บทที่ 4

การสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

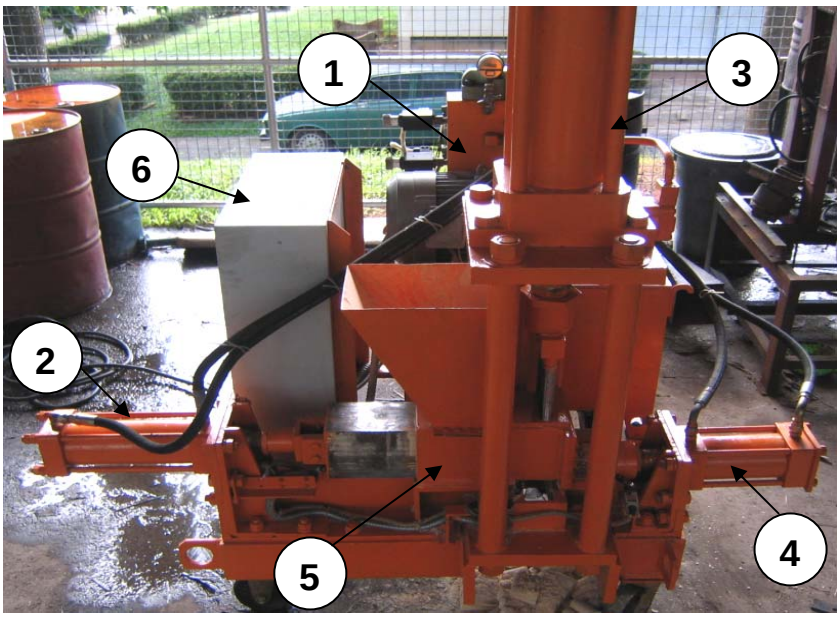
4.1 บทนำ

จากการทดสอบของวิริยะ ดวงสุวรรณ และคณะ (2543) ซึ่งได้ทำการศึกษาหาคุณสมบัติและคุณภาพของแท่งฝุ่นไม้ที่เหมาะสมในการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงพบว่า แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้ควรมีความหนาแน่นอยู่ในช่วงประมาณ 850-930 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยมีสัดส่วนความยาวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1-1.5:1 และจากข้อจำกัดของเตาเผาในโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการวิจัย จึงต้องกำหนดให้แท่งฝุ่นไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร หลังจากนั้นได้ทำการคำนวณขนาดของชิ้นส่วนต่างๆและออกแบบชิ้นส่วนทั้งหมดของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้แล้ว ได้ทำการสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ขนาดย่อของเครื่องจักรที่มีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม จากนั้นได้ทำการทดสอบสมรรถนะการทำงาน ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตามลำดับ

4.2 ลักษณะและหลักการทำงาน

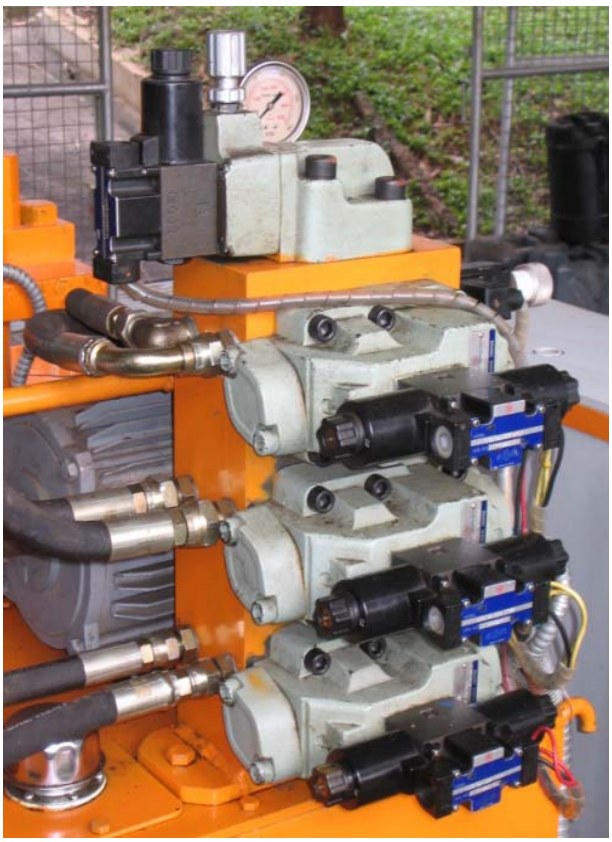
เครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ที่ได้ออกแบบและทำการสร้าง มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยมีส่วนประกอบหลักทั้งหมด 6 ส่วนด้วยกัน คือ

1).ชุดต้นกำลังของระบบไฮดรอลิก ใช้มอเตอร์ขนาด 7.5 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) ขับปั๊มซึ่งมีอัตราการไหล 11.50 แกลลอนต่อนาที สามารถสร้างความดันน้ำมันได้สูงสุด 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (20.6 เมกะปาสคาล) มีเรือนแยกน้ำมันไฮดรอลิก (manifold block) เป็นตัวรับน้ำมันจากปั๊มไฮดรอลิกและส่งจ่ายน้ำมันไปยังกระบอกไฮดรอลิกทั้งสามกระบอก โดยใช้วาล์วโซลินอยด์ในการทำหน้าที่ควบคุมการปิดเปิดและบังคับทิศทางการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก ให้เป็นไปตามโปรแกรมที่ได้ใส่ไว้ใน PLC ชุดต้นกำลังของระบบไฮดรอลิกแสดงไว้ในรูปที่ 4.2 ส่วนเรือนแยกน้ำมันและวาล์วโซลินอยด์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.1 รูปเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

รูปที่ 4.2 ชุดต้นกำลังของระบบไฮดรอลิก



รูปที่ 4.3 เรือนแยกน้ำมัน และโซลินอยด์วาล์ว

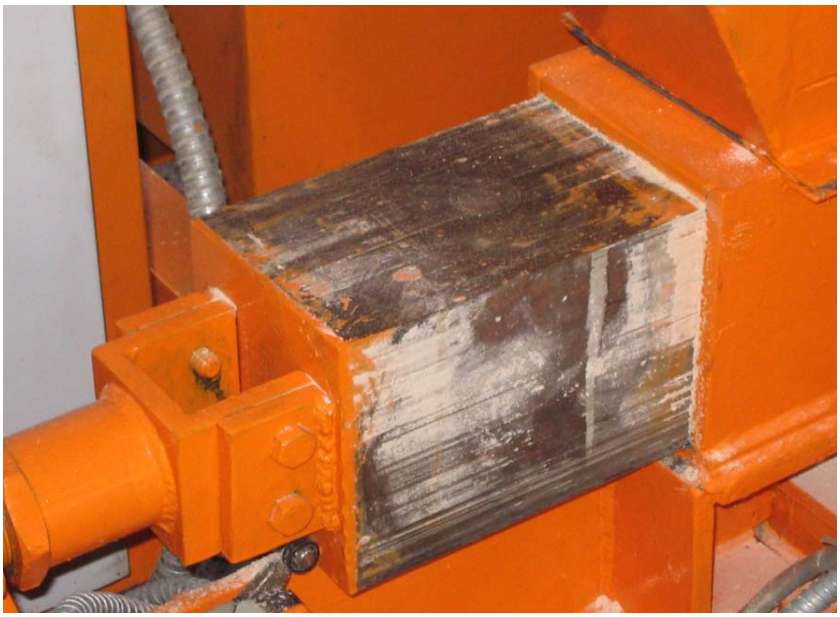
2).กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง ติดตั้งในแนวนอนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ 100 มิลลิเมตร ความยาวช่วงชัก 200 มิลลิเมตร ปลายก้านสูบต่อเข้ากับแท่งป้อนฝุ่นไม้ เพื่อทำหน้าที่ป้อนฝุ่นไม้จากรางรับฝุ่นไม้เข้าสู่แบบอัด และอัดฝุ่นไม้ล่วงหน้าเพื่อลดปริมาตรของฝุ่นไม้ลง 3.5 เท่าของปริมาตรเริ่มต้น ได้แสดงกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง แท่งป้อนฝุ่นไม้ รางรับและป้อนฝุ่นไม้ไว้ในรูปที่ 4.4 ,4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

