

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล
Design and Development of a Machine for Separating Contaminants from Bagasse Fuel
of a Sugar Factory

ภิญโญ ชุมมนี¹
Pinyo Chummanee1

Abstract

The objective of this research were to design and develop a contaminant separator from bagasse fuel of a sugar factory. The contaminants passed through the husks 1 to 5 contained sugarcane leaves, bagasse size 3 to 5 cm., and soil and gravel size no more than 0.2 cm. These impurities caused problems to equipment and efficiency of sugar production. Separating contaminants from bagasse fuel uses a rotary technique to separate contaminants continuously rotating, consisting of 1 set of conveying motors, 1 set of gear motors and a round sieve with a diameter of 1.5 meters and a length of 10 meters. Bagasse fuel with a production capacity of 100 tons per day and taking into account the quality of the sugarcane leaf fuel after sorting was good. It was found that the appropriate sieve was 0.3 cm. at a speed of 45 revolutions per minute and an angle of 18 degrees. Bagasse zero was equal to 70.8 percent and there were impurities mixed with bagasse dust (Bagasse zero) equal to 29.2 percent. Electricity consumption rate 55 kW, 8-hour usage per day. The base electricity tariff is 3.6237 baht. There will be a cost for removing contaminants from bagasse fuel at 0.016 baht per kilogram. Separately, the cost of building a machine to separate contaminants from bagasse fuel is 0.08 baht per kilogram. Life expectancy of sugarcane leaf fuel separator is 5 years.

Keywords: impurity separator, bagasse fuel, sugar factory

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล โดยสิ่งเจือปนผ่านชุดลูกหีบ 1 ถึง 5 มีใบอ้อย ขานอ้อยมีขนาด 3 ถึง 5 เซนติเมตร และดิน กรวดมีขนาดไม่เกิน 0.2 เซนติเมตร สิ่งเจือปนเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาต่ออุปกรณ์เครื่องจักรและประสิทธิภาพของการผลิตน้ำตาล การคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยใช้เทคนิคโรตารีแยกสิ่งเจือปนหมุนต่อเนื่อง ประกอบด้วย มอเตอร์ลำเลียง 1 ชุด มอเตอร์เกียร์ 1 ชุด และตะแกรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.5 เมตร ยาว 10 เมตร ซึ่งได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยที่กำลังการผลิต 100 ตันต่อวัน และคำนึงถึงคุณภาพของเชื้อเพลิงใบอ้อยหลังคัดแยกให้อยู่ในเกณฑ์ดี พบว่า รุตะแกรงที่เหมาะสมเท่ากับ 0.3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที และมุม 18 องศา สามารถคัดแยกเชื้อเพลิงขานอ้อยได้เท่ากับ 70.8 เปอร์เซ็นต์ และมีสิ่งเจือปนที่ผสมฝุ่นขานอ้อย (bagasse zero) เท่ากับ 29.2 เปอร์เซ็นต์ อัตราใช้กำลังไฟฟ้า 55 กิโลวัตต์ การใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน อัตราค่าไฟฟ้าฐาน 3.6237 บาท จะมีค่าใช้จ่ายในการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยเป็น 0.016 บาทต่อกิโลกรัม แยกเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อย 0.08 บาทต่อกิโลกรัม คิดอายุการใช้งานของเครื่องคัดแยกเชื้อเพลิงใบอ้อย 5 ปี

คำสำคัญ : เครื่องคัดแยกสิ่งเจือปน เชื้อเพลิงขานอ้อย โรงงานน้ำตาล

คำนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีโรงงานน้ำตาลขนาดใหญ่ โดยอ้อยส่วนใหญ่ที่เข้าโรงงานน้ำตาลจะใช้แรงงานและใช้รถตัดอ้อยเก็บเกี่ยว ซึ่งมีสิ่งเจือปน ดิน และทรายปนเปื้อนในอ้อยจำนวนมากเป็นปัญหาที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตน้ำตาล และความสูญเสียจากน้ำตาลที่ควรผลิตได้ ทำให้สูญเสียรายได้ประมาณ 300-450 ล้านบาทต่อเปอร์เซ็นต์สิ่งปนเปื้อนในอ้อยเข้าหีบสุพรรณ (2555) ซึ่งโรงงานน้ำตาลได้สร้างเครื่องคัดแยกดินและทรายที่สามารถคัดแยกดินและ

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ นครสวรรค์ 60000

¹ Division of Mechanical Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan,

ทรายออกจากอ้อยได้เฉลี่ย 93.68 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณดินและทรายปนเปื้อน แต่สิ่งเจือปนที่เหลือยังผสมกับขานอ้อยที่โรงงานน้ำตาลนำไปใช้ในกระบวนการผลิตไอน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อหม้อไอน้ำเป็นอย่างมาก

ดังนั้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล เพื่อช่วยลดความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องจักรในระบบการผลิตไอน้ำ เพราะหากปล่อยให้สถานการณ์ปัญหาการเกิดความเสียหายของอุปกรณ์เครื่องจักรในระบบการผลิตไอน้ำมีการสึกหรอและชำรุดบ่อยครั้งโดยไม่ได้รับการแก้ไข จะส่งผลต่อการหยุดเครื่องจักรบ่อยครั้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1.ศึกษาสภาพเชื้อเพลิงขานอ้อยและออกแบบเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล

ศึกษาสภาพและอัตราส่วนของเชื้อเพลิงขานอ้อยและสิ่งเจือปน โดยการสุ่มตัวอย่างเชื้อเพลิงขานอ้อยโรงงานน้ำตาลจำนวน 5 กิโลกรัม มาคัดแยกด้วยวิธีแช่น้ำ เพื่อหาอัตราส่วนเชื้อเพลิงขานอ้อยและสิ่งเจือปนของโรงงานน้ำตาล

การออกแบบเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยใช้เทคนิคโรตารีแยกสิ่งเจือปนหมุนต่อเนื่อง โดยนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณและออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวิศวกรรม เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโมเดล 3 มิติ (strength analysis) โดยใช้วิธี Finite Element Analysis (FEA) ประกอบด้วย โครงสร้าง มอเตอร์ลำเลียง 1 ชุด มอเตอร์เกียร์ 1 ชุด และตะแกรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.5 เมตร ยาว 10 เมตร

2.การจำลองเครื่องต้นแบบคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อย

การจำลองเครื่องต้นแบบในการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อย เพื่อหาขนาดของรูตะแกรงที่เหมาะสม ประกอบด้วย รูตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เซนติเมตร ตามลำดับ และหาความลาดเอียงของตะแกรงคัดแยกสิ่งเจือปนที่เหมาะสม ประกอบด้วย มุมความลาดเอียงของตะแกรงขนาดมุม 12,14, 16,18 และ 20 องศา ตามลำดับ

3.ผลของการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยในโรงงานน้ำตาล

สร้างเครื่องคัดแยกคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยในโรงงานน้ำตาล และทดสอบเก็บข้อมูลประสิทธิภาพทำงานการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยที่กำลังการผลิต 100 ตันต่อวัน

ผลการทดลอง

1.การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล

ศึกษาสภาพและอัตราส่วนเชื้อเพลิงขานอ้อยกับสิ่งเจือปน โดยสุ่มตัวอย่างเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาลจำนวน 5 กิโลกรัม มาคัดแยกด้วยวิธีแช่น้ำ พบว่า สามารถคัดแยกสิ่งเจือปน 1.5 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 30 เปอร์เซ็นต์ และสามารถคัดแยกเชื้อเพลิงขานอ้อย 3.5 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 70 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1)



Figure 1 Bagasse fuel ratio and impurity

การออกแบบเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยใช้เทคนิคโรตารีแยกสิ่งเจือปนหมุนต่อเนื่อง โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแข็งแรงของโมเดล 3 มิติ (strength analysis) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวิศวกรรม ซึ่งใช้วิธี finite element analysis (FEA) ฤกษ์งามและคณะ (2566) ในการคำนวณหาความแข็งแรงของชิ้นส่วนต่างๆของเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อย พบว่า การออกแบบเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยไม่เกิดความเสียหายเมื่อได้รับแรงกระทำ สามารถรองรับแรง (stress) ที่ตำแหน่งต่างๆ ของชิ้นงาน และรองรับการบิดงอ (displacement) ได้เป็นอย่างดี (Figure 2)

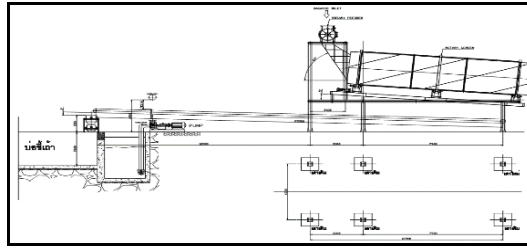


Figure 2 Design of a machine for separating contaminants from bagasse fuel

2. การจำลองเครื่องต้นแบบคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงชานอ้อย

การจำลองเครื่องต้นแบบคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงชานอ้อย พบว่า ขนาดรูตะแกรงที่เหมาะสมเท่ากับ 0.3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที และมุม 18 องศา สามารถคัดแยกเชื้อเพลิงชานอ้อยได้เท่ากับ 70.8 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3) และมีสิ่งเจือปนที่ผสมฝุ่นชานอ้อย เท่ากับ 29.2 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)



Figure 3 Simulation of a prototype separating impurities from bagasse fuel.

Table 1 Quantity of contaminant separation from bagasse fuel

Slope angle / sieve size	12	14	16	18	20
0.2 CM.	26.3	27	27.3	28.5	27.3
0.3 CM.	26.5	27.6	27.7	29.2	27.6
0.4 CM.	26.5	27.6	27.6	28.3	27.6
0.5 CM.	26.2	27.3	27.4	28	27.4

3. ผลของการคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงชานอ้อยในโรงงานน้ำตาล

การสร้างเครื่องคัดแยกคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงชานอ้อยในโรงงานน้ำตาล และเก็บข้อมูลประสิทธิภาพทำงาน การคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงชานอ้อย พบว่า การทำงานเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงชานอ้อยในโรงงาน น้ำตาลได้จริงที่กำลังการผลิต 100 ตันต่อวัน โดยสามารถคัดแยกเชื้อเพลิงชานอ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 65-70 เปอร์เซ็นต์ และสามารถคัดแยกสิ่งเจือปนเฉลี่ยเท่ากับ 25-30 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4)



Figure 4 Separating contaminants from bagasse fuel of sugar mills

วิจารณ์ผล

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล โดยสิ่งเจือปนผ่านชุดลูกทึบ 1 ถึง 5 มีใบอ้อย ขานอ้อยมีขนาด 3 ถึง 5 เซนติเมตร และดิน กรวดมีขนาดไม่เกิน 0.2 เซนติเมตร เป็นเช่นเดียวกับ Hobson and Schembri (2001) โดยดินและทรายปนเปื้อนในอ้อยเป็นปัญหาที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตน้ำตาล ซึ่งดินและทรายเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรในกระบวนการผลิต และความสูญเสียจากน้ำตาลที่ควรผลิตได้เป็นเช่นเดียวกับ สุพรรณ (2551) ที่ได้การศึกษาและพัฒนากระบวนการคัดแยกดินและทรายออกจากอ้อยก่อนเข้าหีบ การคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยใช้เทคนิคโรตารีแยกสิ่งเจือปนหมุนต่อเนื่อง ประกอบด้วย มอเตอร์ล้าเลียง 1 ชุด มอเตอร์เกียร์ 1 ชุด และตะแกรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.5 เมตร ยาว 10 เมตร ซึ่งได้ออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยที่กำลังการผลิต 100 ตันต่อวัน และคำนึงถึงคุณภาพของเชื้อเพลิงขานอ้อยหลังคัดแยกให้อยู่ในเกณฑ์ดี พบว่า ขนาดตะแกรง 0.3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที และมุมลาดเอียง 18 องศา สูงกว่าเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนที่จาริณี และคณะ (2559) ซึ่งได้สร้างเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนที่ลาดเอียงเท่ากับ 10.75 องศา สามารถคัดแยกเชื้อเพลิงขานอ้อยได้เท่ากับ 70.8 เปอร์เซ็นต์ และมีสิ่งเจือปนที่ผสมฝุ่นขานอ้อย เท่ากับ 29.2 เปอร์เซ็นต์

สรุป

การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกสิ่งเจือปนออกจากเชื้อเพลิงขานอ้อยของโรงงานน้ำตาล มีประสิทธิภาพทำงานเฉลี่ย 100 ตันต่อชั่วโมง ขนาดรูตะแกรงเท่ากับ 0.3 เซนติเมตร ที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที และมุมลาดเอียง 18 องศา สามารถคัดแยกเชื้อเพลิงขานอ้อยได้เท่ากับ 70.8 เปอร์เซ็นต์ และมีสิ่งเจือปนที่ผสมฝุ่นขานอ้อยเท่ากับ 29.2 เปอร์เซ็นต์

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณโรงงานน้ำตาลในเครือไทยรุ่งเรือง สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ สำหรับทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎาภรณ์ สุระมุล, ศักย บุญชูวิทย์ และวัชระ เพิ่มชาติ. 2566. การตรวจสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการออกแบบแอสซี สำหรับยานพาหนะการเกษตร. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา 11: 94-106.
- จาริณี จงปลื้มปิติ, พลเทพ เวงสูงเนิน, จักรพันธ์ ได้ทุกทาง และ ชัยนคร เพ็งพะเนา. 2559. เครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากขี้สารในโรงสีข้าวระดับชุมชน. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมครั้งที่ 7. วันที่ 25-26 กค. 2559 ณ โรงแรมดุสิต ปริ้นเซส จังหวัดนครราชสีมา. หน้า 441-446.
- สุพรรณ ยั่งยืน. 2551. การศึกษาและพัฒนากระบวนการคัดแยกดินและทรายออกจากอ้อยก่อนเข้าหีบเพื่อลดปริมาณการปนเปื้อนดินและทรายในกระบวนการผลิตน้ำตาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 191 น.
- สุพรรณ ยั่งยืน. 2555. การทำความสะอาดอ้อยในกระบวนการผลิตน้ำตาล. วารสารวิศวกรรม มช. 39(2): 195-202
- Hobson, P. and M. Schembri. 2001. Trash separation prototype plant at Condong Mill. SRI Annual Report 2001. [Online]. Available from: http://www.sri.org.au/SRI_2001.pdf land. (15 October 2010).