

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (Fuel Briquettes)

เชื้อเพลิงอัดแท่งเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์โดยนำมาใช้ทดแทนไม้ฟืนและถ่านได้ ซึ่งวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหลายชนิดสามารถเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงที่มีคุณค่าด้วยกระบวนการอัดแท่งให้มีความหนาแน่นสูงได้ เนื่องจากวัสดุทางการเกษตรต่างๆก่อนอัดแท่งจะมีความหนาแน่นต่ำและมีปริมาณมากไม่สะดวกต่อการขนส่งและเก็บรักษา แต่เมื่อนำมาอัดแท่งแล้วจะมีปริมาตรลดลงและความหนาแน่นเพิ่มขึ้นทำให้สะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการเก็บรักษาและการขนส่ง

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ปัจจุบันวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและ โรงงานอุตสาหกรรม เช่น จาก โรงสีข้าว โรงเลื่อย และ โรงน้ำตาล เป็นวัสดุประเภทลิกโน-เซลลูโลสซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งได้ โดยวัสดุประเภทนี้ส่วนใหญ่ได้จากพืชซึ่งพืชแต่ละชนิดจะประกอบด้วยสารประกอบทางเคมีอินทรีย์หลายชนิดด้วยกันแต่ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรต และลิกนิน โดยประมาณ 50% ของคาร์โบไฮเดรตในพืชจัดเป็นเซลลูโลส ส่วนลิกนินเป็นสารประกอบฟีนอล (Phenolic Substances) มีอยู่ประมาณ 20-30% ส่วนไม่มีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ เซลลูโลส ลิกนิน สารพิเศษ (Extractive) และสารส่วนน้อย (Minor Constituent) โดยที่เซลลูโลสจัดเป็นสารประกอบที่มีมากที่สุดใ้เนื้อไม้ซึ่งมีประมาณ 50% โดยมวล ส่วนลิกนินเป็นสารประกอบที่มีมากรองจากเซลลูโลสซึ่งมีประมาณ 23-33% โดยมวลในไม้เนื้ออ่อน และ 16-25% โดยมวลในไม้เนื้อแข็ง ในขณะที่สารพิเศษเป็นสารประกอบที่มีลักษณะเฉพาะของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดซึ่งมีประมาณ 5-30% โดยมวล ซึ่งได้แก่ พวกน้ำมันหอม ยาง ไขมัน แป้ง เป็นต้น และสารส่วนน้อยจะมีประมาณ 0.1-3% โดยมวล ส่วนสารประกอบที่ก่อให้เกิดเถ้าในการเผาไหม้คือสารประกอบจำพวกแคลเซียม โปแตสเซียม ฟอสเฟต และซิลิกา เป็นต้น

2. วิธีการอัดแท่ง

การอัดแท่งวัสดุต่าง ๆ นั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 วิธีด้วยกัน คือ

2.1 การอัดโดยใช้ความร้อนเข้าช่วย ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับวัสดุที่มีลิกโน-เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ เช่น เศษไม้ แกลบ ชี้เลื่อย เป็นต้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการทำเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งแบบอัดร้อนได้แก่

2.1.1 ปริมาณความชื้น โดยความชื้นที่เหมาะสมควรมีประมาณ 6-12%

2.1.2 ขนาดของวัตถุดิบ ซึ่งขนาดที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 48-100 mesh โดยขนาดยิ่งละเอียดยิ่งทำให้พื้นที่ผิวในการยึดตัวมากทำให้การอัดแท่งสะดวกขึ้น

2.1.3 แรงดันในการอัดแท่ง โดยความหนาแน่นของเชื้อเพลิงอัดแท่งจะเพิ่มขึ้นตามแรงดันที่ใช้

2.1.4 อุณหภูมิในการอัดแท่ง วัสดุที่ใช้ในการอัดแท่งก่อนที่จะป้อนเข้าเครื่องอัดหากทำให้ร้อนที่ 200-225 °C จะทำให้แรงดันลดลง 2 เท่า

2.2 การอัดโดยไม่ใช้ความร้อน สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบใช้ตัวประสานและไม่ใช้ตัวประสาน เป็นต้น

3. เครื่องอัดแท่ง

เครื่องอัดแท่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

3.1 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Press) สามารถอัดได้ 40-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่มีปัญหาเรื่องการขัดสีของกระบอกสูบและการแตกของลูกสูบ

3.2 เครื่องอัดแบบเกลียว (Screw Press) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

3.2.1 แบบเกลียวรูปกรวย (Conical Screw Press) สามารถอัดได้ 500-1,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีความชื้นประมาณ 8-10%

3.2.2 แบบเกลียวคู่ (Twin Screw Press) สามารถอัดได้ 2,800-3,600 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีความชื้นประมาณ 25%

3.2.3 แบบเกลียวพร้อมขดลวดความร้อน (Screw Press with heated die) อุณหภูมิขดลวดที่ใช้อยู่ที่ 200 - 350 °C และสามารถอัดได้ 50-500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยมีความชื้นของวัสดุประมาณ 8-12%

3.2.4 เครื่องอัดแบบลูกกลิ้ง (Roll Press) เครื่องอัดแบบนี้สามารถอัดเชื้อเพลิงได้ขนาดเล็กกว่าการใช้เครื่องอัดแบบอื่นๆ แต่มีความหนาแน่นต่ำกว่า จึงเหมาะกับการอัดที่ใช้ตัวประสานหรืออัดเป็นแท่งเล็กๆ (Palletizing Press) โดยเครื่องอัดประกอบด้วยพิมพ์

(Matrix) และลูกกลิ้ง(Roller) ซึ่งแรงเสียดสีของพิมพ์และลูกกลิ้งจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นและอัดวัสดุผ่านพิมพ์ ซึ่งโดยปกติขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชือกเพลิงอัดแท่งที่ได้อยู่ที่ 5 -15 มิลลิเมตร โดยมีความยาวน้อยกว่า 30 มิลลิเมตร

4. คุณสมบัติของเชือกเพลิงอัดแท่ง

โดยทั่วไปเชือกเพลิงอัดแท่งมีคุณลักษณะคล้ายฟืนแต่มีค่าความร้อนต่ำกว่าอย่างมาก และเวลาเผาไหม้จะมีควันมาก การประเมินคุณภาพและคุณสมบัติของเชือกเพลิงอัดแท่งจะพิจารณาจากองค์ประกอบสำคัญของเชือกเพลิงเป็นหลักซึ่งมีดังนี้

4.1 ปริมาณความชื้น (Moisture Content) คือ ปริมาณความชื้นต่อปริมาณของเนื้อเชือกเพลิงอัดแท่งอบแห้ง ซึ่งความชื้นมีผลทำให้ค่าความร้อนของเชือกเพลิงอัดแท่งลดลง และทำให้เชือกเพลิงอัดแท่งแตกร่วนได้ง่าย

4.2 ปริมาณเถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอนินทรีย์ที่เหลือจากสภาวะการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ เป็นต้น

4.3 สารที่ระเหยได้ (Volatile Matters) ปริมาณสารระเหยคือส่วนของเนื้อเชือกเพลิงอัดแท่งแห้งที่ระเหยได้ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบหลัก

4.4 คาร์บอนเสถียร (Fixed Carbon) คือ มวลของคาร์บอนที่เหลือในเชือกเพลิงอัดแท่งหลังจากเอาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิประมาณ 950 °C

4.5 กำมะถันรวม (Total Sulfur) คือ ปริมาณ กำมะถันทั้งหมดที่มีอยู่ในเชือกเพลิงอัดแท่ง

4.6 ค่าความร้อน (Calorific Value or Heating Value) ค่าความร้อนของการเผาไหม้จะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนในเชือกเพลิงอัดแท่ง เชือกเพลิงที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณคาร์บอนที่เสถียรเป็นองค์ประกอบอยู่สูงแต่มีสารที่ระเหยได้ปริมาณต่ำ ส่วนเชือกเพลิงที่มีค่าความชื้นสูงจะทำให้เชือกเพลิงมีค่าความร้อนต่ำลง

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชกับการพัฒนาพลังงานทดแทน

ในปี พ.ศ. 2518 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำริให้นำเกลบที่ได้จากการสีข้าวของโรงสีข้าวตัวอย่างจากสวนจิตรลดามาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดิน และนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงแท่ง จึงมีการจัดสร้างโรงบดเกลบขึ้นภายในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา



ภาพที่ 2.1 การนำเกลบจากโรงสีข้าวสวนจิตรลดา มาผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

การดำเนินงานในขั้นแรกเป็นการนำเกลบผสมปูนมาร์ลและปุ๋ยเคมีเพื่อใช้ในการปรับปรุงดิน ต่อมาในปี พ.ศ.2523 โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาจัดซื้อเครื่องอัดเกลบให้เป็นแท่งเพื่อใช้แทนเชื้อเพลิงชนิดอื่น รวมทั้งจำหน่ายแก่บุคคลภายนอก โครงการเกลบอัดแท่งยังคงมีการทดลองและพัฒนาขั้นตอนการผลิตตามพระราชดำริอยู่ตลอดเวลาอย่างเช่นในปี พ.ศ.2528 มีพระราชดำริให้ทดลองอัดเกลบผสมผักตบชวาเพื่อทดลองนำผักตบชวาที่เป็นวัชพืชตามแหล่งน้ำมาทำเป็นเชื้อเพลิงแท่ง ปี พ.ศ.2529 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี พระราชทานคำแนะนำให้ติดตั้งเตากำเนิดความร้อนแทนขดลวดความร้อนที่เครื่องอัดเกลบเพื่อเป็นการประหยัดกระแสไฟฟ้า หลังจากนั้นเนื่องจากเกลบที่อัดแล้วไม่สามารถรักษาสภาพให้เป็นแท่งได้เมื่อน้ำหรือน้ำฝนจะแปรสภาพเป็นเกลบเหมือนเดิม จึงนำเกลบที่อัดแล้วไปเผาให้เป็นถ่านซึ่งช่วยให้สะดวกขึ้นเพราะไม่มีควันและได้ความร้อนสูงกว่า โดยถ่านเกลบอัดแท่งดังกล่าวได้นำไปจำหน่ายให้กับโครงการอื่นๆภายในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา เช่นในระยะแรกของโรงงานแอลกอฮอล์ และนอกจากนั้นยังจำหน่ายแก่บุคคลภายนอกรวมทั้งเคยส่งไปให้ผู้อพยพในค่ายผู้ประสบภัยของสหประชาชาติอีกด้วย จากการที่โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาจัดตั้งโรงสีข้าวตัวอย่างขึ้นในปี พ.ศ.2514 และต่อมาพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระราชดำรินำเกลบที่ได้จากการสีข้าวไปผลิตเกลบอัดแท่งเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิง แต่ยังมีเกลบเหลือเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในปี พ.ศ.2545 -2548 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ศึกษาและพัฒนานำ

แลกเปลี่ยนที่มีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบพลังงานความร้อน โดยนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานให้กับเครื่องทำความเย็นแบบดูดซึมชนิดใช้น้ำร้อน (Hot Water Fired Absorption Chiller) ผลิตน้ำเย็นสำหรับอาคารควบคุมสภาวะแวดล้อมเพื่อทำการเพาะเห็ดเขตหนาว และใช้กับเครื่องปรับอากาศของอาคารวิจัยเห็ด อาคารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งศาลาหามงคตภายในโครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดาเพื่อเป็นโครงการตัวอย่างให้แก่ผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป โดยจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่ามาจากแนวทางพระราชดำริของพระองค์ที่ทำให้มีการพัฒนาเชื้อเพลิงอัดแท่งใช้กันอยู่ทุกวันนี้

เครื่องปั้นดินเผา (Pottery)

เครื่องปั้นดินเผา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเปลี่ยนรูปวัตถุดิบประเภทสารอนินทรีย์ให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนรูปดินเป็นผลิตภัณฑ์ถ้วยชาม เครื่องใช้ การเปลี่ยนรูปทรายเป็นผลิตภัณฑ์แก้วและขวด และการเปลี่ยนรูปหินเป็นซีเมนต์ เป็นต้น

