การออกแบบและพัฒนาจักรยานเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

Design and Development of bicycle

เจษฎา บำรุงใจ

ณัฐวุฒิ ศิลาอาศน์

ปรีดา พรมศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

ปีการศึกษา 2553

Department of Mechanical Engineering Burapha University

Design and Development of bicycle

JETSADA BUMRUNGJAI
NATTAWUT SIRAART
PREEDA PROMSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

Department of Mechanical Engineering
Burapha University

ปริญญานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาจักรยานเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน
โดย	นายเจษฎา บำรุงใจ
	นายณัฐวุฒิ ศิลาอาศน์
	นายปรีดา พรมศรี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ไพบูลย์ ลิ้มปิติพานิชย์
จำนวนหน้า	103 หน้า
ปีการศึกษา	2553

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

.....ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(ผศ.ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต์)

.....กรรมการสอบปริญญานิพนธ์
(อาจารย์อุทัย ประสพชิงชนะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ไพบูลย์ ลิ้มปิติพานิชย์)

.....หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
(อาจารย์ ดร. มัณฑนา รังสิโยภาส)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

บทคัดย่อ

การศึกษาปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำแนวคิดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาใช้แก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน โดยการระดมสมองเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาพบว่า จักรยานที่สามารถนำพกพาไปในที่ต่างๆ สามารถแก้ปัญหาการเดินทางตามโจทย์ที่ตั้งไว้ได้ โดยแนวคิดที่ทำให้จักรยานสามารถพกพาไปได้ในทุกโอกาสอันเป็นพื้นฐานของการลดส่วนที่ไม่จำเป็นหรือการทดแทนด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักน้อยกว่าเพื่อลดน้ำหนักของจักรยานและสามารถพกพาได้ละดวกที่สุด ในการศึกษานี้จึงได้ออกแบบจักรยานพับได้ 3 รูปแบบ โดยอ้างอิงรูปแบบจากจักรยานพับแบบทั่วไปด้วยการจำลองการสร้างจักรยานพับภายใต้โปรแกรม Unigraphics NX แล้วจึงวิเคราะห์ความเค้น การเสียรูป การจำลองการเคลื่อนที่และการพับจักรยานรวมถึงความสมดุลของคนที่ใช้ขี่ของจักรยาน จำนวน 4 รูปแบบได้แก่ จักรยาน Chevrolet ที่เป็นจักรยานพับได้และจักรยานที่ได้ออกแบบจำนวน 3 รูปแบบ โดยการศึกษานี้พบว่าจักรยานพับทั่วไปมีความเค้นมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 80.6 MPa ในขณะที่ค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 1.79 สำหรับจักรยานที่ออกแบบรูปแบบ 101 มีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 11.1 MPa ค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 21.56 รูปแบบ 102 มีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 190.7 MPa มีค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 1.26 รูปแบบ 103 มีความเค้นสูงสุด 40.96 MPa มีค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 5.85 สำหรับน้ำหนักของจักรยานพับได้รูปแบบ 101 มีค่าเท่ากับ 5.39 kg รูปแบบ 102 มีค่าเท่ากับ 5.62 kg รูปแบบ 103 มีค่าเท่ากับ 6.29 kg ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าจักรยานต้นแบบ 80.8% 27.9% และ 19.3% ตามลำดับ และปริมาตรของรูปแบบ 101 มีค่าเท่ากับ 0.08 m^3 รูปแบบ 102 มีค่าเท่ากับ 0.132 m^3 รูปแบบ 103 มีค่าเท่ากับ 0.208 m^3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าจักรยาน Chevrolet 28.6% 47.1% และ 74.8% ตามลำดับ

คำสำคัญ: จักรยานพับได้, การออกแบบผลิตภัณฑ์, การจำลองด้วยโปรแกรมแคดแคม

Department of Mechanical Engineering Burapha University

Abstract

This study aims to use the product design and development concepts to solve problems of human travel in everyday life. Starting with the brainstorming idea found that a folding or portable bicycle that one can bring with is an optimum solution. Using lightweight part and reduction of unnecessary part are the highlight of this study. Four folding bicycles, i.e., one actual bicycle brand "Chevrolet" and three ideal bicycles are simulated with Unigraphics NX 7.5. Stress and motion simulations are constructed in the current study. For the Chevrolet bicycle, the maximum stress and the safety factor are 80.6 MPa and 1.79, respectively. In the case of ideal bicycles; models 101, 102, and 103, the maximum stresses are 11.1 MPa, 190.7 MPa, and 40.96 MPa, respectively. The factors of safety are 21.56, 1.26, and 5.86, respectively. Weight of the model 101, 102 and 103 are 5.39 kg, 5.62 kg, and 6.29 kg, respectively, that are 30.8%, 28.9% and 19.3% lower than the Chevrolet bicycle. Finally, the model 101, 102, and 103 are 0.08 m^2, 0.132 m^3 and 0.208 m^3 in volume that are 28.6% 47.1% and 74.3% lower than Chevrolet bicycle.

Keywords: Folding bicycle, Product design, Simulation in CAD-CAM software

Department of Mechanical Engineering Burapha University

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างดียิ่งจากอาจารย์ ไพบูลย์ ลิ้มปิติพานิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยมาโดยตลอดขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ใคร่ขอขอบคุณบุพการี และครอบครัวผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจ และให้โอกาสการศึกษา อันมีค่ายิ่งและขอบคุณเพื่อนนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยให้กำลังใจ

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	X
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 แผนการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการออกแบบ	5
2.2 ประเภทของรถจักรยาน	20
2.3 กลไกและชิ้นส่วนของจักรยานทั่วไป	21
2.4 การออกแบบโครงสร้างที่เกี่ยวกับจักรยาน	23
2.5 การเลือกใช้วัสดุ	31
2.6 กลุ่มคนใช้จักยาน	31
บทที่ 3 การเริ่มต้นของการออกแบบ	
3.1 การจุดประกายความคิด	33
3.2 การจัดตั้งทีมทำงาน	34
3.3 การสร้างแนวคิด	34
บทที่ 4 การออกแบบจักรยาน	
4.1 การวิเคราะห์จักรยาน	40
4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของรถจักยานรูปแบบทั่วไป	53
4.3 การร่างกรอบแนวคิด ส่วนประกอบต่างๆของจักรยานที่ออกแบบ	65
4.4 ส่วนประกอบต่างๆของจักรยานที่ออกแบบ	65
4.5 ขนาดก่อนและหลังพับจักรยานที่ออกแบบ	67
4.6 ขั้นตอนการพับจักรยาน	71

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.7 การวิเคราะห์โครงสร้างรถจักรยานเพื่อออกแบบในโปรแกรม UGS NX	79
4.8 เปรียบเทียบน้ำหนักของรถจักรยานต้นแบบกับรถจักรยานที่ออกแบบ	84
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
เอกสารอ้างอิง	87
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุชนิดต่างๆ	93

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	การพัฒนาของโทรศัพท์	1
1.2	วิวัฒนาการของจักรยาน	2
2.1	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบของ Nigel Cross	5
2.2	ขั้นตอนกระบวนการออกแบบของ Wesselinghetal	6
2.3	ขั้นตอนการออกแบบของ Horst Rittle (1972),Earle (1992) และ Geoffery,Broad Bent (1972)	8
2.4	ขั้นตอนการออกแบบโดยการเรียงลำดับของเวลา	9
2.5	แผนภาพกระบวนการคิด	9
2.6	การจัดลำดับขั้นตอนแบบเรียงเป็นเส้นตรง (Linear)	10
2.7	การจัดลำดับขั้นตอนแบบเรียงเป็นวงกลม (Cirenlar)	10
2.8	การจัดลำดับขั้นตอนเรียงแบบย้อนรอย (Feedback)	11
2.9	การจัดลำดับขั้นตอนเรียงแบบแตกแขนง (Branching)	11
2.10	ตัวอย่าง Tree diagram	14
2.11	ตัวอย่าง Fish-Bone diagram	15
2.12	ตัวอย่าง Brain mapper diagram	15
2.13	ตัวอย่าง Mind Mapping diagram	16
2.14	กระบวนการคิด Six thinking hats	17
2.15	ตัวอย่างภาพสองมิติ สามมิติในโปรแกรม Solid Edge	18
2.16	ตัวอย่างการประกอบของชิ้นส่วนในโปรแกรม Solid Edge	19
2.17	ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเข้มแรงในโปรแกรม Solid Edge	19
2.18	ส่วนประกอบของจักรยาน	21
2.19	ความเค้นในก้านเชียวยาว	23
2.20	การวิเคราะห์ความเค้นในคาน	24
2.21	การวิเคราะห์ความเค้นในเพลา	24
2.22	Effective length	26
2.23	ส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง	27
2.23	จานโซ่	28
3.1	ปัญหาทางจราจร	33
3.2	หน้าที่และการทำงาน	34
3.3	การกำหนดหัวข้อปัญหา	34
3.4	การเลือกปัญหามาระดมสมอง	35

Mechanical Engineering Department of Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.5	การระดมสมอง	35
3.6	การจัดกลุ่ม	36
3.7	สรุปการเดินทางที่ไม่สะดวก	36
3.8	สรุปการใช้รถส่วนตัวร่วมกับระบบขนส่งมวลชน	37
3.9	สรุปการแก้ปัญหาการใช้รถส่วนตัวร่วมกับระบบขนส่งมวลชน	38
3.10	สรุปคุณสมบัติต่างๆของจักรยานพับพา	39
4.1	ความสูงของแฮนด์และเบาะ	41
4.2	แสดงการเคลื่อนที่ของล้อ	42
4.3	ขนาดสรีระร่างกายของมนุษย์ในโปรแกรม Unigraphics NX	46
4.4	จักรยาน chevrolet ที่นำมาศึกษา	52
4.5	โมเดลสามมิติของจักรยาน Chevrolet	53
4.6	แบบลองมิติของจักรยาน Chevrolet	54
4.7	ขนาดและ Free body diagram ของโครงจักรยาน Chevrolet	54
4.8	Free body diagram ของตะเกียบหน้า	55
4.9	Free body diagram ของคอเบาะ	56
4.10	Free body diagram ของเฟรมหลัก 2 ชิ้น	57
4.11	Free body diagram ของตะเกียบหลัง	58
4.12	Dimension ของโครงจักรยาน	59
4.13	กราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดช่วงหน้า	60
4.14	กราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดช่วงหลัง	60
4.15	ขนาดช่วงโครงรถ	61
4.16	ขนาดช่วงตะเกียบหลัง	62
4.17	ขนาดช่วงตะเกียบหน้า	63
4.18	ขนาดชุดเกียร์	64
4.19	ส่วนประกอบของจักรยานแบบ 101	66
4.20	ส่วนประกอบของจักรยานแบบ 102	66
4.21	ส่วนประกอบของจักรยานแบบ 103	67
4.22	แบบลองมิติของจักรยานแบบ 101 ก่อนพับ	67
4.23	แบบลองมิติของจักรยานแบบ 101 หลังพับ	68
4.24	แบบลองมิติของจักรยานแบบ 102 ก่อนพับ	68
4.25	แบบลองมิติของจักรยานแบบ 102 หลังพับ	69

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.26 แบบลองมิติของจักรยานแบบ 103 ก่อนพับ	69
4.27 แบบลองมิติของจักรยานแบบ 103 หลังพับ	70
4.28 การพับจักรยานต้นแบบ ขั้นตอนที่ 1	71
4.29 การพับจักรยานต้นแบบ ขั้นตอนที่ 2	72
4.30 การพับจักรยานต้นแบบ ขั้นตอนที่ 3	72
4.31 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 1	73
4.32 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 2	73
4.33 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 3	74
4.34 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 4	74
4.35 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 1	75
4.36 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 2	75
4.37 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 3	76
4.38 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 4	76
4.39 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 1	77
4.40 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 2	77
4.41การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 3	78
4.42 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 4	78
4.43 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานต้นแบบ	79
4.44 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานแบบ 101	80
4.45 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานแบบ 102	80
4.46 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานแบบ 103	81
4.47 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานต้นแบบ	81
4.48 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานแบบ 101	82
4.49 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานแบบ 102	82
4.50 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานแบบ 103	83

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	3
2.1 ตัวอย่างตารางจำแนกหัวข้อตามหัวเรื่องเดียวกัน	17
2.2 ตัวอย่างตารางรวบรวมหัวข้อย่อยของแต่ละหัวเรื่อง	18
2.3 การเปรียบเทียบข้อมูลจักรยานแบบพับ	22
2.4 ขนาดโซ่ลูกกลิ้งตามมาตรฐาน ANSI series และ ISO Type A	27
2.5 ขนาดจานโซ่ตามมาตรฐาน JIS B1802-1981 ฺ	28
4.1 ตัวอย่างอัตราทดของเฟืองในจักรยานรุ่น BL 26007 Model: BLACK LINE	43
4.2 น้ำหนักและความสูงเฉลี่ยของคนไทย ปี พ.ศ.2525	46
4.3 แรงที่ใช้ปั่นจักรยานจากหยุดนิ่งให้มีความเร็ว 10 km/hr ในเวลา 5 วินาที	51
4.4 ข้อมูลขนาดของส่วนต่างๆของร่างกาย	52
4.5 ขนาดส่วนประกอบที่สำคัญของจักรยาน Chevrolet	54
4.6 ปริมาตรหลังพับและสัดส่วนปริมาตรเทียบกับจักรยานต้นแบบ	70
4.7 ค่าความปลอดภัยของจักรยานแต่ละแบบ	83
4.8 น้ำหนักของอุปกรณ์รถจักรยานต้นแบบที่ชั่งจริง และแบบในโปรแกรม Unigraphics NX	84
4.9 ผลน้ำหนักของรถจักรยานและผลต่างของน้ำหนักเทียบกับจักรยานต้นแบบ	85
ก คาคุณสมบัติต่างๆของวัสดุชนิดต่างๆ	88

Department of Mechanical Engineering Burapha University

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	หน่วย	คำอธิบาย
σ	N/m^2	ความเค้น
P	N	แรง
A	m^2	พื้นที่หน้าตัด
δ	m	ระยะยืด
E	Pa	โมดูลัสยืดหยุ่น
L	m	ความยาว
M	N·m	โมเมนต์ดัด
y	m	ระยะทางใดๆจากผิวแกนสะเทิน
I	m^4	โมเมนต์ความเฉื่อย
τ	N·m	ความเค้นเฉือน
T	N	แรงบิดที่ควดดัดวิกฤต
J	m^4	รัศมีไจเรชัน
G	GPa	โมดูลัสความเฉือน
r	m	รัศมีวงกลม
P_{cr}	N	แรงวิกฤตที่กระทำกับเสาขณะที่เสาเริ่มโกงงอ
σ_{cr}	N/m^2	ความเค้นวิกฤตที่เกิดในเสา ก่อนที่เสาจะเริ่มโกงงอ
p	mm	ระยะพิตช์
b	mm	ความกว้างระหว่างแผ่นประกบ
F_a	N	แรงดึงที่ทำให้โซ่ขาด
p_t	mm	ระยะพิตช์ตามแนวขวาง
D	m	เส้นผ่านศูนย์กลาง
D_p	m	เส้นผ่านศูนย์กลางของดุมรถจักรยาน
F_t	N	แรงที่เกิดในแนวสัมผัสที่กระทำต่อโซ่
F_c	N	แรงย่อยในแผ่นประกบ
N	-	จำนวนฟันของจานโซ่
x	m	ความยาวของโซ่เมื่อคิดเป็นจำนวนข้อ
N_1	-	จำนวนฟันของจานโซ่ตัวขับ
N_2	-	จำนวนฟันของจานโซ่ตัวตาม
d_r	m	เส้นผ่านศูนย์กลางรากเกลียว
θ_H	°	มุมของแฮนด์รถจักรยาน

Department of Mechanical Engineering Burapha University

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	หน่วย	คำอธิบาย
θ_s	°	มุมของเบาะรถจักรยาน
H_H	m	ความสูงของแฮนด์รถจักรยานจากพื้น
H_S	m	ความสูงของเบาะรถจักรยานจากพื้น
$\Delta\theta$	°	ผลต่างของมุม
ΔH	m	ผลต่างของความสูง
H	m	ความสูงจักรยานและมนุษย์
W	m	ความกว้างแฮนด์และไหล่
V	m/s	ความเร็วล้อจักรยาน
ω	rad/s	ความเร็วเชิงมุม
R	m	รัศมีของวงล้อ
C_F	-	จำนวนฟันเฟืองของจานหน้า
C_R	-	จำนวนฟันเฟืองของสเตอร์หลัง
r_1	m	รัศมีตำแหน่งสเตอร์หลัง
r_2	m	รัศมีตำแหน่งจานหน้า
r_3	m	รัศมีตำแหน่งบันได
$F_{S=N}$	N	แรงที่ใช้ปั่น
α	rad/s^2	ความเร่งเชิงมุม
F_t	N	แรงดึงควบคุมต่อสายพาน 1 เส้น
n	-	จำนวนสายพาน
F_A	N	แรงที่จุด A
F_B	N	แรงที่จุด B
F_D	N	แรงที่จุด D
F_E	N	แรงที่จุด E
F_F	N	แรงที่จุด F
F_G	N	แรงที่จุด G
F_H	N	แรงที่จุด H
F_I	N	แรงที่จุด I
M_A	N·m	โมเมนต์ดัดที่จุด A
M_D	N·m	โมเมนต์ดัดที่จุด D

Department of Mechanical Engineering Burapha University

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์	หน่วย	คำอธิบาย
M_G	N·m	โมเมนต์ดัดที่จุด G
M_I	N·m	โมเมนต์ดัดที่จุด I
σ_{max}	N/m^2	ความเค้นสูงสุด
UGS NX	-	โปรแกรม Unigraphics NX

Department of Mechanical Engineering Burapha University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทั้งในสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ และสิ่งที่เปลี่ยนแปลงตามการกระทำของมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงต่างๆ เหล่านี้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่กระทบต่อมนุษย์โดยตรง ทั้งในด้านบวกและด้านลบ โดยทั้งนี้กรณีที่เป็นการเปลี่ยนแปลงในด้านบวกต้องอาศัยการกระทำของมนุษย์นั้น มักมีการพัฒนา เพื่อตอบสนองต่อความต้องการทั้งที่จำเป็นและที่เกินความจำเป็น

หากจินตนาการถึงการพัฒนาหรือการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นผลิตภัณฑ์ใด ๆ มักมีการพัฒนาที่ไม่หยุดนิ่ง เช่น การกำเนิดโทรศัพท์ที่คิดค้นโดย มาร์ติน คูเปอร์ (1973) ซึ่งมีแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาการสื่อสารของมนุษย์ที่อยู่ห่างไกล โดยอุปกรณ์นั้นที่ใช้ในการสื่อสารทางโทรศัพท์มือถือใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อกับเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ โดยผ่านสถานีฐาน แล้วพัฒนามาเรื่อย ๆ จนกระทั่งโทรศัพท์มือถือในปัจจุบันนอกจากความสามารถพื้นฐานของโทรศัพท์แล้ว ยังมีคุณสมบัติพื้นฐานของโทรศัพท์มือถือที่เพิ่มขึ้นมา เช่น การส่งข้อความสั้นเอสเอ็มเอส ปฏิทิน นาฬิกาปลุก ตารางนัดหมาย เกม การใช้งานอินเทอร์เน็ต บลูทูธ/อินฟราเรด กล้องถ่ายภาพ เอ็มเอ็มเอส วิทยุ เครื่องเล่นเพลง และจีพีเอส

รูปที่ 1.1 การพัฒนาของโทรศัพท์

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การแก้ปัญหาการเดินทางของมนุษย์ เป็นสิ่งที่พัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง คือกลไกการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ สำหรับการเดินทางของมนุษย์ในยุคแรกๆ การเดินทางในยุคแรกๆ คือการเดินและพัฒนาต่อมาเป็นการใช้พาหนะหรือจักรยานซึ่งมีการใช้มายังปัจจุบัน จากการสืบเสาะค้นหาพบว่าจักรยานรูปแบบคล้ายกับที่ใช้ในปัจจุบันนั้นมีการสร้างก่อนคริสต์ศักราช 2300 ปี โดยชาวจีนแล้วชาวอียิปต์ และอินเดียก็ได้สร้างขึ้นเหมือนกันต่อมาในปี ค.ศ. 1790 ชาวฝรั่งเศสชื่อว่า Count Mede de Sivrac ได้ประดิษฐ์ยานพาหนะคล้ายรถจักรยาน ประกอบด้วยล้อ 2 ล้อ เชื่อมกันด้วยไม้ ทำเป็นรูป คล้ายหลังม้า หรือหลังสัตว์ต่างๆ ซึ่งต่อจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆจนมาเป็นรูปแบบจักรยานปัจจุบัน ตัวอย่างการพัฒนาจักรยานตั้งแต่ยุคศักราช 2400 ถึง ปัจจุบันแสดงในรูปที่ 1.2

สำหรับในประเทศไทยโดยมีการนำจักรยานเข้ามาในสมัยรัชกาลที่ 5 โดยมีการประชันรถจักรยานเป็นครั้งแรกที่วังบูรพาภิรมย์ เนื่องในโอกาส ที่กรมหลวงพิษณุโลกประชานาถเสด็จกลับจากยุโรป พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเสด็จพระราชดำเนินเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ.2442 [1]

รูปที่ 1.2 วิวัฒนาการของจักรยาน [1]

Department of Mechanical Engineering Burapha University

จากตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการออกแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยมีการพัฒนาที่ยาวนานและมีการพัฒนามาโดยตลอดเพื่อแก้ปัญหาเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ดังนั้น ในการศึกษานี้จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเทคนิคการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านจักรยาน เพื่อแก้ไขปัญหาชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยเริ่มจากปัญหาด้านการเดินทางเพื่อก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์จักรยานที่มีรูปแบบแตกต่างไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อนำแนวคิดการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาใช้เพื่อตอบโจทย์ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองจักรยานในโปรแกรม Unigraphics NX

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ใช้แนวคิดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการสร้างแบบจำลองจักรยานแบบพกพาในโปรแกรม Unigraphics NX

1.3.2 จักรยานพกพาต้องที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 10 kg

1.3.3 รับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 100 kg

Department of Mechanical Engineering Burapha University

1.4 แผนการดำเนินงาน

การศึกษานี้มีแผนการดำเนินงาน ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
ศึกษาปัญหาและเลือกหัวข้อ	■										
ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	■	■	■								
การออกแบบเบื้องต้นด้วยแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์			■	■							
การออกแบบจักรยานพกพา					■	■	■				
สร้างแบบจำลองจักรยานพกพา							■	■	■		
ทดลองจักรยานพกพาและแก้ไข									■	■	
สรุปผลและจัดทำรายงาน											■

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ออกแบบและพัฒนาจักรยานที่สามารถพกพาได้เพื่อแก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

1.5.2 ได้รับความรู้เกี่ยวกับกระบวนออกแบบที่เป็นขั้นตอนและใช้ทฤษฎีที่เรียนมาใช้กับงานจริงเพื่อสร้างแบบจำลองจักรยานที่มีรูปแบบที่แตกต่างออกไป

Department of Mechanical Engineering Burapha University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบเป็นวิธีการที่ช่วยลดความผิดพลาดในการทำงาน มีการแบ่งการทำงานออกจากกันเป็นขั้นตอนย่อยๆเพื่อช่วยให้ผู้ทำงานมุ่งความสนใจกับงานแต่ละขั้นตอนได้อย่างเต็มที่

