

บทที่ 3

การออกแบบสร้างเครื่องตีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้า

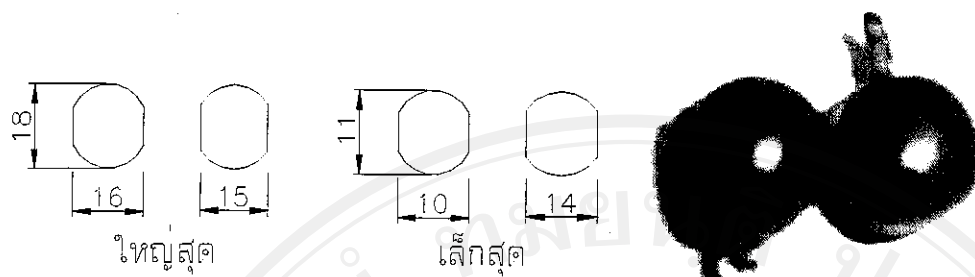
หลักการออกแบบ

เครื่องตีเปลือกสดกาแฟใช้หลักการพื้นฐานคือการฉีกหรือการบีบเอาเมล็ดออกจากเปลือกแล้วแยกออกจากกัน ซึ่งแต่ดั้งเดิมจะใช้วิธีการตำในครกหรือย่ำด้วยเท้าแล้วแยกเปลือกกับเมล็ดสารกาแฟออกจากกันด้วยการลอยน้ำ ซึ่งเป็นวิธีที่ช้าและใช้แรงงานมาก บางครั้งถ้าตำแรงๆจะทำให้เมล็ดสารกาแฟเสียหายมากด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของสารกาแฟ จึงเริ่มมีการออกแบบพัฒนาเครื่องตีเปลือกสดซึ่งก็ใช้หลักการพื้นฐานการฉีกเปลือกสดและแยกออกจากเมล็ดดังกล่าวมาแล้ว ในการออกแบบปัจจัยที่สำคัญต่อการออกแบบเครื่องตีเปลือกสดคือคุณสมบัติพื้นฐานของผลกาแฟได้แก่ 1. น้ำหนัก ขนาด รูปทรง ของผลกาแฟ จะมีผลโดยตรงต่อระยะห่างของลูกตีกาแฟ และเนื่องจากผลกาแฟจะมีหลายขนาดปนกันอยู่ เครื่องตีเปลือกสดที่ดีจะต้องสามารถตีเปลือกสดกาแฟได้ทุกขนาด 2. ความสูงแก่หรือความเหนียวของผลกาแฟ กาแฟที่นำมาตีเปลือกสด จะต้องมีความสูงเต็มๆ เพื่อที่ว่าเปลือกสดกับเมล็ดสารกาแฟสามารถฉีกและแยกออกจากกันได้ง่าย ฉะนั้นในขั้นตอนการเก็บผลกาแฟ จะต้องคัดเลือกให้ได้ผลสุกสม่ำเสมอมากที่สุด

ในการเก็บข้อมูลคุณสมบัติของผลกาแฟทั้ง 2 ข้อ ข้างต้นจึงต้องมีการชั่งน้ำหนักและ วัดขนาดทั้ง 3 มิติของผลกาแฟ คือ ในแนว กว้าง ยาวและหนาเพื่อออกแบบระยะห่างของชุดลูกตีให้สามารถตีเปลือกสดออกได้ ทั้งผลที่มีขนาดใหญ่สุด และเล็กสุด มีการวัดความเหนียวของเปลือกกาแฟสด โดยใช้เครื่อง Instron Universal Testing Machine เพื่อใช้คำนวณแรงขบการหมุนลูกตี ในหน้า 31

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการวัดขนาดและน้ำหนักของผลกาแฟเปลือกสดพันธุ์อาราบิก้า

ขนาดผล	ขนาดและน้ำหนัก			
	กว้าง (ม.ม.)	ยาว (ม.ม.)	หนา (ม.ม.)	น้ำหนัก (กรัม)
ใหญ่สุด	17.84	18.73	16.06	2.11
เล็กสุด	11.77	12.36	10.59	1.39



รูปที่ 3.1 ขนาดผลกาแฟอาราบิก้า (ม.ม.)

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการทดสอบความเหนียวของเปลือกกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

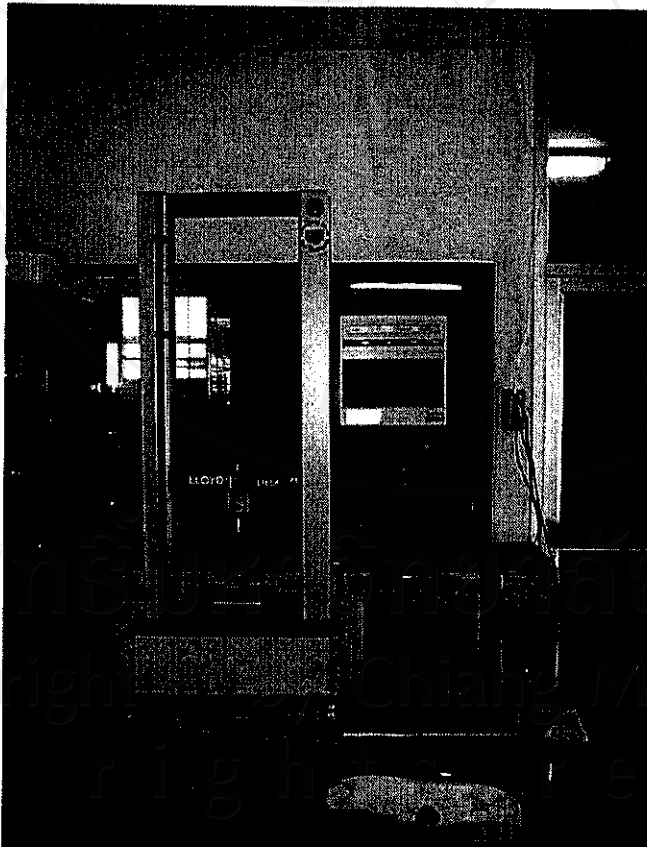
ระยะกคทดสอบ (ม.ม.)	การทดสอบแรงเฉือนเปลือกด้วย Instron Universal Testing Machine (N)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
1.5	7.35	6.72	8.31	6.43	7.06	7.17



รูปที่ 3.2 ลักษณะของใบมีดคัดความเหนียวเปลือกกาแฟผลสด



รูปที่ 3.3 ลักษณะการกดใบมีด



รูปที่ 3.4 เครื่องทดสอบแรงเค้น Instron Universal Testing Machine

ในการออกแบบเพื่อพัฒนาเครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลการใช้งานของเครื่องสีเปลือกสดกาแฟที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้าเพื่อหาข้อดีข้อเสีย และเพื่อจะได้เป็นแนวทางในการออกแบบให้ได้เครื่องสีเปลือกสดที่มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลเครื่องสีเปลือกสดแบบต่างๆ ก่อนการออกแบบพัฒนา

รูปแบบเครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้า	ข้อมูลของเครื่องสีกาแฟเปลือกสด
เครื่องสีเปลือกสดแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอน แยกเปลือกและเมล็ดสารกาแฟในขั้นตอนการสี (แบบของกองเกษตรวิศวกรรม)	อัตราการสี 392 กก./ชม. เปอร์เซ็นต์การสีประมาณ 94% ใช้ต้นกำลัง 0.746 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) เปลือกและเมล็ดเมื่อกาแฟปนกันค่อนข้างมาก ราคาประมาณ 14,000 บาท
เครื่องสีเปลือกสดแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอน แยกเปลือกและเมล็ดสารกาแฟในขั้นตอนการสี (แบบของบริษัทเพชรศรีจ.ชุมพร)	อัตราการสี 470 กก./ชม. เปอร์เซ็นต์การสีประมาณ 96% ใช้ต้นกำลัง 0.746 กิโลวัตต์ (1 แรงม้า) เปลือกและเมล็ดเมื่อกาแฟปนกันพอสมควร ราคาประมาณ 15,500 บาท
เครื่องสีเปลือกสดแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอนใช้ตะแกรงโยกแยกเปลือกและเมล็ดสารกาแฟ (ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงขุนวาง นำเข้าจากต่างประเทศ) รูปที่ 3.6	อัตราการสี 2,000 กก./ชม. เปลือกและเมล็ดสารปนกันมากเพราะใช้ตะแกรงโยกเป็นตัวแยกเปลือกและเมล็ดสารในขั้นตอนที่สอง ต้องใช้แรงงานมากในการเกลี่ยให้รอดรู ตะแกรง
เครื่องสีเปลือกสดแบบลูกสีทรงกรวยตัดแนวตั้ง (โครงการหลวงคอยตุง นำเข้าจากต่างประเทศ) รูปที่ 2.11	อัตราการสี 1,560 กก./ชม. เปอร์เซ็นต์การสีประมาณ 99.20 % ใช้ต้นกำลัง 1.50 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) เปลือกและเมล็ดเมื่อกาแฟปนกันน้อยมาก ราคารวมชุดลอกเปลือกและอุปกรณ์ทำความสะอาด ประมาณ 300,000 บาทกว่า การซ่อมบำรุงต้องนำเข้าอะไหล่จากต่างประเทศ

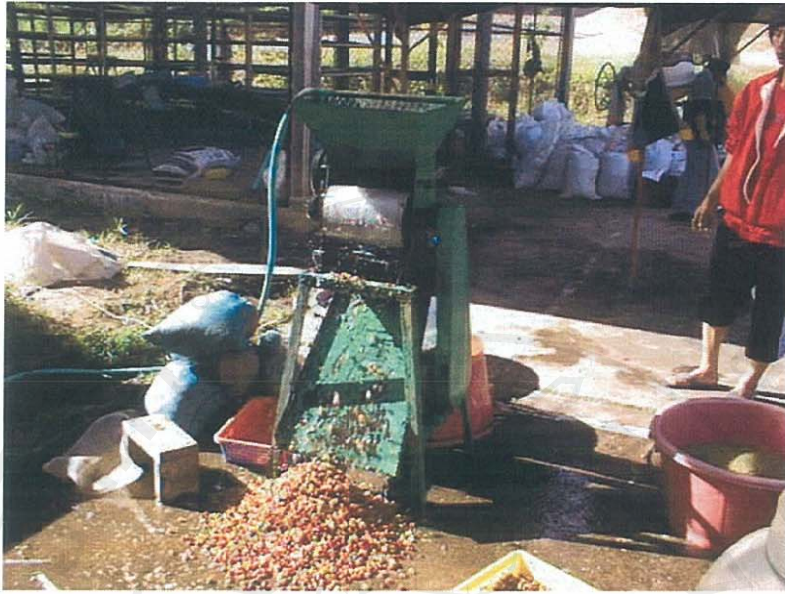
จากข้อมูลการศึกษา สํารวจ และทดสอบ เครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าที่มีอยู่เดิม ได้ข้อมูลดังตารางที่ 3.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องสีเปลือกสดกาแฟที่ดีต่อไป โดยสามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

เครื่องตีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าแบบลูกตีทรงกระบอกแนวนอน ซึ่งเป็นแบบของ กองเกษตรวิศวกรรม และของบริษัทเพชรศรี มีลักษณะของเครื่องจะวางลูกตีเปลือกสดให้หมุนในแนวนอน ลูกตีทรงกระบอกหุ้มด้วยตะแกรงปอกเปลือกขึ้นรูปคล้ายๆ เล็บมือคน ทำจากสแตนเลสหนาประมาณ 0.4 มิลลิเมตร มีร่องการไหลของผลกาแฟสดจากฮอปเปอร์ด้านบน แยกไหลจากบนลงล่าง 2 ทาง ซ้าย-ขวา เข้าหากกลางทรงกระบอก ขณะที่ไหลก็เกิดการปะทะกับเล็บจิกของตะแกรงจึงดึงเปลือกออกมาจากร่องและเหวี่ยงออก ส่วนเมล็ดเมื่อยังคงไหลไปตามร่องออกสู่ภาชนะรองรับ เมล็ดเปลือก อัตรากาตียังไม่ค่อยสูงมากนัก ความสะอาดของเมล็ดเมื่อยังมีเปลือกปนออกมาค่อนข้างมาก เมล็ดแตกมีค่าสูง

เครื่องตีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าแบบลูกตีทรงกระบอกแนวนอน มีชุดตะแกรงโยกสำหรับทำความสะอาดเมล็ดหรือแยกเปลือกจากเมล็ดเมื่อยังมีลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องตีเปลือกสดกาแฟแบบลูกตีทรงกระบอกแนวนอนที่กล่าวมาแล้ว แต่จะไม่เน้นความละเอียดของการฉีกเปลือกและดึงออกในขั้นตอนเดียวของเล็บตะแกรงลูกตี กับร่องการไหลของผลกาแฟ จึงใช้รอบการหมุนของลูกตีค่อนข้างสูง อัตราการตีจึงสูงตามไปด้วย แต่จะมีปัญหาในขั้นตอนการทำความสะอาดแยกเปลือกที่ปนมากับเมล็ดเมื่อบนตะแกรงโยก เพราะเมล็ดเปลือกและเปลือกมีความสด และเปียกน้ำ ทำให้เหนียวไม่สามารถแยกออกจากกันได้ด้วยแรงโยกของตะแกรงเพียงอย่างเดียวต้องใช้แรงงานคนประมาณ 4 คน คอยเกลี่ยช่วย โดยยืนอยู่ด้านข้างของตะแกรงโยก

เครื่องตีเปลือกสดกาแฟแบบลูกตีทรงกรวยตัดแนวตั้ง มีลักษณะการวางลูกตีรูปทรงกรวยตัดหมุนในแนวตั้ง ป้อนกาแฟผลสดจากด้านบน ตะแกรงขึ้นรูปลักษณะคล้ายเล็บมือคนเช่นเดียวกัน ทำจากเหล็กชนิดพิเศษกันสนิม หุ้มลูกตีรูปกรวยตัดไว้ ด้านข้างมีร่องการไหลของผลกาแฟเป็นรูปแนวโค้งจากบนลงล่าง ระยะห่างของร่องจากใหญ่ลงมาถึงทำให้สามารถตีกาแฟได้ทุกขนาด มีทั้งหมด 3 ร่องด้วยกัน หลุดจากเหล็กพิเศษกันสนิมและมีความแข็งแรง มีขนาดกระทัดรัด อัตราการตีสูง ความสะอาดของเมล็ดดีมาก แต่ยังไม่มีการผลิตในประเทศไทย ราคาแพงกว่าแบบลูกตีทรงกระบอกแนวนอนของไทยมาก อะไหล่ต้องนำเข้า

แนวทางการวิจัยและพัฒนาเครื่องตีเปลือกสดนี้ได้เลือกแบบลูกตีทรงกรวยตัดแนวตั้ง เพราะมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการดังกล่าวมาแล้ว โดยทำการศึกษาออกแบบการขึ้นรูปตะแกรงหุ้มลูกตีลักษณะคล้ายเล็บมือ ศึกษาร่องการไหลของผลกาแฟ เพื่อเพิ่มอัตราการตี และอื่นๆตามความเหมาะสม เพื่อให้ได้เครื่องตีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าที่มีประสิทธิภาพ ราคาต้นทุนเครื่องและการดำเนินการถูก และที่สำคัญสามารถผลิตเครื่อง และมีอะไหล่ ทำได้เอง ต้นแบบเครื่องตีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าแสดงใน รูปที่ 3.7 และ 3.8



รูปที่ 3.5 การทดสอบเครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอน
(แบบของกองเกษตรวิศวกรรม และ ของบริษัทเพชรศรี)



รูปที่ 3.6 การทดสอบเครื่องสีเปลือกสดแบบลูกสีทรงกระบอกแนวนอนใช้ตะแกรงโยก
แยกเปลือกและเมล็ดสารกาแฟ (ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงขุนวาง นำเข้าจากต่างประเทศ)

เครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้าชนิดลูกสีทรงกรวยตัดแนวตั้ง

โดยเครื่องสีต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญและหลักการออกแบบสร้างดังนี้

1. ชุดโครงสร้าง (Frame) ประกอบด้วย โครงสร้างตัวเครื่องทำจากเหล็กฉาก บุด้วยเหล็กแผ่น ขนาดตัวเครื่อง กว้าง x ยาว x สูง = 0.72 เมตร x 0.72 เมตร x 1.41 เมตร มีช่องแยกเมล็ดเมื่อกับเปลือกหลังการสีออกจากกัน (Pulp Coffee Outlet) โดยทำมุมเอียงในการไหล 45°

2. ชุดป้อนกาแฟ (Feeder) ประกอบด้วย

ถังรูปทรงกรวยตัดหาง (Hopper) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบน 490 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางล่าง 380 มม. สูง 300 มม. มีวนขึ้นรูปจากเหล็กแผ่นหนา 1.2 มม.

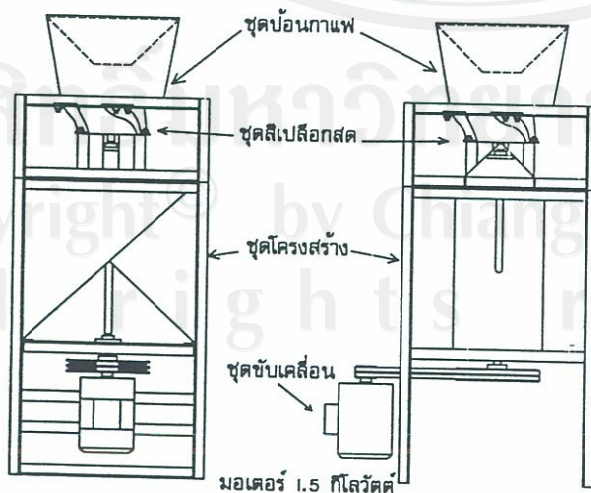
ใบปาด (Feeding Blades) มีลักษณะคล้ายใบพัด 2 ใบ ทำจากเหล็กพิกกว้าง 25 มม. หนา 3 มม. แกนใบปาดใช้แกนร่วมกับเพลลาของลูกสี (ดังรูปที่ 4 ผนวก ฉ)

3. ชุดสีเปลือกสดกาแฟ ประกอบด้วย

ลูกสีทรงกรวยตัด ประกอบด้วยตะแกรงสแตนเลส (Grater Sleeve) หนา 0.4 มม. ขึ้นรูปโดยเครื่องปั๊ม (ดังรูปที่ 3.11) มีขนาดปุ่ม ยาว 7 มม. สูง 3 มม. ตีกลงด้านหลัง 3 มม. (ดังรูปที่ 3.12-3.14) หุ้มกรวยตัด (Cone) ทำจากการม้วนเหล็กแผ่นหนา 2 มม. ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางล่าง 260 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางบน 240 มม. สูง 100 มม. (ดังรูปที่ 3.15)

ช่องสีเปลือกสด (Breasts) จำนวน 4 ช่อง ทำจากทองเหลือง ซึ่งมีความแข็งใกล้เคียงกับเหล็ก (ดังรูปที่ 3.10) ระยะห่างของช่องสีเปลือกสดกับผนังตะแกรงลูกสีจะค่อยๆ ลดลงตามโค้งช่องการสี จากห่างมากด้านบนลดลงมาด้านล่าง เพื่อสามารถสีเปลือกกาแฟผลสดได้ทุกขนาด

4. ชุดขับเคลื่อนประกอบด้วย มอเตอร์ต้นกำลัง 1.50 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) เพลลาแนวตั้ง เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. ร้อยผ่านมู่เล่ ชุดลูกสี และใบปาด



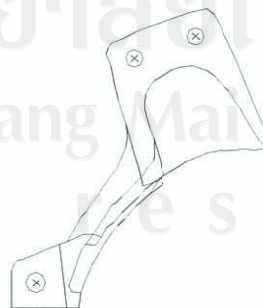
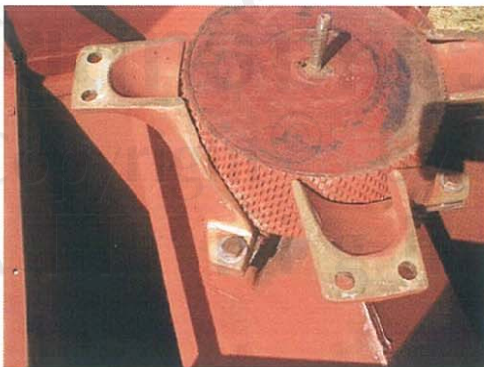
รูปที่ 3.7 แสดงส่วนต่างๆของเครื่องสีเปลือกสดกาแฟอาราบิก้า ชนิดลูกสีทรงกรวยตัดแนวตั้ง



รูปที่ 3.8 เครื่องสีเปลือกสดคาเฟอราบีก้า ชนิดลูกสีทรงกรวยตัดแนวตั้ง

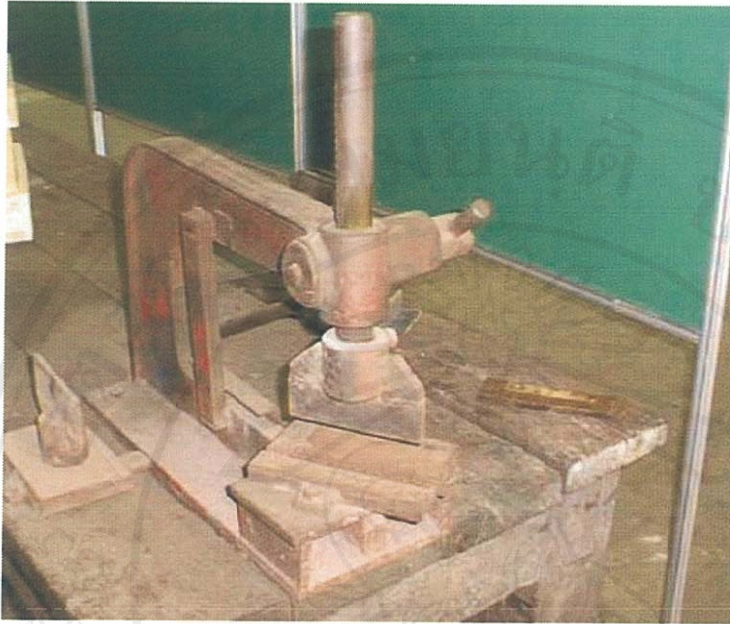


รูปที่ 3.9 ลูกสีทรงกรวยตัด (Cone) ตะแกรง (Grater sleeve) และช่องสีเปลือกสด (Breasts)

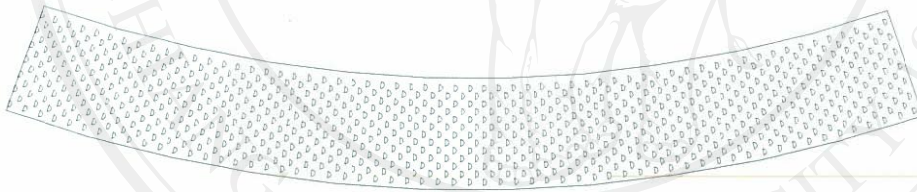


รูปที่ 3.10 ช่องสีเปลือกสดทำจากทองเหลือง (Breasts)

การป้อนชิ้นรูปตะแกรงสแตนเลส (Grater Sleeve)



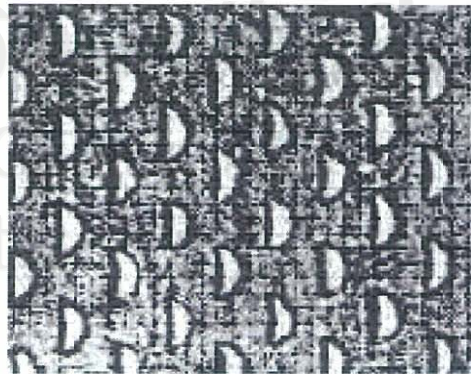
รูปที่ 3.11 เครื่องป้อนตะแกรงสแตนเลส



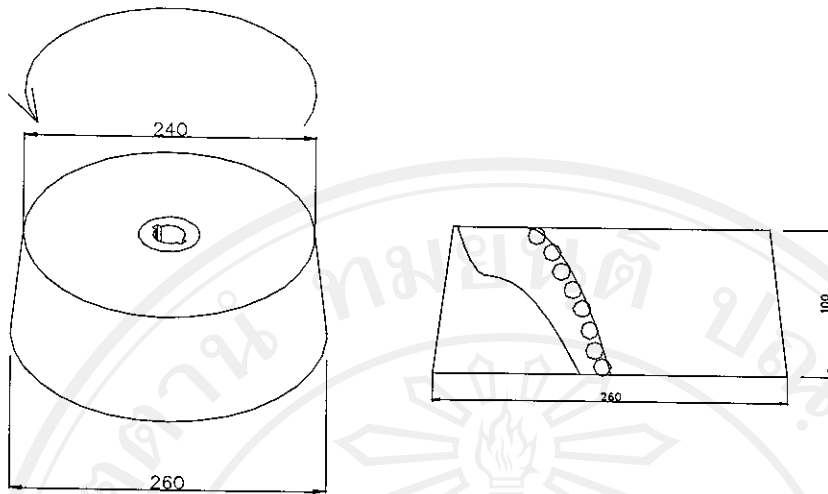
รูปที่ 3.12 แบบแผ่นคัตตะแกรงก่อนป้อนรูป



รูปที่ 3.13 ตะแกรงที่ป้อนรูปแล้ว



รูปที่ 3.14 ภาพขยายตะแกรง



รูปที่ 3.15 ลักษณะการตีเกลียวสกรูและขนาดลูกสี่ทรงกรวยตัด

การคำนวณออกแบบ

คำนวณความเร็วเชิงเส้นทรงกรวยตัด (V)

ขนาดของกรวย ด้านบนเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.24 เมตร ด้านล่างเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.26 เมตร สูง 0.10 เมตร และที่ความเร็วรอบลูกสี่หมุน 450 รอบ/นาที = 450/60 รอบ/วินาที

$$= 7.5 \text{ รอบ/วินาที}$$

$$\text{ความลาดเอียงของกรวย } \tan \theta = 0.1/0.01$$

$$\theta = \tan^{-1}(0.1/0.01)$$

$$= 84 \text{ องศา}$$

$$\text{ความเร็วเชิงเส้น (V)} = \pi D \times \text{ความเร็วรอบ} \quad (3.1)$$

$$\text{ความเร็วเชิงเส้นด้านบนของทรงกรวย} = \pi \times 0.24 \times 7.5$$

$$= 5.65 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$\text{ความเร็วเชิงเส้นด้านล่างของทรงกรวย} = \pi \times 0.26 \times 7.5$$

$$= 6.13 \text{ เมตร/วินาที}$$

V = ความเร็วเชิงเส้น (เมตร/วินาที)

θ = มุมเอียงของกรวย (องศา)

การคำนวณกำลังขับเคลื่อน

กำหนดให้ รอบการหมุนที่ต้องการ 450 รอบ/นาที

จากสมการ

$$P = \tau\omega \quad (3.2)$$

$$\tau = \sum F_i R \quad (3.3)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (3.4)$$

เมื่อ

P = กำลัง (วัตต์)

τ = ทอร์ก (นิวตัน x เมตร)

ω = ความเร็วเชิงมุม (เรเดียน/วินาที)

F_i = แรงต้านการหมุนรวม (นิวตัน)

R = ระยะห่างของแรงต้านกับจุดหมุน (เมตร)

$$= (0.12 + 0.13) / 2 = 0.125 \text{ เมตร}$$

f = ความถี่การหมุนลูกสี (รอบ/วินาที)

$$= 450/60 = 7.5 \text{ รอบ/วินาที}$$

แทนค่า

$$\omega = 2\pi f$$

$$= 2 \times \pi \times 7.5$$

$$= 47.12 \text{ เรเดียน/วินาที}$$

จากการทดสอบความเหนียวของเปลือกสดกาแฟโดย Instron Universal Testing Machine ได้ค่าแรงเฉือน ต่อกาแฟ 1 ผล 7.17 นิวตัน ที่ระยะกด 1.5 ม.ม. และในการทำงานจริง เครื่องสามารถสีเปลือกกาแฟได้เต็มที่ 8 ผลต่อช่องการสี ซึ่งมีทั้งหมด 4 ช่อง รวมเป็น 32 ผล

ได้

$$\sum F_i = 7.17 \times 8 \times 4 = 229 \text{ นิวตัน}$$

ทอร์ก(τ) = แรง (F) x ระยะตั้งฉากจากจุดหมุนไปยังแนวแรง(R)

$$= \sum F_i R \text{ นิวตันxเมตร}$$

$$= 229 \times 0.125 \text{ นิวตันxเมตร}$$

$$= 28.63 \text{ นิวตันxเมตร}$$

เพราะฉะนั้น

$$P = \tau\omega$$

$$= 28.63 \times 47.12 \text{ เรเดียน/วินาที}$$

$$= 1,349.05 \text{ นิวตันxเมตรxเรเดียน/วินาที}$$

$$= 1,349.05 \text{ วัตต์/1,000 กิโลวัตต์} = 1.349 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$=1,349.05/746 = 1.81 \text{ แรงม้า}$$

เลือกมอเตอร์ต้นกำลัง 1.50 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved