ETM020

การวิเคราะห์หาอัตราการขนถ่ายในแนวราบของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู

Mass flow rate analysis of screw feeders in horizontal conveying

อนุชา หิรัญวัฒน์ [1*] และ อัศวิน ยอดรักษ์ [1]
[1] ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทร 0-2913-2500 ต่อ 8632 โทรสาร 0-2587-4336 อีเมล์ ana@kmitnb.ac.th

Mr.Anucha Hirunwat[1*] and Mr.Asawin Yodrux [1]
[1] Department of Materials Handling Technology, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand,
Tel: 00-2913-2500 ext 8632, Fax: 0-2587-4336, E-mail: ana@kmitnb.ac.th

บทคัดย่อ

การออกแบบอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูจำเป็นต้องใช้ทั้งทฤษฎีในการคำนวณประกอบกับผลที่ได้จากการทดลองจริงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง โดยเฉพาะการหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุ หรือกำลังงานที่จะต้องใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรู ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายตัวที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายของวัสดุในแนวราบสำหรับตัวป้อนจ่ายแบบใบสกรูซึ่งประกอบไปด้วย ความหนาแน่นของวัสดุ ความเร็วรอบของใบสกรู ระยะช่องว่างในแนวรัศมีระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาของชุดใบสกรู และระยะพิตช์ของใบสกรู นอกจากนี้ก็ยังมีปัจจัยอีกหลายตัวที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ เช่น คุณสมบัติของวัสดุ และการตกค้างสะสมของเนื้อวัสดุภายในรางขนถ่าย

โครงงานวิจัยนี้เป็นการทดลองและวิเคราะห์ เพื่อหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูกับวัสดุทางการเกษตรที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ได้แก่ ปลายข้าว และรำละเอียด ซึ่งลักษณะของการติดตั้งชุดอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูนั้นเป็นการขนถ่ายวัสดุในแนวราบ โดยการสร้างฟังก์ชันในการหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรู เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ผลที่ได้จากการทดลองวัดค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุจะนำไปแทนในฟังก์ชัน เพื่อหาค่าตัวประกอบของสมการ (Exponents) ทำให้ได้สมการคาดคะเนอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูได้ ซึ่งอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูนี้ถือว่าเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการกำหนดขนาดของกำลังงานที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเพลาของใบสกรูต่อไป

Abstract

In screw feeder design, it is necessary to use both theory and experiment to obtain the accurate results, particularly to determine the mass flow rate or power consumption of the screw feeder in horizontal conveying. There are several factors having the effect on the mass flow rate, which are the bulk density, the screw speed, the radial clearance between the screw blade and the screw feeder rail, the diameter of screw shaft, and the pitch of screw blade. There will be also some unpredictable factors, such as the inconsistent of material properties, and the amount of material left in the screw feeder rail.

In this work, the mass flow rate of agriculture product, such as broken rice and rice bran, was studied using the screw feeder in horizontal conveying. The dimensionless analysis was used to create the functions of the mass flow rate. The experimental results were used to define the exponential indices of the mass flow rate functions. It was found from this study that the mass flow rate of screw feeder is the most important factor to determine the power consumption in driving the screw shaft. In the other hand, the mass flow rate can be predicted from the power consumption of screw feeder.

Keywords: screw feeder, bulk density, mass flow rate.

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนวิจัยของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ครั้งที่ 1/2545

1. บทนำ

อุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูได้ถูกนำมาใช้ในการขนส่งลำเลียงวัสดุที่บรรจุอยู่ภายในไซโล หรือภาชนะบรรจุเพื่อจ่ายออกมาใช้งาน ซึ่งข้อดีที่สำคัญของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูก็คือสามารถนำไปใช้ในการลำเลียงวัสดุได้หลายประเภท มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการป้อน หรือปล่อยวัสดุได้หลายช่องทางโดยเพียงแต่ทำการติดตั้งประตูสำหรับควบคุมการปล่อยจ่ายวัสดุออกจากตัวรางขนถ่ายตามตำแหน่งที่ต้องการเท่านั้น นอกจากนั้นก็ยังมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ลำเลียงวัสดุที่เป็นพิษ หรือมีลักษณะเป็นฝุ่นผงได้ เนื่องจากมีลักษณะของโครงสร้างที่สามารถกันการฟุ้งกระจายของวัสดุที่จะทำการลำเลียงไปได้ ซึ่งในการจัดสร้างอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลพื้นฐาน เช่น คุณสมบัติของวัสดุที่จะทำการลำเลียง อัตราการขนถ่ายที่ต้องการ โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีผลต่อการเลือกขนาดของกำลังงานที่ถูกนำมาใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรูต่อไป การคำนวณหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูที่มีความถูกต้องจะช่วยทำให้ผู้ออกแบบสามารถทราบค่าอัตราการขนถ่าย และขนาดของกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรูได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป ในปัจจุบันการหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูก็ต้องใช้ทั้งการคำนวณทางทฤษฎีประกอบกับผลที่ได้จากการทดลองจริงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายตัวที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ โดยเฉพาะคุณสมบัติของวัสดุ และการตกค้างสะสมของเนื้อวัสดุภายในรางขนถ่าย ซึ่งตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายวัสดุในแนวราบสำหรับตัวป้อนจ่ายแบบใบสกรูประกอบไปด้วย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของวัสดุที่จะทำการขนถ่าย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง และรูปทรงของชุดป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ ความเร็วรอบของใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาของชุดใบสกรู ระยะพิตช์ของใบสกรู ระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาตามเอกสารอ้างอิง [3] ซึ่งเป็นผลงานวิจัยของ R.Rautenbach และ W.Schumacher ได้เคยมีการทดลองกับกลุ่มของวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ Polyethylene powder, Quartz flour และ Calciumhydro- silicate ได้มีการสรุปว่าระยะห่างระหว่างใบสกรูกับพื้นผิวของรางที่ใช้ขนถ่ายวัสดุมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองน้อยมาก

คณะผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะทำการวิจัยศึกษาเฉพาะวัสดุทางการเกษตรที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานผลิตอาหารสัตว์ได้นำเอาอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูมาใช้ในการขนส่งลำเลียงวัสดุแต่ละประเภทที่บรรจุอยู่ภายในไซโล หรือภาชนะบรรจุได้แก่ ปลายข้าว และรำละเอียด เพื่อจ่ายออกมาเข้าไปสู่เครื่องผสมตามสูตรของอาหารสัตว์ที่ต้องการต่อไป ซึ่งถ้าหากผู้ที่ทำการออกแบบชุดอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุด้วยใบสกรูมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการคำนวณออกแบบก็จะทำให้ผู้ออกแบบมีความมั่นใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นก็จะทำให้การเลือกขนาดกำลังงานของชุดต้นกำลังที่จะต้องนำมาใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรูเป็นไปอย่างเหมาะสมด้วย

รูปที่ 1 ชุดทดลองหาอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุด้วยใบสกรูที่ใช้ในการวิจัย

รูปที่ 2 ใบสกรูที่ใช้ในการทดลองหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุ

2. การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยกระทำโดยการหาคุณสมบัติของรำ และปลายข้าว ซึ่งข้อมูลของวัสดุที่ทำการทดสอบประกอบไปด้วยเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อวัสดุ ความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ โดยการใช้เครื่องมือทดสอบที่ทางภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุมีอยู่ในปัจจุบัน จากนั้นทำการจัดสร้างชุดทดสอบหาอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรู พร้อมติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำหนักของวัสดุที่ทำการขนถ่ายด้วยหลักการชั่งน้ำหนักวัสดุที่ทำการขนถ่าย (Weighting method) และทำการเชื่อมต่อเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลหาอัตราการขนถ่ายวัสดุต่อไป

สำหรับวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยใบสกรูในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 2 คุณลักษณะด้วยกันคือ ปลายข้าวสารซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีคุณลักษณะเป็นวัสดุมวลเมล็ด และรำละเอียดซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีคุณลักษณะเป็นวัสดุปริมาณมวล สำหรับใบสกรูที่ใช้ในการวิจัยนี้มีความยาว 180 เซนติเมตร ความสูงของยอดใบสกรู 6 นิ้ว และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดสุทธิในการขนถ่ายวัสดุแตกต่างกันทั้งสิ้นจำนวน 6 ใบซึ่งประกอบไปด้วย

1. ใบสกูรที่มีขนาดเพลา 2 นิ้ว ระยะพิตช์ 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 9 นิ้ว จำนวน 3 ใบ

2. ใบสกูรที่มีขนาดเพลา $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ระยะพิตช์ 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 9 นิ้ว จำนวน 3 ใบ

สำหรับการสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรู และตัวแปรที่เกี่ยวข้องจะกระทำด้วยการสร้างสมการพีชคณิต โดยใช้วิธีวิเคราะห์มิติ (Dimensional analysis) เพื่อใช้วิเคราะห์หาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุในแนวราบของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรู ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้ ความหนาแน่นของวัสดุ (ρ) ความเร็วรอบของใบสกรู (n) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู (D) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาของชุดใบสกรู (d) ระยะพิตช์ของใบสกรู (T) ระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย (δ) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดได้ว่า

$$\dot{m} = f\left[(\rho)^a,(n)^b,(D)^c,(d)^e,(T)^f,(\delta)^g\right] \quad (1)$$

$$[MT^{-1}] = [ML^{-3}][T^{-1}][L][L][L] \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) เปรียบเทียบกำลังจะได้

$$L : 0 = -3a + c + e + f + g \quad (3)$$

$$M : 1 = a \quad (4)$$

$$T : -1 = -b \quad (5)$$

นำ a และ b แทนค่าในสมการ (3) ก็จะได้ค่า c ออกมาซึ่งจะอยู่ในรูปของตัวแปร e, f , g ดังนี้

$$a = 1,\ b = 1,\ c = 3 - e - f - g$$

ภายหลังจากการใช้วิธีวิเคราะห์มิติของตัวแปรต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน จากนั้นจึงทำการจัดให้อยู่ในรูปของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless groups) ก็สามารถสร้างกลุ่มของตัวแปรไร้มิติเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไปได้ดังนี้

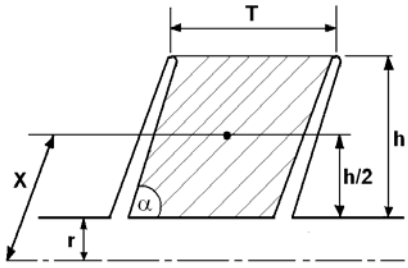
$$\dot{m} = (\rho)^1(n)^1(D)^{3-e-f-g}(d)^e(T)^f(\delta)^g \quad (6)$$

$$\dot{m} = f(\rho)(n)\left(\frac{d}{D}\right)^e\left(\frac{T}{D}\right)^f\left(\frac{\delta}{D}\right)^g(D)^3 \quad (7)$$

$$\frac{\dot{m}}{\rho n D^3} = f\left[\left(\frac{d}{D}\right)^e,\left(\frac{T}{D}\right)^f,\left(\frac{\delta}{D}\right)^g\right] \quad (8)$$

จากนั้นก็ทำการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ตัวประกอบ สำหรับความสัมพันธ์ของสมการข้างต้นจะกำหนดให้ค่าตัวแปรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู (D) มีค่าคงที่ โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดสุทธิในการขนถ่ายวัสดุได้ใช้การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาใบสกรูแทน และการเปลี่ยนแปลงความหนาของใบสกรูมีผลกระทบต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยใบสกรูน้อยมาก

เพื่อลดความซับซ้อนในการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยใบสกรู ทางคณะผู้ทำวิจัยจึงได้ทำการจัดกลุ่มของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะโครงสร้างของใบสกรูซึ่งส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรูเอาไว้ในรูปของสมการดังต่อไปนี้ (โดยไม่คิดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความหนาของใบสกรู)

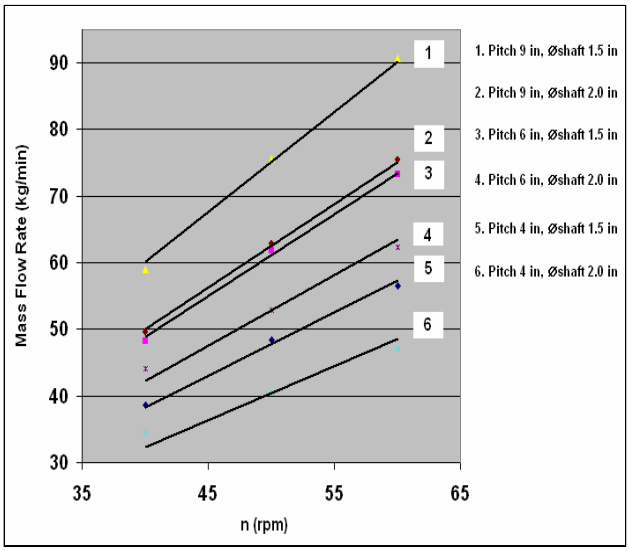


รูปที่ 3 ภาพพื้นที่หน้าตัดของใบสกรูที่ส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์

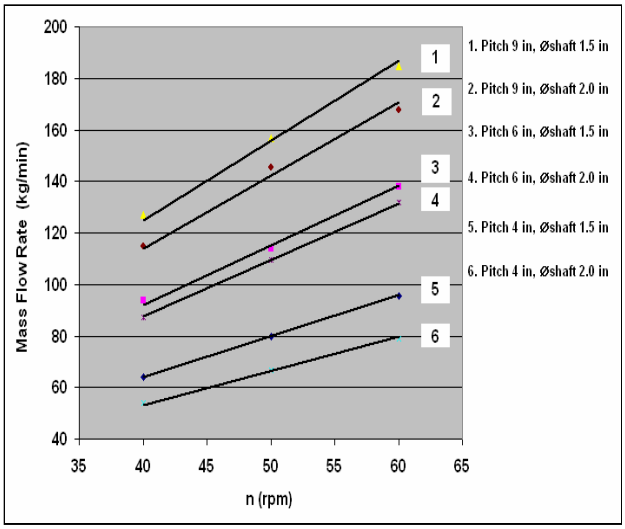
โดยคุณลักษณะโครงสร้างของชุดใบสกรูที่ส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรูสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ด้วยสมการดังนี้

$$V = 2\pi\left(\frac{h+2r}{2.\sin\alpha}\right)\cdot(\text{พื้นที่ของวัสดุที่อยู่ระหว่างใบสกรู}) \quad (9)$$

ขั้นตอนต่อไปก็คือ การทดลองและจัดเก็บค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุที่เกิดขึ้น โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วรอบของเพลาขับเคลื่อนใบสกรู ระยะพิตช์ของใบสกรู ระยะห่างระหว่างใบสกรูกับตัวรางขนถ่าย และประเภทของวัสดุที่จะทำการขนส่งลำเลียงได้แก่ ปลายข้าว และรำละเอียด



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายเชิงมวลของรำละเอียดกับความเร็วรอบของใบสกรูเมื่อค่าปริมาตรเนื้อวัสดุเปลี่ยนไป



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายเชิงมวลของปลายข้าวกับความเร็วรอบของใบสกรูเมื่อค่าปริมาตรเนื้อวัสดุเปลี่ยนไป

ผลที่ได้จากการทดลองได้ถูกนำไปทำการวิเคราะห์ เพื่อหาค่าตัวประกอบของสมการ (Exponents) และทำการเขียนกราฟเพื่อแสดงคุณลักษณะของค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุที่สัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบค่าอัตราการขนถ่ายจากผลการทดลองกับสมการคาดการณ์ที่สร้างขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5

3. สรุป และอภิปรายผลการวิจัย

3.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลทดลองที่ได้จากการวิจัยนี้พบว่าระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย (δ) ส่งผลกระทบต่ออัตราการขนถ่ายเชิงมวลของวัสดุด้วยใบสกรูน้อยมาก ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้มีความสอดคล้องกับข้อสรุปผลงานการวิจัยของ R.Rautenbach และ W.Schumacher ตามเอกสารอ้างอิง [3]

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลกับค่าความเร็วรอบการหมุนของใบสกรูในช่วงที่ทางกลุ่มผู้ทำวิจัยได้กำหนดขึ้นมาใช้ในการทดลองนี้จะพบได้ว่าคุณลักษณะของความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเส้นตรง

3. ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าถ้าใบสกรูใบใดมีค่าปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรูมากก็จะส่งผลทำให้ได้ค่าความชันของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลกับความเร็วรอบในการหมุนของใบสกรูที่มีค่ามากตามไปด้วย สอดคล้องกับแนวทฤษฎีตามเอกสารอ้างอิง [1]

จากผลการวิจัยที่ได้สามารถสรุปผลได้ว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลของชุดสกรูที่ใช้ขนถ่ายวัสดุในแนวราบจะประกอบไปด้วย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของวัสดุซึ่งทำการขนถ่าย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง และรูปทรงของชุดป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ ความเร็วรอบใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางยอดใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาของชุดใบสกรู ระยะพิตช์ใบสกรู โดยที่ระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่ายจะมีผลต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุน้อยมาก

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรง หรือคุณลักษณะทางโครงสร้างของชุดใบสกรูนั้นส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรู สำหรับคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มของวัสดุมวลเมล็ด ได้แก่ ปลายข้าวสาร และกลุ่มของวัสดุปริมาณมวล ได้แก่ รำละเอียด โดยสมการที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุที่ได้จากการทดลองสำหรับวัสดุที่มีคุณลักษณะเป็นวัสดุมวลเมล็ดจะมีคุณลักษณะของสมการที่ใช้หาค่าตัวประกอบที่แตกต่างไปจากสมการของวัสดุปริมาณมวล นอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดจากช่องว่างของอากาศซึ่งแทรกตัวอยู่ระหว่างก้อนวัสดุของวัสดุมวลเมล็ดจะส่งผลกระทบต่อการวัดค่าน้ำหนักจำเพาะของวัสดุ และการคำนวณหาปริมาตรของวัสดุมวลเมล็ดที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรูด้วย

ในกรณีของวัสดุปริมาณมวล ได้แก่ รำละเอียดจะสามารถหาค่าของตัวประกอบสำหรับนำไปใช้ในการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลของชุดสกรูที่ใช้ขนถ่ายวัสดุในแนวราบที่สัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วยค่าปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรู $(V,\ m^3)$ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ $(\rho,\ kg/m^3)$ และความเร็วรอบในการหมุนของใบสกรู (n, รอบ/นาที) ได้ดังนี้

$$\dot{m} = \left(0.1251 \cdot V^{0.5642}\right) \cdot \rho \cdot n \qquad (10)$$

ในกรณีของวัสดุมวลเมล็ด ได้แก่ ปลายข้าวสารจะสามารถหาค่าของตัวประกอบสำหรับนำไปใช้ในการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลของชุดสกรูที่ใช้ขนถ่ายวัสดุในแนวราบที่สัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบไปด้วย ค่าปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรู $(V,\ m^3)$, ค่าความหนาแน่นของวัสดุ $(\rho,\ kg/m^3)$ และความเร็วรอบในการหมุนของใบสกรู (n, รอบ/นาที) ได้ดังนี้

$$\dot{m} = (0.0028 \cdot ln(V) + 0.0197) \cdot \rho \cdot n \qquad (11)$$

เอกสารอ้างอิง

[1] Conveyor Equipment Manufacturers Association. Screw Conveyor Book No.350. 2^{nd} ed. Washington DC. : Conveyor Equipment Manufacturers Association, 1980

[2] R.M.Nedderman. Statics and kinematics of granular materials. Cambridge : University of Cambridge, 1992

[3] R.Rautenbach and W.Schumacher. Theoretical and Experimental Analysis of Screw Feeders. Trans Tech Publications, 1994