การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า
DESIGN AND DEVELOPMENT OF BLADES FOR CASSAVA CUBE CUTTING MACHINE

ธนพล ศิริแพทย์
สุริยัน โมคศิริ
อติวิชญ์ วงศ์สุวานิช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

DESIGN AND DEVELOPMENT OF BLADES FOR CASSAVA CUBE CUTTING MACHINE

ธนพล ศิริแพทย์

สุริยัน โมคศิริ

อติวิชญ์ วงศ์สุวานิช

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

DESIGN AND DEVELOPMENT OF BLADES FOR CASSAVA CUBE CUTTING MACHINE

THANAPON SIRIPAET

SURIYUN MOKSIRI

ATIWIT WONGSUVANICH

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2017

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

Design and Development of Blades for Cassava Cube Cutting Machine

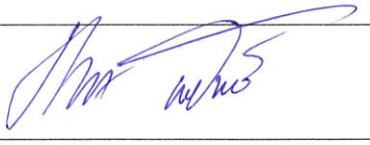
นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย ธนพล	ศิริแพทย์	รหัสนักศึกษา	57010552
	นาย สุริยัน	โมคศิริ	รหัสนักศึกษา	57011421
	นาย อติวิชญ์	วงศ์สุวานิช	รหัสนักศึกษา	57011454

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

ปีการศึกษา 2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า Design and Development of Blades for Cassava Cube Cutting Machine		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายธนพล	ศิริแพทย์	57010552
	นายสุริยัน	โมคศิริ	57011421
	นายอติวิชญ์	วงศ์สุวานิช	57011454
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีรพงศ์	ผลโพธิ์	
ปีการศึกษา	2560		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ศึกษา การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า โดยเครื่องมีส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย 1.) ชุดใบมีดหั่น และใบปัดมัน 2.) ชุดกดมันผ่านใบมีด 3.) ชุดส่งกำลัง หลักการทำงานแบ่งได้ 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกใส่หัวมันเข้าไปยังชุดหั่นมัน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแผ่นหนาขนาด 2.54 เซนติเมตร หลังจากนั้นจะถูกปัดชิ้นมันไปยังชุดกดมันสำปะหลัง ซึ่งจะถูกกดเข้ากับแผ่นใบมีด วางเป็นช่องขนาด 2.54 เซนติเมตร จำนวน 12 ช่อง เพื่อให้หั่นเป็นลูกเต๋าขนาด (2.54x2.54x2.54 เซนติเมตร) จากการทดลองพบ เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการหั่น เท่ากับ 3.01 (±0.04) นาที และ เครื่องที่พัฒนาใช้เวลาเท่ากับ 2.57 (±0.24) นาที ต่อน้ำหนักเฉลี่ยของมันสำปะหลัง 40 กิโลกรัม โดยที่เครื่องหั่นมันที่ได้พัฒนาใบมีดในการหั่นจะมีความสามารถในการผลิตได้ดีที่สุด 852 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์ เท่ากับ 33.01 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าไม่สมบูรณ์ เท่ากับ 66.99 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเร็วรอบที่ดีที่สุด ของชุดใบมีดหั่นมัน และชุดกดแผ่นมันเป็นลูกเต๋า เท่ากับ 72.92 และ 145.83 รอบต่อนาที ตามลำดับ และสามารถลดค่าซ่อมบำรุงจากเดิม 43,200 บาทต่อปี เหลือ 7,200 บาทต่อปี

คำสำคัญ : ออกแบบ พัฒนา ใบมีด มันสำปะหลัง และลูกเต๋า

Thesis Title Design and Development of Blades for Cassava Cube Cutting Machine

Authors Thanapon Siripaet 57010552

Suriyun Moksiri 57011421

Atiwit Wongsuwanich 57011454

Thesis Advisor Assist. Prof. Dr. Teerapong Polpho

Year 2017

Abstract

This thesis aimed to Design and developed blades for cassava cube cutting machine. The machine composed of 3 main parts including 1) the blade part set 2) the press part set and 3) the transmission part set. The procedure is divided into 2 step. First, put the cassava into blade part set and sliced to thickness of 2.54 centimeter. Second, swept cassava into the press part set. Cassava will be pressed into the blade, which resembles a square size 2.54 centimeter, 12 slot to cut out the cube. (2.54x2.54x2.54 centimeter). The result show that the capacity of prototype and new machine is 3.01 (±0.04) and 2.57 (±0.24) min/40kg respectively. The result showed that the capacity is 852 kg/hr. and the percent of cube of cassava is 33.01 %, and for the scrap of cube is 66.99 %. The best of RPM of the blade part set and the press part set is 72.93 and 145.83 rpm respectively. And reduce the cost of maintenance of the original 43,200 Baht/years to 7,200 Baht/years.

Keyword : design, development, blade, cassava and cube

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ดร.ธีรพงศ์ ผลโพธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางและให้ความช่วยเหลือจนงานสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณอภัย คำทั่ง และเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมเกษตรทุกคน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์ สถานที่ และคอยให้คำปรึกษาเสมอมา

ขอขอบคุณบริษัท ทรี เอ็น คาสซาวา บาย โปรดักส์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องต้นแบบ และเงินทุนสำหรับการวิจัย และพัฒนาโครงงานนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ให้กำลังใจและกำลังทรัพย์สนับสนุนมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวของทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้กำลังใจและมีส่วนช่วยเหลือให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

นายธนพล ศิริแพทย์

นายสุริยัน โมคศิริ

นายอติวิชญ์ วงศ์สุวานิช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 ทฤษฎี ความรู้ที่เกี่ยวข้อง	5
2.2.1 ลักษณะทำงพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง	5
2.2.2 ทฤษฎี การส่งถ่ายกำลัง	8
2.2.3 ทฤษฎีการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบใบมีดหั่นมันสำปะหลัง 29

3.2 โครงสร้างของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 30

3.3 การออกแบบชุดใบมีด 30

3.3.1 การออกแบบชุดใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 31

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่อง 36

บทที่ 4 อุปกรณ์ วิธีการทดลอง และผลการทดลอง 37

4.1 อุปกรณ์ 37

4.1.1 วัสดุ/อุปกรณ์ 37

4.2 วิธีการทดลอง 37

4.2.1 วิธีการทดลองหาขนาดของหัวมันสำปะหลัง 37

4.2.2 วิธีการทดลองเลือกวัสดุสำหรับทำใบมีด 37

4.2.3 วิธีการทดลองหากำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 38

4.2.4 วิธีการทดลองหาค่าซ่อมบำรุงเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 38

4.2.5 วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพความเป็นเต๋าเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 38

4.3 ผลการทดลอง 39

4.3.1 ผลการทดลองหาขนาดของหัวมันสำปะหลัง 39

4.3.2 ผลการทดลองเลือกวัสดุสำหรับทำใบมีด 46

4.3.3 ผลการทดลองหากำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 50

4.3.4 ผลการทดลองหาค่าซ่อมบำรุงเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 50

4.3.5 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋า 52

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 53

5.1 สรุปผลการทดลอง 53

5.2 การอภิปรายผล 53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3 ข้อเสนอแนะ	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	**56**
ภาคผนวก ก.	57
ภาคผนวก ข.	61

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง 39

ตารางที่ 4.2 การบันทึกข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนา 51

ตารางที่ ก.1 การทดสอบความแน่นเนื้อของหัวมันสำปะหลัง 57

ตารางที่ ก.2 กำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องต้นแบบ 58

ตารางที่ ก.3 กำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องที่พัฒนา 59

ตารางที่ ก.4 ประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าของมันสำปะหลัง 60

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่องหั่นชิ้นมันเส้นที่สร้างขึ้นสำหรับทดสอบ 4

รูปที่ 2.2 ลักษณะก้านใบของมันสำปะหลัง 6

รูปที่ 2.3 ดอกตัวผู้ 7

รูปที่ 2.4 ดอกตัวเมีย 7

รูปที่ 2.5 ราก(หัว)มันสำปะหลัง 8

รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะแรงดึงของสายพาน F1 กับ F2 10

รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของโซ่แบบลูกกลิ้ง 11

รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบของเฟือง 16

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะทางเรขาคณิตของใบมีดตัดในการตัดเนื้อไม้ 18

รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะคมมีด 19

รูปที่ 2.11 แสดงแรงคู่ควบ 24

รูปที่ 2.12 คานสม่ำเสมอ AB ถูกแรงคู่ควบ F กระทำที่ A และ B 24

รูปที่ 2.13 ความเค้นในวัสดุ 26

รูปที่ 2.14 แรงเฉือนพยายามทำให้วัตถุขาด 27

รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการสร้างเครื่อง 28

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 30

รูปที่ 3.3 แบบใบมีด 32

รูปที่ 3.4 แบบใบปัด 33

รูปที่ 3.5 หน้าแปลนติดใบมีดและใบปัด 34

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.6 ชุดใบมีด, ใบปัด และหน้าแปลนที่ประกอบกันแล้ว 35

รูปที่ 3.7 การส่งกำลัง และอัตราการทดรอบ 36

รูปที่ 4.1 แสดงกราฟการใช้แรงตัดมันสำปะหลังระหว่างใบมีด Steel และ Stainless (ส่วนหัวมัน) 47

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟการใช้แรงตัดมันสำปะหลังระหว่างใบมีด Steel และ Stainless (ส่วนกลาง) 48

รูปที่ 4.3 แสดงกราฟการใช้แรงตัดมันสำปะหลังระหว่างใบมีด Steel และ Stainless (ส่วนล่าง) 49

รูปที่ 4.4 แสดงกราฟกำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนา 50

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าของมันสำปะหลังทั้งสามขนาด 52

รูปที่ ข.1 เครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า 61

รูปที่ ข.2 ชุดกดมันผ่านใบมีด 62

รูปที่ ข.3 ชุดใบมีดหั่น และใบปัดมัน 62

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

มันสำปะหลังเป็นสินค้าเกษตรที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยที่เป็นรองก็แต่ข้าวและยางพารา แต่ปัจจุบันกรรมวิธีการแปรรูปผลผลิตยังล้าหลังและไม่ตรงกับความต้องการของตลาด ผลผลิตที่แปรรูปเป็นมันเส้นยังขาดความสะอาดและด้อยคุณภาพทำให้ตลาดต่างประเทศและในประเทศมีความต้องการใช้มันเส้นที่ผลิตในประเทศไทยลดลง จึงทำให้เกิดความเสียหายต่อประเทศและต่อเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังโดยตรง โดยบริษัทผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังได้หันไปซื้อมันเส้นจากประเทศเพื่อนบ้านมากขึ้น เนื่องจากมีคุณภาพที่ดีกว่าและค่าจ้างแรงงานถูกกว่าของประเทศไทยทางผู้ประกอบการได้เล็งเห็นปัญหาที่เกิดขึ้น จึงได้พัฒนาเครื่องจักรที่แปรรูปมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า ให้มีลักษณะตรงตามความต้องการของตลาดพร้อมทั้งมีคุณภาพสูงขึ้นและได้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์มันลูกเต๋าสู่ตลาด ซึ่งปรากฏว่าตลาดมีความต้องการที่สูงขึ้นมากเป็นหลายเท่าตัวจากกำลังการผลิตในปัจจุบัน จากความต้องการของตลาดที่สูงขึ้นดังกล่าว เครื่องจักรที่ใช้ผลิตอยู่ไม่สามารถผลิตผลผลิตได้ตามปริมาณความต้องการของตลาด และในการผลิตปัจจุบันนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรในการผลิตหลายเครื่อง ทำให้เกิดต้นทุนในการผลิตและดูแลรักษาเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังต้องใช้จำนวนแรงงานในการป้อนมันสำปะหลังเข้าสู่เครื่องจักรเป็นจำนวนมากเช่นกัน จึงทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาและออกแบบชุดใบมีดสำหรับตัดเฉือนมันสำปะหลังให้มากขึ้นกว่าของเดิมเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตของการแปรรูปผลิตผลอีกด้วย

มันสำปะหลังสามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละไม่ต่ำกว่า 2 หมื่นล้านบาท และผูกพันกับเกษตรกรไม่น้อยกว่า 6 ล้านคนที่มีอาชีพเพาะปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถผลิตหัวมันสำปะหลังสดได้ประมาณ 20 ล้านตันต่อปี บนพื้นที่เพาะปลูก 10 ล้านไร่ เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยมานานไม่ต่ำกว่า 60 ปี และจากสถิติการสำรวจแสดงให้เห็นว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือปลูกมากที่สุดถึง 55% ของพื้นที่ปลูก รองลงมา คือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคเหนือ ตามลำดับ

(ที่มา : http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9500000073904)

สถิติการส่งออกผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมันสำประหลังในรูปแบบต่าง ๆรวมทั้งหมด 7,060 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 57,265 ล้านบาท แบ่งเป็นมันเส้น 4,323 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 26,690 ล้านบาท มันอัดเม็ด 20 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 140 ล้านบาท และแป้งมัน 2,715 ล้านกิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 30,435 ล้านบาท

(ที่มา : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=23597&filename=news)

โดยชุดใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋านั้น สร้างขึ้นมาเพื่อพัฒนาชุดใบมีดให้มีลักษณะเป็นสองใบมีดสองใบปัด จากเดิมที่มีเพียงหนึ่งใบมีดหนึ่งใบปัด ในส่วนของการแปรรูปนั้นจะสามารถแบ่งได้เป็นสองขั้นตอนได้แก่หั่นมันในลักษณะแนวนอน และปัดเข้าสู่พื้นที่ในการกดอัดในขั้นตอนที่สอง และได้ผลผลิตที่ออกมาอย่างมีคุณภาพตามมาตราฐานของตลาด และได้ปริมาณผลผลิตที่มากขึ้น จึงทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาและออกแบบชุดใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า แบบสองใบมีดสองใบปัด เป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตในการแปรรูปผลผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อออกแบบพัฒนาและทดสอบความสามารถของชุดใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

1.3 ขอบเขตการศึกษาโครงงาน

1) ศึกษาวิธีการหั่นหัวมันสำปะหลังและวิธีการปัด

2) ศึกษากายภาพของมันสำปะหลัง ผลผลิตมันสำปะหลังภายในประเทศ การแปรรูปและการนำเข้าส่งออกผลผลิต

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถเพิ่มกำลังการผลิตจากการแปรรูป

2) ลดค่าซ่อมบำรุงรักษา

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน (แสดงดังตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี / เดือน									
	พ.ศ. 2558					พ.ศ. 2559				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
กำหนดหัวข้อ ขอบเขต จุดประสงค์ ที่มาและความสำคัญ	■	■								
เก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบ		■								
ออกแบบสร้าง		■	■	■						
ดำเนินการทดสอบและสรุปผล				■	■	■				
ปรับปรุงเครื่องให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น					■	■	■			
วิเคราะห์ข้อมูล							■	■		
เขียนรูปเล่มปริญญานิพนธ์								■	■	■

1.6 งบประมาณ

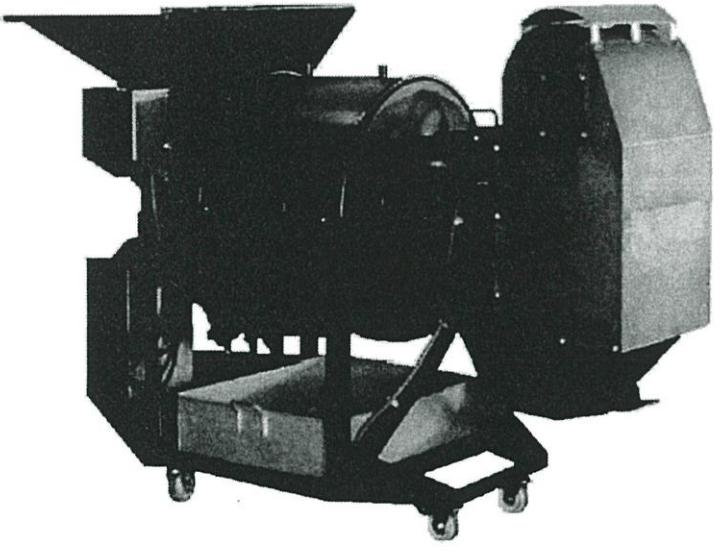
ค่าจัดซื้อวัสดุ และอุปกรณ์	7,000	บาท
ค่าจ้างในการสร้างเครื่อง	6,000	บาท
ค่าจัดทำปริญญานิพนธ์	2,000	บาท
รวม	12,000	บาท

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายวิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง ได้พัฒนาสร้างเครื่องหั่นชิ้นมันเส้นสำหรับเกษตรกรโคนม โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จากการทดสอบพบว่ามีประสิทธิภาพของเครื่องหั่นชิ้นมันเส้นสำหรับเกษตรกรโคนมที่สร้างขึ้นมานี้ พบว่ามีความสามารถในการหั่นชิ้นมันเส้น 1,457.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีความสามารถในการหั่นชิ้นมัน 85.6 เปอร์เซ็นต์ ในการหั่นหัวมันสำปะหลังมีชิ้นมันเส้นเต็มและมีชิ้นแตกหัก 85.2 เปอร์เซ็นต์ และ 11.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลักษณะของเครื่องแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เครื่องหั่นชิ้นมันเส้นที่สร้างขึ้นสำหรับทดสอบ

(ที่มา : ปริญญานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ปีการศึกษา2551)

Visanathan.et al. (1996) ได้ศึกษาผลกระทบขององศาคมมีดและความเร็วที่จำเป็นในการตัดหัวมันสำปะหลัง จากการศึกษาโดยการใช้เครื่องทดสอบแรงเฉือนแบบลูกตุ้ม ที่องศาคมมีด และความเร็ว

ในการตัดแตกต่างกันจากผลการทดลองพบว่าค่าของความเร็วในการตัดต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 2.5 เมตร/วินาที และองศาคมมีดมีค่าเท่ากับ 30 และ 45 องศา

นายวินัย กล้าจริง พร้อมคณะได้ศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง (พันธุ์ห้วยบง และพันธุ์ระยอง 81)โดยคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากการศึกษาโดยการใช้เครื่องทดสอบคุณสมบัติแรงกด ขนาด 50 kN ที่มุมมีดแตกต่างกันคือ 30 , 45 ,60 องศาจากผลการทดสอบพบว่าค่าแรงตัดเฉือนของใบมีดมุม 30 องศา ในทุกอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดจะใช้แรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด และพลังงานตัดจำเพาะน้อยกว่าใบมีดที่ทำมุม 45 , 60 องศา และยังพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดในทุกมุมใบมีดที่ทำการทดลองจะมีแนวโน้มของค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุด พลังงานตัดจำเพาะที่ลดลง

2.2 ทฤษฎี ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง (ที่มา : http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17856)

ลำต้น มันสำปะหลังเป็นไม้เนื้อแข็ง ลำต้นตั้งตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-6 เซ็นติเมตร สีของลำต้นแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ส่วนที่อยู่ใกล้ยอดมีสีเขียว ส่วนแก่ที่ต่ำลงมาอาจมีสีน้ำเงิน สีเหลือง หรือสีน้ำตาล ความสูงของต้น 1-5 เมตร ขึ้นกับพันธุ์ โดยพันธุ์ที่ไม่แตกกิ่ง (unbranched) ต้นจะสูง ส่วนพันธุ์ที่แตกกิ่งต้นจะสูงน้อยกว่า การแตกกิ่งของมันสำปะหลังจะแตกออกเป็น 2 กิ่ง (dichotomous branching) หรือ 3 กิ่ง (trichotomous branching) กิ่งที่แตกออกจากลำต้นหลักเรียกว่า กิ่งชุดแรก (primary branch) ส่วนกิ่งที่แตกออกจาก กิ่งชุดแรก เรียกว่า กิ่งชัดที่สอง (secondary branch) บนลำต้นหรือกิ่งของมันสำปะหลังจะเห็นรอยหลุดร่วงของก้านใบ เรียกว่า รอยแผลใบ (leaf scar) ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างก้านใบกับลำต้นหรือกิ่ง ระยะระหว่างรอยแผลใบ 2 รอยต่อกันเรียกว่าความยาวของชั้น (storey length) ด้านบนเหนือรอยแผลใบจะมีตา (bud) ซึ่งจะงอกเป็นต้นใหม่เมื่อนำท่อนพันธุ์ไปปลูก

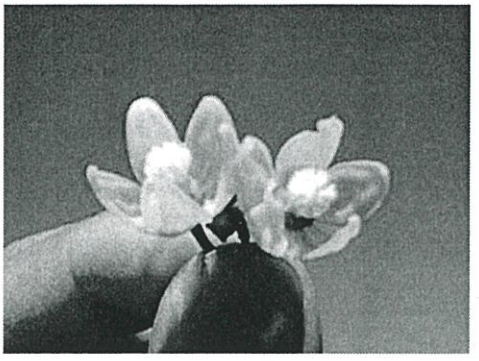
ใบ เป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) การเกิดของใบจะหมุนเวียนรอบลำต้น (spiral) มีการจัดเรียงตัว (phyllotaxy) ค่อนข้างคงที่แน่นอนคือ 2/5 ก้านใบ (petiole) ต่อระหว่างลำต้นหรือกิ่งกับตัวแผ่นใบ

ก้านใบอาจมีสีเขียวหรือสีแดง ตัวใบหรือแผ่นใบ (lamina) จะเว้าเป็นหยักลึกเป็นแฉก (palmately lobe) จำนวนหยักมีตั้งแต่ 3-9 หยัก ที่โคนก้านใบติดกับลำต้นมีหูใบ (stipule)

รูปที่ 2.2 ลักษณะก้านใบของมันสำปะหลัง

ช่อดอก และดอก มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีช่อดอกเป็นแบบ panicle คือมีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน (monoecious plant) แต่แยกกันอยู่คนละดอกในช่อเดียวกัน ช่อดอกจะเกิดตรงปลายยอดของลำต้นหรือกิ่ง หรืออาจเกิดตรงรอยต่อที่เกิดการแตกกิ่ง ดอกตัวผู้ (staminate flower) มักเกิดบริเวณส่วนปลายหรือยอดของช่อดอก มีก้านดอก (pedicel) กลีบรองดอก หรือกลีบเลี้ยง (sepal) 5 กลีบ แต่ไม่มีกลีบดอก (petal) ภายในดอกมีเกสรตัวผู้ (stamen) 10 อัน แบ่งเป็น 2 วง ๆ ละ 5 อัน เกสรตัวผู้วงในมีก้านชูเกสรตัวผู้ (filament) สั้นกว่าวงนอก ดอกตัวเมีย (pistillate flower) มีขนาดใหญ่กว่าดอกตัวผู้ มักเกิดอยู่บริเวณส่วนโคนของช่อดอก ไม่มีกลีบดอก แต่มีกลีบรองดอกหรือกลีบเลี้ยง 5 กลีบ เช่นเดียวกับดอกตัวผู้ ตรงกลางจะเป็นเกสรตัวเมีย (pistil) รังไข่ (ovary) มี 3 carpel ภายในแต่ละ carpel มีไข่ (ovule) อยู่ 1 ใบ ในช่อดอกเดียวกันดอกตัวเมียจะบานก่อนดอกตัวผู้ 7-10 วัน การบานของดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียจะบานในเวลา 11.30-12.30 น.

รูปที่ 2.3 ดอกตัวผู้



รูปที่ 2.4 ดอกตัวเมีย

ผล และเมล็ด หลังการผสมเกสรแล้ว รังไข่ก็จะเจริญเติบโตขยายใหญ่กลายเป็นผลแบบ capsule ขนาดโตเต็มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซ็นติเมตร ยาว 1-1.5 เซ็นติเมตร ภายในมี 3 ช่อง แต่ละช่องมีเมล็ด 1 เมล็ด รูปร่างยาวรี มีสีน้ำตาล และมีลายดำ เมื่อแก่จะแตกดีดเมล็ดกระเด็นออกไป

ราก มันสำปะหลัง มีราก 2 ชนิด คือ รากจริงเป็นแบบรากฝอย และรากสะสม อาหาร ที่เรียกกันทั่วไปว่า หัวรากจริงเป็นระบบรากแบบ adventitious root system รากที่งอกจากท่อนพันธุ์ (cutting) สามารถงอกได้จาก 3 ส่วนคือ รากจากส่วนเนื้อเยื่อ root from cambium รากจากส่วนตา (root from bud) และรากจากส่วนรอยหลุดร่วงของใบ (root from leaf scar)

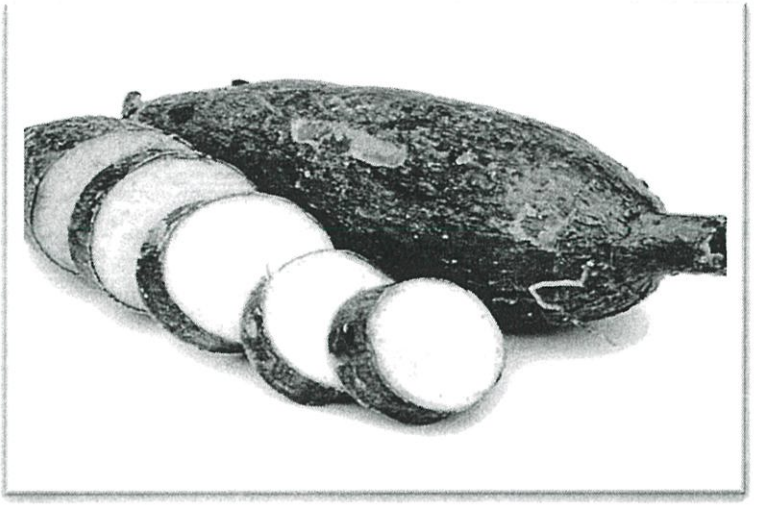
ส่วนหัว (tuber) ของมันสำปะหลัง คือส่วนรากที่ขยายใหญ่เพื่อสะสมอาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ในส่วน parenchyma cell รากสะสมอาหารมีปริมาณแป้งประมาณ 15 – 40 % มีกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) หรือ กรดพรัสซิก (prussic acid) ซึ่งมีพิษ จะมีอยู่มากในส่วนของเปลือกมากกว่าเนื้อของหัว

หัวมันสำปะหลังเมื่อตัดตามขวางมีส่วนประกอบ ดังนี้

ก. เปลือกชั้นนอก (periderm) เป็นชั้นของเซลล์ผิวชั้นนอก (epidermal cell) และชั้นของคอร์ก (cork layer) รวมกัน มีสีขาว หรือสีน้ำตาลอ่อนถึงแก่ หรือสีชมพู

ข .เปลือกชั้นใน (cortical region) เป็นส่วนของคอร์เทกซ์ (cortex) และกลุ่มโฟลเอ็ม (phloem bundle) มีสีขาว ความหนา 0.1-0.3 เซนติเมตร เปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นใน เรียกรวมกันว่า เปลือก (peel)

ค. ส่วนแกนกลางหรือส่วนสะสมแป้ง (central pith หรือ starchy flesh) มีสีขาว เหลือง หรือสีชมพู ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma cell) กลุ่มท่อน้ำ (xylem bundle) และท่อน้ำยาง (latex tube)



รูปที่ 2.5 ราก(หัว)มันสำปะหลัง

2.2.2 ทฤษฎี การส่งถ่ายกำลัง

(ที่มา :ปริญญานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาวิทยาเขตภาคพายัพ ปีการศึกษา2548)

การส่งกำลังโดยใช้สายพาน

Belts การส่งกำลังด้วยสายพานเป็นการส่งกำลังชนิดแบบอ่อนตัวได้ซึ่งมีข้อดีข้อเสียหลายอย่างเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งกำลังแบบเฟืองและการส่งกำลังแบบโซ่ ข้อดีคือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามข้อเสียของการขับด้วยสายพานก็มี คือ อัตราการทดที่ไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิป (Slip) และการครีฟ (Creep) ของสายพานและต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างการใช้งาน

นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ โดยทั่วไปชนิดของสายพานสามารถแบ่งออกได้ 4 ชนิด ตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน

1. สายพานแบน (Flat Belts)

2. สายพานวี (V – Belts)

3. สายพานกลม (Ropes Belts)

4. สายพานไทมิ่ง (Timing Belts)

ความหนามาตรฐานของสายพานแบนก็คือ 5, 6.5, 8, 10 และ 12 mm โดยจะมีความกว้างมาตรฐานที่แต่ละความหนาเป็นไปดังต่อไปนี้

1. ที่ความหนา 5 mm จะมีความกว้างระหว่าง 35–63 mm

2. ที่ความหนา 6.5 mm จะมีความกว้างระหว่าง 50–140 mm

3. ที่ความหนา 8 mm จะมีความกว้างระหว่าง 90–224 mm

4. ที่ความหนา 10 mm จะมีความกว้างระหว่าง125–400 mm

5. ที่ความหนา 12 mm จะมีความกว้างระหว่าง 250–600 mm

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นในสายพาน การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นจะสามารถช่วยให้สายพานมีประสิทธิภาพที่ดีและสามารถยืดอายุการใช้งานของสายพานได้ ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นไม่เพียงพอจะส่งผลให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำ ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการครีพ แต่ถ้าแรงดึงมากเกินก็จะทำให้สายพานยืดตัวมากเกินไป ด้วยเหตุนี้จึงต้องออกแรงดึงชั้นนอกให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน แสดงดังรูปที่ 2.7

สมการแรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังคือ

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{V} \qquad (1)$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g} \qquad (2)$$

โดยที่ F คือ แรงดึงที่ทำให้ล้อสายพานหมุน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

F1 คือ แรงดึงของสายพานด้านตึง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

F2 คือ แรงดึงของสายพานด้านหย่อน มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

Fc คือ แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

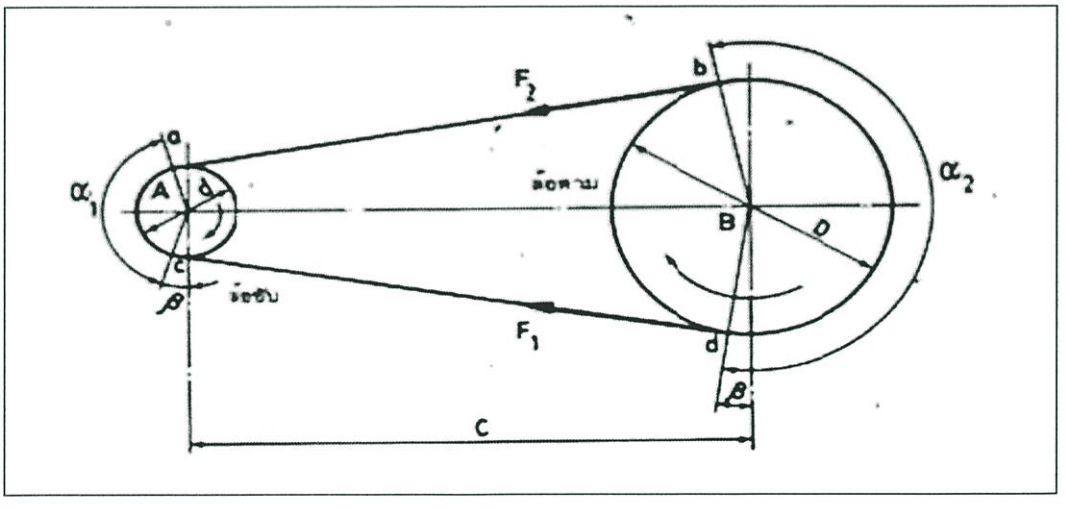
Wp คือ กำลังที่ต้องการส่ง มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

V คือ ความเร็วของสายพาน มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก มีหน่วยเป็นเป็น เมตรต่อวินาที กำลังสอง

A คือ พื้นที่หน้าตัดสายพาน มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

W คือ น้ำหนักของสายพาน มีหน่วยเป็น (N/m^2)



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะแรงดึงของสายพาน F1 กับ F2

การส่งกำลังโดยใช้โซ่

โซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์บิด (หมุน) สูงมากโดยที่ให้เป็นชุดส่งกำลังมีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่างและ ที่รองเพลาจะรับภาระน้อยมาก ไม่มีการลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ในขณะส่งกำลังข้อต่อโซ่จะรับภาระความเสียดทานลื่น จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะมีการใช้งานในที่รับภาระดึงมาก ๆ ในที่รับ อุณหภูมิสูง,โรงงานเคมี,ไอน้ำมัน,ความชื้น เป็นที่ซึ่งสายพานไม่สามารถนำไปใช้งานได้ โดยทั่วไปการแบ่งประเภทของโซ่ตามลักษณะโครงสร้างที่นิยมใช้ทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ โซ่แบบลูกกลิ้ง (Roller Chain), โซ่แบบปลอก (Leat Chain), และโซ่แบบฟันเฟือง (Chain Sprockets Gear) ส่วนประกอบและโครงสร้างโซ่ที่สำคัญ แสดงดังรูป 2.8 มีดังนี้

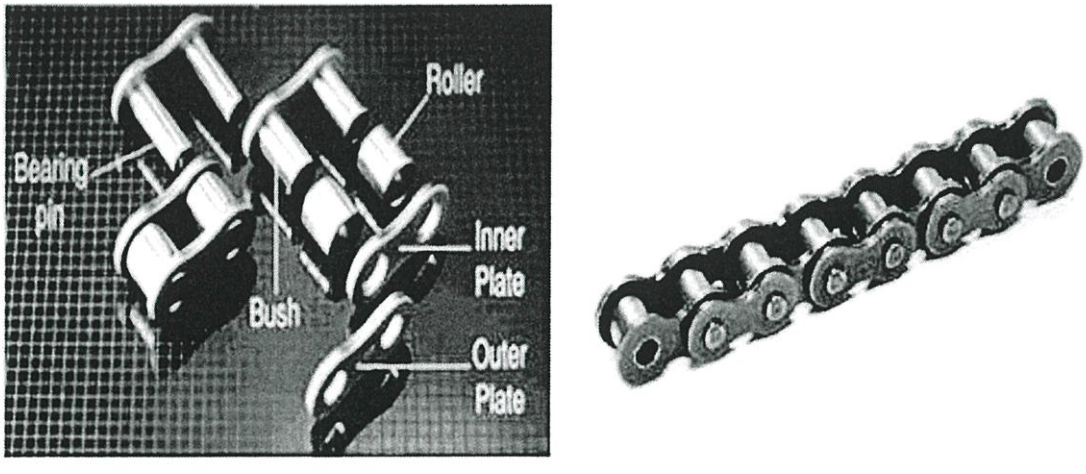
1. สลัก (Bearing pin)

2. ปลอกสลัก (Bush)

3. ลูกกลิ้ง (Roller)

4. แผ่นประกบด้านใน (Inner Plate)

5. แผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate)



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของโซ่แบบลูกกลิ้ง

การจัดระบบโซ่ จะต้องจัดให้โซ่ตึงอยู่ด้านบนเสมอ ในการตึงโซ่ให้ดึงจากจานเฟืองตาม ซึ่งในการขับส่งกำลังด้วยระบบโซ่จะทำในแนวดิ่งเลยไม่ได้ เนื่องจากโซ่จะหย่อนส่วนล่างสุดทำให้โซ่ขบกับเฟืองจานโซ่ไม่สนิท ถ้าจำเป็นต้องใส่ในแนวดิงจริง ๆ ให้ใช้จานเฟืองกดไว้

การคำนวณหาขนาดของโซ่ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1) แรงในแนวเส้นสัมผัส

ในการส่งกำลัง ถ้าโซ่ได้รับแรงสม่ำเสมอและเฟืองโซ่หมุนด้วยความเร็วคงที่ โซ่จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V และมีแรงในแนวเส้นสัมผัส F ซึ่งหาค่าได้จากกำลังที่ส่ง Wp หรือ โมเมนต์บิดที่ต้องการส่ง T

ความเร็วของโซ่หาได้จาก $$V = \pi dn \quad (3)$$

ดังนั้นแรงในแนวเส้นสัมผัส $$F_t = \frac{2\pi nT}{V} \quad (4)$$

$$F_t = \frac{W_p}{V} \quad (5)$$

โดยที่ Ft คือ แรงในแนวเส้นสัมผัส มีหน่วยเป็นนิวตัน(N)

Wp คือ กำลังงาน มีหน่วยเป็นวัตต์(Watt)

T คือ โมเมนต์บิด มีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร(N-m)

V คือ ความเร็วของเฟืองโซ่มีหน่วยเป็นเมตรต่อนาที(m/s)

Z คือ จำนวนฟันเฟืองของโซ่

n คือ ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที(rpm)

2) การคำนวณหาขนาดของโซ่

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดของโซ่มักจะใช้วิธีเลือกขนาดของโซ่จากแค็ตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ โดยทำตามคำแนะนำตามแค็ตตาล็อกนั้น อาจตรวจสอบว่าโซ่จะสามารถใช้งาน ได้หรือไม่ด้วยสมการ

$$F = \frac{F_b}{N_b} \qquad (6)$$

โดยที่ F คือ แรงที่ใช้ส่ง มีหน่วยเป็นนิวตัน N

Fb คือ แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่ มีหน่วยเป็นนิวตัน N

NNb คือ ค่าความปลอดภัย

3) การคำนวณหาอัตราทด

การคำนวณหาอัตราทด สามารถหาได้จาก

$$m_\omega = \frac{n_1}{n_2} \qquad (7)$$

เมื่อ m_w คือ อัตราทด

n_1 คือ ความเร็วรอบของเพลารอบสูง มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที(rpm)

n_2 คือ ความเร็วรอบของเพลารอบต่ำ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที(rpm)

4) การคำนวณหาจำนวนข้อของโซ่

การคำนวณหาจำนวนข้อของโซ่สามารถหาได้จากสมการ

$$X = \frac{2C}{p} + \frac{Z+z}{2} + \left(\frac{Z-z}{2\pi}\right)^2 \frac{p}{C} \qquad (8)$$

โดยที่ X คือ จำนวนข้อโซ่

C คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟือง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

P คือ ระยะพิทช์ของโซ่มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm)

z คือ จำนวนฟันบนพิเนียน

Z คือ จำนวนฟันบนเฟือง

การส่งกำลังโดยใช้เฟือง

เฟือง(Gear) ใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี เป็นเครื่องกลที่ทำงานโดยการหมุน ใช้ในการส่งกำลังระยะสั้น ใช้สำหรับการส่งกำลังในลักษณะของแรงบิด (Torque) โดยการหมุนของตัวเฟืองที่มีฟันอยู่ในแนวรัศมี โดยการส่งกำลังจะสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีฟันเฟืองตั้งแต่สองตัวขึ้นไป เป็นอุปกรณ์ที่มีความแข็งแรงสูงและมีความปลอดภัยโดยเฟืองในระบบอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกได้ 8 ประเภท

1. เฟืองตรง (Spur Gears)

2. เฟืองสะพาน (Rack Gears)

3. เฟืองวงแหวน (Internal Gears)

4. เฟืองเฉียง (Helical Gears)

5. เฟืองเฉียงก้างปลา (Herringbone Gears)

6. เฟืองดอกจอก (Bevel Gears)

7. เฟืองตัวหนอน (Worm Gears)

8. เฟืองเกลียวสกรู (Spiral Gears)

ส่วนประกอบของเฟืองนั้นจะเป็นชื่อเรียกหรือคำนิยามต่างๆ ของเฟืองเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในการเรียกส่วนต่างๆ และเนื่องจากเฟืองแต่ละชนิดนั้นมีรายละเอียดที่เหมือนกันและแตกต่างกันเฉพาะในรายละเอียดที่จำเพาะ ดังนั้นในที่นี้จึงจะขอกล่าวเฉพาะส่วนประกอบของเฟืองตรง เนื่องจากเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเฟืองชนิดอื่นด้วย แสดงดังรูปที่ 2.9

1. พินเนี่ยนหรือพีเนี่ยน (pinion) ใช้เรียกชื่อเฟืองขับของคู่เฟืองที่ขบกัน(ส่วนใหญ่จะเป็นเฟืองตัวเล็ก) โดยเฟืองตามจะมีชื่อเรียกว่า เฟืองหรือเกียร์ (gear)

2. พื้นที่ผิวพิทช์ (pitch surface) คือ พื้นที่ผิวทรงกระบอกในจินตนาการที่มีเส้นศูนย์ผ่านกลางเท่ากับเส้นผ่านศูนย์พิทช์ของเฟืองที่เราพิจารณาอยู่ และความกว้างของหน้าเฟือง(face width) ก็คือความยาวของทรงกระบอกพิทช์ที่เราพิจารณา

3. วงกลมพิทช์ (pitch circle) คือ วงกลมที่มีจุดศูนย์กลางเดียวกันกับจุดศูนย์กลางของเฟือง เป็นวงกลมทางทฤษฎีที่ใช้ในการเรียกขนาดของเฟือง โดยเราจะบอกขนาดของเฟืองด้วยขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ (pitch diameter) ในทางทฤษฎีแล้ว เฟืองคู่ที่ขบกันจะต้องมีเส้นสัมผัสกัน ณ วงกลมพิทช์ กรณีที่วงกลมพิทช์มีรัศมีอนันต์ เฟืองนั้นจะมีรูปร่างเป็นเส้นตรง หรือที่เรียกกันว่า เฟืองสะพาน(rack)

4. ระยะพิทช์วงกลม(circular pitch, p) เป็นระยะที่วัดบนวงกลมพิทช์โดยวัดจากตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งบนฟันเฟืองไปยังตำแหน่งเดิมที่อยู่บนฟันเฟืองของฟันเฟืองถัดไป

5. โมดูล (module, m) เป็นค่าของอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์กับจำนวนฟันของเฟือง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ค่าโมดูลนี้จะใช้ในการบอกขนาดเฟืองในระบบเอสไอ

6. ไดเมทรัลพิทช์ (diametral pitch, P) เป็นค่าอัตราส่วนระระหว่างจำนวนฟันของเฟืองกับเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ หรือกล่าวได้ว่าเป็นส่วนกลับของโมดูล มีหน่วยเป็นนิ้ว (เนื่องจากใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ที่มีหน่วยเป็นนิ้ว) ค่าไดเมทรัลพิทช์นี้จะใช้ในการบอกขนาดของเฟืองในระบบอังกฤษ

7. วงกลมแอดเดนดัม (addendum circle) คือ วงกลมที่มีรัศมีอยู่ที่ปลายสุดของฟันเฟือง และมีจุดศูนย์กลางเดียวกันกับของเฟือง

8. วงกลมดีเดนดัม (dedendum circle) คือ วงกลมที่ล้อมรอบฐานของฟันเฟืองและมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่เดียวกับของเฟือง

9. วงกลมพิกัดเผื่อ(clearance circle) คือ วงกลมที่มีจุดศูนย์กลางเดียวกับของเฟืองแต่มีรัศมีที่ปลายนอกสุดของฟันเฟืองของอีกเฟืองหนึ่งที่เข้ามาขบกัน

10. ระยะแอดเดนดัม(addendum, a) คือ ระยะระหว่างวงกลมพิทช์กับวงกลมแอดเดนดัม

11. ระยะดีเดนดัม (dedendum, b) คือ ระยะระหว่างวงกลมพิทช์กับวงกลมดีเดนดัม

12. ระยะพิกัดเผื่อ(clearance) คือ ระยะห่างระหว่างวงกลมพิกัดเผื่อกับวงกลมดีเดนดัม

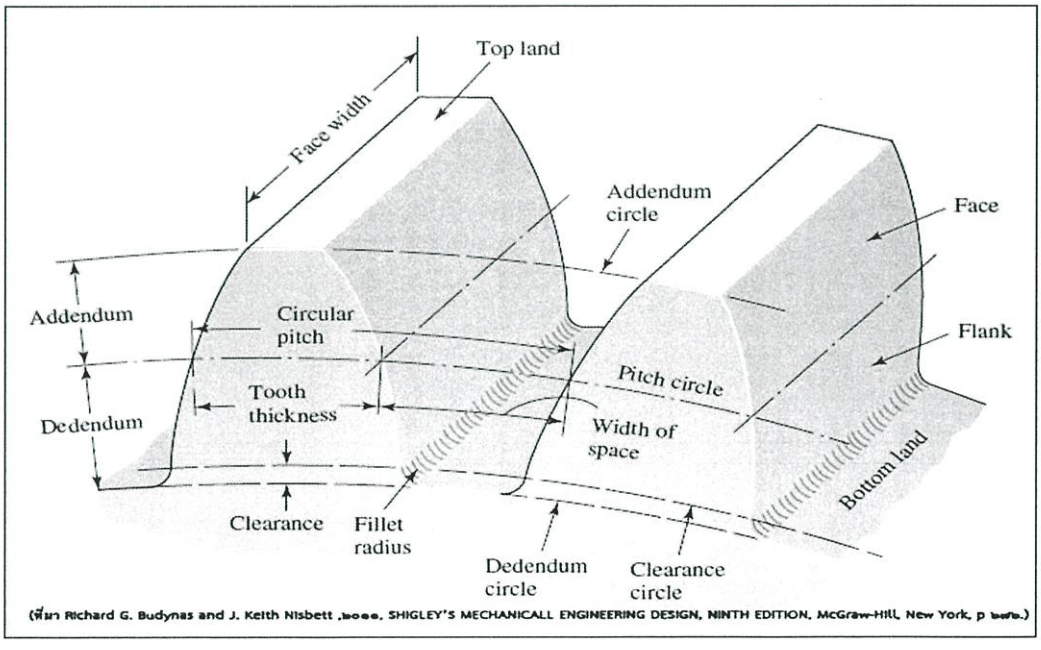
13. ความลึกทำงาน (working depth) คือ ระยะห่างระหว่างวงกลมแอดเดนดัมกับวงกลมพิกัดเผื่อ

14. หน้าฟันเฟือง(face of tooth) คือ พื้นผิวหน้าของฟันเฟืองที่อยู่เหนือวงกลมพิทช์ไปถึงวงกลมแอดเดนดัม

15. ความหนาของฟันเฟือง(tooth thickness, t) คือ ความหนาของเฟืองที่วัดตามแนวของเส้นวงกลมพิทช์

16. ช่องว่างของฟันเฟือง (tooth space) คือ ระยะระหว่างฟันเฟืองที่อยู่ใกล้กันโดยวัดตามแนวเส้นวงกลมพิทช์

17. ระยะคลอน (back lash, B) คือ ระยะที่เหลือของช่องว่างฟันเมื่อมีการเข้าขบกันของคู่ฟันเฟือง



รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบของเฟือง

1) การคำนวณโมดูลของเฟือง

เฟืองแต่ละคู่ที่จะสามารถขบกันได้นั้นสิ่งหนึ่งที่จะขาดไม่ได้คือ module หรือโมดูล จะต้องมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถหาค่าโมดูลได้ดังต่อไปนี้

$$m = \frac{D}{N} \qquad (9)$$

เมื่อ D คือ โมดูลเฟือง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร(mm)

m คือ เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร(mm)

N คือ จำนวนฟันเฟือง

2.2.3 ทฤษฎีการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

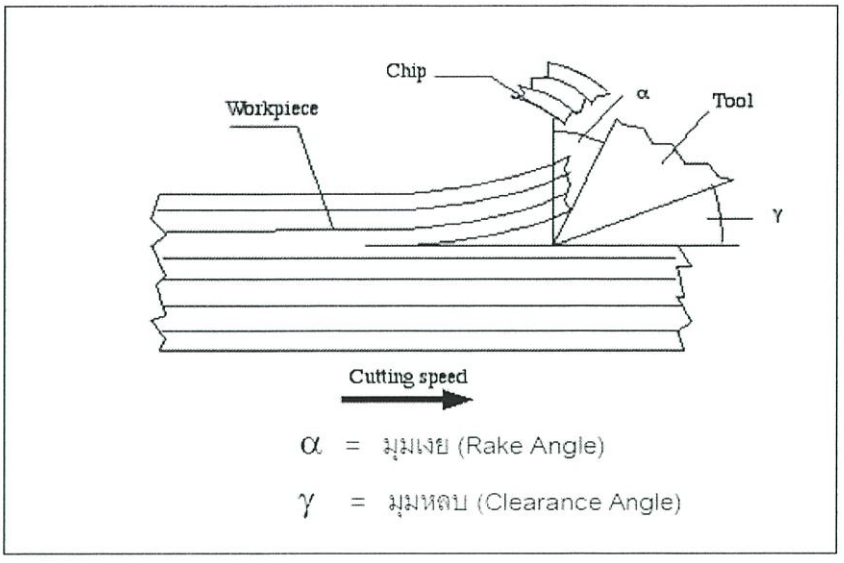
การออกแบบชุดใบมีด

ในการตัดแบบธรรมดาทั่วไปนั้น อาศัยหลักการขั้นพื้นฐานที่ว่าการใช้ใบมีดตัดที่มีความแข็งสูงกดลงบนวัตถุหรือชิ้นงานที่มีความแข็งน้อยกว่า เนื้อชิ้นงานจะเกิดสนามความเค้น เมื่อลากคมมีดผ่านเนื้อชิ้นงาน ค่าความเค้นในระนาบหนึ่งบนเนื้อชิ้นงาน จะสูงเท่ากันหรือมากกว่าความต้านการเฉือนของเนื้อวัสดุชิ้นงาน เป็นผลให้เกิดการเฉือนของเนื้อวัตถุ

ใบมีดตัด องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการตัด ทั้งนี้เพราะการตัดวัสดุเกิดขึ้นที่บริเวณใกล้คมมีด ความแข็งแรง ความทนการสึกหรอและขีดความสามารถอื่น ๆ ของใบมีด จะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของการตัด ต่อประสิทธิภาพของการใช้เครื่องจักรกลตัดวัสดุและค่าใช้จ่ายในการตัดวัสดุ

1) เรขาคณิตของใบมีด

เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตมีมากมาย มีตัวแปรเชิงเรขาคณิตหลายต่อหลายตัวมาเกี่ยวข้องใบมีดตัดมีหลายชนิด เช่น ใบมีดกลึง ใบมีดไส ใบมีดกัด ซึ่งแต่ละชนิดยังแบ่งย่อยตามลักษณะการใช้งานต่อไปอีก ลักษณะทางเรขาคณิตจึงมีหลายรูปแบบ เช่น เรขาคณิตใบมีดกลึง



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะทางเรขาคณิตของใบมีดตัดในการตัดเนื้อไม้

2) ลักษณะคมมีด (Knife Edge Bevel)

ลับด้านเดียว (Single Grind) มีดชนิดนี้จะลับให้ใบมีดสอบลงมาเพียงแค่ด้านเดียว อีกด้านปล่อยเรียบ เรียกว่า คมสิ่ว (Chisel Grind) พบในมีดทำครัวญี่ปุ่น มีความคมมาก เนื่องจากองศาของคมมีดจะมีแค่ด้านเดียว และมีความแข็งแรงของคมมีดสูงมาจากเนื้อเหล็กบริเวณเหนือคม แต่รอยตัดจะเฉียง เหมาะกับงานซอยและแล่บาง มีให้เลือกสำหรับคนถนัดซ้ายและขวาแยกกัน

ลับสองด้าน (Double Grind) คือมีการลับมีดทั้งสองด้านให้ใบมีดสอบเข้าหากัน ซึ่งพบทั้งในมีดยุโรปและญี่ปุ่นทั่วไปในท้องตลาด โดยอาจลับคมทั้งสองด้านเท่ากัน (Symmetry) หรือไม่เท่ากัน (Asymmetry)

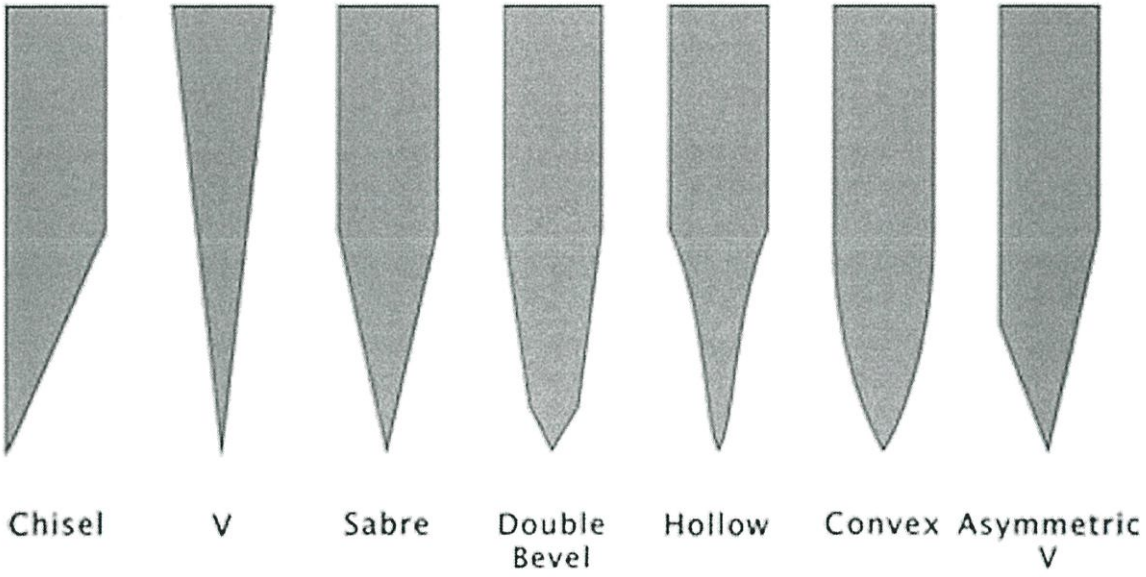
ลักษณะการสอบลงของใบมีดจะมีหลักๆ 4 ชนิดด้วยกัน

1. คมเรียบ (Flat) ใบมีดจะสอบลงมาเป็นเส้นตรงเรียบเป็นตัววี V แบ่งย่อยได้เป็น 2 แบบคือ แบบทีสอบลงมาตั้งแต่สันมีดเลยเรียกว่า V Grind และแบบที่เริ่มสอบจากจุดกึ่งกลางใบมีดเรียกกว่า Sabre Grind เป็นมีดที่พบเห็นมากที่สุดในท้องตลาด มีความคมและความแข็งแรงดี

2. คมแบบสองชั้น (Double Bevel) ใบมีดจะสอบ (Primary Bevel) ลงมาตรง ๆ แบบคมเรียบ แต่บริเวณปลายเหนือคมจะลับให้เป็นมุมที่กว้างขึ้น (Secondary Bevel) ทำให้คมน้อยกว่าแบบคมเรียบแต่จะให้ความแข็งแรงที่ดีกว่า

3. คมโค้งเว้า (Hollow /Concave) ใบมีดจะเล็ก มีเอวโค้งเว้าสอบลงมาบรรจบกัน ทำให้คมมีมุมเล็กและบางมาก ทำให้คมมากตัดเฉือนได้ดี แต่คมจะไม่ค่อยแข็งแรง แต่ก็ลับได้ง่าย

4. คมโค้งนูน (Convex) ใบมีดจะโค้งนูนสอบลงมาบรรจบกัน ทำให้เนื้อเหล็กบริเวณเหนือคมมีมากกว่าชนิดอื่น ๆ จึงแข็งแรงกว่าชนิดอื่น ๆ มาก พร้อมกับมีความคมที่สูง แต่มีข้อเสียตรงที่ลับยากกว่าชนิดอื่น ๆ (Starfish, 2013)



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะคมมีด

3) วัสดุใบมีด

การค้นคว้าหาวัสดุใหม่ ๆ ที่มีสมบัติดีกว่าวัสดุเดิมที่เคยใช้ เป็นงานที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะวัสดุชิ้นงานใหม่ ๆ ที่ได้จะมีสมบัติแตกต่างไปจากวัสดุเดิมขึ้นตลอดเวลา นอกจากนี้เครื่องจักรกลที่ใช้ในการตัดวัสดุก็มีการพัฒนาให้มีกำลังมากขึ้น ทำงานด้วยความเร็วสูงทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการค้นคว้าวัสดุใบมีดตัดใหม่ๆ มาใช้ เพื่อให้สามารถตัดวัสดุชิ้นงานใหม่และใช้กับเครื่องจักรกลใหม่ ๆ ให้เต็มขีดความสามารถ สมบัติของวัสดุใบมีดตัดเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะต้องมีการค้นคว้าและพัฒนากันอย่างต่อเนื่อง

4) สมบัติของวัสดุใบมีด

หลักการขั้นพื้นฐานของการตัดวัสดุโดยใช้ใบมีดตัด "วัสดุที่แข็งกว่าย่อมขูดวัสดุที่อ่อนกว่าให้เป็นรอยได้" ดังนั้นใบมีดตัดจะต้องทำจากวัสดุที่ความแข็งสูงกว่าชิ้นงานเสมอ วัสดุที่เหมาะในการนำมาทำใบมีดตัด ควรจะมีสมบัติดังนี้

1. มีความแข็งสูง (High Hardness) คือในอุณหภูมิปกติของสารใบมีดต้องมีความแข็งมากกว่าของสารชิ้นงาน จึงจะสามารถผ่าเนื้อสารชิ้นงานออกเป็นสองส่วนได้
2. คงความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง (Hot Hardness) คือขณะที่ใบมีดกำลังทำหน้าที่ตัดชิ้นงานอยู่นั้น ทั้งชิ้นงานและใบมีดตัดจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปสารทุก ๆ ชนิดจะอ่อนตัวลงคือความแข็งลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถ้าความแข็งของสารใบมีดตัดลดลงจนมีค่าสูงกว่าสารชิ้นงานเพียงเล็กน้อย ใบมีดก็จะสึกหรออย่างรวดเร็วหรือไม่ก็แตกลงไปเลย
3. ต้านทานการสึกหรอได้ดี (High Wear Resistance) ที่ผิวหน้ามีดจะมีการเสียดสีระหว่างใบมีดตัดกับเนื้อฝอย และผิวหลังมีดใกล้บริเวณคมตัดจะมีการเสียดสีระหว่างมีดกับเนื้อชิ้นงานที่พึ่งถูกตัด จะทำให้สารใบมีดเกิดการสึกหรอเร็ว
4. มีความแข็งสูง (High Strength) ควรจะมีการต้านแรงดึงสูงและมีความต้านการกดสูงด้วย เพื่อให้ทนทานไม่แตกหักง่าย

5. ไม่เปราะ กะเทาะหรือร้ายง่ายเมื่อกูกกระทบกระแทกทั้งนี้เพราะสารที่มีความแข็งสูงมักจะเปราะ

6. ไม่ไวต่อการประลัยโดยความล้า (Fatique Resistance) คือ แตกหักหรือประลัยโดยการล้าได้ยาก

7. ไม่ไวต่อปฏิกิริยาเคมี ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารชิ้นงาน ซึ่งจะทำให้การสึกหรออย่างรวดเร็ว ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอากาศจนเป็นสนิมได้ง่าย ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารหล่อเย็นอย่างรวดเร็วจนอาจจะทำให้เกิดการสึกกร่อนอย่างรวดเร็ว

8. ขึ้นรูปง่าย วัสดุใบมีดที่แข็งมากจะยากต่อการหล่อม ยากต่อการตัดเจียระไนหรือการอัดหลอมขึ้นรูปเพื่อทำให้มีรูปร่างขนาดตรงตามความต้องการ

9. ราคาถูก เพื่อให้สามารถนำมาผลิตเป็นใบมีด และจำหน่ายให้ได้รับความนิยมในตลาด

10. หาซื้อได้ง่าย เพื่อความสะดวกในการจัดซื้อมาใช้ ไม่มีการขาดแคลนการรู้จักเลือกใช้ใบมีดให้เหมาะสมกับงานและสภาวะการตัดจะช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาได้

5) อายุการใช้งานของใบมีด

ในการตัดวัสดุเพื่อให้การวางแผนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วางแผนงานจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ว่า มีดที่นำมาใช้งานจะมีอายุการใช้งานได้อย่างมากเท่าไร เช่น ใช้ตัดชิ้นงานได้กี่นาทีหรือใช้ตัดงานได้กี่ชิ้น ก่อนจะหมดสภาพการใช้งานโดยการแตกหัก กะเทาะ ร้าว หรือสึกหรอเกินขนาดที่ยอมรับได้ เพื่อที่จะได้วางแผนการเปลี่ยนใบมีดทั้งใบ หรือเปลี่ยนเฉพาะคมมีดบางคมในบางกรณีที่ใบมีดมีหลายคมและถอดเปลี่ยนได้ อายุการใช้งานของใบมีดตัดชิ้นงานอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะของการหมดอายุ ความง่ายในการตัดวัสดุชิ้นงานและตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาวะการตัด เช่น ความเร็วในการตัด อัตราป้อน ความลึกในการตัด ชนิดน้ำหล่อเย็นและอัตราการฉีดน้ำหล่อเย็น เป็นต่อ

6) อิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ต่ออายุคมมีด

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออายุคมมีดตัดมีหลายตัวแปรแต่อาจจะแบ่งพิจารณาเป็นประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. ตัวแปรต่อสภาวะการตัด เป็นตัวแปรที่มักจะใช้ควบคุมใน กรรมวิธีการผลิตจำเป็นต้องเลือกค่าที่เหมาะสม เช่น ความเร็วในการตัด อัตราการป้อนชิ้นงานและความลึกในการตัด

ข. ลักษณะทางเรขาคณิตของคมมีด ได้แก่ขนาดระยะทางเส้นตรงและมุมต่าง ๆ ของใบมีด โดยทั่ว ๆ ไปเป็นที่เข้าใจกันว่าภายใต้ส่วนผสมหนึ่งของ สารใบมีดสารชิ้นงานสารหล่อเย็น จะมีค่าที่เหมาะสมที่สุดของมุมมีดแต่ละมุม รวมทั้งค่าของรัศมีจมูกมีด ดังตัวอย่างในกรณีของมีดกลึง แต่เป็นการยากที่จะทราบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่าใดแน่ โดยปกติผู้ตัดวัสดุมักจะถือเอาหรือสมมุติเอาว่ามุมต่าง ๆ ของใบมีดที่ผู้ผลิตใบมีดแนะนำให้เลือกมาใช้งานจะเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุด แต่ทั้งนี้อาจจะจริงหรือไม่จริงก็ได้

ค. วัสดุใบมีด วัสดุที่มีความแข็งกว่าจะเข้าสึกหรอช้ากว่า ดังนั้นวัสดุใบมีดที่แข็งกว่ามักจะมีอายุการใช้งานนานกว่าวัสดุใบมีดที่อ่อนกว่า แต่ต้องมีการไม่เกิดการกะเทาะแตกหักหรือร้าว

ง. วัสดุชิ้นงาน วัสดุชิ้นงานที่มีความแข็งโดยเฉลี่ยสูง จะทำให้ใบมีดสึกหรอเร็วและอายุการใช้งานคมมีดสั้น ยกเว้นกรณีที่สารชิ้นงานที่มีเนื้อแข็งมากหรืออ่อนมากปนกันอยู่

จ. น้ำยาหล่อเย็น โดยทั่ว ๆ ไปการใช้น้ำยาหล่อเย็นฉีดไปยังบริเวณคมมีดจะช่วยลดอุณหภูมิของคมมีดทั้งผิวหน้ามีดและหลังมีด การลดอุณหภูมิจะทำให้อัตราการสึกหรอของคมมีดลดลง

ฉ. ความสามารถของเครื่องจักรในการควบคุมอัตราป้อน ในกรณีเครื่องจักรธรรมดา การควบคุมอัตราป้อนระหว่างการกดคมมีดเข้าสู่เนื้อชิ้นงานและการถอนคอมมีดออกจากเนื้องานเป็นการควบคุมด้วยมือซึ่งทำได้ยาก

7) ประเภทของการตัด

การตัดวัสดุ ถ้าหากมองในแง่ของความประณีต ความละเอียดแม่นยำหรือความราบเรียบของพื้นผิวสำเร็จ นั่นคือพื้นผิวที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตจำแนกตามความราบเรียบของพื้นผิวสำเร็จ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. การตัดหยาบ (Rough Cutting) หมายถึง การตัดงานที่ต้องการให้งานเสร็จอย่างรวดเร็ว แต่ไม่เน้นเรื่องการทำให้ค่าความขรุขระต่ำ ไม่เน้นความแย่นยำหรือความละเอียดของพื้นผิวสำเร็จ

ของชิ้นงาน งานส่วนมากในการตัดโดยใช้ใบมีดตัดมักจะเป็นการตัดหยาบใช้ความเร็วในการตัดค่อนข้างสูง อัตราป้อนสูง และความลึกในการตัดสูง เป็นผลให้ใช้แรงตัดสูง ใช้กำลังในการตัดสูง และอาจจะต้องฉีดน้ำยาหล่อเย็นที่มีสมบัติของการหล่อลื่นหรือการลดแรงตัดได้ดี ทั้งนี้เพราะต้องการให้งานเสร็จเร็ว หลังจากงานตัดหยาบแล้ว อาจจะต้องมีการตัดละเอียด หรือการเจียระไน อีกครั้งหนึ่ง

2. การตัดปานกลาง (Medium Cutting) เป็นการตัดที่ประนีประนอมระหว่างการตัดหยาบและการตัดละเอียด คือ ต้องการให้งานเสร็จเร็ว โดยที่ต้องการให้พื้นผิวขรุขระน้อยด้วยซึ่งอาจจะทำได้ในบางกรณี โดยการเลือกค่าความเร็วในการตัด อัตราป้อน และความลึกของการตัดที่เหมาะสม

3. การตัดละเอียด (Fine Cutting) หมายถึงการตัดที่ต้องการให้ค่าความขรุขระที่ต่ำเน้นความแม่นยำหรือความละเอียดของพื้นผิวสำเร็จของชิ้นงาน ไม่เน้นให้งานเสร็จอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าเสร็จรวดเร็วก็เป็นการดี งานในลักษณะนี้เกิดขึ้นเป็นงานในขั้นตอนต่อเนื่องจากการตัดหยาบหรือเป็นการตัดครั้งสุดท้าย ใช้ความเร็วในการตัดสูงหรือต่ำก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสมอัตราป้อนต่ำและความลึกในการตัด

4. การตัดละเอียดยิ่ง (Ultra – Fine Machining) ในการตัดชิ้นงานบางอย่าง เช่น การกลึงเลนส์ การกลึงอะลูมิเนียมให้พื้นผิวสำเร็จเป็นมันวาวคล้ายกระจก ค่าความขรุขระจะน้อยมากเป็นพิเศษ

การจำแนกประเภทของการตัด อาจจะจำแนกโดยค่าความขรุขระของพื้นผิวสำเร็จ ดังนี้

การตัดหยาบ Ra ตั้งแต่ 10 μm หรือ 0.010 mm ขึ้นไป

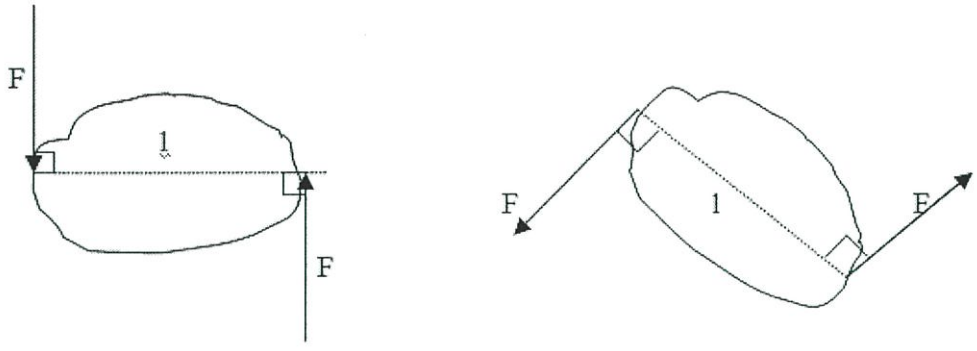
การตัดปานกลาง Ra ระหว่าง 1 – 10 μm หรือ 0.001 – 0.010 mm

การตัดละเอียด Ra ระหว่าง 0.1 – 1 μm หรือ 0.0001 – 0.001 mm

การตัดละเอียดยิ่ง Ra ตั้งแต่ 0.1 μm หรือ 0.0001 mm ลงไป

แรงคู่ควบ

แรงคู่ควบ คือ แรงขนาน 2 แรง ที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังรูปที่ 2.12



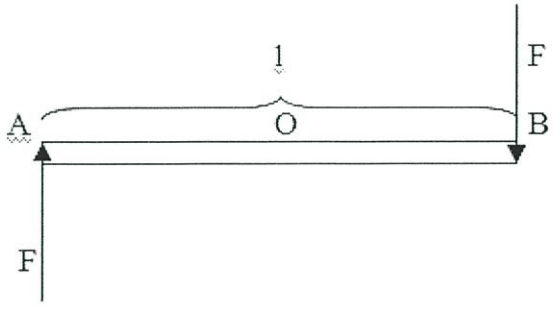
รูปที่ 2.11 แสดงแรงคู่ควบ

(ที่มา http://pirun.kps.ku.ac.th/~b5321600538/frocepere2-12.html)

โดย F คือ แรงคู่ควบ

l คือ ระยะห่าวระหว่างแรงคู่ควบ

โมเมนต์แรงคู่ควบ



รูปที่ 2.12 คานสม่ำเสมอ AB ถูกแรงคู่ควบ F กระทำที่ A และ B

(ที่มา http://pirun.kps.ku.ac.th/~b5321600538/frocepere2-12.html)

จากรูปที่ 2.11 คานสม่ำเสมอ AB ถูกแรงคู่ควบ F กระทำที่ A และ B ซึ่งห่างกัน l มี O เป็นจุดกึ่งกลางคาน เมื่อวัตถุถูกแรงคู่ควบ F กระทำ พบว่าวัตถุจะเกิดการหมุน จากรูปวัตถุจะหมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อคิดโมเมนต์ของแรงคู่ควบ จะได้ว่า

เมื่อให้ O เป็นจุดหมุน จะได้

$\Sigma M_{\text{ตาม}} = (F \times L/2) + (F \times L/2)$

$= F \times L$ ทิศตามเข็มนาฬิกา

เมื่อให้ A เป็นจุดหมุน จะได้

$\Sigma M_{\text{ตาม}} = F \times L$ ทิศตามเข็มนาฬิกา

เมื่อให้ B เป็นจุดหมุน จะได้

$\Sigma M_{\text{ตาม}} = F \times L$ ทิศตามเข็มนาฬิกา

แสดงว่าโมเมนต์ของแรงคู่ควบมีค่าเท่ากับแรงคูณด้วยระยะห่างระหว่างแนวแรงทั้งสองโดยไม่คำนึงถึงจุดหมุน

ดังนั้น โมเมนต์แรงคู่ควบ = แรง x ระยะห่างของแนวแรงทั้งสอง

$MC = F \times L$

*หน่วยของโมเมนต์แรงคู่ควบ คือ นิวตัน – เมตร (N- m)

สรุปทฤษฎีของแรงคู่ควบ

1. ผลบวกของโมเมนต์ของแรง 2 แรง ซึ่งทำให้เกิดแรงคู่ควบหนึ่งรอบจุดใดๆในระนาบเดียวกันย่อมเป็นจำนวนค่าคงตัวและจะมีค่าเท่ากับโมเมนต์ของแรงคู่ควบนั้น
2. แรงคู่ควบ 2 คู่ มากระทำร่วมกันบนวัตถุชิ้นหนึ่งในระนาบเดียวกัน มีโมเมนต์เท่ากัน และหมุนตรงข้ามกัน แรงคู่ควบทั้งสองนั้นจะอยู่ในสภาพสมดุล
3. แรงคู่ควบหลายคู่มากระทำร่วมกันบนวัตถุชิ้นหนึ่งในระนาบเดียวกันจะสามารถแทนได้โดยแรงคู่ควบคู่หนึ่ง ซึ่งโมเมนต์เท่ากับผลบวกของโมเมนต์ของแรงคู่ควบเหล่านั้น

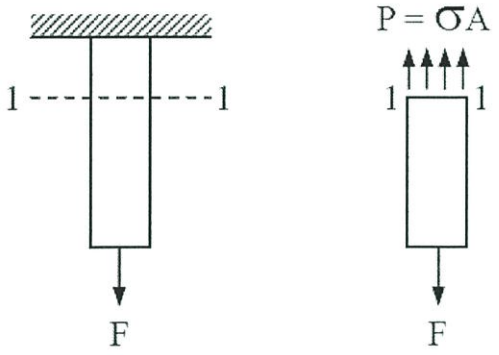
ความเค้น (Stress)

ความเค้น คือ แรงภายนอกที่มากระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้น หรือ คือแรงภายนอกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ใช้สัญลักษณ์ว่า σ (sigma) โดยวิธี take limit จะได้ว่า

$$\sigma = \frac{lim}{\Delta A \rightarrow O} \quad \frac{\Delta P}{\Delta A}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

เมื่อวัตถุอยู่ในสภาวะสมดุล แรงภายนอกที่มากระทำบนวัตถุจะต้องมีแรงภายในต้าน ขนาดรวมแล้วเท่ากับแรงภายนอกของวัตถุที่ถูกกระทำ



รูปที่ 2.13 ความเค้นในวัสดุ

แรงภายนอก = แรงภายใน

F = P

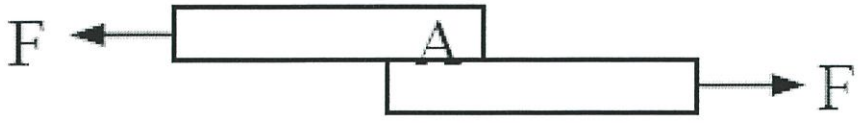
ดังนั้น σ = AF (2.2)

กำหนดให้ σ คือ AF เป็นแรงภายนอกต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งเรียกว่า ความเค้น (stress)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อนวัตถุ

F คือ แรงภายนอกที่กระทำกับวัตถุ

ความเค้นเฉือน (shear stress) สัญลักษณ์ τ (tau) เป็นแรงภายนอกที่มากระทำต่อ วัตถุนั้น โดยพยายามทำให้วัตถุเกิดการขาดจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงนั้น



รูปที่ 2.14 แรงเฉือนพยายามทำให้วัตถุขาด

จะได้สมการ $\tau = \frac{F}{A}$

ให้ τ คือ ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น N/m2

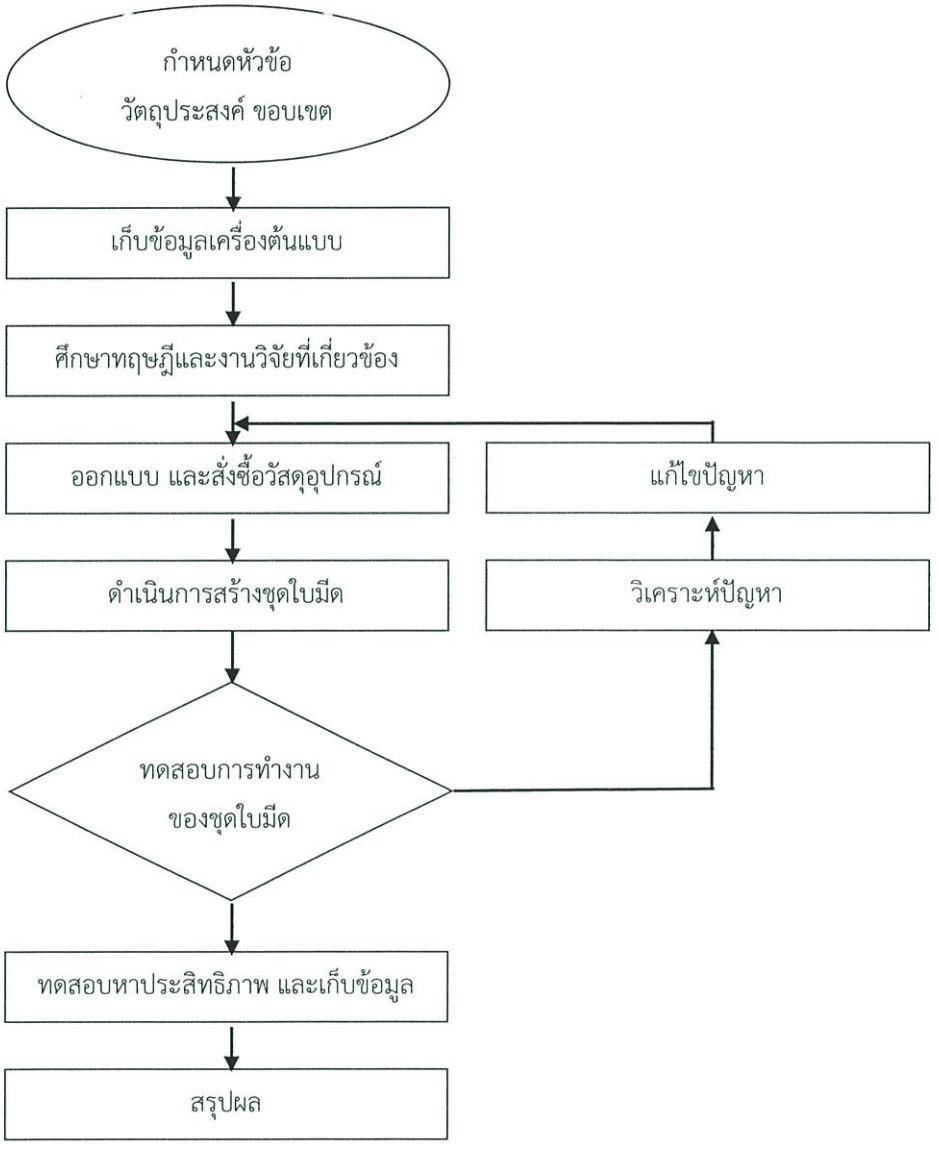
A คือ พื้นที่หน้าตัดที่ขนานกับแรง มีหน่วยเป็น m

F คือ แรงเฉือนที่กระทำกับท่อนวัตถุ มีหน่วยเป็น N

บทที่ 3

วิธีดำเนินโครงงาน

การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า จะต้องศึกษาข้อมูลและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการสร้างชุดใบมีด ตลอดจนการวางแผนการดำเนินการให้ชุดใบมีดที่พัฒนาขึ้น ให้มีความสามารถในการทำงานตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงได้ดำเนินการออกแบบและสร้างชุดใบมีดตามขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการสร้างเครื่อง

3.1 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการออกแบบใบมีดหั่นมันสำปะหลัง

ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

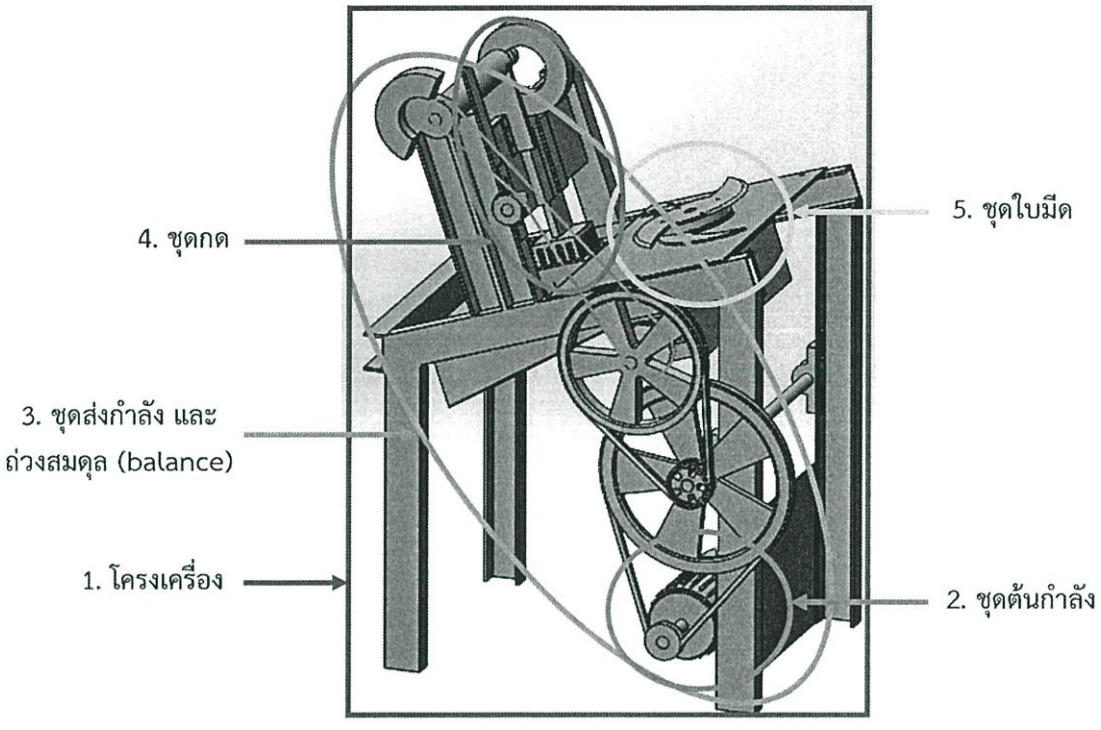
ทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง

- การจำแนกชนิดและสายพันธุ์มันสำปะหลัง
- ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมันสำปะหลัง

ทฤษฎีในการออกแบบชุดใบมีด

- แรงคู่ควบ
- ความเค้น (Stress)
- คมมีด (Knife Edge Bevel)

3.2 โครงสร้างของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋ามีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ (แสดงดังรูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

1. โครงเครื่อง (กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 600x800x1300 มม.)

2. ชุดต้นกำลัง (มอเตอร์ 3 เฟส 2 แรงม้า 1400 รอบต่อนาที)

3. ชุดส่งกำลังและถ่วงสมดุล (balance)

4. ชุดกด

5. ชุดใบมีด

3.3 การออกแบบชุดใบมีด

การออกแบบและพัฒนาใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1) ชุดใบมีด ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

(1) ใบมีดสำหรับหั่นมันสำปะหลัง

(2) ใบปัดสำหรับปัดมันสำปะหลัง

(3) หน้าแปลนสำหรับวางใบมีด

2) ส่วนประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของชุดใบมีดมีดังนี้

(1) ระบบส่งกำลังและล้อช่วยแรง(Flywheels)

(2) ชุดกดมันสำปะหลัง

3.3.1 การออกแบบชุดใบมีดสำหรับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

ในการออกแบบและพัฒนาใบมีดเพื่อแปรรูปมันสำปะหลังให้มีลักษณะเป็นลูกเต๋า ชุดใบมีดจะต้องมีความสามารถในการหั่นมันสำปะหลังให้มีลักษณะเป็นแผ่นที่มีความกว้าง 2.54 เซนติเมตร และมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม โดยอาศัยทฤษฎีแรงคู่ควบ เพื่อให้เกิดความสมดุล และลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวเครื่อง, ทฤษฎีความเค้นเฉือน เพื่อออกแบบใบมีดให้เหมาะสมกับการหั่นมันสำปะหลัง, ศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการสร้างใบมีด และลักษณะคมมีดที่ทำให้การหั่นมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสรุปได้ดังนี้

1. ใบมีดแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1.1 ใบเหล็ก ทำมาจากเหล็ก SS400 มีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 300x500x4 มิลลิเมตร. มีรัศมีมุมคมมีด เท่ากับ 30 องศา

1.2 ใบสแตนเลส ทำจากสแตนเลส SUS304 มีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 300x500x3 มิลลิเมตร. มีรัศมีมุมมีด เท่ากับ 30 องศา

2. ใบปัด ทำมาจากเหล็ก SS400 มีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 300x400x4 มิลลิเมตร.

3.3.1.1 การสร้างชุดใบมีด

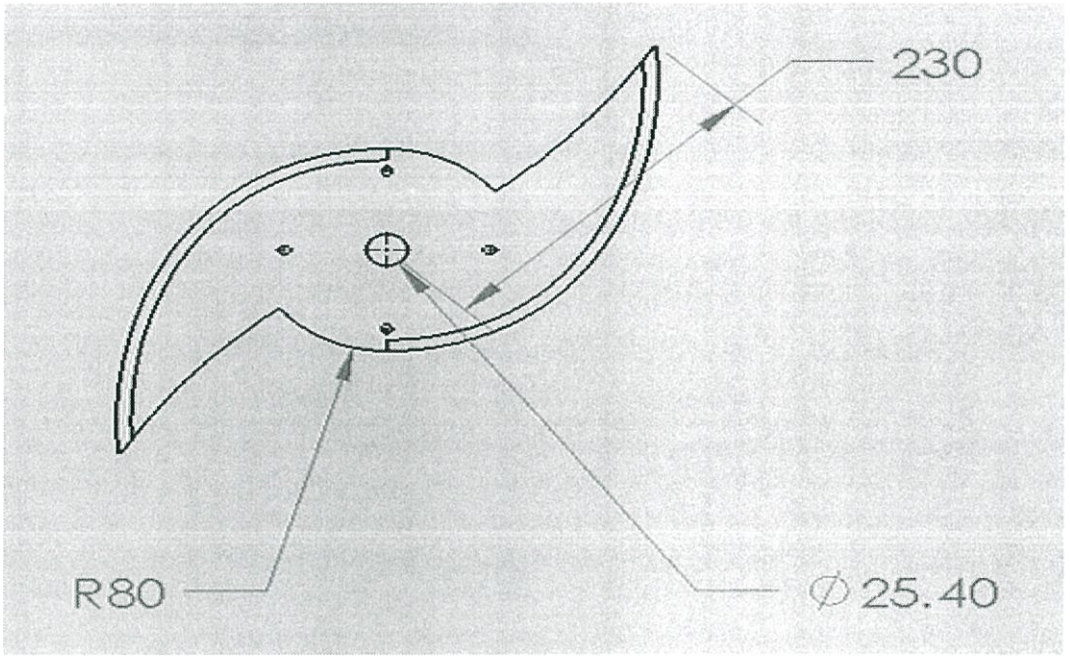
1) การสร้างใบมีดมีขั้นตอนดังนี้

1. นำเหล็กแผ่น กว้าง 300 มิลลิเมตร. ยาว 500 มิลลิเมตร. หนา 4 มิลลิเมตร. มาร่างแบบตามแบบใบมีดที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม Autocad

2. นำเหล็กแผ่นไปตัด (นำไปให้ร้านตัด โดยใช้เครื่องตัดแบบเลเซอร์)

3. ใช้เครื่องเจียระไนมือลับคมมีดให้มีลักษณะเป็นคมสิ่ว มีรัศมีมุมมีด 30 องศา (อุปกรณ์ที่ใช้ลับคมมีด ทำเป็นที่ยึด เพื่อให้มุมมีดที่ลับมีขนาด 30 องศา ตามที่กำหนด)

4. เจาะรูเพลา ขนาด 25.4 มิลลิเมตร. และรูน็อทขนาด 8 มิลลิเมตร. ตามตำแหน่งที่ร่างแบบไว้



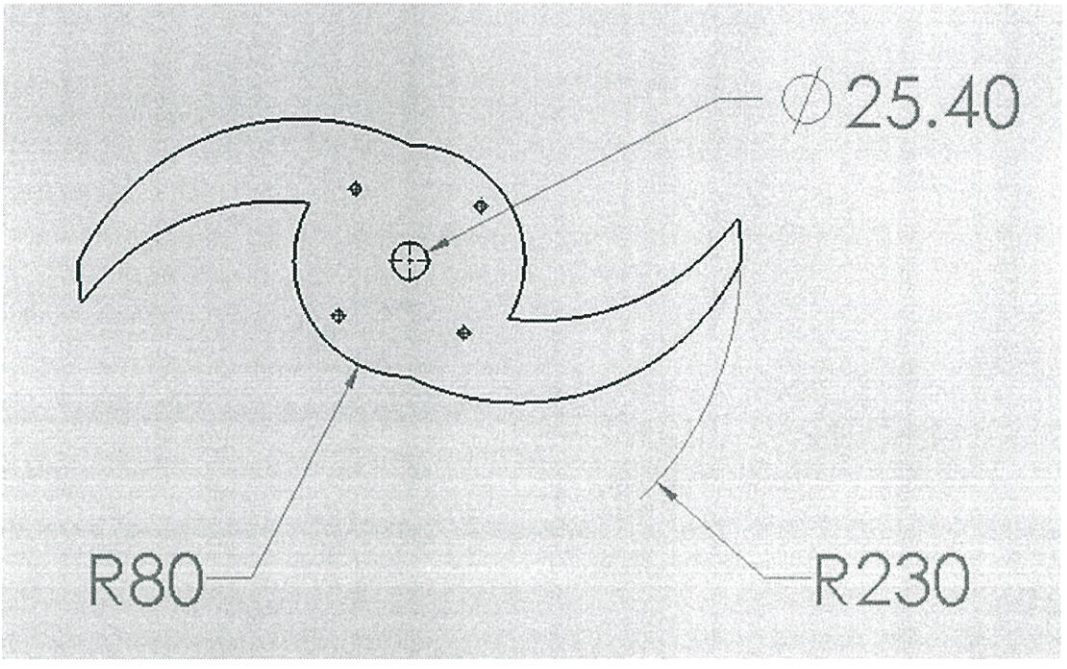
รูปที่ 3.3 แบบใบมีด

2) การสร้างใบปัดมีขั้นตอนดังนี้

1. นำเหล็กแผ่น กว้าง 400 มิลลิเมตร. ยาว 500 มิลลิเมตร. หนา 4 มิลลิเมตร. มาร่างแบบตามแบบใบปัดที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม Autocad

2. นำเหล็กแผ่นไปตัด (นำไปให้ร้านตัด โดยใช้เครื่องตัดแบบเลเซอร์)

3. เจาะรูเพลา ขนาด 25.4 มิลลิเมตร. และรูน็อทขนาด 8 มิลลิเมตร. ตามตำแหน่งที่ร่างแบบไว้

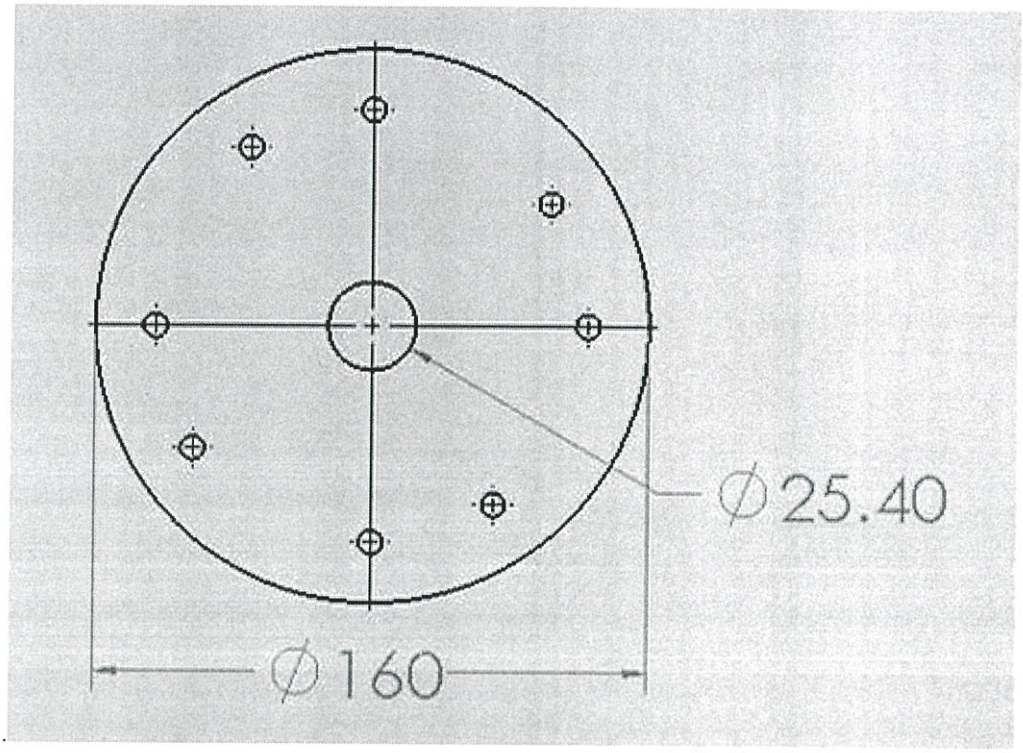


รูปที่ 3.4 แบบใบปัด

3) การสร้างหน้าแปลนติดใบมีดและใบปัดมีขั้นตอนดังนี้

1. นำเหล็กแผ่นกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร. หนา 20 มิลลิเมตร. มากัดโดยใช้เครื่องกัดโลหะให้มีความหนา 18.4 มิลลิเมตร

2. เจาะรูเพลา ขนาด 25.4 มิลลิเมตร. และรูน็อทขนาด 8 มิลลิเมตร. ตามตำแหน่งที่ร่างแบบไว้



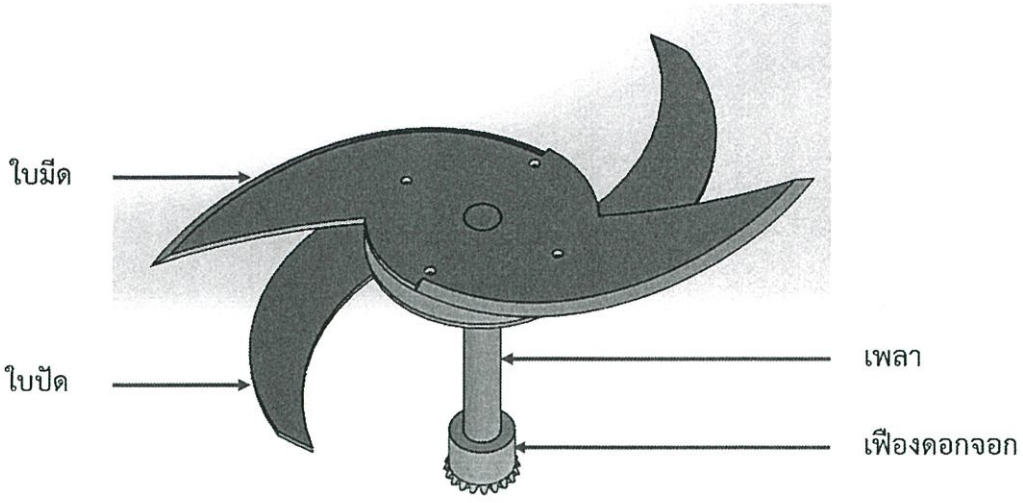
รูปที่ 3.5 หน้าแปลนติดใบมีดและใบปัด

4) การประกอบชุดใบมีด, ใบปัด และหน้าแปลน เข้ากับตัวเครื่องมีขั้นตอนดังนี้

1. นำชุดใบมีด, ใบปัด และหน้าแปลนมาประกอบเข้าด้วยกัน

2. ประกอบกับเพลาขนาด 25.4 มิลลิเมตร.

3. สวมเฟืองดอกจอกขนาด 20 ฟัน ที่ปลายเพลาอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 3.6 ชุดใบมีด, ใบปัด และหน้าแปลนที่ประกอบกันแล้ว

3.3.1.2 การส่งกำลัง และอัตราการทดรอบ

1) ขนาด pulley และฟันเฟืองในชุดส่งกำลัง

1. pulley มอเตอร์ (D1) ขนาด 5 นิ้ว

2. pulley ส่งกำลัง (D2) ขนาด 16 นิ้ว ,

(D3) ขนาด 3.5 นิ้ว

3. pulley ส่งกำลังไปยังชุดใบมีด (D4) ขนาด 12 นิ้ว

4. เฟืองส่งกำลังไปยังชุดใบมีด (T1) ขนาด 44 ฟัน

5. เฟืองส่งกำลังไปยังชุดใบมีด (T2) ขนาด 22 ฟัน

2) การส่งกำลังมีอัตราทด ดังนี้

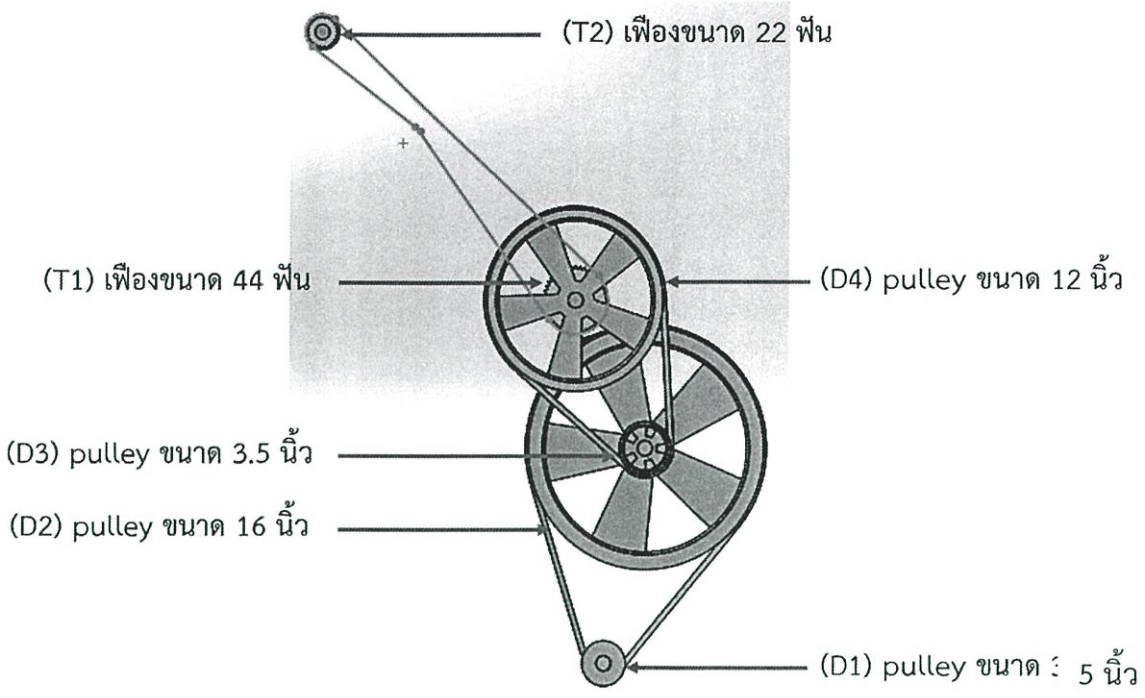
$N_1 = 1400\ RPM$; $N_1D_1 = N_2D_2$

$N_2 = 437.5\ RPM$

$N_2 = N_3$; $N_3D_3 = N_4D_4$

$N_4 = 145.83\ RPM$

$N_5 = \frac{N_4}{2}$; $N_4 = 72.92\ RPM$



รูปที่ 3.7 การส่งกำลัง และอัตราการทดรอบ

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่อง

- ตู้เชื่อมไฟฟ้า
- เครื่องตัดโลหะด้วยแก๊ส
- เครื่องกลึงโลหะ
- เครื่องตัดเหล็ก
- เครื่องเจาะ
- เครื่องเจียระไนมือ
- เครื่องตัดเหล็กแผ่น
- เครื่องกัดโลหะ

บทที่ 4

อุปกรณ์ วิธีการทดลอง และผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 วัสดุ/อุปกรณ์

1) เครื่อง texture analyzer

2) มันสำปะหลัง

3) เครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

4) อุปกรณ์จับเวลา

5) ภาชนะใส่มันสำปะหลัง

6) เครื่องชั่ง ขนาด 60 กิโลกรัม

7) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

4.2 วิธีการทดลอง

4.2.1 วิธีการทดลองหาขนาดของหัวมันสำปะหลัง

1. สุ่มเลือกมันสำปะหลัง 150 หัว

2. ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ในการวัดหาขนาดมันสำปะหลังทั้งสามแนวแกน

4.2.2 วิธีการทดลองเลือกวัสดุสำหรับทำใบมีด

1. เตรียมวัสดุทั้งสองชนิดที่จะทำใบมีด คือ เหล็ก SS400 และ สแตนเลส SUS304

2. นำวัสดุทั้งสองชนิดไปทดสอบโดยใช้เครื่อง texture analyzer เพื่อหาความแน่นเนื้อที่ใบมีดกระทำกับหัวมันสำปะหลัง

3. วัสดุแต่ละชนิดทดสอบโดยใช้หัวมันสำปะหลัง 3 ขนาด คือ หัวขนาดใหญ่ หัวขนาดกลาง และหัวขนาดเล็ก โดยแต่ละขนาดทำ 10 หัว หัวละ 3 ซ้ำ แบ่งเป็นช่วง คือ ส่วนด้านบนของหัว ส่วนตรงกลางของหัว และส่วนท้ายของหัว

4. ใช้ Load cell ขนาด 750 KgF ความเร็วในการทดสอบ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที และระยะในการตัดหัวมันสำปะหลัง 30 มิลลิเมตร

5. นำผลการทดสอบไปวิเคราะห์ผล

4.2.3 วิธีการทดลองหากำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

1. แบ่งมันสำปะหลังออกเป็นชุด ชุดละ 40 กิโลกรัม

2. ทดสอบเดินเครื่องหั่นมันสำปะหลัง และจับเวลา

3. เก็บข้อมูลและบันทึกผล ทั้งเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนา

4. ทำการทดลองซ้ำ จำนวน 10 ครั้ง

4.2.4 วิธีการทดลองหาค่าซ่อมบำรุงเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

1. ติดตั้งเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าในโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง ที่บริษัท ทรี เอ็น คาสซาวา บาย โปรดักส์ จำกัด

2. เก็บข้อมูลและบันทึกผล ค่าซ่อมบำรุงที่เกิดขึ้นกับเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า ในระยะเวลา 8 สัปดาห์

3. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล

4.2.5 วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพความเป็นเต๋าเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

1. แยกผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าเครื่องที่พัฒนา เป็น 2 ลักษณะ คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์ และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นลูกเต๋าไม่สมบูรณ์

2. ชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์ และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นลูกเต๋าไม่สมบูรณ์

3. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผล

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ผลการทดลองหาขนาดของหัวมันสำปะหลัง

การทดลองการหาขนาดของหัวมันสำปะหลังเพื่อศึกษาขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านยาว ด้านกว้าง และด้านหนา ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
1	43	8.5	7
2	28	4.5	4.3
3	31	7	6.7
4	9	7.5	6.5
5	26	6.8	6
6	22	5.9	5
7	14	6.1	5.7
8	29	4.4	4.2
9	15	5.5	5.2
10	25	5.5	5.4
11	24	8.1	8.3
12	28	7.7	7.2
13	28	5.8	5.5

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
14	23	7.9	5.7
15	28	5.2	4.9
16	35	6.9	5.7
17	39	5.1	4.8
18	21	4.9	4.7
19	27	4.5	4.4
20	24	6.6	5.5
21	23	7.1	6.4
22	31	4.6	4.3
23	28	6	5.4
24	23	6.3	6
25	35	4.9	4.5
26	19	4.8	4.7
27	24	12	10.2
28	20	5.9	5
29	25	4.6	4.4
30	34	5.7	5.4
31	32	6.1	5.2
32	29	7.2	7
33	35	8.4	7.1
34	25	7.3	6
35	33	5.1	5.1

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
36	30	10	9
37	28	5.3	4.4
38	55	5.3	5.1
39	31	5.3	5.1
40	40	6.2	5.6
41	27	4.3	4.1
42	25	5.7	5.4
43	20	6	5.4
44	25	6.2	5.3
45	36	6.4	6.2
46	30	6.1	5.7
47	27	4.8	4.4
48	30	5.5	5.2
49	25	5.9	4.8
50	26	5.7	5.3
51	36	5.7	5.3
52	27	5.5	4.9
53	36	7.2	7.1
54	21	5.7	5.5
55	36	4.3	4.1
56	20	7.1	5.7
57	23	4.9	4.7

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง **(ต่อ)**

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
58	30	7.2	6.4
59	34	7.1	6.3
60	27	4.2	4
61	16	3.8	3.5
62	36	5.5	5.2
63	18	5.7	4.2
64	22	6.1	5.9
65	24	5.2	4.5
66	34	4.4	4.6
67	23	4.2	3.9
68	24	5	4.9
69	34	4.2	4
70	27	4.1	3.8
71	14	5.1	4.8
72	37	4.2	4.1
73	29	3.9	3.8
74	26	4.8	4.6
75	35	3.4	3.3
76	17	2.8	2.7
77	33	6.3	6.1
78	48	4.7	1.3
79	28	7.7	6.6

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง **(ต่อ)**

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
80	28	10	9.6
81	18	7.9	7.6
82	27	8.8	6.6
83	20	7.9	6.9
84	33	6.7	6.3
85	18	7.3	6.8
86	17	6.2	5.9
87	20	7.3	6.2
88	31	4.9	4.6
89	39	8.2	7.6
90	21	5.8	5
91	24	8.5	7.7
92	23	5.9	5.6
93	49	8.7	7.2
94	29	4.7	4.1
95	32	6	5.6
96	29	5.5	4.4
97	42	5.7	4.9
98	19	5	4.4
99	30	4.4	4.3
100	25	5.8	5.7

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
101	42	6.5	5.4
102	30	5.6	4.9
103	27	9.1	8.2
104	27	6.8	5.7
105	30	10.5	10.2
106	23	6.8	6.2
107	28	4	3.9
108	27	6.6	6.4
109	35	5.1	5
110	37	5.2	5
111	39	6.6	5.2
112	36	6.6	5.5
113	20	6.8	6.6
114	39	6.3	5.5
115	17	6.1	5
116	41	5.6	5.4
117	32	6.2	6
118	21	5.8	5.6
119	20	6.6	6
120	26	5.2	4.7
121	29	7.2	6.2
122	25	6.2	5.3

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง (ต่อ)

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
123	25	4.6	4.4
124	36	6.4	6.5
125	27	6.1	5.8
126	40	4.9	4.3
127	22	3.8	3.6
128	34	4.7	4.4
129	28	4.5	4
130	34	4.7	3.7
131	23	5.2	5
132	30	4.5	4.3
133	35	5.9	5.4
134	20	7.7	6.5
135	38	4	3.9
136	23	6	5.2
137	24	5	4.8
138	30	3.8	3.8
139	13	4.8	4.6
140	48	4	3.8
141	28	4.2	4.1
142	30	5.5	5.2
143	23	7.9	7
144	26	5.5	5

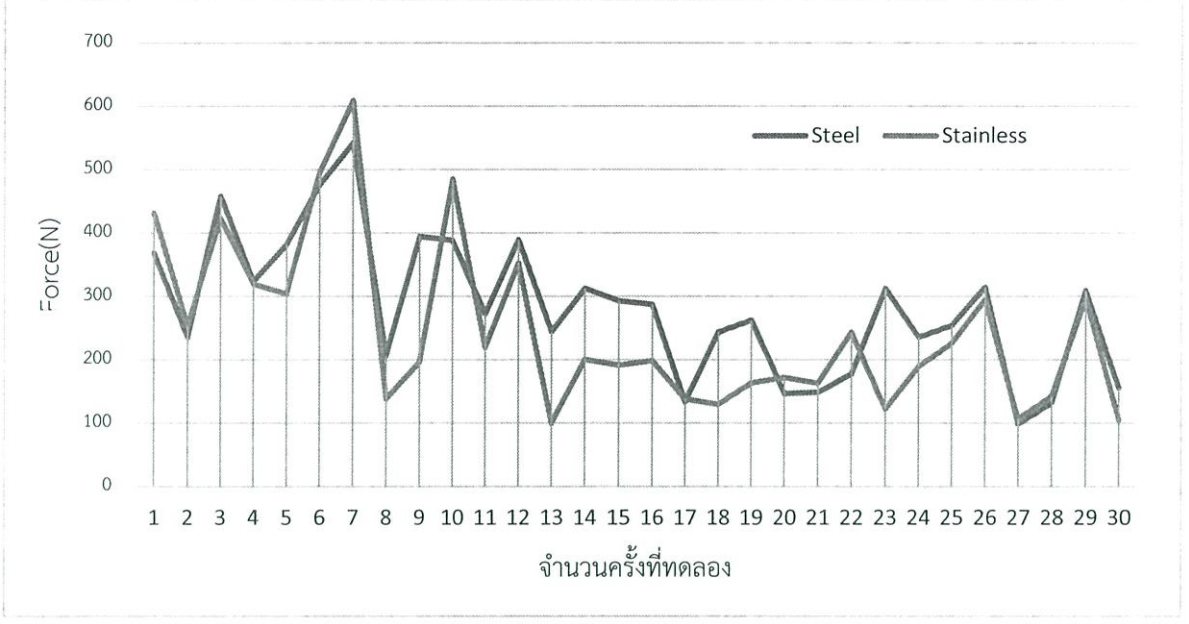
ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทั้ง 3 แกน ของหัวมันสำปะหลัง **(ต่อ)**

ลำดับ	ลักษณะทางกายภาพ		
	ยาว (เซนติเมตร)	กว้าง (เซนติเมตร)	หนา (เซนติเมตร)
145	44	6.6	5.7
146	35	6.7	6.1
147	34	6.4	5.8
148	24	5.5	5.3
149	27	6	5.5
150	29	7.4	6.4
Average	28.4	5.96	5.41

จากตาราง 4.1 การหาขนาดของหัวมันสำปะหลังพบว่า หัวมันสำปะหลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยด้านยาว ด้านกว้าง และด้านหนา เท่ากับ 28.4, 5.96 และ 5.41 เซนติเมตร ตามลำดับ

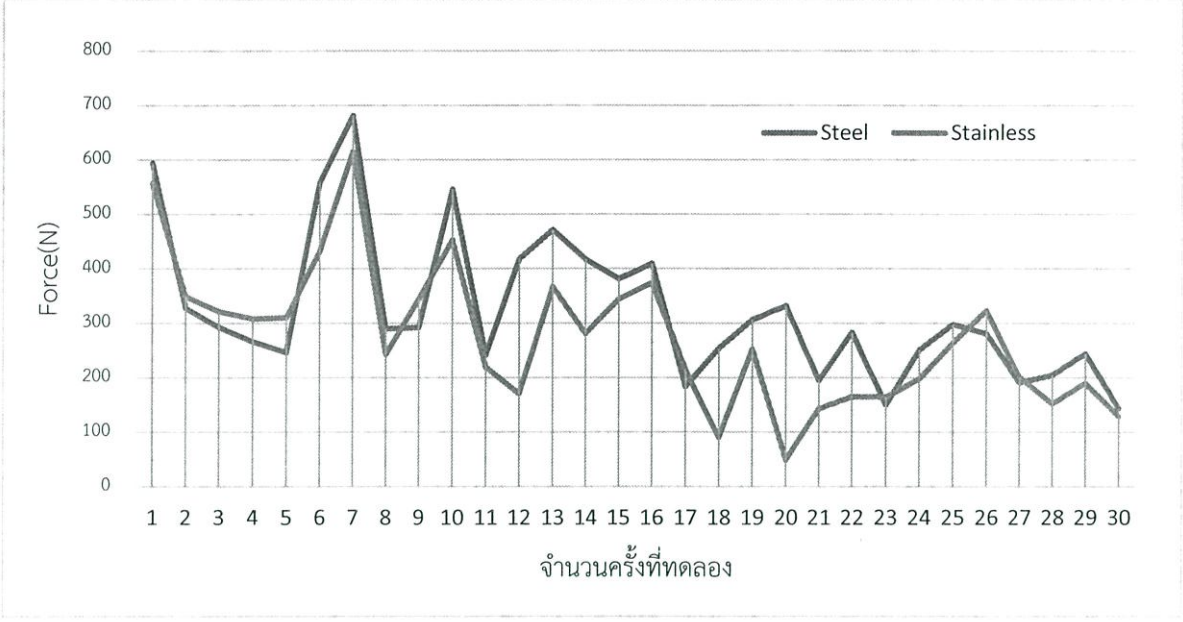
4.3.2 ผลการทดลองเลือกวัสดุสำหรับทำใบมีด

การทดลองเลือกวัสดุที่เหมาะสม สามารถทำการเลือกได้โดยใช้ข้อมูลการทดสอบความแน่นเนื้อของหัวมันสำปะหลังมาเป็นข้อมูลอ้างอิง (จากตาราง ก.1) กล่าวคือหากวัสดุใดใช้แรงที่น้อยในการตัดหัวมันสำปะหลัง แสดงว่าวัสดุนั้นมีความคมมากกว่า วัสดุที่ใช้แรงมากกว่า (วัสดุที่ใช้ทั้งสองชนิดมีมุมคมมีด 30 องศา)



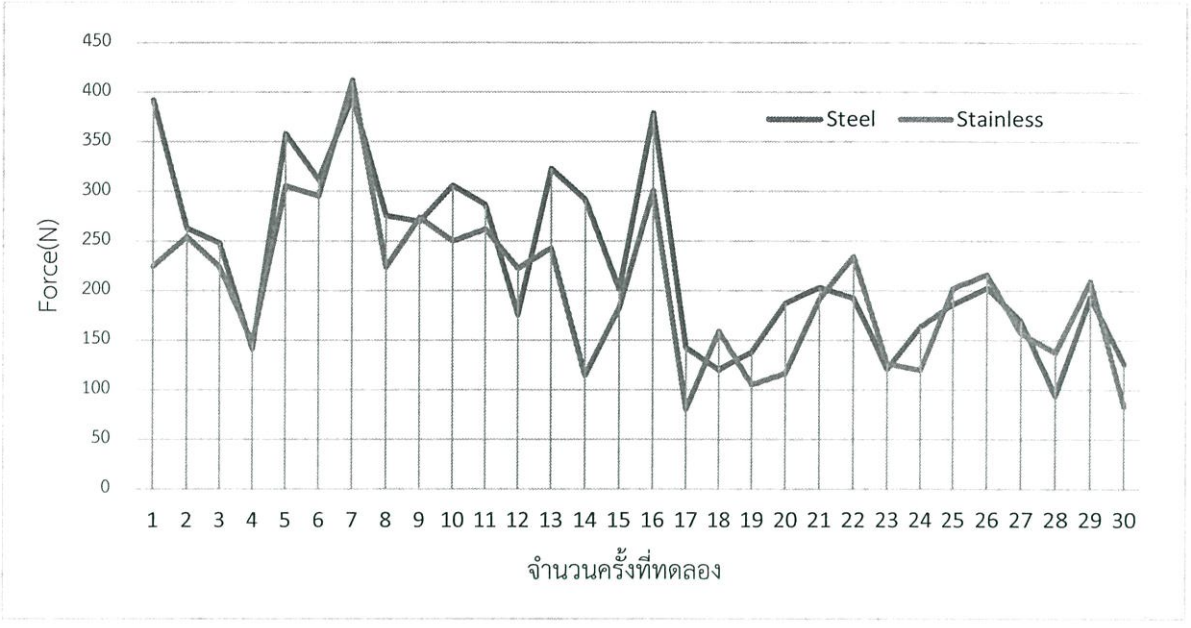
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟการใช้แรงตัดมันสำปะหลังระหว่างใบมีด Steel และ Stainless (ส่วนหัวมัน)

จากรูปที่ 4.1 เป็นกราฟแสดงการทดสอบแรงที่ใช้ตัดเฉือนมันสำปะหลังโดยให้ตัวอย่างการทดลอง 1 – 10 เป็นมันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่ โดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 542.28, 609.19 และ 206.69, 138.06 นิวตัน ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 11 – 20 เป็นมันสำปะหลังขนาดกลาง โดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 389.70, 352.30 และ 133.96, 99.56 นิวตัน ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 21 – 30 เป็นมันสำปะหลังขนาดเล็กโดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 314.90, 296.83 และ 99.05, 105.60 นิวตัน ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่ามันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่จะใช้แรงในการตัดเฉือนมากกว่าขนาดกลางและขนาดเล็ก



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟการใช้แรงตัดมันสำปะหลังระหว่างใบมีด Steel และ Stainless (ส่วนกลาง)

จากรูปที่ 4.2 เป็นกราฟแสดงการทดสอบแรงที่ใช้ตัดเฉือนมันสำปะหลังโดยให้ตัวอย่างการทดลอง 1 – 10 เป็นมันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่ โดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 681.06, 615.05 และ 246.72, 242.48 นิวตัน ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 11 – 20 เป็นมันสำปะหลังขนาดกลาง โดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 471.65, 373.71 และ 183.21, 48.75 นิวตัน ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 21 – 30 เป็นมันสำปะหลังขนาดเล็กโดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 298.16, 323.10 และ 143.17, 128.78 นิวตัน ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่ามันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่จะใช้แรงในการตัดเฉือนมากกว่าขนาดกลางและขนาดเล็ก

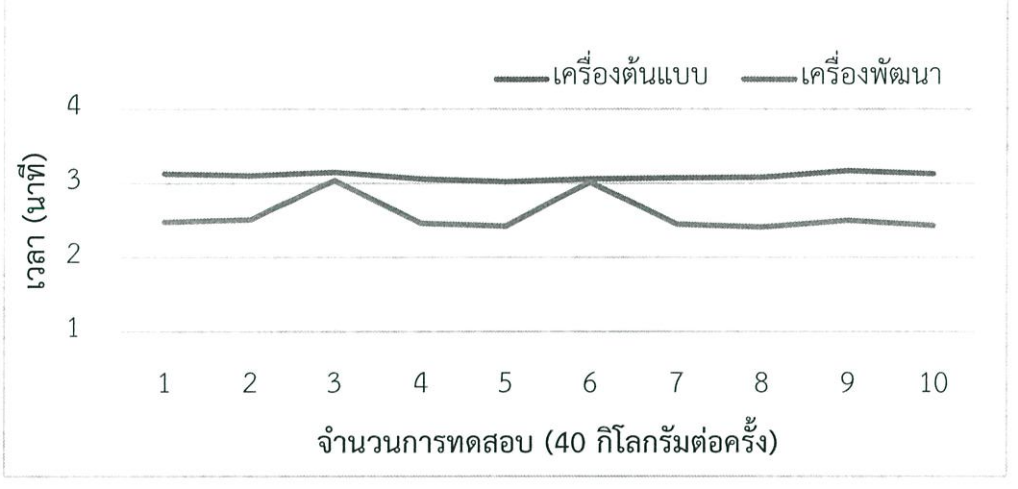


รูปที่ 4.3 แสดงกราฟการใช้แรงตัดมันสำปะหลังระหว่างใบมีด Steel และ Stainless (ส่วนล่าง)

จากรูปที่ 4.3 เป็นกราฟแสดงการทดสอบแรงที่ใช้ตัดเฉือนมันสำปะหลังโดยให้ตัวอย่างการทดลอง 1 – 10 เป็นมันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่ โดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 395.46, 412.08 และ 141.53, 147.40 นิวตัน ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 11 – 20 เป็นมันสำปะหลังขนาดกลาง โดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 378.71, 300.35 และ 120.20, 80.64 นิวตัน ตามลำดับ และตัวอย่างที่ 21 – 30 เป็นมันสำปะหลังขนาดเล็กโดยที่ใบมีด Steel และ Stainless ซึ่งใช้แรงสูงสุด และต่ำสุดที่ 203.15, 234.28 และ 94.39, 83.52 นิวตัน ตามลำดับ จากการทดสอบพบว่ามันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่จะใช้แรงในการตัดเฉือนมากกว่าขนาดกลางและขนาดเล็ก

4.3.3 ผลการทดลองหากำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

การทดลองหากำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนานั้น ข้อมูลได้มาจากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า ดังตารางที่ ก. 2 และ ตารางที่ ก.3



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟกำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนา

จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงกำลังการผลิตระหว่างเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนา จะพบว่าจากจำนวนการทดสอบจำนวณ 10 ครั้งเครื่องต้นแบบใช้เวลาเฉลี่ย 3.097±0.04 นาที และเครื่องที่พัฒนาใช้เวลาเฉลี่ย 2.571±0.24 นาที ต่อน้ำหนักมันสำปะหลัง 40 กิโลกรัม เครื่องต้นแบบจะใช้เวลาโดยเฉลี่ยมากกว่าเวลาโดยเฉลี่ยของเครื่องที่พัฒนา

4.3.4 ผลการทดลองหาค่าซ่อมบำรุงเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

การทดลองหาค่าซ่อมบำรุงเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนานั้น ข้อมูลได้มาจากการสอบถามผู้ประกอบการที่ทางผู้ทำโครงงานได้ติดตั้งเครื่องพัฒนาไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

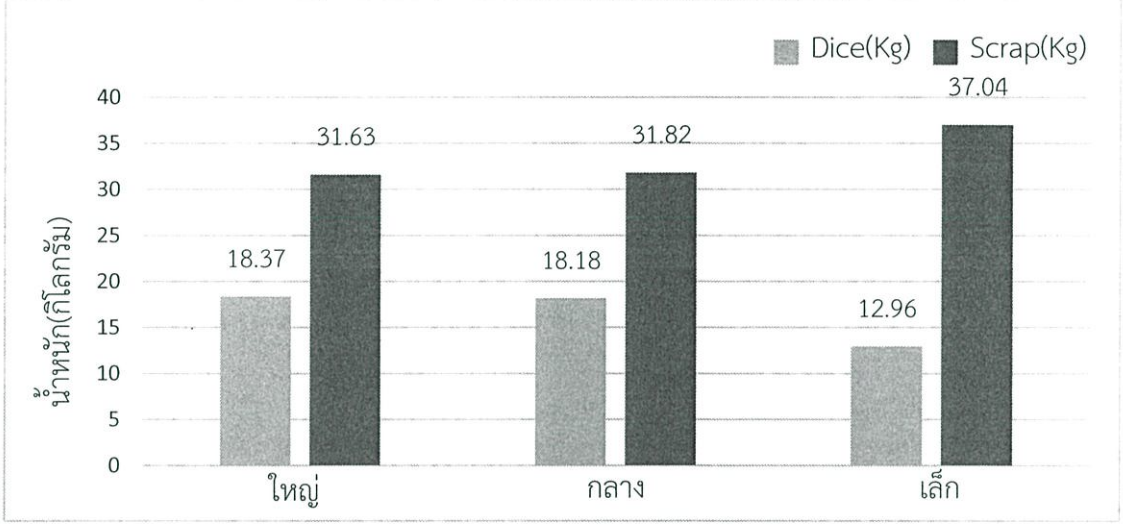
ตารางที่ 4.2 การบันทึกข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนา

เครื่อง	ความเสียหายที่เกิดขึ้น		ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น (บาท/เดือน)
	ความเสียหายของแบริ่ง (ครั้ง/เดือน)	ความเสียหายของใบมีดชุดกด(ครั้ง/เดือน)	
เครื่องต้นแบบ	10	8	3600
เครื่องที่พัฒนา	1	2	600

จากตารางที่ 4.2 แสดงความเสียหายและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนาจะพบว่าเครื่องต้นแบบมีความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณแบริ่งและชุดใบมีดกดเป็นจำนวน 10 และ 8 ครั้ง ตามลำดับ ส่วนเครื่องที่พัฒนามีความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณแบริ่งและชุดใบมีดกดเป็นจำนวน 1 และ 2 ครั้ง ตามลำดับ ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อเดือนของเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนาเท่ากับ 3,600 และ 600 บาทต่อเดือน ตามลำดับ และเมื่อนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยต่อปีสามารถลดค่าซ่อมบำรุงจากเดิม 43,200 บาทต่อปี เหลือ 7,200 บาทต่อปี

4.3.5 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า

การทดลองหาประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าของเครื่องพัฒนานั้น ข้อมูลได้มาจากการทดสอบการเก็บข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าที่พัฒนา แบ่งหัวมันสำปะหลังออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก โดยแต่ละขนาดมีน้ำหนัก 50 กิโลกรัม และแบ่งผลิตภัณฑ์เป็น 2 แบบ คือ เป็นลูกเต๋าสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ โดยมีข้อมูลอ้างอิงจากตาราง ก.4



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงน้ำหนักของลูกเต๋าสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ของมันสำปะหลังทั้งสามขนาด

จากรูปที่ 4.5 เป็นกราฟแสดงน้ำหนักของลูกเต๋าสมบูรณ์ และไม่สมบูรณ์ พบว่ามันสำปะหลังทั้งสามขนาด คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก มีความเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์ เท่ากับ 18.37, 18.18 และ 12.96 กิโลกรัม ตามลำดับ และลูกเต๋าไม่สมบูรณ์ เท่ากับ 31.63, 31.82 และ 37.04 กิโลกรัม ตามลำดับ จากการคำนวณหาประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์ และลูกเต๋าไม่สมบูรณ์ ได้เท่ากับ 33.01 และ 66.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยคำนวณดังสมการที่ (1) และ สมการที่ (2)

$$\frac{\text{น้ำหนักทั้งหมด} - \text{น้ำหนักลูกเต๋าไม่สมบูรณ์}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \times 100 = \text{ประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์} \qquad (1)$$

$$\frac{\text{น้ำหนักทั้งหมด} - \text{น้ำหนักลูกเต๋าสมบูรณ์}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด}} \times 100 = \text{ประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าไม่สมบูรณ์} \qquad (2)$$

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองกำลังการผลิตของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าระหว่างเครื่องที่พัฒนาเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบพบว่าเครื่องที่พัฒนามีความสามารถ ดังนี้

1) เวลาที่ใช้ในการหั่นมันสำปะหลังของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนา เท่ากับ 3.01 (±0.04) และ 2.57 (±0.24) 40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

2) กำลังการผลิตของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนาเท่ากับ 759 และ 852 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

3) ค่าซ่อมบำรุงของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าเครื่องต้นแบบ และเครื่องที่พัฒนา เท่ากับ 3,600 และ 600 บาทต่อเดือน ตามลำดับ

4) ประสิทธิภาพความเป็นลูกเต๋าสมบูรณ์และความเป็นลูกเต๋าไม่สมบูรณ์ของเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าเครื่องที่พัฒนา เท่ากับ 33.01 และ 66.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5.2 การอภิปรายผล

เครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการการแปรรูปมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดีหลายประการไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มกำลังการผลิตโดยการเพิ่มจำนวนรอบการตัดเฉือนมันสำปะหลังจากหนึ่งรอบต่อหนึ่งครั้งเป็นหนึ่งรอบต่อสองครั้ง และยังสามารถลดค่าซ่อมบำรุงที่เกิดจากความเสียหายที่มาจากความไม่สมดุลของเครื่องได้เป็นอย่างดีตลอดจนการเปลี่ยนวิธีการถอดประกอบเครื่องจากเดิมที่เป็นแบบการเชื่อมยึดติดตายตัวมาเป็นแบบถอดประกอบโดยใช้น็อตเพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการออกแบบช่องชุดกดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าของเดิมเนื่องจากมีมันสำปะหลังเข้าไปอัดตัวเป็นจำนวนมากเกินไปจึงทำให้เกิดปัญหาการติดขัด

5.3.2 ควรเพิ่มที่กั้นมันสำปะหลังระหว่างชุดใบมีดเฉือนและชุดกดเนื่องจากมีมันสำปะหลังบางส่วนกระเด็นออกจากชุดกด

บรรณานุกรม

จินต์นิภา ปิติศิริ. 2017. **แรงคู่ควบ.** [Online]. Available : http://pirun.kps.ku.ac.th/~b5321600538/frocepere2-12.html

วินัย กล้าจริง. 2015. **การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง,** หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2013. **เครื่องหั่นชิ้นมันเส้น,** สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องงจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ศูนย์กลาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2015. **มันสำปะหลัง : การจำแนกชนิดและสายพันธุ์มันสำปะหลัง.** [Online]. Available : http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17856

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2015. **มันสำปะหลัง : ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.** [Online]. Available : http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17856

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2017. **ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร.** [Online]. Available : http://www.oae.go.th/production.html

Starfish. 2013. **เจาะลึกมีดทำครัวกับนาย Starfish – เจาะลึกเครื่องครัว.** [Online]. Available : https://thinkofliving.com/2013/04/05/kitchen-knife/

Visanathan. R.V.V. Screenarayanan and K.R.Swaminathan. 1996. **Effect of Knife and Velocity on the Energy Required to cut Cassava,** Tamil Nuda Agricultural University, Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 การทดสอบความแน่นเนื้อของหัวมันสำปะหลัง

ขนาดของวัสดุทดลอง	Number	Force(N)					
		top		middle		bottom	
		steel	stainless	steel	stainless	steel	stainless
ใหญ่	1	368.2791	431.7148	593.815	556.0406	392.4369	224.6304
	2	235.8209	253.6574	327.4636	348.6829	262.9345	253.965
	3	458.8454	423.4629	292.8328	321.706	247.8657	223.9812
	4	324.0125	319.69	265.873	308.2945	141.5301	147.4073
	5	382.3569	304.1429	246.721	310.6522	358.3699	305.7147
	6	476.2548	495.9877	558.0566	431.4756	311.6944	295.3613
	7	542.2874	609.1913	681.0669	615.0513	395.4609	412.0844
	8	206.6914	138.0619	289.8088	242.484	275.4405	223.5028
	9	394.4529	196.5602	291.8419	344.685	269.6146	273.5783
	10	388.6099	485.4122	546.1485	452.8316	305.8855	249.9329
Average		377.7611	365.7881	409.3628	393.1904	296.1233	261.0158
กลาง	11	272.6386	220.1884	242.0227	219.5562	286.6652	261.9435
	12	389.7034	352.3048	418.1153	170.13	175.8193	222.7169
	13	244.1754	99.9629	471.659	367.3907	322.8507	242.7915
	14	312.8903	200.7972	417.1757	281.0443	291.7735	114.6046
	15	292.9524	191.6397	381.2635	344.1554	201.3951	182.7728
	16	287.3315	198.747	409.795	373.712	378.7179	300.3501
	17	133.5687	138.3524	183.217	215.3363	142.5723	80.6401
	18	243.7141	129.7246	254.17	90.6176	120.2084	159.1958
	19	262.849	163.4157	306.176	252.6323	138.4036	105.3275

ตารางที่ ก.1 การทดสอบความแน่นเนื้อของหัวมันสำปะหลัง (ต่อ)

ขนาดของวัสดุทดลอง	Number	Force(N)					
		top		middle		bottom	
		steel	stainless	steel	stainless	steel	stainless
กลาง	20	146.9802	172.3169	332.2473	48.7599	187.1635	116.5181
Average		258.6804	186.745	341.5842	236.3335	224.557	178.6861
เล็ก	21	149.0816	162.9715	194.9713	143.2215	203.1549	191.3664
	22	177.5619	244.09	283.4362	164.8167	192.5965	234.2833
	23	312.9928	121.9168	149.4404	164.3212	120.7722	126.3931
	24	235.4963	189.7604	250.8726	197.7048	163.7062	119.9179
	25	254.3066	225.9801	298.1632	263.7887	186.4118	202.2323
	26	314.9063	295.2246	280.6172	323.107	202.8474	216.2076
	27	99.0574	106.626	190.9222	200.8997	169.4808	157.0431
	28	132.0481	142.8798	204.5217	152.2081	94.3933	137.669
	29	309.3367	296.8306	244.3633	189.9142	193.5362	209.4762
	30	155.9497	105.6009	143.1703	128.7849	126.2222	83.5274
Average		214.0737	189.1881	224.0478	192.8767	165.3122	167.8116

ตารางที่ ก.2 กำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องต้นแบบ

จำนวน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	40	3.13±0.04
2	40	3.10±0.04
3	40	3.15±0.04
4	40	3.06±0.04

ตารางที่ ก.2 กำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องต้นแบบ (ต่อ)

จำนวน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาที)
5	40	3.02±0.04
6	40	3.06±0.04
7	40	3.07±0.04
8	40	3.08±0.04
9	40	3.17±0.04
10	40	3.13±0.04
Average		3.097±0.04

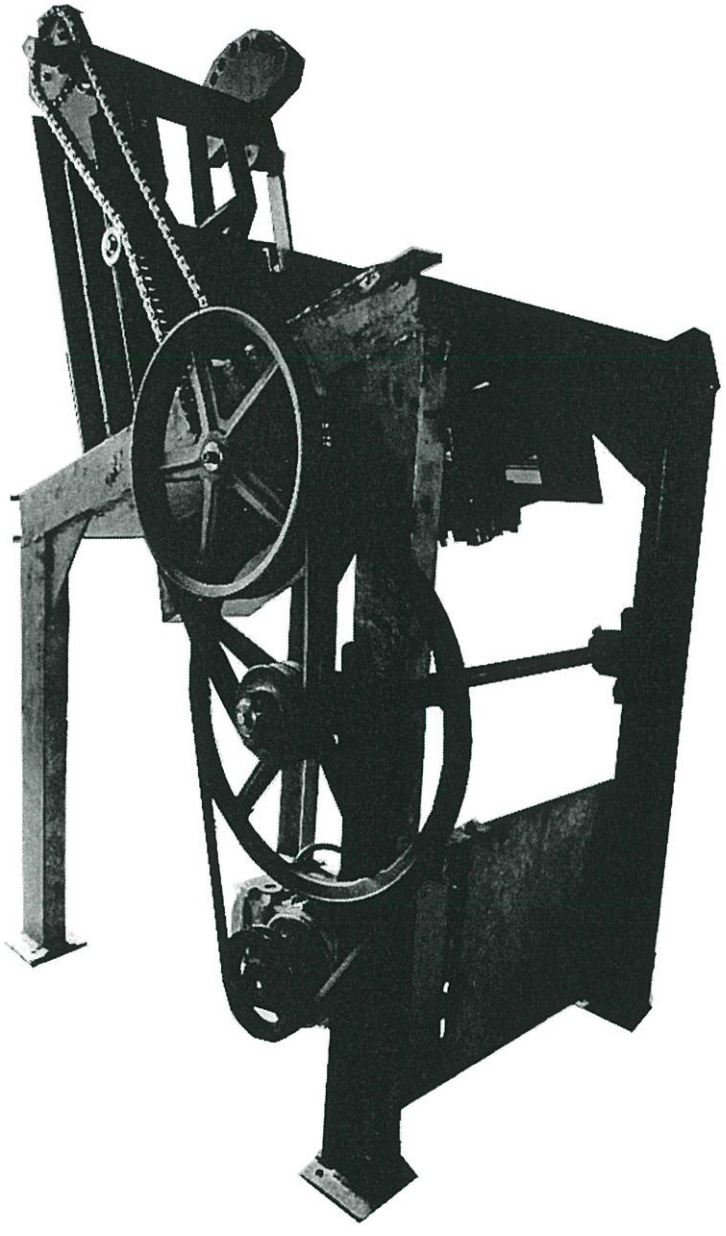
ตารางที่ ก.3 กำลังการผลิตเครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋าของเครื่องพัฒนา

จำนวน	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	เวลาที่ใช้ (นาที)
1	40	2.48±0.24
2	40	2.51±0.24
3	40	3.04±0.24
4	40	2.46±0.24
5	40	2.42±0.24
6	40	3.01±0.24
7	40	2.45±0.24
8	40	2.41±0.24
9	40	2.50±0.24
10	40	2.43±0.24
Average		2.571±0.24

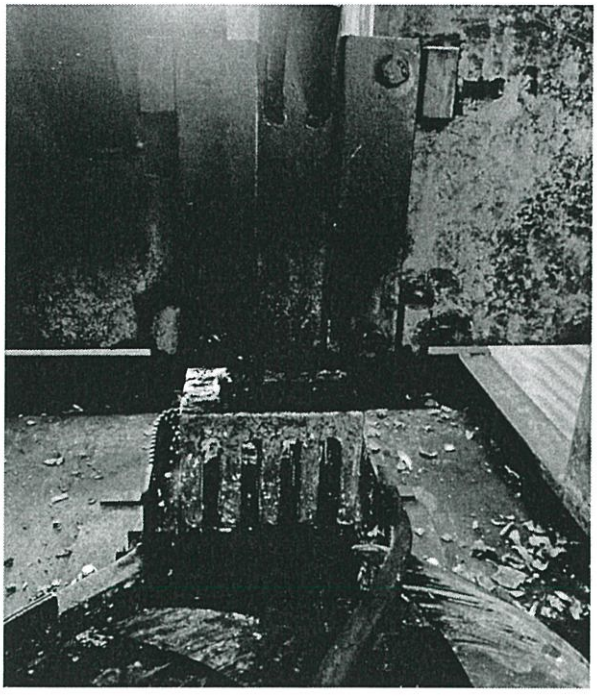
ตารางที่ ก.4 เปอร์เซ็นต์ความเป็นลูกเต๋าของมันสำปะหลัง

ขนาด	ลำดับ	พื้นที่					
		ส่วนหัว		ส่วนกลาง		ส่วนท้าย	
		เต๋า(นน)	เศษ(นน)	เต๋า(นน)	เศษ(นน)	เต๋า(นน)	เศษ(นน)
ใหญ่	1	1.33	2.66	1.76	2.1	0.71	1.42
	2	1.52	2.61	1.63	2.57	0.64	1.17
	3	1.31	2.62	1.57	2.53	0.68	1.29
	4	1.29	2.58	1.7	2.56	0.64	1.21
	5	1.4	2.71	1.49	2.29	0.7	1.31
	Average	1.37	2.63	1.63	2.43	0.67	1.28
กลาง	1	1.27	2.54	1.47	2.63	0.69	1.39
	2	1.34	2.66	1.39	2.64	0.8	1.22
	3	1.51	2.35	1.62	2.37	0.71	1.4
	4	1.63	2.44	1.53	2.33	0.57	1.5
	5	1.58	2.45	1.43	2.49	0.64	1.41
	Average	1.46	2.48	1.48	2.49	0.68	1.38
เล็ก	1	1.01	2.4	0.92	2.35	0.62	2.7
	2	0.96	2.37	0.94	2.45	0.7	2.58
	3	0.89	2.67	0.83	2.55	0.61	2.45
	4	0.91	2.36	1.2	2.31	0.65	2.57
	5	1.1	2.74	0.99	2.55	0.63	1.99
	Average	0.97	2.50	0.97	2.44	0.64	2.45

ภาคผนวก ข



รูปที่ ข.1 เครื่องหั่นมันสำปะหลังแบบลูกเต๋า



รูปที่ ข.2 ชุดกดมันผ่านใบมีด

รูปที่ ข.3 ชุดใบมีดหั่น และใบปัดมัน