บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์เศษถ่านหินจากเหมืองแม่ตีบ ตามการวิเคราะห์แบบประมาณ ดังตารางที่ 4.1 พบว่าเศษถ่านหินนี้มีปริมาณสารระเหยสูงถึงร้อยละ 32.59 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าใช้เศษถ่านหินนี้เป็นเชื้อเพลิงจะเกิดเขม่าและควันมาก ทั้งยังมีกลิ่นเหม็นเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งก่อความรำคาญและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อีกด้วย แต่เศษถ่านหินนี้ก็ยังมีค่าความร้อนถึง 3,652 แคลอรี/กรัม จึงควรได้นำมาปรับปรุงเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น นำไปทำถ่านโค้กหรือถ่านอบ (carbonization) หรือนำไปอัดก้อน ในงานวิจัยนี้เป็นงานที่พยายามปรับปรุงเศษถ่านหินโดยการอัดก้อน จากค่าความร้อนพบว่าถ่านหินอยู่ในช่วงซับบิทูมินัส ซึ่งอาจทำการอัดก้อนได้โดยไม่มีตัวประสานแต่ต้องใช้ความดันสูงมาก (22) แต่เนื่องจากถ่านอัดก้อนที่วิจัยนี้มีขนาดใหญ่ และใช้ความดันในการอัดก้อนต่ำ จึงต้องใช้ตัวประสานช่วยการยึดเหนี่ยวให้คงอยู่เป็นก้อนอยู่ได้ และได้พยายามปรับปรุงถ่านอัดก้อนให้มีคุณภาพเหมาะแก่การนำไปใช้งาน ดังผลการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถวิจารณ์ผลที่ได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการทดลองศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดก้อนเพื่อหาส่วนผสมต่าง ๆ

เนื่องจากในการอัดก้อนถ่านหินนี้มีตัวแปรที่อาจมีผลต่อคุณสมบัติของถ่านอัดก้อนอยู่มาก ไม่สามารถศึกษาถึงผลของตัวแปรทุกตัวได้ จำเป็นต้องศึกษาจากตัวแปรที่มีอิทธิพลมากก่อน แล้วจึงใช้ผลการทดลองของตัวแปรนั้นไปทำการศึกษาถึงตัวแปรอื่น ๆ ต่อไป เช่น เริ่มด้วยการหาตัวประสานที่เหมาะสมแล้วใช้ตัวประสานที่ได้ไปศึกษาถึงผลของช่วงขนาดถ่านต่อไป เป็นต้น นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องกำหนดตัวแปรที่ต้องใช้ในการอัดก้อน โดยใช้ความดันสูงสุดของเครื่องคือ 1,300 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที การที่เลือกความดันสูงสุดของเครื่องเพื่อให้ได้ถ่านอัดก้อนที่มีความแข็งแรงสูงที่สุด และใช้เวลาในการอัดก้อน 10 วินาที เพราะในการศึกษาขั้นต้น พบว่าเวลาในการอัดก้อน 5-20 วินาที ให้ถ่านอัดก้อนที่มีความแข็งแรงไม่แตกต่างกันมากนัก

5.1.1 ผลของตัวประสานชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของตัวประสานต่อคุณภาพถ่านอัดก้อน พบว่า แป้งเปียก ยางมะตอย แบลคลิกเคอร์, กากน้ำตาล, wax, mixed pitch และ coconut pitch เป็นตัวประสานที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากให้ถ่านอัดก้อนไม่แข็งแรงเมื่อนำไปใช้งาน คือถ่านอัดก้อนแตกง่ายเมื่อติดไฟ ทำให้มีการสูญเสียถ่านหินที่ยังไม่ได้เผาไหม้ และทำให้ปริมาณความร้อนในการใช้งานลดลงไปด้วย ซึ่งเป็นเหตุผลที่สำคัญที่สุด การที่สารพวกนี้ให้ถ่านอัดก้อนที่ไม่แข็งแรงขณะเผาไหม้นั้น เป็นเพราะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เมื่อติดไฟจึงถูกเผาไหม้ไปด้วย ทำให้ตัวประสานซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวยึดเหนี่ยวให้ผงถ่านหินเกาะตัวกันเป็นก้อนอยู่ได้มีปริมาณลดลงตลอดเวลา ถ่านอัดก้อนจึงเริ่มแตก ณ. ตำแหน่งที่ตัวประสานถูกเผาไหม้ก่อน จนในที่สุดถ่านอัดก้อนก็แตกเสียรูปไป แม้ว่าตัวประสานบางอย่าง เช่น กากน้ำตาลและ wax ให้ถ่านอัดก้อนที่ติดไฟง่าย แต่ก้อนถ่านไม่แข็งแรง เมื่อใช้งานจึงไม่ใช่ตัวประสานที่เหมาะสม นอกจากนี้ตัวประสานบางอย่าง เช่น ยางมะตอย นอกจากจะให้ถ่านอัดก้อนที่ไม่แข็งแรงแล้วยังเพิ่มปริมาณก๊าซมะถันซึ่งไม่เป็นที่ต้องการอีกด้วย ส่วนดินเหนียวเป็นตัวประสานที่เหมาะสม เพราะเมื่อถ่านอัดก้อนติดไฟยังคงรูปก้อนอยู่ได้ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากดินเหนียวมีองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกา (SiO_2) และอลูมินา (Al_2O_3) ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 63.47 และ 23.2 ตามลำดับ (ดังภาคผนวกที่ 4) จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าดินเหนียวไม่มีส่วนประกอบของคาร์บอนอยู่เลย จึงไม่ถูกเผาไหม้ดังเช่นตัวประสานอื่น ๆ ฉะนั้นการยึดเกาะระหว่างผงถ่านหินจึงไม่เปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากจากการสูญเสีย (Ignition loss) เพียงร้อยละ 5.64 ของปริมาณดินเหนียวเท่านั้น ดังนั้นถ่านอัดก้อนจึงยังคงรูปร่างอยู่ได้เมื่อติดไฟ และเมื่อใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานมีควันน้อย เพราะการที่ถ่านอัดก้อนแข็งแรง แสดงถึงการยึดเหนี่ยวภายในก้อนถ่านแข็งแรงดี ซึ่งมีผลทำให้สารระเหย (volatile matter) ออกมายากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเริ่มติดไฟในช่วงแรก จึงทำให้ควันน้อยลงกว่าตัวประสานตัวอื่น และเมื่อใช้ดินเหนียวเป็นตัวประสานกลิ่นลดลง เพราะกลิ่นเหม็นนั้นส่วนหนึ่งเป็นเพราะควัน เมื่อควันลดลงกลิ่นจึงลดลงด้วย ดินเหนียวจึงเป็นตัวประสานที่เหมาะสมที่สุด เพราะนอกจากคุณสมบัติที่ดีดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีราคาถูกและหาง่ายอีกด้วย

5.1.2 ผลของช่วงขนาดถ่าน

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของช่วงขนาดถ่านพบว่าถ้าช่วงขนาดถ่านใหญ่ขึ้นจะให้ถ่านอัดก้อนที่มีความแข็งแรงสูงขึ้นและสูงที่สุด เมื่อใช้เศษถ่านหิน รวมทุกช่วงขนาด เพราะช่วงขนาดถ่านเล็กมากเท่าใด การอัดก้อนจะทำได้ยาก และต้องใช้ตัวประสานมาก (23) เนื่องจากถ่านขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่า ทำให้ตัวประสานที่จะเคลือบผิวถ่านหินน้อยกว่าถ่านขนาดใหญ่ ดังนั้นที่ปริมาณตัวประสานเท่ากันช่วงขนาดถ่านใหญ่ย่อมมีตัวประสานเคลือบผิวถ่านมากกว่า การยึดเหนี่ยวต้องดีกว่า ทำให้ถ่านอัดก้อนที่ได้มีความแข็งแรงกว่า ส่วนการที่ใช้เศษถ่านหินรวมทุกช่วงขนาดให้ถ่านอัดก้อนแข็งแรงที่สุด เพราะถ้าดูจากผลการวิเคราะห์ขนาดจากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าถ่านหินช่วงขนาดใหญ่กว่า 2 มม.มีประมาณร้อยละ 30 ขนาดใหญ่กว่า 1 มม. แต่เล็กกว่า 2 มม. มีถึงประมาณร้อยละ 40 จากผลการทดลองช่วงขนาดถ่านใหญ่กว่า 2 มม. ให้ถ่านอัดก้อนมีความแข็งแรงถึง 8.27 กก./ตร.ซม. และเศษถ่านหินช่วงขนาดใหญ่กว่า 1 มม. แต่เล็กกว่า 2 มม. ให้ถ่านอัดก้อนมีความแข็งแรง 6.30 กก./ตร.ซม. ดังนั้นเศษถ่านหินรวมทุกช่วงขนาด จึงมีช่วงขนาดถ่านที่มีแนวโน้มจะให้ถ่านอัดก้อนมีความแข็งแรงสูงประมาณร้อยละ 65-70 ส่วนที่เหลือเป็นช่วงขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นส่วนแทรกอยู่ระหว่างช่วงขนาดถ่านใหญ่ จึงทำให้เศษถ่านหินทั้งหมดอัดกันแน่นและมีแรงยึดมากกว่าถ่านอัดก้อนที่มีเฉพาะช่วงขนาดถ่านใหญ่เท่านั้น ดังนั้นถ่านอัดก้อนที่ใช้เศษถ่านรวมทุกช่วงขนาดจึงมีความแข็งแรงสูงที่สุด และเหมาะสมที่สุดในด้านความสะดวก รวดเร็วในการผลิต ทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการแยกเศษถ่านหินออกเป็นช่วงขนาดต่าง ๆ และไม่มีเศษถ่านหินขนาดอื่นเหลือทิ้งอีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในงานวิจัย Senior Project ของ ลิทธิชัย ลำธุกิจกุล และมานิต ลำตราวาหะ(27)ใช้ผงลิกไนท์ขนาดต่าง ๆ ทำการอัดก้อน พบว่าการใช้ผงขนาดต่าง ๆ ผสมกันจะมีแนวโน้มในการติดเป็นก้อนดีกว่าใช้ผงขนาดเดียวกัน เพราะผงขนาดเล็กจะไปแทรกตัวตามช่องว่างของผงที่มีขนาดใหญ่ ทำให้มีแรงยึดดีขึ้น จะเห็นว่าผลการทดลองสอดคล้องกัน

นอกจากนี้ในงานวิจัย Senior Project ของ พิมล ฉันทานนท์ และเสกสรรค์ วงค์1 จรัฐติกาล(28) ใช้ผงลิกไนท์ขนาดเล็กกว่า 2 มม.และเล็กกว่า 1 มม. มาอัดก้อนโดยใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดก้อนที่ใช้ผงถ่านขนาด 2 มม. จะมีความแข็งแรงสูงกว่า ถ่านหินอัดก้อน