1. ประเภทของเครื่องปั้นดินเผา

เครื่องปั้นดินเผาเป็นเซรามิกประเภทหนึ่งซึ่งผลิตจากดิน หิน และแร่ธาตุต่างๆ ผ่านการเผาจนแข็งแกร่งคงรูปอยู่ได้นาน โดยสามารถแบ่งเครื่องปั้นดินเผาตามลักษณะเนื้อดินปั้นได้ 4 ประเภท คือ

1.1 Terra Cotta เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีดินเป็นส่วนประกอบอย่างเดี่ยว เช่น กระถางต้นไม้ แจกัน เนื้อดินมีความพรุนสูงซึมน้ำมากกว่า 7 % อุณหภูมิการเผาประมาณ 750-800 °C หรือเผาแกร่งที่ 1,050-1,100 °C ปกติไม่มีการเคลือบ

1.2 Earthenware เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหนาที่บดแสง เนื้อดินปั้นประกอบด้วยวัตถุดิบหลัก 4 ชนิด คือ ดินขาว (Kaolin) ดินเหนียว (Ball Clay) หินฟันม้า (Feldspar) และควอทซ์ (Quartz) อัตราส่วนผสมขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ โดยอุณหภูมิเผาที่ประมาณ 750 - 800 °C และอุณหภูมิเผาเคลือบอยู่ที่ 1,200 °C

1.3 Stoneware เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงสูงเคลือบที่บดแสง เนื้อดินมีส่วนประกอบของหินมากกว่าประเภท Earthenware อุณหภูมิเผา 900 °C และอุณหภูมิเผาเคลือบ 1,200 °C

1.4 Porcelain เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อบาง โปร่งแสง เนื้อดินแข็งแรงไม่ดูดซึมน้ำ องค์ประกอบหลัก คือ ดินขาวและควอทซ์ อุณหภูมิเผา 900 °C และอุณหภูมิเผาเคลือบประมาณ 1,250-1,300 °C

1.5 Bone China เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อบางโปร่งแสงและมันวาวสีขาว มีความแข็งแรงสูงไม่ดูดซึมน้ำ ส่วนประกอบสำคัญ คือ เถ้ากระดูก (Bone Ash) อุณหภูมิเผาประมาณ $1,200^{\circ}\text{C}$ ส่วนอุณหภูมิเผาเคลือบประมาณ $1,080^{\circ}\text{C}$

ระยะเวลาการเผาขึ้นอยู่กับประเภทของเซรามิก องค์ประกอบของเนื้อดิน และชนิดของการเผาเป็นสำคัญ โดยทั่วไประยะเวลาการเผาประมาณ 5-10 ชั่วโมง และการเผาเคลือบ 8-10 ชั่วโมง

2. วัตถุดิบ (Raw Material)

เครื่องปั้นดินเผาผลิตมาจากวัตถุดิบประเภทสารอนินทรีย์ทนไฟแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

2.1 วัตถุดิบมีความเหนียว เป็นตัวช่วยในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ประกอบด้วย ดินขาว ดินเหนียว ดินดำ ซึ่งดินขาวช่วยลดการหดตัวและเพิ่มความแข็งแรง ดินเหนียวและดินดำ ช่วยเพิ่มการยึดเกาะของเนื้อดิน

2.2 วัตถุดิบไม่มีความเหนียว แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

2.2.1 ตัวหลอมละลาย (Flux) เป็นตัวลดอุณหภูมิการสุกตัวของวัตถุดิบต่างๆ และเป็นตัวประสานผลึกของวัตถุดิบต่างๆ ให้หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น หินฟันม้า เถ้ากระดูก Talc Dolomite เป็นต้น

2.2.2 ตัวทนไฟ (Filler) ช่วยความพรุนตัวและลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์หลังการเผา เช่น ควอทซ์ และ Alumina เป็นต้น

3. การขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผา (Forming)

วิธีการขึ้นรูปขึ้นอยู่กับรูปร่างผลิตภัณฑ์และชนิดของเนื้อดินซึ่งมีอยู่ 3 ชนิด คือ ดินเหนียว (Plastic Clay) ดินร่วน (Semi-Dry Clay) และน้ำดิน (Slip) วิธีการขึ้นรูปมีดังนี้

3.1 การขึ้นรูปด้วยมือ (Hand Modeling) ส่วนมากจะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท Terra Cotta Earthenware และ Stoneware การขึ้นรูปด้วยมือจะเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่หรือผลิตภัณฑ์ที่มีรายละเอียดไม่มาก

3.2 การขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน (Wheel Throwing) คล้ายกับการขึ้นรูปด้วยมือแต่เนื้อดินจะอ่อนหรือเหนียวกว่า ผลิตภัณฑ์ส่วนมากจะมีรูปร่างกลมหรืองานประติมากรรม

3.3 วิธี Jiggering & Jolleying ใช้เครื่องมือในการกำหนดรูปร่างผลิตภัณฑ์ วิธี Jiggering ใช้แบบพิมพ์เป็นรูปร่างภายในและใบมีดโลหะจัดแต่งรูปร่างภายนอก ส่วนวิธี Jolleying ใช้แบบพิมพ์เป็นรูปร่างภายนอกและใบมีดโลหะเป็นตัวกำหนดรูปร่างภายใน

3.4 Roller Head Machine ใช้เครื่องจักรทำงานซึ่งแบบพิมพ์มี 2 ส่วน คือ แบบพิมพ์ภายในและ Roller Head เป็นแบบพิมพ์ภายนอกซึ่งจะหมุนส่วนทางกัน โดยเนื้อดินจะถูกแรงเสียดทานออกจากกันด้วยความเร็วเป็นรูปร่างผลิตภัณฑ์

3.5 วิธีหล่อน้ำดิน (Slip Casting) เป็นวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีรายละเอียดมาก รูปร่างและความหนาไม่สม่ำเสมอมี 2 วิธี คือ

3.5.1 การหล่อแบบเทออก (Drain Casting) สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ภายในกลวงโดยเทน้ำดินหล่อในแบบพิมพ์ ดินจะจับตัวกับผนังแบบพิมพ์เมื่อได้ความหนาตามต้องการ และจะเทน้ำหล่อดินที่เหลือออกทิ้งไป

3.5.2 การหล่อตัน (Solid Casting) สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่ควบคุมความหนา โดยแบบพิมพ์ภายในและภายนอกประกอบเข้าด้วยกันก่อนจะฉีดน้ำหล่อดินเข้าในช่องว่างแบบพิมพ์จนเต็ม แบบพิมพ์จะดูจนน้ำแห้งแต่เนื้อดินจนแห้ง

3.6 วิธีอัดดินเหนียว (Plastic Pressing) หรือการอัด Ram press แบบพิมพ์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบพิมพ์ภายในและภายนอกของรูปร่างผลิตภัณฑ์

3.7 วิธีอัดดินฝุ่น (Semi Dry Forming) เป็นวิธีที่ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวมากที่สุด โดยการหดรัดตัว ส่วนมากใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จำพวกกระเบื้องและกระเบื้องปูพื้น

4. การอบแห้ง (Drying)

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการขึ้นรูปต้องระเหยความชื้นออกจากเนื้อผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุดก่อนเผา เนื้อดินที่มีความชื้นสูงจะมีการหดตัวมากกว่าปกติและจะเสียรูปทรงได้ง่าย การอบแห้งจึงต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการสูญเสียความชื้นและการหดตัว การอบแห้งมีวิธีต่างๆหลายวิธี เช่น วิธี Hot floor Dryer โดยใช้ความร้อนทิ้งจากปล่องไฟของเตาเผาอบแห้งผลิตภัณฑ์ วิธีรังสีอินฟราเรด โดยผลิตภัณฑ์จะดูดกลืนรังสีและเกิดพลังงานความร้อนขึ้นในโมเลกุลของน้ำ วิธีไฟฟ้า โดยป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านเนื้อดิน โดยจะทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงและมีพลังงานสูงขึ้นจนเปลี่ยนสถานะเป็นไอ วิธีคลื่นความถี่สูง สามารถใช้ออบแห้งและร่วมกับการเผาเพื่อเพิ่มอัตราการเร่งอุณหภูมิการเผาให้สูงขึ้นทำให้ระยะเวลาในการเผาลดลง ปกติการเร่งอุณหภูมิการเผาจะต้องไม่เกิน $5^{\circ}\text{C}/\text{นาท}$ แต่เมื่อใช้คลื่นความถี่สูงร่วมด้วยสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง $35^{\circ}\text{C}/\text{นาท}$

5. การเผาเครื่องปั้นดินเผา (Pattery Firing)

สิ่งสำคัญในการเผาเครื่องปั้นดินเผา คือ ระดับอุณหภูมิและช่วงระยะเวลาการเผาจะต้องมีความสัมพันธ์กัน โดยมีข้อพิจารณา 2 ประการสำคัญดังนี้

5.1 พหุติกรรมที่เกิดจากการเผาซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงภายในเนื้อดินดังนี้

5.1.1 การเผาระเหยน้ำ (Water Smoking Period) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มการเผา โดยความชื้นในเนื้อดินมี 3 รูปแบบ คือ Mechanical Water ซึ่งจะระเหยที่อุณหภูมิประมาณ 110°C ส่วน Hygroscopic Water ระเหยเป็นไอที่อุณหภูมิประมาณ 149°C เป็นตัวทำให้เนื้อดินของผลิตภัณฑ์เกิดความพรุน และ Chemically held Water ระเหยเป็นไอที่อุณหภูมิประมาณ 400°C

5.1.2 การแตกตัวของสาร (Decomposition) สารต่างๆในดินจะเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกันออกไปเมื่อได้รับความร้อน เช่น Carbon ถูกเผาเป็น CO , CO_2 ที่อุณหภูมิ 400°C ขึ้นไป Carbonate สลายตัวเป็น CO_2 ที่อุณหภูมิประมาณ $400\text{-}890^{\circ}\text{C}$ ส่วน Sulphate สลายตัวเป็น SO_2 ที่อุณหภูมิ 500°C และ Ferric Oxide แตกตัวให้ O_2 ที่อุณหภูมิสูงกว่า $1,100^{\circ}\text{C}$

5.1.3 การสุกตัวของผลิตภัณฑ์ ในการเผาที่ช่วงอุณหภูมิที่ต่ำนั้นน้ำและอินทรีย์สารถูกขับออกจากเนื้อดินทำให้โครงสร้างดินเริ่มเปลี่ยนสภาพ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอุณหภูมิแสดงได้ดังตารางที่ 2.1 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมวัตถุดิบและขนาดอนุภาค ซึ่งการสุกตัวที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสูงสุดและช่วงระยะเวลาในการเผาที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 2.1 Effect of Heat on Pottery Bodies

Temperature (° C)	Reactions
Up to 100	Loss of Moisture
100-200	Removal of Adsorbed Water
450	Dehydroxylation
500	Oxidation of Organic Matter
573	Quartz inversion to high form
980	Spinel form from Clay, Start of Shrinkage
1,000	Primary Mullite forms
1,050-1,100	Glass form from Feldspar, Mullite grows, Shrinkage Continues
1,200	More Glass, Mullite grows, Pores Closing
1,250	Glass 60 % , Mullite 21 % , Quartz 19 % , Pores at Minimum

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ถูกเผาในแต่ละระดับอุณหภูมิซึ่งข้อควรระวังคือช่วงอุณหภูมิ 230-573 °C โดยเรียกว่า Critical Temperature เนื่องจาก Quartz เปลี่ยนรูปจาก α -Quartz ไปเป็น β -Quartz ซึ่งจะเกิดการขยายตัวอย่างรุนแรงมีผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการระเบิดหรือแตกร้าวได้ง่าย จึงต้องควบคุมการเพิ่มอุณหภูมิให้ไม่เกิน 100 °C/ชั่วโมง หรือ 1.6 °C/นาที บรรยากาศการเผาขณะเริ่มการเผาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 900 °C จะควบคุมบรรยากาศเป็น Oxidation ปริมาณออกซิเจนมากกว่าความต้องการตามทฤษฎีเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์โดยออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเนื้อดินเพื่อขจัดสารมลทินต่าง ขณะที่ช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 900 °C บรรยากาศการเผาจะเป็น Reduction เพื่อช่วยในการฟอกสีผลิตภัณฑ์ให้ขาวขึ้น การกำหนดระยะเวลาการเผาในทางปฏิบัติจะสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับระดับอุณหภูมิเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการตรวจสอบการเผา ปัจจัยสำคัญในการกำหนดระยะเวลาการเผาขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่จะเผา การจัดวางผลิตภัณฑ์ในเตาเผา ความหนาของผลิตภัณฑ์ ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาการเผา และระดับการเพิ่มของอุณหภูมิการเผาและการเผาเคลื่อน

6. เตาเผาเครื่องปั้นดินเผา (Pottery Kiln)

เตาเผาเครื่องปั้นดินเผาที่มีรูปร่างเหมาะสมที่สุดจะเป็นรูปลูกบาศก์ ซึ่งสัดส่วนพื้นที่ว่างภายในต่อพื้นที่ผนังเตาจะมากกว่ารูปร่างอื่น เตาเผารูปร่างทรงกระบอกจะมีการไหลเวียนของอากาศร้อนได้ดีกว่าแต่การสร้างมีความยุ่งยาก ข้อควรคำนึงถึงในการพิจารณาเลือกเตาเผา คือ การเพิ่มอุณหภูมิ การกระจายของอุณหภูมิ การควบคุมการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีของผลิตภัณฑ์ภายในเตา และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ในการออกแบบเตาเผาโดยทั่วไปมีข้อพิจารณา 3 ประการ คือ ขนาดเตาเผา จำนวน Burner และช่องระบายอากาศ โดยเตาเผาแบ่งตามวิธีการเผาได้ 2 ประเภท คือ

6.1 เตาเผาแบบเป็นงวด (Periodic Kilns) การเผาจะเสร็จสิ้นเป็นครั้งๆ โดยแต่ละครั้งจะมีการนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาแล้วออกจากเตาก่อนที่จะดำเนินการเผาครั้งต่อไป เตาเผาแบบเป็นงวดแบ่งตามรูปแบบเตาเผา ดังนี้

6.1.1 Stationary Kiln ตัวเตาติดตั้งอยู่กับที่โดยที่ผลิตภัณฑ์จะถูกนำเข้าจัดวางในเตา และหลังการเผาจะเคลื่อนย้ายออกก่อนจัดเตรียมเผาครั้งต่อไป

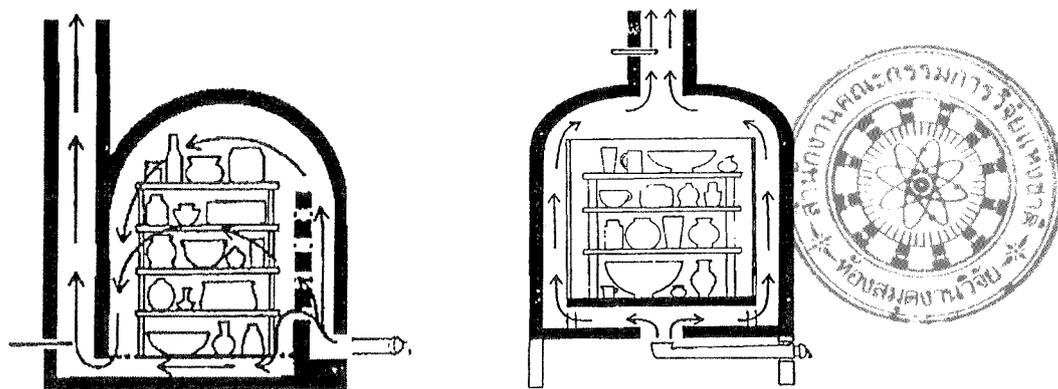
6.1.2 Elevator Kiln โครงสร้างเตาเผาสามารถยกขึ้นและยกลงได้โดยผลิตภัณฑ์จะอยู่กับที่ การกระจายกระแสอากาศร้อนมีความสม่ำเสมอ

6.1.3 Shuttle Kiln ตัวเตาจะติดตั้งอยู่กับที่โดยที่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเผาจัดวางอยู่บนรถเข็นซึ่งสามารถเลื่อนเข้า-ออกจากเตาเผาตามรางเลื่อน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันแบ่งตามทิศทางการไหลของอากาศร้อนได้ 2 รูปแบบดังภาพที่ 2.2 คือ

1) Updraft kiln กระแสอากาศร้อนไหลจากด้านล่างเตาเผาผ่านผลิตภัณฑ์และอากาศเสียไหลออกทางด้านบน เตาเผาแบบนี้จะออกแบบและสร้างง่าย มีข้อดีคือระบายอากาศเสียออกจากเตาอย่างรวดเร็ว ไม่รบกวนผลิตภัณฑ์ แต่มีข้อเสียคือการกระจายอุณหภูมิในเตาไม่สม่ำเสมอต้องใช้ Burner ขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว

2) Downdraft Kiln กระแสอากาศไหลออกจากด้านล่างเตาขึ้นสู่เพดานก่อนที่จะวนผ่านผลิตภัณฑ์และอากาศเสียไหลออกทางร่องพื้นเตาก่อนที่จะไหลออกทางปล่องระบายต่อไป เตาแบบนี้มีการใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ การกระจายอุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอมากกว่า Updraft Kiln แต่การออกแบบ Downdraft Kiln มีข้อพิจารณา 3 ประเด็น คือ ห้องเผาใหม่ พื้นที่ว่างภายในเตา และปล่องระบายอากาศ ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสามจะต้องมีความสัมพันธ์กันเพื่อให้กระแสอากาศร้อนในเตากระจายอย่างทั่วถึงก่อนไหลออกทางปล่องระบาย จากข้อเสนอแนะของ Bernard Leach กล่าวว่า เส้นผ่านศูนย์กลาง

ปล่องระบายอากาศเท่ากับ 1/4 - 1/5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางตัวเตา และสูงเท่ากับ 25 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง โดยระยะจากห้องเผาไหม้ถึงพื้นที่ว่างภายในเตาประมาณ 10-12 เซนติเมตร



Updraft kiln

Downdraft Kiln

ภาพที่ 2.2 ลักษณะเตาเผาแบบ Updraft และ Downdraft

6.2 เตาเผาแบบต่อเนื่อง (Continuous Kilns) อุณหภูมิแต่ละตำแหน่งของเตาจะคงที่ตลอดเวลา ผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ผ่านแต่ละระดับอุณหภูมิของเตาเป็นลำดับจากระดับต่ำไปสู่ระดับอุณหภูมิสูงที่ตั้งไว้ การเตรียมผลิตภัณฑ์ต้องมีความต่อเนื่องตลอดเวลา โดยเตาเผาประเภทนี้มีประสิทธิภาพการเผาสูงกว่าเตาเผาเป็นงวด ซึ่งเตาเผาแบบต่อเนื่องแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

