

การศึกษาแนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายใน ขั้นตอนการลำเลียงกระสอบขึ้นรถบรรทุก

ญาญ์ณินท์ จันทรวีเชียร¹ และ เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา^{2*}
yanin110134@gmail.com¹, cherdpong.ch@rmuti.ac.th^{2*}

¹ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

^{2*} สาขาวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

Received	: 4-Oct-2019
Revised	: 16-Oct-2019
Accepted	: 17-Oct-2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำตาลที่แข็งตัวภายในกระสอบ และการศึกษาแรงกดที่ทำให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัว ตลอดจนการศึกษาองค์ประกอบในการออกแบบลูกนวดที่ส่งผลให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้การออกแบบลูกนวดที่มีลักษณะคล้ายเฟืองฟันตรง โดยปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย ระยะเวลาสูงของฟันลูกนวด จำนวน 3 ระดับคือ 0.5 1.0 และ 1.5 นิ้ว ความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดเท่ากับ 0.086 0.105 และ 0.123 เมตรต่อวินาที จากผลการทดสอบพบว่า ระดับความสูงฟันลูกนวด 1 นิ้ว ความเร็วเชิงเส้นของลูกนวดเท่ากับ 0.105 เมตรต่อวินาที ส่งผลต่อค่าการกด โดยมีค่าความเค้นกดเท่ากับ 40.35 กิโลปาสคาล ความเค้นเฉือนเท่ากับ 15.83 กิโลปาสคาล และมีค่าแรงบิดเท่ากับ 6.03 นิวตันเมตร ผลการทดสอบการกดกับกระสอบน้ำตาลพบว่า ค่าความแข็งโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 50.5 บริเนลล์ ซึ่งผลการทดสอบ แสดงถึงระดับของฟันลูกนวดส่งผลต่อการทำงานของเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทราย โดยที่ช่วงระดับความสูงของฟันลูกนวดที่เหมาะสม มีค่าเท่ากับ 1 นิ้ว ซึ่งระดับความสูงของฟันลูกนวดเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลทำให้น้ำตาลมีการแตกตัวดีขึ้น แต่ส่งผลให้ระยะการกดของลูกนวดที่กระทำต่อกระสอบน้ำตาลมีค่ามากขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม

คำสำคัญ: เครื่องนวดกระสอบ ลูกนวด ฟันลูกนวด น้ำตาลทราย

A Study of Design and Development Guidelines for Sugar Sack-Threshing Machine on Process of Sacks Transport into a Truck

Yanin Chanwichian¹ and Cherdpong Chiawchanwattana^{2*}
yanin110134@gmail.com¹, cherdpong.ch@rmuti.ac.th^{2*}

¹College of Industrial Technology, King Mongkut's University Of Technology North Bangkok

² Department of Technical Education in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education.
Rajamangala University of Technogy Isan Khonkaen Campus

Received	: 4-Oct-2019
Revised	: 16-Oct-2019
Accepted	: 17-Oct-2019

Abstract

This research aimed to study physical characteristics of caking of sugar in sacks, the compressive that caused sugar cracking and elements in threshers design that caused to efficient sugar cracking in the way that a thresher design has a similarity of spur gear. Experimental factors consist of 3 levels of a height of rasp – bar type thresher as 0.5, 1.0 and 1.5 inches and linear velocity of threshers as 0.086, 0.105 and 0.123 meters per second. According to the results, it was found that the Rasp - bar type a height of 1 inch and linear velocity of threshers as 0.105 meters per second affected 40.35 kilopascals of compressive stress, 15.83 kilopascal of shear stress and 6.03 new ton meters of torsional moment. Experimental results of sugar sacks compression found that an average of hardness test was equal to 50.5 brinells which revealed that levels of rasp - bar type threshers have an effect on functions of sugar sack-threshing machine. A suitable height range of rasp – bar type thresher was 1 inch. Higher levels had no effect on more sugar dissolving. However, scales of compressive stress of rasp – bar type thresher on sugar sacks increased in the opposite way.

Keywords: Threshing Machine, Thresher, Rasp-bar type thresher, Sugar

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการส่งออกน้ำตาลทรายเป็นอันดับ 2 ของโลกรองจากบราซิล และในภูมิภาคเอเชียไทยยังเป็นประเทศเดียวที่มีศักยภาพในการส่งออกน้ำตาลทรายอย่างสม่ำเสมอ [1] จากข้อมูลในเดือนเมษายน ปี 2018 รายงานว่า ประเทศไทยมีปริมาณหีบอ้อยเท่ากับ 131.11 ล้านตันเพิ่มขึ้นร้อยละ 41 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน และผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.1 ล้านตันจาก 9.9 ล้านตันเมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา คาดการณ์ว่าไทยจะมีการผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 2 ในปี 2018/19 การส่งออกน้ำตาลทรายของประเทศเท่ากับ 715,000 ตัน ในเดือนมีนาคมเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.7 เทียบกับช่วงเดียวกันกับปีก่อน อันเป็นผลให้การส่งออกทั้งหมดสำหรับเดือนตุลาคมถึงมีนาคม 2017/18 เท่ากับ 3.095 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 3.02 ล้านตันเมื่อเทียบกับช่วงเดียวกัน [2] ทั้งนี้น้ำตาลยังเป็นสินค้าเกษตรที่ส่งออกสำคัญเป็นอันดับ 3 รองลงมาจากยางพาราและข้าวอีกด้วย

ปัญหาน้ำตาลทรายขาวจับตัวเป็นก้อนแข็งส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมไทยเป็นอย่างมาก จัดเป็นเรื่องใหญ่ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ของมาตรฐานการผลิตและคุณภาพของน้ำตาลทรายที่ผลิตในประเทศ โดยการเก็บรักษาน้ำตาลในคลังสินค้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำตาลทรายขาวจับตัวเป็นก้อนแข็งภายในกระสอบ [3] ซึ่งปัญหาดังกล่าวได้สอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์วิศวกร ณ โรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งพบว่าปัจจุบันน้ำตาลทรายขนาด 50 กิโลกรัม ที่มีการเก็บในโกดังเกิดปัญหาการแข็งตัวเป็นก้อนภายในกระสอบ ทำให้ไม่สามารถจำหน่ายน้ำตาลทรายที่แข็งตัวออกไปได้ จึงเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขเป็นอันดับต้นๆ ของโรงงานซึ่งปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการ

โดยแนวทางการแก้ไขเบื้องต้นของโรงงาน ได้ใช้แรงงานคนในการทุบกระสอบน้ำตาลระหว่างการลำเลียงกระสอบขึ้นรถบรรทุก เพื่อให้น้ำตาลเกิดการแตกตัวก่อนส่งออกจำหน่าย

งานวิจัยในการศึกษารังนี้จึงมีแนวทางการออกแบบและพัฒนาเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายในระหว่างการลำเลียงกระสอบขึ้นรถบรรทุก เพื่อช่วยแก้ปัญหาการจับตัวเป็นก้อนแข็งภายในกระสอบของน้ำตาลทรายบรรจุขนาด 50 กิโลกรัม โดยเป็นการออกแบบเครื่องต้นแบบขนาดย่อส่วนโดยอ้างอิงอัตราส่วนจากขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง ของขนาดกระสอบน้ำตาลจากอัตราส่วนระหว่างขนาด 50 กิโลกรัมต่ออัตราส่วนขนาด 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ในการออกแบบมีความจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบชุดทดสอบแรงที่กระทำกับก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัว เพื่อนำผลมาแก้ไขปัญหการจับตัวเป็นก้อนแข็งของน้ำตาลในกระสอบก่อนการส่งมอบ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำตาลที่แข็งตัวภายในกระสอบ การศึกษาแรงกดที่ทำให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัว ตลอดจนการศึกษารองคประกอบในการออกแบบลูกนวด ที่ส่งผลให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายต่อไป

2. แนวคิดในการออกแบบเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทราย

2.1 แนวคิดในการออกแบบฟันลูกนวด

การออกแบบเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายมีแนวคิดในการออกแบบหลายองค์ประกอบด้วยกัน จากการศึกษาได้แบ่งลักษณะแนวแรงที่ฟันลูกนวดดังนี้

1. แรงในแนวเส้นรอบวง (F_b) ที่ลูกนวดบนและล่าง

2. แรงในแนวรัศมี (F_r) ที่ลูกนวดบน
และล่าง

เมื่อพิจารณาจาก Freebody Diagram ดังรูปที่
1 (ก) และ (ข) ได้ความสัมพันธ์ของแรงดังนี้
[4,5]

$$F_b = F_n \cos \phi \quad (1)$$

$$F_r = F_n \sin \phi \quad (2)$$

โดยมีรูปที่ 1 (ข) เป็นรูปจำลองลักษณะแรงที่
เกิดขึ้นบนลูกนวดที่ได้ออกแบบ

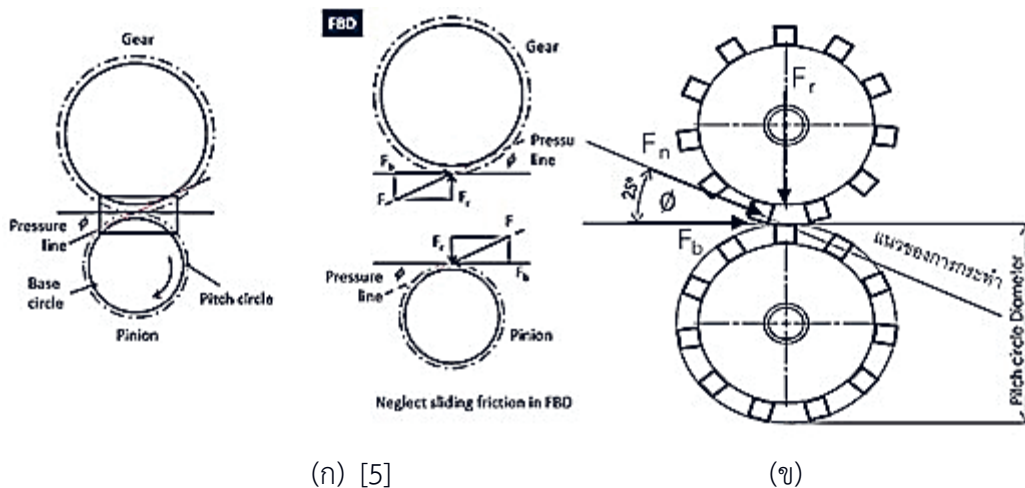
พิจารณาให้ลูกนวดมีลักษณะเป็นคานยื่น
(Cantilever beam) ให้แรงที่ลูกนวดกระทำกับ
กระสอบน้ำตาลอยู่บริเวณปลายฟันของลูกนวด

ทำให้มีความสัมพันธ์ของแรงเมื่อ $\phi = 25$ องศา
ดังนี้

$$F_b = F_n \cos 25^\circ \quad (3)$$

$$F_r = F_n \sin 25^\circ \quad (4)$$

จากข้อมูลการศึกษาพบว่าขนาดของมูม
กด ของเฟืองมาตรฐานเท่ากับ 20 และ 25 องศา
โดยมูมกดมากทำให้ลูกนวดส่งกำลังได้มากแต่จะ
ทำให้จำนวนของฟันเฟืองสัมผัสกันน้อย [6]
ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงเลือกขนาดมูมกดที่ 25 องศา
ซึ่งทำให้เกิดความสัมพันธ์ของแรงในสมการที่ 3
ละ 4



รูปที่ 1 ลักษณะแนวแรงที่เกิดขึ้นบนลูกนวด

2.2 แนวคิดการออกแบบชุดลูกนวด

การออกแบบชุดลูกนวดประกอบไปด้วย 3 ส่วนที่สำคัญดังนี้

2.2.1 การออกแบบเพลาดัน

ตามมาตรฐาน ASME [7]

$$d_0^3 = \frac{16}{\pi \tau} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right] \frac{1}{2}$$

$$d = \left[\frac{16}{\pi \tau} \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right] \frac{1}{2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (mm)

τ คือ ความเค้นเฉือนสูงสุด (P_a)

C_t คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

C_m คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

T คือ แรงบิดที่เพลาดัน (N.m)

M คือ โมเมนต์ดัด (N.m)

F คือ แรงที่กระทำบนเพลาดัน (N)

โดยมีค่าตัวประกอบความล้าแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาดันอยู่:		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลาดันหมุน:		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

2.2.2 การคำนวณหาโมเมนต์บิดที่เพลาดัน

$$T = F \times r \quad (6)$$

T คือ แรงบิด (N.m)

F คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ (N)

r คือ รัศมี (mm)

2.2.3 การคำนวณหาความเร็วของลูกนวด

$$v = 2\pi n r \quad (7)$$

v คือ ความเร็วเชิงเส้น (m/s)

n คือ ความเร็วรอบ (rpm)

r คือ รัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (mm)

2.3 แนวคิดการออกแบบระบบส่งถ่าย

กำลัง

การคำนวณอัตราทดเฟืองฟันตรง

$$m \omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad (8)$$

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

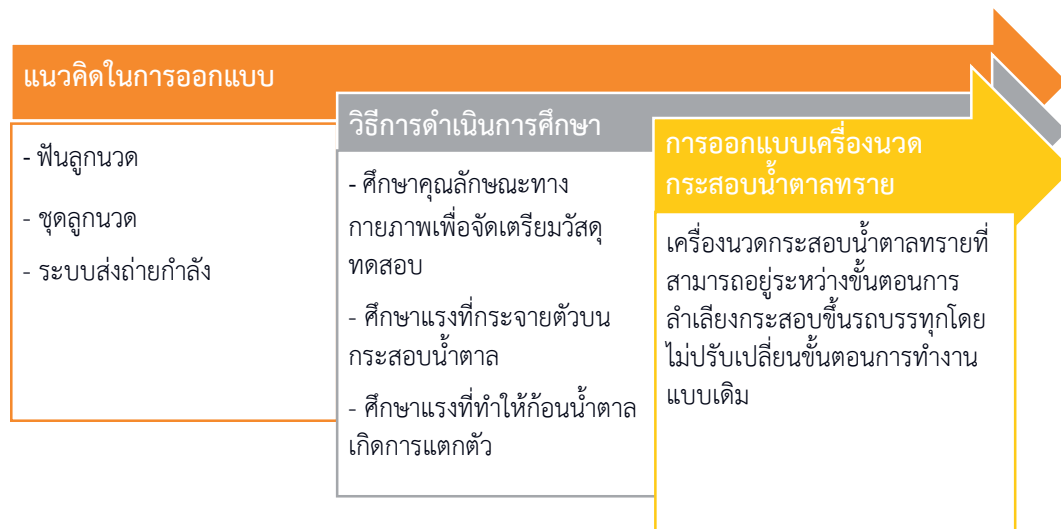
n คือ ความเร็วรอบ (rpm)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (mm)

N คือ จำนวนฟัน

ทั้งนี้ในการออกแบบเครื่องนวดกระสอบ

น้ำตลทรายสามารถสรุปกรอบแนวคิดการวิจัยได้แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.วิธีการดำเนินการศึกษา

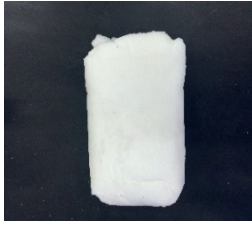
ประกอบไปด้วยการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของกระสอบน้ำตาลทรายเพื่อนำมาสร้างวัสดุทดสอบ การศึกษาแรงที่กระจายตัวบนกระสอบน้ำตาลทั้งกระสอบน้ำตาลสภาพปกติและสภาพแข็งตัวตลอดแนว จากนั้นได้ทำการศึกษาแรงที่ทำให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัว เพื่อรวบรวมเป็นองค์ประกอบในการออกแบบเครื่องวัดกระสอบน้ำตาลทรายในหัวข้อสุดท้ายที่ได้ศึกษาโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและการจัดเตรียมวัสดุทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำตาลทรายภายในกระสอบ จากการสุ่มวัดขนาดของกระสอบน้ำตาลทรายขนาด 50 กิโลกรัม จำนวน 20 กระสอบ ภายในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง เพื่อนำขนาดที่ได้มาจัดทำวัสดุทดสอบโดยการจัดทำวัสดุทดสอบนั้น ได้จัดทำเป็นขนาดย่อยส่วนด้วยสัดส่วนเดียวกัน จากกระสอบขนาด 50 kg เป็นกระสอบขนาด 1 kg จากนั้นได้จัดทำให้น้ำตาลแข็งตัวตลอดแนวเพื่อนำมาศึกษาในหัวข้อการกระจายแรงและแรงที่ทำให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัวต่อไป

โดยการจัดทำวัสดุทดสอบนั้นได้ศึกษาจากสาเหตุการจับตัวเป็นก้อนของน้ำตาลทรายโดยได้ศึกษาข้อมูลเพื่อจัดทำวัสดุทดสอบ การศึกษาปัญหาการจับตัวเป็นก้อนของน้ำตาลทรายระหว่างการเก็บรักษานั้น สาเหตุเกิดจากการดูดและคายความชื้นของน้ำตาลทราย (water adsorption and desorption) เริ่มต้นจากเมื่อสถานะแวดล้อมที่จัดเก็บน้ำตาลมีความชื้นสูงกว่าตัวน้ำตาลเอง จะทำให้น้ำตาลดูดความชื้นเข้าสู่ผลึก ซึ่งส่งผลให้บริเวณผิวหน้าของผลึกน้ำตาลมีการละลายเยิ้ม (surface dissolution) และทำให้ผลึกน้ำตาล หลุดร่อนหลุดมาจับตัวรวมกันเป็นก้อน ต่อมาหากสภาพความชื้นของสถานะแวดล้อมต่ำกว่าความชื้นของตัวน้ำตาล จะทำให้น้ำตาลคายความชื้นสู่ชั้นบรรยากาศภายนอก [8] และเกิดการจับตัวเป็นก้อนแข็งในที่สุด

งานวิจัยนี้จึงได้จัดทำวัสดุทดสอบโดยการผ่านกระบวนการให้ความชื้นกับน้ำตาลและนำเข้าตู้อบลมร้อนเพื่อให้น้ำตาลเกิดการคายความชื้น โดยทำให้มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมแข็งเสมอกันตลอดแนวดังรูปที่ 3 (ก) และนำมาเย็บใส่กระสอบดังรูปที่ 3 (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3 วัสดุทดสอบน้ำตาลแข็งเสมอกันตลอด
แนว (ก) และน้ำตาลแข็งตัวในกระสอบ (ข)

3.2 การศึกษาแรงที่กระจายตัวบน กระสอบน้ำตาล

3.2.1 กระสอบน้ำตาลสภาพ
แข็งตัวตลอดแนว

3.2.2 กระสอบน้ำตาลสภาพ
ปกติ

การทดสอบแรงที่กระจายตัวบน
กระสอบน้ำตาลนั้น ทดสอบโดยใช้เครื่อง
Hardness tester รุ่น EQUOTIP โดยใช้หัวกด
ชนิด D ค่าความละเอียด 0.01 HLD หลักการ
ทดสอบที่ใช้ทำการทดสอบนั้นได้แบ่งพื้นที่วัสดุ
ทดสอบโดยการตีกิริตขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 1
นิ้ว เพื่อทำการทดสอบแรงที่กระจายตัวบน
กระสอบน้ำตาลในแต่ละช่องพื้นที่ของวัสดุ
ทดสอบที่ได้จัดทำขึ้น เทียบกับแรงที่กระจายตัว
ในถุงน้ำตาลสภาพปกติ โดยรูปที่ 4 แสดงวัสดุ
ทดสอบและกิริตในการแบ่งพื้นที่การทดสอบ



รูปที่ 4 การเตรียมกิริตแบ่งพื้นที่การทดสอบ
และการเตรียมวัสดุทดสอบ

3.3 การศึกษาแรงที่ทำให้ก้อนน้ำตาล เกิดการแตกตัว

เป็นการศึกษาแรงที่กระทำให้อ่อน
น้ำตาลเกิดการแตกตัวโดยการกดจากเครื่อง
Universal Testing Unit (UTM) โดยค่าที่ได้จาก
การกดจากเครื่อง UTM เป็นค่าที่แรงถูกกด
กระทำในแนวนอนหรือ (F_r) ในการกำหนด
ปัจจัยการทดสอบ ค่าความเร็วในการปรับเซต
เครื่อง UTM ได้จากการคำนวณสมการที่ 7 ใน
หัวข้อ 2.2.3 อ้างอิงความเร็วรอบตามสายพาน
ลำเลียงภายในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่ง ($n =$
21.84 rpm) โดยคิดขณะที่เครื่องทำงานเต็ม
100% ไม่สูญเสียพลังงาน จากนั้นนำค่าแรงกด
(F_r) มาคำนวณหาค่าแรงในแนวเส้นรอบวงหรือ
(F_b) จากสมการที่ 3 ในหัวข้อ 2.1 และ
คำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่เพลตามสมการที่ 6
ในหัวข้อ 2.2.2 ทั้งนี้หาค่าแรงที่ได้คำนวณ
เปรียบเทียบเป็นความเค้นกดและความเค้น
เฉือนเพื่อทดสอบแรงระหว่างปัจจัยในการ
ทดสอบแล้วบันทึกผล

3.4 การออกแบบเครื่องนวดกระสอบ น้ำตาลทราย

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงเกณฑ์ในการ
ออกแบบ รายละเอียดในการออกแบบและการ
แสดงองค์ประกอบของเครื่องนวดกระสอบ
น้ำตาลทราย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาคุณลักษณะทาง กายภาพและการจัดเตรียมวัสดุทดสอบ

แสดงค่าเฉลี่ยผลการสุ่มวัดน้ำตาลทราย
ขนาด 50 kg. และการเทียบสัดส่วนระหว่าง
กระสอบน้ำตาลทรายขนาด 50 kg. ต่อ กระสอบ
น้ำตาลทรายขนาด 1 kg. รวมไปถึงการหาค่า
ขนาดของวัสดุทดสอบกระสอบน้ำตาลทราย 1
kg. แสดงดังตารางที่ 2

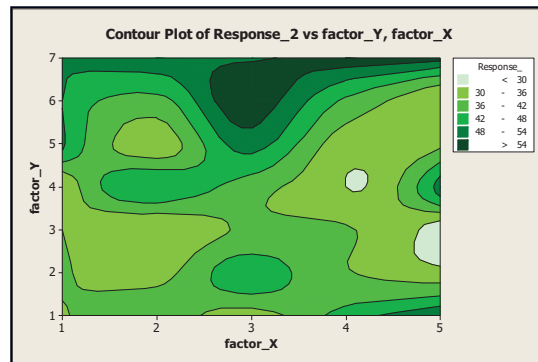
ตารางที่ 2 ค่าสัดส่วนกระสอบน้ำตาล

ความจุ	ขนาด (cm.)			สัดส่วน	
	(W)	(L)	(T)	(W:T)	(L:T)
50 kg.	52	80	16	3.25	5
1 kg.	13	20	4	3.25	5

4.2 ผลการศึกษาแรงที่กระจายตัวบนกระสอบน้ำตาล

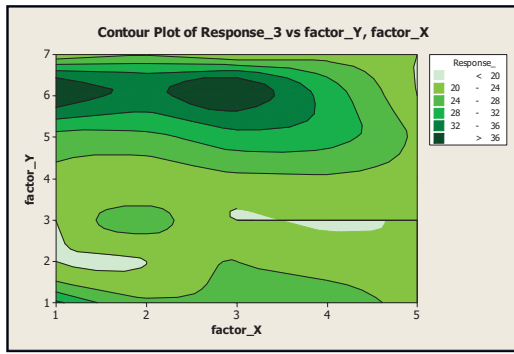
ผลการศึกษาแรงที่กระจายตัวบนกระสอบน้ำตาลทรายเพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ความแข็งของกระสอบน้ำตาล โดยแสดงเป็นเส้นระดับความสูง (Contour line) ทำการศึกษาทั้งสิ้น 4 วัสดุทดสอบได้แก่ กระสอบน้ำตาลที่ทำให้แข็งตัวตลอดแนวและกระสอบน้ำตาลสภาพปกติที่ใช้บริโภคในตลาดทั้งหมด 3 ยี่ห้อ โดย Factor X และ Factor Y ในรูป Contour line คือพิกัดของกระสอบในแนวราบ และ พิกัดของกระสอบในแนวตั้ง ซึ่งได้แบ่งพื้นที่การทดสอบโดยการตักกริดทั้งหมด 35 ช่อง แนวราบ 5 ช่อง แนวตั้ง 7 ช่อง เพื่อศึกษา ลักษณะความแข็งของกระสอบน้ำตาลในแต่ละช่วงพื้นที่ของกระสอบ

4.2.1 ผลการศึกษาการกระจายตัวของแรงบนกระสอบน้ำตาลที่มีลักษณะแข็งตัวตลอดแนว มีผลการทดสอบค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 50.5 HB มีค่าต่ำสุดอยู่บริเวณขอบของกระสอบทั้งสองด้านและค่าสูงสุดของความแข็งอยู่บริเวณกลางกระสอบ โดยค่าความแข็งสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 24 HB และ 71 HB ตามลำดับ และมีค่า SD. เท่ากับ 35.24 แสดงให้เห็นว่ากระสอบมีความแข็งเสมอกันทั่วพื้นที่ของกระสอบ ผลของการวัดทุกช่วงพื้นที่บนกระสอบแสดงดังรูปเส้นระดับความสูง ดังรูปที่ 5

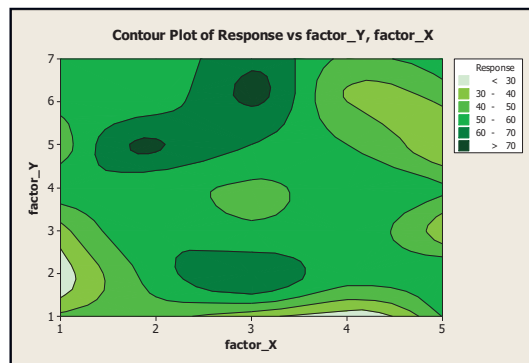


รูปที่ 5 เส้นระดับความสูงของกระสอบน้ำตาลที่แข็งตัวตลอดแนว

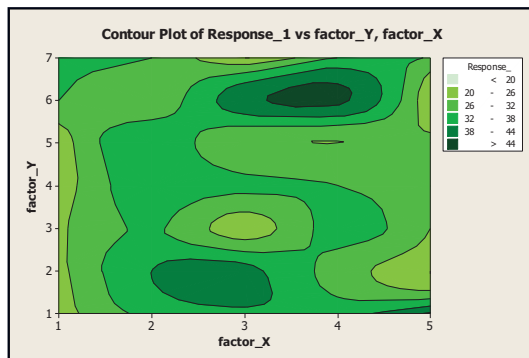
4.2.2 ผลการกระจายตัวของแรงบนกระสอบน้ำตาลสภาพปกติ การทดสอบการกระจายแรงในกระสอบน้ำตาลสภาพปกติได้ทำการทดสอบด้วยน้ำตาลบริโภคในตลาดทั้งหมด 3 ยี่ห้อ ผลการทดสอบน้ำตาลบริโภคในตลาดยี่ห้อที่ 1 มีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 35.5 HB มีค่าต่ำสุดและสูงสุดของความแข็งเท่ากับ 21 HB และ 45.5 HB ตามลำดับและมีค่า SD. เท่ากับ 22.68 ผลของการวัดทุกช่วงพื้นที่แสดงรูปเส้นระดับความสูง ดังรูปที่ 6 (ก) น้ำตาลสภาพปกติยี่ห้อที่ 2 มีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 41.5 HB มีค่าต่ำสุดและสูงสุดของความแข็งเท่ากับ 30 HB และ 45.5 HB และมีค่า SD. เท่ากับ 28.50 แสดงผลของการวัดทุกช่วงพื้นที่เป็นรูปเส้นระดับความสูง ดังรูปที่ 6 (ข) ผลการทดสอบน้ำตาลบริโภคในตลาดยี่ห้อที่ 3 มีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 23 HB มีค่าต่ำสุดและสูงสุดของความแข็งเท่ากับ 20 HB และ 39 HB ตามลำดับและมีค่า SD. เท่ากับ 24.25 แสดงผลของการวัดทุกช่วงพื้นที่โดย เส้นระดับความสูง ดังรูปที่ 6 (ค) จะเห็นได้ว่าน้ำตาลทั้ง 3 ยี่ห้อ มีค่าความแข็งของน้ำตาลไม่แตกต่างกันโดยลักษณะของความแข็งแจกแจงได้ตามเส้นระดับความสูงค่าความแข็งต่ำสุดและสูงที่สุดอยู่บริเวณพื้นที่เดียวกัน



(ก)



(ข)



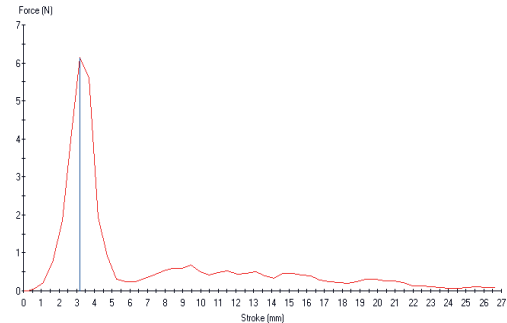
(ค)

รูปที่ 6 เส้นระดับความสูงของกระสอบที่
สภาวะปกติ

4.3 ผลการศึกษาแรงที่กระทำให้อ่อน น้ำตาลเกิดการแตกตัว

การกำหนดค่าความเร็วเครื่อง UTM (v_{utm}) ทั้งหมด 3 ค่าความเร็วได้แก่ 0.086 0.105 และ 0.123 เมื่อลูกนวดมีความสูงของฟันเท่ากับ 0.5 1 และ 1.5 นิ้ว ตามลำดับ ค่าแรงกดที่ได้จากการทดสอบถูกแบ่งออกตามค่าความเร็ว v_{utm} ที่คำนวณได้ แสดงผลการทดสอบและการคำนวณดังตารางที่ 3 โดยรูปที่ 7 แสดง

ตัวอย่างกราฟที่ได้จากการทดสอบกระสอบ
น้ำตาลด้วยเครื่อง UTM



รูปที่ 7 ตัวอย่างกราฟจากการทดสอบด้วย
เครื่อง UTM

ตารางที่ 3 ผลของแรงกดกระสอบน้ำตาลจาก
เครื่องUTM

รายละเอียด	ความเร็ว m/s		
	0.086	0.105	0.123
$F_{r_{ave}}$ (N.)	86.85	86.09	88.17
F_b (N.)	33.26	32.97	33.77
รัศมีวงกลมพิตช์ (mm)	0.058	0.070	0.082
โมเมนต์บิดที่เพลลา (N.m)	5.04	6.03	7.23
ความเค้นกด (kPa)	40.70	40.35	41.32
ความเค้นเฉือน (kPa)	15.59	15.92	15.83

การแสดงผลของแรงกดจากเครื่อง UTM ที่ความเร็ว 0.086 0.105 และ 0.123 m/s จากการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ พบว่าค่าแรงกดที่ทำให้ก้อนน้ำตาลเกิดการแตกตัว (F_r) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 86.85 86.09 และ 87.42 N. ตามลำดับ โดยค่าที่ได้ เกิดจากการนำค่าของน้ำหนักลูกนวดรวมกับค่าแรงกดที่เกิดขึ้นจากเครื่อง UTM มาคำนวณ ส่งผลให้ค่า (F_b) เท่ากับ

33.26 32.97 และ 33.77 N. และมีค่าโมเมนต์บิดที่เพลาท่เท่ากับ 5.04 6.03 และ 7.23 N/m. และมีค่าความเค้นกด (Normal stress) เท่ากับ 40.70 40.35 และ 41.32 kPa ตลอดจนมีค่าความเค้นเฉือน (Shear stress) เท่ากับ 15.59 15.92 และ 15.83 kPa ตามลำดับ

4.4 ผลการออกแบบเครื่องนวด กระสอบน้ำตาลทราย

4.4.1 เกณฑ์ในการออกแบบ

ลูกนวดมีลักษณะการทำงานแบบเฟืองขบชนิดอินโวลูตทำงานในลักษณะใช้แรงบีบอัดในแนวตั้ง โดยกำหนดให้มีมุมกดในแนวการกระทำที่ 25 องศา และมีแรงส่งกำลังทั้งหมดกระทำที่ปลายฟันกำหนดให้วงกลมพิตช์ อยู่บริเวณขอบนอกสุดของฟันลูกนวดและเครื่องสามารถถอดเปลี่ยนชุดลูกนวดได้ การออกแบบใช้กลไกที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายในระดับอุตสาหกรรมได้

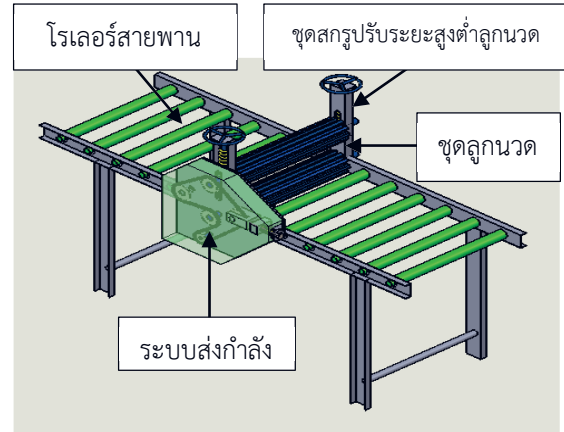
4.4.2 การแสดงองค์ประกอบของเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทราย แสดงดังรูปที่ 8 โดยเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

- (1.) โรลเลอร์สายพานลำเลียง
- (2.) โครงรับลูกนวด
- (3.) ประกับยึดตลับลูกปืนลูกนวด
- (4.) สกรูปรับความสูง – ต่ำของลูกนวด
- (5.) ลูกนวด

ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักในการนวด โดยการทดสอบได้สร้างลูกนวดทั้งหมด 3 ชุด แตกต่างกันในระดับความสูงของฟันลูกนวด มี 3 ระดับ ได้แก่

- ระดับที่ 1 ความสูงของฟัน 0.5 นิ้ว
- ระดับที่ 2 ความสูงของฟัน 1 นิ้ว
- ระดับที่ 3 ความสูงของฟัน 1.5 นิ้ว

- (6.) ชุดคอยล์สปริงปรับแรงกดของลูกนวด



รูปที่ 8 องค์ประกอบเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทราย

5. สรุปผล

สำหรับผลการศึกษาคูณลักษณะทางกายภาพ และการจัดเตรียมวัสดุทดสอบพบว่าขนาดกระสอบน้ำตาลทราย 50 kg. ในโรงงานน้ำตาลแห่งหนึ่งมีค่าความกว้าง ความยาว ความหนาโดยเฉลี่ย เท่ากับ 52 80 และ 16 cm. ซึ่งมีสัดส่วนความกว้างต่อความหนาและความยาวต่อความหนาเท่ากับ 3.25 และ 5 ตามลำดับ ทำให้ขนาดของกระสอบน้ำตาลทรายที่ได้จัดทำขึ้นขนาดย่อยส่วน 1 kg. มีความกว้าง ความยาวและความหนาเท่ากับ 13 20 และ 4 cm. ตามลำดับ

จากการศึกษาแรงที่กระจายตัวบนกระสอบน้ำตาลพบว่าค่าความแข็งของวัสดุทดสอบ น้ำตาลที่แข็งตัวตลอดแนวที่ได้จัดทำขึ้นมีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 50.5 HB และค่าความแข็งของน้ำตาลทรายสภาพปกติที่บริโภคนในตลาด มีค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 33.3 HB ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบวัสดุทดสอบที่ได้จัดทำขึ้นกับน้ำตาลที่บริโภคในตลาดมีความแตกต่างของค่าความแข็งโดยเฉลี่ยเท่ากับ 17.2 HB ซึ่งความแตกต่างการกระจายตัวของแรงของน้ำตาลที่ได้จัดทำเป็นวัสดุทดสอบนั้นมีการกระจายตัวของแรงน้อยกว่าน้ำตาลที่สภาพปกติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การจัดทำวัสดุทดสอบมีความแข็งสม่ำเสมอทั่วทั้งกระสอบ โดยผล

การศึกษาแรงที่กระทำให้อ่อนน้ำตาลเกิดการแตกตัวพบว่าระยะความสูงของฟันลูกนวดที่เหมาะสมเท่ากับ 1 นิ้ว เนื่องจากให้ค่าความเค้นที่น้อยที่สุดที่กระทำให้น้ำตาลเกิดการแตกตัวได้ โดยมีความเค้นอัดเท่ากับ 40.35 kPa และมีความเค้นเฉือนเท่ากับ 15.92 kPa และให้ค่าโมเมนต์บิดที่เพลเท่ากับ 6.03 N.m โดยขนาดความสูงของฟันลูกนวดไม่ได้ทำให้แนวโน้มของการนวดมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นแต่เป็นการเพิ่มความความลึกในการกดอัดกระสอบน้ำตาลได้ลึกขึ้นเท่านั้นเนื่องจากการนวดในลูกนวดลักษณะนี้ต้องอาศัยแรงในแนวเส้นรอบวงร่วมด้วยเนื่องจากแรงนี้ทำให้เกิดแรงบิด ซึ่งแรงดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันกับขนาดของลูกนวดซึ่งเมื่อระยะความสูงของฟันลูกนวดเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้แรงบิดมีค่าลดน้อยลงในทางทฤษฎี

การกำหนดเกณฑ์การออกแบบเครื่องนวดกระสอบน้ำตาลทรายสามารถสรุปรูปแบบการทำงานของเครื่องได้ดังนี้ เครื่องสามารถปรับระยะสูงต่ำของลูกนวดเพื่อรองรับกับช่วงความหนาของกระสอบและสามารถถอดเปลี่ยนชุดลูกนวดได้ มีระบบการลำเลียงกระสอบน้ำตาลเข้าเครื่องโดยใช้โรลเลอร์และใช้โซ่เป็นระบบส่งกำลังอย่างง่าย ทั้งนี้การนำประโยชน์ไปใช้การศึกษานี้เป็นการศึกษาแนวทางในการออกแบบเครื่องนวดกระสอบน้ำตาล เพื่อนำผลที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและได้รับการอนุเคราะห์จากคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคามถึงสถานที่การดำเนินงานวิจัย ตลอดจนอุปกรณ์การทดสอบในงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bank of Thailand, NE Symposium. Step into a new context of the Thai sugarcane and sugar industry. Academic seminar On the occasion of the 49th anniversary of the Bank of Thailand Northeast office; 2017 Sep 1, Khon Kaen. Bank of Thailand Northeast ; 2017. (in Thai)
- [2] Office of the cane and sugar board. World sugar market report for April 2018. [Internet]. 2018 April [cited 2019 Sep 23]. Available. <http://www.ocsb.go.th/upload/international/fileupload/9733-9430.pdf> (in Thai)
- [3] The Faculty of Agro-Industry at Kasetsart University. Preventing canking in white sugar. Sugarcane and Sugar industry. [Internet]. 2008 October 10 [cited 2019 Sep 23]; 1-5, Available. <http://www.ocsb.go.th/upload/contents/12/attachfiles/report.pdf> (in Thai)
- [4] Ratanasumawong.C .Gears in general. [Internet]. Bangkok: Engineering Chulalongkorn university; 2018 [cited 2019 Sep 19]; Available: http://pioneer.netserv.chula.ac.th/rchanat/CRW01_Gears20General.pdf. (in Thai)
- [5] Ratanasumawong.C .Gears in general. [Internet]. Bangkok: Engineering Chulalongkorn university; 2018 [cited 2019 Sep 19]. Available: http://pioneer.netserv.chula.ac.th/rchanat/CRW02_SpurGears20.pdf (in Thai)

- [6] Wittaya W. Gear of power transmission. Mechanical Electrical and Industrial . 1994; 110: 123-125 (in Thai)
- [7] Ungpakron W, Tanadngan C, Machine design. 1st ed. Bangkok; 2013
- [8] Wanchaitanawong P. Mechanism of Caking of Sugar. Sugarcane and Sugar industry. 2005; 1 : 3-3 (in Thai)