ขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ

AUTOMATIC ADJUSTABLE PEDAL CRANK LENGTH

ธน วิสุทธิภูษี

นันท์นภัส คันธหัตถี

พัชรชัย แก้ววรรณา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ADJUSTABLE PEDAL CRANK LENGTH

THANA WISUTTIPHUSI
NANNAPAS KANTAHATTEE
PATCHARACHAI KAEWWANNA

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHATRONICS ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ

AUTOMATIC ADJUSTABLE PEDAL CRANK LENGTH

ผู้จัดทำ นายธน วิสุทธิภูษี 56010495

นายนันท์นภัส คันธหัตถี 56010668

นายพัชรชัย แก้ววรรณา 56010831

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สองเมือง นันทขว้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ

โดย

นายธน วิสุทธิภูษี 56010495

นายนันท์นภัส คันธหัตถี 56010668

นายพัชรชัย แก้ววรรณา 56010831

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สองเมือง นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

จากงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาของการปั่นจักรยานพบว่า ในการปั่นจักรยานจังหวะกดแป้นเหยียบจะส่งแรงในการปั่นได้ดีที่สุดกับขาจานที่ยาวกว่าปกติ และจังหวะควงรอบขาจะทำรอบได้เร็วที่สุดกับขาจานที่สั้นกว่าปกติ จากเหตุผลดังกล่าวเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างขาจานจักรยานที่มีลักษณะพิเศษ ที่สามารถปรับระยะได้อัตโนมัติในระหว่างการขับขี่ โดยใช้กลไกเป็นหลักในการเพิ่มความยาวของขาจานในช่วงที่กล้ามเนื้อสามารถส่งแรงที่สูงที่สุดในจังหวะการกดแป้นเหยียบของรอบการปั่น และลดความยาวของขาจานในช่วงของการควงรอบขาขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยานให้มากขึ้น และลดอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC ADJUSTABLE PEDAL CRANK LENGTH

By

Mr. Thana Wisuttiphusi 56010495

Mr. Nannapas Kantahattee 56010668

Mr. Patcharachai Keawwanna 56010831

Advisor

Asst. Prof. Songmoung Nundrakwang

Academic Year 2016

ABSTRACT

From the Sport-scientific research found that pushing the pedals is the best way to produce cycling forces with extended cranks. While the spinning cycles can be maximize with shorten cranks. Accordingly to increase performance in cycling, our researcher have an idea to design and create special crank that can automatically adjust its length during cycling by using specific designed mechanism to extend the crank's length when it is in the most effective position which is 3 o'clock of the cycling and decrease its length during cycling for another position to optimize performance in cycling and prevent injuries.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษา จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สองเมือง นันทขว้าง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากอาจารย์และขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนสำหรับคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิจัย สนับสนุนอุปกรณ์ให้คำปรึกษา และเป็นแรงผลักดันที่ดีเสมอ รวมไปถึงความช่วยเหลือต่างๆ ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงงานนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายธน วิสุทธิภูษี

นายนันท์นภัส คันธหัตถี

นายพัชรชัย แก้ววรรณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการปั่นจักรยาน	3
2.2 มุมในการนั่ง (Seat Angle)	5
2.3 กำลังของแป้นเหยียบ ณ จุดต่างๆ (Pedaling Power Per Joint)	7
2.4 ความยาวของขาจาน (Crank Length)	10
2.5 ตลับลูกปืน (Bearing)	14
2.6 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	19
3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล	19
3.2 ออกแบบ (Design)	20
3.3 การ Simulation	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	29
4.1 การติดตั้งและการทดสอบปั่น	29
4.2 มุมสะโพกและมุมเข่า	33
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	35
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา	35
เอกสารอ้างอิง	36
ประวัติผู้เขียน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงชุดกล้ามเนื้อ Hamstring	3
2.2 ภาพแสดงการทดลองด้วยการตรวจคลื่นไฟฟ้า (EMG) ในส่วนของชุดกล้ามเนื้อ Hamstring	4
2.3 ภาพแสดงลักษณะของมุมนั่ง (Seat Angle)	5
2.4 การทดสอบมุมนั่ง	6
2.5 การเปลี่ยนแปลงมุมสะโพก (Hip Angle) กับมุมนั่งที่เปลี่ยนไป	6
2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังที่ได้กับค่าเฉลี่ยของมุมสะโพก (Hip Angle)	7
2.7 ภาพแสดงแรงที่กระทำกับแป้นเหยียบ	8
2.8 Ankle Power	8
2.9 Knee Power	9
2.10 Thigh Power	9
2.11 ภาพตลับลูกปืน (Bearing)	14
2.12 ตลับลูกปืนประเภทที่ไม่มีเม็ดลูกกลิ้ง	14
2.13 ตลับลูกปืนประเภทที่มีเม็ดลูกกลิ้ง	15
2.14 ตลับลูกปืนที่มีเม็ดกลม	15
2.15 ตลับลูกปืนที่มีเม็ดยาว	15
2.16 ภาพแสดงการรับแรงของตลับลูกปืน	16
2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด	18
3.1 ต้นแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานแบบที่ 1	20
3.2 ต้นแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานแบบที่ 2	21
3.3 ต้นแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานแบบที่ 3	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 ภาพแสดงด้านหน้าของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน	22
3.5 ภาพแสดงด้านหลังของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน	22
3.6 ภาพแสดงส่วนด้านนอกของขาจาน	23
3.7 ภาพแสดงส่วนด้านในของขาจาน	23
3.8 ภาพแสดงส่วนด้านในของขาจานพร้อมแบริ่ง	24
3.9 ภาพแสดงส่วนประกอบของขาจาน	24
3.10 ภาพแสดงส่วนประกอบของขาจานพร้อมร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน	24
3.11 ลักษณะของขาจานเมื่อประกอบกับจักรยานแล้ว	25
3.12 ความเค้นของขาจานแบบที่ 1 (ด้านหลัง)	26
3.13 ความเค้นของขาจานแบบที่ 1 (ด้านหน้า)	26
3.14 ความเค้นของขาจานแบบที่ 2 (ด้านหลัง)	27
3.15 ความเค้นของขาจานแบบที่ 2 (ด้านหน้า)	27
3.16 ภาพแสดงระยะการงอตัวของขาจาน	28
4.1 ภาพชิ้นงานจริงของขาจาน	29
4.2 ภาพชิ้นงานจริงของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน	29
4.3 ภาพแสดงการประกอบขาจานเข้ากับตัวจักรยาน	30
4.4 ภาพแสดงการวางตัวของแบริ่งในร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน	30
4.5 ภาพแสดงตำแหน่งที่ยึดที่สุดของขาจาน	31
4.6 ภาพแสดงขาจานเมื่อต่อกับแป้นเหยียบ	31
4.7 ภาพแสดงขาจาน ณ ตำแหน่งยึดสุดขณะปั่น	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 ภาพแสดงวงรอบการเคลื่อนที่ของแป้นเหยียบของขาจานมาตรฐานกับขาจานต้นแบบ	32
4.9 ภาพแสดงมุมสะโพกที่เปลี่ยนไปในแต่ละองศาการปั่น	33
4.10 ภาพแสดงมุมเข่าที่เปลี่ยนไปในแต่ละองศาการปั่น	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงอัตราการใช้กำลังในการถีบที่มีผลกับส่วนต่างๆ	9
2.2 การประมาณความยาวของท่อนขาด้านใน	10
2.3 ความยาวขาจานที่แนะนำ	10
2.4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของท่อนขาด้านในกับความยาวของขาจานที่เหมาะสม	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันนี้การออกกำลังกายเป็นที่ได้รับความนิยมในกลุ่มคนทั่วไป ซึ่งการออกกำลังกายที่ถูกวิธีนั้น จะทำให้มีสุขภาพที่แข็งแรงมากยิ่งขึ้น แต่ถ้าออกกำลังกายอย่างไม่ถูกวิธีก็อาจจะส่งผลเสียตามมากับร่างกายได้ โดยการออกกำลังกายก็มีอยู่หลายประเภท ขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้ออกกำลังกาย

จักรยานเสือหมอบ เป็นจักรยานประเภทหนึ่งที่ในปัจจุบันมีผู้ใช้งานอยู่มากมาย ทั้งการใช้งานเพื่อสุขภาพ ออกกำลังกายหรืองานอดิเรก จนไปถึงการแข่งขันในระดับโลกที่คนส่วนใหญ่จะรู้จักกันในชื่อ การแข่งขันจักรยานทางไกล ตูร์ เดอ ฟรองซ์ ส่วนในการปั่นจักรยานเสือหมอบการออกแรงปั่นแต่ละครั้งผู้ปั่นจะต้องการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อันส่งผลให้ขับขี่ไปได้อย่างรวดเร็ว ปั่นสบายและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ ด้วยเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยมีการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลให้การปั่นจักรยานเสือหมอบมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งท่าทางในการปั่น กำลังของผู้ขับขี่ และหัวข้อที่กำลังเป็นที่สนใจของผู้วิจัยคือ ความยาวของขาจาน (Crank Length) จะมีผลต่อการปั่นอย่างไร

จากงานวิจัยพบว่า ความยาวของขาจาน (Crank Length) มีผลต่อประสิทธิภาพในการปั่น โดยที่ขาจานสั้นและขาจานยาวก็มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยที่ขาจานสั้นจะช่วยในเรื่องของรอบขาที่จะควงได้เร็วกว่า ส่วนขาจานแบบยาวจะมีแรงบิดที่มากกว่าในกรณีที่ไม่ได้เปลี่ยนเกียร์ อย่างไรก็ตามเมื่อต้องการที่จะใช้จุดเด่นของขาจานแต่ละแบบ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องเปลี่ยนขาจานซึ่งอาจจะทำให้เกิดความยุ่งยาก ปัจจุบันมีการวิจัยด้านการรวมคุณสมบัติของขาจานสั้นกับขาจานยาวไว้ด้วยกัน โดยใช้หลักการทางด้านวิศวกรรม มีการทดลองใช้จานปั่นแบบไม่สมมาตรส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการปั่นสูงขึ้น นอกจากประสิทธิภาพในการปั่นแล้วยังวิเคราะห์ถึงการลดอาการบาดเจ็บ การออกแรงจากกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น ท่าปั่นที่สะดวกและลู่ลมมากขึ้น

ปัจจุบันในประเทศไทยงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬายังไม่ได้รับความนิยมมากนัก มีงานวิจัยในด้านการขับขี่จักรยานค่อนข้างน้อย อาจทำให้พัฒนาจากการปั่นเพื่อการออกกำลังกายไปสู่การแข่งขันได้ยากและช้า ดังนั้นการสร้างขาจานแบบปรับระยะได้ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่น ช่วยลดอาการบาดเจ็บ ไปถึงการสร้างองค์ความรู้ทางด้านการประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมกับวงการจักรยานเสือหมอบและอาจนำไปต่อยอดสู่กีฬาอื่นๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน
2. เพื่อศึกษาความยาวของขาจานที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปั่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้ โดยใช้หลักการทางวิศวกรรม เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการปั่นจักรยาน รวมไปถึงออกแบบขาจานที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นจักรยาน

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาความยาวขาจานที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปั่น
2. ออกแบบขาจานที่สามารถปรับระยะได้อัตโนมัติ
3. ทดลองใช้งานและหากำลังที่ได้ในแต่ละตำแหน่งของรอบการปั่น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ปั่นจักรยานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. สามารถพัฒนาต่อยอดไปสู่การนำไปใช้ในการแข่งขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

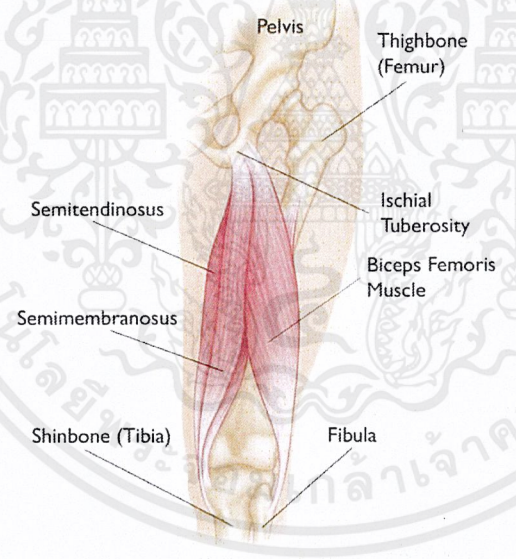
บทที่ 2

ทฤษฎี และความรู้ที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในส่วนนี้จะนำเสนอถึง ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา และอธิบายองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในการดีไซน์ขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหาต่างๆ ดังนี้

