

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

THE COIN-SORTING MACHINE DEVELOPMENT PROJECT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

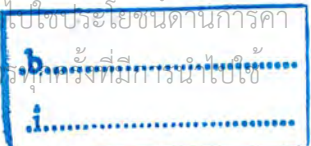
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่..... เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เลขทะเบียน..... 5410 บังลิน อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วัน,เดือน,ปี - 4 เม.ย. 2548



การพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

THE COIN-SORTING MACHINE DEVELOPMENT PROJECT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โครงการพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

THE COIN-SORTING MACHINE DEVELOPMENT PROJECT

ผู้จัดทำ

1. นาย ณรงค์ศรี ศรีอบเชย รหัสประจำตัว 43010623
2. นาย นพพร คุณสิน รหัสประจำตัว 43010660



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

นาย ณรงค์ศรี ศรีอบเชย 43010623
 นาย นพพร คุณสิน 43010660
 รศ. ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงการพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์นี้เป็นการศึกษาพัฒนาและออกแบบ รวมทั้งสร้างเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์สำหรับใช้ภายในประเทศ เพื่อเป็นการลดปัญหาการนำเข้าเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์ จากต่างประเทศอันเป็นผลให้เงินตราไหลออกนอกประเทศ เป็นสาเหตุทำให้เสียดุลการค้ากับต่างประเทศ ปัจจุบันนี้เครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์ภายในประเทศมีการพัฒนาที่น้อยมาก และยังไม่มียุติภัณฑ์จำหน่าย จึงจำเป็นต้องใช้สินค้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง และในปัจจุบันยังคงใช้แรงงานจากคนทำการคัดแยกเหรียญและนับเหรียญ ซึ่งเป็นการเสียเวลาและค่าใช้จ่ายทางคณะผู้จัดทำจึงทำการศึกษา พัฒนา และออกแบบจัดทำโครงการนี้ขึ้น โดยผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์นี้จะช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นได้ไม่มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE COIN-SORTING MACHINE DEVELOPMENT PROJECT

Mr. Narongsorn Sriobchoey 43010623

Mr. Nopporn Kunsin 43010660

Assoc.Pref. Thavee Teschareon

Abstract

The aims of coin-sorting machine development project are to develop and design, as well as to construct a prototype machine for domestic use. In Thailand researches and developments of such machines have not been much of interest, and no domestic producer is capable of supplying them to the market. Hence, the import of such expensive machines is necessary and this results in trade balance deficit to foreign countries, otherwise inefficient labor forces are still being used. With this fact in mind, our group has come up with the idea to develop, design and prototype an efficient machine for domestic use and wish that this project will contribute in solving the aforementioned problem.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความอนุเคราะห์และความร่วมมือจากหลายๆฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่คณะผู้จัดทำต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จ ลุล่วงไปได้ก็คือ รศ. ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความดูแลเอาใจใส่ แนะนำ และ ช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งทางคณะผู้จัดทำ ต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ คำริห์ จันทร์แสงสุก และอาจารย์ พงษ์ศักดิ์ คำมูล อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่คอยให้คำแนะนำ และ ความช่วยเหลือในการทำงานทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ คุณ มณฑา ช่างเทคนิคประจำภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือ และ อุปกรณ์เป็นอย่างดีมาโดยตลอด และ ขอขอบคุณ นาย นิกรณัฐ จูสิงห์ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการทำชุดควบคุมการทำงานอัตโนมัติ รวมทั้ง ขอขอบคุณเพื่อนๆเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกคนที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสูงจะประมาณและขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้สวัสดิ์ คณะผู้จัดทำ โครงการงานการพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

นาย ณรงค์ศรี ศรีอวบเขย 43010623

นาย นพพร คุณสิน 43010660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	2
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	3
กิตติกรรมประกาศ	4
สารบัญ	5
สารบัญภาพ	8
สารบัญตาราง	10
บทที่ 1 บทนำ	12
1.1 ความสำคัญและที่มา	12
1.2 วัตถุประสงค์	13
1.3 ขอบเขตโครงการ	13
1.4 วิธีการดำเนินงาน	13
บทที่ 2 ทฤษฎีชุดเฟืองหนอน	14
2.0 บทนำ	14
2.1 ลักษณะทั่วไปของชุดเฟืองหนอน	14
2.2 ความสัมพันธ์ของมุมกับเฟืองตัวหนอน	17
2.3 พิตช์มาตรฐาน	18
2.4 ประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน	18
2.5 ขนาดเกลียวหนอน	20
2.6 ความแข็งแรงของเฟืองหนอน	21
2.7 แรงพลวัต	22
2.8 ความคงทนของผิวหน้าฟันเฟืองหนอน	22
บทที่ 3 บอลเบริง (ball bearing)	24
3.0 บทนำ	24
3.1 เจอร์นัลเบริง	24
3.2 โรลลิ่งเบริง หรือ บอลเบริง	25
3.2.1 ชนิดของ โรลลิ่งเบริง	26
3.3 มิติมาตรฐาน ของ โรลลิ่งเบริง	27
3.4 ความเสียดทาน ของ โรลลิ่งเบริง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
3.5 การประเมินอายุการใช้งาน	28
3.5.1 อายุการใช้งาน	28
3.5.2 แรงสถิตย์ประเมิน (basic static load rating)	28
3.5.3 แรงพลวัตประเมิน (basic dynamic load ratio)	28
3.6 แรงสมมูล	32
3.7 ตัวประกอบการใช้งาน	36
3.8 อายุการใช้งาน โดยสังเขป	39
บทที่ 4 ทฤษฎีสายพาน	41
4.0 บทนำ	41
4.1 ชนิดและวัสดุสายพาน	41
4.2 ลักษณะการขับเคลื่อนสายพาน	42
4.3 สายพานลิ่ม	44
4.4 ขนาดสายพานลิ่ม และ ล้อสายพานลิ่ม	44
4.5 กลศาสตร์ของสายพานลิ่ม	46
4.6 การทำให้เกิดแรงดึงขึ้นต้นในสายพานลิ่ม	48
4.7 หลักการคำนวณหาขนาดของสายพานลิ่ม	50
บทที่ 5 การเชื่อมต่อ	61
5.0 บทนำ	61
5.1 วิธีการเชื่อม	61
5.1.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า	61
5.1.2 การเชื่อมด้วยแก๊ส	62
5.1.3 การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า	62
5.2 ชนิดของรอยเชื่อม	63
บทที่ 6 หลักการทำงาน	65
6.0 บทนำ	65
6.1 หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์	65
6.1.1 ชุดจ่ายเหรียญ	65
6.1.2 ชุดคัดแยกเหรียญ	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้าที่
บทที่ 7 เครื่องคัดแยกเหรียญ	68
7.1 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์	68
7.2 ชุดส่งกำลังของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์	73
บทที่ 8 การคำนวณ และ การออกแบบ	75
บทที่ 9 การออกแบบชุดควบคุม	77
9.1 การออกแบบและทำชุดควบคุม	77
9.1.1 กำหนดรูปแบบการทำงานของชุดควบคุมและ วิธีการนับจำนวนและแยกประเภท	77
9.1.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดควบคุม	78
9.1.3 ขั้นตอนการเขียน โปรแกรม	78
บทที่ 10 การทดสอบและผลการทดสอบ	87
10.0 บทนำ	87
10.1 การทดสอบการคัดแยกเหรียญ	87
10.1.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบ	87
10.1.2 สรุปผลการทดสอบ	89
บทที่ 11 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	90
11.1 สรุปผลการทดลอง	90
11.2 ข้อเสนอแนะ	90
11.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น	90
บรรณานุกรม	92
ภาคผนวก	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูป 2.1 ชุดเฟืองหนอน	14
รูป 2.2 เกลียวตัวหนอนแบบตรง	15
รูป 2.3 ขอบเฟืองหนอนชนิดต่าง	16
รูป 2.4 ชุดเฟืองหนอนฟันโอบหนึ่งค้ำ	16
รูป 2.5 เกลียวตัวหนอนแบบลำตัวโค้ง	17
รูป 2.6 ชุดเฟืองหนอนฟันโอบสองค้ำ	17
รูป 2.7 กราฟประสิทธิภาพ – มุมหัด	18
รูป 2.8 กราฟสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของชุดเฟืองหนอน – กับวัสดุที่มีความเสียดทาน	19
รูป 3.1 ส่วนต่างๆของบอลเบริง	24
รูป 3.2 บอลเบริงชนิดต่างๆ	26
รูป 3.3 ขอบเขตของมิติสำหรับอนุกรมมิติของเบริงต่างๆ	27
รูป 4.1 ลักษณะการจับด้วยสายพาน	43
รูป 4.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	44
รูป 4.3 แรงบนสายพานลิ่ม	46
รูป 4.4 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม	51
รูป 5.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า	61
รูป 5.2 การเชื่อมด้วยแก๊ส	62
รูป 5.3 การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า	62
รูป 5.4 รอยเชื่อมชนิดต่างๆ	63
รูป 5.5 รอยเชื่อมมุม	63
รูป 5.6 รอยเชื่อมชนิดอื่นๆ	64
รูป 6.1 การทำงานของชุดจ่ายเหรียญ	66
รูป 6.2 ชุดคัดแยกเหรียญ (ภาพบน)	66
รูป 6.3 ชุดสายพานลำเลียงเหรียญ	67
รูป 6.4 แสดงลักษณะการแยกเหรียญแต่ละชนิด	67
รูป 7.1 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์	68
รูป 7.2 ถาดเขย่าจ่ายเหรียญ	69
รูป 7.3 งานเหวี่ยงเหรียญ	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

รูป 7.4 งานเหยียงกับรางคัตแยกเหรียญ	70
รูป 7.5 ชุดสายพานคิ่งเหรียญ	71
รูป 7.6 รางคัตแยกเหรียญ	71
รูป 7.7 รางคัตแยกเหรียญและรางเหรียญออก	72
รูป 7.8 รางเหรียญออก	72
รูป 7.9 Sensor แบบ infrared	73
รูป 7.10 ชุดส่งกำลังทั้งหมด	73
รูป 7.11 มอเตอร์ต้นกำลังกระแสสลับและชุดสายพาน	74
รูป 7.12 ชุดเฟืองหนอน	74
รูป 8.1 แสดงลักษณะของการกระทำระหว่างจานหมุนกันเหรียญ	75
รูป 9.1 แสดงระยะของการวาง Sensor แต่ละตัว	78
รูป 9.2 รูปลายวงจรของหน้าจอแสดงผล	79
รูป 9.3 รูปลายวงจรของชุดควบคุม	80
รูป 9.4 รูปลายวงจรของชุดควบคุม	82
รูป 9.5 รูปจากการทำ PCB ชุดควบคุม	82
รูป 9.6 รูปจากการทำ PCB ชุดควบคุม	82
รูป 9.7 รูปจากการทำ PCB หน้าจอแสดงผล	83
รูป 9.8 ลายวงจรสำหรับทำแม่พิมพ์ทำแผงวงจร	84
รูป 9.9 แบบแม่พิมพ์สำหรับทำแผงวงจร	85
รูป 9.10 แสดงชุดควบคุมการทำงานของเครื่องคัตแยกเหรียญ	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตาราง 2.1 ขนาดของเกลียวตัวหนอนที่แนะนำให้ใช้	20
ตาราง 2.2 จำนวนปากของเกลียวที่เหมาะสมกับอัตราทด	21
ตาราง 2.3 ค่าคงที่ k_u	23
ตาราง 3.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	27
ตาราง 3.2 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของ โรลลิ่งแบร์ริง	29
ตาราง 3.3 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของ โรลลิ่งแบร์ริง(ต่อ)	30
ตาราง 3.4 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของ โรลลิ่งแบร์ริง(ต่อ)	31
ตาราง 3.5 ตัวประกอบ x และ y สำหรับบอลและโรลลิ่งแบร์ริง	33
ตาราง 3.5 ตัวประกอบ x และ y สำหรับบอลและโรลลิ่งแบร์ริง (ต่อ)	34
ตาราง 3.6 แรงประเมินและตัวประกอบ x และ y สำหรับ Single – row, spherical roller bearing	35
ตาราง 3.6 แรงประเมินและตัวประกอบ x และ y สำหรับ Single – row, spherical roller bearing	36
ตาราง 3.7 ค่าตัวประกอบ y สำหรับ double – row , spherical roller bearing	37
ตาราง 3.7 ค่าตัวประกอบ y สำหรับ double – row , spherical roller bearing(ต่อ)	38
ตาราง 3.8 ตัวประกอบของการกระแทก	39
ตาราง 3.9 ตัวประกอบของสายพาน	39
ตาราง 3.10 ตัวประกอบของเฟือง	39
ตาราง 3.11 แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ	40
ตาราง 4.1 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม	45
ตาราง 4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิชซ์ d_p ของล้อสายพานลิ่ม	46
ตาราง 4.3 ตัวประกอบการใช้งาน	49
ตาราง 4.4 ค่าตัวประกอบ k_2	49
ตาราง 4.5 ตัวประกอบการใช้งาน N_u สำหรับสายพานลิ่ม	53
ตาราง 4.6 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_u สำหรับสายพานลิ่ม	53
ตาราง 4.7 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “Y”	54
ตาราง 4.8 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “Z”	55
ตาราง 4.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “A”	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที

ตาราง 4.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “B”	57
ตาราง 4.11 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “C”	58
ตาราง 4.12 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “D”	59
ตาราง 4.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด “E”	60
ตาราง 6.1 ตารางแสดงลักษณะของเหรียญชนิดต่างๆ	65
ตาราง 10.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการแยกเหรียญ	89



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันนี้การพัฒนาทางด้านเครื่องจักรและเทคโนโลยีได้ก้าวหน้าไปอย่างต่อเนื่องมีการคิดค้นสร้างเครื่องจักรต่างๆ ขึ้นมากมายทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการในด้านต่างๆของมนุษย์นั่นเอง

เช่น เพื่อความสะดวกสบาย, เพื่อเป็นการทุ่นแรง, ประหยัดเวลาในการทำงาน, ให้ความเที่ยงตรงแม่นยำ เป็นต้น

เครื่องตัดแยกเหรียญกษาปณ์ก็เป็นอีกหนึ่งที่ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อลดและแก้ปัญหาในการตัดแยกเหรียญและนับเหรียญที่มีปริมาณมากๆ ซึ่งยังมีการใช้แรงงานคนในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการอยู่ อันเป็นสาเหตุให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก

เครื่องตัดแยกเหรียญกษาปณ์มีความรวดเร็วและแม่นยำกว่าการใช้แรงงานคน เนื่องจากการใช้แรงงานคนนั้นประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของการตัดแยกเหรียญและนับเหรียญนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคลซึ่งมีไม่เท่ากันทำให้มีผลต่องานที่ได้ อันเป็นเหตุทำให้เกิดความผิดพลาดตามมา เทคโนโลยีของเครื่องตัดแยกเหรียญกษาปณ์ได้พัฒนาไปมากทั้งในส่วนของการทำงาน เช่น ส่วนของการทำการตัดแยกเหรียญ, ส่วนของการทำการนับจำนวนเหรียญ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการสร้างเครื่องตัดแยกเหรียญกษาปณ์ที่สามารถทำการตัดแยกเหรียญและนับเหรียญได้ในเครื่องเดียวกันขึ้น และมีความสวยงามน่าใช้มากยิ่งขึ้น เป็นต้น

อย่างไรก็ตามสิ่งที่ค่อนข้างเป็นปัญหาในการทำให้เครื่องสามารถทำอะไรได้หลายๆอย่างในเครื่องเดียวกันนั้นก็คือเรื่องของขนาดซึ่งส่วนใหญ่เครื่องมักจะมีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ทำให้ไม่สะดวกในการทำการเคลื่อนย้ายและดูไม่สวยงาม

ดังนั้น โครงการศึกษาและพัฒนาเครื่องตัดแยกเหรียญกษาปณ์จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นและได้พัฒนาจากเครื่องต้นแบบเดิม โดยสามารถตัดแยกเหรียญได้ 3 ขนาด คือ เหรียญ 1 บาท เหรียญ 5 บาทและเหรียญ 10 บาท โดยทำการตัดแยกได้พร้อมกันในคราวเดียว อีกทั้งยังสามารถกำหนดจำนวนของการนับได้เพื่อเป็นการง่ายและสะดวกในการจัดเก็บและนำไปใช้ ซึ่งทางผู้จัดทำโครงการนี้มีความหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เครื่องตัดแยกเหรียญต้นแบบนี้จะสามารถทำงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยลดปัญหาต่างๆของการตัดแยกเหรียญแบบเดิมๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อการพัฒนาเครื่องต้นแบบจากเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดขนาดลงและมีน้ำหนักเบา เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย
- 1.2.2 ศึกษาโครงสร้าง, ระบบการทำงาน, ระบบควบคุม, กำหนดลักษณะและรูปแบบการทำงาน
- 1.2.3 พัฒนาส่วนคัดแยกเหรียญให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยสามารถคัดแยกเหรียญทั้ง 3 ขนาดในคราวเดียวกัน
- 1.2.4 สามารถนำเอาเทคโนโลยีและอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ในการพัฒนาและจัดทำโครงการให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
- 1.2.5 สามารถนำเครื่องต้นแบบไปใช้ในการทำงานจริงได้ เช่น การนับคัดแยกเหรียญขององค์การ โทรศัพท์ ธนาคารต่างๆ เป็นต้น
- 1.2.6 เพื่อใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ขอบเขตของโครงการนี้จะครอบคลุมในส่วนของพัฒนาเครื่องคัดแยกเหรียญจากเดิมให้มีประสิทธิภาพในการคัดแยกเหรียญ การนับเหรียญรวมไปถึงการใช้งานที่สะดวกรวดเร็ว มีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้น และสร้างเครื่องต้นแบบขึ้นมาโดยให้มีขนาดและน้ำหนักลดลง

1.4 วิธีดำเนินงาน

โครงการนี้จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการ โดยอาศัยการอ้างอิงจากลักษณะแนวความคิดและการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญภาษาปัลที่ได้ทำการนำเข้ามาจากต่างประเทศซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 2,3,4,5 จากนั้นก็เป็นการนำเอาความรู้ที่ได้ศึกษามาทำการออกแบบการทำงานและรูปแบบของเครื่องซึ่งมีรายละเอียดในบทที่ 6 และ 7 ตามลำดับ ส่วนการคำนวณจะมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 8

สำหรับบทที่ 9 ก็เป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญ และในบทที่ 10 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายก็จะเป็นการสรุปผลการทำงาน ผลที่ได้รับจากโครงการครั้งนี้ และแนวทางในการพัฒนาโครงการนี้ต่อไป

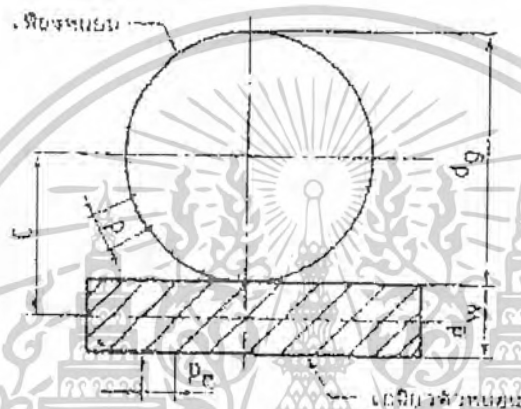
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ชุดเฟืองหนอน

2.0 บทนำ

ชุดเฟืองหนอน (worm gear set) ใช้สำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาคี่ไม่ขนานกันและไม่ตัดกันซึ่งต้องการให้มีอัตราทดสูง ชุดเฟืองหนอนประกอบด้วยเกลิยวหนอน (worm) และเฟืองหนอน (worm gear) โดยปกติแล้วมักจะใช้ชุดเฟืองหนอนส่งกำลังระหว่างเพลาคี่ทำมุมกัน 90° ดังรูป 2.1



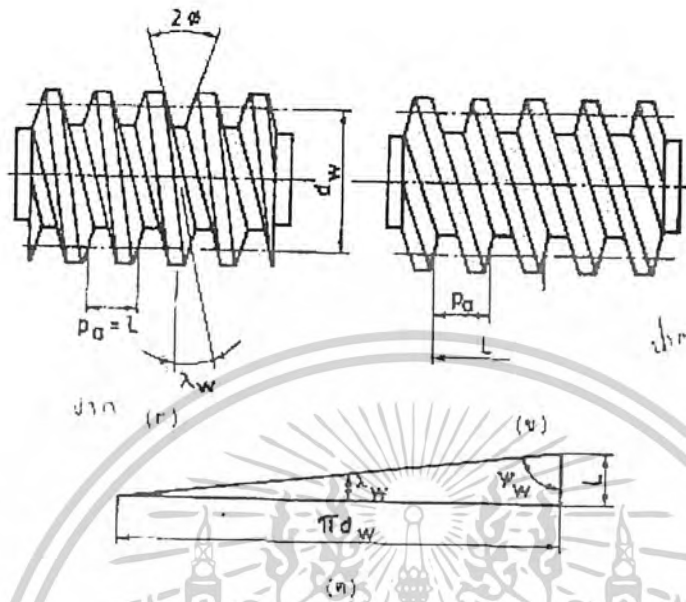
รูป 2.1 ชุดเฟืองหนอน

แม้ว่าจะสามารถใช้เฟืองเฉียงส่งกำลังในลักษณะเดียวกันนี้ได้ แต่ก็ไม่สามารถส่งกำลังได้มากเท่าชุดเฟืองหนอน นอกจากนี้ชุดเฟืองหนอนยังสามารถทำงานด้วยอัตราทดสูงถึง 300 โดยที่ใช้การทดเพียงครั้งเดียว แต่ถ้าใช้เฟืองเฉียงจะเกิดปัญหาขึ้นในทางปฏิบัติ เช่น จะต้องใช้เฟืองที่มีจำนวนฟัน 10 ฟันขับเฟืองที่มีฟัน 3000 ฟัน เป็นต้น การทำงานของชุดเฟืองหนอนจะเรียกว่าเฟืองเฉียง แต่ข้อเสียของชุดเฟืองหนอนก็คือ ประสิทธิภาพของการส่งกำลังจะต่ำ และมีความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสี (sliding) ระหว่างฟันมากกว่า ทำให้ต้องคำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อนที่เหมาะสมด้วย ในบทนี้จะกล่าวถึงการส่งกำลังระหว่างเพลาคี่ทำมุมกัน 90° เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามวิธีการที่จะกล่าวต่อไปนี้สามารถกับเพลาคี่ทำมุมอื่นๆ ได้

2.1 ลักษณะทั่วไปของชุดเฟืองหนอน

เกลิยวตัวหนอนนี้ลักษณะคล้ายคลึงกับสกรูส่งกำลังประกอบด้วยเกลิยว (หรือฟัน) ซึ่งมีจำนวนปากตั้งแต่หนึ่งถึงหกปาก หรืออาจจะมากกว่านี้ก็ได้หรืออีกนัยหนึ่งก็คือสกรูหลายปาก (Multiple-threaded screw) นั้นเอง ลักษณะของเกลิยวตัวหนอนแบบหนึ่งปากและสองปาก ดูได้จากรูป 2.2 (ก) และ (ข) การเรียกชื่อต่างๆก็ยังคงเหมือนกับสกรูส่งกำลัง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เกลียวตัวหนอนแบบตรง

(ก) หนึ่งปาก

(ข) สองปาก

(ค) การคลี่เกลียวออก

พิตช์หรือแอกเซียลพิตช์ (axial pitch) P_a เป็นระยะระหว่างเกลียว ในกรณีที่เพลาทำมุมกัน 90° ดังรูป 2.1 จะมีค่าเท่ากับเซอร์คิวลาพิตช์ p ของเฟืองหนอน

หีด (Lead) L คือระยะที่แกนเกลียวตัวหนอนสามารถเคลื่อนที่ไปได้ต่อการหมุนหนึ่งรอบ ถ้าเกลียวตัวหนอนมี N_w ปาก $L = N_w P_a$

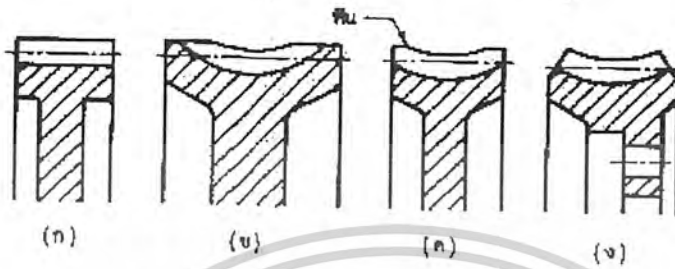
มุมหีด (Lead angle) λ_w มีค่าเช่นเดียวกับสกรูส่งกำลัง โดยพิจารณาจากรูป 2.2 (ค) คือ

$$\tan \lambda_w = \frac{L}{\pi d_w}$$

สำหรับเฟืองหนอนจะมีลักษณะทั่วไปคล้ายกับเฟืองเฉียง แต่ขอบของฟันอาจจะมีลักษณะต่าง ๆ กันดังรูป 2.3 ถ้าฟันมีลักษณะสูงสม่ำเสมอ ดังรูป 2.3 (ก) เฟืองหนอนก็คือเฟืองเฉียงนั่นเอง ในการใช้งานส่วนมากมักจะใช้เฟืองหนอนที่มีฟัน โค้งเว้าเข้าดังรูป 2.3 (ข) และ 2.3 (ค) ส่วน โค้งของฟันนี้จะเข้ากับความโค้งของเกลียวตัวหนอนทั้งนี้ก็เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะให้มีเนื้อที่สัมผัสระหว่างการขบมากขึ้น โดยทั่วไปแล้วชุดเฟืองหนอนอาจจะแบ่งออกตามลักษณะพื้นที่สัมผัสได้ เป็นสองชนิดคือ ชนิดฟันโอบหนึ่งด้าน (Single enveloping) และชนิดฟันโอบสองด้าน (double enveloping)



รูปที่ 2.3 ขอบเฟืองหนอนชนิดต่างๆ

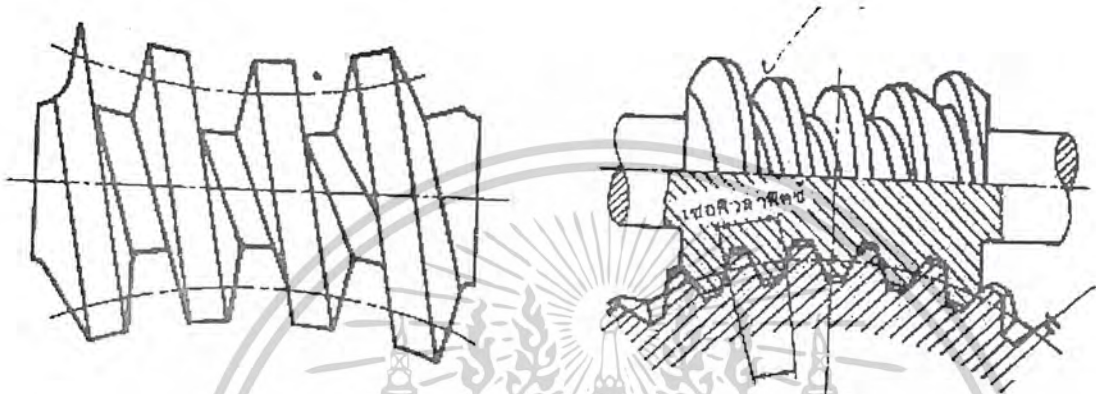


รูปที่ 2.4 ชุดเฟืองหนอนฟันโอบหนึ่งด้าน

ลักษณะของชุดเฟืองหนอนชนิดฟันโอบด้านหนึ่งด้านจะดูได้จากรูป 2.4 ซึ่งประกอบด้วยเฟืองหนอนที่ฟันโค้งเว้าเข้าโอบเกลียวตัวหนอนที่มีลักษณะตรงดังรูป 2.2 ส่วนชุดเฟืองหนอนชนิดฟันโอบสองด้านนั้น นอกจากจะมีฟันของเฟืองหนอนโค้งเว้าเข้ามาโอบเกลียวตัวหนอนแล้วเกลียวตัวหนอนเองก็จะมีลำตัวโค้งเว้าเข้ากับควมโค้งของวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลมพิชชของเฟืองหนอนด้วย ดังรูป 2.5 เกลียวตัวหนอนชนิดนี้ มีชื่อเรียกว่า เกลียวหนอนฮินดี (Hindly-worm) ซึ่งเมื่อนำมาประกอบกันเข้าแล้วจะมีลักษณะดังรูป 2.6 ดังนั้นทั้งเฟืองหนอนและเกลียวตัวหนอนจะโอบซึ่งกันและกันในขณะทำงานเป็นผลให้เฟืองมีพื้นที่ซึ่งขบกันมากขึ้น ทำให้สามารถส่งกำลังได้สูงขึ้น แต่ต้องใช้ความระมัดระวังในการติดตั้งให้ได้ศูนย์มากขึ้น



รูปที่ 2.5 เกลียวตัวหนอนแบบลำตัวโค้ง

รูปที่ 2.6 ชุดเฟืองหนอนฟันโอบสองด้าน

2.2 ความสัมพันธ์อื่นๆ

เมื่อพิจารณาและกำหนดให้

λ_w = มุมหัดคของเกลียวตัวหนอน

λ_g = มุมหัดคของเฟืองหนอน

ψ_w = มุมอีลิคซ์ของเกลียวตัวหนอน

ψ_g = มุมอีลิคซ์ของเฟืองหนอน

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมของเกลียวตัวหนอนและเฟืองหนอน คือ

$$\lambda_w + \psi_w = 90^\circ \quad (2.1)$$

$$\lambda_g + \psi_g = 90^\circ \quad (2.2)$$

ถ้าเพลาทำมุมกัน 90° แล้ว

$$\lambda_w = \psi_g \text{ และ } \lambda_g = \psi_w \quad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ต่อแปลงหรือทำและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของเฟืองหนอน คือ

$$C = \frac{d_w + d_g}{2}$$

ถ้าเกลียวตัวหนอนเป็นตัวขับแล้ว จากเรื่องเฟืองเฉียงเมื่อเพลาทำมุมกัน 90° อัตราทดคือ

$$m_w = \frac{\omega_w}{\omega_g} = \frac{N_g}{N_w} = \frac{d_g}{d_w \tan \lambda_w} = \frac{d_g \tan \lambda_g}{d_w} \quad (2.4)$$

ความสัมพันธ์อื่นๆ ที่มีประโยชน์ คือ

$$P_n P_n = \pi$$

$$P_n = P \cos \lambda_w$$

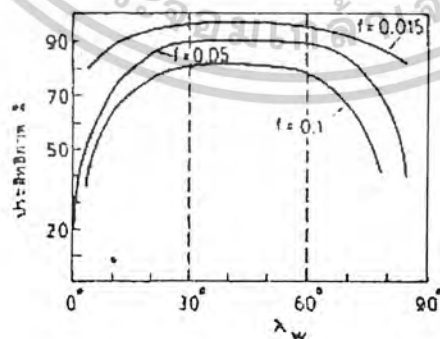
และ

2.3 พิตช์มาตรฐาน

เนื่องจากยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของชุดเฟืองหนอน และเพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงถือพิตช์ ($P_n = P$) เป็น mm ต่อไปเป็นหลักในการเลือกชุดเฟืองหนอนคือ

6	8	10	13	16	19
25	32	38	44	50	

2.4 ประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน



รูปที่ 2.7 กราฟประสิทธิภาพ - มุมเกล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเกลียวตัวหนอนมีลักษณะเช่นเดียวกับสกรูส่งกำลัง ดังนั้นผู้อ่านอาจจะพิสูจน์ได้ว่า สมการของประสิทธิภาพเป็นสมการเดียวกับของสกรูส่งกำลังคือ

$$\eta = \frac{\cos \phi_n - f \tan \lambda_w}{\cos \phi_n + f \tan \lambda_w} \quad (2.5)$$

