เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

Polishing Machine

นายจักรพันธุ์ สุขคำมี
นายธนะชัย บุสทิพย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา2561

เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

นายจักรพันธุ์ สุขคำมี
นายธนะชัย บุสทิพย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา2561

Polishing Machine

Mr.Jakkapan Sukkammee
Mr.Thanachai Busatip

The Project Report Submitted in Partial Fulfillment of The Requirement for
Degree of Bachelor of Engineering
Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering
Rajamangala University of TechnologyPhraNakhon
201

ชื่อปริญญานิพนธ์ เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ
โดย นายจักรพันธุ์ สุขคำมี
นายธนะชัย บุสทิพย์
ปีการศึกษา 2561
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ประกอบ ชาติภุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์พลรัชต์ บุญมี

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

..... หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(ดร.ศุภชัย หลักคำ)

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ศิริพล ทองอ่อน)

..... กรรมการ
(อาจารย์พิเชษฐ์ บุญญาลัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ประกอบ ชาติภุกต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์พลรัชต์ บุญมี)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ **จ**

กิตติกรรมประกาศ **ฉ**

สารบัญ **ช**

สารบัญรูป **ฌ**

สารบัญตาราง **ฎ**

คำอธิบายสัญลักษณ์ **ฏ**

บทที่

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงงาน 2

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 3

2.2 กระดาษทราย 6

2.3 การขัด 8

2.4 ความเค้น 9

2.5 สายพานลิ่ม 13

3. การดำเนินการโครงงาน

3.1 ขั้นตอนการออกแบบและการดำเนินงาน 19

3.2 การคำนวณสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ 21

3.3 การออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงาน 25

3.4 กำหนดหลักการทำงานของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4. ผลการทดลองและผลการทดลอง
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทำการเปรียบเทียบ 32
4.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ 36
4.3 ผลการทดลอง 41
4.4 สรุปผลการทดลอง 42

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลโครงงาน 43
5.2 ข้อเสนอแนะ 43

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลประกอบการคำนวณ 45

ภาคผนวก ข แบบเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ 55

ประวัติผู้จัดทำ 67

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
	2.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
	2.2 ขั้วแม่เหล็กส่วนที่สอง	4
	2.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก	5
	2.4 โรเตอร์หรืออาเมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	5
	2.5 แปรงถ่าน (รูปซ้าย) และซองแปรงถ่าน (รูปขวา)	6
	2.19 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	14
	3.1 แผนภูมิการดำเนินการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ	20
	3.2 แบบจำลองเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ	25
	3.3 โครงเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ	26
	3.4 ตลับลูกปืน HLK 205	27
	3.5 แผ่นยึดเรือนตลับลูกปืน	27
	3.6 แกนเพลาจานขัดชิ้นงานทำจากเหล็กล้าไร้สนิม	28
	3.7 ฐานจานขัดและจานขัดชิ้นงานทำจากอลูมิเนียม	28
	3.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12VDC 35W	29
	3.9 แผ่นเล็กยึดตัวเรือนมอเตอร์	29
	3.10 ถาดรางน้ำ	30
	3.11 โครงครอบด้านบนและด้านข้าง	30
	3.12 ตัวล็อกกระดาษทราย	31
	4.1 ไดอัลเกจความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร	32
	4.2 กระดาษทรายขัดน้ำความละเอียด 500	33
	4.3 ชิ้นงานวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	33
	4.4 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบโหลดเซลล์	34
	4.5 เครื่องทำล้างความสะอาดชิ้นงาน	34
	4.6 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบแบบที่มีจำหน่ายทั่วไป	35
	4.7 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง	35
	4.8 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง	36
	4.9 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบแบบที่มีจำหน่ายทั่วไป	37

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

4.10 ติดตั้งไดอัลเกจที่หน้าจานขัดเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง 37
4.11 ติดตั้งไดอัลเกจที่หน้าจานขัดเครื่องขัดชิ้นงานที่มีจำหน่ายทั่วไป 38
4.12 ติดกระดาษทายขัดน้ำลงบนหน้าจานขัด 38
4.13 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนการทำการขัด 39
4.14 ขัดชิ้นงานกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง 39
4.15 ขัดชิ้นกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป 40
4.16 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานหลังทำการขัด 40
4.17 ความเรียบผิวชิ้นงานหลังการขัดด้วยเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง 41
4.18 ความเรียบผิวชิ้นงานหลังการขัดด้วยเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป 42

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
	2.1 การเลือกใช้กระดาษทราย	7
	2.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R52-1975 (E) และ ISO/R253-1962(E)	14
	4.2 ค่าความโค้งของหน้าจานขัดชิ้นงานขัดเครื่องชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง	41
	4.3 ค่าความโค้งของหน้าจานขัดเครื่องชัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป	41

บรรณานุกรม

[1] “มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง”[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : http://202.129.59.73 /tn/motor10-52/motor1.htm สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561 http://www.psptech.co.th/%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8Cmotor%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3-19171.page สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2561

[2] “กระดาษทราย”[ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://th.misumiec.com/pr/recommend_category/sheet_polishing_materials201901/ สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 http://thaweekaewnattapong.blogspot.com/2017/09/blog-post.html สืบค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2561

[3] “การขัดชิ้นงาน” [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://old.mtec.or.th/mcu/phml/index.php/th/2014-09-12-03-39-42/28-2009-04-20-04-02-05 สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2561

[4] วริทธิ์ อึ๊งภาภรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2556 ความเค้น แหล่งที่มา ออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดเคชั่น จำกัด (มหาชน) สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2561

นายสุริยา นิลเลื่อม นายสาธิต ศรีม่วง และนายสันติ เทพจินดา 2548 “เครื่องปลอกเปลือกมะพร้าว” แหล่งที่มา : ปริญญานิพนธ์, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[5] วริทธิ์ อึ๊งภาภรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2556 สายพานลิ่ม แหล่งที่มา ออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดเคชั่น จำกัด (มหาชน) สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2561

หัวข้อปริญญานิพนธ์ **เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ**
โดย **นายจักรพันธุ์ สุขคำมี**
นายธนะชัย บุสทิพย์
สาขาวิชา **วิศวกรรมเครื่องกล**
ปีการศึกษา **2561**
อาจารย์ที่ปรึกษา **ดร.ประกอบ ชาติภุกต์**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **อาจารย์พลรัชต์ บุญมี**

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบเพื่อใช้เป็นเครื่องมือขัดชิ้นงานก่อนนำไปทดสอบวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของวัสดุ กำหนดขอบเขตของโครงการออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ โดยใช้หน้าจานขัดอลูมิเนียมขนาด 260 มิลลิเมตร 2 จานขัด กำลังขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ 35 วัตต์ ส่งกำลังด้วยสายพานแบบร่องลิ่ม (V-Belt) ติดตั้งอุปกรณ์ปรับรอบความเร็วของจานขัดระหว่าง 30 – 500 รอบต่อนาที สามารถแยกการทำงานของจานขัดได้ ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับฉีดน้ำหล่อลื่นและพาเศษผงจากการขัดออกจากหน้าจานขัด

ผลจากการออกแบบและสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบพบว่า จานขัดขนาด 260 มิลลิเมตร แบบ 2 จานขัด สามารถแยกการทำงานของจานชิ้นงานขัดได้ ติดตั้งอุปกรณ์ปรับตั้งความเร็วรอบของจานขัดชิ้นงาน อุปกรณ์สำหรับฉีดน้ำหล่อลื่นและพาเศษจากการขัดออกจากหน้าจานขัด ผลการทดสอบพบว่า เมื่อทำการขัดวัสดุเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้างสามารถขัดชิ้นงานได้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป ในราคาที่ถูกกว่าประมาณ 5 เท่าของราคาเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไปและมีความคุ้มค่าในการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบในครั้งนี้

Project Title	**Polishingmachine**
By	**Mr.Jakkapan Sukkammee**
	Mr.Thanachai Busathip
Department	**Mechanical Engineering**
Academic year	**2018**
Project Advisor	**Dr.Prakorb Chartpuk**
Co-Project Advisor	**Mr.Polrat Boonme**

ABSTRACT

The objective of this project is to design and build a test piece polishing machine to be used as a polishing tool before testing and analyzing the microstructure of the material. Determine the scope of the project to design and build a test piece polishing machine. By using a 260mm aluminum polishing plate, 2 polishing plates, driving a DC motor of 12 volts 35 watts. Power transmission with V-Belt, install the device to adjust the speed of the polishing plate between 30 - 500 rounds per minute. Can separate the operation of the polishing plate. Installing equipment for lubricating water and removing the powder from the polishing from the polishing plate.

As a result of the design and construction of the test piece polishing machine, it was found that the 260 mm 2-disc polishing disc could separate the work of the work piece. Install the device to adjust the speed of the work piece. Equipment for injecting water, lubricating and removing debris from polishing from the polishing plate. The results showed that when polishing the material, the polishing machine, the designed test piece can be polished to work effectively, as close to the general-purpose test piece polishing machine. At a price that is about 5 times cheaper than the price of a typical work piece polishing machine and is cost effective in the construction of this test piece polishing machine.

คำอธิบายสัญลักษณ์ย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
F	แรงที่กระทำ	N
A	พื้นที่หน้าตัดที่แรงกระทำ	mm, m
D	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเพลา	mm, m
d	เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเพลา	mm, m
r	รัศมีนอกของท่อกลม	mm,m
T	แรงบิด	N.m
J	โมเนนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว	mm^4,m^4
L	ความยาว	mm,m
π	ค่าคงที่	-
g	แรงโน้งถ่วงของโลก	m/s^2
G	โมดูลัสของการเฉือน	GN/m^2
σ_t	ความเค้นดึง	N/mm^2
σ_c	ความเค้นอัด	N/mm^2
σ_y	ความต้านแรงดึง	N/mm^2
τ	ความเค้นเฉือน	N/mm^2
τ_d	ความเค้นออกแบบ	N/mm^2
τ_y	ความต้านแรงเฉือนคราก	N/mm^2
τ_{max}	ความเค้นเฉือนสูงสุด	N/mm^2
θ	มุมบิด	rad
N_y	ค่าความปลอดภัยความต้านแรงดึง	-
w_p	กำลังที่ส่ง	watt
ω	ความเร็วเชิงมุม	rad/s

คำอธิบายสัญลักษณ์ตัวย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
N	อัตราเร็วรอบ	rpm
c	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม	mm
D_1	เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับ	mm
D_2	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน	mm
L_p	ความยาวของสายพาน	mm
N_s	ตัวประกอบใช้งาน	-
N_a	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส	-
N_l	ตัวประกอบความยาวของสายพาน	-
P_R	กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้	kW

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำโครงงาน

ปัจจุบันโลหะวัสดุทั่วโลกได้มีการพัฒนากันอย่างต่อเนื่องขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำไปใช้งาน ในส่วนของประเทศไทยโลหะวัสดุได้เป็นปัจจัยสำคัญส่วนหนึ่งในภาคอุตสาหกรรม วิศวกร นักวิทยาศาสตร์ หรือนักเทคโนโลยีล้วนต้องมีการคิดค้นและพัฒนาโลหะให้มีประสิทธิภาพต่อการนำไปใช้งานในชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น เพลา (Shaft) ทำหน้าที่ในการรับและส่งถ่ายกำลังหรือถ่ายทอดแรงบิดทำให้เกิดการหมุนในเครื่องจักรกล หากใช้งานเป็นเวลานาน ๆ วัสดุที่นำมาทำเพลาอาจเกิดความเสียหายจากความเค้นเฉือนจากการหมุน เช่น การฉีดขาดของเพลา การเกิดรอยร้าว (Crack) ซึ่งผลที่เกิดอาจเป็นการล้าตัวของวัสดุที่นำมาทำเพลา วิศวกรและผู้ออกแบบจึงต้องมีวิธีการแก้ไขวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการออกแบบและปรับปรุงวัสดุให้มีขีดความสามารถต่อการรับแรงที่กระทำที่ทำให้เกิดความเสียหาย อาจมีการเพิ่มธาตุทางเคมี ผสมลงไปในเนื้อวัสดุให้มีความแข็งแรงทนทานต่อกาใช้งาน

การค้นคว้าจะมีการนำชิ้นงานมาขัดทำชิ้นงาน ที่เครื่องขัดชิ้นงานก่อนนำ ไปทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุเพื่อเปรียบเทียบถึงความแตกต่างทางวิศวกรรม ซึ่งผู้ทดลองจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติวัสดุเพื่อดูว่าวัสดุนั้นมีความแตกต่างกันและสามารถทนต่อแรงกระทำต่อวัสดุที่ทำให้เกิดความเสียหาย

จะเห็นได้ว่าโลหะวัสดุเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ๆ หรือใช้งานเกินขีดความสามารถของวัสดุนั้นจะทำให้เกิดความเสียหายจึงต้องนำวัสดุมาทำการทดสอบและก่อนนำวัสดุมาทำการทดสอบจะต้องนำมาขัดผิวชิ้นงานก่อนทุกครั้ง โครงงานนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ ใช้ในการเรียนการสอนวิชาสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ ในการขัดเตรียมชิ้นงานทดสอบของวัสดุในการศึกษาโครงสร้างจุลภาควัสดุทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อีกทั้งเป็นการ ลดค่าใช้จ่ายในการ
ซื้อเครื่องขัดที่มีราคาสูง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

1.2.2 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือขัดชิ้นงานก่อนการนำไปทดสอบ

1.2.3 เพื่อให้ได้เครื่องขัดชิ้นงานที่มีประสิทธิภาพทัดเทียมตามท้องตลาด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 หน้าจานขัดขนาด 260 มิลลิเมตร 2 หลุม

1.3.2 สามารถปรับตั้งความเร็วในการขัดชิ้นงานที่ 30 – 500 รอบ/นาที

1.3.3 ติดตั้งอุปกรณ์ฉีดน้ำเพื่อหล่อลื่นและพาเศษขัดออกจากจาน

1.3.4 ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ 2 ตัว

1.3.5 ส่งถ่ายกำลังโดยใช้สายพานในการขับเคลื่อนจาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากโครงงาน

1.5.1. ใช้เป็นการขัดชิ้นงานเพื่อเตรียมทดสอบในการศึกษาโครงสร้างจุลภาควัสดุทางวิศวกรรม

1.5.2. สามารถผลิตเครื่องมือขึ้นมาใช้เองจากองค์ความรู้ด้วยเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ที่มี

1.5.3. ได้เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีราคาถูกกว่าตามท้องตลาด

