

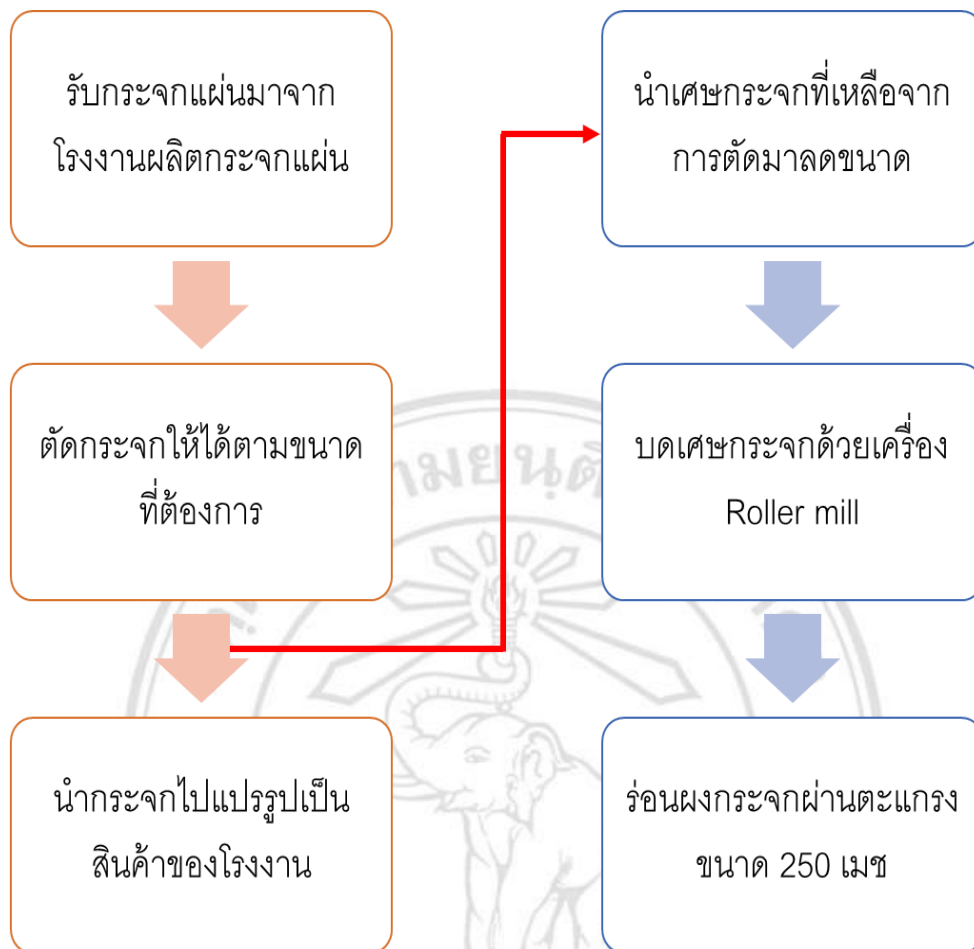
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

จากกระบวนการผลิตแก้วแปรรูปของบริษัท ไทยเทคโนโลยีสยาม จำกัด ดังภาพที่ 1.1 มีเศษกระจกเหลือทิ้งจากการตัดกระจกแปรรูปปริมาณมากกว่า 50 กิโลกรัมต่อวัน ที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าได้ ตามภาพที่ 1.2 ทำให้ผู้วิจัยได้ศึกษาการนำเศษแก้วมาทำเป็นแก้วพูนกรองน้ำ และโฟมแก้วเพื่อใช้เป็นวัสดุฉนวนความร้อน ทำให้แน่ใจได้ว่าเศษแก้วสามารถนำมาใช้ทำเป็นวัสดุในกลุ่มของวัสดุก่อสร้างได้ จากการวิจัยเบื้องต้นนี้ทำให้บริษัท ไทยเทคโนโลยีสยาม จำกัด ให้ความสนใจและได้ค้นคว้า ทดลองเพิ่มเติมจนกระทั่งสามารถทำโฟมแก้วได้ด้วยตัวเองจากผงแก้วของโรงงานฯ โดยใช้เศษแก้วและผงแก้วที่ใช้ไม่ได้แล้วกลับใช้ใหม่ทั้งหมด ทำให้ได้แก้วที่มีรูพรุนเหมือนฟองน้ำจึงมีน้ำหนักเบา แต่พบปัญหาเรื่องของฟองอากาศกระจายไม่สม่ำเสมอ ขนาดของฟองอากาศไม่คงที่ สีและพื้นผิวไม่เหมือนกันทุกรอบการผลิต การขยายตัวของโฟมแก้วเป็นไปแบบไร้ทิศทางควบคุมไม่ได้ การขึ้นรูปที่มีรูปทรงซับซ้อนยังไม่สามารถทำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

