

Engineering Design Specification

Title : ออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการลื่นยกขาตั้งรถจักรยานยนต์

Introduction

Design problem : หากไม่ยกขาตั้งขึ้น รถจักรยานยนต์จะไม่สามารถขับได้

Intended purpose: เพื่อป้องกันการลื่นยกขาตั้งเมื่อขับขี่รถจักรยานยนต์

Function Requirement

- หากไม่ยกขาตั้งขึ้น รถจักรยานยนต์จะไม่สามารถขับได้
- วัสดุหาง่าย
- มีความปลอดภัยในการใช้งาน
- มีความคล่องตัวในการใช้งาน

Constrains

- สตาร์ทเครื่องได้ปกติ
- ไม่มีการใช้ระบบไฟฟ้า
- ไม่ขัดขวางการขับเคลื่อนของรถ
- ถอดได้ ในบางชิ้นส่วน

Customer Requirement

Performance Characteristic

Sub-function	Engineering Characteristics	Units	Limits
- ติดตั้งรวดเร็ว	เวลาในการติดตั้ง	นาที	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10
- จำนวนอุปกรณ์น้อยชิ้น	จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้	ชิ้น	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4
- ชุดอุปกรณ์น้ำหนักเบา	น้ำหนัก	กก.	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1
- ความสะดวกในการติดตั้ง	จำนวนคนติดตั้ง	คน	1

Work Condition

- ใช้ได้ในทุกสภาพอากาศ
- มีความคงทน
- ใช้ได้ทุกสภาพถนน

Alternative

Alternative	1	2	3
การทำงาน	ล้อยกเกียร์	ล้อยกเบรก	ล้อยกโซ่
ระบบ-กลไก	โซ่	แกน	สลิง
หลักการที่ใช้	การเลื่อน	การหมุน	แรงดึง
การบำรุงรักษา	น้ำมันหล่อลื่น		

Economic

- 1) อายุการใช้งานมากกว่า 3 ปี
- 2) มีอะไหล่ เปลี่ยนทุกชิ้นส่วน
- 3) ต้องการการบำรุงรักษาน้อย

Maintenance, Repair, Retirement

ง่ายต่อการทำความสะอาดและบำรุงรักษา

Reliability, Robustness

ไม่ก่อความเสียหายระหว่างที่ใช้งานแก่อุปกรณ์และรถจักรยานยนต์

Safety

- 1) ไม่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในขณะที่ติดตั้งและใช้งาน
- 2) ไม่มีส่วนที่แหลมคม

Pollution

ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ อย่างแน่นอน

Ease of use

สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพียงคนเดียวได้

Human factors

- 1) ไม่ต้องออกแรงมาก
- 2) ไม่ใช่เครื่องมือพิเศษในการติดตั้ง
- 3) มีขั้นตอนการประกอบ และติดตั้งไม่ซับซ้อน

Appearance

- 1) มีรูปลักษณ์ที่ดูทันสมัย
- 2) อุปกรณ์ทนทานต่อการเป็นสนิม
- 3) สีที่ใช้เคลือบอุปกรณ์ ช่วยป้องกันการกัดกร่อนจากธรรมชาติ

Company requirements

Marketing

- 1) ราคาจำหน่ายไม่เกิน 400 บาท
- 2) มีจำหน่ายตามร้านขายจักรยานยนต์ที่ได้มาตรฐาน

Manufacturing

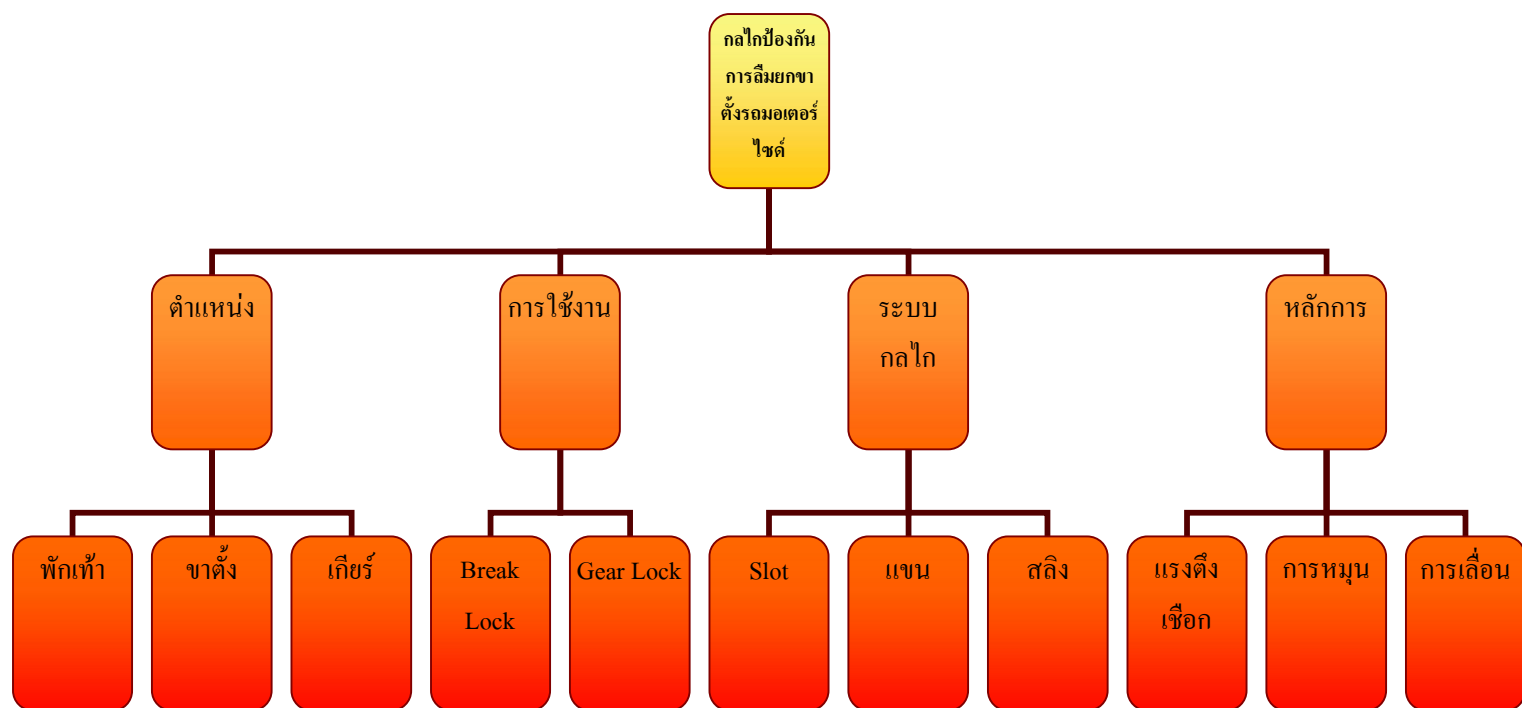
- 1) รับประกันสินค้า 3 ปี
- 2) ผลิตจำนวน 200 ชิ้น
- 3) มีการทดสอบก่อนวางจำหน่าย 9 เดือน
- 4) มีอะไหล่บริการทุกชิ้นส่วน

Financial

- 1) มีการรับผลตอบแทนจากผู้ใช้
- 2) มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไปในอนาคต

Conceptual Design

สร้าง Function Decomposition Diagram



ให้วิเคราะห์ทางเลือกที่เป็นไปได้ของแต่ละ Function

ตารางที่ 1 แสดงทางเลือกที่เป็นไปได้ของแต่ละ Function

		Alternative		
		1	2	3
Function	ตำแหน่ง	พักเท้า	ขาตั้ง	เกียร์
	การใช้งาน	Gear Lock	Break Lock	-
	ระบบกลไก	Slot	แขน	สลิง
	หลักการ	การเลื่อน	การหมุน	แรงดึงเชือก

เมื่อได้ทางเลือกที่จะทำชิ้นงานที่เป็นไปได้แล้ว หลังจากนั้นนำวิธี Weight Rating Evaluation Method มาใช้เพื่อหาทางเลือกในขั้นสุดท้าย

Weight Rating Evaluation Method หรือการให้น้ำหนักเพื่อตัดสินในการเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดในการออกแบบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) กำหนด Criteria
- 2) กำหนดน้ำหนักความสำคัญ
- 3) ให้คะแนน

ตารางที่ 2 แสดงการให้น้ำหนักเพื่อเลือก Function ตำแหน่ง

		Alternative					
		พักเท้า		ขาตั้ง		เกียร์	
Criteria	Important weight	Rating	W.R.	Rating	W.R.	Rating	W.R.
ประสิทธิภาพ	40	4	1.6	3	1.2	4	1.6
ความแข็งแรง	40	4	1.6	3	1.2	3	1.6
ความสะดวก	20	3	0.6	3	0.6	3	0.6
รวม	100	NA	3.8	NA	3	NA	3.4

ตารางที่ 3 แสดงการให้น้ำหนักเพื่อเลือก Function การใช้งาน

		Alternative			
		Gear Lock		Break Lock	
Criteria	Important weight	Rating	W.R.	Rating	W.R.
ประสิทธิภาพ	50	4	2	3	1.5
ความน่าเชื่อถือ	20	3	0.6	3	0.6
ความปลอดภัย	30	4	1.3	4	1.2
รวม	100	NA	3.8	NA	3.3

ตารางที่ 4 แสดงการให้น้ำหนักเพื่อเลือก Function ระบบกลไก

		Alternative					
		Slot		แขน		สลิง	
Criteria	Important weight	Rating	W.R.	Rating	W.R.	Rating	W.R.
ประสิทธิภาพ	50	4	2	3	1.5	3	1.5
ราคา	20	3	0.6	3	0.6	4	0.8
น้ำหนัก	30	4	1.3	2	0.6	3	0.9
รวม	100	NA	3.8	NA	2.7	NA	3.2

ตารางที่ 5 แสดงการให้น้ำหนักเพื่อเลือก Function หลักการทำงาน

		Alternative					
		การเลื่อน		การหมุน		แรงดึงเชือก	
Criteria	Important weight	Rating	W.R.	Rating	W.R.	Rating	W.R.
ประสิทธิภาพ	50	4	2.0	3	1.8	2	1.0
ความแข็งแรง	20	3	0.6	2	0.4	4	0.8
ความสะดวก	30	4	1.2	4	1.2	2	0.6
รวม	100	NA	3.8	NA	3.4	NA	2.4

สรุปผลจาก Weight Rating Evaluation Method

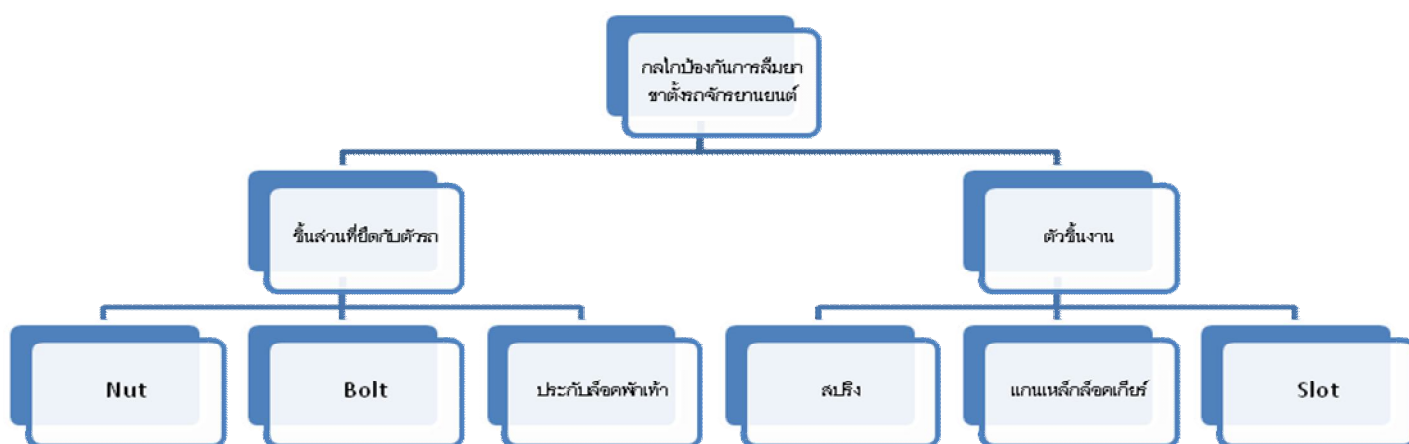
หลังจากใช้วิธี Weight Rating Evaluation Method เพื่อหาทางเลือกขั้นสุดท้ายแล้ว พบว่าเมื่อเรียงตามตัวเลือกที่มีน้ำหนักมากที่สุด จะได้ข้อคัดเลือkdังนี้

- 1) ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์คือ ที่พักเท้า
- 2) การใช้งานอุปกรณ์ โดย Lock gear
- 3) ระบบกลไกที่ใช้คือแบบ Slot
- 4) หลักการทำงานของอุปกรณ์คือ การเลื่อน

Configuration Design

กลไกป้องกันการลื่นยกขาตั้งรถจักรยานยนต์

1. Component Decomposition Diagram



2. ให้กำหนดชนิด จำนวน และการจัดวางแต่ละ Part

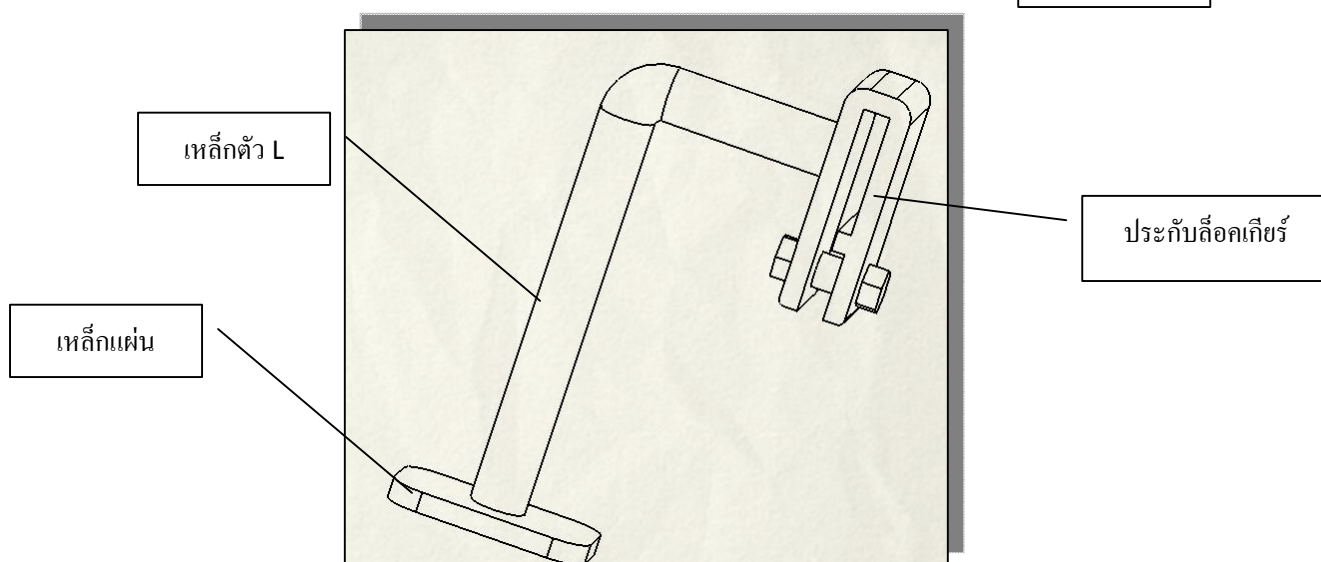
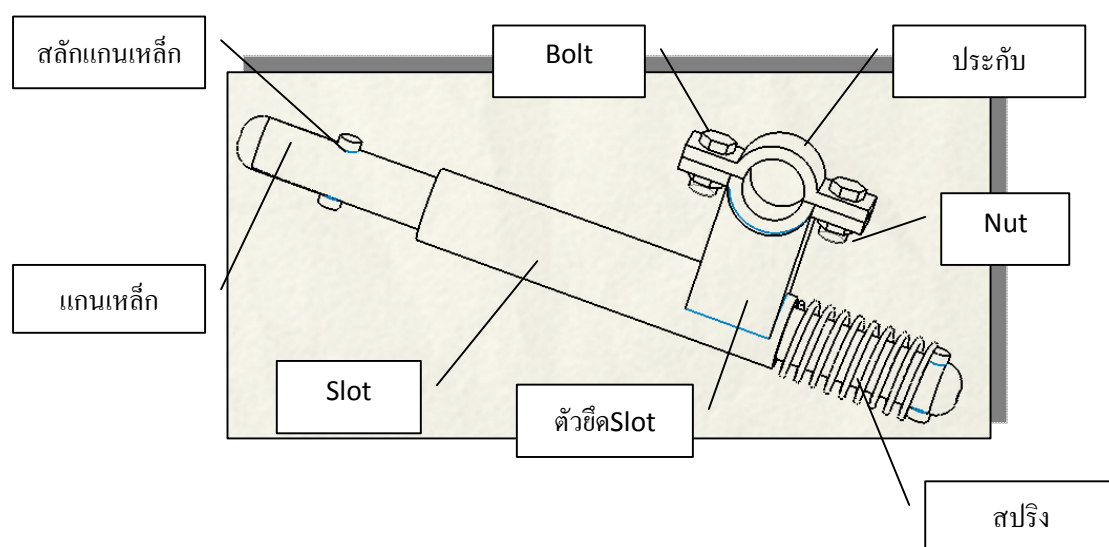
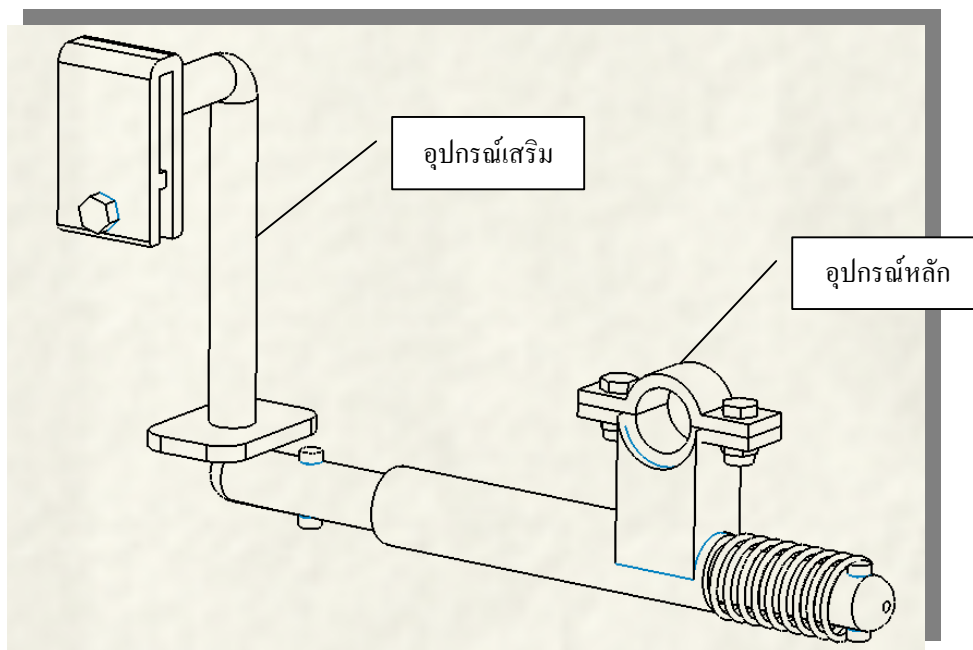
- ชิ้นส่วนที่ยึดกับตัวรถ

1. Nut จำนวน 3 ตัว ใช้ขันล๊อคประกับและขาเหยียบ
2. Bolt จำนวน 3 ตัว ใช้ขันล๊อคประกับและขาเหยียบ
3. ประกับล๊อคพักเท้า จำนวน 1 ตัว ใช้เชื่อมติดกับ Slot
4. ขาเหยียบ จำนวน 1 ตัว ใช้ยึดติดกับเกียร์ เพื่อยื่นไปดันแกนหลัก

- ตัวชิ้นงาน

1. สปริงจำนวน 1 ตัว ใช้ดันแกนหลักให้กลับสู่ตำแหน่งเดิมเมื่อเอาขาตั้งขึ้น
2. แกนเหล็กล๊อคเกียร์ จำนวน 1 ตัว ใช้ล๊อคเกียร์ไม่ให้ตกลงได้ จะเคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นใน Slot
3. Slot จำนวน 1 ตัว ใช้เป็นช่องทางเคลื่อนที่ของแกนหลัก

3. ให้ Sketch Layout การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ



4. ให้เลือกวัสดุแต่ละPart โดยให้เหตุผลประกอบ

1. Nut Bolt

- ใช้เหล็ก เพราะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป หาซื้อได้ง่ายราคาไม่แพงมาก

2. ประกับ

- ใช้ประกับที่ทำจากเหล็ก เพราะขึ้นรูปได้ง่าย และสามารถนำมาเชื่อมติดกับ Slot ได้ง่าย เนื่องจาก Slot เป็นเหล็ก

3. สปริง

- ใช้เหล็กสปริงเพราะแข็งแรงและทนทานกว่า สปริงทองเหลือง เนื่องจากสปริงเหล็กต้องทนต่อสภาพอากาศตลอดอายุการใช้งาน

4. แกนเหล็กล๊อคเกียร์

- ใช้เหล็ก เพราะทำการเชื่อมขึ้นรูปได้ง่าย และ มีความคงทน หาซื้อง่ายและราคาไม่แพง

5. Slot

- ใช้เหล็ก เพราะ สามารถขึ้นรูปและเชื่อมติดกับอุปกรณ์ตัวอื่นได้ง่าย หาซื้อและสะดวก และราคาถูก

5. ให้เขียนวิธีประกอบและติดตั้ง

- การประกอบชิ้นงาน

การประกอบอุปกรณ์หลัก

1. เชื่อมประกับให้ติดกับ Slot
2. นำแกนเหล็กล๊อคเกียร์ใส่ลงใน Slot
3. นำสปริงใส่ลงไปบนแกนเหล็กล๊อคเกียร์ แล้วใช้สลักล๊อคแกนเหล็กเพื่อไม่ให้สปริงหลุดออกจากแกนเหล็ก

การประกอบอุปกรณ์รอง(ขาเหยียบ)

1. เชื่อมเหล็กตัว L ติดกับประกับล๊อคเกียร์
2. เชื่อมเหล็กตัว L อีกด้านหนึ่งติดกับแผ่นเหล็กที่เป็นฐานของขาเหยียบ

- การติดตั้ง

1. นำประกับล๊อคเข้ากับแกนเหล็กของที่พักเท้า
2. นำ Nut Bolt ขันประกับให้แน่น
3. นำประกับขาเหยียบล๊อคกับเกียร์
4. นำ Nut Bolt ขันประกับให้แน่น

6. ให้เขียนว่าแต่ละ Part จะผลิตด้วยวิธีใด

1. Nut และ Bolt

เป็น Past สำเร็จรูป

2. ประกับ

เป็นเหล็ก ขึ้นรูปโดยการ Machine

3. สปริง

เป็น Past สำเร็จรูป

4. แกนเหล็กส็อกเกียร์

เป็นเหล็ก ขึ้นรูปโดยการ Machine แล้วนำมาเจาะรูสลักโดยใช้สว่าน

5. Slot

ทำจากท่อเหล็กนำมาเจียรระโน ลบคม แล้วนำมาเชื่อมกับ ประกับ

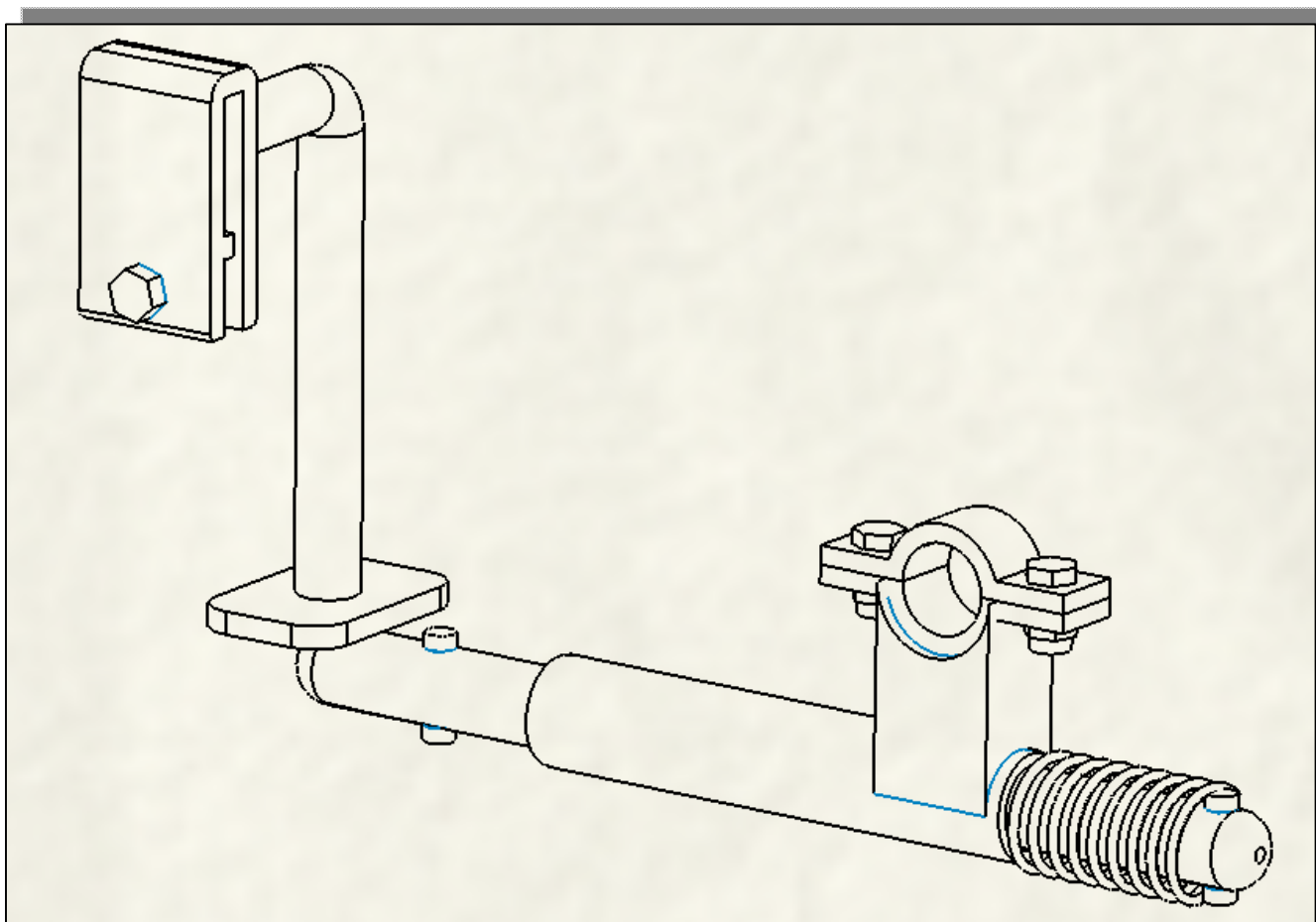
Parametric Design

1. ให้ทำ Layout Sketch ของอุปกรณ์โดยที่ให้อำหนดระยะความยาวของแต่ละชิ้นส่วนของอุปกรณ์

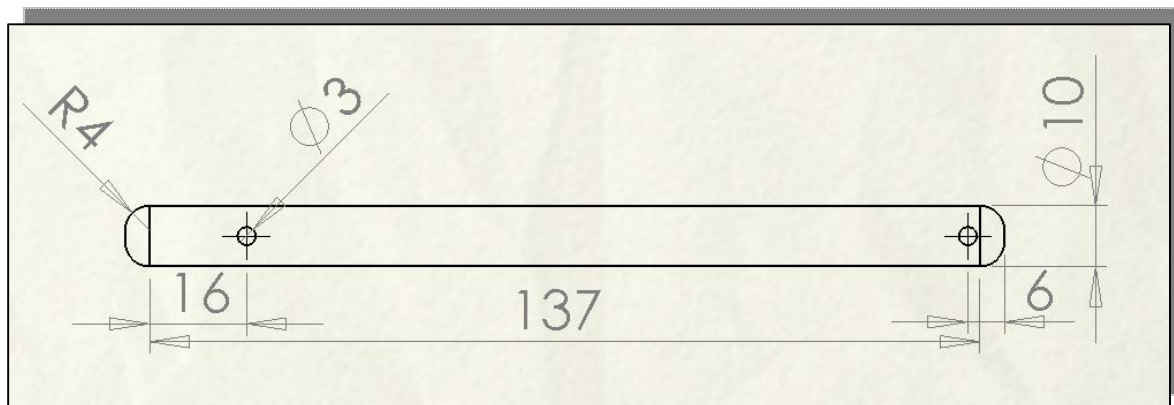
(ขนาดใช้หน่วย มิลลิเมตร)

*หมายเหตุ ขนาดที่บอกในจีน เป็นเลขทศนิยม เนื่องจากออกแบบขนาดให้สามารถติดตั้งกับรถจักรยานยนต์ได้อย่างลงตัว จึงต้องทำการออกให้ละเอียดเพื่อมีข้อผิดพลาดให้น้อยที่สุด

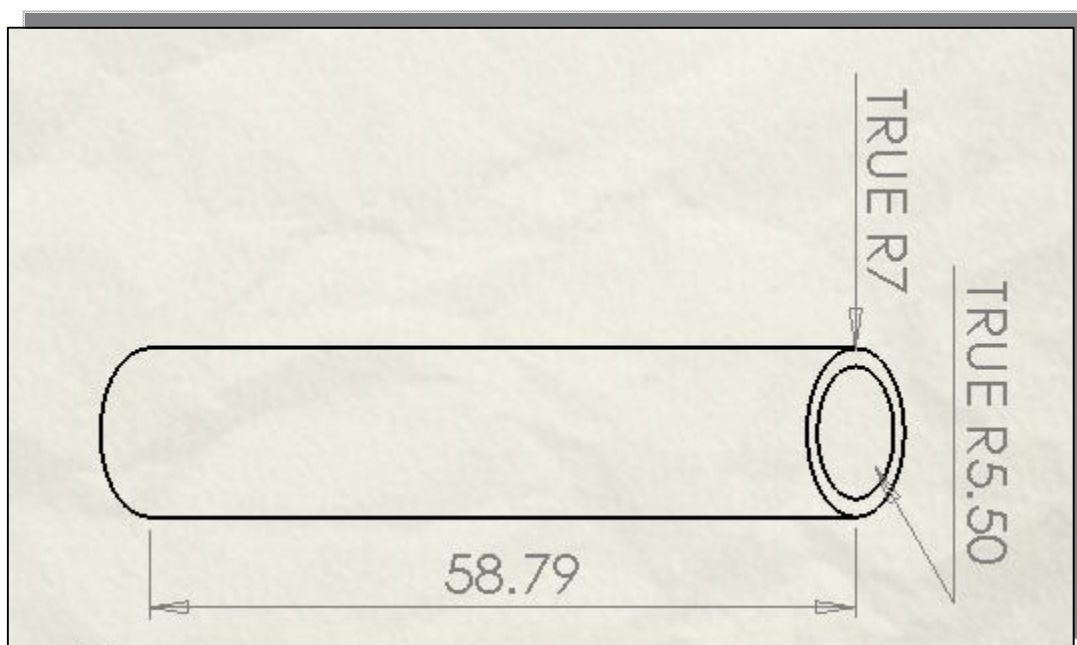
ภาพ Sketch ชิ้นงาน



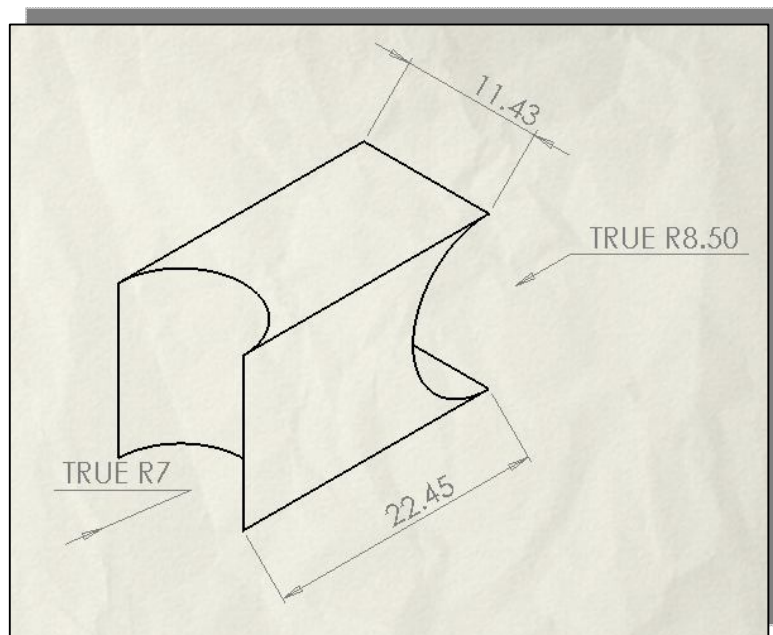
ภาพ Sketch แกนหลัก



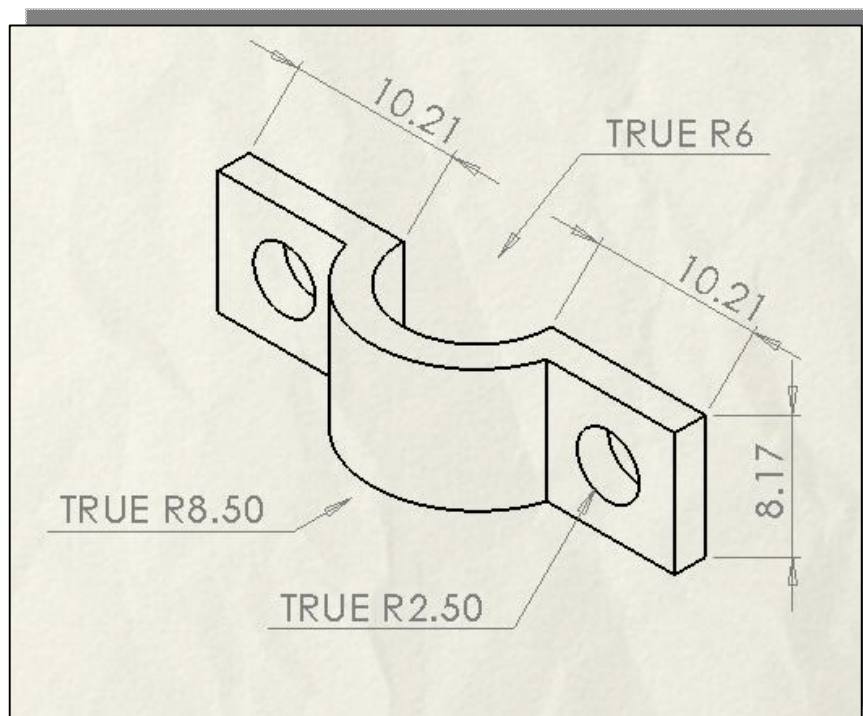
ภาพ Sketch ปลอกแกนหลัก



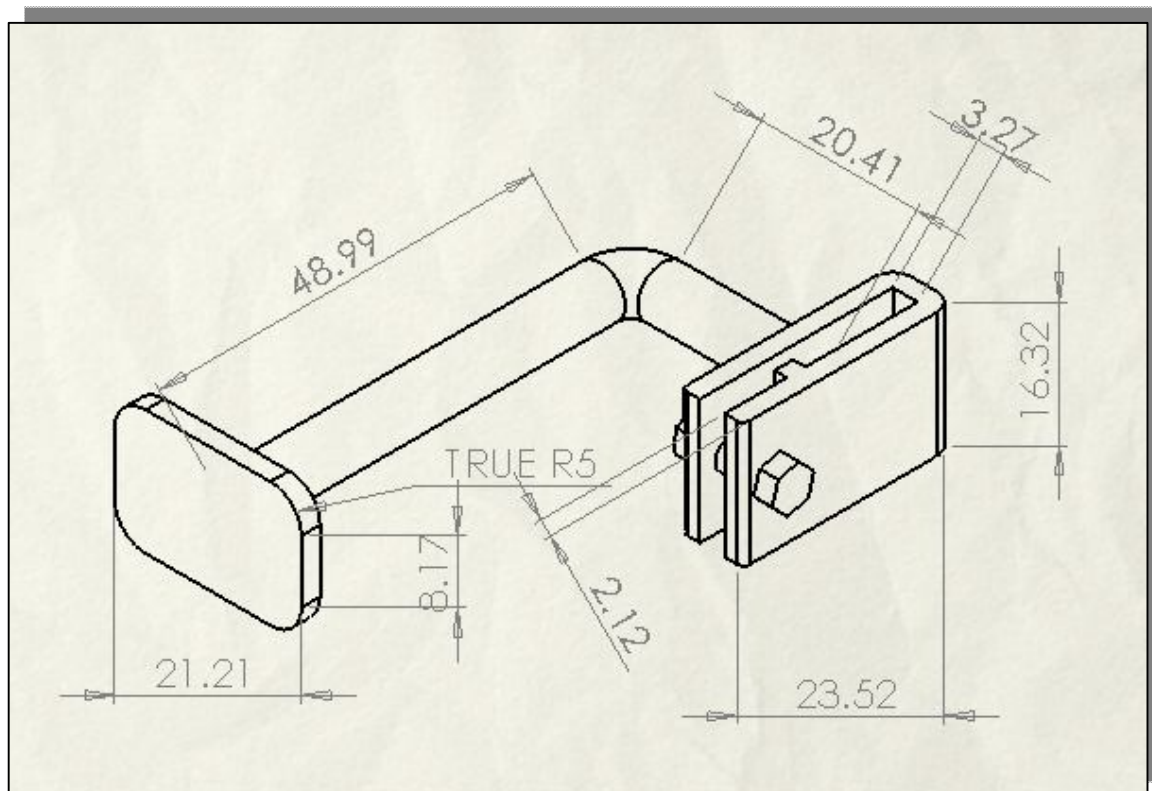
ภาพ Sketch ตัวยึดปลดกแกนเหล็ก



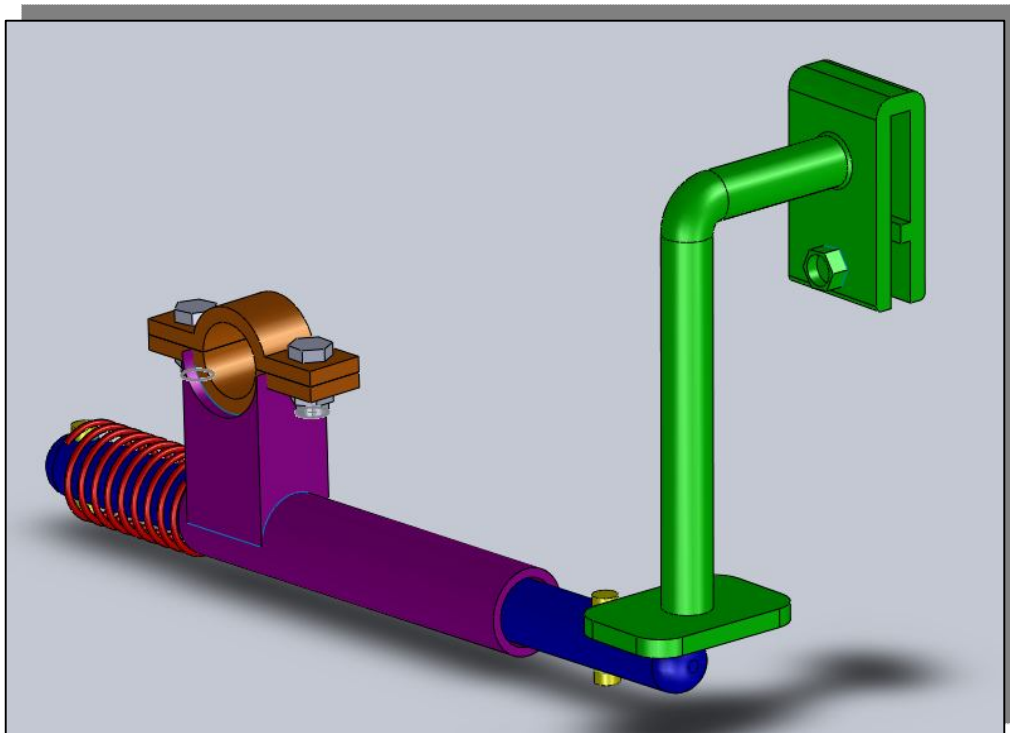
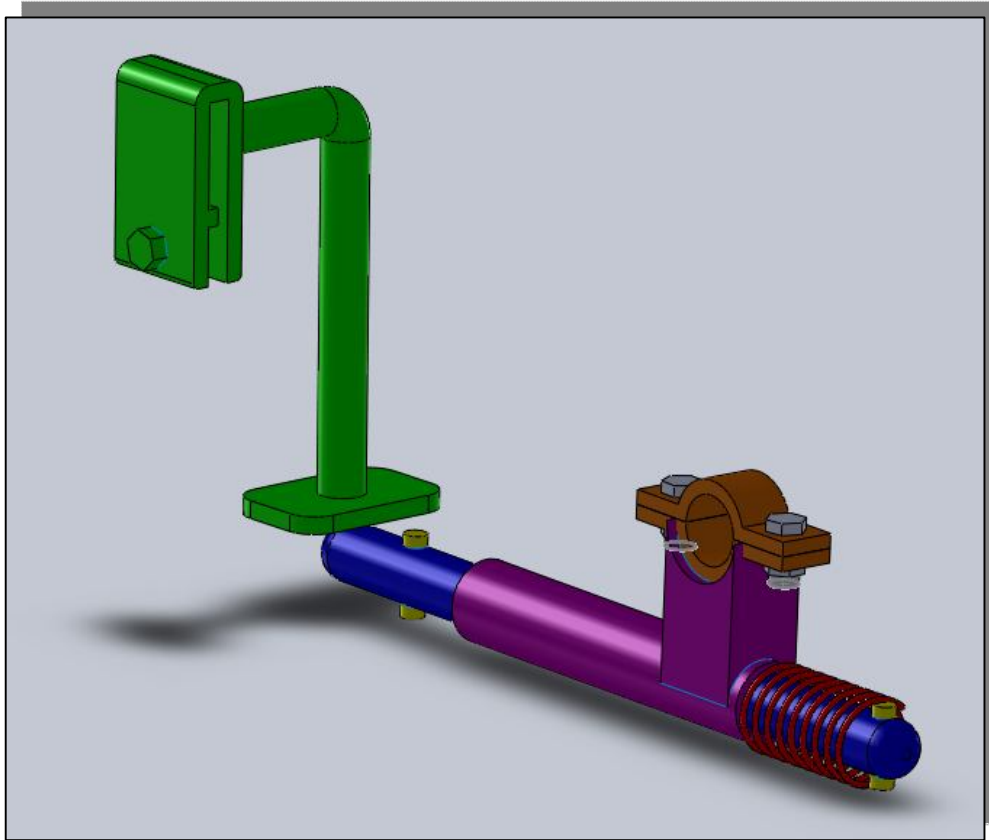
ภาพ Sketch ประกับ



ภาพ Sketch ขาเหยียบ (Slot)

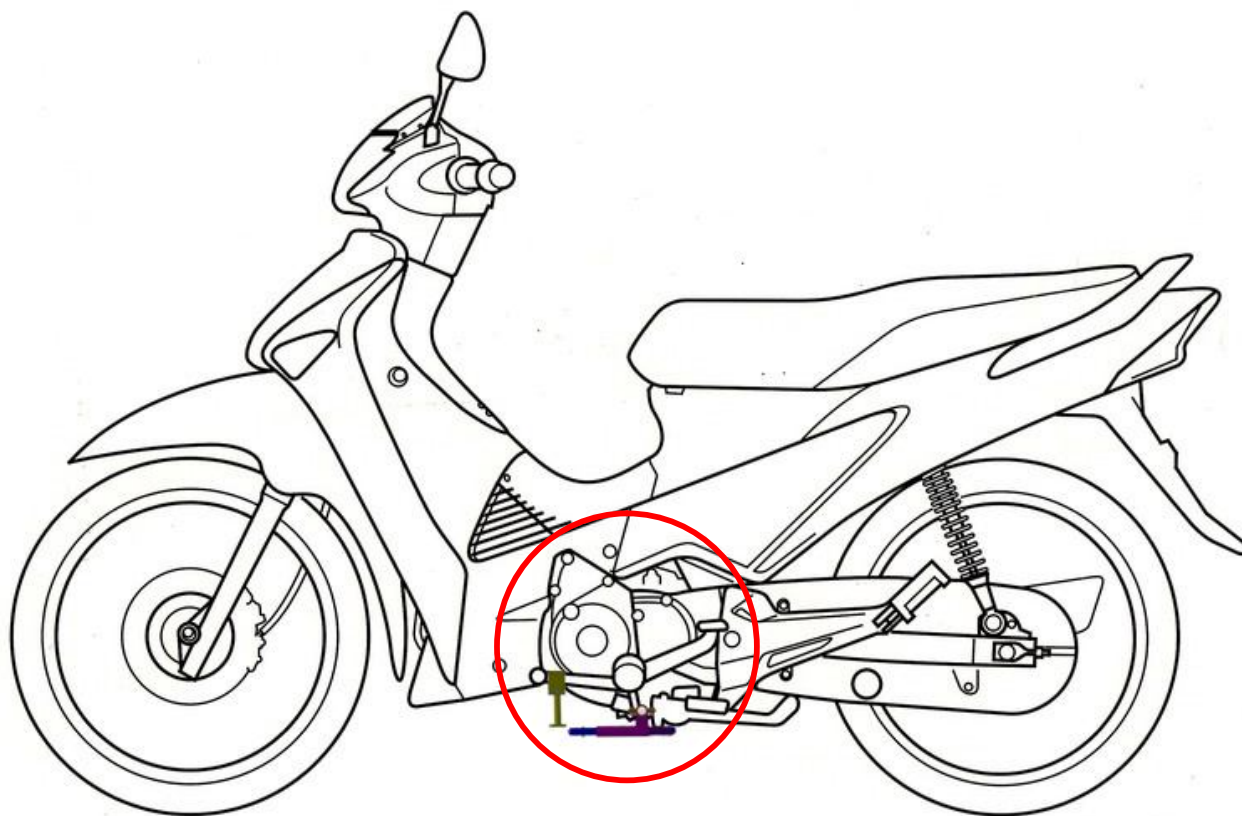


Assembly

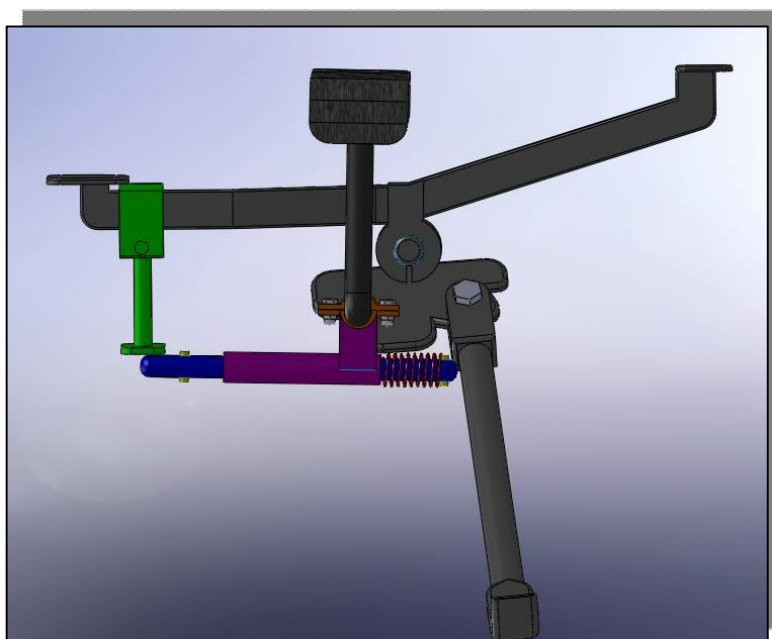


ลักษณะการยึดติดอุปกรณ์กับรถจักรยานยนต์

ภาพแสดง ตำแหน่งของอุปกรณ์ เมื่อติดตั้งกับรถจักรยานยนต์

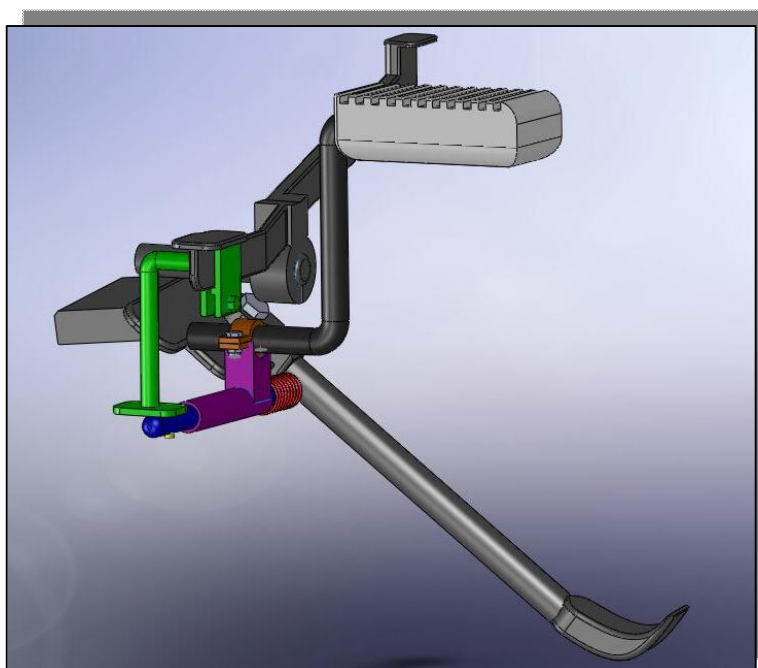
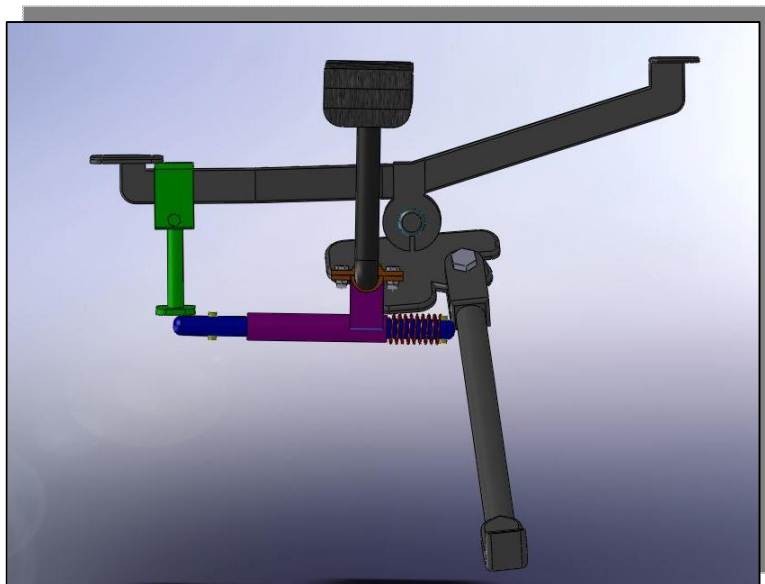


ภาพขยาย อุปกรณ์เมื่อติดตั้งกับรถจักรยานยนต์



ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์

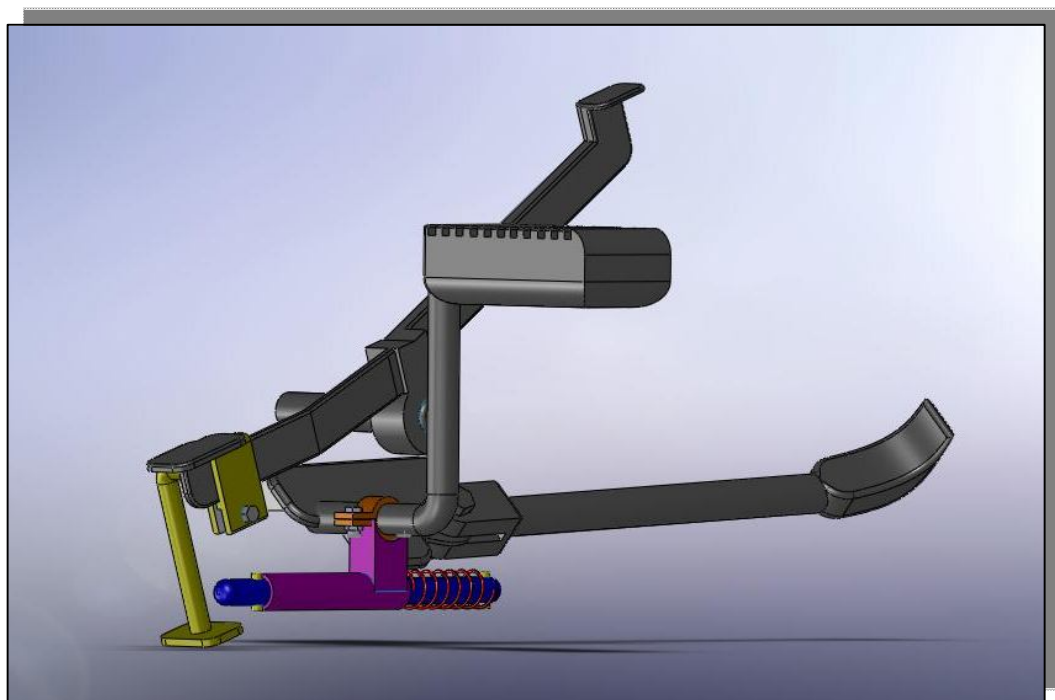
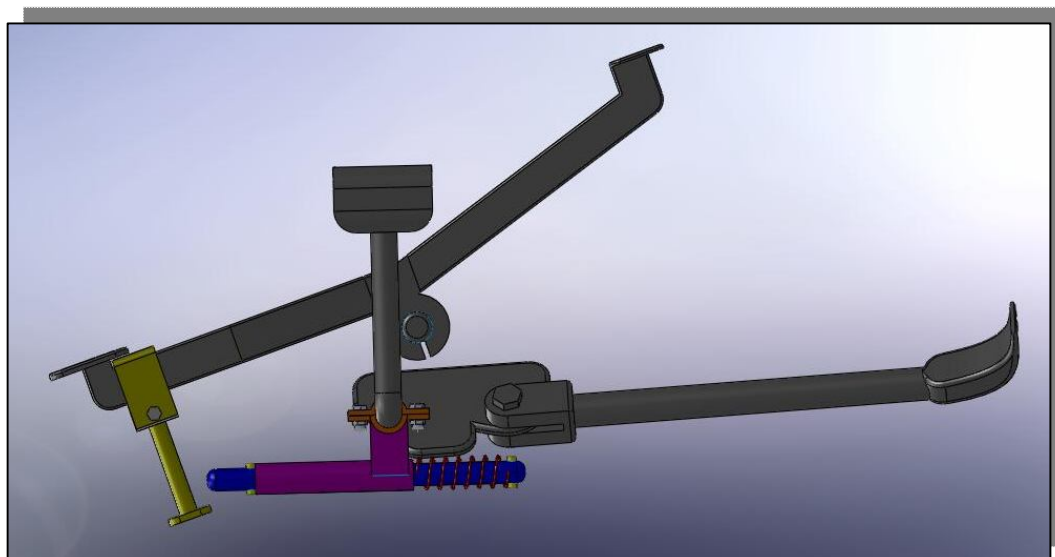
ภาพแสดง เมื่อนำขาตั้งรถจักรยานยนต์ลง



หลักการทำงาน

เมื่อนำขาตั้งรถจักรยานยนต์ลง ขาตั้งจะดันแกนเหล็ก ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ใน slot ซึ่งแกนเหล็กจะเคลื่อนที่เข้าไปได้ขาเหยียบที่เชื่อมต่ออยู่กับเกียร์ ทำให้ไม่สามารถเหยียบเกียร์ลงได้ เมื่อใส่เกียร์ไม่ได้รถจึงไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

ภาพแสดง เมื่อนำขาตั้งรถจักรยานยนต์ขึ้น

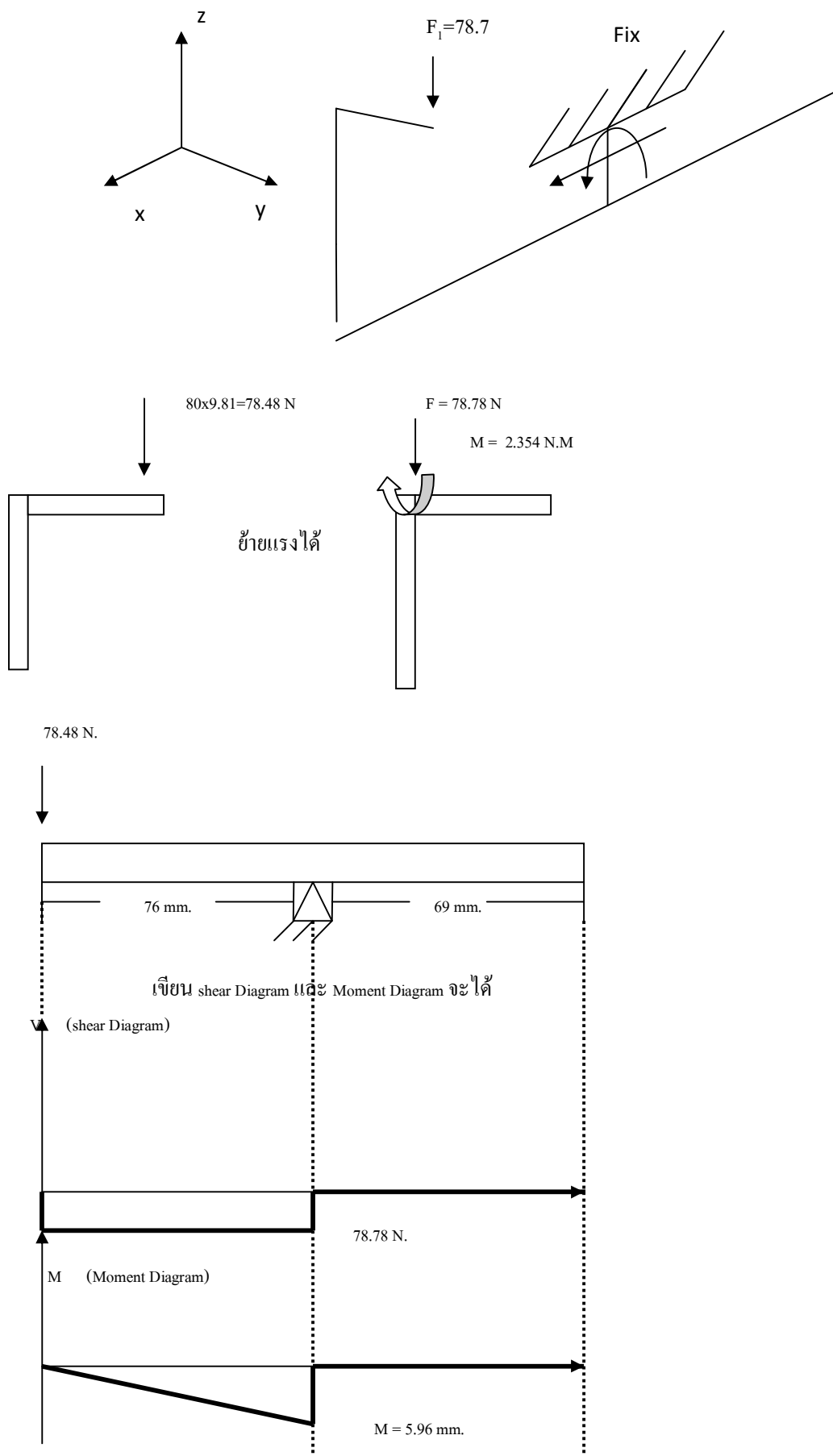


หลักการทำงาน

เมื่อนำขาตั้งรถจักรยานยนต์ขึ้น สปริงจะดันแกนเหล็กให้เคลื่อนที่ไปทางขวาของรูป ทำให้แกนเหล็กไม่อยู่ใต้ขาเหยียบ จึงสามารถเหยียบเกียร์ลงได้ตามปกติ เนื่องจากแกนเหล็กไม่ได้อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของขาเหยียบ

Free body diagram ของอุปกรณ์

Free body diagram รวมของอุปกรณ์



หาโมเมนต์เนื่องจาก Bending Moment

$$\sigma = \frac{mc}{I}$$

หา I จาก

$$I = \frac{t^4}{4}$$

$$\phi = 10 \text{ mm.} \quad C = 5 \text{ mm.}$$

$$I = \frac{11 (5 \times 10^{-3})^4}{4}$$

$$\sigma = \frac{mc}{I}$$

แทนค่าจะได้

$$\sigma = \frac{(5.9644 \text{ N.M})(5 \times 10^{-3})}{(4.9 \times 10^{-10})}$$

$$\sigma = 6 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\text{Safety} = \frac{\sigma_{\text{fail}}}{\sigma_{\text{allow}}}$$

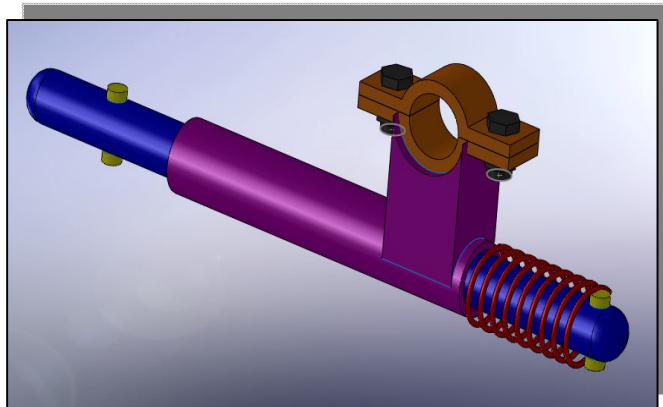
$$= \frac{900 \times 10^6 \text{ Pa}}{6 \times 10^7 \text{ Pa}}$$

$$\text{Safety} = 15$$

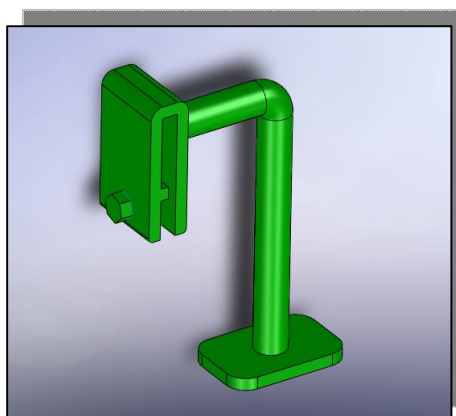
Working Drawing

Assembly Drawing

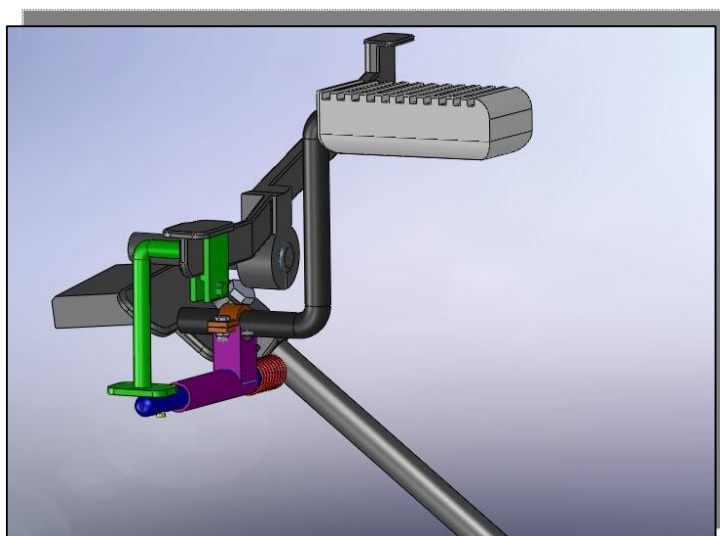
Assembly Drawing ของอุปกรณ์หลัก (ชุด ล็อคเกียร์)



Assembly Drawing ของอุปกรณ์รอง (ขาเหยียบ)

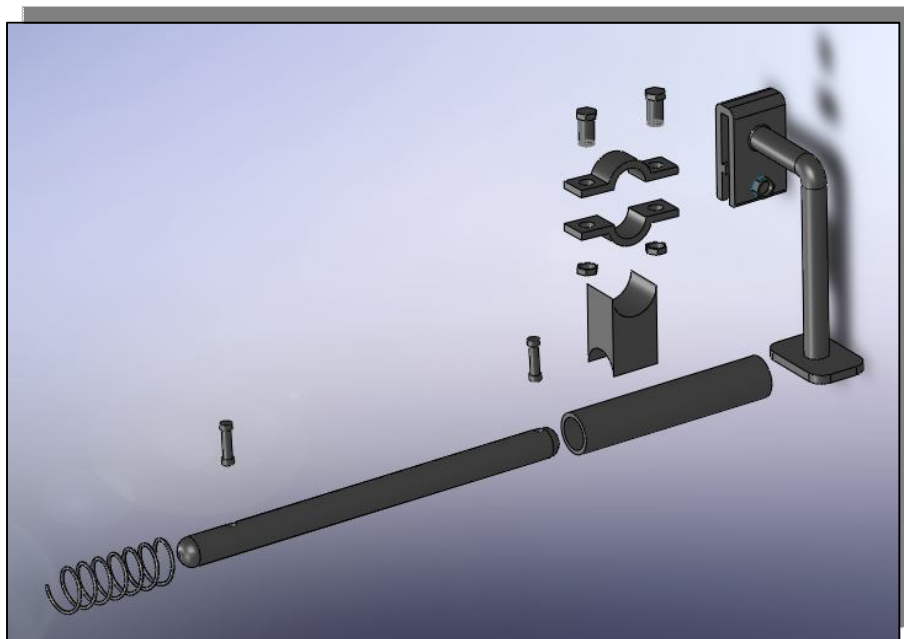


Assembly Drawing ของอุปกรณ์ ติดตั้งกับรถจักรยานยนต์

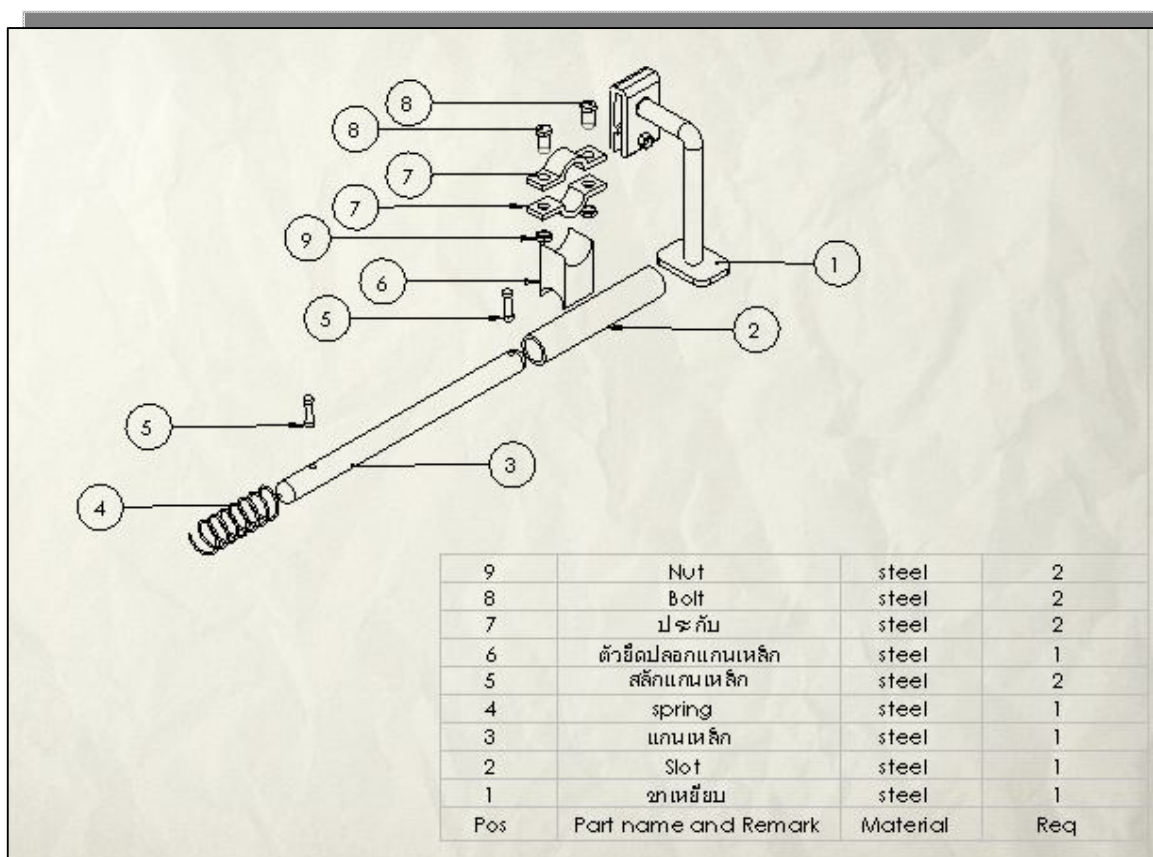


Detail Drawing

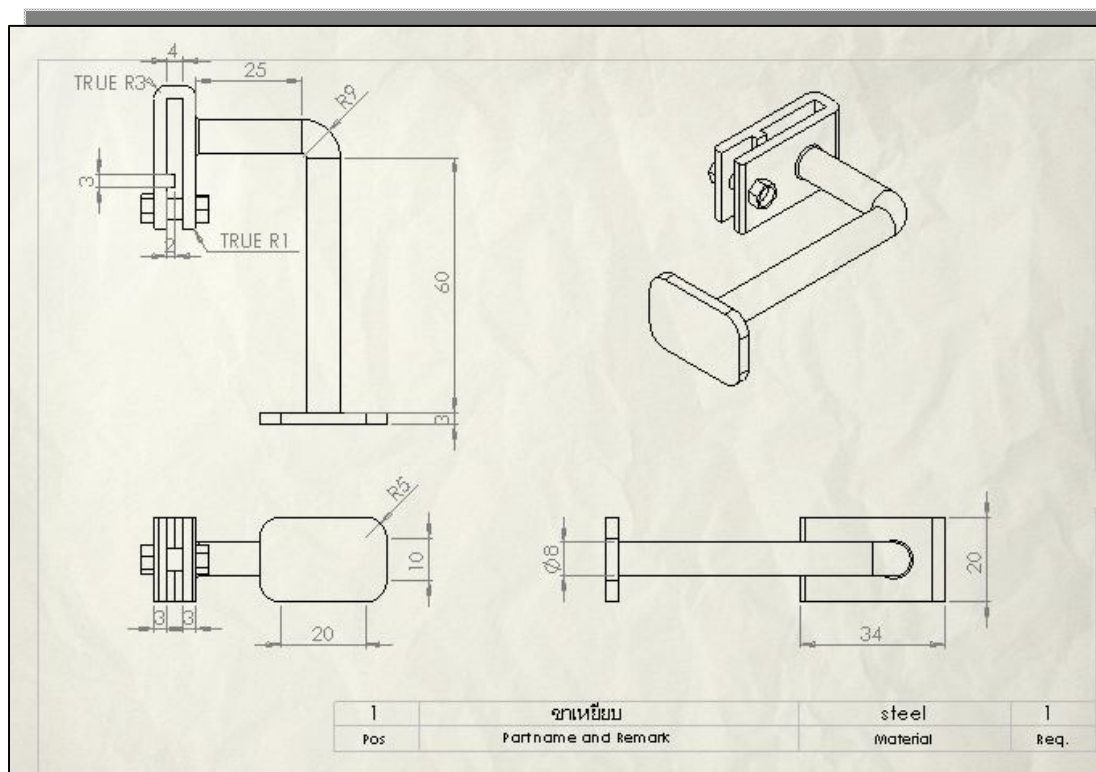
ภาพแสดง assembly Drawing อุปกรณ์ทั้งหมด



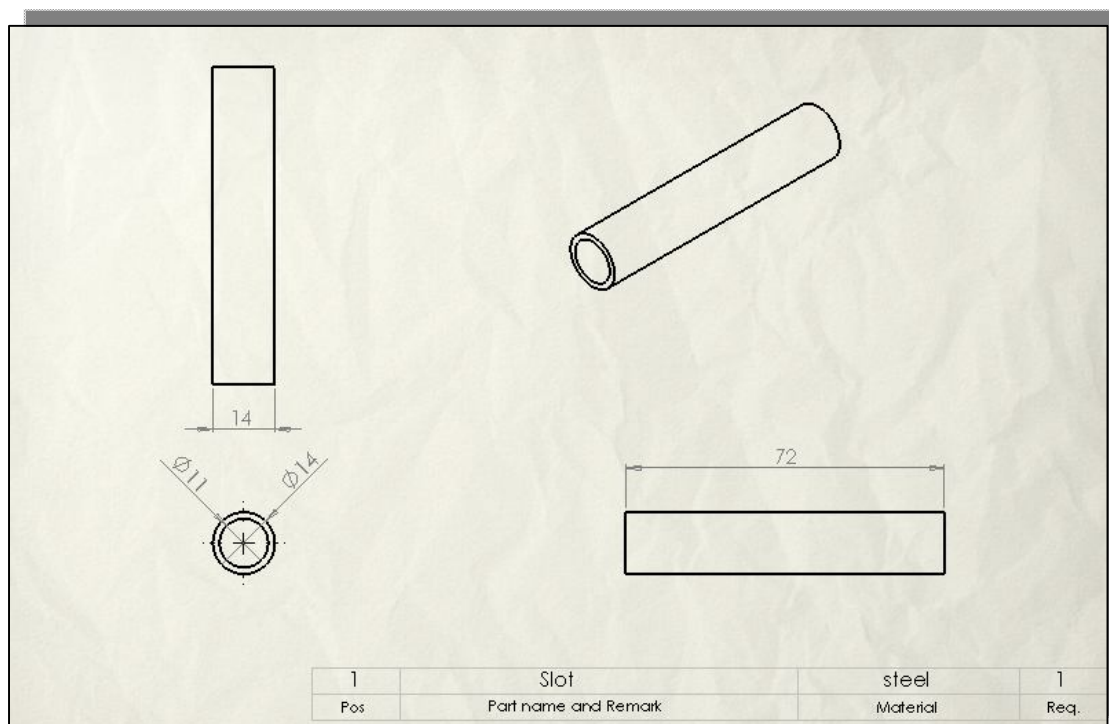
ภาพแสดง Detail Drawing ของอุปกรณ์ทั้งหมด



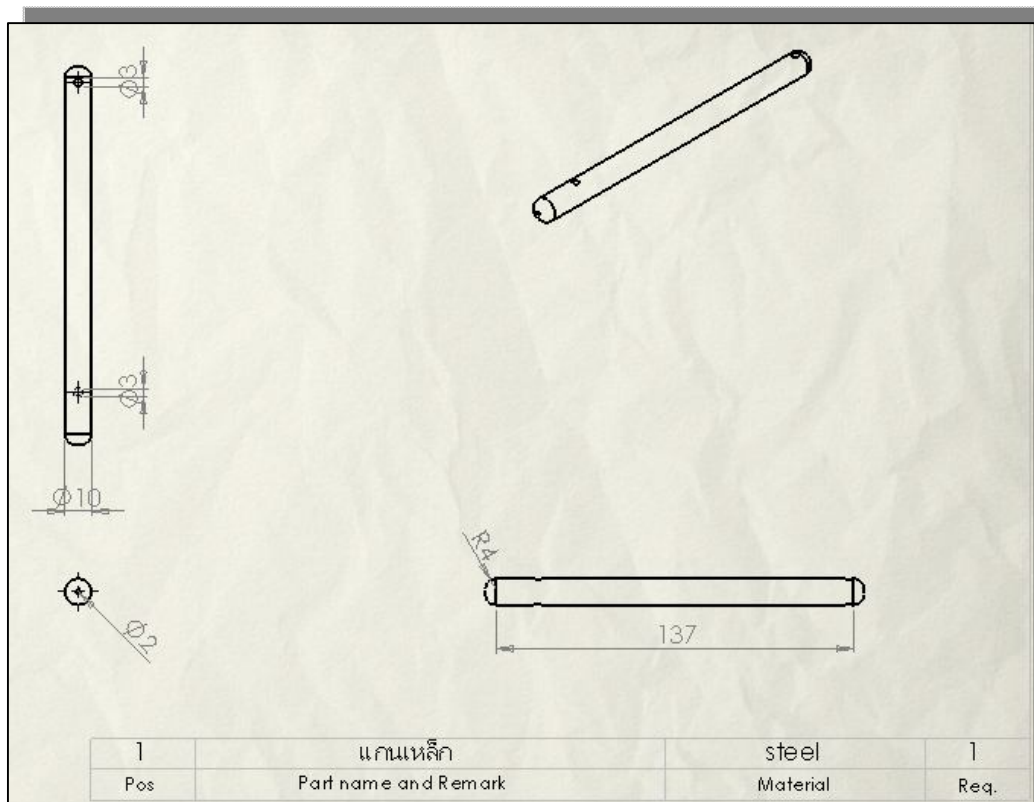
ภาพแสดง ภาพฉายของ ขาเหยียบ(Pos 1)



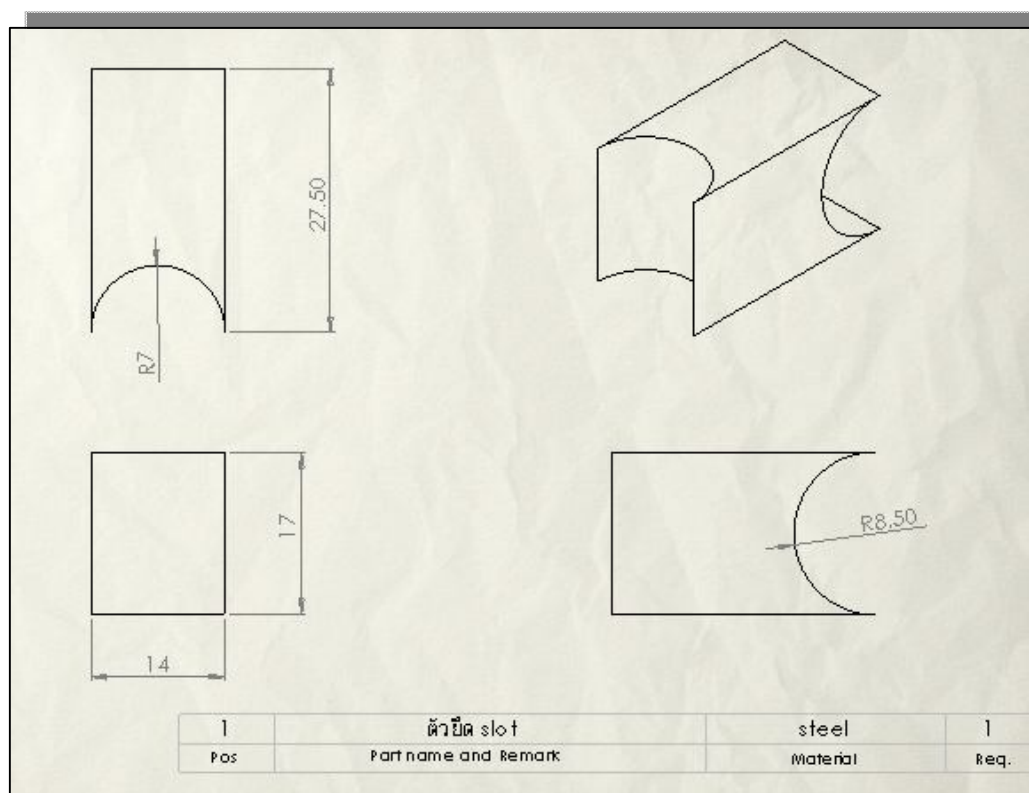
ภาพแสดง ภาพฉายของ ปลอกแกนเหล็ก(Slot), (Pos 2)



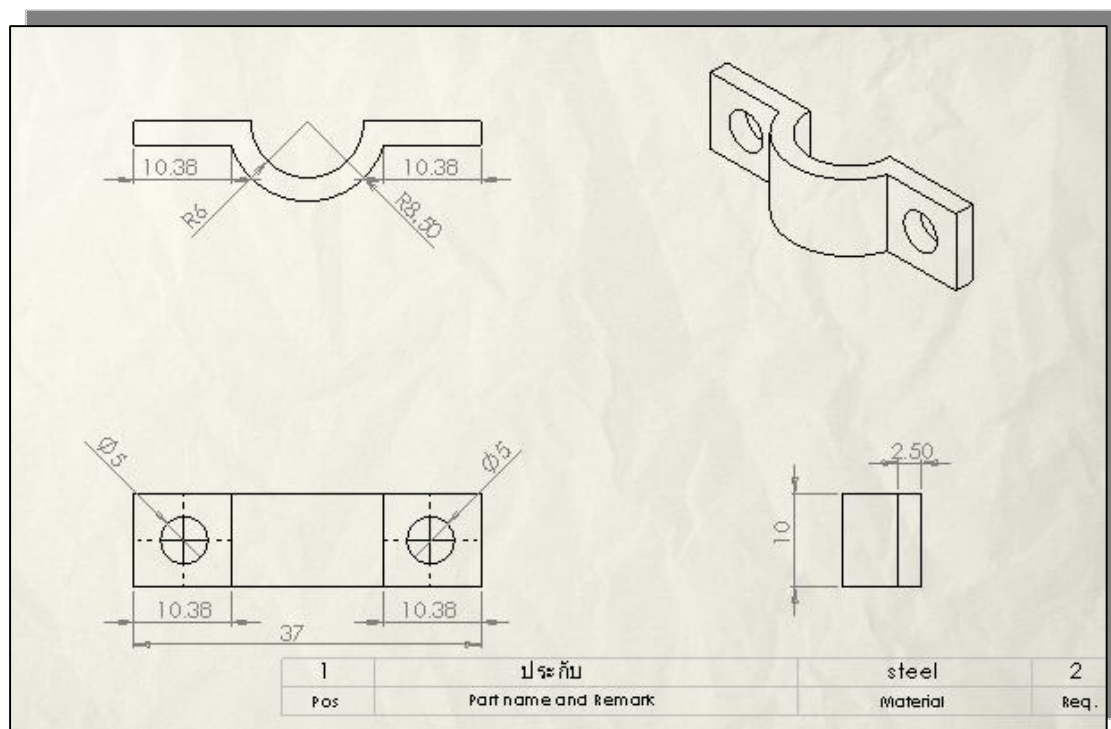
ภาพแสดง ภาพฉายของ แกนเหล็ก(Pos 3)



ภาพแสดง ภาพฉายของ ตัวยึด Slot (Pos 6)



ภาพแสดง ภาพฉายของ ประกับ(Pos 7)



*หมายเหตุ การแสดงภาพฉาย จะแสดงเฉพาะชิ้นส่วนที่จะทำการผลิต ส่วนชิ้นส่วนที่เป็นมาตรฐาน ที่มีจำหน่าย จะไม่แสดง

7. ตรวจสอบผลงานในครั้งนี้ว่ายังอยู่ใน Design Specification หรือไม่

Design Specification	Before	After	หมายเหตุ
Titile	ออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการลื่นยกขาตั้งรถจักรยานยนต์	ออกแบบอุปกรณ์ป้องกันการลื่นยกขาตั้งรถจักรยานยนต์	
Design problem	หากไม่ยกขาตั้งขึ้น รถจักรยานยนต์จะไม่สามารถขับได้	หากไม่ยกขาตั้งขึ้น รถจักรยานยนต์จะไม่สามารถขับได้	
Intended purpose	เพื่อป้องกันการลื่นยกขาตั้งเมื่อขับขึ้นรถจักรยานยนต์	เพื่อป้องกันการลื่นยกขาตั้งเมื่อขับขึ้นรถจักรยานยนต์	
Function Requirement	- หากไม่ยกขาตั้งขึ้น รถจักรยานยนต์จะไม่สามารถขับได้ - วัสดุหาง่าย - มีความปลอดภัยในการใช้งาน - มีความคล่องตัวในการใช้งาน	- หากไม่ยกขาตั้งขึ้น รถจักรยานยนต์จะไม่สามารถขับได้ - วัสดุหาง่าย - มีความปลอดภัยในการใช้งาน - มีความคล่องตัวในการใช้งาน	
Constrains	- สตาร์ทเครื่องได้ปกติ - ไม่มีการใช้ระบบไฟฟ้า - ไม่ขัดขวางการขับเคลื่อนของรถ - ถอดได้ ในบางชิ้นส่วน	- สตาร์ทเครื่องได้ปกติ - ไม่มีการใช้ระบบไฟฟ้า - ไม่ขัดขวางการขับเคลื่อนของรถ - ถอดได้ ในบางชิ้นส่วน	
Performance	-เวลาในการติดตั้ง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 นาที	-เวลาในการติดตั้ง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 นาที	อุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมคือขา

Characteristic	-จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ชิ้น -น้ำหนัก น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 กก. -จำนวนคนติดตั้ง 1 คน	-จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ 5 ชิ้น -น้ำหนัก น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 กก. -จำนวนคนติดตั้ง 1 คน	เหยียบเนื่องจากเกิดระยะห่างระหว่างเกียร์กับแกนเหล็กจึงต้องใช้ขาเหยียบเพื่อเชื่อมต่อเข้ากับเกียร์
Work Condition	- ใช้ได้ในทุกสภาพอากาศ - มีความคงทน - ใช้ได้ทุกสภาพถนน	- ใช้ได้ในทุกสภาพอากาศ - มีความคงทน - ใช้ได้ทุกสภาพถนน	
Economic	- อายุการใช้งานมากกว่า 3 ปี - มีอะไหล่ เปลี่ยนทุกชิ้นส่วน - ต้องการการบำรุงรักษาน้อย	- อายุการใช้งานมากกว่า 3 ปี - มีอะไหล่ เปลี่ยนทุกชิ้นส่วน - ต้องการการบำรุงรักษาน้อย	
Maintenance, Repair, Retirement	ง่ายต่อการทำความสะอาดและบำรุงรักษา	ง่ายต่อการทำความสะอาดและบำรุงรักษา	
Reliability, Robustness	ไม่ก่อความเสียหายระหว่างที่ใช้งานแก่อุปกรณ์และรถจักรยานยนต์	ไม่ก่อความเสียหายระหว่างที่ใช้งานแก่อุปกรณ์และรถจักรยานยนต์	
Safety	- ไม่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในขณะที่ติดตั้งและใช้งาน - ไม่มีส่วนที่แหลมคม	- ไม่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในขณะที่ติดตั้งและใช้งาน - ไม่มีส่วนที่แหลมคม	
Pollution	ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ อย่างแน่นอน	ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ อย่างแน่นอน	
Ease of use	สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพียงคนเดียวได้	สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพียงคนเดียวได้	

Human factors	- ไม่ต้องออกแรงมาก - ไม่ใช่เครื่องมือพิเศษในการติดตั้ง - มีขั้นตอนการประกอบ และติดตั้งไม่ซับซ้อน	- ไม่ต้องออกแรงมาก - ไม่ใช่เครื่องมือพิเศษในการติดตั้ง - มีขั้นตอนการประกอบ และติดตั้งไม่ซับซ้อน	
Appearance	- มีรูปลักษณะที่ดูทันสมัย - อุปกรณ์ทนทานต่อการเป็นสนิม - สีที่ใช้เคลือบอุปกรณ์ ช่วยป้องกันการกัดกร่อนจากธรรมชาติ	- มีรูปลักษณะที่ดูทันสมัย - อุปกรณ์ทนทานต่อการเป็นสนิม - สีที่ใช้เคลือบอุปกรณ์ ช่วยป้องกันการกัดกร่อนจากธรรมชาติ	

สรุป

จากการตรวจสอบเทียบกับ **Engineering Design Specification** เดิม มีส่วนที่แตกต่างจากเดิม คือ Characteristic (จำนวนชิ้นของอุปกรณ์) ที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นจากเดิม 1 ชิ้น อุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นจากเดิมคือขาเหยียบซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อเกียร์กับแกนหลักเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ เนื่องจากเกิดระยะห่างระหว่างเกียร์กับแกนหลัก นอกจากนี้ จากการตรวจสอบ **Engineering Design Specification** เป็นไปตามที่ออกแบบ

ภาคผนวก

Mechanical Strength Properties

Material	Yield Stress (MPa)	Ultimate Stress (MPa)	Elongation (%)
Aluminum [Al]	20	70	60
Aluminum Alloy	35 - 500	100 - 550	1 - 45
Brass	70 - 550	200 - 620	4 - 60
Brass; Noval	170 - 410	410 - 590	15 - 50
Brass; Red (80% Cu, 20% Zn)	90 - 470	300 - 590	4 - 50
Brick	-	7.0 - 70	-
Bronze; Regular	82 - 690	200 - 830	5 - 60
Bronze; Manganese	170 - 450	450 - 620	10 - 35
Concrete (Compression)	-	10 - 70	-
Copper [Cu]	55 - 330	230 - 380	10 - 50
Copper Alloy	760	830	4
Glass	-	30 - 1000	-
Iron (Cast)	120 - 290	69 - 480	0 - 1
Iron (Wrought)	210	340	35
Magnesium [Mg]	20 - 70	100 - 170	5 - 15
Magnesium Alloy	80 - 280	140 - 340	2 - 20
Monel (67% Ni, 30% Cu)	170 - 1100	450 - 1200	2 - 50
Nickel [Ni]	140 - 620	310 - 760	2 - 50
Nylon; Polyamide	-	40 - 70	50
Rubber	1.0 - 7.0	7.0 - 20	100 - 800
Solder; Tin-Lead	-	12 - 54	55 - 30
Steel	280 - 1600	340 - 1900	3 - 40
Stone; Granite (Compression)	-	70 - 280	-
Stone; Limestone (Compression)	-	20 - 200	-
Stone; Marble (Compression)	-	50 - 180	-
Titanium [Ti]	-	500	25
Titanium Alloy	-	900 - 970	10
Tungsten [W]	-	1400 - 4000	0 - 4
Wood; Ash (Bending)	40 - 70	50 - 100	-
Wood; Douglas Fir (Bending)	30 - 50	50 - 80	-

Wood; Oak (Bending)	40 - 60	50 - 100	-
Wood; Southern Pine (Bending)	40 - 60	50 - 100	-