การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความสัมพันธ์จากการผสม อะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม เพื่อเพิ่มความสามารถ ในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม

DESIGN OF EXPERIMENT FOR STUDY EFFECT OF RELATION FROM MIX ALUMINUM FOIL AND INCREASE ABILITY OF RESISTANCE HEAT TRANSMISSION WOOD - PLASTIC COMPOSITES

นางสาวอัมพร อาจใหญ่ รหัส 51361070

นางสาวพัศรีญา เพาะเจาะ รหัส 51363623

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ 10 ก.ค. 2555

เลขทะเบียน 15940308

เลขเรียกหนังสือ ปร.

มหาวิทยาลัยนเรศวร

2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความสัมพันธ์จากการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวอัมพร อาจใหญ่ รหัส 51361070 นางสาวพัศรีญา เพาะเจาะ รหัส 51363623
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

....ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง)

..................................กรรมการ
(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

..................................กรรมการ
(ดร. โพธิ์งาม สมกุล)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความสัมพันธ์จากการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวอัมพร อาจใหญ่ รหัส 51361070 นางสาวพัศรีญา เพาะเจาะ รหัส 51363623
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาผลของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมที่มีผลต่อความสามารถด้านการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม ซึ่งผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งทำการทดลองแบบสองปัจจัย โดยทดสอบปัจจัยที่ 1 คือ ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ 6 - 12 เมช, 12 - 20 เมช, และ 20 - 30 เมช และปัจจัยที่ 2 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม ร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก ผลการทดสอบความแปรปรวนพบว่า ไม้เทียมที่ผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ที่มีขนาดอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ต่างกัน จะส่งผลให้ไม้เทียมมีความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมเปลี่ยนแปลงไปที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ซึ่งผู้จัดทำโครงงานได้สร้างสมการถดถอย และสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ จากนั้นได้แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และค่าจากการพยากรณ์ ซึ่งทำให้ทราบว่าค่าจากการพยากรณ์ที่ได้จากสมการถดถอยมีความน่าเชื่อถือ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของอาจารย์กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และวิธีแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการทำโครงงานมาโดยตลอด และขอขอบคุณคณะอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความรู้เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ อาจารย์ประเทือง โมราราย ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ และช่วยชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องพร้อมทั้งชี้แนะแนวทางแก้ไขในการทำโครงงาน รวมถึงครูช่างในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความอนุเคราะห์ในการให้อุปกรณ์เครื่องมือในการดำเนินโครงงานตลอด

ท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การดูแล อบรมสั่งสอน และกำลังใจด้วยดีเสมอมา ตลอดการดำเนินโครงงานจนสำเร็จการศึกษา

ผู้จัดทำโครงงาน

นางสาวอัมพร อาจใหญ่

นางสาวพัศรีญา เพาะเจาะ

มีนาคม 2555

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ .... ก
บทคัดย่อ .... ข
กิตติกรรมประกาศ .... ง
สารบัญ .... จ
สารบัญรูป .... ช
สารบัญตาราง .... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 4
2.1 วัสดุผสม (Composites) 4
2.2 ไม้เทียม (Wood Plastic Composites; WPC) 5
2.3 อะลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminum Foil) 6
2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) 6
2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ 11
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 20
3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 21
3.2 การออกแบบการทดลอง 21
3.3 การทดลองและเก็บผลการทดลอง 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ 27
3.5 สรุปผลการทดลอง 28
3.6 จัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์ 28

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ 29
4.1 ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูล 29
4.2 ผลการออกแบบการทดลอง 29
4.3 ผลการทดลอง 30
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ 31

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 39
5.1 สรุปผล 39
5.2 ข้อเสนอแนะ 40

เอกสารอ้างอิง 41
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 42

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 วิธีปฏิบัติต่างๆ ในการออกแบบการทดลอง 7

2.2 เขตวิกฤติสมมติฐานทางเดียว ($H_1 : \mu > \mu_0$) 10

2.3 เขตวิกฤติสมมติฐานทางเดียว ($H_1 : \mu < \mu_0$) 10

2.4 เขตวิกฤติสมมติฐานสองทาง ($H_1 : \mu \neq \mu_0$) 11

2.5 ตัวอย่างกราฟการกระจายแบบปกติของข้อมูล 12

2.6 ตัวอย่างกราฟความเป็นอิสระของข้อมูล 12

2.7 ตัวอย่างกราฟความเสถียรของความแปรปรวน 13

2.8 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ $S_{YX} > 0$ 16

3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน 20

3.2 เม็ดพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน 23

3.3 ผงไม้สักขนาด 30 – 40 เมช 23

3.4 อะลูมิเนียม 24

3.5 เครื่องอัดรีด (Extruder) 24

3.6 เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) 25

3.7 (ก) เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Moulding) 25

3.7 (ข) แผ่นไม้เทียม 25

3.8 เครื่องวัดอุณหภูมิ GL - 200 26

4.1 กราฟการกระจายแบบปกติของข้อมูล 31

4.2 กราฟความเป็นอิสระของข้อมูล 32

4.3 กราฟความเสถียรของความแปรปรวน 32

4.4 กราฟแสดงเกณฑ์การตัดสินใจ 37

4.5 กราฟแสดงค่าของอุณหภูมิจากการพยากรณ์ 38

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน	3
2.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองปัจจัย	15
3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง	27
4.1 ตารางแสดงอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ	30
4.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองปัจจัย	33
4.3 การวิเคราะห์การถดถอย	35
4.4 ตารางแสดงค่าจากการพยากรณ์	36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันได้ประสบปัญหาปริมาณของขยะจากกล่องนมที่เพิ่มมากขึ้น ผู้จัดทำโครงงานจึงมีความสนใจที่จะทำการลดปริมาณขยะ และสร้างประโยชน์จากขยะที่เกิดจากกล่องนม โดยนำอะลูมิเนียมฟอยด์จากขยะกล่องนมเหล่านี้ มาผสมลงในไม้เทียมเป็นวัสดุผสม เพื่อเพิ่มคุณค่า และความสามารถด้านการต้านทานการส่งผ่านความร้อนให้แก่ไม้เทียม เนื่องด้วยปัจจุบันไม้เทียมได้รับความนิยมเป็นอย่างยิ่งในการนำมาใช้แทนไม้ธรรมชาติ เช่น การนำมาทำชิ้นส่วนโครงสร้างของบ้าน ฝ้า ผนัง เพดาน เป็นต้น ซึ่งไม้เทียมมีลักษณะเหมือนไม้มาก แต่มีอายุการใช้งานที่นานกว่า เนื่องจากไม่ถูกทำลายจากแมลง และทนต่อสภาพภูมิอากาศต่างๆ

ด้วยเหตุดังกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำโครงงานจึงต้องการทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เพื่อศึกษาผลของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่มีต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาผลของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ผลของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีผลต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1.5.1.1 พลาสติกที่เลือกใช้ในการทดลอง คือ เทอร์โมพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene ; PP)

1.5.1.2 อะลูมิเนียมฟอยด์ที่ใช้ทำการทดลอง จะใช้อะลูมิเนียมฟอยด์ที่ได้จากกล่องนม

1.5.2 กระบวนการทดลอง

1.5.2.1 ขนาดของแม่พิมพ์ที่เลือกใช้ 12 × 12 × 0.2 เซนติเมตร

1.5.2.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปจากการทดลองจากค่าที่เหมาะสมจากช่วง 160 – 200 องศาเซลเซียส

1.5.2.3 ระยะเวลาในการปล่อยให้พลาสติกเย็นตัวหลังจากการอัดขึ้นรูปใช้เวลา 7 นาที

1.5.3 ปัจจัยที่ใช้ในการทำการทดลอง

1.5.3.1 ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ 6 – 12 เมช, 12 - 20 เมช, และ 20 - 30 เมช

1.5.3.2 อัตราการผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมลงในไม้เทียม คือ ร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนักของไม้เทียม

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 – มกราคม พ.ศ. 2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

การดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.1 ศึกษาข้อมูลและรวบรวมข้อมูล	↔	↔						
1.8.2 กำหนดปัญหาและวิธีแก้ไข		↔	↔					
1.8.3 ออกแบบการทดลอง			↔	↔				
1.8.4 ทดลองและเก็บผลการทดลอง					↔	↔	↔	
1.8.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ						↔	↔	
1.8.6 สรุปผลการทดลอง							↔	↔
1.8.7 จัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์								↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 วัสดุผสม (Composites)

กิติวุฒิ และภาณุมาศ (2552) ได้ให้ความหมายของวัสดุผสมไว้ว่า เป็นวัสดุที่ถูกสร้างขึ้นมาจากวัสดุสองชนิดขึ้นไป ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันมาผสม หรือรวมกัน เพื่อใช้ประโยชน์เฉพาะงาน โดยการผสมของวัสดุเหล่านี้จะไม่ละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แต่จะแยกออกจากกันตามสถานะ (Phase) อย่างเห็นได้ชัด สถานะแรกเรียกว่า เนื้อพื้น (Matrixes) ซึ่งเป็นสถานะที่อยู่ด้วยกันอย่างต่อเนื่อง และจะล้อมรอบอีกสถานะหนึ่งที่เรียกว่า ตัวเสริมแรง (Reinforcements) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ด้วยกันอย่างไม่ต่อเนื่อง อาจมีลักษณะเป็น อนุภาค แผ่น หรือเส้นใย โดยสมบัติของวัสดุผสมที่ได้จะขึ้นอยู่กับ สมบัติของสารที่ผสม ปริมาณของสารที่ผสม และรูปแบบการกระจายตัวของตัวเสริมแรง

วัสดุผสมสามารถจำแนกได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ในการจำแนก ตัวอย่างหลักเกณฑ์ที่นิยมใช้จำแนกประเภทของวัสดุผสมมีดังนี้

2.1.1 การจำแนกวัสดุผสมตามประเภทของเนื้อพื้น (Matrixes)

จำแนกตามประเภทของเนื้อพื้น (Matrixes) สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

2.1.1.1 พอลิเมอร์เมทริกซ์คอมโพสิต (Polymer Matrixes Composites) คือ วัสดุผสมที่มีพอลิเมอร์เป็นส่วนผสมหลัก เช่น พลาสติกผสมเส้นใยผักตบชวา เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของพลาสติก จากตัวอย่างดังกล่าว พลาสติก คือ ส่วนเนื้อพื้น และเส้นใยผักตบชวา คือ ส่วนเสริมแรง

2.1.1.2 เซรามิกเมทริกซ์คอมโพสิต (Ceramic Matrixes Composites) คือ วัสดุผสมที่มีเซรามิกเป็นส่วนผสมหลัก เช่น คอนกรีตเสริมเหล็ก จากตัวอย่างดังกล่าว คอนกรีต คือ ส่วนเนื้อพื้นและเหล็ก คือ ส่วนเสริมแรง

2.1.1.3 เมทัลเมทริกซ์คอมโพสิต (Metal Matrixes Composites) คือ วัสดุผสมที่มีโลหะเป็นส่วนผสมหลัก เช่น การนำอะลูมิเนียมมาใช้ทำชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบิน จากตัวอย่างดังกล่าวอะลูมิเนียม คือ ส่วนเนื้อพื้น และวัสดุเซรามิก คือ ส่วนเสริมแรง

2.1.2 การจำแนกวัสดุผสมตามลักษณะทางกายภาพของตัวเสริมแรง (Reinforcements)

การจำแนกตามลักษณะทางกายภาพของตัวเสริมแรง (Reinforcements) สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

2.1.2.1 วัสดุผสมแบบเส้นใย (Fibers Composites) คือ วัสดุผสมที่ตัวเสริมแรงมีลักษณะเป็นเส้นใย (Fibers)

2.1.2.2 วัสดุผสมแบบก้อน (Particulate Composites) คือ วัสดุผสมที่ตัวเสริมแรงมีลักษณะเป็นเม็ด (Beads) หรือผง (Powder)

2.1.2.3 วัสดุผสมแบบแผ่น (Laminar Composites) คือ วัสดุผสมที่ตัวเสริมแรงมีลักษณะเป็นชั้น หรือแผ่นของวัสดุที่ยึดติดกัน

2.2 ไม้เทียม (Wood Plastic Composites)

สมศักดิ์ (2547) ได้ให้ความหมายของไม้เทียมไว้ว่า เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติ รูปร่างลักษณะ และการนำมาใช้งานคล้ายกับไม้ธรรมชาติ แต่ไม้เทียมมีสมบัติบางประการที่ดีกว่าไม้ธรรมชาติ ซึ่งไม้ธรรมชาติอาจจะมีความสวยงาม แข็งแรง แต่ก็มีข้อเสีย คือ เสื่อมสภาพตามอายุ และสภาพการใช้งาน ไม้ธรรมชาติจะดูดความชื้น ซึ่งเมื่อถูกความชื้นจะมีการยืด หรือหดตัว ผุพังง่าย ถูกทำลายจากปลวก มอด และแมลงได้ง่าย จึงทำให้ปัจจุบันไม้เทียมได้รับความนิยมที่จะนำมาใช้แทนไม้ธรรมชาติ ซึ่งโครงสร้างไม้เทียมจะประกอบด้วยส่วนของเนื้อพื้น คือ พลาสติก และส่วนของตัวเสริมแรง คือ ไม้ชนิดต่างๆ ซึ่งไม้เทียมที่นำมาใช้ในการทดลองนี้มีส่วนประกอบหลัก คือ พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน และไม้สัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (Polypropylene; PP)

พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีนเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Porimerisation Reaction) คือ ปฏิกิริยาการรวมตัวอีกแบบหนึ่ง เกิดจากแอลคีนโมเลกุลเล็กๆ ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นเรียกว่า มอนอเมอร์ (Monomer) หลายโมเลกุล เกิดการรวมตัวเป็นโมเลกุลใหญ่ๆ เรียกว่า พอลิเมอร์ (Polymer) โดยพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีนเกิดจากมอนอเมอร์ชนิดโพรพิลีน ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อได้รับ ตัวเร่งปฏิกิริยา ความดัน และความร้อน โดยจะเกิดขึ้นบริเวณพันธะคู่ เนื่องจากส่วนนี้มีพลังงานสูงจึงว่องไวในการเกิดปฏิกิริยามากกว่าส่วนอื่นๆ พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีนถูกจัดอยู่ในพลาสติกประเภท เทอร์โมพลาสติก (Thermo Plastic) ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างแบบเส้น หรือแบบกิ่ง เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการอ่อนตัว และหลอมเหลวเป็นของหนืด (Viscous Liquid) และเมื่อเย็นตัวลงก็จะแข็งตัวได้อีก (Reharden) ดังนั้นในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะต้องอาศัยความร้อน และเมื่อเย็นตัวลงจะสามารถรักษารูปร่างให้เป็นไปตามแบบที่ต้องการได้ เทอร์โมพลาสติก สามารถนำกลับมาหลอมเหลว เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ได้

สมบัติของโพลิโพรพิลีน มีดังนี้ เป็นพลาสติกที่มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 160 – 170 องศาเซลเซียส แข็ง เหนียว ราคาถูก ผลิตได้ง่าย คงรูปดี เฉื่อยต่อสารเคมี ดูดซึมน้ำต่ำ ความหนาแน่นต่ำ เป็นฉนวนที่ดีในตัวกลางที่เปียก สามารถนำไปขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปที่หลากหลาย ทนต่อความร้อน สารเคมี แรงกระแทก และความล้าได้ดี

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน เช่น ถุงพลาสติกบรรจุอาหารที่ทนความร้อน จาน ชาม ขวด ถังใส่น้ำ หลอดดูด เชือกฟาง เชือกปอ กล่องแบตเตอรี่ หมวกกันน็อก และอุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิด เป็นต้น

2.2.2 ไม้สัก

ศิระ (2546) กล่าวว่า ไม้สักเป็นไม้ชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ในการนำมาใช้งานด้านการก่อสร้าง และเครื่องเรือนต่างๆ โดยไม้สักได้ถูกจำแนกให้อยู่ในประเภทของไม้เนื้อแข็ง ซึ่งเป็นไม้ประเภทที่มีการเจริญเติบโตช้า ต้องมีอายุหลายสิบปีจึงจะสามารถนำมาใช้งานได้ ลักษณะทั่วไปของไม้ประเภทนี้จะมีเนื้อแน่น มีลายไม้ที่ละเอียด มีสีเข้ม มีน้ำหนักมาก และมีความแข็งแรงทนทาน นอกจากนั้นไม้สักยังเป็นไม้ที่ไม่ถูกทำลายจากแมลง มีความแข็งพอประมาณ และยังเป็นไม้เนื้อละเอียด นิ่ม ซึ่งง่ายต่อการใช้เครื่องมือ เหมาะสำหรับงาน เฟอร์นิเจอร์ และงานก่อสร้างต่างๆ

2.3 อะลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminum Foil)

อะลูมิเนียมฟอยด์เกิดจาก การนำแท่งอะลูมิเนียมมารีดให้มีลักษณะเป็นแผ่น ตามขนาดความบางที่ต้องการ โดยอะลูมิเนียมฟอยด์ยังคงมีสมบัติเหมือนกับสมบัติของอะลูมิเนียม คือ เป็นโลหะเป็นทรานซิชันที่เบา นำไฟฟ้า ความหนาแน่นน้อย ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ไม่เป็นแม่เหล็ก ไม่เกิดประกายไฟ และเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จะทำให้เกิดชั้นฟิล์มบางๆ เรียกว่า อะลูมิเนียมออกไซด์เคลือบอยู่ที่ชั้นผิวของอะลูมิเนียม ทำให้สามารถต่อต้านการกัดกร่อน และการเกิดสนิมได้ นอกจากนั้นผิวจะมีความมันวาว จึงทำให้มีดรรชนีการสะท้อนกลับของแสงสูง จากสมบัติหลายประการดังกล่าวทำให้มีการนำอะลูมิเนียมฟอยด์มาใช้งานหลายๆ ด้าน เช่น การนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของภาชนะบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้ภาชนะบรรจุภัณฑ์สามารถเก็บรักษาอาหารได้เป็นระยะเวลานาน โดยการป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซ และยังมีการนำอะลูมิเนียมฟอยด์มาใช้ประโยชน์ โดยติดตั้งบริเวณใต้กระเบื้องหลังคา เพื่อทำหน้าที่สะท้อนรังสีความร้อนทำให้อุณหภูมิภายในบ้านต่ำกว่าอุณหภูมินอกบ้าน เป็นต้น

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการศึกษาระบบที่สนใจ โดยทำการเปลี่ยนแปลงปัจจัย (Factors) ของระบบที่สนใจ เพื่อทำให้สามารถสังเกต และชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองที่ได้ (Outputs or Responses) ของระบบนั้น โดยปัจจัยจะถูกจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ควบคุมได้ เรียกว่า ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Variables) หรือ ปัจจัยที่สามารถออกแบบได้ (Design Variables) และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ เรียกว่า ปัจจัยที่รบกวน (Noise Variables)

2.4.1 สิ่งที่ควรทราบในการออกแบบการทดลอง

2.4.1.1 แบบการทดลอง

การเลือกแบบการทดลองจะขึ้นอยู่กับรายละเอียดของจำนวนปัจจัยที่ใช้ กรณีสนใจศึกษาปัจจัยเดียว แบบแผนการทดลองที่ใช้ คือ การจำแนกทางเดียว (One – Way ANOVA) กรณีศึกษาสองปัจจัย แบบแผนการทดลองที่ใช้ คือ การจำแนกสองทาง (Two – Way ANOVA) หรือการออกแบบแบบสมบูรณ์ในแต่ละกลุ่ม (Complete - Randomized Block Design) กรณีศึกษาสองปัจจัย หรือมากกว่า แบบแผนการทดลองที่ใช้ คือ การทดลองแฟคทอเรียล (Factorial Experiments)

2.4.1.2 ตัวแปรตอบสนอง (Responses)

ตัวแปรตอบสนอง คือ ตัวแปรผลลัพธ์ หรือผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการทดลอง

2.4.1.3 ปัจจัย (Factors)

ปัจจัย คือ ตัวแปรนำเข้า ที่ใช้ในระบบ หรือกระบวนการ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ปัจจัยที่ควบคุมได้ และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

2.4.1.4 ระดับปัจจัย (Levels of Factors)

ระดับปัจจัย คือ จำนวนค่าของปัจจัยที่เปลี่ยนไปในการทดลองหนึ่ง เช่น อุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง คือ 100 องศาเซลเซียส 500 องศาเซลเซียส และ 900 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ทำการศึกษาซึ่งมีจำนวน 3 ระดับปัจจัย

2.4.1.5 วิธีปฏิบัติ (Treatment)

วิธีปฏิบัติ คือ ข้อกำหนดสำหรับทุกปัจจัยที่ศึกษาในการทดลองนั้นๆ เช่น ถ้าในการทดลองทำการศึกษา ปัจจัย A และปัจจัย B ที่ 2 และ 3 ระดับ จะมีวิธีปฏิบัติที่แตกต่างกันเท่ากับ 2 คูณ 3 เท่ากับ 6 วิธี ดังที่แสดงในรูปที่ 2.1

วิธีปฏิบัติ	ปัจจัย A	ปัจจัย B	
1	1	1	← วิธีปฏิบัติที่ 1
2	1	2	
3	1	3	
4	2	1	← วิธีปฏิบัติที่ 4
5	2	2	
6	2	3	

รูปที่ 2.1 วิธีปฏิบัติต่างๆ ในการออกแบบทดลอง

ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2551)

2.4.1.6 จำนวนครั้งที่ทดลอง (Experimental Runs)

จำนวนครั้งที่ทดลอง คือ จำนวนการทดลองทั้งหมดที่ทำต่อหนึ่งแผนการทดลอง มีค่าเท่ากับผลคูณของ จำนวนวิธีปฏิบัติ กับจำนวนครั้งที่ทำการทดลองซ้ำ

2.4.1.7 ขนาดการทดลอง

ในการออกแบบการทดลองนั้น ต้องทำการกำหนดว่าวิธีการทดลองแต่ละวิธีการทดลอง ควรใช้จำนวนครั้งของการทดลองซ้ำเท่าใด หรือกำหนดขนาดของการทดลองเท่าใด เพื่อให้ผลการทดลองนั้นแสดงออกมาชัดเจน และมีความมั่นใจในผลการทดลอง โดยสามารถกำหนดขนาดการทดลองจากสมการการคำนวณจำนวนครั้งของการทดลองซ้ำแสดงได้ ดังนี้

ก. องค์ประกอบ และสมการการคำนวณจำนวนครั้งของการทดลองซ้ำแสดงได้ดังนี้

$$n = \frac{\delta^2}{\Delta^2}(Z_\alpha + Z_\beta)^2 \qquad \textbf{(2.1)}$$

ซึ่งจะอธิบายองค์ประกอบต่างๆ ในสมการได้ดังนี้

ก.1 n คือ จำนวนครั้งของการทดลองซ้ำ

ก.2 α คือ ระดับของความเสี่ยงที่จะสรุปผลการทดลองผิดพลาด โดยได้สรุปว่าข้อมูลของสองประชากรมีความแตกต่างกันมากกว่าค่าวิกฤต (Critical Difference) ทั้งๆ ที่จริงๆ แล้วไม่ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งโดยปกติการใช้ข้อมูลทางสถิติในการพยากรณ์อะไรก็ตาม ย่อมต้องมีความผิดพลาดเสมอ เมื่อเราไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ จึงต้องจำกัดความเสี่ยงนี้ให้น้อยที่สุด โดยมาตรฐานจะอยู่ร้อยละ 5 แต่บางกรณีอาจจะมาก หรือน้อยกว่าก็ได้ ยกตัวอย่างเช่น การทำการทดลองค้นคว้าหาสิ่งใหม่ๆ ค่าความเสี่ยงนี้อาจจะยอมรับได้ถึงร้อยละ 30 เพื่อให้เกิดการค้นพบความรู้ใหม่ๆ หรือในทางตรงกันข้ามบางกรณีก็ไม่สามารถยอมรับความเสี่ยงที่มากเกินไปได้

ก.3 β คือ ระดับความเสี่ยงที่จะสรุปข้อมูลของสองประชากรไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งๆ ที่จริงๆ แล้ว ข้อมูลทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งค่าที่ใช้โดยทั่วไปจะอยู่ที่ร้อยละ 5 – ร้อยละ 20

ก.4 Δ คือ ระดับความแตกต่าง ที่เราจะถือว่าเริ่มมีนัยสำคัญแก่ความแตกต่าง โดยปกติเวลาเราทดสอบสมมติฐาน เราจะใช้วิธีดูค่าความแตกต่างของทั้งสองข้อมูลที่นำมาทดสอบสมมติฐาน เช่น ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ก.5 σ คือ ค่าความแปรปรวนของกระบวนการ ซึ่งได้จากการเก็บประวัติหรือการประมาณการอย่างมีเหตุผล

อย่างไรก็ตามในการกำหนดขนาดการทดลองจากสมการการคำนวณดังกล่าว อาจได้ค่าขนาดการทดลองที่มากเกิน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วในกระบวนการทดลองยังมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนี้

อย่างไรก็ตามในการกำหนดขนาดการทดลองจากสมการการคำนวณดังกล่าว อาจได้ค่าขนาดการทดลองที่มากเกิน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วในกระบวนการทดลองยังมีข้อจำกัดหลายประการ ดังนี้

ข. ข้อจำกัดของการกำหนดจำนวนครั้งของการทดลองซ้ำที่มากเกินไป

ข.1 ข้อจำกัดด้านต้นทุน เนื่องจากในการทดลองบางการทดลองนั้น ต้องอาศัยต้นทุนในการทดลองสูง ได้แก่ ต้นทุนของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ต้นทุนการทำการทดลอง และต้นทุนการเก็บผลการทดลอง เป็นต้น

ข.2 ข้อจำกัดด้านเวลา เนื่องจากในการทดลองบางการทดลองนั้น ต้องอาศัยเวลานานในการทำการทดลอง เช่น การทดสอบชิ้นงานโดยใช้เครื่องทดสอบ ซึ่งต้องใช้เวลาในการเตรียมชิ้นงาน และการตั้งเครื่องจึงส่งผลให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนการทดลองซ้ำในแต่ละวิธีการ

ข.3 ข้อจำกัดด้านความผิดพลาด เนื่องจากในการทดลองบางการทดลองนั้นมีจำนวนการทดลองซ้ำที่มากเกินไป จะส่งผลเสียต่อผลการวิเคราะห์ โดยเกิดความคลาดเคลื่อนจากการเก็บข้อมูล เช่น เมื่อต้องการข้อมูลมาก ก็ต้องเพิ่มคนเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นบ่อเกิดของความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง

2.4.2 ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

2.4.2.1 การเลือกปัจจัยในการทดลอง

ผู้จัดทำโครงงานต้องเลือกปัจจัยที่สนใจศึกษา โดยปัจจัยที่เลือกมานั้น ต้องเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ ซึ่งผู้จัดทำโครงงานจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอย่างมาก เพื่อที่จะต้องตรวจสอบว่า ปัจจัยที่กำหนดขึ้นมาทั้งหมดนั้นมีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือไม่อย่างไร และจะวัดผลของตัวแปรตอบสนองได้อย่างไร

2.4.2.2 การกำหนดระดับปัจจัยในการทดลอง

การกำหนดระดับปัจจัยในการทดลอง เป็นการกำหนดจำนวนค่าที่ปัจจัยจะเปลี่ยนไปในกระบวนการหนึ่งๆ โดยพิจารณาเพื่อให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนต่อการวิเคราะห์

2.4.2.3 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

สมมติฐาน หมายถึง ข้อสันนิษฐาน หรือเกณฑ์ที่ตั้งขึ้น สำหรับเป็นพื้นฐานในการหาเหตุผลทดสอบ เป็นสิ่งที่ตั้งขึ้นเพื่อการพิสูจน์ให้เกิดการยอมรับ หรือการปฏิเสธ ซึ่งการยอมรับหรือการปฏิเสธจะเกิดจากผลของการสุ่มตัวอย่าง และการทดสอบสมมติฐาน ตามเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นนั้นโดยการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดลอง หรือการวิจัย ซึ่งทดสอบสมมติฐาน จะต้องทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาทดสอบ โดยที่การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น บางครั้งก็ไม่สามารถเก็บได้ทุกหน่วยของประชากร ทำให้ต้องเก็บในลักษณะของการสุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

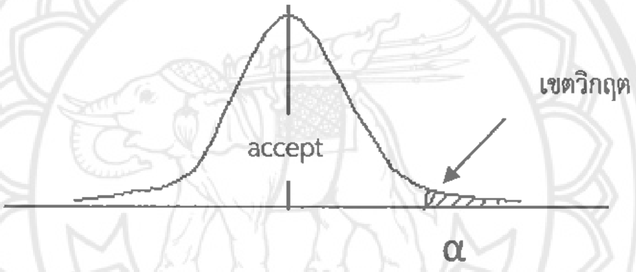
ก. สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis; H_0) เป็นสมมติฐานที่เกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ทราบค่าที่แน่นอน มักจะเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการการปฏิเสธ หากสิ่งที่สนใจหาคำตอบนั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง หรือหากไม่มีเหตุผล และหลักการเพียงพอ ก็จะยอมรับสมมติฐานหลักนี้

ข. สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis; H_1) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้น เพื่อให้ขัดแย้งกับสมมติฐานหลัก มักจะเป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อต้องการการยอมรับ ซึ่งสมมติฐานรองมี 2 ลักษณะ คือ

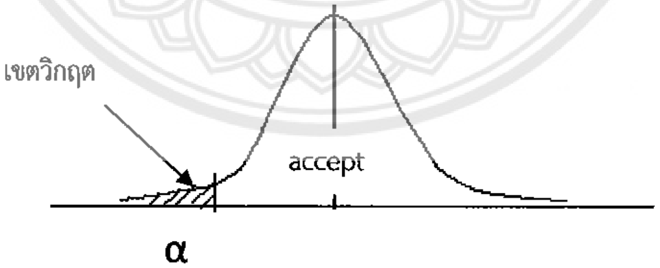
ข.1 สมมติฐานรองแบบทางเดียว เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นโดยกำหนดทิศทาง เช่น $H_1 : \mu < 5{,}000$ หรือ $H_1 : \mu > 5{,}000$

ข.2 สมมติฐานรองแบบสองทาง เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นโดยไม่กำหนดทิศทาง เช่น $H_1 : \mu \neq 5{,}000$

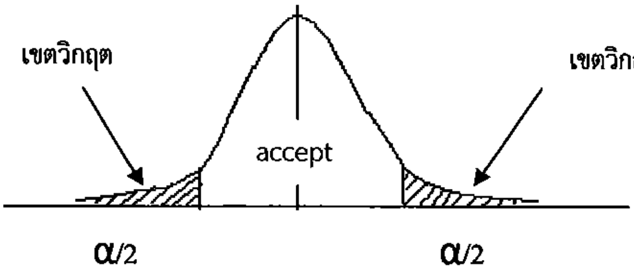
สำหรับการยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานนั้นจะยอมรับ H_0 เมื่อค่าตัวอย่างอยู่นอกเขตวิกฤต และจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าตัวอย่างอยู่ในเขตวิกฤต โดยเขตวิกฤตมีลักษณะดังรูปที่ 2.2 - 2.4



รูปที่ 2.2 เขตวิกฤติสมมติฐานทางเดียว ($H_1 : \mu > \mu_0$)
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง (2551)



รูปที่ 2.3 เขตวิกฤติสมมติฐานทางเดียว ($H_1 : \mu < \mu_0$)
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง (2551)



รูปที่ 2.4 เขตวิกฤติสมมติฐานสองทาง ($H_1 : \mu \neq \mu_0$)
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง (2551)

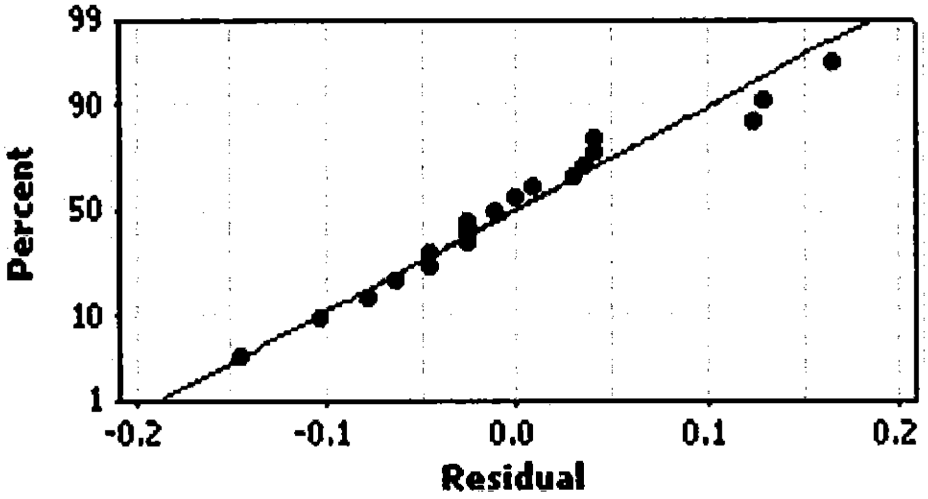
2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

2.5.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล

เงื่อนไขของการทดสอบความแปรปรวน ในการทดสอบสมมติฐานการเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากร จะต้องมีการตรวจสอบเงื่อนไข ดังนี้

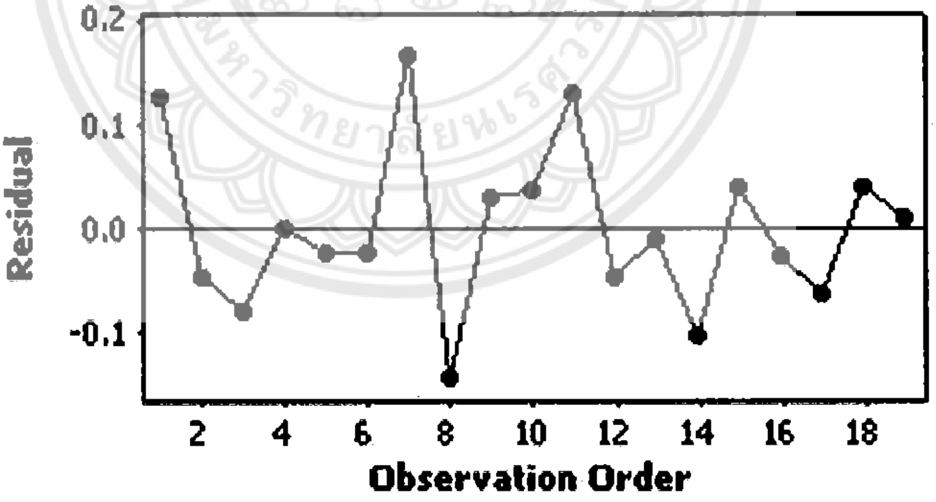
2.5.1.1 ตรวจสอบการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) เป็นเงื่อนไขที่ข้อมูลต้องได้รับการตรวจสอบก่อนการทดสอบความแปรปรวน ซึ่งจะต้องแน่ใจว่าข้อมูลดังกล่าว มีการกระจายแบบปกติเสมอ หากไม่เช่นนั้นการทดสอบสมมติฐาน หรือการอนุมานด้วยเครื่องมือทางสถิติอื่นๆ ก็จะให้ผลคลาดเคลื่อน ตั้งแต่น้อยจนไปถึงอาจยอมรับไม่ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายตัวแบบไม่ปกติ

โดยมีหลักฐานว่าถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบปกตินั้น สามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟการกระจายแบบแจกแจงปกติของข้อมูล ซึ่งทำได้โดยกำหนดให้แกน X คือ ส่วนตกค้างของข้อมูล ซึ่งค่าส่วนตกค้างของข้อมูลหาได้จาก นำค่าการทดลอง (Observation) ลบค่าเฉลี่ย (Fit) และแกน Y คือ ร้อยละของความน่าจะเป็นสะสม หาได้จากนำค่าส่วนตกค้างมาหาความถี่ของข้อมูลจะได้เป็นร้อยละของความน่าจะเป็น จากนั้นทำการสังเกตลักษณะข้อมูลบนกราฟ ถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบปกตินั้น จุดตัดจะต้องเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง และลักษณะการเกิดจุดจะต้องไม่กระจุกเป็นกลุ่มๆ และค่าห่างระหว่างจุดแต่ละจุดต้องใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ แต่แน่นอนว่าค่าที่อยู่ห่างจากเส้นต้องมีค่ามากน้อยแตกต่างกันไปบ้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.5



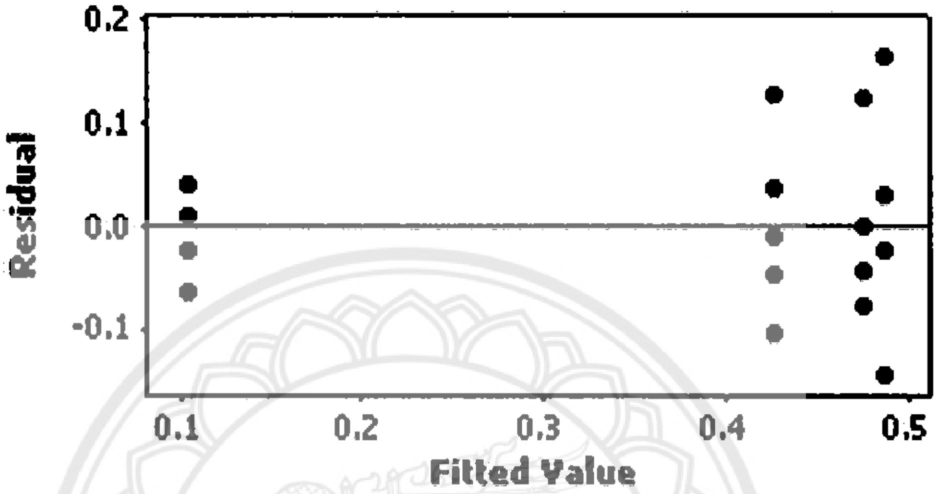
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการกระจายแบบปกติของข้อมูล

2.5.1.2 ตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ทำได้โดยการสร้างกราฟที่กำหนดให้แกน X คือ ลำดับของข้อมูล และแกน Y คือ ส่วนตกค้างของข้อมูล จากนั้นทำการสังเกตลักษณะการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิ โดยมีหลักฐานว่าถ้าข้อมูลมีความเป็นอิสระของข้อมูล ลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูล จะมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ไม่มีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างเดียว แสดงว่าข้อมูลมีความอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างความเป็นอิสระของข้อมูล

2.5.1.3 ตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน โดยใช้แผนภูมิการกระจายค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ระดับปัจจัย พบว่าส่วนตกค้างของข้อมูลของผลการทดลองมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งทางบวก และทางลบ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างความเสถียรของความแปรปรวน

2.5.2 การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Designs)

การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล คือ การออกแบบการทดลองที่สนใจศึกษาอิทธิพลของปัจจัยตั้งแต่สองปัจจัยขึ้นไปที่มีผลต่อกระบวนการ และให้ความสนใจกับผลกระทบร่วม (Interaction)

2.5.2.1 ประเภทของการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล สามารถแบ่งประเภทได้เป็น 2 กรณีหลัก ดังนี้

ก. การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Experiment) หมายถึง การทำการทดลอง และวัดค่าตัวแปรตอบสนองของทุกวิธีปฏิบัติ ซึ่งจะเหมาะกับการทดลองที่มีขนาดเล็ก และต้องการทราบค่าการทดลองหรือทราบค่าตัวแปรตอบสนองที่ดีที่สุด

ข. การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลบางส่วน (Fractional Factorial Experiment) หมายถึง การทำการทดลองไม่ครบทุกวิธีปฏิบัติ เนื่องจากมีวิธีปฏิบัติที่มากเกินไป หรือมีข้อจำกัดบางประการ โดยวิธีปฏิบัติที่เลือกมาทำการทดลองจะเลือกมาจากการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูป ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดความไม่แม่นยำของการสรุปผลการทดลองเมื่อเทียบกับการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูป

โดยในโครงงานนี้ ผู้จัดทำโครงงานได้เลือกทำการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูป (Full Factorial Experiment)

2.5.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย มีวิธีการคำนวณ ดังนี้

กำหนดให้ SS_T แทน ผลรวมกำลังสองของข้อมูลทั้งหมด

SS_A แทน ผลรวมกำลังสองของปัจจัย A

SS_B แทน ผลรวมกำลังสองของปัจจัย B

SS_{AB} แทน ผลรวมกำลังสองของปัจจัยผลกระทบร่วม

SS_E แทน ผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน

$y_{i..}$ แทน ผลรวมของข้อมูลการทดลองที่ระดับ i ของตัวแปร A

$y_{.j.}$ แทน ผลรวมของข้อมูลการทดลองที่ระดับ j ของตัวแปร B

$y_{ij.}$ แทน ผลรวมของข้อมูลการทดลองที่ระดับ ij ใดๆ

$y_{...}$ แทน ผลผลรวมของข้อมูลการทดลองทุกๆ ข้อมูล

ι_i แทน อิทธิพลเนื่องจากระดับที่ i ของปัจจัย *A*

β_j แทน อิทธิพลเนื่องจากระดับ j ของปัจจัย *B*

$(\iota\beta)_{ij}$ แทน อิทธิพลของกิริยาร่วมระหว่างปัจจัย *A* และปัจจัย *B*

โดยที่ $i = 1, 2, \ldots, a$; เมื่อ a คือ ระดับปัจจัยของ A

$j = 1, 2, \ldots, b$; เมื่อ b คือ ระดับปัจจัยของ B

$k = 1, 2, \ldots, n$; เมื่อ n คือ จำนวนครั้งการทดลอง

ซึ่งมีวิธีการคำนวณมีรายละเอียดดังนี้

ก. ตั้งสมมติฐาน

$H_0 : \iota_1 = \iota_2 = \ldots = \iota_a = 0$

$H_1 : \iota_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_b$

$H_1 : \beta_j \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0 : (\iota\beta)_{ij} = 0$

$H_1 : (\iota\beta)_{ij} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

ข. สมการทดสอบความแปรปรวน

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AB} + SS_E \quad (2.2)$$

โดยที่

$$SS_T = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} y_{ijk} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.3)$$

$$SS_A = \sum_{i=1}^{a} y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.4)$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^{b} y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.5)$$

$$SS_{SUBTOTALS} = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} \frac{y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} \quad (2.6)$$

$$SS_{AB} = SS_{SUBTOTALS} - SS_A - SS_B \quad (2.7)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B \quad (2.8)$$

สามารถเขียนตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

Source	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Squares	F
A	SS_A	a-1	SS_A/a-1	MS_A/MS_E
B	SS_B	b-1	SS_B/b-1	MS_B/MS_E
AB-Interaction	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	SS_{AB}/(a-1)(b-1)	MS_{AB}/MS_E
Error	SS_E	ab(n-1)	SS_E/ab(n-1)	
Total	SS_T	abn-1		

ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2551)

ซึ่งการสรุปผลว่าปัจจัยแต่ละปัจจัย หรือปัจจัยร่วมมีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือไม่นั้น สามารถสรุปผลได้โดยเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ กับค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง เมื่อ ค่า F ที่ได้จากการคำนวณ มากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง การสรุปผลจะปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แต่ถ้า ค่า F ที่ได้จากการคำนวณ น้อยกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง การสรุปผลจะยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1

2.5.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ใช้ในการทำนายตัวแปรตอบสนอง ซึ่งโดยปกติปัจจัยจะใช้สัญลักษณ์ X และตัวแปรตอบสนองจะใช้สัญลักษณ์ Y

2.5.3.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์การถดถอย

ก. ตรวจสอบว่าตัวแปร X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกัน หรือไม่

ข. สร้างสมการพยากรณ์ เพื่อใช้สำหรับการประมาณค่า Y

ค. ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นของตัวแปรทั้งสอง โดยทำการตรวจสอบว่า สมการพยากรณ์มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้มากน้อยเพียงใด โดยดูได้จากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (The Coefficient of Determination) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ (Standard Error of the Estimate) และการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจากการทดลองและการพยากรณ์

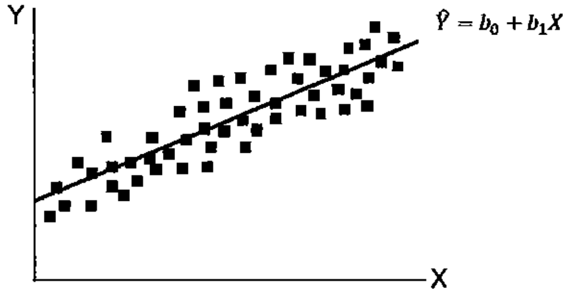
2.5.3.2 ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ก. ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (The Coefficient of Determination)

ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดเกิดจากการนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มายกกำลังสอง ใช้แสดงความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นกับตัวแปร Y มีผลเนื่องมาจากตัวแปร X คิดเป็นร้อยละ ใช้ศึกษาว่าสมการการพยากรณ์ค่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้มากหรือน้อยเพียงใด โดยค่าที่คำนวณได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 และสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่า คือ R ในกรณีที่ค่า R มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปร X มีอิทธิพลต่อตัวแปร Y อย่างมาก ซึ่งหมายความว่า สมการการพยากรณ์ค่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้มาก ในกรณีที่ค่า R มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปร X มีอิทธิพลต่อตัวแปร Y น้อยมาก หมายความว่า สมการการพยากรณ์ค่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้น้อย

ข. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ (Standard Error of The Estimate)

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ (Standard Error of The Estimate) เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณค่า Y ด้วย $\hat{Y}$ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ S_{YX}



รูปที่ 2.8 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ $S_{YX} > 0$

ที่มา : พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2551)

2.5.3.3 การวิเคราะห์ค่าจากการทดลองและการพยากรณ์

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจากการทดลอง และค่าจากการพยากรณ์ ใช้ค่าทางสถิติ t - test เพื่อทดสอบความแตกต่างหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มใช้สำหรับการทดสอบข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) โดยมีขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

ก. ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของประชากรของ 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน คือ $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : ค่าเฉลี่ยของประชากรของ 2 กลุ่มแตกต่างกัน คือ $\mu_1 \neq \mu_2$

ข. กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ α คือ 0.05

ค. เลือกตัวสถิติที่เหมาะสม

ตัวสถิติ : $$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} \quad (2.9)$$

โดยที่ t = ค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และจากการคำนวณ

D= ค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และจากการคำนวณในแต่ละค่า

$\sum D$ = ค่าผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และจากการคำนวณในแต่ละค่า

D^2 = ค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และจากการคำนวณในแต่ละค่ายกกำลังสอง

$(\sum D)^2$= ค่าผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และจากการคำนวณในแต่ละค่า และนำผลรวมทั้งหมดยกกำลังสอง

$N\sum D^2$ = ค่าจำนวนการทดลองคูณกับค่าผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการทดลอง และการคำนวณของแต่ละค่ายกกำลังสอง

$N-1$= ค่าจำนวนการทดลองทั้งหมด ลบ 1

ง. สร้างกฎการตัดสินใจ นั้นคือ ปฏิเสธ H_0 ถ้า t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า t ที่ได้จากตาราง หรือ t ที่ได้จากการคำนวณน้อยกว่า -t ที่ได้จากตาราง

จ. คำนวณค่าสถิติ (t) จากกลุ่มตัวอย่าง

ฉ. ตัดสิน และตีความ t ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่า t ที่ได้จากตาราง ดังนั้นให้เราปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1 ซึ่งให้ผลว่าทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากผลทดสอบสมมติฐานได้ผลว่าเราไม่ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกันแต่ค่าเฉลี่ยของประชากรไม่แตกต่างกัน โดยที่ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันเป็นความคลาดเคลื่อน

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 อิทธิพล (2547) ได้ทำการศึกษา พอลิเมอร์คอมโพสิตเส้นใยธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นไม้เทียม สามารถเตรียมได้จากโพลีไวนิลคลอไรด์กับเส้นใยหญ้าแฝก โดยผสมวัตถุดิบในเครื่องผสมความเร็วสูง (High Speed Mixer) แล้วนำไปขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว และเครื่องอัดขึ้นรูป จากนั้นนำไปศึกษาสมบัติต่างๆ เช่น สมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของปริมาณเส้นใย ปริมาณของพลาสติกรีไซเซอร์ คือ ดีโอพีโดยเน้นศึกษาผลของชนิด และปริมาณของสารตัวเติม 3 ชนิด คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ทัลคัม (Talcum) และซิลิกา (Silica) ปริมาณ 10 - 40 phr ตลอดจนผลของจำนวนครั้งในการรีไซเคิล เพื่อให้ได้ไม้เทียมที่มีสมบัติที่ดี สามารถใช้งานเป็นไม้เทียมทดแทนไม้ธรรมชาติ เช่น ไม้ปาร์เก้ แผ่นไม้ เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น จากการทดลองพบว่า ปริมาณเส้นใยไม้ หรือผงไม้ที่เหมาะสม ที่ใช้ผลิตไม้เทียมพีวีซีอยู่ในช่วง 30 – 40 phr ปริมาณ DOP ที่เหมาะสมที่ใช้ผลิตไม้เทียมพีวีซีผสมหญ้าแฝกอยู่ในช่วง 5 – 10 phr ทั้งนี้ขึ้นกับความแข็ง ความนิ่ม และสมบัติเชิงกลของไม้เทียมที่ต้องการ สารตัวเติมที่ศึกษาทั้งสามชนิดเป็นสารตัวเติมเพิ่มเนื้อชนิดไม่เสริมแรง การเพิ่มปริมาณสารตัวเติมจะช่วยลดต้นทุนการผลิต แต่อาจทำให้สมบัติบางประการลดลง เช่น ความแข็งแรง ร้อยละของการยืด ณ จุดขาด ความแข็งแรงกระแทก มอดุลัส สมบัติการโค้งงอ เป็นต้น แต่ก็ทำให้สมบัติบางประการเพิ่มขึ้น เช่น ความแข็งกด อุณหภูมิอ่อนตัว ความหนาแน่น เป็นต้น โดยรวมสารตัวเติมทั้งสามชนิดให้การเปลี่ยนแปลงสมบัติที่คล้ายกัน ชนิดและปริมาณการใช้ที่เหมาะสมขึ้นกับสมบัติที่ต้องการ หรือลักษณะการใช้งาน การนำไม้เทียม พีวีซีผสมหญ้าแฝกกลับมาใช้ใหม่สามารถกระทำได้ โดยส่งผลเล็กน้อยต่อสมบัติ เช่น ทำให้สมบัติเชิงกลลดลง ไม้เทียมพีวีซีผสมหญ้าแฝกมีสมบัติทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวกอยู่ในระดับน่าพึงพอใจ (Satisfactory) มีร้อยละการเข้าทำลายของปลวกน้อยมาก และปริมาณสารตัวเติมที่ใช้ไม่มีผลต่อการเข้าทำลายของปลวก

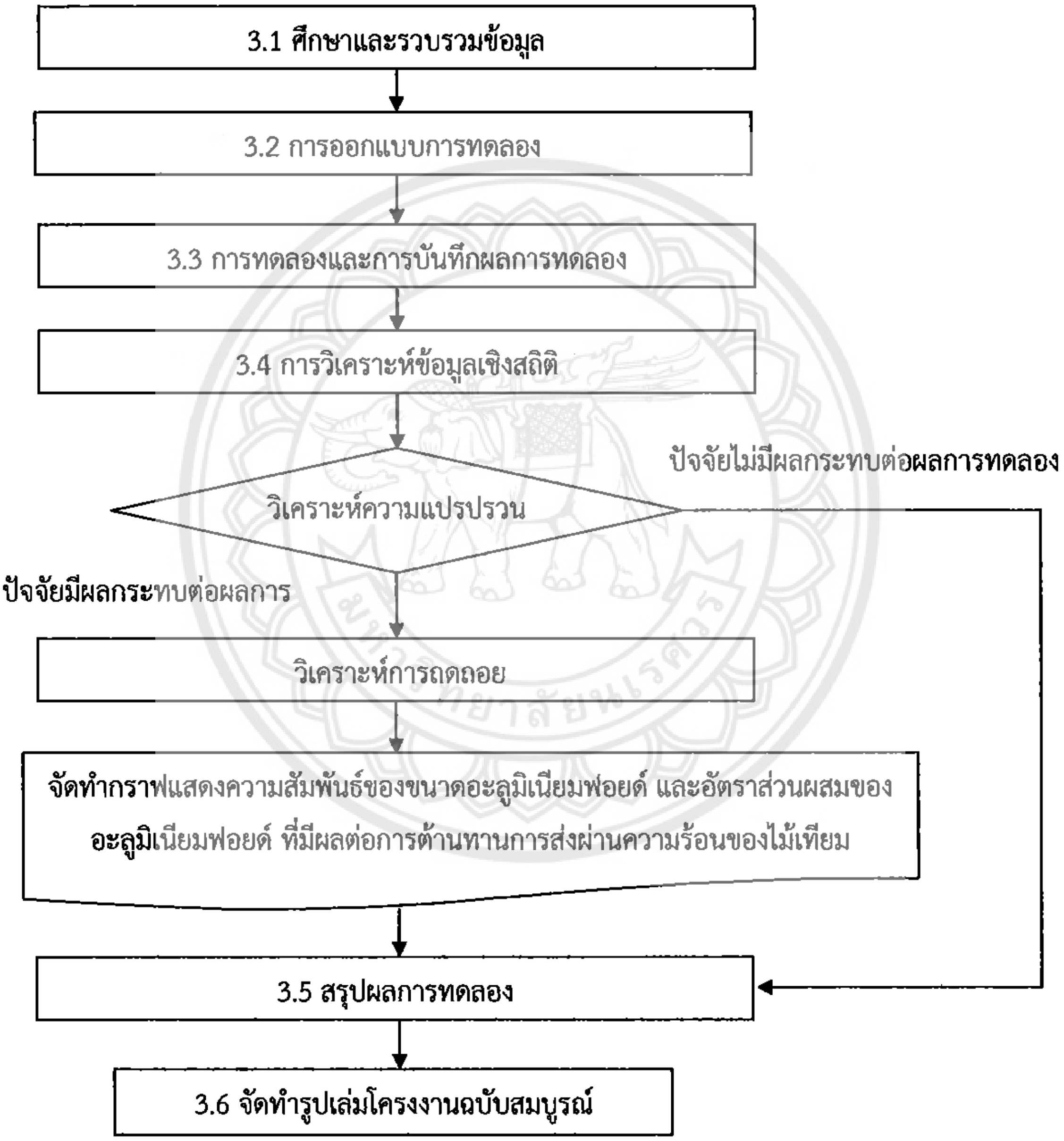
2.6.2 อนินท์ (2553) ได้ทำการศึกษา การผลิตไม้อัดจากซังข้าวโพดสำหรับเป็นผนังฉนวนความร้อนภายในอาคาร โดยทำการทดลองหาอัตราส่วนผสมของซังข้าวโพด และกาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์ ด้วยอัตราส่วนผสมของ กาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์ต่อซังข้าวโพด เท่ากับ 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1 และ 5 : 1 เพื่อทดสอบค่าพองตัวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งพบว่า ชิ้นส่วนทดสอบอัตราส่วน 5 : 1 แสดงค่าการพองตัวมากสุด โดยมีค่าการพองตัวเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 8.22 ค่าการพองตัวมีลักษณะลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของกาวมีค่ามากขึ้น ในอัตราส่วนผสม 2 : 1 แสดงค่าการพองตัวน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 1.32 จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าการพองตัวของชิ้นงานทดสอบมีค่าน้อยเมื่อได้ทำการเพิ่มอัตราส่วนของกาวต่อปริมาณของซังข้าวโพด นอกจากนี้เมื่อได้ทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน มอก. 876 – 2547 พบว่า แผ่นอัดเรียบที่ได้จากการทดลองผ่านมาตรฐาน ซึ่งกำหนดไว้ว่าการพองตัวตามความหนาต้องไม่เกินร้อยละ 12 แผ่นอัดเรียบจากซังข้าวโพด จะพบว่าปริมาณการผสมกาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์มาก การยึดตัวของซังข้าวโพดก็จะสูง แต่จะใช้ต้นทุนในการผลิตที่สูง และถ้าปริมาณ

การผสมซังข้าวโพดมาก กาวยูเรีย - ฟอร์มัลดีไฮด์น้อยคุณสมบัติแผ่นอัดก็จะลดลง ดังนั้นส่วนผสมกาวยูเรีย – ฟอร์มัลดีไฮด์ต่อซังข้าวโพดที่เหมาะสำหรับการพัฒนาในเชิงพาณิชย์ คือ อัตราส่วน 3 : 1 เพราะมีค่าเฉลี่ยจากผลการทดลองอยู่ในมาตรฐานของ มอก. 876 – 2547 และมีค่าเฉลี่ยในการผสมดีที่สุด

2.6.3 กิตติศักดิ์ (2553) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์จากถุงพลาสติก มีจุดประสงค์เพื่อสร้างกระเบื้องคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์จากถุงพลาสติกเป็นต้นแบบ เพื่อการประหยัดพลังงาน และรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งกระเบื้องที่พัฒนาขึ้นเป็นกระเบื้องต้นแบบมีส่วนผสม คือ ปูน ทราย และน้ำ โดยอัตราส่วน 1 : 1 : 0.5 โดยปริมาตร และอะลูมิเนียมฟอยด์จากถุงขยะพลาสติก 0, 0.3, 0.5 และ 0.7 โดยปริมาตร ตามลำดับ จากการทดสอบกระเบื้องคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์พบว่า ค่าต้านทานแรงกดตามขวาง ค่าอัตราการดูดซึมน้ำ และความไม่รั่วซึมผ่านตามเกณฑ์ มอก. 535 – 2530 กระเบื้องคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์มีน้ำหนักน้อยกว่ากระเบื้องคอนกรีตแบบแผ่นเรียบประมาณร้อยละ 10 ที่อัตราส่วนอะลูมิเนียมฟอยด์ 0.7 โดยปริมาตร และจากการนำกระเบื้องมามุงหลังคาบ้านจำลองขนาด 60 x 50 x 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่าอุณหภูมิในบ้านจำลองของกระเบื้องคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์มีค่าต่ำกว่ากระเบื้องแผ่นเรียบ 0.2 – 2 องศาเซลเซียส โดยอัตราส่วนอะลูมิเนียมฟอยด์ 0.7 โดยปริมาตร มีค่าอุณหภูมิต่ำที่สุด ดังนั้นกระเบื้องคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ที่พัฒนาขึ้นจะช่วยลดพลังงานการใช้ระบบปรับอากาศ และช่วยลดขนาดโครงสร้างหลังคาของอาคารลงได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินโครงงาน ผู้จัดทำโครงงานได้กำหนดขั้นตอน และระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน ดังแผนผังที่แสดงในรูปที่ 3.1 พร้อมทั้งรายละเอียดขั้นตอนในการดำเนินโครงงาน ตามข้อที่ 3.1 -3.6



หมายเหตุ ☐ กระบวนการหลัก ☐ แสดงผลลัพธ์ ◇ การตรวจสอบเงื่อนไข

รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินโครงงาน ผู้จัดทำโครงงานต้องศึกษา และรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจ และมีแนวทางในการดำเนินโครงงาน ซึ่งผู้จัดทำโครงงานได้ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลโดยมีรายละเอียดของหัวข้อต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปของวัสดุผสม (Composites)

ในการดำเนินโครงงาน ผู้จัดทำโครงงานต้องทำการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม ซึ่งในการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมจัดได้ว่าเป็นวัสดุผสม ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงได้ศึกษาประเภท ส่วนประกอบ และขั้นตอนการทำวัสดุผสม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดลอง

3.1.2 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลทั่วไปของไม้เทียม และอะลูมิเนียมฟอยด์

ในการดำเนินโครงงาน ผู้จัดทำโครงงานมีความสนใจที่จะเพิ่มความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนให้แก่ไม้เทียม ดังนั้นจึงทำการศึกษาส่วนประกอบของไม้เทียม และขั้นตอนในการทำไม้เทียม และนอกจากนี้ผู้จัดทำโครงงานต้องทำการศึกษาข้อมูลของสมบัติอะลูมิเนียมฟอยด์ เนื่องจากผู้จัดทำโครงงานต้องการนำสมบัติการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของอะลูมิเนียมฟอยด์ มาประยุกต์ใช้กับไม้เทียม

3.1.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

เนื่องจากผู้จัดทำโครงงาน ต้องกำหนดปัจจัย กำหนดระดับปัจจัย และสมมติฐานการทดลอง ดังนั้นจึงต้องศึกษาและรวบรวมข้อมูลการออกแบบการทดลอง

3.2 การออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนการออกแบบการทดลอง ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการออกแบบการทดลองตามหัวข้อที่ 2.4 ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การกำหนดปัจจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการกำหนดปัจจัยที่สนใจศึกษา คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่นำไปผสมในไม้เทียม ซึ่งปัจจัยตอบสนอง คือ ความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน โดยในการทดลองนั้น ผู้จัดทำโครงงานต้องควบคุมปัจจัยที่ควบคุมได้ตัวอื่นๆ ให้เหมือนกันทุกๆ การทดลอง และออกแบบการทดลองให้ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้นั้น ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองน้อยที่สุด หรือไม่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองเลย

3.2.2 การกำหนดระดับปัจจัย

จากปัจจัยในหัวข้อที่ 3.2.1 ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการกำหนดระดับปัจจัยได้ ดังนี้

3.2.2.1 อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม ที่ใช้ในการทดลองมี 4 ระดับปัจจัย คือ อัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก โดยการกำหนดระดับปัจจัยนั้น กำหนดเพื่อให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนต่อการวิเคราะห์ และพิจารณาจากสมบัติของวัสดุผสม เนื่องจากการผสมตัวเสริมแรงในปริมาณที่มากเกินไป จะส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุผสมไม่แข็งแรง

3.2.2.2 ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระดับปัจจัย คือ 6 - 12 เมช, 12 - 20 เมช, และ 20 - 30 เมช โดยการกำหนดระดับปัจจัยนั้น กำหนดเพื่อให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนต่อการวิเคราะห์ และพิจารณาจากสมบัติของวัสดุผสม เนื่องจากการผสมตัวเสริมแรงที่มีขนาดใหญ่เกินไป จะส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุผสมไม่แข็งแรง

3.2.3 การกำหนดสมมติฐานการทดลอง

การกำหนดสมมติฐานกำหนดได้ ดังนี้

3.2.3.1 การกำหนดสมมติฐานเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยที่ 1 คือ **อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม**

H_0 : อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

H_1 : อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

เมื่ออัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม คือ อัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก

3.2.3.2 การกำหนดสมมติฐานเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยที่ 2 คือ **ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม**

H_0 : ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

H_1 : ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

เมื่อขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม คือ 6 - 12 เมช, 12 - 20 เมช, และ 20 - 30 เมช

3.2.3.3 การกำหนดสมมติฐานเพื่อตรวจสอบผลกระทบร่วมของปัจจัยที่ 1 และปัจจัยที่ 2 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม

H_0 : อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

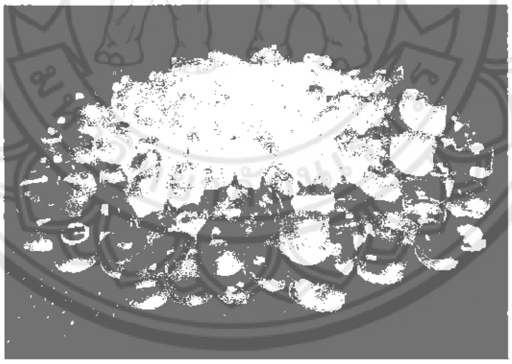
H_1 : อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

เมื่ออัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม คือ อัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม คือ คือ 6 - 12 เมช, 12 - 20 เมช, และ 20 - 30 เมช

3.3 การทดลองและบันทึกผลการทดลอง

3.3.1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุที่ใช้ทำการทดลอง

3.3.1.1 เตรียมเม็ดพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีนปริมาณร้อยละ 90 โดยน้ำหนักของไม้เทียมทั้งหมด โดยอัตราส่วนดังกล่าว ได้จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับไม้เทียมที่ใช้อัตราส่วนโพลิโพรพิลีนร้อยละ 90 ต่อผงไม้สักร้อยละ 10 ของน้ำหนักไม้เทียมทั้งหมด ซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างไม้เทียมที่แข็งแรงที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น แสดงดังรูปที่ 3.2

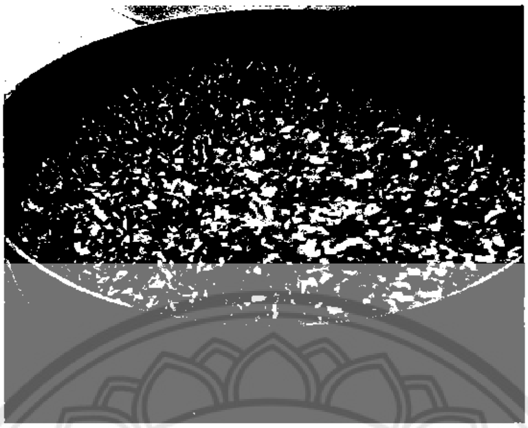


รูปที่ 3.2 เม็ดพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน

3.3.1.2 เตรียมผงไม้สักขนาด 30 – 40 เมช ปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของไม้เทียมทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ผงไม้สักขนาด 30 – 40 เมช

3.3.1.3 เตรียมอะลูมิเนียมฟอยด์ โดยทำการแยกอะลูมิเนียมฟอยด์ออกจากกล่องนม และนำไปบดด้วยเครื่องบดเอนกประสงค์ จากนั้นนำไปใส่ตะแกรงล่อนเพื่อล่อนอะลูมิเนียมฟอยด์ ตามขนาดที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 3.1 แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 อะลูมิเนียมฟอยด์

3.3.2 ขั้นตอนการทำการทดลอง

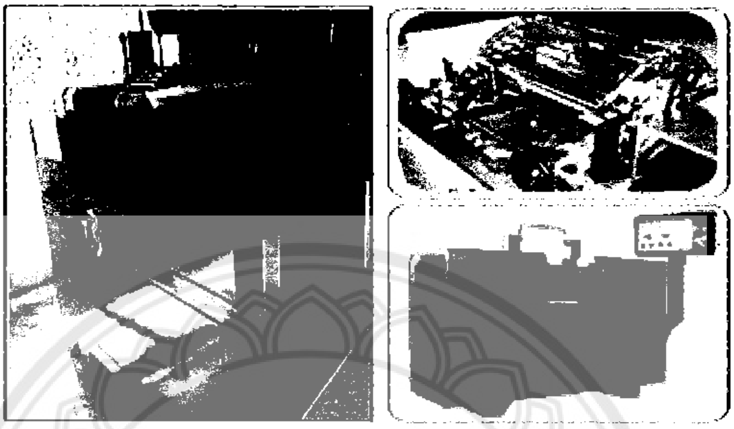
3.3.2.1 ขั้นตอนการทำเม็ดไม้เทียม

ขั้นตอนนี้เป็นการผสมผงไม้สัก และเม็ดพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน ที่ได้เตรียมไว้หัวข้อ 3.3.1.1 และ 3.3.1.2 โดยใช้เครื่องอัดรีด (Extruder) ซึ่งจะทำให้ผงไม้สัก และเม็ดพลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน ถูกผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยอาศัยความร้อนในการทำให้เม็ดพลาสติกหลอมละลาย จากนั้นจะทำการอัดผ่านหัวฉีด (Die) ออกมาในลักษณะเส้นอย่างต่อเนื่อง และถูกตัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ ด้วยเครื่องทำเม็ด (Pelletiser) แสดงดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 เครื่องอัดรีด (Extruder)

3.3.2.2 ขั้นตอนการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม

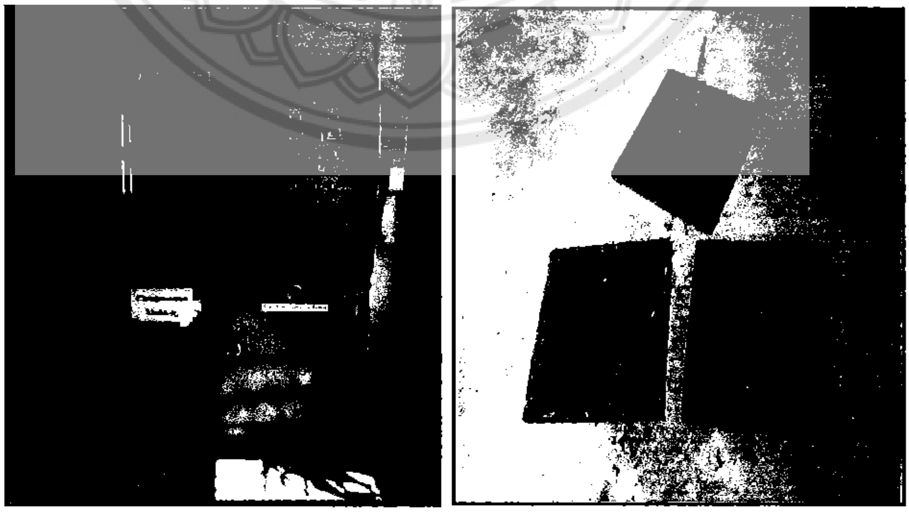
ขั้นตอนนี้เป็นการนำเม็ดไม้เทียม ที่ได้จากหัวข้อ 3.3.2.1 มาผสมกับอะลูมิเนียมฟอยด์ ในอัตราส่วนผสมที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 3.1 โดยใช้เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill)

3.3.2.3 ขั้นตอนการขึ้นรูปไม้เทียม

ขั้นตอนนี้จะนำไม้เทียมที่ผสมกับอะลูมิเนียมฟอยด์แล้ว จากหัวข้อ 3.3.2.2 มาทำการอัดขึ้นรูป ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding) ให้ได้ขนาดชิ้นงานตามที่ต้องการ คือ 12 × 12 × 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7

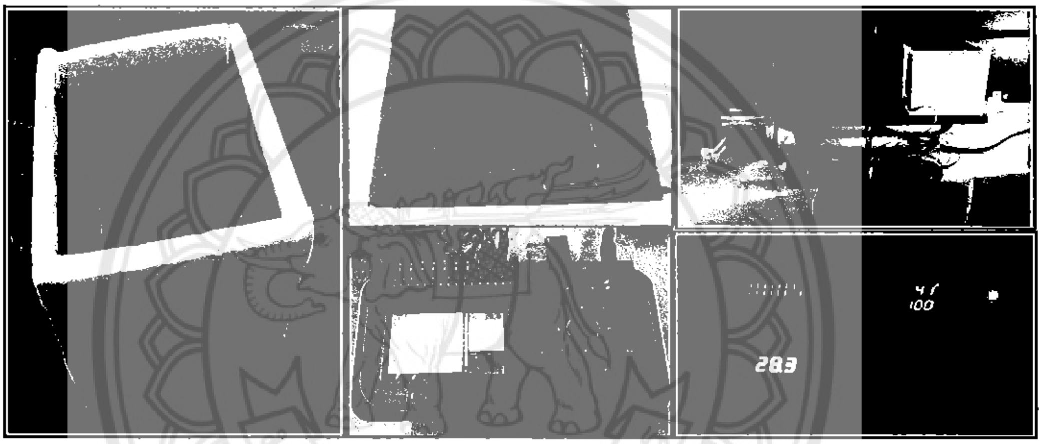


รูปที่ 3.7 (ก) เครื่องอัดขึ้นรูป (Compression Molding)
(ข) แผ่นไม้เทียม

15940308
ฟร.
ฉ 555ค
2554

3.3.2.4 ขั้นตอนการทดสอบความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

โดยการสร้างแบบจำลองทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 11 × 11 ×15 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะเปิดปากกล่องหนึ่งด้าน เพื่อวางชิ้นงาน แล้วจึงทำการติดอุปกรณ์ทดสอบ โดยนำสายวัดอุณหภูมิมาติดบริเวณกลางแบบจำลองลึกลงไปจากขอบบน 7.5 เซนติเมตร และนำสายวัดอุณหภูมิอีกด้านหนึ่งติดเข้ากับเครื่องวัดอุณหภูมิ GL-200 จากนั้นจึงนำไปทดสอบอุณหภูมิจากแหล่งความร้อนของเครื่อง Thermal Radiation ที่อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยจะปล่อยความร้อนจากเครื่อง 100 องศาเซลเซียส และวัดค่าอุณหภูมิภายในแบบจำลองทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ พร้อมกับบันทึกผล ดังแสดงในรูปที่ 3.8 จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองไปใส่ในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดอุณหภูมิ GL-200

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก ไม้เทียม : อะลูมิเนียมฟอยด์ (ร้อยละ)	ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ (เมช)	อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ (องศาเซลเซียส)		
		ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3
100 : 0	-			
99: 1	6 - 12 เมช			
	12 - 20 เมช			
	20 - 30 เมช			
97 : 3	6 - 12 เมช			
	12 - 20 เมช			
	20 - 30 เมช			
95 : 5	6 - 12 เมช			
	12 - 20 เมช			
	20 - 30 เมช			
93 : 7	6 - 12 เมช			
	12 - 20 เมช			
	20 - 30 เมช			

* <u>หมายเหตุ</u> เมช (Mesh) เป็นการวัดขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อน โดยที่เมช หมายถึง จำนวนรูต่อพื้นที่ตะแกรงหนึ่งตารางนิ้ว

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

3.4.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล

ก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ผู้จัดทำโครงงานต้องการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล โดยนำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 3.1 มาทำการตรวจสอบ ดังนี้

3.4.1.1 การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล โดยการพิจารณาจากกราฟการกระจายแบบปกติของข้อมูล

3.4.1.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล โดยการพิจารณาจากกราฟความเป็นอิสระของข้อมูล

3.4.1.3 การทดสอบความเสถียรของความแปรปรวน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล โดยการพิจารณากราฟความเสถียรของความแปรปรวน

3.4.2 ทดสอบความแปรปรวน (ANOVA)

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล เพื่อศึกษาผลของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีผลต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม

3.4.3 วิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีผลต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม และหาสมการการถดถอยเพื่อหาค่าอุณหภูมิการพยากรณ์ ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ได้จากการทดลอง

3.5 สรุปผลการทดลอง

นำผลที่ได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ มาทำการสรุปผลการทดลองว่าปัจจัยใด มีผลต่อความสามารถด้านการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

3.6 จัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

สรุปผลที่ได้ทั้งหมดจากการดำเนินโครงงาน พร้อมทั้งระบุข้อเสนอแนะ และจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

จากการที่ผู้จัดทำโครงงานได้ดำเนินโครงงานตามหัวข้อที่ 3.1 - 3.6 ได้ผลการทดลอง และการวิเคราะห์ แสดงได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษา และรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร เว็บไซต์ ที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลดังรายละเอียดเกี่ยวกับหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1.1 ข้อมูลทั่วไปของวัสดุผสม (Composites)

4.1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับไม้เทียม

4.1.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอะลูมิเนียมฟอยด์

4.1.4 ข้อมูลการออกแบบและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

นอกจากนี้ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องของการสร้างกระเบื้องหลังคาคอนกรีตผสมอะลูมิเนียมฟอยด์จากถุงพลาสติก และการติดตั้งแผ่นอะลูมิเนียมฟอยด์ใต้หลังคา เพื่อนำมาเป็นต้นแบบในการดำเนินโครงงาน ซึ่งรายละเอียดที่กล่าวมา ผู้จัดทำโครงงานได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2

4.2 ผลการออกแบบการทดลอง

ในโครงงานนี้ผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองปัจจัย ซึ่งในการออกแบบการทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยประกอบด้วย ปัจจัยในการทดลอง ระดับปัจจัย และสมมติฐานในการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 ปัจจัยในการทดลอง

การกำหนดปัจจัยในกระบวนการที่จะศึกษา ผู้จัดทำโครงงานได้กำหนดปัจจัย 2 ปัจจัย คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่นำไปผสมในไม้เทียม

4.2.2 ระดับปัจจัย

จากการกำหนดปัจจัยในหัวข้อที่ 4.2.1 ผู้จัดทำโครงงานได้กำหนดปัจจัยเป็น 2 ปัจจัย คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่นำไปผสมในไม้เทียม โดยมีการกำหนดระดับปัจจัยดังนี้

4.2.2.1 อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม โดยผู้จัดทำโครงงานได้กำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเป็น 4 ระดับปัจจัย คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก

4.2.2.2 ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่นำไปผสมในไม้เทียม โดยผู้จัดทำโครงงานได้กำหนดระดับปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเป็น 3 ระดับปัจจัย คือ ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่นำไปผสมในไม้เทียม ที่ขนาด 6 - 12 เมช, 12 – 20 เมช, และ 20 - 30 เมช

4.2.3 สมมติฐานในการทดลอง

จากการกำหนดปัจจัย และระดับปัจจัยในหัวข้อที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ผู้จัดทำโครงงานได้ตั้งสมมติฐานขึ้นเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัย และระดับปัจจัยที่กำหนดขึ้น คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม ที่อัตราส่วนผสมร้อยละ 1, 3, 5 และ 7 โดยน้ำหนัก และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่นำไปผสมในไม้เทียม ที่ขนาด 6 - 12 เมช, 12 – 20 เมช, และ 20 - 30 เมช มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมหรือไม่ ซึ่งผู้จัดทำโครงงานได้กำหนดสมมติฐานออกเป็น 3 ข้อ ดังแสดงในหัวข้อ 3.2.3

4.3 การทดลองและการบันทึกผลการทดลอง

จากการกำหนดสมมติฐานในหัวข้อที่ 4.2.3 เพื่อตรวจสอบว่าปัจจัย และระดับปัจจัยที่กำหนดขึ้นมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมหรือไม่ ผู้จัดทำโครงงานจึงได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 3.3 ซึ่งจะทำการทดลองทั้งหมด 36 ครั้ง โดยใช้ปัจจัย และระดับปัจจัยตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 4.2.1 และ4.2.2 จากนั้นจึงทำการบันทึกผลการทดลองทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก ไม้เทียม : อะลูมิเนียมฟอยด์ (ร้อยละ)	ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ (เมช)	อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ (องศาเซลเซียส)		
		ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3
100 : 0	-	47.6	48.0	47.7
99: 1	6 เมช - 12 เมช	42.3	42.5	42.4
	12 เมช - 20 เมช	46.2	46.3	46.0

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตารางแสดงอุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก ไม้เทียม : อะลูมิเนียมฟอยด์ (ร้อยละ)	ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ (เมช)	อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ (องศาเซลเซียส)		
		ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3
	20 เมช - 30 เมช	44.9	44.3	44.7
97 : 3	6 เมช - 12 เมช	38.7	39.6	39.2
	12 เมช - 20 เมช	41.8	42.7	42.6
	20 เมช - 30 เมช	42.9	42.2	42.7
95 : 5	6 เมช - 12 เมช	39.6	39.8	40.2
	12 เมช - 20 เมช	42.3	41.8	41.7
	20 เมช - 30 เมช	39.8	39.8	39.2

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

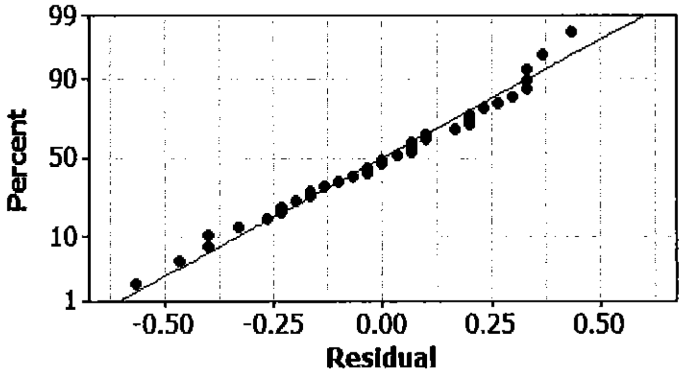
จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติได้ดังนี้

4.1.1 ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล

เมื่อผู้จัดทำโครงงานได้ดำเนินการทดลอง และได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 จากนั้น ผู้จัดทำโครงงานจะนำผลการทดลองมาตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล ดังที่กล่าวในทฤษฎีตามหัวข้อที่ 2.5.1 ซึ่งประกอบด้วยการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของข้อมูล การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล และการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน ซึ่งมีรายละเอียดในการตรวจสอบข้อมูล ดังนี้

4.4.1.1 การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของข้อมูล

การตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของข้อมูล สามารถทำได้โดยนำค่าส่วนตกค้าง และร้อยละความน่าจะเป็นของความถี่สะสม มาสร้างกราฟการกระจายแบบแจกแจงปกติของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.1

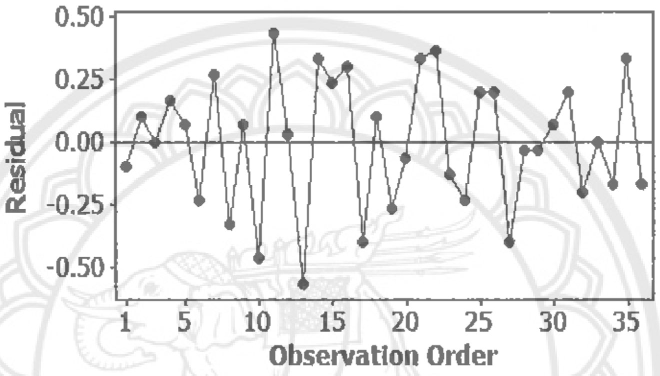


รูปที่ 4.1 กราฟการกระจายแบบปกติของข้อมูล

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่ากราฟมีจุดตัดที่เรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง ลักษณะการเกิดจุดจะไม่รวมตัวกันเป็นกลุ่มๆ และค่าระยะห่างระหว่างจุดแต่ละจุดต้องใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นผู้จัดทำโครงงานได้ทำการพิจารณาค่า P - value ของค่าสถิติทดสอบ Kolmogorov – Smirnov มีค่าเท่ากับ 0.150 ซึ่งมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีการกระจายแบบแจกแจงปกติ

4.4.1.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

จากการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล สามารถทำได้โดยนำค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล มาสร้างกราฟการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.2

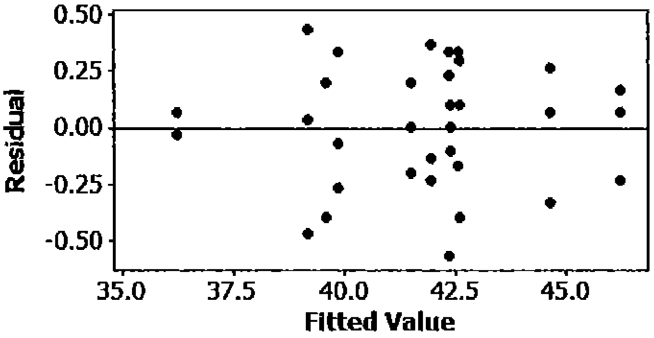


รูปที่ **4.2** กราฟความเป็นอิสระของข้อมูล

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่ากราฟมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ไม่สามารถคาดเดาค่าในอนาคตได้ ไม่มีแนวโน้มขึ้น หรือลงอย่างเดียว ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีความเป็นอิสระ

4.4.1.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูล

จากการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน สามารถทำได้โดยนำค่าส่วนตกค้าง และค่าของผลการทดลอง มาสร้างกราฟความเสถียรของความแปรปรวนของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟความเสถียรของความแปรปรวน

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่ากราฟมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทั้งทางบวก และทางลบ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

4.4.2 การทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล

เมื่อข้อมูลผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมตามหัวข้อที่ 4.1.1 ผู้จัดทำโครงงานจึงข้อมูลมาทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล เพื่อตรวจสอบว่า ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียม มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมหรือไม่ ซึ่งแสดงผลการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองแบบแฟคทอเรียลสองปัจจัย

Source	Sum of Squares	Degree of Freedom	Mean Squares	F	P-value
Percent	103.936	3	34.645	356.350	ค่าเข้าใกล้ 0
Size	87.752	2	43.876	451.290	ค่าเข้าใกล้ 0
Percent * Size	35.346	6	5.891	60.590	ค่าเข้าใกล้ 0
Error	2.333	24	0.097		
Total	229.368	35			

จากตารางที่ 4.2 ผู้จัดทำโครงงานจะพิจารณาค่า P – value กับค่านัยสำคัญ เพื่อตรวจสอบว่า ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีรายละเอียดในการตรวจสอบสมมติฐาน ตามที่กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 3.2.3 ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.4.2.1. ตรวจสอบสมมติฐานที่ 1 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมที่ต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_0 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

H_1 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมที่ต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

ค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P - value) มีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั่นคือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.4.2.2. ตรวจสอบสมมติฐานที่ 2 คือ ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมที่ต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_0 คือ ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

H_1 คือ ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมที่ต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

ค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P - value) มีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_o ยอมรับ H_1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้นคือ ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.4.2.3. ตรวจสอบสมมติฐานที่ 3 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมที่ต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_0 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

H_1 คือ อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมต่างกัน มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน

ค่านัยสำคัญจากการทดลอง (P - value) มีค่าเข้าใกล้ 0 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_o ยอมรับ H_1 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นั้นคือ ผลกระทบร่วมระหว่างอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม และขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ผสมในไม้เทียมมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.4.3 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

จากการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลตามหัวข้อที่ 4.4.2 ซึ่งทำให้ทราบว่าปัจจัย และระดับปัจจัยที่กำหนดขึ้นตามหัวข้อที่ 4.2.1 และ 4.2.2 มีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม จากนั้นผู้จัดทำโครงงานได้นำข้อมูลไปวิเคราะห์ความถดถอย โดยใช้โปรแกรม MINITAB เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของปัจจัยในการทดลองว่ามีผลต่อความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียมอย่างไร และมีแนวโน้มในทิศทางใด โดยผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์การถดถอย

Predictor	Coef.	P – value
Constant	43.1550	ค่าเข้าใกล้ 0
อัตราส่วนผสม (Percent)	-1.1860	0.003
ขนาด (Size)	0.0577	0.463
Percent*Size	0.0240	0.167
Std. Error of Estimate = 1.6766, R – Square = 0.6050, R = 0.7778		

จากตารางที่ 4.3 สามารถสร้างสมการถดถอย ได้ดังนี้

Temp = 43.1550 - 1.1860Percent + 0.0577Mesh + 0.0240 Percent* Mesh **(4.1)**

โดยที่ Temp = อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

Percent = อัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

Mesh = ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ (เมช)

ซึ่งสมการถดถอยสามารถใช้งานได้ในกรณีที่

อัตราส่วนผสม (Percent) อยู่ในช่วงร้อยละ 1 - 7 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และขนาดอะลูมิเนียมฟอยด์ (Mesh) อยู่ในช่วง 6 - 30 เมช

โดยความเหมาะสมในการนำสมการถดถอยไปใช้งานนั้น สามารถพิจารณาได้จาก ค่า R โดยที่ ค่า R ที่ได้จากตารางที่ 4.3 มีค่าเท่ากับ 0.7778 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยในสมการถดถอยมีความสัมพันธ์ในระดับดี หรือสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ได้ แต่ในการนำสมการถดถอยไปใช้งานนั้น ต้องคำนึงถึงค่า P – value เปรียบเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญ ถ้าค่า P – value มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ แสดงว่าปัจจัยดังกล่าว ไม่มีความสัมพันธ์กับสมการถดถอย ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ขนาด (Mesh) และผลกระทบร่วม (Percent*Mesh) ไม่มีความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์น้อยมากกับสมการถดถอย เมื่อเทียบกับอัตราส่วนผสม (Percent) ดังนั้นสมการถดถอยในการนำไปใช้งาน คือ

Temp = 43.1550 - 1.1860Percent **(4.2)**

ส่วนค่า Std. Error of Estimate ที่ได้มีค่าเท่ากับ 1.6766 แสดงว่าค่าของอุณหภูมิจะมีความคลาดเคลื่อนจากตัวแปรอิสระอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ประมาณ 1.6766 องศาเซลเซียส

จากนั้นนำขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ที่ได้กำหนดไว้ มาทำการแทนค่าย้อนกลับในการทดลองสมการที่ 4.1 ซึ่งจะได้ค่าอุณหภูมิจากการพยากรณ์จำนวน 36 ค่า ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าจากการพยากรณ์

อัตราส่วนผสมโดยปริมาณ ไม้เทียม : อะลูมิเนียมฟอยด์ (ร้อยละ)	ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ (เมช)	อุณหภูมิภายในกล่องทดสอบ (องศาเซลเซียส)		
		ค่าที่ 1	ค่าที่ 2	ค่าที่ 3
100 : 0	-	-	-	-
99: 1	6 - 12 เมช	42.9494	42.9494	42.9494
	12 - 20 เมช	43.6030	43.6030	43.6030
	20 - 30 เมช	44.4200	44.4200	44.4200
97 : 3	6 - 12 เมช	41.1534	41.1534	41.1534
	12 - 20 เมช	42.1910	42.1910	42.1910
	20 - 30 เมช	43.4880	43.4880	43.4880
95 : 5	6 - 12 เมช	39.3574	39.3574	39.3574
	12 - 20 เมช	40.7790	40.7790	40.7790
	20 - 30 เมช	42.5560	42.5560	42.5560
93 : 7	6 - 12 เมช	37.5614	37.5614	37.5614
	12 - 20 เมช	39.3670	39.3670	39.3670
	20 - 30 เมช	41.6240	41.6240	41.6240

4.4.3.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าของอุณหภูมิจากการทดลอง และค่าของอุณหภูมิจากการพยากรณ์

ก่อนการนำสมการถดถอยไปใช้งาน ผู้จัดทำโครงงานต้องทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิจากการทดลอง และค่าอุณหภูมิจากการพยากรณ์ ด้วยวิธี t – test เพื่อแสดงให้ทราบว่าค่าอุณหภูมิจากการทดลอง และค่าอุณหภูมิจากการพยากรณ์ มีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ก. ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน คือ $\mu_1 = \mu_2$

H_1 : ค่าเฉลี่ยของค่าอุณหภูมิทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกัน คือ $\mu_1 \neq \mu_2$

ข. กำหนดระดับนัยสำคัญของการทดสอบ α คือ 0.05

ค. เลือกตัวสถิติที่เหมาะสม

$$\text{ตัวสถิติ : } t_{(\text{คำนวณ})} = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

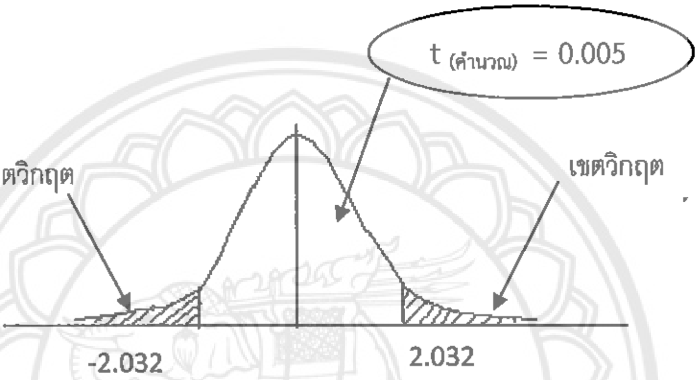
$$t_{(\text{คำนวณ})} = \frac{0.0488}{\sqrt{\frac{(36)(89.948)-0.00238}{36-1}}}$$

$$t_{(\text{คำนวณ})} = 0.005$$

ง. สร้างเกณฑ์การตัดสินใจ นั่นคือ จะทำการปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 เมื่อ $t_{(\text{คำนวณ})}$ ตกนอกเขตวิกฤต ซึ่งหมายความว่า $t_{(\text{คำนวณ})} > t_{(\text{ตาราง})}$ หรือ $t_{(\text{คำนวณ})} < t_{(\text{ตาราง})}$

จ. เปิดค่า $t_{(\text{ตาราง})}$ ได้จาก $t[0.025,35] \approx 2.032$

ฉ. คำนวณค่าสถิติ $t_{(\text{คำนวณ})} = 0.005$



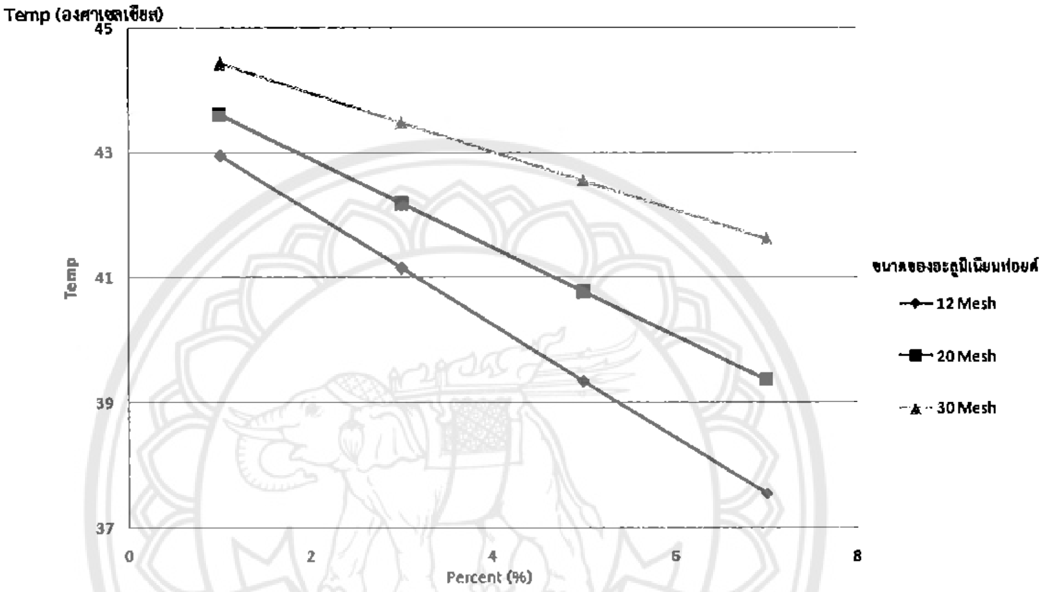
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงเกณฑ์การตัดสินใจ

ช. การตัดสิน และตีความ จะเห็นได้ว่าจากรูปที่ 4.4 $t_{(\text{คำนวณ})}$ ตกอยู่นอกเขตวิกฤตดังนั้นจึง ยอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าค่าอุณหภูมิของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิจากการทดลอง และค่าอุณหภูมิจากการพยากรณ์แล้ว จะเห็นว่าค่าอุณหภูมิทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และข้อมูลจากการพยากรณ์ ซึ่งได้จากสมการถดถอยนั้นสอดคล้องกัน และสามารถนำสมการถดถอยมาคำนวณหาค่าอุณหภูมิพยากรณ์ได้

4.4.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์

จากตารางที่ 4.4 ผู้จัดทำโครงงานได้นำข้อมูลมาแทนค่าในสมการ 4.1 เพื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ ที่มีผลต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการทดลอง ซึ่งกราฟแสดงความสัมพันธ์ที่อัตราส่วนผสม (Percent) ในช่วงร้อยละ 1 - 7 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และขนาดอะลูมิเนียมฟอยด์ (Mesh) ในช่วง 6 - 30 เมช โดยแสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์

* <u>หมายเหตุ</u> เมช (Mesh) เป็นการวัดขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อน โดยที่เมช หมายถึงจำนวนรูต่อพื้นที่ตะแกรงหนึ่งตารางนิ้ว ดังนั้น ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ 12 เมช มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบ กับ 20, 30 เมช

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการสรุปผล และข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากการดำเนินโครงงาน "การออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาผลของความสัมพันธ์จากการผสมอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม เพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม" สามารถสรุปผลการดำเนินโครงงานได้ดังนี้

5.1.1 การตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูล เพื่อตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งมีการการตรวจสอบการกระจายแบบแจกแจงปกติของข้อมูล การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล และการตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน พบว่าข้อมูลชุดนี้ผ่านเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ ทำให้สรุปได้ว่า ข้อมูลชุดนี้สามารถนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้

5.1.2 การทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล

จากการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล สามารถสรุปผลได้ว่า ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ และอัตราส่วนผสมของอะลูมิเนียมฟอยด์ในไม้เทียม มีผลต่อการต้านทานการส่งผ่านความร้อนของไม้เทียม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.1.3 การวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล

จากการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล สามารถสร้างสมการถดถอยได้ดังนี้

$$\text{Temp} = 43.1550 - 1.1860\text{Percent} + 0.0577\ \text{Mesh} + 0.0240\ \text{Percent}^*\ \text{Mesh} \qquad \textbf{(5.1)}$$

โดยสมการถดถอยสามารถใช้ได้กับอัตราส่วนผสม (Percent) ที่อยู่ในช่วงร้อยละ 1 - 7 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) และขนาดอะลูมิเนียมฟอยด์ (Mesh) ที่อยู่ในช่วง 6 - 30 เมช ซึ่งสมการถดถอยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.7778 ซึ่งแสดงว่าสมการถดถอยมีความสัมพันธ์ของปัจจัยอยู่ในระดับดี

* <u>หมายเหตุ</u> เมช (Mesh) เป็นการวัดขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อน โดยที่เมช หมายถึงจำนวนรูต่อพื้นที่ตะแกรงหนึ่งตารางนิ้ว ดั้งนั้น ขนาดของอะลูมิเนียมฟอยด์ 12 เมช มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบ กับ 20, 30 เมช

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรทำการศึกษา เรื่องของวัสดุผสมเพิ่มเติม เนื่องจากในการนำวัสดุมาผสมกัน ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปนั้น ต้องพิจารณาในเรื่องของ การเข้ากันของเนื้อวัสดุ และสมบัติบางประการของวัสดุที่อาจด้อยลงไปจากเดิม

5.2.2 ควรทำการศึกษา เรื่องการทดสอบความสามารถด้านการต้านทานการส่งผ่านความร้อนด้วยวิธีการอื่นๆ เพิ่มเติม เนื่องจากวิธีการที่ผู้จัดทำโครงงานได้เลือกปฏิบัตินั้น ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยผู้จัดทำโครงงานต้องทำการทดสอบในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งเกิดความยุ่งยากในการควบคุม

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ นางสาวอัมพร อาจใหญ่

ภูมิลำเนา 109 หมู่ 7 ต.ตลุกเทียม อ.พรหมพิราม จ.พิษณุโลก

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสุโขทัยวิทยาคม จ.สุโขทัย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: ooze_jazii@hotmail.com

ชื่อ นางสาวพัศรีญา เพาะเจาะ

ภูมิลำเนา 24 ถ.เจริญประเทศ ต.เวียงเหนือ อ.เมือง จ. ลำปาง

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนลำปางกัลยาณี จ.ลำปาง
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: snowz_snowz@hotmail.com