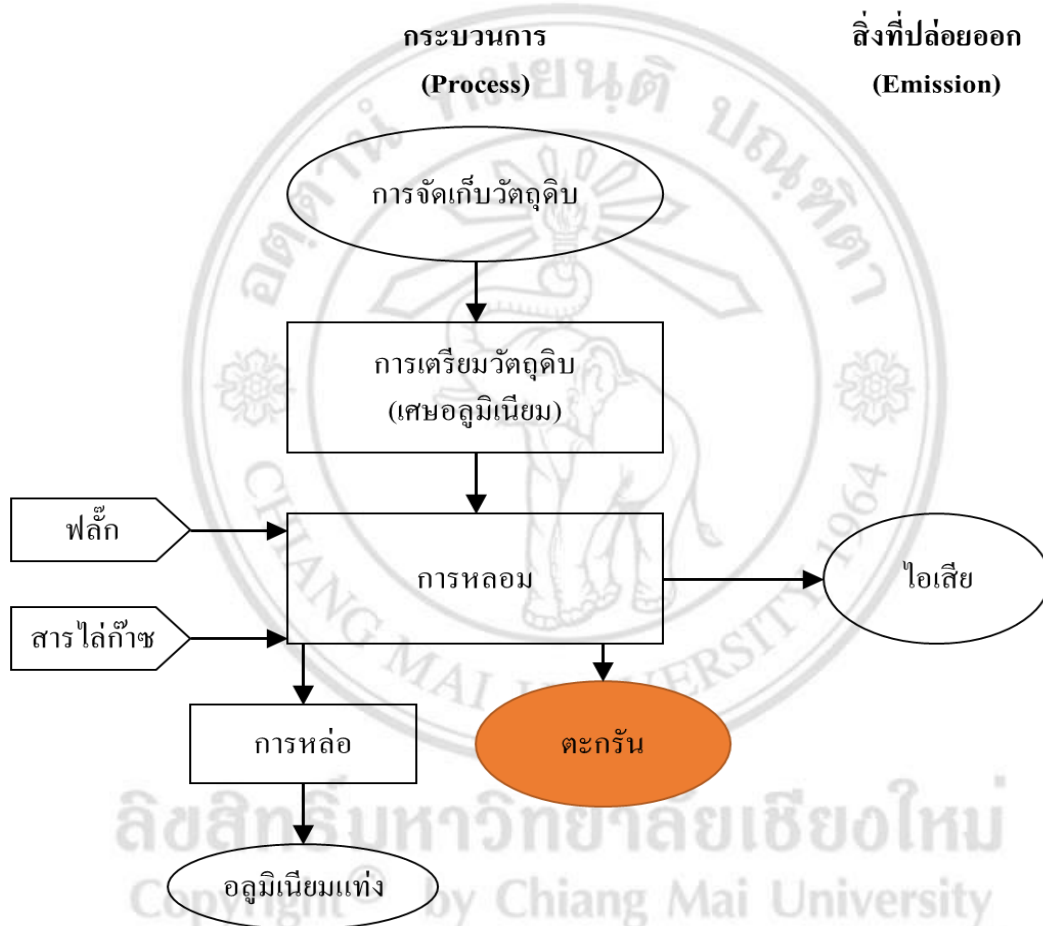


ภาพที่ 1.1 แผนผังกระบวนการแปรรูปกระจกและการเกิดเศษกระจก



ภาพที่ 1.2 ลักษณะเศษกระจกที่ได้หลังการตัดแปรรูป

ประกอบกับวัสดุพลอยได้อีกชนิดหนึ่งที่ได้จากโรงงานหลอมเหล็ก คือ ตะกรันที่ได้จากการหลอมเหล็ก (Slag) ดังภาพที่ 1.3 ที่มีปริมาณมากกว่า 250 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งตะกรันที่ได้จากการหลอมเหล็กนั้นจะมีลักษณะดังภาพที่ 1.4 (ข้อมูลปี 2553 จากโรงงานหลอมเหล็กจังหวัดเชียงใหม่) โดยวัสดุพลอยได้ทั้งสองชนิดนี้มีความเป็นของแข็งอสัณฐาน (Amorphous solid) มีความแข็ง ไม่ละลายน้ำ ไม่มีพิษ ไม่ติดไฟ ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำและอากาศ มีค่าการนำความร้อนต่ำ และเป็นวัสดุที่เปลี่ยนแปลงได้ด้วยความร้อน



ภาพที่ 1.3 กระบวนการหลอมเหล็ก [1]



ภาพที่ 1.4 ลักษณะตะกรันที่ได้จากการหลอมเหล็ก

จากข้อมูลและปัญหาดังกล่าว ทำให้บริษัท ไทยเทคโนโลยีสถา จำกัด ได้ปรึกษากับทีมผู้วิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาโฟมแก้วที่ทำจากของเสียอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้าง โดยใช้เศษแก้วของบริษัทฯ และตะกรันจากการหลอมเหล็กเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อทำโฟมแก้วให้มีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรง สามารถนำมาทำเป็นบอร์ดผนัง หรือทำเป็นก้อนปูพื้นทางเดินในสวน รวมทั้งอาจประยุกต์ให้มีความเป็นฉนวนกันความร้อน-ความเย็น สามารถเป็นวัสดุดูดซับเสียงได้ดี หรือเป็นวัสดุขุดดูเพื่อเตรียมผิววัสดุได้ต่อไปในอนาคต โดยทางบริษัท ไทยเทคโนโลยีสถา จำกัด ยินดีให้ความร่วมมือในการทำวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้วางแผนเตรียมโฟมแก้วด้วยวิธีแบบเปียก เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ผลิตได้ในปริมาณมาก เตาที่อุณหภูมิไม่สูง (ไม่เกิน 1000°C) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการผลิตกระจกแปรรูปของบริษัทฯ ได้ การทำโฟมแก้วจากเศษแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กทำได้โดยนำผงแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กที่บดละเอียดผสมกับสารที่ให้แก๊สหรือสารก่อฟอง (Gasifier or foaming agent) ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มของไฮโดรคาร์บอน หรือสารประกอบของคาร์บอน (Carbonaceous substances) จำพวกสบู่ โดยจะต้องทำให้เกิดฟองก่อนการนำไปเผาซึ่งสารจำพวกนี้จะสลายตัวหายไปที่อุณหภูมิสูง ในขณะที่เดียวกันผงแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กมีสมบัติอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ $650-750^{\circ}\text{C}$ ซึ่งจะมีความหนืดลดลงและไหลตัวได้ อนุภาคของผงแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กจะเกิดการเชื่อมต่อกันจนเกิดผืน (Viscous flow sintering) ทำให้แก๊สที่เกิดขึ้นจึงถูกกักอยู่ภายใน และจะขยายตัวเป็นฟองอากาศใหญ่ขึ้นตามความดันแก๊สที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ซึ่งเมื่อเย็นตัวลงแก๊สที่ถูกกักไว้จะกลายเป็นช่องว่างอยู่ภายใน ทำให้เกิดโครงสร้างพรุนตัวกลายเป็นโฟมแก้ว

