

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลในอุตสาหกรรมกันมากขึ้น ซึ่งจะทำให้มีวัสดุเหลือทิ้งคือ ชี๊ถั่ว ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการถมที่ดิน การนำกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อให้ง่ายต่อการบรรทุกขนส่งและนำไปประยุกต์ใช้จึงเป็นวิธีที่ดีในการลดปริมาณของเหลือทิ้งในระบบที่ดีที่สุด และยังเป็น การเพิ่มมูลค่าของของเหลือทิ้งให้สูงขึ้นอีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปถั่วแกลบให้เป็นลูกบอลเพื่อใช้เป็นฉนวนบังอากาศและความร้อนในอุตสาหกรรมรีดเหล็กหล่อ งานวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ ตอนที่ 1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของของผสมถั่วแกลบกับดินดำ ผสมกับตัวประสานที่ใช้ ตอนที่ 2 ผลวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณของผลิตภัณฑ์ลูกบอลฉนวน ตอนที่ 3 สังเกตการแตกกระจายของลูกบอลฉนวนที่อุณหภูมิสูง ตอนที่ 4 หาค่าความทนทานของลูกบอลฉนวน ตอนที่ 5 หาค่าการนำความร้อนของลูกบอลฉนวนและมีส่วนเพิ่มเติมของงานวิจัยอีก 2 หัวข้อ คือ ตอนที่ 6 การทดลองหาสมบัติต่างๆ ของลูกบอลฉนวนถั่วแกลบกับถั่วลอยและตอนที่ 7 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆ ของลูกบอลฉนวนสองชนิด

5.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปของของผสมถั่วแกลบกับดินดำผสมกับตัวประสานที่ใช้

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูป คือ ร้อยละ 70 ของถั่วแกลบในวัตถุดิบแห้งกับแบ่งเปียกร้อยละ 5 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 อาจจะมีสัดส่วนการผสมอื่นๆ ที่สามารถขึ้นรูปได้แต่พิจารณาจากต้นทุนการผลิตลูกบอลฉนวน จะเห็นว่าอัตราส่วนนี้คุ้มค่าและเหมาะสมที่สุด

5.2 วิเคราะห์องค์ประกอบที่ใช้ในงานวิจัย

จากผลการวิเคราะห์พบว่า องค์ประกอบหลักของลูกบอลฉนวนประกอบด้วยซิลิกาและอะลูมินาเป็นหลักซึ่งองค์ประกอบทั้งสองชนิดมีสมบัติเป็นวัตถุดิบความต้านทานสูง มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้แน่ใจได้ว่าลูกบอลฉนวนเมื่อแตกกระจายที่อุณหภูมิสูงจากการหดตัวของผลิตภัณฑ์อันเกิดจากการสลายตัวของตัวประสานอินทรีย์ จะไม่ถูกหลอมละลาย แทรกซึมลงไปเนื้อเหล็กหล่อ

จากผลการวิเคราะห์สมบัติโดยประมาณเพื่อหาค่าคาร์บอนคงตัวในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ลูกบอลฉนวนที่ผลิตได้มีปริมาณคาร์บอนคงตัวจะต้องไม่เกินร้อยละ 5 (บริษัท ไทยพาวเวอร์ ซัพพลาย จำกัด) จากการทดลองได้ค่าคาร์บอนคงตัวเท่ากับร้อยละ 4.72 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดสามารถนำไปใช้งานได้ แต่ก็มีค่าที่เกือบจะเท่ากันเพราะฉะนั้นในการผลิตลูกบอลฉนวนจึงต้องมีการพิจารณาปริมาณของวัสดุที่จะนำมาเพิ่มความหนาแน่นหรือเพิ่มความทนทานของวัสดุให้แก่ลูกบอลฉนวนว่ามีผลกระทบกับร้อยละคาร์บอนคงตัวของผลิตภัณฑ์หรือไม่ เพราะจากการทดลองทำให้เห็นว่าดินดำเป็นองค์ประกอบเสริมความทนทานที่ดีเพราะไม่ไปเพิ่มร้อยละของคาร์บอนคงตัวในผลิตภัณฑ์ ทั้งที่ถ้าแกลบมีค่าคาร์บอนคงตัวสูงถึงร้อยละ 4.37 แล้วก็ตาม