2.1 กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ในการปั่นจักรยาน

ชุดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) คือ กล้ามเนื้อที่อยู่ทางด้านขาด้านหลัง ตั้งแต่ปลายก้นยาวลงไปข้างล่าง ชุดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) นั้นประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ 3 ส่วน คือ Semitendinosus, Semimembranosus และ Biceps Femoris ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงชุดกล้ามเนื้อ (Hamstring)

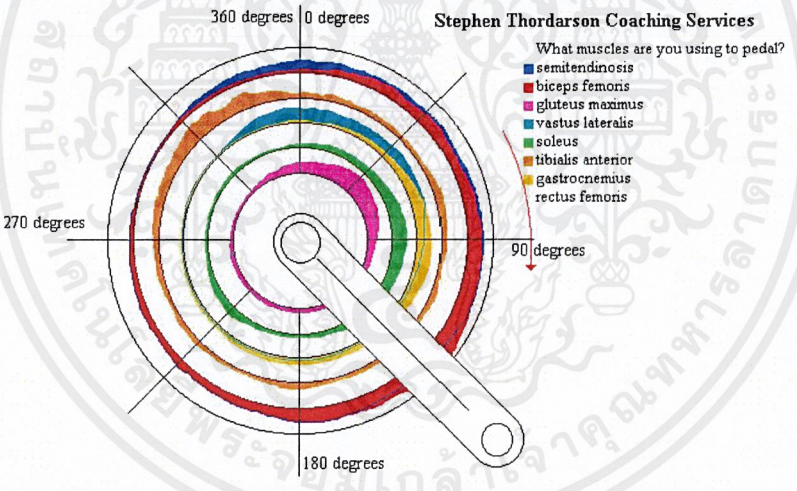
ชุดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) นั้นเริ่มจากด้านล่างของกระดูกเชิงกราน โดยเรียกตำแหน่งนั้นว่า Ischial Tuberosity กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) นี้มีลักษณะ เป็นเส้นใยที่มีความเหนียวใช้เชื่อมต่อระหว่างเนื้อเยื่อและเส้นเอ็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) นี้ เป็นกล้ามเนื้อหลักที่ช่วยในการวิ่ง ซึ่งโดยนักกีฬาส่วนใหญ่มักจะบาดเจ็บกล้ามเนื้อส่วนนี้ โดยมีนักกีฬาจำนวนไม่น้อยที่มีอาการบาดเจ็บเรื้อรัง ดังนั้น กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) จึงมีความสำคัญในการออกกำลังกายเป็นอย่างมาก

กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) นั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อสร้างกำลังที่สะโพกและช่วยเสริมเสถียรภาพของข้อต่อเข่า การจะทำให้กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) สร้างแรงดึงในขณะปั่น (Upstroke) นั้นจึงไม่เหมาะเท่าที่ควร และจะให้เข่าสร้างแรงในตำแหน่งที่ไม่มั่นคง เปรียบเสมือนกับการวิ่ง ไม่ได้ต้องการกำลังจากการงอเข่า แต่ใช้เข่าเพื่อให้ขากลับสู่ตำแหน่งสำหรับการดัน (ก้าว) ครั้งต่อไป ร่างการมนุษย์ถูกสร้างมาเพื่อการดันไม่ใช่การดึงและการพยายามจะดึงเพื่อขยับร่างกายส่วนล่าง (การงอเข่าถือเป็นการดึง) ไม่ใช่วิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

โดยปกติต้องการจะสร้างกำลังจากสะโพก ไม่ใช่หัวเข่า เหตุผลที่นักปั่นส่วนใหญ่มีปัญหากับหัวเข่า เพราะว่าข้อเข่านั้นขาดเสถียรภาพไม่ใช่ขาดความแข็งแรง นี่คือเหตุผลว่าทำไมจึงมีการสนับสนุนการยืนปั่น เพราะจะบังคับให้เข่า และสะโพกทำงานตามหลักธรรมชาติมากกว่าการนั่งปั่น ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพแสดงการทดลองด้วยการตรวจคลื่นไฟฟ้า (EMG) ในส่วนของชุดกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring)

จากภาพ กล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstring) จะใช้งานอย่างมากในช่วง Downstroke หรือช่วงการเคลื่อนที่ตั้งแต่ 0 องศา ถึง 180 องศา แสดงในรูปที่ 2.2 และน้อยสุดในช่วง Upstroke หรือช่วงการเคลื่อนที่ตั้งแต่ 180 องศา ถึง 360 องศา แสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งตรงข้ามกับแนวคิดแรกโดยสิ้นเชิงซึ่งจากภาพจะเห็นว่าจังหวะ Downstroke ที่ทรงพลังของขาที่นำหน้า และการอยู่เฉยๆ ของขาหลัง คือ วิธีการปั่นที่ทรงพลังและมีประสิทธิภาพสูงสุด และไม่ต้องเป็นกังวลเกี่ยวกับการ

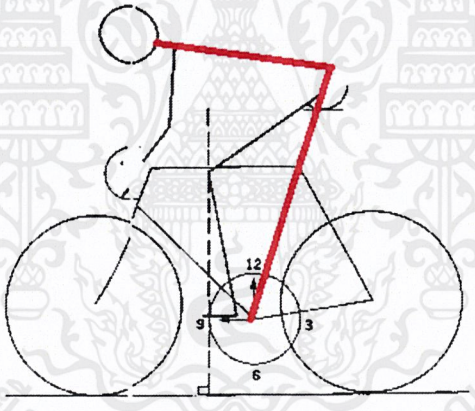
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยายามจะสร้างกำลังจากการ Upstroke นั่นหมายถึงเราสามารถสร้างกำลังและทำประสิทธิภาพได้สูง โดยไม่จำเป็นต้องยึดติดกับแป้นเหยียบ

ดังนั้นการออกแรงที่ดีควรจะฝึกฝนขาของคุณให้ใช้กำลัง Downstroke โดยใช้สะโพก เป็นต้น กำลังหลักไม่ใช่ข้อเข่า นี่หมายถึงการปั่นขาไม่ใช่ตัวเลือกของการฝึกที่ดี เพราะกำลังของมันจะมาจากเข่า การฝึก เช่น Single Leg Deadlifts และ Single Leg Squats จะมีประสิทธิภาพมากกว่า เพราะมันเป็นการฝึกขาที่ได้รับแรงขับเคลื่อนจากสะโพกไม่ใช่เข่า

2.2 มุมในการนั่ง (Seat Angle)

Seat Angle คือ มุมระหว่างช่วงตัวด้านบนกับแนวสะโพกไปจนถึงจุดกึ่งกลางของจานปั่น ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดย การปั่นแบบนั่งปั่นกับหมอบปั่น จะให้มุม Seat Angle ที่ต่างกัน โดยการปั่นแบบนั่งปั่น (Racing) มุม Seat Angle จะไม่เกิน 80 องศา



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงลักษณะของมุมนั่ง (Seat Angle)

ซึ่ง Seat Angle นี้ จะส่งผลต่อกล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ที่ติดกับสะโพก เพราะว่า

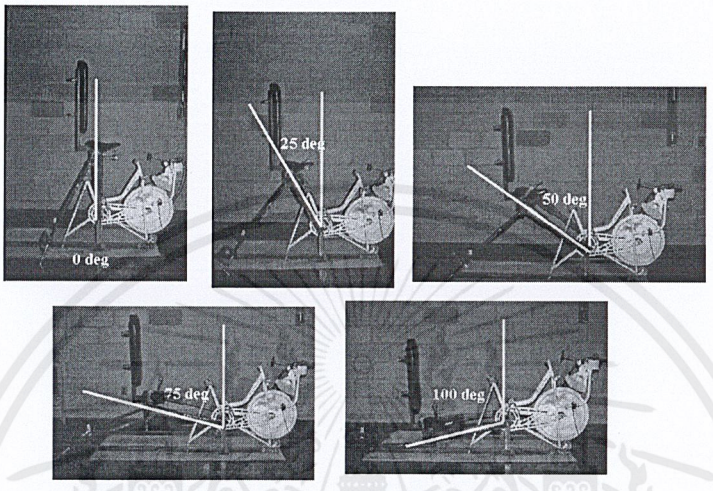
- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ขึ้นอยู่กับความยาวและความเร็วของกล้ามเนื้อขณะปั่น
- แรงบิดขึ้นอยู่กับมุมของกล้ามเนื้อขณะที่ออกแรง

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องคือ Gluteus Maximus และ Iliopsoas ผลที่เกิดขึ้นคือ เกิดแรงบิดรอบๆ สะโพก ในส่วนของกล้ามเนื้อ Rectus Femoris and Biceps Femoris ผลที่เกิดขึ้นจาก

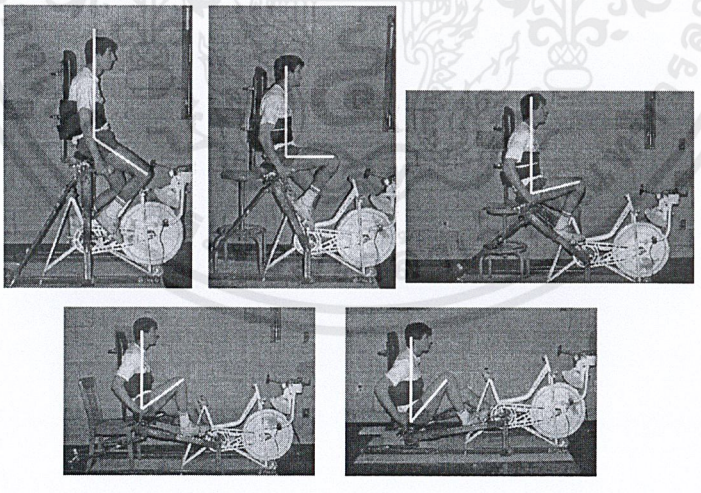
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้ามเนื้อรอบๆ เข่า โดยแรงดังกล่าวจะส่งผลกับมุม Seat Angle ของการปั่นจักรยานแบบนั่งปั่น เมื่อยืนปั่น (ปั่นขึ้นเขาหรือสปริ้น) จะทำให้ได้กำลังมากกว่าการนั่งปั่น

ในปี 1990 Danny Too [7] ได้ทำการทดสอบหาค่า Power Maximal ของท่านั่งต่างๆ จากการทดสอบของ Danny Too พบว่าค่อนข้างแตกต่างกันในแต่ละท่านั่ง และไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าเฉลี่ยของมุมสะโพก (Hip Angle)



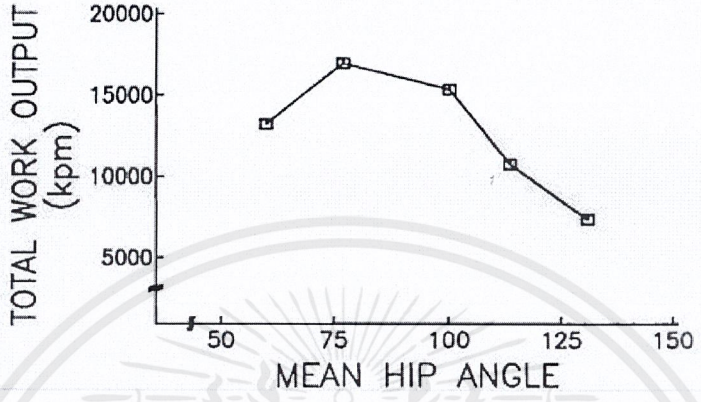
รูปที่ 2.4 การทดสอบมุมนั่ง



รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงมุมสะโพก (Hip Angle) กับมุมนั่งที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ Seat Angle มุมต่างๆ Danny Too ได้ประมาณมุมสะโพก (Hip Angle) ที่น้อยที่สุด มากที่สุด และค่าเฉลี่ย จากนั้นทำการวัดและแสดงดังกราฟที่ Seat Angle 105 องศา (ภาพที่ 4 ในรูปที่ 2.4) กับมุมสะโพก (Hip Angle) ที่ 77 องศา (ภาพที่ 4 ในรูปที่ 2.5) จะได้ค่ากำลังสูงสุด (Power Maximal) ซึ่งแตกต่างกันเป็นอย่างมากกับการวัด Seat Angle



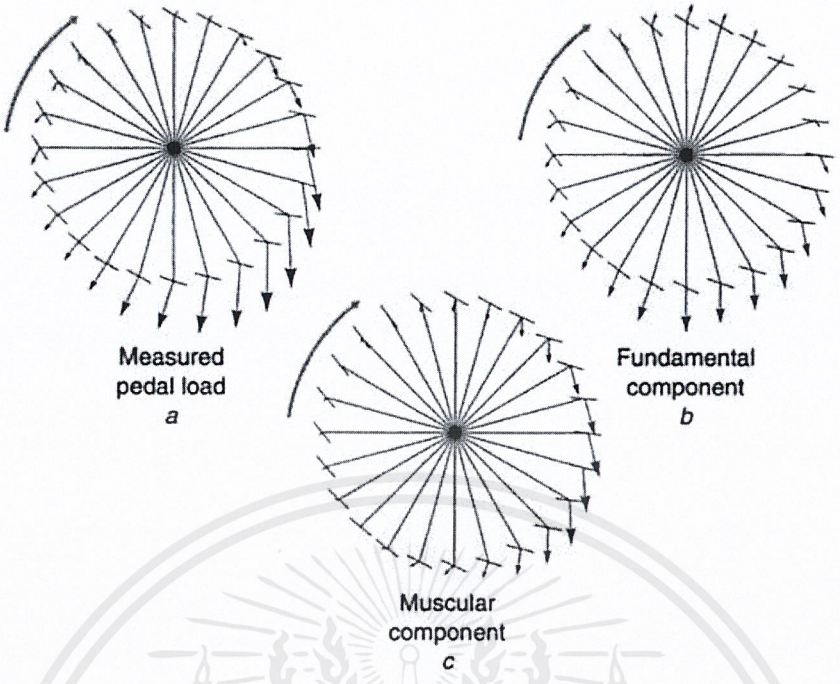
รูปที่ 2.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังที่ได้กับค่าเฉลี่ยของมุมสะโพก (Hip Angle)

Danny Too ได้อธิบายว่า ที่ค่าเฉลี่ยมุมสะโพกที่ 77 องศา จะทำให้ปั่นสบายที่สุด ส่งผลให้ได้ค่า Maximal Power จะเห็นได้ว่าระหว่าง Seat Angle ของการหมอบปั่น (80 องศา) (ภาพที่ 5 ในรูปที่ 2.4) กับ การปั่นในท่าที่สบาย (155 องศา) (ภาพที่ 2 ในรูปที่ 2.4) ไม่ใช่ท่าปั่นที่ทำให้ได้ค่ากำลังงสูงสุด (Power Maximal) จากการทดสอบดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการปั่นในท่าหมอบปั่นจะทำให้ได้กำลังมากกว่าการนั่งปั่นธรรมดา ดังแสดงในรูปที่ 2.6

2.3 กำลังของแป้นเหยียบ ณ จุดต่างๆ (Pedaling Power Per Joint)

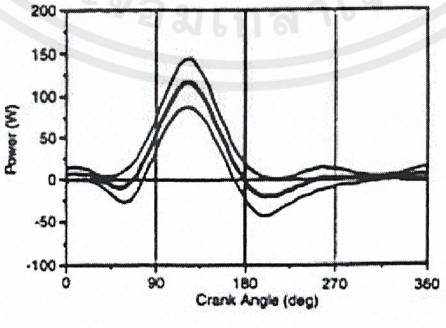
ในการคำนวณหากำลัง ณ จุดต่างๆ สามารถคำนวณได้จากขนาดและทิศทางของแรงที่กดลงไปที่แป้นเหยียบ โดยตัดแรงดึงดูดของโลก แรงในการเปลี่ยนความเร็วและแรงที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของขา ภาพด้านล่างคือภาพแสดงกำลังของแป้นเหยียบ ณ จุดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



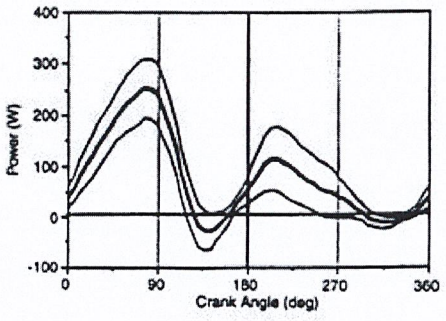
รูปที่ 2.7 ภาพแสดงแรงที่กระทำกับแป้นเหยียบ

ปัจจัยที่ต่างกัน ส่งผลให้กำลังของแป้นเหยียบในแต่ละจุดมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงเป็นแนวคิดที่ดีสำหรับการคำนวณแรงของแป้นเหยียบ และกำลังสำหรับการนั่งปั่นจักรยาน กราฟต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงแรงที่ต่างกัน ณ จุดต่างๆ โดยประมานแล้วนำพาไปสู่ Power Rate ที่ตามมา ดังแสดงในรูปที่ 2.8 – รูปที่ 2.10 โดยจะเห็นได้ชัดว่าช่วง 0 – 180 องศาการปั่น หรือช่วง Downstroke ข้อเท้า (Ankle) เข่า (Knee) และต้นขา (Thigh) สามารถทำกำลังได้มากกว่าช่วย 180 – 360 องศาการปั่น หรือช่วง Upstroke อย่างเห็นได้ชัด

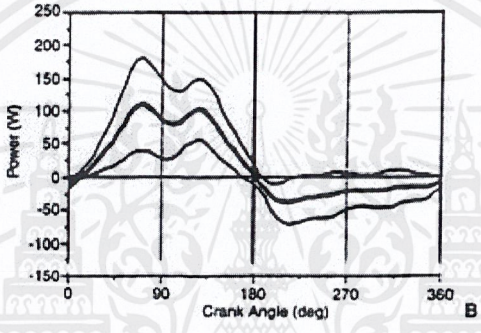


รูปที่ 2.8 Ankle Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 Knee Power



รูปที่ 2.10 Thigh Power

ในปี 1986 M.O.Ericson et al. ได้วัดความแข็งแรงของคน 6 คน การถีบ 120 วัตต์ ที่ 60 รอบต่อนาที อัตราการใช้กำลังมีดังนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงอัตราการใช้กำลังในการถีบที่มีผลกับส่วนต่างๆ

การยืดของสะโพก	27%
การดัดของสะโพก	4%
การยืดของเข่า	39%
การดัดของเข่า	10%
การยืดของข้อเท้า	20%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความยาวของขาจาน (Crank Length)

จากบทความวิจัยข้างต้น การปั่นจักรยานแบบหมอบปั่นนั่น ขาจานที่ดีที่สุด 173 mm แต่ถ้าผู้ปั่นที่มีขายาว หรือขาสั้นกว่าปกติ อาจจะต้องใช้ขาจานที่ความยาวอื่น

ตารางที่ 2.2 การประมาณความยาวของท่อนขาด้านใน

ความสูงของผู้ปั่น	ความยาวของท่อนขาด้านใน
159 เซนติเมตร	72 เซนติเมตร
162 เซนติเมตร	74 เซนติเมตร
165 เซนติเมตร	76 เซนติเมตร
168 เซนติเมตร	77 เซนติเมตร
171 เซนติเมตร	79 เซนติเมตร
174 เซนติเมตร	81 เซนติเมตร
177 เซนติเมตร	82 เซนติเมตร
180 เซนติเมตร	84 เซนติเมตร
184 เซนติเมตร	86 เซนติเมตร
187 เซนติเมตร	88 เซนติเมตร
190 เซนติเมตร	91 เซนติเมตร
194 เซนติเมตร	93 เซนติเมตร
196 เซนติเมตร	94 เซนติเมตร

ตารางที่ 2.3 ความยาวขาจานที่แนะนำ

ความยาวของท่อนขาด้านใน	ความยาวของขาจาน
74 ถึง 77 เซนติเมตร	170 มิลลิเมตร
78 ถึง 81 เซนติเมตร	172.5 มิลลิเมตร
82 ถึง 85 เซนติเมตร	175 มิลลิเมตร
86 ถึง 89 เซนติเมตร	177.5 มิลลิเมตร
90 ถึง 93 เซนติเมตร	180 มิลลิเมตร
94 ถึง 99 เซนติเมตร	185 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางด้านบนจะเห็นได้ว่า ความยาวของขาจานที่ดีที่สุดจะเพิ่มขึ้นตามความยาวของท่อนขาด้านใน แต่การเพิ่มขึ้นก็มีค่าต่างกันไม่มาก

Chris Brands ได้สรุปว่า ความเร็วรอบในการปั่นที่ทำให้กล้ามเนื้อสามารถทำสปีดได้ดีสูงสุดจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างความช้าและความเร็วของใยกล้ามเนื้อ ต่อมา Chris Brands ได้แสดงให้เห็นว่า คนที่มีขายาวและขาสั้นนั้นมีความเร็วรอบในการปั่นที่ใกล้เคียงกัน

อย่างไรก็ตามข้อมูลข้างต้นก็ยังมีความไม่แน่นอนอยู่ ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อต้นขาส่งแรงเพื่อให้ขาจานหมุน ขณะที่ขายืดสุดกล้ามเนื้อก็จะยืดออกตามด้วย และกล้ามเนื้อจะยืดขาไม่ให้ยืดไปมากกว่านี้ และดูเหมือนว่าจะเป็นจริงไปตามสมมติฐานที่ว่า ความยาวของกล้ามเนื้อและระยะทางระหว่างจุดตรึงถึงแกนหมุน นั้นจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของความยาวขา ในกรณีนั้นความเร็วกล้ามเนื้อจะไม่เป็นสัดส่วนกับความเร็วเชิงมุม แต่จะเป็นสัดส่วนเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของเข่า หรือความเร็วข้อเข่า

ขณะที่แป้นเหยียบเคลื่อนที่การกระจัดของเข่าจะมากกว่าหรือน้อยกว่าสัดส่วนของความยาวและไม่ขึ้นอยู่กับความยาวของขา ทั้งหมดนี้เป็นจริงเกี่ยวกับความเร็วของกล้ามเนื้อ ดังนั้นถ้าขาของผู้ปั่นมีความเร็วของกล้ามเนื้อที่ดีที่สุด จังหวะในการปั่นและความยาวของขาจานจะเป็นตัวกำหนดค่ากำลังสูงสุด ทั้งหมดนี้เป็นจริงสำหรับความยาวขาจานทุกความยาว

ถ้าลดความยาวของต้นขาและหน้าแข้งลง 10% จาก 450 เป็น 405 มิลลิเมตร แล้วมุมของการหมุนของต้นขาจะเพิ่มขึ้นเป็น 7% จาก 60 เป็น 64 องศา

นอกจากนี้ผู้ปั่นที่มีขายาวใช้ขาจานที่ยาวขึ้น จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นให้มากยิ่งขึ้น แต่ก็จะเกิดผลเสียตามมาบางอย่าง และในกรณีที่ขาจานสั้นเกินไป กล้ามเนื้อบางส่วนจะไม่ถูกใช้งานในกรณีนี้กำลังในการปั่นจะไม่ถูกเพิ่มขึ้นในระยะสั้นๆ แต่จะเป็นการเพิ่มกำลังในการปั่นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากกล้ามเนื้อทั้งหมดไม่ได้ถูกใช้งานอย่างเต็มประสิทธิภาพ ทำให้อ่อนล้าช้าลง ส่งผลให้ปั่นในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสียบางอย่างของขาจานที่ยาวเกินไป คือ

- สิ้นเปลืองพื้นที่ ในการปั่นจักรยานแบบนั่งปั่น ขาจานที่ยาวจะมีข้อเสียคือ แป้นเหยียบจะมีโอกาสโดนพื้นถนนได้ ในส่วนของการหมอบปั่น เข่าของผู้ปั่นก็จะมีโอกาสโดนแฮนด์ของจักรยานและข้อเท้าจะมีโอกาสสัมผัสกับล้อหน้าอีกเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ในการปั่นแบบ Racing มุมสะโพก (Hip Angle) จะน้อยมาก จะส่งผลให้กำลังสูงสุดน้อยลง

James C. Martin ได้ทำการวัดหาความยาวของขาจานที่ดีที่สุด ในปี 2001 เขาได้ข้อสรุปว่าที่ขาจาน 145 มิลลิเมตร ผลที่ได้เกือบจะเท่ากับ 170 มิลลิเมตร โดยมีกำลังที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขาจานที่ยาวขึ้น จึงสรุปได้ว่าที่ความเร็วที่ดีที่สุดของแป้นเหยียบ ขาจานที่ยาวจะดีกว่าขายาวที่สั้น

ยิ่งไปกว่านั้น Danny Too ได้รายงายไว้ในงานวิจัยของเขาที่มีการวัดมาหลายต่อหลายครั้งแต่น่าเสียดายที่เงื่อนไขในการวัดไม่สามารถอธิบายได้อย่างครบถ้วน ตัวอย่างเช่น การวัดของเขาคือ การหาความยาวของที่เหมาะสมของขาจานสำหรับการนั่งปั่นในมุมนั่ง 155 องศา หรือการปั่นในท่า Recumbent Cyclist ที่มุมนั่ง 105 องศา ผู้ปั่นควรจะปั่นที่ 60 รอบต่อนาที และทุกๆ นาทีเขาจะเพิ่มความต้านทานในการปั่นมาอีก 0.5 กิโลกรัม เมื่อถึงเวลาหยุด จากนั้นผู้ปั่นไม่สามารถปั่นได้ถึง 60 รอบต่อนาทีได้อีก

ที่การปั่นในท่า Recumbent Cyclist เขาวัดขนาดความยาวขาจานที่เหมาะสมได้ที่ 145 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 737 วินาที และที่ 230 มิลลิเมตร เขาวัดได้ 694 วินาที ในขณะนั่งปั่นเขาวัดขนาดความยาวขาจานที่เหมาะสม ที่ 230 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 565 วินาที และที่ 145 มิลลิเมตร เขาวัดได้ 541 วินาที

จากการทดลองข้างต้นนี้ ขาจานที่ยาวกว่าไม่ได้ชดเชยด้วยเกียร์ที่สูงกว่า และการวัดนี้ขาจานที่ยาวจะแสดงผลของการหมุนของมุมสะโพกที่กว้างกว่า และอัตราส่วนเกียร์ต่ำระหว่างกล้ามเนื้อกับความต้านทานล้อ การวัดความยาวขาจานที่เหมาะสมที่ 230 มิลลิเมตร สามารถเข้าถึงได้เพราะว่าการวัดจะทำได้ที่ความถี่ของการถีบที่ต่ำๆ (60 รอบต่อนาที) ที่ความถี่นี้ความเร็วกล้ามเนื้อจะเหมือนกับความยาวขาจาน 170 มิลลิเมตร และความถี่ในการถีบที่เหมาะสม 90 รอบต่อนาที มันเป็นเรื่องยากที่จะวัดผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขาจาน ดังนั้นไม่สามารถวัดและพิสูจน์หาค่าความยาวขาจานที่เหมาะสม

Kirby Palm ได้คิดคันความสัมพันธ์ของความยาวค่าจานกับความยาวขาด้านใน โดยความยาวค่าจาน = 0.216* ความยาวขาด้านใน และในรายงานยังประกอบด้วยมุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการหมุนต้นขา (ความแตกต่างระหว่างมุมต้นขาน้อยที่สุดและสูงสุด) มุมที่เหมาะสมที่สุดนี้ขึ้นอยู่กับมุมนั่งและเป็นอิสระจากความยาวของขา สำหรับจักรยานที่มีมุมนั่งขนาดเล็กจะมีมุมในการหมุนขนาดเล็กที่ดีที่สุด เพราะมีประสิทธิภาพการผลักดันกล้ามเนื้อทำงานใกล้ที่สุดกับมุมที่ต้นขาที่ดีที่สุด ที่มุมนั่งขนาดใหญ่ ด้วยเหตุผลเดียวกันกับมุมในการหมุนขนาดใหญ่ที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุมในการหมุนที่เหมาะสมจะสามารถปรับได้ โดยการเลือกความยาวขาจานที่เหมาะสมกับความยาวช่วงขาที่กำหนด จากโปรแกรมจำลองบอกว่าระยะห่างระหว่างสะโพกและข้อเหวี่ยงเพลาข้อเหวี่ยงยาวที่ให้มุมหมุน 53 องศาผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของท่อนขาด้านในกับความยาวของขาจานที่เหมาะสม

ความยาวของท่อนขาด้านใน	ความยาวของขาจาน
75 cm	146 mm
80 cm	157 mm
85 cm	164 mm
90 cm	173 mm
95 cm	184 mm
100 cm	195 mm

โดยงานวิจัยและการทดลองที่นำเสนอมาในข้างต้นนี้ ได้มีการทำการวิจัยมาอย่างต่อเนื่อง เพื่อที่ให้ผู้ปั่นจักรยานได้รับทราบถึงข้อดีและข้อเสียของรูปแบบและองค์ประกอบต่างๆ ในการปั่นจักรยาน โดยได้ข้อสรุปที่ว่า การใช้ขาจานที่ยาวนั้น มีผลดีในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่น โดยจะทำให้สามารถทำกำลังได้ดีกว่าขาจานที่สั้น แต่ก็มีข้อเสียคือในเรื่องการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่างๆ ในการปั่น โดยขาจานที่ยาวจะส่งผลให้ใช้กล้ามเนื้ออย่างเต็มที่ โดยการปั่นในระยะยาวจะทำให้เกิดการเหนื่อยล้าได้ง่าย ขาจานที่ยาวส่งผลให้เข่าไม่อยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมในตำแหน่ง Top Dead Center ส่งผลให้ไม่สามารถทำความเร็วรอบในการควงขาจานได้ดีกว่าขาจานที่สั้น ขาจานที่ยาวจะทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ ในการปั่นจักรยานแบบนั่งปั่น ขาจานที่ยาวจะมีข้อเสียคือแป้นเหยียบจะมีโอกาสโดนพื้นถนนได้ ในส่วนของการหมอบปั่น เข่าของผู้ปั่นก็จะมีโอกาสโดนแฮนด์ของจักรยาน และข้อเท้าจะมีโอกาสสัมผัสกับล้อหน้าอีกเช่นกัน

ผู้ปั่นที่ใช้ขาจานสั้น กล้ามเนื้อจะถูกใช้อย่างไม่เต็มที่ จะผลทำให้ปั่นในระยะยาวได้ดีกว่าผู้ใช้ขาจานที่ยาว และยังเป็นการลดการเคลื่อนไหวของเข่า ทำให้เข่าอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ส่งผลให้สามารถควงขาจานได้ดีกว่าขาจานที่ยาว ขาจานที่สั้นยังช่วยเปิดมุมสะโพก ซึ่งช่วยให้ออกแรงได้ดีขึ้น

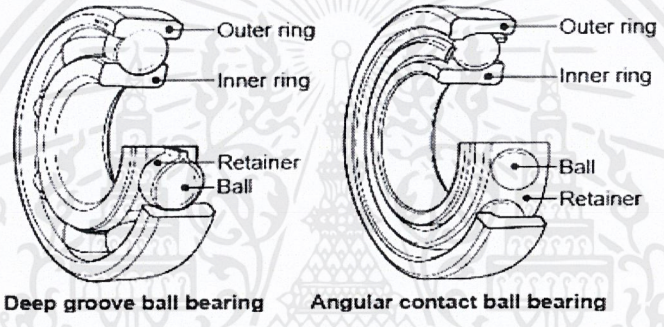
ในการออกแบบจึงนำข้อดีและข้อเสียของขาจานที่สั้นและยาวมาวิเคราะห์ เพื่อสร้างขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ โดย ณ ช่วง Downstroke กล้ามเนื้อจะออกแรงมากที่สุด จึงควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีระยะยาวเพื่อช่วยให้ออกแรงได้ดียิ่งขึ้น ในส่วนของตำแหน่ง Top และ Bottom Dead Center ไม่ควรจะมีระยะที่ยาวเกินไป เพื่อช่วยให้ผู้ปั่นสามารถควงขาจานได้ดียิ่งขึ้น

2.5 ตลับลูกปืน (Bearing)

แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ หากมีแรงเสียดทานมากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพและการสึกหรอของอุปกรณ์ได้ ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์เสริมชนิดหนึ่งเป็นตัวช่วยในการลดแรงเสียดทาน สิ่งนั้นคือ ตลับลูกปืน (Bearing) โดยทั่วไปแล้ว ตลับลูกปืน (Bearing) จะประกอบด้วย เม็ดลูกกลิ้ง (Balls), แหวนใน (Inner Ring), แหวนนอก (Outer Ring), และรัง (Retainer) ดังรูปที่ 2.11



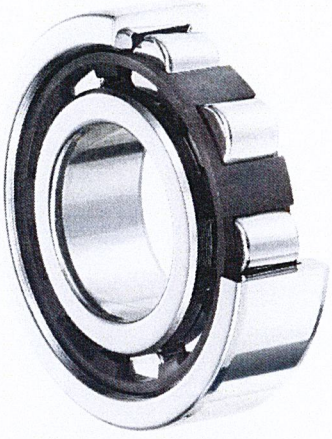
รูปที่ 2.11 ภาพตลับลูกปืน (Bearing)

การแบ่งประเภทของตลับลูกปืน จะแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ

1. ตลับลูกปืน (Bearing) ประเภทที่ไม่มีเม็ดลูกกลิ้ง (Plain Bearing) กับประเภทที่มีเม็ดลูกกลิ้ง (Roller Bearing) ดังรูป ที่ 2.12 และรูปที่ 2.13

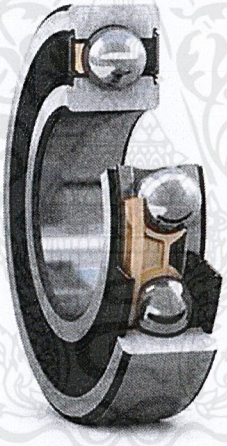
รูปที่ 2.12 ตลับลูกปืนประเภทที่ไม่มีเม็ดลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

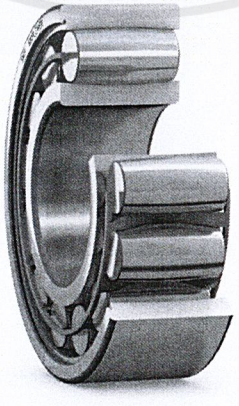


รูปที่ 2.13 ตลับลูกปืนประเภทที่มีเม็ดลูกกลิ้ง

2. ตลับลูกปืน (Bearing) ที่มีเม็ดกลมและตลับลูกปืน (Bearing) ที่มีเม็ดยาว ดังรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 ตลับลูกปืนที่มีเม็ดกลม



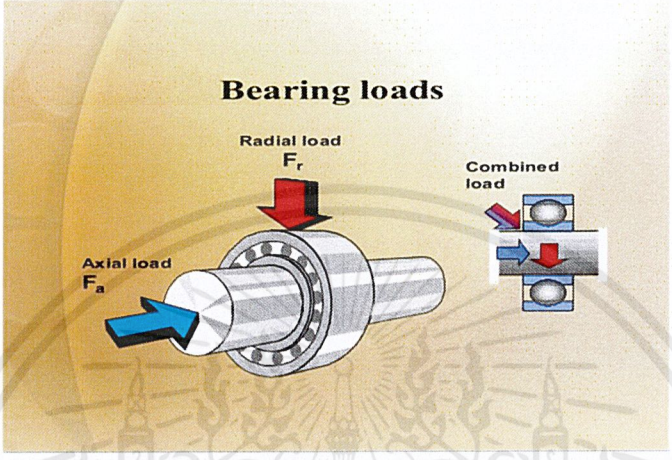
รูปที่ 2.15 ตลับลูกปืนที่มีเม็ดยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความสามารถในการรับแรงของตลับลูกปืน (Bearing) ที่แตกต่างกัน ได้แก่

- ตลับลูกปืน (Bearing) ที่รับแรงในแนวแกน
- ตลับลูกปืน (Bearing) ที่รับแรงในแนวรัศมี

ตลับลูกปืน (Bearing) ที่รับได้ทั้งแรงในแนวแกนและแรงในแนวรัศมี ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ภาพแสดงการรับแรงของตลับลูกปืน

ชนิดของตลับลูกปืน (Bearing) มีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. Ball Bearing เป็น Bearing ที่นิยมใช้โดยทั่วไปสามารถรับแรงได้ทั้งแนวแกนและแนวรัศมี

2. Roller Bearing เป็น Bearing ที่สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้เป็นพิเศษแต่ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อรับแรงในแนวแกน

2.6 คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ

เช่น ความแข็ง (Hardness) ความแข็งแรง (Strength) ความเหนียว (Ductility) ฯลฯ เป็นสิ่งที่จะบอกว่าวัสดุนั้นๆ สามารถที่จะรับหรือทนทานแรง หรือพลังงานเชิงกลภายนอกที่มากระทำได้ดีมากน้อยเพียงใด ในงานวิศวกรรมคุณสมบัติเชิงกลมีความสำคัญมากที่สุด เพราะเมื่อจะเลือกใช้วัสดุใดๆ ก็ตาม สิ่งแรกที่จะนำมาพิจารณาก็คือ คุณสมบัติเชิงกลของมัน การที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใดๆ จะสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้ทำเครื่องจักร อุปกรณ์นั้นๆ เป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้น (Stress) ตามความเป็นจริงความเค้นหมายถึง แรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุที่มีต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แต่เนื่องจากความไม่เหมาะสมทางปฏิบัติ และความยากในการวัดหาค่านี้ จึงมักจะพูดถึงความเค้นในรูปของแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ด้วยเหตุผลที่ว่า แรงกระทำภายนอกมีความสมดุลกับแรงต้านทานภายในโดยทั่วไปความเค้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ

1. ความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงดึงมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง โดยพยายามจะแยกเนื้อวัสดุให้แยกขาดออกจากกัน

2. ความเค้นแรงอัด (Compressive Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อพยายามอัดให้วัสดุมีขนาดสั้นลง

3. ความเค้นแรงเฉือน (Shear Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำให้ทิศทางขนานกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อให้วัสดุเคลื่อนผ่านจากกัน มีค่าเท่ากับแรงเฉือน (Shear Force) หารด้วยพื้นที่ภาคตัดขวาง A ซึ่งขนานกับทิศทางของแรงเฉือน ในทางปฏิบัติความเค้นที่เกิดจะมีทั้ง 3 แบบนี้พร้อมๆ กัน

ความเครียดและการเปลี่ยนรูป (Strain and Deformation)

ความเครียด (Strain) คือ การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ (Deformation) เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ (เกิดความเค้น) การเปลี่ยนรูปของวัสดุนี้เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ภายในเนื้อวัสดุ ซึ่งลักษณะของมันสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. การเปลี่ยนรูปแบบอิลาสติกหรือความเครียดแบบคืนรูป (Elastic Deformation or Elastic Strain) เป็นการเปลี่ยนรูปในลักษณะที่เมื่อปลดแรงกระทำ อะตอมซึ่งเคลื่อนไหวเนื่องจากผลของความเค้นจะเคลื่อนกลับเข้าตำแหน่งเดิม ทำให้วัสดุคงรูปร่างเดิมไว้ได้ ตัวอย่างได้แก่ พวกยางยืด, สปริง ถ้าดึงมันแล้วปล่อยมันจะกลับไปมีขนาดเท่าเดิม

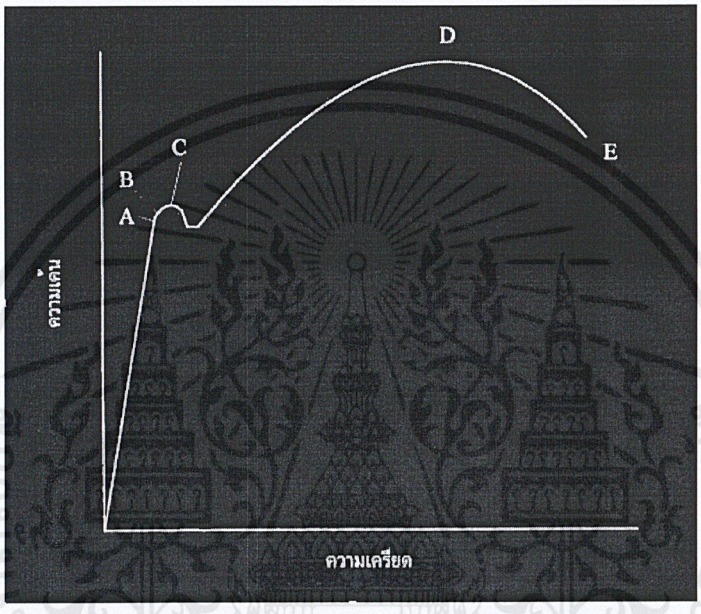
2. การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติกหรือความเครียดแบบคงรูป (Plastic Deformation or Plastic Strain) เป็นการเปลี่ยนรูปที่ถึงแม้ว่าจะปลดแรงกระทำนั้นออกแล้ววัสดุก็ยังคงรูปร่างตามที่ถูกเปลี่ยนไปนั้น โดยอะตอมที่เคลื่อนที่ไปแล้วจะไม่กลับไปตำแหน่งเดิม

วัสดุทุกชนิดจะมีพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำ หรือความเค้นว่ามีมากน้อยเพียงใด หากไม่เกินพิกัดการคืนรูป (Elastic Limit) แล้ว วัสดุนั้นก็จะมีพฤติกรรมคืนรูปแบบอิลาสติก (Elastic Behavior) แต่ถ้าความเค้นเกินกว่าพิกัดการคืนรูปแล้ววัสดุก็จะเกิดการเปลี่ยนรูปแบบถาวรหรือแบบพลาสติก (Plastic Deformation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด (Stress-Strain Relationship)

ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด ในที่นี้จะใช้เส้นโค้งความเค้น-ความเครียด (Stress-Strain Curve) ซึ่งได้จากการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เป็นหลัก โดยจะพลอตค่าของความเค้นในแกนตั้งและความเครียดในแกนนอน ดังแสดงในรูปที่ 2.17 การทดสอบแรงดึง นอกจากจะให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดแล้ว ยังจะแสดงความสามารถในการรับแรงดึงของวัสดุ ความเปราะ เหนียวของวัสดุ (Brittleness and Ductility) และบางครั้งอาจใช้บอกความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุ (Formability) ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินโครงงานและขั้นตอนการทำงานขึ้นมา โดยจะแบ่งเป็นการวางแผนการดำเนินงานและขั้นตอนการทำงาน เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูล การออกแบบ การ Simulation และการทดสอบชิ้นงาน

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนการทำงานวิจัย จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ออกแบบ
3. Simulation

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูล

รวมข้อมูลของส่วนประกอบต่างๆ ในการออกแบบขาจาน ทั้งคุณสมบัติที่แตกต่างกันของขาจานสั้นและขาจานยาว โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ขาจานสั้น จะทำให้วงรอบในการปั่นน้อย การที่วงรอบในการปั่นน้อย จะทำให้กล้ามเนื้อเคลื่อนไหวน้อยลง ลดการเคลื่อนไหวของเข่า ทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ปั่นทำงานน้อยลง ส่งผลให้สามารถปั่นในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งจะทำให้สามารถควงขาจานในช่วง Upstroke ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

ส่วนขาจานยาวนั้น มีผลในทางการออกแรง โดยขาจานยาวจะสามารถทำให้ผู้ปั่น ทำกำลังในการปั่นได้ดีกว่าขาจานที่สั้น ในกรณีที่ขาจานยาวมากเกินไป ในตำแหน่งสูงสุดของวงรอบการปั่น (Top Dead Center) จะทำให้มุมสะโพก (Hip Angle) น้อยเกินไป ส่งผลให้เข่าของผู้ปั่น อยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม และขาจานที่ยาวยังสิ้นเปลืองพื้นที่อีกด้วย

นอกจากระยะของขาจานแล้ว วัสดุที่ใช้นำมาทำเป็นขาจาน ยังมีผลถึงลักษณะของขาจานด้วย โดยวัสดุที่นำมาทำเป็นขาจานจักรยานมีหลายประเภท โดยแต่ละประเภท ก็มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไปดังนี้

- เหล็กกล้า (High Tensile Steel) มีลักษณะทั่วไปคือ มีน้ำหนักมาก แข็ง รองรับแรงสั่นสะเทือนได้น้อย และมีราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

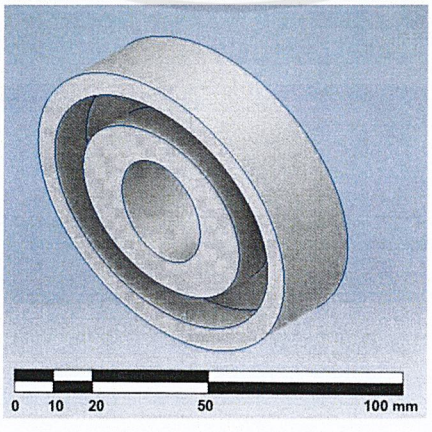
- โครเมียม อัลลอย (Chromium Alloy) หรือที่รู้จักกันดีว่า โครโมลี่ (Chromoly) มีลักษณะทั่วไปคือ ดูดซับแรงสั่นสะเทือนได้ดี นุ่ม และมีน้ำหนักเบา
- อลูมิเนียม อัลลอย (Aluminum Alloy) มีลักษณะทั่วไปคือ มีน้ำหนักเบากว่าเหล็กกล้าและ โครเมียม อัลลอย แต่จะสามารถดูดซับการสั่นสะเทือนได้น้อยกว่าโครเมียม อัลลอย
- ไทเทเนียม (Titanium) มีลักษณะทั่วไปคือ มีน้ำหนักเบา แข็ง รองรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี แต่จะมีราคาแพงที่สุด
- คาร์บอน ไฟเบอร์ (Carbon Fiber) คุณสมบัติของคาร์บอนไฟเบอร์จะแตกต่างไปตามชนิดและการสานเส้นใย โดยสามารถทำให้มีน้ำหนักเบา แข็ง รองรับแรงสั่นสะเทือนได้ดี แต่มีราคาแพง

3.2 การออกแบบ (Design)

การออกแบบจะใช้โปรแกรม Autodesk Inventor และ SolidWorks ออกแบบกลไกการทำงานของขาจาน โดยจะออกแบบให้ขาจานยืดออกสูงสุดที่ตำแหน่ง 3 นาฬิกา โดยจะให้มีระยะยืดสุดอยู่ที่ 172.5 มิลลิเมตร และระยะหดสุดอยู่ที่ 162.5 มิลลิเมตร ในส่วนของกลไกการเคลื่อนไหว จะออกแบบให้มีส่วนประกอบ 2 ชิ้น หลักๆ คือ ร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน และขาจาน โดยร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน มีหน้าที่เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของขาจาน ว่าจะยืดออกในตำแหน่งไหน โดยมีตลับลูกปืน (Bearing) ที่ติดอยู่กับขาจาน เคลื่อนที่อยู่ภายในเพื่อที่จะกำหนดให้ขาจานเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออก

ร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน (Guideline)

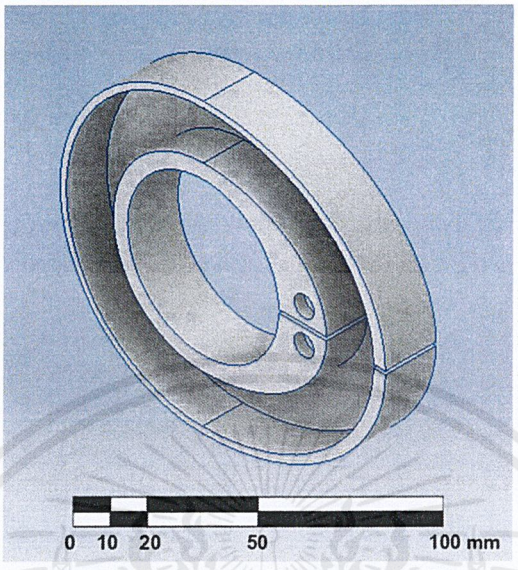
การจะทำให้ขาจานสั้นและยาวได้ในระหว่างการปั่นจะต้องใช้วงรอบการปั่นไม่สมมาตร โดยจะใช้ชิ้นส่วนหนึ่งคือร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน (Guideline) โดยในการออกแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน (Guideline) นั้น ได้มีการออกแบบและพัฒนามาหลายรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถึงรูปที่ 3.5



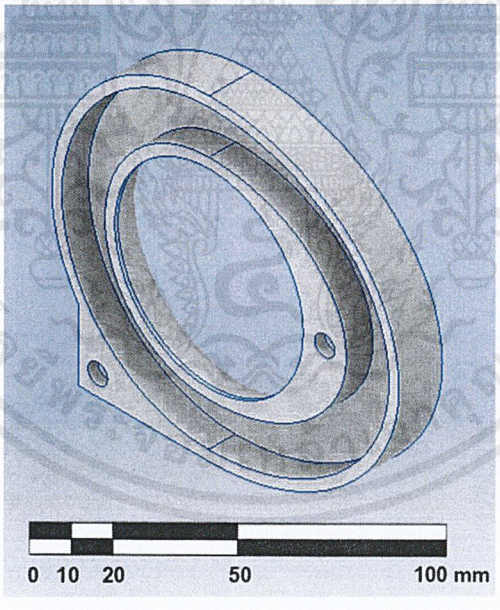
รูปที่ 3.1 ต้นแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากออกแบบชิ้นแรก ก็ได้พัฒนาให้ร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานสามารถยึดติดกับตัวจักรยานได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3



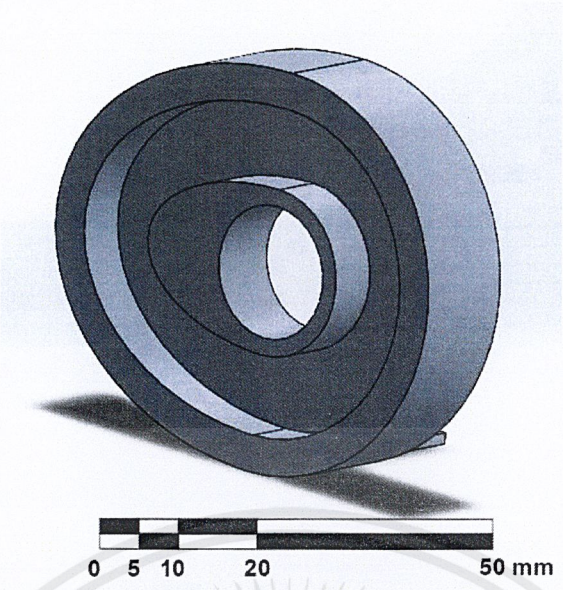
รูปที่ 3.2 ต้นแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานแบบที่ 2



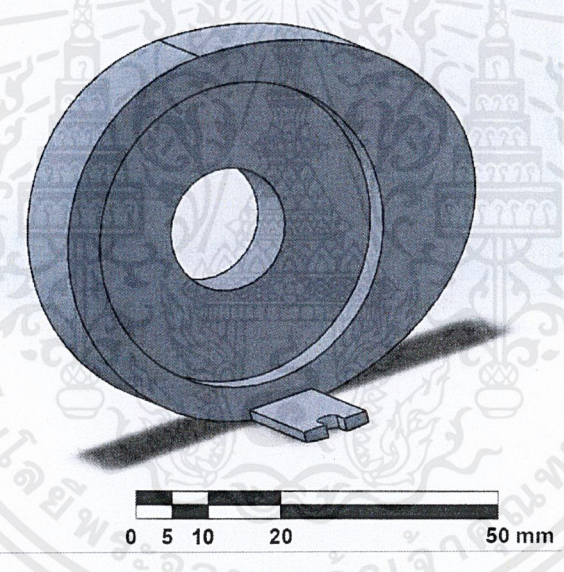
รูปที่ 3.3 ต้นแบบร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานแบบที่ 3

ในการออกแบบให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น จึงมีการลดขนาดของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน และปรับตำแหน่งที่จะยึดตัวร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานกับตัวจักรยาน เพื่อที่จะทำการติดตั้งให้ได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาพแสดงด้านหน้าของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน



รูปที่ 3.5 ภาพแสดงด้านหลังของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน

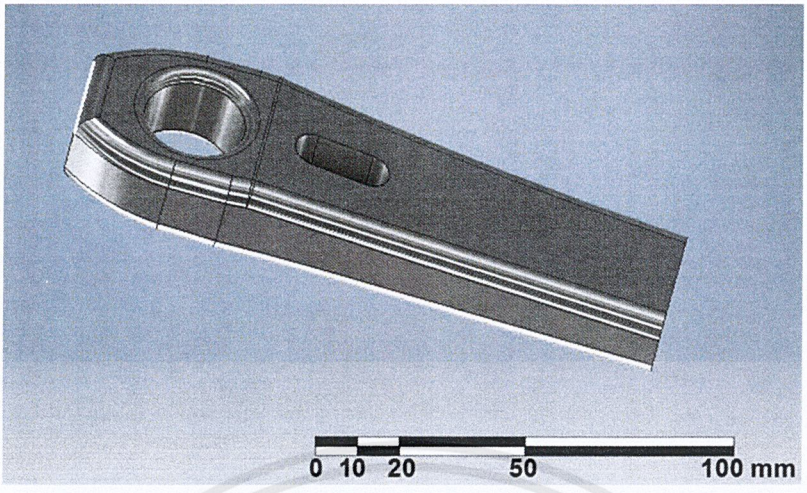
โดยชิ้นส่วนจะเป็นแผ่นกลมโดยเซาะร่องเป็นลักษณะของวงกลมที่ไม่สมมาตร มีจุดเบี้ยวอยู่บริเวณด้านหน้าเชื่อมต่อกับส่วนของขาจาน โดยระยะที่ไม่เท่ากันนี้จะทำให้ขาจานยืดระยะออกมาได้ โดยระยะเบี้ยวจะกำหนดไว้ที่ 10 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4

ขาจาน (Crank)

ส่วนของขาจานจะแบ่งออกเป็น 2 ชิ้นส่วนประกอบกันโดยประกอบไปด้วยส่วนด้านในของขาจานและส่วนด้านนอกของขาจาน โดยส่วนที่เคลื่อนที่เป็นเชิงเส้นตามร่องนำการเคลื่อนที่จะเป็นส่วนด้านในของขาจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

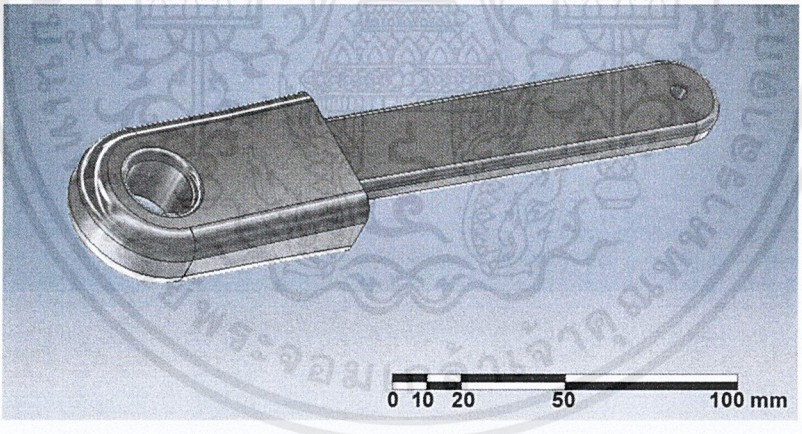
● ส่วนด้านนอกของขาจาน



รูปที่ 3.6 ภาพแสดงส่วนด้านนอกของขาจาน

ส่วนด้านนอกของขาจานจะเป็นส่วนที่ไม่ได้เคลื่อนที่ตามร่องนำการเคลื่อนที่ โดยจะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับเพลาของจักรยานโดยตรง และมีช่องที่จะควบคุมการเคลื่อนที่ของส่วนด้านในของขาจานให้เคลื่อนที่ได้ตามระยะที่จำกัดไว้เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.7

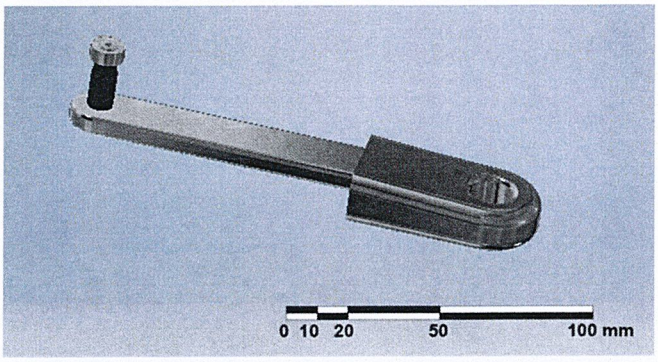
● ส่วนด้านในของขาจาน



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงส่วนด้านในของขาจาน

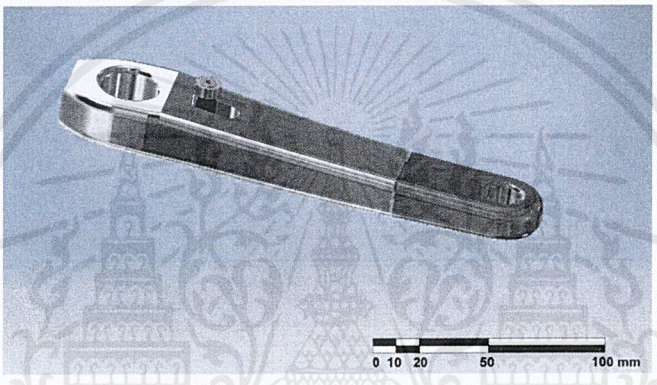
ส่วนด้านในของขาจานจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่ตามร่องนำการเคลื่อนที่ โดยจะมีจุดเชื่อมต่อกับกับตัวของร่องนำการเคลื่อนที่โดยตรง โดยบริเวณปลายของจุดเชื่อมต่อ จะใช้แบริ่งขนาดเล็กเพื่อใช้หมุนไปตามร่องนำการเคลื่อนที่ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ภาพแสดงส่วนด้านในของขาจานพร้อมแบริ่ง

เมื่อรวมทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันแล้วจะได้ขาจานดังรูปที่ 3.9

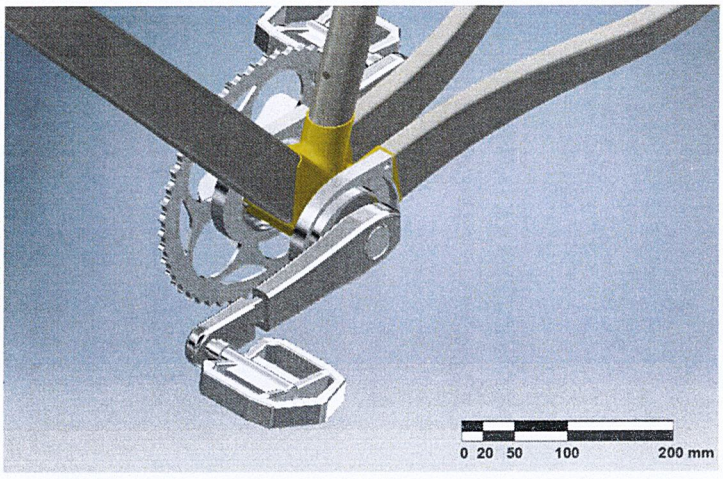


รูปที่ 3.9 ภาพแสดงส่วนประกอบของขาจาน

จากนั้นจะประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งขาจาน ร่องนำการเคลื่อนที่ รวมทั้งแป้นถีบเข้ากับตัวจักรยานเสือหมอบโดยใช้กะโหลกชนิดแบริ่งจะได้ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 ภาพแสดงส่วนประกอบของขาจานพร้อมร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ลักษณะของขาจานเมื่อประกอบกับจักรยานแล้ว

เมื่อมีการออกแบบแล้วสิ่งสำคัญ คือจะต้องตรวจสอบถึงความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยที่จะต้องวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆ ทั้งในเรื่องของวัสดุที่ใช้ ความแข็งแรงของวัสดุ ว่าสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นจากการใช้งานได้หรือไม่ รวมไปถึงขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ทั้งขนาดของแบริ่ง ความยาวที่เหมาะสมที่สุดของขาจาน ความกว้างของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน ดังนั้นจะต้องมีการ Simulation เพื่อตรวจสอบก่อนขึ้นรูปจริง เพราะหากขึ้นรูปมาก่อนแล้วพบจุดแตกหักหรือจุดผิดปกติจะเป็นเรื่องยากต่อการแก้ไขและสูญเสียงบประมาณ ดังแสดงในรูปที่ 3.11

3.3 การ Simulation

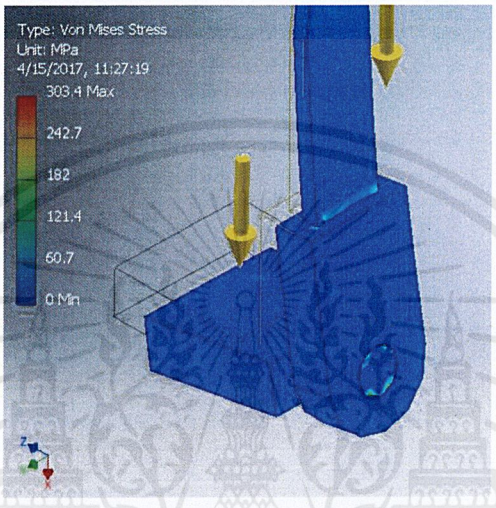
เมื่อออกแบบชิ้นงานแล้วก่อนจะขึ้นรูปชิ้นงานจริงจะต้องวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในปัจจัยต่าง ๆ เช่น น้ำหนัก ความแข็งแรงของวัสดุ และการเลือกวัสดุที่เหมาะสม แต่หากขึ้นรูปชิ้นงานมาแล้วพบว่าใช้งานไม่ได้จะก่อให้เกิดความสูญเสียมากมาย ดังนั้นจะใช้การ Simulation โดยใช้ Autodesk Inventor เพื่อจำลองสถานการณ์จริงก่อน เมื่อเหมาะสมแล้วจึงขึ้นรูปต่อไป

โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ Autodesk Inventor ในการวิเคราะห์ส่วนของค่า Von Misses Stress กับค่าความโก่งตัวของชิ้นงาน โดยการวิเคราะห์ค่า Von Misses Stress นั้นจะนำค่าที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานไปเปรียบเทียบกับค่า Yield Stress หากค่า Von Misses Stress นั้นน้อยกว่าค่า Yield Stress จะถือว่าชิ้นงานนั้นสามารถรับแรงได้โดยไม่แตกหักเสียหาย ส่วนค่าความโก่งตัวของชิ้นงานจะเป็นส่วนที่ดูว่าชิ้นจะเสียรูปไปมากน้อยแค่ไหน

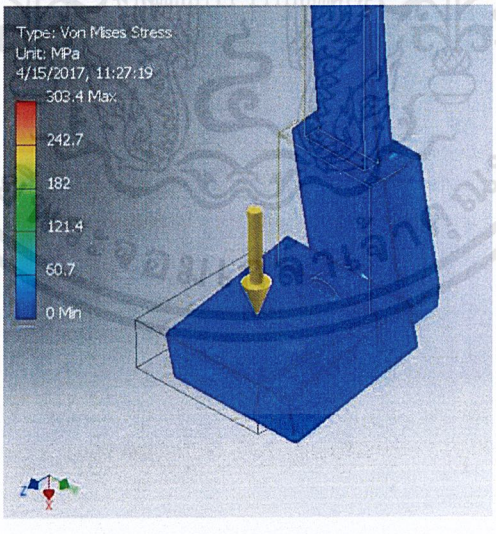
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ Simulation จะกำหนดวัสดุที่ใช้คืออลูมิเนียม อัลลอย เนื่องจากเป็นวัสดุที่นิยมใช้ทั่วไปและสามารถนำมาขึ้นรูปจริงได้ โดยจะกำหนดแรงที่กระทำต่อแป้นเหยียบ 1000 นิวตัน ซึ่งเป็นแรงโดยเฉลี่ยของผู้ปั่นทั่วๆ ไป จะเลือกแบบที่เป็นไปได้มา 2 แบบ โดยมีความแตกต่างกันที่ส่วนด้านในของขาจาน แบบที่1 จะเป็นแบบแท่งแบนเดี่ยว ส่วนแบบที่2 จะเป็นแบบแท่งกลมคู่ จากนั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วจะพบจุดที่มีค่า Von Misses Stress สูงดังแสดงในรูปที่ 3.12 ถึงรูปที่ 3.15

แบบที่ 1



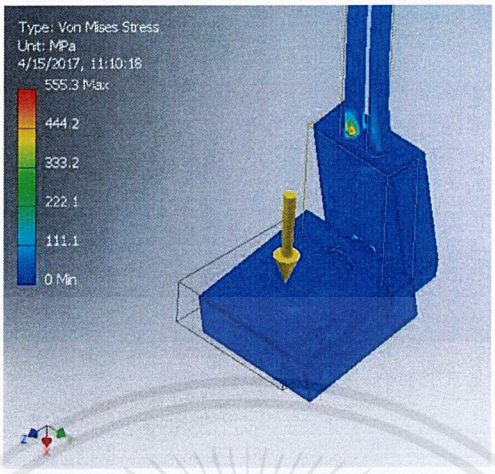
รูปที่ 3.12 ความเค้นของขาจานแบบที่ 1 (ด้านหลัง)



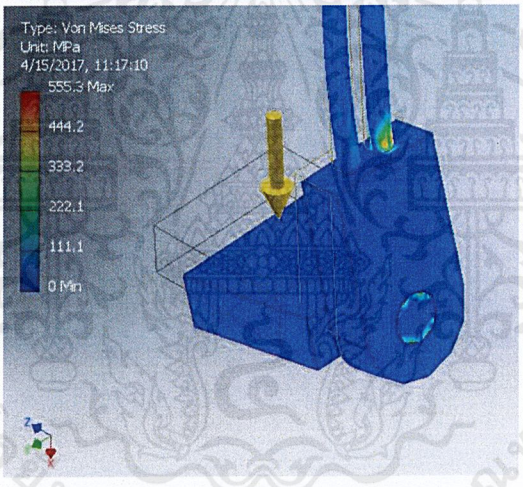
รูปที่ 3.13 ความเค้นของขาจานแบบที่ 1 (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 2



รูปที่ 3.14 ความเค้นของขาจานแบบที่ 2 (ด้านหลัง)



รูปที่ 3.15 ความเค้นของขาจานแบบที่ 2 (ด้านหน้า)

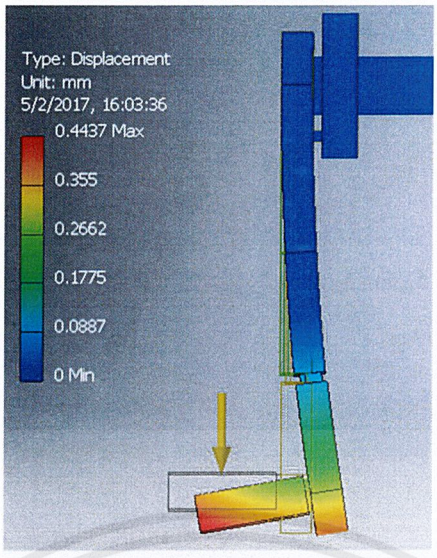
จากการ Simulation แล้วพบว่า

แบบที่ 1 จุดที่ได้รับความเค้นสูงสุดมีค่า Von Misses Stress อยู่ในช่วง 60.7-121.4 MPa

แบบที่ 2 จุดที่ได้รับความเค้นสูงสุดมีค่า Von Misses Stress อยู่ในช่วง 333.2-444.2 MPa

ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบที่ 1 เนื่องจากวัสดุได้รับความเค้นน้อยกว่า และยังมีค่าน้อยกว่าค่า Yield Stress ของวัสดุอีกด้วย ทำให้วัสดุยากต่อการแตกหักเสียรูป นอกจากนี้ยัง Simulation หาค่าความโก่งตัวของวัสดุ จะได้ดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ภาพแสดงระยะการงอตัวขอขาจาน

จากการ Simulation พบว่า เมื่อออกแรงกระทำที่แป้นเหยียบขนาด 80 กิโลกรัม (784.8 N) ทำให้ขาจานท่อนล่างมีการโก่งตัวเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.0887-0.355 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าน้อยมากจึงไม่ส่งผลใดๆ ต่อการใช้งาน ดังนั้นเมื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปชิ้นงานจากการ Simulation ทั้งหมดแล้วจึงสรุปว่าสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

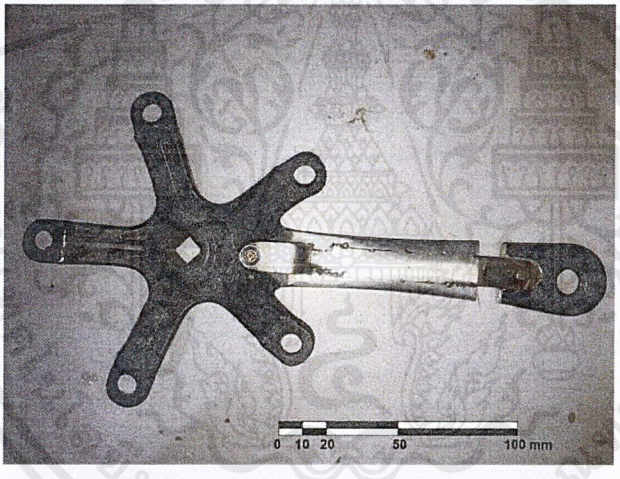
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลอง โดยจะเริ่มจากการจำลอง (Simulation) เพื่อหาขาจานที่มีรูปแบบและคุณสมบัติตามต้องการ หลังจากได้ต้นแบบที่ต้องการแล้วจึงทำการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบและทำการติดตั้งกับจักรยาน เพื่อที่จะทำการทดสอบอัตราการเร่ง, ทดสอบความอดทนของชิ้นงาน และทดสอบความรู้สึกของการปั่น เทียบกับขาจานขนาดมาตรฐาน 172.5 มิลลิเมตร

4.1 การติดตั้งและทดสอบปั่น

เมื่อทำแบบจำลองแล้ว จึงขึ้นรูปชิ้นส่วนต้นแบบต่างๆ ของขาจาน จะได้เป็นส่วนประกอบ 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของขาจานและร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน



รูปที่ 4.1 ภาพชิ้นงานจริงของขาจาน

รูปที่ 4.2 ภาพชิ้นงานจริงของร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะนำชิ้นส่วนต้นแบบทั้งหมดติดตั้งลงไปที่ตัวจักรยานเสือหมอบ โดยจะติดตั้งร่องนำการเคลื่อนที่เข้าไปที่กะโหลกของจักรยานเสือหมอบก่อน และใช้สกรูของตัวจักรยานเสือหมอบเองยึดไว้ให้ร่องนำการเคลื่อนที่อยู่กับที่แล้วจึงติดตั้งขาจานเข้าไป โดยใช้ตลับลูกปืนใส่ลงในร่องนำการเคลื่อนที่ อีกด้านจะเป็นด้านที่มีใบจานด้วยก็ติดตั้งในลักษณะเดียวกัน

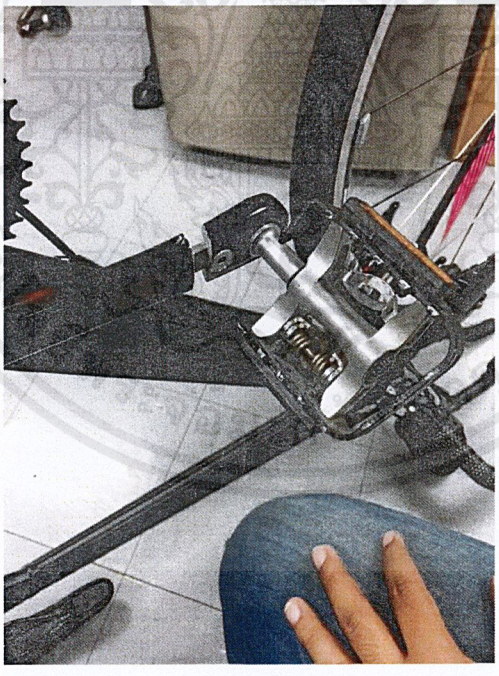
รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการประกอบขาจานเข้ากับตัวจักรยาน

รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการวางตัวของแบริ่งในร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนจะทดสอบการปั่น จะต้องทดลองหมุนขาจานก่อนว่าสามารถหมุนได้ปกติหรือไม่ ในการทดลองพบว่าตลับลูกปืนกับร่องนำการเคลื่อนที่ยังมีความฝืดอยู่มาก จึงใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อช่วยให้หมุนได้อย่างปกติและต่อเนื่อง นอกจากนั้นยังพบว่าขาจานยาวขึ้นจากเดิมในช่วง Downstroke จริงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ จึงติดตั้งแป้นเหยียบเพื่อทดสอบการปั่น

รูปที่ 4.5 ภาพแสดงตำแหน่งที่ยืดที่สุดของขาจาน



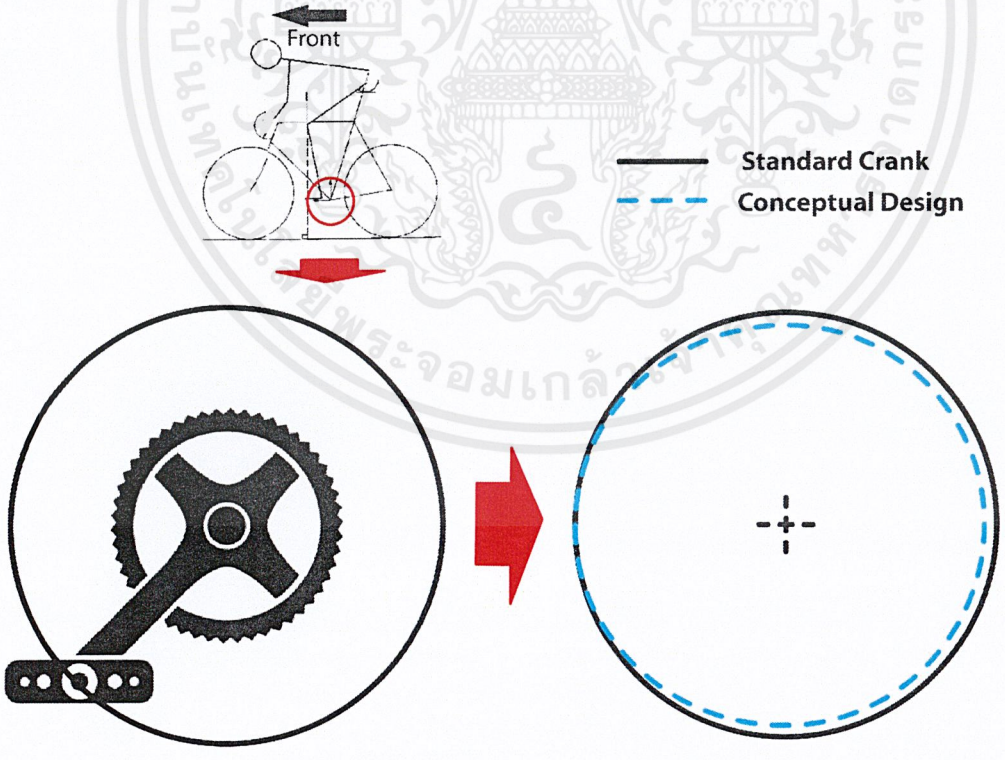
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงขาจานเมื่อต่อกับแป้นเหยียบ

เมื่อทอสอบการปั่นแล้วพบว่าขาจานแบบปรับระยะได้ ให้ความรู้สึกที่แตกต่างไปจากขาจานแบบปกติและในจังหวะ Downstroke รู้สึกออกแรงได้ดีขึ้น ไม่รู้สึกฝืนในจังหวะที่ขาจานยืดออกและหดกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 ภาพแสดงขาจาน ณ ตำแหน่งยืดสุดขณะปั่น

หลังการทดลองปั่นและเก็บระยะการเคลื่อนที่ของแป้นเหยียบของขาจานมาตรฐาน 172.5 มิลลิเมตร กับขาจานต้นแบบ ขาจานทั้ง 2 แบบมีระยะการเคลื่อนที่ของแป้นหยียบที่ต่างกัน โดยขาจานต้นแบบจะมีวงรอบการเคลื่อนที่ของขาจานที่น้อยกว่าขาจานมาตรฐาน 172.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.8



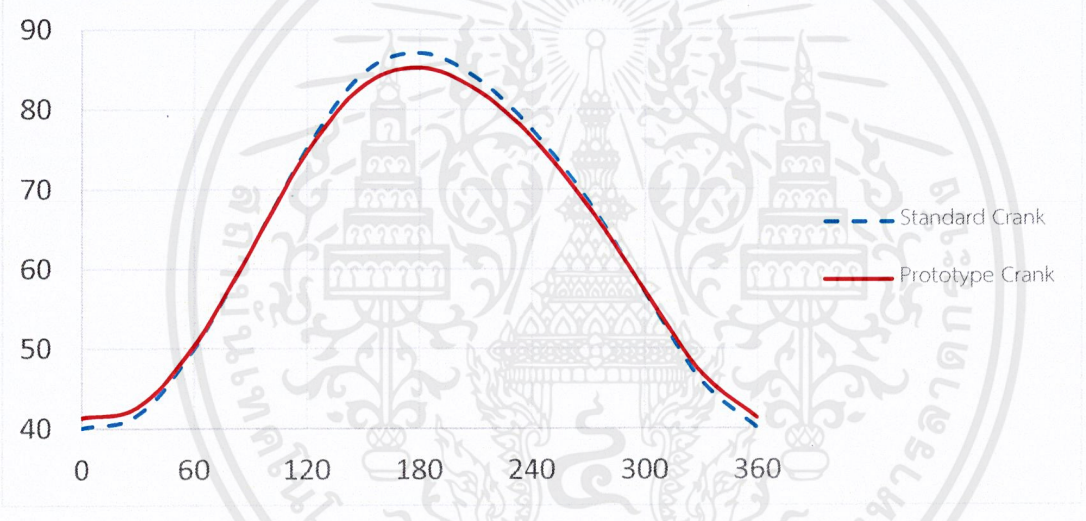
รูปที่ 4.8 ภาพแสดงวงรอบการเคลื่อนที่ของแป้นเหยียบของขาจานมาตรฐานกับขาจานต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

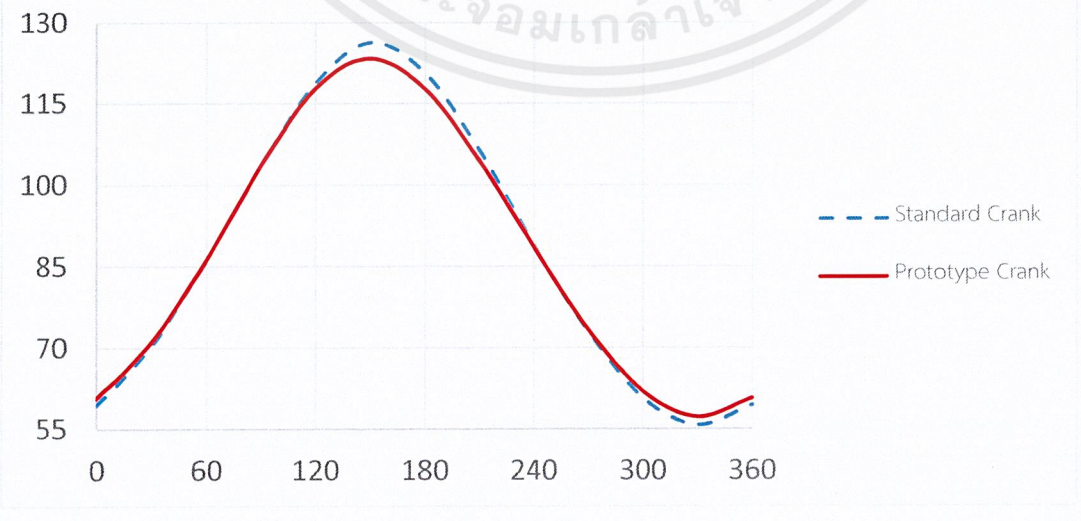
4.2 มุมสะโพกและมุมเข่า

เมื่อได้ชิ้นงานต้นแบบมาแล้ว จึงทำการนำชิ้นงานต้นแบบมาติดตั้งและทดสอบปั่น ทำการวัดมุมสะโพกและมุมเขาที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงของการปั่น เพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบกับขาจานมาตรฐาน 172.5 มิลลิเมตร ว่าในแต่ละช่วงของการปั่นมีมุมสะโพกและมุมเข่าแตกต่างกันอย่างไร โดยจะนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ว่าขาจานทั้งสองแบบให้ผลในการปั่นด้านใดที่แตกต่างกันบ้าง

จากการทดลองวัดค่ามุมสะโพกและมุมของเข่าซึ่งเปลี่ยนไปตามองศาต่างๆ ในการปั่น ของขาจานมาตรฐานที่มีขนาดขาจานยาวเท่ากับ 172.5 มิลลิเมตร มาเปรียบเทียบกับขาจานต้นแบบซึ่งสามารถปรับระยะได้ตั้งแต่ 162.5 – 172.5 มิลลิเมตร ผลของมุมสะโพกที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละองศาของการปั่น และผลของมุมเข่าที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละองศาของการปั่น ได้ผลดังรูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 ภาพแสดงมุมสะโพกที่เปลี่ยนไปในแต่ละองศาการปั่น



รูปที่ 4.10 ภาพแสดงมุมเข่าที่เปลี่ยนไปในแต่ละองศาการปั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟจะเห็นได้ว่ามุมสะโพกของผู้ปั่นขณะที่ใช้ขาจานที่มีความยาวมาตรฐาน 172.5 มิลลิเมตร (กราฟ 4.1 สีน้ำเงิน) จะมีมุมสะโพกที่เปลี่ยนไปตั้งแต่ 40 องศา ถึงประมาณ 87 องศา ในขณะที่ขาจานต้นแบบที่มีความยาวตั้งแต่ 162.5 – 172.5 มิลลิเมตร (กราฟ 4.1 สีแดง) นั้นมีมุมสะโพกที่เปลี่ยนไปตั้งแต่ 42 องศา ถึงประมาณ 85 องศา และมุมเข่าขณะที่ใช้ขาจานที่มีความยาวมาตรฐาน 172.5 มิลลิเมตร (กราฟ 4.2 สีน้ำเงิน) จะมีมุมเข่าที่เปลี่ยนไปตั้งแต่ 56 องศา ถึงประมาณ 126 องศา ในขณะที่ขาจานต้นแบบที่มีความยาวตั้งแต่ 162.5 – 172.5 มิลลิเมตร (กราฟ 4.2 สีแดง) นั้นมีมุมเข่าที่เปลี่ยนไปตั้งแต่ 57 องศา ถึงประมาณ 123 องศา ซึ่งมุมสะโพกและมุมเข่าที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยส่งผลโดยตรงกับการทำงานที่น้อยลงของกล้ามเนื้อ โดยเมื่อกล้ามเนื้อทำงานน้อยลง จะทำให้ผู้ปั่นสามารถปั่นในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมดของโครงงานขาจานจักรยานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติและข้อเสนอแนะของโครงงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

รายงานฉบับนี้ได้นำเสนอขาจานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ (Automatic Adjustable Pedal Crank Length) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นให้ดีมากยิ่งขึ้นรวมไปถึงลดภาระการใช้งานของกล้ามเนื้อทำให้ปั่นได้นานขึ้นและลดการบาดเจ็บ นอกจากนี้ยังเป็นการประยุกต์ใช้หลักการทางวิศวกรรมในการออกแบบกลไกอีกด้วย

ขาจานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ (Automatic Adjustable Pedal Crank Length) สามารถปรับระยะขณะใช้งานได้จริง แต่เนื่องจากเป็นตัวต้นแบบจึงยังไม่สามารถนำไปใช้ปั่นในชีวิตประจำวันหรือเอาไปใช้สำหรับการแข่งขันได้ จึงเป็นโครงงานที่สามารถเอาไปค้นคว้าวิจัยต่อยอดได้อีก

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการค้นคว้าพัฒนา

ในการวิจัยโครงงานขาจานแบบปรับระยะได้อัตโนมัติ (Automatic Adjustable Pedal Crank Length) พบปัญหาในส่วนของการหมุนของขาจาน ในร่องนำการเคลื่อนที่ของขาจานกับตลับลูกปืนยังมีความฝืดอยู่มาก หากไม่ใส่น้ำมันหล่อลื่นจะฝืดจนไม่สามารถหมุนรอบได้ นอกจากนี้ยังมีส่วนของขาจาน จุดที่เป็นรอยเชื่อมมีการเสียหายเนื่องจากรับน้ำหนักไม่ไหวจึงต้องเพิ่มความสามารถในการรับน้ำหนักให้มากขึ้น และส่วนของขาจานด้านที่มีใบจานพบว่าติดตั้งได้ค่อนข้างยาก ใบจานเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของกลไก จึงต้องเจียระไนออกจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] Scielo. **“Noncircular Chain Rings and Pedal to Crank Interface In Cycling”.** [Online]. Available: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-00372012000400011

[2] Duckingtiger. **“ความยาวขาจานสำคัญยังไง?”.** [Online]. Available: http://www.duckingtiger.com/the-importance-of-crank-length/

[3] Researchgate. **“The Biomechanics of Cycling with a Transtibial Amputation”.** [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/26720157_fig3_Figure-3-Exemplar-Mean-Power-dark-line-of-five-continuous-crank-cycles-1-standard

[4] CyclingUK. **“SADDLE HEIGHT”.** [Online]. Available: https://forum.cyclinguk.org/viewtopic.php?t=92633&start=30

[5] BikeJames. **“Which Muscles are Really Used During the Pedal Stroke?”.** [Online]. Available: http://www.bikejames.com/strength/which-muscles-are-really-used-during-the-pedal-stroke/

[6] Member.home. **“Efficient pedaling on a recumbent”.** [Online]. Available: http://members.home.nl/vd.kraats/recumbent/pedal.html

[7] Danny Too. **“The Effect of Body Configuration on Cycling Performance”** in International Symposium on Biomechanics in Sports., Montana., United States., 1988, pp. 51 – 64.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – ชื่อสกุล ธน วิสุทธิภูษี

วัน เดือน ปี เกิด 20 สิงหาคม 2537

ที่อยู่ปัจจุบัน 7/82 หมู่บ้านร่มโพธิ์ 2 ถนนเทพารักษ์ ตำบลเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10270

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544-2550	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนลาซาลกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2550-2556	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนลาซาลกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2556-2560	หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการฝึกงาน

พ.ศ. 2559	บริษัท ไอ บี เอส สมิธ เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – ชื่อสกุล นันท์นภัส คันธหัตถี

วัน เดือน ปี เกิด 29 พฤษภาคม 2538

ที่อยู่ปัจจุบัน 27/1 ม.2 ตำบลโกรกพระ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ 60170

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544-2550 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนอนุบาลโกรกพระ

พ.ศ. 2550-2556 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีนครสวรรค์

พ.ศ. 2556-2560 หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการฝึกงาน

พ.ศ. 2559 บริษัท พานาโซนิก จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – ชื่อสกุล พัชรชัย แก้ววรรณา

วัน เดือน ปี เกิด 1 มกราคม 2538

ที่อยู่ปัจจุบัน 57/84 หมู่บ้านณิชาดา ตำบลห้วยกะปิ อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20130

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544-2550 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญมหาวิทยาลัยบูรพา

พ.ศ. 2550-2556 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญมหาวิทยาลัยบูรพา

พ.ศ. 2556-2560 หลักสูตรวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการฝึกงาน

พ.ศ. 2559 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้