จากปัญหาที่มีวัสดุพลอยได้จากโรงงานกระจกและโรงงานถลุงเหล็กมากเกินไป และความน่าสนใจของผงแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กที่มีสมบัติความเป็นแก้ว (Amorphous) และมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ จึงได้มีความพยายามที่จะนำผงแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กไปใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยการนำมาทำเป็นโฟมแก้วเพื่อเป็นฉนวนความร้อนด้วยกระบวนการแบบเปียกโดยใช้สารก่อฟองชนิดเป็นกลาง ยกตัวอย่างเช่น สบู่ และทั้งนี้โฟมแก้วที่ขายทั่วไปในท้องตลาดนั้น มีขั้นตอนการเตรียมด้วยกระบวนการแบบแห้ง ซึ่งก็มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมโฟมแก้วจากผงแก้วชนิดต่างๆและสารเติมแต่งอื่นๆ โดยใช้สารประกอบจำพวกคาร์บอนในการเป็นสารก่อฟอง อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามียานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมโฟมแก้วด้วยกระบวนการแบบเปียก ด้วยเหตุนี้การศึกษาศึกษาการเตรียมโฟมแก้วด้วยผงแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กด้วยกระบวนการแบบเปียกโดยใช้สบู่เป็นสารก่อฟองนั้นจึงถือเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งที่มีความท้าทายเป็นอย่างมากในการนำของเสียอุตสาหกรรมกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายหลักคือการนำผงแก้ว และตะกรันจากการหลอมเหล็กมาเป็นวัตถุดิบหลักในการทำบอร์ดโฟมแก้วด้วยวิธีการแบบเปียก โดยมุ่งหาอัตราส่วนและวิธีการขึ้นรูปสลิปที่เหมาะสมในการเตรียมบอร์ดโฟมแก้วให้สามารถเป็นฉนวนความร้อนได้ ซึ่งจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรม ช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้พลังงานในการเปิดเครื่องปรับอากาศ และที่สำคัญเป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้ง หรือวัสดุพลอยได้จากอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อใช้เศษแก้วและตะกรันจากการหลอมเหล็กเป็นวัตถุดิบหลักในการทำบอร์ดโฟมแก้วฉนวนความร้อนด้วยกระบวนการแบบเปียก

1.2.2 เพื่อหาสภาวะของการขึ้นรูป การเผาและปัจจัยควบคุมการเกิดโฟมจากการติดตามด้วยฐานวิทยาศาสตร์และการเป็นฉนวนความร้อนของโฟมแก้วที่ผลิตได้

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

- 1.3.1 สามารถผลิตฉนวนกันความร้อนที่มีน้ำหนักเบา แต่แข็งแรง ได้จากตะกรันจากการหลอมเหล็กเศษแก้ว และสนูป
- 1.3.2 ฉนวนกันความร้อนที่ผลิตได้จากการเผาอุณหภูมิต่ำ ยังทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และไม่มี การปลดปล่อยสารพิษสู่ชั้นบรรยากาศ
- 1.3.3 สามารถเปลี่ยนรูปวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม ให้เป็นวัสดุใหม่ที่อยู่ในรูปที่ก่อให้เกิด ประโยชน์สูงสุด
- 1.3.4 ได้องค์ความรู้ใหม่ เพื่ออธิบายการผลิตโฟมแก้วด้วยวิธีการเทสลิปจากวัสดุเหลือใช้ ตะกรันจาก การหลอมเหล็ก และเศษแก้ว และเพื่ออธิบายกลไกในการเกิดโครงสร้างที่เป็นโพรงในขั้นตอนการ เกิดโฟมแก้ว

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ขอบเขต

- 1 วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรม
 - เศษกระจก จากโรงงานกระจก ไทยเทคโนโลยีสถาน จำกัด
 - ตะกรันจากการหลอมเหล็ก จาก บริษัท เชียงใหม่หลอมโลหะป่าแพ่ง จำกัดใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการเตรียมเป็นโฟมแก้วด้วยกระบวนการแบบเปียก โดยใช้สนูปเป็นสารก่อ ฟอง, ใช้ Carboxy-methyl cellulose (CMC) เป็นสารยึดเหนี่ยว และ โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) เป็นสารช่วยลอยตัว
- 2 เผาโฟมแก้วที่อุณหภูมิไม่เกิน $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้ได้โฟมแก้วที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า 0.75 g/cm^3 และมีขนาด $12 \times 12 \times 1$ นิ้ว โดยประยุกต์ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน

1.4.2 แผนดำเนินการและวิธีการวิจัย

1. ศึกษาเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง
2. การเตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ การทำให้บริสุทธิ์ การบดและคัดขนาด การหาลักษณะเฉพาะและ สมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่เลือกใช้ (ตะกรันจากการหลอมเหล็ก และเศษแก้ว) เพื่อให้ได้ ชนิดของสารก่อฟองที่เหมาะสม
 - การทำให้บริสุทธิ์ด้วยการคัดแยกมือ โดยเลือกเฉพาะวัตถุดิบที่ต้องการ

- การบดและคัดขนาดด้วยเครื่อง Roller mill, Pot mill และตะแกรงคัดขนาด โดยให้ผงแก้วมีขนาด #250 และตะกรันจากการหลอมเหล็กมีขนาด #100
- การหาลักษณะเฉพาะด้วยวิธีการหาองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray fluorescence, XRF)
- การหาสมบัติของวัสดุด้วยการหาค่าการนำความร้อน โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำความร้อน (V.3.0/revised 02-09)

3. การหาอัตราส่วนระหว่างผงแก้ว ตะกรันจากการหลอมเหล็ก สารก่อฟอง และ CMC ในการเตรียมเป็นสลิปและติดตามพฤติกรรมของสลิป เพื่อให้ได้สลิปที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบสลิป (Slip casting) ด้วยการสังเกตพฤติกรรมการทรงตัวของโฟมแก้วที่ผ่านการเผา

- หาอัตราส่วนระหว่างผงแก้วต่อตะกรันจากการหลอมเหล็กที่ 100:0, 90:10, 85:15 และ 80:20
- หาปริมาณสบู่ที่เหมาะสมในช่วง 2-3 % โดยน้ำหนัก
- หาปริมาณ CMC ที่เหมาะสมในช่วง 11-12 % โดยน้ำหนัก/ปริมาตร

4. หาปัจจัยการขึ้นรูปแบบหล่อสลิป เพื่อให้เหมาะสมในการทำเป็นบอร์ดโฟมแก้วโดยเตรียมโฟมแก้วในขนาด $8 \times 8 \times 1$ นิ้ว

- ปริมาณน้ำ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างของแข็ง (ผงแก้ว+ตะกรันจากการหลอมเหล็ก) และน้ำที่ 1:0.67, 1:0.59 และ 1:0.50
- ความหนาแน่นของสลิป กำหนดให้ความหนาแน่นของสลิปคงที่ที่ 2.0 g/cm^3
- ปริมาณสารช่วยลอยตัว เติมน้ำในปริมาณ 10-15 % โดยน้ำหนัก

5. หาอุณหภูมิการเผาด้วยเตาไฟฟ้าในช่วง $700-900^\circ\text{C}$ และอัตราการเผาในช่วง $3-5^\circ\text{C/min}$ เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิและอัตราการเผาที่เหมาะสมในการเกิดโฟมแก้ว

6. ศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของโฟมแก้วที่เตรียมได้

- หาขนาดรูพรุนด้วยเครื่องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล (Digital microscope: Dino-lite AM-413ZT)
- หาค่าความหนาแน่นด้วยการวัดปริมาตร และชั่งน้ำหนัก
- หาค่าความพรุนตัวด้วยการแช่น้ำตามทฤษฎี Waterlogged (Waterlogged method)
- หาค่าการนำความร้อนด้วยเครื่องวัดค่าการนำความร้อน (V.3.0/revised 02-09)
- หาค่าความทนต่อแรงกดอัดด้วยเครื่องทดสอบแรงกดอัด DMT (Model no.DTMT556)

7. ขยายขนาดของโฟมแก้วที่ทำการศึกษาคือ $12 \times 12 \times 1$ นิ้ว พร้อมทั้งปรับปรุงคุณสมบัติของโฟมแก้วและศึกษาลักษณะเฉพาะและสมบัติของโฟมแก้วที่ปรับปรุงแล้ว

- หาค่าครุพูน
- หาค่าความหนาแน่น
- หาค่าความพรุน
- หาค่าการนำความร้อน
- หาค่าความทนต่อแรงกดอัด

8. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะและสมบัติของโฟมแก้วที่ผลิตได้กับปัจจัยควบคุมการผลิต

9. นำผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการไปทดลองในกระบวนการผลิตของ บริษัท ไทยเทคโนโลยีสถา จำกัด เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจริงของโรงงาน

10. สรุปผลและเขียนรายงานวิทยานิพนธ์



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved