เครื่องต้นแบบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

Prototype of Push Grains an Organic Fertilizer Machines

พนมพร คำเภา* ธนากร น้ำหอมจันทร์**

*สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

**สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย

เลขที่ 200 ถนนรังสิต-นครนายก คลอง 5 ธัญบุรี ปทุมธานี 12110

โทร 0-2577-1028 ต่อ 451, 452 โทรสาร 0-2577-1023 E-mail: nom_th@hotmail.com, Thanakorn@eau.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเครื่องต้นแบบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยใช้เหล็ก ST 37 กลึงขึ้นรูปเป็นเฟืองตัวหนอนทำหน้าที่อัดปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส 220 โวลต์ 6.2 แอมป์ 50 เฮิรตซ์ ความเร็วรอบ 1,410 รอบต่อนาที ขนาดพิกัดกำลัง 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง หลักการทำงาน คือ นำปุ๋ยอินทรีย์ที่ต้องการอัดเม็ดใส่ในกระบอกด้านบนและใช้เฟืองตัวหนอนบีบอัดออกมาที่ด้านปลาย และปุ๋ยจะถูกตัดเป็นเม็ดในขั้นตอนสุดท้าย ผลจากการทดสอบโดยใช้ปริมาณส่วนผสมของปุ๋ย 2,500 กรัม ที่ความเร็วรอบ 1,410 รอบต่อนาที จะได้ปริมาณปุ๋ยเม็ดที่ออกมา 2,403.33 กรัม โดยใช้ระยะเวลา 154 วินาที หรือ 56.183 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้า 746 วัตต์ต่อชั่วโมง

Abstract

This paper presents a model of push grains an organic fertilizer machines. The model used a single phase induction motor rated 220 Volt, 6.2 Amp, 50 Hz, 1 hp, 1,410 rpm for prim mover. The worm gear made from ST-37 steel. Work instruction of a model, it take an organic fertilizer to on the top of a model and then the worm gear will push an organic fertilizer to the end of worm gear for grain an organic fertilizer in the last step. The test result at rated speed of prim mover which uses an organic fertilizer quantity 2,500 gram. A model can push grain an organic fertilizer quantity 2,403.33 gram which the time is 154 sec. The efficiency of a model is 56.183 kg/hr for push grain through an electric power is 746 watt/hr.

1. บทนำ

ปัจจุบันนี้เกษตรกรได้ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี โดยหันมาใช้ ปุ๋ยอินทรีย์มากขึ้นสาเหตุหนึ่งอาจมาจากการที่ปุ๋ยเคมีราคาแพงขึ้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการทำการเกษตรเพิ่มมากขึ้น เกษตรกรจึงทำการเกษตรแบบธรรมชาติโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการทำการเกษตร ซึ่งสามารถหาวัตถุดิบในการทำปุ๋ยอินทรีย์ได้ง่าย แต่ก็ยังมีปัญหาในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ คือ การฟุ้งกระจายของปุ๋ยทำให้ไม่สามารถให้ปุ๋ยได้ทั่วบริเวณที่ต้องการ

จึงมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องสำหรับอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งใช้การอัดเฟืองตัวหนอน โดยใช้วัสดุที่หาได้ในประเทศ เพื่อความสะดวกในการใช้งานในด้านการเกษตรกร อีกทั้งสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้มากขึ้น และลดการใช้เทคโนโลยีจากต่างประเทศที่มีราคาสูง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แรงบิดและกำลัง[1-3]

เมื่อมีแรงบิดให้กับเพลาหมุนส่งกำลังจากปลายเพลาด้านหนึ่งไปยังปลายเพลาอีกด้านหนึ่งก็ได้กำลังงานของเพลา และ กำลัง คือ อัตราการทำงานต่อหน่วยเวลา ดังนั้นแรงบิดหรือโมเมนต์บิดก็คือ งานที่ทำขณะหมุนต่อหน่วยเวลาจะได้

$$W_p = \frac{2\pi TN}{60} \qquad (1)$$

โดยที่

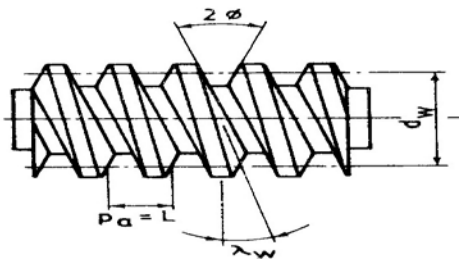
W_p = กำลังที่ส่ง (Watt)

T = โมเมนต์บิดหรือแรงบิด (Nm)

N = ความเร็วรอบ (rev / s)

2.2 ชุดเฟืองตัวหนอน (Worm gear set) [1-3]

ชุดเฟืองตัวหนอน ใช้สำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาที่ไม่ขนานกันและไม่ตัดกัน ซึ่งต้องการให้มีอัตราทดสูง ชุดเฟืองตัวหนอนประกอบด้วยเกลียวตัวหนอนและเฟืองตัวหนอน ทั้งเกลียวตัวหนอนและเฟืองตัวหนอน จะโอบซึ่งกันและกันในขณะทำงาน เป็นผลให้เฟืองมีพื้นที่ซึ่งขบกันเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถส่งกำลังได้สูงขึ้น เกลียวตัวหนอนแบบตรง แสดงดังรูปที่ 1



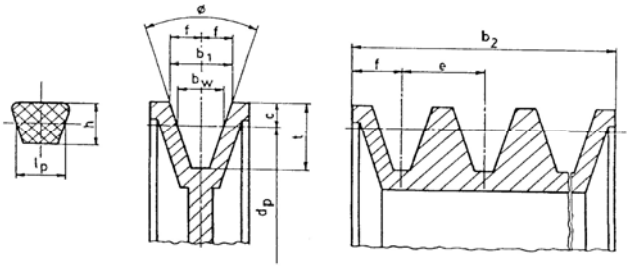
รูปที่ 1 เกลียวตัวหนอนแบบตรง

2.3 การออกแบบสายพานส่งกำลัง [1-3]

การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ ซึ่งส่วนมากสายพานจะทำจากเชือกป่าน ไนล่อน หนัง หรือลวดเส้นใยสังเคราะห์อื่น นำมาห่อเป็นแถบแบนแล้วอาบด้วยยาง วิธีให้ความร้อนกระทั่งเนื้อยางแทรกซึมยึดเส้นใยไว้ด้วยกันแล้วทำให้ผิวของยางไม่แข็งกระด้างสัมผัสกับล้อได้นิ่มนวลและสายพานไม่คราดออก

2.3.1 ขนาดสายพาน และล้อสายพานร่องวี

ในการกำหนดขนาดสาพานร่องวี กำหนดโดยใช้ขนาดของร่อง และความหนาสายพานใช้ตัวอักษร ซึ่งแบ่งเป็นสายพานร่องวีแบบแคบมีขนาด SPZ, SPA, APB และ SPC และสายพานร่องวีแบบธรรมดามีขนาด Y, Z, A, B, C และ E หน้าตัดสายพานร่องวีและล้อสายพาน แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 หน้าตัดสายพานและล้อสายพานร่องวี

2.3.2 การคำนวณหาขนาดสายพานร่องวี

การคำนวณด้านการส่งกำลังโดยสายพานร่องวี จะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน การเลือกขนาดของสายพานร่องวี จะใช้วิธีคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานร่องวีที่ต้องการใช้งานกำลังที่ต้องขับและตัวประกอบที่ใช้แก้ต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานร่องวีหาได้จากสมการ

$$z = \frac{W_p N_s}{P_R N_a N_l} \qquad (2)$$

โดยที่

z = คือ จำนวนเส้นของสายพาน (เส้น)

N_s = คือ ตัวประกอบใช้งาน

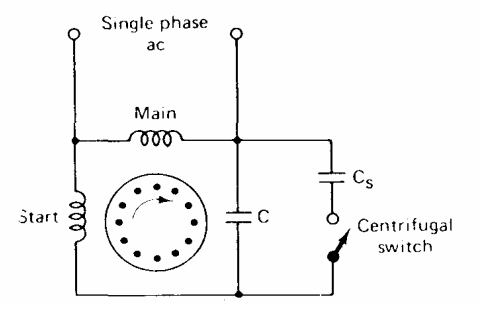
N_a = คือตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้ง

N_l = คือ ตัวประกอบการแก้ไขสายพาน

P_R = คือ กำลังสายพานร่องวีหนึ่งเส้นที่ส่งได้ (kW)

2.4 มอเตอร์คาปาซิเตอร์ (Capacitor Motors) [4]

มอเตอร์คาปาซิเตอร์จะมีคาปาซิเตอร์ต่ออยู่ในวงจรขณะเริ่มต้นหมุน 2 ตัว คือ คาปาซิเตอร์สำหรับเริ่มต้นหมุนเท่านั้น (C_s) กับคาปาซิเตอร์ที่ใช้ทั้งขณะเริ่มต้นหมุนและขณะหมุน (C) ดังรูปที่ 3 เมื่อความเร็วของมอเตอร์ถึงประมาณ 75% ของความเร็วซิงโครนัส สวิทช์หนีศูนย์กลางจะตัด C_s ออกให้เหลือเพียง C ต่อกับวงจรเท่านั้น จะได้มอเตอร์ที่มีแรงบิดเริ่มต้นหมุนสูง ทำให้ค่า Power Factor สูงและหมุนได้เรียบ



รูปที่ 3 วงจรสมมูลของมอเตอร์คาปาซิเตอร์

3. การออกแบบ

หลักการทำงานของเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ คือ เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์ใส่ในภาชนะรองรับซึ่งอยู่ด้านบนของตัวเครื่อง ปุ๋ยอินทรีย์จะไหลลงตัวเครื่องที่เฟืองตัวหนอน ซึ่งเฟืองตัวหนอนจะทำหน้าที่อัดปุ๋ยอินทรีย์ไหลไปตามกระบอก ขณะเดียวกันก็ทำการบดปุ๋ยให้ละเอียดยิ่งขึ้น เมื่อเฟืองอัดปุ๋ยอินทรีย์มาจนสุดกระบอก ซึ่งที่ปลายกระบอกจะมีใบมีดตัดทำให้ปุ๋ยที่ได้มีขนาดเม็ดที่สม่ำเสมอ จากนั้นปุ๋ยที่ผ่านการตัดแล้วจะไหลลงมาที่ภาชนะรองรับ เป็นอันเสร็จกระบวนการ

3.1 การคำนวณชิ้นส่วนต่าง ๆ

จากการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า ในการหาความเร็วรอบ และแรงบิดของเพลาตัวหนอนที่เหมาะสมในการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าที่ความเร็วรอบ (N) 450 rpm และแรงบิด (T) 16 Nm สามารถใช้ในการอัดปุ๋ยอินทรีย์ได้โดยไม่เกิดการติดขัดในชุดเฟืองตัวหนอน ซึ่งสามารถหาพิกัดกำลังของมอเตอร์กระแสสลับได้จากสมการ (1)

$$W_p = \frac{2\pi TN}{60} = \frac{2\pi \times 16 \times 450}{60} = 753.98\ Watt$$

จึงเลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับพิกัดที่ใกล้เคียงคือ ขนาด 220 V, 6.2 A, 50 Hz, 1,410 rpm, 1 hp (746 Watt) จากความเร็วรอบของมอเตอร์และความเร็วรอบของเพลาตัวหนอนที่ต้องการ ดังนั้นอัตราทดของของการหมุน

$$m_\omega = 1{,}410 / 450 = 3.13$$

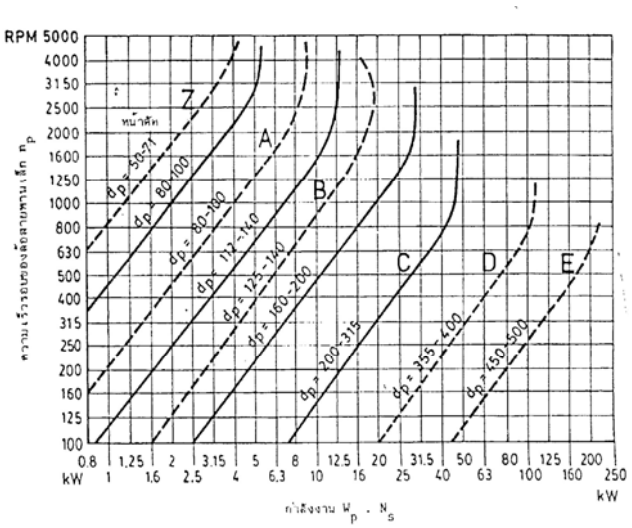
โดยเลือกอัตราทด 3:1

3.1.1 ขนาดหน้าตัดของสายพานร่องวี

การเลือกขนาดของสายพานร่องวีมีเงื่อนไขดังนี้

- กำลังที่ต้องการส่ง (W_p) = 0.746 kW
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง งานหนัก ตัวประกอบใช้งาน (N_s) = 1.2

$$W_p \times N_s = 0.746 \times 1.2 = 0.895\ kW$$



รูปที่ 4 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานร่องวี [1-3]

จากรูปที่ 4 ($W_p \times N_s$) = 0.895 kW ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก = 1,410 rpm จะได้ขนาดหน้าตัดสายพานในกลุ่มหน้าตัด “Z”

3.1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็กและเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่ [1-3]

จากรูปที่ 4 ($W_p \times N_s$) 0.895 kW ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก 1,410 rpm จะได้ขนาดหน้าตัดสายพานในกลุ่มหน้าตัด “Z” d_p อยู่ในช่วง 50-70 และ 80-100 จึงเลือกใช้ขนาดของล้อสายพานเล็กที่ d_p 63 mm

ดังนั้น จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานใหญ่ เท่ากับ

$$D_p = m_\omega \times d_p = 3 \times 63 = 189\ mm$$

โดยเลือกใช้ขนาดของล้อสายพานใหญ่ที่ใกล้เคียงตามมาตรฐาน ISO /T52-1356 (E) และ ISO/R 235-1962(E) [1-3] คือ D_p 200 mm

3.1.3 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพานโดยประมาณ
บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ใช้ค่า [1-3] ดังนี้

$C_{max} = 2(d_p + D_p) = 2(63+210) = 526$ mm

$C_{min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7\ (63+210) = 184.1$ mm

เมื่อพิจารณาขนาดของล้อสายพานและเพื่อไม่ให้ขนาดของเครื่องต้นแบบมีขนาดใหญ่เกินไป จึงเลือกใช้ C ที่ 370 mm

3.1.4 ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพาน [1-3]
จากสมการ

$L_p = 2C + 1.57(D_p+d_p) + [(D_p-d_p)^2/4C]$

$= 1165.59$ mm

จากตารางความยาวพิตช์ที่ใช้ จะได้ L_p 1,144 mm และค่าตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_l 1.08

3.1.5 ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางจริง [1-3]
จากสมการ

$$C = p + \sqrt{p^2 - q}$$

โดยที่

$p = 0.25L_p - 0.393(D_p+d_p) = 182.64$

และ

$q = 0.125(D_p - d_p)^2 = 2,346.12$

$\therefore C = 358.74$ mm

3.1.6 ส่วนโค้งสัมผัส [1-3]
จากสมการ

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{200-63}{358.74} = 0.382$$

ค่าส่วนโค้งสัมผัสที่ได้จากการคำนวณ 0.382 เมื่อพิจารณาหาค่าตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัสที่ 0.382 ไม่มี ไม่มีกำหนดไว้ จึงพิจารณาที่ 0.35 จะได้ค่าตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส $N_a = 0.95$

จากตารางสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานร่องวีหน้าตัด “Z” ต่อเส้น สำหรับล้อสายพานขนาด d_p = 63 mm อัตราทด (m_ω) ≥ 3 ความเร็วรอบ (n) =1,410 rpm (พิจารณาที่ 1,450 rpm) จะได้สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น (P_R) = 0.65 kW ต่อเส้น

3.1.7 จำนวนเส้นสายพาน [1-3]
จากสมการ (2) จะได้

$$\therefore Z = \frac{0.746 \times 1.2}{0.65 \times 0.95 \times 1.08} = 1.342$$

จากตารางความยาวพิตช์ที่ใช้ $L_p = L_i + 22$ ซึ่งจะได้ L_i = 1,144 -22 = 1,122 mm ดังนั้น เลือกขนาดสายพานหน้าตัด Z × 1,120L_i จำนวน 1 เส้น เนื่องการอัดปุ๋ยอินทรีย์ผสมบดละเอียดและผสมน้ำ ซึ่งลักษณะการทำงานไม่หนัก

3.1.8 แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังที่พุลเล่ย์มอเตอร์และแรงบิดเพลาเฟืองตัวหนอน [1-3]

แรงบิดของมอเตอร์ จากสมการที่ (1) จะได้

$$T_{motor} = \frac{746 \times 60}{2\pi \times 1{,}410} = 5.052\ \text{N}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังที่พุลเล่ย์มอเตอร์

$$F_{V-Belt} = \frac{T_{motor}}{r_1} = \frac{5.052}{(0.063/2)} = 160.381 \text{ N}$$

แรงบิดที่เพลาเฟืองตัวหนอน

$$T_{worm} = F_{V-Belt} \times r_2 = 160.381 \times (0.200/2)$$

$$= 16.038 \text{ Nm}$$

3.2 สรุปคำนวณ

จากการนำเหล็กเพลาตัน ST 37 [5-7] เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 mm มากลึง และเชื่อมพอกทำเกลียวตัวหนอน และจากการทดสอบเบื้องต้นในการหาความเร็วรอบ และแรงบิดเพลาตัวหนอนที่เหมาะสมพบว่า ที่ความเร็วรอบ 450 rpm และแรงบิด 16 Nm เหมาะสมกับการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ โดยเลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส 1 hp 1,410 rpm โดยอัตราทดของการหมุนมอเตอร์ต่อเพลาเฟืองตัวหนอน 3:1 แรงบิดของมอเตอร์ 5.052 Nm ส่งกำลังจากพุลเล่ย์ที่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับไปยังล้อสายพานที่ยึดอยู่กับเพลาเกลียวตัวหนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก 63 mm และเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานใหญ่ 200 mm ความยาวพิตช์โดยประมาณ 1,144 mm ระยะห่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลาง 358.74 mm ใช้ขนาดสายพานหน้าตัด Z × 1,120L_i จำนวน 1 เส้น แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังที่พุลเล่ย์มอเตอร์ 160.381 N จะเกิดแรงบิดที่เพลาเฟืองตัวหนอน 16.038 Nm เมื่อนำมาออกแบบสร้างแล้ว สามารถใช้ในการอัดเม็ดปุ๋ยได้โดยไม่เกิดการติดขัด และสายพานไม่เกิดการ สลิปและไม่ขาดขณะใช้งาน

รูปที่ 5 เครื่องต้นแบบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 วิธีการทดสอบ

ในการทำการทดสอบเบื้องต้นพบว่า สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์ผสมและน้ำ คือ อัตราส่วน 4 : 1 ผสมให้เข้ากัน ก่อนที่จะทำการอัดเม็ดโดยใช้เครื่องต้นแบบที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น

ขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

1 ทำการทดสอบ 3 ครั้ง ที่ความเร็วพิกัด

2 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ผสมปริมาณ 2 kg น้ำ 0.5 kg

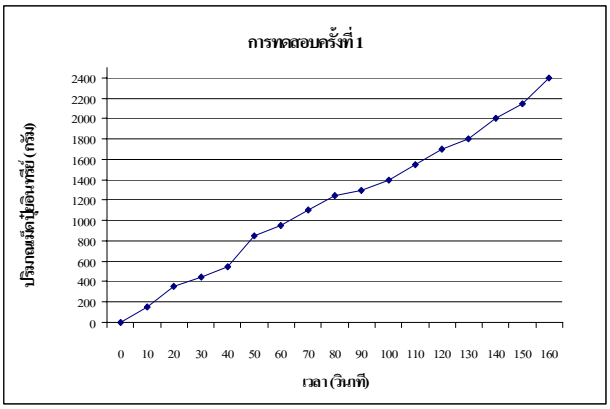
3 สุ่มวัดปริมาณปุ๋ยเม็ดที่ได้จากการอัดเม็ดทุกๆ 10 วินาที

4 ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบ

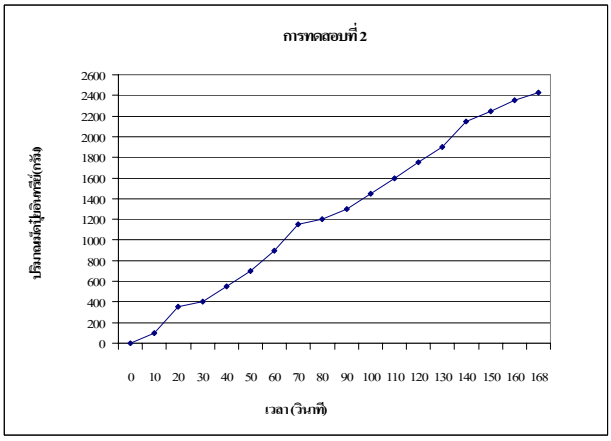
รูปที่ 6 การทดสอบเครื่องต้นแบบในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

4.2 ผลการทดสอบ

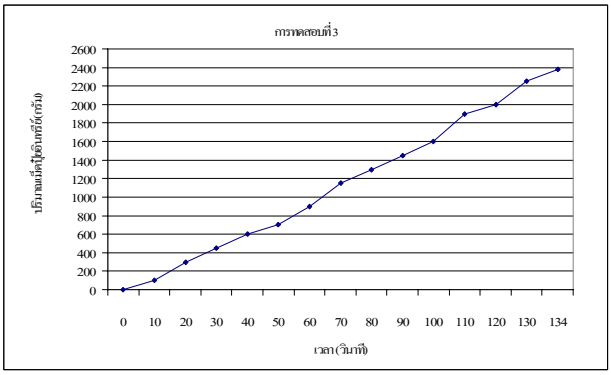
ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 7, 8 และ 9



รูปที่ 7 ผลการทดสอบครั้งที่ 1



รูปที่ 8 ผลการทดสอบครั้งที่ 2



รูปที่ 9 ผลการทดสอบครั้งที่ 3

5. การวิเคราะห์สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการคำนวณเมื่อนำมาออกแบบสร้างแล้วสามารถใช้ในการอัดเม็ดปุ๋ยได้ โดยไม่เกิดการติดขัด และสายพานไม่เกิดการสลิปและไม่ขาดขณะใช้งาน ผลการทดสอบเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง สุ่มวัดปริมาณปุ๋ยเม็ดที่ได้จากการอัดเม็ดทุกๆ 10 วินาที โดยใช้ปริมาณส่วนผสมของปุ๋ยสด 2,500 กรัม ที่ความเร็วรอบ 1,410 รอบต่อนาที จากการทดสอบจะพบว่าปริมาณปุ๋ยที่ได้จากการอัดเม็ด จะไม่เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างเป็นเชิงเส้น เนื่องจากอัตราการป้อนปุ๋ยอินทรีย์สดไม่คงที่ และเกิดจากปุ๋ยเม็ดมีการติดค้างอยู่ที่บริเวณกระบะรับเม็ดปุ๋ย จะได้ปริมาณปุ๋ยเม็ดที่ออกมา 2,403.33 กรัม โดยใช้ระยะเวลา 154 วินาที หรือ 56.183 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้ปริมาณกำลังไฟฟ้า 746 วัตต์ต่อชั่วโมง

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อนันต์ วงศ์กระจ่าง. “ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล”. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ. โอเอสพริ้นติ้งเฮ้าส์, 2533

[2] ชาญ ถนัดงาน และ วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล 1”. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541

[3] ชาญ ถนัดงาน และ วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. “การออกแบบเครื่องจักรกล 2”. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541

[4] มงคล ทองสงคราม, “เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ” พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. วี.เจ. พริ้นติ้ง, 2541

[5] ชนะ กสิภาร์. ความแข็งแรงของวัสดุ. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ชวนพิมพ์, 2528

[6] ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างวิศวกร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. พิมพ์อักษรพิทยา,2526

[7] Beer , J . P . and Johnston , Jr , E .R . Mechanics of material. Second Edition. Tokyo. McGraw-Hill, 1992