ที่ใช้ผงถ่านขนาดเล็กกว่า 1 มม. ซึ่งผลการทดลองสนับสนุนกัน

5.1.3 ผลของการใช้ปูนขาวเพื่อจับกำมะถัน

เมื่อใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงจะมีกลิ่นเหม็นเนื่องจากกำมะถันในถ่านหินทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งสร้างความรำคาญและเป็นอันตราย ในการนำเศษถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน จึงจำเป็นต้องลดปัญหาเหล่านี้ลงให้มากที่สุดเพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งการขจัดกำมะถันมีหลายวิธีด้วยกันดังได้กล่าวไว้แล้ว ในงานวิจัยนี้เลือกวิธีขจัดกำมะถันในขณะเผาไหม้โดยใช้ปูนขาวเพราะมีราคาถูก การใช้งานสะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.5 พบว่ากำมะถันในเถ้าสูงขึ้นเมื่อใช้ปูนขาวร้อยละ 2, 3 และ 4 แต่กำมะถันในเถ้าค่อนข้างคงที่เมื่อใช้ปูนขาวร้อยละ 5 และ 6 การใช้ปูนขาวเพื่อลดกลิ่นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นออกมาสู่อากาศได้น้อยลง เพราะแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ในปูนขาวจะทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้แคลเซียมซัลเฟต เป็นของแข็งตกค้างอยู่ที่ก้อนเถ้าเชื้อเพลิง ในการใช้ปูนขาวต่างกันตามสภาพการใช้งาน เช่น การขจัดกำมะถันหลังการเผาไหม้ก่อนปล่อยฟลูก๊าซออกสู่บรรยากาศ (Flue Gas Desulfurization) สภาพการใช้งานลักษณะนี้จะใช้ปูนขาวเป็นสารละลาย แล้วผ่านฟลูก๊าซก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ ซึ่งวิธีนี้มีประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 80 - 95 แต่ค่าใช้จ่ายสูง เช่น การขจัดกำมะถันประสิทธิภาพร้อยละ 90 ของการเผาไหม้ถ่านหินที่มีกำมะถันร้อยละ 3.5 ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นร้อยละ 10 หรือมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้งานในสภาพการเผาไหม้ถ่านหินแบบฟลูอิไดซ์เบด ซึ่งจะใช้ปูนขาวเป็นของแข็งและมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าการใช้งานในเตาเผา เพราะเมื่อใช้ปูนขาวทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผิวของอนุภาคปูนขาวได้แคลเซียมซัลเฟต ซึ่งจะแตกหลุดออกจากอนุภาคปูนขาวเนื่องจากการขัดสีกับอนุภาคถ่านหิน และถ้าใช้ปูนขาวเป็นผงละเอียดจะทำให้อนุภาคปูนขาวหลุดลอยออกจากหอเผาไหม้ฟลูอิไดซ์เบด ก่อนทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ส่วนการใช้งานในเตาเผาต้องใช้ปูนขาวผงละเอียดเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัส เพราะการเกิดแคลเซียมซัลเฟตเป็นปฏิกิริยาระหว่างก๊าซ และของแข็ง จึงต้องการพื้นที่สัมผัสมากเพื่อเกิดปฏิกิริยามาก ขนาดของอนุภาคปูนขาวที่เกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์คือ 10-20 ไมครอน เพราะสามารถเกิดปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ก่อนที่แคลเซียมซัลเฟตจะขวางกั้นการเกิดปฏิกิริยา (20) จากผลการทดลอง เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาว พบว่าปริมาณกำมะถันในเถ้าเพิ่มขึ้น เพราะการเพิ่มปริมาณปูนขาวเท่ากับเป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสของปูนขาวและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การเกิดปฏิกิริยาของแคลเซียมซัลเฟต

จึงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณกำมะถันในเถ้าลุ่งขึ้นด้วย

จากปฏิกิริยาการเกิดแคลเซียมซัลเฟตจะเห็นว่าใช้แคลเซียมออกไซด์ต่อกำมะถัน (CaO/S) ในอัตราส่วนโมลคือ 1 : 1 ดังสมการ 5.1 แต่ที่ปริมาณปูนขาวร้อยละ 4 นั้น

$$CaO + SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow CaSO_4 \qquad (5.1) \qquad (20)$$

จะได้แคลเซียมออกไซด์ต่อกำมะถันในอัตราส่วน โมลเป็น 1.23 : 1 (ร้อยละของกำมะถันในถ่านหินที่ใช้เท่ากับ 1.21) นั่นคือต้องใช้แคลเซียมออกไซด์มากกว่าที่ใช้ตามทฤษฎี เพราะในทางปฏิบัติต้องมีแคลเซียมออกไซด์บางโมเลกุลที่มิได้เกิดปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

การที่เพิ่มปริมาณปูนขาวจากร้อยละ 4 เป็นร้อยละ 5 และ 6 ไม่ทำให้กำมะถันในเถ้าเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะที่ปริมาณปูนขาวร้อยละ 4 นั้น ล่ามารถเคลือบผิวถ่านหินโดยเฉลี่ยทั่วทั้งก้อนพอเพียงแล้ว เมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวร้อยละ 4 เป็นร้อยละ 5 หรือ 6 นั้น ทำให้เพิ่มปริมาณปูนขาวที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยเฉลี่ยเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนการที่มิได้ใส่ปูนขาวลงไปเลยนั้น ล่ามารถจับกำมะถันไว้ได้สูงประมาณร้อยละ 50 นั้น อาจเป็นเพราะปริมาณกำมะถันเดิมในถ่านหินนั้นมีอยู่ในรูปซัลเฟตฟอร์มอยู่มาก นอกจากนี้ดินเหนียวที่ใช้เป็นตัวประสานก็มีแคลเซียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย จึงทำให้จับกำมะถันได้สูงพอสมควร

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในงานวิจัย Senior Project ของเอกพล พงศ์สถาพรและสุชาติ อารีรุ่งเรือง (29) ศึกษาการนำถ่านหินลิกไนท์มาใช้ในครัวเรือน โดยการอัดก้อนด้วยเครื่อง ring roll press ได้ถ่านอัดก้อนรูปไข่ (ovoid) และศึกษาถึงการยึดกำมะถัน โดยใช้ปูนขาวผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน พบว่า ปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 3.5 ของถ่านลิกไนท์ ซึ่งมีกำมะถันร้อยละ 1.80 หรือคิดเป็นแคลเซียมออกไซด์ต่อกำมะถันในอัตราส่วนโมลคือ 1.23 จะเห็น ว่าการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกัน

5.1.4 ผลของโซเดียมไนเตรทต่อการติดไฟ

เนื่องจากถ่านหินติดไฟยากและมีควันมากโดยเฉพาะเมื่อเริ่มติดไฟ ทำให้การใช้งานไม่สะดวก ปกติควันที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินนั้นมักเกิดจากพวกสารระเหย (volatile matter) ซึ่งมีอยู่ในถ่านหิน เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยออกมา และเกิดการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ และการที่จะทำให้พวกสารระเหยออกจากถ่านหินโดยการคายน้ำในถ่านหินก่อนนำมาอัดก้อนนั้นมีขั้นตอนยุ่งยากและสิ้นเปลือง ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้งานจึงใช้สารออกซิไดซ์

