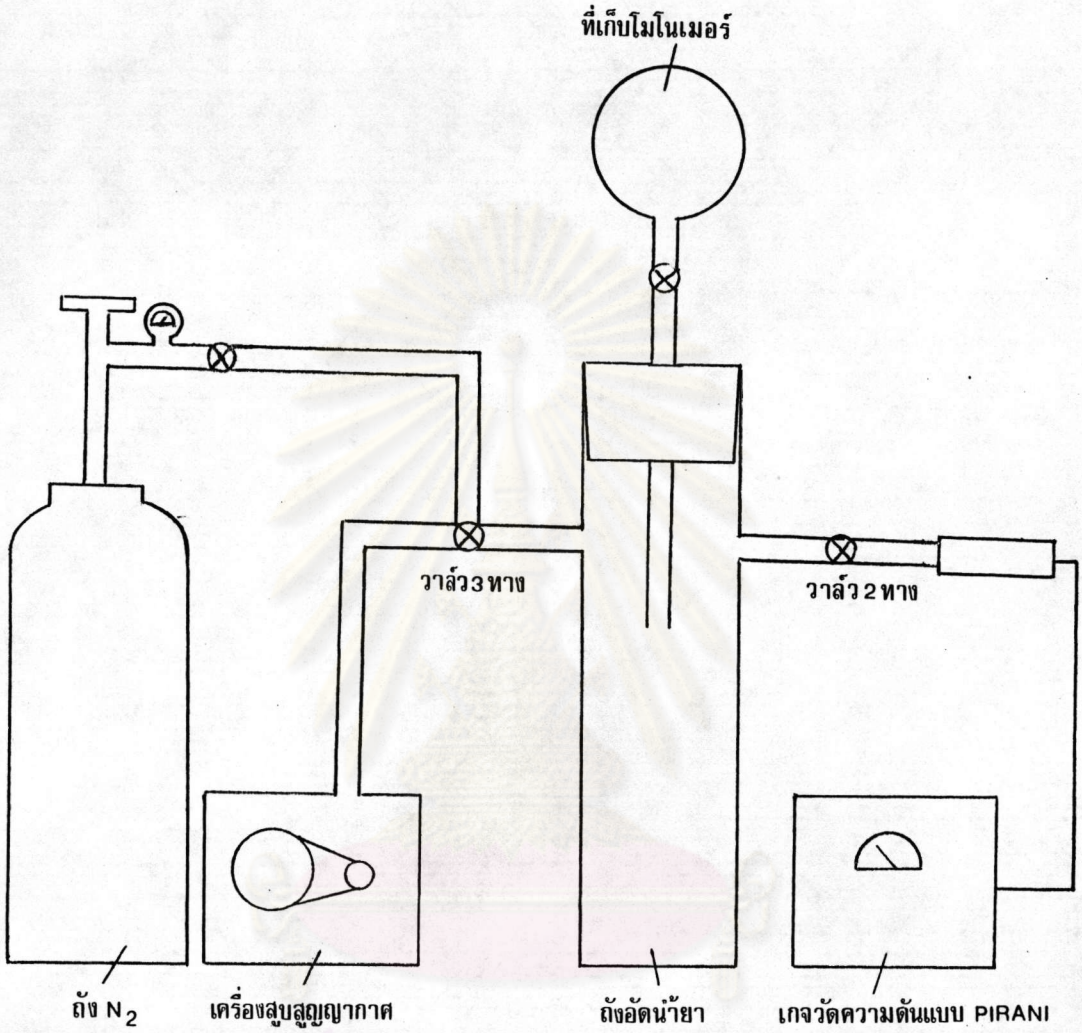
และบันทึกผล นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความต้านทานต่อการบีบขนานเสี้ยนเทียบกับปริมาณ PMMA ในเนื้อไม้

4.2.5.4 การทดสอบความต้านทานต่อการบีบตั้งฉากเสี้ยน : ตัดตัวอย่างให้ได้ขนาด 2 x 2 x 2 cm ทั้งที่เป็นไม้งิ้วผาธรรมดาและไม้งิ้วผาอัดพลาสติกที่ได้รับปริมาณรังสี 15 กิโลเกรย์ และมีปริมาณเปอร์เซนต์ PMMA เป็น 29.829, 34,844, 47.790, 54.332, 64.887, 76.431, 81.421, 91.502, 96.208 และ 102.431 ตามลำดับ นำตัวอย่างแต่ละชิ้นเข้าไปวางในเครื่องบีบแล้วให้น้ำหนักและบันทึกผล นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความต้านทานต่อการบีบตั้งฉากเสี้ยน ทั้งในแนวรัศมีและแนวสัมผัสเทียบกับปริมาณ PMMA ลงในระบบแกนเดียวกัน

4.2.5.5 การทดสอบความต้านทานต่อการเตาะ : นำไม้ตัวอย่างขนาด 2 x 2 x 30 cm ทั้งที่เป็นไม้งิ้วผาธรรมดาและไม้งิ้วผาอัดพลาสติกที่ได้รับปริมาณรังสี 15 กิโลเกรย์และมีปริมาณเปอร์เซนต์ PMMA เป็น 26.933, 37.110, 55.194, 59.972, 60.898, 83,019 85.822, 108.947 และ 114.638 ตามลำดับ แต่ละตัวอย่างวางบนฐานรองรับของเครื่องทดสอบการเตาะ ซึ่งมีระยะฐานห่างกัน 24 cm. แล้วปล่อยตุ้มน้ำหนักฟาดไม้ให้หัก พลังงานที่ต้องใช้ในการทำให้ไม้หักจะบันทึกอยู่ที่หน้าปัทม์ของเครื่อง นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ของความต้านทานต่อการเตาะเทียบกับปริมาณ PMMA ในตัวอย่าง



รูปที่ 4.1 ภาพการจัดระบบอุปกรณ์ในการทดลองอัด MMA เข้าสู่เนื้อไม้งิ้วผา



รูป 4.2 แผนภาพแสดงการจัดระบบอุปกรณ์ สำหรับอัดโมโนเมอร์เข้าสู่เนื้อไม้งิ้วผา