3).กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สอง ติดตั้งในแนวดิ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ 160 มิลลิเมตร ความยาวช่วงชัก 250 มิลลิเมตร ปลายก้านสูบต่อเข้ากับแท่งอัดฝุ่นไม้ เพื่อทำหน้าที่อัดฝุ่นไม้ในแบบอัดให้ได้ความหนาแน่นตามที่ต้องการ สำหรับลักษณะของแท่งอัดและตำแหน่งการติดตั้งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.7 ส่วนกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.8

4).กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สาม ติดตั้งในแนวนอนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ 100 มิลลิเมตร ความยาวช่วงชัก 100 มิลลิเมตร ปลายก้านสูบต่อเข้ากับแท่งปิดฝุ่นไม้ เพื่อทำหน้าที่ปิดไม่ให้ฝุ่นไม้ไหลออกทางช่องเปิดด้านล่างในขณะที่ทำการอัดฝุ่นไม้ภายในแบบอัด และเปิดให้แท่งฝุ่นไม้ตกลงมาจากแบบอัด ได้แสดงกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สามและแท่งปิดฝุ่นไม้

ไว้ในรูปที่ 4.9 และ4.10 ตามลำดับ สำหรับตำแหน่งช่องเปิดด้านล่างของแบบอัดได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.4 กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง

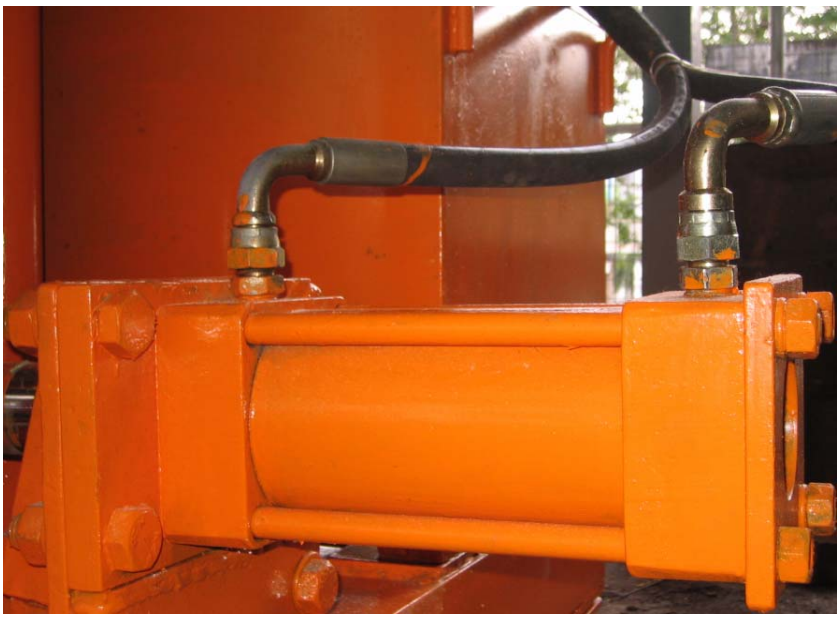


รูปที่ 4.5 แท่งป้อนฝุ่นไม้

รูปที่ 4.6 รางรับและป้อนฝุ่นไม้ (ไม่ได้แสดงถังเก็บฝุ่นไม้ซึ่งต่ออยู่ด้านบน)

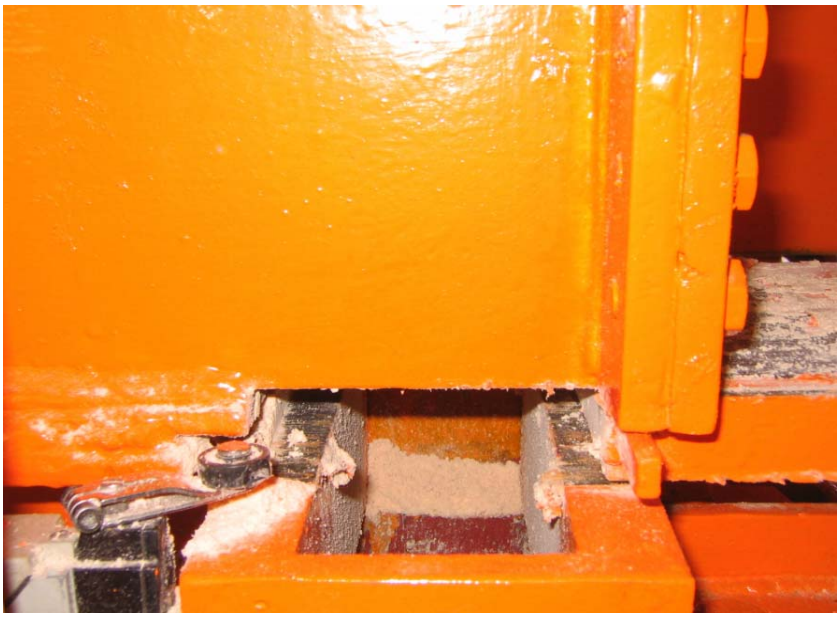
รูปที่ 4.7 ตำแหน่งการติดตั้งแท่งอัดฝุ่นไม้

รูปที่ 4.8 กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สอง



รูปที่ 4.9 กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สาม

รูปที่ 4.10 แท่งปิดฝุ่นไม้



รูปที่ 4.11 ช่องเปิดด้านล่างของแบบอัด

5).แบบอัดรูปทรงกระบอกแบบเรียงซ้อนแนวตั้งติดกันสี่แท่ง โดยแต่ละแท่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร ถูกผ่าครึ่งตามแนวยาวออกเป็นสองซีก ซีกหนึ่งถูกติดตายอยู่กับที่ส่วนอีกซีกติดอยู่กับแท่งป้อนฝุ่นไม้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 แบบอัดฝุ่นไม้