2.1.1 การแบ่งขั้นตอนกระบวนการออกแบบ

การแบ่งขั้นตอนในกระบวนการออกแบบนั้น อยู่ที่ความถนัดและความสามารถของแต่ละคน จึงสามารถพัฒนาขั้นตอนการทำงานเฉพาะของตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นของผู้เชี่ยวชาญคนใดวิธีการต่างๆล้วนสามารถเข้าสู่ปัญหาในแนวทางเดียวกันได้

โดย Nigel Cross [2] ได้แบ่งกระบวนการออกแบบเป็น 3 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2.1 ได้แก่

1. การวิเคราะห์ (Analysis)

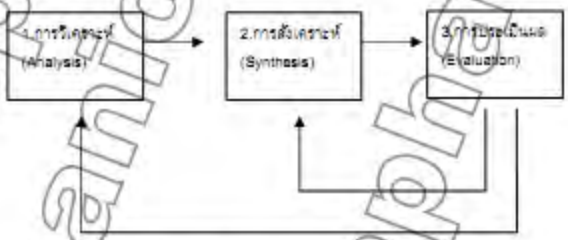
การนำข้อมูลที่มีผลต่อการออกแบบมาจัดการแยกและหาความเกี่ยวข้องระหว่างกันเพื่อสรุปให้ออกมาเป็นกลุ่มลักษณะที่งานออกแบบนั้นๆควรจะเป็นหรือควรทำหน้าที่ตามการใช้งาน

2. การสังเคราะห์ (Synthesis)

การนำผลการวิเคราะห์มาสร้างสรรค์ด้วยเทคนิควิธีการต่างๆเพื่อให้ได้วิธีแก้ปัญหาที่มีความหลากหลาย มีปริมาณมากและมีคุณภาพสอดคล้องกับลักษณะที่ควรจะเป็นตามความต้องการใช้งาน

3. การประเมินผล (Evaluation)

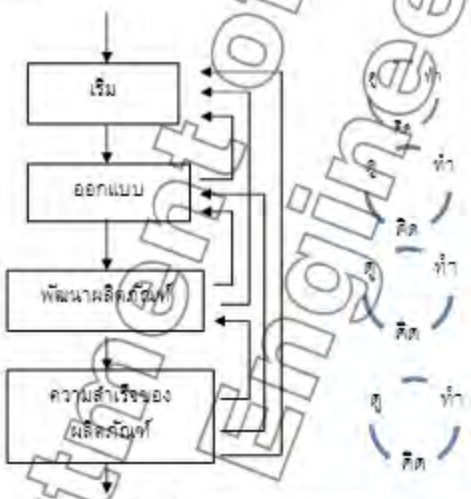
การนำวิธีการแก้ปัญหาที่สังเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบตามหลักเกณฑ์ และเลือกวิธีการที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมที่สุด



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบโดย Nigel Cross [2]

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ลักษณะการแบ่งขั้นตอนการออกแบบที่คล้าย ๆกับ Nigel Cross,M Wesselinghetal [3] ซึ่งได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบเป็น 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ได้แก่ 1.begin2.design 3.develop 4.exploit product



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบของ Wesselinghetal [3]

นอกจากการแบ่งขั้นตอนการออกแบบของ Nigel Cross และ Wesselinghetal แล้วยังมี Don Koberg และ Jim Bagnall [3] ได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบเป็น 7 ขั้นตอนได้แก่

1. เตรียมรับสภาพ (Accept Situation)

เมื่อได้รับปัญหาในการออกแบบนักออกแบบต้องทำความเข้าใจเนื้อหาและธรรมชาติเฉพาะของงานออกแบบนั้นๆอย่างถ่องแท้ พร้อมกับทำการสำรวจความพร้อมของตนเองที่จะทำงานในด้านต่าง ๆ เช่น เวลาทำงาน ความรู้ความชำนาญเฉพาะ ข้อมูลที่มี ความถนัดและความสนใจในงานลักษณะนั้นเพื่อประกอบการตัดสินใจที่จะรับงาน

2. วิเคราะห์ (Analysis)

การค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อค้นหาความจริงตลอดจนข้อคิดเห็นจากผู้รู้ต่าง ๆเกี่ยวกับปัญหา โดยการนำปัญหามาแยกส่วนและหาความสัมพันธ์ระหว่างกันช่วยให้มองเห็นข้อเท็จจริงใหม่ๆในปัญหานั้น

Department of Mechanical Engineering Burapha University

3. กำหนดขอบเขต (Define)

เมื่อได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาอย่างละเอียดแล้ว จะพบว่ามีเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องและกว้างขวางกับปัญหานั้นอีกมากมายซึ่งไม่สามารถจัดการได้ทั้งหมด นักออกแบบจึงต้องกำหนดเป้าหมายหลักของการทำงาน วางขอบเขตและจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้บรรลุอย่างเหมาะสมตามความจำกัดต่างๆที่มีอยู่

4. คิดค้นออกแบบ (Ideate)

การใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างทางเลือกหรือวิธีการแก้ปัญหาจำนวนมากซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายหลัก

5. คัดเลือก (Select)

การพิจารณาวิธีแก้ปัญหาต่างๆนำมาเปรียบเทียบเพื่อคัดเลือกวิธีการที่ดีที่สุดคือ วิธีที่ง่ายและได้ผลในการใช้งานสูงสุด

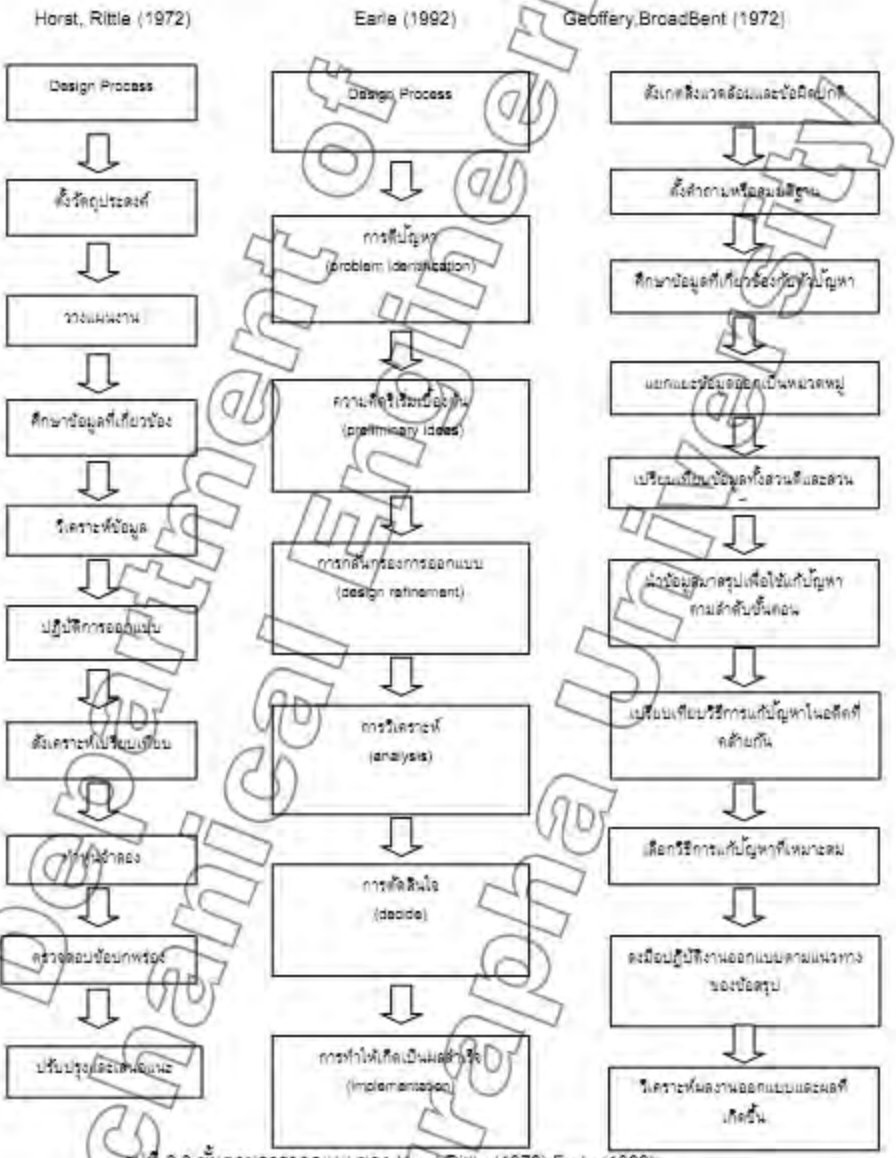
6. พัฒนาแบบ (Implement)

การนำเอาแบบที่เลือกแล้วว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดมาปรับปรุงแก้ไขต่อไปจนถึงรายละเอียดเพื่อพัฒนาให้แนวทางที่เลือกนั้นมีความสมบูรณ์ให้ผลลัพธ์สูงสุด

7. ประเมินผล (Evaluate)

การนำผลงานการออกแบบที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาทบทวนผลที่เกิดขึ้น วิจารณ์อย่างตรงไปตรงมาและอย่างมีหลักเกณฑ์ เพื่อให้รู้ว่าผลงานนั้นมีข้อดีและข้อบกพร่องทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณขั้นตอนในการออกแบบนอกจากจะแบ่งได้ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีผู้คิดค้นขั้นตอนการออกแบบอีกหลายคน ได้แก่ Horst, Rittle (1972) , Geoffery, Broad Bent (1972) และ Earle (1992) ดังแสดงแผนภาพกระบวนการออกแบบไว้ในรูปที่ 2.3

Department of Mechanical Engineering Burapha University

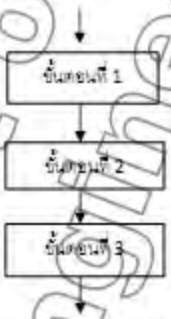


รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการออกแบบของ Horst,Rittle (1972),Earle (1992)
และ Geoffery,Broad Bent (1972) [4]

Department of Mechanical Engineering Burapha University

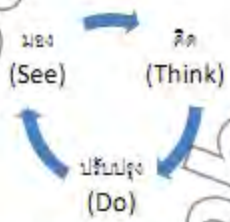
2.1.2 การจัดลำดับขั้นตอนของการออกแบบ [2]

กระบวนการลำดับขั้นตอนของการออกแบบได้มีการพัฒนาอยู่เสมอพบได้ว่า ลำดับขั้นตอนการออกแบบควรดำเนินงานตามลำดับขั้นตอนของเวลาซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปอย่างง่ายดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการออกแบบโดยการเรียงลำดับของเวลา

อย่างไรก็ตามลำดับขั้นตอนของการออกแบบเป็นวิธีการที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนซึ่งในแต่ละขั้นตอน ดังเช่นขั้นตอนที่ 1 ในรูปที่ 2.4 ก็จะต้องมีการทำซ้ำกันอยู่หลายรอบ ในลักษณะการมอง (See) แล้วคิด (Think) ว่าพอใจหรือไม่แล้วทำการปรับปรุง (Do) ดังแสดงด้วยแผนภาพในรูปที่ 2.5 ซึ่งได้แทรกขั้นตอนไว้ในขั้นตอนการออกแบบของ Wesselinghetal [2] แล้ว



รูปที่ 2.5 แผนภาพกระบวนการคิด

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าการลำดับขั้นตอนของการออกแบบนั้นมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน แต่อาจแบ่งออกได้เป็น 4 วิธีดังนี้ (จากกระบวนการของ Don Koberg และ Jim Bagnall [2])

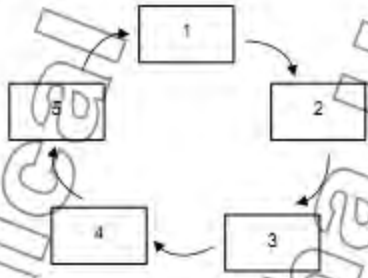
1 เรียงเป็นเส้นตรง (Linear)

ขั้นตอนการทำงานเรียงต่อเนื่องกันตั้งแต่เริ่มต้นเป็นเส้นตรงเหมาะสำหรับปัญหาที่ไม่ซับซ้อนมากนัก เมื่อทำงานครบทุกขั้นตอนแล้วก็ได้ผลงานที่เหมาะสมและเป็นที่พอใจ

รูปที่ 2.6 การจัดลำดับขั้นตอนแบบเรียงเป็นเส้นตรง (Linear)

2 เรียงเป็นวงกลม (Cirenlar)

ขั้นตอนต่าง ๆเรียงต่อเนื่องกันโดยไม่มีจุดเริ่มต้นและจุดจบเนื่องจากเมื่อแก้ปัญหาหนึ่งเสร็จแล้วอีกปัญหาก็เกิดขึ้นตามมา

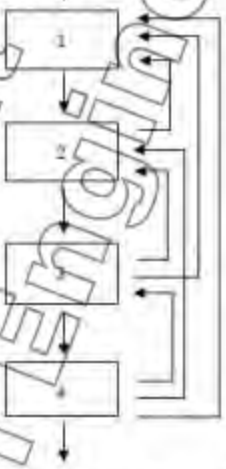


รูปที่ 2.7 การจัดลำดับขั้นตอนแบบเรียงเป็นวงกลม (Cirenlar)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

3 เรียงแบบย้อนรอย (Feedback)

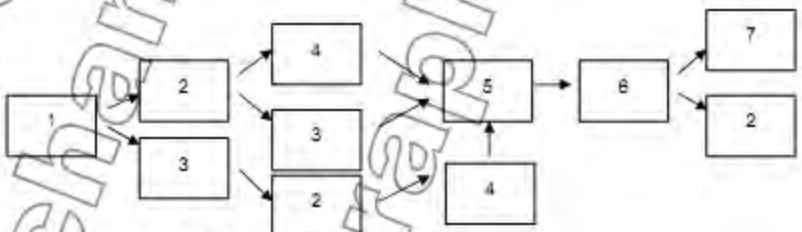
ขั้นตอนต่าง ๆจะเรียงตามลำดับแต่จะไม่ข้ามไปโดยไม่ได้ย้อนกลับไปตรวจสอบขั้นตอนที่ผ่านมา การออกแบบในลักษณะนี้ต้องคอยทำไปอย่างช้า ๆ นอกจากจะถูกรบกวนด้วยเวลา เงินทุนและแรงงานที่มี



รูปที่ 2.8 การจัดลำดับขั้นตอนเรียงแบบย้อนรอย (Feedback)

4 เรียงแบบแตกแขนง (Branching)

การเรียงจากขั้นตอนหนึ่งไปยังขั้นต่อ ๆไปต้องการก้าวไปมากกว่าหนึ่งทิศทางและมีการทำงานหลาย ๆขั้นตอนไปพร้อม ๆกัน



รูปที่ 2.9 การจัดลำดับขั้นตอนเรียงแบบแตกแขนง (Branching)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.1.3 ขั้นตอนการออกแบบของ Wesselinghetal [3]

1. เริ่มต้น (Begin)

1.1 การมองไปรอบๆ

การศึกษาสิ่งแวดล้อมทั่วไปและสังเกตสินค้าตัวอื่นเพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นค่อนข้างยาก มักใช้เวลานานและใช้เงินจำนวนมาก การพัฒนาไม่สามารถทำคนเดียวได้จึงจำเป็นต้องจัดตั้งทีมงาน

1.2 จัดตั้งทีมงาน

การจัดตั้งทีมเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทีมงานจะเป็นหน่วยงานตามหน้าที่ก็ได้ จะทำให้มีความเสถียรภาพและน่าเชื่อถือ ช่วยให้การพัฒนามีผู้เชี่ยวชาญ แต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์จะใช้เวลานาน ถ้าคัดเลือกทีมงานจากหน่วยงานต่างๆจะทำให้มีความยืดหยุ่น แต่อาจจะมีปัญหาความขัดแย้งเกิดขึ้นได้

1.3 วิเคราะห์สถานการณ์

เก็บรวบรวมข้อมูลจากการถามคำถาม อินเตอร์เน็ต และหนังสือ ค้นหาโดยบอกว่าใครทำอย่างไรกับผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ จากนั้นแยกหัวข้อเป็นส่วนๆ และวิเคราะห์หัวข้อต่างๆของผลิตภัณฑ์ในขณะที่ทำการวิเคราะห์ต้องเขียนความคิดต่างๆและคำถามที่เกิดขึ้นเพื่อให้มองเห็นภาพรวมโดยสร้างแผนภูมิต้นไม้

2. ออกแบบ (Design)

2.1 ค้นหาความต้องการ

พบหาลูกค้าและถามหาความต้องการของลูกค้า โดยทำการสัมภาษณ์ลูกค้าหาตัวแปลเพื่อระบุผลิตภัณฑ์

2.2 ระบุผลิตภัณฑ์

เริ่มต้นด้วยการทำรายการความต้องการโดยต้องพยายามหาตัวชี้วัด สิ่งที่วัดอธิบายถึงความจำเป็นในเชิงปริมาณ หลังจากนั้นตรวจสอบการแข่งขันของผลิตภัณฑ์และกำหนดวิธีการที่สามารถตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นจะต้องดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การทำและการเลือกแนวคิดของผลิตภัณฑ์อาจจะต้องปรับปรุงหลายรอบในระหว่างการพัฒนา

2.3 การสร้างแนวคิด

ระบุปัญหาคิดหัวข้อปัญหาแบบกว้าง ลงความเห็นแนวคิดโดยทำการระดมสมอง แล้วทำแผนภูมิความคิด (Mind mapping diagram) หลังจากนั้นก็ทำการระดมสมองในแนวคิดอื่นๆอีก ทำซ้ำจนกว่าจะได้หัวข้อแนวคิด

2.4 เลือกแนวคิด

เลือกความคิดแบบปกติ คัดสิ่งที่ทำได้ยากและเป็นไปได้ยากออก ดูข้อมูลเพิ่มเติมและสรุปออกมาวางแผนโครงงาน เลือกใช้ข้อมูลที่มีอยู่ ออกแบบโดยใช้วิธีการเดียวกันและทำต่อไป จนกว่าจะมีทางเลือกที่ดีกว่าและทำแผนพัฒนาคร่าวๆ

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.5 การป้องกันแนวความคิด

การพัฒนาความคิดต้องมีการป้องกันผลงานเพื่อจะได้รับประโยชน์จากสิ่งที่พัฒนามากที่สุด มี 3 วิธี คือ 1.การรักษาความลับของงาน ข้อเสียคือ คนอื่นอาจจะล่วงความลับและเอาไปจดสิทธิบัตรผลงานได้ 2.การจดสิทธิบัตรผลงาน มีระยะเวลา 20 ปี มีราคาแพงจึงต้องรักษาให้ดี 3.การตีสิ่งพิมพ์เพื่อให้ลาธารณชนทราบ เมื่อเผยแพร่ไปแล้วทำให้ผู้อื่นไม่สามารถจดสิทธิบัตรผลงานนี้ได้

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ (develop)

3.1 กำหนดผลิตภัณฑ์

การกำหนดตัวผลิตภัณฑ์นั้น ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆส่วนใหญ่จะมีมาตรฐานอุตลาหกรรมอยู่แล้ว จึงนำมาใช้กำหนดตัวผลิตภัณฑ์ได้เพื่อให้ง่ายในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ จากนั้นจะแยกชิ้นส่วนเพื่อสามารถดำเนินการได้อย่างอิสระ ในส่วนนี้จะใช้โมเดลทางกายทดลองส่วนต่างๆของผลิตภัณฑ์

3.2 ประมาณการค่าใช้จ่าย

มีการบริหารโดยวิธีการจัดกลุ่มค่าใช้จ่ายและรายได้เพื่อให้การจัดการสามารถมองภาพรวมได้

3.3 จัดตั้งกระบวนการได้

ใช้กระบวนการตามลำดับ (flow diagram) จากนั้นหาวิธีการทำงานโดยเริ่มหาวัสดุที่มีอยู่แล้ว และสิ่งที่ผู้ผลิตอุปกรณ์นำมาเสนอ พิจารณาว่าสามารถรวมการดำเนินงานเข้าด้วยกันเพื่อให้ใช้อุปกรณ์กระบวนการผลิตน้อยลง และต้องมีข้อมูลค่าใช้จ่าย เพื่อเป็นตัวกำหนดตัวเลือกการออกแบบสุดท้ายจึงทำรายชื่อวัสดุอุปกรณ์

3.4 การเพิ่มระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

พยายามเรียนรู้วิธีที่จะทำชิ้นส่วนที่เหมือนกัน การเพิ่มประสิทธิภาพ ละเหน็กถึงข้อจำกัด และทำการผลิตเมื่อมีความคิดที่ดี ไม่อคติในสิ่งที่กำลังทำ

4. ความสำเร็จของผลิตภัณฑ์ (exploit product)

4.1 แผนผลิตภัณฑ์ในอนาคต

วิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ จะเริ่มต้นด้วยการรวบรวมความคิดจากหลายแหล่งมากกว่าการวิเคราะห์และการจัดอันดับความคิดเอง และการคิดนอกกรอบ (ซึ่งอาจนำไปสู่ธุรกิจใหม่ ๆ)แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่

การคิดนอกกรอบต้องได้รับการพัฒนานอกกระแสหลักขององค์กร ที่มีความต้องการความเป็นผู้นำซึ่งมีวิสัยทัศน์การพัฒนาสินค้า การค้นหาลูกค้าและการประยุกต์ใช้สิ่งที่มี ในการเรียนรู้ การพัฒนาการทำในลักษณะนี้จะมีราคาถูกและมีความยืดหยุ่นซึ่งมักจะทำรวมกันกับลูกค้า

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.1.4 เทคนิคการคิดอย่างสร้างสรรค์

1. การระดมสมอง (Brain storming) [5]

การระดมสมอง ถือเป็นเทคนิคที่ใช้กับกลุ่ม (Group Technique) ในทางการบริหารมักใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาทางเลือกในการตัดสินใจและใช้ในการวางแผน

จุดเน้นของการระดมสมอง

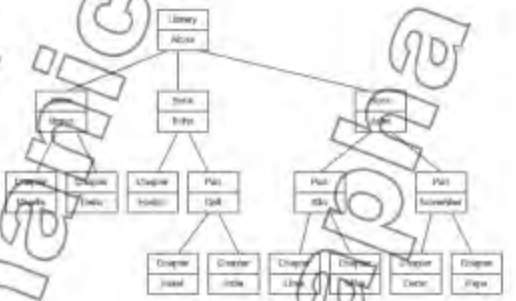
- เน้นให้มีการแสดงความคิดออกมา (Expressiveness) สมาชิกทุกคนต้องมีเสรีภาพอย่างสมบูรณ์ในการที่จะแสดงความคิดเห็นใดๆออกมาจากจิตใจ
- เน้นการไม่ประเมินความคิดในขณะที่กำลังระดมสมอง (Non – evaluative) ความคิดที่สมาชิกแสดงออกต้องไม่ถูกประเมินไม่ว่ากรณีใดๆเพราะถือว่าทุกความคิดมีความสำคัญ
- เน้นปริมาณของความคิด (Quantity) เป้าหมายของการระดมสมองคือต้องการให้ได้ความคิดในปริมาณมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แม้ความคิดนั้นไม่มีทางเป็นจริงก็ตาม
- เน้นการสร้างความคิด (Building) การระดมสมองเกิดขึ้นในกลุ่ม ดังนั้นสมาชิกสามารถสร้างความคิดขึ้นเองโดยเชื่อมโยงความคิดของเพื่อนในกลุ่มได้

2. แผนภูมิความคิด (Mind mapping diagram) [5]

