หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

# วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

## 5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

### 5.1.1 ผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่ใช้

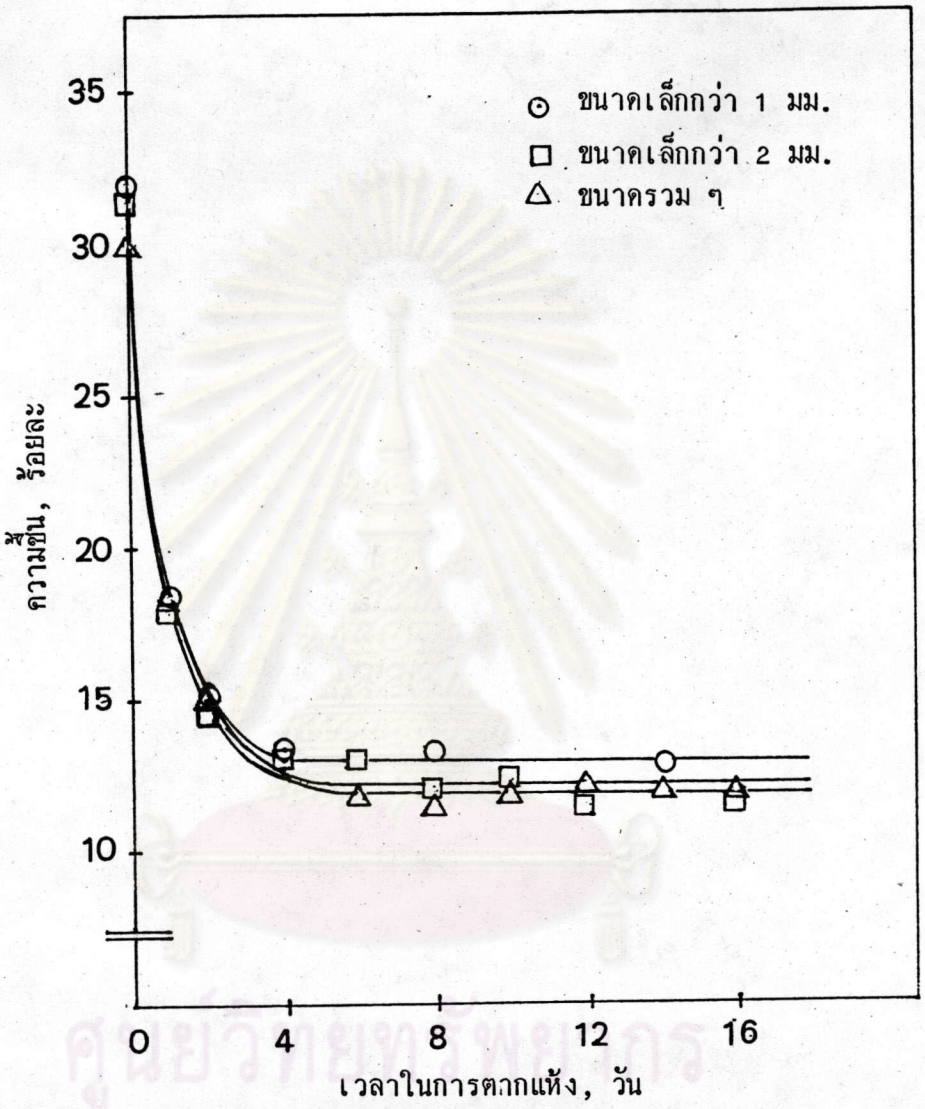
ผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปูทั้งสี่ช่วงขนาด พบว่ามีคุณภาพแตกต่างกันมาก คือ เศษถ่านมีคุณภาพต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านหินขนาดอื่น ๆ คือ มีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 42.12 และมีค่าความร้อนเพียง 3143 แคลอรี/กรัม ซึ่งถ่านหินขนาดอื่น ๆ มีค่าความร้อนสูงกว่ามาก เช่น ถ่านหินขนาด 1-3 นิ้ว และ 3-6 นิ้ว มีค่าความร้อนสูงถึง 5649 และ 5853 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ดังนั้นควรที่จะนำถ่านหินทั้งสี่ช่วงขนาดมาผสมกัน เพื่อให้ได้ถ่านหินที่มีคุณภาพแตกต่างกันเป็นช่วง ๆ โดยดูจากปริมาณเถ้าเป็นหลักและจากผลการวิเคราะห์ถ่านหินจากเหมืองบ้านปูที่มีปริมาณเถ้าตามที่ต้องการ 4 ค่า คือประมาณร้อยละ 15, 20, 25 และ 30 ตามลำดับ พบว่ามีค่าความร้อนแบบไม่รวมความชื้นเท่ากับ 5353, 4714, 4303 และ 3906 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ซึ่งจากค่าความร้อนที่วิเคราะห์ได้นี้ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.1 การจัดแบ่งถ่านหินตามศักดิ์โดยวิธี ASTM พบว่าถ่านหินเหล่านี้จัดอยู่ในประเภทถ่านหินลิกไนท์ นอกจากนี้ยังมีปริมาณสารระเหยสูงถึงร้อยละ 43.38, 41.37, 39.18 และ 36.84 ตามลำดับ และปริมาณกำมะถันร้อยละ 2.12, 1.9, 1.4 และ 1.23 ตามลำดับ ซึ่งถ้านำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะเกิดเขม่าและควันมาก ทั้งยังมีกลิ่นเหม็นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อีกด้วย ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เติมปูนขาวลงไป เพื่อจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ และปริมาณปูนขาวที่เติมลงไปเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ได้ทำการศึกษาว่ามีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนอย่างไร

### 5.1.2 ผลการทดลองอัดก้อนถ่านหินและการทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

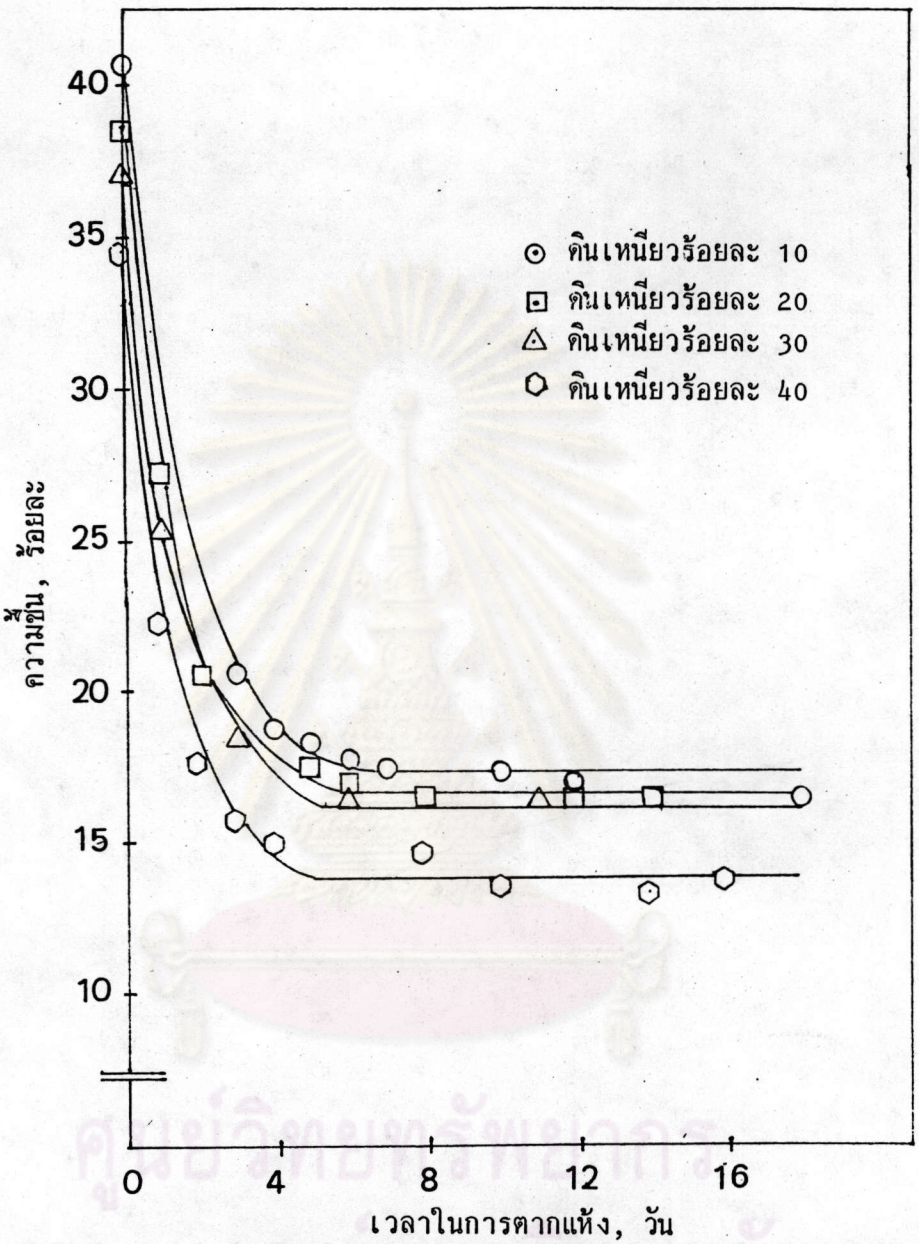
ถ่านหินอัดก้อนที่ออกจากเครื่องอัดใหม่ ๆ จะไม่ค่อยแข็งแรง เนื่องจากมีความชื้นสูงมาก ถ้านำไปใช้งานเลยจะจุดติดยาก และก้อนถ่านแตกได้ง่าย ไม่สะดวกในการใช้งาน และ