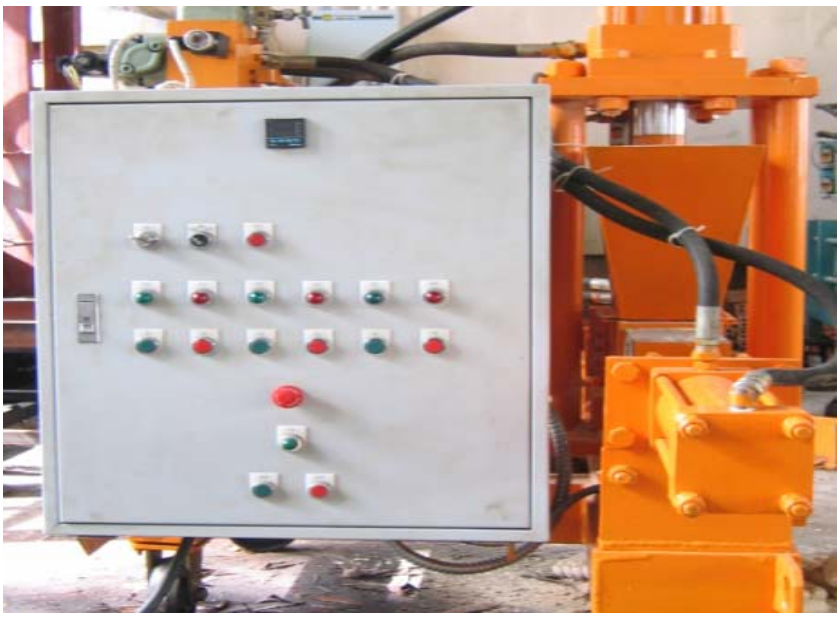
6).ตู้ควบคุม ภายในประกอบด้วยระบบย่อย 2 ระบบคือ

- ระบบไฟฟ้ากำลัง ทำหน้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส ให้กับมอเตอร์เพื่อไปขับปั๊มน้ำมันไฮดรอลิก และจ่ายพลังงานไฟฟ้า 1 เฟส เข้าหม้อแปลงเพื่อแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ แล้วจ่ายให้กับ pressure switch ,limit switch และโซลินอยด์วาล์ว

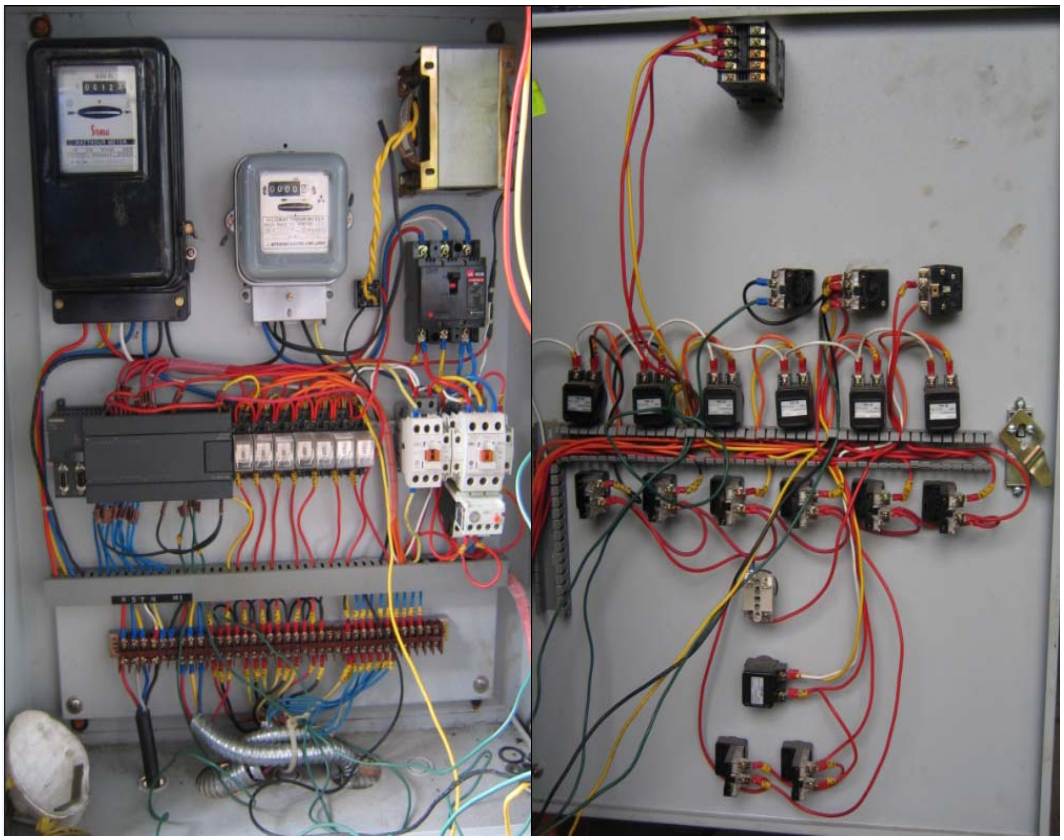
- ระบบควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ ซึ่งสามารถควบคุมการทำงานได้ทั้งแบบควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติโดยใช้ PLC รุ่นsimatic S7-200 เป็นตัวควบคุม

ทั้ง 2 ระบบถูกติดตั้งรวมไว้ในตู้เดียวกัน ทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและการบำรุงรักษา ตู้ควบคุมแสดงไว้ในรูปที่ 4.13 ส่วนรูปที่ 4.14 แสดงส่วนประกอบของระบบภายในตู้ควบคุม

ส่วนประกอบหลักทั้งหมดถูกยึดติดอยู่กับฐานแยกเป็นชุดๆ ฐานของแต่ละชุดจะติดตั้งลงบนฐานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้โดยใช้น็อตเป็นตัวยึด ยกเว้นชุดของกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สอง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวอัดหลักจะใช้การจับยึดในลักษณะเป็นฝาประกบบนและฝาประกบล่าง โดยกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองจะยึดติดกับฝาประกบบน ส่วนฝาประกบล่างจะติดอยู่กับฐานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ การประกอบเข้าด้วยกันจะใช้เหล็กยึด ปลอกเหล็กยึดและน็อต

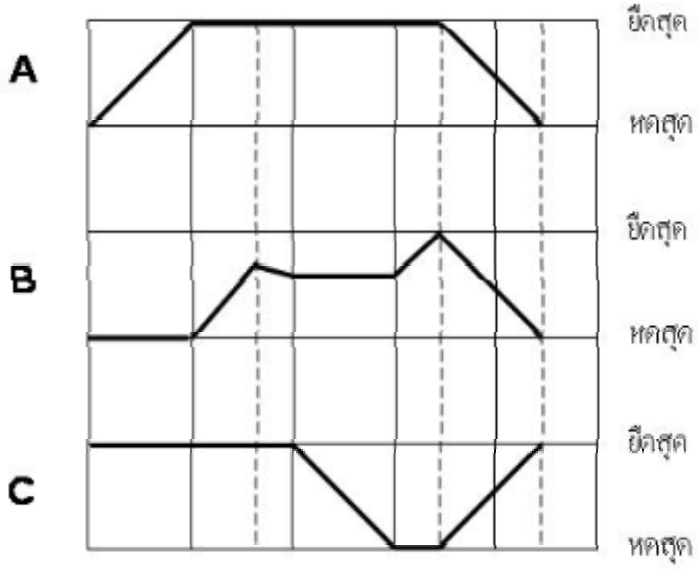


รูปที่ 4.13 ตู้ควบคุม



รูปที่ 4.14 ระบบไฟฟ้ากำลังและระบบควบคุม ภายในตู้ควบคุม

หลักการทำงานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ ใช้การเคลื่อนที่ของกระบอกไฮดรอลิกในการพาและอัดฝุ่นไม้ภายในเบ้าอัด ขั้นตอนการอัดแท่งฝุ่นไม้สามารถแสดงได้ด้วยแผนภูมิเวลาดังในรูปที่ 4.15 โดยแบ่งจังหวะการทำงานในหนึ่งรอบของการอัดได้ 5 จังหวะดังนี้คือ จังหวะที่หนึ่งเริ่มจากฝุ่นไม้ภายในถังเก็บซึ่งติดตั้งอยู่เหนือรางป้อนฝุ่นตกลงมาในรางป้อนฝุ่น ถูกกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่งขณะนี้อยู่ในตำแหน่งหดสุด ยืดออกเพื่อดันฝุ่นไม้ในรางป้อนผ่านเข้าสู่แบบอัดแล้วค้างไว้ที่ตำแหน่งยืดสุด เป็นการอัดล่วงหน้าก่อนการอัดจริงเพื่อลดปริมาตรของฝุ่นไม้ จังหวะที่สองกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สอง ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านบนของแบบอัดอยู่ในตำแหน่งหดสุด ยืดออกเพื่ออัดฝุ่นไม้ภายในแบบอัดให้แน่นจนถึงความดันสูงสุดตามค่าที่ได้ตั้งไว้ แล้วค้างอยู่ที่ตำแหน่งนั้นชั่วขณะตอนนี้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองจะยังคงยืดไม่สุด จากนั้นกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองจะหดกลับเล็กน้อย ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการทำให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สามหดกลับได้ง่ายเพื่อเปิดช่องทางออกด้านล่างของแบบอัด ในจังหวะที่สามกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สามหดกลับจนสุด ส่วนจังหวะที่สี่กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองยืดออกจนสุดเพื่อดันแท่งฝุ่นไม้ออกจากแบบอัด และสุดท้ายจังหวะที่ห้ากระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง กระบอกที่สองหดกลับและกระบอกที่สามยืดออกเพื่อปิดฝุ่นไม้ในแบบอัดด้านล่างพร้อมกัน จนกระทั่งทุกกระบอกอยู่ในตำแหน่งหดและยืดสุดเป็นการจบหนึ่งรอบของการอัดแท่งฝุ่นไม้ จากนั้นจึงเริ่มทำการอัดในรอบต่อไป แท่งฝุ่นไม้ถูกอัดออกมาจากแบบอัดพร้อมกันครั้งละสี่แท่ง แต่ละแท่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกเรียว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 32-36 มิลลิเมตร และมีความยาวประมาณ 75-100 มิลลิเมตร โดยขนาดของแท่งฝุ่นไม้จะขึ้นอยู่กับความดันน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้ในการอัด



รูปที่ 4.15 แผนภูมิเวลาการทำงานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

โดยที่ A : กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง
B : กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สอง
C : กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สาม

4.3 การทดสอบ

4.3.1 วิธีการทดลองอัด

ตำแหน่งของสวิทช์ต่างๆบนตู้ควบคุม แสดงไว้ในรูปที่ 4.16

1). เปิดสวิทช์ตู้ควบคุม สวิทช์ควบคุมการทำงานอยู่ที่โหมดควบคุมด้วยมือ

2). กดปุ่มเปิดมอเตอร์ของชุดหน่วยกำลังแล้วปรับความดันน้ำมันไฮดรอลิก โดยดูที่เกจวัดความดันให้ได้ค่าความดัน 100 บาร์

3). ตรวจสอบการทำงานของกระบอกไฮดรอลิกโดยการกดปุ่มควบคุมให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง และกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองอยู่ในตำแหน่งหดสุด ส่วนกระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สามอยู่ในตำแหน่งยืดสุด

4). เทฝุ่นไม้ลงไปในถังเก็บฝุ่นจนเต็ม

5). กดปุ่มสั่งให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่งยืดออก เพื่อดันฝุ่นไม้เข้าไปในแบบอัดจนสุด แล้วค้างไว้ที่ตำแหน่งยืดสุด

6). กดปุ่มสั่งให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองยืดออก เพื่ออัดฝุ่นไม้ในแบบอัดให้แน่นจากนั้นจึงหดกลับเล็กน้อย แล้วค้างไว้ที่ตำแหน่งนั้น

7). กดปุ่มสั่งให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สามหดกลับ เพื่อเปิดช่องเปิดด้านล่างของแบบอัด แล้วค้างไว้ที่ตำแหน่งหดสุด

8). กดปุ่มสั่งให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สองยืดออกจนสุด เพื่อดันแท่งฝุ่นไม้ออกจากแบบอัด

9). กดปุ่มสั่งให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่หนึ่ง และกระบอกที่สองหดกลับไปอยู่ในตำแหน่งหดสุด พร้อมกับสั่งให้กระบอกไฮดรอลิกกระบอกที่สามยืดออก ไปอยู่ในตำแหน่งยืดสุด เพื่อเริ่มการทำงานในรอบใหม่

เนื่องจากเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ควบคุมการทำงานด้วยระบบ PLC ดังนั้นจึงสามารถป้อนโปรแกรมให้เครื่องทำงานแบบอัตโนมัติได้ โดยหลังจากทำตามขั้นตอนที่ 1-4 แล้ว ให้ปรับสวิทช์ควบคุมการทำงานไปที่โหมดอัตโนมัติ

รูปที่ 4.16 แสดงตำแหน่งของสวิทช์ต่างๆบนตู้ควบคุม

4.3.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองอัดแท่งฝุ่นไม้ปรากฏว่า มีแรงเสียดทานระหว่างแท่งฝุ่นไม้กับผนังของแบบอัดไม่มาก ทำให้สามารถถอดแท่งฝุ่นไม้ออกจากแบบอัดได้โดยง่าย แท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดมีผิวเรียบสวยงามและมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันทั้งสี่แท่ง แต่จะเรียงติดกันทุกแท่งทั้งนี้ก็เนื่องมาจากวัสดุที่ใช้ในการทำแบบอัด คือเทฟลอนจะมีคุณสมบัติในการให้ตัวได้เล็กน้อยเมื่อเกิดการอัดจึงทำให้แบบอัดประกบกันไม่สนิทในขณะที่ฝุ่นไม้ถูกอัดอยู่ภายในแบบอัด การดึงแยกแท่งฝุ่นไม้ออกจากกันสามารถทำได้ง่ายโดยไม่ทำให้เกิดการแตกหัก แท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดแสดงไว้ในรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 แท่งฝุ่นไม้ที่อัดด้วยแบบอัดเทฟลอน

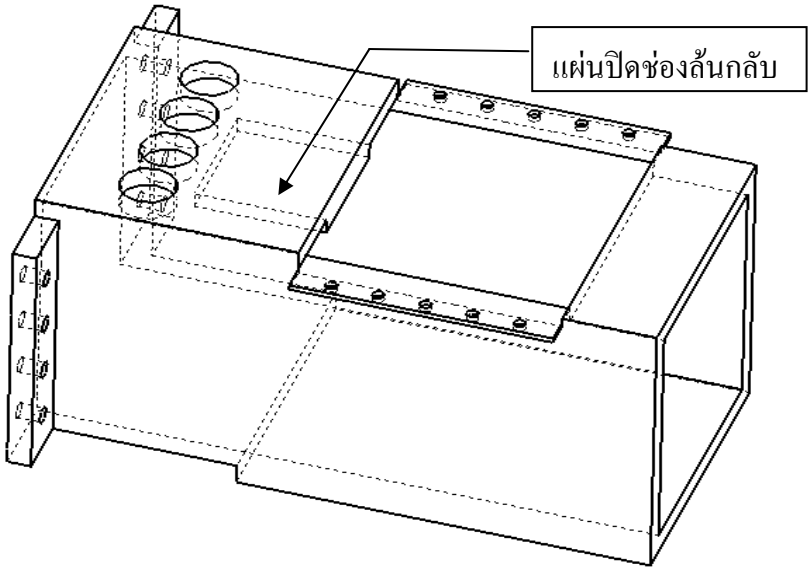
จากการสังเกตสีผิวของแท่งฝุ่นไม้แต่ละแท่งพบว่า แท่งฝุ่นไม้มีความเข้มของสีผิวลดลงจากด้านบนลงมา เมื่อทำการวัดค่าความหนาแน่นจะได้ค่าไม่เท่ากันตลอดทั้งความยาวแท่ง โดยแท่งฝุ่นไม้จะมีความหนาแน่นลดลงจากด้านบนลงมาด้านล่าง ดังนั้นความเข้มสีผิวของแท่งฝุ่นไม้จะแปรผันตรงกับความหนาแน่น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากฝุ่นไม้ภายในแบบอัดจะถูกแท่งอัดฝุ่นไม้อัดลงมาในแนวดิ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามระยะการอัด หากต้องการให้แท่งฝุ่นไม้มีความหนาแน่นเท่ากันตลอดทั้งแท่ง จะต้องใช้ความดันน้ำมันไฮดรอลิกในการอัดฝุ่นไม้สูงกว่า 100 บาร์ เพื่อที่จะเอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างฝุ่นไม้กับผนังของแบบอัด

เมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ไปได้ระยะหนึ่ง จะเกิดปัญหาขึ้นกับแบบอัดซึ่งทำมาจากเทฟลอนคือ แบบอัดจะเกิดการเสียรูปบริเวณสันขอบทำให้ไม่สามารถประกบกันได้สนิทดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.18 สาเหตุเกิดจากมีเศษฝุ่นไม้ที่ถูกอัดในครั้งก่อนๆตกค้างอยู่ จึงทำให้ไปติดระหว่างสันของแบบอัดเมื่อแบบอัดเคลื่อนที่มาประกบกัน

รูปที่ 4.18 แสดงแบบอัดเทฟลอนที่เกิดการเสียรูป

4.4 การปรับปรุงแก้ไข

ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ในส่วนของแบบอัด โดยการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการทำแบบอัดจากเทฟลอนมาเป็นเหล็กแทน จากนั้นจึงได้ทดลองอัดแท่งฝุ่นไม้ด้วยแบบอัดซึ่งทำมาจากเหล็ก ในตอนแรกพบว่าแท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดมีความหนาแน่นไม่เท่ากันทุกแท่ง โดยแท่งฝุ่นไม้ที่อยู่ด้านข้างของแบบอัดทั้งสองด้านมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน และแน่นมากกว่าแท่งฝุ่นไม้ที่อยู่ตรงกลางทั้งสองแท่ง ทั้งนี้เนื่องมาจากฝุ่นไม้มีการล้นออกจากแบบอัดกลับเข้าสู่ถังเก็บ ที่รูตรงกลางทั้งสองมากกว่าที่รูด้านข้างในจังหวะที่ป้อนและอัดฝุ่นไม้เริ่มแรก ทำให้มีปริมาณฝุ่นไม้ภายในแบบอัดไม่เท่ากันทุกช่อง ดังนั้นเมื่อแท่งอัดฝุ่นไม้เคลื่อนที่ลงมาอัดฝุ่นไม้ในแบบอัดจะเกิดการแน่นขึ้นที่รูด้านข้างทั้งสองด้านก่อนรูตรงกลาง หลังจากแท่งฝุ่นไม้ในรูด้านข้างแน่นจนไม่สามารถอัดตัวได้อีกแท่งอัดฝุ่นไม้จะไม่เคลื่อนที่แล้ว ในขณะที่ฝุ่นไม้ในรูตรงกลางยังไม่แน่น จึงได้ทำการแก้ไขโดยปิดช่องล้นกลับเข้าสู่ถังเก็บของฝุ่นไม้ บริเวณรูกลางทั้งสองของแบบอัดให้เล็กกว่ารูด้านข้างดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงตำแหน่งการปิดช่องล้นกลับของฝุ่นไม้

หลังจากปรับปรุงแก้ไขแล้ว ได้ทำการทดลองอัดแท่งฝุ่นไม้ผลปรากฏว่าแท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันทุกแท่ง สำหรับลักษณะของแท่งฝุ่นไม้ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.20 แท่งฝุ่นไม้ที่อัดได้จากเครื่องอัดหลังจากทำการแก้ไข

4.5 การทดสอบเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

จากการทดลองใช้งานเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้พบว่า แท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดด้วยแบบอัดซึ่งทำมาจากเทฟลอน มีผิวเรียบกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าแบบอัดที่ทำมาจากเหล็ก เมื่อเปรียบเทียบที่ความดันน้ำมันไฮดรอลิกที่ใช้ในการอัดเท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากเทฟลอนมีคุณสมบัติในการให้ตัวได้ดีกว่าเหล็ก ดังนั้นจึงเกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวของแบบอัดกับฝุ่นไม้น้อยกว่า แต่แท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดด้วยแบบอัดที่ทำมาจากเหล็ก จะมีส่วนที่ติดกันน้อยกว่าแบบอัดซึ่งทำมาจากเทฟลอนและจะไม่เกิดการเสียรูปจึงมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ผลการทดลองอัดแท่งฝุ่นไม้โดยใช้ความดันน้ำมันไฮดรอลิกตั้งแต่ 50 บาร์ จนถึง 120 บาร์ โดยทำการเพิ่มความดันขึ้นครั้งละ 10 บาร์ ได้ค่าดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการอัดแท่งฝุ่นไม้ หลังจากปรับปรุงแก้ไขเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้แล้ว

ความดันน้ำมัน (บาร์)	ขนาดของแท่งฝุ่นไม้ (มิลลิเมตร)			มวล (กรัม)	ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านบน	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่าง	ความยาว		
50	34	37	101	65.69	620-660
60	34	36.5	98.5	66.82	670-740
70	33	35.5	94.5	66.24	750-770
80	33	35	91	65.35	780-800
90	33	35	87	66.55	810-870
100	33	35	78	62.27	870-910
110	33	35	80	66.18	900-930
120	33	36	78.5	69.38	930-970

4.6 การทดสอบแท่งฝุ่นไม้

คุณสมบัติที่ต้องการเป็นอันดับแรกของแท่งฝุ่นไม้ ที่จะนำมาทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงคือสามารถติดไฟได้ดีหรือมีคุณสมบัติในการเผาไหม้ที่ดี ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาช่วงความหนาแน่นของแท่งฝุ่นไม้ที่ติดไฟได้ดี ทั้งนี้ในช่วงความหนาแน่นดังกล่าวแท่งฝุ่นไม้จะต้องมีความแน่นเพียงพอที่จะทนต่อแรงกระแทก และทนต่อความชื้นได้ดีระดับหนึ่งด้วยซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการเป็นอันดับสอง

4.6.1 การทดสอบการเผาไหม้

นำแท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ตามตารางที่ 4.1 มาทดลองเผาในเตาอั้งโล่ โดยใช้แท่งฝุ่นไม้ที่ความหนาแน่นต่างๆได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเผาแท่งฝุ่นไม้

ความดันน้ำมัน (บาร์)	ลักษณะการติดไฟ
50	ในช่วงแรกมีควันเกิดขึ้นมาก การติดไฟเป็นถ่านแดงๆคล้ายธูปมีเปลวไฟออกมาน้อย ลักษณะของแท่งฝุ่นไม้จะมีสีแดงอยู่ตลอดเป็นจุดไม่ทั่วทั้งแท่ง จากนั้นจะปริแตกทั้งแนวยาวและแนวขวาง เมื่อเผาจนดำทั้งแท่งจะแตกเป็นท่อนใหญ่เหลือขี้เถ้าสีเท่าก้อนเล็กๆ
60	การติดไฟในช่วงแรกมีควันเล็กน้อย แท่งฝุ่นไม้สามารถติดลุกเป็นเปลวไฟสีส้มได้ดีทั้งแท่ง โดยขนาดเส้นรอบวงของแท่งจะเล็กลงเรื่อยๆมีการปริแตกบริเวณผิวแต่ไม่หลุดเป็นท่อน
70	ติดลุกเป็นเปลวไฟได้ดีทั้งแท่งไม่มีควันเกิดขึ้น แท่งฝุ่นไม้จะติดไฟในลักษณะคล้ายถ่านแดงๆเกือบทั้งแท่งเปลวไฟเริ่มมีสีม่วงบริเวณฐาน ขนาดเส้นรอบวงของแท่งฝุ่นไม้จะเล็กลงเรื่อยๆ
80	แท่งฝุ่นไม้จุดติดไฟได้ดีและลุกเป็นเปลวไฟทั่วทั้งแท่ง เปลวไฟจะติดอย่างต่อเนื่องจนแท่งฝุ่นไม้ดำทั้งหมดจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นถ่านแดงๆ โดยจะติดไฟจากด้านนอกเข้าไปด้านใน เกิดการปริแตกตามแนวขวางแล้วหลุดเป็นท่อนสั้นๆหลายท่อน
90	ติดลุกเป็นเปลวไฟได้ดีทั้งแท่งลักษณะของเปลวไฟจะสูงเป็นสีส้มฐานสีม่วง แท่งฝุ่นไม้จะติดไฟจนเป็นสีดำทั้งแท่งจากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นสีแดง มีการปริแตกตามแนวขวางแต่ไม่หลุดออกจากกัน เมื่อเผาไหม้เกือบหมดจะแตกออกตามแนวยาวเป็นสองซีก
100	ติดลุกเป็นเปลวไฟได้ดีทั้งแท่ง แท่งฝุ่นไม้จะติดไฟจนเป็นสีดำแล้วเปลี่ยนเป็นสีแดงแค่ส่วนเล็กน้อยเท่านั้นมีการปริตามแนวขวางเป็นช่วงๆแต่ไม่ถี่มากและไม่หลุดเป็นท่อนๆ
110	ติดลุกเป็นเปลวไฟได้ดีเปลวไฟเป็นสีส้มฐานมีสีม่วงเล็กน้อย ขนาดของแท่งฝุ่นไม้จะเล็กลงเรื่อยๆทั้งความยาวและเส้นรอบวง มีการปริตามแนวขวางเป็นช่วงๆและแตกกึ่งกลางแท่งตามแนวยาวเป็นสองซีก แต่ไม่หลุดแยกออกจากกัน
120	การติดไฟเหมือนกันกับแท่งฝุ่นไม้ที่อัดด้วยความดันน้ำมันไฮดรอลิก 110 บาร์

4.6.2 การทดสอบความร่วนกรอบหลุดเป็นผง

ทดสอบความต้านทานต่อแรงกระแทก โดยการปล่อยแท่งฝุ่นไม้ให้ตกจากที่สูงที่ระดับความสูง 2 เมตร ลงมากระทบพื้นคอนกรีต จากนั้นนำเศษแท่งฝุ่นไม้ขนาดโตสุดที่เหลืออยู่มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การคงสภาพของแท่งฝุ่นไม้ ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการปล่อยแท่งฝุ่นไม้ให้ตกจากที่สูงกระทบพื้นคอนกรีต

ความดันน้ำมัน (บาร์)	มวลเฉลี่ยเริ่มต้นของแท่งฝุ่นไม้ (กรัม)	มวลเฉลี่ยของเศษแท่งฝุ่นไม้หลังการตก (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การคงสภาพ
50	67.46	65.46	97.03
60	67.20	65.47	97.41
70	65.44	63.99	97.78
80	64.44	63.17	98.01
90	67.25	65.99	98.13
100	59.31	58.35	98.38
110	65.18	64.15	98.41
120	68.41	67.24	98.29

4.6.3 การทดสอบความต้านทานความชื้น

ทดสอบโดยการทิ้งแท่งฝุ่นไม้ไว้ในสภาพบรรยากาศปกติความชื้น 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน แล้ววัดการพองตัวในแนวรัศมี ความยาวและเชิงปริมาตรได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การพอตัวของแท่งฝุ่นไม้

ความดันน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์การพองตัว		
(บาร์)	แนวรัศมี	ความยาว	ปริมาตร
50	3.53	11.66	17.54
60	2.85	10.75	17.00
70	2.21	10.60	14.84

ตารางที่ 4.4(ต่อ) เปอร์เซ็นต์การพอตัวของแท่งฝุ่นไม้

ความดันน้ำมัน	เปอร์เซ็นต์การพองตัว		
(บาร์)	แนวรัศมี	ความยาว	ปริมาตร
80	1.84	10.02	14.11
90	1.82	9.93	13.20
100	1.47	9.82	13.07
110	0.74	9.64	12.39
120	0.72	9.18	12.28

จากการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของแท่งฝุ่นไม้ ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้สรุปได้ว่าคุณสมบัติในการติดไฟของแท่งฝุ่นไม้ที่ความหนาแน่น 620-660 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เริ่มติดลุกเป็นเปลวไฟได้ ส่วนที่ความหนาแน่น 670-740 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ติดลุกเป็นเปลวไฟได้ดีแต่ยังคงมีควันอยู่อีกเล็กน้อยในช่วงเริ่มติดไฟ และที่ความหนาแน่น 750-970 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ติดไฟได้ดีมากส่วนคุณสมบัติการคงสภาพของแท่งฝุ่นไม้ที่มีความหนาแน่นมากกว่า 620 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีเปอร์เซ็นต์การคงสภาพมากกว่า 97 และมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวน้อยกว่า 14 แท่งฝุ่นไม้ที่ความหนาแน่นดังกล่าวจึงผ่านมาตรฐานทั้งความต้านทานต่อแรงกระแทกและความต้านทานความชื้น อย่างไรก็ตามไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้แท่งฝุ่นไม้ที่มีความหนาแน่นสูงมาก เนื่องจากแท่งฝุ่นไม้ที่มีความหนาแน่นมากกว่า 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีความสามารถในการติดไฟได้เหมือนกัน ทั้งยังเป็นการลดพลังงานที่ใช้ในการอัดฝุ่นไม้ให้เป็นแท่งได้อีกด้วย ดังนั้นแท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดด้วยเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ซึ่งเหมาะสมในการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงแข็งคือ แท่งฝุ่นไม้ที่ความหนาแน่น 810-870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ความดันน้ำมันไฮดรอลิกในการอัด 90 บาร์

4.7 ราคาค่าสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

ในการสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ อุปกรณ์ประกอบหลักๆของระบบไฮดรอลิก ได้แก่ ชุดต้นกำลัง กระบอกไฮดรอลิก เรือนแยกน้ำมัน โซลินอยด์วาล์ว สวิทช์ความดัน สวิทช์ตำแหน่ง อุปกรณ์ของระบบควบคุมและระบบไฟฟ้าทั้งหมด ได้มีการถอดออกมาจากชุดทดสอบอัดแท่งฝุ่นไม้ระดับห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลมาใช้ ชิ้นส่วนประกอบต่างๆทั้งหมดของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ได้ว่าจ้างให้ทางโรงกลึงทำตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ โดยทางโรงกลึงเป็นผู้จัดหาวัสดุ

เองและได้มีการนำชิ้นส่วนของชุดทดสอบอัดแท่งฝุ่นไม้ระดับห้องปฏิบัติการ มาดัดแปลงใช้ในบางชิ้นส่วน อย่างไรก็ตามในการประเมินราคาค่าก่อสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้จะถือว่าวัสดุและอุปกรณ์ทุกชิ้นต้องมีการจัดหามาทั้งหมด โดยมีรายละเอียดราคาค่าสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

รายการ	จำนวน	ราคา(บาท)
1.ระบบไฮดรอลิก		
1.1 เพาเวอร์ยูนิต (ถัง, ปั๊ม ,มอเตอร์, ฯลฯ) ขนาด 200 บาร์ 7.5 กิโลวัตต์	1 ชุด	36,945
1.2 กระบอกไฮดรอลิก		
- กระบอกที่หนึ่ง (bore 100 mm stroke 100 mm)	1 กระบอก	6,000
- กระบอกที่สอง (bore 100 mm stroke 200 mm)	1 กระบอก	6,500
- กระบอกที่สาม (bore 160 mm stroke 250 mm)	1 กระบอก	12,000
1.3 manifold block	1 ชุด	11,000
1.4 main valve	3 ชุด	10,950
1.5 solenoid valve of main valve 24VDC	3 ชุด	7,200
1.6 relief valve	1 ชุด	3,570
1.7 solenoid valves of relief valve	1 ชุด	1,680
1.8 pressure switch 24VDC 50-200 bars	2 ตัว	4,700
1.9 limit switch 24 VDC	4 ตัว	1,600
1.10 สายไฮดรอลิกพร้อมหัวสาย และข้อต่อ	6 เส้น	7,500
2.ระบบควบคุม		
2.1 PLC รุ่น Simatic S7-200	1 ชุด	43,500
2.2 วัสดุไฟฟ้า		
- สายไฟฟ้ากำลัง, สายไฟฟ้าควบคุม, ท่ออ่อน และอื่นๆ	-	1,800
- ตู้ควบคุม	1 ตู้	1,000
- มิเตอร์, หม้อแปลง	-	2,700
- สวิทช์ต่างๆ, รีเลย์	-	2,200

ตารางที่ 4.5(ต่อ) ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

รายการ	จำนวน	ราคา(บาท)
3.วัสดุโลหะทางกลทั่วไป		
- เหล็กโครงสร้าง, เหล็กเบ้าอัด	-	30,000
- ล้อเป็นและล้อตาย	4 ชุด	2,900
- น็อต, สกรู และแหวนรอง	-	1,000
- สีรองพื้นกันสนิม, สีพ่น ,ทินเนอร์	-	940
4.ค่าแรง	-	30,000
	รวมราคา	225,685

4.8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

สำหรับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้ ภายในโรงงานที่มีฝุ่นไม้เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต และนำแท่งเชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตได้กลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในโรงงาน ดังนั้นจึงไม่คิดต้นทุนค่าวัตถุดิบในการผลิตและค่าขนส่ง กำลังการผลิตของเครื่องจักรแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 กำลังการผลิตของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้

เวลาในการผลิต 1 รอบของการอัด (4 แท่ง)	15.735	วินาที
มวลของแท่งเชื้อเพลิง 1 รอบของการอัด (4 แท่ง)	265	กรัม
อัตราการผลิตของเครื่องจักร	16.84	กรัมต่อวินาที
กำลังการผลิตต่อนาที	1.01	กิโลกรัม
กำลังการผลิตต่อชั่วโมง	60.62	กิโลกรัม
กำลังการผลิตต่อวัน (8 ชั่วโมง)	485	กิโลกรัม
กำลังการผลิตต่อเดือน (25 วัน)	12.125	ตัน
กำลังการผลิตต่อปี (300 วัน)	145.50	ตัน

การวิเคราะห์หาต้นทุนในการผลิตแท่งฝุ่นไม้ สามารถคำนวณได้โดยการคิดค่าใช้จ่ายในการลงทุนสร้างเครื่องจักรและค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมด ค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 ซึ่งไม่รวมค่าอาคาร ค่าแรงงานในการติดตั้งและค่าขนย้ายเครื่องจักร

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนในการผลิตแท่งฝุ่นไม้

ต้นทุนของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้	225,685	บาท
ค่าแรงคนงาน	60,000	บาทต่อปี
ค่าพลังงานไฟฟ้า	43,740	บาทต่อปี
ค่าการบำรุงรักษาเครื่องจักร	11,285	บาทต่อปี
อัตราดอกเบี้ย	10	%
กำลังผลิตของเครื่องจักร	145,500	กิโลกรัมต่อปี
ราคาต้นทุนของแท่งเชื้อเพลิง	1.20	บาทต่อกิโลกรัม

แสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายต่างๆได้ดังนี้

1). ค่าการลงทุนรายปี คือเงินที่ต้องจ่ายคืนให้กับธนาคารต่อปี คิดที่อัตราดอกเบี้ย 10% และระยะเวลาในการจ่ายคืนเงินลงทุน 5 ปี สามารถหาได้โดยใช้สมการ (4.1)

$$A = P \times (CRF\ i,n) \qquad (4.1)$$

$$A = 225{,}685 \times \frac{\left[0.1(1+0.1)^5\right]}{\left[(1+0.1)^5 - 1\right]}$$

$$= 59{,}535 \text{ บาท/ปี}$$

โดยที่ A : เงินที่ต้องจ่ายคืนธนาคารต่อปี (annualized cost)

P : เงินต้นที่กู้มาจากธนาคารซึ่งก็คือเงินลงทุนนั่นเอง

(CRF i,n) : Capital recovery factor of i % interest and n years.

: $[i(1+i)^n] / [(1+i)^n - 1]$

i : อัตราดอกเบี้ย (interest rate)

n : ระยะเวลาการจ่ายคืน (finance period)

2). ค่าจ้างคนงาน = จำนวนคน x ค่าแรงรายวัน x จำนวนวันทำงาน

= 1 x 200 x 300 = 60,000 บาทต่อปี

3). ค่าพลังงานไฟฟ้า = ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย x กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน x ชั่วโมงการทำงานต่อวัน x จำนวนวันทำงาน

= 2.43 x 7.5 x 8 x 300 = 43,740 บาทต่อปี

4). ค่าการบำรุงรักษาต่อปี คิดที่ 5% ของราคาเครื่องจักร

= 225,685 x 0.05 = 11,285 บาทต่อปี

5). ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่อปี = ค่าการลงทุนรายปี + ค่าแรงคนงาน + ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าการบำรุงรักษาเครื่องจักร

= 59,535+60,000+43,740+11,285 = 174,560 บาทต่อปี

ดังนั้นราคาต้นทุนของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้ ซึ่งผลิตด้วยเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ที่มีกำลังการผลิตปีละ 145.50 ตัน = ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่อปี / กำลังการผลิตต่อปี

= 174,560 / 145500 = 1.20 บาทต่อกิโลกรัม

แต่เนื่องจากมอเตอร์ขนาด 7.5 กิโลวัตต์ ของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้าเต็มที่ตลอดเวลา ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับภาระการทำงานซึ่งเปลี่ยนแปลงตามความดันน้ำมันไฮดรอลิก ดังนั้นต้นทุนของแท่งฝุ่นไม้จึงเปลี่ยนตามไปด้วย จากการเก็บข้อมูลได้แสดงค่าไว้ในตารางที่ 4.8

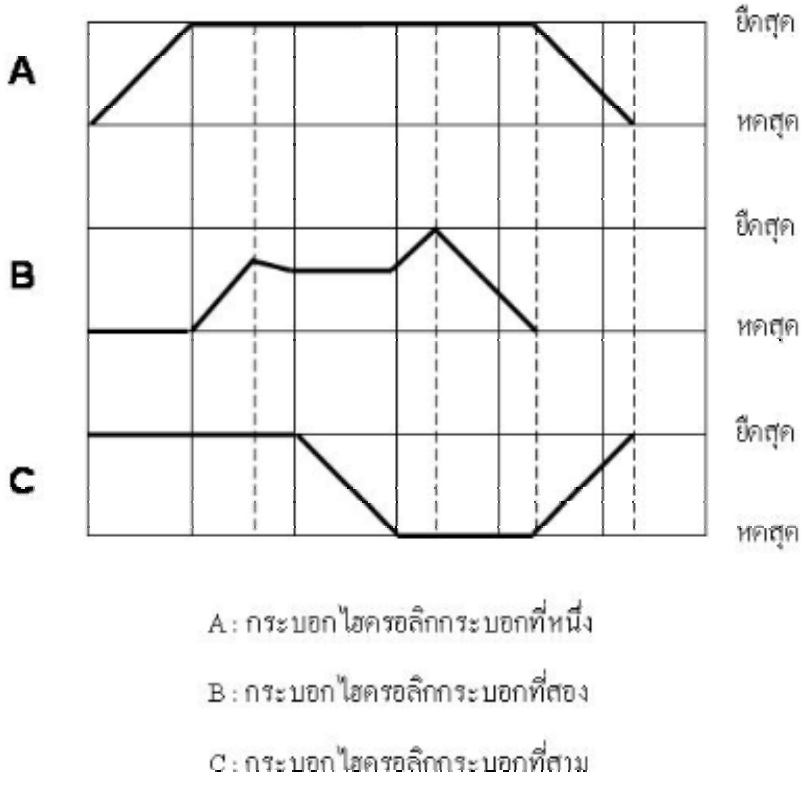
ตารางที่ 4.8 ต้นทุนของแท่งฝุ่นไม้ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามภาระการทำงาน

ความดัน (บาร์)	กำลังการผลิต (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	ต้นทุนแท่งฝุ่นไม้ (บาทต่อกิโลกรัม)
50	60.62	1.474	8,598.84	139,418.84	0.958
60	60.62	1.525	8,895.36	139,715.36	0.960
70	60.62	1.576	9,191.87	140,011.87	0.962
80	60.62	1.627	9,488.38	140,308.38	0.964
90	60.62	1.932	11,267.45	142,087.45	0.977
100	60.62	2.034	11,860.47	142,680.47	0.981
110	60.62	2.135	12,453.50	143,273.50	0.985
120	60.62	2.288	13,343.03	144,163.03	0.991

4.9 สรุป

จากการทดสอบเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้พบว่า แท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นที่ได้คำนวณเอาไว้ในตอนออกแบบ ทั้งนี้เนื่องจากได้มีการเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการทำแบบอัดจากเทฟลอนมาเป็นเหล็กแทน จึงทำให้แรงเสียดทานระหว่างแท่งฝุ่นไม้กับผนังของแบบอัดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อนำแท่งฝุ่นไม้ที่ได้จากการอัดในหนึ่งรอบจำนวนสี่แท่งมาชั่งน้ำหนักจะได้มวลเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 250-280 กรัม ในขณะที่ได้คำนวณมวลของแท่งฝุ่นไม้ภายในแบบอัดเอาไว้ที่ 204 กรัม ทั้งนี้เป็นเพราะในการออกแบบได้มีการเผื่อระยะป้อนฝุ่นไม้ให้เข้าไปในแบบอัดมากกว่าค่าที่ต้องการ เพื่อชดเชยกับปริมาณฝุ่นไม้บางส่วนที่ไหลกลับเข้าสู่ถังเก็บหรือฝุ่นไม้ไม่เต็มหน้าตัดของช่องป้อนฝุ่น ทำให้แท่งฝุ่นไม้ที่ได้มีความยาวมากกว่าค่าที่ได้กำหนดเอาไว้

นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ ไม่สามารถทำงานได้ตามวัฏจักรการทำงานที่ออกแบบไว้ เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกซึ่งส่งมาจากปั๊มไม่เพียงพอ ทำให้กระบอกไฮดรอลิกต้องรอการทำงานส่งผลให้กำลังการผลิตของเครื่องจักรลดลง โดยกำลังการผลิตของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้สูงสุดที่ควรจะเป็นคือ ใช้เวลาในการอัดแท่งฝุ่นไม้ 13.225 วินาที ได้แท่งฝุ่นไม้มวล 265 กรัม ต่อหนึ่งรอบของการอัด คิดเป็นกำลังการผลิต 72.14 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แผนภูมิเวลาการทำงานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ที่ใช้งานจริงแสดงไว้ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แผนภูมิเวลาการทำงานของเครื่องอัดแท่งฝุ่นไม้ที่ปรับปรุงแล้ว

ส่วนการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ สำหรับการผลิตแท่งฝุ่นไม้เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในโรงงานที่มีฝุ่นไม้เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต จะไม่มีการคิดต้นทุนค่าวัตถุดิบ ค่าบรรจุภัณฑ์และค่าขนส่ง ต้นทุนของแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้จะอยู่ที่ 0.98 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่ราคาซื้อขายไม้ฟืนยางพาราอยู่ที่ประมาณ 0.70-1 บาทต่อกิโลกรัม ขึ้นกับฤดูกาล จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้ มีค่าใกล้เคียงกับราคาไม้ฟืนยางพารา แต่เนื่องจากไม้ฟืนยางพาราจะมีความชื้นในเนื้อไม้ประมาณ 55% ทำให้ได้ค่าพลังงานความร้อนเพียง 10.5 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม เทียบเท่าราคาพลังงานจะอยู่ที่ประมาณ 0.067-0.095 บาทต่อเมกกะจูล ในขณะที่แท่งเชื้อเพลิงแข็งจากฝุ่นไม้ไม่มีความชื้นทำให้ได้ค่าพลังงาน 0.058 บาทต่อเมกกะจูล และคาดว่าในอนาคตอันใกล้นี้ไม้ฟืนยางพาราจะมีราคาสูงขึ้นตามราคาของเชื้อเพลิงชนิดอื่น