แผนภูมิ Mind mapping diagram เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคิดและจำสิ่งต่างๆ นอกจาก Mind mapping diagram ก็จะมีแผนภูมิอื่นดังนี้

- แผนภูมิต้นไม้ (Tree diagram)

แผนภูมิต้นไม้มีลักษณะคล้ายกิ่งก้านสาขาของต้นไม้ ซึ่งมักนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในการเขียนโครงสร้างองค์กร ลำดับการบังคับบัญชา ตลอดจนกิจกรรมต่างๆ ข้อดีคือ สามารถเขียนได้ง่ายและทำความเข้าใจได้ง่าย แต่มีข้อเสียคือ ความไม่เหมาะสมไม่ละควรที่จะนำไปใช้กับเรื่องที่มี



รูปที่ 2.10 ตัวอย่าง Tree diagram

Department of Mechanical Engineering Burapha University

- แผนภูมิก้างปลา (Fish-Bone diagram)

แผนภูมิก้างปลามีลักษณะเหมือนก้างปลา โดยเริ่มตั้งแต่หัวปลา พร้อมก้างใหญ่และก้างย่อยๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.11 การเขียนแผนภูมินี้ในลักษณะนี้ นิยมใช้ในการคิด และวิเคราะห์ปัญหากิจกรรมวงจรคุณภาพงาน (Q.C.Circle) แต่งานอื่นๆ ไม่นิยมใช้เนื่องจากความไม่สะดวก ไม่เหมาะสม กับการระดมความคิด (Brainstorming) และกับงานโครงการใหญ่ๆ ที่มีความสลับซับซ้อนค่อนข้างสูง

รูปที่ 2.11 ตัวอย่าง Fish-Bone diagram [6]

- แผนภูมิสมอง (Brain mapper diagram)

แผนภูมิสมองมีลักษณะการเขียนในเชิงผสมผสาน ระหว่าง Fish-Bone และ Mind mapping diagram ค่อนข้างมาก แต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย คงเป็นที่นิยมในกลุ่มนักวิชาชีพคอมพิวเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 ตัวอย่าง Brain mapper diagram [6]

Department of Mechanical Engineering Burapha University

- แผนภูมิความคิด (Mind Mapping diagram)

แผนภูมิความคิดที่ลักษณะแตกแขนงจากจุดเริ่มตรงกลางกระจายหัวข้อย่อยรอบๆ และแตกจากหัวข้อย่อยเป็นข้อมูลย่อยต่อไปเรื่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 Mind Mapping ช่วยให้เกิดความคิดที่อิสระ สามารถระดมความคิด จัดหมวดหมู่ความคิด และช่วยในการจำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้ได้ทั้งทำคนเดียว และทำเป็นกลุ่ม (Brainstorming)

รูปที่ 2.13 ตัวอย่าง Mind Mapping diagram [7]

3. การคิดแบบหมวก 6 ใบ (Six thinking hats) [8]

คือ เทคนิคการคิดอย่างมีระบบ คิดอย่างมีโฟกัส มีการจำแนกความคิดออกเป็นด้านๆ และคิดอย่างมีคุณภาพ เพื่อช่วยจัดระเบียบการคิด ทำให้การคิดมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจำแนกความคิดออกเป็น 6 ด้าน ทำให้สามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจด้วยการคิดทีละด้านอย่างเป็นระบบ เป็นการเพิ่มศักยภาพในทักษะการคิด การคิดของหมวกแต่ละใบเป็นดังนี้

-3.1 หมวกสีขาว เป็นกลาง ไม่มีอคติ ไม่ลำเอียง หมวกขาวนี้เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงและตัวเลข

-3.2 หมวกสีแดง แสดงถึงความโกรธและอารมณ์ สีแดงให้มุมมองทางด้านอารมณ์

-3.3 หมวกสีดำ คือข้อควรระวังและคำเตือน มันชี้ให้เห็นถึงจุดอ่อนของความคิดนั้นๆ

-3.4 หมวกสีเหลือง เป็นมุมมองในแง่บวก รวมถึงความหวัง และการคิดในแง่ดีด้วย

-3.5 หมวกสีเขียว หมายถึงความคิดริเริ่ม และความคิดใหม่ๆ

-3.6 หมวกสีฟ้า หมายถึงการควบคุม การจัดระบบกระบวนการคิดและการใช้หมวกอื่นๆ

ดังแสดงดังรูปที่ 2.14

Department of Mechanical Engineering Burapha University

รูปที่ 2.14 การคิดแบบหมวก 6 ใบ (Six thinking hats)

4. การรวบรวมหัวข้อข้อมูลที่สร้างสรรค์แล้ว [2]

การทำงานออกแบบเพื่อแก้ปัญหา เริ่มต้นจากการค้นคว้าหาข้อมูล รายชื่อหัวข้อที่จะทำการค้นคว้า การได้ซึ่งหัวข้อนั้นมีวิธีการง่าย ๆ ในขั้นแรกโดยการระดมความคิดถึงสิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกันและมีผลกระทบต่องานออกแบบ จากนั้นทำการจดบันทึกทุกหัวข้อที่ผ่านเข้ามาในความคิด เพื่อให้ได้สามารถรวบรวมรายชื่อหัวข้อได้ได้มากที่สุดในระยะเวลาอันสั้น จากนั้นจึงนำแต่ละหัวข้อมาพิจารณาหาความเกี่ยวโยงกับประเด็นอื่น ๆเป็นการขยายความจากหัวข้อใหญ่ทำให้เกิดเป็นกลุ่มหัวข้อย่อยเพิ่มขึ้นและครอบคลุมเนื้อหาที่มีอิทธิพลต่องานออกแบบกว้างมากขึ้น ในขั้นสุดท้ายจึงเป็นการนำรายชื่อหัวข้อที่รวบรวมบันทึกไว้มาทำการจัดจำแนกเป็นกลุ่มตามความเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน และเรียงตามลำดับความสำคัญของเนื้อหา โดยการทำตารางแรกสำหรับกรอกรายชื่อหัวข้อและทำเครื่องหมายแสดงการอยู่ในกลุ่มหัวเรื่องเดียวกัน และทำตารางที่สองสำหรับคัดแยกหัวเรื่องใหญ่และหัวข้อย่อยของแต่ละเรื่องทำให้การจัดการกับข้อมูลเกิดความเข้าใจลำดับความสำคัญและความเกี่ยวโยงกันของปัญหา ดังแสดงดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางจำแนกหัวข้อตามหัวเรื่องเดียวกัน

รายชื่อหัวข้อที่รวบรวมไว้	การจำแนกตามหัวเรื่อง						
	1	2	3	4	5	6	7
1	☆			☆			
2			☆			☆	
3		☆			☆		
4			☆	☆			
5							☆
6	☆	☆					
ฯลฯ							

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างตารางรวบรวมหัวข้อย่อยของแต่ละหัวเรื่อง

หัวข้อที่	หัวเรื่องที่ 1 :
1 6 11 15	

รายชื่อหัวข้อข้อมูลโดยทั่วไปมีเนื้อหาคลอบคลุมหัวข้อดังต่อไปนี้

ข้อมูลทั่วไป

- ประวัติความเป็นมาของงานออกแบบ
- พัฒนาการของงานออกแบบจากอดีตจนถึงปัจจุบัน
- ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิต

ข้อมูลเฉพาะ

- ข้อมูลเกี่ยวกับงานออกแบบ
- ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้งาน
- ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการใช้งาน
- ข้อมูลด้านกลไกการทำงานของอุปกรณ์และวิทยาการก้าวหน้าที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบ
- วัสดุและกรรมวิธีการผลิต
- กฎข้อบังคับและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบ
- สภาพทางการตลาดและการจัดจำหน่ายสินค้าประเภทเดียวกัน

2.1.5 การสร้างแบบจำลองของผลิตภัณฑ์ ด้วยโปรแกรม CAD

การสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์จะทำให้สามารถดูรายละเอียดต่างๆได้ดีขึ้นกว่าการจินตนาการก่อนที่จะสร้างผลิตภัณฑ์จริง ความสามารถของโปรแกรม CAD มีดังนี้

- มองเห็นภาพ สามมิติ สองมิติ ดังแสดงในรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 ตัวอย่างภาพสองมิติ สามมิติในโปรแกรม Solid Edge

Department of Mechanical Engineering Burapha University

- จำลองการเคลื่อนไหว

สำหรับจำลองการเคลื่อนที่งานประกอบที่มีลักษณะเป็นงานกลไก เพื่อตรวจสอบระยะไกลสุดที่ไปได้ หรือการเคลื่อนที่แล้วไปชนกับชิ้นส่วนอื่นหรือไม่

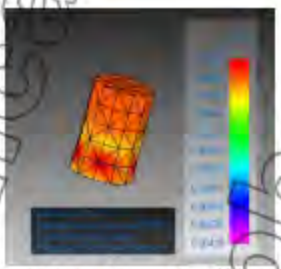
- ตรวจสอบการประกอบกันได้

โปรแกรมสามารถจำลองการเคลื่อนที่แสดงลำดับการประกอบกันได้ ซึ่งสามารถทำเป็นไฟล์ AVI เพื่อใช้สำหรับ ทำการนำเสนอได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการประกอบของชิ้นส่วนในโปรแกรม Solid Edge

- คำนวณความแข็งแรงของโครงสร้างได้

สำหรับการวิเคราะห์หาความแข็งแรงเบื้องต้นของชิ้นส่วนที่รับแรง เพื่อให้ทราบถึงความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นภายใน ทำให้ช่วยตรวจสอบข้อผิดพลาด ก่อนที่จะผลิตชิ้นงานจริง ดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความแข็งแรงในโปรแกรม Solid Edge

- จำลองรอยเชื่อมโลหะมิติ

สามารถใส่คุณสมบัติและประเภทของรอยเชื่อมตามงานจริงได้ โดยรายละเอียดทั้งหมดจะไปออกในการเขียนแบบลองมิติ สามารถนำรายละเอียดทั้งหมดไปสั่งให้โรงงานเชื่อมงานตามแบบได้

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.2 ประเภทของรถจักรยาน

2.2.1 จักรยานทั่วไป

จักรยานทั่วไปหรือบางครั้งเรียกว่าจักรยานชายกับข้าว ส่วนมากเป็นจักรยานไม่มีเกียร์ มักจะจำหน่ายสำเร็จรูปพร้อมอุปกรณ์ประกอบ เช่น บังโคลน ไฟหน้า ขาตั้ง บังโซ่ อานซ้อนท้ายและตะแกรงหน้า จักรยานแบบนี้มีน้ำหนักมาก ผู้ปั่นจึงต้องใช้แรงมากด้วย ข้อดีของจักรยานประเภทนี้ คือ ราคาถูกและหาซื้อได้ทั่วไป

2.2.2 จักรยานแข่ง

จักรยานแข่งมีทั้งแบบทางเรียบ วิบากและผาดโผน คือ โดยทางเรียบจะเป็นจักรยานแบบเสือหมอบที่เราเห็นนักกีฬาใช้ในการแข่งขันทั่วไป มีน้ำหนักเบามาก มีเกียร์ตั้งแต่ 5 ถึง 14 เกียร์ ตัวถังสลิก เพรียวลม ยางรถจะผอมและทนแรงดันได้สูง คือ ลูบจะได้แข็งมาก และเพื่อให้มีน้ำหนักเบาจึงติดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็น เช่น ขาตั้ง บังโคลน ฯลฯ ออกทั้งหมด ส่วนจักรยานวิบากเป็นจักรยานเสือภูเขา (Mountain Bike) เป็น จักรยานที่ออกแบบสำหรับขี่ขึ้นลงเขาโดยเฉพาะ มีโครงสร้างแข็งแรง ยางล้อใหญ่หรืออ้วน ดอกยางใหญ่และหนา ทำให้เกาะพื้นถนนได้ดีเวลาขี่ขึ้นเนินชันๆ ใช้งานได้ในทุกพื้นผิวถนน บางครั้งเรียกจักรยาน ATB (All-Terrain Bike) ระบบเกียร์มีให้เลือกตั้งแต่ 10 ถึง 24 เกียร์ และจักรยานผาดโผนเป็นจักรยานประเภทใหม่ที่เน้นเฉพาะแต่ทำผาดโผนอย่างเดียว โดยโครงสร้างมีลักษณะเพรียว เบา มีความคล่องตัวสูง นิยมแข่งกันเพื่อโชว์ท่าทาง การทรงตัว ไม่เน้นความเร็ว

2.2.3 จักรยานท่องเที่ยว

จักรยานท่องเที่ยว จักรยานแบบนี้ ออกแบบสำหรับการท่องเที่ยวโดยเฉพาะ แต่ก็ใช้ขี่ออกกำลังหรือขี่ไปทำงาน หรือใช้งานอเนกประสงค์ได้ มักมีตะแกรงท้าย สำหรับไว้สัมภาระ ปกติจะมีชุดบังโคลน และขาตั้งติดมากับรถ ระบบเกียร์มีให้เลือกตั้งแต่ 10 ถึง 18 เกียร์

2.2.4 จักรยานพับ

จักรยานพับเป็นจักรยานที่เราสามารถใช้ปั่นไปร่วมกับการใช้รถไฟ รถโดยสาร รถไฟใต้ดิน หรือเรือข้ามฟากควรพับที่สามารถเก็บไว้ในช่องเหนือศีรษะหรือถือเป็นกระเป๋าถือปกติ ทำให้เป็นการประหยัดเวลาการเดินทางอีกทางหนึ่ง

2.2.5 จักรยานอื่น ๆ

นอกจากนี้ยังมีจักรยานแบบอื่นๆอีกเช่น จักรยานขี้เกียจ จักรยานชายหาด จักรยานเด็ก จักรยานฟริกชั่นเกียร์ เป็นต้น

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.3 กลไกและชิ้นส่วนของจักรยานทั่วไป

โดยทั่วไปจักรยานมีส่วนประกอบหลักๆที่แบ่งออกมาเป็น โครง ชุดควบคุมจักรยาน ชุดเบรค ล้อ ดุมล้อ ยาง ชุดขับเคลื่อน และส่วนประกอบอื่นๆดังแสดงในรูปที่ 2.17 โดยมีการเปรียบเทียบรายละเอียดชิ้นของจักรยานยี่ห้อ Flamingo Chevrolet และDahon แสดงดังตารางที่ 2.3

รูปที่ 2.18 ส่วนประกอบของจักรยาน [9]

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบข้อมูลจักรยานแบบพับ [10]

ยี่ห้อ	Flamingo	CHEVROLET	DAHON
รุ่น	Flamingo/ FL-BP01-7	Chevrolet / FD167	Dahon / Dragon (FA073)
ขนาดล้อ(นิ้ว)	16	16	20
วัสดุเฟรม	อลูมิเนียม	อลูมิเนียม	อลูมิเนียม Double-Butted 7005
สี	ขาว แดง ดำ	ขาว	ดำ
เกียร์	เกียร์ดุม Shimano Nexus 7 Speed	Shimano 7 Speed	Shimano SIS 7 Speed
เบรก	N	เบรก V-Break หน้า หลัง	PROMAX
ยาง	16*1 3/8-Kevlar inside Anti-puncture 85psi	Kenda ขอบขาวขนาด 16x1.5	Kenda ขนาด 20x1.5
น้ำหนัก (kg)	13.2	12	13
ขนาดหลังพับ	66x36x66 cm (LxWxH)	N	28×56×81cm(LxWxH)
รับน้ำหนักมากสุด (kg)	N	N	103
อาน	Dr. Air ปั๊มลมปรับความแข็งนุ่มได้	N	VELO PLUSH
ราคา (บาท)	33,500	7,900	13,500

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.4 การออกแบบโครงสร้างที่เกี่ยวกับจักรยาน [18,19]

2.4.1 การออกแบบด้านโครงสร้าง

ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะต้องคำนึงถึงความเสียหาย โดยอาศัยการคำนวณทางทฤษฎี โดยจำลองสภาพสามมิติของชิ้นส่วนที่ออกแบบให้เป็นชิ้นส่วนลองมิติอย่างง่าย ได้แก่ ก้านเรียวยาว คาน เพลาและเสา ซึ่งโดยการศึกษานี้ จะมีการออกแบบที่ครอบคลุมการออกแบบพื้นฐานโดยมีรายระเอียดดังต่อไปนี้

1. ก้านเรียวยาว (Rod)

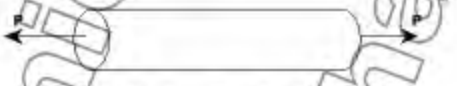
ก้านเรียวยาวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาว ซึ่งสมมุติให้ไม่มีการเสียรูปในแนวหน้าตัดได้ โดยความเค้นและการเสียรูปในแนวแกนสำหรับก้านยาวซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.19

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{2.1}$$

$$\delta = \frac{PL}{AE} \tag{2.2}$$

โดยที่

P คือ น้ำหนักวิกฤต
A คือ พื้นที่
L คือ ความยาวของก้าน
E คือ โมดูลัสยืดหยุ่น

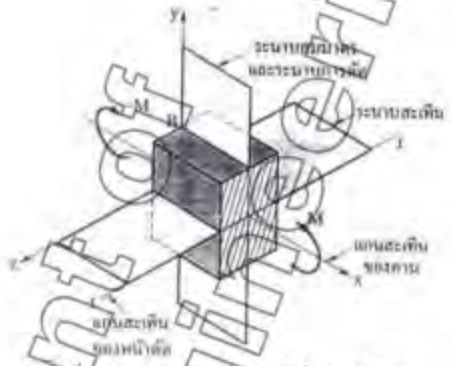


รูปที่ 2.19 ความเค้นในก้านเรียวยาว [11]

2. คาน

สมมติให้วิเคราะห์กับวัสดุไอโซทรอปิกและมีเนื้อเดียวกันตลอดโดยวิเคราะห์วัสดุภายในช่วงยืดหยุ่นได้ ซึ่งกำหนดคานให้มีหน้าตัดขวางคงที่ตลอดความยาวของคาน และหน้าตัดของคานต้องเป็นหน้าตัดสมมาตรสองด้าน จึงใช้สมการของฮุกวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดในช่วงของการดัดเป็นระนาบเดียวกันกับระนาบสมมาตรคานจะถูกดัดอยู่ภายในระนาบของการดัดเสมอง่ายได้ภาระดัดพบว่าพื้นที่ผิวคานด้านบนรับการกดดังแสดงในรูปที่ 2.20

Department of Mechanical Engineering Burapha University



รูปที่ 2.20 การวิเคราะห์ความเค้นในคาน [12]

$$\sigma = \frac{My}{I} \tag{2.3}$$

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = M \tag{2.4}$$

โดยที่

M คือ โมเมนต์ดัด

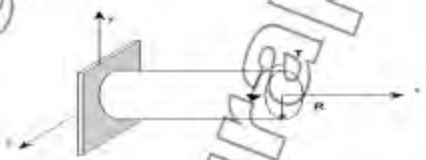
y คือ ระยะทางใด ๆจากผิวสะเทิน

E คือ โมดูลัสยืดหยุ่น

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย

3. เพลา

เพลา คือชิ้นส่วนที่หมุนหรืออยู่กับที่ โดยปกติมีภาคตัดกลมและมีชิ้นส่วนอื่นที่ยึดติดกับเพลา เช่น เฟือง พูลเลย์ จานโซ่ และชิ้นส่วนส่งกำลังอื่นๆ เพลาอาจได้รับโหลดดัด โหลดดึง โหลดอัดหรือโหลดบิด กระทำเพียงอย่างเดียวหรือสัมผัสกัน



รูปที่ 2.21 การวิเคราะห์ความเค้นในเพลา [12]

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (2.5)$$

$$\theta = \frac{TL}{JG} \quad (2.6)$$

โดยที่

τ	คือ	ความเค้นเฉือน
T	คือ	แรงบิดที่ภาคตัดวิกฤต
J	คือ	รัศมีไจเรชั่น
G	คือ	โมดูลัสความเฉือน
r	คือ	รัศมี
L	คือ	ความยาว

4. เสา

เสาเป็นชิ้นส่วนทางกลที่มีลักษณะยาวเรียวภายใต้แรงกด P กระทำในแนวแกนของเสาจะทำให้เสาเกิดการโก่งตัวภายใต้สมดุลของเสา ขนาดของแรงกดมีผลต่อเสถียรภาพของภาวะ สมดุลขณะนั้นเมื่อเปรียบเทียบขนาดกับแรงกดวิกฤต (P_{cr}) จะพิจารณาเสถียรภาพของภาวะสมดุลได้ดังนี้

- สมการการโก่งของเสาของคานที่มีจุดรองรับแบบ pin

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (2.7)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (2.8)$$

โดยที่

P_{cr} = น้ำหนักวิกฤตที่กระทำกับเสาขณะที่เสาเริ่มโก่งงอ โดยแรงนี้จะไม่ก่อให้เกิด ความเค้นในเสาเกินขีด (proportional limit)

σ_{cr} = ความเค้นวิกฤตที่เกิดในเสา ก่อนที่เสาจะเริ่มโก่งงอ โดยความเค้นนี้เป็นความเค้นยืดหยุ่น ดังนั้น $\sigma_{cr} \leq \sigma_Y$

E = โมดูลัสยืดหยุ่น

I = โมเมนต์ความเฉื่อย

L = ความยาวของเสา

r = รัศมีไจเรชั่น ที่น้อยที่สุดของเสา คำนวณจากสมการ $r = \sqrt{I/A}$

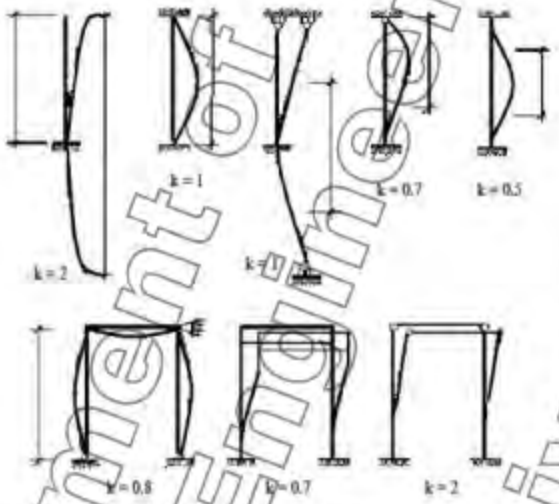
Columns having Various Types of Supports

พิจารณาเสาที่ถูกยึดติดกับตัวถูกยึดที่มีอิสระในการหมุนปลายค่า Critical load ที่น้อยที่สุด ก็ต่อเมื่อ n=1 เขียนสมการได้ว่า

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{AL^2} \quad (2.9)$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

Effective length



รูปที่ 2.22 Effective length [13]

- เสาที่ไม่ได้รองรับแบบหมุนสามารถใช้สมการของ Euler เพื่อหาน้ำหนักวิกฤต ได้โดยต้องทราบค่าความยาวประสิทธิผลของเสา (L_e) เป็นระยะห่างระหว่างจุดโมเมนต์มีค่าเป็นศูนย์

$$L_e = KL$$

สมการของEuler's formula เขียนได้เป็น

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \qquad (2.10)$$

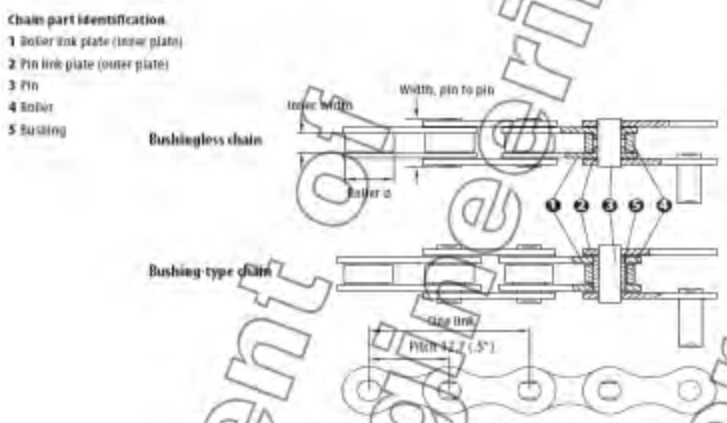
$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \qquad (2.11)$$