ถ้านำเอาถ่านหินอัดก้อนไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำในถ่านหินอัดก้อนระเหยออกไปได้เร็วขึ้นจะทำให้ถ่านอัดก้อนร้าว ไม่แข็งแรง เพราะอัตราการระเหยของน้ำเร็วเกินไป ทำให้การหดตัวของตัวประสานเร็วเกินไป จึงเสียประสิทธิภาพในการยึดเหนี่ยวอนุภาคถ่านหินเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นจึงต้องผึ่งถ่านหินอัดก้อนไว้ในอากาศ ก่อนนำไปใช้งาน จนความชื้นในถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุล ซึ่งจากการทดลองพบว่า ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลขึ้นอยู่กับขนาดของถ่านหินและปริมาณตัวประสานที่ใช้ จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.8 พบว่าสำหรับถ่านหินขนาดเล็ก ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลเร็วกว่าขนาดถ่านหินใหญ่ ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องจากขนาดถ่านหินใหญ่มีรูพรุนอยู่ในเนื้อถ่านมาก น้ำจึงแทรกตัวอยู่ในรูพรุนเหล่านั้น และมีตัวประสานคือดินเหนียวปกคลุมถ่านหินอยู่โดยรอบ ทำให้น้ำระเหยออกมาได้ช้า ส่วนขนาดถ่านหินเล็ก ๆ มีรูพรุนในถ่านหินน้อยลงเมื่อเทียบกับขนาดถ่านหินใหญ่ ๆ และน้ำบางส่วนจะอยู่ที่บริเวณผิวถ่าน ทำให้น้ำระเหยออกมาได้เร็วกว่า ดังรูปที่ 5.1 พบว่า ต้องตากถ่านหินอัดก้อนไว้ประมาณ 4-6 วัน ขึ้นอยู่กับขนาดของถ่านหิน ความชื้นของถ่านหินอัดก้อนจึงเข้าสู่สภาวะสมดุลประมาณร้อยละ 12-13 ในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยร้อยละ 60 จากนั้นจึงนำไปใช้งานได้ นอกจากนี้จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.9 พบว่า ที่ขนาดถ่านหินขนาดเดียวกัน เมื่อปริมาณตัวประสานที่ใช้มากขึ้น ระยะเวลาที่ถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุลจะเร็วขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเติมดินเหนียวมากขึ้น การเกิดสารประกอบไฮเดรตกับดินเหนียวก็จะยิ่งสูงขึ้น ปริมาณน้ำอิสระที่เคลือบผิวถ่านหินอยู่ลดลง ทำให้เข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็วขึ้น ดังรูปที่ 5.2 พบว่า ต้องตากถ่านหินอัดก้อนไว้ประมาณ 5-7 วัน ขึ้นอยู่กับปริมาณดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน และทำให้ความชื้นที่สภาวะสมดุลของถ่านหินอัดก้อนที่มีปริมาณดินเหนียวสูง มีค่าต่ำ (ร้อยละ 14) กว่าความชื้นที่สภาวะสมดุลของถ่านหินอัดก้อนที่มีปริมาณดินเหนียวต่ำ (ร้อยละ 16-17) ในอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยร้อยละ 60

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องทำการทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนในแง่ของการนำไปใช้งาน จึงเลือกทำการทดสอบในสภาวะที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด คือ การใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ ซึ่งเป็นเตาที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบชนบท และขนาดของเตาที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือเตาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 27 เซนติเมตร ซึ่งเป็นเตาที่มีขนาดเหมาะสมกับการหุงต้มในครัวเรือนโดยทั่ว ๆ ไป ใช้ถ่านไม้เป็นตัวเปรียบเทียบและหาประสิทธิภาพโดยวิธีต้มน้ำครั้งเดียวจนไฟรา กล่าวคือ ใช้ถ่านไม้ 400 กรัม




รูปที่ 5.1 ร้อยละความชื้นของถ่านหินอัดก้อนเมื่อตากแห้งในอากาศ ที่ขนาดของถ่านหินต่าง ๆ กัน (ถ่านหิน D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 30 ดินเหนียวร้อยละ 10 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 60 %)




รูปที่ 5.2 ร้อยละความชื้นของถ่านหินอัดก้อนเมื่อตากแห้งในอากาศที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน (ถ่านหิน A ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ย 60 %)

ซึ่งเป็นปริมาณที่เหมาะสมกับเตาที่ใช้ในการทดลอง ต้มน้ำ 2.5 ลิตร จะเห็นว่าช่วงเวลามีควันสั้นเพียง 3 นาทีเท่านั้น เพราะถ่านไม้มีสารระเหย ซึ่งทำให้เกิดเขม่าและควันน้อย ทำให้สามารถตั้งหม้อได้เร็ว และความร้อนที่สูญเสียไปในช่วงแรกก่อนใช้งานน้อย ดังนั้นเมื่อตั้งหม้อเพียง 15 นาที ก็ทำให้น้ำเดือด และระยะเวลาที่น้ำเดือดประมาณ 25 นาที โดยมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงประมาณร้อยละ 29

5.1.2.1 ผลของการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

ก. ผลของการศึกษาขนาดของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

จากการทดลองใช้ขนาดของถ่านหิน 3 ขนาด เป็นตัวอย่างในการศึกษา คือขนาดรวม ๆ ที่ได้จากการบดผ่านเครื่องบดชนิด Hammer Mill ที่มีตะแกรงขนาด 9.5 มม. 1 ครั้ง ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละขนาดที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นถ่านหินขนาดต่าง ๆ ผสมกัน คือที่บดผ่านเครื่องบดครั้งเดียว ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ตามผลการวิเคราะห์ขนาดดังตารางที่ 4.4, 4.5 และ 4.6 เพราะการใช้ถ่านหินช่วงขนาดต่าง ๆ ผสมกัน ย่อมจะมีแนวโน้มในการติดเป็นก้อนดีกว่าการใช้ถ่านหินช่วงขนาดเดียว เนื่องจากถ่านหินขนาดเล็กจะไปแทรกตัวตามช่องว่างของถ่านหินที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้แรงยึดดีขึ้น (6) และจากผลการทดลองดังตารางที่ 4.10 และ 4.11 พบว่าขนาดของถ่านหินมีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนดังนี้คือ ในด้านของความแข็งแรง ซึ่งพิจารณาจากค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตก พบว่าที่ปริมาณดินเหนียวเท่ากัน ขนาดของถ่านหินที่ละเอียดกว่า มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกสูงกว่าขนาดของถ่านหินที่ใหญ่กว่า ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าขนาดถ่านหินที่ละเอียดกว่ามีพื้นที่ผิวมากกว่าขนาดถ่านหินที่ใหญ่กว่า ทำให้ดินเหนียวซึ่งใช้เป็นตัวประสานเคลือบผิวและแทรกเข้าไปอยู่ระหว่างอนุภาคถ่านหินได้มากกว่า และทำหน้าที่ยึดเกาะอนุภาคถ่านหินเข้าไว้ด้วยกัน ส่วนถ่านหินขนาดใหญ่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่าดินเหนียวจึงเคลือบพื้นผิวและแทรกอยู่ระหว่างอนุภาคของถ่านหินได้น้อยกว่า ทำให้การยึดเกาะระหว่างอนุภาคถ่านหินไม่แข็งแรง น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกจึงมีค่าน้อยกว่า และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลการทดลองอัดก้อนผงถ่านลิกไนท์ขนาดต่าง ๆ ในงานวิจัยของสิทธิชัย สาธุกิจกุล และมานิต สาตราวาหะ (6) และ Lloyd's (13) ซึ่งพบว่ายิ่งวัสดุมีขนาดเล็กลงเท่าไร ก้อนถ่านที่ได้ก็มีแนวโน้มในการติดเป็นก้อนดีกว่าการใช้วัสดุที่มีขนาดใหญ่ จะเห็นว่าผลการทดลองสนับสนุนกัน

นอกจากนี้ในด้านของการนำไปใช้งาน โดยนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ พบว่าที่ขนาดของถ่านหินต่างกัน ปริมาณดินเหนียวและปูนขาวเท่ากัน ประสิทธิภาพในการใช้งานไม่แตกต่างกันมากนัก คือมีค่าประมาณร้อยละ 28-30 ที่เป็นเช่นนี้เพราะในการหาประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ใช้ปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนเทียบเท่ากับถ่านไม้ 400 กรัม ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในการทดลอง ทำให้ปริมาณความร้อนที่ถ่านหินอัดก้อนให้ออกมาเท่ากัน และมีการสูญเสียความร้อนให้กับเตาที่ใช้ในการทดลองเท่า ๆ กัน ทำให้ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับเท่ากัน ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานเท่ากันด้วย และที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน คุณภาพของถ่านหินต่างกัน ก็ให้ผลในลักษณะเดียวกัน คือขนาดของถ่านหินที่ละเอียดกว่า เมื่อนำไปอัดก้อนจะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพดีกว่าขนาดของถ่านหินที่ใหญ่กว่า ในด้านของความแข็งแรง แต่ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานใกล้เคียงกัน ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการผลิตทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการบดและแยกเศษถ่านหินออกเป็นช่วงขนาดต่าง ๆ จึงเลือกใช้ถ่านหินรวมทุกช่วงขนาด (บดผ่าน Hammer Mill 1 ครั้ง) ในการนำไปอัดก้อน ถึงแม้ว่าค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกจะน้อยกว่าขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตรและขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร แต่ก็ไม่น้อยกว่ามาก และแข็งแรงพอที่จะนำไปใช้งาน เช่น ถ่านหิน B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 20 ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 20 ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกเท่ากับ 4.61, 5.06 และ 5.25 กิโลกรัม ที่ขนาดของถ่านหินขนาดรวม ๆ, ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร และขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลการทดลองในงานวิจัย Senior Project ของสมศักดิ์ หอมกลิ่นแก้ว และสุภา ศิริปการ (30) ใช้ถ่านหินจากเหมืองบ้านปูที่มีเถ้าร้อยละ 7.72 ขนาดต่าง ๆ ทำการอัดก้อนและทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน พบว่าความแข็งของถ่านหินอัดก้อนมีค่ามากขึ้นเมื่อขนาดถ่านหินที่ใช้ละเอียดขึ้น และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานมีค่าใกล้เคียงกัน คือประมาณร้อยละ 27-29 จะเห็นว่าผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกัน ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค

ข. ผลของการศึกษาปริมาณตัวประสานที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

ตัวประสานที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ ดินเหนียว มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา ($SiO_2$) และอลูมินา ($Al_2O_3$) ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 67.36 และ 15.81 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งจากการทดลองพบว่า ปริมาณดินเหนียวที่ต่ำที่สุดที่ทำให้สามารถอัดติดเป็นก้อนได้

ขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหิน เพราะว่าถ่านหินที่มีคุณภาพแตกต่างกันจะมีปริมาณเถ้าในถ่านหินไม่เท่ากัน และเถ้าในถ่านหินจะมีองค์ประกอบของสารต่าง ๆ เช่น อลูมินา ($Al_2O_3$) ซิลิกา ($SiO_2$) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นต้น (37) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เถ้าของถ่านหินเหมืองบ้านปู มีองค์ประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ง ซึ่งคล้ายกับองค์ประกอบของดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสาน สารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเถ้าถ่านหินจึงทำหน้าที่เป็นตัวประสานได้ด้วย ดังที่พบว่าถ่านหินที่มีปริมาณเถ้ามาก สามารถอัดติดเป็นก้อนได้โดยใช้ปริมาณดินเหนียวน้อย หรือไม่ต้องใช้เลย เช่น ถ่านหินแหล่งบ้านปูที่มีเถ้าตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป สามารถอัดติดเป็นก้อนได้โดยไม่ต้องใช้ดินเหนียว

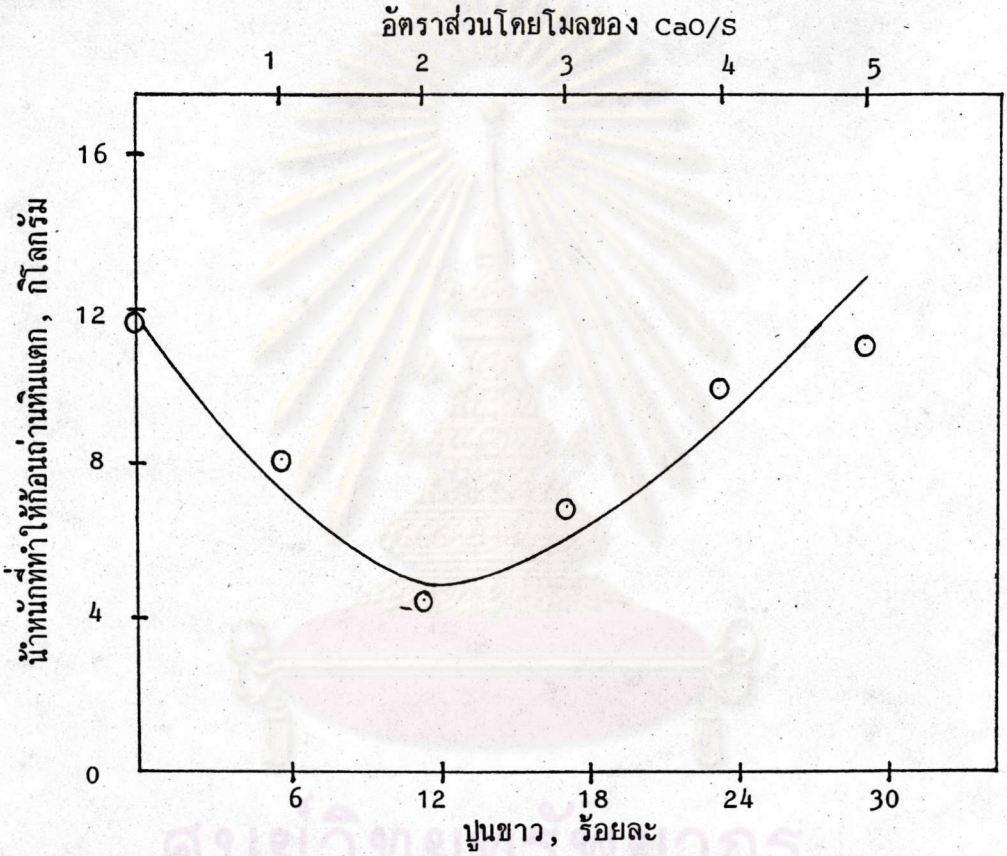
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.12, 4.13, 4.14 และ 4.15 พบว่า ปริมาณตัวประสานมีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนดังนี้คือ เมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียว ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะแข็งแรงยิ่งขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าปริมาณดินเหนียวที่เพิ่มมากขึ้นจะไปปกคลุมรอบผิวอนุภาคถ่านหินได้มากขึ้น ทำให้มีการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคถ่านหินดีขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกสูงขึ้น แต่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานไม่มากนัก ที่เป็นเช่นนี้เพราะในการหาประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ใช้ปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าความร้อนเทียบเท่ากับถ่านไม้ 400 กรัม ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในการทดลอง ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียวมากขึ้น จะทำให้ค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อนต่อหน่วยน้ำหนักลดน้อยลง จึงต้องใช้ถ่านหินอัดก้อนในปริมาณมากขึ้น (จาก 800 กรัม จนถึง 1,000 กรัม) อย่างไรก็ตามปริมาณที่ใช้ไม่ต่างกันมากนัก จึงมีผลต่อการเผาไหม้ไม่มากนัก สังเกตจากช่วงเวลามีควัน ช่วงเวลาที่น้ำเดือด ทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปในด้านต่าง ๆ พอ ๆ กัน ปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับจึงเท่ากัน ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานเท่ากัน แต่ถ้าใช้ปริมาณตัวประสานในปริมาณที่มาก ๆ ประสิทธิภาพในการใช้งานจะแตกต่างไป คือ มีแนวโน้มที่จะลดลง เพราะค่าความร้อนของถ่านหินอัดก้อนจะลดลงอย่างมาก ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ และปริมาณถ่านหินอัดก้อนที่ต้องใช้ในการหาประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานจะมากขึ้น จนไม่อาจสามารถใส่ในห้องเผาไหม้ของเตาที่ใช้ในการวิจัยได้ทั้งหมด หรืออาจใส่ได้ทั้งหมดแต่ก็เต็มห้องเผาไหม้จนเกินไป ทำให้อากาศเข้าได้น้อย การเผาไหม้ไม่ดี และมีการสูญเสียความร้อนระหว่างขอบเตาด้านบนกับก้นภาชนะมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานลดลง ดังนั้นปริมาณตัวประสานที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหินและคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ต้องการ ว่าต้องการให้มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกสูงเพียงไร และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานไม่ต่ำเกินไป แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสิ่งอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ปริมาณความร้อนที่ต้องการนำไปใช้เป็นประโยชน์ และความยากง่ายในการจุดติด เป็นต้น ซึ่งจากการ

ทดลองพบว่า ถ่านหิน A และ B ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 20 ปริมาณดินเหนียวที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 10-30 ส่วนถ่านหิน C และ D ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 และ 30 ปริมาณดินเหนียวที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 0-30 และ 0-20 ตามลำดับ โดยมีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกประมาณ 2-6 กิโลกรัม และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานประมาณร้อยละ 28-30

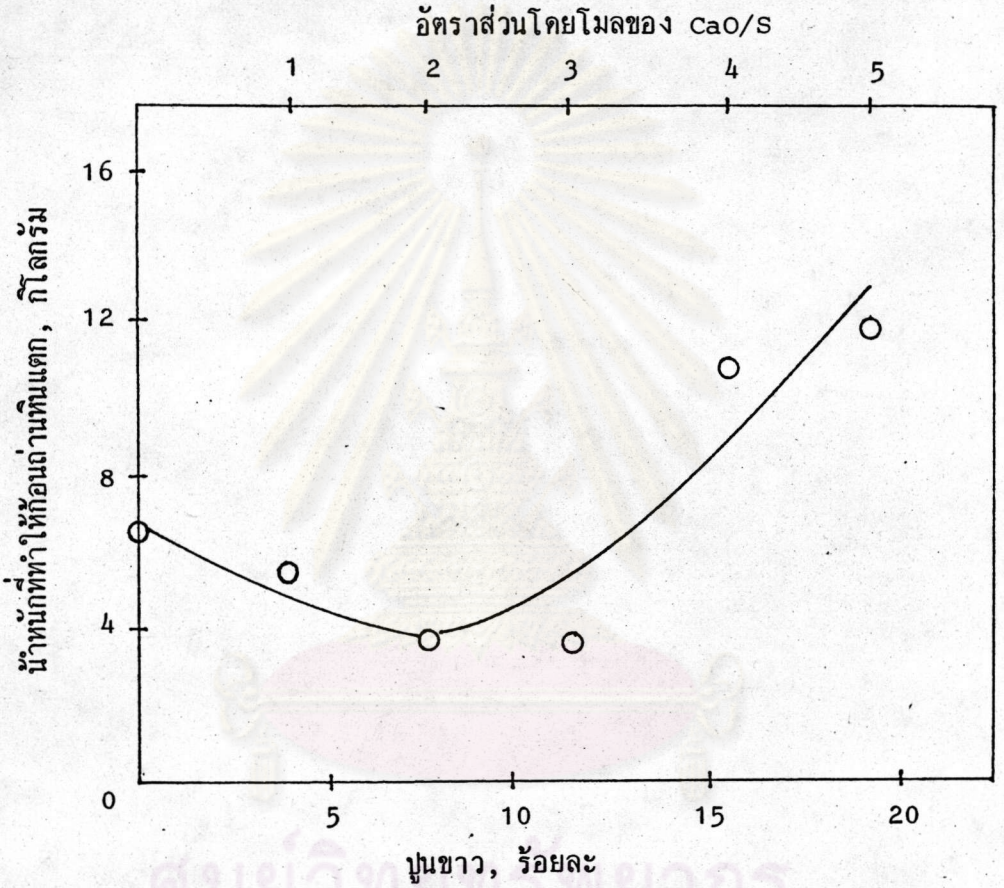
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับผลการทดลองในงานวิจัย Senior Project ของสมศักดิ์ หอมกลิ่นแก้ว และสุภา ศิริปการ (30) ใช้ถ่านหินจากแหล่งบ้านปูที่มีเถ้าร้อยละ 7.72 ทำการอัดก้อนที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน พบว่าปริมาณดินเหนียวที่ต่ำที่สุดที่สามารถอัดติดเป็นก้อนได้ประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง และเมื่อปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้น ผลการอัดก้อนดีขึ้นตามลำดับ ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานใกล้เคียงกัน จะเห็นว่าผลการทดลองสนับสนุนกัน คือ ถ่านหินที่มีเถ้าน้อย ต้องใช้ปริมาณตัวประสานมากจึงอัดติดเป็นก้อนได้

