การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดลูกบอลพลาสติกเด็กเล่น
Design and Invention of Cleaning Machine for Children Plastic Balls

กรวัฒน์ วุฒิกิจ[1*] สุรสิทธิ์ เที่ยงจันตา[1] และคธายุทธ กำมะโน[2]
[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300
Korrawat Wuttikid [1*], Surasit Thiangchanta[1] and Katayut Kamano[2]
[1]Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 HuayKaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300
[2]Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna
128 HuayKaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300
[*]ผู้รับผิดชอบบทความ: korrawat_wuttikid@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0882681326

บทคัดย่อ
งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและประดิษฐ์เครื่องทำความสะอาดลูกบอลพลาสติกเด็กเพื่อลดปัญหาการทำความสะอาดที่ล่าช้าจากแรงงานคน การทำงานของเครื่องจะใช้เกลียวลำเลียงลูกบอลซึ่งใบพัดของเกลียวลำเลียงมีลักษณะเป็นขนแปรงพลาสติก เมื่อเกลียวหมุนสามารถลำเลียงลูกบอลพร้อมทั้งทำความสะอาดโดยการขัดจากขนแปรง เกลียวลำเลียงถูกจุ่มลงไปในเอทานอลโดยทำมุมกับแนวดิ่ง 45 องศา เกลียวลำเลียงถูกออกแบบให้มีระยะพิทช์ 0.10 เมตรเพื่อให้ลูกบอลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.075 เมตรสามารถเคลื่อนที่ในเกลียวได้ มุมเกลียวที่ใช้คือ 30 องศา จำนวนใบพัดมีทั้งหมด 5 ใบพัด โดยใบพัดที่จุ่มในเอทานอลมี 3 ใบพัด ต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนเกลียวคือมอเตอร์ซึ่งถูกคำนวณแรงแรงบิดเท่ากับ 1 แรงม้า นอกจากนั้นยังถูกควบคุมความเร็วรอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์ตั้งแต่ 70 ถึง 120 รอบต่อนาที ผลการทดสอบพบว่าเครื่องทำความสะอาดลูกบอลพลาสติกเด็กมีประสิทธิภาพการทำความสะอาดลูกบอลประมาณ 95% และมีศักยภาพการทำความสะอาดลูกบอลสูงสุดที่ความเร็วรอบการหมุนแปรงเกลียว 90 รอบต่อนาทีซึ่งเร็วกว่าการทำความสะอาดด้วยแรงงานคนประมาณ 4 เท่าและสามารถลดแรงงานคนเหลือแค่เพียงหนึ่งคนในการควบคุมเครื่อง
คำสำคัญ เครื่องทำความสะอาด ลูกบอลพลาสติกเด็กเล่น แปรงเกลียวลำเลียง

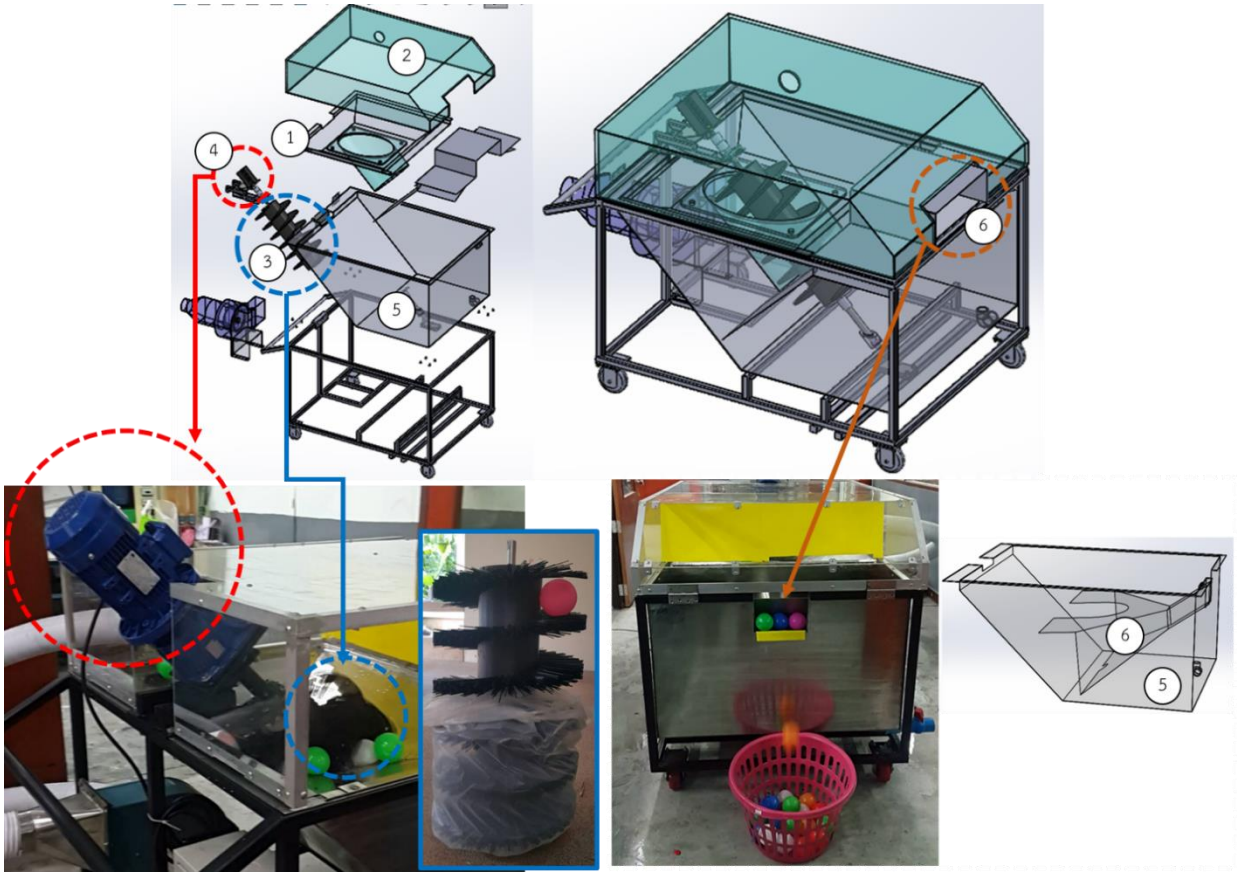
Abstract
This research was design and invention of cleaning machine for children plastic ball to mitigate the issue of slowly cleaning the balls from labors. The principle of this cleaning machine was conveying the ball by screw conveyer that has the screw blade as plastic brush. While the screw conveyer rotates, the screw plastic blush can convey and simultaneously brush the balls. The screw conveyer was dipped into ethanol and sloped with vertical of 45 degree. The screw pitch was 0.10 m that is enough for conveying the balls with diameter of 0.075 m. The blade angle was 30 degree. The screw conveyer comprised of 5 screw blades and 3 screw blades were dipped into ethanol. The power source for screw conveyer was designed to use 1 hp motor. Moreover, the rotational speed can be adjusted by inverter in the range of 70 to 120 rpm. The results show that the efficiency of children ball cleaning machine were around 95%. The cleaning rate of this machine was 181 balls per minutes (10,860 balls per hour) at the rotational speed of 90 rpm. This rate was higher than the labor rates for 4 times. It can also reduce the number of labors to be 1 person to control machine.
Keywords: cleaning machine, children plastic balls and brush crew conveyer

 doi: 10.14456/rmutlengj.2018.8

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานบริการเครื่องเล่นหรือสวนสนุกสำหรับเด็กเล็กได้เปิดให้บริการในหลายสถานที่ทั่วประเทศ เช่นในห้างสรรพสินค้า หรือสวนสนุก บอลพลาสติกเด็กเล่นเป็นอุปกรณ์เด็กเล่นประเภทหนึ่งที่เด็กนิยมเล่นกันมาก โดยบอลพลาสติกเหล่านี้จะถูกบรรจุอยู่ในอ่างลูกบอลไม่ต่ำกว่าสามพันลูกในแต่ละที่ ลักษณะการใช้งานลูกบอลเหล่านี้มีหลายแบบ เช่น สระลูกบอลสำหรับเด็กวิ่งเล่นด้านใน การโยนลูกบอลใส่เป้า และการเป่าลูกบอล เป็นต้น หลังจากการใช้งานเสร็จลูกบอลเหล่านี้มักจะสกปรก หรือมีโอกาศติดเชื้อโรคจากเด็กที่ป่วย ดังนั้นแต่ละสถานบริการจึงจำเป็นต้องทำความสะอาดลูกบอลทุกลูกตลอดเวลา อย่างไรก็ตามการทำความสะอาดลูกบอลเป็นจำนวนมากจะต้องใช้เวลานานเนื่องจากต้องใช้แรงงานคนเพื่อทำความสะอาดลูกบอลแต่ละลูก ในบางครั้งอาจใช้เวลาทำความสะอาดตลอดทั้งวันสำหรับสถานบริการที่มีลูกบอลจำนวนมากๆ ทำให้ต้องปิดบริการและทำให้สูญเสียรายได้ บางสถานบริการเลือกที่จะขยายช่วงเวลาการทำความสะอาดในแต่ละรอบให้นานขึ้นเพื่อลดการสูญเสียรายได้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อผู้รับบริการ

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมีแนวคิดที่จะประดิษฐ์เครื่องทำความสะอาดลูกบอลที่สามารถเพิ่มอัตราการทำความสะอาดลูกบอลพลาสติกเด็กเล่นเมื่อเทียบกับการทำความสะอาดโดยใช้แรงงานคน นอกจากนั้นเครื่องนี้ยังถูกออกแบบให้สามารถทำความสะอาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ การลำเลียงลูกบอลในเครื่องทำความสะอาดจะประยุกต์เทคนิคการลำเลียงวัสดุแข็งโดยใช้เกลียวลำเลียง [1] ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายในการลำเลียงชีวมวล [2,3] พืชผลทางการเกษตรและอาหาร [4] เป็นต้น เนื่องจากสามารถขนถ่ายวัสดุแข็งได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวระนาบได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่องทำความสะอาดบอลพลาสสิกเด็กเล่น

2. หลักการทำงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงาน

เครื่องทำความสะอาดลูกบอลพลาสติกเด็กเล่นได้ถูกออกแบบดังรูปที่ 1 ลูกบอลจะถูกเทลงด้านบนของเครื่องทำความสะอาดลูกบอลบริเวณถาดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมที่มีความลาดเอียงคล้ายกรวย ซึ่งจะทำให้ลูกบอลที่เทลงไปไหลเข้าสู่บริเวณกลางแผ่น (หมายเลข 1) โดยตรงกลางถาดถูกเจาะรูเพื่อติดตั้งกระบอกสำหรับเกลียวลำเลียง บริเวณด้านบนถาดสี่เหลี่ยมจะมีฝาปิด (หมายเลข 2) ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลูกบอลกระเด็นออกจากเครื่องทำความสะอาด ลูกบอลที่ถูกเทจะไหลลู่เข้าสู่กระบอกเกลียวลำเลียง เกลียวลำเลียงถูกติดตั้งในกระบอกเกลียวดังแสดงในหมายเลข 3 ซึ่งถูกออกแบบให้มีใบพัดเป็นขนแปรงพลาสติก เกลียวลำเลียงถูกติดตั้งให้ทำมุมกับแนวดิ่ง 45 องศา เมื่อแปรงเกลียวหมุนลูกบอลจะถูกลำเลียงผ่านช่องว่างระหว่างใบพัดเกลียว (ช่องว่างที่อยู่ระหว่างระยะพิทช์ของใบพัด) ระยะพิทช์ของเกลียวถูกออกแบบให้มีขนาดใหญ่กว่าลูกบอลเล็กน้อยเพื่อให้สามารถลำเลียงลูกบอลสะดวก ใบพัดเกลียวมีทั้งหมด 5 ใบ โดยใบพัด 3 ใบสุดท้ายจะจมในน้ำยาทำความสะอาดที่ถูกบรรจุไว้ในถังดังแสดงในหมายเลข 5 ลูกบอลจะถูกลำเลียงไปในน้ำยาทำความสะอาดและทำการขัดลูกบอลเด็กไปพร้อมกัน นอกจากนั้นความเร็วในการหมุนของแปรงเกลียวยังสัมพันธ์กับอัตราการทำความสะอาดลูกบอล ต้นกำลังสำหรับหมุนแปรงเกลียวได้ใช้มอเตอร์เกียร์ (หมายเลข 4) ที่มีกำลังขับ 1 แรงม้า พร้อมชุดทดรอบเพื่อให้ความเร็วรอบไม่เกิน 150 รอบต่อนาที นอกจากนั้นยังใช้ชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อช่วยในการปรับความเร็วรอบได้ตามต้องการในช่วงความเร็วรอบ 50 – 150 รอบต่อนาที ลูกบอลเด็กจะถูกลำเลียงออกจากปลายกระบอกเกลียวและจะลอยขึ้นโดยแรงดันน้ำให้ลอยอยู่ด้านบนผิวน้ำ ในขณะที่ลูกบอลลอยตัวขึ้นมาสู่ผิวน้ำจะถูกบังคับให้เคลื่อนที่ภายในช่องส่งลูกบอลที่มีลักษณะพื้นที่หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมลู่เล็กลงดังหมายเลข 6 เพื่อบังคับให้ลูกบอลเด็กออกมาที่ช่องทางออกเพียงทางเดียว

2.2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในขณะที่แปรงเกลียวหมุนจะทำหน้าที่ในการลำเลียงลูกบอลลงในน้ำเพื่อทำความสะอาด โดยการออกแบบระยะต่างๆ และติดตั้งตำแหน่งของแปรงเกลียวแสดงดังรูปที่ 2 แปรงเกลียวถูกออกแบบให้ทำมุมกับแนวดิ่ง 45° เพื่อทำให้ลูกบอลเด็กที่ถูกลำเลียงออกจากปลายกระบอกเกลียวลอยขึ้นในแนวดิ่งโดยไม่มีสิ่งกีดขวาง นอกจากนั้นยังลดแรงกดของใบพัดแปรงเกลียวที่กระทำต่อลูกบอลเมื่อเทียบกับการติดตั้งแปรงเกลียวโดยไม่มีมุมเอียง การหาขนาดเพลาแกนกลางของแปรงเกลียว (D) สามารถหาได้จากสมการดังนี้ [1]

$$D=X\cos\theta \quad (1)$$

$$X=\frac{W}{\cos(90-2\theta)}$$

ระยะที่ถูกกำหนดคือช่องว่างระหว่างใบพัดของแปรงเกลียว (W) ซึ่งจะต้องมากกว่ารัศมีลูกบอล ในการลำเลียงลูกบอลลงไปในน้ำ ลูกบอลจะได้รับแรงกดจากใบพัดของแปรงเกลียว (F) ดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถสมดุลแรงได้ดังสมการต่อไปนี้ [5]

$$F=\frac{(F_p+F_b-F_{mg})}{\sin\varphi} \quad (2)$$

เมื่อ F_p คือ แรงเนื่องจากความดันของของไหลที่ของกระทำต่อลูกบอล

F_b คือ แรงลอยตัวของลูกบอล

N คือ แรงปฏิกิริยาที่ผนังกระบอกเกลียวกระทำต่อลูกบอล

F_{mg} คือ มวลของลูกบอล

แรงที่เนื่องจากความดันของของไหลที่กระทำต่อลูกบอล (F_p) สามารถหาโดย [6]

$$F_p=PA_b=n_b\rho gHA_b \quad (3)$$

เมื่อ n_b คือ จำนวนลูกบอลที่จมน้ำทั้งหมด

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

H คือ ความลึกที่ลูกบอลจมลงในของไหล

A_b คือ พื้นที่ผิวรับแรงดันของลูกบอล

แรงลอยตัว (F_b)สามารถหาได้จาก

$$F_b=n_b\rho V_{ball} \quad (4)$$

เมื่อ V_{ball} คือ ปริมาตรของลูกบอล

แรงเนื่องจากมวลของลูกบอลหาได้จาก

$$F_{mg}=n_b mg \quad (5)$$

เมื่อ m คือ มวลของลูกบอล

แรงจากใบพัดแปรงเกลียวที่กระทำต่อลูกบอลที่คำนวนได้ยังถูกใช้ในการหากำลังมอเตอร์ดังสมการต่อไปนี้ [5]

$$P=\frac{2n\pi N_t Fr}{60} \quad (6)$$

เมื่อ n คือ จำนวนลูกบอลทั้งหมดที่จมอยู่ในน้ำ

N_t คือ ความเร็วรอบการหมุนของแปรงเกลียว (rpm)

r คือ ระยะห่างระหว่างแรงตั้งฉากถึงแกนเพลา

การออกแบบความเร็วรอบแปรงเกลียว (N_t) สามารถหาได้ดังนี้

$$N_t\,(rpm)=\frac{C\times 60N_{ball}}{n} \qquad (7)$$

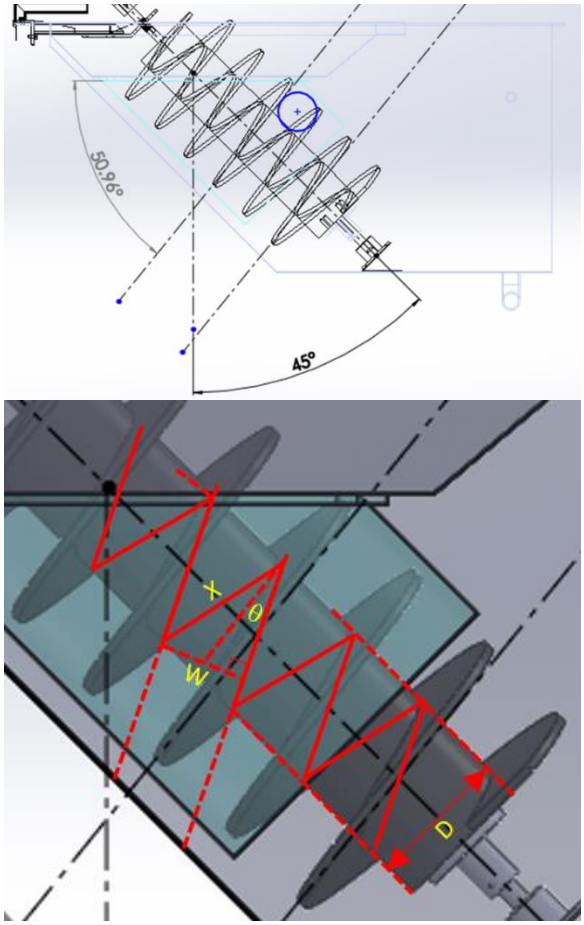
เมื่อ C คือ เปอร์เซนต์ของจำนวนลูกบอลในหนึ่งรอบเกลียว

N_{ball} คือ อัตราการทำความสะอาดลูกบอลที่ต้องการ (ลูกต่อวินาที)

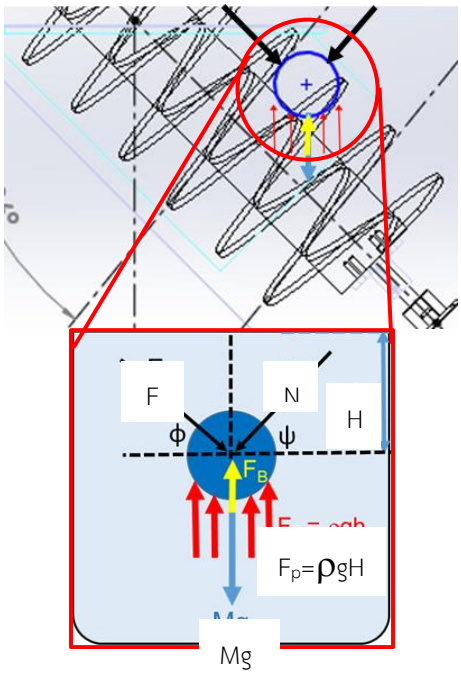
n_v คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตรช่องว่างในหนึ่งรอบเกลียวต่อปริมาตรลูกบอล (V_{ball}) ซึ่งสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ [1]

$$n_v=\frac{(DWD_b+D_b^2W)\sin\theta}{V_{ball}\sin(\theta+90)} \qquad (8)$$

เมื่อ D_b คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกบอลเด็ก



รูปที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งแปรงเกลียว (บน) และขนาดขนาดแปรงเกลียว (ล่าง)



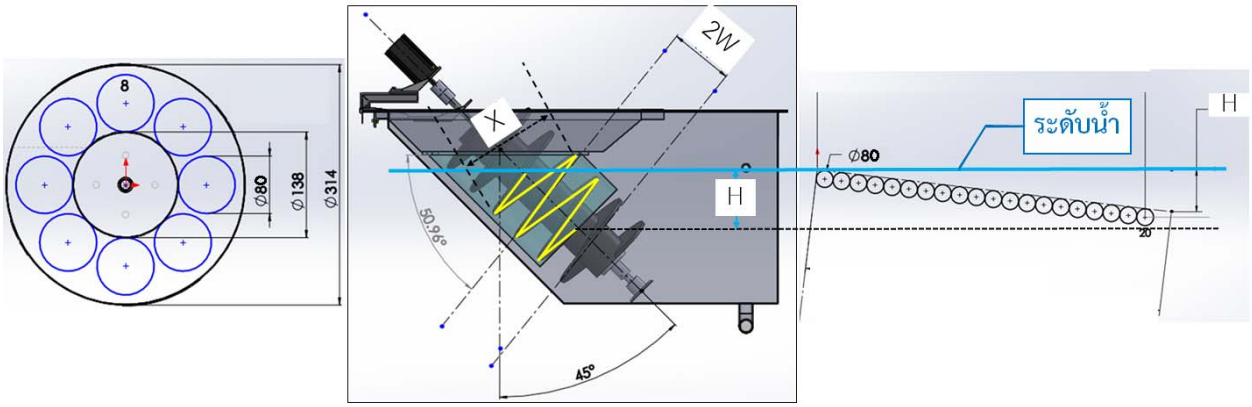
รูปที่ 3 แสดงทิศทางของแรงต่างๆที่กระทำต่อลูกบอลในขณะที่ลำเลียงผ่านแปรงเกลียว

3. ผลการวิจัย

3.1. การออกแบบ

แปรงเกลียวคือส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบทำความสะอาดลูกบอล ใบพัดของแปรงเกลียวมีลักษณะเป็นขนแปรงขดรอบเพลากลม แปรงเกลียวทำหน้าที่สำคัญในการทำความสะอาดลูกบอลโดยการหมุนเพื่อลำเลียงลูกบอลเด็กลงในน้ำพร้อมทั้งขัดทำความสะอาดลูกบอลไปพร้อมกัน การหาขนาดเพลาแกนกลางของแปรงเกลียว (D) สามารถหาได้จาก (1) โดยระยะที่ถูกกำหนดคือช่องว่างระหว่างใบพัดของแปรงเกลียว (W) ซึ่งจะต้องมากกว่ารัศมีลูกบอล ในการวิจัยนี้ได้กำหนดขนาดช่องว่างระหว่างใบพัดของแปรงเกลียวเท่ากับ 0.1 m นอกจากนั้นมุมในพัด (θ) ได้กำหนดให้เท่ากับ 30° จะหาขนาดเพลาแกนกลางของแปรงเกลียวได้ 100 mm ซึ่งในงานวิจัยนี้นี้ได้เลือกใช้เพลาขนาด 138 mm เนื่องจากมีขายตามท้องตลาด

การเลือกขนาดมอเตอร์เพื่อใช้เป็นต้นกำลังการหมุนของแปรงเกลียวสามารถหาได้จากสมการ (3) โดยแรงที่กระทำต่อใบพัดแปรงเกลียว (F) แสดงดังรูปที่ 3 ซึ่งแรงนี้สามารถหาได้จากสมการ (2) ในกรณีที่ลูกบอลถูกลำเลียงเข้าไปเต็มช่องว่างใบพัดของแปรงเกลียวพบว่าช่องว่างของแปรงเกลียวหนึ่งรอบจะบรรจุลูกบอลได้มากที่สุดประมาณ 8 ลูกดังรูปที่ 4 (ซ้าย) และจากรูปที่ 4 (กลาง) พบว่าแปรงเกลียวที่จมน้ำมีทั้งหมด 3 เกลียว และเมื่อคลีรูปออกมาจะพบว่าแต่ละลูกจะอยู่ในระดับความลึกที่ต่างกันดังรูปที่ 4 (ขวา) ซึ่งความลึกของลูกบอลแต่ละลูกจะส่งผลต่อแรงดันน้ำที่กระทำต่อลูกบอล (F_p)



รูปที่ 4 จำนวนลูกบอลที่บรรจุในหนึ่งรอบแปรงเกลียว (ซ้าย) เกลียวของแปรงเกลียวที่จมน้ำ (กลาง) และความลึกของลูกบอลแต่ละลูกที่จมน้ำ

แรงเนื่องจากความดันของของไหลที่กระทำต่อลูกบอล (F_p) สามารถหาโดยแทนค่า จำนวนลูกบอลที่จมน้ำทั้งหมด 24 ลูกที่ความลึกเฉลี่ย180 mm และพื้นที่ผิวของลูกบอลที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 80 mm ลงใน (3) จะได้แรงเนื่องจากความดันของของไหลที่กระทำต่อลูกบอลเท่ากับ 220 N เมื่อแทนค่าปริมาตรของลูกบอลลงใน (4) จะได้แรงลอยตัว (F_b) เท่ากับ 5.28 N และเมื่อแทนค่ามวลของลูกบอลเท่ากับ 0.011 g ใน (5) จะสามารถหาแรงเนื่องจากมวลของลูกบอล (F_{mg}) ได้เท่ากับ 2.58 N

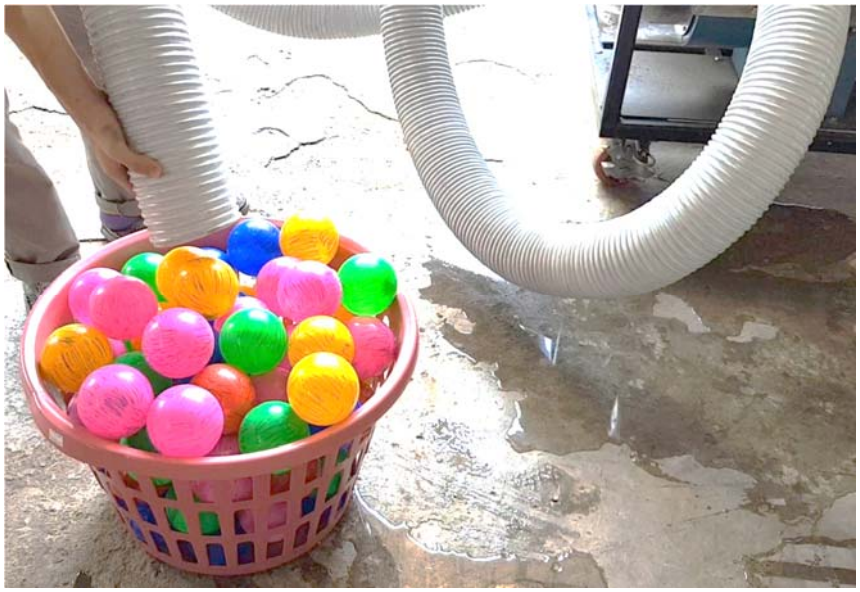
จากนั้นแทนค่าแรงเนื่องจากความดันของไหล แรงลอยตัว และแรงเนื่องจากมวลของลูกบอล ลงใน (2) เพื่อหาแรงที่กระทำต่อใบพัดแปรงเกลียว (F) จะได้เท่ากับ 290 N แรงรวมนี้ถูกแทนใน (6) เพื่อหากำลังมอเตอร์สำหรับขับแปรงเกลียว (P) จะได้เท่ากับ 4.55 N_t ซึ่งค่าความเร็วรอบแปรงเกลียว (N_t) สามารถหาได้จากการแทนค่า 3 ค่า คือ 1. เปอร์เซนต์ของจำนวนลูกบอลในหนึ่งรอบเกลียว (25%) 2. อัตราการทำความสะอาดลูกบอลที่ต้องการ (60 ลูกต่อนาที) และ 3. อัตราส่วนระหว่างปริมาตรช่องว่างใน (1/8) จะได้ความเร็วรอบแปรงเกลียวเท่ากับ 75 rpm แทนค่า N_t ลงใน (6) จะหากำลังมอเตอร์สำหรับขับแปรงเกลียวได้เท่ากับ 0.45 Hp ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 1 Hp เพื่อเผื่อความปลอดภัย

3.2. การทดสอบประสิทธิภาพ

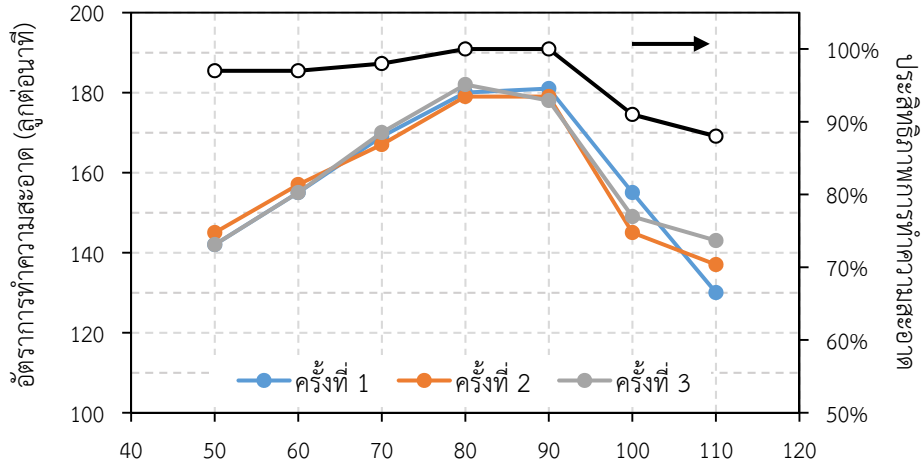
การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพและศักยภาพการทำงานสูงสุดของเครื่องทำความสะอาดบอลเด็ก ได้ทำการทดสอบหาอัตราการทำความสะอาดบอลเด็กที่ความเร็วรอบแปรงเกลียวต่างกัน 6 ค่าคือ 50 70 80 90 100 และ 110 rpm โดยแต่ละความเร็วรอบได้ทำการทดสอบ 3 ครั้ง

ผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดลูกบอลทำได้โดยการใช้หมึกแบบลบได้ระบายลงบนลูกบอลทุกลูกดังแสดงในรูปที่ 5 โดยประสิทธิภาพการทำความสะอาดลูกบอลสามารถหาได้จากจำนวนลูกบอลที่ไม่มีคราบหมึกติดอยู่หลังจากทำความสะอาดเทียบกับจำนวนลูกบอลทั้งหมด ผลการหาประสิทธิภาพการทำความสะอาดลูกบอลแสดงในรูป ที่ 6 (แกนขวา) ประสิทธิภาพการทำความสะอาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 95% ที่ความเร็วรอบการหมุนของแปรงเกลียวเท่ากับ 80 rpm และ 90 rpm เครื่องทำความสะอาดลูกบอลเด็กมีประสิทธิภาพการทำงาน 100% แต่ที่ความเร็วรอบการหมุนของแปรงเกลียวต่ำกว่าหรือมากกว่า 80 rpm และ 90 rpm ประสิทธิภาพการทำความสะอาดมีค่าน้อยกว่า 100% เนื่องจากมีลูกบอลติดค้างในเครื่องทำความสะอาดจึงไม่สามารถตรวจวัดได้

อย่างไรก็ตามในการทดสอบครั้งนี้ยังไม่ได้สร้างสิ่งสกปรกที่เป็นเชื้อโรคดังที่ได้สันนิษฐานไว้เบื้องต้น เนื่องจากยังไม่เคยมีสถานประกอบการสวนสนุกใดได้ตรวจสอบหรือตรวจวัดปริมาณเชื้อโรคที่ติดอยู่กับลูกบอลอย่างจริงจัง แต่งานวิจัยนี้ได้ใช้สารทำความสะอาดเป็นแอลกอฮอล์ชนิดเอทานอลซึ่งเป็นสารมาตรฐานในการทำความสะอาดร่างกายเบื้องต้นที่ใช้อย่างแพร่หลายในโรงพยาบาล ดังนั้นการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อโรคจะทำการทดสอบต่อไปในงานวิจัยครั้งต่อไป



รูปที่ 5 การจำลองสร้างสิ่งสกปรกลงบนลูกบอลโดยใช้การระบายจากหมึกแบบลบได้



รูปที่ 6 อัตราการทำความสะอาดบอลเด็กเทียบกับความเร็วรอบการหมุนแปรงเกลียว (แกนซ้าย) และประสิทธิภาพการทำความสะอาด

ผลการหาศักยภาพการทำงานของเครื่องทำความสะอาดลูกบอลเด็กแสดงในรูปที่ 6 (แกนซ้าย) พบว่าเมื่อความเร็วรอบการหมุนของแปรงเกลียวเพิ่มขึ้นจาก 50 60 70 80 และ 90 rpm อัตราการทำความสะอาดบอลเด็กเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 142 155 169 180 และ 181 ลูกต่อนาที ตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มความเร็วรอบแปรงเกลียวหมายถึงการเร่งให้ลูกบอลถูกลำเลียงได้เร็วขึ้นแต่เมื่อความเร็วรอบการหมุนของแปรงเกลียวเพิ่มขึ้นเป็น 100 และ110 อัตราการทำความสะอาดบอลเด็กเฉลี่ยมีค่าลดลงเหลือ 155 และ 130 ลูกต่อนาที ตามลำดับ การลดลงของอัตราการทำความสะอาดลูกบอลเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นมีสองปัจจัย คือ

1. เมื่อลูกบอลเคลื่อนที่มายังปากกระบอกแปรงเกลียวจะเกิดการกระเด็นของลูกบอลออกจากแปรงเกลียว เนื่องจากแรงดีดของขนแปรงที่กระทบกับลูกบอลตอนเริ่มต้น แรงดีดดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้น
2. การเพิ่มความเร็วรอบการหมุนทำให้แรงเสียดทานระหว่างขนแปรงกับลูกบอลมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดแรงสู่สูญกลางมีค่าเพิ่มขึ้น (ปรากฏการนี้จะคล้ายกับกรณีรถไต่ถัง) ทำให้บอลเด็กติดขนแปรงและหมุนไปด้วยกันในขณะที่แปรงเกลียวหมุนเป็นอุปสรรค์ต่อการลำเลียงบอลลูกถัดไป และเป็นสาเหตุของการติดของลูกบอลเด็กภายในเครื่องทำความสะอาด

4. สรุป

ระบบทำความสะอาดลูกบอลมีส่วนประกอบที่สำคัญคือแปรงเกลียวซึ่งทำหน้าที่สำคัญในการลำเลียงลูกบอลไปยังน้ำที่อยู่ในถังบรรจุน้ำยาทำความสะอาด ในขณะที่แปรงเกลียวหมุนจะขัดทำความสะอาดลูกบอลไปพร้อมกัน แปรงเกลียวถูกออกแบบให้มีขนแปรงขดเป็นเกลียวรอบๆแกนเพลาขนาด 138 mm ช่องว่างระหว่างแปรงเกลียวมีขนาดใหญ่กว่าลูกบอลเล็กน้อย (100 mm) เพื่อให้บอลสามารถเคลื่อนที่ในแปรงเกลียวได้ มอเตอร์ขนาด 1 Hp ถูกออกแบบและเลือกเพื่อเป็นต้นกำลังสำหรับหมุนแปรงเกลียว โดยมอเตอร์ดังกล่าวสามารถปรับความเร็วรอบโดยใช้อินเวอร์เตอร์

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพและศักภาพการทำงานของเครื่องทำความสะอาดลูกบอลเด็ก ความเร็วรอบแปรงเกลียวถูกเปลี่ยนแปลง 5 ค่า (50-110 rpm) โดยความเร็วรอบทั้ง 5 ค่านี้ครอบคลุมกับความเร็วรอบที่ได้จากการออกแบบ (75 rpm) ผลการทดสอบเพื่อประสิทธิภาพและหาศักยภาพการทำความสะอาดลูกบอลพบว่า บอลเด็กที่ถูกสร้างสิ่งสกปรกโดยใช้หมึกแบบลบได้ระบายจนทั่วจะถูกใส่เข้าไปในเครื่องทำความสะอาด จำนวนลูกบอลหลังจากถูกทำความสะอาดแล้วไม่มีคราบหมึกเหลืออยู่จะถูกเทียบกับจำนวนลูกบอลทั้งหมดที่ใส่เข้าไปเพื่อหาประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องทำความสะอาดนี้มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 95% นอกจากนั้นที่ความเร็วรอบการหมุน 80 และ 90 rpm ประสิทธิภาพการทำความสะอาดมีค่า 100% ค่าศักยภาพการทำความสะอาดลูกบอลสูงสุดอยู่ที่ความเร็วรอบการหมุนแปรงเกลียว 90 rpm ซึ่งสามารถทำความสะอาดลูกบอลได้ 181 ลูกต่อนาทีหรือ 10,860 ลูกต่อชั่วโมงซึ่งเร็วกว่าการทำความสะอาดด้วยแรงงานคนประมาณ 4 เท่าและสามารถลดแรงงานคนเหลือแค่เพียงหนึ่งคนในการควบคุมเครื่อง ซึ่งจากเดิมใช้แรงงานประมาณ 4 ถึง 5 คน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณแหล่งทุนที่ให้การสนับสนุนงบประมาณงานวิจัยจาก โครงการสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย เครือข่าย ภาคเหนือ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Advances in Food Extrusion Technology | Taylor & Francis Group [Internet]. [cited 2018 Jun 9].

[2] Kaplan O, Celik C. An experimental research on woodchip drying using a screw conveyor dryer. Fuel. 2018 Mar 1;215:468–73.

[3] Nachenius RW, van de Wardt TA, Ronsse F, Prins W. Residence time distributions of coarse biomass particles in a screw conveyor reactor. Fuel Process Technol. 2015 Feb 1;130:87–95.

[4] Mondal D, NabenduGhosh. Study on filling factor of short length screw conveyor with flood-feeding condition. Mater Today Proc. 2018 Jan 1;5(1, Part 1):1286–91.

[5] Hibbeler RC. Engineering Mechanics: Statics. 5 edition. Macmillan Pub Co; 1989.

[6] Handbook of Fluid Dynamics, Second Edition [Internet]. CRC Press. 2016 [cited 2018 Jun 9].