โดยที่(KL/r) คือ column's effective-slenderness ratio

2.4.2 โซ่ลูกกลิ้ง

โซ่ลูกกลิ้งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนหนึ่งในการลงกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ประกอบด้วย ลลัก (pin) ปลอกสลัก (bush) ลูกกลิ้ง (roller) แผ่นประกบใน (inner plate) แผ่นประกบนอก (outer plate) ปลอกสลักจะสวมอัดแน่นกับแผ่นประกบในลูกกลิ้งหมุนได้อิสระสวมอยู่ด้านนอกของปลอกสลัก แผ่นประกบนอกยึดอยู่กับสลัก ในการเลือกใช้โซ่ลูกกลิ้งนั้น ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้เป็นตามมาตรฐาน ในตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของโซตามมาตรฐาน ANSI และ ISO

Mechanical Engineering Department of Burapha University



รูปที่ 2.23 ส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง [14]

ตารางที่ 2.4 ขนาดโซ่ลูกกลิ้งตามมาตรฐาน ANSI series และ ISO Type A [15]

ขนาดโซ่[1] หรือชื่อรหัส	พิตช์,p (mm)	ความกว้างระหว่างแผ่นประกบ,b(mm)	แรงดึงขาด[2] F_B(kN)	มวล[3] (kg/m)	เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง (mm)	พิตช์ตามขวาง p_t(mm)
35(06C-1)	9.52	4.78	10.2	0.33	5.08	10.13
40(08A-1)	12.7	7.92	17.2	0.61	7.95	14.38
50(10A-1)	15.88	9.53	28.3	0.98	10.16	18.11
60(12A-1)	19.05	12.7	38.5	1.59	11.91	22.78
80(16A-1)	25.4	15.88	65.8	2.56	15.88	29.29
100(20A-1)	31.75	19.05	108.9	3.78	19.05	35.76
120(24A-1)	38.1	25.4	154.2	5.82	22.23	45.44
140(28A-1)	44.45	25.4	208.7	7.62	25.4	48.87
160(32A-1)	50.8	31.75	263.1	9.88	28.58	58.55
200(40A-1)	63.5	38.1	430.9	15.91	39.68	71.55

หมายเหตุ 1. หมายเลขชุดแรก เป็นการให้ชื่อขนาดตามมาตรฐาน ANSI ตัวเลขในวงเล็บเป็นการให้ชื่อขนาดตามมาตรฐาน ISO

2. สำหรับโซ่สองแถวให้คูณด้วย 2 และสำหรับโซ่สามแถวให้คูณด้วย 3

3. สำหรับโซ่สองแถวให้คูณด้วย 1.89 และสำหรับโซ่สามแถวให้คูณด้วย 2.76

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.4.3 จานโซ่

จานโซ่เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับโซ่ลูกกลิ้งเพื่อเป็นตัวขับและพ่วงตามในการเคลื่อนที่ของจักรยาน โดยในตารางที่ 2.5 สำหรับโซ่แลดลจานโซ่ลูกกลิ้งตามมาตรฐาน JIS B1802-1981 D ในการออกแบบจานโซ่ ดังแสดงรูปที่ 2.23 จะต้องคำนวณในความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันระหว่างระยะพิตช์ (P) กับจำนวนฟัน (N) ดังนี้

1. เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของจานโซ่ใช้ลมการ (2.12)

$$D = \frac{P}{\sin\left(\frac{180^\circ}{N}\right)} \qquad (2.12)$$

2. เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของจานโซ่ใช้ลมการ (2.13)

$$D = P\left[0.6 + \cot\left(\frac{180^\circ}{N}\right)\right] \qquad (2.13)$$

3. เส้นผ่านศูนย์กลางภายมากที่สุดของดุมใช้ลมการ (2.14)

$$D_H = P\left[\cot\left(\frac{180^\circ}{N}\right) - 1\right] - 0.76 \qquad (2.14)$$

รูปที่ 2.24 จานโซ่ [16]

ตารางที่ 2.5 ขนาดจานโซ่ตามมาตรฐาน JIS B1802-1981 D

ขนาดโซ่	จำนวนฟันบนเฟืองโซ่
25	8 through 30,32,34,35,36,40,42,45,48,54,60,64,65,70,72,76,80,84,90,95,96,102,112,120
35	4 through 45,48,52,54,60,64,65,68,70,72,76,80,84,90,95,96,102,112,120
40	8 through 60,64,65,68,70,72,76,80,84,90,95,96,102,112,120
50	8 through 60,64,65,68,70,72,76,80,84,90,95,96,102,112,120
60	8 through 60,62,63,64,65,66,6768,70,72,76,80,84,90,95,96,102,112,120

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.4.4 การส่งกำลังและแรงที่เกิดขึ้นในโซ่

$$v = \pi Dn = pNn \tag{2.15}$$

$$F_t = \frac{H}{v} \tag{2.16}$$

$$F_t = \frac{2\pi nT}{v} = \frac{2\pi nT}{pNn} = \frac{2T}{D} \tag{2.17}$$

$$F_{ci} = mv^2 \tag{2.18}$$

$$F = F_t + F_{ci} \tag{2.19}$$

โดยที่

F_t = แรงที่เกิดในแนวสัมผัสที่กระทำต่อโซ่

F_{ci} = แรงยอมในแผ่นประกบ

n = ความเร็วรอบของจานโซ่

N = จำนวนฟันของจานโซ่

D = เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของจานโซ่

T = โมเมนต์ที่ต้องการส่ง

2.4.5 การหาความยาวของโซ่

ความยาวของโซ่ควรคิดเป็นจำนวนข้อและเป็นเลขคู่ เมื่อทราบระยะห่างของจุดศูนย์กลาง หาความยาวของโซ่ได้จากสมการ

$$x = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \left(\frac{N_2 - N_1}{2\pi}\right)^2 \frac{p}{C} \tag{2.20}$$

โดยที่

x = ความยาวของโซ่เมื่อคิดเป็นจำนวนข้อ

C = ระยะห่างของจุดศูนย์กลาง ควรอยู่ระหว่าง30p-50p

N_1 = จำนวนฟันของจานโซ่ตัวขับ

N_2 = จำนวนฟันของจานโซ่ตัวตาม

เมื่อทราบจำนวนข้อโซ่แล้วหาระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่แท้จริง จากสมการ

$$C = \frac{p}{4}\left[x - \frac{N_1 + N_2}{2} + \sqrt{\left(x - \frac{N_1 + N_2}{2}\right)^2 - 2\left(\frac{N_2 - N_1}{\pi}\right)^2}\right] \tag{2.21}$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

โดยที่อัตราทดของโซ่ระหว่างจานขับและจานตามแสดงได้ด้วยความสัมพันธ์ดังนี้

$$VR = \frac{\omega_{ตามจาน}}{\omega_{ขับจาน}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad (2.22)$$

2.4.5 อุปกรณ์ยึดชิ้นส่วน (Fastener)

อุปกรณ์ยึดชิ้นส่วนเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ยึดชิ้นส่วนเครื่องจักรต่างๆ ให้ติดแน่นและควกต่อการถอดและประกอบ ในเครื่องกลใหญ่ ๆที่จะต้องสร้างเป็นหน่วยเล็ก ๆ เพื่อสะดวกและง่ายต่อการผลิต การประกอบและการขนส่ง

1. นัทและโบทส์

โบทส์ (BOLT) คือ ลลักเกลียวอย่างหนึ่งมีหลายรูปแบบ รูปร่างของโบทส์ด้านหนึ่งมีหัว ลำตัวเกลียว ส่วนใหญ่โบทส์จะใช้ควบคู่กับเกลียวตัวเมีย (NUT) เสมอ ส่วนนัท (NUT) คือเกลียวตัวเมียที่ใช้คู่กับลลักเกลียว นัทจะมีเกลียวอยู่ภายใน นัทที่ใช้นัทหัวสี่เหลี่ยม นัทหัวสี่เหลี่ยม นัทหัวสี่เหลี่ยม และนัทบางจะมีปีกเพื่อใช้สำหรับขันหรือคลายนัทออก

2. ลกรู

ความเค้นลดีที่เกิดขึ้นในเกลียวของลกรู และในเกลียวของลกรูยึดชิ้นงาน โดยจะเกิดความเค้นด้วยแรงดึงของวัสดุและถูกด้วยแรงแบกรับโดยคำนวณได้ดังสมการ

$$P = \sigma A \qquad (2.23)$$

โดยที่ d_r = เส้นผ่านศูนย์กลางรากเกลียว

3. การเชื่อม

เป็นขบวนการที่ใช้สำหรับต่อวัสดุ ส่วนใหญ่เป็นโลหะ โดยให้รวมตัวเข้าด้วยกัน ปกติใช้วิธีทำให้ชิ้นงานหลอมละลายและควรเพิ่มเนื้อโลหะเติมลงในแอ่งหลอม จะลายของวัสดุที่หลอมเหลว เมื่อเย็นตัวรอยต่อจะมีความมั่นคงแรง บางครั้งใช้แรงดันร่วมกับความร้อน หรืออย่างเดียว เพื่อให้เกิดรอยเชื่อมส่วนเค้นตกค้าง คือ สิ่งที่ตกค้างอยู่ เป็นสาเหตุเริ่มต้นของการเกิดความเค้นทั้งหมด (จากแรงภายนอก, จากการไม่สมดุลของความร้อน) ซึ่งต้องกำจัดออก เป็นความเค้นที่เหลืออยู่ระหว่างพื้นที่หน้าตัดชิ้นงาน แม้ว่าไม่มีความเค้นภายนอกมากระทำ ความเค้นคงเหลือเกิดขึ้นจากหลายเหตุผลรวมทั้งการไม่ยืดหยุ่นให้ชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และผลจากการปรับปรุงด้วยความร้อน จากการเชื่อมเป็นสาเหตุให้ชิ้นงานขยายตัวในวงจำกัด

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.5 การเลือกใช้วัสดุ

การเลือกใช้วัสดุในงานวิศวกรรมนั้น สมบัติอย่างแรกที่เลือกมาพิจารณาคือ สมบัติทางกลซึ่งสมบัติของวัสดุเหล่านี้จะแสดงออกมาเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ โดยวัสดุที่จะนำมาใช้งานนั้นจำเป็นต้องมีความแข็งแรง ความยืดหยุ่น เหมาะสมกับลักษณะงาน และการเลือกวัสดุที่ค่อนข้างมีน้ำหนักเบาเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสร้างจักรยาน

- ความแข็งแรงของวัสดุ

ความแข็งแรงของวัสดุคือ วัสดุมีความสามารถในการต้านต่อการใช้ความเครียด ได้โดยไม่พังทลาย ความแข็งแรงของผลผลิตใช้วัสดุเป็นวัตถุดิบในการสร้างหมายถึงค่าบนจุดเส้นโค้งความเครียด (ตรงข้ามกับเส้นโค้งความเค้นคือความเครียดจริง) เกินกว่าที่วัสดุรองรับได้จะเริ่มมีการเปลี่ยนรูปวัสดุที่ไม่สามารถหยุดการเปลี่ยนรูปได้เมื่อมีการกำจัดของโหลด แรงหมายถึงจุดบนเส้นโค้งความเครียดที่สอดคล้องกับค่าความเครียดสูงสุดได้ โดยความเครียดที่ใช้อาจเป็น แรงดึง (ยืด) หรือเฉือน

- ความยืดหยุ่นของวัสดุ

ในการออกแบบโครงสร้างหรือระบบกลไกที่ต่างๆที่สามารถปรับตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น มีความยืดหยุ่นได้รับการกำหนดไว้แตกต่างกัน ในการออกแบบทางวิศวกรรมสามารถกำหนดความยืดหยุ่นเป็นควบคุมสามารถของระบบที่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภายในหรือภายนอกที่อาจมีผลกระทบต่อการส่งค่าของมันในเวลาที่เหมาะสมและมีค่าความยืดหยุ่นของวัสดุซึ่งแสดงในภาคผนวก ก

2.6 กลุ่มผู้ใช้จักรยาน [17]

จากการวิเคราะห์จะเห็นว่าแม้จะขี่จักรยานเหมือนกัน แต่คนต่างกลุ่มพวกนี้มีพฤติกรรมและวิธีคิดไม่เหมือนกัน แยกคนที่ใช้จักรยานออกเป็น 3+1 กลุ่ม คือ

1.กลุ่มคนใช้จักรยานในชีวิตจริง
2.กลุ่มนักจักรยาน
3.กลุ่มนักแข่ง
และกลุ่มพิเศษอีก 1 กลุ่ม คือ กลุ่มคนรักจักรยาน ที่อาจแทรกตัวอยู่ในทั้ง 3 กลุ่มแรก คือ อาจเป็นคนธรรมดา หรือเป็นนักจักรยาน หรือเป็นนักแข่งก็ได้ แต่ที่แน่ๆ คือเป็นคนที่รักและชอบจักรยานเป็นพิเศษ ซึ่งคนกลุ่มหลังนี้ ในปัจจุบันมีอยู่มากในประเทศไทย
ความแตกต่างของคน 3 กลุ่มแรก

กลุ่มแรก เป็นประชาชนธรรมดา มักเป็นผู้ที่มีฐานะและสถานะทางสังคมไม่เด่นนัก แต่เป็นคนกลุ่มใหญ่ของประเทศ เช่น คนงาน ชาวนาชาวไร่ เด็กนักเรียน ครู คนกลุ่มนี้ใช้จักรยานราคาถูกๆ แต่ใช้

Department of Mechanical Engineering Burapha University

อย่างจริงจังด้วยความจำเป็นในวิถีชีวิต จะใช้ทุกวันหรือแทบทุกวันเพราะเป็นวิถีชีวิตดังที่ว่าไว้ กลุ่มจะนี้ไม่ใช้จักรยานเสือหมอบ เสือภูเขา ไม่ใช้โชคเพราะมีราคาแพง ซึ่งไม่แน่ แต่กลุ่มนี้เป็นคนกลุ่มใหญ่ที่สุดของคนที่ใช้จักรยาน ซึ่งไม่ใช่เฉพาะในประเทศไทย แต่เป็นเหมือนกันหมดทั่วโลก ไม่ว่าจะอยู่บนทวีปใดก็ตาม เรียกคนกลุ่มนี้ว่า "คนใช้จักรยาน" ในเมืองไทยประมาณได้ว่ามีไม่น้อยกว่า 20-30 ล้านคน

กลุ่มที่สอง เป็น "นักจักรยาน" กลุ่มนี้ไม่ได้ใช้จักรยานในชีวิตประจำวัน แต่ชอบใช้จักรยานในการท่องเที่ยวไกล ๆ เป็นหลัก รวมทั้งอาจใช้แข่งแบบมือสมัครเล่นเป็นบางครั้ง วิธีคิดและพฤติกรรม รวมทั้งการแต่งกายและการใส่หมวกกันน็อคของคนกลุ่มนี้จึง แตกต่างไปจากกลุ่ม "ผู้ใช้จักรยาน" อย่างมาก กลุ่มนี้ถึงจะมีหรือไม่มีทางจักรยานดีไม่เดือดร้อน เพราะไม่ต้องพึ่งทางจักรยานอยู่แล้ว เพราะความคล่องในการใช้จักรยานบนถนนของพวกเขามีสูงกว่าคนทั่วไป และมักมีรถยนต์ส่วนตัวหรือเดินทางโดยแท็กซี่หรือบีทีเอสหรือรถไฟใต้ดินเสมอ

กลุ่ม "นักจักรยาน" นี้มีจำนวนรวมกันทั่วประเทศไม่มากนัก อาจจะอยู่ในวงประมาณไม่เกินหมื่นคน

กลุ่มที่สาม เป็นกลุ่ม "นักแข่ง" กลุ่มนี้จะมีจำนวนน้อยที่สุดใน 3 กลุ่ม คือ ร่างกายอยู่เฉพาะพวกที่ขี่จักรยานอย่างจริงจัง ซึ่งมีตั้งแต่ระดับอัคคีนองไปถึงระดับการกุศล ไปจนถึงระดับเยาวชน ระดับชาติ ระดับซีเกมส์ และเอเชี่ยนเกมส์ บางส่วนของกลุ่มนี้อาจตกไปอยู่ในกลุ่มสอง (นักจักรยาน) เมื่ออยู่นอกฤดูแข่งขันหรือเมื่อหมดสภาพ หรือเมื่อลดชั้นจากนักแข่งไปเป็นนักจักรยานธรรมดา ส่วนกลุ่มสองบางคนขึ้นไป ก็อาจขยับขึ้นมาเป็นนักแข่งซึ่งมีมากพอสมควร แต่กลุ่มนักแข่งนี้รวมกันแล้วไม่เกิน 4,000 คนทั่วประเทศ

กลุ่มพิเศษ คือ กลุ่มคนรักจักรยาน อาจไม่ใช้จักรยานเพื่อไปซื้อของหรือไปเที่ยวหรือไว้แข่ง แต่เป็นคนที่ชอบจักรยานมาก ๆ ตัวอย่างของคนกลุ่มนี้ก็ได้แก่ ชมรมจักรยานโบราณ หรืออาจเป็นบางคนในชมรมและกลุ่มจักรยานต่าง ๆ ทั่วประเทศ กลุ่มนี้หากไม่ทำอะไร ก็ชอบที่จะมานั่งเช็ดถูจักรยานให้ใหม่

Department of Mechanical Engineering Burapha University

บทที่ 3
การเริ่มต้นของการออกแบบ

3.1 การจุดประกายความคิด

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์มากมายล้วนแต่อำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ แต่ตรงกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ จะเห็นได้ว่ามีบริษัทที่ผลิตสิ่งของออกมาคล้าย ๆกันแต่ขายได้ดีไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เกิดจากปัจจัยต่าง ๆมากมาย ในการศึกษานี้จึงคิดประดิษฐ์สิ่งของที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆขึ้น เพื่อเป็นการเปิดความคิดและตรงกับความต้องการของลูกค้าเราจึงได้สำรวจ มองหาปัญหาของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ปัญหาที่พบก็คือ การจราจรในเมืองที่แออัดและวุ่นวาย การเดินทางของผู้คนที่เป็นวัยทำงานซึ่งประสบกับปัญหามากมายในการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการเดินทางถึงแม้จะมีป้ายรณรงค์ สัญญาณเตือน และกฎหมาย แต่ก็ยังเกิดปัญหามากมาย

รูปที่ 3.1 ปัญหาการจราจร

Mechanical Engineering Burapha University

3.2 การจัดตั้งทีมทำงาน

เมื่อพบปัญหา ก็เกิดความคิดที่จะประดิษฐ์สิ่งที่จะมาแก้ไขสิ่งปัญหาเหล่านี้โดยได้จัดตั้งทีมขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 หน้าที่และการทำงาน

3.3 การสร้างแนวคิด

การสร้างแนวคิดทำโดยการระดมสมองเพื่อหาทางออกของปัญหา ซึ่งหัวข้อปัญหาได้จากปัญหาการเดินทางของนักท่องเที่ยวอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ได้แนวทางของปัญหา 3 ทาง คือ การเดินทางที่ไม่สะดวก การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การแข่งขันในเรื่องเวลา ทางทีมงานได้เลือก การเดินทางที่ไม่สะดวก ในการทำการระดมสมอง

การตั้งหัวข้อปัญหาโดยสมาชิกในกลุ่มดังรูปที่ 3.3 เมื่อเราไปพบกับปัญหาจึงได้มีการสรุปถึงปัญหา ได้แนวทางของปัญหา 3 ทาง คือ การเดินทางที่ไม่สะดวก การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล การแข่งขันในเรื่องเวลา

รูปที่ 3.3 การกำหนดหัวข้อปัญหา

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การคัดเลือกปัญหาโดยการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปและความสำคัญดังรูปที่ 3.4 โดยได้เลือกการเดินทางที่ไม่สะดวก ในการทำการระดมสมอง เนื่องจากมีความสำคัญและยังมีผลกระทบต่อปัญหาอื่นๆที่ได้กำหนดมา

รูปที่ 3.4 การเลือกปัญหามาระดมสมอง

การระดมสมองเกี่ยวกับการเดินทางที่ไม่สะดวกดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การระดมสมอง

การจัดกลุ่มเมื่อการระดมสมองเสร็จดังรูปที่ 3.6 โดยจัดข้อมูลแยกกันเป็นกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีเนื้อหาที่ใกล้เคียงกัน

Mechanical Engineering Department Burapha University

รูปที่ 3.6 การจัดกลุ่ม

จากการระดมสมองเกี่ยวกับการเดินทางที่ไม่สะดวกสามารถสรุปมาเป็นแผนภูมิความคิดได้ดังรูปที่ 3.7 โดยแบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ๆ คือ การใช้รถส่วนตัว การใช้ระบบขนส่งมวลชน สภาพแวดล้อม อื่นๆ

รูปที่ 3.7 สรุปการเดินทางที่ไม่สะดวก

Department of Mechanical Engineering Burapha University

เมื่อได้ประเด็นการระดมสมองในส่วนการเดินทางที่ไม่สะดวกจึงได้มีการวิเคราะห์ว่าสาเหตุที่แท้จริงและปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากประเด็นการใช้รถส่วนตัวและการใช้ระบบขนส่งมวลชนซึ่งทั้ง 2 ประเด็น ต่างก็มีความไม่สะดวกสบายมีปัญหาที่แตกต่างกันไป แต่ความไม่สะดวกสบายนี้แต่เมื่อมาวิเคราะห์ทั้ง 2 อย่างก็มีข้อดีอยู่ เมื่อได้พิจารณาแล้ว มีแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา คือการใช้รถส่วนตัวร่วมกับรถประจำทาง จึงได้ทำการระดมสมองในหัวข้อ การใช้รถส่วนตัวร่วมกับระบบขนส่งมวลชนดังรูปได้ในรูปที่ 3.8 สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ การใช้สถานที่จอดรถและไม่ใช้สถานที่จอดรถ

รูปที่ 3.8 สรุปการใช้รถส่วนตัวร่วมกับระบบขนส่งมวลชน

เมื่อรวบรวมความคิดต่างๆมาไว้เพียง 2 กลุ่ม ส่วนใหญ่คิดว่าการใช้รถส่วนตัวร่วมกับรถประจำทาง ก็คือ การไปจอดรถไว้ในที่จอดรถต่างๆ หรือให้บุคคลที่รู้จักมาส่ง หรือใช้จักรยาน แล้วก็ขึ้นรถประจำทางเพื่อไปยังจุดหมาย จากปัญหาที่ได้กล่าวมาได้มีการรวมความคิดที่ว่าการแก้ปัญหาการใช้รถส่วนตัวร่วมกับระบบขนส่งมวลชนดังรูปที่ 3.9

Mechanical Engineering Department Burapha University

รูปที่ 3.9 สรุปการแก้ปัญหาการใช้รถส่วนตัวรวมกับระบบขนส่งมวลชน

ได้วิธีการแก้มา 2 อย่างคือ การทำที่จอดรถและการทำจักรยานพกพา เมื่อพิจารณาและวิเคราะห์แล้ว การทำที่จอดรถไม่สามารถทำได้ในโครงงานนี้เนื่องจากหลายปัจจัย เช่น งบประมาณ สถานที่ เป็นต้นแต่จักรยานพกพามีความท้าทายการลงในด้านงานวิศวกรรมเครื่องกลที่สูงพอสมควร

จากการที่รวบรวมความคิดจากการระดมสมองแล้วมาวิเคราะห์ชิ้นได้ออกเป็นจักรยานพกพาและมีการแยกความน่าจะเป็นที่จักรยานพกพาจะสามารถเป็นไปได้ ดังนี้

Department of Mechanical Engineering Burapha University

รูปที่ 3.10 สรุปคุณสมบัติต่าง ๆของจักรยานพกพา

Department of Mechanical Engineering Burapha University

บทที่ 4
การออกแบบจักรยาน

การศึกษานี้แบ่งการวิเคราะห์จักรยานพับได้เป็นสามส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์โครงสร้างของจักรยาน การวิเคราะห์ระบบขับเคลื่อน และขนาดร่างกายของผู้ขับขี่ โดยในส่วนของโครงสร้างเกี่ยวข้องกับขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานรวมถึงความแข็งแรงของโครงสร้างของจักรยาน สำหรับการวิเคราะห์ระบบขับเคลื่อนเกี่ยวข้องกับการใช้พื้นฐานทางพลศาสตร์และกลศาสตร์ของเครื่องจักรกลเข้ามาวิเคราะห์เพื่อให้จักรยานมีการเคลื่อนที่อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์ทั้งสองส่วนข้างต้นจะนำไปใช้กับจักรยานที่มีอยู่ในท้องตลาด และจักรยานที่ได้ออกแบบไว้จากการศึกษานี้

4.1 การวิเคราะห์จักรยาน

4.1.1 ขนาดโครงสร้างของจักรยาน

4.1.1.1 ล้อ

จักรยานประกอบด้วยล้อซึ่งเป็นส่วนประกอบของจักรยานที่ทำให้จักรยานสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเมื่อผู้ปั่นออกแรงปั่นจักรยานที่บันได โดยทั่วไปแล้วขนาดของจักรยานก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของล้อและขนาดของล้อจะสัมพันธ์กับจักรยานหลายอย่างโดยเฉพาะการทรงตัวของรถจักรยาน สำหรับล้อที่มีขนาดใหญ่จะสามารถทรงตัวได้ดีสามารถใช้ได้กับทุกสถานการณ์ไม่ว่าถนนจะเรียบหรือขรุขระ มีความคล่องตัวสูง ส่วนน้ำหนักของจักรยาน ล้อที่มีขนาดใหญ่จะมีน้ำหนักมากกว่าล้อขนาดเล็กเสมอ(สำหรับวัสดุชนิดเดียวกัน) และในส่วนของล้อที่มีขนาดเล็กก็จะมีคุณสมบัติตรงข้ามกับล้อขนาดใหญ่แต่ในเรื่องความแข็งแรงก็จะมีความใกล้เคียงกัน

4.1.1.2 ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางล้อ

สำหรับน้ำหนักทั้งหมดของจักรยานรวมทั้งผู้ขี่ด้วยก็จะมาลงสู่จุดคือจุดนี้แต่เมื่อโครงสร้างที่ยึดติดจุดสองจุดนี้ก็จะทำให้เกิดแรงที่จะลงผลกระทบตามมา ก็จะมีทั้งโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนแต่ระยะระหว่างจุดสองจุดนี้จะทำให้โมเมนต์ดัดเกิดการเปลี่ยนแปลงได้สำหรับระยะที่ห่างก็จะทำให้โมมนต์ดัดมากขึ้นแต่ก็อาจจะทำให้จักรยานมีการทรงตัวที่ยากมากขึ้นตามไปด้วย

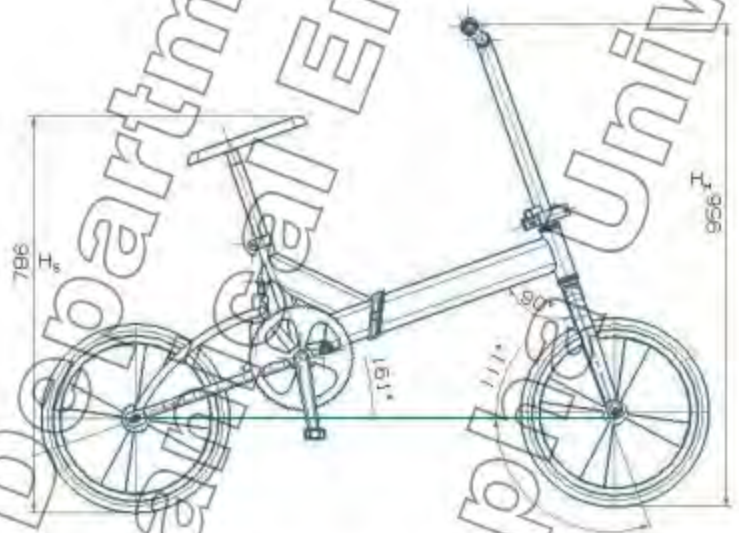
4.1.1.3 ระยะและความสูงของแฮนด์กับเบาะ

ระยะและความสูงของแฮนด์ รวมถึงความสูงของเบาะมีผลต่อองศาท่านั่งของผู้ขับขี่ เพื่อความสบายของการขี่จักรยาน ท่านั่งควรจะนั่งหลังตรง แต่สำหรับจักรยานทั่วไปแล้วหลังของผู้ขับขี่ควรเอียงมีองศาของหลังเท่ากับ 45 องศา เพื่อไม่ให้ด้านอากาศมากเกินไปและยังคงที่นั่งสบาย [20] สำหรับความสูงของเบาะและแฮนด์ โดยทั่วไปแฮนด์กับเบาะจะมีความสูงที่ใกล้เคียงกันไม่เกิน 2-3 นิ้วแต่ถ้าแฮนด์ต่ำเกินไปก็จะทำให้องศาของหลังมากขึ้นก็จะทำให้ปวดหลังได้ แต่แฮนด์ที่มีความสูงมากกว่าเบาะก็จะไม่มีผลอะไรมากนัก [20] ส่วนระยะระหว่างแฮนด์กับเบาะก็จะมีผลต่อท่านั่งเหมือนกัน เมื่อระยะห่างเกินไปก็

Department of Mechanical Engineering Burapha University

จะทำให้องศาของหลังมากตามไปด้วย แต่ถ้าใกล้เกินไปก็จะทำให้เป็นเกือดการหปอนและอาจจะเป็นส่วนเกินในการขี่จักรยานก็เป็นได้ [20] ดังนั้น จึงสามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนี้

มุม	θ_H	=	69°
	θ_S	=	21°
ความสูง	H_H	=	0.966 m
	H_S	=	0.786 m
	$\Delta\theta$	=	$\theta_H - \theta_S$
	$\Delta\theta$	=	48°
	ΔH	=	$H_H - H_S$
	ΔH	=	0.170 m



รูปที่ 4.1 ความสูงของแฮนด์และเบาะ

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.1.1.4 ความกว้างของแฮนด์

ในการปรับแต่งความกว้างของแฮนด์จักรยาน อาจใช้วิธีการทดลองอย่างง่ายๆโดยวิธีการวิ่งพื้นดูหลายๆที โดยลองเปลี่ยนตำแหน่งมือห่างกันหรือชิดกัน ตำแหน่งใดที่ออกแรงได้ถนัดที่สุดก็ใช้ระยะนั้น เพราะนั้นในการออกแบบรถจักรยานควรออกแบบให้ระยะความกว้างของแฮนด์เหมาะสมความกว้างของไหล่ เพื่อการขับขี่สบายมากขึ้นและเพื่อเพิ่มความสามารถในการควบคุมรถจักรยานได้ง่ายขึ้น

H = ความสูงจักรยานและมนุษย์

W = ความกว้างแฮนด์และไหล่

สมการผลต่างความสูงกับความกว้าง

จักรยาน; H-W = 0.958-0.5430 m = 0.413 m

มนุษย์; H-W = 1.684-0.3805 m = 0.211 m

$$\Delta(H\text{-}W) = \Delta(H\text{-}W)_B - \Delta(H\text{-}W)_H \quad (4.1)$$

$\Delta(H\text{-}W)$ = 0.413 - 0.211 m

$\Delta(H\text{-}W)$ = 0.202 m

4.1.2 ระบบการขับเคลื่อน

4.1.2.1ล้อ

สำหรับล้อตามที่ได้กล่าวมาในส่วนโครงสร้างแล้วในส่วนนี้ล้อก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้จักรยานมีความเร็วที่แตกต่างกันสำหรับความเร็วรอบที่เท่ากันล้อที่มีขนาดใหญ่จะได้ประโยชน์มากกว่าล้อเล็กและแรงฉุดของล้อใหญ่ก็ยังมีมากกว่าอีกด้วย

ความเร็วของล้อ

ทิศทางความเร็วของล้อแสดงดังรูปที่ 4.2 ซึ่งหาได้จากสมการที่ 4.2

รูปที่ 4.2 แสดงการเคลื่อนที่ของล้อ

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ลมการความเร็วของล้อจักรยาน

$$V = \omega R \quad (4.2)$$

โดยที่

V = ความเร็วล้อจักรยาน
ω = ความเร็วเชิงมุม
R = รัศมีของวงล้อ

4.1.2.2 เกียร์จักรยาน

เกียร์จักรยานออกแบบมาด้วยเหตุผลคล้ายกับเกียร์รถยนต์ คือเพื่อให้ผู้ถีบสามารถใช้ระบบกำและแรงถีบได้อย่างเหมาะสมกับสภาพเส้นทาง ความเร็ว และสภาพของตัวผู้ถีบเอง โดยจะเลือกอัตราทดจากการเปลี่ยนตำแหน่งโซ่ในชุดจานหน้าซึ่งจะมีตั้งแต่ 2 - 3 จานดังตัวอย่างเฟืองทดของจักรยานรุ่น BL 26007 Model: BLACK LINE ตามแสดงในตารางที่ 4.1 รวมกับการเปลี่ยนตำแหน่งโซ่ในชุดเฟืองหลังซึ่งมีตั้งแต่ 7 - 9 เฟือง

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างอัตราทดของเฟืองในจักรยานรุ่น BL 26007 Model: BLACK LINE [24]

	เฟือง 9	เฟือง 8	เฟือง7	เฟือง 6	เฟือง 5	เฟือง 4	เฟือง 3	เฟือง 2	เฟือง 1
จาน 3	4	3.67	3.14	2.75	2.44	2.1	1.83	1.57	1.38
จาน 2	2.91	2.67	2.29	2	1.78	1.52	1.33	1.14	1
จาน 1	2	1.83	1.57	1.38	1.22	1.05	0.92	0.79	0.69

การคำนวณอัตราทด

$$N = \frac{C_F}{C_R} \quad (4.3)$$

โดยที่

N = อัตราทด
C_F = จำนวนฟันเฟืองของจานหน้า
C_R = จำนวนฟันเฟืองของสเตอร์หลัง

การคำนวณอัตราแรงที่ใช้ปั่น

$$I = \frac{MR^2}{2} \quad (4.4)$$

$$T = I\alpha \quad (4.5)$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$$F = \frac{T}{r_1} \quad (4.6)$$

$$F_{pin} = F\frac{r_2}{r_3} \quad (4.7)$$

โดยที่

M = มวลจักรยานรวมมวลมนุษย์ , F_{pin} = แรงที่ใช้บีบ
r_1 = รัศมีของสเตอร์หลัง , ω = ความเร่งเชิงมุม
r_2 = รัศมีของจานหน้า , R = รัศมีวงล้อหลัง
r_3 = ความยาวของบันได

หลักการใช้เกียร์นี้เหมาะสมนั้นไม่มีอะไรมากไปกว่าการใช้ความหนักเบาให้พอดีกับแรงและลุยภาพ การใช้เกียร์ที่หนักยิ่งราคาสูงๆ เช่น 2-9 อาจจะเหมาะสมสำหรับความเร็วสูงสุดชั่วขณะในทางเรียบหรือความเร็วในการลงเขา แต่ไม่เหมาะสำหรับการเดินทางไกลๆเพราะจะหนักเกินไป สู้ใช้เกียร์ที่เบากว่าแต่ใช้รอบขาสูงกว่าไม่ได้ และเกียร์ที่เบาเกินไปก็ไม่มีประโยชน์ต่อการออกกำลังกาย น้ำหนักเกียร์ที่เหมาะสมขึ้นเป็นเรื่องที่คุณจะต้องเลือกใช้ตามความจำเป็น

4.1.2.3 โซ่

เป็นตัวถ่ายทอดแรงจากบันไดไปยังล้อหลัง โดยรับจากจานหน้าลงต่อไปยังเฟืองหลังจุดอ่อนของโซ่ก็คือ ข้อโซ่ ข้อโซ่อาจจะได้รับการออกแบบมาอย่างดีสำหรับการรับแรงกระทำในแนวยาวซึ่งจะมาในรูปของการดึง แต่ไม่ได้ถูกออกแบบมาดีนักสำหรับการรับแรงบิด ทั้งการบิดเกลียวและการบิดด้านข้าง เมื่อโซ่ได้รับแรงบิด ข้อโซ่จะเป็นบริเวณที่ต้องเผชิญกับความเครียดและแรงเค้น เมื่อโลหะที่เป็นแผ่นประกับ(outer plate)ตรงบริเวณข้อโซ่ได้สะสมความเครียดและแรงเค้นจนถึงจุดที่เกิดอาการล้าตัวแล้วแกนข้อโซ่ก็จะถูกบิดให้หลุดออกมา ก็จะเกิดอาการที่เรียกว่า "โซ่ขาด"

การบิดของโซ่จะเกิดเกือบตลอดเวลาของการใช้งาน โดยการบิดตัวด้านข้างจะเกิดขึ้นในขณะที่ใช้อัตราทดที่มีแนวโซ่เบี่ยงเบน ยิ่งเบี่ยงเบนมากก็จะบิดตัวมาก (การบิดด้านข้างของโซ่จะทำให้มีแรงต่อพื้นของจานหน้าและเฟืองหลังที่เกี่ยวข้องด้วย) ส่วนการบิดเกลียวจะเกิดขึ้นในขณะที่มีการเปลี่ยนตำแหน่งจานหน้า แรงบิดเกลียวที่กระทำต่อโซ่ในขณะเปลี่ยนตำแหน่งจานหน้านี้จะเพิ่มขึ้นตามแรงที่เรากดบันได

ลายพานเป็นพวกลงกำลังอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากการทำงานจะเงียบมากไม่ต้องดูแลรักษามาก โดยทำให้ลายพานตึงก็พอแล้วแต่ก็มีอายุการใช้งานที่น้อยและราคาค่อนข้างแพงพอสมควร

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การคำนวณแรงดึงในลายพาน

$$F = 2nF_i \quad (4.8)$$

โดย

F = แรงดึงในลายพาน

F_i = แรงดึงควบคุมต่อลายพาน 1 เส้น

n = จำนวนลายพาน

การคำนวณหาความยาวของโซ่

$$L = 1 + 0.25x(F+R) + 2x\sqrt{C^2 + (0.076x(F-R))^2} \quad (4.9)$$

โดยที่

L = ความยาวของโซ่หน่วยเป็นนิ้วถ้าเลขทศนิยมมากกว่า 5 ปัดขึ้น

C = ความยาวของโซ่หน่วยเป็นนิ้วมีค่าเป็น (1/8)

F = จำนวนฟันเฟืองของจานหน้า

R = จำนวนฟันเฟืองของสเตอร์หลัง

4.1.3 องค์ประกอบอื่น ๆที่เกี่ยวข้องกับรถจักรยาน

ขนาดร่างกายกับขนาดเฟรมรถจักรยานมีความสัมพันธ์กัน โดยดูว่าขนาดจักรยานประมาณไหนจะเหมาะกับขนาดร่างกาย โดยอาจไปทดลองครอม ขี่ และปั่นจักรยานด้วยตัวเองและจักรยานมีหลายประเภทให้เลือก ดังนั้นมีการเลือกขนาดจักรยานให้เหมาะสมกับสรีระของผู้ขี่ จะทำให้ปั่นได้อย่างสบาย ปั่นได้ถูกท่าและเร็วขึ้น การเลือกขนาดจักรยานผิดอาจทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ คอ หลัง แขน ฯลฯ ซึ่งขนาดร่างกายของผู้ขับขี่นั้น เป็นปัจจัยสำคัญของการเลือกขนาดของจักรยาน โดยในการศึกษานี้อ้างอิงขนาดข้อมูลสรีระของคนไทย จำนวน 13,442 คน ที่มีอายุระหว่าง 17 ถึง 49 ปี แบ่งเป็นผู้หญิง 8,582 คน และผู้ชาย 4,860 คน โดยน้ำหนักและความสูงเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 4.2 และขนาดสรีระร่างกายส่วนต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4.3

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักและความสูงเฉลี่ยของคนไทย ปี พ.ศ.2525 [20]

เพศ	น้ำหนัก kg.	ส่วนสูง cm.
ชาย	68.9	169.4
หญิง	57.4	156.9

รูปที่ 4.3 ขนาดสรีระร่างกายของมนุษย์ในโปรแกรม Unigraphics NX

โดยแรงปั่นของคนที่ปั่นจักรยานทั้ง 4 แบบ คำนวณได้ดังนี้
-รถจักรยานชนิดแบบ
ให้ความเร็วของรถจักรยานเท่ากับ 10 km/hr

$$V = \frac{10 * 1000}{3600}$$

$$V = 2.78 \text{ m/s}$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

โดยที่ R คือรัศมีของล้อหลัง

$$\omega = \frac{2.78}{0.190}$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$$\omega = 14.63 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

โดยที่ $\omega_0 = 0$ rad/s และ $t = 5$ s

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{14.63}{5}$$

$$\alpha = 2.926 \text{ rad/s}^2$$

$$T = I\alpha$$

$$I = \frac{mR^2}{2}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$I = \frac{80.17 \times 0.190^2}{2}$$

$$I = 1.447 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$T = 1.447 \times 2.926$$

$$T = 4.234 \text{ N.m}$$

$r_1 = 0.029$ m รัศมีของมอเตอร์หลัง

$r_2 = 0.103$ m รัศมีของฟันหน้า

$r_3 = 0.155$ m ความยาวของบันได

$$Fr_1 = T$$

$$F = \frac{4.234}{0.029}$$

$$F = 146.00 \text{ N}$$

$$Fr_2 = F_{foot} r_3$$

$$F_{foot} = F \frac{r_2}{r_3}$$

$$F_{foot} = 146.00 \frac{0.103}{0.155}$$

$$F_{foot} = 97.01 \text{ N}$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

-รถจักรยานแบบ101

ให้ความเร็วของรถจักรยานเท่ากับ 10 km/hr

$$V = \frac{10 \times 1000}{3600}$$

$$V = 2.78 \text{ m/s}$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$\omega = \frac{2.78}{0.190}$$

$$\omega = 14.63 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

โดยที่ $\omega_0 = 0$ rad/s และ t = 5 s

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{14.63}{5}$$

$$\alpha = 2.926 \text{ rad/s}^2$$

$$T = I\alpha$$

$$I = \frac{MR^2}{2}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$I = \frac{100 \times 0.190^2}{2}$$

$$I = 1.805 \text{ kg·m}^2$$

$$T = 1.805 \times 2.926$$

$$T = 5.281 \text{ N·m}$$

$r_1 = 0.025$ m รัศมีของเฟืองหลัง

$r_2 = 0.063$ m รัศมีของจานหน้า

$r_3 = 0.155$ m ความยาวของบันได

$$Fr_1 = T$$

$$F = \frac{5.281}{0.025}$$

$$F = 211.257 \text{ N}$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$$Fr_2 = F_{foot} r_3$$

$$F_{foot} = F \frac{r_2}{r_3}$$

$$F_{foot} = 211.257 \frac{0.063}{0.155}$$

$$F_{foot} = 85.87 \text{ N}$$

-รถจักรยานแบบ102

ให้ความเร็วของรถจักรยานเท่ากับ 10 km/hr

$$V = \frac{10 \times 1000}{3600}$$

$$V = 2.78 \text{ m/s}$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$\omega = \frac{2.78}{0.190}$$

$$\omega = 14.63 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

โดยที่ ω_0 = 0 rad/s และ t = 5 s

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{14.63}{5}$$

$$\alpha = 2.926 \text{ rad/s}^2$$

$$T = I\alpha$$

$$I = \frac{MR^2}{2}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$I = \frac{66.00 \times 0.190^2}{2}$$

$$I = 1.198 \text{ kg·m}^2$$

$$T = 1.198 \times 2.926$$

$$T = 3.51 \text{ N.m}$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

r_1 = 0.020 m รัศมีของสเตอร์หลัง

r_2 = 0.095 m รัศมีของจานหน้า

r_3 = 0.152 m ความยาวของบันได

$$Fr_1 = T$$

$$F = \frac{3.51}{0.020}$$

$$F = 175.33 \text{ N}$$

$$Fr_2 = F_{foot}r_3$$

$$F_{foot} = F\frac{r_2}{r_3}$$

$$F_{foot} = 175.33\frac{0.095}{0.152}$$

$$F_{foot} = 109.58 \text{ N}$$

-รถจักรยานแบบ103

ให้ความเร็วของรถจักรยานเท่ากับ 10 km/hr

$$V = \frac{10 * 1000}{3600}$$

$$V = 2.78 \text{ m/s}$$

$$\omega = \frac{V}{R}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$\omega = \frac{2.78}{0.190}$$

$$\omega = 14.63 \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

โดยที่ ω_0 = 0 rad/s และ t = 5 s

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

$$\alpha = \frac{14.63}{5}$$

$$\alpha = 2.926 \text{ rad/s}^2$$

$$T = I\alpha$$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$$I = \frac{MR^2}{2}$$

โดยที่ R คือรัศมีวงล้อหลัง

$$I = \frac{96.61 \times 0.190^2}{2}$$

$$I = 1.744 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

$$T = 1.744 \times 2.926$$

$$T = 5.103 \text{ N.m}$$

$r_1 = 0.025$ m รัศมีของสเตอร์หลัง

$r_2 = 0.063$ m รัศมีของจานหน้า

$r_3 = 0.155$ m ความยาวของบันได

$$Fr_1 = T$$

$$F = \frac{5.103}{0.025}$$

$$F = 204.10 \text{ N}$$

$$Fr_2 = F_{foot} r_3$$

$$F_{foot} = F \frac{r_2}{r_3}$$

$$F_{foot} = 204.10 \frac{0.063}{0.155}$$

$$F_{foot} = 82.95 \text{ N}$$

จากการคำนวณแรงที่ใช้ปั่นจักรยานต้นแบบและจักรยานที่ออกแบบให้มีความเร็ว 10 km/hr จากหยุดนิ่งภายในเวลา 5 วินาที โดยสมมติให้ความเร่งมีค่าคงที่แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แรงที่ใช้ปั่นจักรยานจากหยุดนิ่งให้มีความเร็ว 10 km/hr ในเวลา 5 วินาที

รูปแบบจักรยาน	แรงปั่น (N)	เทียบจักรยานต้นแบบ
ต้นแบบ	97.01	-
แบบ 101	85.87	0.89เท่า
แบบ 102	109.58	1.13เท่า
แบบ 103	82.95	0.86เท่า

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลขนาดของส่วนต่าง ๆของร่างกาย [20]

Scaling	Male (cm)	Female (cm)
1. Abdominal Depth	22.558815	21.667137
2. Acromion Height	140.554504	128.315277
3. Ankle Height	6.475647	5.860832
4. Arm Length	75.930696	69.888702
5. Biacromial Breadth	38.887474	35.425804
6. Bideltoid Breadth	46.259877	42.06485
7. Buttock Knee Length	59.517509	54.971542
8. Elbow Fingertip Length	43.722626	40.771938
9. Elbow Rest Height	19.40416	18.68096
10. Foot Breadth	10.274343	9.072587
11. Foot Length	26.119734	23.158552
12. Hand Breadth	8.868839	7.7780975
13. Hand Length	16.352055	15.649257
14. Head Breadth	15.147982	14.424609
15. Head Height	22.979988	21.419609
16. Head Length	19.484749	18.506641
17. Hip Breadth	32.657394	33.235302
18. Interpupil Distance	6.493587	6.183158
19. Shoulder Elbow Length	38.046486	35.006149
20. Sitting Acromial Height	57.926155	53.282234
21. Sitting Eye Height	74.706329	70.721825
22. Sitting Height	86.7621	81.903618
23. Sitting Knee Height	55.31918	50.448486
24. Thigh Clearance	17.056875	16.876118
25. Thumbtip Reach	78.609169	74.853073

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของรถจักรยานรูปแบบทั่วไป

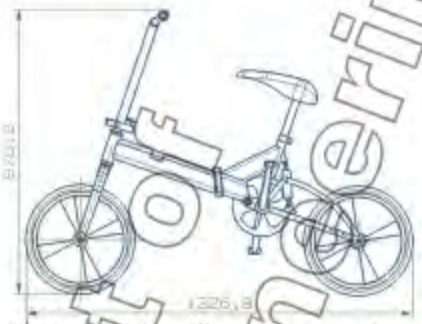
4.2.1 ข้อมูลจักรยาน

จักรยานที่นำมาศึกษานี้เป็นจักรยานยี่ห้อ chevrolet มีขนาด 0.900x1.200x0.025 เมตร ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งผู้จัดทำได้ถอดแบบจักรยานและสร้างโมเดลโดยใช้โปรแกรม Unigraphics NX 7.5 ดังแสดงรูปโมเดลสามมิติในรูปที่ 4.5 และรูปสองมิติในรูปที่ 4.6 ซึ่งรายละเอียดขนาดของส่วนประกอบที่สำคัญของจักรยานแสดงในตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.4 จักรยาน chevrolet ที่นำมาศึกษา

รูปที่ 4.5 โมเดลสามมิติของจักรยาน Chevrolet

Department of Mechanical Engineering Burapha University



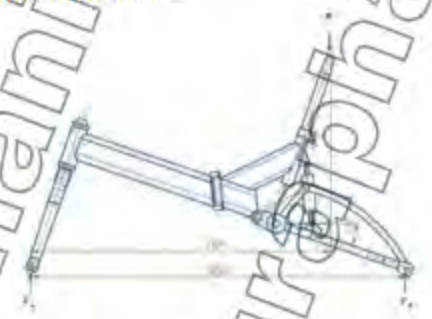
รูปที่ 4.6 แบบร่องมิติของจักรยาน Chevrolet (หน่วยmm)

ตารางที่ 4.5 ขนาดส่วนประกอบที่สำคัญของจักรยาน Chevrolet

จักรยาน Chevrolet	รายละเอียด
วัสดุโครงจักรยาน	เหล็ก
ขนาดก่อนพับ	0.954x0.953x0.025 เมตร
ขนาดหลังพับ	0.600x0.075x0.480 เมตร
วัสดุล้อจักรยาน	อลูมิเนียม
เส้นผ่านศูนย์กลางล้อจักรยาน	0.374 เมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางจานหน้า	0.206 เมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางสเตอร์หลัง	0.058 เมตร
น้ำหนักรถจักรยาน	12.8 กิโลกรัม

4.2.2 การคำนวณทางทฤษฎี

มีแรง W เท่ากับ 981 N มากระทำที่จุดตรงเบาะจากนั้นมีแรง F_A และ F_B กระทำโครงจักรยาน ตอบสนองกับแรง W ที่กระทำลงโครงจักรยาน



รูปที่ 4.7 ขนาดและ Free body diagram ของโครงจักรยาน Chevrolet (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ทำการคิดสมดุลของโมเมนต์รอบจุด A ทำให้ได้แรงปฏิกิริยาที่จุด B ดังนี้

$\circlearrowleft +$ $\quad \sum M_A = 0$

$W\,(764) - F_B\,(953) = 0$

$981\,(764) - F_B\,(953) = 0$

$F_B = 786.45\ N$

หากคิดสมดุลของแรงในแนวดิ่ง (แกน y) จะทำให้ได้แรงปฏิกิริยาที่จุด A ดังนี้

$\therefore \quad F_A = W - F_B$

$F_A = 981 - 786.45$

$F_A = 194.55\ N$

เมื่อหาขนาดของแรงปฏิกิริยาที่จุด A และ B ได้แล้วจึงคำนวณแรงที่จุดต่อต่างๆ ของโครงสร้างภายในชิ้นส่วนของจักรยาน โดยในส่วนของตะเกียบหน้าดังแสดงขนาดและ Free body diagram ในรูปที่ 4.8 จะมีแรงปฏิกิริยาที่คอของจักรยาน ได้แก่ แรงและโมเมนต์

รูปที่ 4.8 Free body diagram ของตะเกียบหน้า (หน่วยmm)

ทำการคิดสมดุลของโมเมนต์รอบจุด D ทำให้ได้โมเมนต์ที่จุด Dดังนี้

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$\circlearrowleft+$ $\sum M_D = 0$

$F_A (108) - M_D = 0$

$194.55 (108) - M_D = 0$

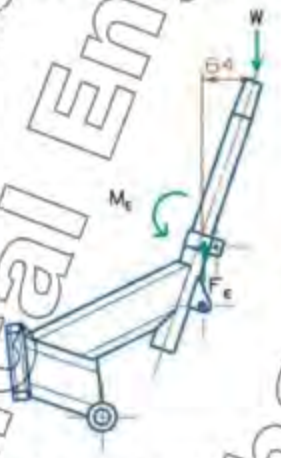
$M_D = 21011.4$ N·mm

หากคิดสมดุลของแรงในแนวดิ่ง (แกน y) จะทำให้ได้แรงปฏิกิริยาที่จุด D ดังนี้

$F_D - F_A = 0$

$F_D = 194.55$ N

เมื่อคำนวณแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อเฟรมของจักรยานในส่วนหน้าได้แล้ว จึงคำนวณแรงปฏิกิริยาในส่วนอื่นเพื่อทราบถึงแรงทั้งหมดที่กระทำต่อเฟรม เช่น ส่วนของเฟรมที่ติดกับคอของเบาะ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก Free body diagram ของคอเบาะดังรูปที่ 4.9 ดังนี้



รูปที่ 4.9 Free body diagram ของคอเบาะ (หน่วย mm)

ทำการสมดุลโมเมนต์รอบจุด E ดังต่อไปนี้

$\circlearrowleft+$ $\sum M_E = 0$

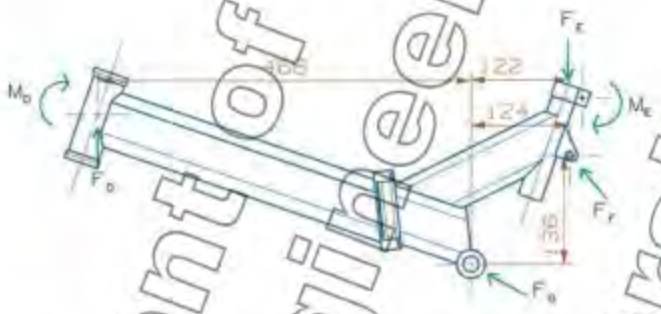
$W (64) - M_E = 0$

$981 (64) - M_E = 0$

$M_E = 62784$ N

การสมดุลแรงในแกน y จะได้ว่า $F_E = W$ ดังรูปที่ 4.10

Department of Mechanical Engineering Burapha University



รูปที่ A.10 Free body diagram ของเฟรมหลัก 2 ชิ้น (หน่วยmm)

จากการสมดุลแรงและโมเมนต์ข้างต้นในชิ้นส่วนที่มีการเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนเฟรมหลักและการสมดุลโมเมนต์รอบจุด G เพื่อหาแรง F_F ได้ดังต่อไปนี้

$\circlearrowleft +$ $\sum M_G = 0$

$M_D + M_E + F_D(468) + F_E(122) - F_F\cos 85.5(136) - F_F\sin 85.5(124) = 0$

$21011.4 + 62784 + 194.55(468) + 981(122) - F_F\cos 85.5(136) - F_F\sin 85.5(124) = 0$

$134.29\,F_F = 294526.8$

$F_F = 2193.21$ N

เมื่อได้แรง F_F ทำการสมดุลแรงทั้งแนวแกน X และแกน y เพื่อหาแรงและมุมที่กระทำกับจุด G

จาก $\uparrow +$ $\sum F_y = 0$

$F_D + F_F\sin 85.5 + F_G\sin\theta - F_E = 0$

$194.55 + 2193.21\sin 85.5 + F_G\sin\theta - 981 = 0$

$F_G\sin\theta = -1400.00$ N (1)

จาก $\leftarrow +$ $\sum F_x = 0$

$F_F\cos 85.5 + F_G\cos\theta = 0$

$2193.21\cos 85.5 + F_G\cos\theta = 0$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$F_d \cos\theta = -172.08$ N (2)

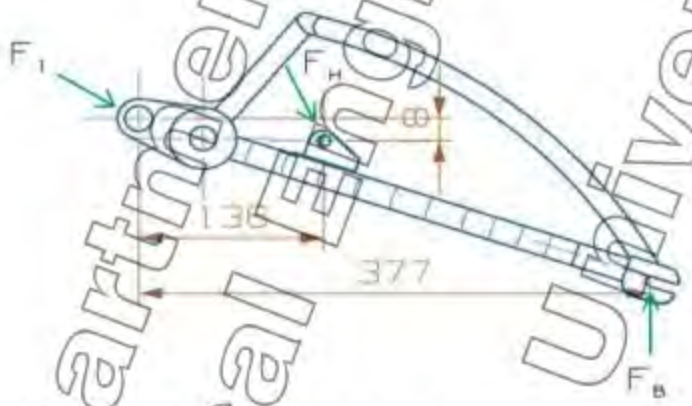
โดย (1) ÷(2)

$$\frac{F_d \sin\theta}{F_d \cos\theta} = \frac{-1400.00}{-172.08}$$

$\tan\theta = 8.14$

$\theta = 83.00$

$\therefore \quad F_d = -1410.51$ N



รูปที่ 4.1 Free body diagram ของคะเกียบหลัง (หน่วยmm)

สำหรับคะเกียบหลังให้สมดุลแรงรอบจุด I เพื่อหาแรงที่กระทำที่จุด H ได้ดังต่อไปนี้

$\circlearrowleft_+ \quad \sum M_I = 0$

$-F_B(377) + F_H\cos85.5\,(18) + F_H \sin85.5\,(136) = 0$

$-786.45(377) + F_H \cos85.5\,(18) + F_H\sin85.5\,(136) = 0$

$136.99\,F_H = 296491.65$

$F_H = 2164.33$ N

เมื่อได้แรง F_H แล้วทำการสมดุลทั้งแนวแกน X และแกน y เพื่อหาแรงและมุมที่กระทำกับจุด I

$\uparrow_+ \quad \sum F_y = 0$

$F_B - F_H \sin85.5 + F_I \sin\theta = 0$

Department of Mechanical Engineering Burapha University

$$786.45 - 2164.33 \sin 85.5 + F_i \sin\theta = 0$$

$$F_i \sin\theta = 1371.21 \text{ N} \quad (1)$$

$$\leftarrow+ \quad \sum F_x = 0$$

$$-F_\mu \cos 85.5 - F_i \cos\theta = 0$$

$$-2164.33 \cos 85.5 - F_i \cos\theta = 0$$

$$F_i \cos\theta = 169.81 \text{ N} \quad (2)$$

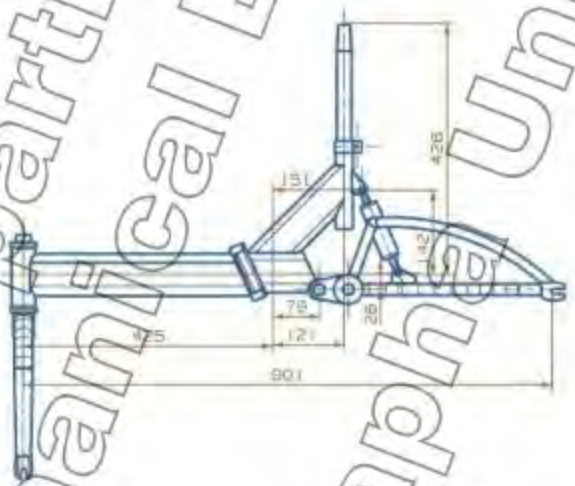
โดยที่ (1) ÷(2)

$$\frac{F_i \sin\theta}{F_i \cos\theta} = \frac{1371.21}{169.81}$$

$$\tan\theta = 8.09$$

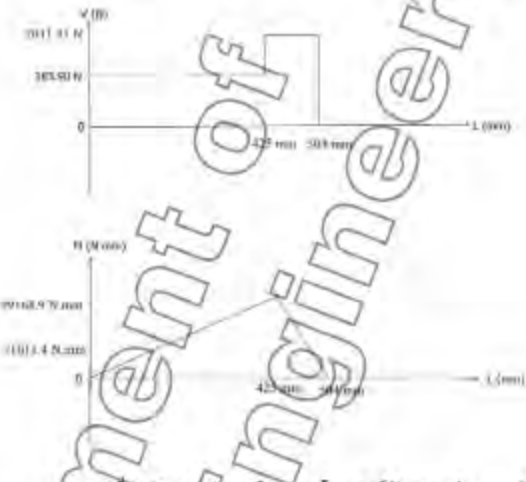
$$\theta = 82.95$$

$$\therefore \quad F_i = 1383.54 \text{ N}$$

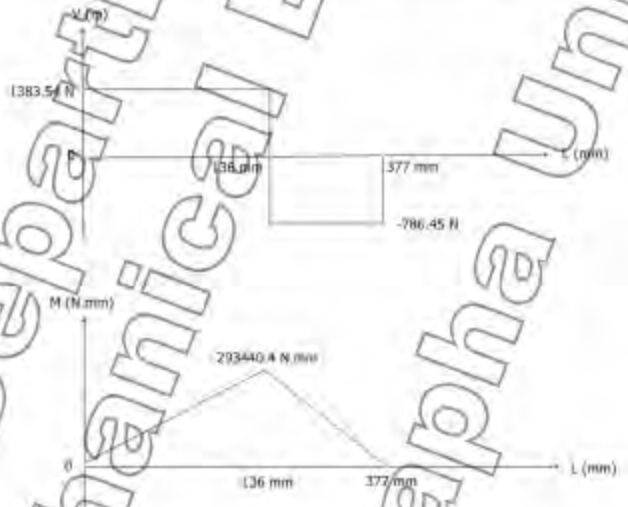


รูปที่ 4.12 Dimension ของโครงสร้างรถ (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University



รูปที่ 4.13 กราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดช่วงหน้า



รูปที่ 4.14 กราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดช่วงหลัง

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การคำนวณค่าความเค้นช่วงโครงรถ โดยใช้ขนาดตามรูปที่ 4.15

$$I_{square} = \frac{0.03x0.04^3}{12} - \frac{0.027x0.04^3}{12}$$

$$I_{square} = 1.6x10^{-8} \quad m^4$$

$$I_{Large-semicircle} = \frac{\pi R^4}{8}$$

$$I_{Large-semicircle} = \frac{\pi(0.015)^4}{8}$$

$$I_{Large-semicircle} = 1.99x10^{-8} \quad m^4$$

$$I_{Small-semicircle} = \frac{\pi r^4}{8}$$

$$I_{Small-semicircle} = \frac{\pi(0.0135)^4}{8}$$

$$I_{Small-semicircle} = 1.30x10^{-8} \quad m^4$$

$$I_{total} = 1.6x10^{-8} + 2\left(1.99x10^{-8} + 3.53x10^{-6}(0.0264)^2 - 1.30x10^{-8} + \left(2.85x10^{-4}\right)(0.023)^2\right)$$

$$I_{total} = 1.6x10^{-8} + 2\left(2.66x10^{-7} - 1.64x10^{-7}\right)$$

$$I_{total} = 2.19x10^{-7}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}y}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{477(0.035)}{2.19x10^{-7}}$$

$$\sigma_{max} = 6.663 \quad MPa$$

รูปที่ 4.15 ขนาดช่วงโครงรถ (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การคำนวณค่าความเค้นช่วงตะเกียบหลัง โดยใช้ขนาดตามรูปที่ 4.16

$$I = \frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi(0.019)^4}{64} - \frac{\pi(0.0175)^4}{64}$$

$$I = (0.6397 - 0.4604)x10^{-8}$$

$$I = 0.1793x10^{-8} \quad m^4$$

$$Y = 0.0095 \quad m$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} Y}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{148.64x0.0095}{0.1793x10^{-8}}$$

$$\sigma_{max} = 787.55 \quad MPa$$

รูปที่ 4.16 ขนาดช่วงตะเกียบหลัง (หน่วย mm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การคำนวณค่าความเค้นช่วงคะเยียบหน้า โดยใช้ขนาดตามรูปที่ 4.17

$$I = \frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi(0.02898)^4}{64} - \frac{\pi(0.02798)^4}{64}$$

$$I = 0.4537x10^{-8} \quad m^4$$

$$Y = 0.01449 \quad m$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} Y}{I}$$

$$\sigma_{max} = \frac{106.22x0.01449}{0.4537x10^{-8}}$$

$$\sigma_{max} = 339.24 \quad MPa$$

รูปที่ 4.17 ขนาดช่วงคะเยียบหน้า (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

คำนวณระยะทางที่ได้ในการปั่นหนึ่งรอบ

-ต้นแบบ

เส้นรอบวงล้อ x อัตราทด

$$\text{อัตราทด} = \frac{D_{driver}}{D_{driven}} = \frac{206}{58} = 3.55$$

$$2\pi r \times 3.55 = 2\pi \times 0.19 \times 3.55 = 4.24 \text{ m}$$

-แบบ 101 และ 103 ใช้ขนาดตามรูปที่ 4.18

เส้นรอบวงล้อ x อัตราทด

$$\text{อัตราทด} = \frac{D_{driver}}{D_{driven}} = \frac{125}{50} = 2.5$$

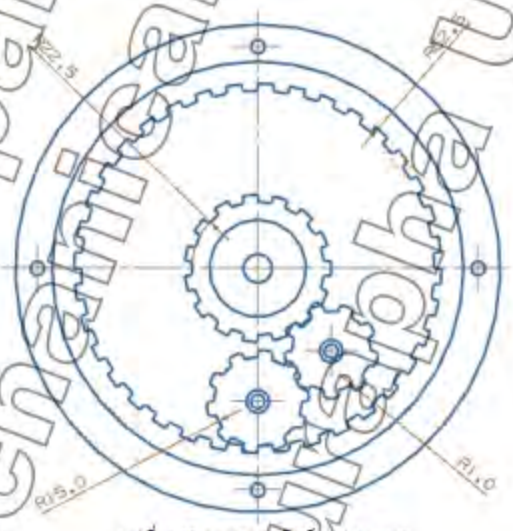
$$2\pi r \times 2.5 = 2\pi \times 0.19 \times 2.5 = 2.98 \text{ m}$$

-แบบ 102 ใช้ทดด้วยสายพาน

เส้นรอบวงล้อ x อัตราทด

$$\text{อัตราทด} = \frac{D_{driver}}{D_{driven}} = \frac{190}{45} = 4.22$$

$$2\pi r \times 4.22 = 2\pi \times 0.19 \times 4.22 = 5.04 \text{ m}$$



รูปที่ 4.18 ขนาดชุดเกียร์ (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.3 การวางกรอบแนวคิด ส่วนประกอบต่าง ๆของจักรยานที่ออกแบบ

จักรยานที่จะมีน้ำหนักไม่เกิน 10 kg สามารถรับน้ำหนักอย่างน้อย 100 kg สามารถพกพาได้สะดวกและใช้บนถนนที่ราบเรียบ จักรยานทั่วไปมีชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่ทำให้จักรยานมีน้ำหนักมากเกินความจำเป็นในการใช้งานและโครงสร้างที่ไม่เอื้ออำนวย เป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความไม่สะดวกที่จะใช้ในชีวิตประจำวันและการนำติดตัวไปในที่ต่าง ๆด้วยยิ่งเป็นไปไม่ได้ ปัจจัยที่ส่งผลเหล่านี้อาจจะเป็นสิ่งที่เกินความจำเป็นและจากการวิเคราะห์ข้างต้นทั้งหมด เมื่อเรามีข้อกำหนดที่บังคับเราจึงต้องมีการวิเคราะห์ถึงความจำเป็นของจักรยานที่จะออกแบบนี้โดยตั้งขึ้นเป้าหมายว่า นำสิ่งที่ไม่จำเป็นออกหรือหาสิ่งอื่นมาทดแทน

จักรยานพกพาที่ออกแบบมีด้วยกัน 3 แบบคือ

1. **แบบ 101** เป็นจักรยานที่ผสมผสานระหว่างจักรยานที่ใช้ในการแสดงกายกรรมและมีความคล่องตัวในการใช้งานด้วยขนาดที่มีความกะทัดรัดโดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของวงล้อ 50.7 cm และแฮนด์ที่สูงกว่าเบาะซึ่งจะทำให้การขับขี่ที่ง่าย
2. **แบบ 102** เป็นจักรยานที่มีลักษณะที่แตกต่างตรงกับจักรยานทั่วไป คือลักษณะการพับตัวโครงรถจักรยานที่เป็นการเก็บในลักษณะคล้ายการเก็บใส่กล่องกิตาร์ เป็นเส้นตรงเหมือนคล้ายกับท่อเหล็กมาเก็บเป็นเส้นคู่ขนาน วิธีการใช้เป็นการใช้คล้ายกับการนำท่อเหล็กสองท่อมาติดกันมาเป็นโครงรถจักรยาน
3. **แบบ 103** เป็นจักรยานที่ได้รับการพัฒนามาจากจักรยานแบบต้นแบบ คือด้านการพับโครงรถจักรยานจากสองส่วนเป็นสามส่วน ทำให้ใช้พื้นที่ในการเก็บรถจักรยานน้อยกว่ารถจักรยานต้นแบบ การขับขี่รถจักรยานจะคล้ายกับพาหนะการขี่ม้า

4.4 ส่วนประกอบต่าง ๆของจักรยานที่ออกแบบ

4.4.1จักรยานแบบ 101

สำหรับจักรยานแบบ 101 นี้ได้มีส่วนประกอบที่มีความพิเศษกว่าจักรยานทั่วไปในหลาย ๆด้าน เริ่มจากระบบล็อกชิ้นส่วนที่สามารถใช้งานง่าย โครงสร้างที่จะทำให้ผู้ขับขี่เกิดความรู้สึกแปลกใหม่ด้วยรูปร่างที่มีความกะทัดรัดมีน้ำหนักที่เบาสามารถที่จะเก็บใส่กระเป๋าได้ง่ายและสะดวก

Department of Mechanical Engineering Burapha University

1.	มือเบรค
2.	ปลอกแฮนด์
3.	แฮนด์
4.	ก้านแฮนด์
5.	ที่ล็อกแฮนด์
6.	ที่ล็อกก้านแฮนด์
7.	ล้อหน้า
8.	เบรค
9.	โครง
10.	ที่วางเท้า
11.	เบาะ
12.	ก้านเบาะ
13.	ที่ล็อกก้านเบาะ
14.	ล้อหลัง
15.	ชุดเกียร์

รูปที่ 4.19 ส่วนประกอบของจักรยานแบบ 101

4.4.2 จักรยานแบบ 102

เป็นจักรยานที่ถูกออกแบบมาเพื่อความคล่องตัวในการขับขี่และให้ความรู้สึกที่สปอลล์มากขึ้น โดยโครงสร้างที่เพรียวบางแต่ยังคงมีความแข็งแรงทนทานอยู่ และการพับเก็บที่เป็นเอกลักษณ์โดยมีรูปแบบที่คล้ายรูปทรงคีต้าร์

1.	มือเบรค
2.	ปลอกแฮนด์
3.	แฮนด์
4.	ก้านแฮนด์
5.	ที่ล็อกโครงกับตะเกียบ
6.	ล้อหน้า
7.	เบรค
8.	ที่วางเท้า
9.	ที่ล็อกระหว่าง
10.	ล้อหลัง
11.	เบาะ
12.	จานลาย/พาน

รูปที่ 4.20 ส่วนประกอบของจักรยานแบบ 102

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.4.3 จักรยานแบบ 103

เป็นจักรยานที่พัฒนามาจากต้นแบบจักรยานพับ เป็นจักรยานที่มีมากกว่าจักรยานพับทั่วไปคือโครงหลักมีการพับเป็นแบบ 2 ท่อน

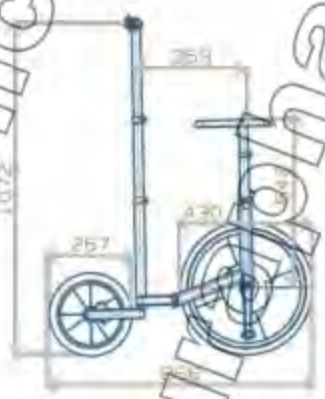
1.	แฮนด์
2.	ปอกแฮนด์
3.	ก้านแฮนด์
4.	ที่ล็อกคอกับก้านแฮนด์
5.	คะเกียบหน้า
6.	ล้อหน้า
7.	ล้อหลัง
8.	ที่วางเท้า
9.	คะเกียบหลัง
10.	เบาะ
11.	โครง
12.	ก้านเบาะ

รูปที่ 4.21 ส่วนประกอบของจักรยานแบบ 103

4.5 ขนาดก่อนและหลังพับจักรยานที่ออกแบบ

4.5.1 จักรยานแบบ 101

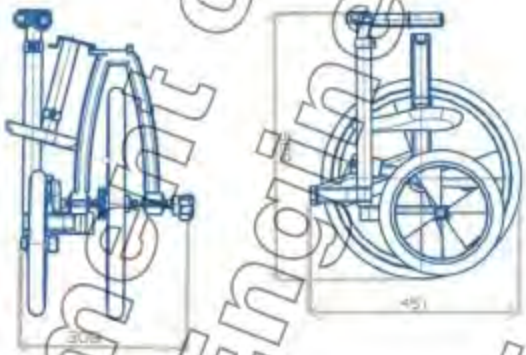
สำหรับจักรยานแบบ 101 ที่รับพื้นที่การใช้สอยมีขนาดความสูง 1.027 m ยาว 0.856 m และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อที่ใหญ่ที่สุดเท่ากับ 0.43 m ดังแสดงในรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แบบลองมิติของจักรยานแบบ 101 ก่อนพับ (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สำหรับขนาดหลังพับก็จะมี ความสูงเท่ากับ 0.569 m ยาว 0.451 m และกว้าง 0.309 m ดังแสดงในรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 แบบลองมิติของจักรยานแบบ 101 หลังพับ (หน่วยmm)

4.5.2 จักรยานแบบ 102

สำหรับขนาดพื้นที่ฉลอยของจักรยานแบบ 102 นี้มีขนาดความสูงเท่ากับ 1.064 m ยาว 1.092 m ดังแสดงในรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 แบบลองมิติของจักรยานแบบ 102 ก่อนพับ (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

สำหรับขนาดหลังพับจะมีพื้นที่ในด้านความสูงเท่ากับ 0.933 m ยาว 0.48 m กว้าง 0.331 m ดังแสดงใน รูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 แบบสองมิติของจักรยานแบบ 102 หลังพับ (หน่วยmm)

4.5.3 จักรยานแบบ 103

สำหรับพื้นที่ใช้สอยมีความสูงเท่ากับ 0.995 m และยาว 1.131 m ดังแสดงในรูปที่ 4.26

รูปที่ 4.26 แบบสองมิติของจักรยานแบบ 103 ก่อนพับ (หน่วยmm)

Department of Mechanical Engineering Burapha University

รูปที่ 4.27 แบบสองมิติของจักรยานแบบ 103 หลังพับ (หน่วยmm)

เมื่อทำการพับจักรยานทั้ง 3 รูปแบบแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบปริมาตรหลังพับและสัดส่วนปริมาตรเทียบกับจักรยานต้นแบบดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบปริมาตรหลังพับและสัดส่วนปริมาตรเทียบกับจักรยานต้นแบบ

รูปแบบจักรยาน	ขนาดหลังพับ(mxmxm)	ปริมาตรหลังพับ(m^3)	สัดส่วนเทียบต้นแบบ
ต้นแบบ	0.70X0.77X0.52	0.28	-
แบบ101	0.45X0.57X0.31	0.08	3.50 เท่า
แบบ102	0.43X0.93X0.33	0.132	2.12 เท่า
แบบ103	0.65X0.82X0.39	0.208	1.35 เท่า

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.6 ขั้นตอนการพับจักรยาน

4.6.1 ขั้นตอนการพับจักรยานต้นแบบ

จักรยานต้นแบบมีขั้นตอนการพับตามลำดับดังนี้

1.เริ่มจากปลดล็อกที่ล็อกคอแฮนด์ซึ่งเป็นที่ล็อกแบบแคมโดยการยกที่มือจับขึ้นแล้วดึงก้านล็อกลง ดังแสดงในรูปที่ 4.28

รูปที่ 4.28 การพับจักรยานต้นแบบขั้นตอนที่ 1

Department of Mechanical Engineering Burapha University

2.พับคอรถจักรยานลงมาขนานกับคะเกียบหน้าแล้วปลดล็อกโครงกลางซึ่งเป็นที่ล็อกแบบแคมเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.29

รูปที่ 4.29 การพับจักรยานต้นแบบขั้นตอนที่ 2

3.พับโครงกลางมาทางด้านหลังแล้วปลดล็อกที่เบาะลง ซึ่งเป็นที่ล็อกแบบลกรูแล้วเลื่อนเบาะลง ดังแสดงในรูปที่ 4.30

รูปที่ 4.30 การพับจักรยานต้นแบบขั้นตอนที่ 3

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.6.2 ขั้นตอนการพับจักรยานแบบ 101

1.เริ่มจากการพับแฮนด์โดยกดปุ่มที่ล็อกแฮนด์โดยเป็นการล็อกแบบสลับซึ่งแล้วพับแฮนด์เข้าหากัน ดังแสดงในรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.31 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 1

2. ปลดล็อกตัวล็อกที่ก้านแฮนด์โดยหมุนแบบลกรูแล้วเลื่อนก้านแฮนด์ลงดังแสดงในรูปที่ 4.32

รูปที่ 4.32 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 2

Department of Mechanical Engineering Burapha University

3.ปลดตัวล็อกก้านเบาะซึ่งเป็นที่ล็อกแบบแคมเหมือนกันแล้วพับเบาะลง ดังแสดงในรูปที่ 4.33

รูปที่ 4.33 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 3

4.พับโครงด้านหน้าพร้อมระบบเข้ากับโครงหลัก ดังแสดงในรูปที่ 4.34

รูปที่ 4.34 การพับจักรยานแบบ 101 ขั้นตอนที่ 4

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.6.3 ขั้นตอนการพับจักรยานแบบ 102

1.เริ่มจากการปลดล็อกแฮนด์ซึ่งเป็นที่ล็อกแบบลกรูโดยการใช้มือหมุน ดังแสดงในรูปที่ 4.35

รูปที่ 4.35 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 1

2.พับแฮนด์ลงมาขนานกับก้านแฮนด์ ดังแสดงในรูปที่ 4.36

รูปที่ 4.36 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 2

Department of Mechanical Engineering Burapha University

3.ปลดล็อกสลักเกลียวออกแล้วพับอานลง ดังแสดงในรูปที่ 4.37

รูปที่ 4.37 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 3

4.หมุนเกลียวที่ยึดโครงกับตะเกียบหน้าออกแล้วเลื่อนโครงทั้งสองออกมาซ้อนเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.38

รูปที่ 4.38 การพับจักรยานแบบ 102 ขั้นตอนที่ 4

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.6.4 ขั้นตอนการพับจักรยานแบบ 103

1.ปลดล็อกที่ล็อกคอซึ่งเป็นที่ล็อกแบบแคมแล้วพับแฮนด์ลง ดังแสดงในรูปที่ 4.39

รูปที่ 4.39 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 1

2.ปลดล็อกที่ล็อกแบบแคมซึ่งอยู่ตรงกลางโครงด้านหน้าแล้วพับโครงด้านหน้าเข้ามาประกอบเข้าโครงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 4.40

รูปที่ 4.40 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 2

Department of Mechanical Engineering Burapha University

3.ปลดล็อกที่ล็อกแบบแคมที่ด้านหลังโครงแล้วพับโครงเข้าหากัน ดังแสดงในรูปที่ 4.41

รูปที่ 4.41 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 3

4.ปลดล็อกซึ่งเป็นที่ล็อกแบบสกรูแล้วเลื่อนเบาะลง ดังแสดงในรูปที่ 4.42

รูปที่ 4.42 การพับจักรยานแบบ 103 ขั้นตอนที่ 4

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.7 การวิเคราะห์โครงสร้างรถจักรยานที่ออกแบบในโปรแกรม Unigraphics NX

4.7.1 การวิเคราะห์ค่าความเค้น

-จักรยานต้นแบบ

สำหรับความเค้นที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณรอยต่อเนื่องมาจากบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลันและค่าความเค้นที่มากที่สุดคือ 80.6 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.43

รูปที่ 4.43 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานต้นแบบ

-จักรยานแบบ 101

สำหรับความเค้นที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณต้นแบบเนื่องมาจากบริเวณนั้นเกิดการละลมของแรงและค่าความเค้นที่มากที่สุดคือ 11.1 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.44

Department of Mechanical Engineering Burapha University

รูปที่ 4.44 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานแบบ 101

-จักรยานแบบ 102

สำหรับความเค้นที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณรอยต่อเนื่องมาจากบริเวณนั้นรับแรงและโมเมนต์ไปพร้อม ๆกันและค่าความเค้นที่มากที่สุดคือ 190.7 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.45

รูปที่ 4.45 การวิเคราะห์ค่าความเค้นของจักรยานแบบ 102

-จักรยานแบบ 103

สำหรับความเค้นที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณรอยต่อเนื่องมาจากบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลันและค่าความเค้นที่มากที่สุดคือ 40.95 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4.46

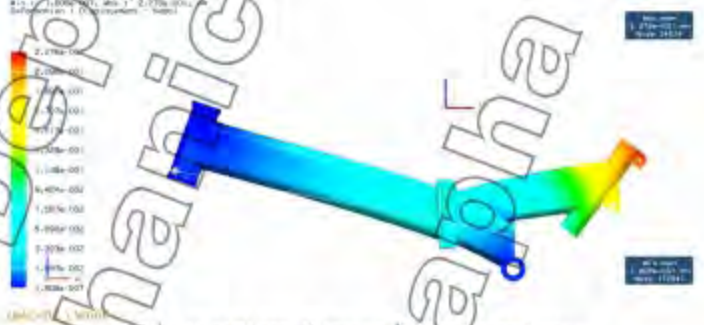
Department of Mechanical Engineering Burapha University

รูปที่ 4.46 การวิเคราะห์ค่าความเค้นของจักรยานแบบ 103

4.7.2 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อน

-จักรยานต้นแบบ

สำหรับระยะเคลื่อนที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าระยะยืดที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณปลายของชิ้นงานเนื่องจากที่ปลายชิ้นงานมีความเป็นอิสระสูงและมีแรงมากระทำด้วยโดมีค่ามากที่สุดคือ 0.23 mm



รูปที่ 4.47 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานต้นแบบ

Department of Mechanical Engineering Burapha University

-จักรยานแบบ 101

สำหรับระยะเคลื่อนที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าระยะยุบที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณปลายของชิ้นงานเนื่องจากที่ปลายชิ้นงานมีความเป็นอิสระสูงและมีแรงมากระทำด้วยโดยมีค่ามากที่สุด คือ 0.015 mm

รูปที่ 4.48 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานแบบ 101

-จักรยานแบบ 102

สำหรับระยะเคลื่อนที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าระยะยุบที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณปลายของชิ้นงานเนื่องจากที่ปลายชิ้นงานมีความเป็นอิสระสูงและมีแรงมากระทำด้วยโดยมีค่ามากที่สุด คือ 9.16 mm

รูปที่ 4.49 การวิเคราะห์ค่าระยะเคลื่อนของจักรยานแบบ 102

Department of Mechanical Engineering Burapha University

-จักรยานแบบ 103

สำหรับระยะเคลื่อนที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้นและได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าระยะยุบที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณปลายของชิ้นงานเนื่องจากที่ปลายชิ้นงานมีความเป็นอิสระสูงและมีแรงมากระทำด้วยโดมีค่ามากที่สุดคือ 0.81 mm

รูปที่ 4.50 การวิเคราะห์ระยะเคลื่อนของจักรยานแบบ 103

ตารางที่ 4.7 ค่าความปลอดภัยของจักรยานแต่ละแบบ

รูปแบบจักรยาน	ค่าความเค้นสูงสุด MPa	ค่าองค์ประกอบความปลอดภัย
ต้นแบบ	80.6	3.00
101	11.1	21.77
102	190.7	1.26
103	41.96	5.76

Department of Mechanical Engineering Burapha University

4.8 เปรียบเทียบน้ำหนักของรถจักรยานต้นแบบกับรถจักรยานที่ออกแบบ

ตารางที่ 4.8 แสดงน้ำหนักของอุปกรณ์รถจักรยานต้นแบบที่ชั่งจริงและแบบในโปรแกรมUnigraphics NX

อุปกรณ์	น้ำหนักจริง (kg)	น้ำหนักที่คำนวณในโปรแกรม NX(kg)	ผลต่างของน้ำหนัก(kg)	ความคลาดเคลื่อน(%)	เปรียบเทียบน้ำหนักรวม(%)
คะเกียบหน้า	0.88	0.88	0	0	6.88
โครงกลาง 2 อัน	2.84	2.81	0.03	1.06	22.19
คะเกียบหลัง	2.96	3.27	0.31	10.47	23.13
โซ่ค	0.50	0.50	0	0	3.91
ก้านเบาะ	0.32	0.39	0.07	21.88	2.50
เบาะ	0.70	0.70	0	0	5.47
ที่วางเท้า	0.22	0.22	0	0	1.72
ชุดแฮนด์	1.68	1.88	0.2	12.82	12.19
ชุดล้อหน้า	1.02	1.02	0	0	7.97
ชุดล้อหลัง	1.80	1.80	0	0	14.06
ผลรวม	12.8	12.95	0.15	1.75	100

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความความคลาดเคลื่อนน้ำหนักรวม

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักรวม} = \left|\frac{(\text{น้ำหนักคำนวณในNX} - \text{น้ำหนักจริง})}{\text{น้ำหนักจริง}}\right| \times 100\%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักรวม} = \left|\frac{(12.95 - 12.8)}{12.8}\right| \times 100\%$$

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้ำหนักรวม = 1.17%

จากตารางที่ 4.8 น้ำหนักจริงของจักรยานและน้ำหนักที่คำนวณในโปรแกรม Unigraphics NX มีความคลาดเคลื่อนเพียง 1.17% ทำให้เห็นว่า น้ำหนักที่คำนวณในโปรแกรม Unigraphics NX ของจักรยานต้นแบบมีความน่าเชื่อถือ จากนั้นจึงเปลี่ยนวัสดุจาก Steel เป็น Aluminum 6061 เหมือนกับจักรยานที่ออกแบบทั้ง 3 แบบ แล้วนำมาเปรียบเทียบในตารางที่ 4.7 พบว่า น้ำหนักของจักรยานที่ออกแบบทั้ง 3 รูปแบบ น้อยกว่าน้ำหนักของจักรยานต้นแบบเท่ากับ 30.8% 27.9%และ19.3%ตามลำดับ

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ตารางที่ 4.9 แสดงผลน้ำหนักของรถจักรยานและผลต่างของน้ำหนักเปรียบกับจักรยานต้นแบบ

รูปแบบจักรยาน	น้ำหนักรวมในโปรแกรม Unigraphics NX (kg)	ผลต่างของน้ำหนักในโปรแกรม Unigraphics NX เมื่อเทียบกับต้นแบบ (kg)	เปอร์เซ็นต์ผลต่างของน้ำหนักของจักรยาน (%)
ต้นแบบ	7.79	-	-
แบบ101	5.39	2.40	30.8
แบบ102	5.62	2.17	27.9
แบบ103	6.29	1.50	19.3

Department of Mechanical Engineering Burapha University

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในการศึกษานี้ได้ออกแบบจักรยานพับจำนวน 3 โมเดล เทียบกับจักรยานพับได้ที่มีใช้ในชีวิตประจำวัน โดยจักรยานที่ทำการออกแบบนั้นมี รูปแบบ 101 รูปแบบ 102 รูปแบบ 103 พบว่ามีค่าความเค้นที่เกิดมากที่สุด เท่ากับ 11.1 MPa,190.7 MPa และ 40.96 MPa ตามลำดับ โดยมีค่าองศ์ ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 21.56 1.26 และ5.86 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่สามารถใช้งานได้ สำหรับน้ำหนักของจักรยานพับได้มีค่า 5.39 kg 5.62 kg และ 6.29 kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าจักรยานต้นแบบเท่ากับ 30.8% 27.9% และ 19.3% ตามลำดับ สำหรับปริมาตรหลังพับมีค่าเท่ากับ 0.08 m^3 0.132 m^3 และ 0.208 m^3 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาตรน้อยกว่าจักรยานต้นแบบเป็น 3.5 เท่า 2.12 เท่าและ 1.35 เท่า ตามลำดับ สำหรับแรงปั่นที่ทำให้รถเคลื่อนที่ได้ 10 km/hr ภายในเวลา 5 วินาที มีค่าเท่ากับ 85.87 N 109.58 N และ 82.95 N ตามลำดับ ซึ่งแรงปั่นมีปริมาณเป็น 0.89 เท่า 1.13 เท่า และ 0.86 เท่าของจักรยานต้นแบบ ตามลำดับ และระยะทางเมื่อปั่น 1 รอบ มีค่าเท่ากับ 2.98 m 5.04 m และ 2.98 m ตามลำดับ ซึ่งระยะที่ปั่นได้มีค่าเป็น 0.7 เท่า 1.19 เท่า และ 0.7 เท่าของจักรยานต้นแบบ ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

-การวิเคราะห์ในการศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์ผลิตคาลดร์ ซึ่งหากต้องการวิเคราะห์ในกรณีที่เป็นแบบการเคลื่อนที่ควรวิเคราะห์แบบพลศาสตร์

-สำหรับจักรยานที่วิเคราะห์แล้วมีค่าความปลอดภัยที่มากควรปรับความหนาของวัสดุเพื่อให้น้ำหนักของรถจักรยานน้อยลง

Department of Mechanical Engineering Burapha University

เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.thaibike.com สืบค้นวันที่ 25 มิถุนายน 2553

[2] นวลน้อย บุญวงษ์. หลักการออกแบบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, 2539.

[3] J.A. WESSELINSH, SOREN KILL and MARTIN E. VIGILD. Design & Development. Vol. 1. ENGLAND : WILEY, 2007.

[4] ดร.นิรัช สุดสังข์. ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : ระบบและวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2548.

[5] ฝ่ายวิชาการ เอ็กซเปอร์เน็ท. เทคนิคการคิดและจำอย่างเป็นระบบ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ธรรกมลการพิมพ์, 2546.

[6] http://www1.asknlearn.com สืบค้นวันที่ 7 กรกฎาคม 2553

[7] http://www.studiocerebrum.com สืบค้นวันที่ 10 กรกฎาคม 2553

[8] Edward de Bono : แปลโดย ลดาวัลย์ ชนโกเศศ. หมวก 6 ใบ คิด 6 แบบ. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ซานซาลา, 2548.

[9] http://bicycleparts-22.com/793/bicycle-anatomy/ สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2553

[10] http://www.almbike.com สืบค้นวันที่ 2 สิงหาคม 2553

[11] http://www.sciencebuddies.org สืบค้นวันที่ 2 สิงหาคม 2553

[12] http://www.me.neu.ac.th/ สืบค้นวันที่ 15 สิงหาคม 2553

[13] http://www.jfccivilengineer.com สืบค้นวันที่ 17 สิงหาคม 2553

[14] http://www.ts.baki.eu สืบค้นวันที่ 23 สิงหาคม 2553

[15] เอกสารประกอบการเรียนวิชา Design of Machine Elements I ผศ.ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดี

[16] http://www.thaiintro.com สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2553

[17] หนังสือพิมพ์มติชน ฉบับวันที่ 14 พฤษภาคม 2549

[18] ดร.สมโพธิ์ วิวิธกยูรวงศ์. กลศาสตร์ของวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2545.

[19] วริทธิ์ ยิ่งการณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[20] http://www.tlcthai.com สืบค้นวันที่ 17 เมษายน 2554

[21] http://krabibike.igetweb.com สืบค้นวันที่18 เมษายน 2554

Department of Mechanical Engineering Burapha University

ภาคผนวก

ตาราง ก1 ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุชนิดต่างๆ

materials	Density(kg/m^3)	Modulus of Elasticity(kPa)	Yield Stress (kPa)	Ultimate Stress(kPa)
Iron	6920	66190000	572264.831	137895.14
Iron, grey cast type 20	6920	66190000	572264.831	137895.14
Iron, grey cast type 40	6920	110316112	965265.98	275790.28
Iron, grey cast type 60	6920	158579411	1296214.316	413685.42
Stainless steel	7750	193053196	310264.065	641212.401
Stainless Steel, 303	8027	193053196	255106.009	579159.588
Steel	7833	199947953	262000.766	358527.364
Titanium, unalloyed	4511	102731879.3	172368.925	241316.495
Aluminum, 1060	2712	68947570	27579.028	68947.57
Aluminum, 1350	2712	68947570	27579.028	82737.084
Aluminum, 2024-T4	2767	73084424.2	289579.794	427474.934
Aluminum, 6061-T6	2710	68980000	241700	275950
Aluminum, 7075-T6	2795	71705472.8	503317.261	572264.831
Brass, yellow brass	8470	103421355	413685.42	510212.018
ABS Plastic, high impact	1024	1378951.4	31026.407	-
ABS Plastic, medium impact	1024	2275269.81	43436.969	-
Zinc	6587	96526598	-	37024.845
PVC	1385	2757.903	6894.757	-
Polyethylene, low density	886	144789.897	9652.66	-
Polycarbonate	1190	2240796.025	58605.435	-
Polypropylene, general purpose	913	1103161.42	33094.834	-
Polypropylene, high impact	913	896318.41	19305.32	-

Department of Mechanical Engineering Burapha University

การออกแบบและพัฒนาจักรยานเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

Design and Development of bicycle

เชษฎา บำรุงใจ ณัฐวุฒิ ศิรายาคน์ และ ปรีดา พรมศรี
อาจารย์ไพบูลย์ ลิ้มปิติพานิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี รหัสไปรษณีย์ 20131

บทคัดย่อ

การศึกษาปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำแนวคิดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาใช้แก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน โดยการระดมสมองเพื่อหาไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาพบว่า จักรยานที่สามารถนำพกพาไปในที่ต่าง ๆ สามารถแก้ปัญหาการเดินทางตามโจทย์ที่ตั้งไว้ได้ โดยแนวคิดที่ทำให้จักรยานสามารถพกพาไปได้ในทุกโอกาสอันเป็นพื้นฐานของการลดส่วนที่ไม่จำเป็นหรือการทดแทนด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักน้อยการเพื่อลดน้ำหนักของจักรยานและสามารถพกพาได้สะดวกที่สุด ในการศึกษานี้จึงได้ออกแบบจักรยานพับได้ 3 รูปแบบ โดยอ้างอิงรูปแบบจากจักรยานพับแบบทั่วไปด้วยการจำลองการสร้างจักรยานพับภายใต้โปรแกรม Unigraphics NX แล้วจึงวิเคราะห์ความเค้น การเสียรูป การจำลองการเคลื่อนที่และการพับจักรยานรวมถึงความสมดุลของคนที่ใช้ขี่ของจักรยานจำนวน 4 รูปแบบได้แก่ จักรยาน Chevrolet ที่เป็นจักรยานพับได้และจักรยานที่ได้ออกแบบจำนวน 3 รูปแบบ โดยการศึกษานี้พบว่าจักรยานพับทั่วไปมีความเค้นมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 80.6 MPa ในขณะที่ค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 1.79 สำหรับจักรยานที่ออกแบบรูปแบบ 101 มีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 11.1 MPa ค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 21.56 รูปแบบ 102 มีความเค้นสูงสุดเท่ากับ 190.7 MPa มีค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 1.26 รูปแบบ 103 มีความเค้นสูงสุด 40.96 MPa มีค่าองค์ประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 5.86 สำหรับน้ำหนักของจักรยานพับได้รูปแบบ 101 มีค่าเท่ากับ 5.39 kg รูปแบบ 102 มีค่าเท่ากับ 5.62 kg รูปแบบ 103 มีค่าเท่ากับ 6.29 kg ซึ่งมีน้ำหนักน้อยกว่าจักรยานต้นแบบ 30.8% 28.9% และ 19.3% ตามลำดับ และปริมาตรของรูปแบบ 101 มีค่าเท่ากับ 0.08 m^3 รูปแบบ 102 มีค่าเท่ากับ 0.132 m^3 รูปแบบ 103 มีค่าเท่ากับ 0.208 m^3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าจักรยาน Chevrolet 28.6% 47.1% และ 74.3% ตามลำดับ

คำสำคัญ: จักรยานพับได้, การออกแบบผลิตภัณฑ์, การจำลองด้วยโปรแกรมแคดแคม

Abstract

This study aims to use the product design and development concepts to solve problems of human travel in everyday life. Starting with the brainstorming idea found that a folding or portable bicycle that one can bring with is an optimum solution. Using lightweight part and reduction of unnecessary part are the highlight of this study. Four folding bicycles, i.e., one actual bicycle brand "Chevrolet" and three ideal bicycles are simulated with Unigraphics NX 7.5. Stress and motion simulations are constructed in the current study. For the Chevrolet bicycle, the maximum stress and the safety factor are 80.6 MPa and 1.79, respectively. In the case of ideal bicycles, models 101, 102, and 103, the maximum stresses are 11.1 MPa, 190.7 MPa, and 40.96 MPa, respectively. The factors of safety are 21.56, 1.26, and 5.86, respectively. Weight of the model 101, 102 and 103 are 5.39 kg, 5.62 kg, and 6.29 kg, respectively that are 30.8%, 28.9% and 19.3% lower

Department of Mechanical Engineering Burapha University

than the Chevrolet bicycle. Finally, the model 101, 102, and 103 are 0.98 m^3, 0.132 m^3 and 0.208 m^3 in volume that are 28.6% 47.1% and 74.3% lower than Chevrolet bicycle.

Keywords: Folding bicycle, Product design, Simulation in CAD-CAM software

1. บทนำ

ในปัจจุบันสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทั้งในสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติ และสิ่งที่เปลี่ยนแปลงตามการกระทำของมนุษย์ การแก้ปัญหาการเดินทางของมนุษย์ เป็นสิ่งที่พัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง คือ กลไกการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ สำหรับการเดินทางของมนุษย์ในยุคแรกๆ การเดินทางในยุคแรกๆ คือการเดินและพัฒนาต่อมาเป็นการใช้สัตว์หนะหรือจักรยานซึ่งมีการใช้มายังปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อนำแนวคิดการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาใช้เพื่อตอบโจทย์ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

2.2 เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองจักรยานในโปรแกรม Unigrechics NX

3. ขอบเขตการศึกษา

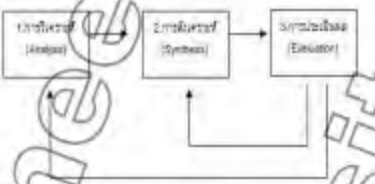
3.1 ใช้แนวคิดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการสร้างแบบจำลองจักรยานแบบพกพาในโปรแกรม Unigraphics NX

3.2 สร้างจักรยานพกพาที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 10 kg

3.3 รับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 100 kg

4. กระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบเป็นวิธีการที่ช่วยลดความผิดพลาดในการทำงาน มีการแบ่งการทำงานออกจากกันเป็นขั้นตอนย่อยๆ เพื่อช่วยให้ผู้ทำงานมุ่งความสนใจกับงานแต่ละขั้นตอนได้อย่างเต็มที่ การแบ่งขั้นตอนในกระบวนการออกแบบนั้นอยู่ที่ความถนัดและความสามารถของแต่ละคน จึงสามารถพัฒนาขั้นตอนการทำงานเฉพาะของตัวเอง ไม่ว่าจะเป็นของผู้เชี่ยวชาญคนใดวิธีการต่างๆ ล้วนสามารถเข้าสู่ปัญหาในแนวทางเดียวกันได้ โดย Nigel Cross ได้แบ่งกระบวนการออกแบบเป็น 3 ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการออกแบบของ Nigel Cross

5. ประเภทของรถจักรยาน

5.1 จักรยานทั่วไป

จักรยานทั่วไปหรือบางครั้งเรียกว่าจักรยานชาวนากับข้าว ส่วนมากเป็นจักรยานไม่มีเกียร์ มักจะทำหน้ายสำเร็จรูปพร้อมอุปกรณ์ประกอบ

5.2 จักรยานแข่ง

จักรยานแข่งมีทั้งแบบทางเรียบและวิบากและผาดโผน คือ โดยทางเรียบจะเป็นจักรยานแบบเสือหมอบที่เราเห็นนักกีฬาใช้ในการแข่งขันทั่วไป มีน้ำหนักเบามาก มีเกียร์ตั้งแต่ 5 ถึง 14 เกียร์ ตัวถังเล็กเพรียวลม ยางรถจะผอมและขานแข็งขันให้สูง

5.3 จักรยานท่องเที่ยว

จักรยานท่องเที่ยว จักรยานแบบนี้ออกแบบสำหรับการท่องเที่ยวโดยเฉพาะ แต่ก็ใช้ขี่ออกทำสังทายหรือขี่ไปทำงานหรือใช้งานอเนกประสงค์ได้ มักมีตะแกรงท้าย สำหรับใส่สัมภาระ ปกติจะมีชุดบังโคลน และขาตั้งติดมาด้วย ระบบเกียร์มีให้เลือกตั้งแต่ 10 ถึง 15 เกียร์

5.4 จักรยานพับ

จักรยานพับเป็นจักรยานที่สามารถพกพาไปกับการใช้รถไฟ รถโดยสาร รถไฟใต้ดิน หรือเรือข้ามฟากการพับที่สามารถเก็บไว้ในช่องเหนือศีรษะหรือถือเป็นกระเป๋าเดินทางปกติ ทำให้เป็นการประหยัดเวลาการเดินทางอีกทางหนึ่ง

Mechanical Engineering Department Burapha University

5.5 จักรยานอื่น ๆ

นอกจากนี้ยังมีจักรยานแบบอื่น ๆอีกเช่น จักรยานขี่เกียจ จักรยานชายหาด จักรยานเด็ก จักรยานฟริกชั่นเกียร์ เป็นต้น

6. กลไกและชิ้นส่วนของจักรยานทั่วไป

โดยทั่วไปจักรยานมีส่วนประกอบหลักๆที่แบ่งออกมาเป็น โครง ชุดควบคุมจักรยาน ชุดเบรค ล้อ ยาง ชุดขับเคลื่อน และส่วนประกอบอื่นๆ โดยมีการเปรียบเทียบรายละเอียดชิ้นของจักรยานยี่ห้อ Chevrolet แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลจักรยานแบบพับ

ยี่ห้อ	Chevrolet
รุ่น	Chevrolet / FD167
ขนาดล้อ(นิ้ว)	16
วัสดุเฟรม	อลูมิเนียม
สี	ขาว
เกียร์	Shimano 7 Speed
เบรก	เบรค V-Break หน้าหลัง
ยาง	Kenda ขอบขาวขนาด 16x1.5
น้ำหนัก (kg)	12
ขนาดหลังพับ	N
รับน้ำหนักมากสุด(kg)	N
อาน	N
ราคา (บาท)	7,900

7.การออกแบบด้านโครงสร้าง

ในการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะต้องคำนึงถึงความเสียหายโดยอาศัยการคำนวณทางทฤษฎี โดยจำลองสภาพสมมติของชิ้นส่วนที่ออกแบบให้เป็นชิ้นส่วนของมิติอย่างง่าย ได้แก่ ก้านเรียวยาว คาน เพลาและเสา

7.1 ก้านเรียวยาว (Rod)

ก้านเรียวยาวมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับความยาว ซึ่งสมมุติให้ไม่มีการเสียรูปในแนวหน้าตัดได้โดยความเค้นและการเสียรูปในแนวแกนสำหรับก้านยาวซึ่งแสดงสมการที่ 1 และ 2

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{PL}{AE} \quad (2)$$

7.2 คาน

สมมติให้วิเคราะห์กับวัสดุไอโซทรอปิกและมีเนื้อเดียวกันตลอดโดยวิเคราะห์วัสดุภายในช่วงยืดหยุ่นได้ ซึ่งกำหนดคานให้มีหน้าตัดขวางคงที่ตลอดความยาวของคาน และหน้าตัดของคานต้องเป็นหน้าตัดสมมาตรเสมอ จึงใช้สมการของอุทริเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดดังสมการที่ 3 และ 4

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (3)$$

$$EI\frac{d^2Y}{dx^2} = M \quad (4)$$

7.3 เพลา

คือชิ้นส่วนที่หมุนหรืออยู่กับที่ โดยปกติมีภาคตัดกลมและมีชิ้นส่วนอื่นที่ยึดติดกับเพลา เช่น เฟือง พูลเลย์ ข้อโซ่ และชิ้นส่วนส่งกำลังอื่นๆ เพลาอาจได้รับโหลดดัด โหลดทีซ โหลดอัดหรือโหลดบิด กระทำเพียงอย่างเดียวหรือสัมพันธ์กันดังสมการที่ 5 และ 6

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (5)$$

$$\theta = \frac{TL}{JG} \quad (6)$$

7.4 เสา

เสาเป็นชิ้นส่วนทางกลที่มีลักษณะยาวเรียวภายใต้แรงกด P กระทำในแนวแกนของเสาจะทำให้เสาเกิดการโก่งตัวภายใต้สมดุลของเสาสมการการโก่งของเสาของคานที่มีจุดรองรับแบบ pin ดังสมการที่ 7 และ 8

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (7)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (8)$$

Mechanical Engineering Burapha University

8.การออกแบบจักรยาน

จักรยานที่จะมีน้ำหนักไม่เกิน 10 kg สามารถรับน้ำหนักอย่างน้อย 100 kg สามารถพกพาให้สะดวกและใช้บนถนนที่ราบเรียบ จักรยานทั่วไปมีชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่ทำให้จักรยานมีน้ำหนักมากเกินความจำเป็นในการใช้งานและโครงสร้างที่ไม่เอื้ออำนวย เป็นเหตุผลที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความไม่สะดวกที่จะใช้ในชีวิตประจำวันและการนำติดตัวไปในที่ต่างๆด้วยยิ่งเป็นไปไม่ได้ ปัจจัยที่ส่งผลเหล่านี้อาจจะเป็นสิ่งที่เกินความจำเป็นและจากการวิเคราะห์ข้างต้นทั้งหมด เมื่อเรามีข้อกำหนดที่บังคับเราจึงต้องมีการวิเคราะห์ถึงความจำเป็นของจักรยานที่จะออกแบบนี้โดยตั้งเป็นเป้าหมายว่า นำสิ่งที่ไม่จำเป็นออกหรือหาสิ่งอื่นมาทดแทน

จักรยานพกพาที่ออกแบบมีด้วยกัน 3 แบบคือ

-แบบ 101 เป็นจักรยานที่ผสมผสานระหว่างจักรยานที่ใช้ในการแสดงกายกรรมและมีความคล่องตัวในการใช้งานด้วยขนาดที่มีความกะทัดรัดโดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของล้อ 50.7 cm และแฮนด์ที่สูงกว่าเบาะซึ่งจะทำให้การขับขี่ที่สะดวกง่าย

-แบบ 102 เป็นจักรยานที่มีลักษณะที่แตกต่างต่างกับจักรยานทั่วไป คือลักษณะการพับตัวโครงรถจักรยานที่เป็นการเก็บในลักษณะคล้ายการเก็บใส่กล่องกีตาร์ เป็นเส้นตรงเหมือนคล้ายกับท่อเหล็กมาเก็บเป็นเส้นคู่ขนาน วิธีการใช้เป็นการใช้คล้ายกับการนำท่อเหล็กสองท่อมาสัมผัสกันมาเป็นโครงรถจักรยาน

-แบบ 103 เป็นจักรยานที่ได้รับการพัฒนามาจากจักรยานแบบต้นแบบ คือด้านการพับโครงรถจักรยานจากสองส่วนเป็นสามส่วนทำให้ใช้พื้นที่ในการเก็บรถจักรยานน้อยกว่ารถจักรยานต้นแบบ การขับขี่รถจักรยานจะคล้ายกับท่าทางการขี่มา

9 การวิเคราะห์โครงสร้างรถจักรยานที่ออกแบบในโปรแกรม Unigraphics NX

สำหรับความเค้นที่แสดงจากโปรแกรม Unigraphics NX จากโครงสร้างหลักที่ทำการใส่แรงกระทำบริเวณจุดรับแรงที่กำหนดไว้ในข้างต้น และได้นำมาวิเคราะห์จะได้ว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดจะอยู่ที่บริเวณรอยต่อเนื่องมาจากบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดอย่างฉับพลันและค่าความเค้นที่มากที่สุดคือ 80.6 MPa ดังแสดงในรูปที่ 2

รูปที่ 2 การวิเคราะห์ค่า ความเค้น ของจักรยานในโปรแกรม Unigraphics NX

10. ค่าองค์ความปลอดภัยของจักรยานและค่าแสดงผลน้ำหนักของรถจักรยาน

ตารางที่ 2 ค่าความปลอดภัยของจักรยานแต่ละแบบ

แบบ	ค่าความเค้นสูงสุด MPa	ค่าองค์ประกอบความปลอดภัย
ต้นแบบ	80.6	3
101	11.1	21.77
102	190.7	1.26
103	41.98	5.76

ตารางที่ 3 แสดงผลน้ำหนักของรถจักรยานและผลต่างของน้ำหนักเทียบกับจักรยานต้นแบบ

รูปแบบจักรยาน	น้ำหนักรวมในโปรแกรม NX (kg)	ผลต่างของน้ำหนักในโปรแกรม NX	เปอร์เซ็นต์ผลต่างของน้ำหนักของจักรยาน
ต้นแบบ	7.79	-	-
แบบ101	5.39	2.40	30.8
แบบ102	5.62	2.17	27.9
แบบ103	6.29	1.50	19.3

11. สรุป

สำหรับการออกแบบของจักรยานทั้งสามแบบและหนึ่งต้นแบบด้วยโปรแกรม Unigraphics NX โดยการวิเคราะห์ทั้งสี่แบบ เริ่มจาก จักรยานต้นแบบ จักรยานแบบ101 จักรยานแบบ 102 จักรยานแบบ 103 ทั้งนี้จะได้ความเค้นที่มากที่สุดคือ 80.6 MPa , 11.1 MPa , 190.7 MPa และ 40.96 MPa ค่าความองค์ประกอบปลอดภัยเท่ากับ 1.79 , 21.56 , 1.26

Bangkok University Engineering Mahidol Foot

และ 5.86 สำหรับน้ำหนักที่ได้โดยเลือกวัสดุชนิดเดียวกันคือ 7.79 kg 5.39 kg 5.62 kg และ 6.29 kg และอัตราส่วนหลังพับเป็น 1 เท่า 3.50 เท่า 2.12 เท่า และ 1.35 เท่า ตามลำดับ

12.กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ไพบูลย์ ลิ้มปิติพานิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัยมาโดยตลอดขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ ใคร่ขอขอบคุณบุพการี และครอบครัวผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจ และให้โอกาสการศึกษาอันมีค่ายิ่งและขอบคุณเพื่อนนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยให้กำลังใจ

13.เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.thaibike.com สืบค้นวันที่ 25 มิถุนายน 2553

[2] นวลน้อย บุญวงษ์. หลักการออกแบบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซุปเปอร์เนต-มหาวิทยาลัย, 2539.

[3] J.A. WESSELINSH, SOREN KILL and MARTIN E. VIGILD. Design & Development. Vol. 1. ENGLAND : WILEY, 2007.

[4] ดร.นิรัช สุดสังข์. ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : ระบบและวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2548.

[5] ฝ่ายวิชาการ เอ็กซเปอร์เน็ท. เทคนิคการคิดและร่างอย่างเป็นระบบ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : บรรณกิจการพิมพ์, 2546.

[6] http://www1.se-ed.com สืบค้นวันที่ 7 กรกฎาคม 2553

[7] http://www.studiocerebrum.com สืบค้นวันที่ 10 กรกฎาคม 2553

[8] Edward de Bono ; แปลโดย สุดตระการ ชนโก เทศ. หมวก 6 ใบ คิด 6 แบบ. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

[9]http://bicycleparts-22.com/793/bicycle-anatomy/ สืบค้นวันที่ 28 กรกฎาคม 2553

[10] http://www.almbike.com สืบค้นวันที่ 2 สิงหาคม 2553

[11] http://www.sciencebuddies.org สืบค้นวันที่ 2 สิงหาคม 2553

[12] http://www.men.neu.ac.th สืบค้นวันที่ 15 สิงหาคม 2553

[13] http://www.jfcoviengineer.com สืบค้นวันที่ 17 สิงหาคม 2553

[14] http://www.tsubaki.eu สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2553

[15] http://www.thaimtb.com สืบค้นวันที่ 25 สิงหาคม 2553

[16] หนังสือพิมพ์มติชน ฉบับวันที่ 14 พฤษภาคม 2549

[17] ดร.สมโพธิ์ วิวิธเกษรวงศ์. กลศาสตร์ของวัสดุ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พิสิทธ์เซ็นเตอร์การพิมพ์, 2545.

[18]วริทธิ์ ยิ้งภากรณ์. การออกแบบเครื่องจักรกล. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

[19] http://www.ictthai.com สืบค้นวันที่ 17 เมษายน 2554

[20] http://krabike.getweb.com สืบค้นวันที่18 เมษายน 2554

Department of Mechanical Engineering Burapha University

B U R A P H A U N I V E R S I T Y

การออกแบบจักรยานเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

(Design and Development of Bicycle)

[illegible]
[illegible]
โทร [illegible] Email [illegible]

การศึกษาปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการนำแนวคิดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาใช้แก้ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน โดยการระดมสมองเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาพบว่า จักรยานที่สามารถนำพกพาไปในที่ต่างๆ สามารถแก้ปัญหาการเดินทางตามโจทย์ที่ตั้งไว้ได้ โดยแนวคิดที่ทำให้จักรยานสามารถพกพาไปได้ในทุกโอกาสนั้นเป็นขั้นตอนของการลดส่วนที่ไม่จำเป็นหรือการทดแทนด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักน้อยกว่าเพื่อลดน้ำหนักของจักรยานและสามารถพกพาได้สะดวกที่สุด

กระบวนการออกแบบ

1.เริ่มต้น
- การศึกษาสิ่งที่จะทำ
- การรวบรวมข้อมูล

2.การวิเคราะห์
- หาความต้องการ
- การสร้างแนวคิด
- เลือกแนวคิด

3.การออกแบบ
- การกำหนดรูปแบบ
- การวิเคราะห์
- การสร้างแบบ
- การพัฒนาแบบ

4.การประเมินผล

รูปแบบของจักรยาน

ต้นแบบ แบบ101 แบบ 102 แบบ 103

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำแนวคิดการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์มาใช้แก้โจทย์ปัญหาการเดินทางในชีวิตประจำวัน

2. เพื่อออกแบบและสร้างแบบจำลองจักรยานในโปรแกรม Unigraphics NX ที่มีรูปแบบที่แตกต่างออกไป

ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้แนวคิดกระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการสร้างแบบจำลองจักรยานแบบพกพาในโปรแกรม Unigraphics NX

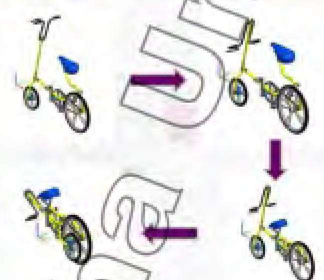
2. จักรยานพกพาต้องมีน้ำหนักน้อยกว่า 10 kg

3. รับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 100 kg

สรุป

สามารถใช้โปรแกรม Unigraphics NX สร้างแบบจำลองแทนการสร้างจริงได้

ขั้นตอนการพับจักรยานแบบ 102



แสดงค่าของจักรยานแต่ละแบบที่สนใจ

รูปแบบจักรยาน	ขนาดหลังพับ (m³)	ความเค้นสูงสุด (MPa)	ค่าความปลอดภัย	น้ำหนัก(kg)	แรงที่ใช้ปั่น 5 s ที่ทำให้ความเร็วเป็น 10 km/hr(N)	ระยะทางที่ได้จากการปั่นรอบ(m)
ต้นแบบ	0.28	80.6	1.79	7.79	47.01	4.24
แบบ101	0.08	11.1	21.56	5.39	85.87	2.98
แบบ102	0.132	190.7	1.26	5.62	109.58	5.04
แบบ103	0.208	41.96	5.86	6.24	82.95	2.98

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ [illegible] ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ [illegible]