ค. ผลของการศึกษาปริมาณปูนขาวที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

เนื่องจากในถ่านหินมีกำมะถัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ไม่ต้องการอยู่ เมื่อถูกเผาไหม้จะให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางด้านมลภาวะและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ดังนั้นในการทำถ่านหินอัดก้อนเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง จึงต้องมีการกำจัดกำมะถันออกไป ซึ่งทำได้หลายวิธีดังกล่าวแล้วข้างต้น แต่ในงานวิจัยนี้ใช้ปูนขาวเป็นตัวจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ เพราะจากงานวิจัยของ Maust (21) พบว่า ปูนขาวสามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานได้ด้วย และจากงานวิจัยเบื้องต้นของมีชัย สัณฐิติโกศล และอติชาต วงศ์กอบลาภ (38) ใช้ถ่านหินเหมืองบ้านปู เป็นตัวอย่างในการศึกษา พบว่าปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 1.5 สามารถจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ประมาณร้อยละ 80 และจากการทดลองในงานวิจัยนี้ พบว่าปริมาณปูนขาวที่เติมลงไปมีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ดังตารางที่ 4.16 และ 4.17 คือ มีผลต่อความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อน ดังรูปที่ 5.3 และ 5.4 สำหรับถ่านหิน A และถ่านหิน C ตามลำดับ ซึ่งพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น ความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนจะลดลง และความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อถึงจุด ๆ หนึ่งที่ปริมาณปูนขาวมากพอ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อไม่ได้เติมปูนขาว ดินเหนียว ซึ่งถูกใช้เป็นตัวประสานสามารถยึดเกาะกับอนุภาคถ่านหินได้ดี และจากงานวิจัย (21) ที่ผ่านมา พบว่า ปูนขาวเป็นตัวประสานได้ด้วย ดังนั้นเมื่อเติมปูนขาวลงไปก็จะทำให้แสดงความเป็นตัวประสาน




รูปที่ 5.3 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่ปริมาณปูนขาวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน A ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ดินเหนียวร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง)



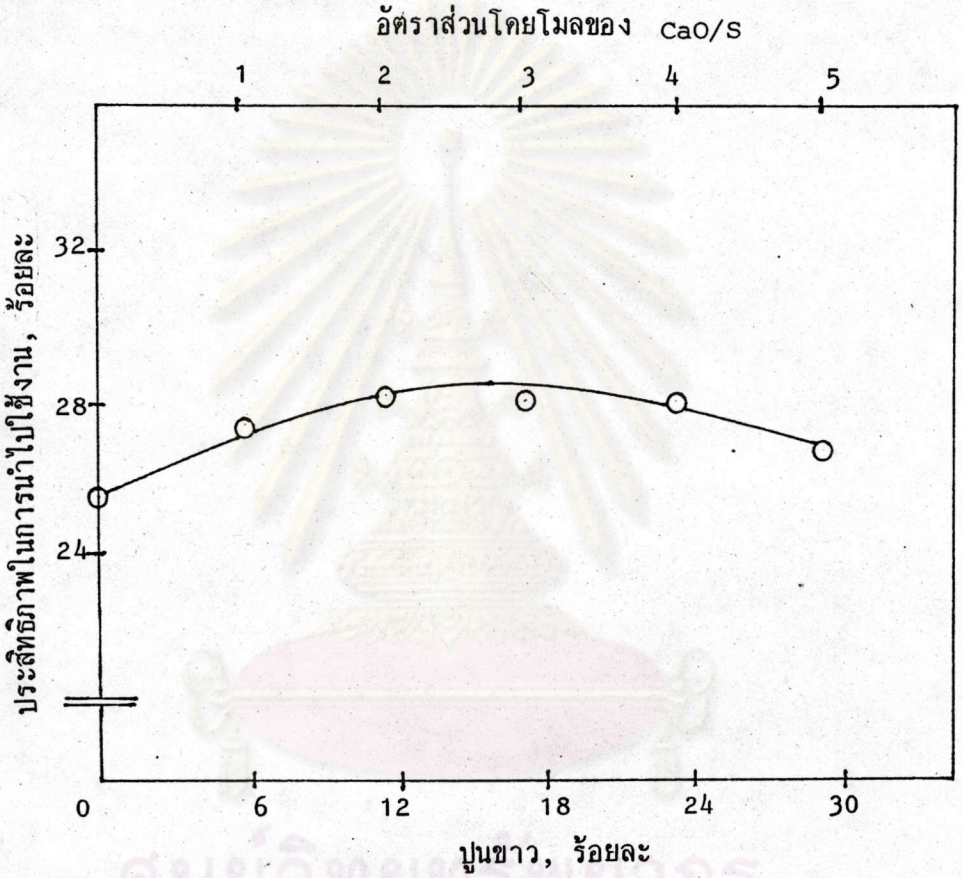

รูปที่ 5.4 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่ปริมาณปูนขาวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ดินเหนียวร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง)

คือ จะยึดเกาะกับอนุภาคถ่านหิน แต่ในการเติมปูนขาวลงไปในช่วงแรก อาจจะเป็นปริมาณส่วนผสมที่ไม่พอเหมาะ ปูนขาวในส่วนนี้จึงไปดูดน้ำ ทำให้การเกิดสารประกอบไฮเดรตของดินเหนียวลดน้อยลง การยึดเกาะระหว่างอนุภาคดินเหนียวกับถ่านหินจึงลดน้อยลง แต่เมื่อเติมปูนขาวในปริมาณที่มากพอ ปูนขาวจะดูดน้ำ และช่วยในการเป็นตัวประสานด้วย ทำให้ถ่านหินอัดก้อนที่ได้แข็งแรงขึ้น

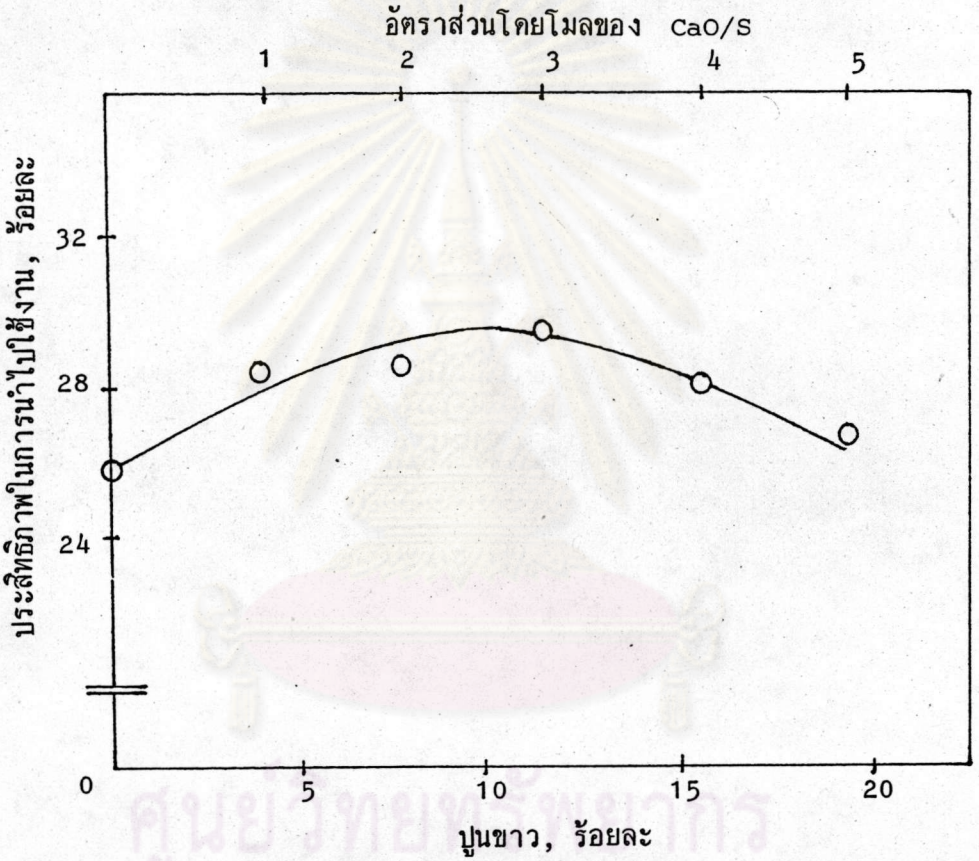
จากการทดลองหาประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานได้ผลดังรูปที่ 5.5 และ 5.6 พบว่าเมื่อไม่ได้เติมปูนขาว จะมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำประมาณร้อยละ 25 เพราะว่าถ่านหินอัดก้อนที่ไม่ได้เติมปูนขาวมีความแข็งแรงสูง เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ทำให้อัตราการเผาไหม้ช้า ช่วงเวลาที่ควันหมดนาน และยังพบว่ามีเศษถ่านเหลืออยู่ตรงแกนกลาง ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานลดต่ำลง และเมื่อเติมปูนขาวมากขึ้น ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เพราะถ่านหินอัดก้อนมีความพรุนมากขึ้น อากาศแพร่เข้าไปในเนื้อถ่านหินได้เร็วกว่าและมากกว่า ทำให้ช่วงเวลาที่ควันหมดสั้นกว่า อัตราการเผาไหม้ดีขึ้น จนถึงค่า ๆ หนึ่งที่เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานจะลดลงอีก ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุเดียวกันกับในช่วงแรกที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานต่ำ คือถ่านหินอัดก้อนมีความแข็งแรงมากขึ้น ทำให้อัตราการเผาไหม้ช้าลง ช่วงเวลาที่ควันหมดนาน ดังนั้นจากการทดลองจะเห็นว่าปริมาณปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S ที่เหมาะสมคือ 1.5 ถึง 3 ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานที่สูงพอสมควร และค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกไม่ต่ำเกินไป คือ ประมาณ 4-6 กิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ควรที่จะได้มีการศึกษาถึงผลของปูนขาวในด้านของประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วย เพื่อหาปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมจริง ๆ

### ง. ผลของการศึกษาคุณภาพของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน

จากผลการทดลองที่ได้จากข้อ ก ถึง ค นำมาสรุปถึงผลของคุณภาพของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ 5.2 จะเห็นว่าความแข็งแรงของถ่านหินอัดก้อนที่เตรียมจากถ่านหิน B และ C สูงกว่าถ่านหินอัดก้อนที่เตรียมจากถ่านหิน A และ D ซึ่งมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด และสูงที่สุดตามลำดับ ดังรูปที่ 5.7 ส่วนในด้านของประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และลักษณะการติดไฟมีแนวโน้มที่แตกต่างกันไม่มากนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการจุดเชื้อเพลิงเริ่มแรก คือ ขี้ไต้และฟืน ว่าสามารถที่จะถ่ายเทความร้อนให้กับถ่านหินอัดก้อนได้อย่างทั่วถึงหรือไม่ เพราะถ้าจุดขี้ไต้และฟืนไม่ดี การจุดติดของถ่านหินอัดก้อนก็จะเป็นไปอย่าง




รูปที่ 5.5 ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานที่ปริมาณปูนขาวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน A ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ดินเหนียวร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง)




รูปที่ 5.6 ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานที่ปริมาณปูนขาวต่าง ๆ กัน สำหรับถ่านหิน C ที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ดินเหนียวร้อยละ 20 เทียบกับน้ำหนักถ่านหินแห้ง)

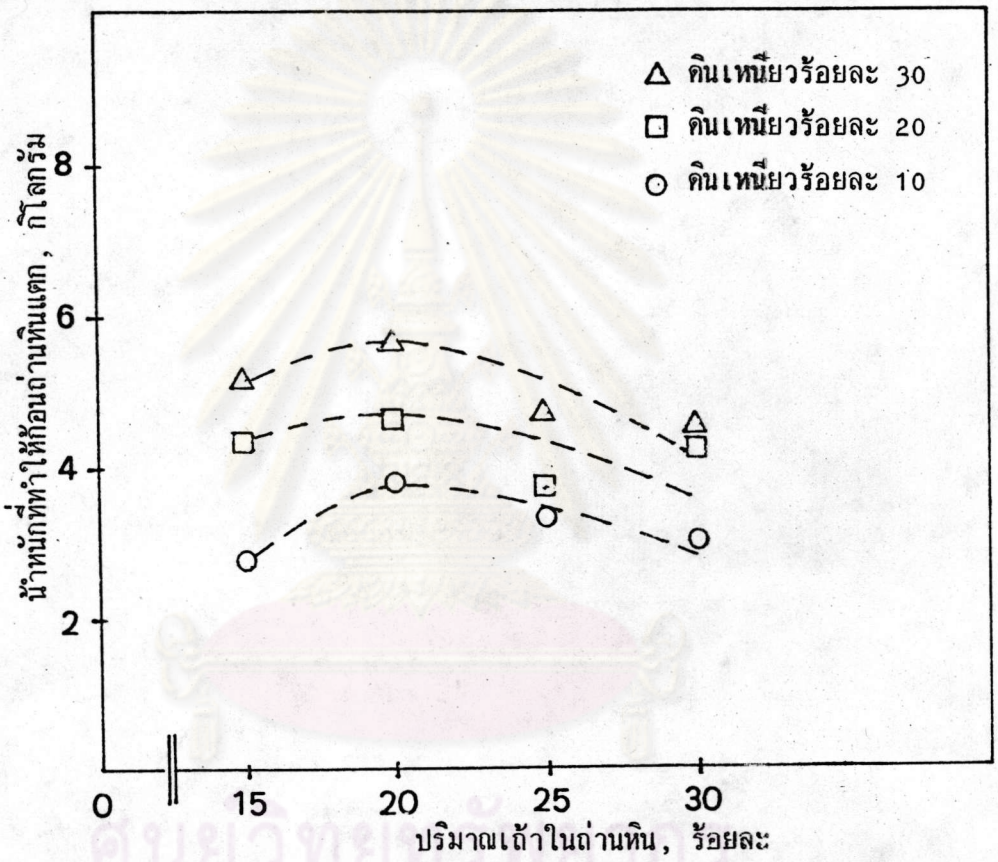
ตารางที่ 5.1 ผลของคุณภาพของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนในด้านของความแข็งแรง (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ, ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

| % ดินเหนียว | น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกของถ่านหินอัดก้อนที่ทำจากถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ (กก.) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (ถ่านหินชนิด A) 15 | (ถ่านหินชนิด B) 20 | (ถ่านหินชนิด C) 25 | (ถ่านหินชนิด D) 30 |
| 10 | 2.73 | 3.73 | 3.27 | 2.99 |
| 20 | 4.3 | 4.61 | 3.73 | 4.25 |
| 30 | 5.13 | 5.6 | 4.63 | 4.51 |

ตารางที่ 5.2 ผลของคุณภาพของถ่านหินที่มีต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนในด้านของประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ, ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

| % ดินเหนียว | ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานของถ่านหินอัดก้อนที่ทำจากถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (ถ่านหินชนิด A) 15 | (ถ่านหินชนิด B) 20 | (ถ่านหินชนิด C) 25 | (ถ่านหินชนิด D) 30 |
| 10 | 28.3 | 29.2 | 29.0 | 29.7 |
| 20 | 28.6 | 30.8 | 28.8 | 29.9 |
| 30 | 29.8 | 28.0 | 28.0 | 28.3 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.7 น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ และปริมาณเถ้าในถ่านหินต่าง ๆ กัน (ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ, ปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2)

ช้า ๆ กล่าวคือ ค่อย ๆ ลุกติดลามออกไป จนถ่านอัดก้อนลุกติดจนทั่ว ทำให้ช่วงเวลามีควันนานกว่าที่ควร และยังขึ้นอยู่กับลักษณะการวางถ่านหินอัดก้อนด้วย ซึ่งจากการทดลองที่ปริมาณดินเหนียวเท่ากัน และปูนขาวในอัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2 จะสังเกตเห็นว่าถ่านหินอัดก้อนที่ได้จากการอัดก้อนถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าน้อย เมื่อจุดขี้ไต้และฟืนแล้ว ความร้อนจะถ่ายเทให้กับถ่านหินอัดก้อน และแพร่กระจายออกไปอย่างทั่วถึง ทำให้ถ่านหินอัดก้อนลุกติดทั่ว ซึ่งต่างจากถ่านหินที่มีปริมาณเถ้ามาก เมื่อจุดขี้ไต้และฟืน ความร้อนจะถ่ายเทให้ถ่านอัดก้อน และแพร่กระจายเป็นไปอย่างช้า ๆ และค่อย ๆ ลามออกไป จนถ่านอัดก้อนลุกติดจนทั่ว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อนำถ่านหินอัดก้อนที่ได้จากการอัดก้อนถ่านหินที่มีเถ้ามากมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาอั้งโล่ ต้องใช้ปริมาณถ่านหินอัดก้อนมาก เพื่อให้มีค่าความร้อนเท่ากับถ่านไม้ 400 กรัม ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบในการทดลอง เมื่อมีถ่านหินอัดก้อนมาก ทำให้อากาศเข้าสู่เตาเท่าเดิม หรือลดลงเล็กน้อย แต่เชื้อเพลิงที่ใช้จุดคือ ขี้ไต้และฟืนเท่าเดิม การให้ความร้อนจึงไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้ช่วงเวลามีควันนานกว่า จึงยังไม่สามารถตั้งหม้อได้ ความร้อนของถ่านหินอัดก้อนที่ติดไฟในช่วงแรกจึงสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ทำให้น้ำเดือดช้ากว่า แต่ระยะเวลาที่น้ำเดือดนานกว่า เพราะว่าความร้อนจะค่อย ๆ ให้ออกมาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเพียงพอที่ทำให้น้ำเดือดได้ ในขณะที่ถ่านหินมีปริมาณเถ้าน้อย จะให้ความร้อนออกมามากในตอนแรก ๆ เท่านั้น ซึ่งความร้อนในช่วงแรกก็อาจมากเกินไปจนสูญเสียไปกับการพาในปริมาณสูง ทำให้ระยะเวลาที่น้ำเดือดสั้นกว่า ดังนั้นปริมาณความร้อนที่น้ำสามารถรับได้จึงพอ ๆ กัน ทำให้ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานใกล้เคียงกัน

จากผลการทดลองในงานวิจัย Senior Project ของสมศักดิ์ หอมกลิ่นแก้ว และสุภา ศิริปการ (30) ซึ่งใช้ถ่านหินจากแหล่งบ้านปูเช่นกัน แต่มีปริมาณเถ้าเพียงร้อยละ 7.72 มาทำการอัดก้อน พบว่าเมื่อใช้ขนาดถ่านหินขนาดรวม ๆ ที่ปริมาณดินเหนียวต่าง ๆ กัน ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะมีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกประมาณ 3-5 กิโลกรัม และประสิทธิภาพในการใช้งานใกล้เคียงกัน ประมาณร้อยละ 27-29 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค จะเห็นว่าผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าตั้งแต่ประมาณร้อยละ 7.72-30 สามารถนำมาอัดก้อนได้ โดยใช้ส่วนผสมต่าง ๆ กันตามคุณภาพของถ่านหิน

5.1.2.2 ผลของการทดลองอัดก้อนโดยใช้ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ

จากงานวิจัยในขั้นตอนแรก เป็นการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ซึ่งใช้ถ่านหินแหล่งบ้านปูเป็นตัวอย่างในการศึกษา แล้วนำผลสรุปสภาวะที่ดีที่สุดมาอัดก้อนถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ คือ ถ่านหินแหล่งคลองโตน จังหวัดกระบี่ ป่าคา จังหวัดลำพูน และแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มาทดลองอัดก้อน พบว่าถ่านหินเหล่านี้มีปริมาณเถ้าสูงถึงร้อยละ 33.11, 35.22 และ 25.0 ตามลำดับ มีค่าความร้อนแบบไม่รวมความชื้นเท่ากับ 3833, 3731 และ 4303 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับถ่านหินแหล่งบ้านปูที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 และ 30 (ถ่านหิน C และ D) เมื่อนำไปอัดก้อนได้ผลดังตารางที่ 4.20 จะเห็นว่าถ่านหินแหล่งอื่น ๆ สามารถนำมาอัดก้อนได้เช่นกัน โดยมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปตามผลการทดลองในเบื้องต้น แต่ค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกเปลี่ยนแปลงไป แล้วแต่แหล่งของถ่านหิน เช่น แหล่งคลองโตน จังหวัดกระบี่ มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกสูงเมื่อเทียบกับถ่านหินแหล่งอื่น ๆ คือประมาณ 16 กิโลกรัม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถ่านหินแหล่งนี้มีปริมาณกำมะถันสูงถึงร้อยละ 5.37 ในขณะที่ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ มีปริมาณกำมะถันเพียงร้อยละ 1.36 และ 0.75 สำหรับแหล่งป่าคา จังหวัดลำพูน และแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 4.18) จึงต้องเติมปูนขาว (อัตราส่วนโดยโมลของ CaO/S เท่ากับ 2) ในปริมาณมาก ซึ่งช่วยส่งเสริมการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคถ่านหินทำให้ถ่านอัดก้อนที่ได้มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกสูง แต่ไม่ได้หมายความว่าเป็นถ่านอัดก้อนที่มีคุณภาพที่ดีกว่าถ่านอัดก้อนที่ได้จากการอัดก้อนถ่านหินแหล่งอื่น ๆ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงเวลาใช้งานด้วย เช่น ช่วงเวลามีดวัน และเวลาที่ทำให้น้ำเดือด ไม่ควรนานเกินไป เป็นต้น ซึ่งในกรณีของถ่านหินแหล่งคลองโตน ที่ปริมาณดินเหนียวร้อยละ 10 จะพบว่า ช่วงเวลามีดวันและเวลาที่ทำให้น้ำเดือดนานถึง 20 และ 26 นาที ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 4.20) ซึ่งไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน ดังนั้นในการนำเอาถ่านหินจากแหล่งนี้ไปอัดก้อน ไม่จำเป็นต้องเติมตัวประสานอีกเพราะว่าปูนขาวที่เติมลงไปเพื่อจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีปริมาณมากพอ และสามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานได้ด้วย (21) จึงอาจกล่าวได้ว่า ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ สามารถนำมาอัดก้อนได้ โดยใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไป เพื่อให้ได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพดี

นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะการลุกไหม้ของถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.8, 5.9, 5.10, 5.11 และ 5.12 พบว่าช่วงเวลา

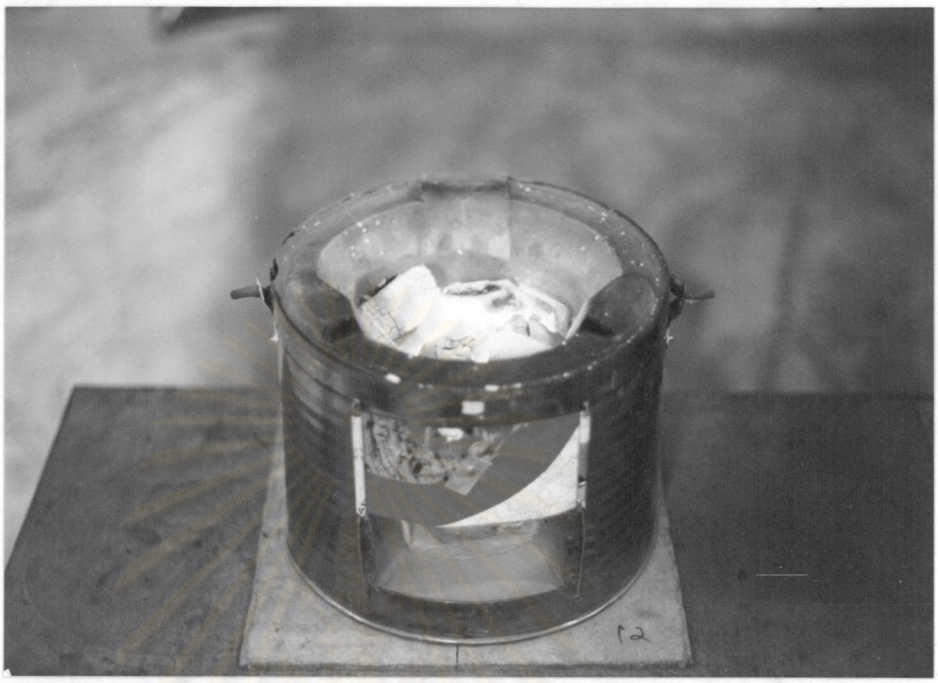
มีควันของถ่านหินอัดก้อนนานกว่าถ่านไม้ เพราะว่าในถ่านหินมีสารระเหยอยู่มาก เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยออกมา และเกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ จึงก่อให้เกิดควัน ประกอบกับถ่านหินอัดก้อนมีความชื้นมากกว่าถ่านไม้ ทำให้เวลาเริ่มใช้งานนานกว่า สำหรับเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดของถ่านไม้ ใช้เวลาน้อยกว่าถ่านหินอัดก้อนเล็กน้อย ซึ่งพิจารณาได้จากรูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ได้รับ ณ ตำแหน่งที่ปากเตาหุงต้มเทียบกับเวลา (39) พบว่าถ่านไม้จะให้ความร้อนต่อหน่วยพื้นที่-เวลา ออกมามากกว่าถ่านหินอัดก้อนในช่วงแรก ๆ ของการใช้งาน จึงทำให้น้ำเดือดได้เร็วกว่า แต่ถ่านหินอัดก้อนจะให้ความร้อนออกมาช้ากว่า และค่อย ๆ ให้ความร้อนออกมาในช่วงกลาง ๆ ของการใช้งาน จึงทำให้ระยะเวลาที่น้ำเดือดของถ่านหินอัดก้อนนานกว่าถ่านไม้ ซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 5.14 แสดงถึงค่าของอุณหภูมิที่วัดตรงตำแหน่งปากเตา วัดเทียบกับเวลา (39) จะเห็นว่ามีแนวโน้มที่คล้าย ๆ กัน และจากรูปที่ 5.14 จะพบว่าช่วงใช้งานได้คือ ประมาณ 60 นาที และช่วงเวลาใช้งานของถ่านไม้จะนานกว่าถ่านหินอัดก้อน นอกจากนี้ลักษณะเถ้าของถ่านหินอัดก้อนยังคงรูปเป็นก้อน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสานไม่มีส่วนประกอบของคาร์บอนอยู่เลย เมื่อเผาไหม้ถ่านหินอัดก้อน การยึดเกาะจึงไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจากการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ (Ignition loss) เพียงร้อยละ 5.26 ของปริมาณดินเหนียว แต่เถ้าของถ่านไม้จะเบาและปลิวฟุ้งกระจาย

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบลักษณะการลุกไหม้ของถ่านหินอัดก้อนและถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ (39)

| | ถ่านหินอัดก้อน | ถ่านไม้ |
|---|---|---|
| เวลาที่ควันหมดโดยประมาณ (นาที) | 12 | 3 |
| เวลาที่ใช้ต้มน้ำให้เดือดโดยประมาณ (นาที) | 16 | 13 |
| ระยะเวลาที่น้ำเดือดโดยประมาณ (นาที) | 35 | 25 |
| ช่วงเวลาการใช้งานทั้งหมดโดยประมาณ (นาที) | 90 | 105 |
| ประสิทธิภาพการใช้งาน (ร้อยละ) | 30 | 29 |

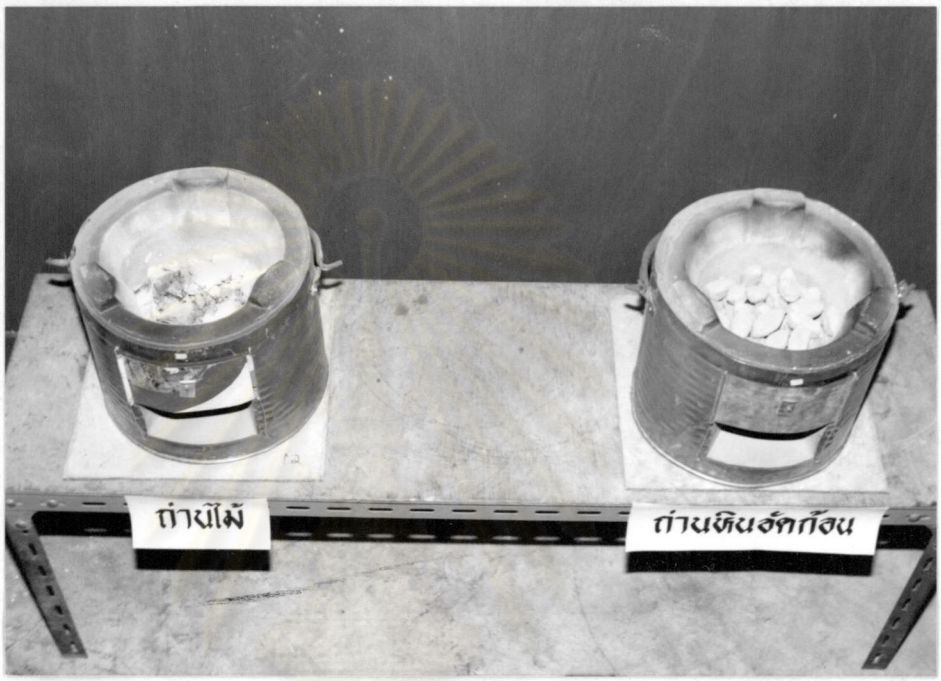
รูปที่ 5.8 การลุกไหม้ของถ่านไม้ในช่วงเริ่มแรก

รูปที่ 5.9 การลุกไหม้ของถ่านหินอัดก้อนในช่วงเริ่มแรก



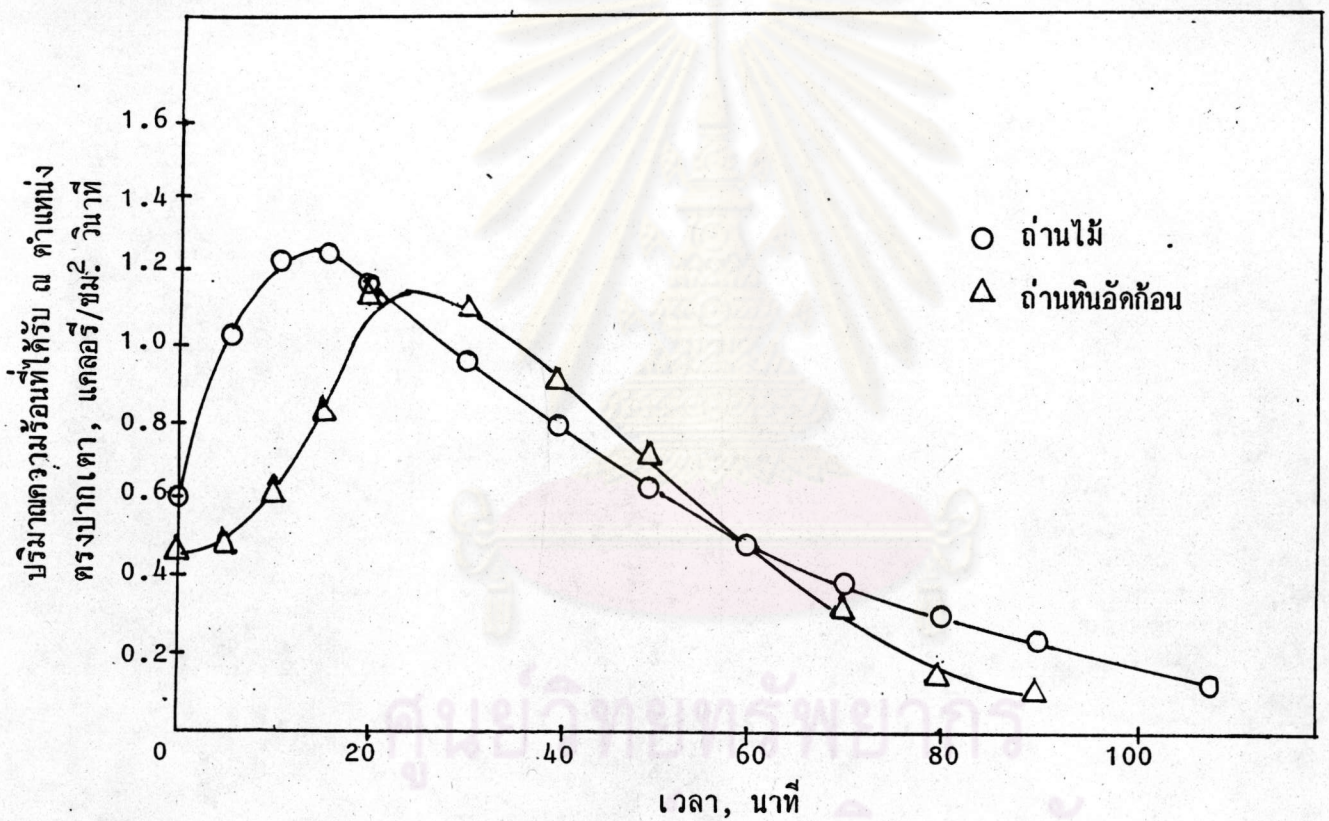
รูปที่ 5.10 การลุกไหม้ของถ่านไม้ขณะลุกไหม้เต็มที่

รูปที่ 5.11 การลุกไหม้ของถ่านหินอัดก้อนขณะลุกไหม้เต็มที่



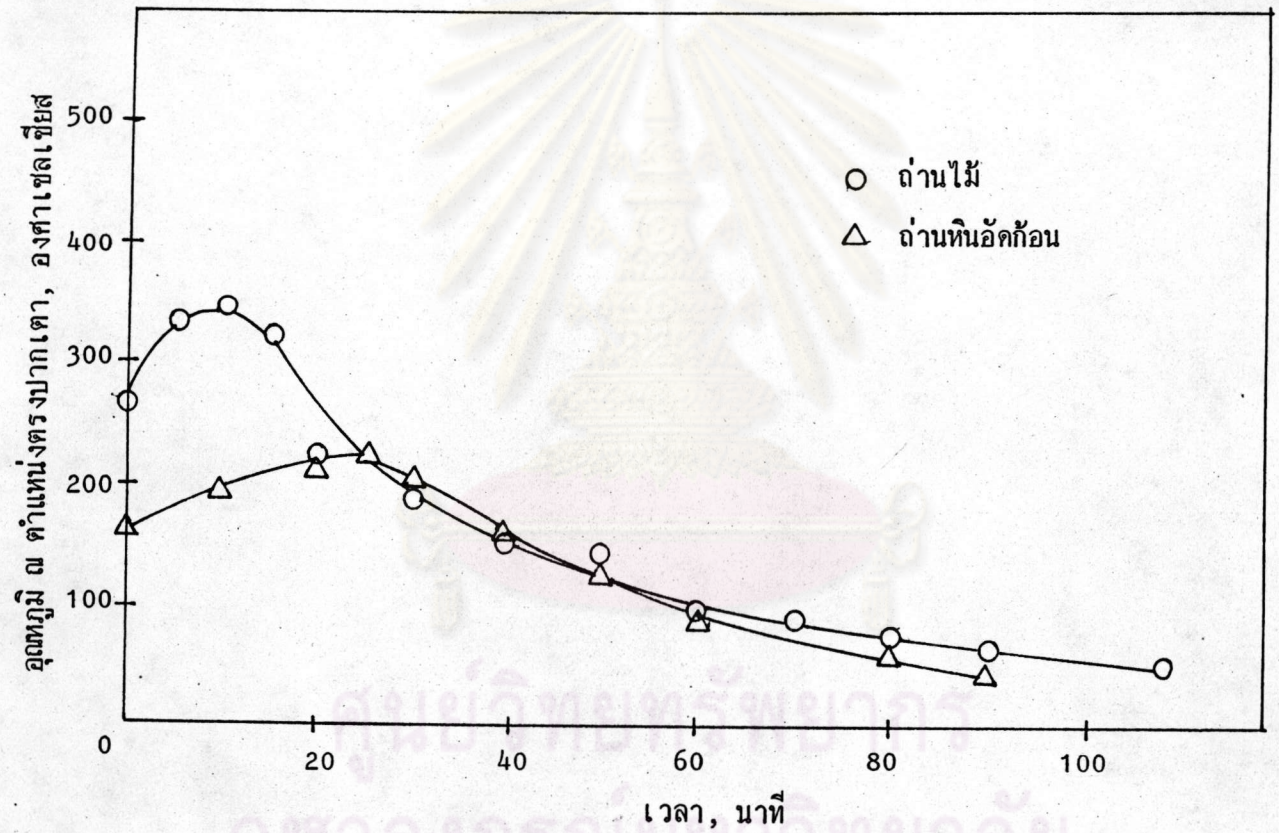

รูปที่ 5.12 เถ้าของถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนที่ได้รับ ณ ตำแหน่งที่ปากเตาหุงต้ม เทียบกับเวลา (39)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 5.14 ค่าของอุณหภูมิที่วัดตรงตำแหน่งปากเตาวัดเทียบกับเวลา (39)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 5.2 สรุปผลการทดลอง

ในการผลิตถ่านหินอัดก้อนไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดก็ตาม ให้มีคุณภาพดีจำเป็นต้องศึกษาว่ามีตัวแปรใดบ้างที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนและมีความสำคัญมากน้อยเพียงใด ในงานวิจัยนี้ตัวแปรที่ทำการศึกษา ได้แก่ คุณภาพของถ่านหิน ขนาดของถ่านหิน ปริมาณตัวประสานที่ใช้ และปริมาณปูนขาว เป็นต้น ทำการศึกษาโดยอัดก้อนถ่านหินเป็นรูปไข่ (ovoid) ด้วยเครื่องอัดก้อนแบบ Double Ring Roll ตากถ่านหินอัดก้อนที่ได้ทิ้งไว้ในอากาศจนความชื้นของถ่านหินอัดก้อนเข้าสู่สภาวะสมดุล และทำการทดสอบคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ได้ โดยการหาค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตก และประสิทธิภาพในการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ในเตาอั้งโล่ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน โดยใช้ถ่านหินจากแหล่งบ้านปูเป็นตัวอย่างในการศึกษา และทดลองอัดก้อนโดยใช้ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ ได้แก่ คลอง-โตน จังหวัดกระบี่ ป่าคา จังหวัดลำพูน และแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยนำข้อสรุปสภาวะที่ได้จากการทดลองกับถ่านหินแหล่งบ้านปู มาใช้ในการทดลองอัดก้อน และทดลองการนำไปใช้งานเช่นเดียวกัน จากผลการทดลองสรุปได้ดังนี้คือ

1. การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน โดยใช้ถ่านหินแหล่งบ้านปู

1.1 ขนาดของถ่านหิน พบว่าขนาดถ่านหินเล็ก ทำให้ได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีความแข็งแรงมากกว่าขนาดถ่านหินใหญ่กว่า แต่ก็ไม่แตกต่างกันมากนัก และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานใกล้เคียงกัน ดังนั้นเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการผลิต ทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการบดและแยกเศษถ่านหินออกเป็นช่วงขนาดต่าง ๆ กัน จึงเลือกใช้ขนาดของถ่านหินที่มีขนาดรวมทุกช่วงขนาด (0-9.5 มม.) ในการนำไปอัดก้อน

1.2 ปริมาณตัวประสานที่ใช้ ตัวประสานที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ดินเหนียว ซึ่งจากการทดลองพบว่า ปริมาณดินเหนียวที่ต่ำที่สุดที่ทำให้สามารถอัดติดเป็นก้อนได้ เป็นส่วนกลับกับปริมาณเถ้าในถ่านหินและเมื่อเพิ่มปริมาณดินเหนียว ถ่านหินอัดก้อนที่ได้จะแข็งแรงยิ่งขึ้น โดยที่ประสิทธิ-ภาพในการนำไปใช้งานไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นปริมาณตัวประสานที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหิน และคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนที่ต้องการ ว่าต้องการให้มีความแข็งแรงเพียงไร แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงสิ่งอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ปริมาณความร้อนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ ความยากง่ายในการจุดติด และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน เป็นต้น ซึ่งจากการทดลองพบว่า ถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 20 ปริมาณดินเหนียวที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 10-30

ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง ส่วนถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 25 และ 30 ปริมาณดินเหนียวที่เหมาะสมประมาณร้อยละ 0-30 และ 0-20 ของน้ำหนักถ่านหินแห้ง ตามลำดับ

1.3 ปริมาณปูนขาว ในการลดกลิ่นอันเกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน โดยใช้ปูนขาว พบว่ามีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อนดังนี้คือ เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น น้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกจะลดลงจนถึงค่า ๆ หนึ่ง และกลับมีค่าเพิ่มขึ้นอีก เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองพบว่า ถ่านหินที่มีเถ้าประมาณร้อยละ 15 และ 25 ปริมาณกำมะถันร้อยละ 2.12 และ 1.4 ตามลำดับ ปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมคือ CaO/S ในอัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ 1.5-3

1.4 คุณภาพของถ่านหิน พบว่าถ่านหินที่มีปริมาณเถ้าประมาณตั้งแต่ร้อยละ 15-30 สามารถนำมาอัดก้อนได้ โดยใช้ส่วนผสมต่าง ๆ กัน ตามคุณภาพของถ่านหิน ซึ่งจะได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านแตกประมาณ 2-6 กิโลกรัม และประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานใกล้เคียงกัน ประมาณร้อยละ 28-30 ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้ถ่านไม้ กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานของถ่านไม้ประมาณร้อยละ 29 แต่ช่วงเวลาที่ควันหมดของถ่านไม้เร็วกว่าถ่านหินอัดก้อน คือช่วงเวลาที่ควันหมดของถ่านไม้เพียง 3 นาที ขณะที่ของถ่านหินอัดก้อนประมาณ 10-15 นาที ระยะเวลาที่น้ำเดือดของถ่านไม้สั้นกว่าถ่านหินอัดก้อน คือ ระยะเวลาที่น้ำเดือดของถ่านไม้เพียง 25 นาที ขณะที่ของถ่านหินอัดก้อนประมาณ 30-40 นาที และถ่านไม้จะลุกไหม้นานกว่าในช่วงการใช้งาน แต่เถ้าของถ่านหินอัดก้อนยังคงรูปเป็นก้อนไม่ปลิวฟุ้งกระจายเหมือนถ่านไม้

2. การทดลองอัดก้อนโดยใช้ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ

ถ่านหินแหล่งอื่น ๆ สามารถนำมาอัดก้อนได้เช่นเดียวกับถ่านหินแหล่งบ้านปู ที่ได้นำมาศึกษาในตอนต้น โดยมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน ไม่แตกต่างกันมากนัก คือประมาณร้อยละ 27-28 แต่ความแข็งแรงแตกต่างกันไป โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักที่ทำให้ก้อนถ่านหินแตกคือมีค่าประมาณ 16, 5 และ 3 กิโลกรัม สำหรับถ่านหินแหล่งคลองโตน จังหวัดกระบี่ ป่าคา จังหวัดลำพูน และแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ตามลำดับ

ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ถ่านหินจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีปริมาณเถ้าประมาณตั้งแต่ร้อยละ 15-30 สามารถที่จะนำมาอัดก้อนได้ โดยใช้ส่วนผสมที่แตกต่างกันไป เช่น ปริมาณดินเหนียวและปูนขาว เป็นต้น เพื่อให้ได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพดี ทั้งในด้านการเผาไหม้ ความแข็งแรง และ

ความสะดวกในการขนย้ายและการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการนำถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะพบว่าถ่านไม้และถ่านถ่านหินอัดก้อนมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป พอสรุปได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบการใช้ถ่านไม้และถ่านหินอัดก้อนเป็นเชื้อเพลิง

| ถ่านไม้ | ถ่านหินอัดก้อน |
|---|---|
| 1. ช่วงเวลามีควันสั้น ประมาณ 3 นาที | 1. ช่วงเวลามีควันนานกว่าถ่านไม้ คือประมาณ 12 นาที |
| 2. ช่วงระยะเวลาที่น้ำเดือดสั้น ประมาณ 25 นาที | 2. ช่วงระยะเวลาที่น้ำเดือดนานกว่าถ่านไม้ คือประมาณ 35 นาที |
| 3. ขณะเผาไหม้ จะปะทุ แตก | 3. ขณะเผาไหม้ ไม่ปะทุ แตก |
| 4. ไม่มีกลิ่นเหม็น | 4. มีกลิ่นจากสารระเหยและก๋าซซัลเฟอร์บ้าง |
| 5. เถ้าของถ่านไม้เบา และปลิวฟุ้งกระจาย | 5. เถ้าของถ่านหินอัดก้อน ยังคงรูปเป็นก้อน |
| 6. ค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านไม้สูงกว่าถ่านหินอัดก้อน ประมาณ 2 เท่า | 6. ค่าความร้อนต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านหินอัดก้อนต่ำกว่าถ่านไม้ แต่เมื่อคิดต่อหน่วยปริมาตรจะเท่ากัน |
| 7. ราคาของถ่านไม้ ประมาณกิโลกรัมละ 5 บาท | 7. ราคาของถ่านหินอัดก้อนประมาณกิโลกรัมละ 1 บาท |

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน เพื่อนำผลสรุปมาใช้ในการผลิตถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพดีนั้น นอกจากตัวแปรทั้งสี่ที่ได้ศึกษาไปแล้ว ยังอาจมีตัวแปรอื่น ๆ ที่น่าจะนำมาศึกษา เพื่อให้ได้ถ่านหินอัดก้อนที่มีคุณภาพดีขึ้น เช่น แรงที่ใช้ในการกดอัด และการเติมสารออกซิไดเซอร์ (oxidizer) เพื่อช่วยในการติดไฟ เนื่องจากถ่านหินติดไฟยาก และมีควันมาก โดยเฉพาะเมื่อเริ่มติดไฟ ทำให้การใช้งานไม่สะดวก ออกซิไดเซอร์โดยทั่ว ๆ ไป ได้แก่ ไนเตรท (nitrates) เปอร์คลอเรท (perchlorates) เปอร์ออกไซด์ (peroxides) และเปอร์มังกาเนต (permanganates) ที่นิยมใช้มากได้แก่ โซเดียมและโปแตสเซียมไนเตรท เพราะหาง่ายและมีราคาถูก (31) เป็นต้น หรืออาจทำการปรับปรุงคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน โดยการนำไปคาร์บอไนซ์เพื่อลดสารระเหย ซึ่งก็ต้องพิจารณาว่าควรทำการคาร์บอไนซ์ก่อนหรือ

หลังอัดก้อนถ่านหิน แต่ทั้งนี้ก็ต้องคำนึงถึงต้นทุนการผลิตด้วย และจากการศึกษาผลของปริมาณปูนขาวที่มีผลต่อคุณภาพของถ่านหินอัดก้อน ในด้านของความแข็งแรงพบว่า ยังไม่มีเหตุผลที่เด่นชัดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงน่าที่จะมีการศึกษาพฤติกรรมของดินเหนียวและปูนขาว ให้ละเอียดยิ่งขึ้น เช่นทดลองอัดก้อนโดยไม่เติมดินเหนียว แต่เพิ่มปริมาณปูนขาวมากขึ้น และทดลองอัดก้อนโดยไม่เติมปูนขาว แต่เพิ่มปริมาณดินเหนียวมากขึ้น เป็นต้น นอกจากนี้ถ้านำเอาถ่านหินอัดก้อนไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือนทดแทนถ่านไม้และฟืน ซึ่งมีราคาแพงและหายากขึ้น ก็น่าที่จะมีการปรับปรุงหรือออกแบบเตาที่ใช้ให้เหมาะสมด้วย และน่าที่จะไปทดลองใช้ในอุตสาหกรรมอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย