

การวิเคราะห์หาอัตราการขนถ่ายในแนวราบของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู Mass flow rate analysis of screw feeders in horizontal conveying

อนุชา หิรัญวัฒน์¹ และ อัครวิน ยอดรักษ์²

บทคัดย่อ

การออกแบบอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูจำเป็นที่จะต้องใช้องค์ความรู้ในการคำนวณประกอบกับผลที่ได้จากการทดลองจริงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง โดยเฉพาะการหาอัตราการขนถ่ายวัสดุ หรือกำลังงานที่จะต้องใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรู ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายตัวที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ เช่น คุณสมบัติของวัสดุ และการตักส่งสมของเนื้อวัสดุภายในรางขนถ่าย ซึ่งตัวแปรสำคัญที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายของวัสดุในแนวราบสำหรับตัวป้อนจ่ายแบบใบสกรูจะประกอบไปด้วย ความหนาแน่นของวัสดุ ความเร็วรอบของใบสกรู ระยะช่องว่างในแนวรัศมีระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาของชุดใบสกรู ระยะพิตช์ของใบสกรู ทางคณะผู้ทำวิจัยจึงทำการทดลอง และวิเคราะห์ เพื่อหาอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูกับวัสดุทางการเกษตรที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ ได้แก่ ปลาช่อน และรำละเอียด ซึ่งลักษณะของการติดตั้งชุดอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูจะเป็นการขนถ่ายวัสดุในแนวราบ โดยการสร้างฟังก์ชันในการหาอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูจากการใช้วิธีการวิเคราะห์มิติ (Dimensional analysis) เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ผลที่ได้จากการทดลองวัดค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุจะนำไปแทนในฟังก์ชัน เพื่อหาค่าตัวประกอบของสมการ (Exponents) จึงจะทำให้ได้สมการคาดคะเนอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูต่อไป

อัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูจะเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการกำหนดขนาดของกำลังงานที่จะต้องใช้ในการขับเคลื่อนเพลลาของใบสกรู ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการคาดคะเนอัตราการขนถ่ายสำหรับตัวป้อนจ่ายแบบใบสกรู สามารถลดการนำเข้าของอุปกรณ์และเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และเป็นการส่งเสริมพัฒนาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุต่อไป

คำสำคัญ : อุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู, ความหนาแน่นวัสดุปริมาณมวล, ระยะพิตช์ใบสกรู, อัตราการขนถ่ายเชิงมวล

Abstract

The screw feeder design is an important to use a theory and to use a result from experimental. Especially to determined the mass flow rate. The mass flow rate or power consumption of screw feeder in horizontal conveying can be considered as a function of many pertinent variables, such as bulk density, screw speed, radial clearance between screw blade and screw feeder rail, diameter of the screw shaft, pitch of the screw blade. We study to determine mass flow rate of agriculture products such as rice broken and rice bran by using screw feeder in horizontal conveying. The dimensional analysis used to create the function of mass flow rate. The results of experimental used to define exponents. Therefore the equation for predict mass flow rate of screw feeder in horizontal conveying is become.

The mass flow rate of screw feeder is a important factor for determine the power consumption to drive the screw shaft, to do has a basic data for predict mass flow rate of screw feeder, to do decrease the equipment and technology from abroad and facilitate to develop the materials handling technology.

Keywords : Screw feeder, bulk density, pitch of the screw blade, mass flow rate.

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

อุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูได้ถูกนำมาใช้ในการขนส่งลำเลียงวัสดุที่บรรจุอยู่ในไซโล หรือภาชนะบรรจุเพื่อจ่ายออกมาใช้งาน ซึ่งข้อดีที่สำคัญของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูก็คือ สามารถนำไปใช้ในการลำเลียงวัสดุได้หลายประเภท มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการป้อน หรือปล่อยวัสดุได้หลายช่องทางโดยเพียงแต่ทำการติดตั้งประตูสำหรับควบคุมการปล่อยวัสดุออกจากตัวรางขนถ่ายตามตำแหน่งที่ต้องการเท่านั้น นอกจากนี้ก็ยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ลำเลียงวัสดุที่เป็นพิษ หรือมีลักษณะเป็นฝุ่นผงได้ เนื่องจากมีลักษณะของโครงสร้างที่สามารถกั้นการฟุ้งกระจายของวัสดุที่จะทำการลำเลียงไปได้ ซึ่งในการจัดสร้างอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรูนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลพื้นฐาน เช่น คุณสมบัติของวัสดุที่จะทำการลำเลียง อัตราการขนถ่ายที่ต้องการ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีผลต่อการเลือกขนาดของกำลังงานที่จะนำมาใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรูต่อไป การคำนวณหาอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูที่มีความถูกต้องจะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทราบค่าอัตราการขนถ่ายและขนาดของกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรูได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป ซึ่งในปัจจุบันการหาอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูก็ต้องใช้ทั้งการคำนวณทางทฤษฎี ประกอบกับผลที่ได้จากการทดลองจริงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยหลายตัวที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ โดยเฉพาะคุณสมบัติของวัสดุ และการตกค้างสะสมของเนื้อวัสดุภายในรางขนถ่าย ซึ่งตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายวัสดุในแนวราบสำหรับตัวป้อนจ่ายแบบใบสกรูจะประกอบไปด้วย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของวัสดุที่จะทำการขนถ่าย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและรูปทรงของชุดป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู ได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ ความเร็วรอบของใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลากลางของชุดใบสกรู ระยะพิชชของใบสกรู ระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้เคยมีการทดลองกับกลุ่มของวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ Polyethylene powder, Quartz flour และ Calciumhydro-silicate โดยไม่ได้มีการอ้างอิงถึงค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อวัสดุตามเอกสารอ้างอิง [3] จากผลการวิจัยของ R.Rautenbach และ W.Schumacher ซึ่งได้มีการสรุปว่าระยะห่างระหว่างใบสกรูกับพื้นผิวของรางที่ใช้ขนถ่ายวัสดุมีผลกระทบต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองน้อยมาก จึงทำให้ไม่สามารถที่จะนำเอาผลลัพธ์จากการผลการวิจัยดังกล่าวมาใช้ในการวิจัยนี้ได้ นอกจากนี้ในปัจจุบันก็ยังไม่พบการวิจัยซึ่งใช้วัสดุทางการเกษตรที่มีคุณสมบัติตรงกับวัสดุที่จะทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เลย

คณะผู้วิจัยมุ่งเน้นที่จะทำการวิจัยศึกษาเฉพาะวัสดุทางการเกษตรที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานผลิตอาหารสัตว์ได้นำเอาอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูมาใช้ในการขนส่งลำเลียงวัสดุแต่ละประเภทที่บรรจุอยู่ในไซโล หรือภาชนะบรรจุ ได้แก่ ปลายข้าว และรำละเอียด เพื่อจ่ายออกมาเข้าเครื่องผสมตามสูตรของอาหารสัตว์ที่ต้องการต่อไป

ซึ่งถ้าหากผู้ที่ทำการออกแบบชุดอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุด้วยใบสกรูมีข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการคำนวณออกแบบก็จะทำให้ผู้ออกแบบมีความมั่นใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นก็จะทำให้การเลือกขนาดกำลังงานของชุดต้นกำลังที่จะต้องนำมาใช้ในการขับเคลื่อนใบสกรูเป็นไปอย่างเหมาะสมด้วย



รูปที่ 1 ชุดทดลองหาอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายวัสดุด้วยใบสกรูที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 2 ใบสกรูที่ใช้ในการทดลองหาอัตราอัตราการขนถ่ายวัสดุ

2. การดำเนินงานวิจัย

ทำการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของวัสดุทางการเกษตรที่จะนำมาทำการทดสอบ ซึ่งข้อมูลของวัสดุที่จะทำการทดสอบจะประกอบไปด้วยเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อวัสดุ ความหนาแน่นของเนื้อวัสดุ โดยใช้เครื่องมือทดสอบที่ทางภาควิชาเทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุมีอยู่ในปัจจุบัน จากนั้นทำการจัดสร้างชุดทดสอบหาอัตราการขนถ่ายวัสดุสำหรับอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรูพร้อมติดตั้งชุดอุปกรณ์ตรวจวัดหาอัตราขนถ่ายวัสดุ และทำการเชื่อมต่อเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งใบสกรูที่ใช้ในการวิจัยมีความยาว 180 เซนติเมตร ความสูงของยอดใบสกรู 6 นิ้ว และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดสุทธิในการขนถ่ายวัสดุแตกต่างกันทั้งสิ้นจำนวน 6 ใบซึ่งจะประกอบไปด้วย

1. ใบสกรูที่มีขนาดเพลาน้ำ ระยะพิทช์ 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 9 นิ้ว จำนวน 3 ใบ

2. ใบสกรูที่มีขนาดเพลาน้ำ 1 1/2 นิ้ว ระยะพิทช์ 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 9 นิ้ว จำนวน 3 ใบ

สำหรับการสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรู และตัวแปรที่เกี่ยวข้องจะกระทำด้วยการสร้างสมการพีชคณิต โดยใช้วิธีวิเคราะห์มิติ (Dimensional analysis) เพื่อใช้วิเคราะห์หาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุในแนวราบของอุปกรณ์ป้อนจ่ายแบบใบสกรู ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้ ความหนาแน่นของวัสดุ (ρ) ความเร็วรอบของใบสกรู (n) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู (D) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาน้ำของชุดใบสกรู (d) ระยะพิทช์ของใบสกรู (T) ระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย (δ) ซึ่งจะสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดได้ว่า

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

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

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

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

ภายหลังจากการใช้วิธีวิเคราะห์มิติของตัวแปรต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน จากนั้นจึงทำการจัดให้อยู่ในรูปของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless groups) ก็จะสามารถสร้างกลุ่มของตัวแปรไร้มิติเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไปได้ดังนี้

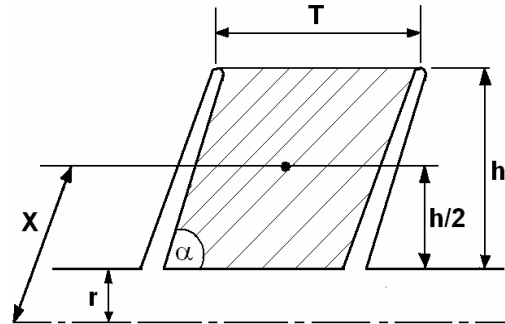
$$\dot{m} = (\rho_s)^1 (n)^1 (D)^{3-e-f-g} (d)^e (T)^f (\delta)^g \quad (6)$$

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

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

จากนั้นก็จะทำการทดลองเพื่อหาค่าคงที่ตัวประกอบ สำหรับความสัมพันธ์ของสมการข้างต้นจะกำหนดให้ค่าตัวแปรขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู (D) มีค่าคงที่ โดยการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่หน้าตัดสุทธิในการขนถ่ายวัสดุจะใช้การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาน้ำใบสกรูแทน และถือว่าการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของใบสกรูจะมีผลกระทบต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยใบสกรูน้อยมาก

เพื่อลดความซับซ้อนในการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยใบสกรู ทางคณะผู้ทำวิจัยจึงได้ทำการจัดกลุ่มของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะโครงสร้างของใบสกรูซึ่งส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิทช์ของใบสกรูเอาไว้ในรูปของสมการดังต่อไปนี้ (โดยไม่คิดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความหนาของใบสกรู)

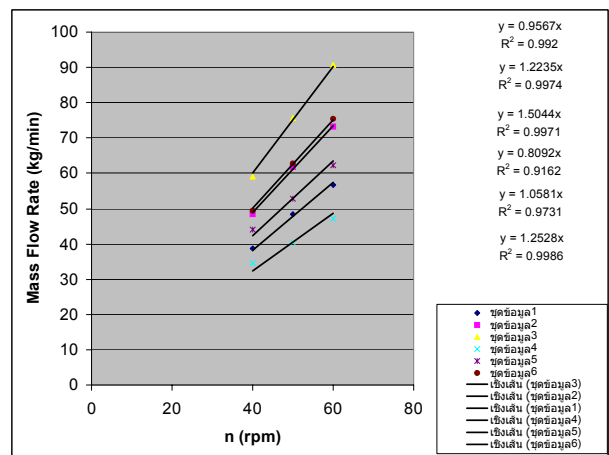


รูปที่ 3 ภาพพื้นที่หน้าตัดของใบสกรูที่ส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิทช์

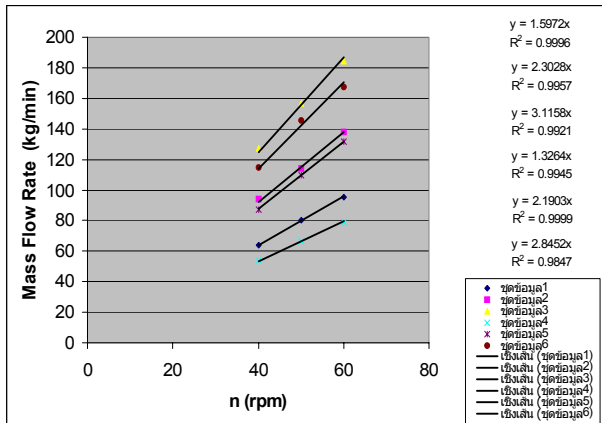
โดยคุณลักษณะโครงสร้างของชุดใบสกรูจะส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิทช์ของใบสกรูจะสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ด้วยสมการดังนี้

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

ขั้นตอนต่อไปก็คือ การทดลองและจัดเก็บค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุที่เกิดขึ้น โดยจะทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วรอบของเพลาน้ำขับเคลื่อนใบสกรู ระยะพิทช์ของใบสกรู ระยะห่างระหว่างใบสกรูกับตัวรางขนถ่าย และประเภทของวัสดุที่จะทำการขนส่งลำเลียงได้แก่ ปลายข้าว และรำละเอียด



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายเชิงมวลของรำละเอียดกับความเร็วน้ำของใบสกรู



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายเชิงมวลของปลายข้าว กับความเร็วรอบของใบสกรู

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

3. สรุป และอภิปรายผลการวิจัย

3.1 สรุปผลการวิจัย

3.1.1 ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่าย (δ) จะส่งผลกระทบต่ออัตราการขนถ่ายเชิงมวลของวัสดุด้วยใบสกรูน้อยมาก ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะมีความสอดคล้องกับข้อสรุปผลงานวิจัยของ R.Rautenbach และ W.Schumacher ตามเอกสารอ้างอิง [3]

3.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลกับความถี่รอบการหมุนของใบสกรูในช่วงที่ทางกลุ่มผู้ทำวิจัยได้กำหนดขึ้นมาใช้ในการทดลองนี้จะพบว่าคุณลักษณะของความถี่ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเส้นตรง

3.1.3 วัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองหาค่าอัตราการขนถ่ายวัสดุด้วยใบสกรูในงานวิจัยนี้จะสามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 2 คุณลักษณะด้วยกันคือ ปลายข้าวสารซึ่งจะจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีคุณลักษณะเป็นวัสดุมวลเมล็ด และรำละเอียดซึ่งจะจัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีคุณลักษณะเป็นวัสดุปริมาณมวล

ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าถ้าใบสกรูใบใดมีค่าปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรูมากก็จะส่งผลทำให้ได้ค่าความชันของสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลกับความถี่รอบในการหมุนของใบสกรูที่มีค่ามากตามไปด้วย

3.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปผลได้ว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการขนถ่ายวัสดุเชิงมวลของชุดสกรูที่ใช้ขนถ่ายวัสดุในแนวราบจะประกอบไปด้วย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของวัสดุที่

จะทำการขนถ่าย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้ง และรูปทรงของชุดป้อนจ่ายวัสดุแบบใบสกรู ได้แก่ ความหนาแน่นของวัสดุ ความเร็วรอบของใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยอดใบสกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลของชุดใบสกรู ระยะพิตช์ของใบสกรู โดยที่ระยะช่องว่างระหว่างใบสกรูกับรางขนถ่ายจะมีผลต่ออัตราการขนถ่ายวัสดุค่อนข้างน้อย

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรง หรือคุณลักษณะทางโครงสร้างของชุดใบสกรูจะส่งผลต่อปริมาตรของเนื้อวัสดุที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรู สำหรับคุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการทดลองนี้จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มของวัสดุมวลเมล็ด ได้แก่ ปลายข้าวสาร และกลุ่มของวัสดุปริมาณมวล ได้แก่ รำละเอียด โดยสมการที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการขนถ่ายวัสดุที่ได้จากการทดลองสำหรับวัสดุที่มีคุณลักษณะเป็นวัสดุมวลเมล็ดจะมีคุณลักษณะของสมการที่ใช้หาค่าตัวประกอบที่แตกต่างกันไปจากสมการของวัสดุปริมาณมวล นอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดจากช่องว่างของอากาศซึ่งแทรกตัวอยู่ระหว่างก้อนวัสดุของวัสดุมวลเมล็ดจะส่งผลกระทบต่อค่าน้ำหนักจำเพาะของวัสดุ และการคำนวณหาปริมาตรของวัสดุมวลเมล็ดที่บรรจุอยู่ในแต่ละช่วงระยะพิตช์ของใบสกรูด้วย

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

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

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

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

เอกสารอ้างอิง

- [1] Conveyor Equipment Manufacturers Association. **Screw Conveyor Book No.350**. 2nd 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.