เซอร์ (oxidizer) เพราะเมื่อออกซิไดเซอร์ถูกความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซออกซิเจนช่วยเพิ่มการเผาไหม้ และเพิ่มอุณหภูมิทำให้ถ่านหินติดไฟง่ายขึ้น เมื่อติดไฟเร็วขึ้น และมีปริมาณออกซิเจนพอเพียงสารระเหยที่ออกมาก็จะถูกเผาไหม้หมดไป ทำให้ควันหมดเร็วขึ้นด้วย ออกซิไดซ์เซอร์โดยทั่วไปได้แก่ ไนเตรท (nitrates), เปอร์คลอเรท (perchlorates), เปอร์ออกไซด์ (peroxides) และเปอร์มังกาเนต (permanganates) ที่นิยมใช้มาก ได้แก่โซเดียมและโปแตสเซียมไนเตรทเพราะหาง่ายและมีราคาถูก (37) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โซเดียมไนเตรทเพราะมีราคาถูกกว่าคือ กิโลกรัมละ 6 บาท ในขณะที่โปแตสเซียมไนเตรทราคากิโลกรัมละ 12 บาท จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไนเตรท การจุดถ่านอัดก้อนให้ติดไฟเร็วขึ้น และควันหมดเร็วขึ้น เป็นเพราะเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไนเตรท เท่ากับเพิ่มออกซิเจนขณะเผาไหม้ จึงทำให้ติดไฟเร็วขึ้น มีควันน้อยและมีผลให้ควันหมดเร็วขึ้นด้วย จะเห็นว่าเมื่อใช้โซเดียมไนเตรทร้อยละ 3 เวลาในการจุดติด และควันหมดเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับไม่มีโซเดียมไนเตรทเลย แต่เมื่อเพิ่มโซเดียมไนเตรทเป็นร้อยละ 5 และ 7 เวลาในการจุดติดและควันหมดไม่ต่างกันมากนัก จะเห็นว่าปริมาณโซเดียมไนเตรทใช้ได้ตั้งแต่ร้อยละ 3 ขึ้นไป เพื่อความประหยัด จึงเลือกใช้ในปริมาณร้อยละ 3

5.2 ผลการทดลองศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 ในการนำไปใช้งาน

เนื่องจากถ่านอัดก้อนที่ออกจากแบบอัดใหม่ ๆ ไม่แข็งแรงนัก เพราะยังมีความชื้นสูงมาก และถ้าใช้งานทันทีจะได้ประสิทธิภาพต่ำเพราะจุดติดยากและถ่านอัดก้อนแตกง่าย นอกจากนี้ยังไม่สะดวกต่อการใช้งานอีกด้วย จึงต้องตากแห้ง ในอากาศก่อนการใช้งาน และเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ต้องตากแห้งเพราะเมื่ออบถ่านอัดก้อนที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 50^{0}ซ ถ่านอัดก้อนจะร้าวไม่แข็งแรง เพราะความชื้นระเหยเร็วเกินไป และอาจกล่าวได้ว่าการหดตัวของตัวประสานเร็วเกินไป ทำให้เสียประสิทธิภาพการยึดเหนี่ยว จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าตากแห้งถ่านอัดก้อนประมาณ 5-7 วัน ความชื้นในถ่านอัดก้อนคงที่ประมาณ 13 % ในสภาพอากาศความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 65 % จากนั้นจึงนำไปใช้งานได้

5.2.1 ความแข็งแรงของถ่านอัดก้อนแบบที่ 1

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของปริมาณตัวประสานต่อความแข็งแรงของถ่านอัดก้อน พบว่าเมื่อปริมาณตัวประสานสูงขึ้น ความแข็งแรงของถ่านอัดก้อนไม่เปลี่ยนแปลง อาจกล่าวได้ว่าปริมาณตัวประสานร้อยละ 5 เพียงพอที่จะเคลือบผิวเศษถ่านหินได้ทั้งหมด จึงทำให้การยึดเหนี่ยวเกาะตัวกันสูงสุดแล้ว ดังนั้นการเพิ่มปริมาณตัวประสานจึงไม่มีผลต่อความแข็งแรงของถ่านอัดก้อนมากนัก

5.2.2 ประสิทธิภาพในการนำถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 ไปใช้งาน

จากตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.4 พบว่าประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้ถ่านอัดก้อนจำนวนเพิ่มขึ้น เป็นเพราะเมื่อเพิ่มจำนวนถ่านอัดก้อน เวลาที่ใช้ในการจุดถ่านให้ติดนานขึ้น และควันหมดช้าลงด้วย ซึ่งอาจเกิดจากการที่ใช้เศษไม้แห้งที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเริ่มแรกเท่าเดิม ความร้อนที่ถ่ายเทให้ถ่านอัดก้อนเท่าเดิมแต่ปริมาณถ่านอัดก้อนมากขึ้นย่อมมีปริมาณสารระเหยมากขึ้น และอีกประการคือ อากาศที่เข้าสู่เตามีปริมาณเท่าเดิมหรือลดลงเล็กน้อย จึงทำให้ถ่านอัดก้อนจุดติดยากขึ้น และควันหมดช้าลง และในการหาประสิทธิภาพจะเริ่มตั้งน้ำเมื่อควันหมด เมื่อควันหมดช้าความร้อนที่สูญเสียไปมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพลดลง

เมื่อปริมาณตัวประสานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 ประสิทธิภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณตัวประสานเพิ่มขึ้นทำให้สารระเหยออกมาได้ยากในช่วงแรก ๆ แต่จะถูกเผาไหม้เมื่อถ่านอัดก้อนติดไฟดีแล้วในขณะเริ่มใช้งานแล้ว จึงได้ปริมาณความร้อนมากขึ้น ประสิทธิภาพจึงสูงขึ้น แต่เมื่อปริมาณตัวประสานเพิ่มจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 20 ประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะว่าที่ปริมาณตัวประสานร้อยละ 20 มากเกินไป จนทำให้ถ่านอัดก้อนมีค่าความร้อนลดลงไปมาก เมื่อใช้กับเตาแบบเดิมซึ่งมีค่าความจุความร้อนค่าหนึ่ง รวมทั้งปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากเตาเท่าเดิม แต่ค่าความร้อนจากถ่านอัดก้อนน้อยลง ดังนั้นปริมาณความร้อนที่น้ำจะได้รับน้อยลง ทำให้ประสิทธิภาพลดลงไปด้วย

5.2.3 การเปลี่ยนแปลงของความร้อน/หน่วยพื้นที่ , เวลา และอุณหภูมิกับเวลาของถ่านอัดก้อนแบบที่ 1

จากรูปที่ 4.5 - 4.7 จะเห็นว่าช่วงที่อุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่ -เวลา มีค่าสูงนั้นเป็นเพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งคล้ายกับไม่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน แต่เมื่อ

เปรียบเทียบกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่.เวลา ของเตาอั้งโล่ เมื่อใช้กับถ่านไม้ ดังรูปที่ 4.8 จะเห็นว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน ดังนั้นความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานอาจอธิบายได้ว่าเป็นส่วนดี ที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่.เวลา เพิ่มขึ้นในเวลารวดเร็วในช่วงแรกเพราะเมื่อนำไปใช้งานในตอนแรก ภาชนะหรืออุปกรณ์ต้องการความร้อนมากในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่ออุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่.เวลา ลดลงจึงไม่มีผลมากนัก เพราะภาชนะหรืออุปกรณ์มีความร้อนสูงแล้ว ส่วนการที่ปริมาณดินเหนียวสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่.เวลา มีแนวโน้มลดลงเพราะเมื่อปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณถ่านหินในถ่านอัดก้อนลดลง และดินเหนียวไม่มีค่าความร้อนเลย จึงทำให้ถ่านอัดก้อนมีค่าความร้อนลดลง ดังนั้นอุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่.เวลา มีแนวโน้มลดลงด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.1 และ 5.2

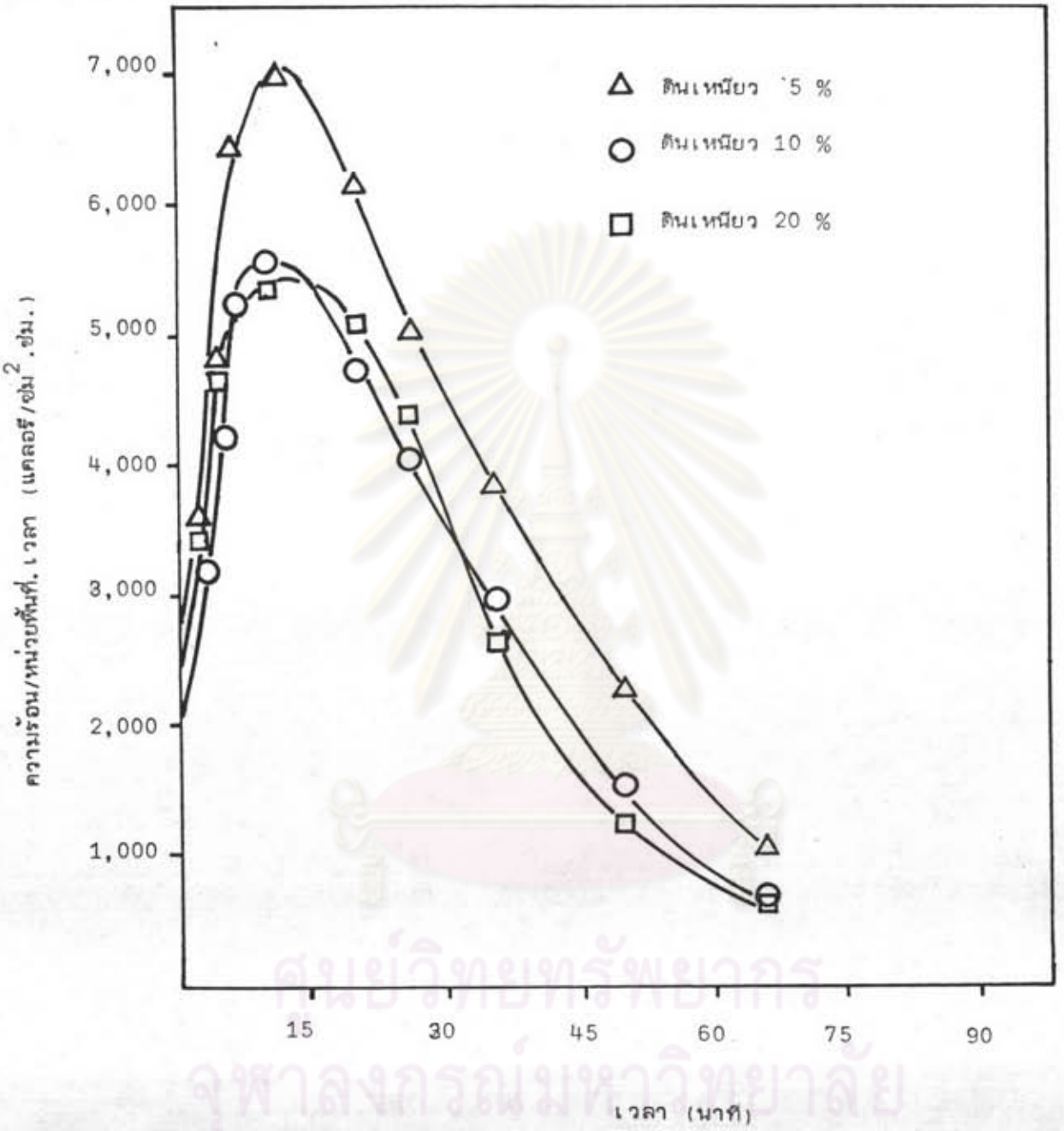
5.3 ผลการทดลองศึกษาคุณสมบัติของถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3 ในการนำไปใช้งาน

เช่นเดียวกับถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 ก่อนนำถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3 ไปใช้งาน ต้องตากแห้งในอากาศความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 65 % เป็นเวลาประมาณ 5-7 วัน ความชื้นในถ่านอัดก้อนคงที่ประมาณ 14 และ 15 % ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.12และ 4.13

5.3.1 ความแข็งแรงของถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3

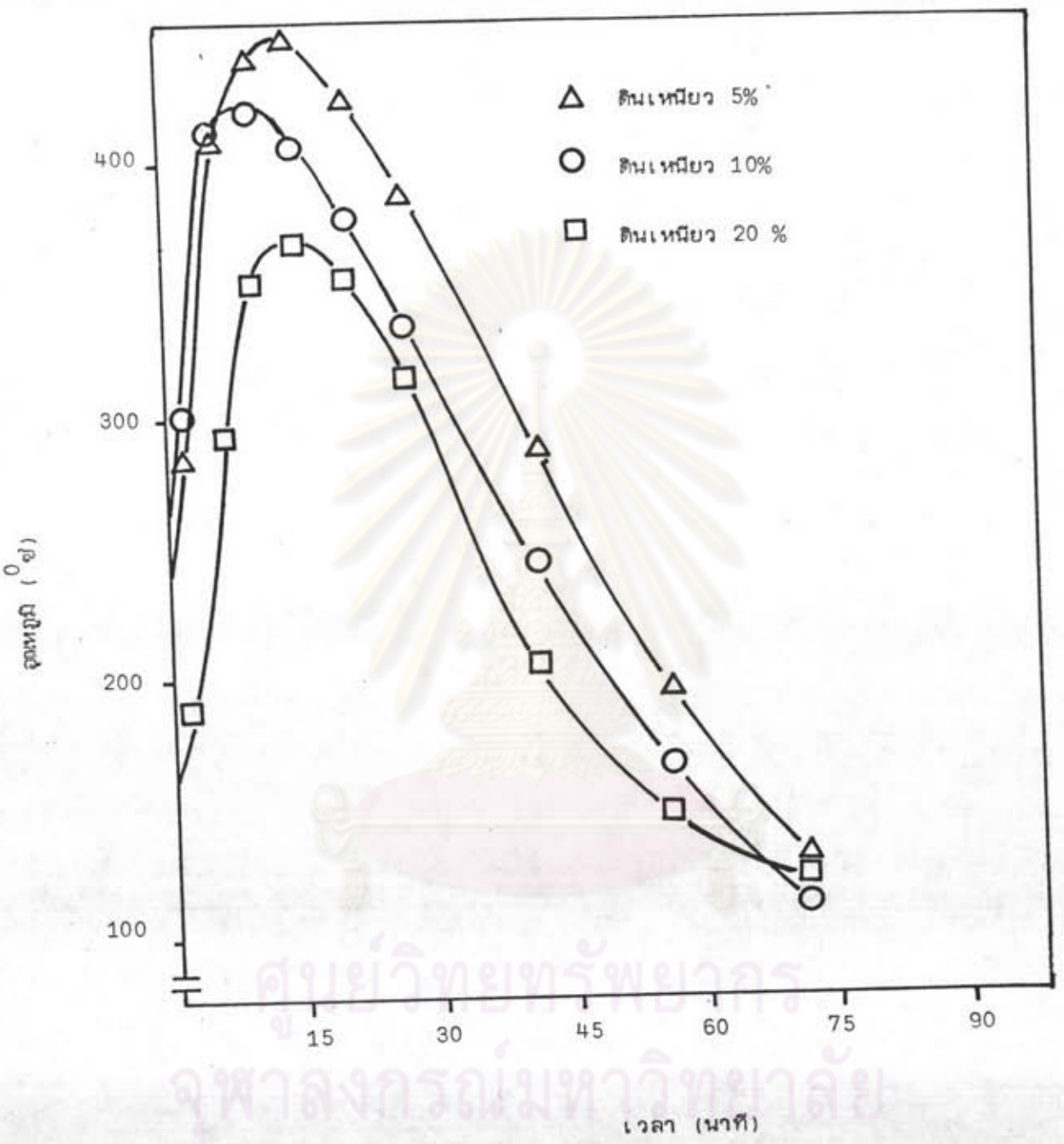
ตารางที่ 4.10 แสดงผลของปริมาณตัวประสานต่อความแข็งแรงของถ่านอัดก้อน ได้ผลการทดลองเหมือนถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 ซึ่งอธิบายได้ด้วยเหตุผลเดียวกัน ส่วนการที่ถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 มีความแข็งแรงสูงที่สุด รองลงมาคือถ่านอัดก้อนแบบที่ 3 และ 1 ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 มีความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือถ่านอัดก้อนแบบที่ 3 และ 1 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นอาจเพิ่มความแข็งแรงของถ่านอัดก้อน โดยการเพิ่มน้ำหนักของส่วนผสมเพื่อให้มีความหนาแน่นมากขึ้นได้ แต่ก็ต้องมีขอบเขตจำกัดเพราะปริมาตรของถ่านอัดก้อนคงที่ และความดันที่ใช้ในการอัดก้อนคงที่เช่นเดียวกัน

แต่อย่างไรก็ตามอาจกล่าวได้ว่าถ่านอัดก้อนทั้ง 3 แบบนี้ ใช้ปริมาณตัวประสานได้ตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป



รูปที่ 5.1 การเปลี่ยนแปลงความร้อน/หน่วยพื้นที่ เวลากับเวลายองถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถ่านอัดก้อน 10 ซม. ปูนยาว 4% $NaNO_3$ 3 % ดิน 5%, 10%, 20% น้ำ 25% อัดด้วยความดัน 1,300 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที จุดถ่านครั้งละ 2 ก้อน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับเวลาของถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของถ่านอัดก้อน 10 ซม. ปูนขาว 4% $NaNO_3$ 3 % ดิน 5%, 10% , 20% น้ำ 25% อัดด้วยความดัน 1,300 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที จุดถ่านครั้งละ 2 ก้อน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2 ประสิทธิภาพของถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3

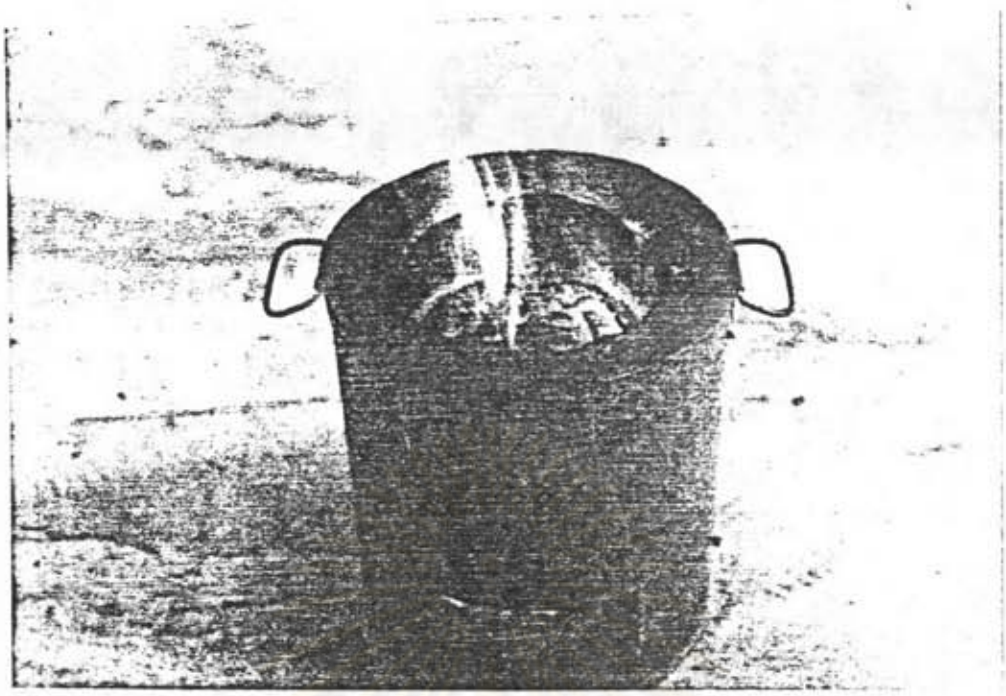
ตารางที่ 4.11 และ 4.12 พบว่าถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3 ให้ผลการทดลองเหมือนกัน คือ ประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้ถ่านอัดก้อนจำนวนเพิ่มขึ้น เป็นเพราะเมื่อเพิ่มจำนวนถ่านอัดก้อน เวลาที่ใช้ในการจุดถ่านให้ติดมานขึ้น และควันหมดช้าลง อาจเกิดจากการที่ใช้เศษไม้แห้งเท่าเดิม ความร้อนที่ถ่ายเทให้ถ่านอัดก้อนเท่าเดิม แต่ปริมาณถ่านอัดก้อนมากขึ้น ย่อมมีปริมาณสำรระเหยมากขึ้น และอีกประการคือ อากาศที่เข้าสู่เตามีปริมาณเท่าเดิมหรือลดลง จึงทำให้ถ่านอัดก้อนจุดติดยากขึ้น และควันหมดช้าลง และในการหาประสิทธิภาพมีค่าลดลง แต่เมื่อใช้งานแบบต่อเนื่อง ประสิทธิภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะถ่านอัดก้อนมีขนาดใหญ่มากพอสมควร ค่าความร้อนในถ่านอัดก้อนต่อ 1 ก้อน มีมาก เมื่อเติมถ่านอัดก้อนลงไป ถ่านอัดก้อนใหม่นี้จะติดไฟเร็วและควันหมดเร็ว ความร้อนที่สูญเสียในช่วงเติมถ่านน้อย ดังนั้นประสิทธิภาพจึงเพิ่มขึ้น

เมื่อปริมาณตัวประสานเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 5 เป็นร้อยละ 10 ประสิทธิภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณตัวประสานเพิ่มจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 20 ประสิทธิภาพมีแนวโน้มลดลง อธิบายได้ด้วยเหตุผลเหมือนถ่านอัดก้อนแบบที่ 1

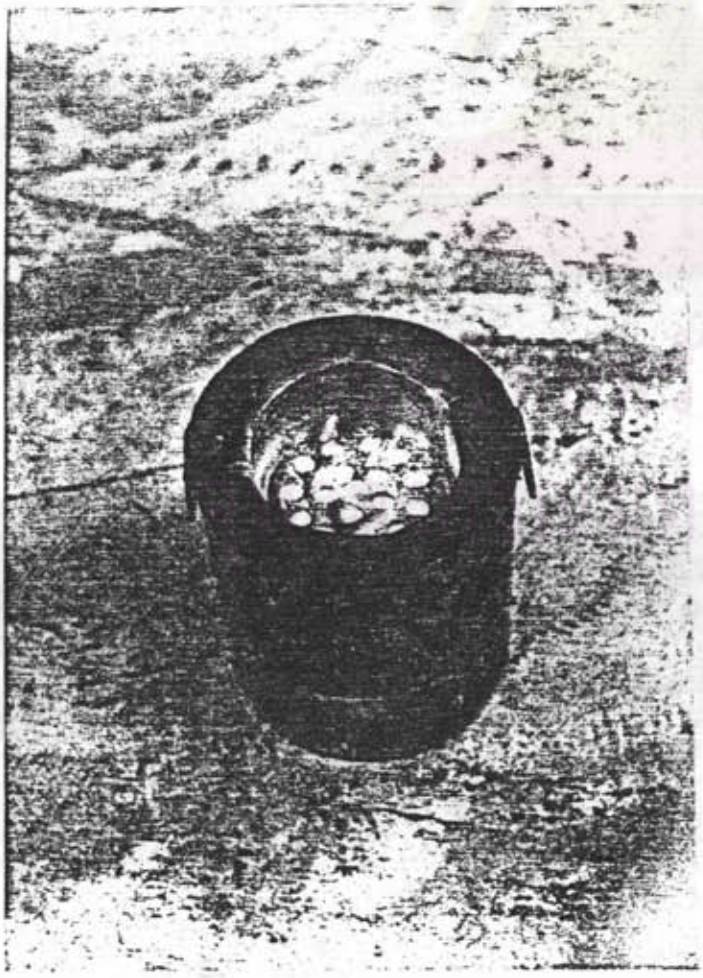
5.3.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความร้อน/หน่วยพื้นที่·เวลากับเวลาของถ่านอัดก้อนแบบที่ 2 และ 3

จากรูปที่ 4.14 และ 4.15 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความร้อน/หน่วย-พื้นที่·เวลากับเวลา สามารถสรุปและอธิบายได้ในทำนองเดียวกับถ่านอัดก้อนแบบที่ 1

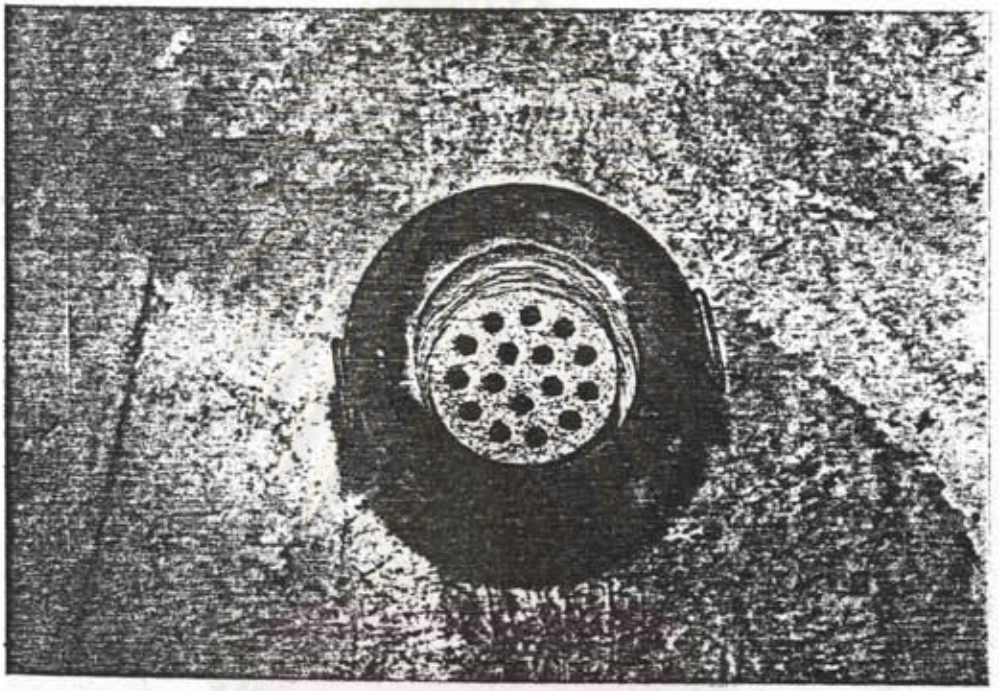
ในการนำถ่านอัดก้อนทั้ง 3 แบบไปใช้งานได้ผลดีพอสมควร ดังตัวอย่างถ่านอัดก้อนที่กำลังติดไฟแล้วคงไว้ในรูปที่ 5.3 และลดลงในเวลาต่อมา ดังรูปที่ 5.4 และถ่านอัดก้อนติดแดงทั้งก้อน เถ้าที่เหลือยังคงรูปเป็นก้อนไม่ปลิวฟุ้งกระจาย ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.3 การลุกไหม้ของถ่านอัดก้อนในช่วงแรก



รูปที่ 5.4 การลุกไหม้ของถ่านอัดก้อน
ในช่วงหลัง



รูปที่ 5.5 เถ้าของถ่านอัดก้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 ผลการนำถ่านอัดก้อนแบบที่ 1 ไปใช้งานในสภาวะอื่น ๆ

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้งานเมื่อเปลี่ยนสภาวะการทดลอง ปกติแล้วการใช้งานด้านเชื้อเพลิงในครัวเรือน โดยเฉพาะถ่านไม้ที่ใช้กับเตาอั้งโล่นั้นมักจะรอให้ควันหมดก่อน จึงเริ่มประกอบอาหารเพื่อมิให้ภาชนะสกปรกมากนัก ซึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาที่รอให้ควันหมดนั้น ต้องสูญเสียความร้อนไปมากพอสมควร ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเปลี่ยนสภาพการใช้งาน ให้ได้ประโยชน์สูงสุด เพื่อเปรียบเทียบกับสภาพการใช้งานเดิมว่าจะดีขึ้นมากน้อยเท่าใด จากผลการทดลองพบว่าเมื่อตั้งน้ำเร็วขึ้น ประสิทธิภาพในการใช้งานหรือปริมาณความร้อนที่ใช้ประโยชน์จะสูงขึ้น โดยประสิทธิภาพการใช้งานจะสูงขึ้นจากร้อยละ 29.14 ของสภาวะที่ 1 เป็นร้อยละ 36.46 ของสภาวะที่ 2 ปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 6.181×10^5 แคลอรี เป็น 7.746×10^5 แคลอรี ถ้าดูจากค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นสูงถึงประมาณ 160,000 แคลอรี่ ต่อการใช้งานหนึ่งครั้ง ซึ่งเป็นปริมาณมากพอสมควร ดังนั้นถ้าการทำความสะอาดภาชนะไม่ลำบากมากนัก จะสามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายทางเชื้อเพลิงไม่น้อยทีเดียว การที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นเพราะว่าได้พลังงานในช่วงเวลาที่ยังมีควันมาใช้ประโยชน์ด้วย ส่วนการทดลองสภาวะที่ 3 และ 4 เป็นสภาวะการทดลองที่ใกล้เคียงการใช้งานจริงมากที่สุด เพราะมักจะมีการเติมเชื้อเพลิงอยู่เสมอ ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการใช้งานจะสูงขึ้นจากร้อยละ 23.71 ของสภาวะที่ 3 เป็นร้อยละ 37.82 ของสภาวะที่ 4 ปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 7.537×10^5 แคลอรีเป็น 12.054×10^5 แคลอรี ถ้าดูจากค่าความร้อนที่เพิ่มสูงขึ้นถึงประมาณ 450,000 แคลอรี ซึ่งเป็นปริมาณมากพอสมควร โดยเหตุผลอธิบายได้ในทำนองเดียวกับสภาวะที่ 1 และ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย