35

โครงการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ

เรื่อง

เครื่องคั้นน้ำอ้อยสด (Rolling cane juice Machine)

ลงทะเบียนวันที่ 13 พ.ย. 2549
เลขทะเบียน 069439
เลขหมู่ วพ. ว5 181 ส 1916.
หัวเรื่อง เครื่องคั้นน้ำอ้อย

โดย

หัวหน้าโครงการ

นายสญชัย เข็มเจริญ

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8

ผู้ร่วมวิจัย

นายประจักษ์ อ่างบุญตา

ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 7

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

งบประมาณประจำปี 2548

โครงการวิจัย : เครื่องคั้นน้ำอ้อยสด (Rolling cane juice Machine)

ชื่อนักวิจัย : นายสญชัย เข็มเจริญ ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8
นายประจักษ์ อ่างบุญตา ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7

ประจำปีงบประมาณ : 2548

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำอ้อยพร้อมดื่ม เป็นเครื่องที่รวมเอาหลักการในการปัดเปลือกอ้อยและหีบอ้อยมาประกอบเป็นเครื่องเดียวกัน เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการผลิตน้ำอ้อยจากกระบวนการที่มีอยู่เดิม

การดำเนินการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำอ้อยพร้อมดื่ม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชุด การทำงาน คือ 1. ชุดปัดเปลือกอ้อย 2. ชุดคั้นน้ำอ้อย การทำงานทั้งสองชุดนี้จะทำงานต่อเนื่องกันตามระบบที่วางไว้ โดยเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับเพลา มอเตอร์ สายพาน ทางคณะผู้วิจัยได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบชุดปัดเปลือกอ้อยโดยใช้วัสดุที่มีขายตามท้องตลาด และทำการสร้างชุดปัดเปลือกอ้อยแล้วนำมาประกอบเข้ากับชุดคั้นน้ำอ้อย และทำการทดสอบการทำงานของเครื่องตลอดจนการปรับปรุงและแก้ไขเพื่อนำเครื่องไปใช้งานได้ต่อไป

ผลที่ได้จากการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำอ้อยพร้อมดื่มคือ เปลือกอ้อยถูกปัดเปลือกออกจากลำอ้อยและถูกคั้นน้ำได้ความสามารถในการหีบอ้อยตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 – 40 มม. ในเวลา 1 ชั่วโมง คั้นอ้อยได้จำนวนอ้อย 141.71 กก. จะได้ปริมาณน้ำอ้อยโดยเฉลี่ย 64.87 กก. ได้น้ำอ้อยร้อยละ 45.78 %

Project Title : Rolling cane juice Machine

Name : Mr. Sonchai Kamcharlearn

: Mr. Pajak Angboonta

Academic year : 2004

Abstract

This research is to develop the ready-made sugar cane extractor which is based on the principles of sugar cane peeler and sugar cane container integrated into one machine for comfortable and rapid condition in producing sugar cane syrup from t he original process.

To develop the ready-made sugar cane extractor can be divided into 2 operating machines are 1. Sugar cane peeler 2. Sugar cane extractor. The operation of such two machines continuously operates according to the system which has been set. Firstly, it is to study shaft, motor, and belt. The researchers have studied the feasibility of sugar cane peeler design used by the materials distributed in the market. Consequently, it is to develop the sugar can peeler integrated into sugar cane extractor and to test the operation of its such machine as well as to improve and to modify the machine for the actual operation.

The finding of this project on developing ready-made sugar cane extractor is the sugar cane peeled from t he sugar cane which has been extracted for providing the sugar cane syrup in 35-40 mm. diameter container minimally and gaining the average volume of its sugar cane syrup of 64.87 kg. and average time consumed for 1 hr/141.71 kg. sugar cane is equal 45.78%

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัย เครื่องคั้นน้ำอ้อยสด ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยการได้รับความร่วมมือจากภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ขอขอบคุณ บริษัท เทค เอ็นซี จำกัด ซึ่งเป็นผู้ดำเนินการจัดทำชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรและขอขอบคุณ บุคลากรทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ทำให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ดำเนินงานวิจัยหวังว่างานวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติต่อไป และขอมอบคุณความดีที่เกิดจากโครงการนี้ ต่อมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญ	3
2.1 คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.3 แนวคิด	4
2.4 ทฤษฎีที่สำคัญ	4
2.5 สรุป	36
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	37
3.1 แผนการดำเนินงาน	37
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย	38
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	50
4.1 การวิเคราะห์ผล	51
4.2 สรุป	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผล	55
5.2 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	56
ภาคผนวก ก	57
ตารางที่สำคัญ	58

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ลักษณะทางการเกษตรของอ้อยที่ต้นน้ำ 5

ตารางที่ 2-2 ขนาดระบุของเพลาตามมาตราฐาน ISO / R 775-1969 10

ตารางที่ 2-3 ค่าตัวประกอบความล้าของแรงที่มากระทำกับเพลา 13

ตารางที่ 2-4 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานกับผิวสัมผัส 22

ตารางที่ 2-5 แสดงค่าตัวคูณแก้ไขแรงม้า 34

ตารางที่ 2-6 แสดงการหาเบอร์ของสายพานหรือความยาวของสายพาน 35

ตารางที่ 3-1 แสดงการดำเนินงาน 37

ตารางที่ 4-1 แสดงผลข้อมูลจากการทดสอบเครื่องตามท้องตลาด 51

ตารางที่ 4-2 แสดงผลข้อมูลจากการทดสอบเครื่องที่ออกแบบการสร้าง 51

ตารางที่ ก-1 การแปลงหน่วย 58

ตารางที่ ก-2 สูตรการเปลี่ยนค่า 59

ตารางที่ ก-3 เอสไอ Perfixes 64

ตารางที่ ก-4 ตัวคูณเพื่อแปลงหน่วย SI 65

ตารางที่ ก-5 Principle units used in mechanics 66

ตารางที่ ก-6 Selected physical properties 67

ตารางที่ ก-7 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา และเหล็กกล้าผสม 68

ตารางที่ ก-8 ค่าคงที่กายภาพของวัสดุวิศวกรรมบางชนิด 71

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2-1	แสดงส่วนต่างๆของปล้องอ้อย	7
ภาพที่ 2-2	แสดงส่วนต่างๆ ของบอลแบริ่ง	19
ภาพที่ 2-3	แสดงแรงกิริยา FN	22
ภาพที่ 2-4	แสดงจุดสัมผัสของสายพานขนานหมุนโอบ	22
ภาพที่ 2-5	แสดงสายพานรูปทรงลิ่ม	23
ภาพที่ 2-6	แสดงลักษณะโครงสร้างสายพานวี	24
ภาพที่ 2-7	แสดงชนิดของสายพานส่งกำลัง	25
ภาพที่ 2-8	แสดงสายพานหน้าตัดปกติ	25
ภาพที่ 2-9	แสดงสายพานหน้าตัดแคบ	26
ภาพที่ 2-10	แสดงสายพานหน้าตัดแคบ ท้องสายพานเป็นซี่ฟัน	26
ภาพที่ 2-11	แสดงสายพานหน้าตัดวีสำหรับงานเบา	27
ภาพที่ 2-12	แสดงสายพานหน้าตัดคู่	27
ภาพที่ 2-13	แสดงสายพานหน้าตัดวีหลายแถว	28
ภาพที่ 2-14	แสดงสายพานหนาตัดยอดแหลม	28
ภาพที่ 2-15	แสดงสายพานแบบรูปทรงฟันคางหมู	29
ภาพที่ 2-16	แสดงสายพานแบบรูปทรงฟันโค้ง	29
ภาพที่ 2-17	แสดงการติดตั้งสายพานวี	30
ภาพที่ 2-18	แสดงการดึงสายพาน	31
ภาพที่ 2-19	การปรับเตึงสายพาน	31
ภาพที่ 3-1	แสดงการปอกเปลือกด้วยกำลังคน	38
ภาพที่ 3-2	แสดงผิวอ้อยจากการปัดของแปรงปัดแบบสก็อตไบร์	39
ภาพที่ 3-3	แสดงลูกปัดแบบสก็อตไบร์แบบแผ่นพับ	39
ภาพที่ 3-4	แสดงผิวจากการปัดของลูกปัดแบบสก็อตไบร์แบบแผ่นพับ	40
ภาพที่ 3-5	แสดงการปัดเปลือกด้วยลวดทองเหลือง	40
ภาพที่ 3-6	แสดงส่วนของโครงเครื่อง	46
ภาพที่ 3-7	แสดงชุดของแปรงปัดเปลือกอ้อย	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 3-8	แสดงการติดตั้งชุดแปรงปัดเข้ากับโครง	47
ภาพที่ 3-9	แสดงการติดตั้งชุดหีบคั้นน้ำอ้อย	47
ภาพที่ 3-10	แสดงระยะแปรงปัดชุดที่ 1 และ 2	48
ภาพที่ 3-11	แสดงการติดตั้งระยะของมู่เลย์	48
ภาพที่ 3-12	แสดงการดิดตั้งชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง	49
ภาพที่ 3-13	แสดงการปิดชุดป้องกันเศษขุยอ้อย	49
ภาพที่ 4-1	แสดงกราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยต่ออ้อย 5 กก.	53
ภาพที่ 4-2	แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณการคั้นน้ำอ้อยเฉลี่ยต่ออ้อย 5 กก.	53

คำอธิบายสัญลักษณ์

T	=	แรงบิด
J	=	Polar second moment of area
r	=	รัศมีของจุดที่ต้องการหาค่า τ (r ผิวนอกให้ค่า τ_{max})
G	=	Modulus of rigidity
θ	=	มุมบิด
l	=	ความยาวของเพลาที่ถูกบิด
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน
P	=	กำลังเพลา
n	=	ความเร็วของมอเตอร์
V	=	ความเร็วตัด
F	=	แรงป้อนรวม
R	=	รัศมีมอเตอร์
A	=	พื้นที่หน้าตัดของเพลา
L_{10}	=	อายุประเมิน
a	=	3 สำหรับแบริ่งแบบเม็ดกลม
P	=	โหลดพลวัตเทียบเท่า N
X	=	แฟคเตอร์รัศมี
Y	=	แฟคเตอร์กันรุน
fs	=	อัตราคูณเพื่อความปลอดภัยทางพลวัต
C	=	ความสามารถในการรับโหลดพลวัต
fr	=	โหลดในแนวรัศมี
fa	=	โหลดในแนวแกน
V	=	แฟคเตอร์การหมุน
i	=	อัตราทด
n_1	=	ความเร็วล้อขับ
n_2	=	ความเร็วล้อตาม

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

d_1	=	เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ
d_2	=	เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม
Z_1	=	จำนวนฟันขับ
Z_2	=	จำนวนฟันตาม
hp	=	แรงม้า

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันนี้ พัฒนาการทางด้านอุตสาหกรรมภายในประเทศได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว วัดถุดิบที่ถือว่าเป็นส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมภายในประเทศอย่างหนึ่งก็คือ อ้อย เมื่อได้ทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ในการบริโภคสิ่งสำคัญที่จะแปรรูปวัตถุดิบคือ เครื่องจักรกล

การวิจัยเครื่องคั้นน้ำอ้อยสดต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบโดยการคั้นหรือหีบน้ำอ้อยสดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการ โดยนำไปสู่วัตถุประสงค์และประโยชน์ที่จะได้รับเมื่อโครงการนี้ได้บรรลุตามเป้าหมาย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรหลายอย่าง มีทั้งพืชสวนและพืชไร่ สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการถนอมอาหารได้หลายรูปแบบ จะเห็นได้จากโครงการหนึ่งผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบล จะมีผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ออกมาเป็นจำนวนมาก เช่น ผลไม้อบแห้ง ผลไม้กวน ผลไม้ทอด และออกมาในรูปของน้ำผลไม้มีทั้งเป็นแบบเข้มข้นหรือ แบบพร้อมดื่ม

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่เกษตรกรปลูกกันเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะถูกส่งเข้าโรงงานหีบอ้อยเพื่อทำเป็นน้ำตาลทราย บางส่วนจะนำมาแปรรูปเป็นน้ำอ้อยคั้นสดซึ่งมีขายกันอยู่โดยทั่วไป และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค การนำมาคั้นเป็นน้ำอ้อยสดนี้จะทำให้ได้ราคาดีกว่าการส่งให้โรงงานหีบอ้อย ทำให้เกิดอาชีพคั้นน้ำอ้อยสดขาย

การคั้นน้ำอ้อยสดในปัจจุบัน จะใช้เครื่องหีบอ้อยขนาดเล็ก ขับด้วยเครื่องยนต์เล็ก เพื่อสะดวกต่อการไปเร่ขาย ส่วนมากจะนำเครื่องหีบอ้อยใส่รถกระบะไปจอดขายตามแหล่งชุมชน ซึ่งการคั้นหรือหีบน้ำอ้อยจะต้องทำการปลอกเปลือกอ้อยเสียก่อนจึงจะทำการคั้นน้ำได้ ทำให้เสียเวลาในการปลอกเปลือก รวมทั้งเสียน้ำอ้อยไปบางส่วนที่ติดอยู่กับเปลือกไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อยสด โดยไม่ต้องทำการปลอกเปลือกด้วยมือก่อน

1.2.2 หาอัตราการผลิตของเครื่องคั้นน้ำอ้อยที่สร้างขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

13.1 ศึกษาออกแบบสร้างเครื่อง ให้มีอัตราการผลิตเท่ากับหรือมากกว่าเครื่องที่ใช้กับรถเร่ขาย

13.2 อ้อยที่ปอนเข้าเครื่องจะต้องทำความสะอาดในเบื้องต้นมาก่อนป้อนเข้าเครื่อง

13.3 ใช้มอเตอร์ขับจะต้องใช้กับไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลท์

13.4 น้ำอ้อยที่ได้จะต้องมีความสะอาดไม่มีสารปนเปื้อนที่เกิดจากเครื่องจักร

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 แบบการวิจัย (Research Design)

เป็นการศึกษาออกแบบ สร้างเครื่อง และทำการทดลอง หาประสิทธิภาพของเครื่อง

1.4.2 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอ้อย

2) ศึกษาหาแนวทางขูดผิวเปลือกอ้อย

3) ศึกษาออกแบบสร้างเครื่อง

4) ดำเนินการสร้าง

5) ทำการทดลองหาประสิทธิภาพ

6) วิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.5.1 ได้เครื่องคั้นน้ำอ้อยสด โดยไม่ต้องทำการปลอกเปลือกก่อน

1.5.2 เครื่องที่คิดประดิษฐ์ดัดแปลงขึ้นใหม่ไม่จำเป็นต้องทำการปลอกเปลือกอ้อยก่อนหีบ และยังจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม รวมทั้งประหยัดเวลาและแรงงาน สะดวกต่อผู้ใช้งาน

1.5.3 บุคคลทั่วไปสามารถนำไปใช้ประโยชน์ และสร้างอาชีพพัฒนาเป็นการอุตสาหกรรมในครัวเรือนได้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญ

เครื่องจักรกลเป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ต่ออยู่ด้วยกัน เคลื่อนที่สัมพันธ์กัน และส่งแรงจากแหล่งต้นกำลังเพื่อเอาชนะความต้านทานต่างๆของเครื่องจักรกลและใช้ทำงานได้

การออกแบบเครื่องเกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่าง พื้นฐานทางด้านการคำนวณและหลักการเลือกใช้วัสดุสำรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสม กับการใช้เครื่องจักรกลกับงานลักษณะต่างกันของโครงการนั้นๆ

2.1 คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย

- เครื่องคั้นน้ำอ้อยสด (Rolling cane juice Machine) เป็นเครื่องที่ใช้บีบคันน้ำอ้อยสดด้วยลูกบีบทรงกระบอก การทำงานของเครื่องโดยทำความสะอาดอ้อยทั้งลำก่อนในเบื้องต้น แล้วนำใส่เข้าเครื่องบีบโดยไม่ต้องทำการปลอกเปลือกก่อน เครื่องจะทำการขัดผิว แล้วบีบน้ำอ้อยออก สามารถนำไปรับประทานได้ทันที
- น้ำอ้อยสด (Cane juice) เป็นส่วนของน้ำหวานที่คั้นได้จากลำต้นอ้อย
- คั้น (ก.)คือ บีบขย้ำโดยแรงเพื่อให้ของเหลวที่มีอยู่ออกมา เช่น คั้นส้ม
- เปลือก (น.)คือ ส่วนที่หุ้มนอกของสิ่งต่างๆ เช่น ต้นไม้ ผลไม้
- อ้อย (น.)คือ ชื่อไม้ล้มลุกชนิดหนึ่ง Saccharum officimarum L. ในวงค์ Gramineue ขึ้นเป็นกอ ลำต้นเป็นปล้องข้างต้น มีหลายพันธุ์ เช่น อ้อยขาไก่ อ้อยตะเภา หีบเอาน้ำหวานทำน้ำตาลใช้ดื่ม หรือเคี้ยวกินแต่น้ำหวาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- การพัฒนาเครื่องคั้นน้ำอ้อยพร้อมดื่ม ได้แนวคิดในการออกแบบโครงสร้างมาจากปริญญานิพนธ์มาจาก เรื่องการสร้างเครื่องหีบอ้อยกึ่งอัตโนมัติของคณะครุศาสาตร์อุตสาหกรรม จัดทำโดย นายสมคิด คงชู , นายมาโนช ศรีละมูล , นายจีระศักดิ์ รัตนพันธ์ , นายสนธยา นงค์นวล , นายพรศักดิ์ ปรุสพันธุ์
- การพัฒนาเครื่องคั้นน้ำอ้อยพร้อมดื่ม ได้แนวคิดในการออกแบบแปรงปัดมาจากปริญญานิพนธ์มาจาก เรื่องการออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกและคั้นอ้อย คณะวิศวกรรมเกษรศาสตร์จัดทำโดย นายทวีศิลป์ เล็กประดิษฐ์ , นายวุฒิชัย ใจวงศ์คำ , นายจีรวัฒน์ ศรีเทพ

2.3 แนวคิด

การคั้นน้ำอ้อยสดนี้จะใช้เครื่องหีบขนาดเล็ก ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ เพื่อสะดวกต่อการขาย ซึ่งการคั้นหรือหีบอ้อยจะต้องทำการปอกเปลือกเสียก่อนจึงจะทำการคั้นน้ำอ้อยทำให้เสียเวลา รวมทั้งเสียน้ำอ้อยไปบางส่วนที่ติดกับเปลือกอ้อยไปด้วย

ดังนั้นผู้ประดิษฐ์ได้เห็นปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่ประดิษฐ์เครื่องคั้นน้ำอ้อยสดแบบไม่ต้องปอกเปลือก โดยวิธีการปัดเปลือก

2.4 ทฤษฎีที่สำคัญ

2.4.1 ประวัติและความเป็นมาของอ้อย [9]

อ้อยเป็นพืชสกุลหญ้า (Gramineae) เข้าใจว่ามีแหล่งกำเนิดอยู่ตามเกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ และภายหลังได้แพร่เข้าไปยังผืนแผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชีย แล้วจึงแพร่เข้าไปยังแหล่งอื่น ๆ ของโลก อ้อยขึ้นได้ดีในประเทศที่ตั้งในเขตร้อน (Tropical) และกึ่งร้อน (Subtropical) น้ำตาลที่ผลิตทั้งหมดในแต่ละปีร้อยละ 60 ผลิตมาจากอ้อย ที่เหลืออีกร้อยละ 40 ได้มาจากผักกาดหวาน (Sugar beets) เขตการปลูกอ้อยของโลกจำกัดอยู่ระหว่างเส้นรุ่งที่ 35° เหนือและใต้ อ้อยชอบแสงแดดจัดเพื่อการเจริญเติบโตและสร้างน้ำตาลสะสมภายในลำ โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิเฉลี่ย ไม่ควรต่ำกว่า 20°C ปริมาณน้ำฝนแต่ละปีควรจะอยู่ระหว่าง 1,500-2,000 มิลลิเมตร ปลูกกันโดย ทั่วไป ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงระดับสูง 500 เมตร เกษม (2523) กล่าวเสริมว่าพันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกเป็นการค้าแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. อ้อยสำหรับทำน้ำตาล (Industrial cane) อ้อยพวกนี้เป็นอ้อยลูกผสมเกิดขึ้นโดยนักผสมพันธุ์อ้อยของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก สำหรับประเทศไทยได้มีการนำพันธุ์อ้อยลูกผสมเข้ามาจากต่างประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันรวมประมาณ 220 พันธุ์ ในจำนวนนี้มีเพียง 20 พันธุ์เท่านั้นที่ปลูกเป็นการค้า

2. อ้อยเคี้ยว (Chewing) ได้แก่ อ้อยที่มีเปลือกนิ่ม ชานนิ่ม มีความหวานปานกลางถึงค่อนข้างสูง ปลูกเพื่อหีบเอาน้ำอ้อยสำหรับบริโภคโดยตรง หรือใช้สำหรับรับประทานสด อ้อยเคี้ยวที่นิยมปลูกกันมีหลายพันธุ์ พันธุ์แรกคืออ้อยสิงคโปร์หรืออ้อยสำลี มีชานนิ่มมาก ลำต้นสีเหลืองอมเขียวเมื่อหีบแล้วได้น้ำอ้อยสีสวยน่ารับประทาน พันธุ์ที่สองคือพันธุ์มอริเชียส ลำต้นสีม่วงแดง ไม่เหมาะสมสำหรับทำน้ำอ้อย จึงใช้บริโภคโดยตรง อ้อยพันธุ์นี้เป็นที่นิยมมาก ส่วนใหญ่จะปลูกกันในจังหวัดราชบุรีและนครปฐม อีกพันธุ์หนึ่งคือพันธุ์บาลิดา ลำต้นสีม่วงดำ แม้จะเป็นอ้อยเคี้ยวแต่ไม่ค่อยนิยมปลูกกันเพราะโตช้าและปล้องสั้นมาก อ้อยทั้งสามพันธุ์นี้จัดเป็นอ้อยดั้งเดิมซึ่งมีถิ่นกำเนิดมาจากแถบเกาะนิวกินี

3. อ้อยคั้นน้ำ ที่นิยมมาคั้นน้ำมากมี 2 ชนิด คือ

อ้อยพันธุ์สิงคโปร์ เป็นอ้อยที่มีถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกีนี มีลักษณะที่สำคัญ คือ ลำต้นใหญ่ ใบกว้าง มีน้ำตาลมาก ไฟเบอร์น้อย เปลือกนิ่ม แตกกอน้อย ไม่ค่อยทนทานต่อโรคและแมลงตลอดจนสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (นิรนาม, 2539)

อ้อยน้ำคั้นสุพรรณบุรี 50 เป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมเปิดของอ้อยพันธุ์เอสพี 074 (SP 074) ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี และประเมินผลที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สถานีทดลองพืชไร่ ตลอดจนไร่เกษตรกรในจังหวัดต่าง ๆ ตั้งแต่ปี 2533 ถึง 2538 อ้อยคั้นน้ำพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ให้ผลผลิตน้ำอ้อยดีกว่าพันธุ์ดั้งเดิมที่ใช้กันอยู่ในสิงคโปร์ (ดังตารางที่ 2-1 ในทุกสภาพแวดล้อม และปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี โดยเฉพาะในเขตภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งเป็นแหล่งปลูกอ้อยที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย (ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี 2539)

ตารางที่ 2-1 ลักษณะทางการเกษตรของอ้อยคั้นน้ำพันธุ์สุพรรณบุรี 50 เปรียบเทียบกับพันธุ์สิงคโปร์

	สุพรรณบุรี 50	สิงคโปร์
ผลผลิตน้ำอ้อย(ลิตร/ไร่)	4913	2126
ความหวาน (บริกซ์)	16.1	14.6
จำนวนลำ (ลำ/ไร่)	12198	6384
ขนาดลำ (ซ.ม.)	3.1	3.2
ความยาวลำ (ซ.ม.)	249	208
อายุเก็บเกี่ยว (เดือน)	8	8
ต้นที่พบโรคแส้ดำ (%)	0	27.0
ต้นที่พบใบขาว (%)	0	2.0
ต้นที่พบใบจุดเหลือง (%)	20.0	31.0
ต้นที่พบลำต้นเน่าแดง (%) ศรว .สพ.	4.2	8.4
ต้นที่พบโรคลำต้นเน่าแดง (%) ไร่เกษตรกร	4.8	53.8
ต้นที่พบโรคใบด่าง	23.0	28.5
ต้นที่พบหนอนกออ้อย	4.0	6.0

2.4.1.1 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ของอ้อย

อ้อยจัดเป็นพืชในตระกูลหญ้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum officinarum L..ลักษณะภายนอกประกอบด้วยลำต้นที่มีข้อและปล้องชัดเจน มีใบเกิดสลับข้างกัน และมีส่วนกาบใบหุ้มลำต้นไว้โดยกาบใบและใบจะมีไขและขนอยู่ด้วย อ้อยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ ๆ ได้แก่ อ้อยอุดสาหกรรมอ้อยเคี้ยว และอ้อยคั้นน้ำ (เกษม สุขสถาน, อุดม พลูเกษ, และบัญญัติโกมลวาจ, 2520) ลักษณะทั่วไปของอ้อยคั้นน้ำ มีดังต่อไปนี้

1. ลำต้น ประกอบด้วยข้อและปล้องจำนวนมากเรียงติดกัน ข้อหมายถึง ส่วนที่อยู่ระหว่างรอยกาบถึงวงเจริญ ปล้องคือส่วนตั้งแต่วงเจริญถึงรอยกาบที่อยู่เหนือขึ้นไป โดยทั่วไปมักจะเรียกสั้น ๆ ว่าปล้องซึ่งหมายถึงความยาวจากรอยกาบหนึ่งถึงรอยกาบอีกอันหนึ่งของลำต้นประกอบ ไปด้วยปล้องหลายปล้องซึ่งมีความยาวต่างกัน ลำต้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของปล้อง ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ดังนี้

ก) ตา เกิดที่ข้อในบริเวณเกิดราก ปกติแต่ละข้อข้อมีหนึ่งตาเกิดสลับกัน

ข) บริเวณเกิดรากคือส่วนที่อยู่ระหว่างรอยกาบและวงเจริญเป็นที่เกิดของปุ่มราก

ค) ปุ่มราก เป็นจุดเล็ก ๆ ในบริเวณเกิดราก รากเจริญออกมาจากปุ่มเหล่านี้

ง) วงเจริญหรือวงแหวนลักษณะเป็นวงแหวนเรียบอยู่เหนือบริเวณเกิดรากไม่มีไข

จ) รอยกาบ เป็นรอยที่เกิดขึ้นหลังจากกาบใบหลุดแล้ว

ฉ) วงไขคือส่วนที่อยู่ใต้รอยกาบ ส่วนนี้มักจะมีไขเกาะมากกว่าส่วนอื่น ๆ ของลำต้น

ช) รอยแตกลายงา คือรอยที่ผิวของลำต้นที่มักเกิดขึ้นที่ใต้บริเวณวงไข

ซ) รอยแตกลึกเป็นรอยแตกขนาดใหญ่เกิดตามความยาวของลำต้นเข้าไปในเนื้อ

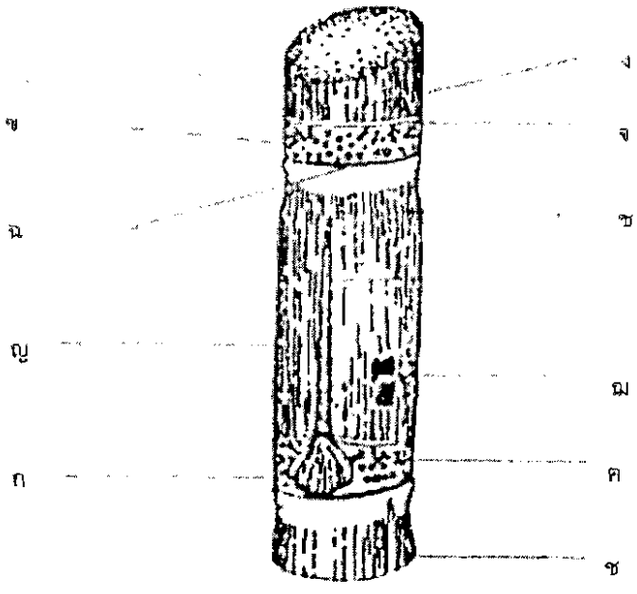
ฌ) รอยตกสะเก็ด หมายถึงรอยแตกที่ผิวซึ่งเกิดเชื่อมติดกันเป็นแผ่น

ญ) ร่องตา เป็นร่องที่เกิดที่ปล้องเหนือข้อขึ้นไป

2. ใบ ประกอบด้วยส่วนสองส่วนคือกาบใบและแผ่นใบกาบคือส่วนที่ห่อหุ้มลำต้น แผ่นใบคือส่วนที่อยู่เหนือแผ่นใบขึ้นไป ทั้งสองส่วนแยกออกมาจากกันที่คอบด้านใน หรือส่วนที่เกิดขึ้นลิ้นใบนั้นเอง

3. ช่อดอก ในกรณีที่อ้อยออกดอกเราอาจใช้ลักษณะช่อดอกในการจำแนกพันธุ์

4. กลุ่มขน กลุ่มขนที่อาจใช้จำแนกพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ที่กาบใบและที่ตา



ภาพที่ 2-1 ส่วนต่างๆ ของปล้องอ้อย

เมื่อตัดลำต้นตามแนวจะปรากฏส่วนที่แตกต่างกัน 3 ส่วน คือส่วนนอกสุดซึ่งมีความแข็งมากเรียกว่า เปลือก (Hard rind) ถัดเข้าไปซึ่งนิ่มมากกว่าส่วนเนื้ออ้อย (Flesh) อันประกอบเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำตาล (Parenchyma หรือ Storage cell) และเยื่อใยหรือไฟเบอร์ (Fiber) ซึ่งจะเป็นส่วนต่าง ๆ ได้ชัดเจนเมื่อนำมาส่องดูด้วยกล่องจุลทรรศน์ ผลจากการส่องปรากฏว่าส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยเซลล์ผิวหนา ซึ่งมีลิกไนท์ (lignin) เป็นส่วนที่ประกอบที่สำคัญ เปลือกทำหน้าที่ให้ลำต้นแข็งแรงและป้องกันส่วนที่อยู่ภายในของลำต้น ส่วนที่เป็นไฟเบอร์นั้น ความจริงก็คือ ท่อน้ำและท่ออาหาร ในลำต้นหนึ่ง ๆ มีท่อดังกล่าวอยู่ประมาณ 1200 ท่อ ความหนาแน่นของไฟเบอร์มีมากที่บริเวณใกล้เปลือกและน้อยลงเมื่อใกล้จุดศูนย์กลางของลำต้น นอกจากนี้ใกล้บริเวณจุดศูนย์กลางมักจะมีไส้ (Pith) รวมเป็นกลุ่มและอาจกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นลักษณะประจำพันธุ์ ในส่วนที่เป็นปล้องที่อยู่ถัดไป บางส่วนแยกอยู่กับกาบใบ ปุ่มราก หรือตาเป็นต้น ส่วนที่นิ่มซึ่งอยู่รอบ ๆ ไฟเบอร์คือเซลล์ซึ่งทำหน้าที่เก็บน้ำตาลนั่นเอง เมื่ออ้อยถูกบีบเซลล์เหล่านี้จะแตกและปล่อยน้ำตาลออกมาความแข็งหรือความนิ่มของเนื้ออ้อยขึ้นอยู่กับ ปริมาณคุณภาพของไฟเบอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

2.4.1.2 ส่วนประกอบของลำอ้อย

ส่วนประกอบของอ้อย เมื่อได้ทำการตัดยอดอ้อยและใบอ้อยแล้วโดยทั่ว ๆ ไปมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้ คือน้ำ 73-76%, เยื่อ 11-16% และของแข็งที่ลายน้ำได้ 10-16%

เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยเทียบเป็นร้อยละ จะได้ว่าส่วนประกอบต่าง ๆ มีดังนี้ คือ (กล้าณรงค์, 2521)

น้ำตาลซูโครส	70-80%
น้ำตาลกลูโครส	2-4%
น้ำตาลฟรุกโตรส	2-4%
เกลือของกรดอนินทรีย์	1.5-4.5%
เกลือของกรดอินทรีย์	1.0-3.0%
Carboxylic acids	1.1-3.0%
Amino acids	0.5-0.6%
โปรตีน	0.5-0.6%
แป้ง	0.001-0.050%
Gums	0.3-0.6%
Wax, Fats, Phosphatides	0.05-0.15%
Unidentified non-sugars	3.0-5.0%

2.4.2 ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกล

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจำเป็นที่ จะต้องอาศัยความรู้ทางด้านกลศาสตร์ วัสดุ พลศาสตร์ และอื่นๆ มาประกอบเข้าด้วยกันซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนสิ่งที่สำคัญที่จะออกแบบชิ้นงานได้ก็คือ ความเข้าใจทางด้านกลศาสตร์อย่างถ่องแท้ ซึ่งพอจะแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

2.4.2.1 การออกแบบเพลา [1]

แม้ว่าจะได้กล่าวถึงทฤษฎีในการออกแบบเพลามาแล้วในบทความเค้นผสม แต่เนื่องจากว่าเพลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรกลเกือบทุกชนิด ดังนั้นจึงควรจะได้พิจารณาถึงการออกแบบเพลาโดยเฉพา เพลาอาจจะมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะของการใช้งานดังต่อไปนี้คือ

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุนเช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น อย่างไรก็ตามทั้งเพลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่าเพลาไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรืออยู่นิ่งก็ตาม

สพินเดิล (Spindle) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ไม่หมุน เช่น เพลาที่หัวแท่นกลึง (Head – stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟต์ (Stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟต์ (Head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็น ชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่น ๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ

เพลาแนว (Line shaft) หรือเพลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลาเมน (main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลังและใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่น ๆ โดยเฉพาะ

แจ็คชาฟต์ (Jackshaft) หรือเคาน์เตอร์ชาฟต์ (Counter shaft) เป็นเพลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลาเมนหรือเครื่องจักรกล

เพลาอ่อน (Flexible shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรืองอโค้งได้ เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเกลียว (Wire rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้ แต่ส่งกำลังได้น้อย

เพลาอาจจะรับแรงดึง แรงกด แรงบิด หรือแรงดัด หรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ ดังนั้น การคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดเวลา ทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งานในลักษณะนี้ นอกจากนั้นเพลายังจะต้องมีความแข็งเกร็ง (Rigidity) เพียงพอเพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ ระยะโก่ง ((Beflection) ของเพลาก็เป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดขนาดเพลาเช่นเดียวกัน เพราะถ้าเพลามีระยะโก่งมากก็จะเกิดการแกว่งขณะหมุน ทำให้ความเร็ววิกฤต (Critical speed) ของเพลาลดลง ซึ่งอาจทำให้เพลามีการสั่นอย่างรุนแรงในขณะที่ความเร็วของเพลาเข้าใกล้ความเร็ววิกฤตนี้ได้ ระยะโก่งนี้ยังมีผลต่อการเลือกชนิดของที่รองรับเพลา เช่น บอลแบริ่ง (Ball bearing) ก็ต้องมีการเยื้องแนว (Misalignment) ในการใช้งานที่พอเหมาะกับเพลาด้วย

1) วัสดุเพลา วัสดุใช้สำหรับทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้ว มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

2) ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีขนาดมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตราฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดขนาดมารฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลา ดูได้จากตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	

3) การพิจารณาในการออกแบบ การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมะกับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่นในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งเที่ยงตรง ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งรองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น

ถึงแม้ว่าจะไม่มีมาตรฐานสำหรับพิกัดมุมบิดของเพลาไว้ก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วมักจะให้มุมบิดของเพลาในเครื่องจักรกลทั่วไปไม่เกิน 0.3 ต่อความยาวเพลา 1 m (1) สำหรับเพลาส่งกำลังทั่วไปอาจจะให้มีมุมบิดได้ถึง 1 ต่อความยาวเพลา 20 เท่า ของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพลา ในกรณีของเพลาบูกเบี้ยวสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในแล้วจะให้มีมุมบิดได้ไม่เกิน 0.5 ตลอดความยาวของเพลา

ความแข็งเกร็งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความแข็งเกร็งทางด้านระยะโก่ง เพราะจะต้องใช้ระยะโก่งของเพลาที่อยู่ภายใต้แรงภายนอกเป็นตัวสำคัญในการกำหนดระยะเบียด (Clearance) ระหว่างล้อ สายพาน เฟือง โครงของเครื่องจักร ตลอดจนการเลือกชนิดของแบริ่งสำหรับรองรับเพลาให้เหมาะสม ถ้าเพลามีระยะโก่งมากเกินไปจะทำให้ความยาวของฟันเฟืองส่วนที่สัมผัสหรือขบกันลดลงเป็นผลทำให้อัตราส่วนการขบ (Contact ratio) ของเฟืองลดลงด้วย ทำให้การส่งกำลังของเฟืองไม่ราบเรียบเท่าที่ควร การเลือกแบริ่งมารองรับเพลาก็เช่นกันจำเป็นต้องเลือกแบริ่งชนิดที่อนุญาตให้มีการเยื้องแนวสำหรับการใช้งานได้พอเหมาะกับระยะโก่งของเพลาที่จะ

เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นแบริ่งแบบธรรมดาหรือแบริ่งแบบปรับแนวได้เอง (Self – bearing) ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับค่าระยะโก่งเป็นสำคัญ

ระยะโก่งดังกล่าวมานี้ก็ไม่มีมาตรฐานกำหนดเป็นแนวทางไว้ โดยทั่วๆไปแล้วผู้ออกแบบอาจจะถือค่าต่อไปนี้เป็นแนวทางในการกำหนดความเข็งเกร็งทางด้านระยะโก่งได้ดังนี้คือ

สำหรับเพลาเครื่องจักรกลทั่วไป ค่าระยะโก่งระหว่างจุดที่รองรับด้วยแบริ่งควรจะไม่เกิน 0.08 mm/m (4)

สำหรับเพลาที่มีเฟืองตรง (Spur gear) คุณภาพดีอยู่ด้วย ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่มีเฟืองขบกันไม่ควรเกิน 0.125 mm และความลาดเอียงของเพลา ณ ตำแหน่งนี้ควรจะน้อยกว่า 0.0286 องศา

สำหรับเพลาที่มีเฟืองดอกจอก (Bevel gear) คุณภาพดีติดอยู่ ระยะโก่ง ณ ตำแหน่งที่เฟืองขบกัน ไม่ควรเกิน 0.075 mm

จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าขนาดของเพลาอาจจะหามาได้โดยใช้ความแข็งเกร็ง ที่ต้องการแทนที่จะเป็นความแข็งแรงในการับแรงภายนอกได้ การหาระยะโก่งของเพลาที่มีขนาดเท่ากันตลอดอาจทำได้โดยใช้วิธีที่ได้เรียนรู้มาแล้วในวิชากลศาสตร์วัสดุ เช่น วิธีการระยะโก่งของเพลาที่มีขนาดเท่ากันตลอดอาจทำได้โดยใช้วิธีที่เรียนรู้มาแล้วในวิชากลศาสตร์วัสดุ เช่น วิธีการอินทิเกรดสองครั้ง (Double integration) วิธีพื้นที่ของโมเมนต์ดัด (moment area) เป็นต้น และจะไม่กล่าวถึงในที่นี้

สำหรับเพลาที่มีขนาดไม่เท่ากันตลอด (Stepped shaft) การใช้วิธีดังกล่าวมาแล้วอาจจะล่าช้าและเสียเวลา โดยเฉพาะวิธีการอินทิเกรดสองครั้งเพราะต้องใช้สภาพของขอบเขต (Boundary conditoon) ใหม่ทุกครั้งที่เพลาเปลี่ยนขนาด วิธีที่นิยมใช้กัน (แต่ก็ยังใช้เวลามาก) คือ วิธี Graphical integration และ Numerical integration สำหรับวิธีแรกนี้ผู้อ่านอาจจะหาดูได้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 4 ส่วนวิธีหลังนี้เหมาะกับการใช้เครื่องคำนวณไฟฟ้าช่วยในการคำนวณ ซึ่งก็จะไม่กล่าวถึงในที่นี้อีกเช่นกัน สำหรับผู้อ่านที่สนใจอาจหาดูได้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 5 หรือ 6 ซึ่งได้แสดงขั้นตอนสำหรับการคำนวณไว้อย่างละเอียด

4) การออกแบบเพลาตามโค้ดของ AMSE ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาสงกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) ถึงแม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตาม วิธีการออกแบบเพลาตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์ (Static design

method) ในการหาสมการ สำหรับการออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลา ให้เพลาเป็นแบบกลมแลกลวง โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางในและภายนอกเท่ากับ d_i และ d ตามลำดับ ความเค้นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนเพลามีดังต่อไปนี้คือ

ความเค้นดึงหรือกด

$$\sigma_b = \frac{4F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2-1}$$

ความเค้นดัด

$$\sigma_b = \frac{Mc}{I} = \frac{32Md}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2-2}$$

ความเค้นเฉือน

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16Td}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2-3}$$

ในกรณีที่เป็นแรงกด อาจมีผลจากการโก่งงอได้ ดังนั้นสมการที่ (2-1) จะกลายเป็น

$$\sigma_a = \frac{4\alpha F}{\pi(d^2 - d_i^2)} \tag{2-4}$$

เพลาในส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

ดังนั้นสมการที่ (2-2) และสมการที่ (2-3) จึงกลายเป็น

$$\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi(d^4 d_i^4)} \tag{2-5}$$

และ $$\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d^4 - d_i^4)} \tag{2-6}$$

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_b \tag{2-7}$$

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau_{\max} = \frac{16\mathrm{T}}{\pi d^3} \tag{2-8}$$

จัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau(1-\mathrm{K}^4)}\left[(C_t\,\mathrm{T})^2 + \left[\frac{\alpha F d(1+\mathrm{K}^2)}{8} + C_m\,\mathrm{M}\right]^2\right]^{1/2} \tag{2-9}$$

หรือในกรณีของเพลาตัน $\mathrm{K} = d_2 / d = 0$ เมื่อแทนค่าลงจะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t\,\mathrm{T})^2 + (C_m\,\mathrm{M})^2\right]^{1/2} \tag{2-10}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตารางที่ (2-3)

ตารางที่ 2-3 ค่าตัวประกอบความล้าของแรงที่มากระทำกับเพลา

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลาหมุน		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

สำหรับตัวประกอบของการโก่งงอ ASME ได้แนะนำให้ใช้ค่าดังนี้

$$\alpha \quad = \quad 1 \text{ เมื่อ F เป็นแรงดึง} \tag{2-11}$$

$$\alpha = \frac{1}{1-0.004(L/K)} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{L}{K} < 115 \qquad (2\text{-}12)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y (L/K)^2}{\pi^2 n E} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{L}{K} > 115 \qquad (2\text{-}13)$$

โดยที่ n = 1.00 เมื่อปลายเป็นแบบ ss

n = 2.25 เมื่อปลายเป็นแบบ cc

n = 1.60 เมื่อปลายเพลาถูกขืนเป็นบางส่วน

L = ความยาวจริงของเพลา

จะเห็นได้ว่าสมการที่ (2-12) เป็นสมการของสูตรเส้นตรง (Straight line formula) และสมการที่ (2-13) เป็นสมการของออยเลอร์ ซึ่งแก้ไขค่าคงที่ใหม่

นอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความเค้นเฉือนใช้งานดังนี้

τ_d = 55 N / mm สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

τ_d = 41 N / mm สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่ม

แต่ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะ ให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจากสมการ

$$\tau_d = {}_{0.3}\sigma_y \quad \text{หรือ} \quad \tau_d = 0.18\,\sigma_u \qquad (2\text{-}14)$$

5) ความแข็งเกร็งทางด้านการบิดสำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอ มุมบิดเป็น red จะหาค่าได้จากสมการ

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad (2\text{-}15)$$

สำหรับเพลากลมตัน $J = \frac{\pi}{32} d^4$ ดังนั้นจึงหาค่ามุมบิดเป็นองศาได้จากสมการ

$$\theta = \frac{58TL}{GJ^4} \qquad (2\text{-}16)$$

ถ้าเป็นเพลากลมกลวง

$$\theta = \frac{TL}{(1-K^4)GJ^4} \qquad (2\text{-}17)$$

ฉะนั้นถ้าต้องการให้เพลามีความแข็งเกร็งตามลักษณะการใช้งานแล้ว ก็ควรที่จะใช้สมการที่ (2-17) นี้ตรวจสอบดูมุมบิดให้อยู่ในค่าที่ต้องการ

2.4.2.2 มอเตอร์ [5]

ลักษณะสำคัญของมอเตอร์ที่ควรทราบ มอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมแบบไฟฟ้ากระแสสลับ จำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ มอเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดทศนิยมกิโลวัตต์ หรือกำลังม้า ใช้กับไฟเฟสเดียว 220 โวลท์ และมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้ขับไฟสามเฟสด้วยขนาดกำลังที่เป็นจำนวนกิโลวัตต์ หรือแรงม้า แม่ว่าหน้าที่ปฏิบัติงานประจำของช่างเทคนิคจะไม่ต้องทำการกำหนด และเลือกขนาดของมอเตอร์ ณ ที่สถานีต่างๆ ในงานด้านอุตสาหกรรมแต่อย่างใดเลย และงานส่วนใหญ่ คือ งานการใช้บำรุงรักษาที่ถูกต้อง จำเป็นที่ต้องรู้ลักษณะโครงสร้างและลักษณะการใช้งานมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่ใช้กับไฟสามเฟส 380 โวลท์ มักมีขนาดไม่โตกว่า 75 กิโลวัตต์ หรือ 100 แรงม้า เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำทรงกระบอก นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะใช้งานได้ดีและบำรุงรักษาง่าย ราคาถูกทั้งราคามอเตอร์ และราคางาน

ลักษณะการหมุนของมอเตอร์ มอเตอร์คือเครื่องจักรไฟฟ้าที่เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล สมมุติว่ามีลวดตัวนำเส้นหนึ่ง ข้างซ้ายในลวดตัวนำเส้นนี้มีกระแสตรงจำนวนหนึ่งแล่นตรงผ่านทะลุออกไป ซึ่งเขียนแสดงด้วยเครื่องหมาย X อันหมายความว่ากระแสแล่นทะลุกระดาษออกไปข้างหลัง ขณะที่มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบๆ ตัวนำเส้นนั้นในทิศทางตามเข็มนาฬิกา สนามแม่เหล็กเป็นสนามวงกลมซ้อนกันที่มีจุดศูนย์กลาง ณ ลวดตัวนำนั้นเอง หากตัวนำนี้อยู่ในสนามแม่เหล็ก N – S สนามแม่เหล็กทั้งสองจะมีแรงปฏิกิริยาต่อกัน ผลคือ จะผลักตัวนำนั้นให้แล่นออกไปทางด้านซ้ายดังรูป ในทำนองเดียวกันหากกระแสไหลผ่านเข้าลวดตัวนำนั้น สวนทางออกมาจากด้านหลังออกสู่ด้านหน้ากระดาษ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับข้างต้น แรงผลักที่เกิดขึ้นจะผลักลวดตัวนำนั้นให้แล่นออกไปทางขวา

ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป คือ มอเตอร์กระแสตรง และกระแสสลับ สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2) มอเตอร์ผสม
3) มอเตอร์เหนี่ยวนำ
4) มอเตอร์อนุกรม
5) ซิงโครนัสมอเตอร์

1. แผ่นป้ายของมอเตอร์

สิ่งแรกที่ช่างเทคนิคทุกคนที่ต้องให้ความสนใจแก่มอเตอร์ตัวใดตัวหนึ่ง คือ แผ่นป้ายที่ติดณ มอเตอร์ตัวนั้นๆ เป็นแผ่นบอกอย่างย่อๆ เกี่ยวกับมอเตอร์ตัวนั้น ๆ ได้แก่

- คำว่า AC ย่อมาจาก Alternating Current แปลว่า กระแสสลับ เลขประจำมอเตอร์เป็นมอเตอร์ชุดที่บอกเกี่ยวกับแบบหรือรุ่นของมอเตอร์ว่าสร้างเมื่อไร
- J คือข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต วิธีออกเลขเป็นโค๊ด ของบริษัท โดยเฉพาะเลขประจำมอเตอร์นี้เป็นข้อมูลสำคัญ ในการติดต่อกับบริษัทผู้ผลิต
- เฟส หมายถึง จำนวนเฟส (Phase) ไฟสลับที่ต้องใช้มอเตอร์ตัวนั้น ๆ "PH1" หมายความว่า 1เฟส มอเตอร์ที่ใช้ทั่วไป ตัวเล็กจะใช้ 1 เฟส ตัวโตใช้ 3 เฟส
- "H p " คือ สมรรถนะกำลังวัดเป็น "กำลังม้า" นอกจากวัดเป็น Hp มอเตอร์สมัยใหม่จะวัดเป็นกิโลวัตต์หมด

$$1Hp = 0.746\ kW \tag{2-18}$$

มอเตอร์บางตัวจะติดป้ายทั้ง Hp และ kW มาด้วยกัน มอเตอร์บางตัวจะติดป้าย "Cont" มาด้วย หมายความว่ามอเตอร์นั้น จะให้สมรรถนะกำลังด้วยค่าดังกล่าว เป็นระยะเวลาใช้งานติดต่อกันนานๆ

- ความถี่ หน่วยจะเป็น Hertz ต่อ Cycle / sec
- ความเร็วรอบ หน่วยจะเป็นรอบต่อนาที (RPM – Revolution Per Minute)
- แรงดัน หมายถึง จำนวนโวลท์ (Volts) หรือแรงดันที่ต้องต่อเข้ามอเตอร์ 220 หรือ 380 โวลท์
- กระแส หมายถึง จำนวนกระแส (Ampare) ที่มอเตอร์ต้องใช้ขณะให้สมรรถนะกำลังที่กำหนดไว้บนแผ่นป้ายนั้น ๆ มอเตอร์บางตัวใช้ได้กับแรงดันสองค่า
- ภาระกิจของมอเตอร์ และข้อพิจารณาในเชิงกลเบื้องต้น ภาระกิจของมอเตอร์ ได้แก่ ปริมาณ ภาระหรือโหลด และปริมาณทอร์คที่ต้องใช้ทำงานลักษณะอื่นๆ ที่สำคัญต่อภาระกิจของมอเตอร์ ได้แก่ สภาวะของมอเตอร์ว่าติดตั้งใช้งานอยู่ ณ ตำแหน่งแห่งใด อุณหภูมิบริเวณงานเป็นเท่าใด ลักษณะติดตั้งมอเตอร์ดั้งหรือนอนและมอเตอร์นั้นๆ มีกราฟแสดงสมรรถนะ ภาระความเร็วรอบเป็นอย่างไร

มอเตอร์ที่เลือกใช้งานเหมาะกับภาระกิจ และลักษณะอื่นๆ ที่จำเป็นด้วยดังกล่าวภาระกิจของมอเตอร์ที่สำคัญจะอธิบายได้พอสังเขป ดัง ต่อไปนี้

2. ภาระกิจความเร็วรอบคงที่

ภาระกิจของมอเตอร์ หมายถึง จำนวนกำลังของมอเตอร์ตัวนั้นจะสามารถให้กำลังขับได้ กล่าวคือ มอเตอร์จะต้องสามารถให้กำลังขับที่เพียงพอกับงาน เรียกว่า "กำลังเพลา" ข้อนี้เป็นสิ่งสำคัญประการแรก แต่แท้จริงความสามารถประการที่สองในการขับภาระนั้นคือ ทอร์คและทอร์คกำลังนั้นเกี่ยวข้องกัน จากสูตร

$$T = \frac{63000.Hp}{N} \qquad (2\text{-}19)$$

$$P = T.n \qquad (2\text{-}20)$$

P = กำลังเพลา (kW)

T = แรงบิด (Nm)

Hp = แรงม้าของมอเตอร์

N = ความเร็วมอเตอร์ (RPM)

ภาระของมอเตอร์อีกนัยหนึ่ง จึงมีค่าเท่ากับจำนวนแรงบิดที่ต้องใช้ขับให้โหลดหมุน จำนวนแรงบิดของมอเตอร์นั้นปกติจะขึ้นอยู่กับค่าความเร็วรอบ จากสูตรจะเป็นว่าเมื่อรอบต่ำแรงบิดจะสูง และเมื่อรอบสูงขึ้นแรงบิดจะลดลง จำนวนแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับความต้องการแรงบิดของสภาวะโหลดในขณะนั้น มอเตอร์จึงเป็นกำลังขับที่มีประโยชน์ จำนวนปริมาณโหลด ณ สภาวะงานต่าง ๆ นั้นไม่เท่ากัน

ปริมาณทอร์คที่ต้องใช้สตาร์ทเพลานิ่งให้หมุนนั้นขึ้นอยู่กับเวิธีการหล่อลื่น และชนิดของไขหล่อลื่นด้วยอย่างมาก ถ้าสภาวะหล่อลื่นดีมีแรงเสียดทานน้อย แม้แต่ในขณะเริ่มสตาร์ท ทอร์คก็น้อยตามโหลด บางครั้งฝืดกว่าการหมุนสตาร์ทได้ยากกว่าโหลดอันอื่น ๆ ตัวอย่างในอดีตได้แก่ การสตาร์ทเครื่องบดละเอียด และเตาหมุนเป็นต้น ในสมัยก่อนเรานิยมใช้แบริ่งที่อาบไข โดยอัดไขไว้ในห้องแบริ่งอย่างธรรมดา ๆ เมื่อหยุดใช้งานน้ำหนักเครื่องจะกดลงตรงผิวแบริ่ง ไล่ไขออกไปจากผิวสัมผัส และเมื่อถึงเวลาเริ่มหมุนสตาร์ทถ้ามีอากาศเย็นจะสตาร์ทติดยากมาก เพราะฝืดแรงบิดสตาร์ท ที่ต้องใช้จะไม่น้อยกว่า 1.5 เท่า หรือร้อยละ 150 ของแรงบิด ณ เกณฑ์ภาระหรือโหลดปกติขณะโหลดเต็ม ที่เป็นอย่างนั้นเพราะไม่มีสารหล่อลื่นแทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างผิวเพลาด้วยความกดดันสูง แม้ว่าเครื่องจะหยุดนิ่งแรงกดลงจากเครื่องไม่อาจดันไขออกจากผิวสัมผัสได้ผล คือแรงเสียดทานขณะเริ่มสตาร์ทมีน้อยมาก ใช้แรงบิดสตาร์ทด้วยจำนวนเพียงร้อยละ 70 – 90 ของปริมาณแรงบิด ณ โหลดเต็มที่ หรือเพียงครึ่งของกรณีดังกล่าวข้างต้น

3. การคำนวณมอเตอร์

การคำนวณหาแรงบิดของมอเตอร์

$$T = \frac{P}{2.\pi.n} \qquad (2\text{-}21)$$

T = แรงบิดของมอเตอร์ (Nm)

P = กำลังมอเตอร์ (W)

n = ความเร็วมอเตอร์ (RPM)

การคำนวณกำลังของมอเตอร์

$$V = \frac{\pi.d.n}{60} \qquad (2\text{-}22)$$

V = ความเร็วตัด (m / s)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางแปรงปัด (mm)

n = ความเร็วรอบ (RPM)

$$P_{w} = Fr \times V \qquad (2\text{-}23)$$

P = กำลังขับมอเตอร์ (W)

Fr = แรงตัดรวมของแปรงปัด (N)

V = ความเร็วตัด (m / s)

การคำนวณแรงบิดที่เพลามอเตอร์

$$T = F \times R \qquad (2\text{-}24)$$

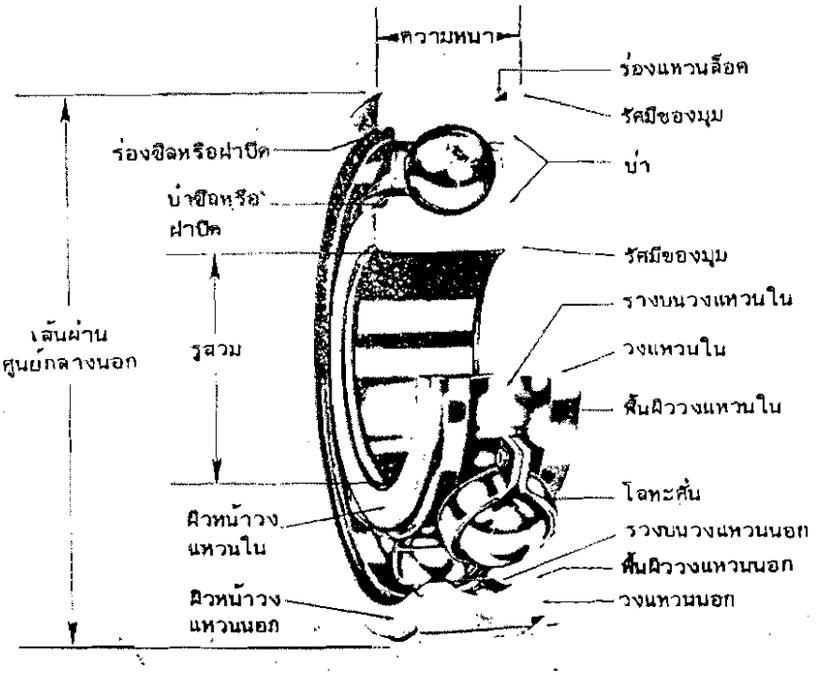
T = แรงบิด (Nmm)

F = แรงตัด (N)

R = รัศมีของเพลา (mm)

2.4.2.3 โรลลิ่งแบริ่ง (Rolling bearings) [2]

หมายถึงแบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็น ผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อนเนื่องจากแบริ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่าแอ็นทิฟริดชั่นแบริ่ง (Antifriction bearing) ตัวอย่าง เช่น บอลแบริ่ง (Ball bearing) หรือตลับลูกปืน ดังภาพที่ 2-2 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลมลูกกลิ้งเหล่านี้โดยรับแรงมาจากวงหนึ่งแล้วส่งแรงไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่งโดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



ภาพที่ 2-2 แสดงส่วนต่างๆ ของบอลแบริ่ง

เนื่องจากมีการใช้โรลลิ่งแบริ่งกันอย่างแพร่หลายทั่วไปสมาคมผู้ผลิตโรลลิ่งแบริ่ง AFBMA (Anti – Friction Bearing Manufacturers Association) จึงได้วางมาตราฐานวิธีการเลือกแบริ่งตามความต้องการรับแรงและอายุใช้งานเอา ไว้จากข้อดีของโรลลิ่งแบริ่งตามความต้องการความละเอียดแม่นยำ สามารถรับแรงรุน ในแนวรัศมีได้พร้อมกัน มิติมาตรฐานของโรลลิ่งแบริ่ง

การกำหนดมาตรฐาน จะบอกถึงมิติภายนอกของแบริ่งคือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก ภายในและความหนามาตรฐาน ซึ่งประกอบไปด้วยอนุกรมเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กสุดอนุกรม 4 เส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดส่วนอนุกรมความหนาจะเรียงเบอร์จาก 8 0 1 2 3 4 5 และ 6 โดยอนุกรม 8 บางสุดและอนุกรม 6 หนาสุด ดังนั้นมาตราฐานของแบริ่งจึงบอกโดยรวมเบอร์ของอนุกรมเส้นผ่าน

ศูนย์กลางกับ อนุกรมความหนาเข้าด้วยกันเรียกอนุกรมมิติโดยเลขตัวแรกเป็นความหนา และเลขตัวที่สองแทนเส้นผ่านศูนย์กลาง

การประเมินค่าอายุใช้งานและแรง สมาคม AFBMA ได้ตั้งนิยาม และจัดตั้งวิธีการเลือกแบริ่ง ดังต่อไปนี้

ก) อายุใช้งานแบริ่ง หมายถึง จำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงความเร็วคงที่) ซึ่งแบริ่งหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้า ขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง

ข) อายุประเมินของโรลลิ่งแบริ่งจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หมายถึง จำนวนรอบซึ่งแบริ่ง 90% จากจำนวนนี้สามารถหมุนโดยได้เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน

ค) แรงสถิดประเมิน หมายถึง แรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดระยะยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแปวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้งและใช้แทนด้วยค่าของ สำหรับแบริ่ง อนุกรมมิติต่างๆ ดูได้จากภาคผนวก ค่า C นี้จะน้อยกับวัสดุที่ใช้ทำแบริ่งจำนวนแถวลูกกลิ้งใน แบริ่งจำนวนลูกกลิ้งต่อแถวมุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกลิ้งและวงแหวน

ง) แรงพลวัตประเมิน หมายถึง แถวที่กระทำในแนวรัศมีซึ่งแบริ่งที่มีลักษณะเหมือนกับจำนวนหนึ่งรับได้โดยอายุประเมิน เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่องวงแหวนอันในเป็นตัวและวงนอกอยู่หรือซึ่งใช้แทน

แรงพลวัตประเมินนี้เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดแบริ่งเพื่อให้รับแรงและมีอายุการใช้งานได้ตามต้องการ โดยการเปลี่ยนแรง และอาการใช้งานจริงมาเป็นแรงและอายุใช้งานที่แสดงไว้ในแค็ตตาล็อกและเพื่อทดสอบดูว่าอายุประเมินจะได้ตามอายุใช้งานที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สมการดังนี้

$$L_{10} = (C / P)^k \tag{2-25}$$

โดยที่ L_{10} คือ อายุการใช้งานจริงมีหน่วยเป็นล้านรอบ

P คือ แรงในแนวรัศมีที่แบริ่งต้องรับขณะใช้งานจริง

C คือ แรงพลวัตประเมิน

K คือ ค่าคงที่มีค่า = 10/3 = 3.33 สำหรับโรลเลอร์แบริ่ง

จ) แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลลิ่งแบริ่งโดยวงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้วจะทำให้แบริ่งมีอายุใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของแบริ่งที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและในแนวแกนพร้อมกัน) และคำนวณได้จากสมการ

$$\mathrm{P} = XVF_r + YF_a \tag{2-26}$$

หรือ $P = VF_r$ (2-27)

โดยที่ P = แรงสมมูล

F_r = แรงในแนวรัศมี

F_a = แรงในแกนหรือแรงรุน

V = ตัวประกอบหมุน : มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุนและ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกเป็นตัวหมุน

X = ตัวประกอบแรงในแนวแกน

Y = ตัวประกอบแรงในแนวแกน

2.4.2.4 สายพาน [6]

สายพานจัดเป็นอุปกรณ์ชิ้นส่วนทางกล ในหมวดของระบบส่งถ่ายกำลังหน้าที่หลักคือส่งถ่ายโมเมนต์แรงบิต ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ระหว่างเพลาขับและเพลาตาม ตลอดจนเพิ่มหรือลดรอบการหมุนของเพลา

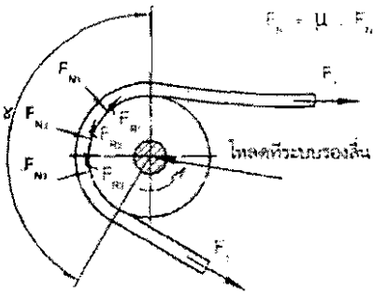
ข้อดี ของการใช้สายพานเป็นอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลัง

1. มีคุณสมบัติไม่ยุ่งยาก ทำให้ประหยัดต้นทุนการผลิต
2. มีคุณสมบัติหยุ่นตัว ประสิทธิภาพสูงสำหรับการส่งกำลังขั้นปานกลาง (Medium power transmission)
3. บริเวณสถานที่ทำงานสะอาด เพราะไม่ต้องมีการหล่อลื่น
4) สามารถส่งถ่ายกำลังได้ดี กรณีที่เพลาขับ (Drive R) และเพลาตาม (Drive N) อยู่ห่างกันมากๆ
5. ส่งถ่ายกำลังที่มีอัตราทดทดมากขึ้นได้ดี
6. สามารถซึมซับแรงกระตุกได้ดีทำให้ส่งถ่ายกำลังได้นุ่มนวล

ข้อด้อย ของการใช้สายพานเป็นอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลัง

1. เกิดการลื่นไถล
2. มาแรงกระทำบริเวณจุดรองรับสูงซึ่งเกิดจากแรงดึงสายพานขั้นต้น
3. ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก

ประสิทธิภาพการส่งถ่ายกำลังด้วยสายพาน จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ "ขนาดของแรงเสียดทานระหว่างสายพานกับดุมล้อ" ส่วนตัวแปรที่จะส่งผลต่อแรงเสียดทานก็คือ



ภาพที่ 2-3 แรงกิริยา F_n

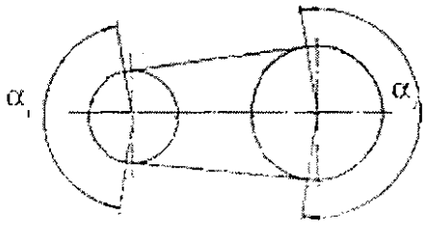
1) แรงกิริยา F_n ที่เกิดจากการดึงสายพานแล้วกระทำในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัสล้อมู่เล่ย์ ซึ่งถ้าดึงสายพานมาก แรง F_n จะมากตามด้วยแต่ทั้งนี้ต้องไม่ดึงสายพานมากเกินไปเพราะจะทำให้เกิดแรงกระทำบริเวณจุดรองรับสูง

ตารางที่ 2-4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานกับผิวสัมผัส

คู่ผิวสัมผัส	ค่า μ
ยางกับเหล็กหล่อ	0.55
หนังเคลือบกับเหล็กหล่อ	0.45
ผ้าทอกับเหล็กหล่อ	0.3 – 0.6

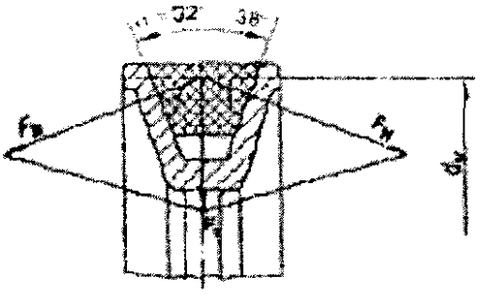
2) ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (μ)ระหว่างสายพานกับล้อมู่เล่ย์ ควรจะมีค่าสูงเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงดังตารางซ้ายมือ

3) ขนาดมุมโอบ (α) วัดจากจุดศูนย์กลางของมู่เล่ย์มายังจุดสัมผัสของสายพานกับมู่เล่ย์ในทิศทางตั้งฉาก (มุม α_1 และα_2) ซึ่งถ้าล้อมู่เล่ย์มีขนาดเล็กมุมโอบก็จะเล็กทำให้แรงในการส่งถ่ายกำลังน้อยตามด้วย



ภาพที่ 2-4 แสดงจุดสัมผัสของสายพานขนาดหมุนโอบ (α)

สายพานทรงวี (V – belt)



ภาพที่ 2-5 แรงขับบนสายพานอาศัยแรงเสียดทานและรูปทรงลิ่ม

F_r : แรงกดในแนวรัศมี

F_n : แรงกิริยา

F_w : นาด $\varnothing$ ฟิตล้อมู่เล่ย์

สายพานทรงวีหรือสายพานลิ่ม แรงขับบนสายพานอาศัยแรงเสียดทานและรูปทรงลิ่ม บริเวณผิวด้านข้างเป็นตัวขัดส่งกำลัง แรงกดในแนวรัศมี (F_r) จะทำเกิดแรงกิริยา (F_n) ในทิศทางตั้งฉากกับผิวล้อมู่เล่ย์ เพื่อสร้างแรงเสียดทานส่งถ่ายกำลังต่อไป รูปทรงลิ่มของสายพานและมู่เล่ย์ทำให้ไม่ต้องมีการตึงสายพานมากเกินไป สามารถลดภาระที่กระทำ ณ จุดรองรับมู่เล่ย์ลงได้มากเมื่อเทียบกับสายพานแบน

ข้อดี ของสายพานทรงวีที่มีเหนือสายพานแบน

1. เมื่อออกแรงกดตามแนวรัศมีเท่ากัน สายพานทรงวีสามารถส่งถ่ายแรงขับได้มากกว่าสายพานแบน 3 เท่า

2. สามารถขับส่งกำลังด้วยขนาดอัตราทดที่สูงกว่าโดยมีขนาดมุมโอบเพียงเล็กน้อย

4. มีการลื่นไถล (Slip) น้อยกว่าข้อด้อย

5. สายพานทรงวีไม่เหมาะกับเพลาที่วางตัวห่างกันมากๆ

- **ลักษณะโครงสร้างสายพานวี**

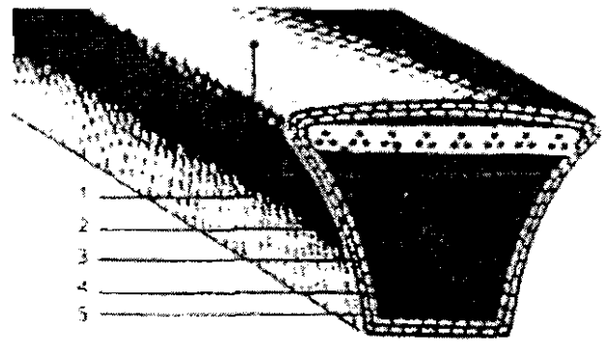
1) ผ้าใบ (Canvas) ทำหน้าที่ห่อหุ้มส่วนประกอบต่าง ๆ ให้คงรูปและป้องกันการสึกหรอ

2) เส้นในรับแรงดึง (Tension member) ทำจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ที่รับแรงดึงได้สูงและไม่ยืด

3) ยางยึดเส้นใน (Adhesion rubber) ทำหน้าที่ยึดเส้นในรับแรงดึง ไม่ให้เคลื่อนตัวเสียตำแหน่ง

4) อันเดอร์คอร์ด (Undercoard) มีในสายพานตัววีหน้าแคบเท่านั้น ทำจากโพลีเอสเตอร์เช่นกัน เป็นตัวเสริมการยึดระหว่างเบาะยางและในแนวรับแรงดึง

5) เบาะยาง (Cushion rubber) ทำจากยางสังเคราะห์ทนความร้อนสูง มีความอ่อนตัวดี เป็นตัวเสริมให้เต็มพื้นที่หน้าตัด

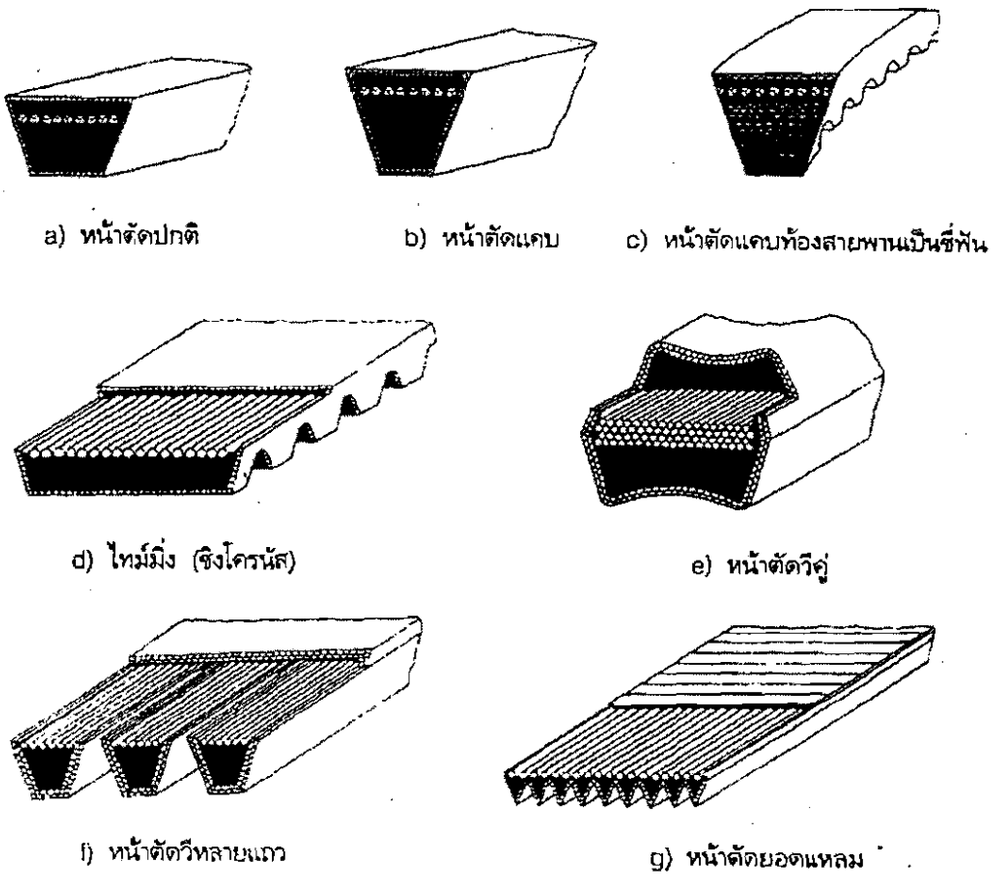


ภาพที่ 2-6 ลักษณะโครงสร้างสายพานวี

1. ผ้าใบ
2. เส้นใยรับแรงดึง
3. ยางยึดเส้นใย
4. อันเดอร์คอร์ด
5. เบาะยาง

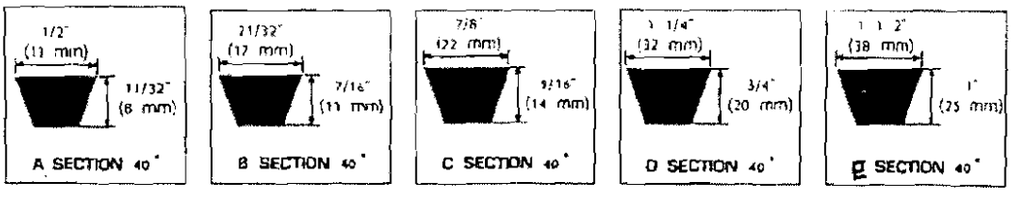
- **ชนิดของสายพานส่งกำลัง**

ประเภทของสายพานทรงวี แบ่งตามลักษณะหน้าตัดได้ดังนี้



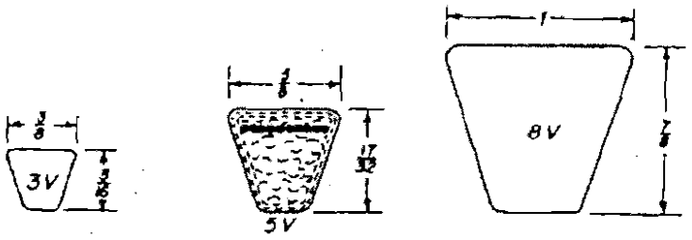
ภาพที่ 2-7 ชนิดของสายพานส่งกำลัง

1) สายพานหน้าตัดปกติ (Classical V - belt) ปกติใช้กับงานหนักรับแรงกระตุกได้ดี ทนอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -34 °C ถึง +80 °C ความเร็วขอบหมุนส่งถ่ายสูงถึง 30 m/s มี 5 ขนาด โดยกำกับด้วยอักษร A - E



ภาพที่ 2-8 สายพานหน้าตัดปกติ (Classical V - belt)

2) สายพานหน้าตัดแคบ (Classical V-belt) มี 3 ขนาด คือ 3V 5V และ 8 V สายพานตัววีหน้าตัดแคสามารถส่งถ่ายกำลังได้สูงกว่าหน้าตัดปกติถึง 3 เท่า ทำให้มีขนาดกะทัดรัดเมื่อส่งกำลังเท่ากันใช้ยัดราทดได้สูงกว่าหน้าตัดปกติ ความเร็วขอบที่หมุนส่งถ่ายสูงถึง 40 m/s เนื่องจาก มีผิวสัมผัสร่องมู่เล่ย์ลึกมากกว่าหน้าตัดปกติ



ภาพที่ 2-9 สายพานหน้าตัดแคบ (**Classical V – Belt**)

ถ้ามีความจำเป็นกะทันหัน สายพานทั้งสองชนิดอาจใช้งานทดแทนกันได้ โดยมีการเทียบขนาดตามมาตรฐาน RMA และ MPTA แต่มีอายุการใช้งานไม่ยาวนานนัก

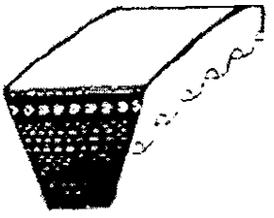
RMA = Rubber Manufacturer Association

MPTA= Mechanical Power Transmission Association

การเทียบขนาดหน้าตัดระหว่างหน้าตัดธรรมดากับหน้าตัดแคบ

3V	เทียบเท่า หน้าตัด A	และ B
5V	เทียบเท่า หน้าตัด B C	และ D
8V	เทียบเท่า หน้าตัด D	และ E

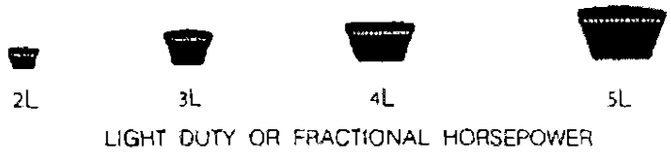
3) สายพานหน้าตัดแคบท้องสายพานเป็นซี่ฟัน (Notch type V-belt)



ภาพที่ 2-10 สายพานหน้าตัดแคบท้องสายพานเป็นซีฟัน

เพื่อเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการยืดหยุ่นตัวหรือการดัดงอของสายพานหน้าตัดแคบจะทำท้องสายพานเป็นซี่ฟันจึงทำให้สามารถคล้องมู่เล่ย์ที่มีขนาดเล็กได้ โดยไม่เกิดการปริแตก ความเร็วขอบหมุนใช้งานสูงถึง 50 m/s โค้ดสายพานเหมือน หน้าตัดปกติเพียงแต่มีอักษร x คั่นระหว่างตัวอักษรและตัวเลขเช่น A x 26

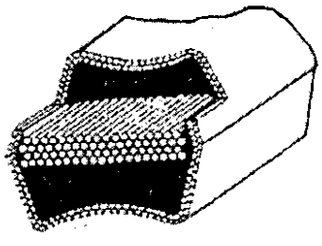
4) สายพานหน้าตัดวีสำหรับงานเบา (Light Duty V – Belt หรือ Fractional horse power belt)



ภาพที่ 2-11 สายพานหน้าตัดวีสำหรบงานเบา

ลักษณะคล้ายหน้าตัดปกติ แต่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่าใช้ส่งกำลังเบาๆ ที่มีขนาดแรงม้าน้อยกว่า 1 HP (Fractional horsepower) ปกติขับใช้งานเส้นเดียว เดินทำงานในช่วงที่ไม่ยาวนานมากนัก เช่น เดินเครื่องตัดหญ้า 2 – 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ หรือ 40 ชั่วโมง/สัปดาห์ สำหรับเครื่องใช้สำนักงาน มีโค้ดกำกับหน้าตัดคือ 2L 3L 4L และ 5L

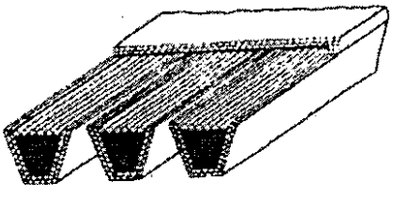
5) สายพานหน้าตัดวีคู่ (Double V – belt) บางครั้งเรียก "Hexagonal Belt"



ภาพที่ 2-12 สายพานหน้าตัดคู่

สามารถใช้มู่เล่ย์ขนาดและฟอร์มเดียวกับหน้าตัดวีปกติได้เหมาะใช้งานกับภาระหมุนที่มีการเปลี่ยนทิศทางหรือภาระตัดกลับไป – กลับมา ความเร็วขอบสูงสุดที่ใช้งานคือ 30m/s โค้ดระบุขนาดตามาตรฐาน RMA และ MPTA มี 5 ขนาดคือ AA, BB, CC, และ EE

6) สายพานหน้าตัดวีหลายแถว



ภาพที่ 2-13 แสดงสายพานหน้าตัดวีหลายแถว

เป็นการนำสายพานวีหน้าตัดแคบมาเรียงต่อกันโดยมีแถบยางยึดต่อระหว่างสายพาน สามารถกระจายภาระบนสายพานแต่ละเส้นได้ดี ซึมซับแรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทก ตลอดจนเหมาะกับเพลาที่วางห่างกันมาก ๆ โดยไม่ต้องใช้ล้อกดช่วยความเร็วใช้งานสูงสุด 30m/s

7) สายพานหน้าตัดยอดแหลม (V – ribbed belt)

ภาพที่ 2-14 แสดงสายพานหน้าตัดยอดแหลม (V – ribbed belt)

พัฒนามาจากสายพานแบน แต่มีข้อดีเหนือสายพานแบนคือ ไม่เกิดแรงเบ่งเนื่องจากทรงลิ่ม (Wedging Action) จึงสามารถส่งถ่ายกำลังด้วยค่าความตึงสายพานที่สูงยิ่งขึ้นได้เสถียรภาพดีกว่าสายพานแบน แต่มีข้อเสียคือกระโดด (Jumping) หลุดได้ง่ายถ้าเพลาวางไม่ตรงแนว (Misalignment) โค้ดระบุหน้าตัดกำกับตัวอักษร H J K L และ M โดยที่

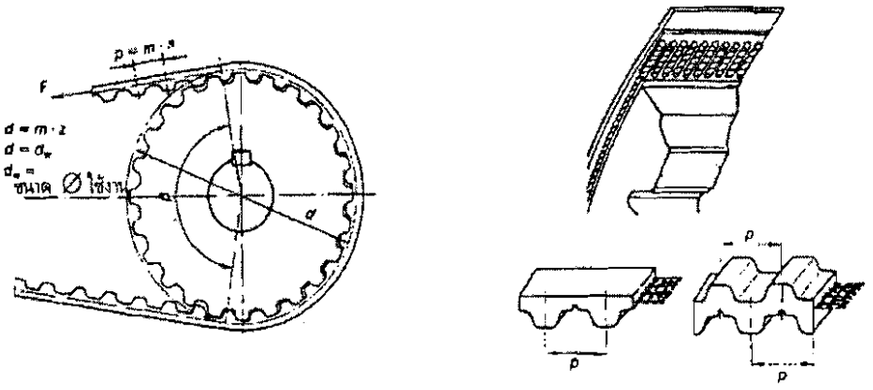
หน้าตัด J, L, M สำหรับขับงานอุตสาหกรรมทั่วไป

หน้าตัด K สำหรับขับอุปกรณ์ในรถยนต์

หน้าตัด H มีหน้าตัดเล็กสุดสำหรับงานเบา

069499

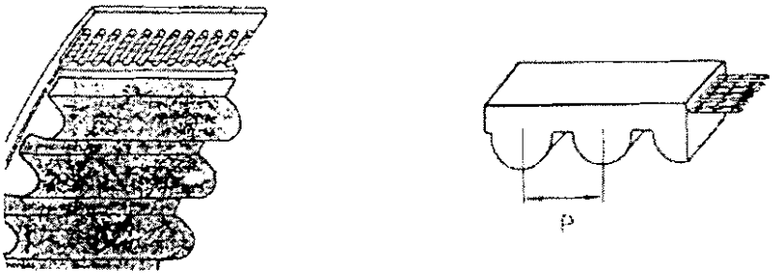
สายพานไทม์มิ่งหรือซิงโครนัส (Synchronous belt) บริเวณท้องสายพานจะมีลักษณะ
[illegible] 2 รูปทรงคือ
[illegible]แบบรูปทรงฟันคางหมู



ภาพที่ 2-15 แสดงสายพานแบบรูปทรงฟันคางหมู

แบบรูปทรงฟันโค้ง (Curvilinear teeth) มี 2 ลักษณะย่อย คือ

1. แบบ HTD (Hign Torque Drive)
2. แบบ STPD (Super Torque Positive Drive)



ภาพที่ 2-16 แสดงสายพานแบบรูปทรงฟันโค้ง

สายพานซิงโครนัสสามารถขจัดปัญหาการคืบตัว (Creep) ที่มักเกิดในสายพานแบน หรือสายพานวี เหมาะกับงานที่ต้องการความเร็วสัมพันธ์ที่เที่ยงตรงอัตราทดแทนแน่นอน (Symchronized) ตัวอย่างการใช้งานได้แก่

ข้อดี ของสายพานซิงโครสัสที่มีเหนือเฟืองและโซ่ คือ

- ส่งถ่ายโหลดหรือภาระได้สูงโดยมากเกิดเสียงดัง
- ไม่ต้องมีการหล่อลื่น
- ซึมซับแรงสั่นสะเทือนได้ดี

ข้อดี ของสายพานซิงโครนัสที่มีเหนือสายพานทรงวี

- มีค่าโมดูลัสสูง อัตราการยืดตัวต่ำให้สามารถรักษาคอร์ดสัมผัสของซี่ฟันและยังเหมาะกับตำแหน่งติดตั้งที่ต้องการปรับระยะห่างศูนย์กลางเพลาเพียงเล็กน้อย
- มีแรงดันชั้นต้นน้อย ทำให้ลดภาระที่แบริ่ง ทำให้โหลดขณะสตาร์มอเตอร์ลดลง

ข้อเสีย

- สึกหรอเร็ว ถ้าล้อมู่เล่ย์ไม่เที่ยงด้านรูปร่างของร่องฟัน
- ไม่เหมาะกับเพลาที่วางห่างกันมาก ๆ เพราะจะทำให้มู่เล่ย์หลุดขอบข้างได้ง่าย ขนาดระยะฟิตใช้งานของสายพานซิงโครนัส มีหลายขนาด ได้แก่

แบบ HTD มี 4 ขนาดคือ 4 mm.pitch 5 mm.pitch 8 mm.pitch 14 mm.pitch

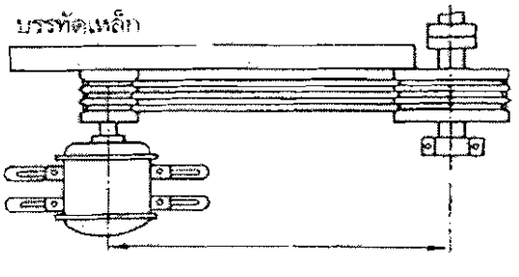
แบบSTPD มี 5 ขนาดคือ 2.5P 4.5 P 6 P 8 P และ 14 P

โค้ดระบุสายพานซิงโครนัส มีหน้าตัดมาตรฐาน 5 หน้าตัดคือ

1. XL (Extra Light) 2. L (Light) 3. H (Heavy)
4. XH (Extra Heavy) 5. DXH (Double Extra Heavy)

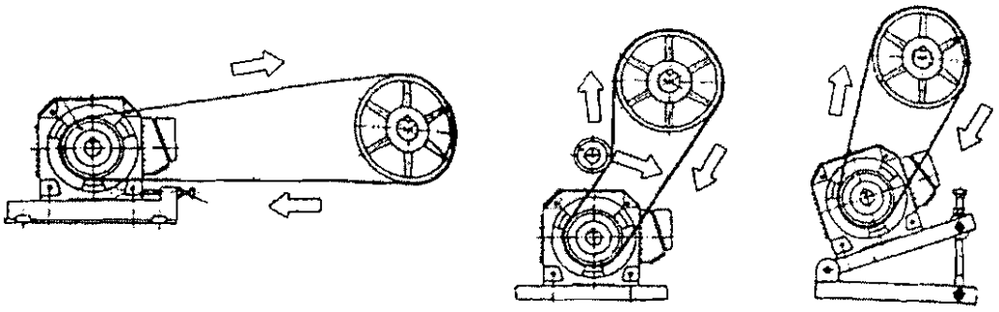
การติดตั้งสายพานวี

1. ตรวจสอบรูปทรงหน้าตัดสายพานให้สัมพันธ์กับร่องของมู่เล่ย์
2. ตรวจสอบระนาบวางตัวของล้อมู่เล่ย์ต้องอยู่ในแนวเดียวกัน โดยการทาบด้วยบรรทัดเหล็ก
3. ตรวจสอบการเบี่ยงเบนเชิงมุมโดยการวัดระยะห่างศูนย์กลางเพลาทั้งสอง



ภาพที่ 2-17 แสดงการติดตั้งสายพานวี

การดึงสายพาน มีหลายวิธีได้แก่



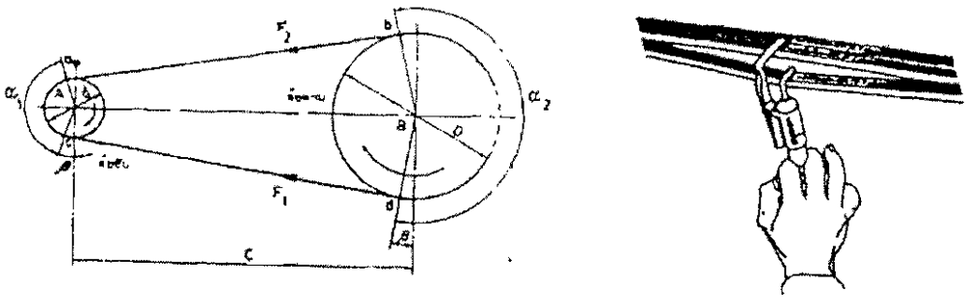
ภาพที่ 2-18 แสงการดึงสายพาน

1) กรณีระยะห่างระหว่างล้อทั้งสองปรับได้ ให้เลื่อนปรับโดยใช้สกรูขันปรับ
2) กรณีระยะห่างระหว่างล้อทั้งสองคงที่ ให้ปรับโดยใช้ล้อกดสายพาน
3) โดยใช้แรงน้ำหนักจากตัวฐานมอเตอร์

การปรับดึงสายพาน

ค่าความตึงสายพานที่พอเหมาะ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการขับส่งกำลังตลอดจนอายุการใช้งานของสายพานและตลับลูกปืนรองรับเพลา โดยทั่วไปขนาดแรงดึงที่เหมาะสมคือ สามารถส่งถ่ายกำลังสูงสุดแล้ว ไม่เกิดการลื่นไถล ส่วนวิธีการปรับตึงสายพานในงานอุตสาหกรรมที่นิยมมี 2 วิธีคือ

1. ปรับดึงโดยใช้เกจวัดค่าความดึงหรือคาชั่งสปริงวัดระยะหย่อนตัวของสายพาน



ภาพที่ 2-19 การปรับดึงสายพาน

ระยะหย่อนตัวที่พอเหมาะคือ หย่อนลงประมาณ 1/64" ต่อระยะห่าง Span length โดยที่ "Span length" คือ ระยะห่างจุดสัมผัสสุดท้ายของสายพานกับขอบล้อมู่เล่ย์หรือโดยประมาณคือระยะห่างศูนย์กลางเพลานั่นเอง (ระยะ C)

2. ปรับดึง โดยวัดระยะยืดของสายพาน (Elongation method)

ก) ใช้ชอล์กขีดหมายบนผิวด้านบนของสายพาน จำนวน 2 จุด โดยที่ขีดหมายทั้งสองควรใช้ให้อยู่ห่างกันให้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำ

ข) ค่อยๆ เพิ่มระยะห่างจนขีดหมายทั้งสองมีระยะห่างกันเพิ่มขึ้นอีก 2% ของระยะห่าง Span length

โดยทั่วไประยะยืดที่เหมาะสมใช้ค่า 2 % แต่สภาพการขับส่งกำลังบางประเภทต้องมีการเพิ่มค่าความดึงตามข้อแนะนำต่อไปนี้

* การส่งถ่ายกำลังปกติทั่วไป 2%
* ภาระช่วงสตาร์สูงหรือภาระเพิ่มขึ้นถึง .....บวกอีก ½ %

จุดสูงสุด (Peak load) เป็นไปอย่างทันทีทันใด

* สภาพใช้งานที่อุณหภูมิสูงๆ หรือ .....บวกอีก ½ %

มีค่าความชื้นที่เปลี่ยนแปลง

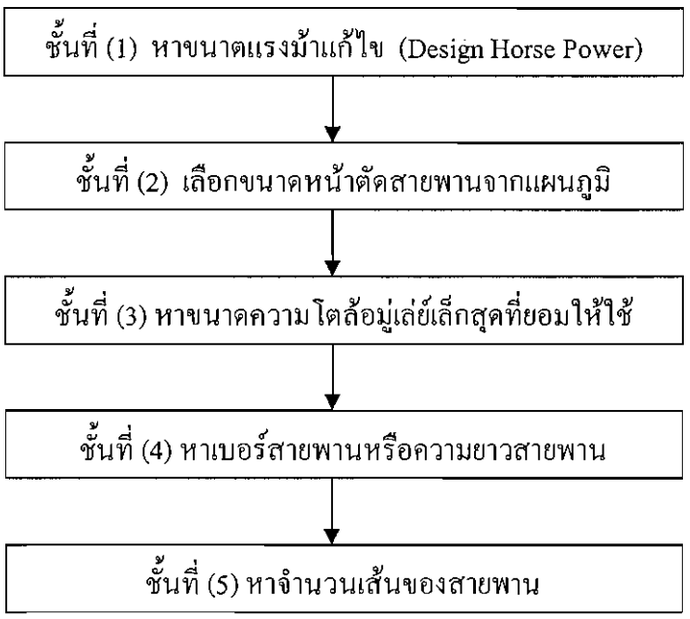
* สภาพใช้งานที่มีฝุ่นละอองมาก .....บวกอีก ½ %
* สภาพใช้งานที่ปนเปื้อนน้ำมันหรือจาระบี .....บวกอีก ½ %
* สภาพเพลาวางตัวในแนวดิ่ง .....บวกอีก ½ %
* ความเร็วรอบใช้งานสายพานมากกว่า 6,000 rpm .....บวกอีก ½ %
* ความเร็วรอบใช้งานสายพานมากกว่า 8,000 rpm .....บวกอีก ½ %

* **หมายเหตุ** อัตรายืดตัวสายพานรวมแล้วต้องไม่เกิน 5%

การคำนวณสายพานลิ่ม

การคำนวณในระบบการส่งกำลังของสายพานลิ่ม โดยทั่วไปนิยมใช้วิธี "Horse power rating method" ซึ่งจะทำการคำนวณขนาดหน้าตัดและจำนวนเส้นของสายพานลิ่ม ที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการต่อการส่งถ่ายกำลัง

ขั้นตอน การคำนวณสายพานลิ่ม ตามวิธีของ "Horse Power Rating Method" มีอยู่ 5 ขั้นตอนคือ



ขั้นตอนที่ 1 หาแรงม้าแก้ไข (Design horse power) เพื่อปรับสภาพให้ใกล้เคียงกับลักษณะการทำงานตลอดจนมั่นใจว่าสายพานที่เลือกมามีความคงทนและส่งถ่ายกำลังได้ตามต้องการ

สูตร แรงม้าแก้ไข = แรงม้าที่ต้องการส่งถ่าย X ตัวคูณแก้ไข

$$Pn = P.Nsf.$$

ขั้นตอนที่ 2 เลือกขนาดหน้าตัดสายพานที่เหมาะสมในการส่งถ่ายกำลัง จากค่าแรงม้าแก้ไข (PN) และความเร็วรอบหมุนของเพลาที่หมุนเร็วกว่า (RPM of Faster Shaft)

ขั้นตอนที่ 3 หาขนาดความโตล้อมู่เล่ย์เล็กสุดที่ยอมให้ใช้งานได้สำหรับพานลิ่มหน้าตัดต่างๆ เนื่องจากถ้าเลือกใช้มู่เล่ย์ที่มีขนาดความโตเล็กเกินไป จะเกิดแรงฉุดมากทำให้เกิดโมเมนต์ตัดที่ปลายแนะนะดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2-5 แสดงค่า ตัวคูณแก้ไขแรงม้า

ลักษณะการใช้งานของเครื่องจักรในที่นี้จะให้ตัวอย่างเป็นชื่อเครื่องจักร	ระยะเวลาเดินเครื่องวันละ 3-5 ชม.	ระยะเวลาเดินเครื่อง 8- 10 ชม.ต่อวัน	เครื่องจักรเป็นเวลาติดต่อกันยาวนานวันละ 16-24 ชม.
ตัวกวนของเหลว พัดลมต่ำกว่า 10 แรงม้า ปั๊มหอยโข่ง เครื่องอัดลมแบบโรตารี่ เครื่องลำเลียงขนาดเบา	1.1	1.2	1.3
เครื่องลำเลียงขนาดปานกลาง เครื่องผสม พัดลมสูงกว่า 10 แรงม้า เครื่องยนต์เนอเรเตอร์ เครื่องซักผ้า อุปกรณ์ใน Shop ขนาดเล็ก เครื่องพิมพ์ ปั๊มแบบโพซิทีพ เครื่องสั่น	1.2	1.3	1.4
เครื่องลำเลียงขนาดหนัก เครื่องอัดลมแบบลูกสูบ เครื่องบด ปั๊มแบบลูกสูบ เครื่องตัด	1.4	1.5	1.6
เครื่องจักรขนาดใหญ่	1.5	1.6	1.8

ตารางที่ 2-6 หาขนาดความโตล้อมู่เล่ย์เล็กสุดที่ยอมให้ใช้งานได้สำหรับสายพานลิ่มหน้าตัดต่างๆ

หน้าตัดสายพาน	เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ย์ตามมาตรฐาน (mm)	เส้นผ้าศูนย์กลางขนาดเล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ (mm)
A	95	65
B	145	115
C	225	175
D	350	300
E	550	450

ขั้นตอนที่ 4 หาเบอร์สายพานหรือความยาวสายพาน โดยคำนวณหาจากสูตร

$$\text{ความยาวคิดที่ Pitch Length} = 1.57\ (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \qquad (2\text{-}28)$$

โดยที่ C = ระยะห่างศูนย์กลางเพลา

D = ขนาดวงกลม

D = ขนาดวงกลมพิตของมู่เล่ย์ตัวเล็ก

หมายเหตุ อาจต้องมีการปรับค่า " C " เพื่อให้ได้สายพานที่มีความยาวมาตรฐานในท้องตลาด

ขั้นตอนที่ 5 หาจำนวนเส้นของสายพาน เพื่อให้ทราบว่าสายพานเส้นหนึ่งจะสามารถส่งถ่ายกำลังได้เท่าใด แล้วนำค่าที่ได้ไป หาร ค่าแรงม้าที่ต้องการส่งถ่ายก็จะได้จำนวนเส้นตามต้องการ

2.4.1.5 การคำนวณการทดความเร็วรอบ[3]

การคำนวณการทดความเร็วรอบของมู่เล่ย์

$$\text{อัตราทด } i = \frac{n_1}{n_2} \qquad (2\text{-}29)$$

เมื่อ i = อัตราทด

n_1 = ความเร็วล้อขับ

n_2 = ความเร็วล้อตาม

อัตราทด $i = \frac{d_2}{d_1}$ (2-30)

เมื่อ i = อัตราทด

d_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางล้อขับ

d_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางล้อตาม

การคำนวณการทดความเร็วรอบของลูกหีบน้ำอ้อย

อัตราทด $i = \frac{n_1}{n_2}$ (2-31)

เมื่อ i = อัตราทด

n_1 = ความเร็วรอบตัวขับ

n_2 = ความเร็วล้อรอบตัวตาม

อัตราทด $i = \frac{z_2}{z_1}$ (2-32)

เมื่อ i = อัตราทด

z_1 = จำนวนฟันเฟืองขับ

z_2 = จำนวนฟันเฟืองตาม

2.5 สรุป

ในแนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญที่ได้นำเสนอส่วนที่สำคัญไม่ว่าจะเป็น นิยามศัพท์สำคัญ แนวคิดโครงการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทฤษฎีที่สำคัญ เนื้อหาและส่วนที่สำคัญเหล่านี้จะนำไปสู่การปฏิบัติงานโดยจะเชื่อมโยงได้ถึงวิธีดำเนินงาน เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

โครงการวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อยโดยไม่ต้องทำการปลอกเปลือกก่อน โดยทางคณะวิจัยโครงการได้ดำเนินการงานต่างๆ ตั้งแต่การหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการสร้างเครื่องทั้งหมด การออกแบบ การดำเนินการสร้างเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยลักษณะรูปร่างที่ออกแบบจะเน้นถึงความปลอดภัยในการใช้งาน ลักษณะการทำงานที่ง่าย โดยการออกแบบนั้นใช้หลักการวิชาการออกแบบเครื่องกล

3.1 แผนการดำเนินงาน

เนื่องจากการวิจัยสร้างเครื่องคันน้ำอ้อยนั้น เป็นโครงการที่ต้องนำไปใช้จริงจึงจำเป็นที่ต้องศึกษาพิจารณาถึงรายละเอียดต่างๆ ในการดำเนินโครงการอย่างรอบคอบเพื่อที่จะให้โครงการนั้นสำเร็จไปด้วยดี ดังนั้นในการดำเนินงานจึงต้องมีการวางแผนงานเป็นขั้นตอน เพื่อที่จะนำไปเป็นแนวทางปฏิบัติและบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการ ซึ่งในการดำเนินงานจะมีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 3-1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัยโครงการเริ่ม ตุลาคม 2547 ถึง กันยายน 2548

รายการดำเนินการ	ระยะเวลาดำเนินการสิ่งประดิษฐ์ (เดือนที่)											
	ต.ค. 47	พ.ย. 47	ธ.ค. 47	ม.ค. 48	ก.พ. 48	มี.ค. 48	เม.ย. 48	มิ.ย. 48	ก.ค. 48	ส.ค. 48	ก.ย. 48	ต.ค.48
1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของอ้อย	←→											
2. ศึกษาหาแนวทางขูดผิวปลือกอ้อย		←→										
3. ศึกษาออกแบบพัฒนาเครื่อง			←→	←→								
4. ดำเนินการสร้าง					←→	←→	←→	←→				
5. ทำการทดลองหาประสิทธิภาพ									←→	←→		
6. ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง											←→	←→
7. จัดทำรายงานรูปเล่ม											←→	←→

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินโครงการวิจัยสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อย มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาคุณสมบัติของอ้อยที่นำมาทำการคั้น จะเห็นได้ว่ามีพันธุ์อ้อยที่นิยมมาทำการคั้นมี 2 พันธุ์ คือ สุพรรณบุรี 50 และ สิงค์โปร์ และทางผู้ดำเนินการได้เลือกนำเอาพันธุ์อ้อย สิงค์โปร์ มาทำการทดสอบเพราะเป็นที่นิยมนำมาคั้นน้ำอ้อยสด และพบว่ามีแปลงปลูกที่ปลูกอ้อยพันธุ์ สิงค์โปร์ บริเวณที่ใกล้เคียงที่จะสามารถนำอ้อยมาทำการทดสอบได้ง่าย

3.2.2 ศึกษาวิเคราะห์แบบและการทำงานของเครื่องที่ใช้อยู่ในท้องตลาดเพื่อหาข้อบกพร่องและข้อได้เปรียบเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนา

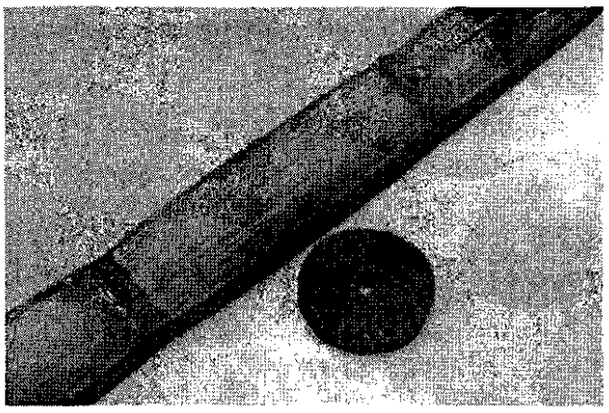
จากการศึกษาข้อบกพร่องหรือจุดอ่อนต่างพบว่าก่อนจะทำการคั้นน้ำอ้อย จะต้องทำการปอกเปลือกก่อนที่จะนำไปคั้น โดยจะทำการปอกเปลือกด้วยกำลังคน คือจะจับปลายของลำอ้อยแล้วใช้มีด 2 คมทำการปอกเปลือกไปรอบๆของลำอ้อยจนหมดจากนั้นเปลี่ยนมาจับปลายของลำอ้อยอีกด้านแล้วปอกอ้อยส่วนที่เหลือจนหมด และจากการปอกเปลือกนี้จะทำใช้เวลาในการปอกอ้อย ประมาณ 6-7 นาที สำหรับอ้อย 5 กก.

ภาพที่ 3-1 แสดงการปอกเปลือกด้วยกำลังคน

3.2.3 หาวิธีการปัดเปลือกที่เหมาะสม

3.2.2.1 ลูกปัดแบบสก็อตไบร์

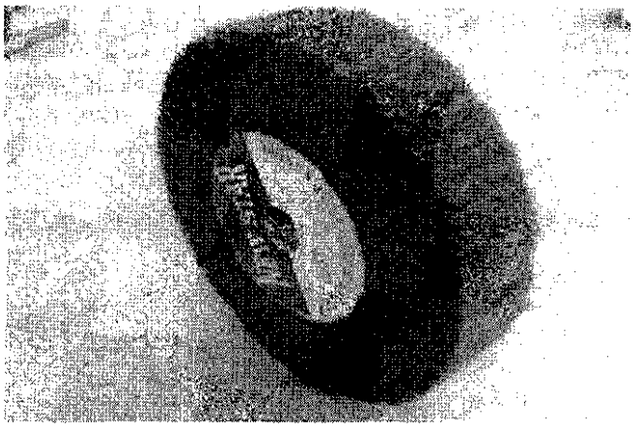
เมื่อนำแปรงปัดแบบสก็อตไบร์มาทดลองปัดดูผลที่ได้จากการปัดจะเห็นว่าเมื่อปัดอ้อยแล้วนั้นผิวของอ้อยนั้นออกเพียงเล็กน้อยไม่ถึงเนื้ออ้อยที่จะทำการรีดแต่ถ้าปัดไปนานๆ แล้วผิวอ้อยก็จะออกแต่แปรงปัดนั้นจะเสียหายเร็วมาก สรุปแล้วก็คือ แปรงปัดมีอายุการใช้งานสั้นมากและปัดแล้วใช้ไม่ได้ผล



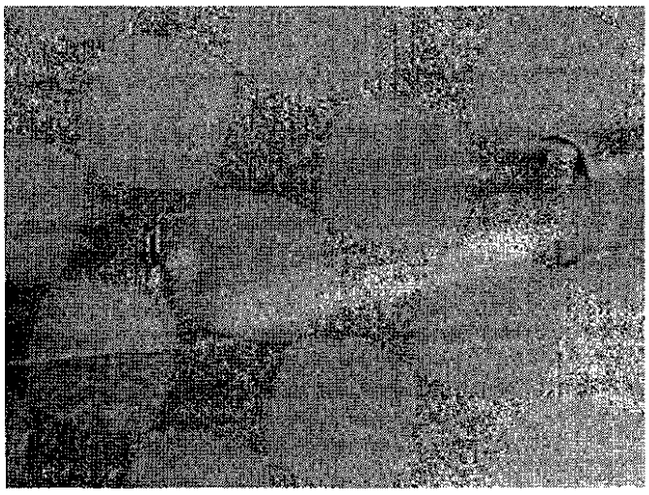
ภาพที่ 3-2 ผิวอ้อยจากการปัดของแปรงปัดแบบสก็อตไบร์

3.2.2.1 ลูกปัดแบบสก็อตไบร์แบบแผ่นพับ

เมื่อนำลูกปัดชนิดนี้ไปทำการทดลองพบว่าผิวอ้อยจากการปัดนั้นไม่ค่อยออกเลยเพราะลูกปัดชนิดนี้มีผิวที่ใช้ในการปัดนิ้มจึงไม่สามารถจะปัดเปลือกอ้อยออกไปและยังเกิดการหลุดล่อนได้ง่ายและมีราคาที่สูง



ภาพที่ 3-3 ลูกปัดแบบสก็อตไบร์แบบแผ่นพับ



ภาพที่ 3-4 แสดงผิวจากการปัดของลูกปัดแบบสก็อตไบร์แบบแผ่นพับ

3.2.2.3 แปรงปัดลวดทองเหลือง

เมื่อได้ทดลองแปรงปัดแบบลวดทองเหลืองพบว่าการทำงานของแปรงปัดจะอาศัยหลักการขัดสีของลวดปัดกับผิวเปลือกอ้อยจนหลุดออกเป็นลักษณะฝุ่นซึ่งจากผิวอ้อยที่ถูกปัดออกเป็นที่หน้าพอใจ ในการทดลองใช้ลูกปัดขนาด 4 นิ้ว เพียงอย่างเดียวจึงทำให้ผิวที่ด้านข้างและด้านบนไม่ถูกปัดออก เมื่อได้ใส่ลูกปัดขนาด 3 นิ้วไว้ตรงกลางและประกบลูกปัด 4 นิ้วทั้งสองข้างจะทำให้การปัดผิวด้านข้างและด้านบนออกจึงเป็นที่หน้าพอใจ และยังช่วยในการประคองอ้อยให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

ภาพที่ 3-5 แสดงการปัดเปลือกด้วยลวดทองเหลือง

จากการที่ได้ศึกษาหาวิธีการปัดเปลือกจากลักษณะต่างๆของลูกปัดที่ได้นำมาทดลอง ได้ข้อสรุปคือ ทางผู้จัดทำได้ทำการเลือกใช้ลูกปัดลวดทองเหลืองเนื่องจากลักษณะผิวอ้อยที่ออกมาเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากลูกปัดลวดทองเหลืองสามรถปัดผิวเปลือกอ้อยออกได้ดีกว่าลูกปัดชนิดอื่น และราคาของลูกปัดทองเหลืองยังราคาย่อมเยากว่าลูกปัดชนิดอื่นๆ

3.2.4 สร้างชุดแปรงปัดแทนกำลังคนในการปอกเปลือก คือ ลวดทองเหลือง มีขนาดเส้าผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และ 3 นิ้ว ขนาด 4 นิ้วมีจำนวน 12 อัน และ 3 นิ้ว 18 อัน และประกอบด้วนเพลา และนำมาประกอบเป็นชุดปัดอ้อยเพื่อที่จะไปติดตั้งประกอบกับชุดคั้นน้ำอ้อย

3.2.5 ส่วนโครงของเครื่อง ได้ทำมาจากเหล็กฉาก 11/2×1½ นิ้ว ทำการประกอบโตยเชื่อมไฟฟ้า

3.2.6 ส่วนของต้นกำลัง คือ มอเดอร์ไฟฟ้า หาจากสมการ (2-22)

ความเร็วในการปัด

$$V = \frac{\pi \times 3 \times 966.667}{60}$$

$$= 151.84 \text{ เมตรต่อนาที}$$

หาแรงในการปัดได้จากสมการ (2-24)

$$T = F \times R$$

$$\therefore F = \frac{T}{R}$$

$$= \frac{86.89}{9.525}$$

$$= 9.122 \text{ N}$$

จากนั้นนำไปหากำลังมอเตอร์หาจากสมการ (2-23)

$$P = 9.122(151.84)$$

$$= 1385 \text{ W}$$

$$= 1.385 \text{ Kw}$$

$\therefore$ 1 Hpเท่ากับ 0.7455 Kw จากการคำนวณกำลังมอเตอร์ได้ 1.385 Kw

จากนั้นนำไปเลือกมอเตอร์ 2 Hp 1450 rpm

3.2.7 ส่วนต้านส่งกำลังได้แก่ สายพาน , มู่เล่ย์ จะคำนวณหาความเร็วรอบและอัตราทดจากสมการต่อไปนี้

การคำนวณความแข็งแกร่งทางด้านการบิด (สมการ 2-19)

แรงบิดของเพลาแปรงปัด

$$T = \frac{63000.Hp}{N}$$

$$= \frac{6300(2)}{1450}$$

$$= 86.89 \text{ in} - \text{lb}$$

ความเค้นสูงสุด (สมการ 2-8)

$$\tau_{max1} = \frac{16.T}{\pi D_1^3}$$

$$= \frac{16(86.89)}{\pi(0.472)^3}$$

$$= 4208.369 \text{ psi}$$

$$\tau_{max2} = \frac{16.T}{\pi D_2^3}$$

$$= \frac{16.(86.89)}{\pi(0.787)^3}$$

$$= 907.853 \text{ psi}$$

มุมบิดของเพลาแปรงปัด

$$\theta_1 = \frac{\tau_1}{r_1}.\frac{l_1}{G}$$

$$= \frac{4208.369 \times 100}{6 \times 80000}$$

$$= 0.877^\circ$$

$$\theta_2 = \frac{\tau_2}{r_2}.\frac{l_2}{G}$$

$$= \frac{907.853 \times 300}{10 \times 80000}$$

$$= 0.34^\circ$$

การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน(สมการ 2-26)

i = อัตราทด

d_1 = ϕ 3 นิ้ว

d_2 = ϕ 6 นิ้ว

n_1 = 1450 rpm.

n_2 = ความเร็วล้อตาม

เมื่อ $i = \frac{d_1}{d_2}$

$= \frac{6}{3}$

$\therefore \quad i = 2$

หาความเร็วรอบล้อตาม (สมการ 2-25)

เมื่อ $n_2 = \frac{n_1}{i}$

$= \frac{1450}{2}$

$\therefore \quad n_2 = 725$ rpm.

หาความเร็วรอบของตัวปัด ชุดที่ 1 (สมการ 2-26)

กำหนด

i = อัตราทด

d_1 = 4 นิ้ว

d_2 = 3 นิ้ว

n_1 = 725 rpm.

เมื่อ $i = \frac{d_2}{d_1}$

$= \frac{3}{4}$

$\therefore \quad i = 0.75$

หาความเร็วล้อตาม (สมการ 2-25)

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

$$= \frac{725}{0.75}$$

$$\therefore \quad n_2 = 966.667 \text{ rpm.}$$

ดังนั้นความเร็วรอบของตัวปัดชุดที่ 1 = 966.667 rpm.

$\therefore$ ความเร็วรอบตัวปัดชุดที่ 1 เท่ากับ ความเร็วรอบตัวปัดชุดที่ 2 และชุดที่ 3

หาความเร็วรอบของเครื่องหีบอ้อย (สมการ 2-27)

กำหนด

i = อัตราทด

d_1 = 3

d_2 = 11

n_1 = 725

n_2 = ความเร็วล้อตาม

เมื่อ $i = \frac{d_3}{d_1}$

$$= \frac{11}{3}$$

$$= 3.666$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

$$= \frac{725}{3.666}$$

$$\therefore \quad n_2 = 197.76 \text{ rpm.}$$

การส่งกำลังด้วยเฟือง (สมการ 2-28)

i = อัตราทด

Z_1 = 43 ฟัน

Z_2 = 60 ฟัน

n_1 = 197.76

n_2 = ความเร็วรอบเฟืองตาม

เมื่อ $i = \frac{Z_2}{Z1}$

$= \frac{60}{40}$

$= 1.39$

$n_2 = \frac{n_1}{i}$

$= \frac{197.76}{1.39}$

$= 142.27$ rpm.

ให้ $n_2 = n_3$

$i = \frac{Z_4}{Z_3}$

$= \frac{62}{15}$

$= 4.13$

$n_4 = \frac{n_3}{i}$

$= \frac{142.27}{4.13}$

$= 34.44$ rpm.

∴ ความเร็วรอบของเครื่องหีบน้ำอ้อย คือ 34.44 rpm

3.2.8 ทำการออกแบบเบื้องต้น

ทำการออกแบบเบื้องต้น โดยการสเก็ตแบบด้วยมือก่อน แล้วนำมาทำการแก้ไขปรับปรุงไปโดยลำดับจนได้รูปแบบที่แน่นอน แล้วทำการเขียนแบบจริงเพื่อดำเนินการสร้าง

3.2.9 จัดเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต ดังต่อไปนี้

1) เครื่องเลื่อยไฟฟ้า
2) เครื่องกลึง
3) เครื่องเจาะ
4) เครื่องเจียรไน
5) เครื่องเชื่อม
6) เครื่องกัด
7) เวอร์เนียรในการวัดขนาด
8) ดลับเมดร

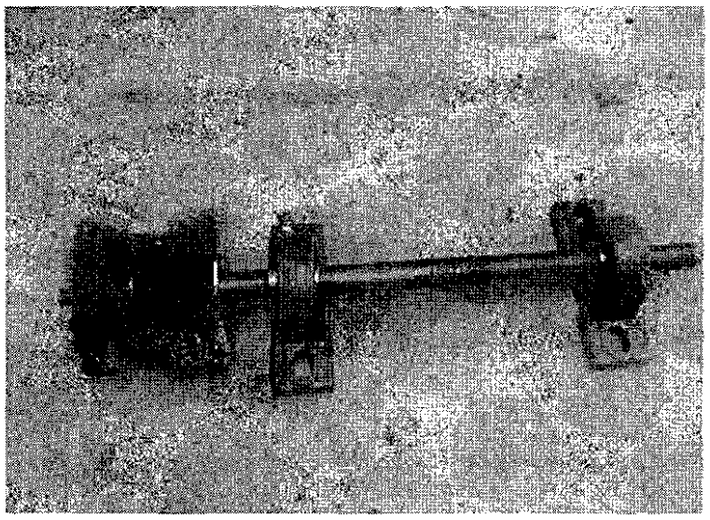
3.2.10 ดำเนินการสร้างชุดปัดเปลือกเพื่อประกอบกับชุดคั้น

เมื่อทำการจัดเตรียมหาอุปกรณ์และวัสดุครบตามที่ต้องการแล้วทำการดำเนินการสร้าง ชุดปัดเปลือกเพื่อประกอบกับชุดคั้นจะมีขั้นตอนการสร้างแสดงไว้ดังภาพต่อไปนี้

1) ทำการสร้างโครงเครื่องตามที่ได้ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 3-6

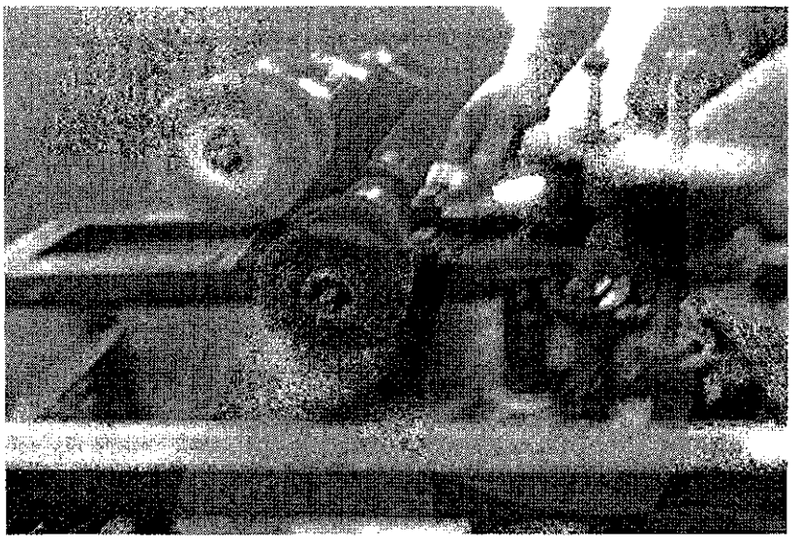
ภาพที่ 3-6 แสดงส่วนของโครงเครื่อง

2) ทำการสร้างชุดแปรงปัดเปลือกอ้อย ดังภาพที่ 3-7



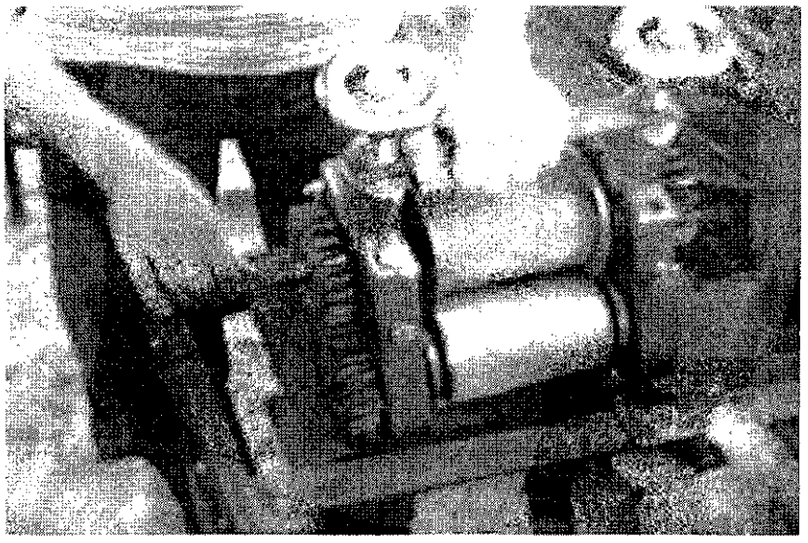
ภาพที่ 3-7 แสดงชุดของแปรงปัดเปลือกอ้อย

3) ทำการติดตั้งชุดแปรงปัดเข้ากับโครง ดังภาพที่ 3-8



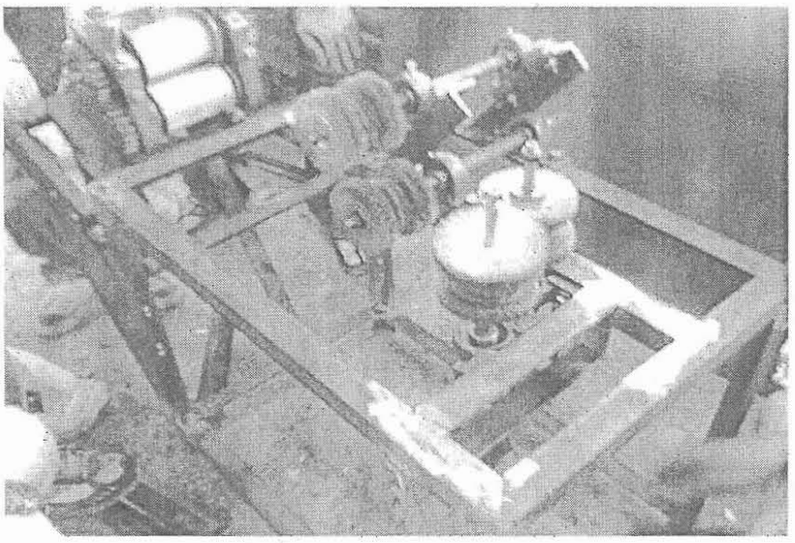
ภาพที่ 3-8 แสดงการติดตั้งชุดแปรงปัดเข้ากับโครง

4) ทำการแสดงติดตั้งชุดหีบคั้นน้ำอ้อย ดังภาพที่ 3-9



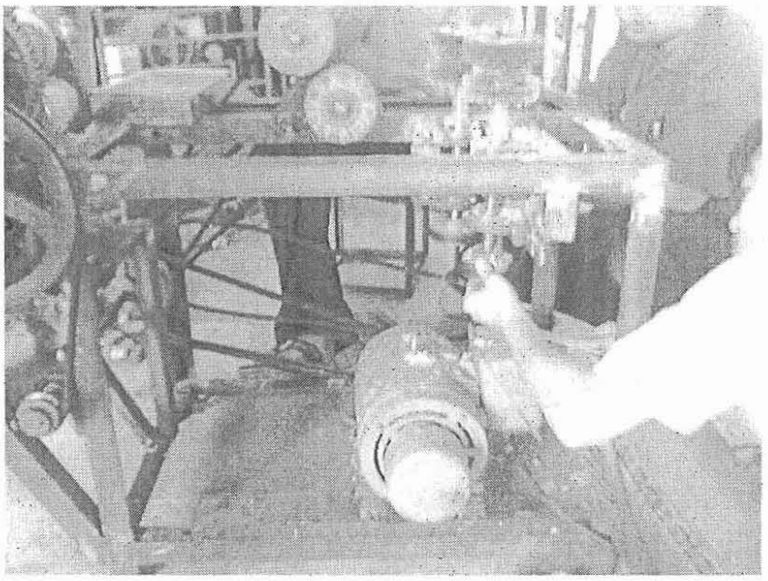
ภาพที่ 3-9 แสดงการติดตั้งชุดหีบคั้นน้ำอ้อย

5) ทำการปรับแต่งระยะของชุดแปรงปัด ภาพที่ 3-10

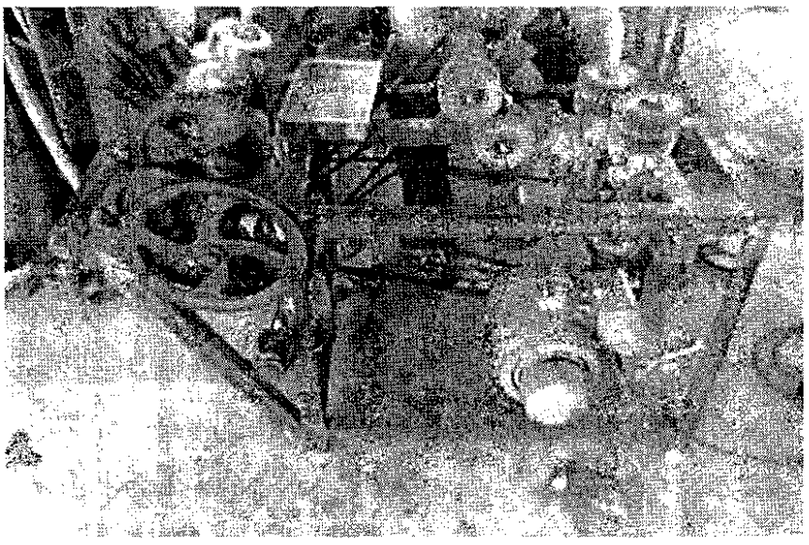


ภาพที่ 3-10 แสดงระยะแปรงปัดชุดที่ 1 และ 2

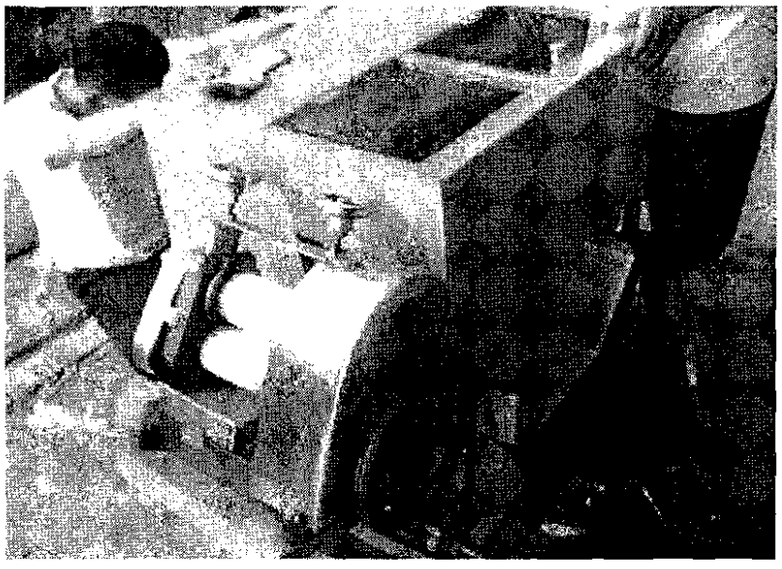
6) ทำการปรับแต่งระยะและติดตั้งมู่เลย์ ดังภาพที่ 3-11



ภาพที่ 3-11 แสดงการติดตั้งระยะของมู่เลย์



ภาพที่ 3-12 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆของเครื่อง



ภาพที่ 3-13 แสดงการปิดชุดป้องกันเศษขุยอ้อย

บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลการดำเนินการ

จากการที่ได้ดำเนินการสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อย ซึ่งมีจุประสงค์และขอบเขตของโครงการวิจัยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 เมื่อได้ทำการสร้างเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้ว จำเป็นต้องทดสอบหาประสิทธิภาพและข้อบกพร่องในการทำงานของเครื่องคั้นน้ำอ้อย เพื่อที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และหาสาเหตุพร้อมทั้งแนวทางการแก้ไขต่อไป

4.1 การวิเคราะห์ผล

โดยมีการเตรียมการทดสอบ ดังนี้

4.1.1 การทดสอบ

1. การเตรียมการทดสอบ

1) นำต้นอ้อย ขนาด 35 – 40 ม.ม. ยาวประมาณ 45 ซ.ม. จำนวน 30 กก. โดยการทดสอบจะทำการทดสอบ 6 ครั้ง แบ่งเป็นครั้งละ 5 กก.

2) เตรียมเครื่องสำหรับทดสอบ

2. การดำเนินการทดสอบ

1) นำอ้อยที่เตรียมไว้ จำนวน 30 ก.ก. เข้าเครื่องโดยนำอ้อยเข้าเครื่องครั้งละ 5 กก. โดยนำอ้อยเข้าทีละลำจนครบ 5 กก. ทำการทดสอบครบ 6 ครั้ง

2) ทำการจับเวลาตั้งแต่นำอ้อยเข้าชุดปัดเปลือกจนเข้าเครื่องคั้นน้ำ

3) ทำการบันทึกผลการทดสอบ

4) จากนั้นนำค่าที่บันทึกผลมาบันทึกลงตารางบันทึกผล

5) ทำการเก็บข้อมูลตามท้องตลาด

6) จากนั้นนำค่าที่บันทึกผลมาบันทึกลงตารางบันทึกผล

7) นำผลทั้งสองมาเปรียบเทียบ

ตารางที่ 4-1 แสดงผลข้อมูลจากการทดสอบเครื่องตามท้องตลาด

เครื่องตามท้องตลาด					
ขนาดของลำอ้อย (มม.)	น้ำหนักของอ้อย (กก.)	ปริมาณของน้ำอ้อยที่ได้ (กก.)	ชานอ้อยที่เหลือ (กก.)	เปลือกอ้อยที่ปอกออก (กก.)	เวลาที่ใช้ (นาที)
35-40	5	2.309	1.515	0.550	6.43
	5	2.230	1.431	0.600	6.34
	5	2.272	1.381	0.548	6.11
	5	2.285	1.429	0.589	6.38
	5	2.268	1.494	0.623	6.51
	5	2.372	1.363	0.570	7.15
ค่าเฉลี่ย	5	2.289	1.436	0.580	6.48

หมายเหตุ จากการทดสอบอ้อย 5 กก. ได้น้ำอ้อยโดยเฉลี่ยคิดเป็น 45.78%

ตารางที่ 4-2 แสดงผลข้อมูลจากการทดสอบเครื่องที่ออกแบบสร้าง

เครื่องที่ออกแบบสร้าง					
ขนาดของลำอ้อย (ม.ม.)	น้ำหนักของอ้อย (กก.)	ปริมาณของน้ำอ้อยที่ได้ (กก.)	ชานอ้อยที่เหลือ (กก.)	ขุยอ้อยที่ปัดออก (กก.)	เวลาที่ใช้ (นาที)
35-40	5	2.675	1.952	0.183	2.32
	5	2.780	1.821	0.225	2.21
	5	2.620	1.952	0.235	2.08
	5	2.666	1.914	0.209	2.04
	5	2.536	1.964	0.194	2.05
	5	2.795	1.921	0.153	2.00
ค่าเฉลี่ย	5	2.678	1.921	0.200	2.117

หมายเหตุ จากการทดสอบอ้อย 5 กก. ได้น้ำอ้อยโดยเฉลี่ยประมาณ 53.56%

จากตารางการเปรียบเทียบ (4-1) และ (4-2) ข้อมูลเครื่องที่พัฒนาและเครื่องตามท้องตลาด จะเห็นได้ว่า เครื่องที่พัฒนาใช้เฉลี่ยประมาณ 2.117 นาที ต่อจำนวนของอ้อย 5 กก. และได้น้ำอ้อยเฉลี่ยปริมาณ 2.678 กก. และเครื่องตามท้องตลาดใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 6.48 นาที ต่ออ้อยจำนวน 5 กก. และได้ปริมาณน้ำอ้อยเฉลี่ย 2.289 กก. จากผลที่ออกมาจะเห็นได้ว่าเครื่องที่พัฒนาจะใช้เวลาในกระบวนการคั้นทั้งหมดน้อยกว่าเครื่องตามท้องตลาด และได้ปริมาณน้ำอ้อยมากกว่า 0.389 กก. เนื่องมาจากเครื่องตามท้องตลาดก่อนทำการคั้นน้ำได้มีการนำอ้อยมาทำการปอกเปลือกโดยใช้การปอกด้วยมีด 2 คม ทำการปอกด้วยกำลังของคน เลยทำให้ใช้เวลาในส่วนของการปอกไปมาก และสูนย์เสียปริมาณน้ำในส่วนของการปอกออกไปเมื่อมาเปรียบเทียบกับเครื่องที่พัฒนาเพราะได้มีการติดตั้งชุดของแปรงปัด เพื่อที่มาทดแทนกำลังคนจึงทำให้ช่วยลดเวลาในส่วนของการปอกด้วยคนลงได้

- **สรุปผลการเปรียบเทียบ**

เครื่องตามท้องตลาดใช้อ้อยที่มีขนาด 35 – 40 มม. มาทำการคั้นน้ำ โดยทำการคั้นครั้งละ 5 กก. จำนวน 6 ครั้ง จะได้น้ำเฉลี่ยแล้วปริมาณ 2.289 กก. และใช้เวลาเฉลี่ย 6.48 นาที

เครื่องที่พัฒนาใช้อ้อยที่มีขนาด 35 – 40 มม. มาทำการคั้นน้ำโดยทำการคั้นครั้งละ 5 กก. จำนวน 6 ครั้ง จะได้น้ำเฉลี่ยแล้วปริมาณ 2.678 กก. และใช้เวลาเฉลี่ย 2.117 นาที

จากข้อมูลการทดลองนำมาหากำลังในการผลิตได้ดังนี้

4.1.1 กำลังในการคั้นอ้อยต่อวันเครื่องที่พัฒนา

1) โดยเฉลี่ยเวลา 2.117 นาที จะคั้นอ้อยได้ 5 กก.

2) โดยเฉลี่ยเวลา 1 ชั่วโมง จะคั้นอ้อยได้ $\frac{60\times5}{2.117}$ = 141.71 กก.

3) ถ้าผลิตวันละ 8 ชั่วโมง จะใช้อ้อยในการผลิตจำนวน $141.71\times8 = 1133.68$ กก.

4.1.2 กำลังในการผลิตน้ำอ้อยต่อวันเครื่องที่พัฒนา

1) อ้อยจำนวน 5 กก. จะคั้นน้ำอ้อยโดยเฉลี่ย 2.678 กก.

2) อ้อยจำนวน 141.71 กก. จะคั้นน้ำอ้อยโดยเฉลี่ย $\frac{141.71\times2.678}{5}$ = 75.89 กก.

3) ถ้าต้องการผลิตวันละ 8 ชั่วโมง จะได้ปริมาณน้ำอ้อยโดยเฉลี่ย 75.899×8 = 518.96 ลิตร

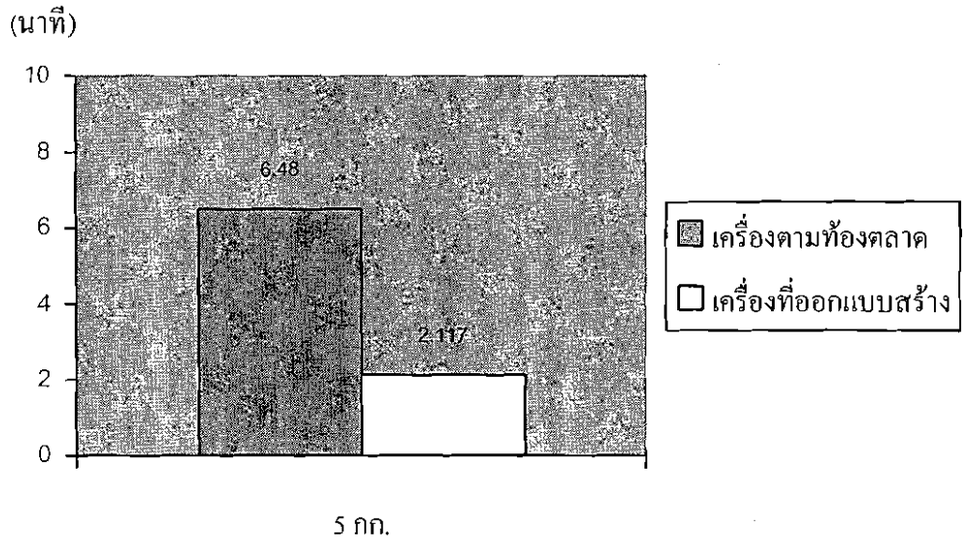
ถ้า % ของปริมาณน้ำอ้อยของเครื่องที่พัฒนาที่คั้นได้จากอ้อย 5 กก.

อ้อย 5 กก. ได้น้ำอ้อย 2.678 กก.

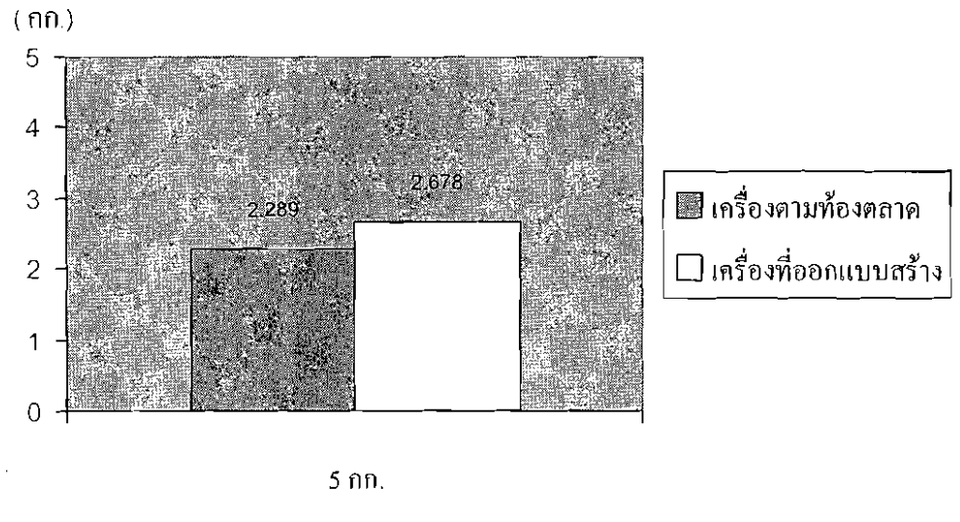
อ้อย 100 กก. ได้น้ำอ้อย $\frac{100\times2.678}{5}$ = 53.56 กก.

เพราะฉะนั้นจะได้น้ำอ้อย 53.56 %

จากตารางที่ (4-1) และ (4-2) แสดงผลข้อมูลของการทดสอบเมื่อนำมาเปรียบเทียบปริมาณน้ำ ที่คั้นได้กับเวลาที่ใช้จะเห็นได้ว่าเวลาแตกต่างกันสาเหตุมาจากการปอกเปลือกโดยใช้มีดทำการปอกเปลือกนั้นจะใช้กำลังคนทำการปอกทำให้เวลาที่ใช้ในการปอกมากเพราะเมื่อทำการปอกเปลือกในระยะเวลานานๆทำให้เกิดความเมื่อยล้าจึงทำให้เวลาในการปอกเปลือกอ้อยเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดปัดเปลือกที่พัฒนามาแทนกำลังของคน ซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 4-1 เมื่อเทียบกับชุดปัดเปลือกซึ่งจะแสดงดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยต่ออ้อย 5 กก.



ภาพที่ 4-2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการคั้นน้ำอ้อยเฉลี่ยต่ออ้อย 5 กก.

4.2 สรุปผล

จากข้อมูลการทดสอบเครื่อง การทดสอบการหีบอ้อย 5 กก. ได้ผลการวิเคราะห์ได้ผลดังต่อไปนี้

1. เครื่องตามท้องตลาดทดสอบอ้อย 5 กก. ได้ปริมาณน้ำโตยเฉลี่ย 2.289 กก. คิดเป็น 45.78% ใช้เวลาเฉลี่ย 6.48 นาที

2. เครื่องที่ดำเนินการออกแบบสร้าง ได้ปริมาณน้ำอ้อยเฉลี่ย 2.678 กก. คิดเป็น 53.56% ใช้เวลาเฉลี่ย 2.117 นาที

3. เครื่องที่ทำการออกแบบสร้างได้ปริมาณน้ำอ้อยที่มากกว่า 7.78% และลดเวลาในการทำงานลงได้ 4.363 นาที เมื่อเทียบกับเครื่องตามท้องตลาด

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินโครงการวิจัยออกแบบสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อย โดยก่อนที่จะดำเนินการสร้างนั้นได้มีการออกแบบ ทำการตรวจสอบ วิเคราะห์แบบตลอดจนคำนวณชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อเป็นการเตรียมการและหาแนวทางในการดำเนินงาน การดำเนินการสร้างจะเริ่มจากทำการผลิตชิ้นส่วนตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นได้มีการทดสอบการทำงานของเครื่องและวิเคราะห์ผลการทำงานของเครื่องและได้มีการสรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อยสด โดยไม่ต้องทำการปลอกเปลือกด้วยมือก่อน ได้ผลดังนี้

ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อย จำนวน 1 เครื่อง โดยมีระบบการปัดเปลือกอ้อยและคั้นน้ำอ้อยสำหรับอ้อยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35-40 มม.

2. หาอัตราการผลิตของเครื่องคั้นน้ำอ้อยที่สร้างขึ้น ได้ผลดังนี้

1) ในเวลา 1 ชั่วโมง คั้นอ้อยได้จำนวนอ้อยประมาณ 140 กก. หรือ 1 วัน (8 ชม. ทำงาน) จะได้ 1120 กก.

2) ได้ปริมาณน้ำอ้อยโดยเฉลี่ยโดยประมาณ 64 กก.ต่อ 1 ชม. หรือ 1 วัน (8 ชม. ทำงาน) จะได้ 512 กก.

3) ได้ปริมาณน้ำอ้อยคิดเป็นร้อยละ 45.78 %

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การปัดเปลือกอ้อยควรจะทำให้มีความยืดหยุ่นให้สามารถปรับตามขนาดลำอ้อยได้

5.2.2 โครงสร้างและตัวปัดอ้อยควรใช้เป็นสแตนเลสที่ใช้กับอาหาร

5.2.3 ควรมีระบบล้างทำความสะอาดและเป่าแห้ง

บรรณานุกรม

[1] วริทธิ์ อึ้งภากร และ ชาญ ถนัดงาน. 2541. **การออกแบบเครื่องจักรกล**. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). หน้า 228-235.

[2] วริทธิ์ อึ้งภากร และ ชาญ ถนัดงาน. 2541. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่มที่ 2**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). หน้า 144-179.

[3] ชนะ กสิภาร์. 2525. **ความแข็งของวัสดุ**. พิมพ์ครั้งที่ 29. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. หน้าที่ 112-129.

[4] บรรเลง ศรนิล และ ประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. 2524. **ตารางโลหะ**. จัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[5] ทวาย สำรวจ. 2529. **คู่มือไฟฟ้าทั่วไปภาคปฏิบัติ**. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์เจริญธรรม. หน้า 7-39.

[6] ปรีชา ทิมทอง ค.อ.บ (วิศวกรรม). 2541. **ชิ้นส่วนจักรกล**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักจิตรวัฒน์. หน้า 92-109.

[7] เอกสารโรเนียว สถาบันวิจัยพืชไร่. 2539. กรรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ภาคผนวก ก
ตารางที่สำคัญ

ตารางที่ ก-1 การแปลงหน่วย

To convert from	To	Multiply by
Angstrom	M	1.0000×10^{-10} (a)
Btu	J	1.054×10^{-3}
Degree	Rad	1.7458×10^{-2}
Dyne/ cm^2	Pa	1.0000×10^{-1}
Ft	M	3.048×10^{-1}
Ft^2	M^2	9.2903×10^{-2}
Ft^3	M^3	2.8317×10^{-2}
Ft of water	Pa	2.989×10^{-3}
Ft.lbf	J	1.3558
Ft.lbf/s	W	1.3558
Gallon	M^3	3.7854×10^{-3}
G/cm^3	Kg/m^3	1.0000×10^{3}
G/cm^3	$Mg/ın^3$	1.0000 (a)
Hp (e)	W	7.457×10^{2}
Hp (f)	W	7.46×10^{2}
In	M	2.54×10^{-2}
In^2	M^2	6.4516×10^{-4}
In^3	M^3	1.6387×10^{-5}
Kgf	N	9.8 (a)
Ksi	Mpa	6.4948
N/m^2	Pa	1.0000 (a)

ตารางที่ ก-2 สูตรการเปลี่ยนค่า

ความยาว		
1 ไมล์ (ทะเล)	= 1.1516	ไมล์ (บก)
	= 6080.204	ฟุต
	= 1853.2517	เมตร
1 ฟาธอม	= 1.828804	เมตร
1 ปีแสง (ระยะห่างของดวงดาว)	= 5.865696×10^{12}	ไมล์

น้ำหนัก		
1 กิโลกรัม	= 9.807	นิวตัน
1 ปอนด์	= 4.448	นิวตัน
1 นิวตัน	= 0.10196	กิโลกรัม
	= 0.2248	ปอนด์

น้ำหนักเฉลี่ย (น้ำหนัก/ระยะทาง)		
1 กรัม/ ซม	= 0.056	ปอนด์/ นิ้ว
1 กก./ เมตร	= 0.67197	ปอนด์/ ฟุต
1 ไดน์	= 0.00002248	ปอนด์
1 เมตริกตัน/ เมตร	= 671.97	ปอนด์/ ฟุด
1 นิวตัน/ เมตร	= 682.75	ปอนด์/ ฟุต
1 ปอนด์/ นิ้ว	= 178.6	กรัม/ ซม.
1 ปอนด์/ ฟุด	= 1.488	กก./ เมตร

แรงบิด – โมเมนต์ (น้ำหนัก x ระยะทาง)		
1 นิวตัน.เมตร	= 8.851	ปอนด์. นิ้ว
1 กก.เมตร	= 9.807	นิวตัน.เมตร
	= 86.8	ปอนด์.นิ้ว
1 ปอนด์. ฟุต	= 1.356	นิวตัน.เมตร

แรง – ความกดดัน (น้ำหนัก/ พื้นที่)		
1 กรัม/ ตร.ซม	= 0.01422	ตร. นิ้ว
	= 2.0489	ปอนด์/ ตร. ฟุต
1 กก/ ตร. ซม	= 2048.9	ปอนด์/ ตร. ฟุต
	= 14.2234	ปอนด์/ ตร.นิ้ว
	= 0.9678	หน่วยบรรยากาศ
	= 28.959	นิ้วของน้ำ
1 กก/ ตร.ม	= 0.00009144	ตัน/ ตร. ฟุต
1 นิวตัน/ ตร.มม.	= 145	ปอนด์/ ตร.นิ้ว
	= 10.2	กก./ ตร.ซม.
1 หน่วยบรรยากาศ (ความกดดัน)	= 33.9	ฟุตของน้ำ
	= 1.033	กก./ ตร.ซม
	=1.058	ตัน/ ตร.ฟุต
	= 29.92	นิ้วปรอท
1 นิ้วปรอท (ความกดดัน)	= 0.03342	หน่วยบรรยากาศ
	= 0.03453	กก./ ตร.ซม
	= 0.4912	ปอนด์/ ตร.นิ้ว
1 ปอนด์/ ตร.นิ้ว	= 0.07031	กก./ ตร.ซม
1 ปอนด์/ ตร. ฟุต	= 4.8824	กก./ ตร.ม.

ความหนาแน่น (น้ำหนัก/ ลูกบาศก์)		
1 กรัม/ ลบซม	= 0.03613	ปอนด์/ ลบ.นิ้ว
	= 62.43	ปอนด์/ ลบ. ฟุต
	= 0.83438	ปอนด์/ แกลลอน
1 กก./ ลบ.ม	= 0.00003631	ปอนด์/ ลบ.นิ้ว
1 นิวตัน/ ลบ.ม	= 0.102	กก./ ลบ.ม
1 นิวตัน/ ลบ. ม	= 0.006366	ปอนด์/ ลบ.ฟุต
1 ปอนด์/ ลบ.นิ้ว	= 27.68	กรัม/ ลบ.ซม

ความหนาแน่น (น้ำหนัก/ ลูกบาศก์) (ต่อ)		
1 ปอนด์/ ลบ.ฟุต	= 0.01602	กรัม/ ลบ.ซม
	= 16.0184	กก/ ลบ.ม
	= 0.005787	ปอนด์/ ลบ.นิ้ว
	= 0.1337	ปอนด์/ แกลลอน
1 ปอนด์/แกลลอน	= 0.11983	กรัม/ ลบ.ซม
	= 0.00433	ปอนด์/ ลบ.นิ้ว

กำลัง (ระยะ x น้ำหนัก/เวลา)		
1 กำลังม้า (ยูเอส)	= 1.014	กำลังม้า (เมตริก)
	= 0.7455	กิโลวัตต์
	= 550	ฟุต.ปอนด์/ วินาที
	= 33000	ฟุต.ปอนด์/ นาที
	= 0.707	บีทียู/ วินาที
	= 42.44	บีทียู/ นาที
	= 2544	บีทียู/ ชั่วโมง
	= 1.3415	กำลังม้า
	= 44268	ฟุต.ปอนด์/ นาที
	= 56.92	บีทียู/ นาที
	= 3413	บีทียู/ ชั่วโมง
	= 0.2931	วัตต์
	= 0.0002931	กิโลวัตต์
	= 0.0003932	กำลังม้า
	= 12.98	ฟุต.ปอนด์/ นาที
	= 0.000833	ตัน (ความเย็น)

พลังงาน (ระยะ x น้ำหนัก)		
1 กก.เมตร	= 7.233	ฟุต.ปอนด์
	= 9.804	จูล
	= 0.0023	กก.แคลอรี่
	= 0.000003653	กำลังม้า. ชั่วโมง
	= 0.000002723	กิโลวัตต์. ชั่วโมง
1 กก.แคลอรี่	= 0.0011623	กิโลวัตต์. ชั่วโมง
	= 0.001558	กำลังม้า. ชั่วโมง
	= 3.9683	บีทียู
	= 4185.829	จูล
1 ฟุต.ปอนด์	= 0.13826	กก.เมตร
	= 3088	กก.แคลลอรี่
	= 0.00000376	กิโลวัตต์
	= 0.001286	กำลังม้า
	= 0.00126	บีทียู
1 จูล	= 0.7376	ฟุต. ปอนด์

ความเร็ว (ระยะทาง/ เวลา)		
1 เมตร/ วินาที	= 3.281	ฟุต/ วินาที
	= 196.85	ฟุต/ นาที
	= 2.2396	ไมล์/ ชั่วโมง
	= 3.6	กม/ ชั่วโมง
	= 60	เมตร/ นาที
1 กก./ ชั่วโมง	= 16.67	เมตร/ นาที
	= 54.681	ฟุต/ นาที
	= 0.91134	ฟุต/ วินาที
1 กก./ ชั่วโมง	= 27.78	ชม./ วินาที
	= 0.62137	ไมล์/ ชั่วโมง
	= 0.5396	ความเร็วลม (นอต)

ความเร็ว (ระยะทาง/ เวลา) (ต่อ)		
1 ฟุต/ นาที	= 0.01136	ไมล์/ ชั่วโมง
	= 0.01829	กม./ ชั่วโมง

ความเร็ว (ระยะทาง/ เวลา) (ต่อ)		
	= 0.3048	เมตร/ นาที
	= 0.508	ชม/ วินาที
1 ไมล์/ ชั่วโมง	= 44.704	ชม./ วินาที
	= 88	ฟุต/ นาที
	= 0.8684	ความเร็วลม (นอต)
	= 1.6093	กม./ ชั่วโมง

ตารางที่ ก – 3 เอส'ไอ perfixes

Perfix	**ตัวย่อ**	**ตัวคูณ**
Giga	G	10^{9}
Mega	M	10^{6}
Kilo	K	10^{3}
Centi	C	10^{-2}
Milli	M	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}

ตารางที่ ก – 4 ตัวคูณเพื่อเปลี่ยนเป็นหน่วยเอสไอ

	หน่วยเดิม	หน่วยเอสไอ	ตัวคูณ
อัตราเร่ง	ft/s^2	M/s^2	3.048×10^{-1}
	in/s^2	M/s^2	2.54×10^{-1}
พื้นที่	ft^2	m^2	9.29×10^{-2}
	In^2	m^2	6.452×10^{-4}
ความหนาแน่น	slug /ft ($lb.s^2/ft^4$)	Kg/m3	5.152×10^{-2}
งานและพลังงาน	ft – lb	J (N.m)	1.356
แรง	lb	N	4.448
ความยาว	ft	m	3.048×10^{-1}
	in	m	2.54×10^{-2}
มวล	slugs ($lb^2.ft$)	kg	14.59
กำลัง	ft.lb/min	W	2.26×10^{-2}
	hp	W	7.457×10^{-2}
ความเค้น,ความดัน	lb/ft^2	N/m^2 หรือ Pa	47.88
	lb/in^2	N/m^2 หรือ Pa	6.895×10^{-3}
ความเร็ว	ft/min	m/ s	5.08×10^{-3}
	ft/s	m/ s	3.048×10^{-2}
ปริมาตร	ft^3	m^3	2.832×10^{-2}
	in^3	m^3	1.639×10^{-5}

ตารางที่ ก – 5 PRINCIPLE UNITS USED IN MECHANICS

Quantity	System (SI)		
	Units	Symbol	Formula
Acceleation (angular)	Radian per second squared		Rad/s^2
Acceleration (linear)	Meter per second squared		m/s^2
Area	Square meter		m^2
Density (mass)	Kilogram per cubic meter		Kg/m^3
Density (weight)	Newton per cubic meter		$N' m^3$
Energy; work	Joule	J	N.m
Force	Newton	N	$Kg.m/s^2$
Force per unit length	Newton per meter		N/m
Frequency	Hertz	Hz	s^{-1}
Length	Meter	M	(base unit)
Mass	Kilogram	Kg	(base unit)
Monent of a force	Newton meter		N.m
Moment of inertia (area)	Meter to fourth power		m^4
Moment of inertia (mass)	Kilogram meter squared		$Kg.m^2$
Power	Watt	W	J/s (N/m/s)
Pressure	Pascal	Pa	N/m2
Section modulus	Meter to third power		M^3
Stress	Pascal	Pa	N/m^2
Time	Second	S	(base unit)
Velocity (angular)	Radian per second		rad/s
Velocity (linear)	Metre per second		m/s
Velocity (liquids)	Liter	L	$10\text{-}3\ m^3$
Velocity (solids)	Cubic meter		m^3

ตารางที่ ก – 6 SELECTED PHYSICAL PROPERTIES

Property	SI	USCS
Water		
Weight density	9.81 k N/m^3	62.4 lb/ft^3
Mass density	1000 kg/m^3	1.94 slugs/ft^3
Sea water		
Weight density	10.0 kN/m^3	63.8 lb/ft^3
Mass density	1020 kg/m^3	1.98 slugs/ft^3
Aluminum (structural alloys)		
Weight density	28 kN/m^3	175 lb/ft^3
Mass density	2800 kg/m^3	5.4 slugs/ft^3
Steel		
Weight density	77.0 kN/m^3	490 lb/ft^3
Mass density	7850 kN/m^3	15.2 slugs/ft^3
Reinforced concretr		
Weight density	24 kN/m^3	150 lb/ft^3
Mass density	2400 kg/m^3	4.7 slugs/ft^3
Atmospheric pressure		
Recommended value	101 kPa	14.7 psi
Standarinternation internation value	101.325 kPa	14.6959 psi
Acceleration of gravity		
Recommended value	9.81 m/s^2	32.2 ft/s^2
Standarinternation internation value	980665 m/s^2	32.1740 ft/s^2

ตารางที่ ก – 7 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา และเหล็กกล้าผสม

(Mechanical properties of plain carbon and alloy steels)

AISI Type	Condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength ksi	Elongation In 2 in %	Reduction In Area %	Hardness BHN	Machinability (based on 1112 = 100)
1010	Hr	64	42	28	67	107	45
	Cd	78	68	16	63	129	55
	Cda	64	48	28	65	131	55
1020	Hr	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turn	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	26	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-

ตารางที่ ก – 7 (ต่อ) คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา และเหล็กกล้าผสม

(Mechanical properties of plain carbon and alloy steels)

AISI Type	Condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength ksi	Elongation In 2 in., %	Reduction In Area, %	Hardness BHN	Machinability (Baced n 1112 = 100)
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	36	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	-
4620	HR	85	63	28	64	183	58
	CD	101	85	22	60	207	64
	A	74	54	31	60	149	55
	N	83	53	29	67	174	-
4640	CDA	117	95	15	43	235	56

ตารางที่ ก– 7 (ต่อ) คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กกล้าผสม

(Mechanical properties of plain carbon and alloy steels)

AISI Type	Condition	Tensile Strength ksi	Yield Strength ksi	Elongation In 2 in., %	Reduction In Area, %	Hardness BHN	Machinability (Baced n 1112 = 100)
	A	98	63	24	51	179	55
	N	122	87	19	51	248	-
5120	CD	92	77	20	55	187	65
	CDA	87	70	23	60	179	65
5140	CDA	105	88	18	52	212	60
5210	HRA	100	81	25	57	192	45
	HRA	185	139	13	20	363	-
5150	CDA	111	95	14	44	223	45
	N	136	89	22	61	269	-
8620	HR	89	65	25	63	192	60
	CD	102	85	22	58	212	63
	N	92	52	26	60	183	-
8640	CD	140	120	11	58	277	-
	CDA	107	90	14	45	217	60
8740	HRA	95	64	25	55	190	56
	CDA	107	96	17	48	223	66
9255	HRA	113	71	22	41	229	45
	N	135	84	20	43	269	-
E9310	HR	115	75	22	58	241	45
	A	119	64	17	42	241	-
	N	132	83	19	58	169	-
9440	HR	123	80	18	47	241	-
	HRA	93	59	26	53	183	-
	N	110	72	25	58	223	-

ตารางที่ ก – 8 ค่าคงที่ทางกายภาพของวัสดุวิศวกรรมบางชนิด

วัสดุ	โมดูลัสความยืดหยุ่น (E)		โมดูลัสความแข็งแกร่ง (G)		อัตราส่วนปัวซอง	น้ำหนักจำเพาะ		
	Mpi	Gpa	Mpsi	Gpa		lb/in^3	lb/ft^3	kN/m^3
Aluminum	10.3	71	3.8	26.2	0.324	0.098	169	26.2
Berylium copper	18	124	7	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Brass	15.4	106	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Carbon steel	30	207	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Cast iron, gray	14.5	100	6	41.4	0.211	0.26	450	70.6
Copper	17.2	119	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Douglas fir	1.6	11	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Glass	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31	214	11	75.8	0.29	0.307	530	83.3
Lead	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesium	6.5	44.8	2.4	16.5	0.35	0.065	112	17.6
Molybdenum	48	331	17	117	0.307	0.368	636	100
Monel metal	26	179	9.5	65.5	0.32	0.319	551	86.6
Nickel silver	18.5	127	7	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Nickel steel	30	207	11.5	79.3	0.291	0.28	484	76
Phosphor bronze	16.1	111	6	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Stainless steel	27.6	190	10.6	73.1	0.305	0.28	484	76