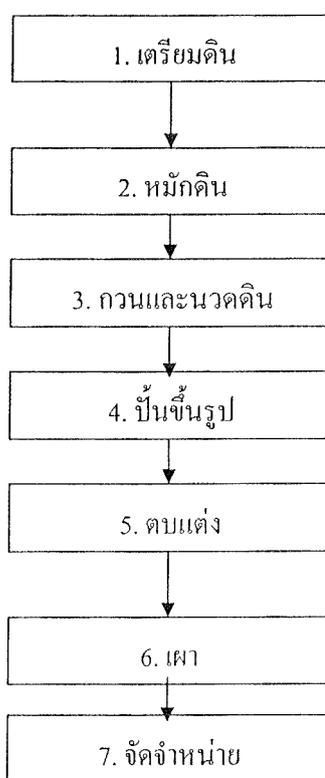
6.2.1 Rotary Kilns ลักษณะคล้ายท่อที่มีแกนเอียงจากแนวระนาบเล็กน้อยและหมุนรอบตัวเองอย่างช้าๆ ส่วนมากใช้เผาวัสดุทนไฟและซีเมนต์

6.2.2 Tunnel Kilns มีอยู่ 4 แบบ คือ Direct Fired, Tunnel Kiln, Muffle Tunnel Kiln และ Controlled Atmosphere Tunnel Kiln ตัวเตาจะมีความยาวตั้งแต่ 1.8-60 เมตร แบ่งพื้นที่ความยาวออกเป็น 3 ส่วน คือ Preheat Zone, Firing Zone และ Cooling Zone การป้อนผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา มี 3 ส่วน คือ Roller Hearth, Pusher Slab และ Kiln Cars ขึ้นอยู่กับชนิดผลิตภัณฑ์ ลักษณะการแบ่งพื้นที่และระดับอุณหภูมิ Tunnel Kiln ในปัจจุบัน Roller Hearth Kiln ได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องสามารถเร่งระยะเวลาการเผาไหม้ได้มากกว่าเดิม 50-200 % โดยเปลวความร้อนในช่วง Firing Zone ได้ไหลผ่านชนผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาพร้อมๆ กันทุกๆ ด้าน ทำให้อุณหภูมิที่เนื้อดินผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ที่สามารถเร่งอุณหภูมิการเผาได้เร็วขึ้นกว่าเดิมโดยเนื้อดินผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียรูปทรงหรือแตกร้าว

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดงานวิจัย	
วันที่.....	13 ส.ค. 2555
เลขทะเบียน.....	243192
เลขเรียกหนังสือ.....	

7. ขั้นตอนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาในปัจจุบันมีการผลิตที่แพร่หลายกระจายกันไปทั่วทุกภูมิภาค ส่วนใหญ่นั้นผลิตเป็นอุตสาหกรรมระดับชุมชนโดยทำการผลิตเป็นอาชีพเสริมจากการทำเกษตรกรรม โดยกรรมวิธีการผลิตมีทั้งการผลิตด้วยวิธีดั้งเดิมและพัฒนาการผลิตโดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยเพื่อเพิ่มผลผลิต ขั้นตอนการผลิตแสดงได้ดังภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงไม้



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทองทิพย์ พูลเกษม (2542)⁽¹⁾ ได้ศึกษาการนำเปลือกทุเรียนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยวิธีการอัดแท่งแบบร้อนและเย็น พบว่าเมื่อนำเปลือกทุเรียนที่มีความชื้นร้อยละ 75-80 มาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยเครื่องสับแล้วตากแดดจนมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 45 ไปอัดแท่งแบบเย็น โดยไม่ใช้ตัวประสานและใช้ตัวประสานแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง เปลือกทุเรียนอัดแท่งดังกล่าวจะให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกัน โดยในการอัดแท่งที่ไม่ใช้ตัวประสาน ใช้ตัวประสานเป็นแป้งเปียก และแบบที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อน 3,671, 3,699 และ 3,625 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับการอัดแท่งแบบร้อน ซึ่งจะนำเปลือกทุเรียนที่มีความชื้นร้อยละ 45 นี้ไปตากแดดให้เหลือความชื้นร้อยละ 10 แล้วนำไปอัดร้อน พบว่าเปลือกทุเรียนที่อัดแท่งด้วยวิธีอัดร้อนนี้จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.45 kWh/Kg น้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอัดเย็น (0.08 kWh/Kg น้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนพบว่ามีค่าสูงกว่าฟืนไม้ยูคาลิปตัสร้อยละ 6

พันตรีประทีป ปิ่นท้วม (2538)⁽²⁾ ได้ศึกษาการนำขี้เลื่อยที่เหลือทิ้งหลังจากการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนไม้ฟืนได้ มีคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงใกล้เคียงกับฟืนไม้ยูคาลิปตัส โดยการผสมผัคตบขวหมักกับขี้เลื่อยในสัดส่วน 1:50, 1:40, 1:20, 1:10, 1:7, 1:2 และ 1:1 (โดยน้ำหนัก) และการอัดร้อนจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในระหว่างการอัดมากกว่าการอัดเย็น 2-3 เท่า คือ การอัดเย็น เฉลี่ย 0.0532 kw.h/kg และการอัดร้อนเฉลี่ย 0.1428 kw.h/kg ตามลำดับ

สุริยา ชัยเดชทยากุล (2544)⁽³⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากส่วนผสมกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียและเศษชิ้นไม้สับของโรงงานผลิตเชื้อกระดาษ โดยการนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียมาผสมกับเศษชิ้นไม้สับจำนวน 11 อัตราส่วนผสมดังนี้ 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 และ 0:100 โดยน้ำหนัก แล้วอัดเป็นแท่งจากนั้นเผาให้เป็นถ่านเชื้อเพลิง และทำการศึกษาคุณสมบัติด้านเชื้อเพลิงตามมาตรฐาน ASTM รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการลงทุนเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยในแต่ละส่วนผสมทำการทดลอง 10 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างกากตะกอนกับเศษชิ้นไม้สับตั้งแต่ 100:0 ถึง 40:60 โดยน้ำหนัก สามารถอัดขึ้นรูปเป็นแท่งได้ โดยส่วนผสมที่มีเศษชิ้นไม้สับเพิ่มขึ้นจะอัดขึ้นรูปได้ยากขึ้นและใช้เวลาในการอัดมากขึ้นทำให้มีเนื้อไม้สับมาเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่อนำไปเผาเป็นถ่านแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติหลักทางด้านเชื้อเพลิง ได้แก่ ปริมาณความร้อน ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย คาร์บอนคงตัว กำมะถันรวม และค่าความร้อน แล้วหาส่วนผสมที่ดีที่สุด พบว่าอัตราส่วนผสม 70:30 โดย

น้ำหนักมีคุณสมบัติที่ดีที่สุด เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ มีค่าใกล้เคียงกับฟืน แกลบ และในการศึกษาด้านการลงทุนพบว่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงถึงร้อยละ 30.73 เมื่อขายในราคา 9 บาท/กิโลกรัม และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของโรงงานในปัจจุบันพบว่าหากนำไปผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจะให้ค่าตอบแทนสูงกว่าการนำไปเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา และมีความเหมาะสมกว่าในการใช้ทรัพยากรให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้วยการใช้เทคโนโลยีพื้นฐานที่มีอยู่ในประเทศ รวมทั้งเป็นการลดความสกปรกภายในโรงงานอีกด้วย

จำเนียรสุข แสงศรี และคณะ (2542)⁽⁴⁾ ได้ศึกษาการนำแอนทราไซต์ผงเหลือทิ้งมาผลิตความร้อนเพื่อทดแทนถ่านบาร์บีคิว ผลการทดลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านบาร์บีคิวแอนทราไซต์ผงมีคาร์บอนคงตัว เถ้า และค่าความร้อนสูง แต่มีความชื้นและสารระเหยต่ำ ขณะที่วัสดุชีวมวลมีคาร์บอนคงตัวและค่าความร้อนต่ำแต่มีความชื้นและสารระเหยสูง โดยที่ชีลื้อจะมีเถ้าต่ำกว่าชานอ้อยและแกลบข้าว แอนทราไซต์อัดก้อนที่มีอัตราแป้งมันสำปะหลังต่อแอนทราไซต์เท่ากับ 4.55:1 จะเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการอัดก้อน โดยมีค่าความแข็งแรงอัด 11.71 kg/cm^3 เมื่อนำแอนทราไซต์ผสมชีวมวลจะทำให้การลุกติดไฟดีขึ้น โดยวัสดุที่เหมาะสมที่สุดคือ แอนทราไซต์ : ชีลื้อ : แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 5.7:1:1.5 เนื่องจากมี ค่า Percentage Heat Utilized สูงกว่าถ่านบาร์บีคิว ส่วนค่า Five Power และ Overall Specific Fuel Consumption ต่ำกว่าถ่านบาร์บีคิว โดยมีราคาต้นทุน 11.96 บาท/กิโลกรัม

Slupek et al. (2000)⁽⁵⁾ ได้ศึกษาการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่จากการบำบัดน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยนำกากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดซึ่งเป็นกากตะกอนที่รีดน้ำออกแล้วมาทำการหมักด้วยกรรมวิธีเหมือนการทำปุ๋ยหมัก หลังจากนั้นทำการอัดเป็นแท่งแล้วนำไปเผาทดสอบเพื่อวัดค่าความร้อนและก๊าซต่างๆที่เกิดจากการเผาไหม้ เช่น NO_x , CO_x , SO_2 และโลหะหนักในเถ้า (Ash) และเถ้าลอย (Fly Ash) จากการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนหมักที่มีความชื้น 15% จะให้ค่าความร้อนต่ำ (LHV) ประมาณ 10 MJ/kg (2,390 kcal/kg) และค่าความร้อนสูง (HHV) ประมาณ 12.5 MJ/kg (2,988 kcal/kg) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ เนื่องจากสภาวะการเผาไหม้ของกากตะกอนหมักอัดแท่งและค่าความร้อนที่ได้ใกล้เคียงกับ Brown Coal นอกจากนี้การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนหมักยังมีมลพิษทางอากาศต่ำกว่า Brown Coal อีกด้วย

Chang (2001)⁽⁶⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยมีส่วนผสมต่างๆ (โดยน้ำหนัก) ได้แก่ กากตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวเคมี 20-30% ถ่านหิน 40-50% coal slime 15-20% carbide slay 1-4% ดินเหนียว 1-5% สารช่วยในการเผาไหม้ 1-4% และสารดับกลิ่น 0.5-1% โดยมีค่าการใช้จ่ายในการผลิตต่ำ สามารถลดการใช้ถ่านหินได้ 10-25% ลดการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์

ไคออกไซด์ได้ 60-75% และลดฝุ่นจากการเผาไหม้และความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ได้มาก และยังเพิ่มอุณหภูมิในเตาเผาได้ 100-150 °C

Swany et al. (2000)⁽⁷⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้กากตะกอนจากถังตกตะกอนผสมกับขยะที่เป็นของแข็งต่างๆที่เกิดขึ้นในโรงงานผลิตกระดาษและผงถ่านหิน ซึ่งเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งในครัวเรือนและในโรงงานอุตสาหกรรม

Dummerdolf et al. (1998)⁽⁸⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยการนำกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนมาผสมกับ brown coal หรือ brown coal coke ในอัตราส่วนกากตะกอนต่อ brown coal ตั้งแต่ 1:3 จนถึง 3:1 โดยน้ำหนัก และนำมาอัดที่ความดันมากกว่า 50 บาร์ เพื่อให้คงรูป เชื้อเพลิงอัดแท่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางความร้อนโดยใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในเครื่องผลิตไอน้ำ (Boiler) ของโรงผลิตไฟฟ้า หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางเคมีในกระบวนการไพโรไลซิส หรือกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเพื่อการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

Schulz (1998)⁽⁹⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้กากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนโดยผสมกับปูนดิบและตัวประสานเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับแท่งเชื้อเพลิงแล้วทำการอัดส่วนผสมให้เป็นรูปทรงที่ต้องการ โดยอาจเติมถ่านหินลงไปเพื่อเพิ่มค่าความร้อนให้กับแท่งเชื้อเพลิงได้

Sell et al. (1988)⁽¹⁰⁾ ได้ศึกษาการกำจัดกากตะกอนโดยการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งเพื่อลดการใช้ที่ดินในการฝังกลบเพื่อกำจัดกากตะกอน จากการทดลองพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนมีค่าความร้อนมากกว่า 6,000 Btu/(dry) lb และเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีปริมาณของแข็งมากกว่า 80% จะทนแรงอัดได้สูงและทนทานต่อการกัดเซาะได้ดี

Muller (1986)⁽¹¹⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากกากตะกอนน้ำเสียชุมชนผสมกับเศษใบไม้แห้ง หรือส่วนของเศษใบไม้ที่เหลือจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้กากตะกอน 0.3-0.6 ส่วนต่อเศษใบไม้ 1 ส่วน และกากตะกอน 0.6-1.0 ส่วนต่อส่วนผสมของเศษใบไม้ที่เหลือจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย 1 ส่วน พบว่าเศษใบไม้และส่วนของเศษใบไม้ที่เหลือจากการสกัดด้วยตัวทำละลายจะช่วยลดความชื้นในกากตะกอนได้ดีเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีค่าความร้อนประมาณ 4,300 kcal/kg โดยมีการเผาไหม้คล้ายกับถ่านหินลิกไนต์ ถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้มีปริมาณมากแต่ประกอบด้วยเกลือของสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้และสารประกอบที่มีโพแทสเซียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้

Owen et al. (2001)⁽¹²⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ต้นข้าวโพด ฟาง หญ้า ใบไม้ เป็นต้น โดยบดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆขนาด conflake เติมน้ำแล้วนำมาอัดเป็นแท่ง โดยแท่งเชื้อเพลิงจะมีลักษณะคล้าย

โดนัท โดยนำไปตากให้แห้งสามารถนำไปใช้แทนฟืนและถ่านไม้ได้ โดยให้ความร้อนสูงและติดไฟได้นาน นอกจากนี้ยังได้ทดลองทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษใบไม้ กิ่งไม้ และขยะจากจดหมายเก่าพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้สามารถจุดติดไฟได้ง่ายโดยใช้เวลาเพียง 2 นาที และให้อุณหภูมิสูงสุดถึง 816 °C ในขณะที่ฟืนไม้ใช้เวลาในการจุดติดไฟนานกว่าและให้อุณหภูมิสูงสุดที่ 733 °C

Kerdsuwan et al. (2000) ⁽¹³⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้ไขมันจากถังดักไขมันในภัตตาคารผสมกับขี้เลื่อยโดยใช้อัตราส่วนไขมันต่อขี้เลื่อย (โดยปริมาตร) ที่ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 แล้วนำไปวิเคราะห์หาความชื้น เถ้า สารระเหย คาร์บอนคงตัว กำมะถัน และค่าความร้อน รวมถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าสามารถอัดได้ทุกอัตราส่วน แต่ยังมีปริมาณขี้เลื่อยมากจะยิ่งอัดยาก โดยมีค่าความร้อนเท่ากับ 7,065, 6,915, 6,466 และ 6,117 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ แต่มีสารระเหยมาก ประสิทธิภาพการใช้งานทางความร้อนเท่ากับ 20.92, 21.84, 29.22 และ 31.51% ตามลำดับ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เท่ากับ 302, 203, 275 และ 217 ppm ตามลำดับ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เท่ากับ 11, 0.4, 7 และ 7 ppm ตามลำดับ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับ 3, 2, 3 และ 4 ppm. ตามลำดับ ที่อัตราส่วนผสม 1:3 มีความเหมาะสมมากที่สุดโดยมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับเศษไม้หรือถ่านไม้ แต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับเตาถ่านเพราะมีปริมาณสารระเหยมาก

Chun (1999) ⁽¹⁴⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษเยื่อกระดาษที่มีอยู่ใน black liquor ในโรงงานผลิตกระดาษ โดยทำให้ black liquor เข้มข้นขึ้นจนมีปริมาณของแข็งมากกว่า 35% แล้วนำ black liquor 100 กิโลกรัมมาผสมกับปูนดิบ 7-10 กิโลกรัม ผงถ่านหิน 25-35 กิโลกรัม และผงฟาง (straw powder) 8-15 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากันแล้วนำมาอัดให้เป็นแท่งที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งนับว่าเป็นการกำจัด black liquor ไม่ให้ปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถสกัดกากตะกอนที่เป็นค่า (causticsludge) ออกจากเจ้าหลังการเผาไหม้แท่งเชื้อเพลิงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษได้อีกด้วย

Elder (2000) ⁽¹⁵⁾ ได้ศึกษาการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งและพบว่าเชื้อเพลิงอัดแท่งควรเพิ่มส่วนผสมของสารที่เผาไหม้ได้ และอาจเติมถ่านไม้และตัวออกซิไดซ์ เช่น โซเดียมไนเตรด หรือโพแทสเซียมไนเตรด เพื่อให้จุดติดไฟได้ง่าย โดยตัวประสานจะใช้น้ำตาลเชิงซ้อน (complex sugar) หรือสารจำพวกแป้ง เช่น เซลลูโลส และอาจเพิ่มส่วนผสมของไม้ที่มีกลิ่นหอม (fragrance wood) เข้าไปเพื่อช่วยให้อาหารที่ย่างด้วยเชื้อเพลิงอัดแท่งนี้มีกลิ่นหอม

Arun K. Tripathi และคณะ(1998) ⁽¹⁶⁾ ศึกษาการประเมินเทคโนโลยีที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งในอินเดีย พบว่าการวิเคราะห์ทางการเงินของเทคโนโลยีสำหรับการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งนั้นสามารถทำได้โดยที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ใน

การทำเชื้อเพลิงอัดแท่งราคาไม่สูงและยังคงมีการพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งราคาต่อหน่วยของเชื้อเพลิงนั้นจะแปรผันตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ทำ