5.3 สังเกตการแตกกระจายของลูกบอลฉนวนที่อุณหภูมิสูง

การแตกกระจายที่อุณหภูมิ 700-800 องศาเซลเซียส ของลูกบอลฉนวนถ้าแกลบกับดินดำ เกิดขึ้นได้ไม่ดีเท่าที่ควร

การแตกกระจายของลูกบอลฉนวนเกิดจากหลายปัจจัยด้วยกัน

- การขยายตัวขององค์ประกอบภายในลูกบอลฉนวนที่ไม่เท่ากันทำให้เกิดความเครียดภายในลูกบอล การกลายเป็นไอของสารระเหยภายในลูกบอลฉนวนทำให้เกิดแรงดันภายในลูกบอลฉนวน ซึ่งสารระเหยในลูกบอลฉนวนส่วนใหญ่มาจากตัวประสานอินทรีย์ที่ใช้ในการขึ้นรูป เมื่อตัวประสานสลายตัวไปทำให้ไม่มีการยึดเหนี่ยวของอนุภาคภายในองค์ประกอบลูกบอลฉนวน โครงสร้างของลูกบอลฉนวนจึงไม่มีเสถียรภาพในการคงรูปอยู่ได้ เกิดการปริแตก

- แรงกระทำจากภายนอก ลูกบอลฉนวนขณะใช้งานจะถูกล้มมาตามรางเพื่อกลับเหล็กร้อนที่ออกจากเตา เมื่อกระทบกับเหล็กร้อนเกิดการกระแทก ในขณะที่เดียวกันที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในทำให้ไม่มีเสถียรภาพในการคงรูป เมื่อถูกแรงกระทำจึงเกิดการแตกกระจายของลูกบอลฉนวนกลบผิวเหล็กร้อน

ส่วนสาเหตุที่ลูกบอลฉนวนถ้าแกลบกับดินดำแตกกระจายไม่ได้นั้นเกิดจากการที่ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างผลึกซึ่งมักจะเกิดที่อุณหภูมิสูงและเกิดเป็นผลึกชนิดต่างๆ กันตามช่วงอุณหภูมิ กล่าวคือ เกิดการรวมตัวกันของผลึกใกล้เคียงเกิดเป็นโครงสร้างใหม่ยึดเกาะกันไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ลูกบอลฉนวนส่วนใหญ่เกิดการคงรูปอยู่ได้ การแตกกระจายน้อย

การสังเกตการลุกไหม้พบว่า การใช้แฉ่งเปียกร้อยละ 5 มีความปลอดภัยในการใช้งานและให้ผลการทดลองใกล้เคียงกับร้อยละแฉ่งเปียกเท่ากับ 10 เพราะถึงแม้ว่าความชื้นเหนียวของแฉ่งเปียกจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำแฉ่งและเมื่อตัวประสานมีความชื้นเหนียวเพิ่มขึ้นการขึ้นรูปของผลิตภัณฑ์การจะง่ายขึ้นด้วย แต่จากการทดลองความชื้นเหนียวของแฉ่งเปียกร้อยละ 5 เพียงพอแล้วสำหรับการขึ้นรูป

5.4 หาค่าความทนทานของลูกบอลจนวน

ค่าความทนทานของวัสดุ มีค่าอยู่ในระหว่าง 105-120 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว ค่าที่ได้จากการทดสอบที่สัดส่วนขององค์ประกอบต่างๆ กันมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก สามารถสรุปว่าควรใช้อัตราส่วนของเถ้าแกลบในลูกบอลจนวนในปริมาณมากที่สุดที่สามารถทำการขึ้นรูปได้ในการผลิตลูกบอลจนวน คือ ร้อยละ 70 ของเถ้าแกลบในวัตถุดิบแห้งกับแป้งเปียก ร้อยละ 5 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 เพื่อจะได้ใช้ปริมาณของเหลือทิ้งได้มากที่สุด และใช้ตัวประสานในปริมาณน้อยที่สุด

5.5 หาค่าการนำความร้อนของลูกบอลจนวน

จากการทดลองค่าสภาพนำความร้อนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับวัสดุที่มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนอื่นๆ คือประมาณ 0.05 W/m.K

ตารางที่ 2.9 สภาพการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และความหนาแน่นของฉนวนความร้อนชนิดต่างๆ (คู่มือฉนวนความร้อน, 2521)

ลักษณะฉนวน	ความหนาแน่น kg/m ³	สภาพนำความร้อน (W/m.K) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย, °C		
		38	93	149
แคลเซียมซิลิเกต	176-240	0.055	0.059	0.063
เซลลูโลสาร์กลาส	136	0.052	0.060	0.070
ใยแก้ว, ฉนวนท่อตัวประสานอินทรีย์	48-160	0.037	0.048	0.058
เพอร์ไรท์	122	0.037	0.040	0.049
ใยแร่, ไม่มีตัวประสาน	77	0.042	0.052	0.063

ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลูกบอลจนวนมีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อน ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เพราะหลังจากที่ลูกบอลจนวนกลบหรือถมไปบนผิวเหล็กหล่อที่ผ่านกระบวนการรีดแล้วก็จะเย็นตัวลงอย่างช้าๆ ทำให้เหล็กหล่อที่เย็นตัวแล้วจะมีความแข็งแรง (strength compression) ที่ดี

5.6 การทดลองหาสมบัติต่างๆ ของลูกบอลฉนวนเก้าแกลบกับเก้าลอย

5.6.1 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมในชั้นรูปลูกบอลฉนวนเก้าแกลบและเก้าลอย

ผลิตภัณฑ์ของวัสดุผสมทั้งสองชนิดให้ผลการทดลองที่เหมือนกัน เนื่องจากทั้งเก้าลอยและดินดำมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน โดยที่ดินดำจะขึ้นรูปได้ง่ายกว่าเก้าลอยเล็กน้อย จากการที่มีสมบัติที่เป็นวัสดุที่มีความเหนียวในตัวอยู่แล้ว

5.6.2 ผลวิเคราะห์เก้าลอยถ่านหินและผลการวิเคราะห์โดยประมาณ

การวิเคราะห์องค์ประกอบเก้าลอยและดินดำให้ผลเหมือนกันว่าวัสดุทั้งสองชนิดมีสมบัติเป็นวัสดุทนความร้อนสูง และมีองค์ประกอบใกล้เคียงกันสามารถใช้แทนกันได้

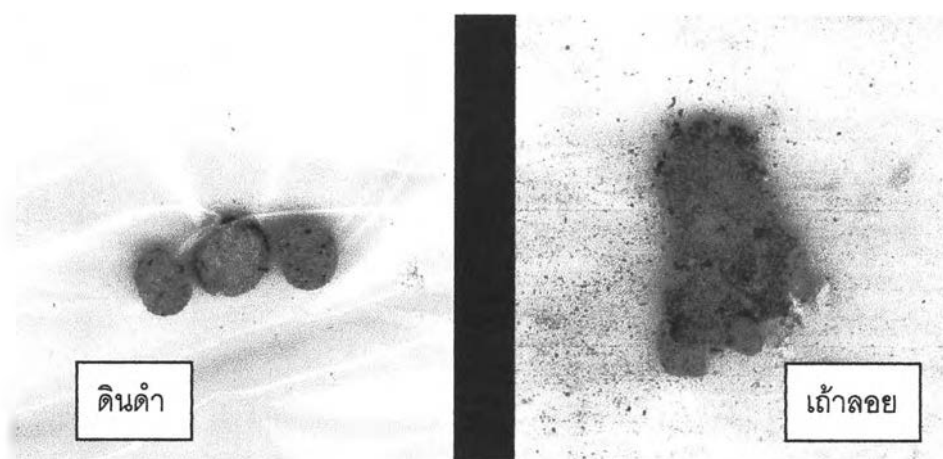
ผลการวิเคราะห์โดยประมาณเห็นว่าร้อยละคาร์บอนคงตัวของลูกบอลฉนวนเก้าแกลบกับเก้าลอยมีค่าน้อยกว่าลูกบอลฉนวนเก้าแกลบกับดินดำ แต่ไม่ได้แปรว่าปริมาณคาร์บอนคงตัวในลูกบอลฉนวนเก้าแกลบกับเก้าลอยลดลง แต่เป็นเพราะมีการเพิ่มขึ้นของเก้าจากเก้าลอยที่ผสมลงไปนั่นเอง กล่าวอีกนัยก็คือ ปริมาณคาร์บอนคงตัวเท่าเดิมแต่ถูกเจือจางโดยปริมาณเก้าที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยประมาณของลูกบอลฉนวนสองชนิด

ชนิดของวัสดุดิบ	ลูกบอลฉนวนเก้าแกลบ กับเก้าลอย	ลูกบอลฉนวนเก้าแกลบ กับดินดำ
ร้อยละ VM	7.91	8.30
ร้อยละ ASH	91.28	86.96
ร้อยละ FC	0.79	4.72

(*อัตราส่วนวัสดุดิบแห้งต่อปริมาณแป้งเปียกร้อยละ 5 เท่ากับ 1 ต่อ 1)

5.6.3 ลักษณะการแตกกระจายของลูกบอลฉนวนแก้วเคลือบและแก้วลอยที่อุณหภูมิสูง (700-800 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการแตกกระจายของลูกบอลฉนวนแก้วเคลือบและดินดำกับลูกบอลฉนวนแก้วเคลือบและแก้วลอยที่อุณหภูมิสูง (700-800 องศาเซลเซียส)

การที่ลูกบอลฉนวนแก้วลอยแตกกระจายได้ดีกว่าลูกบอลฉนวนดินดำ เนื่องจากแก้วลอยไม่มีปฏิกิริยาการเปลี่ยนโครงสร้างของผลึกเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้การแตกกระจายเกิดขึ้นได้ดี

5.6.4 การทดสอบหาค่าความทนทานของลูกบอลฉนวนแก้วเคลือบกับแก้วลอย

ค่าความทนทานของวัสดุ มีค่าอยู่ในระหว่าง 90-120 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับลูกบอลฉนวนแก้วเคลือบกับดินดำ จากตารางที่ 5.2 จะได้ว่าค่าความทนทานของวัสดุที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความทนทานของวัสดุของลูกบอลฉนวนทั้งสองชนิดในอัตราส่วนผสมต่างๆ กัน หน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเซนติเมตร

อัตราส่วนผสม	ดินดำร้อยละ 30	แก้วลอยร้อยละ 30
แก้วเคลือบร้อยละ 50	119.89	119.82
แก้วเคลือบร้อยละ 60	110.67	110.45
แก้วเคลือบร้อยละ 70	107.88	90.66

5.6.5 การหาค่าการนำความร้อนของลูกบอลฉนวนแก้วเทียบกับแก้วลอย

ให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.05 W/m.K ซึ่งมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนในลูกบอลฉนวนแก้วเทียบกับดินดำ เนื่องจากองค์ประกอบต่างๆ ใกล้เคียงกันจึงทำให้มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนเหมือนกัน

5.7 เปรียบเทียบสมบัติต่างๆที่ได้จากการทดลองลูกบอลฉนวนแก้วเทียบกับดินดำกับลูกบอลฉนวนแก้วและแก้วลอย

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบสมบัติของลูกบอลฉนวนสองชนิด

สมบัติต่างๆ	ผลการเปรียบเทียบลูกบอลฉนวนสองชนิด
การขึ้นรูป	ให้ผลเหมือนกัน
การแตกกระจายที่อุณหภูมิสูง	ลูกบอลฉนวนแก้วเทียบกับแก้วลอยให้ผลดีกว่า
ค่าความทนทานของวัสดุ	ลูกบอลฉนวนแก้วเทียบกับดินดำให้ผลดีกว่าเล็กน้อย
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	ให้ผลเหมือนกัน

ดินดำและแก้วลอยเป็นวัสดุที่สามารถใช้ทดแทนกันได้เพราะจากการทดลองทั้งหมดให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งราคาขายในท้องตลาดยังมีราคาใกล้เคียงกันอีกด้วย

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าดินดำและแก้วลอยถูกใช้เป็นวัสดุเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของลูกบอลฉนวนเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นทำให้ลูกบอลฉนวนมีน้ำหนักมากขึ้น ค่าความทนทานของวัสดุในลูกบอลฉนวนก็มีค่าเพิ่มขึ้น ดินดำและแก้วลอยจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตลูกบอลฉนวน