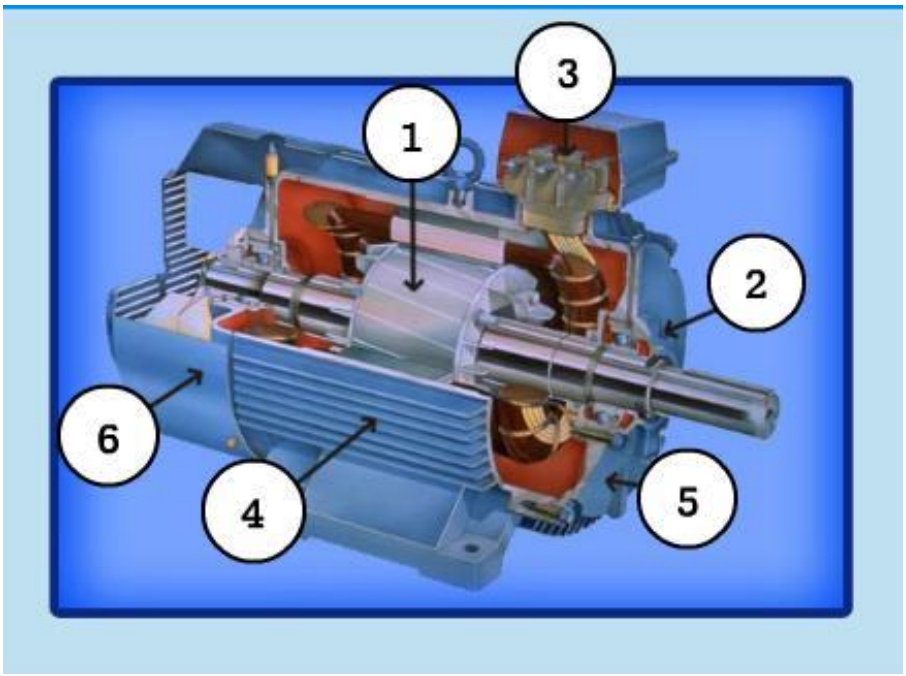
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำโครงงานสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ คณะผู้ดำเนินโครงงานได้ศึกษาทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการดำเนินโครงงานดังนี้

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง [1]

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นจะใช้ในงานในด้านการขับเคลื่อนในแบบต่าง ๆ ที่มีอัตราเร็วไม่สูงมากนัก เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีแรงบิดเริ่มต้นที่สูง (starting torque) สามารถควบคุมควบคุมอัตราเร็วได้ค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในงานที่มีอัตราเร็วค่อนสูงมากๆโครงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง **[1]**

1. ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil)
2. ขั้วแม่เหล็ก (Pole Pieces)
3. โครงมอเตอร์ (Motor Frame)
4. อาร์เมเจอร์ (Armature)
5. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)
6. แปรงถ่าน (Brush)

2.1.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่อยู่กับที่ และ ส่วนที่เคลื่อนที่

1) ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ประกอบด้วยเฟรมหรือโยค (Frame Or Yoke) คือเป็นโครงสร้างภายนอก ที่เรามองเห็นเป็นตัวมอเตอร์ จะทำหน้าที่เป็นเส้นทางเดินของสนามแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจร และเป็นที่ยึดส่วนต่าง ๆ ให้แข็งแรง ทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

-ขั้วแม่เหล็ก (Pole) ประกอบด้วย 2 ส่วนคือแกนขั้วแม่เหล็กและขดลวด จะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอก และสร้างสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้น (Torque)

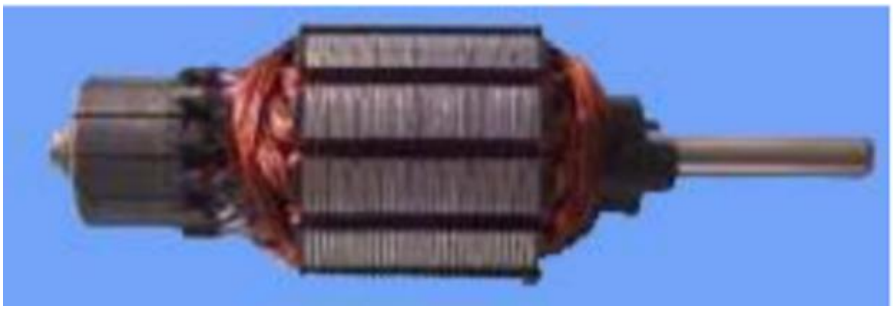
-ส่วนแรกแกนขั้ว (Pole Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆกั้นด้วยฉนวนประกอบกันเป็นแท่งยึดติดกับเฟรมส่วนปลายที่ทำเป็นรูปโค้งนั้นเพื่อโค้งรับรูปกลมของตัวโรเตอร์เรียกว่าขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes) มีวัตถุประสงค์ให้ขั้วแม่เหล็กและโรเตอร์ใกล้ชิดกันมากที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดเพื่อให้เกิดช่องอากาศน้อยที่สุดจะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กผ่านไปยังโรเตอร์มากที่สุดแล้วทำให้เกิดแรงบิดหรือกำลังบิดของโรเตอร์มากเป็นการทำให้มอเตอร์มีกำลังหมุน (Torque) ขั้วแม่เหล็ก แสดงดังรูป 2.2

รูปที่ 2.2 ขั้วแม่เหล็กส่วนที่สอง **[1]**

-ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil) จะพันอยู่รอบๆแกนขั้วแม่เหล็กขดลวดนี้ทำหน้าที่รับกระแสจาก ภายนอกเพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เกิดขึ้นและเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเกิดการหักล้างและเสริมกันกับ สนามแม่เหล็กของอาเมเจอร์ทำให้เกิดแรงบิดขึ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 ขดลลวดสนามแม่เหล็ก **[1]**

2.1.2 ส่วนที่เคลื่อนที่หรือโรเตอร์ (rotor) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์ (ArmatureWinding) ที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาเมเจอร์ (Armature core) และมีคอมมิวเตเตอร์ยึดติดอยู่ที่ปลายของขดลวดอาร์เมเจอร์ แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โรเตอร์หรืออาเมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง **[1]**

ซึ่งในส่วนนี้ คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่ในการสัมผัสกับแปรงถ่านคาร์บอน (Carbon Brushes) อยู่ในมอเตอร์เพื่อที่จะให้มีกระแสไหลผ่านไปยังขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดการสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นเพื่อให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกันกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนได้ ตัวโรเตอร์ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

-แกนเพลา (Shaft) เป็นตัวสำหรับยึดคอมมิวเตเตอร์ และยึดแกนเหล็กอาร์มาเจอร์แกนเหล็กอาร์มาเจอร์ (Armature Core) ประกอบเป็นตัวโรเตอร์แกนเพลานี้จะวางอยู่บนแบริ่งเพื่อบังคับให้หมุนอยู่ในแนวนิ่งไม่มีการสั่นสะเทือนได้

-คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำด้วยทองแดงออกแบบเป็นซี่แต่ละซี่มีฉนวนไมก้า (mica) คั่นระหว่างซี่ของคอมมิวเตเตอร์ ส่วนหัวซี่ของคอมมิวเตเตอร์จะมีร่องสำหรับใส่ปลายสายของขดลวดอาร์มาเจอร์ตัวคอมมิวเตเตอร์นี้อัดแน่นติดกับแกนเพลา เป็นรูปกลมทรงกระบอกมีหน้าที่สัมผัสกับแปรงถ่าน (Carbon Brushes) เพื่อรับกระแสจากสายป้อนเข้าไปยังขดลวดอาร์มาเจอร์เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนหนึ่งให้เกิดการหักล้างและเสริมกันกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกส่วนซึ่งเกิดจากขดลวดขั้วแม่เหล็กดังกล่าวมาแล้วเรียกว่าปฏิกิริยามอเตอร์ (Motor action)

-ขดลวดอาร์มาเจอร์(Armature Winding) เป็นขดลวดพันอยู่ในร่องสลอท (Slot) ของแกนอาร์มาเจอร์ขนาดของลวดจะเล็กหรือใหญ่และจำนวนรอบจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวโรเตอร์ชนิดนั้นๆเพื่อที่จะให้เหมาะสมกับงานต่างๆ ที่ต้องการ

-แปรงถ่าน (Brushes)ทำด้วยคาร์บอนมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าในซองแปรงมีสปริงกดอยู่ด้านบนเพื่อให้ถ่านนี้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาเพื่อรับกระแสและส่งกระแสไฟฟ้าระหว่างขดลวดอาร์มาเจอร์ กับวงจรไฟฟ้าจากภายนอกคือถ้าเป็นมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรงจะทำหน้าที่รับกระแสจากภายนอกเข้าไปยังคอมมิวเตเตอร์ให้ขดลวดอาร์มาเจอร์เกิดแรงบิดทำให้มอเตอร์หมุนได้แปลงถ่านมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ลักษณะแปรงถ่าน(รูปซ้าย)และซองแปรงถ่าน(รูปขวา) **[1]**

2.2 กระดาษทราย [2]

กระดาษทราย เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับขัดถูพื้นผิววัสดุต่างๆ ให้มีลักษณะตามต้องการ โดยกระดาษทรายมีลักษณะเป็นแผ่นผิวหน้าจะมีผงขัดเคลือบอยู่เพื่อทำหน้าที่ขัด กระดาษทรายจะมีรูปทรงแตกต่างกัน เช่น แผ่นสี่เหลี่ยม แผ่นกลม สามเหลี่ยมเป็นต้น การใช้งานกระดาษทราย มีทั้งแบบใช้มือขัด และใช้เครื่องขัด งานที่จำเป็นต้องใช้กระดาษทรายมักพบได้บ่อยในงานไม้ ที่ต้องมีการขัดเหลี่ยมขัดผิวไม้ให้มีความเรียบเนียนสวยงาม งานทำสีรถยนต์ ที่ต้องมีการขัดสีเก่าออกเสียก่อนเพื่อโป๊วและพ่นสีใหม่ งานซ่อมบำรุง ที่ต้องใช้กระดาษทรายในการขัดสนิมจากเครื่องจักรกล เป็นต้น

2.2.1 ชนิดของกระดาษทราย

1) กระดาษทรายขัดแห้ง ใช้ได้เฉพาะกับการขัดวัสดุที่แห้งเท่านั้น ไม่สามารถใช้งานกับวัสดุที่เปียกได้เนื่องจากกระดาษทรายชนิดนี้ไม่ทนน้ำทำให้เกิดการเปื่อยยุ่ยได้ กระดาษทรายขัดแห้งเหมาะสำหรับงานขัดเฟอร์นิเจอร์ไม้ต่างๆ ขัดสี โลหะ เป็นต้น การใช้งานกระดาษทรายแห้งใช้ได้ทั้งแบบมือขัดหรือใช้เครื่องขัดแล้วแต่ผู้ใช้จะเลือกใช้งานตามความเหมาะสม

2) กระดาษทรายน้ำ หรือกระดาษทรายขัดเปียก เป็นกระดาษทรายที่มีส่วนผสมของผงแกรไฟต์ มีความละเอียดมากว่ากระดาษทรายขัดแห้ง กระดาษทรายน้ำจะมีความเหนียวทนทาน ไม่เปื่อยยุ่ยง่ายเมื่อเจอน้ำ ก่อนการใช้งานต้องนำไปชุบน้ำให้เปียกเสียก่อน และกระดาษทรายน้ำต้องเปียกน้ำตลอดเวลาในขณะที่ใช้งาน หากเริ่มแห้ง ต้องนำไปชุบน้ำให้เปียกแล้วจึงนำมาใช้งานต่อ นอกจากนั้นยังสามารถใช้งานได้ดีกับวัสดุที่มีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา กระดาษทรายน้ำเหมาะสำหรับงานขัดโลหะ เรซิ่น ขัดสีรถยนต์ หรือใช้เพื่อขัดให้เกิดความเรียบเงาหรือเก็บรายละเอียดของชิ้นงาน เป็นต้น นอกจากนั้นเมื่อใช้งานเสร็จแล้วให้นำกระดาษทรายน้ำไปตากจนแห้งจะสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำอีกได้

ตารางที่ 2.1 การเลือกใช้กระดาษทราย **[2]**

ชนิดของงาน	**เบอร์กระดาษทรายที่ควรเลือกใช้**	
	สำหรับงานด่วน	**สำหรับงานคุณภาพ**
ผิวโลหะ	เบอร์ 80 - 220	เบอร์ 150 - 220
สีโป๊วพลาสติก	เบอร์ 220 - 400	เบอร์ 280 - 600
สีพื้นหรือสีโป๊วแห้งเร็ว	เบอร์ 400 - 800	เบอร์ 600 – 1,000
สีจริงหรือสีเคลียร์ทับหน้า	เบอร์ 1,000	เบอร์ 1,000 – 1,200
ขั้นสุดท้ายก่อนขัดยา	เบอร์ 1,200	เบอร์ 1,200 – 2,000

2.3 การขัด [3]

2.3.1 การขัดระนาบและละเอียด

ขั้นตอนแรกในการที่เอาผิวชิ้นงานออกเรียกว่าการขัดระนาบและละเอียด ปกติแล้วในขั้นตอนนี้จะเอาผิว ของชิ้นงานที่เสียหายหรือแปรรูปไปบ้างในขั้นตอนการตัดหรือทำเรือนออกไป ในขณะเดียวกันก็จะทำให้ ผิวที่เกิดขึ้นใหม่เกิดความเสียหายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำมาขัดมัน (Polishing) จะสามารถขจัด ความเสียหายเล็กน้อยที่หลงเหลืออยู่นั้นในระยะเวลาอันสั้น การขัดแบ่งออกเป็น 2 ขบวนการ คือ

1) การขัดระนาบ (Plane Grinding, PG) การขัดระนาบเป็นขั้นตอนแรกในการขัดผิวชิ้นงาน เพื่อปรับแต่งผิวชิ้นงานเดี่ยวหรือชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้น ซึ่งขัดในเวลาเดียวกัน ให้มีระนาบผิวที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด อาจใช้ผงขัดชนิดต่าง ๆ กันซึ่งขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติของวัสดุที่เตรียม SiC paper ใช้กับวัสดุที่มีความแข็งไม่มาก (อ่อน) PG-paper และหินขัด ชนิดอลูมิเนียมออกไซด์ จะใช้กับโลหะกลุ่มเหล็กที่มีความแข็งมากกว่าความแข็งปกติ Diadiscs หรือ diamond grinding discs ใช้กับวัสดุที่ความแข็งมาก เช่น เซรามิค ซินเตอร์คาร์ไบด์

2) การขัดละเอียด (Fine grinding, FG) ผิวที่เกิดจากการขัดละเอียดจะมีความเสียหายเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยซึ่งจะ สามารถขจัดออกได้หมด ในการขัดมัน Diadisc หรือ diamond grinding discs ใช้สำหรับวัสดุแข็ง สำหรับวัสดุเนื้ออ่อนจะ ใช้กระดาษ SiC ซึ่งมีขนาดความละเอียดต่างกันการใช้กระดาษ SiC จะต้องขัดเป็นขั้นตอนไปจนถึง ขนาดละเอียดมาก ทำให้มีขั้นตอนในการขัดหลายขั้นตอนอีกทั้งจะต้องเปลี่ยนกระดาษ SiC บ่อยครั้ง เนื่องจากความคมของผงขัดสึกหรอหรือผงขัดหลุดออกไป การที่กระดาษ SiC เกิดความเสียหายขึ้นง่าย และต้องเปลี่ยนแผ่นใหม่บ่อย ๆ ทำให้เสียเวลาในการทำงานมากขึ้น ด้วยสาเหตุเหล่านี้ทาง STRUERS จึงคิดค้นวิธีการขัดละเอียดแบบอื่นที่ดีกว่าและสะดวกกว่าการใช้กระดาษ SiC คือ ใช้ผิวขัดที่คิดค้นขึ้น มาใหม่ชื่อ DP-Plan DP-Pan DP-Dur และ Petrodisc-M ซึ่งใช้ร่วมกับผงขัด Petrodisc-M ถูกสร้างขึ้นมาในปี 1978 เป็นจานขัดละเอียดที่มีผิวและระนาบที่แน่นอน ผงขัดเพชร สามารถฝังตัวจมลงในจาน Petrodisc-M ได้ในระดับที่แน่นอนกว่าผ้าขัดทั้งสามชนิดดังกล่าว อีกทั้ง อายุการใช้งานยังนาน การใช้ Petrodisc-M ไปนาน ๆ ระนาบของมันอาจจะเสียไป ดังนั้นอาจจะต้อง มีการปรับระนาบใหม่โดยการใช้แท่ง SiC แล้วตรวจสอบระนาบด้วยแท่งวัดระนาบ (Straightedge) DP-Plan และDP-Pan เป็นผ้าขัดที่ค่อนข้างแข็ง (ไม่นุ่น) ไม่ต้องมีการบำรุงรักษามากเหมือนกับผ้าขัด นุ่มๆชนิดอื่นๆ ใช้กับผงขัดเพชรโดยที่ผงขัดเพชรสามารถฝังตัวจมลงในผ้าขัดทั้งสองชนิดได้ วิธีการนี้ สามารถลดขั้นตอนในการขัดละเอียดให้เหลือเพียงขั้นตอนเดียวได้และการเปลี่ยน ผ้าขัดก็ทำได้ง่าย ในการวัดผิวเคลือบที่บาง ๆ การขัดละเอียด

ด้วย Petrodise-M นั้นให้ผลที่ดีกว่าเนื่องจากผิวของมันมี ความแข็งบ้างซึ่งไม่เหมือนกับใช้ผ้าขัด DP-Plan หรือ DP-Pan อาจทำให้ผิวเคลือบเสียหายได้

2.4 ความเค้น [4]

แรงภายนอกที่มากระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้นหรือแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความเค้นสามารถแบ่งออกได้เป็น

ความเค้นดึง (tensile Stress)

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \qquad 2.1$$

ความเค้นกด (Compressive Stress)

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \qquad 2.2$$

ความเค้นเฉือน (Shear Stress)

$$\tau = \frac{F}{A} \qquad 2.3$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำ มีหน่วยเป็น (N)

A คือ พื้นที่รับแรง มีหน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร (mm^2) หรือ ตารางเมตร (m^2) หน่วยของความเค้นจึงเป็น N/mm^2 หรือ N/m^2

$$1\ pa = 1\ N/mm^2$$

$$Mpa = 10^6 N/m^2$$

ในกรณีที่เพลาแท่งทรงกระบอกรัศมี r ความเค้นเฉือนสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ผิวด้านนอกของเพลา จากสูตร

$$\tau = \frac{Tr}{J} \qquad 2.4$$

เพลาตัน

$$J = \frac{\pi D^3}{32}$$

เพลากลวง

$$J = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32} \qquad 2.5$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเพลา (mm)
d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเพลา (mm)

ความเค้นเฉือนสูงสุดของเพลาตันและเพลากลวงมีดังนี้คือ

$$\tau = \frac{Tr}{J} \qquad 2.6$$

เมื่อ

$$r = \frac{D}{2}$$

เพลาตัน

$$\tau = \frac{T \times \frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32} D^4}$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi D^3} \qquad 2.7$$

เพลากลวง

$$\tau = \frac{T \times \frac{D}{2}}{\frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)}$$

$$\tau = \frac{16TD}{\pi(D^4 - d^4)} \qquad 2.8$$

เพลาทรงกระบอกเมื่อถูกกระทำด้วยทอร์ค มุมบิดของเพลาคำนวณได้จากสูตร

$$\theta = \frac{TL}{GJ} \qquad 2.9$$

เมื่อ θ คือ มุมบิด มีหน่วยเป็นเรเดียน (rad) (1 เรเดียน = 5.73 องศา)

G คือ โมดูลัสเฉือน

L คือ ความยาวของเพลาที่ถูกบิดไป

T คือ แรงบิดที่ใช้ในการบิดของเพลา

J คือ polar moment of inertia

ความต้านแรงเฉือนคราก

$$\tau_y = 0.6\sigma_y \qquad 2.10$$

เมื่อ τ_y คือ ความต้านแรงเฉือนคราก (N/mm^2)

σ_y คือ ความต้านแรงดึง (N/mm^2)

ความเค้นเฉือนออกแบบ

$$\tau_d = \frac{\tau_y}{N_y} \qquad 2.11$$

เมื่อ τ_d คือ ความเค้นเฉือนออกแบบ (N/mm^2)

τ_y คือ ความต้านแรงเฉือนคราก (N/mm^2)

N_y คือ ค่าความปลอดภัยความต้านแรงดึง

ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \left(\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2\right)^{\frac{1}{2}} \qquad 2.12$$

$$\tau_{max} = \frac{\tau_y}{N} = \frac{\sigma_y}{2N} \qquad 2.13$$

เมื่อ τ_{max} คือ ความเค้นเฉือนสูงสุด (N/mm^2)

σ_y คือ ความต้านแรงดึง (N/mm^2)

τ_y คือ ความต้านแรงเฉือนคราก (N/mm^2)

N คือ ค่าความปลอดภัย

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลัง

ลักษณะการใช้งานโดยทั่วไปของเพลาก็คือ การใช้ส่งกำลังจากส่วนหนึ่งไปอีส่วนหนึ่ง กำลัง (power) คืออัตราการทำงาน ดังนั้นกำลังที่เกิดจากแรงบิดหรือโมเมนต์บิด T ก็คือ

$$W_p = T\omega \qquad 2.14$$

เมื่อ W_p คือ กำลังที่ส่ง (Watt)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

แต่

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

$$w_p = \frac{2\pi NT}{60} \qquad 2.15$$

เมื่อ N คือ อัตราเร็วรอบ (rpm)

T คือ แรงบิด (N.m)

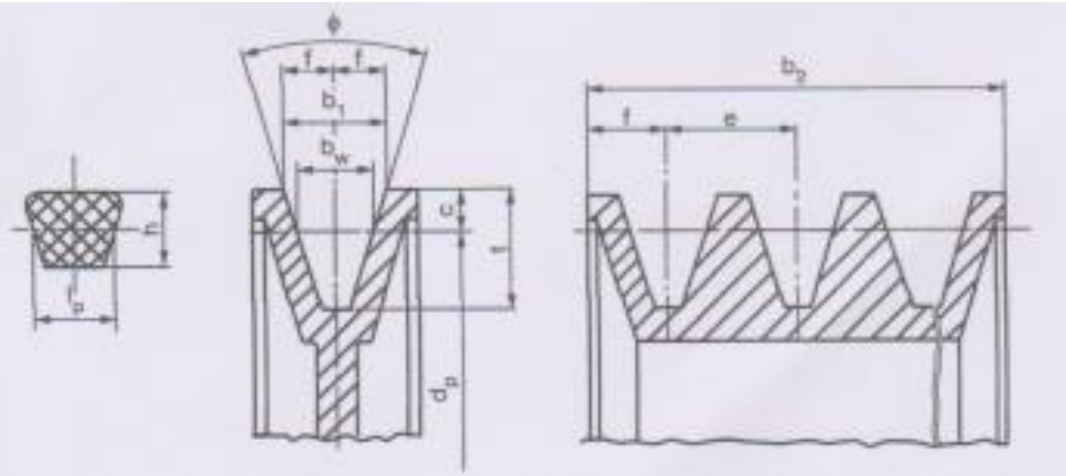
2.5 สายพานลิ่ม [5]

สายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงชั้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เรียวกับร่องรูปลิ่มของล้อสายพาน ทำให้เกิดแรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดี แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อย และมีแรงดึงชั้นต้นค่อนข้างต่ำและเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อย ในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุดเมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีฉุกฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นการเบรกได้ด้วย

การขับเคลื่อนด้วยสายพานลิ่ม มีข้อดีคือเงียบ สะอาดและสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนั้นยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพดี และแบริ่งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพาขับได้โยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

2.5.1 ขนาดสายพานและล้อสายพานลิ่ม

สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปลิ่ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (Pitch Width) และความหนาของสายพานโดยสายพานใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งบ่งออกเป็นสายพานลิ่มแบบแคบ (Narrow V – Belts) มีขนาด SPZ SPA SPB และ SPC และสายพานลิ่มแบบธรรมดา มีขนาด Y Z A B C D และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ่มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ่มและล้อสายพาน แสดงดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

ตารางที่ 2.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ้มตามมาตรฐาน ISO/R52-1975(E) และ ISO/R253-1962(E)

ขนาดเป็น mm

25	60	100	170	280	500	900	1,900
28	63	106	180	300	530	1,000	2,000
31.5	67	112	190	315	560	1,060	2,240
35.5	71	118	200	355	600	1,120	2,500
40	75	125	212	375	630	1,250	
45	80	132	224	400	670	1,400	
50	85	140	236	425	710	1,500	
53	90	150	250	450	750	1,600	
56	95	160	265	475	800	1,800	

2.5.2 การคำนวณความยาวของสายพาน

ความยาวของสายพานแบบ (Open Belts) อาจประมาณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$L_p = 2C + 1.57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)}{4C} \qquad 2.16$$

เมื่อ L_p คือ ความยาวพิตซ์ของสายพาน

C คือ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อขับและล้อตาม

D_1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อขับ

D_2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

การกำหนดระยะ C นับว่ามีความยืดหยุ่นมากพอสมควร ผู้ผลิตรายหนึ่งแนะนำว่าให้ $C = (D_2 + 3D)/2$ หรือ $C = D$ เลือกใช้ค่าที่สูงที่สุด แนะนำดังนี้

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \qquad 2.17$$

เมื่อ

$$p = 0.25L_p - 0.393(D_2 + D_1) \qquad 2.19$$

$$q = 0.125(D_2 - D_1) \qquad 2.20$$

และ

$$C_{max} = 2(D_1 + D_2) \qquad 2.21$$

$$C_{min} = 0.7(D_1 + D_2) \qquad 2.22$$

แล้วเลือกใช้ค่าที่อยู่ระหว่าง C_{max} กับ C_{min}

การกำหนด C ควรเผื่อระยะปรับ (ควรเป็นด้านมอเตอร์) ความห่างของเพลาทั้งสองด้วยเพื่อให้มีความตึงสายพานเพียงพอ เนื่องจากว่า C อาจเป็นพิกัดจำกัด (Limiting Factor) ได้เพราะมี ที่ว่างจำกัดจึงอาจเป็นไปได้ว่าเราต้องลองคำนวณหาขนาดของสายพานหลายครั้งทีเดียว

ส่วนโค้งสัมผัสจากสูตร

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \qquad 2.23$$

มุมสัมผัสของล้อสายพาน จากสูตร

$$\alpha 1 = \pi - 2\sin^{-1}\frac{(D_p - d_p)}{2C} \qquad 2.24$$

หาความเร็วของสายพาน จากสูตร

$$v = \pi D_p n \qquad 2.25$$

จากสมการแรงดึงในสายพาน

$$F = F_1 - F_2 = \frac{W_p}{v} \qquad 2.26$$

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F\frac{e^{\alpha f}+1}{e^{\alpha f}-1} \qquad 2.27$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_C = \frac{wAv^2}{g} \qquad 2.28$$

แรงลัพธ์เนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

$$F_R = 2 \times z \times F_C \sin\frac{\alpha}{2} \qquad 2.29$$

โดย z คือจำนวนสายพาน

ดังนั้น แรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลังกับแรงลัพธ์เนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง นั่นคือ

$$F_i = F_W + F_R \tag{2.30}$$

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_W = k_1 \times F \times \sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.31}$$

ในกรณีที่ขับโดยมีระยะระหว่างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางคงที่ หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลาก็จำเป็นต้องนำเอาระยะหนีศูนย์กลามาคิดด้วย จากสมการ

$$\begin{aligned} F_R &= 2 \times z \times F_C \sin\frac{\alpha}{2} \\ &= 2 \times z \times \frac{wAv^2}{g} \sin\frac{\alpha}{2} \end{aligned} \tag{2.32}$$

ซึ่งเขียนใหม่ได้เป็น

$$F_R = 2 \cdot k_2 \cdot v^2 \sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.33}$$

ค่า k_2 หาได้จากตาราง ดังนั้นรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin\frac{\alpha}{2} \tag{2.34}$$

การคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพาน

$$z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l} \tag{2.35}$$

เมื่อ z คือ จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม

W_p คือ กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_s คือ ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตาราง

N_a คือ ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัสหาค่าจากตาราง

N_l คือ ตัวประกอบแก้ไขความยาวของสายพาน

P_R คือ กำลังที่สายพานลิ่มหนึ่งเส้นส่งได้

บทที่ 3

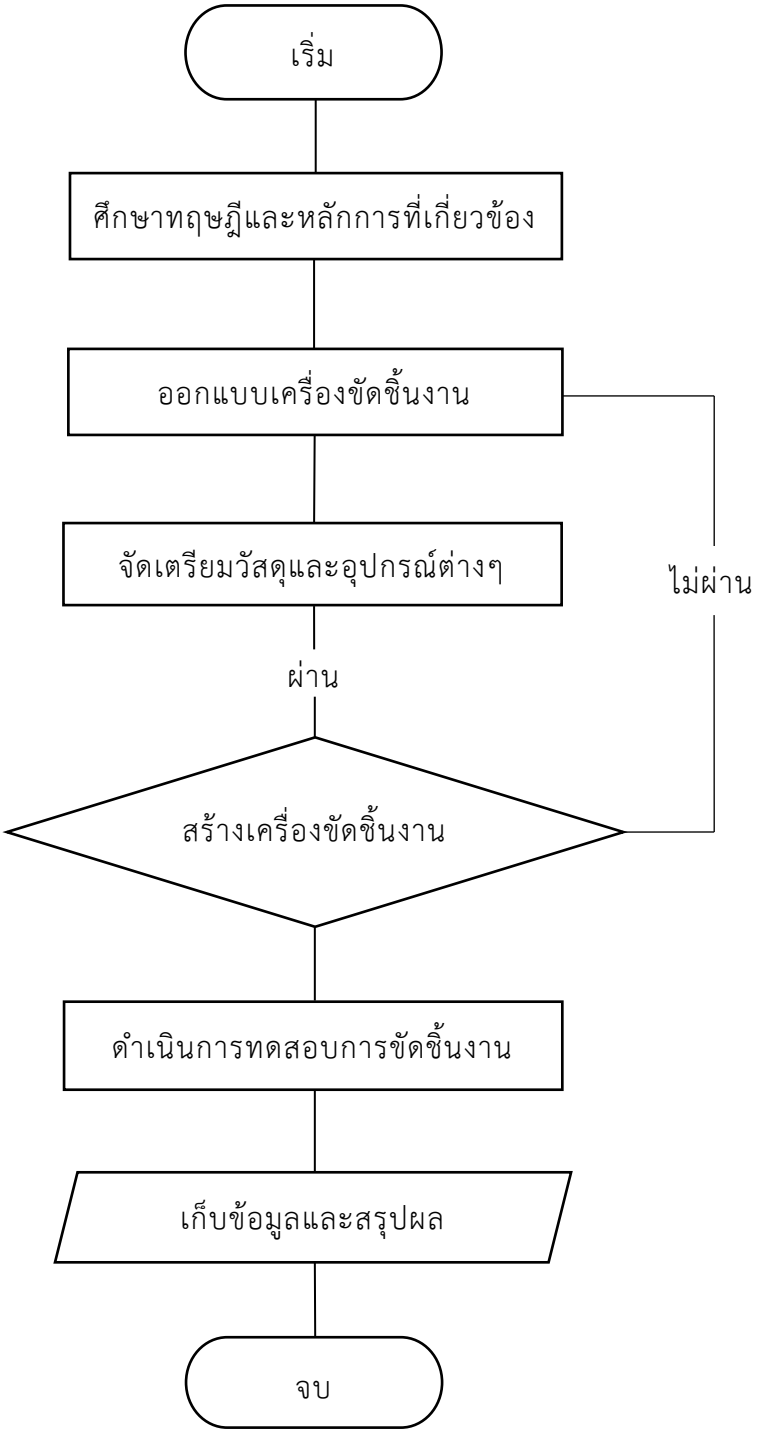
การดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะมีรายละเอียดเนื้อหาเกี่ยวกับการคำนวณและการออกแบบต่างๆ เช่น ออกแบบ มอเตอร์ขับที่เลือกใช้กับจานขัด การออกแบบแกนเพลาขัดโดยจะมีการนำหลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนำมาใช้ประกอบในการออกแบบและปรับปรุงเพื่อให้เกิดความถูกต้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้นมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

3.1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ มีลำดับ ขั้นตอน ดังนี้

1) วางแผนการดำเนินงาน
2) ค้นคว้าข้อมูล เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงาน
3) ประเมินค่าใช้จ่ายของโครงงาน
4) ทำการออกแบบชิ้นงาน
5) เริ่มประกอบโครงสร้างชิ้นงาน



รูปที่ 3.1 แผนภูมิการดำเนินการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

3.2 การคำนวณสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

การคำนวณและการออกแบบเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบจะใช้เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ Metaserv 250 55 W เป็นต้นแบบ การออกแบบชิ้นส่วนบางชิ้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตลง โดยสามารถทำการขัดชิ้นงานได้ พบว่ามอเตอร์ต้นกำลังของเครื่องขัดรุ่นนี้มีมอขนาด 24 VDC 55W จึงทำการออกแบบลดขนาดของมอเตอร์ต้นกำลัง เพื่อให้มีราคาต้นทุนลดลง และมอเตอร์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปมีอยู่หลายรุ่นหลายแบบจึงได้เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 12 VDC 35 W เป็นต้นกำลังของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

เมื่อได้กำหนดขนาดมอเตอร์ 12 VDC 35 W ได้แล้วจึงจะสามารถคำนวณหาแรงบิดที่เกิดขึ้นได้จากสมการ

คำนวณแรงบิดของมอเตอร์

$$w_p = \frac{2\pi nT}{60}$$

$$T = \frac{w_p(60)}{2\pi n}$$

$$= \frac{35(60)}{2\pi(1{,}000)}$$

$$= 0.33422 \text{ N.m}$$

$$= 334.22 \text{ N.mm}$$

หาอัตราทดระหว่างมอเตอร์ขับและเพลาจานขัดจากความเร็วรอบที่ต้องการ

$$n_\omega = \frac{\text{n ขับ}}{\text{n ตาม}}$$

$$= \frac{1{,}000}{500}$$

$$= 2$$

ดังนั้น อัตราทดในการขับเคลื่อนจึงเป็น 2:1

หาความเค้นอัดที่กระทำบนเพลาของจานขัดจาก น้ำหนักจานขัด + แรงกดชิ้นงานขัด

น้ำหนักจานขัด 4 kg

น้ำหนักแรงกดชิ้นงานขัด 1 kg

$$\sigma_C = \frac{F}{A}$$
$$= \frac{F(4)}{\pi d^2}$$
$$= \frac{5(9.81)(4)}{\pi d^2}$$
$$= \frac{62.45}{d^2}$$

หาความเค้นเฉือนที่เพลาขับ

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$$
$$= \frac{16(334.22)}{\pi d^3}$$
$$= \frac{1702.16}{d^3}$$

หาความต้านแรงดึงของเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304

$$\sigma_y = \frac{35+75}{2}$$
$$= 55\,\text{ksi} \times 6.895\,\text{N/mm}^2$$
$$= 379\,\text{N/mm}^2$$

หาขนาดของเพลาโดยใช้ความเค้นเฉือนสูงสุด

โดยทดลองกำหนดขนาดของเพลาของจานขัด $d = 7\,\text{mm}$

$$\frac{\sigma_y}{2N} = \tau_{max}$$

$$\frac{\sigma_y}{2N} = \left[\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{379}{2(2)} = \left[\left(\frac{62.45}{2d^2}\right)^2 + \frac{1702.16^2}{d^3}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{379}{2(2)} = \left[\left(\frac{62.45}{2(7)^2}\right)^2 + \frac{3404.38^2}{7^3}\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$94.75\,N/mm^2 = 91.91\,N/mm^2$$

พบว่าใช้เพลาขนาด 7 mm ที่ความเค้นเฉือนสูงสุดที่เกิดมีค่าน้อยกว่าความเค้นเฉือนออกแบบ เครื่องจักรนี้จึงสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย แต่เนื่องจากได้ทำการเลือกใช้เพลาขนาด 30 mm เป็นขนาดมาตรฐานมีจำหน่ายทั่วไป

คำนวณสายพาน

กำหนดอัตราทด $n_\omega = 2$

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1$

$$W_p \times N_s = 35(1) = 35$$

เลือกสายพานหน้าตัด A เลือกใช้ล้อสายพานขนาดเล็ก จากตารางใช้ $d_p = 50.8\,mm$ ต้องการอัตราทด $n_\omega = 2$

$$D_p = d_p \times n_\omega = 50.8\,(2) = 101.6\,mm$$

หาความยาวพิตช์

กำหนด $C = 230\,mm$

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \frac{(D_p + d_p)^2}{4C}$$

$$= 2(230) + 1.57(101.6 + 50.8) + \frac{(101.6 + 50.8)^2}{4(230)}$$

$$= 724.51\,\text{mm}$$

$$L_P = 28.52$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้สายพาน A ความยาว 29 in ในการขับเคลื่อน

ส่วนโค้งสัมผัสของสายพาน

$$\frac{D_p - d_p}{C} = \frac{(101.5 - 50.8)}{230}$$

$$= 0.22$$

หาจำนวนของสายพานที่ใช้

ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส $N_a = 0.97$

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน $N_l = 0.82$

สมรรถนะการส่งกำลัง $P_R = 0.4$

$$Z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \times N_a \times N_l}$$

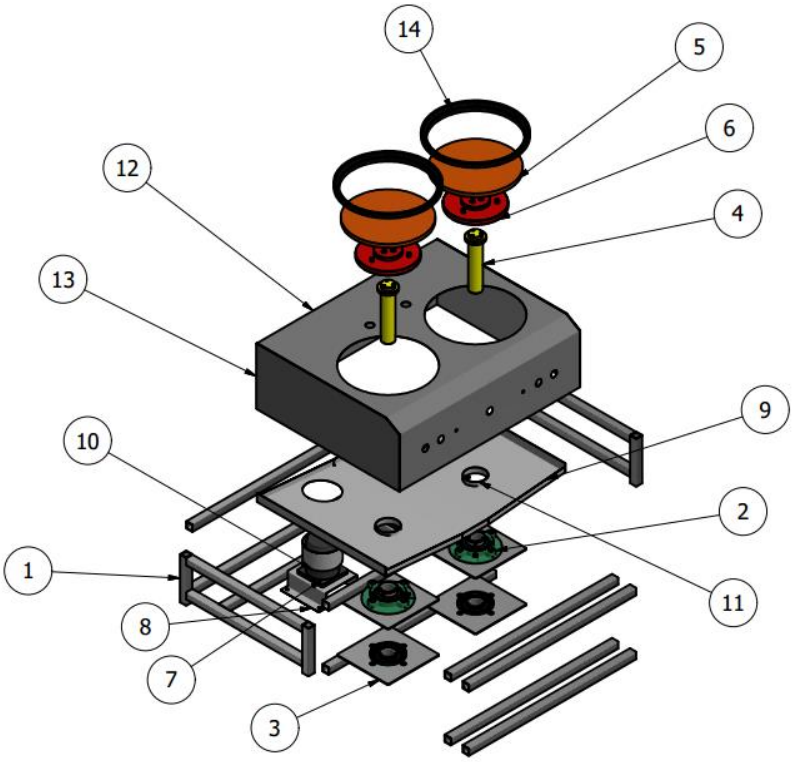
$$= \frac{0.035\,(1)}{0.40(0.97)(0.82)}$$

$$= 0.11$$

ดังนั้น ใช้สายพาน 1 เส้นในการส่งถ่ายกำลังจากมอเตอร์ไปยังเพลาของจานขัดชิ้นงานทดสอบ

3.3 การออกแบบเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

การออกแบบและเลือกใช้ชิ้นส่วนต่างๆในการดำเนินโครงงานการออกแบบและจัดสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ คณะผู้ดำเนินการได้ทำการออกแบบและเลือกใช้ชิ้นส่วนต่างๆ ในการจัดสร้างเครื่องเพื่อความถูกต้องรวดเร็วและต้นทุนต่ำในการผลิตและประกอบชิ้นส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

1. โครงเครื่อง	2. เรือนตลับลูกปืน
3 แผ่นยึด	4 แกนเพลาจานขัด
5. แผ่นยึดจานขัด	6. ฐานจานขัด
7. มอเตอร์	8. แผ่นยึดมอเตอร์
9. ถาดรางน้ำ	10. ชุดกันน้ำมอเตอร์
11. ชุดกันน้ำตลับลูกปืน	12. โครงครอบด้านบน
13. โครงครอบด้านข้าง	14. ตัวล็อกกระดาษทรายกับจานขัด

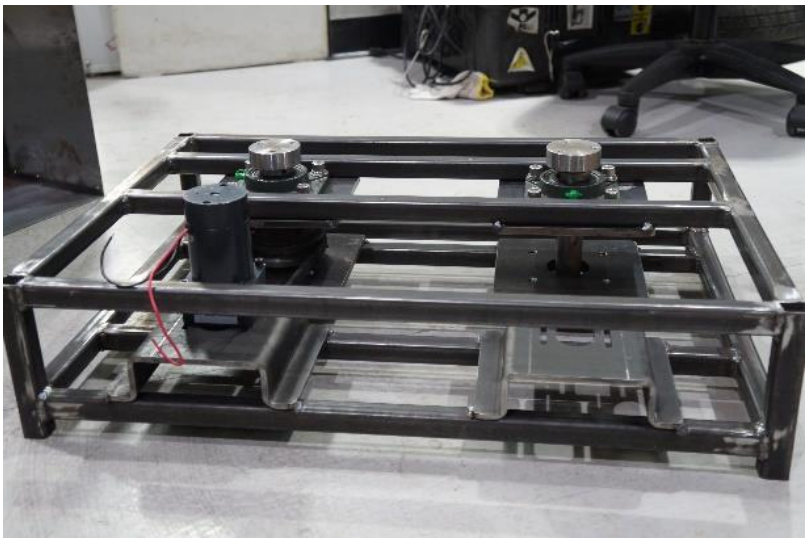
3.4 กำหนดหลักการทำงานของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

หลังจาการที่ศึกษารายละเอียดหลักการทำงานของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป คณะผู้จัดทำจึงได้กำหนดหลักการงานและรายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ได้ทำการแบบสร้างขึ้นดังต่อไปนี้

1) จานขัดขนาด 2 จานขัด ขนาด 260 mm
2) ระบบไฟฟ้า 220 V / 50–60Hz
3) ระบบตัดกระแสไฟเกินพิกัด
4) ขนาดของมอเตอร์กำลัง 12 VDC 35W
5) สามารถปรับตั้งความเร็วรอบได้ในช่วง 30 - 500 รอบ/นาที
6) มีอุปกรณ์สำหรับฉีดน้ำหล่อเย็นและพาเศษขัดออกจากจานขัด
7) สามารถแยกการทำงานของจานขัดได้

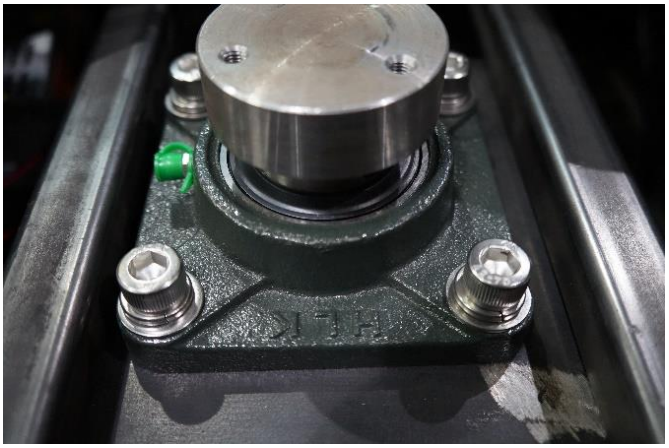
3.4.1 ชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบตามที่ได้ออกแบบไว้มี ดังนี้

1) โครงเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ ทำจากเหล็กกล่องชนิดเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด AISI 1045 ขนาด 2×2 นิ้ว ขนาด 700 มิลลิเมตร เหล็กกล่องชนิดนี้มีสามารถหาซื้อได้ง่าย มีขายโดยทั่วไป ราคาที่ไม่สูง และเหมาะสำหรับงานโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรง แสดงดังรูปที่ 3.3



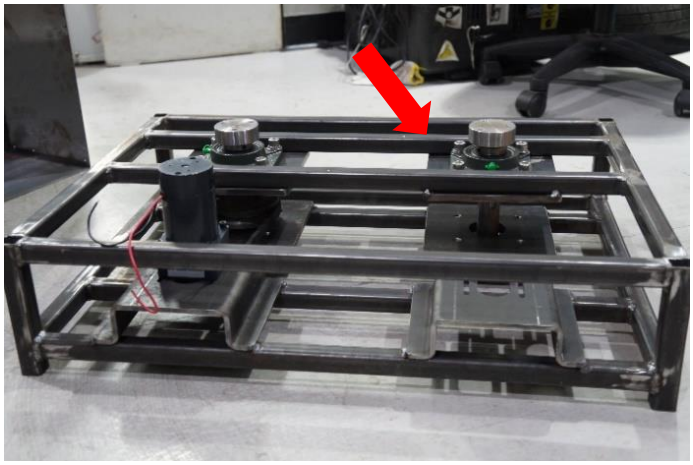
รูปที่ 3.3 โครงเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

2) ตลับลูกปืน HLK 205 ขนาดเพลา 30 มิลลิเมตร ตลับลูกปืนชนิดนี้เหมาะสมกับขนาดของแกนเพลาที่ได้ออกแบบตามที่ต้องการมีข้อดีคือ สามารถรับน้ำหนักได้ทั้งแนวรัศมีและในแนวแกนได้เวลาเดียวกัน หาซื้อได้ง่ายสะดวกต่อการบำรุงรักษา แสดงดังรูปที่ 3.4



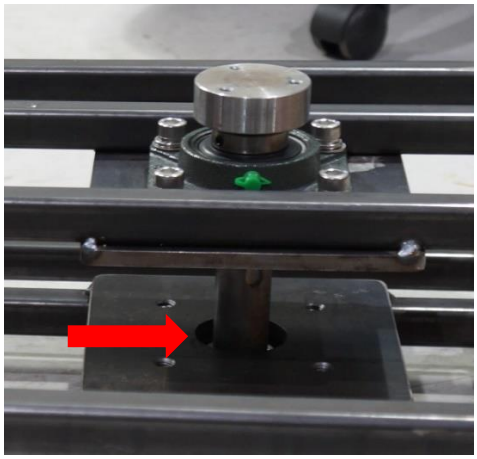
รูปที่ 3.4 ตลับลูกปืน HLK 205

3) แผ่นเหล็กยึดเรือนตลับลูกปืน เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน เกรด AISI 1045 เป็นฐานยึดของเรือนตลับลูกปืนให้ยึดติดกับโครงของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ โดยทำการเจาะรูตรงกลางเพื่อให้แกนเพลาสามารถสอดใส่เข้าไปได้ ง่ายในการติดตั้ง แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผ่นยึดเรือนตลับลูกปืน

4) แกนเพลาจานขัด ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 เป็นวัสดุที่มีความยืดตัวสูงแข็งแรงทนทานทนไม่เป็นสนิมทนต่อการกันกร่อนสูง ในการใช้งานเครื่องขณะขัดจะมีการฉีดน้ำเพื่อล้างเศษผงขัดออก หากมีความชื้นหรือน้ำหยดกระเด็นไปสัมผัสกับแกนเพลาจะทำให้เกิดสนิม วัสดุเหล็กล้าไร้สนิมจึงเหมาะสมที่จะนำมาทำเป็นแกนเพลา แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แกนเพลาจานขัดชิ้นงานทำจากเหล็กล้าไร้สนิม

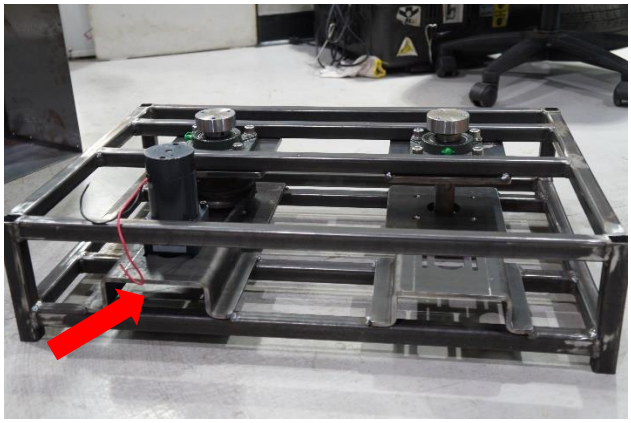
5) ฐานจานขัดและจานขัดชิ้นงาน ทำจากวัสดุอลูมิเนียม เกรด 1100 ขณะทำการขัดชิ้นงาน จานขัดจะสัมผัสกับน้ำโดยตรงตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องใช้วัสดุที่ไม่เป็นสนิม ซึ่งอลูมิเนียมเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง มีน้ำหนักเบาทนต่อการกัดกร่อนไม่เป็นสนิมตรงกับความต้องการนำมาใช้เป็นจานขัดชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ฐานจานขัดและจานขัดชิ้นงานทำจากอลูมิเนียม

7) มอเตอร์เกียร์ความเร็ว 1,000 รอบ/นาที ขนาด 12VDC 35W เนื่องจากในการขัดมีน้ำเป็นองค์ประกอบจึงเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 VDC 35W มีแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สูง เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบเมื่อมีการลัดวงจรเกิดขึ้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา การควบคุมรอบทำความเร็วได้ง่าย แสดงดังรูปที่ 3.8

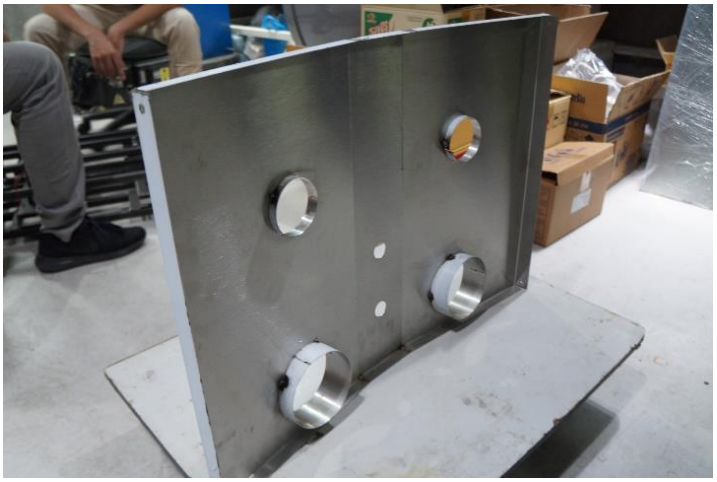
รูปที่ 3.8 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12VDC 35W

8) แผ่นเหล็กยึดเรือนมอเตอร์ เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน เกรด AISI 1045 สามารถขึ้นรูปให้เหมาะสมกับตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งได้ ใช้ทำเป็นตัวยึดเรือนมอเตอร์ให้เข้ากับโครงเครื่องขัดชิ้นงานโดยการเชื่อม เจาะรูให้มีขนาดพอดีกับกับเรือนมอเตอร์ โดยทำร่องสไลด์เพื่อใช้เป็นตัวปรับตั้งสายพาน แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แผ่นเล็กยึดตัวเรือนมอเตอร์

9) ถาดรางน้ำ ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 304 มีความสวยงามยืดตัวสูงขึ้นรูปได้ง่าย แข็งแรงไม่เป็นสนิมทนต่อการกันกร่อน เหมาะแก่การใช้งานเนื่องจากมีการสัมผัสกับน้ำตลอดเวลาในการขัดชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ถาดรางน้ำ

10) โครงครอบด้านบนและด้านข้าง ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1045 แบบแผ่นบาง ใช้เป็นฝาปิดอุปกรณ์ภายในตัวเครื่องโดยการครอบโครงเครื่องทั้งด้านบนและด้านข้าง ทาสีเพื่อความสวยงามและป้องกันการเกิดสนิมสวยงาม แสดงดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 โครงครอบด้านบนและด้านข้าง

14) ตัวล็อกกระดาษทราย ทำหน้าที่ยึดกระดาษทรายให้ติดกับจานขัดชิ้นงาน ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 ทนต่อการกัดกร่อนไม่เป็นสนิมเหมาะแก่การใช้งานที่ต้องสัมผัสกับน้ำ แสดงดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 ตัวล็อกกระดาษทราย

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จากบทที่แล้วได้มีการสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ บนพื้นฐานกระบวนการผลิตทางด้านวิศวกรรม คณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ได้ทำการออกแบบและดำเนินการสร้าง เพื่อให้มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดเพื่อเปรียบเทียบ

4.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

4.3 ผลการทดลอง

4.5 สรุปผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ

ในการทดลองอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องขัดชินงานทดสอบ คือ ไดอัลเกจความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร กระดาษทรายขัดน้ำเบอร์ 500 ชิ้นงานวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม เครื่องชั่งน้ำหนักแบบโหลดเซลล์ เครื่องล้างทำความสะอาดชิ้นงาน เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบแบบที่มีจำหน่ายทั่วไป และเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง ดังรูปที่ 4.1 - 4.7

รูปที่ 4.1 ไดอัลเกจความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

รูปที่ 4.2 กระดาษทรายขัดน้ำความละเอียด 500

รูปที่ 4.3 ชิ้นงานวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม

รูปที่ 4.4 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบโหลดเซลล์

รูปที่ 4.5 เครื่องทำล้างความสะอาดชิ้นงาน

รูปที่ 4.6 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบแบบที่มีจำหน่ายทั่วไป

รูปที่ 4.7 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง

4.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

เตรียมเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ได้ทำการออกแบบสร้างและเตรียมเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป ติดตั้งไดอัลเกจที่เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบทั้งสอง เพื่อวัดค่าความโค้งของพื้นผิวหน้าจานขัดชิ้นงานแล้วนำมาเปรียบเทียบ โดยทำการเดินเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบด้วยรอบต่ำพร้อมบันทึกค่าที่อ่านได้จากไดอัลเกจ จากนั้นทำการเปรียบเทียบด้วยวิธีการขัดชิ้นงานโดยจะใช้กระดาษทรายขัดน้ำเบอร์ 500 ติดที่หน้าจานขัดชิ้นงานของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบทั้งสอง วัสดุที่เลือกใช้เปรียบเทียบด้วยการขัดเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนขัดและหลังขัดโดยใช้ค่าของน้ำหนักที่ลดลงจากการขัดในระยะเวลา 5 นาที เป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบทั้งสองดังรูป 4.8 – 4.19

รูปที่ 4.8 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง

รูปที่ 4.9 เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบแบบที่มีจำหน่ายทั่วไป

รูปที่ 4.10 ติดตั้งไดอัลเกจที่หน้าจานขัดเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง

รูปที่ 4.11 ติดตั้งไดอัลเกจที่หน้าจานขัดเครื่องขัดชิ้นงานที่มีจำหน่ายทั่วไป

รูปที่ 4.12 ติดกระดาษทายขัดน้ำลงบนหน้าจานขัด

รูปที่ 4.13 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนการทำการขัด

รูปที่ 4.14 ขัดชิ้นงานกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง

รูปที่ 4.15 ขัดชิ้นกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป

รูปที่ 4.16 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานหลังทำการขัด

4.5 **ผลการทดลอง**

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบของผู้ออกแบบกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไปได้ข้อสรุปดังตารางที่ 4.1 - 4.2 และการเปรียบเทียบความเรียบของพื้นผิวชิ้นงานหลักการขัดรูปที่

ตารางที่ 4.1 ค่าความโค้งของหน้าจานขัดชิ้นงานขัดเครื่องชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง

ครั้งที่	ค่าความโค้งที่อ่านได้จากไดอัลเกจ (mm)
1	0.01 - 0.40
2	0.01 - 0.40
3	0.01 - 0.40

ตารางที่ 4.2 ค่าความโค้งของหน้าจานขัดเครื่องชัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป

ครั้งที่	ค่าความโค้งที่อ่านได้จากไดอัลเกจ (mm)
1	0.01 - 0.30
2	0.01 - 0.30
3	0.01 - 0.30

รูปที่ 4.17 ความเรียบผิวชิ้นงานหลังการขัดด้วยเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง

รูปที่ 4.18 ความเรียบผิวชิ้นงานหลังการขัดด้วยเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและวัดค่าต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้างกับเครื่องขัดชิ้นงานที่มีจำหน่ายทั่วไป ค่าความเรียบของหน้าจานขัดชิ้นงานที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 - 4.2 พบว่าความเรียบของผิวหน้าจานขัดของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้าง มีความเรียบของหน้าจานขัดใกล้เคียงกับเครื่องขัดชิ้นทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป เมื่อทำการทดลองขัดชิ้นงานที่ความเร็วรอบเท่ากัน พบว่าผิวหน้าของชิ้นงานมีความเรียบที่ใกล้เคียงกันดังรูปที่ 4.17 – 4.18 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่ออกแบบสร้างใกล้เคียงกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีจำหน่ายทั่วไป ในราคาที่ถูกลงประมาณ 5 เท่า เป็นความสำเร็จในการออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบในครั้งนี้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบสำหรับงานวัสดุ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงานก่อนวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค โดยการดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ มีวิธีการดำเนินงานที่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนตลอดจนโครงการบรรลุตามวัตถุประสงค์ซึ่งผมการดำเนินงานได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ เริ่มจากการศึกษาวัสดุอุปกรณ์ หลักการทำงานของเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีการจำหน่ายทั่วไป เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบให้สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพทัดเทียมกับเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีการจำหน่ายทั่วไป โดยคำนึงถึงการเลือกใช้วัสดุที่ได้มาตรฐานในราคาที่ไม่สูงสามารถหาซื้อได้ง่าย จะได้เป็นการลดต้นทุนในการซื้อเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบที่มีการจำหน่ายทั่วไปในราคาสูง จากการศึกษาและออกแบบสร้าง จึงทำให้ได้เครื่องขัดชิ้นงานทดสอบเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงานที่ตั้งไว้เป็นผลสำเร็จ

5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจนำโครงการนี้ไปปรับปรุงและพัฒนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นการออกแบบสร้างเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ ควรมีการพัฒนาระบบการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ผู้ออกแบบมีข้อเสนอแนะคือ ติดตั้งอุปกรณ์มือกลไกในการจับยึดชิ้นงานแทนการใช้มือจับชิ้นงานในการขัดชิ้นงานและติดตั้งอุปกรณ์นำน้ำที่ใช้หล่อลื่นจากการขัดกลับมาใช้ได้ใหม่

ตารางที่ ข.6 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเหนียวบางชนิด (Mechnical Properties of Some Wrought Stainless Steels)

AISI Type	Tensile Strength (ksi)			Yieid Strength (ksi)			Elong.in 2 in (%)			Reduction Of Area (%)		Brinell Hardness (BHN)			Impact Strength (Izod), (ft – IB)			Endurance Limit (ksi)		Machinability (Based On BHN = 100)	Weldability
	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked		
Austemitic																					
302	85	110	-	35	75	-	60	35	-	70	60	115	240	-	110	-	-	34	-	55	ดีเลิศ
304	85	110	-	35	75	-	60	60	-	70	-	149	240	-	110	90	-	34	-	55	ดีเลิศ
310,310S	95	-	-	45	-	-	50	-	-	65	-	179	-	-	90	-	-	-	-	50	ดี
316	80	90[d]	-	30	60[d]	-	60	45[d]	-	70	65[d]	149	190[d]	-	110	-	-	38	40[d]	50	ดีเลิศ
321	**85**	**100[d]**	-	**35**	**65[d]**	-	**55**	40[d]	-	65	60[d]	150	212[d]	-	110	-	-	38	-	55	ดีเลิศ
347, 348	90	100[d]	-	35	65[d]	-	50	40[d]	-	-	60[d]	160	212[d]	-	110	-	-	39	-	-	ดีเลิศ
Martensitic																					
403	73[a]	-	110	43[a]	-	85	30[a]	-	23	70	-	155	-	225	90	-	75	40	-	Fair	พอใช้
410	70	100[b]	110[b]	40[a]	85	85	40[a]	17	23	70	60	155	205	225	90	80[a]	75	40	-	55[c]	พอใช้ ต้องระมัดระวัง
414	117[a]	130[b]	160[a]	98[a]	115[d]	127[a]	17[a]	15[d]	17[a]	60	58[d]	235	270[d]	-	50	-	48[a]	45	-	Fair	พอใช้ ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม ไม่แนะนำ
416, 416Sc	75	100[c]	110	40	85[c]	85	30	13[c]	18	60	55	155	205[e]	230	70	20[a]	25	40	53[c]	80	ให้ใช้
420	95	105[d]	230	50	85[d]	195	25	17[d]	8	55	50[d]	195	215[d]	500	-	-	10	40	-	45[c]	พอใช้
431	125	130[d]	165[a]	95	110[d]	125[a]	20	15[d]	17[a]	55	35[d]	260	270[d]	338[a]	50	-	40[a]	45	-	45[c]	พอใช้ ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
440 A, B, C	105	115[b,d]	260	60	90[b,d]	240	20	7[b,d]	5	25[b,d]	20	215	240[b,d]	510	2	2[b,d]	4	40	-	40	เชื่อมด้วยความระมัดระวังอย่างสูง
Ferritic																					
405	68[a]	85	-	40	70	-	27[a]	20	-	60	60	150	185	-	25[b]	-	-	-	-	60	ดีเลิศสำหรับการเชื่อมแบบหลอมละลาย
430, 430F	75	83[a]	-	43[a]	63[a]	-	27[a]	20[a]	-	62[a]	60[a]	155	212	-	-	-	-	40[b]	46[b]	Fair	พอใช้ แนะนำแอนนีลหลังการเชื่อม
446	83[a]	85	-	53[a]	70	-	23[a]	20	-	45	45	163	183	-	2	-	-	47	-	Fair	พอใช้ แต่ต้องระมัดระวัง

ที่มา : 1973 Materials Selector, Reinhold Publishing Co., New York. ASME

Handbook : Metal Properties, McGraw – Hill, 1954

a ค่าเฉลี่ย d แอนนีลและรีดเย็น b ค่าต่ำสุด e เทมเปอร์และรีดเย็น c ทำให้แข็ง 200 – 220 BHN

ภาคผนวก ก
ข้อมูลประกอบการคำนวณ

ตาราง ก.1 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปาะ
	N_y	N_s	N_u
แรงอยู่นิ่ง	1.5 - 2	3 - 4	5 – 6
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7 – 8
แรงซ้ำสองทิศทาง หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10 – 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 – 20

ตาราง ก.2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กล้าผสม (Mechnical Properties of Plain Carbon and Steel) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 mm)

AISI Type	Condition	Tensile Strength (ksi)	Yield Strength (ksi)	Elongat.in 2 in (%)	Reduction in Area (%)	Hardness (BHN)	Maschinability (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&Turned	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	85	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	25	49	207	-

ตาราง ก.2 (ต่อ) คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กล้าผสม (Mechnical Properties of Plain Carbon and Steel) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 mm)

AISI Type	Condition	Tensile Strength (ksi)	Yield Strength (ksi)	Elongat.in 2 in (%)	Reduction in Area (%)	Hardness (BHN)	Maschinability (Based on 1112 = 100)
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	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	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	55
	A	98	63	24	51	179	55
	N	123	87	19	51	248	-

ตาราง ก.2 (ต่อ) คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาและเหล็กล้าผสม (Mechnical Properties of Plain Carbon and Steel) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 mm)

AISI Type	Condition	Tensile Strength (ksi)	Yield Strength (ksi)	Elongat.in 2 in (%)	Reduction in Area (%)	Hardness (BHN)	Maschinability (Based on 1112 = 100)
5120	CD	92	77	20	55	187	65
	CDA	87	70	23	60	179	65
5140	CD	105	88	18	52	212	60
52100	HRA	100	81	25	57	192	45
	HRN	185	139	13	20	363	-
6150	CDA	111	95	14	44	223	45
	N	136	89	22	31	269	-
8620	HR	89	65	25	63	192	60
	CD	102	85	22	58	212	63
	A	78	56	31	62	149	-
	N	92	52	26	60	183	-
8640	CD	140	120	11	38	277	-
	CDA	107	90	14	45	217	60
8740	HRA	95	64	25	55	190	56
	CDA	107	96	17	48	223	66
	N	135	88	16	48	269	-
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	269	-
9440	HR	123	80	18	47	241	-
	HRA	93	59	26	53	183	-
	N	110	72	25	58	223	-

หมายเหตุ : HR รีดร้อน HRN รีดร้อนและนอร์มัลไล
HRA รีดร้อนและแอนนีล A แอนนีล
CD รีดเย็น N นอร์มัลไล
CDA รีดเย็นและแอนนีล

ตารางที่ ข.6 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเหนียวบางชนิด (Mechnical Properties of Some Wrought Stainless Steels)

AISI Type	Tensile Strength (ksi)			Yieid Strength (ksi)			Elong.in 2 in (%)			Reduction Of Area (%)		Brinell Hardness (BHN)			Impact Strength (Izod), (ft – IB)			Endurance Limit (ksi)		Machinability (Based On BHN = 100)	Weldability
	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked		
Austemitic																					
302	85	110	-	35	75	-	60	35	-	70	60	115	240	-	110	-	-	34	-	55	ดีเลิศ
304	85	110	-	35	75	-	60	60	-	70	-	149	240	-	110	90	-	34	-	55	ดีเลิศ
310,310S	95	-	-	45	-	-	50	-	-	65	-	179	-	-	90	-	-	-	-	50	ดี
316	80	90[d]	-	30	60[d]	-	60	45[d]	-	70	65[d]	149	190[d]	-	110	-	-	38	40[d]	50	ดีเลิศ
321	85	100[d]	-	35	65[d]	-	55	40[d]	-	65	60[d]	150	212[d]	-	110	-	-	38	-	55	ดีเลิศ
347, 348	90	100[d]	-	35	65[d]	-	50	40[d]	-	-	60[d]	160	212[d]	-	110	-	-	39	-	-	ดีเลิศ
Martensitic																					
403	73[a]	-	110	43[a]	-	85	30[a]	-	23	70	-	155	-	225	90	-	75	40	-	Fair	พอใช้
410	70	100[b]	110[b]	40[a]	85	85	40[a]	17	23	70	60	155	205	225	90	80[a]	75	40	-	55[c]	พอใช้ ต้องระมัดระวัง
414	117[a]	130[b]	160[a]	98[a]	115[d]	127[a]	17[a]	15[d]	17[a]	60	58[d]	235	270[d]	-	50	-	48[a]	45	-	Fair	พอใช้ ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
416, 416Sc	75	100[c]	110	40	85[c]	85	30	13[c]	18	60	55	155	205[e]	230	70	20[a]	25	40	53[c]	80	ไม่แนะนำให้ใช้
420	95	105[d]	230	50	85[d]	195	25	17[d]	8	55	50[d]	195	215[d]	500	-	-	10	40	-	45[c]	พอใช้
431	125	130[d]	165[a]	95	110[d]	125[a]	20	15[d]	17[a]	55	35[d]	260	270[d]	338[a]	50	-	40[a]	45	-	45[c]	พอใช้ ถ้ามีการให้ความร้อนก่อนและหลังการเชื่อม
440 A, B, C	105	115[b,d]	260	60	90[b,d]	240	20	7[b,d]	5	25[b,d]	20	215	240[b,d]	510	2	2[b,d]	4	40	-	40	เชื่อมด้วยความระมัดระวังอย่างสูง

ตารางที่ ข.6 (ต่อ) คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าไร้สนิมเหนียวบางชนิด (Mechnical Properties of Some Wrought Stainless Steels)

AISI Type	Tensile Strength (ksi)			Yieid Strength (ksi)			Elong.in 2 in (%)			Reduction Of Area (%)		Brinell Hardness (BHN)			Impact Strength (Izod), (ft – IB)			Endurance Limit (ksi)		Machinability (Based On BHN = 100)	Weldability
	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked	Hardened & Tempered	Annealed	Cold Worked		
Ferritic																					
405	68[a]	85	-	40	70	-	27[a]	20	-	60	60	150	185	-	25[b]	-	-	-	-	60	ดีเลิศสำหรับการเชื่อมแบบหลอมละลาย
430, 430F	75	83[a]	-	43[a]	63[a]	-	27[a]	20[a]	-	62[a]	60[a]	155	212	-	-	-	-	40[b]	46[b]	Fair	พอใช้ แนะนำแอนนีลหลังการเชื่อม
446	83[a]	85	-	53[a]	70	-	23[a]	20	-	45	45	163	183	-	2	-	-	47	-	Fair	พอใช้ แต่ต้องระมัดระวัง

ที่มา : 1973 Materials Selector, Reinhold Publishing Co., New York. ASME

Handbook : Metal Properties, McGraw – Hill, 1954

a ค่าเฉลี่ย d แอนนีลและรีดเย็น b ค่าต่ำสุด e เทมเปอร์และรีดเย็น c ทำให้แข็ง 200 – 220 BHN

ตาราง ก.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R52-1975(E) และ ISO/R253-1962(E)

ขนาดเป็น mm

25	60	100	170	280	500	900	1,900
28	63	106	180	300	530	1,000	2,000
31.5	67	112	190	315	560	1,060	2,240
35.5	71	118	200	355	600	1,120	2,500
40	75	125	212	375	630	1,250	
45	80	132	224	400	670	1,400	
50	85	140	236	425	710	1,500	
53	90	150	250	450	750	1,600	
56	95	160	265	475	800	1,800	

ตาราง ก.4 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_s สำหรับสายพานลิ่ม

$\frac{D_p - d_p}{C}$	**ส่วนโค้งสัมผัส, α**	N_s
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

ตาราง ก.5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ					
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ : Normal Torque, Squirrel Cage, Synchronous and Split Phase มอเตอร์กระแสตรง : Shunt Wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ทีมีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm			มอเตอร์กระสสลับ : High Torque, High Slip, Repulsion – Induction, Single Phase, Series Wound and Slip Ring มอเตอร์กระแสตรง : Series Wound และ Compound Wound. เครื่องยนต์สันดาปภายใน : ที่มี 1 ลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์		
	ชั่วโมงการทำงานต่อวัน			ชั่วโมงการทำงานต่อวัน		
	≥ 10	10 - 16	> 16	≤ 10	10 - 16	>16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว เครื่องเป่าลม เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบหอยโข่ง พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW และสายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานเปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือเมล็ดพืช เครื่องผสมของข้นเหนียว พัดลมที่มีกำลังสูงกว่า 7.5 kW เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพลาเมน เครื่องซักผ้า เครื่องมือกล Punches Presses Shears เครื่องพิมพ์ Positive Displacement Rotary Pumps และเครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, Bucket Elevators, Exciters, เครื่องอัดลม และเครื่องสูบแบบลูกสูบ สายพานลำเลียง, Hammer Mills, Paper Mill Beaters, Displacement Blowers เครื่องบด เครื่องจักรหล งานไม้ และเครื่องทอผ้า	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
งานหนักพิเศษ : Crushers (Gyratory – Jaw - Roll), Mills (Ball – Rod – Tube) รอกไฟฟ้า Rubber Calendars – Extrudars – Mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตาราง ก.6 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “A” ต่อเส้น(P_R)และเป็น(kW)

สำหรับสายพานยาว L_p = 1,732 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180°

d_p (mm)	n_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1,200	1,450	1,800	2,400	2,850	3,200	3,600
		สมรรถนะในการส่งกำลัง P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	≥ 3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	≥ 3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	≥ 3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	≥ 3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	≥ 3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.68	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	≥ 3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.02	245	2.86	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	≥ 3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

ตาราง ก.6 (ต่อ) สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “A” ต่อเส้น (P_R) และเป็น (kW) สำหรับสายพานยาว L_p = 1,732 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180°

ตัวประกอบแก้ไขความสายพาน N_l

d_p (mm)	n_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก n (rpm)										
		400	700	800	950	1,200	1,450	1,800	2,400	2,850	3,200	3,600
		สมรรถนะในการส่งกำลัง P_R (kW)										
L_p	662	742	832	932	1,032	2,301	2,861	3,211	3,611	3,811	4,061	4,561
N_l	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L_p	2,272	2,532	2,832	3,182	4,032	5,032						
N_l	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวพิตช์ที่มีใช้ $L_p = L_i + 30$ (mm)

L_i												
	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1,000	1,016	1,041	1,060	1,090	1,105	1,120	1,143
	1,168	1,180	1,200	1,220	1,250	1,270	1,300	1,320	1,346	1,372	1,400	1,422
	1,448	1,475	1,500	1,525	1,550	1,575	1,600	1,625	1,651	1,676	1,700	1,725
	1,750	1,780	1,800	1,854	1,900	1,980	2,000	2,030	2,057	2,083	2,100	2,120
	2,150	2,200	2,240	2,285	2,360	2,435	2,475	2,500	2,650	2,730	2,800	2,840
	3,000	3,050	3,150	3,250	3,550	3,650	4,000					

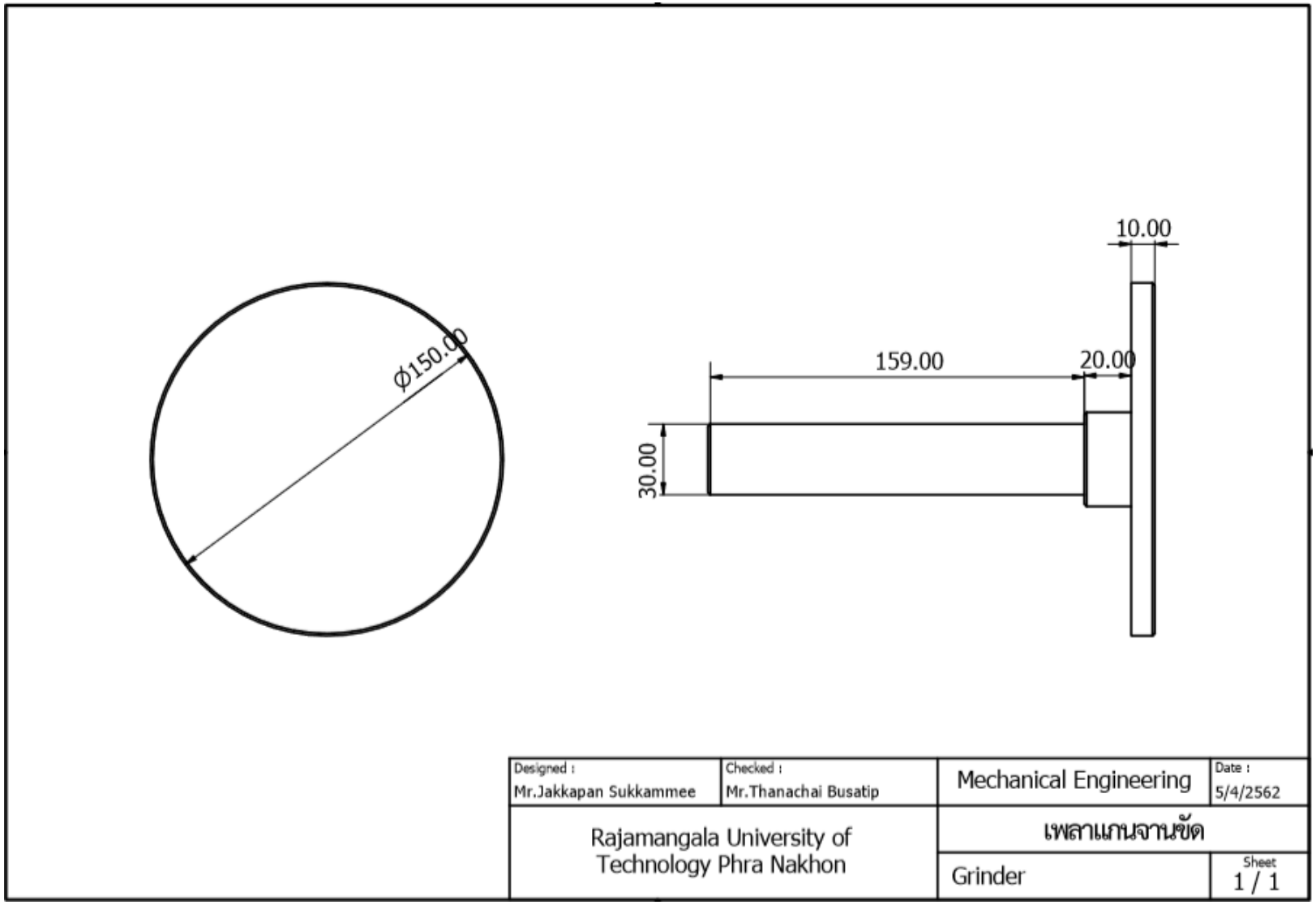
ตาราง ก.8 ค่าตัวประกอบ k_2

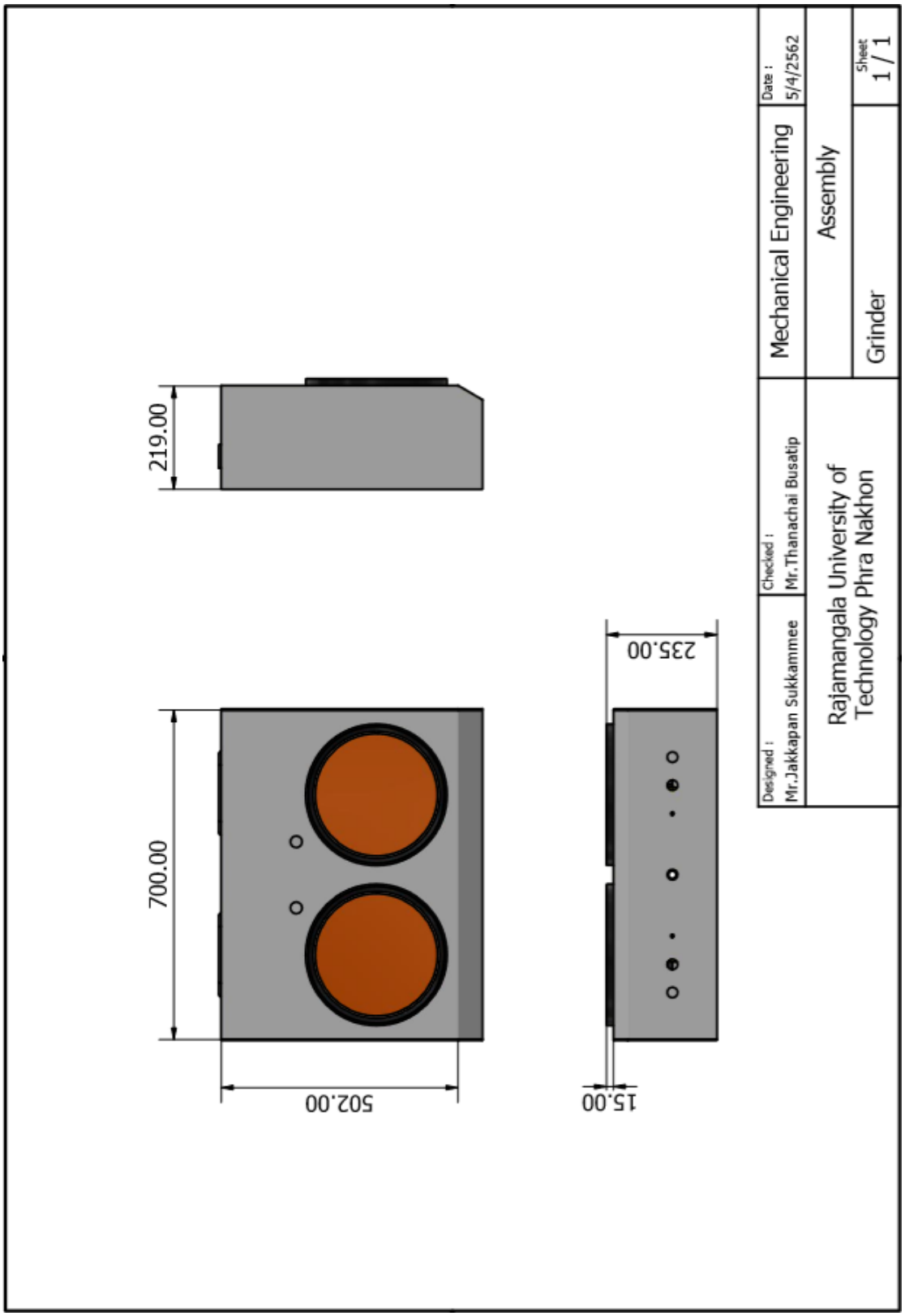
หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.129
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

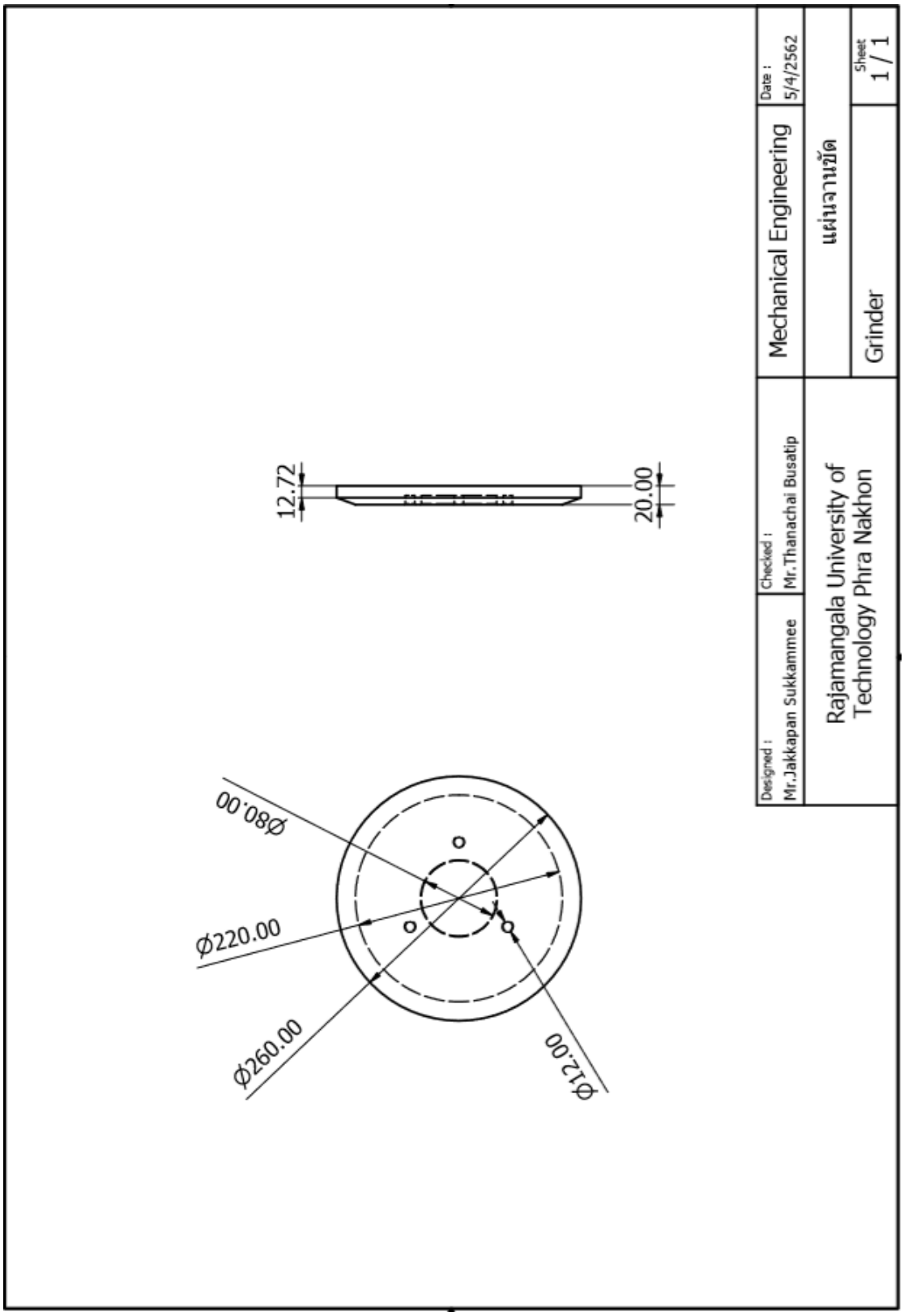
ตาราง ก.7 ตัวประกอบใช้งาน

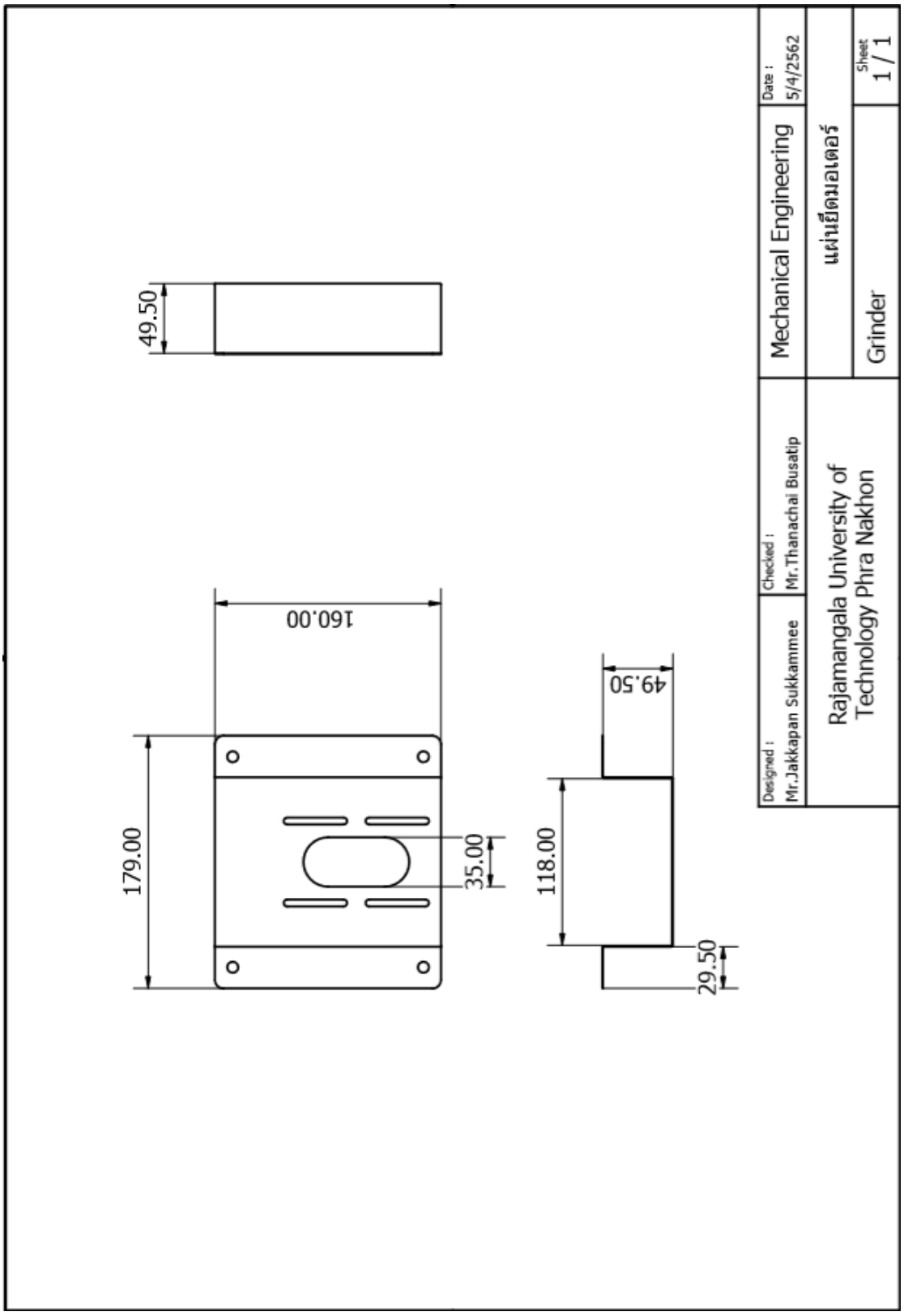
k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

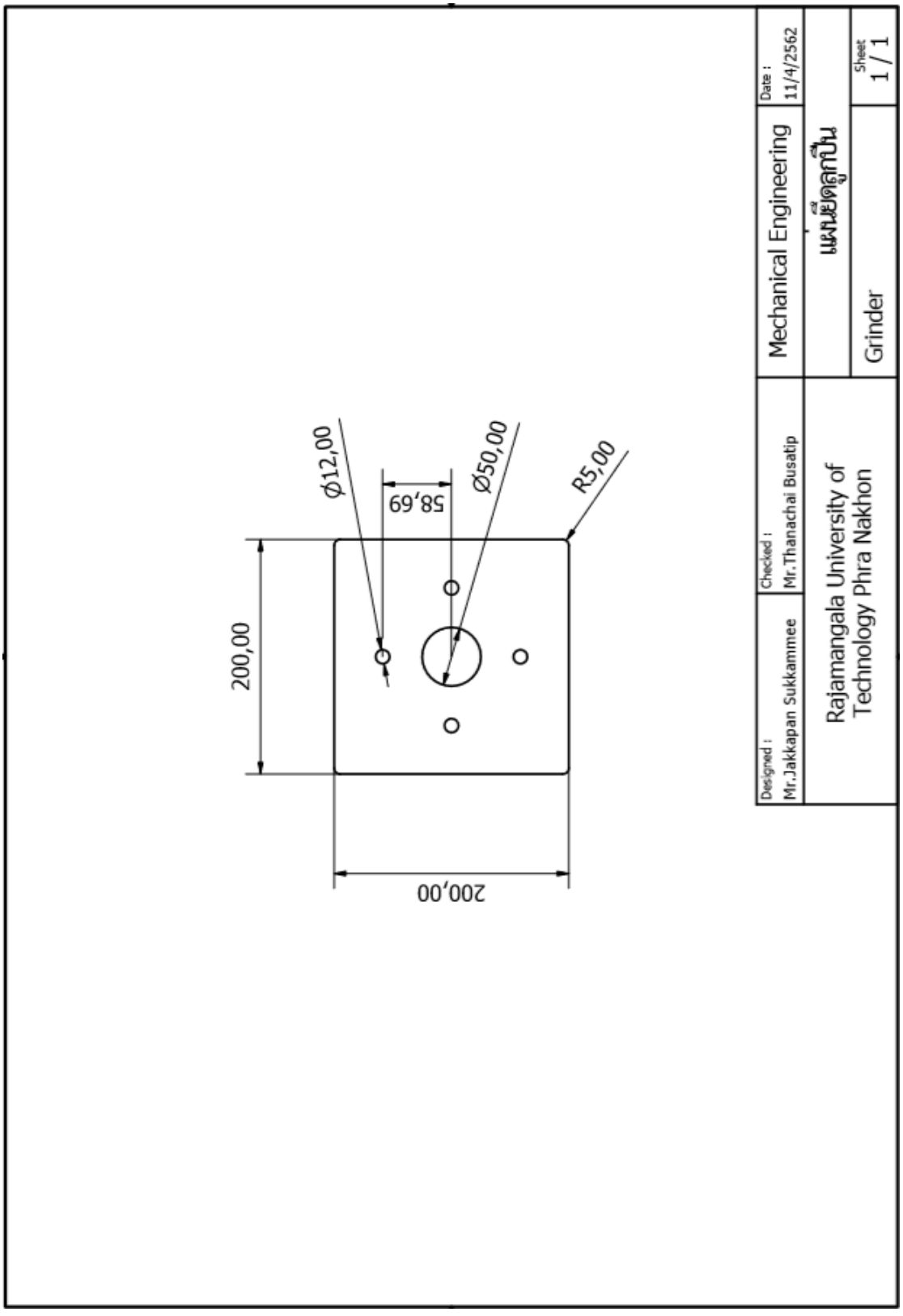
ภาคผนวก ข
แบบเครื่องขัดชิ้นงานทดสอบ

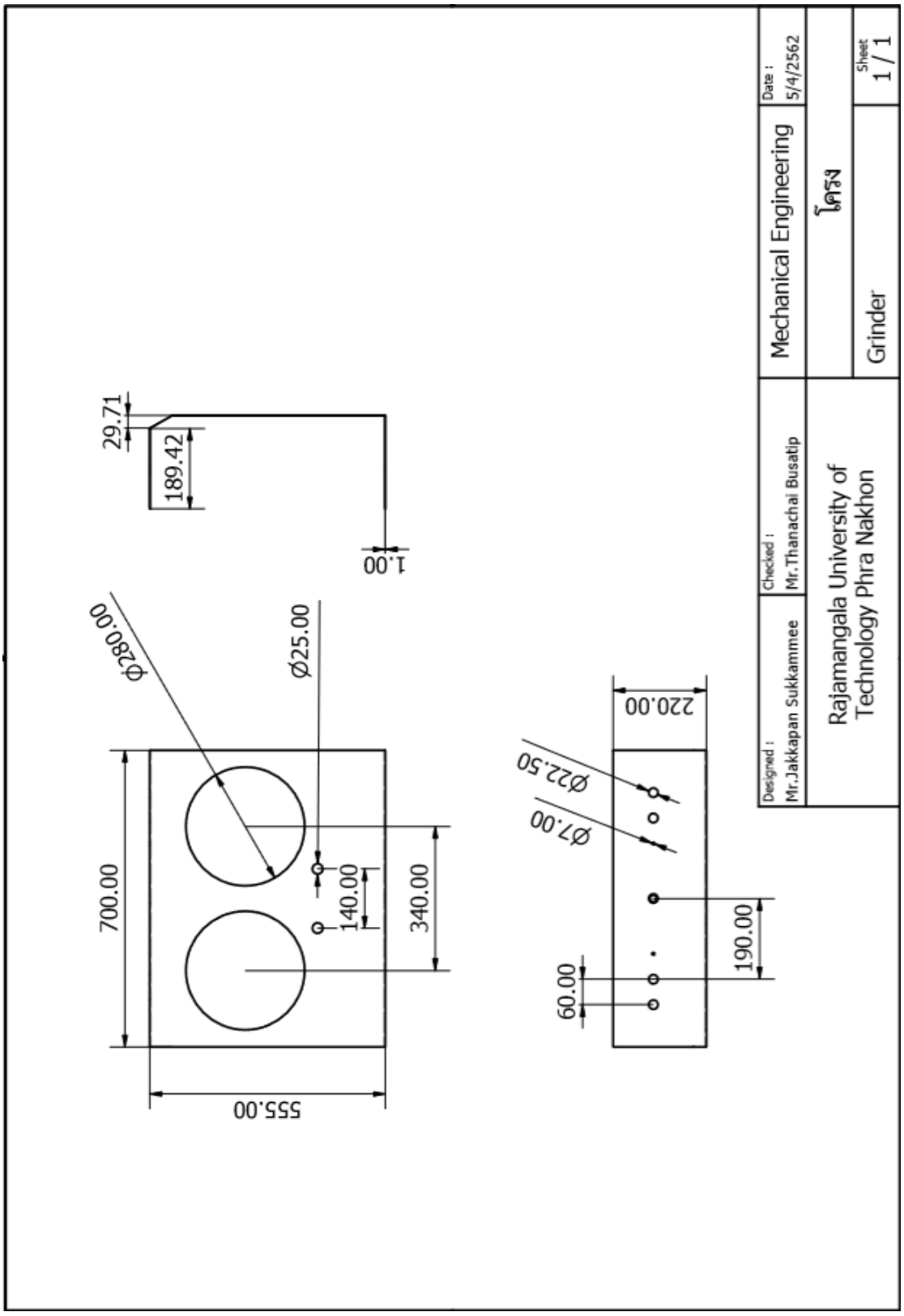

Ø150.00
10.00
159.00
20.00
30.00
Designed :
Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked :
Mr.Thanachai Busatip
Mechanical Engineering
Date :
5/4/2562
Rajamangala University of
Technology Phra Nakhon
เพลาแกนจานขัด
Grinder
Sheet
1 / 1

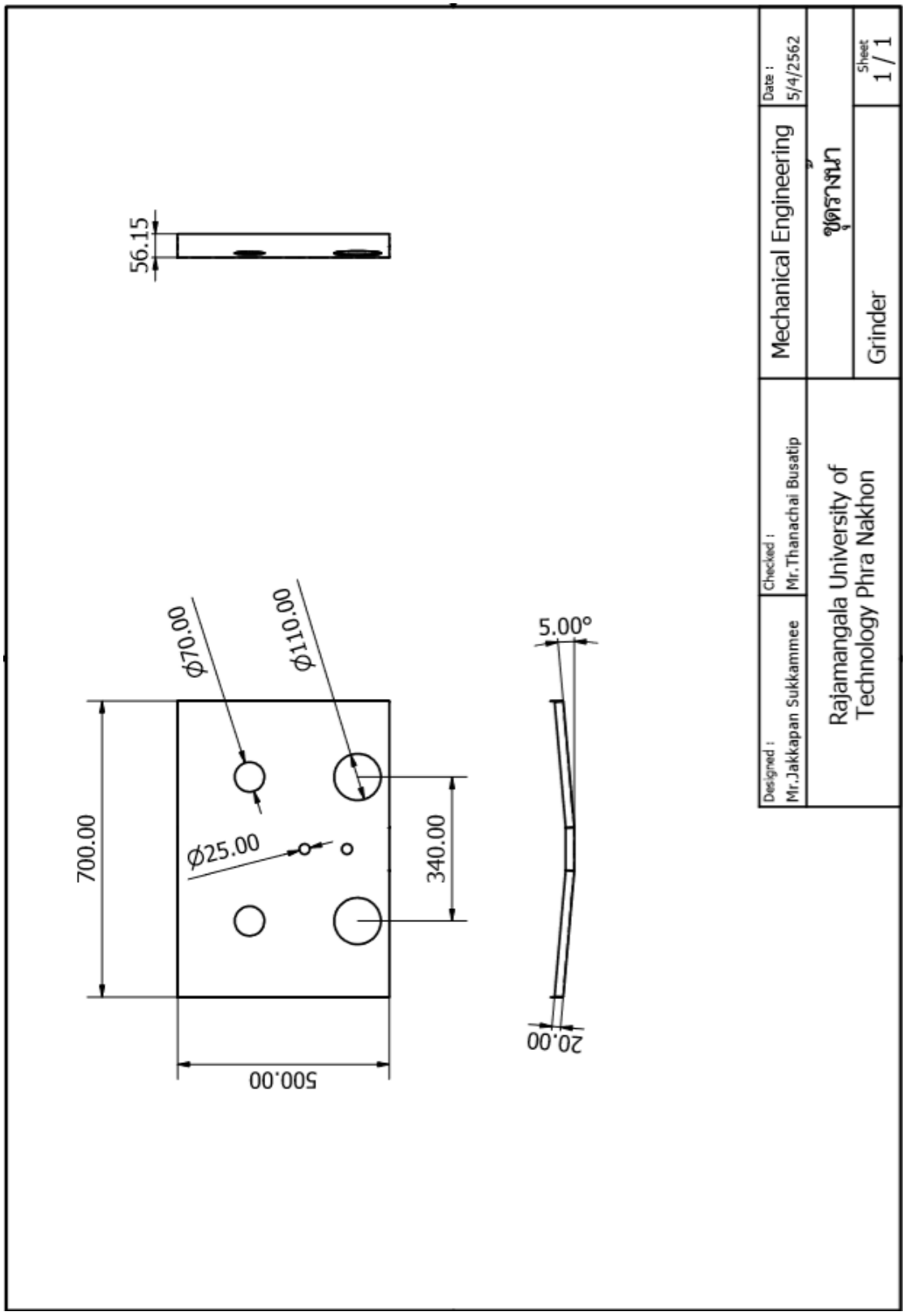

219.00
700.00
502.00
235.00
15.00
Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked : Mr.Thanachai Busatip
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mechanical Engineering
Assembly
Grinder
Date : 5/4/2562
Sheet 1 / 1

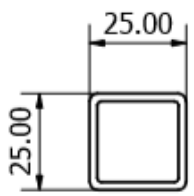

12.72
20.00
Ø80.00
Ø220.00
Ø260.00
Ø12.00
Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked : Mr.Thanachai Busatip
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mechanical Engineering
Data : 5/4/2562
แผ่นจานขัด
Grinder
Sheet 1 / 1

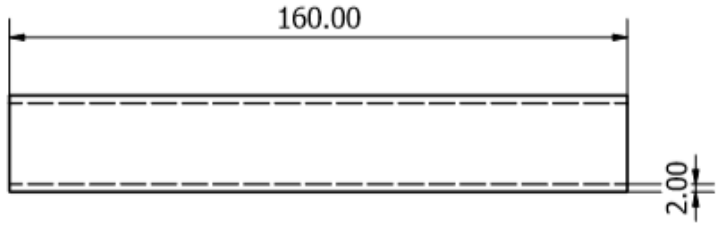

49.50
160.00
179.00
35.00
49.50
118.00
29.50
Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked : Mr.Thanachai Busatip
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mechanical Engineering
แผ่นยึดมอเตอร์
Grinder
Date : 5/4/2562
Sheet 1 / 1


ϕ12,00
58,69
Ø50,00
R5,00
200,00
200,00
Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked : Mr.Thanachai Busatip
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mechanical Engineering
Grinder
Date : 11/4/2562
Sheet 1 / 1

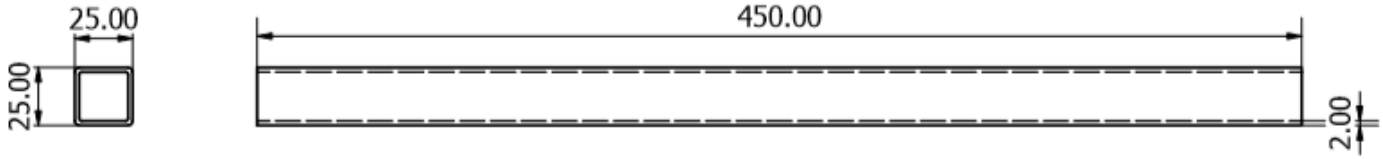

29.71
189.42
1.00
ϕ280.00
Ø25.00
700.00
140.00
340.00
555.00
220.00
Ø22.50
Ø7.00
190.00
60.00
Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked : Mr.Thanachai Busatip
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mechanical Engineering
โครง
Grinder
Date : 5/4/2562
Sheet 1 / 1


56.15
ϕ70.00
ϕ110.00
700.00
ϕ25.00
340.00
500.00
5.00°
20.00
Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee
Checked : Mr.Thanachai Busatip
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Mechanical Engineering
ชื่อชิ้นงาน
Grinder
Date : 5/4/2562
Sheet 1 / 1

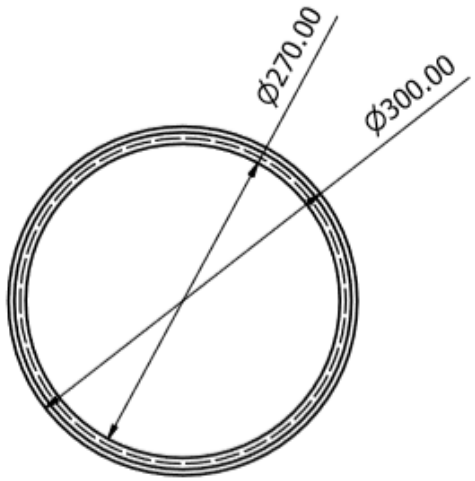


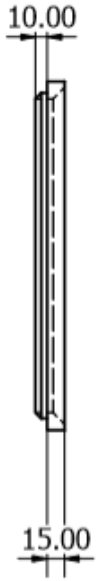


Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee	Checked : Mr.Thanachai Busatip	Mechanical Engineering	Date : 5/4/2562
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon		ท่อ 50x180 มม	
		Grinder	Sheet 1 / 1



Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee	Checked : Mr.Thanachai Busatip	Mechanical Engineering	Date : 5/4/2562
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon		ท่อ 50x500 มม	
		Grinder	Sheet 1 / 1





Designed : Mr.Jakkapan Sukkammee	Checked : Mr.Thanachai Busatip	Mechanical Engineering	Date : 5/4/2562
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon		แหวนกันกระแทก	
		Grinder	Sheet 1 / 1

ประวัติผู้เขียนปริญญานิพนธ์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายจักรพันธุ์ สุขคำมี

วัน-เดือน-ปีเกิด 12 ตุลาคม 2532

ที่อยู่ 22 ม.2 ต.วังกะพี้ อ.เมือง จ.อุตรดิตถ์ 53170

ประวัติการศึกษา

ปวช. วิทยาลัยเทคนิคอุตรดิตถ์

ปวส. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

วศบ. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ.2561

โทรศัพท์ 082-8790132

E-mail Address jakapanza1@hotmail.com

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล ธนะชัย บุสทิพย์

วัน-เดือน-ปีเกิด 6 ธันวาคม 2529

ที่อยู่ 91 ม.ที่ 15 ต.นาข่า อ.มัญจาศีรี จ. ขอนแก่น 40160

ประวัติการศึกษา

ปวช. วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ปวส. วิทยาลัยเทคโนโลยีพระรามหก

วศบ. สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พ.ศ.2561

โทรศัพท์ 082-8430306

E-mail Address Chanachai.bu@hotmail.com

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับการสนับสนุนและได้รับคำปรึกษาจาก ดร.ประกอบ ชาติภุกต์ ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ พลรัชต์ บุญชี และอาจารย์ประจำวิชาที่ให้คำแนะนำ และถ่ายทอดความรู้ตลอดจนควบคุมการทำโครงงานจนประสบความสำเร็จด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงงาน ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่กรุณาตรวจสอบความถูกต้องของโครงงานรวมทั้งบุคคลที่ปรากฏตามรายการอ้างอิงที่ผู้ทำโครงงานใช้อ้างอิง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านรวมทั้งเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้ให้ความสะดวกต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำโครงงาน

ประโยชน์และคุณค่าอันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ทำโครงงานขอมอบเป็นกตัญญุตาบูชาแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายจักรพันธุ์ สุขคำมี
นายธนะชัย บุสทิพย์