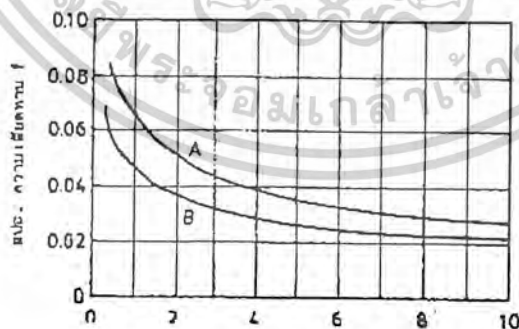
จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของชุดเกลียวตัวหนอนจะแปรผันตามมุมหลิศจของเกลียวตัวหนอน และถ้ากำหนดค่ามุมยกนอมัล ϕ_n ก็สามารถเขียนกราฟได้ดังรูป 2.7 ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่าถ้าต้องการให้มีประสิทธิภาพสูง มุมหลิศจควรจะอยู่ระหว่าง 30 ถึง 60 องศา

จากการทดลองพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานขึ้นอยู่กับความเร็วเสียดสี (Sliding velocity) การหล่อลื่นวัสดุและผิวสำเร็จ อย่างไรก็ตามถ้าทราบค่า ν ก็อาจจะใช้กราฟรูป 2.8 ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยประมาณได้

ชุดเฟืองหนอนมีคุณสมบัติการลื่นตัวเองได้เช่นเดียวกับสกรูส่งกำลังนั้นคือการลื่นตัวเองจะเกิดขึ้นเมื่อ

$$\lambda_w \leq \tan^{-1} f = \beta \quad (2.6)$$

การลื่นตัวเองอาจจะเป็นคุณสมบัติที่ดีเมื่อต้องการให้มีการช่วยเบรก ซึ่งหมายความว่าเฟืองหนอนไม่สามารถที่จะขับเกลียวตัวหนอนให้หมุนกลับทิศทางได้แต่ส่วนมากแล้วชุดเฟืองหนอนใช้ในการทดความเร็วในการยกของ นั่นคือ เกลียวตัวหนอนเป็นตัวขับ ในกรณีที่เกิดไปด้อย่างกะทันหันและของที่ยกมีความเฉื่อย (inertia) มาก การลื่นตัวเองในลักษณะเช่นนี้อาจจะทำให้ฟันของเกลียวตัวหนอนแตกหักได้ ดังนั้นจึงควรใช้วิธีการอื่นช่วยในการเบรกแทน อีกประการหนึ่งการลื่นตัวเองอาจเกิดขึ้นเมื่อมุม λ_w เล็กมาก (น้อยกว่า 6 องศา) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูป 2.7 แล้วจะพบว่าประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอนในช่วงนี้มีค่าต่ำมากด้วยเหตุนี้เองในการออกแบบจึงมักไม่ต้องการให้ชุดเฟืองหนอนมีคุณสมบัติในการลื่นตัวเอง



รูปที่ 2.8 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของชุดเฟืองหนอนที่มีการหล่อลื่นอย่างดี กราฟ A ใช้กับวัสดุที่มีความเสียดทาน เช่น เหล็กหล่อ กราฟ B ใช้กับวัสดุที่มีคุณภาพดี เช่น เกลียวตัวหนอน ชุบแข็งกับเฟืองหนอนที่ทำจากฟอสเฟอร์บรอนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ขนาดเกลียวตัวหนอน

โดยทั่วไปแล้วเกลียวตัวหนอนจะมีความแข็งแรงมากกว่าเฟืองหนอนเสมอ ดังนั้นการกำหนดสัดส่วนของของเกลียวตัวหนอนจึงขึ้นอยู่กับความชำนาญในการออกแบบเพื่อให้ชุดเฟืองหนอนมีขนาดที่เหมาะสม ซึ่งหมายความถึงการกำหนดมุมหลิศ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของเกลียวตัวหนอน ในที่นี้จะพูดถึงเฉพาะกรณีที่เพลาทำมุมกัน 90 องศาซึ่งมีใช้งานกันอยู่ทั่วไป เนื่องจากยังไม่มียุทธศาสตร์มาตรฐานดังนั้นการกำหนดสัดส่วนต่าง จึงต้องอาศัยข้อมูลต่างๆจากการใช้งานที่ได้ผลดีมาแล้ว

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของเกลียวตัวหนอนควรเลือกใช้ให้มีค่าระหว่าง

$$0.5 C^{0.875} \leq d_w \leq 0.88 C^{0.875} \text{ mm} \quad (2.7)$$

สมาคมผู้ผลิตเฟืองแนะนำขนาดที่ส่งกำลังได้ดี คือ

$$d_w = 0.68 C^{0.875} \text{ mm} \quad (2.8)$$

สมการอีกสมการหนึ่งที่จะใช้ประกอบในการเลือกขนาดได้ ซึ่งจะดูรายละเอียดได้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 1 คือ

$$C = \frac{L}{2\pi} (\cot \lambda_w + m_w) \quad (2.9)$$

สัดส่วนอื่นๆ ที่แนะนำให้ใช้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 2 จะดูได้จากตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ขนาดของเกลียวตัวหนอนที่แนะนำให้ใช้

มุมหลิศ, λ_w องศา	มุมกดคอมมิส, ϕ_w องศา	มอดค เทนคัม mm	คิเตนคัม mm
0-15	14.5	0.3683 p _a	0.3683 p _a
15-30	20	0.3683 p _a	0.3683 p _a
30-35	25	0.2865 p _a	0.3314 p _a
35-40	25	0.2546 p _a	0.2947 p _a
40-45	30	0.2228 p _a	0.2578 p _a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามุมพลิกของเกลียวแต่ละเกลียวบนเกลียวตัวหนอน ควรจะมีค่าประมาณ 6 องศา ดังนั้นถ้าต้องการเกลียวตัวหนอนที่มีมุมพลิก 30 องศา ก็ต้องใช้เกลียวที่มี 5 ปาก เป็นต้น แต่ถ้ามีจำนวนปากน้อยกว่ามุมพลิกของแต่ละเกลียวก็ควรเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสม

ในการออกแบบอาจกำหนดจำนวนปากขึ้นมาก่อนมุมพลิกก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ออกแบบ จากชุดเฟืองหนอนที่ใช้อยู่ทั่วไปพบว่าจำนวนปากที่เหมาะสมของเกลียวตัวหนอนขึ้นอยู่กับอัตราทดซึ่งจะดูค่าที่เคยมีใช้กันอยู่ในตาราง 2.2 แต่ก็ไม่มีกฎการใช้ที่แน่นอนเป็นมาตรฐาน

ตาราง 2.2 จำนวนปากของเกลียวที่เหมาะสมกับอัตราทด

m_w	จำนวนปาก	m_w	จำนวนปาก
≥ 20	≥ 1	6-12	≥ 4
12-36	≥ 2	4-10	≥ 6
8-12	≥ 3		

2.6 ความแข็งแรงของเฟืองหนอน

ในชุดเฟืองตัวหนอนฟันหรือเกลียวของเกลียวตัวหนอนจะมีความแข็งแรงกว่าเฟืองหนอนเสมอ ดังนั้นการคำนวณด้านความแข็งแรงจึงให้กระทำที่เฟืองหนอน ถ้าต้องการใช้งานมีการหยุดเป็นระยะๆ หรือใช้งานที่มีความเร็วรอบต่ำ สิ่งสำคัญที่พึงพิจารณาในการออกแบบ คือ ความเค้นคดที่ฟันเฟือง แต่จากลักษณะของฟันที่ขบกันทำให้การหาค่าความเค้นคดในฟันเฟืองทำได้ยากกว่าเฟืองตรง ดังนั้นการใช้สมการลูอิสในการคำนวณ จึงได้ค่าโดยประมาณเท่านั้น ด้วยเหตุนี้จึงไม่ใช้ค่าความเค้นหนาแน่นในสมการนี้สำหรับความแข็งแรงต่อการแตกหัก คือ

$$F_b = \frac{\sigma_b Y}{P_n} \quad (2.10ก)$$

หรือ

$$F_b = \sigma_b y P_n \quad (2.10ข)$$

โดยที่สัญลักษณ์ต่างๆ ยังคงมีความหมายเช่นเดิม

ด้วยเหตุผลเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การเลือกค่าตัวประกอบรูปแบบของลูอิสจึงไม่เลือกตามจำนวนฟัน แต่จะประมาณค่าตามค่าของมุมกดนอมัล ดังนี้คือ

$$\phi_n = 14 \frac{1}{2}^\circ \quad ; \quad Y = 0.314, \quad y = 0.100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\phi_n = 20^\circ$;	$Y = 0.392,$	$y = 0.125$
$\phi_n = 25^\circ$;	$Y = 0.470,$	$y = 0.150$
$\phi_n = 30^\circ$;	$Y = 0.550,$	$y = 0.175$

ค่าความเค้นใช้งาน σ ให้เลือกค่าจากตาราง 2.4 ในบทเบื้องต้น

2.7 แรงพลวัต

แรงพลวัตของชุดเฟืองหนอนหาได้จากสมการ

$$F_b = \left(\frac{6+V}{6} \right) F_r$$

โดยที่ V = ความเร็วพิตซ์ของเฟืองหนอน , m/s

F_r = แรงที่ส่งผ่านเฟืองค้ำวนที่เฟืองหนอน , N

โดยทั่วไปแล้วเกลิยหนอนจะเป็นตัวขับเคลื่อนแรง F_r ซึ่งค้ำวนที่เฟืองหนอนจึงต้องใช้กำลังขาออก (Output power) ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน อย่างไรก็ตามในขณะเริ่มออกแบบยังไม่ทราบประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงให้ใช้กำลังขาเข้า (input power) แทนแต่ให้ระลึกไว้เสมอว่า แรง F_r ที่ได้มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็นเนื่องจากต้องการให้ F_r มากกว่าหรือเท่ากับ F_r ดังนั้นจะเห็นได้ว่าวิธีการคำนวณดังกล่าวนี้จะให้ผลที่ปลอดภัยมากเกินไป

2.8 ความคงทนของผิวหน้าฟันเฟืองหนอน

สมการสำหรับหาค่าแรงลิกหรือใช้งานของบักคิงแฮม(3) คือ

$$F_w = d_g b k_w \quad (2.12)$$

โดยที่ d_g = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์ของเฟืองหนอน

b = ความหนาของฟัน

k_w = ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุและมุมกดของเฟืองดูได้จากตาราง 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3 ค่าคงที่ k_{∞} , N/mm^2

วัสดุ		มุมกดคนอนมีด, องศา			
เกลียวตัวหนอน	เฟืองหนอน	14½	20	25	30
เหล็กกล้า HB \geq 500	chilled bronze	0.620	0.862	1.034	1.241
เหล็กกล้า HB \geq 500	บรอนซ์	0.414	0.552	0.689	0.827
เหล็กกล้า HB = 250	บรอนซ์	0.248	0.345	0.414	0.496
เหล็กกล้า HB \geq 500	เหล็กหล่อสีเทา	0.372	0.517	0.620	0.745
เหล็กหล่อแบบhigh-test	เหล็กหล่อสีเทา	0.620	0.862	1.034	1.241
เหล็กหล่อแบบhigh-test	เหล็กหล่อแบบhigh-test	0.931	1.275	1.551	1.862

ในกรณีที่ใช้กับงานหนักต่อเนื่องกันตลอดเวลา ควรจะคิดดึงแรงสีกกร่อนใช้งานในการออกแบบแบบด้วย ผิวหน้าของชุดเฟืองหนอนจะต้องเรียบและแข็งวัสดุที่เหมาะสมและใช้กันมากคือคู่มือหนึ่งและคู่มือที่หกในตาราง 2.3

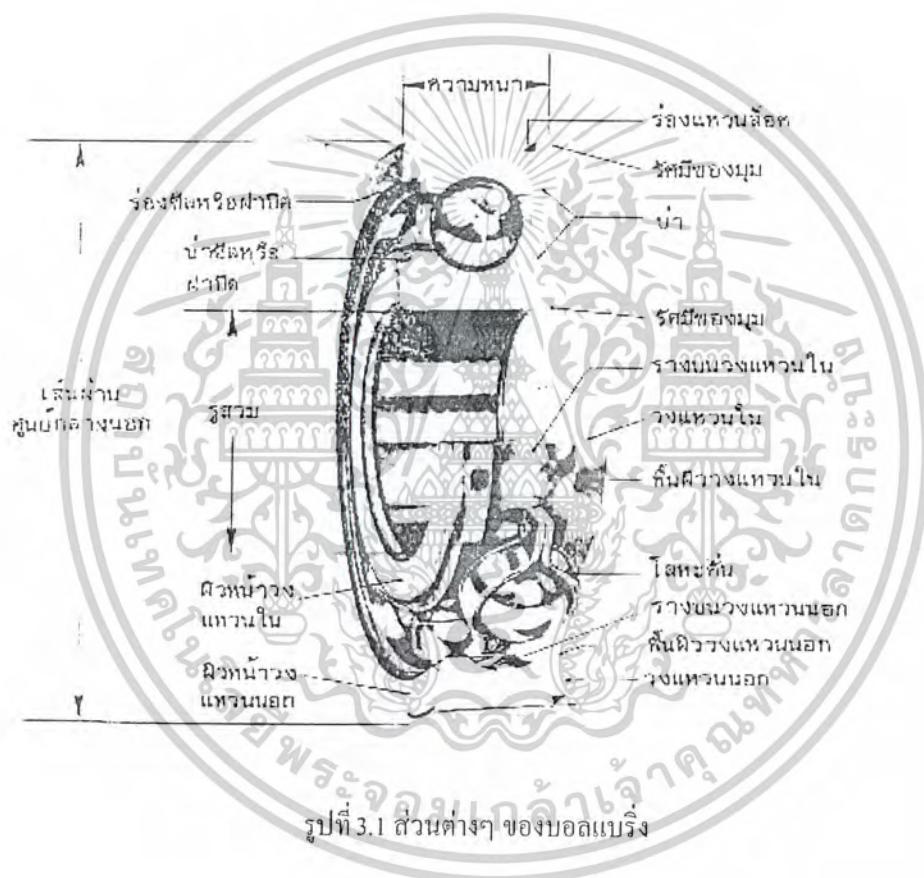
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

บอลแบริ่ง (Ball Bearing)

3.0 บทนำ

แบริ่งมีหน้าที่ รับแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกน และเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการส่งกำลัง ทำได้โดยการให้แบริ่งมีความเสียดทานน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียพลังงานกลายเป็นความร้อนในน้ำมันให้น้อยที่สุด



รูปที่ 3.1 ส่วนต่างๆ ของบอลแบริ่ง

แบริ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. เจอร์นัลแบริ่ง
2. บอลแบริ่ง

3.1 เจอร์นัลแบริ่ง

เจอร์นัลแบริ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือ เพลาหมุนซึ่งเรียกว่า เจอร์นัล และส่วนที่รองรับเพลา เรียกว่า แบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โรลลิ่งแบร์ริง หรือ บอลแบร์ริง

หมายถึง แบร์ริงชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบร์ริงที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (sliding contact) เนื่องจากแบร์ริงชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอนติฟริกชันแบร์ริง (antifriction bearings) ตัวอย่างเช่น บอลแบร์ริง (ball bearings) หรือตลับลูกปืน ดังรูป 3.1 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วย ลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

ข้อดีของโรลลิ่งแบร์ริงเปรียบเทียบกับเจอร์นัล

1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทน้อย (low starting friction torque) จึงเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง
2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขมันหรือจาระบี มาจากโรงงานด้วยแล้วเกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย
3. ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย
4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกน (Axial space) น้อย
5. สามารถรับแรงรูน (thrust load) และแรงในแนวรัศมี (radial load) ได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิ่งแบร์ริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรง (Straight roller bearing) สำหรับเจอร์นัลรับแรงได้เฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น
6. สามารถที่จะทราบได้ว่าแบร์ริงกำลังจะเสีย โดยการสังเกตจากเสียงดังซึ่งผิดไปจากปกติ
7. มีเคลียร์รันช์น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักรกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เพื่องผลลูกเบี้ยว เป็นต้น
8. สามารถใช้รองรับเพลานำในตำแหน่งใดๆ เช่น ใช้รองรับเพลานำ ซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับ เป็นต้น
9. ทำการติดตั้งได้เปรียบ

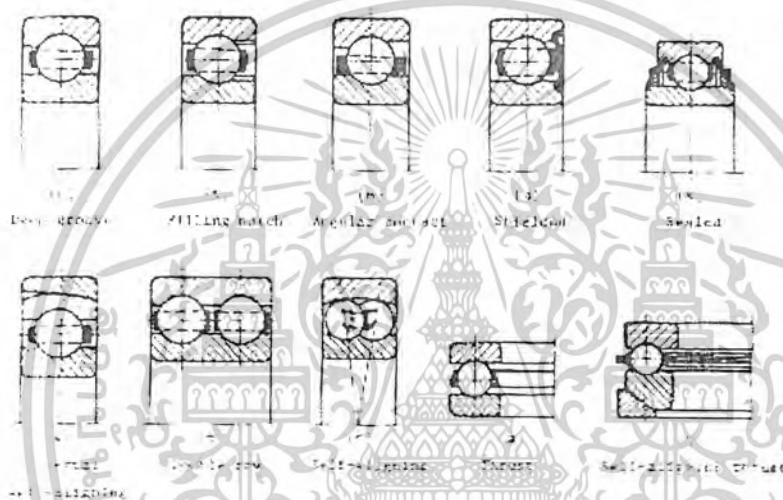
ข้อเสียของโรลลิ่งแบร์ริงเปรียบเทียบกับเจอร์นัลแบร์ริง

1. ใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมี (radial space) มากกว่า
2. โดยปกติแล้วราคาแพงกว่า
3. ขณะทำงานจะมีเสียงดังกว่าเนื่องจากการสัมผัสระหว่างผิวของลูกกลิ้งและวงแหวนข้างในบางขณะ
4. อายุการใช้งานสั้นกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูงและกระทำซ้ำกัน (Repeated load) จึงทำให้วัสดุเกิดความล้า
5. เมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 ชนิดของบอลเบริง

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งเบริงจะแบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ๆ คือ บอลเบริงซึ่งมีลูกกลิ้ง (rolling element) เป็นรูปทรงกลม และ โรลเลอร์เบริง (rolling bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (straight roller) โดยปกติแล้วเบริงเหล่านี้จะรับแรงได้ทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุน ยกเว้น โรลเลอร์เบริงแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้นเบริงทั้งสองพวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังที่แสดงไว้ในรูป 3.2 ซึ่งจะกล่าวถึงคุณลักษณะของเบริงแต่ละชนิดโดยสังเขป ดังต่อไปนี้



รูป 3.2 บอลเบริงชนิดต่างๆ

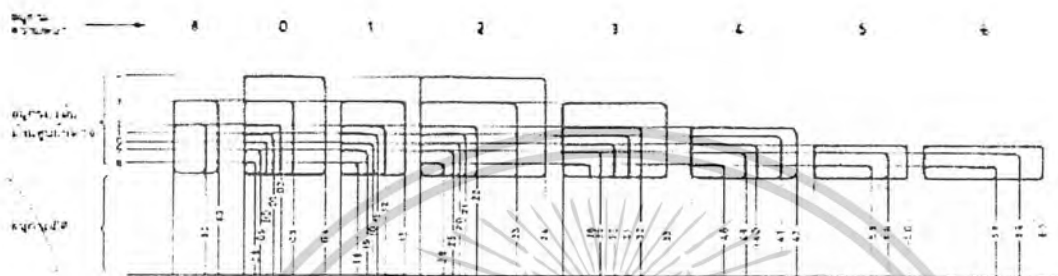
บอลเบริงชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (single-row deep-groove) เป็นเบริงชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับทรงกลม ดังรูป 3.2(ก) สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรุน)

บอลเบริงชนิด angular contact ดังรูป 3.2(ค) เป็นเบริงที่ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกนซึ่งมีค่าสูงๆ โดยมีมุมสัมผัส (contact angle) ต่างๆกัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้น เบริงก็สามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลงในกรณีที่ต้องการใช้รับแรงในแนวแกนสองทิศทางก็ให้ใช้แบบมีลูกกลิ้งสองแถว (double row) ดังรูป 3.2(ข) หรือใช้เบริงสองอันหันหน้าเข้าหากันเป็นแบบปรับแนวได้เอง (self-aligning) ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลาจจะมีอาการเอียงแนวเป็นมุมค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูป 3.2(ฉ) และ 3.2(ช) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายใน ซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนนอกในการช่วยปรับมุมส่วนเบริงในรูปที่ 3.2(ค) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายนอก สามารถปรับมุมได้สูงมากโดยการเอียงระนาบผิวด้านนอกของวงแหวนนอกให้รับกับผิวหน้าของตัวรับเบริง (bearing housing) บอลเบริงกันรุนปรับแนวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ (self-aligning thrust) ดังรูปที่ 3.2(ญ) ออกแบบสำหรับใช้รับแรงในแนวแกน ในกรณีที่เกิดการเอียงแนวเกิดขึ้น

3.3 มิติมาตรฐานของโรลลิงแบร์ริง



รูปที่ 3.3 ขอบเขตของมิติ สำหรับอนุกรมมิติของแบร์ริงต่างๆ

การกำหนดมาตรฐานของแบร์ริงทำให้ผู้ผลิตสามารถที่จะผลิตแบร์ริงได้ราคาถูกลงทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก และทำให้การดูแลรักษาตลอดจนการเก็บแบร์ริงสำรองสามารถกระทำได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้เองสมาคม AFBMA ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการพิมพ์มาตรฐานของแบร์ริงชนิดต่างๆ จึงร่วมกับสมาคมเกี่ยวกับโรลลิงแบร์ริงอื่นๆ จัดทำมาตรฐานให้เข้ากับขององค์กรมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO) มาตรฐานนี้จะบอกถึงมิติภายนอกของแบร์ริง คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน-ภายนอก และความหนา ส่วนมิติภายในแบร์ริงให้เป็นไปตามที่ผู้ผลิตจะออกแบบ

3.4 ความเสียหายของโรลลิงแบร์ริง

ความเสียหายของโรลลิงแบร์ริงส่วนใหญ่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างลูกกลิ้งและรางบนวงแหวนค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหายสำหรับแบร์ริงบางชนิด ดูได้จากตาราง 3.1

ชนิดของแบร์ริง	ขณะ เริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
ทอกลแบร์ริง	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
spherical roller bearing	0.0030	0.1200	0.0018	0.0080
cylindrical roller bearing	0.0020	-	0.0011	-

ตาราง 3.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การประเมินค่าอายุการใช้งานและแรง

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการผลิตและควบคุมคุณภาพของโรเลอร์เบริงอย่างทันสมัยแต่ก็ปรากฏว่าเบริงชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภายใต้วิธีการและเครื่องมือขึ้นเดียวกันจะมีอายุการใช้งานแตกต่างกันไปมากทั้งนี้อาจจะเนื่องจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกิ้งและความเรียบของผิวหน้าลูกกิ้ง เป็นต้น ดังนั้นอายุการใช้งานที่ทางผู้ผลิตอ้างอิงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการทางด้านสถิติเข้าช่วย ทางสมาคม AFBMA จึงได้ตั้งนิยามและวิธีการการเลือกเบริงขึ้น ซึ่งมีดังต่อไปนี้ คือ

3.5.1 อายุการใช้งานของโรเลอร์เบริง

หมายถึง จำนวนรอบ หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่ ซึ่งเบริงหมุน ได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกิ้ง

3.5.2 แรงสถิตประเมิน (Basic static load rating)

หมายถึง แรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดระยะขยับตัวของลูกกิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.0001 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกิ้ง และใช้แทนด้วย C_0 ค่าของ C_0 สำหรับเบริงอนุกรมต่างๆ ดูได้จากตาราง 11 , 12 , และ 13 ค่า C_0 นี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำเบริง จำนวนแถวของลูกกิ้งในเบริง จำนวนลูกกิ้งต่อแถว มุมสัมผัสตลอดจนขนาดของลูกกิ้งและวงแหวน

3.5.3 แรงพลวัตประเมิน (Basic dynamic load rating)

แรงพลวัตประเมิน C นี้เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของเบริงเพื่อให้รับแรง และมีอายุใช้งานได้ตามความต้องการ

$$\begin{aligned} L_1 &= L_{10} & P_1 &= P \\ L_2 &= L_{mr} & P_2 &= C \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^k \quad 3.1$$

ให้ L_{10} เป็นอายุการใช้งานจริงซึ่งมีหน่วยเป็นล้านรอบ (mr) และ P เป็นแรงในแนวรัศมีที่เบริงจะต้องรับขณะใช้งานจริงจากสมการ 3.1 ทำให้ทราบว่าเบริงที่เลือกมาจากอายุประเมินจำนวนหนึ่งล้านรอบนั้น จะสามารถทำงานได้ที่ล้านรอบขณะใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.2 อัตราการรับน้ำหนักของโรลเลอร์แบบกรง (C₀, C [กิโล KN])

ขนาด mm	O.D. D mm	จำนวน mm	ชนิดที่ 02										ชนิดที่ 72		ชนิดที่ 10				
			Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		ขนาด mm	Spherical Roller Bearing		ขนาด mm	Double-Row Non-Fillow Notch Ball Bearing		
			C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C	C ₀	C		C ₀	C		C ₀	C	
5	13	5	-	-	0.57	1.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	16	5	-	-	0.94	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	26	8	0.86	2.03	1.35	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	30	9	0.93	2.07	1.46	3.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	36	10	1.16	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	42	10	1.48	4.30	3.05	5.25	1.27	3.57	-	-	-	-	-	-	-	-	14.3	3.56	3.52
25	50	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.56	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9	5.56	8.10
30	60	12	2.41	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-	-	-	-	-	15.9	6.36	9.03
35	72	14	3.14	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	17.5	8.19	11.30
40	84	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26	-	-	-	-	20.6	11.30	15.17
45	96	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.04	15.80	9.88	17.67	-	-	-	-	20.6	12.73	16.66
50	110	17	8.68	12.16	13.65	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.72	-	-	-	-	23.8	14.33	22.87
55	126	18	11.59	14.82	15.86	22.73	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	30.11	23	43.97	60.52	30.7	24.92	30.57	
60	144	19	14.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.74	21.25	27.72	22.39	35.91	24	50.28	67.19	30.7	28.61	34.17	
65	162	20	18.55	17.40	19.80	27.01	26.03	32.11	22.74	28.79	23.90	37.56	25	53.40	65.41	30.2	32.57	38.36	
70	180	21	23.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84	26	66.75	81.43	33.3	45.81	50.73	
75	210	22	31.53	23.14	30.94	40.38	40.72	48.50	35.53	43.16	37.65	56.07	28	83.21	99.23	36.5	56.51	61.41	
80	240	23	41.22	23.85	34.13	44.85	44.35	53.51	41.83	48.95	45.39	64.30	31	99.68	116.60	38.1	62.30	66.73	
85	270	24	51.78	26.63	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	55.39	74.56	33	105.91	121.00	39.7	68.53	72.51	
90	300	25	63.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.65	35	111.70	125.30	41.3	75.20	77.00	
95	330	26	77.54	30.35	44.50	56.07	62.76	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22	37	129.00	143.70	44.4	81.43	85.00	
100	360	28	94.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.73	99.48	36	149.50	166.40	49.2	86.77	87.66	
110	420	30	117.77	43.79	60.32	73.87	85.44	92.56	74.51	82.72	81.67	127.27	40	179.40	195.80	52.4	98.34	100.60	
120	480	32	146.85	48.95	69.42	83.66	91.67	106.00	77.87	87.66	101.46	149.71	43	221.10	235.80	55.6	127.30	127.10	

ตาราง 3.3 มิติมาตรฐานและแรงประมั้นของโรตลิ่งเบริง (c_o, c เป็น KN)

ขนาด เส้น ผ่า กลาง mm	ขนาด เส้น ผ่า นอก mm	ความ หนา mm	จำนวน รู mm	รูปถ่าย 01								รูปถ่าย 23				รูปถ่าย 23						
				Spindle (Rolling)		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing		Spherical Roller Bearing		Self-aligning Ball Bearing		Spherical Roller Bearing		จำนวน รู mm	Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Ball Bearing	
				c_o	c	c_o	c	c_o	c	c_o	c	c_o	c	c_o	c	c_o	c		c_o	c	c_o	c
4	5	1.5	5																			
5	6	1.5	5																			
6	7	1.5	5																			
8	9	1.5	5																			
10	11	1.5	5																			
12	13	1.5	5																			
15	16	1.5	5																			
20	22	1.5	5																			
25	28	1.5	5																			
30	34	1.5	5																			
35	40	1.5	5																			
40	46	1.5	5																			
45	52	1.5	5																			
50	58	1.5	5																			
55	64	1.5	5																			
60	70	1.5	5																			
65	76	1.5	5																			
70	82	1.5	5																			
75	88	1.5	5																			
80	94	1.5	5																			
85	100	1.5	5																			
90	106	1.5	5																			
95	112	1.5	5																			
100	118	1.5	5																			

ตาราง 3.4 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของโรลลิงเบรจ (C₀, C₁₀ ใน KN)

No.	ขนาดของล้อ (Wheel Size)										D ₀	D ₁₀	ขนาดของล้อ 10		ขนาดของล้อ 30		ขนาดของล้อ 50		D ₀	D ₁₀	ขนาดของล้อ 10		D ₀	D ₁₀
	D ₀	D ₁₀	B	Simple-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular Contact Ball Bearing		D ₀	D ₁₀	Double-Row Cylindrical Roller Bearing			Spherical Roller Bearing		D ₀	D ₁₀	Spherical Roller Bearing							
				C ₀	C ₁₀	C ₀	C ₁₀			C ₀			C ₁₀	C ₀			C ₁₀	C ₀			C ₁₀			
																						C ₀		
4																								
5																								
6																								
7	18	0.30	4	-	1.51																			
8	22	0.50	7	-	2.51																			
9	24	0.10	7	-	2.60																			
10	26	0.10	8	1.96	3.51																			
12	28	0.10	8	2.27	3.92																			
15	33	0.40	9	2.31	4.29																			
17	35	0.40	10	2.28	4.63																			
20	37	0.60	12	4.45	7.31																			
23	42	0.60	12	4.44	7.74					16	10.66	16.62												
30	45	1	13	6.90	10.19					14	14.06	20.51												
35	52	1	14	8.50	12.28	10.40	16.66			20	19.62	27.01												
40	58	1	15	9.30	12.90	12.37	19.51			21	24.07	32.31												
45	63	1	16	12.15	16.15	14.95	18.62			23	28.97	37.96												
50	70	1	16	13.08	16.78	16.75	19.62			24	31.86	40.77												
55	75	1	18	17.03	21.76	22.11	25.81			26	42.45	52.51												
60	85	1	18	18.29	22.65	23.36	26.47			28	46.28	55.62												
65	100	1	18	19.52	23.50	25.61	27.99			26	50.28	58.74												
70	110	1	20	24.39	29.28	31.06	34.18			30	66.25	75.65												
75	125	1	20	26.12	30.39	34.35	36.27			30	66.25	75.20												
80	125	1	22	31.28	36.67	42.01	46.08			34	82.27	92.56												
85	130	1	22	31.52	38.04	44.10	45.39			34	89.44	97.01												
90	140	1.30	24	39.11	44.55	52.51	54.29			37	101.60	113.03												
95	155	1.50	24	43.87	46.72	55.18	55.67			37	111.25	116.81												
100	160	1.50	24	43.87	48.29	57.85	54.86			33	119.24	124.15												

3.6 แรงสมมูล

ในการใช้งานจริงโรลิ่งเบริงอาจรับทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกน และวงแหวนในหรือนอกจะเป็นอันที่หมุนก็ได้ซึ่งก็แล้วแต่ผู้ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อีกประการหนึ่งเค็ดคาล็อกของผู้ผลิตจะกำหนดให้เฉพาะอายุประเมินในทอมของแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนแรงและเงื่อนไขจากที่ใช้ทำงานจริงมาให้เป็นแรงในแนวรัศมีโดยมีวงแหวนในเป็นตัวหมุน เรียกว่า แรงสมมูล (equivalent force) เพื่อที่จะได้ใช้ในการเลือกเบริงจากเค็ดคาล็อกได้ สมาคม AFBMA ได้กำหนดนิยามของแรงสมมูลไว้ดังนี้

แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งให้กระทำต่อโรลิ่งเบริงโดยที่วงแหวนวงในหมุนและวงแหวนด้านนอกอยู่นิ่งแล้ว จะทำให้เบริงมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุการใช้งานของเบริงที่รับแรงจริงซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน และให้คำนวณได้จากสมการ

$$P = XVF_r + YF_a \quad 3.2$$

$$P = VF_r \quad 3.3$$

หรือ

โดยที่	P	=	แรงสมมูล
	F_r	=	แรงในแนวรัศมี
	F_a	=	แรงในแนวแกนหรือแรงรูน
	V	=	ตัวประกอบการหมุน (rotation factor): มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุน และ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน ถ้าเป็นบอลเบริงชนิด self-aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ
	X	=	ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี (radial load factor)
	Y	=	ตัวประกอบแรงรูน (thrust load factor)

ค่าแรงสมมูลที่ใช้ในการเลือกขนาดเบริง ให้ใช้ค่าที่ได้จากสมการ 3.2 และ 3.3 แล้วแต่ค่าไหนจะมากกว่ากัน สำหรับบอลเบริงกันรูนและโรลเลอร์เบริงกันรูนแล้วให้คำนวณค่าแรงสมมูลจากสมการ 3.2 โดยที่ $V = 1$ ส่วน straight roller bearing นั้นจะใช้รับเฉพาะในแนวรัศมีเท่านั้น จึงให้คำนวณแรงสมมูลจากสมการ 3.3 ค่า X และ Y สำหรับเบริงบางชนิดแสดงอยู่ในตาราง 3.4 และ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contact Angle α , deg	$\frac{fF_d}{C_D}$	Single-Row Bearing ² $F_a/VF_r > e$		Double-Row Bearing ³				e
		X	Y	$F_a/VF_r \leq e$		$F_a/VF_r > e$		
				X	Y	X	Y	
Deep groove ball bearing ⁴								
	0.014		2.30				2.30	0.19
	0.028		1.99				1.99	0.22
	0.056		1.71				1.71	0.26
	0.084		1.55				1.55	0.28
	0.11	0.56	1.45	1.0	0	0.56	1.45	0.30
	0.17		1.31				1.31	0.34
	0.28		1.15				1.15	0.38
	0.42		1.04				1.04	0.42
	0.56		1.00				1.00	0.44
Angular-Contact groove ball bearing ⁴								
5	0.014		Use X, Y		2.78		3.74	0.23
	0.028		and e		2.40		3.23	0.26
	0.056		values		2.07		2.78	0.30
	0.084		appli-		1.87		2.52	0.34
	0.11	0.56	cable	1.0	1.75	0.78	2.36	0.36
	0.17		to sin-		1.58		2.13	0.40
	0.28		gle-row		1.39		1.87	0.45
	0.42		deep		1.26		1.69	0.50
0.56		groove		1.21		1.63	0.52	
			bear-					
			ings					
10	0.014		1.88		2.18		3.06	0.29
	0.029		1.71		1.98		2.78	0.32
	0.057		1.52		1.76		2.47	0.36
	0.086	0.46	1.41	1.0	1.63	0.75	2.29	0.38
	0.11		1.34		1.55		2.18	0.40
	0.17		1.23		1.42		2.00	0.44
	0.29		1.10		1.27		1.79	0.49
	0.43		1.01		1.17		1.64	0.54
0.57		1.00		1.16		1.63	0.54	

ตาราง 3.5 ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลและโรลเลอร์เบริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contact Angle α , deg	$\frac{iF_a^1}{C_o}$	Single-Row Bearing ²		Double-Row Bearing ³				e
		$F_a/VF_r > e$		$F_a/VF_r \leq e$		$F_a/VF_r > e$		
		X	Y	X	Y	X	Y	
Angular-Contact groove ball bearing ⁴								
15	0.015		1.47		1.65		2.39	0.38
	0.029		1.40		1.57		2.28	0.40
	0.058		1.30		1.46		2.11	0.43
	0.087		1.23		1.38		2.00	0.46
	0.12	0.44	1.19	1.0	1.34	0.72	1.93	0.47
	0.17		1.12		1.26		1.82	0.50
	0.29		1.02		1.14		1.66	0.55
	0.44		1.00		1.12		1.63	0.56
	0.58		1.00		1.12		1.63	0.56
20		0.43	1.00	1.0	1.09	0.70	1.63	0.57
25		0.41	0.87	1.0	0.92	0.67	1.41	0.68
30		0.39	0.76	1.0	0.78	0.63	1.24	0.80
35		0.37	0.66	1.0	0.66	0.60	1.07	0.95
40		0.35	0.57	1.0	0.55	0.57	0.93	1.14
Self-aligning ball bearings								
		0.40	0.4	1.0	0.42	0.65	0.65	1.5
			$\cot \alpha$		$\cot \alpha$		$\cot \alpha$	$\tan \alpha$
Roller-bearings, self-aligning, tapered ⁵								
$\alpha \neq 90$		0.4	0.4	1.0	0.45	0.67	0.67	1.5
			$\cot \alpha$		$\cot \alpha$		$\cot \alpha$	$\tan \alpha$

ตาราง 3.5 ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลและโรลเลอร์เบริง (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกต ค่าของ X, Y และ c สำหรับแรงหรือ contact angle นอกเหนือจากตารางให้หาค่าโดยการประมาณแบบเชิงเส้น

1. c_o เป็นแรงสถิตย์ประมิน ; เป็นจำนวนแถวของลูกกลิ้ง สำหรับ deep groove bearing ให้ 1 เท่ากับ 1 เสมอ
2. สำหรับ single-row bearing เมื่อ $F_a/VF_r < e$ ใช้ $X = 1$ และ $Y = 0$ เมื่อคำนวณหาแรงสมมูลของเบริงคู่ซึ่งเป็น single-row angular contact ball ติดตั้งแบบหันหน้าชนกันและหันหลังชนกัน ให้ถือว่าเป็น double-row angular contact ball ถ้าติดตั้งแบบตามกันให้ถือว่าเป็นแต่ละอันเป็น single-row angular contact ball
3. ให้ถือว่าเป็น double-row angular contact ball มีความสามารถ (symmetry)
4. ค่า F_a/c_o สูงสุดขึ้นอยู่กับกรอกแบบเบริง
5. สำหรับ $\alpha = 0$; $F_a = 0$ และ $X = 1$

รูรวม mm	O.D mm	ความหนา mm	e	$\frac{F_a}{VF_r} < e^*$		C_o kN	C kN
				X	Y		
25	60	19	0.51	0.40	1.17	20	27
30	67	21	0.48		1.25	25	32
35	72	17	0.44		1.37	28	34
40	80	21	0.47		1.27	33	41
45	85	21	0.45		1.34	38	47
50	90	20	0.40		1.49	43	49
50	100	21	0.45		1.34	60	70
50	110	27	0.48		1.24	75	85
55	100	21	0.40		1.49	57	61
60	110	22	0.38		1.60	69	73
65	113	24	0.37		1.61	79	83
65	127	28	0.42		1.44	90	101

ตาราง 3.6 แรงประมินและตัวประกอบ X และ Y สำหรับ single-row , spherical roller bearing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รู้อย mm	O.D mm	ความหนา mm	e	$\frac{F_a}{V F_r} > e^*$		C ₀ kN	C kN
				X	Y		
70	150	30	0.40	0.40	1.49	116	133
75	130	27	0.38		1.59	92	97
80	150	28	0.38		1.57	115	117
85	150	28	0.38		1.57	115	117
90	190	36	0.38		1.60	225	214
95	180	34	0.36		1.67	177	181
100	180	38	0.36		1.67	177	181
105	190	36	0.38		1.60	225	214
120	215	44	0.37		1.63	274	265

* สำหรับ $F_a/V F_r \leq e$, X = 1 และ Y = 0

ตาราง 3.6 แรงประเหินและตัวประกอบ X และ Y สำหรับ single-row, spherical roller bearing * (ต่อ)

3.7 ตัวประกอบใช้งาน

แรงที่กระทำต่อแบริ่งจะได้รับการส่งทอดมาจากชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ ซึ่งอาจจะมีคามสั่นสะเทือนมากน้อยต่างกันไป อันอาจจะเป็นคั่นเหตุให้แบริ่งเสียหายเร็วขึ้นคั้งนั้น ในการเลือกแบริ่งจึงควรที่จะเพิ่มค่าแรงสมมูลเสียก่อน ตัวประกอบเหล่านี้ได้มาจากประสบการณ์อันยาวนานของผู้ออกแบบเครื่องจักรกลเป็นจำนวนมาก เรียกว่า ตัวประกอบใช้งาน (service factor) และได้แสดงไว้ในตารางที่ 16 ซึ่งประกอบด้วยตัวประกอบของการกระแทก (impact factor) ตัวประกอบของสายพาน (belt factor) และตัวประกอบของเฟือง (gear factor) ซึ่งรวมเรียกว่า ตัวประกอบใช้งาน

N_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.7 ค่าตัวประกอบ Y สำหรับ double-row spherical roller bearing *

รูปร่าง	อนุกรมมิติ 22			อนุกรมมิติ 23			อนุกรมมิติ 30			อนุกรมมิติ 31			อนุกรมมิติ 32		
	e	$\frac{F_a}{VF_r} < e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} < e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} < e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} < e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} < e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$
		Y	Y		Y	Y		Y	Y		Y	Y		Y	Y
40	-	-	-	0.40	1.70	2.53									
45	0.28	2.39	3.56	0.39	1.74	2.59									
50	0.26	2.57	3.83	0.39	1.73	2.57									
55	0.26	2.64	3.93	0.38	1.76	2.62									
60	0.26	2.58	3.84	0.38	1.79	2.66									
65	0.26	2.55	3.80	0.37	1.84	2.74									
70	0.25	2.69	4.00	0.36	1.86	2.77									
75	0.24	2.82	4.20	0.38	1.79	2.67									
80	0.24	2.84	4.24	0.36	1.86	2.76									
85	0.24	2.80	4.17	0.36	1.86	2.77									
90	0.25	2.69	4.00	0.36	1.89	2.82									
95	0.26	2.57	3.83	0.36	1.86	2.77									
100	0.27	2.54	3.79	0.37	1.83	2.72									
110	0.27	2.46	3.66	0.36	1.90	2.82	-	-	-	0.31	2.15	3.20	0.34	1.98	2.95
120	0.27	2.50	3.72	0.35	1.92	2.85	0.24	2.80	4.16	0.31	2.16	3.22	0.35	1.91	2.84

ตาราง 3.7 ค่าตัวประกอบ Y สำหรับ double-row, spherical roller bearing* (ต่อ)

รูขนาด mm	อนุกรม 22		อนุกรม 23		อนุกรม 30		อนุกรม 31		อนุกรม 32						
	e	$\frac{F_a}{VF_r} \leq e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} \leq e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} \leq e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$	e	$\frac{F_a}{VF_r} \leq e$	$\frac{F_a}{VF_r} > e$			
		Y	Y		Y	Y		Y	Y		Y				
130	0.28	2.44	3.63	0.35	1.91	2.84	0.25	2.76	4.11	0.30	2.25	3.35	0.36	1.89	2.81
140	0.27	2.48	3.69	0.36	1.87	2.79	0.24	2.82	4.20	0.30	2.28	3.40	0.35	1.93	2.87
150	0.27	2.48	3.71	0.36	1.89	2.81	0.24	2.86	4.26	0.32	2.13	3.17	0.36	1.90	2.83
160	0.28	2.44	3.63	0.35	1.90	2.83	0.24	2.84	4.22	0.32	2.14	3.19	0.36	1.89	2.81
170	0.28	2.42	3.60	0.35	1.93	2.87	0.25	2.75	4.09	0.31	2.19	3.26	0.36	1.89	2.81
180	0.27	2.51	3.73	0.35	1.95	2.91	0.25	2.66	3.96	0.31	2.15	3.20	0.36	1.88	2.80
190	0.27	2.48	3.70	0.34	1.96	2.91	0.25	2.74	4.08	0.32	2.10	3.13	0.35	1.92	2.85
200	0.27	2.46	3.67	0.35	1.95	2.90	0.25	2.67	3.98	0.32	2.11	3.14	0.36	1.90	2.83
220	0.27	2.48	3.70	0.33	2.03	3.02	0.25	2.67	3.97	0.32	2.13	3.17	0.36	1.88	2.80
240	0.27	2.47	3.68	-	-	-	0.24	2.78	4.13	0.31	2.17	3.24			
260							0.25	2.74	4.08						
280							0.24	2.81	4.17						
300							0.24	2.79	4.15						

* สำหรับอนุกรมนี้ทั้งหมด $F_a/VF_r \leq e$, X = 1.00 หรือ $F_a/VF_r > e$, X = 0.67

ที่มา : Bearing Technical Journal. FMC Corp., Link-Belt Bearing Division, Indianapolis, Ind., 1970.

ชนิดของแรง	N _s		
	บอลแบร์ริง	โรลเลอร์แบร์ริง	ตัวอย่าง
แรง เชียบลมา เสมอ	1.0	1.0	มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องอัดอากาศ
แรงกระแทก เล็กน้อย	1.5	1.0	เครื่องตัดโลหะ ปั้นจั่น
แรงกระแทกอย่างหนัก	2.0-3.0	1.3-2.0	เครื่องขุดแร่ เครื่องเขย่า

ตาราง 3.8 ตัวประกอบของการกระแทก

ชนิดของสายพาน	N _s
สายพานลิ่ม (V-belts)	1.5-2.0
สายพานแบน	2.0-4.0

ตาราง 3.9 ตัวประกอบของสายพาน

คุณภาพของเฟือง	N _B
เฟืองซึ่งตัดฟันอย่างดีมาก	1.05 1.10
เฟืองที่ใช่ทั่วไป	1.10 1.30

ตาราง 3.10 ตัวประกอบเฟือง

3.8 อายุการใช้งานโดยสังเขป

ในการเลือกใช้แบร์ริงผู้ออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องทราบว่า แรงที่กระทำต่อแบร์ริงมีค่าเท่าไรและอายุการใช้งานของแบร์ริงควรจะเป็นเท่าไร ตาราง 3.11 แสดงถึงอายุการใช้งานของแบร์ริงในเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางให้แก่ผู้เลือกใช้แบร์ริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงทำงาน
เครื่องมือวัดและ เครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องมือสำหรับห้องทดลอง อุปกรณ์สำหรับประตูลื่น	500
เครื่องยนต์ เครื่องบิน	500-2700
เครื่องจักรสำหรับใช้งานช่วงเวลาดำเนิน ๆ หรือทำงานเป็นพัก ๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องมือต่าง ๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช้มือจับ เครื่องจักรกล ารเกษตร เป็นต้นที่ใช้ในงานประกอบ เครื่องยนต์ย้าย เป็นต้นที่ใช้ในงานหล่อ เครื่องจักรกลที่ใช้ในบ้าน	4000-8000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพัก ๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทวีมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรสำรองของโรงงานกำลัง อุปกรณ์ลำเลียงในสายงานผลิต อิทธิ เป็นต้นยกสินค้าทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8000-12 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเพื่องานสำหรับงานทั่วไป	12 000-20 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป เป็นต้นที่ใช้ยกของตลอดเวลา เครื่องเป่าลม เพลาลงกำลัง	20 000-30 000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่างเช่น เครื่องแยกของ เครื่องยัดอากาศ รัย เพลาลงกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40 000-60 000
เครื่องจักรที่ใช้งานตลอด ชั่วโมง ละการทำงานมีความสำคัญมาก ตัวอย่าง เช่น เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงไฟฟ้า รัยในเหมืองแร่ สถานีส่งน้ำประปา เครื่องจักรในเรือเค.สมุทร	100 000-200 000

ที่มา : นิตยสารน็อกและข้อมูลทางวิศวกรรมทั่วไปของ SKF Industries, Phila., Pa

ตาราง 3.11 แนวทางในการเลือกอายุการใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สายพาน

4.0 บทนำ

การส่งกำลังทางกลจากเพลานหนึ่งไปยังเพลานอีกอันหนึ่ง อาจทำได้ 3 วิธี คือ โดยใช้เฟือง ใช้สายพาน ใช้ โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (flexible) ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการด้วยกันเมื่อเปรียบเทียบกับ การส่งกำลังโดยโซ่เฟือง ข้อดีคือ มีราคาถูกและใช้ง่าย รับแรงกระตุกและสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสมสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลานที่อยู่ห่างกันมากๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่ก็มีข้อเสียคือ อัตราทดไม่แน่นอนนักเนื่องจากการสลิป (slip) และการ คืบ (creep) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลานหรือปรับแรงตึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนี้ยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

4.1 ชนิดและวัสดุของสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ สายพานแบน (flat belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า , สายพานลิ้ม (V-belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู , สายพานกลม (ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และไทมมิ่งเบลท์ (timing belt) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมูแต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน สายพานแต่ละชนิดมีลักษณะในการใช้งานต่างกัน

วัสดุที่ใช้ทำสายพานต้องมีค่าความต้านแรงสูง (strength) สามารถบิดตัวได้ดี และต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสสูง

วัสดุที่ใช้ทำสายพานซึ่ง ใช้งานกันมากที่สุดคือหนัง (oak-tanned leather) แต่ถ้าเป็นการใช้งานเป็นพิเศษ เช่น อยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้น มีไอของสารเคมี หรือมีน้ำมันอยู่ด้วย ก็มักใช้สายพานแบบ chrome leather เพื่อให้สายพานมีอายุการใช้งานได้นานพอสมควร จึงมักใช้ค่าความตึงในการออกแบบสายพานต่ำกว่าความต้านแรงดึงสูงสุดของสายพานมาก โดยทั่วไปจะใช้ค่าความปลอดภัยประมาณ 10 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานหนังมีค่าประมาณ 0.40-0.50 และความเร็วใช้งานของสายพานควรอยู่ในช่วง 1000-2000 m/min

สายพานอีกชนิดหนึ่ง คือ สายพานยาง (rubber belts) สายพานประเภทนี้จะมีฝ้ายหรือผ้าใบเป็นไส้ภายใน และมียางหุ้มอยู่ภายนอก ยางที่ใช้หุ้มเป็นยางที่มีการอบด้วยกำมะถัน ในอุณหภูมิสูง (vulcanized) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความต้านแรง สายพานเหมาะสำหรับใช้งานที่มีน้ำมันหรือแสงแดด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพานหนังแล้วสายพานยางจะมีราคาถูกกว่าแต่อายุการใช้งานสั้นกว่า สายพานยางทนต่อสภาพบรรยากาศในการใช้งานได้ดีกว่าสายพานหนัง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของสายพานยางมีค่าต่ำประมาณ 0.30-0.40 และสามารถรับแรงดึงได้ประมาณ 20 N ต่อชั้นต่อความกว้างสายพาน 1 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายพานบาลลาดา (balata belts) เป็นยางคล้ายसानพานยาง แต่ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการอบด้วยกำมะถัน ทนต่อกรดและความชื้นได้ดี แต่อุณหภูมิใช้งานไม่ควรเกิน 40°C สายพานชนิดนี้มีความต้านแรงมากกว่าสายพานยางประมาณ 25 %

สายพานผ้าดัก (textile belts) ทำจากผ้าหรือผ้าใบซ้อนกันเป็นชั้นๆ แล้วยึดติดกัน จากนั้นจึงเคลือบด้วยน้ำมันลินซีด (linseed) เพื่อให้สายพานกันน้ำได้ มักใช้งานประเภทชั่วคราว

สายพานทุกชนิดที่กล่าวมานี้จะยึดตัวได้ดีดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงจะยึดตัวทำให้เกิดการสลลบบนล้อสายพาน (pulley) ในทางปฏิบัติจึงมักจะยึดสายพานให้ตึงไว้ก่อนใช้งาน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดการสลลลของสายพาน

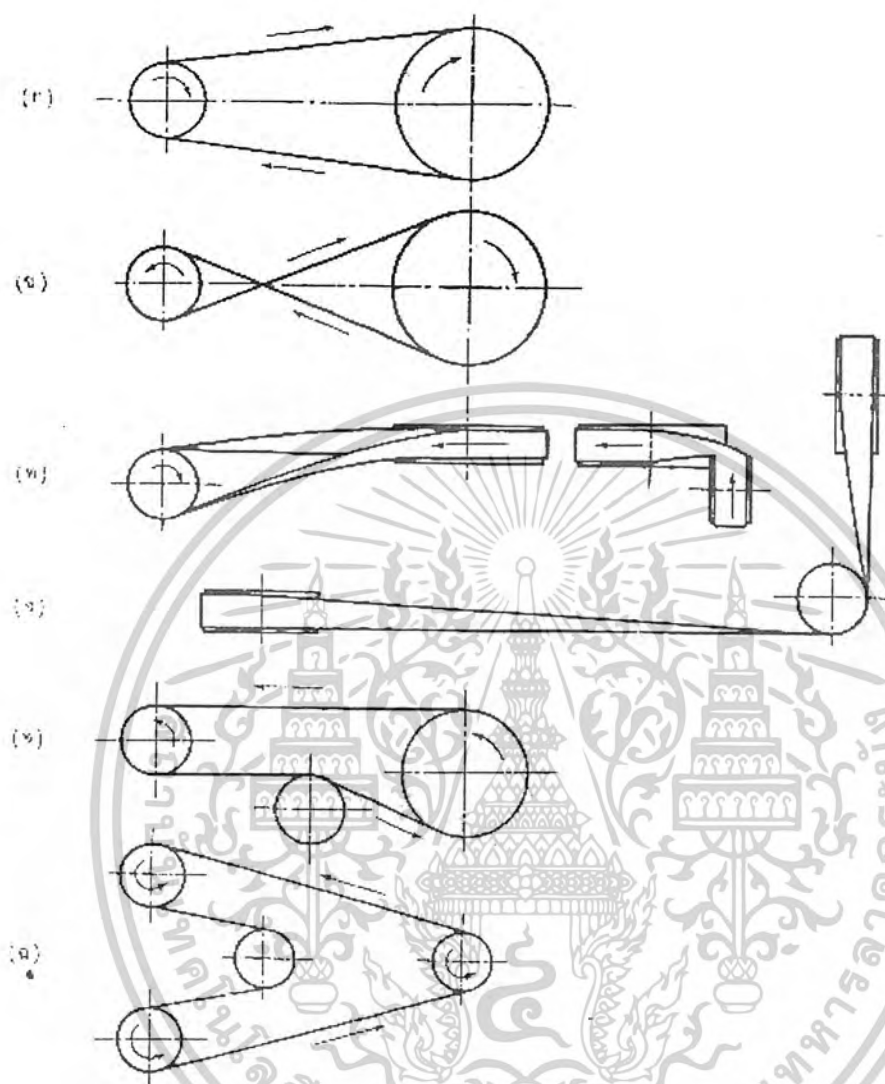
4.2 ลักษณะการขับด้วยสายพาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่างๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพานดูได้จากรูป 4.1

เมื่อต้องการขับเพลลาที่อยู่ขนานกัน และต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนในทางเดียวกัน ก็จะทำให้ได้ลักษณะดังรูป 4.12(ก) ซึ่งเรียกว่า โอเพิน ไดรฟ์ (open drive) และถ้าเพลลาอยู่ห่างกันมากควรจะให้สายพานด้านล่างตึง (tight) และด้านบนหย่อน (slack) แต่ถ้าต้องการให้สายพานทั้งสองหมุนสวนทางก็ทำได้โดยใช้วิธีดังรูป 4.1(ข) ซึ่งเรียกว่า ครอส ไดรฟ์ (crossed drive) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานถูกัน ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมากดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไปจึงควรจะให้จุดศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 20 เท่าของความกว้างสายพาน และทำงานที่ความเร็วสายพานไม่เกิน 15 m/s

การขับแบบควอเตอร์ ไดรฟ์ (Quarter turn drive) ดังรูปที่ 4.1(ค) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกันและเพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานในขณะที่ใช้งาน จึงต้องใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิวล์ ไดรฟ์ (mule drive) ดังในรูป 4.1(จ) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์เทอนไดรฟ์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ลักษณะการขับด้วยสายพาน

- ก) โอฟินโครว์
- ข) ครอสโครว์
- ค) ควอเตอร์เทอนโครว์
- ง) มิวล์โครว์
- จ) แสดงการขับโดยใช้ล้อช่วย
- ฉ) ริเวสโครว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไม่สามารถใช้ขับในลักษณะ โอฟิน ไครว์ได้เพราะส่วนโค้งสัมผัส (arc of contact) บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูง และล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือเมื่อไม่อาจทำให้สายพานตึงโดยวิธีอื่นก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย (idler) ดังรูป 4.1(จ) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับล้อมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งได้ด้วยการขับแบบรีเวอร์สไดรฟ์ (reverse drive) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาหลายๆอันพร้อมกัน

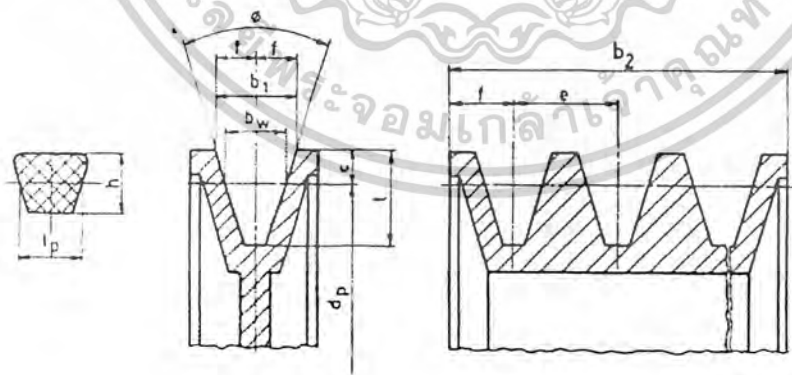
4.3 สายพานลิ้ม

สายพานลิ้มใช้ส่งกำลังค่อนข้างมาก โดยต้องการแรงดึงขึ้นต้นในสายพานค่อนข้างน้อย ทั้งนี้เพราะผลจากการเกาะยึดตัวกันระหว่างด้านข้างของสายพานที่เร็ว กับร่องรูปลิ้มของสายพาน ทำให้เกิด แรงเสียดทานสูง ซึ่งเป็นผลให้สายพานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าจะมีส่วนโค้งสัมผัสน้อยและมีแรงดึงขึ้นต้นค่อนข้างต่ำ และเหมาะสมกับการใช้งานในกรณีที่ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางน้อยในการส่งกำลังจะส่งได้มากที่สุด เมื่อผิวด้านข้างของสายพานอัดแน่นกับร่องบนล้อสายพาน และในกรณีที่ไม่มีเหตุฉุกเฉิน ก็อาจใช้ผลจากการอัดแน่นนี้ทำหน้าที่เป็นเบรกได้ด้วย

การขับด้วยสายพานลิ้ม มีข้อดีคือเงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ นอกจากนี้ยังมีขนาดกะทัดรัด มีประสิทธิภาพที่ดี และเบร้งของเพลาไม่ต้องรับแรงมากเกินไป จึงมักใช้ในการขับทางด้านอุตสาหกรรมทั่วไป ซึ่งใช้สายพานขับได้โดยมีอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจใช้ได้สูงถึง 10:1

4.4 ขนาดของสายพานลิ้มและล้อสายพานลิ้ม

สายพานลิ้มมีหน้าตัดเป็นรูปลิ้ม ดังนั้นในการกำหนดขนาดจึงมักกำหนดโดยใช้ความกว้างพิตช์ (pitch width) และความหนาสายพาน โดยใช้ตัวอักษรแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นสายพานลิ้ม แบบแคบ (narrow V-belts) มีขนาด Y Z A B C และ E ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสายพานลิ้มแบบธรรมดาเท่านั้น รูปร่างหน้าตัดของสายพานลิ้มและล้อสายพาน ดูได้จากรูป 4.2 ส่วนขนาดต่างๆดูได้จากตาราง 4.1 และตาราง 4.2



รูป 4.2 หน้าตัดสายพานลิ้มและล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้น mm

ขนาดเส้นตามทวน		Y	Z	A	B	C	D	E
l_p		5.3	8.5	11	14	19	27	32
h		4	6	8	11	14	19	25
b_w		5.3	8.5	11	14	19	27	32
b_1		6.3	9.7	12.7	16.3	22	32	40
c		1.6	2	2.6	3.5	4.8	8.1	12
e		8 ± 0.3	12 ± 0.3	15 ± 0.3	19 ± 0.4	25.5 ± 0.5	37 ± 0.6	44.5 ± 0.7
f		6 ± 0.3	8 ± 0.6	10 ± 0.6	12.5 ± 0.8	17 ± 1	24 ± 2	29 ± 2
t_{min}		7	11	14	18	24	28	33
32°	ϕ	≤ 63	-	-	-	-	-	-
34°	สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลาง	-	63 - 80	90 - 118	140 - 190	224 - 315	-	-
36°	สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลาง	63	-	-	-	-	≤ 500	≤ 630
38°	สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลาง	-	> 80	> 118	> 190	> 315	> 500	> 630
b_2	จำนวน	12	16	20	25	34	48	58
	วงรอบ	20	28	35	44	59.5	85	102.5
	คี่สายพาน	28	40	50	63	85	122	147
	พจน	36	52	65	82	110.5	159	191.5
		44	64	80	101	136	196	236
		52	76	95	120	161.5	231	280.5
		60	88	110	139	187	270	325
			100	125	158	212.5	307	369.5
			112	140	177	236	344	411
			124	155	196	263.5	381	458.5
			136	170	215	289	418	503
			148	185	234	314.5	455	547.5
d_{pmin}		28	50	80	125	200	355	500

ตาราง 4.1 ขนาดสายพานลิ้มและล้อสายพานลิ้ม ตามมาตรฐาน

ISO/R 52-1957 (E) และ ISO/R 255/1962 (E)

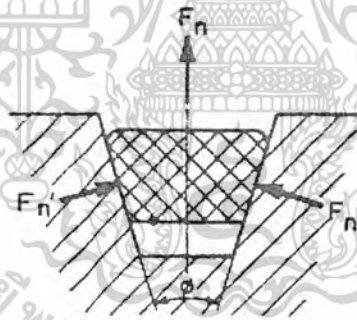
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเป็น mm

25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ตาราง 4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิชช์ d_p ของล้อยายพานลิ้มตามมาตรฐาน
ISO/R 52-1957 (E) และ ISO/R256/1962 (E)

4.5 กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม



รูปที่ 4.3 แรงบนสายพานลิ้ม

ในการขับเคลื่อนด้วยสายพานลิ้ม แรงปฏิกริยาระหว่างสายพานกับล้อยายพานจะอยู่ในทิศทางตั้งฉากกับผิวสัมผัส ดังรูป 4.3 ให้ F_n เป็นแรงปฏิกริยาในแนวตั้งฉากระหว่างผิวสัมผัสของสายพานกับร่องบนล้อยายพาน ดังนั้นจากสมการ $fF_n = dF$ ของสายพานแบน โมเมนต์ของสายพานลิ้มจะกลายเป็น

$$2 fF_n r = dF$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงปฏิกิริยารวมของแรง F_n , ทั้งสองแรงคือ

$$F_n = 2 F_n \cdot \sin \frac{\phi}{2}$$

หรือ

$$F_n = \frac{F_n}{2 \sin \frac{\phi}{2}}$$

แทนค่า F_n , จะได้

$$\frac{f F_n}{\sin \frac{\phi}{2}} = dF$$

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.3 และรวมแรงในแนวตั้ง จะได้

$$F_c + F_n = \left(F + \frac{1}{2} dF \right) d\theta$$

เมื่อกำจัด F_n ออกจากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$\begin{aligned} dF &= \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}} \left(F + \frac{1}{2} dF \right) d\theta - \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}} F_c \\ &= \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}} \left(F + \frac{1}{2} dF - \frac{wAv^2}{g} \right) d\theta \end{aligned}$$

$$\frac{dF}{F + \frac{1}{2} dF - \frac{wAv^2}{g}} = \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}} d\theta$$

อินทิเกรตสมการนี้จาก $\theta = 0$ ถึง α และจาก $F = F_2$ ถึง $F = F_1$ จะได้

$$\ln \frac{F - \frac{wAv^2}{g}}{F_1 - \frac{wAv^2}{g}} = e \frac{f\alpha}{\sin \frac{\phi}{2}}$$

หรือ

$$\frac{F_1 - F_c}{F_1 - F_c} = e \alpha f' \quad (4.1)$$

$$\text{โดยที่ } f' = \frac{f}{\sin \frac{\phi}{2}}$$

และสง่าถึงได้โดยสายพานลิ้มหาค่าได้จากสมการ

$$W_p = z(F_1 - F_2)v \quad (4.2)$$

โดยที่ v = ความเร็วของสายพาน เป็น m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

z = จำนวนสายพาน

ความยาวพิชต์โดยประมาณของสายพานลี้มหาได้จากสมการ

$$L_p \approx 2c + 1.57 (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4c} \quad (4.3)$$

โดยสัญลักษณ์ต่างๆ ยังมีความหมายเช่นเดียวกับสายพานแบน แต่ในกรณีของสายพานลี้มหาจะใช้นาฬิกาเส้นผ่านศูนย์กลางพิชต์แทนหรือในกรณีที่ทราบความยาวพิชต์แล้วต้องการหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางก็ทำได้โดยใช้สมการ

$$c \approx p + \sqrt{p^2 - q} \quad (4.4)$$

โดยที่ $p = 0.25 L_p - 0.393 (D_p + d_p)$

$$q = 0.125 (D_p - d_p)^2$$

4.6 การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นในสายพานลี้มหา

การทำให้เกิดแรงดึงชั้นต้นจะช่วยทำให้การขับเคลื่อนสายพานมีประสิทธิภาพที่ดี และยืดอายุการใช้งานของสายพาน ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นไม่เพียงพอจะทำให้ส่งกำลังได้น้อยลง ประสิทธิภาพต่ำลง ทำให้สายพานมีอายุการใช้งานลดลงเนื่องจากการสลิป แต่ถ้าออกแรงดึงชั้นต้นมากเกินไปจะทำให้ขอบสายพานยึดตัวมากเกินไป เกิดความเค้นในสายพานมาก แบริ่งที่รองรับล้อสายพานจะรับแรงมากเกินไปด้วยเหตุนี้เองจึงต้องออกแรงดึงชั้นต้นให้เหมาะสมกับแรงภายนอกที่กระทำกับสายพาน

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง คือ

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

ให้แรงดึงในแนวแกน

$$F_w = F_1 + F_2 = F \frac{e^{af} + 1}{e^{af} - 1}$$

แรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากน้ำหนักสายพาน

$$F_c = \frac{wAv^2}{g}$$

แรงลัพท์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง คือ

$$F_g = 2 \cdot z \cdot F_c \sin \frac{\alpha}{2}$$

โดยที่ z = จำนวนสายพาน

ดังนั้นแรงดึงชั้นต้นในสายพานจึงหาได้จากการรวมแรงดึงในแนวแกนขณะส่งกำลัง กับแรงลัพท์เนื่องจากแรงหนีศูนย์กลาง นั่นคือ

$$F_i = F_w + F_g \quad (4.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติมักจะใช้วิธีหาค่าประมาณของแรงดึงในแนวแกนจากสมการ

$$F_w = k_1 \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (4.6)$$

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตาราง 4.3 ตัวประกอบการใช้งาน

โดยที่ k_1 เป็นตัวประกอบใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาวะการทำงานซึ่งหาค่าได้จากตาราง 4.3 แล้วใช้แรงนี้เป็นแรงขั้นต้น
ในกรณีที่ขั้วโดยมีระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคองที่หรือไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแรงดึงในสายพานตลอดเวลา ก็
จำเป็นต้องนำเอาแรงหนีศูนย์กลางมาคิดด้วย จากสมการ

$$\begin{aligned} F_R &= 2 \cdot z \cdot F_c \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \\ &= 2 \cdot z \cdot \frac{wAv^2}{g} \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \end{aligned}$$

ซึ่งเขียนใหม่ได้เป็น

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

ถ้า k_2 หาได้จากตาราง 4.4 ดังนั้นแรงดึงขั้นต้นในสายพานจึงเท่ากับ

$$F_t = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (4.7)$$

หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

ตาราง 4.4 ค่าตัวประกอบ k_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การคำนวณหาขนาดของสายพานลีม

การคำนวณทางด้านการส่งกำลังจากสายพานลีมจะใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพาน d_p เป็นพื้นฐาน และในที่นี้ก็แสดงวิธีการเลือกขนาดของสายพานลีมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เช่นเดียวกับกรณีของสายพานแบน

ในการเลือกขนาดของล้อสายพาน บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้เลือกขนาดของล้อสายพานให้โตที่สุดเท่าที่จะทำได้ ขนาดของล้อสายพานไม่ควรเล็กกว่าค่าที่กำหนดไว้ในตาราง 4.1 แต่ข้อควรระวังก็คือ ขณะใช้งานปกติความเร็วของสายพานไม่ควรเกิน 30 m/s

การหาขนาดหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลีมสำหรับการส่งกำลัง อาจทำได้โดยใช้รูป 4.4 แต่กำลังที่ส่งได้จริงของสายพานจะต้องตรวจสอบจากตารางการกำหนดสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลีม ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

การเลือกขนาดของสายพานลีมจะแตกต่างไปจากสายพานแบนเล็กน้อยคือ จะใช้วิธีการคำนวณหาจำนวนเส้นของสายพานลีมที่ต้องการใช้งานจากกำลังงานที่ต้องการขับ และตัวประกอบที่ใช้แก้ไขต่างๆ จำนวนเส้นของสายพานลีมหาได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_f} \quad (4.8)$$

โดยที่ Z = จำนวนเส้นของสายพานลีม

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง

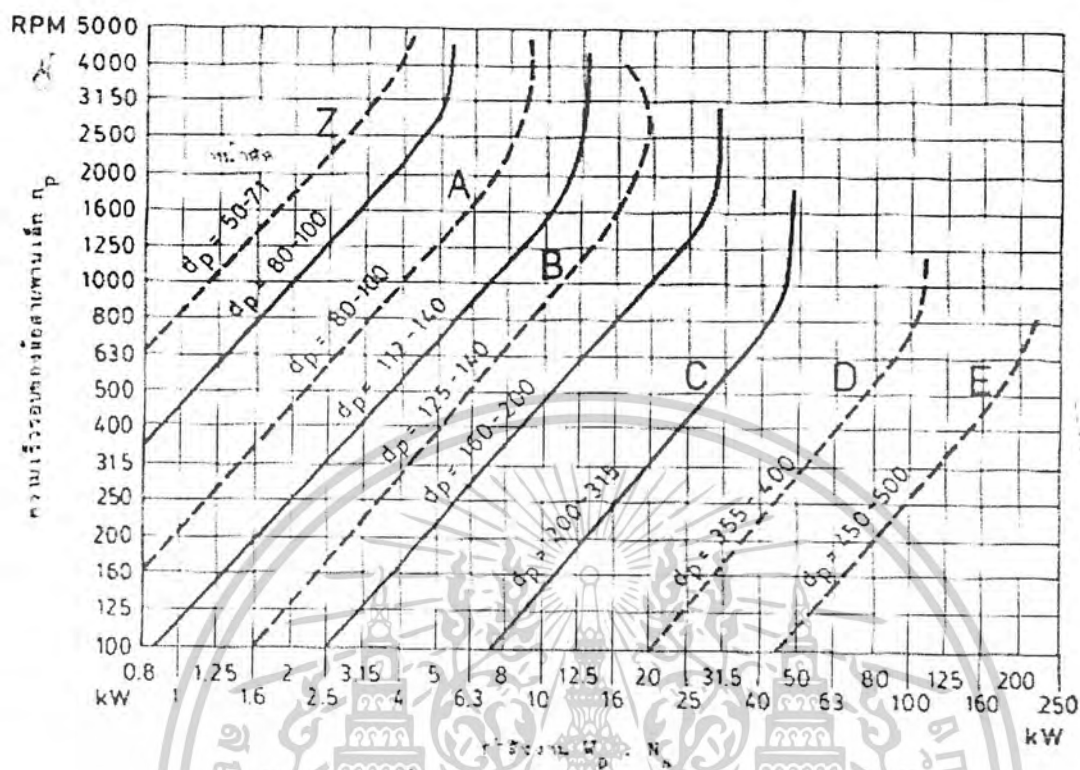
N_s = ตัวประกอบใช้งานหาค่าได้จากตาราง 4.5

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตาราง 4.6

N_f = ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน หาค่าได้จากตาราง 4.7–4.13

P_R = กำลังที่สายพานลีมหนึ่งเส้นส่งได้ หาค่าได้จากตาราง 4.7–4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ้ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ	
<p>ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ</p>	<p><u>มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase.</u></p> <p><u>มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound</u></p> <p><u>เครื่องย่นคัมคาภายใน: ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm</u></p>	<p><u>มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring.</u></p> <p><u>มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound.</u></p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มี หนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เฟลาเมน คลัตช์					
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10-16	> 16	≤ 10	10-16	> 16
งานเบา : เครื่องกวาดของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัด ลมและเครื่องสูบบนทอย- โซ่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียง งานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
งานปานกลาง : สายพานลำเลียงทรายหรือ เมล็ดพืช, เครื่องผสมของ หินเหนียว, พัดลมที่มีกำลัง สูงกว่า 7.5 kW, เครื่อง กำเนิดไฟฟ้า, เฟลาเมน, เครื่องชักผ้า, เครื่องมือกล Punches Presses - shears, เครื่องพิมพ์, positive displace- ment rotary pumps, เครื่องเขย่า	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
งานหนัก : เครื่องทำอิฐ, bucket elevators, exciters, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบ แบบลูกสูบ, สายพานลำ- เลียง, hammer mills, paper mill beaters,	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

positive displacement blowers, เครื่องบด, เครื่องเสียบ และเครื่อง - จักรกลงานไม้, เครื่องทอผ้า						
งานหนักพิเศษ : Crushers(Gyratory-Jaw -Roll), mills(Ball- Rod-Tube) รอกไฟฟ้า rubber calenders- extruders-mills.	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

ตาราง 4.5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานลิ่ม

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

* ค่าที่อยู่ระหว่างค่าในตาราง อาจหาค่าได้โดยประมาณ โดยใช้การประมาณแบบเชิงเส้น

ตาราง 4.6 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_s สำหรับสายพานลิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d _p (mm)	v _{max} (m/s)	ความเร็วลมของสายพาน ลมที่ v (m/s)										
		400	700	800	950	1200	1450	1600	2000	2400	2850	3200
25	1.00	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.10	0.11	0.12
	1.05	0.02	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13
	1.20	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	1.50	0.03	0.04	0.05	0.05	0.07	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14
	3.00	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.15
28	1.00	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.07	0.09	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16
	1.20	0.03	0.05	0.06	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17
	1.50	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
	3.00	0.03	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10	0.12	0.15	0.17	0.18
31.5	1.00	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20
	1.05	0.04	0.06	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.19	0.20
	1.20	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21
	1.50	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.15	0.17	0.20	0.22
	3.00	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22
35.5	1.00	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.19	0.22	0.24
	1.05	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.25
	1.20	0.04	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26
	1.50	0.04	0.07	0.08	0.09	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.26
	3.00	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
40	1.00	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.20	0.23	0.27	0.29
	1.05	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	0.27	0.30
	1.20	0.05	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31
	1.50	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31
	3.00	0.05	0.09	0.10	0.11	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32
45	1.00	0.06	0.10	0.11	0.12	0.15	0.18	0.19	0.24	0.27	0.32	0.35
	1.05	0.06	0.10	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35
	1.20	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20	0.24	0.28	0.33	0.36
	1.50	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.20	0.25	0.29	0.33	0.37
	3.00	0.06	0.10	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.25	0.29	0.34	0.37
50	1.00	0.07	0.11	0.12	0.14	0.17	0.21	0.22	0.27	0.32	0.36	0.40
	1.05	0.07	0.11	0.12	0.14	0.18	0.21	0.23	0.27	0.32	0.37	0.40
	1.20	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.41
	1.50	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
	3.00	0.07	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.24	0.29	0.33	0.39	0.42

ตารางค่าของ N_p ในการออกแบบ

L_p	254	299	319	354	388	427	479	544	629	719	858	869
N_p	0.94	0.98	1.00	1.03	1.05	1.04	1.06	1.07	1.08	1.11	1.13	1.25

ค่าของ L_s = $L_p - L_p + 15$ mm

L_s	269	263	270	380	399	337	319	400	419	470	500	540
	607	850										

ตาราง 4.7 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "Y" ต่อเส้น P_R (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

$$L_p = 319 \text{ mm} \text{ และส่วนโค้งสัมผัส } \alpha = 180^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d _p (mm)	p	ความยาวของสายพาดสายเคเบิล (mm)										
		400	700	800	950	1200	1450	2000	2400	2850	3200	3600
50	1.00	0.13	0.20	0.22	0.25	0.30	0.35	0.44	0.50	0.56	0.60	0.65
	1.05	0.13	0.21	0.23	0.26	0.31	0.36	0.46	0.52	0.59	0.63	0.68
	1.20	0.14	0.22	0.24	0.28	0.34	0.39	0.49	0.56	0.64	0.69	0.74
	1.50	0.15	0.23	0.26	0.29	0.35	0.41	0.52	0.60	0.68	0.73	0.79
	≥3.00	0.15	0.24	0.26	0.30	0.36	0.42	0.54	0.62	0.71	0.77	0.83
56	1.00	0.16	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.58	0.66	0.75	0.81	0.87
	1.05	0.17	0.26	0.29	0.33	0.40	0.47	0.60	0.68	0.77	0.84	0.90
	1.20	0.17	0.27	0.31	0.35	0.42	0.49	0.63	0.73	0.82	0.89	0.97
	1.50	0.18	0.28	0.32	0.36	0.44	0.51	0.66	0.76	0.86	0.94	1.02
	≥3.00	0.18	0.29	0.32	0.37	0.45	0.53	0.68	0.78	0.89	0.97	1.05
63	1.00	0.20	0.32	0.35	0.41	0.49	0.57	0.74	0.84	0.96	1.04	1.12
	1.05	0.20	0.32	0.36	0.42	0.50	0.59	0.75	0.87	0.98	1.07	1.16
	1.20	0.21	0.34	0.38	0.43	0.52	0.61	0.79	0.91	1.03	1.12	1.22
	1.50	0.22	0.35	0.39	0.45	0.54	0.63	0.82	0.94	1.07	1.17	1.27
	≥3.00	0.22	0.35	0.39	0.46	0.55	0.65	0.84	0.97	1.10	1.20	1.31
71	1.00	0.24	0.39	0.43	0.50	0.61	0.71	0.91	1.05	1.19	1.30	1.40
	1.05	0.25	0.39	0.44	0.51	0.62	0.72	0.93	1.07	1.22	1.32	1.43
	1.20	0.25	0.41	0.45	0.52	0.64	0.75	0.97	1.12	1.27	1.38	1.50
	1.50	0.26	0.42	0.47	0.54	0.65	0.77	0.99	1.15	1.31	1.43	1.55
	≥3.00	0.26	0.42	0.47	0.55	0.67	0.78	1.01	1.17	1.34	1.46	1.58
80	1.00	0.29	0.46	0.52	0.60	0.73	0.85	1.11	1.28	1.45	1.57	1.70
	1.05	0.29	0.47	0.53	0.61	0.74	0.87	1.13	1.30	1.48	1.60	1.73
	1.20	0.30	0.48	0.54	0.63	0.76	0.89	1.16	1.34	1.53	1.66	1.80
	1.50	0.30	0.49	0.55	0.64	0.78	0.91	1.19	1.37	1.57	1.70	1.85
	≥3.00	0.31	0.50	0.56	0.65	0.79	0.93	1.21	1.40	1.59	1.74	1.88
90	1.00	0.34	0.55	0.62	0.71	0.87	1.02	1.32	1.52	1.73	1.87	2.01
	1.05	0.34	0.56	0.62	0.72	0.88	1.03	1.34	1.54	1.75	1.90	2.05
	1.20	0.35	0.57	0.64	0.74	0.90	1.06	1.37	1.58	1.80	1.95	2.11
	1.50	0.36	0.58	0.65	0.75	0.92	1.08	1.40	1.62	1.84	2.00	2.16
	≥3.00	0.36	0.59	0.66	0.76	0.93	1.09	1.42	1.64	1.87	2.03	2.20
100	1.00	0.39	0.63	0.71	0.82	1.01	1.18	1.53	1.76	1.99	2.15	2.31
	1.05	0.39	0.64	0.72	0.83	1.02	1.19	1.55	1.78	2.01	2.18	2.34
	1.20	0.40	0.65	0.73	0.85	1.04	1.22	1.58	1.82	2.06	2.23	2.40
	1.50	0.41	0.66	0.74	0.86	1.05	1.24	1.61	1.85	2.10	2.28	2.45
	≥3.00	0.41	0.67	0.75	0.87	1.07	1.25	1.63	1.88	2.13	2.31	2.49

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N₁

L _p	424	449	474	494	524	554	584	624	654	704	734	824
N ₁	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00
L _p	924	1024	1144	1274	1424	1574						
N ₁	1.03	1.06	1.08	1.11	1.14	1.17						

ความยาวสกรูตัวใต้ l_p = l_i + 22(mm)

L _i	175	380	400	425	450	475	500	520	530	560	575	600
	630	670	710	730	750	775	800	820	850	875	900	950
	980	1000	1060	1105	1120	1170	1180	1230	1250	1300	1320	1400
	1450	1500	1525	1580	1600	1680	1700	1730	1800	1830	1900	2000
	2250	2340	2480									

ตาราง 4.8 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหาคัด "Z" ต่อเส้น P_R (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

$$L_p = 824 \text{ mm และส่วนโค้งสัมผัส } \alpha = 180^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d _p (mm)	m φ	ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	Σ3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
86	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.75	0.84	1.02	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	Σ3.80	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.41	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.42	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.44	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.45	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	Σ3.80	0.46	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.50	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.51	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.53	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.55	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	Σ3.80	0.56	0.98	1.09	1.26	1.54	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.16	1.29	1.48	1.68	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.18	1.31	1.50	1.69	1.96	2.31	2.84	3.14	3.36	3.54
	1.20	0.70	1.21	1.34	1.53	1.73	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.72	1.24	1.37	1.56	1.76	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	Σ3.80	0.73	1.26	1.39	1.58	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.74	1.25	1.40	1.61	1.93	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.75	1.27	1.42	1.64	1.96	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.78	1.30	1.45	1.66	2.00	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.81	1.34	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	Σ3.80	0.82	1.36	1.50	1.73	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.92	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.82	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.33	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.95	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.97	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	Σ3.80	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

L _p	483	780	925	1168	1448	1750	2150	3000
N _p	0.82	0.83	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96
L _p	1272	2032	2832	3682	4682	5832	7132	9632
N _p	0.96	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.11

ความยาวของสาย L_p = L₁ + 30(mm)

L ₁	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	740	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	884	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

ตาราง 4.9 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

L_p = 1732 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180 °

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D ₁ (mm)	ค่าสัมประสิทธิ์การส่งกำลัง (K ₁)											
	700	800	950	1000	1200	1450	1800	2000	2400	2850	3200	
112	1.00	1.23	1.36	1.55	1.60	1.83	2.07	2.37	2.51	2.74	2.89	2.93
	1.05	1.27	1.41	1.60	1.66	1.90	2.16	2.48	2.63	2.88	3.06	3.12
	1.20	1.36	1.50	1.71	1.78	2.04	2.33	2.69	2.87	3.16	3.35	3.49
	1.50	1.42	1.58	1.80	1.87	2.15	2.46	2.85	3.05	3.38	3.65	3.78
	≥3.00	1.47	1.63	1.86	1.94	2.22	2.56	2.97	3.18	3.54	3.84	3.99
125	1.00	1.56	1.73	1.98	2.06	2.35	2.69	3.10	3.30	3.62	3.84	3.91
	1.05	1.60	1.78	2.03	2.11	2.42	2.77	3.20	3.41	3.76	4.01	4.10
	1.20	1.69	1.87	2.14	2.23	2.56	2.94	3.41	3.65	4.04	4.34	4.47
	1.50	1.75	1.95	2.23	2.32	2.67	3.08	3.58	3.83	4.26	4.60	4.76
	≥3.00	1.80	2.00	2.29	2.39	2.75	3.17	3.69	3.94	4.41	4.79	4.97
140	1.00	1.94	2.16	2.47	2.57	2.95	3.38	3.91	4.16	4.57	4.85	4.92
	1.05	1.98	2.20	2.52	2.63	3.02	3.47	4.01	4.28	4.71	5.02	5.11
	1.20	2.06	2.30	2.63	2.74	3.16	3.63	4.22	4.51	4.99	5.35	5.46
	1.50	2.13	2.37	2.72	2.83	3.27	3.77	4.39	4.70	5.21	5.61	5.78
	≥3.00	2.17	2.42	2.78	2.90	3.35	3.86	4.50	4.83	5.37	5.80	5.98
160	1.00	2.43	2.71	3.11	3.24	3.72	4.27	4.94	5.26	5.75	6.04	6.06
	1.05	2.47	2.76	3.16	3.29	3.79	4.36	5.04	5.37	5.89	6.21	6.25
	1.20	2.55	2.85	3.27	3.41	3.93	4.53	5.25	5.61	6.17	6.54	6.62
	1.50	2.62	2.92	3.36	3.50	4.04	4.66	5.42	5.79	6.39	6.80	6.91
	≥3.00	2.66	2.98	3.42	3.57	4.12	4.76	5.54	5.92	6.55	6.99	7.12
180	1.00	2.92	3.25	3.73	3.89	4.47	5.13	5.91	6.28	6.80	7.02	6.93
	1.05	2.96	3.30	3.79	3.95	4.54	5.22	6.02	6.39	6.94	7.21	7.12
	1.20	3.04	3.39	3.90	4.06	4.68	5.39	6.23	6.63	7.22	7.54	7.49
	1.50	3.10	3.47	3.99	4.16	4.79	5.52	6.39	6.81	7.44	7.80	7.78
	≥3.00	3.15	3.52	4.05	4.22	4.87	5.62	6.51	6.94	7.60	7.99	7.99
200	1.00	3.39	3.79	4.35	4.53	5.20	5.96	6.83	7.21	7.73	7.82	7.50
	1.05	3.44	3.84	4.40	4.59	5.27	6.04	6.93	7.33	7.87	7.99	7.69
	1.20	3.52	3.93	4.51	4.70	5.41	6.21	7.14	7.57	8.15	8.32	8.06
	1.50	3.58	4.00	4.60	4.79	5.52	6.35	7.31	7.75	8.37	8.56	8.36
	≥3.00	3.64	4.07	4.68	4.88	5.60	6.44	7.43	7.88	8.53	8.77	8.56
224	1.00	3.96	4.41	5.06	5.27	6.05	6.90	7.84	8.23	8.64		
	1.05	4.00	4.46	5.12	5.33	6.12	6.98	7.94	8.35	8.79		
	1.20	4.08	4.55	5.23	5.45	6.26	7.15	8.15	8.58	9.07		
	1.50	4.14	4.63	5.32	5.54	6.37	7.29	8.32	8.76	9.29		
	≥3.00	4.19	4.68	5.38	5.60	6.45	7.38	8.44	8.89	9.44		

ตาราง 4.10 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งกำลังของสายพานลิ้นหัตถ์ "B" ต่อเส้น P_R (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

L _P	942	1042	1142	1292	1442	1642	1842	2042	2282	2592	2842	3192
K ₁	0.81	0.84	0.86	0.88	0.90	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.07
L _P	3592	4042	4542	5042	5642	6342						
K ₁	1.10	1.13	1.15	1.18	1.20	1.23						

ตาราง 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์การส่งกำลัง K₂ = 1 + 43(L_P - 1000) / 1000

L ₁	615	650	670	710	725	750	762	775	800	825	838	850
	875	889	900	925	950	965	975	990	1000	1017	1030	1050
	1060	1075	1090	1120	1150	1175	1180	1200	1215	1225	1250	1300
	1320	1350	1372	1400	1422	1450	1500	1525	1550	1575	1600	1625
	1650	1676	1700	1725	1750	1761	1800	1850	1900	1950	1981	2000
	2030	2060	2083	2108	2120	2160	2200	2240	2286	2300	2360	2400
	2450	2465	2500	2540	2550	2667	2700	2800	2840	2950	3000	3050
	3150	3250	3350	3450	3500	3658	3750	4000	4200	4250	4394	4500
	4572	4750	5000	5300	5600	6000	6300	6700	7000	7100		

ตาราง 4.10 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้นหัตถ์ "B" ต่อเส้น P_R (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

$$L_p = 2282 \text{ mm} \text{ และส่วนโค้งสัมผัส } \alpha = 180^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

d _p (mm)	n	ความเร็วลมรอบรัศมีสายพาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)										
		700	800	950	1000	1100	1200	1300	1450	1600	2000	2400
160	1.00	3.63	4.04	4.37	4.73	5.05	5.34	5.62	5.99	6.64	6.87	6.99
	1.05	3.76	4.16	4.71	4.88	5.22	5.53	5.81	6.20	6.91	7.17	7.35
	1.20	3.97	4.39	4.99	5.18	5.54	5.88	6.20	6.63	7.44	7.76	8.06
	1.50	4.13	4.58	5.21	5.41	5.80	6.16	6.50	6.97	7.86	8.23	8.62
	2.00	4.25	4.71	5.37	5.58	5.98	6.36	6.72	7.21	8.16	8.56	9.02
200	1.00	4.50	4.98	5.65	5.86	6.27	6.64	6.99	7.45	8.27	8.55	8.67
	1.05	4.60	5.10	5.80	6.01	6.43	6.82	7.18	7.67	8.54	8.86	9.03
	1.20	4.81	5.34	6.08	6.31	6.76	7.18	7.57	8.10	9.08	9.45	9.74
	1.50	4.98	5.52	6.30	6.54	7.01	7.44	7.87	8.44	9.50	9.92	10.30
	2.00	5.09	5.66	6.46	6.71	7.20	7.66	8.09	8.68	9.80	10.25	10.70
224	1.00	5.49	6.09	6.92	7.18	7.68	8.14	8.57	9.13	10.09	10.38	10.36
	1.05	5.60	6.21	7.07	7.34	7.85	8.32	8.76	9.35	10.36	10.68	10.72
	1.20	5.81	6.43	7.35	7.63	8.17	8.68	9.15	9.78	10.89	11.28	11.43
	1.50	5.97	6.64	7.57	7.87	8.43	8.96	9.45	10.12	11.31	11.75	11.99
	2.00	6.09	6.77	7.73	8.02	8.61	9.16	9.67	10.36	11.61	12.08	12.39
250	1.00	6.53	7.27	8.26	8.57	9.16	9.70	10.19	10.84	11.86	12.10	11.76
	1.05	6.66	7.39	8.41	8.72	9.32	9.88	10.39	11.06	12.13	12.41	12.12
	1.20	6.86	7.62	8.69	9.02	9.65	10.24	10.77	11.49	12.66	13.00	12.83
	1.50	7.03	7.81	8.91	9.25	9.91	10.52	11.08	11.82	13.08	13.47	13.39
	2.00	7.14	7.94	9.07	9.42	10.09	10.72	11.29	12.07	13.38	13.80	13.79
280	1.00	7.34	8.19	9.35	10.11	10.79	11.40	11.96	12.65	13.63	13.72	13.72
	1.05	7.85	8.71	9.90	10.26	10.96	11.59	12.15	12.87	13.90	14.02	14.02
	1.20	8.06	8.95	10.18	10.56	11.28	11.94	12.54	13.30	14.43	14.62	14.62
	1.50	8.22	9.13	10.40	10.79	11.54	12.22	12.84	13.64	14.85	15.08	15.08
	2.00	8.34	9.27	10.56	10.96	11.72	12.42	13.06	13.88	15.15	15.42	15.42
315	1.00	9.10	10.08	11.42	11.81	12.58	13.26	13.85	14.55	15.29	15.06	15.06
	1.05	9.40	10.20	11.56	11.98	12.75	13.44	14.04	14.77	15.56	15.37	15.37
	1.20	9.61	10.44	11.84	12.27	13.08	13.80	14.43	15.20	16.09	15.96	15.96
	1.50	9.88	10.63	12.06	12.50	13.33	14.08	14.73	15.54	16.51	16.43	16.43
	2.00	9.99	10.76	12.22	12.67	13.52	14.28	14.95	15.78	16.81	16.76	16.76
355	1.00	10.60	11.72	13.21	13.67	14.54	15.19	15.77	16.40	17.59	17.40	17.40
	1.05	10.70	11.84	13.36	13.83	14.69	15.37	15.97	16.62	17.87	17.68	17.68
	1.20	10.91	12.07	13.64	14.11	15.00	15.72	16.35	17.05	18.40	18.22	18.22
	1.50	11.08	12.36	13.86	14.33	15.23	16.00	16.66	17.39	18.82	18.65	18.65
	2.00	11.20	12.49	14.02	14.49	15.40	16.20	16.87	17.61	19.12	18.96	18.96

ตารางที่ 4.11 ความเร็วลมรอบรัศมีสายพาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

L _p	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
V ₁	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
V ₂	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
V ₃	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50

ตารางที่ 4.12 ความเร็วลมรอบรัศมีสายพาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

L _p	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
V ₁	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
V ₂	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50
V ₃	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50

ตาราง 4.11 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "C" ต่อเส้น P_R (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

$$L_p = 3811 \text{ mm} \text{ และส่วนโค้งสัมผัส } \alpha = 180^\circ$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D ₁ (mm)	m ω	ความเร็วใบพัดของพัดลมแบบใบพัด n (rpm)										
		400	450	500	550	600	700	800	950	1000	1100	1200
สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P _R (kW)												
315	1.00	8.22	8.99	9.72	10.41	11.07	12.27	13.34	14.66	15.02	15.61	16.03
	1.05	8.45	9.24	10.00	10.72	11.40	12.67	13.79	15.19	15.58	16.23	16.70
	1.20	8.89	9.73	10.54	11.32	12.06	13.44	14.67	16.23	16.68	17.43	18.02
	1.50	9.24	10.13	10.98	11.80	12.58	14.05	15.38	17.06	17.55	18.39	19.06
23.00	9.48	10.40	11.29	12.14	12.95	14.48	15.85	17.65	18.16	19.07	19.60	
355	1.00	10.32	11.31	12.24	13.14	13.99	15.55	16.92	18.60	19.05	19.78	20.27
	1.05	10.55	11.56	12.52	13.45	14.32	15.94	17.37	19.13	19.61	20.40	20.95
	1.20	10.99	12.05	13.07	14.05	14.98	16.71	18.25	20.17	20.71	21.61	22.27
	1.50	11.34	12.44	13.51	14.53	15.50	17.32	18.94	21.00	21.58	22.57	23.31
23.00	11.58	12.72	13.82	14.87	15.87	17.75	19.44	21.59	22.20	23.24	24.05	
400	1.00	12.64	13.86	15.02	16.13	17.17	19.69	20.75	22.73	23.24	24.03	24.49
	1.05	12.87	14.11	15.30	16.43	17.51	19.48	21.20	23.26	23.80	24.65	25.16
	1.20	13.30	14.61	15.85	17.04	18.17	20.25	22.08	24.31	24.90	25.86	26.48
	1.50	13.65	15.00	16.29	17.52	18.69	20.86	22.77	25.13	25.77	26.82	27.53
23.00	13.90	15.27	16.59	17.86	19.06	21.29	23.27	25.72	26.39	27.49	28.27	
450	1.00	15.16	16.63	18.02	19.34	20.59	22.84	24.75	26.92	27.44	28.16	28.61
	1.05	15.39	16.88	18.30	19.65	20.92	23.23	25.20	27.45	28.00	28.77	29.08
	1.20	15.83	17.37	18.85	20.25	21.58	24.00	26.07	28.49	29.10	29.98	30.40
	1.50	16.17	17.77	19.29	20.73	22.10	24.61	26.77	29.32	29.97	30.94	31.45
23.00	16.42	18.04	19.59	21.07	22.47	25.04	27.26	29.92	30.58	31.62	32.19	
500	1.00	17.63	19.32	20.93	22.44	23.86	26.38	28.46	30.64	31.10	31.99	32.45
	1.05	17.85	19.58	21.21	22.75	24.20	26.77	28.90	31.18	31.66	32.20	32.62
	1.20	18.29	20.07	21.76	23.36	24.86	27.54	29.78	32.22	32.76	33.41	33.84
	1.50	18.64	20.46	22.20	23.84	25.38	28.15	30.48	33.05	33.63	34.37	34.88
23.00	18.89	20.74	22.50	24.18	25.75	28.58	30.97	33.63	34.25	35.05	35.22	
560	1.00	20.51	22.46	24.30	26.01	27.59	30.34	32.49	34.85	35.24	36.70	37.02
	1.05	20.71	22.71	24.58	26.12	27.91	30.74	32.94	34.99	35.30	36.83	37.12
	1.20	21.17	23.21	25.13	26.92	28.59	31.51	33.82	36.03	36.40	38.03	38.33
	1.50	21.52	23.60	25.56	27.40	29.11	32.12	34.52	36.86	37.27	38.97	39.29
23.00	21.77	23.88	25.87	27.74	29.48	32.45	35.01	37.44	37.88	39.61	40.17	
630	1.00	23.77	25.99	28.05	29.94	31.67	34.54	36.59	37.90	37.82		
	1.05	23.99	26.24	28.33	30.25	32.00	34.93	37.03	38.43	38.38		
	1.20	24.43	26.73	28.88	30.86	32.66	35.70	37.91	39.48	39.48		
	1.50	24.78	27.12	29.31	31.34	33.18	36.31	38.61	40.30	40.35		
23.00	25.01	27.40	29.62	31.68	33.55	36.74	39.10	40.89	40.97			

ตัวประกอบแก้ไขความยาวหลอด N₁

L _p	3130	3630	4080	4580	5080	5680	6380	7180	7980	8080	8500	9080
N ₁	0.88	0.89	0.91	0.93	0.95	0.98	1.00	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08
L _p	9580	10080	11280	12580	14080	16080						
N ₁	1.10	1.11	1.14	1.17	1.20	1.22						

ความยาวหลอดแก้ไข L_p = L₁ + 75(mm)

L ₁	2500	2650	2800	3000	3150	3250	3350	3550	3658	3750	4000	4500
	5000	5300	5330	5600	6000	6300	6700	7100	7500	8000	8500	9000
	9500	10000	11200	12500								

ตาราง 4.12 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ้มหน้าตัด "D" ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับสายพานยาว

$L_p = 6380 \text{ mm}$ และส่วนโค้งลิ้มหน้าตัด $\alpha = 180^\circ$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด (mm)	h (mm)	ความยาวของสายตามักัด (mm)										
		400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
450	1.00	17.52	19.09	20.55	21.91	23.16	24.30	25.32	26.22	27.00	27.64	28.52
	1.05	17.95	19.57	21.09	22.50	23.81	25.00	26.08	27.03	27.86	28.56	29.55
	1.20	18.80	20.52	22.15	23.66	25.07	26.37	27.55	28.61	29.55	30.35	31.55
	1.50	19.46	21.27	22.98	24.58	26.07	27.45	28.72	29.86	30.88	31.77	33.13
	23.00	19.94	21.81	23.57	25.23	26.78	28.22	29.55	30.75	31.83	32.78	34.26
500	1.00	21.14	23.03	24.83	26.48	27.99	29.35	30.56	31.61	32.50	33.21	34.09
	1.05	21.57	23.54	25.37	27.07	28.63	30.05	31.31	32.42	33.36	34.13	35.11
	1.20	22.42	24.49	26.43	28.23	29.90	31.42	32.79	34.00	35.04	35.92	37.12
	1.50	23.08	25.24	27.26	29.15	30.90	32.50	33.96	35.25	36.38	37.34	38.70
	23.00	23.56	25.77	27.85	29.80	31.61	33.27	34.78	36.14	37.33	38.34	39.83
560	1.00	25.38	27.67	29.79	31.74	33.50	35.07	36.43	37.58	38.51	39.20	39.84
	1.05	25.81	28.15	30.33	32.33	34.15	35.77	37.19	38.39	39.37	40.12	40.86
	1.20	26.65	29.10	31.35	33.49	35.41	37.14	38.66	39.97	41.06	41.91	42.86
	1.50	27.32	29.85	32.22	34.41	36.41	38.22	39.83	41.22	42.39	43.33	44.45
	23.00	27.79	30.39	32.81	35.06	37.12	38.99	40.66	42.11	43.34	44.33	45.57
630	1.00	30.17	32.86	35.32	37.55	39.53	41.24	42.68	43.82	44.65	45.15	45.12
	1.05	30.60	33.34	35.86	38.14	40.17	41.94	43.43	44.62	45.51	46.07	46.14
	1.20	31.44	34.29	36.91	39.30	41.44	43.31	44.90	46.20	47.19	47.86	48.14
	1.50	32.11	35.04	37.75	40.22	42.44	44.39	46.07	47.46	48.53	49.28	49.73
	23.00	32.59	35.57	38.34	40.87	43.15	45.16	46.90	48.34	49.48	50.28	50.85
710	1.00	35.44	38.51	41.28	43.73	45.84	47.58	48.93	49.88	50.39	50.45	
	1.05	35.87	39.00	41.82	44.32	46.48	48.28	49.69	50.69	51.26	51.37	
	1.20	36.71	39.94	42.87	45.48	47.75	49.65	51.16	52.27	52.94	53.16	
	1.50	37.38	40.70	43.71	46.40	48.75	50.73	52.33	53.52	54.28	54.58	
	23.00	37.85	41.23	44.30	47.05	49.46	51.50	53.16	54.41	55.22	55.58	
800	1.00	41.04	44.50	47.50	50.05	52.14	53.72	54.75	55.22			
	1.05	41.52	44.98	48.04	50.65	52.78	54.42	55.51	56.03			
	1.20	42.36	45.93	49.09	51.61	54.05	55.78	56.98	57.61			
	1.50	43.03	46.68	49.92	52.77	55.05	56.87	58.15	58.86			
	23.00	43.50	47.22	50.52	53.37	55.76	57.64	58.98	59.75			
900	1.00	47.00	50.65	53.73	56.23	58.05	59.18					
	1.05	47.43	51.14	54.28	56.87	58.70	59.88					
	1.20	48.27	52.09	55.34	57.98	59.96	61.25					
	1.50	48.94	52.84	56.17	58.90	60.97	62.33					
	23.00	49.41	53.37	56.76	59.55	61.68	63.10					

ตาราง 4.13 ความยาวสายตามักัด \$N_1\$

\$L_p\$	4834	5084	5384	5684	6084	6384	6784	7184	7585	8084	8584	9084
\$N_1\$	0.91	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05
\$L_p\$	9584	10084	11284	12584	14084	16084						
\$N_1\$	1.06	1.07	1.10	1.12	1.15	1.18						

ความยาวตัดที่ปลาย \$L_p = L_1 + 82 (mm)\$

\$L_1\$	3000	3350	4000	5000	5600	6000	6300	7100	7500	8000	9000	10000
	11200	12500										

ตาราง 4.13 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "E" ต่อเส้น \$P_R\$ (เป็น KW) สำหรับสายพานยาว

\$L_p = 7184 \text{ mm}\$ และส่วนโค้งสัมผัส \$\alpha = 180^\circ\$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การเชื่อมต่อ

5.0 บทนำ

การเชื่อมต่อ (welded joints) เป็นวิธีการต่อชิ้นงานเข้าด้วยกัน ซึ่งนิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนต่างๆ สำหรับรอยเชื่อมซึ่งต้องรับแรงสูง นิยมใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า (arc welding) การเชื่อมด้วยแก๊ส (gas welding) และการเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า (resistant welding)

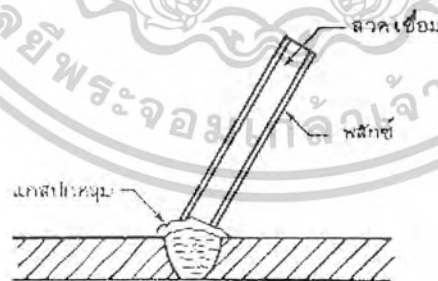
ปัญหาซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบรอยเชื่อมต่อต้องพบอยู่เสมอก็คือ การที่ไม่สามารถที่จะคำนวณหาความแข็งแรงของรอยเชื่อมได้อย่างใกล้เคียงเหมือนเช่นการคำนวณเกี่ยวกับความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอย่างอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อน ทั้งนี้เพราะยังไม่มีใครสามารถที่จะหาคำตอบของความเค้นที่เกิดขึ้นในรอยเชื่อมได้คือพอ ดังนั้นในการคำนวณเกี่ยวกับรอยเชื่อมทั้งหมดจึงเป็นวิธีการประมาณค่าความเค้นอย่างอ้อมๆ เท่านั้น อย่างไรก็ตามผลงานที่ได้จากการประมาณเหล่านี้ก็ได้ผ่านการใช้งานอย่างได้ผลดีมาแล้วในอดีต จนเป็นที่น่าเชื่อถือได้

5.1 วิธีการเชื่อม

การเชื่อมมีหลายวิธี ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีซึ่งมีการใช้งานกันมากที่สุดไปเท่านั้น

5.1.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า

การเชื่อมวิธีนี้มักเรียกกันทั่วไปว่า การเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อม (Electrode) เป็นตัวนำไฟฟ้าและในขณะที่เดียวกันโลหะลวดเชื่อมก็จะละลายลงไป รอยที่ต้องการเชื่อมดังรูป 5.1 ลวดเชื่อมก็จะห่อหุ้มด้วยสารชนิดหนึ่งเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) ซึ่งจะระเหยกลายเป็นแก๊สในขณะที่ทำการเชื่อม แก๊สนี้จะช่วยป้องกันมิให้เกิดออกซิเดชัน (oxidation) ที่รอยเชื่อม ซึ่งเป็นการช่วยให้คุณภาพของรอยเชื่อมดีขึ้น

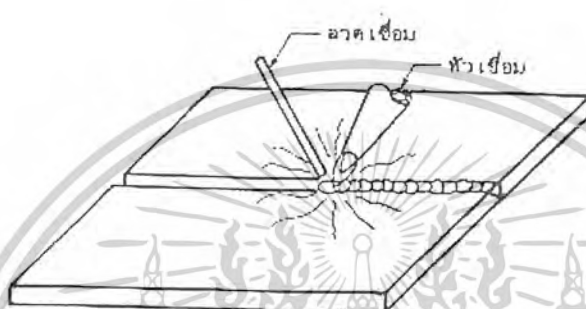


รูปที่ 5.1 การเชื่อมด้วยไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การเชื่อมด้วยแก๊ส

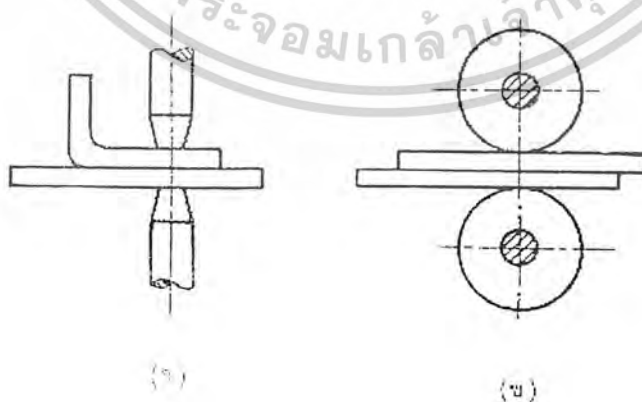
การเชื่อมด้วยวิธีนี้มักเรียกกันทั่วไปว่า การเชื่อมแก๊ส ใช้การเผาไหม้ระหว่างส่วนผสมของแก๊สออกซิเจน กับ ไฮโดรเจน หรือออกซิเจนกับอะเซทิลีน (Acetylene) เป็นตัวให้ความร้อน แก๊สทั้งสองชนิดนี้จะผสมกันในหัวเชื่อม (torch) ในการเชื่อมจะปรับส่วนผสมของแก๊สทั้งสองชนิดนี้ในอัตราส่วนหนึ่งต่อหนึ่ง ซึ่งจะได้อุณหภูมิสูง เพียงพอที่จะละลายโลหะได้ จากนั้นจึงทำการเผาชิ้นงานที่จะเชื่อมให้ร้อน แล้วจึงใช้เปลวไฟละลายลวดเชื่อมลงไปยังรอยเชื่อมดังรูป 5.2



รูปที่ 5.2 การเชื่อมแก๊ส

5.1.3 การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า

การเชื่อมด้วยวิธีนี้ใช้แรงกดชิ้นส่วนตรงที่ต้องการจะเชื่อมติดกัน แล้วจึงผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในชิ้นงานตรงรอยที่ต้องการเชื่อม จนกระทั่งเนื้อโลหะละลายติดกัน กันแรงกดนี้มาจากอิเล็กโทรด (Electrode) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าด้วย ดังในรูป 5.3(ก) รอยเชื่อมจะเป็นจุดเรียกว่าการเชื่อมจุด (spot welding) แต่ถ้าใช้ลูกกลิ้งออกแรงกดและเป็นตัวนำไฟฟ้าดังในรูป 5.3(ข) รอยเชื่อมที่ได้จะเป็นเส้นแนวยาวเรียกว่าการเชื่อมแบบตะเข็บ (seam welding)



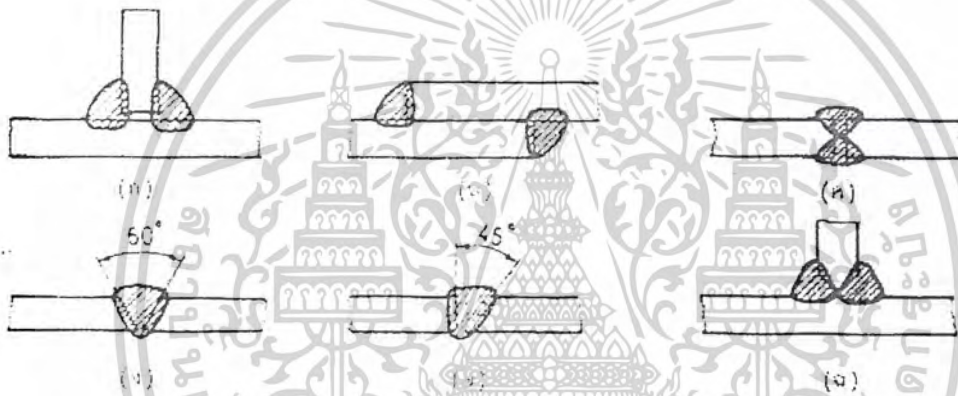
รูปที่ 5.3 การเชื่อมด้วยความต้านทานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

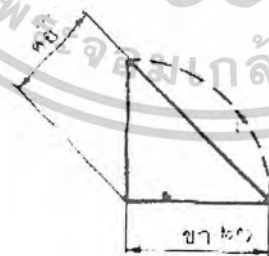
5.2 ชนิดของรอยเชื่อม

ชนิดของรอยเชื่อมที่นิยมใช้กันทั่วไปมีการเชื่อมมุม (fillet weld) และการเชื่อมต่อชน (butt weld) รูปที่ 5.4(ก) และ 5.4(ข) เป็นการเชื่อมมุม ความหนาของรอยเชื่อมมุมไม่จำเป็นต้องเท่ากับความหนาของแผ่นโลหะ และโดยปกติแล้วผิวบนของรอยเชื่อมมุม จะมีลักษณะโค้งเส้นประในรูป 5.5 ส่วนเกินนี้เรียกว่าส่วนเสริม (reinforcement) ซึ่งถ้าไม่ต้องการให้มันก็อาจจะไปออกได้ ขนาดของรอยเชื่อมมุมจะบอกด้วยขนาดของขา (leg) ว่ามีความยาวเท่าใด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักจะเชื่อมให้มีความยาวของขาเท่ากัน ส่วนขนาดของคอ (throat) เป็นขนาดที่จะใช้ในการคำนวณ

รูป 5.4 (ค) (ง) (จ) และ (ฉ) เป็นการแสดงถึงรอยต่อชนชนิดต่างๆ ซึ่งมีส่วนเสริมอยู่ด้วย



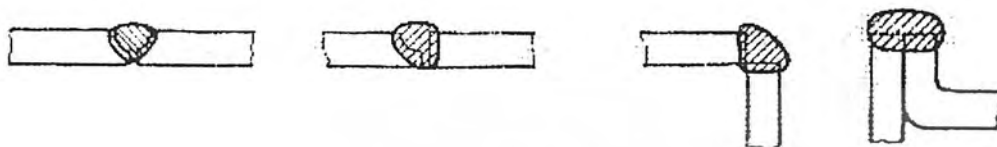
รูปที่ 5.4 รอยเชื่อมชนิดต่างๆ



รูปที่ 5.5 รอยเชื่อมมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.6 แสดงถึงการเชื่อมต่อชนิดอื่นๆ ที่อาจจะทำได้ แต่ถ้าไม่มีความจำเป็นแล้ว ควรใช้การเชื่อมต่อที่นิยมใช้กันทั่วไปดังในรูป 5.4 ในการบอกขนาดและชนิดของรอยเชื่อมมักจะใช้สัญลักษณ์พร้อมทั้งลูกศรชี้ลงบนแบบ สำหรับสัญลักษณ์ต่างๆ เหล่านี้ ผู้อ่านจะหาความรู้ได้จากเอกสารประกอบหมายเลข 1



รูปที่ 5.6 รอยเชื่อมชนิดอื่นๆ






เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 หลักการทำงาน

6.0 บทนำ

เครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์นี้มีจุดมุ่งหมายใช้การคัดแยกและนับเหรียญสามขนาดต่างๆ ดังนี้ คือ เหรียญ 1 บาท , 5 บาท และ 10 บาท ซึ่งเหรียญต่างๆ มีคุณสมบัติดังได้แสดงไว้ในตาราง 6.1

ชนิดเหรียญกษาปณ์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	น้ำหนัก (กรัม)	ความหนา (mm)
	26	8.5	2.2
	24	7.5	2.2
	20	3.4	1.5

ตาราง 6.1 ตารางแสดงลักษณะของเหรียญชนิดต่างๆ

6.1 หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

การทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์มี 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

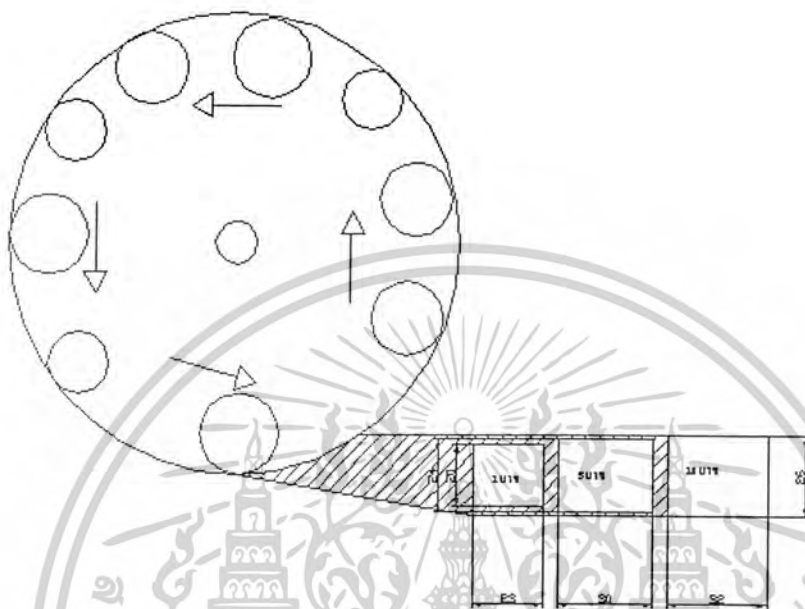
6.1.1 ชุดจ่ายเหรียญ

6.1.2 ชุดคัดแยกเหรียญ

6.1.1 ชุดจ่ายเหรียญ จะทำหน้าที่จ่ายเหรียญให้กับ ชุดคัดแยกเหรียญ โดยชุดจ่ายเหรียญเป็นแผ่นที่มีลักษณะเป็นวงกลมผิวเรียบส่วนล่างของจานจะต่อกับเพลาส่งกำลังซึ่งหดรอบมาจากมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อทำหน้าที่

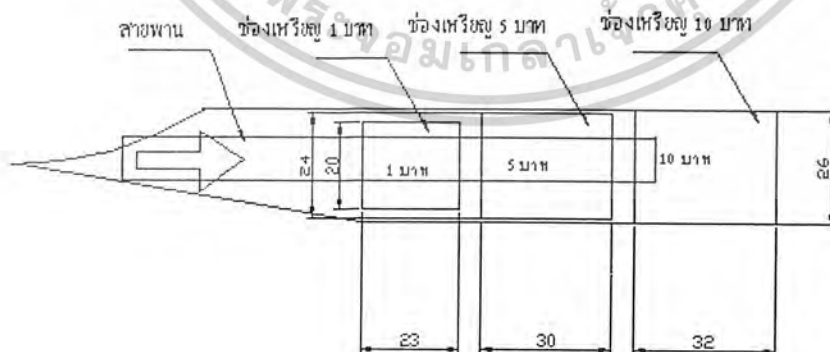
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหรียญทำให้เหรียญถูกเหวี่ยงไปติดขอบด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและเคลื่อนที่ออกจากชุดจ่ายเหรียญไปตามช่องทางออกเพื่อไปเข้าชุดคัดแยกเหรียญต่อไป



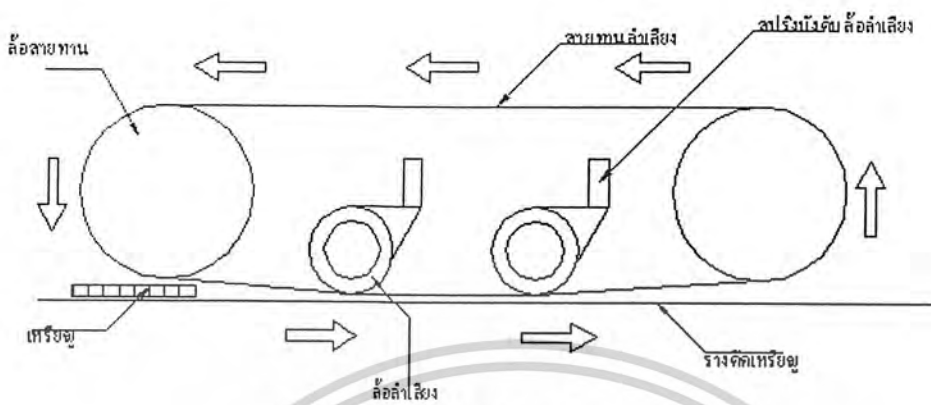
รูปที่ 6.1 การทำงานของชุดจ่ายเหรียญ

6.1.2 ชุดคัดแยกเหรียญ จะทำหน้าที่คัดแยกเหรียญที่ออกมาจากชุดจ่ายเหรียญ ในการคัดแยกเหรียญจะทำการคัดแยกเหรียญ โดยคัดแยกเหรียญที่มีขนาดเล็กที่สุด (1 บาท) ออกก่อนในช่องแรก จากนั้นจึงคัดเหรียญขนาดกลาง (5 บาท) ในช่องที่ 2 และคัดแยกเหรียญใหญ่สุด (10 บาท) ในช่องสุดท้าย

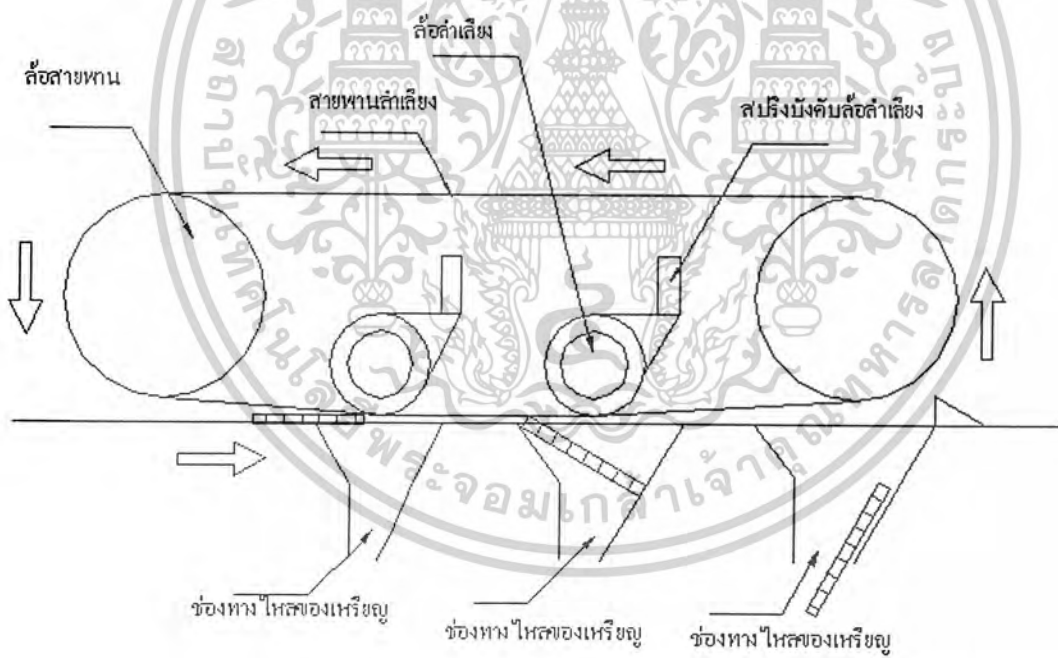


รูปที่ 6.2 ชุดคัดแยกเหรียญ (ภาพด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 ชุดสายพานลำเลียงเหรียญ



รูปที่ 6.4 แสดงลักษณะการแยกเหรียญแต่ละชนิด

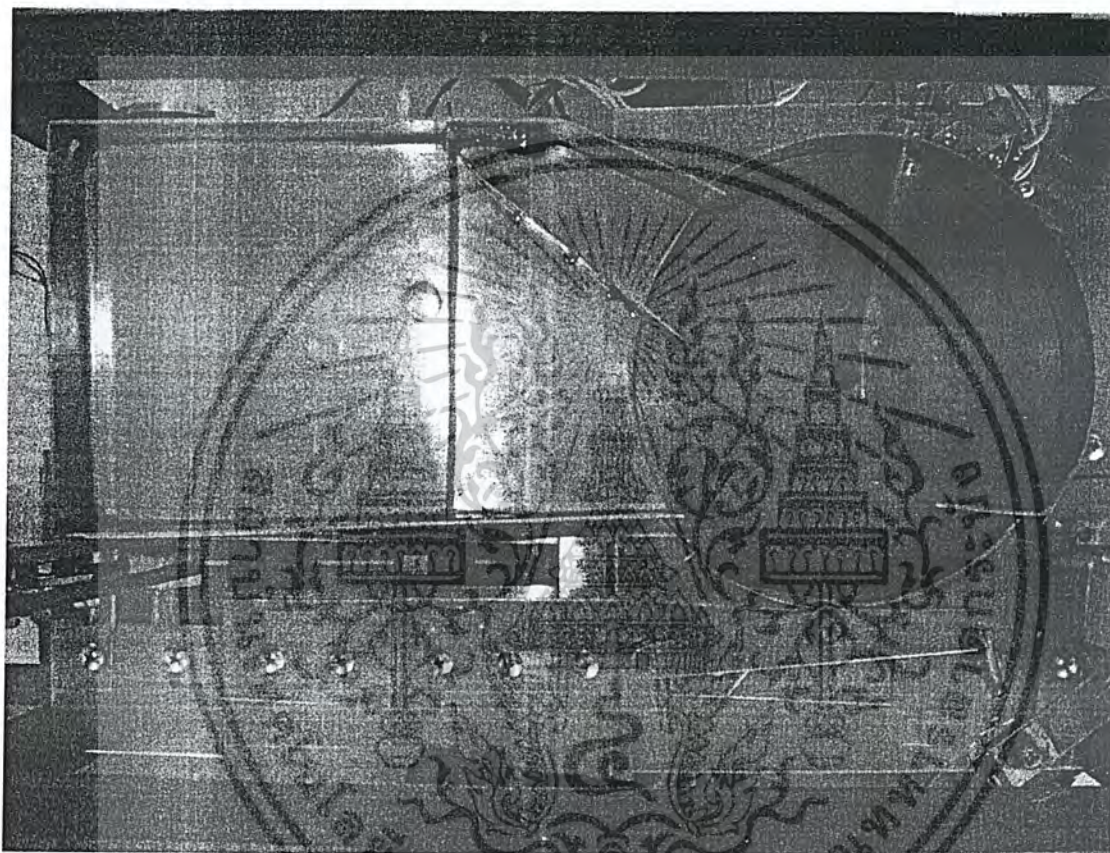
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

เครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

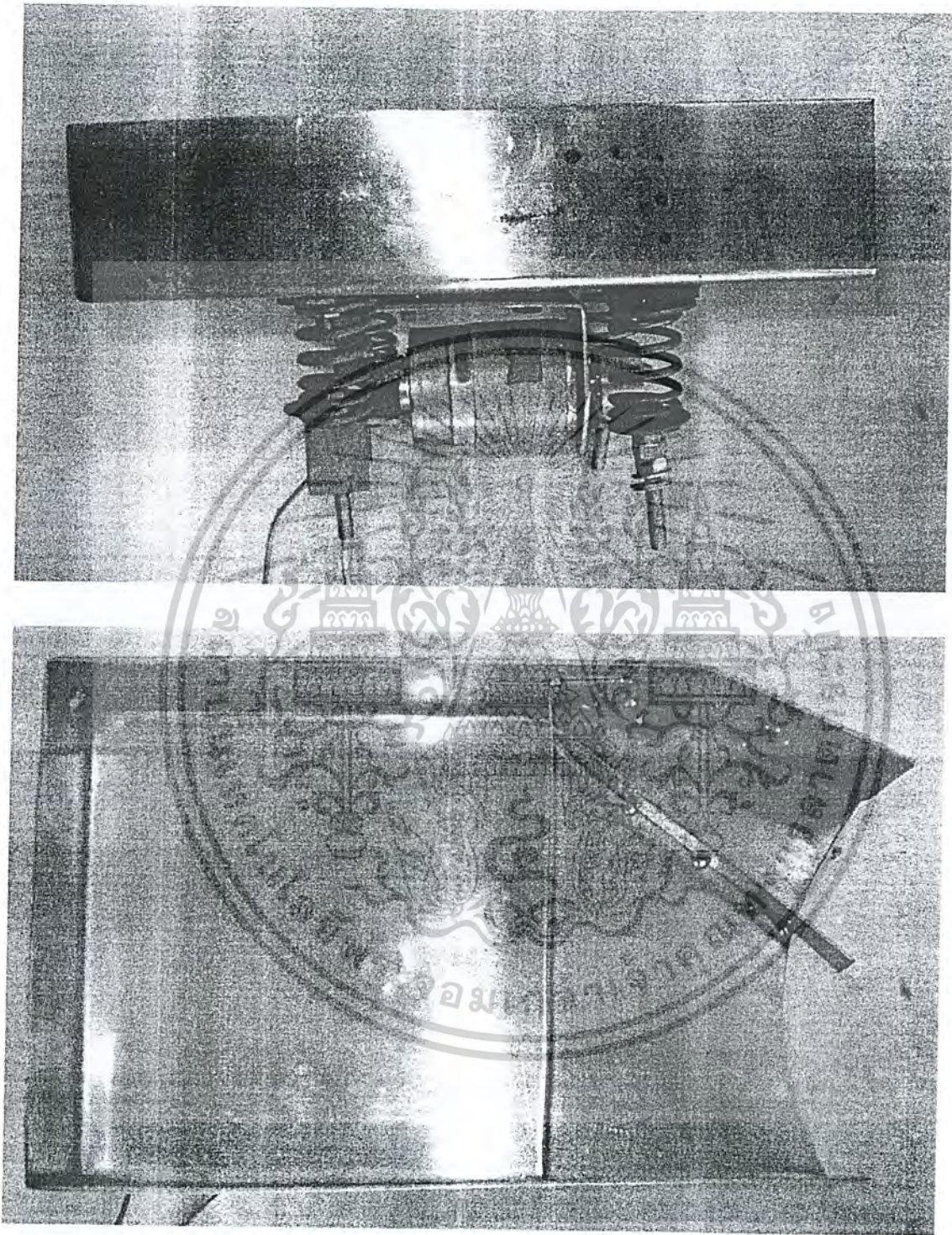
7.1 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

เครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์ที่ได้ออกแบบมานี้มีส่วนประกอบที่สำคัญๆ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 7.1



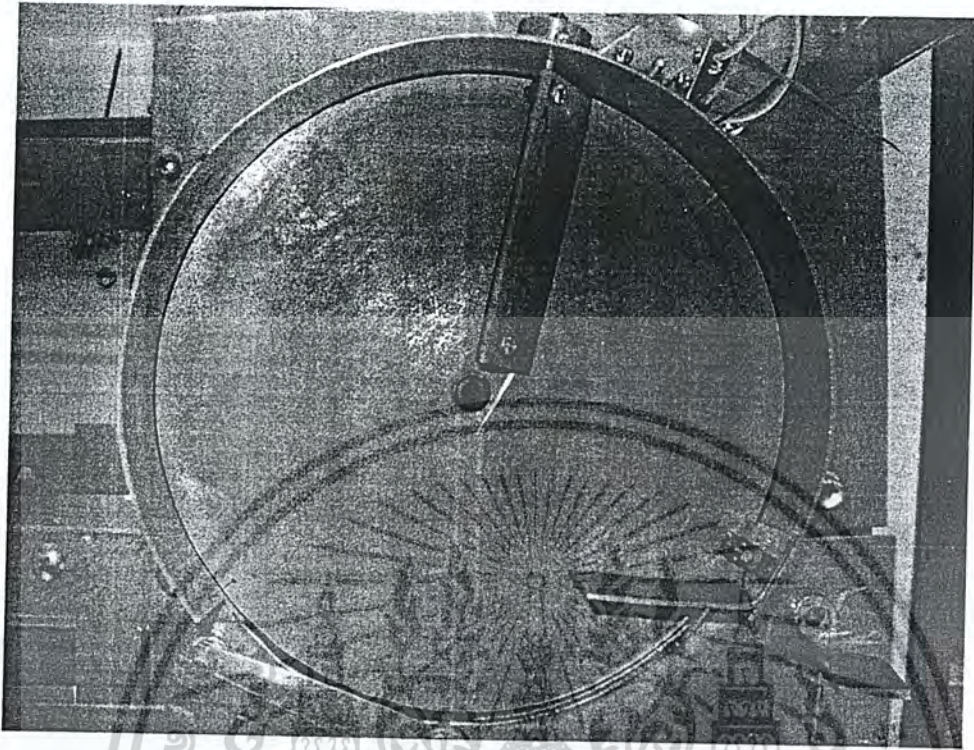
รูปที่ 7.1 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

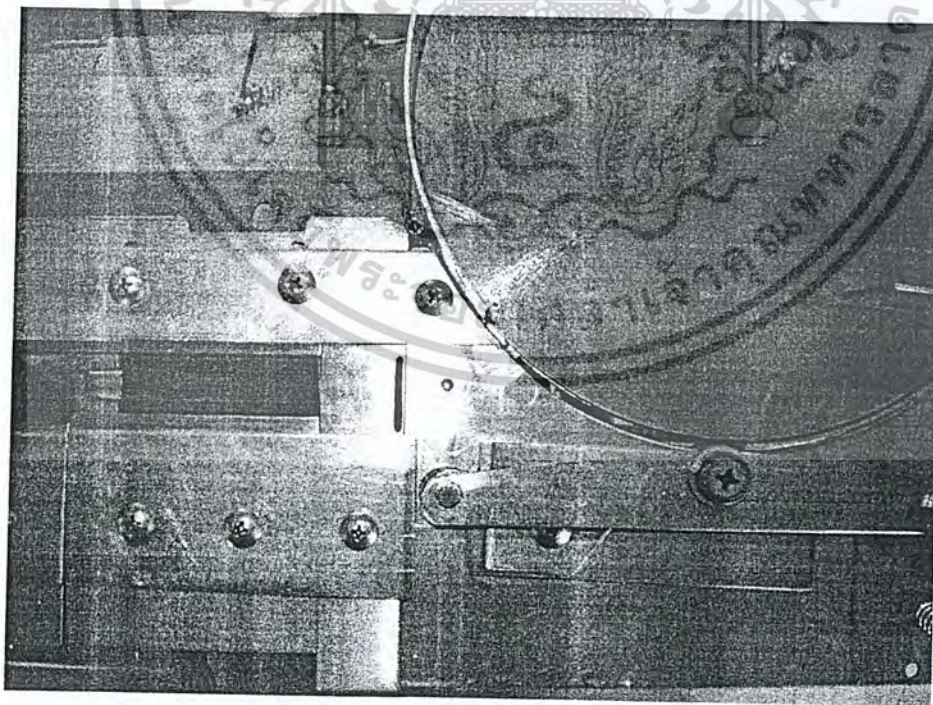


รูปที่ 7.2 ถาดเข่าจ่ายเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

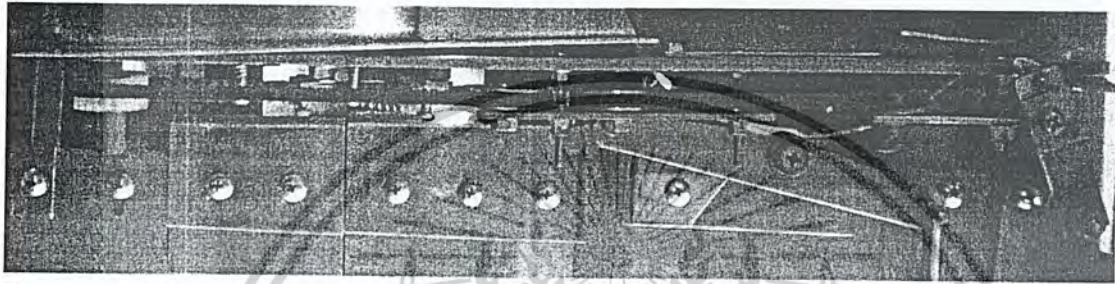
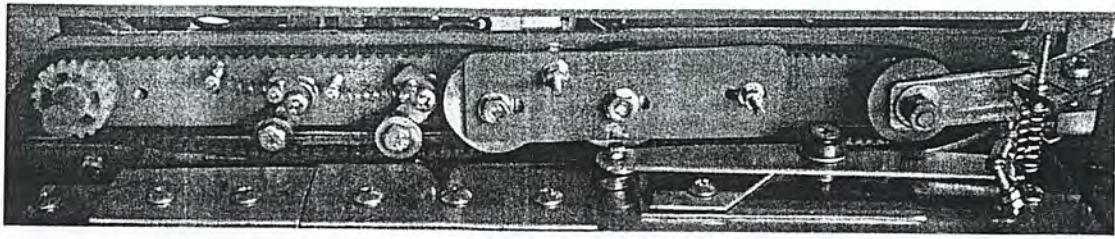


รูปที่ 7.3 งานเหวี่ยงเหรียญ

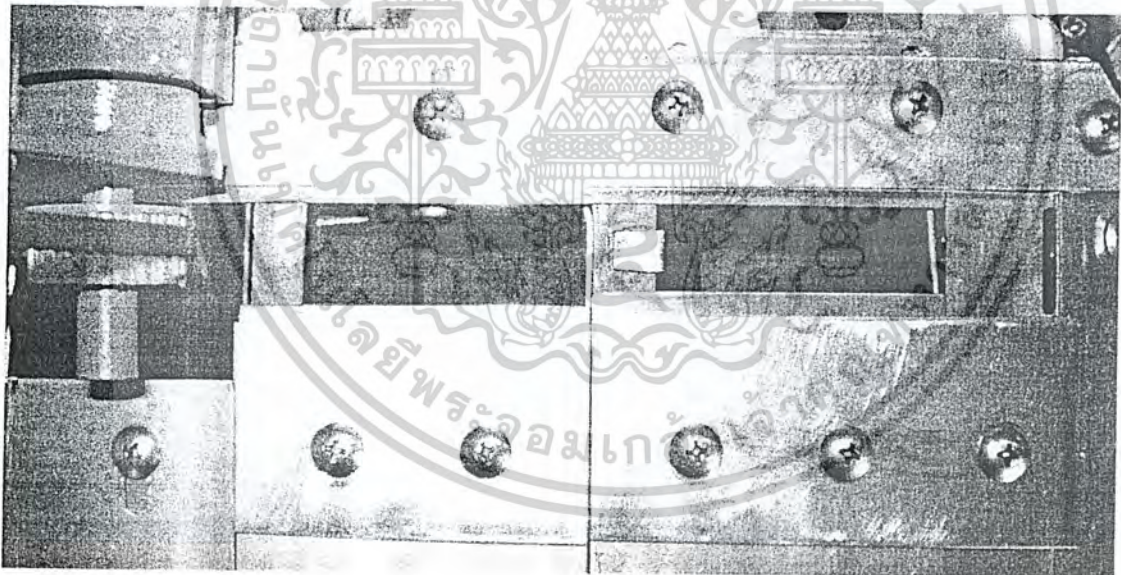


รูปที่ 7.4 งานเหวี่ยงกับรางคัดแยกเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

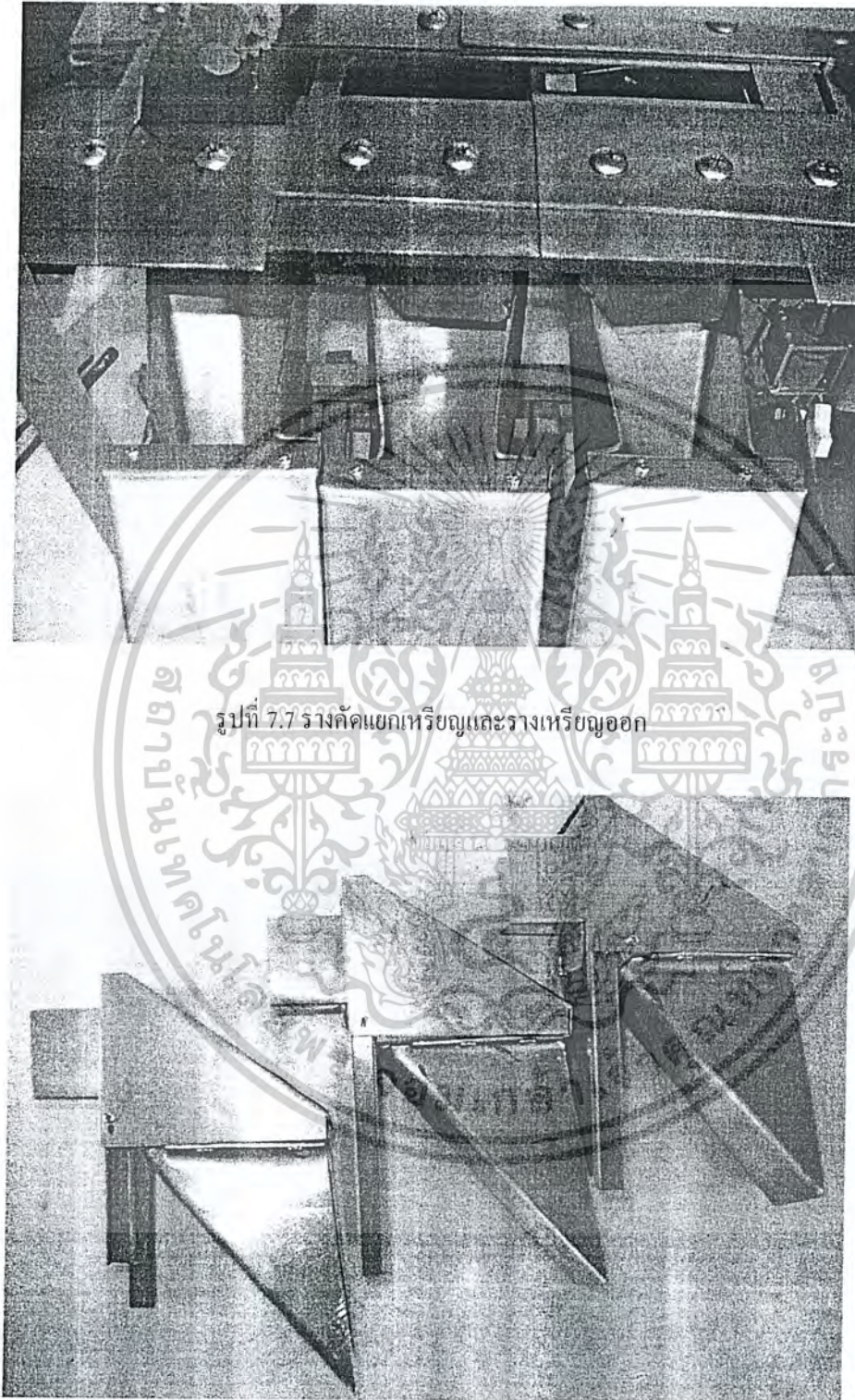


รูปที่ 7.5 ชุดสายพานดึงเหรียญ



รูปที่ 7.6 รางคัดแยกเหรียญ

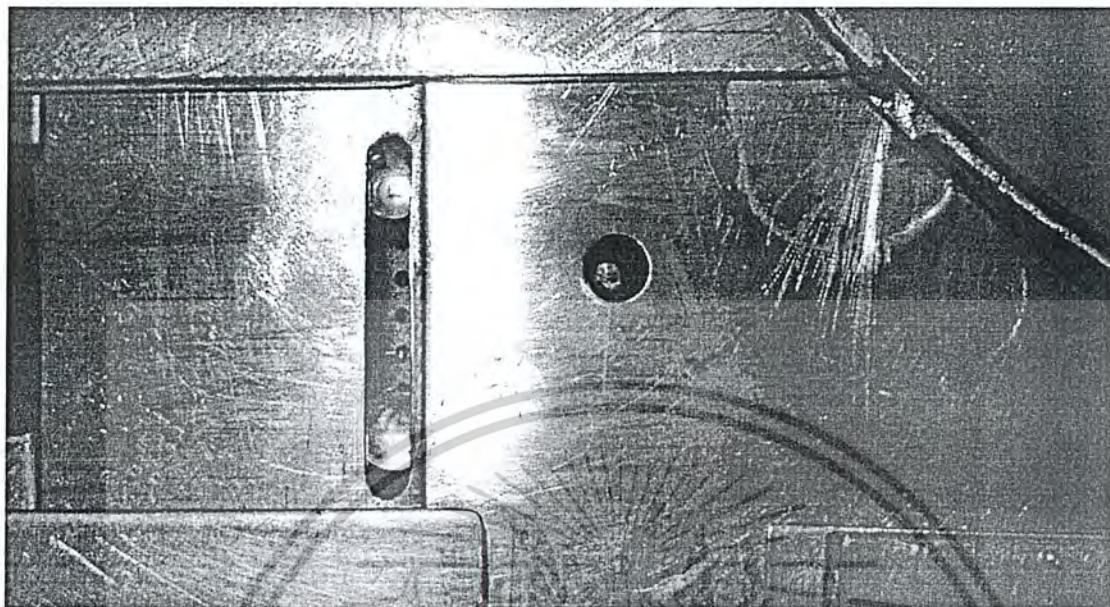
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.7 รางคัดแยกเหรียญและรางเหรียญออก

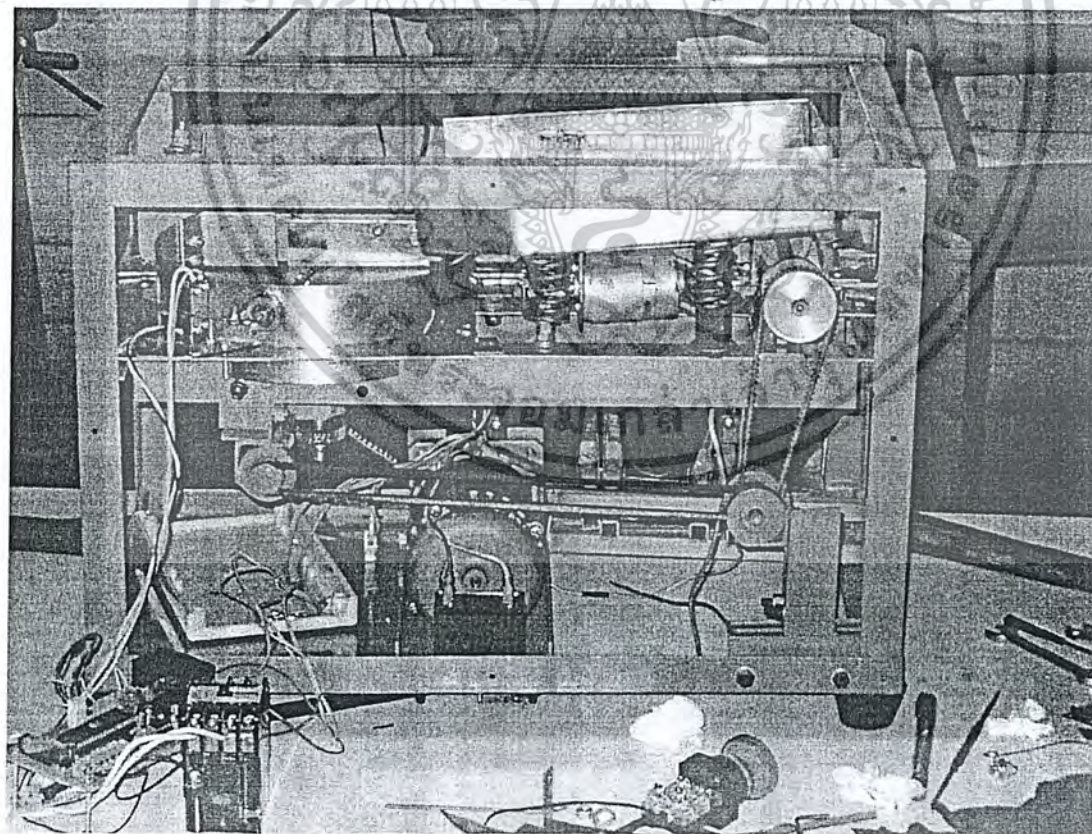
รูปที่ 7.8 รางเหรียญออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



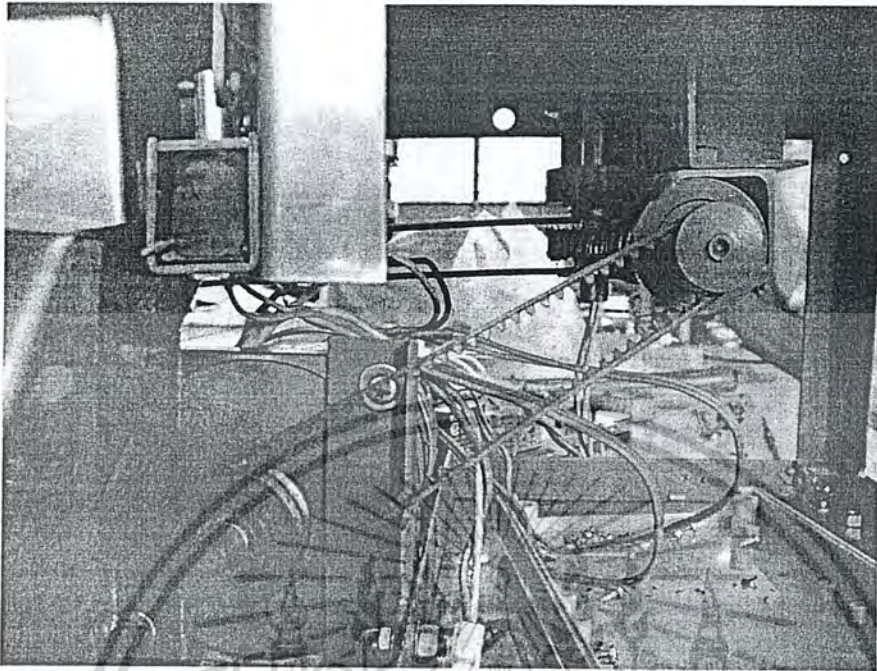
รูปที่ 7.9 Sensor แบบ infrared

7.2 รูปชุดส่งกำลังของเครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์

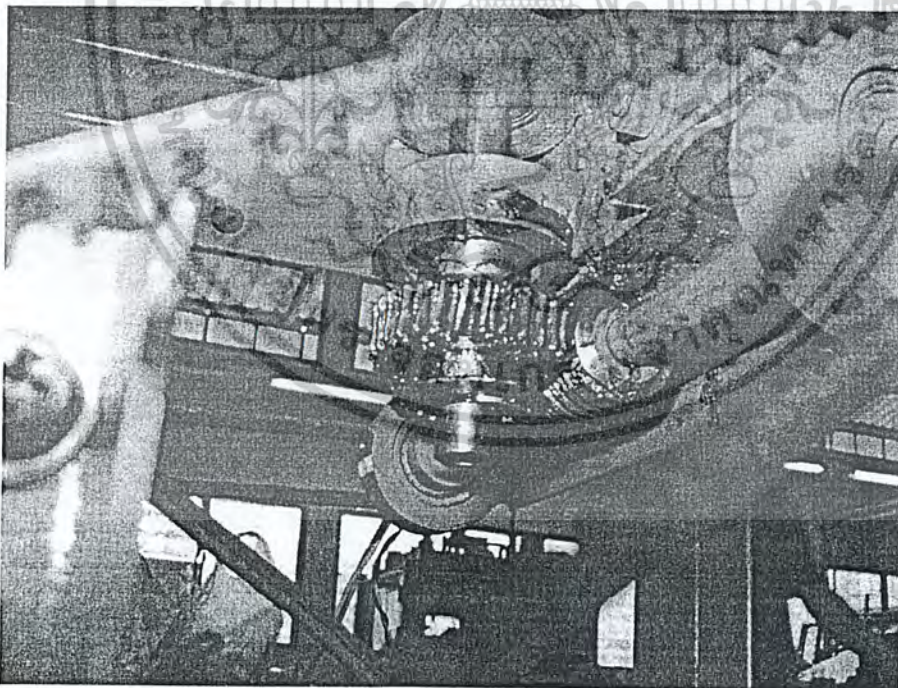


รูปที่ 7.10 ชุดส่งกำลังทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.11 มอเตอร์ต้นกำลังกระแสสลับและชุดสายพาน



รูปที่ 7.12 ชุดเฟืองหนอน

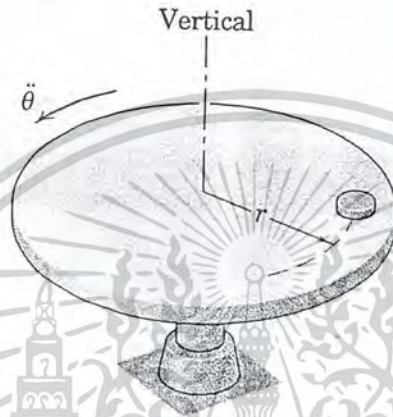
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

การคำนวณ และ การออกแบบ

ในการคำนวณและออกแบบอุปกรณ์ต่างในการทำโครงการนี้ได้ทำการคำนวณอุปกรณ์หลักต่างๆด้วยกันทั้งหมดจำนวน 2 อุปกรณ์ คือ จานหมุน สายพานคิ่งหรือเรียว

8.1 การออกแบบและคำนวณจานหมุน



รูปที่ 8.1 แสดงลักษณะของการกระทำระหว่างจานหมุนกันหรือเรียว

8.1.1 ความเร็วรอบของจานหมุน

ก่อนอื่นเราต้องกำหนดก่อนว่าเราต้องการความเร็วของการคิดหรือเรียวต่อนาที ซึ่งในการทำโครงการนี้เราต้องการความเร็วในการคิดหรือเรียว 1000 หรือเรียวต่อนาที

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหรือเรียว 10 บาท เท่ากับ 26 มิลลิเมตร

ขนาดของจานหมุนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 200 มิลลิเมตร

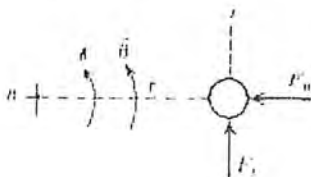
ดังนั้นคิดเป็นความเร็วเชิงเส้นที่ขอบจานหรือเรียวได้ดังนี้ $(1000 \times 26) / 60 = 433.33 \text{ mm/s}$

หาความเร็วเชิงมุมได้เท่ากับ $433.33 / 200 = 2.17 \text{ rev/s}$ หรือ 130 rev/min

หรือเรียวจะหมุนไปพร้อมกับจานหมุน ด้วยความเร็วเชิงมุม α ความเร็วเชิงมุมที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แรงเสียดทานระหว่างหรือเรียวกับจานกลมเพิ่มขึ้น การไถลจะเกิดขึ้นเมื่อแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดคือ $F_{\max} = \mu N$

การคำนวณ

พิจารณาฝั่งวัตถุอิสระของหรือเรียวเมื่อจะเริ่มไถล



$$F_t = mr\alpha$$

$$F_n = mr\omega^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $F_{\max} = \mu N = \mu mg$ ดังนั้น

$$mr\sqrt{\alpha^2 + \omega^2} = \mu mg \quad (1)$$

$$(\sqrt{\alpha^2 + \omega^2})^2 = \left(\frac{\mu g}{r}\right)^2 \quad (2)$$

$$\alpha^2 = \left(\frac{\mu g}{r}\right)^2 - \omega^2 \quad (3)$$

$$\alpha = \sqrt{\left(\frac{\mu g}{r}\right)^2 - \omega^2} \quad (4)$$

จากสมการที่ (1) และ (4) จะได้ว่าเมื่อ $r\sqrt{\alpha^2 + \omega^2} \leq \mu g$ แสดงว่าใช้ได้(จากการทดสอบแทนค่าแล้วใช้ได้)

$$[\omega^2 = \omega_1^2 + 2\alpha\theta];$$

$$\omega^2 = 2\omega\theta$$

$$\theta = \frac{1}{2r\alpha} \sqrt{\mu^2 g^2 - r^2 \alpha^2} \quad (5)$$

$$\text{จำนวนรอบก่อนการไหลหาได้จาก } N = \frac{\theta}{2\pi} = \frac{1}{4\pi} \sqrt{\left(\frac{\mu g}{r}\right)^2 - 1} \quad (6)$$

เนื่องจากที่งานหมุนเราเลือกใช้ชุดเฟืองหนอนซึ่งมีอัตราทด 1:15 และมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,450 rev/min ดังนั้นอัตราทดระหว่าง มู่เล่มอเตอร์กับชุดมู่เล่ขับเคลื่อนเฟืองหนอนเป็น 1.35

8.2 การออกแบบและคำนวณสายพานขับเหรียญ

8.2.1 ความเร็วรอบของสายพานขับเหรียญ

ความเร็วเชิงเส้นของสายพานจะต้องสัมพันธ์กับความเร็วของเหรียญที่ออกจากจานเหวี่ยง ดังนั้นความเร็วของสายพานจะหาได้ต้องรู้ค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของมู่เล่ขับเคลื่อนสายพานซึ่งในการทำโครงการนี้ได้กำหนดให้เท่ากับ 35 มิลลิเมตร จากข้อมูลที่มีก็สามารถคำนวณความเร็วเชิงเส้นของสายพานได้ดังนี้

จากสูตร $v = \omega r$ และ $n = \frac{60\omega}{2\pi}$ โดยที่ ความเร็วของสายพานต้องมากกว่า ความเร็วเชิงเส้นสูงสุดของจานจ่ายเหรียญ

จากการคำนวณ จะได้ $v = 433.33 \text{ mm/s}$ หรือ $v = 0.433 \text{ m/s}$

เพราะฉะนั้นจะได้ $\omega = \frac{v}{r} = \frac{0.433}{0.0075} = 57.73 \text{ rad/s}$

จะได้ความเร็วรอบของเพลที่ขับเคลื่อนสายพานเท่ากับ $60 \times 57.73 / 2\pi = 551.09 \text{ rpm}$

จากนั้นเราสามารถหาค่าลิ่งที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานจากสูตร

$$F = \mu n = 0.3 \times 0.0085 \times 9.81 = 0.025 \text{ N}$$

และหา torque จาก $T = Fr = 0.025 \times 0.035 = 8.76 \times 10^{-4} \text{ N} \cdot \text{m}$

จะได้ $W_p = 2 \times \pi \times 551.09 \times 8.76 \times 10^{-4} = 3.03 \text{ watts}$ ให้ motor มีประสิทธิภาพ 70 %

จะได้กำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนสายพานทั้งหมด เท่ากับ $3.03/0.7 = 4.33 \text{ watts}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

การออกแบบชุดควบคุม

ชุดควบคุมที่นำมาใช้ในโครงการนี้ได้นำเอา ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องคัดแยกเหรียญ ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่มีบรรจุความสามารถมากมายไม่ว่าหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรจับสัญญาณออกทางเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดีโดยช่วยลดจำนวนของอุปกรณ์และขนาดของระบบลง ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ “ไมโคร” (micro) ซึ่งหมายถึงไมโครโพรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งภายในประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำ และวงจรเชื่อมต่อนาฬิกา อีกคำหนึ่งคือคำว่า “คอนโทรลเลอร์” (controller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุม ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

9.1 การออกแบบและทำชุดควบคุม

ขั้นตอนในการออกแบบและทำชุดควบคุม สามารถแบ่งเป็นขั้นตอน ทั้งหมด โดยมีขั้นตอนดังนี้

9.1.1 กำหนดรูปแบบการทำงานของชุดควบคุมและวิธีการนับจำนวนและแยกประเภทเหรียญ ว่าเราต้องการการทำงานอย่างไรบ้าง ซึ่งในการออกแบบชุดควบคุมที่ใช้กับเครื่องคัดแยกเหรียญนี้ ได้ออกแบบระบบควบคุมให้มีระบบการทำงานโดยแยกออกเป็น โหมดย่อยๆ ทั้งหมด 5 โหมด ดังนี้

9.1.1.1 โหมด 0 แยกออกเป็น โหมดย่อย 2 โหมดการทำงานดังนี้

- 00 สำหรับตั้งเริ่มต้นการทำงาน
- 01 สำหรับการเคลียร์โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

9.1.1.2 โหมด 1 เป็นโหมดที่ใช้ควบคุมการคัดเหรียญบาท โดยแยกออกเป็น โหมดย่อย 5 โหมดการทำงานดังนี้

- 11 เป็น โหมดการทำงานโดยกำหนดให้นับจาก 0 ถึงจำนวนที่ต้องการ
- 12 เป็น โหมดการทำงานโดยกำหนดให้นับจาก Start - End
- 13 เป็น โหมดการทำงานโดยกำหนดให้นับจาก End - Start
- 14 เป็น โหมดการทำงานโดยกำหนดให้นับจาก 0 ถึง 100
- 15 เป็น โหมดการทำงานโดยกำหนดให้นับจาก 100 ถึง 0

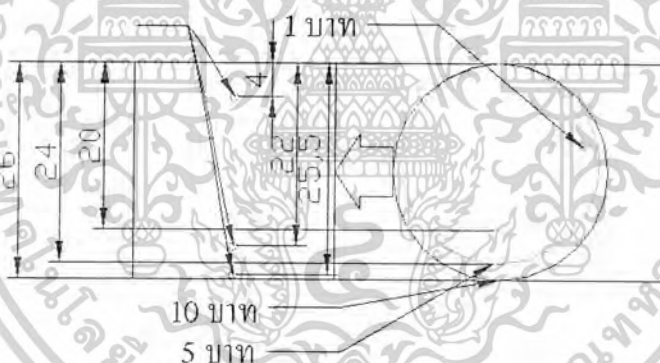
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1.1.3 โหมด 2 เป็นโหมดที่ใช้ควบคุมการคัดเหรียญ 5 บาท แยกออกเป็นโหมดย่อย 5 โหมดเช่นเดียวกับโหมดที่ 1

9.1.1.4 โหมด 3 เป็นโหมดที่ใช้ควบคุมการคัดเหรียญ 10 บาท แยกออกเป็นโหมดย่อย 5 โหมดเช่นเดียวกับโหมดที่ 1

9.1.1.5 โหมด 4 เป็นโหมดที่ใช้ควบคุมการคัดเหรียญ 1บาท, 5 บาท, 10บาท ในครั้งเดียวกันแยกออกเป็นโหมดย่อย 5 โหมดเช่นเดียวกับโหมดที่ 1

การแยกประเภทของเหรียญแต่ละเหรียญว่าเป็นเหรียญอะไรนั้นเราใช้ Infrared sensor จำนวน 3 ตัวโดยมีรูปแบบการจัดวางดังรูป ซึ่งการที่ Sensor จะรู้ได้ว่าเป็นเหรียญอะไรนั้น เราต้องกำหนดการทำงานของ Sensor แต่ละตัวว่าจะต้องทำงานอย่างไรโดยมีหลักการคือ เรากำหนดให้ขณะที่เหรียญผ่าน Sensor นั้น Sensor ตัวแรกจะเป็นตัวกำหนดการทำงานของ Sensor ตัวที่ 2 และ 3 หากไม่มีเหรียญผ่าน Sensor ตัวแรกแล้ว Sensor ตัวที่ 2 และ 3 ก็จะไม่ทำงาน โดยขณะที่เหรียญผ่าน Sensor นั้นหน่วยประมวลผลก็จะรู้ทันทีว่าเป็นเหรียญอะไรโดยกำหนดให้ เมื่อเหรียญปิด Sensor เพียงตัวเดียวก็จะประมวลผลออกมาเป็นเหรียญ 1 บาททันที และเมื่อเหรียญผ่าน sensor จำนวน 2 ตัวคือตัวที่ 1 และ 2 หน่วยประมวลผลก็จะรู้ทันทีว่าเป็นเหรียญ 5 บาท และถ้าปิด Sensor จำนวน 3 ตัวก็จะเป็นเหรียญ 10 บาท



รูปที่ 9.1 แสดงระยะของการวาง Sensor แต่ละตัว

9.1.2 ขั้นตอนการออกแบบชุดควบคุม

9.1.2.1 ต้องรู้ก่อนว่าในชุดควบคุมที่ต้องการนั้น มีอินพุตและเอาพุตอะไรบ้าง ซึ่งโครงการนี้มีดังนี้

- Sensor ที่ใช้สำหรับตรวจสอบเหรียญ ซึ่งในโครงการนี้เราเลือกใช้ Infrared Sensor
- แป้นรับคำสั่ง (key Pad)
- หน้าจอแสดงผล ในโครงการนี้ใช้แบบ 7-segment

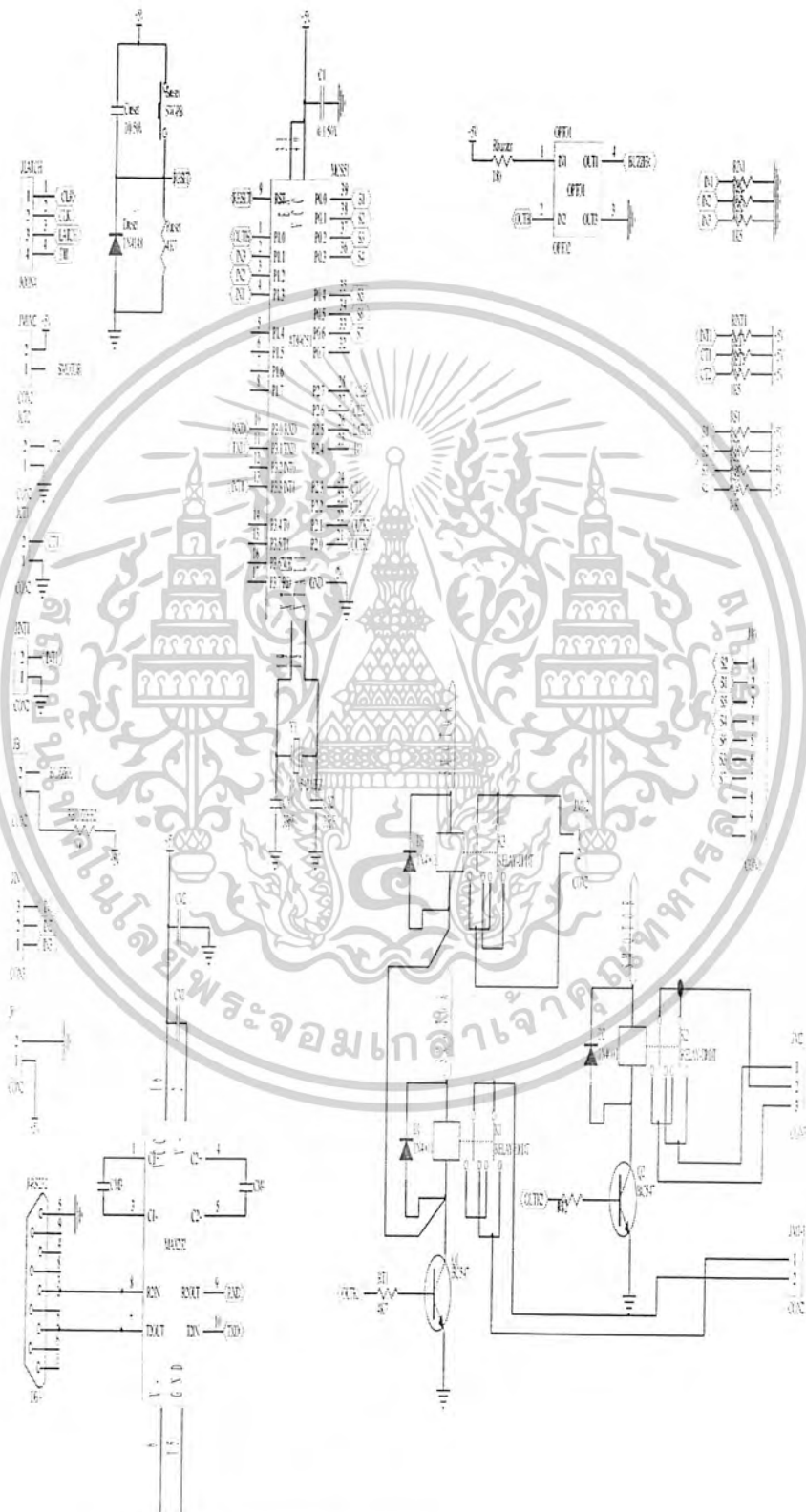
9.1.2.2 เขียนลายวงจร (Schematic) โดยใช้โปรแกรม Protel ดังรูปที่ 8.1, 8.2 และ 8.3

9.1.2.3 เขียน PCB (Print circuit Board) เพื่อใช้ในการทำแผ่นปริ้นท์ ดังรูปที่ 8.4, 8.5 และ 8.6

9.1.2.4 นำ PCB ทำออกแบบไปทำเป็นแผ่นปริ้นท์ ได้ชิ้นงานออกมาดังรูปที่ 8.7 และ 8.8

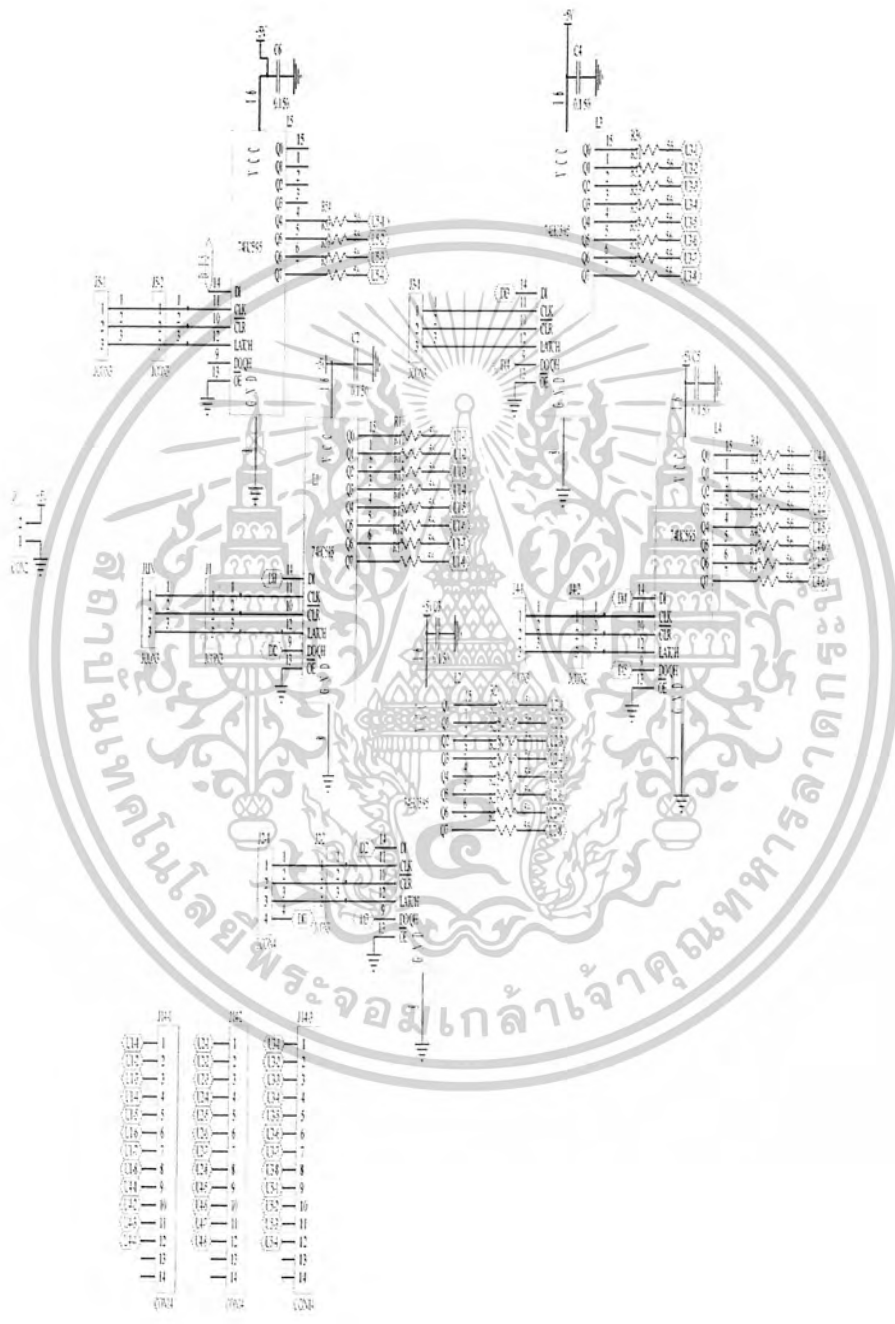
9.1.2.5 นำอุปกรณ์ต่างๆ มาประกอบเข้ากับแผ่นวงจร จะได้ชิ้นงานออกมาดังรูปที่ 8.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



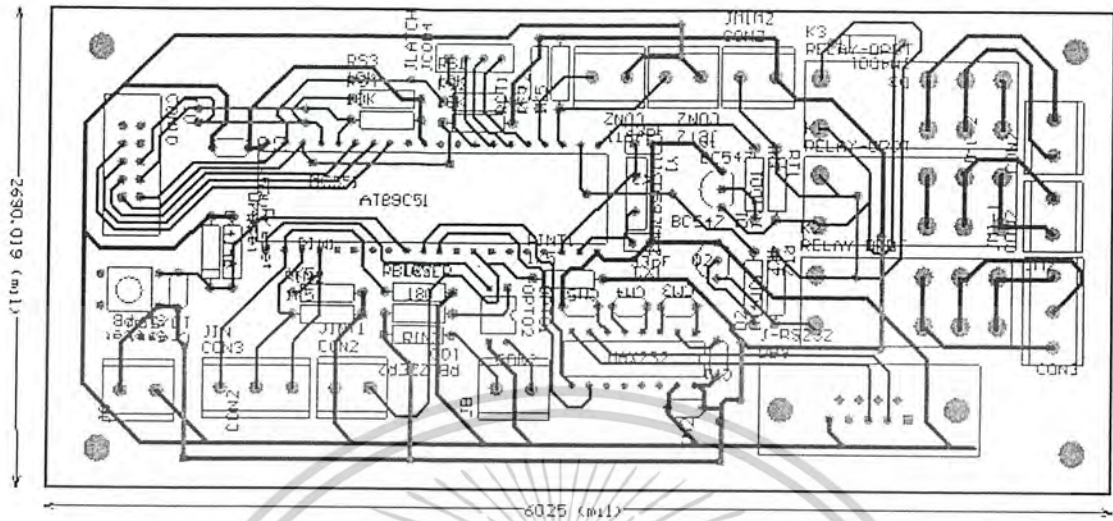
รูปที่ 9.2 ปลายทางของชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

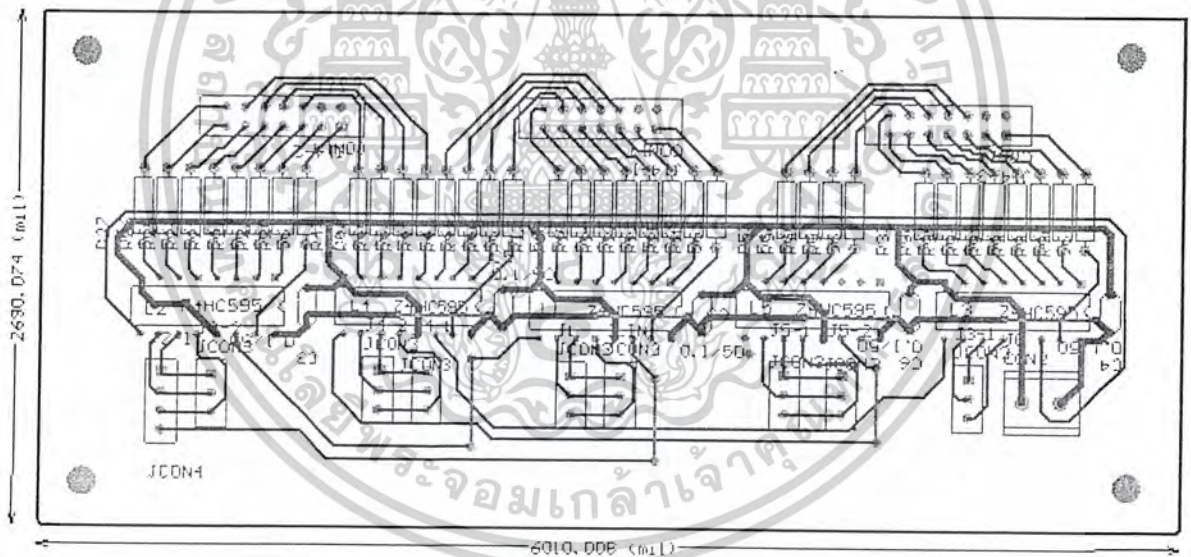


รูปที่ 9.3 รูปลายวงจรของชุดควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

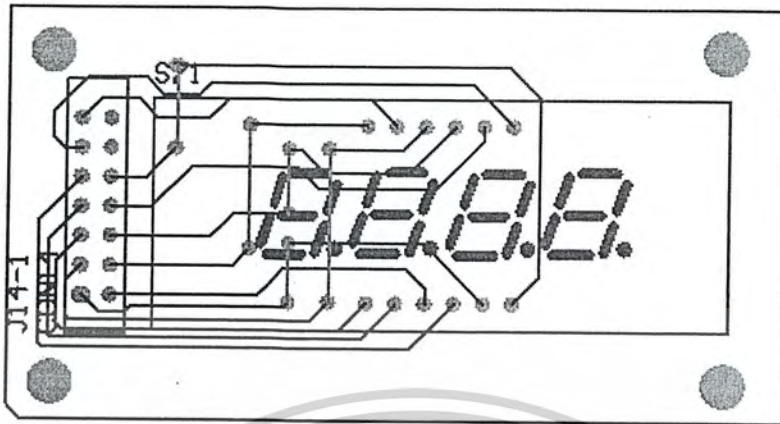


รูปที่ 9.4 รูปจากการทำ PCB ชุดควบคุม



รูปที่ 9.5 รูปจากการทำ PCB ชุดควบคุม

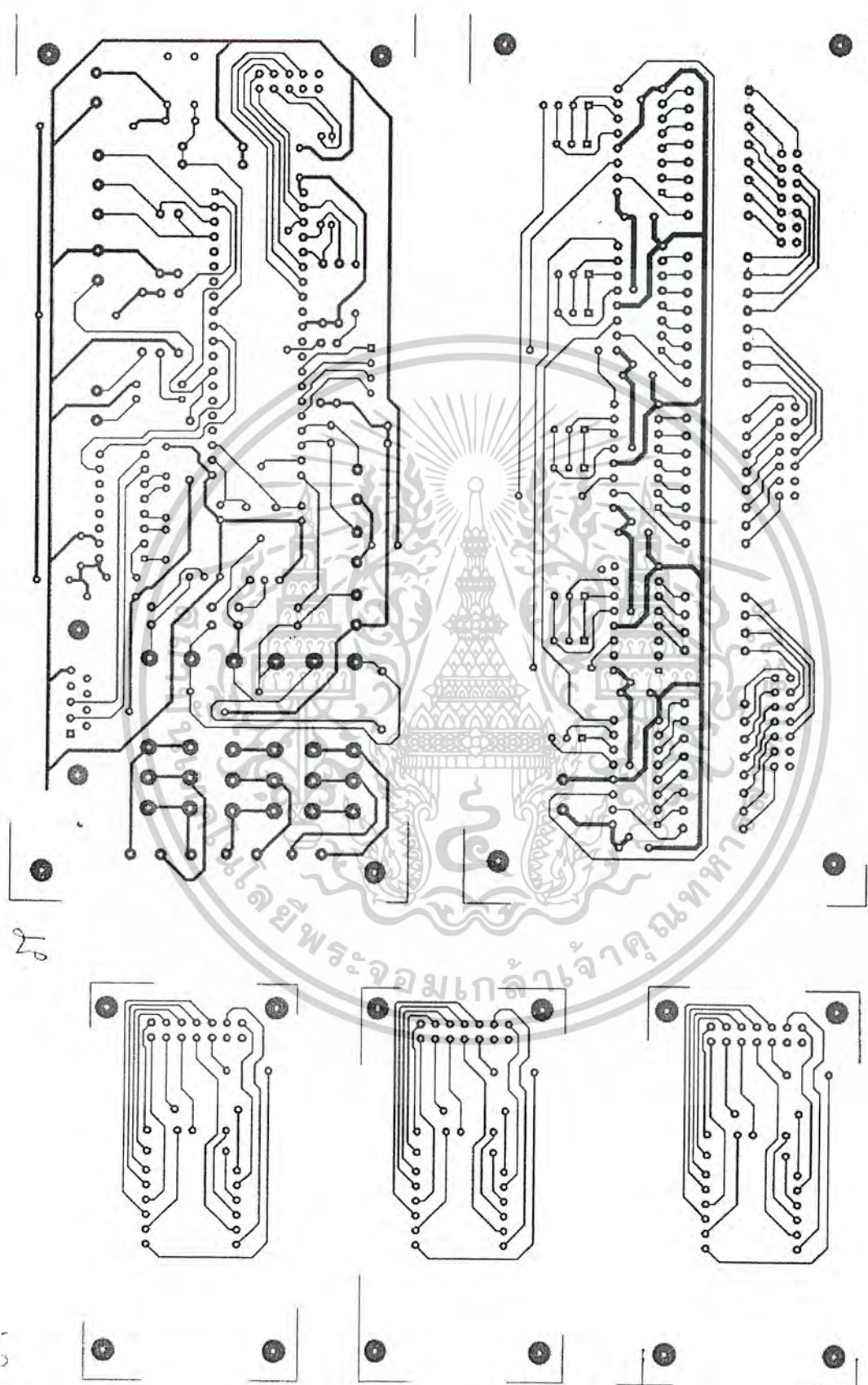
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.6 รูปจากการทำ PCB หน้าจอแสดงผล

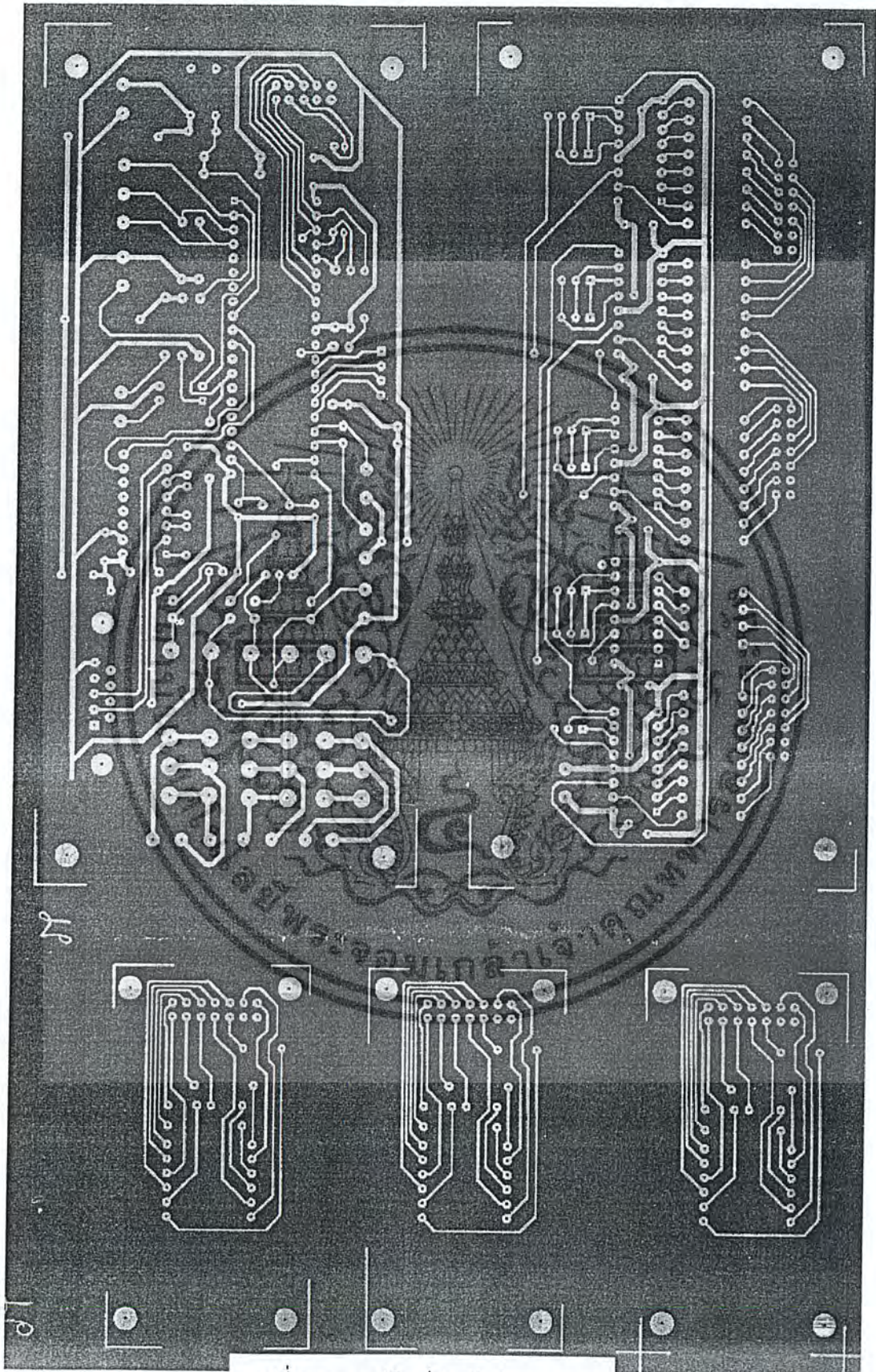


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



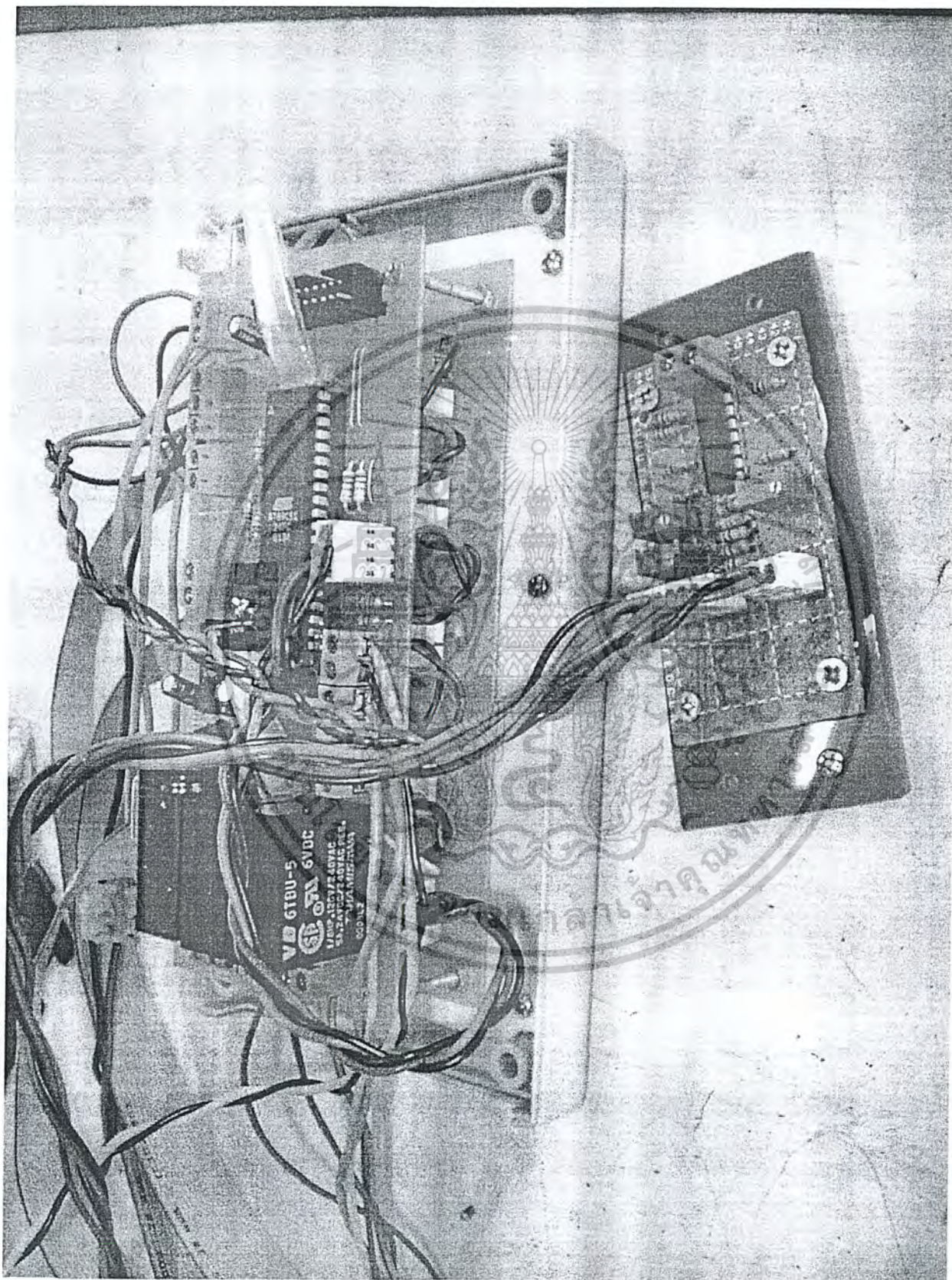
รูปที่ 9.7 ลายวงจรสำหรับทำแม่พิมพ์ทำแผงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.8 แบบแผงพิมพ์สำหรับทำแผงวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

การทดสอบและผลการทดสอบ

10.0 บทนำ

ในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกเหรียญจะเป็นการทำการทดสอบเกี่ยวกับความสามารถในการแยกประเภทของเหรียญชนิดต่างๆ กัน

10.1 การทดสอบการแยกเหรียญ

การทดสอบการแยกเหรียญ ในกรณีที่ 1 คือ การนำเหรียญจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นเหรียญชนิดเดียวกันมาใส่ในเครื่องเพื่อทดสอบความถูกต้องในการคัดแยกเหรียญ ในส่วนที่ 2 คือ การนำเหรียญจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นเหรียญต่างชนิดกันมาละกันมาใส่ในเครื่องเพื่อทดสอบความถูกต้อง และนำผลที่ได้ มาบันทึกผลการทดลอง ซึ่งเหรียญที่ใช้ในการทำการทดลองมีเหรียญขนาดต่างๆ ดังนี้

- 1 บาท
- 5 บาท
- 10 บาท

10.1.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดสอบครั้งที่	ชนิดของเหรียญ	จำนวนเหรียญ	ค่าผิดพลาด (%)	ความถูกต้อง (%)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	1 บาท	100	0	100	10
2	1 บาท	100	0	100	10
3	1 บาท	100	0	100	7
4	1 บาท	100	0	100	9
5	1 บาท	100	0	100	8
6	1 บาท	100	0	100	8
7	1 บาท	100	0	100	9
8	1 บาท	100	0	100	8
9	1 บาท	100	0	100	6
10	1 บาท	100	0	100	10
เฉลี่ย	1 บาท	100	0	100	8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองครั้งที่	ชนิดของเหรียญ	จำนวนเหรียญ	ค่าผิดพลาด (%)	ความถูกต้อง (%)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	5 บาท	100	0	100	12
2	5 บาท	100	0	100	13
3	5 บาท	100	0	100	15
4	5 บาท	100	0	100	15
5	5 บาท	100	0	100	14
6	5 บาท	100	0	100	12
7	5 บาท	100	0	100	11
8	5 บาท	100	0	100	13
9	5 บาท	100	0	100	11
10	5 บาท	100	0	100	12
เฉลี่ย	5 บาท	100	0	100	12.8

การทดลองครั้งที่	ชนิดของเหรียญ	จำนวนเหรียญ	ค่าผิดพลาด (%)	ความถูกต้อง (%)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	10 บาท	100	0	100	11
2	10 บาท	100	0	100	14
3	10 บาท	100	0	100	10
4	10 บาท	100	0	100	9
5	10 บาท	100	0	100	12
6	10 บาท	100	0	100	15
7	10 บาท	100	0	100	13
8	10 บาท	100	0	100	16
9	10 บาท	100	0	100	10
10	10 บาท	100	0	100	15
เฉลี่ย	10 บาท	100	0	100	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่	ชนิดของเหรียญ	จำนวนเหรียญ	ค่าผิดพลาด (%)	ความถูกต้อง (%)	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	1, 5, 10 บาท	300	0	100	45
2	1, 5, 10 บาท	300	0	100	40
3	1, 5, 10 บาท	300	0	100	39
4	1, 5, 10 บาท	300	0	100	42
5	1, 5, 10 บาท	300	0	100	50
6	1, 5, 10 บาท	300	0	100	48
7	1, 5, 10 บาท	300	0	100	52
8	1, 5, 10 บาท	300	0	100	47
9	1, 5, 10 บาท	300	0	100	50
10	1, 5, 10 บาท	300	0	100	55
เฉลี่ย	1, 5, 10 บาท	300	0	100	46.8

ตาราง 10.1 ตารางบันทึกผลการทดลองการแยกเหรียญ

10.1.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองชุดคิดแยกเหรียญ การคิดแยกเหรียญได้ผลการทดลองที่น่าพอใจเพราะว่าไม่เกิดความผิดพลาดในการคิดแยกเหรียญในขณะที่ทำการทดลอง และใช้เวลาอันน้อยมากในการคิดแยกเหรียญ ซึ่งมีความเร็วประมาณ 12 วินาที ต่อ 100 เหรียญ ซึ่งอาจจะเร็วหรือช้ากว่านี้ขึ้นอยู่กับขนาดของเหรียญด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

11.1 สรุปผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องคัดแยกเหรียญเรียบร้อยแล้ว ก็ได้ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องและได้สรุปผลการทำงานดังนี้

1. การคัดแยกเหรียญขนาดต่างๆ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจอย่างมากเนื่องจากสามารถแยกเหรียญทั้ง 3 ขนาดภายในคราวเดียวกันซึ่งสามารถคัดแยกเหรียญแต่ละชนิดได้อย่างถูกต้องแม่นยำและใช้เวลาในการคัดแยก ทั้ง 3 ขนาดได้เร็วกว่าเครื่องคัดแยกต้นแบบมาก
2. การนับเหรียญยังไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจาก infrared sensor ที่เราใช้มีความอ่อนไหวและบอบบางมาก ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนอย่างมาก เหตุผลที่เราใช้ sensor ชนิดนี้เพราะว่าในตอนแรกเราต้องการให้เครื่องคัดแยกเหรียญสามารถจำกัดจำนวนเหรียญในการคัดแยกได้ด้วย ทางผู้จัดทำจึงได้ทดลองสร้างตัวนับเหรียญซึ่งใช้ sensor ชนิดนี้ ในการทดลอง sensor ชนิดนี้สามารถทำงานได้อย่างดี แต่เมื่อนำมาติดตั้งกับตัวเครื่องคัดแยกเหรียญซึ่งมีการสั่นสะเทือนมาก ทำให้เกิดความผิดพลาดในการนับและทำให้ sensor ได้รับความเสียหาย ทำให้ไม่สามารถนับเหรียญได้

11.2 ข้อเสนอแนะ

1. เครื่องคัดแยกเหรียญจะสามารถคัดแยกเหรียญได้อย่างราบรื่นเมื่อใส่เหรียญลงในถาดเข้าจำนวนเหมาะสม (ไม่ควรเกิน 300 เหรียญ)
2. ถ้าต้องการให้เครื่องนับเหรียญได้ เพียงแค่เปลี่ยน infrared sensor เป็น Pox limity แล้วทำการติดตั้งจำนวน 3 ชุดที่ ตัวที่ 1 ติดตั้งที่ก่อนถึงรางคัดแยก ตัวที่ 2 ติดตั้งที่หลังช่องเหรียญ 1 บาทบน รางคัดแยก และตัวที่ 3 ติดตั้งที่หลังช่องเหรียญ 5 บาท บนรางคัดแยกเหรียญ แล้วทำการ program ลง micro controller ใหม่ โดยใช้การหักลบกันของสัญญาณ และแสดงผลเมื่อคัดแยกเสร็จ

11.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. การสร้างเครื่องมีความล่าช้ากว่าที่กำหนดเนื่องจาก ต้องทำการแก้ไขข้อผิดพลาดในชิ้นส่วนต่างๆ และต้องทำการสร้างชิ้นส่วนใหม่เพิ่มเข้าไป เนื่องจากการเคลื่อนที่ของเหรียญไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้
2. ปัญหาจากความคลาดเคลื่อนจากค่าที่คำนวณได้ เนื่องจากส่วนประกอบของเครื่องที่คำนวณได้นั้นไม่สามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด ทำให้ต้องทำการแก้ไขปรับปรุงแบบให้มีความเหมาะสมในส่วนที่ไม่สามารถหาได้ โดยทำการตัดแปลงและจัดสร้างชิ้นส่วนต่างเพิ่มเติม ทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในส่วนของการทำกรนับเหรียญ ยังไม่สามารถนับได้เนื่องจาก Sensor ที่ใช้ในเครื่องคัดแยกเหรียญจากต่างประเทศ มีราคาแพงมากไม่สามารถซื้อได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการสร้างตัวนับเหรียญขึ้นมาใหม่ ซึ่งยังต้องการการพัฒนาต่ออีกในอนาคต
4. ปัญหาเนื่องจากมีงบประมาณที่จำกัด ทำให้ในการสร้างเครื่องนั้นส่วนประกอบต่างๆ อาจจะมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องต่ำไปด้วย
5. ในการทำงานของเครื่องนั้น ยังมีเสียงที่ดังอยู่มากและตัวเครื่องมีน้ำหนักมากเนื่องจากต้องใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน ซึ่งมีน้ำหนักมาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Jack T.Kimbrell “Kinematics Analysis and Synthesis” McGraw- Hill Book Co,1991.
- [2] J.L.MERIAM, L.G.KRAIGE “Engineering Mechanics Dynamics. - 4 th ed ”, Printed in the United States of America, Vol.2, 1997.
- [3] กมล มุสิกกุล, ธนิต หงษ์นภา, ศิริพล สุขศิริมงคลชัย, “เครื่องคัดแยกเหรียญกษาปณ์”, วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2545.
- [4] ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล “เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, กรุงเทพฯ, บจ. อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.
- [5] ดร. วรวิทย์ อิงภากรณ์, รศ. ชาญ ดนังงาน, “การออกแบบเครื่องจักรกล”, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.
- [6] รศ.วีระศักดิ์ ทรัพย์วิเชียร, รศ.ธีระยุทธ สวรรณประทีป, รศ.สมาน เจริญกิจพุทธผล “กลศาสตร์วิศวกรรมฉบับเสริมประสบการณ์ ภาคพลศาสตร์”, กรุงเทพฯ, ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.

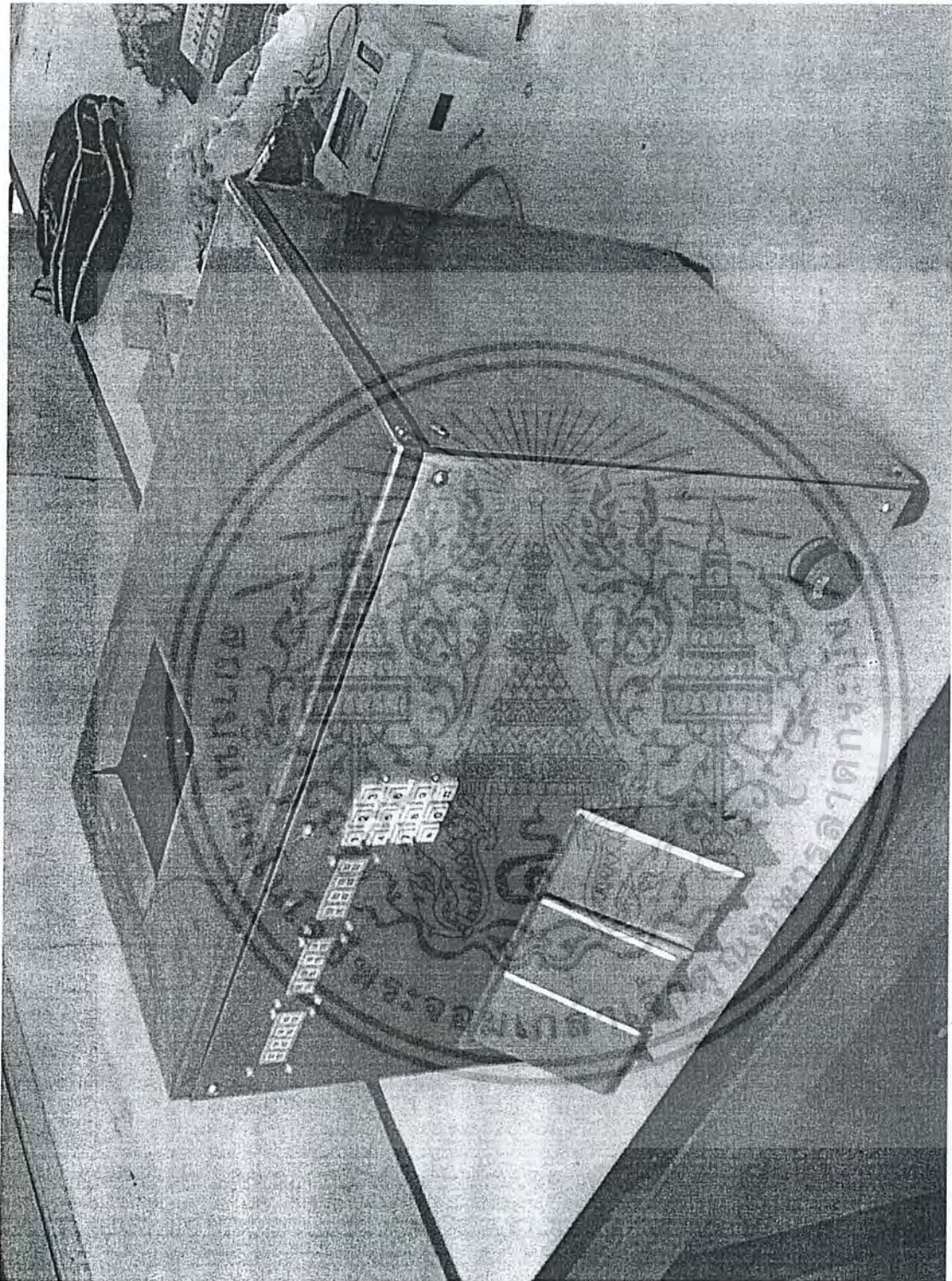


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

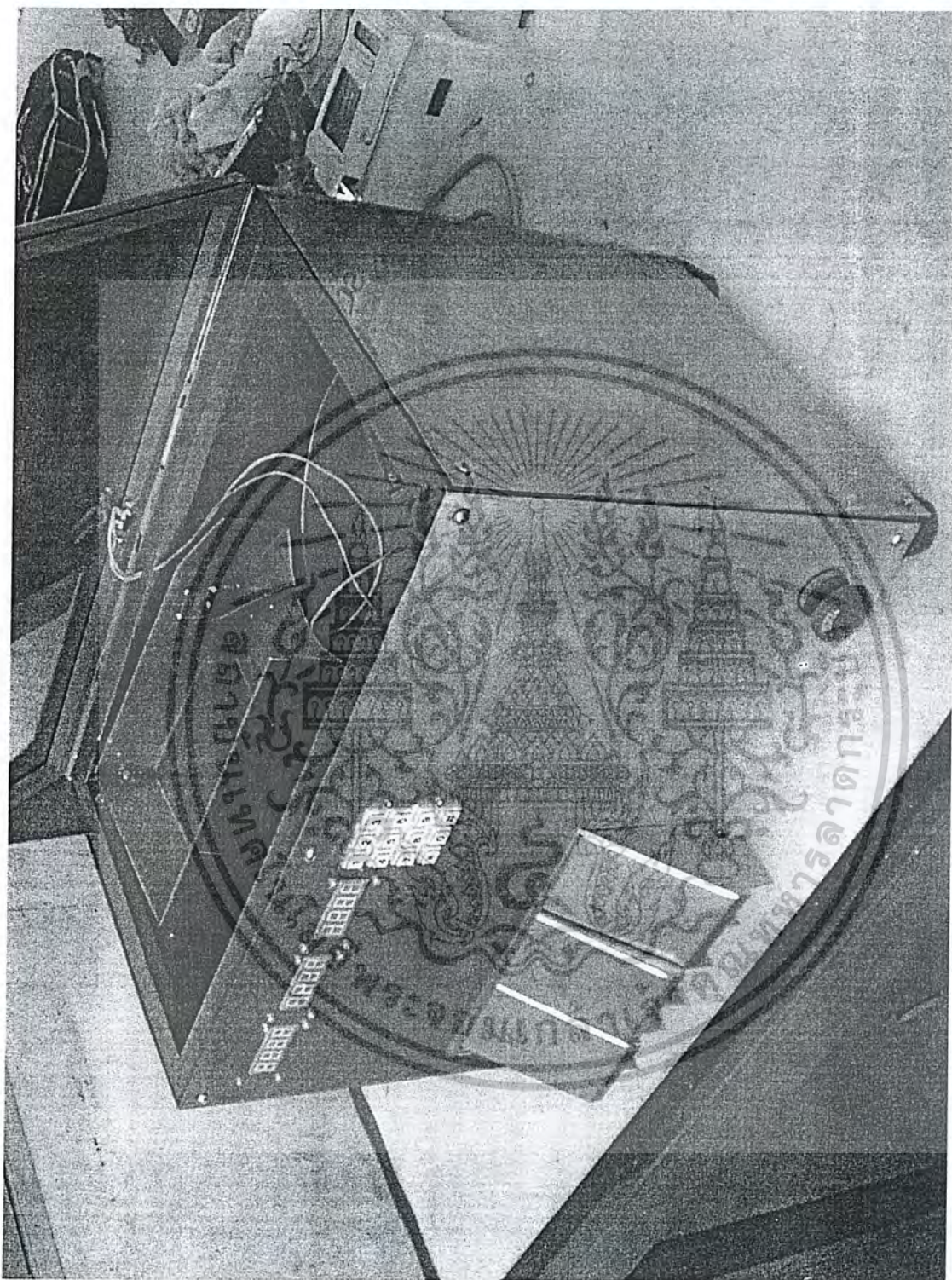


ภาคผนวก

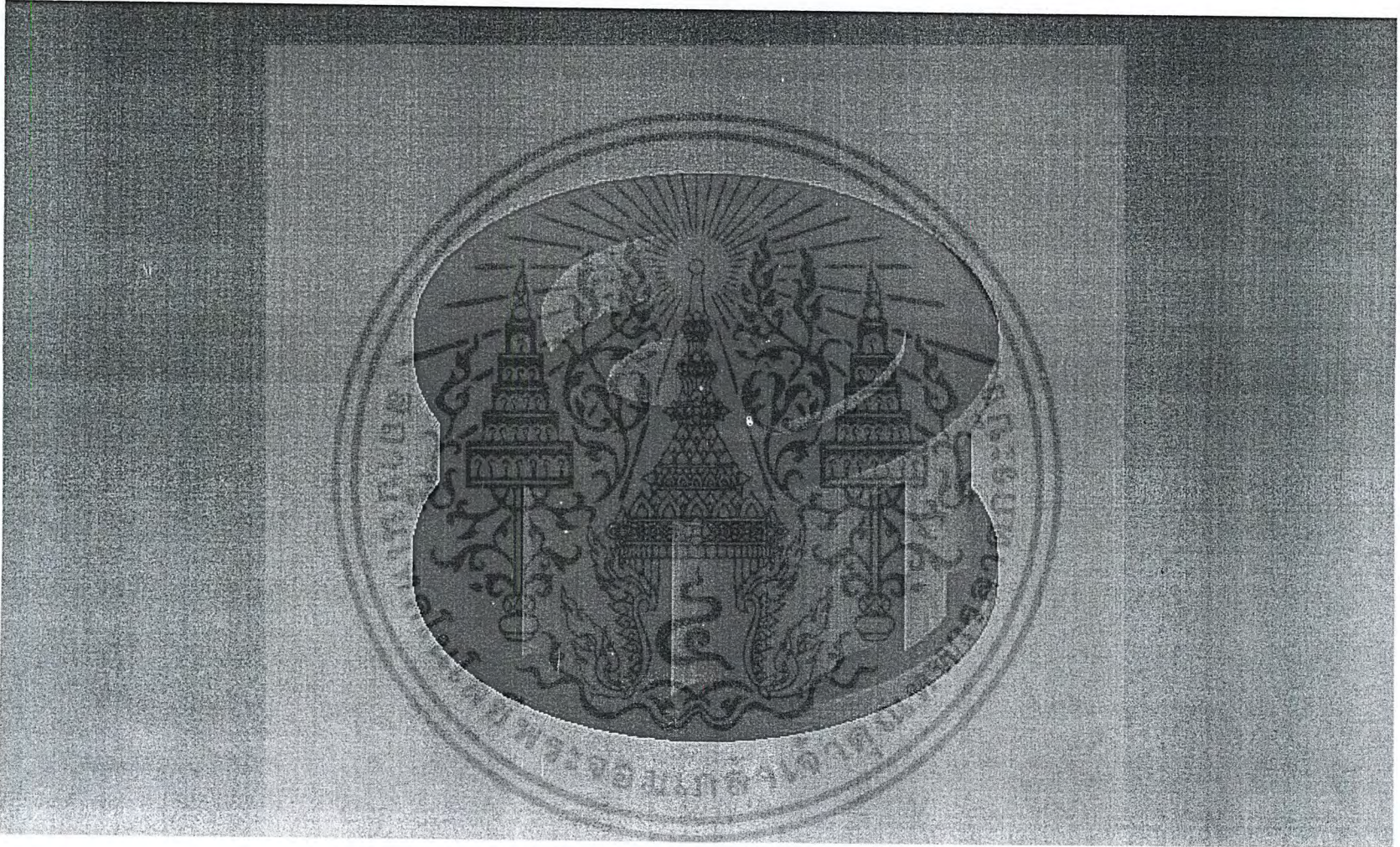
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

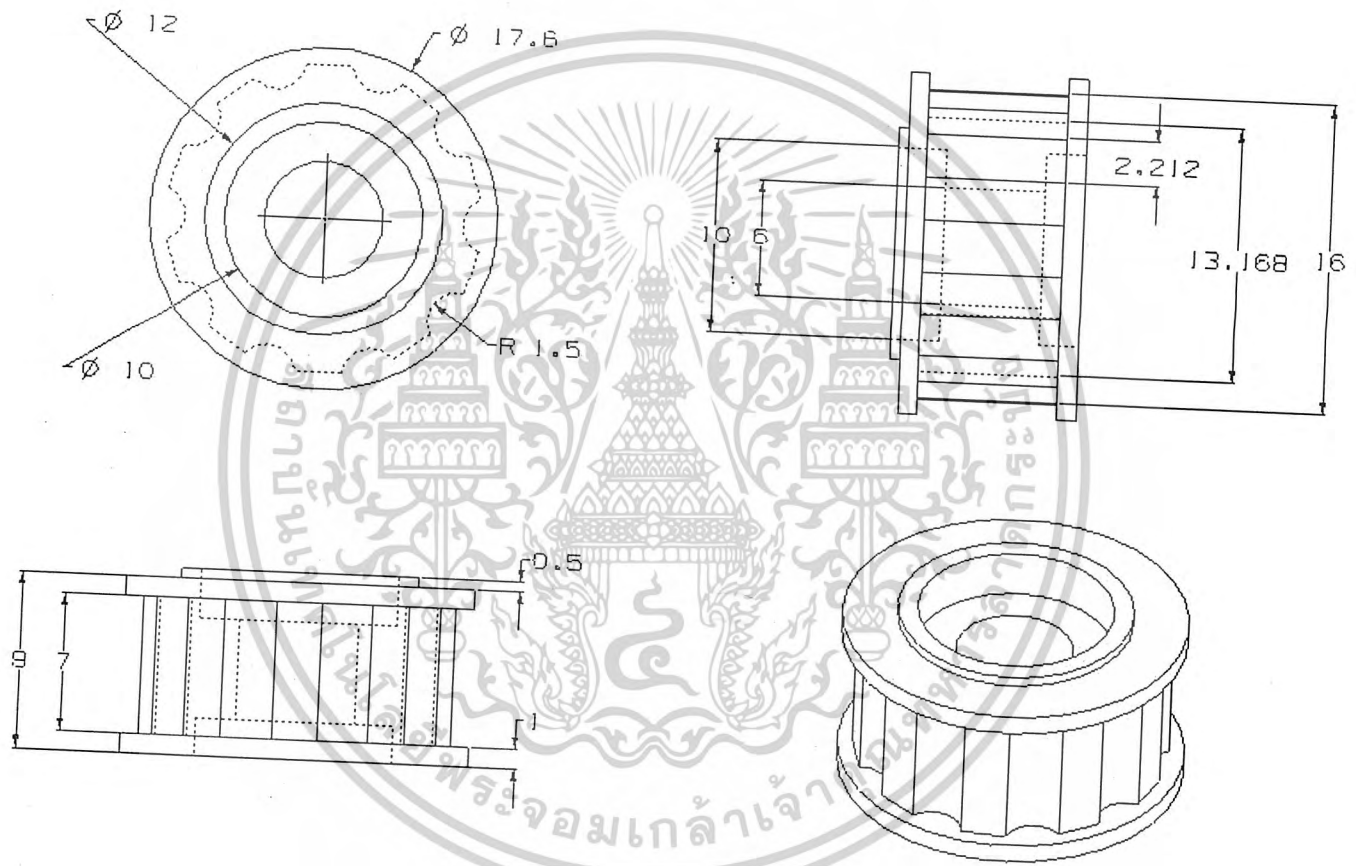


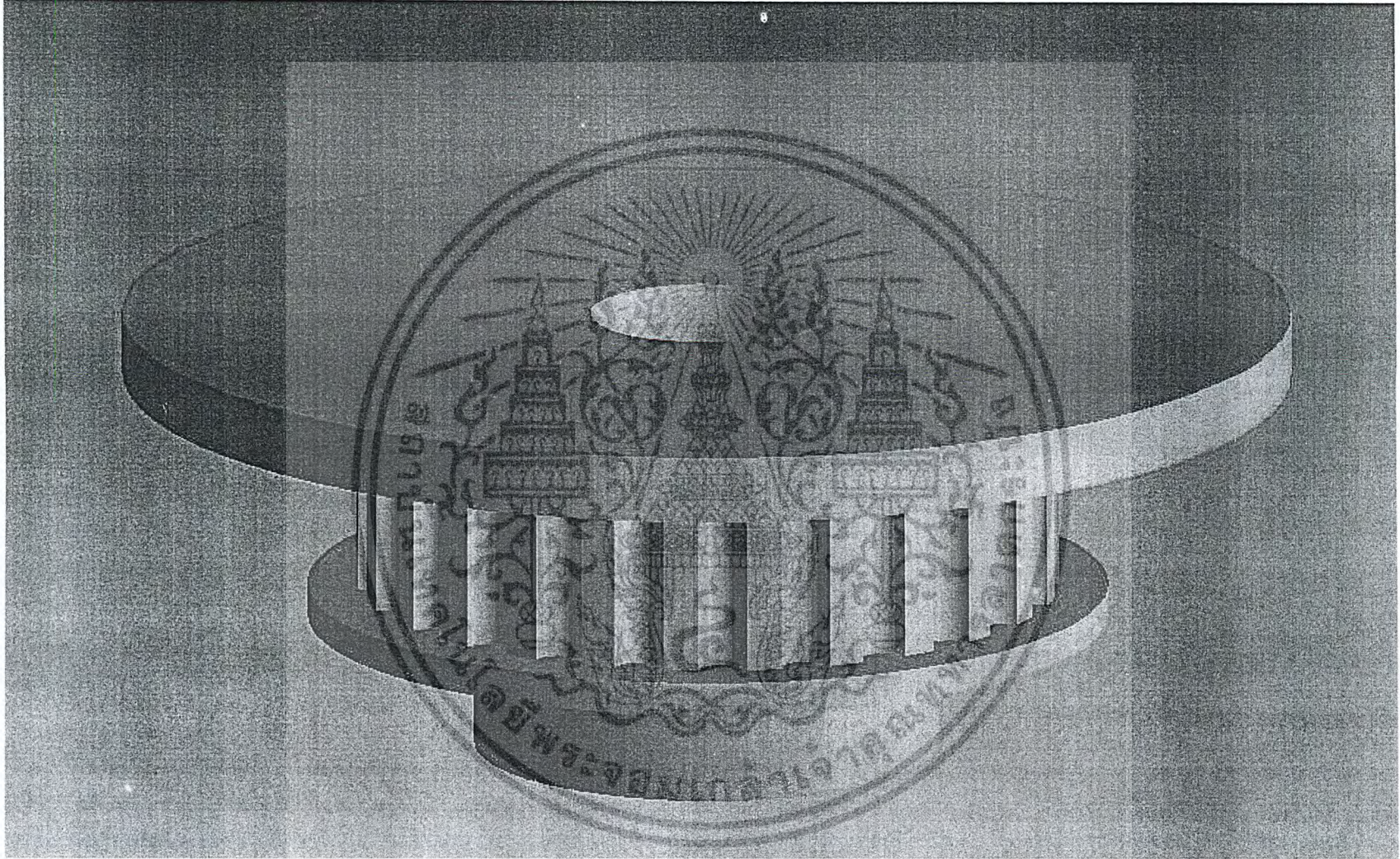
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

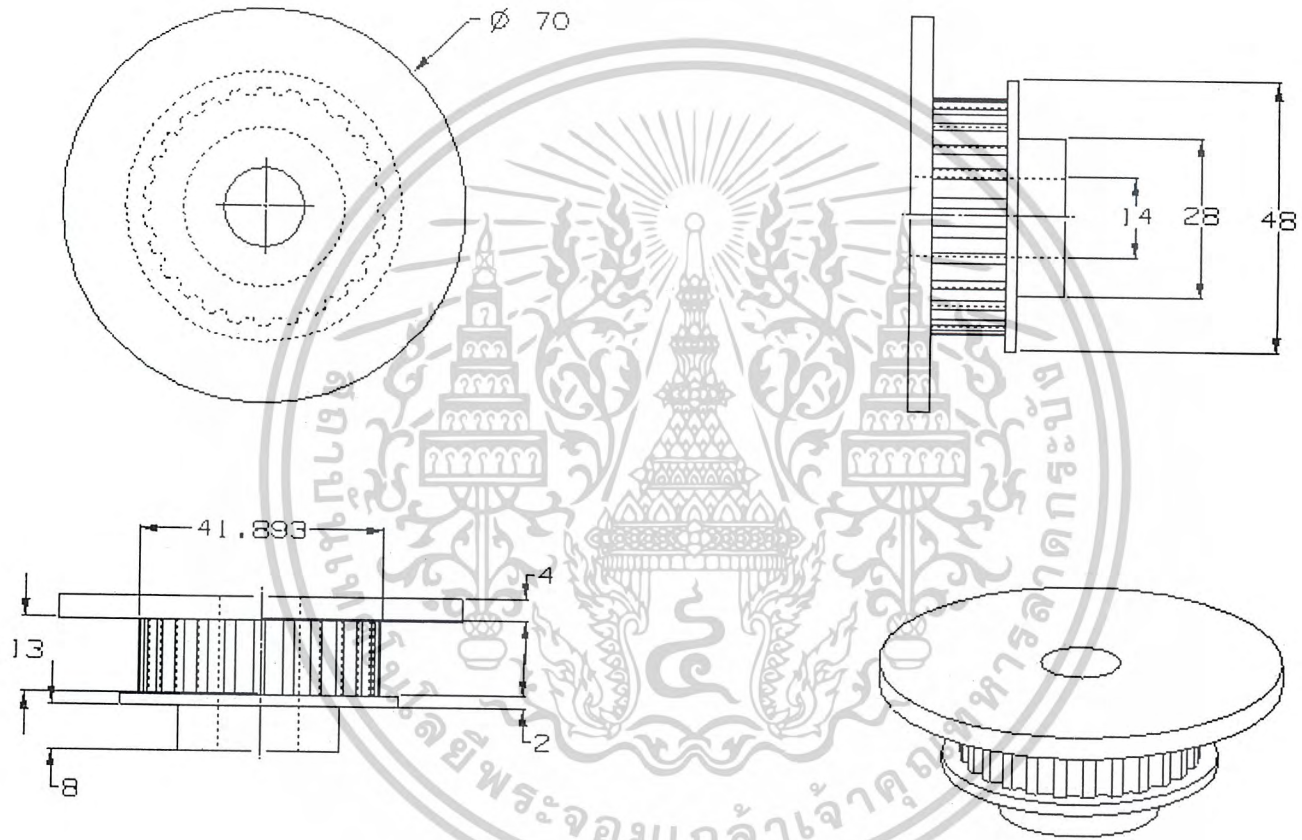


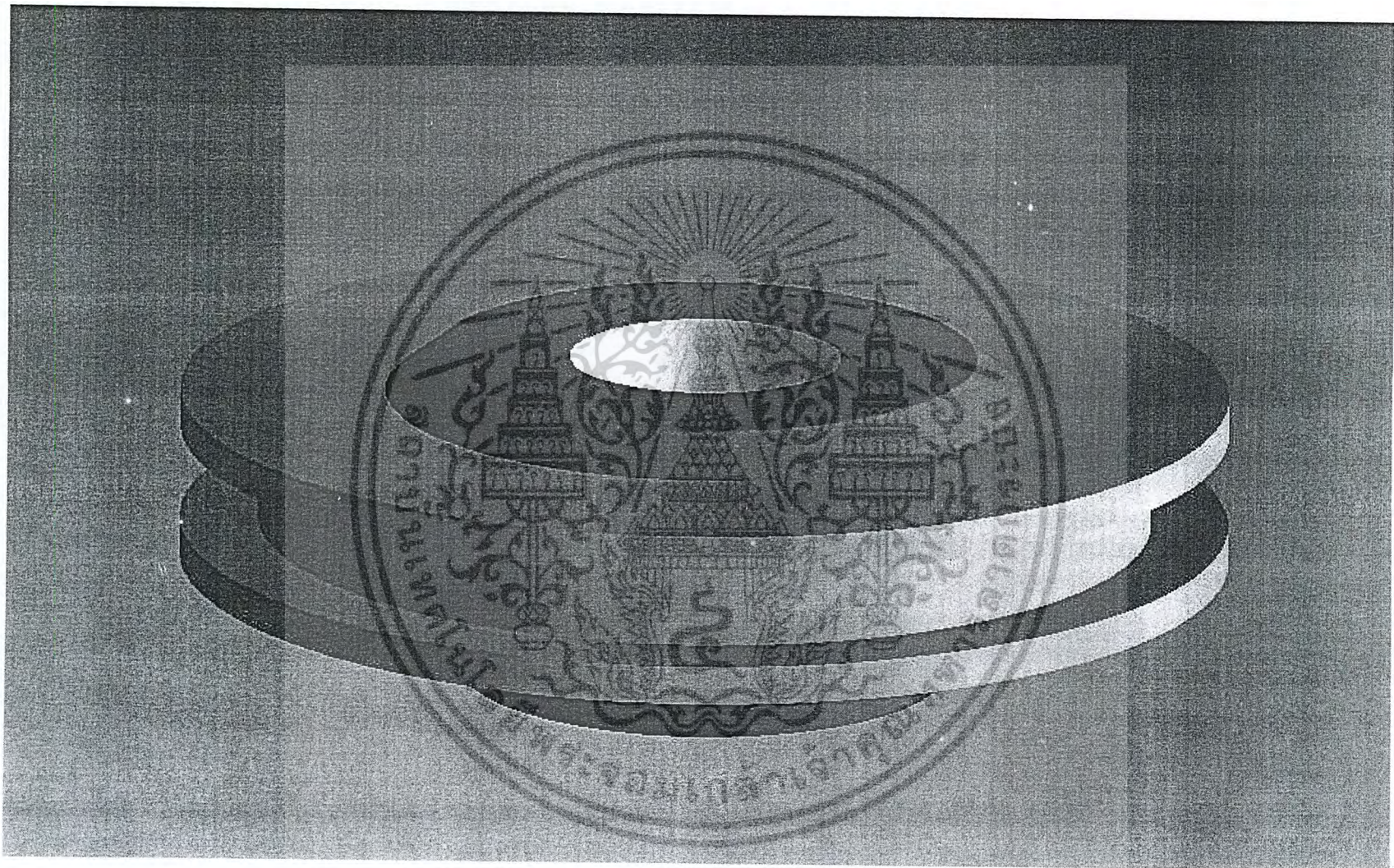
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

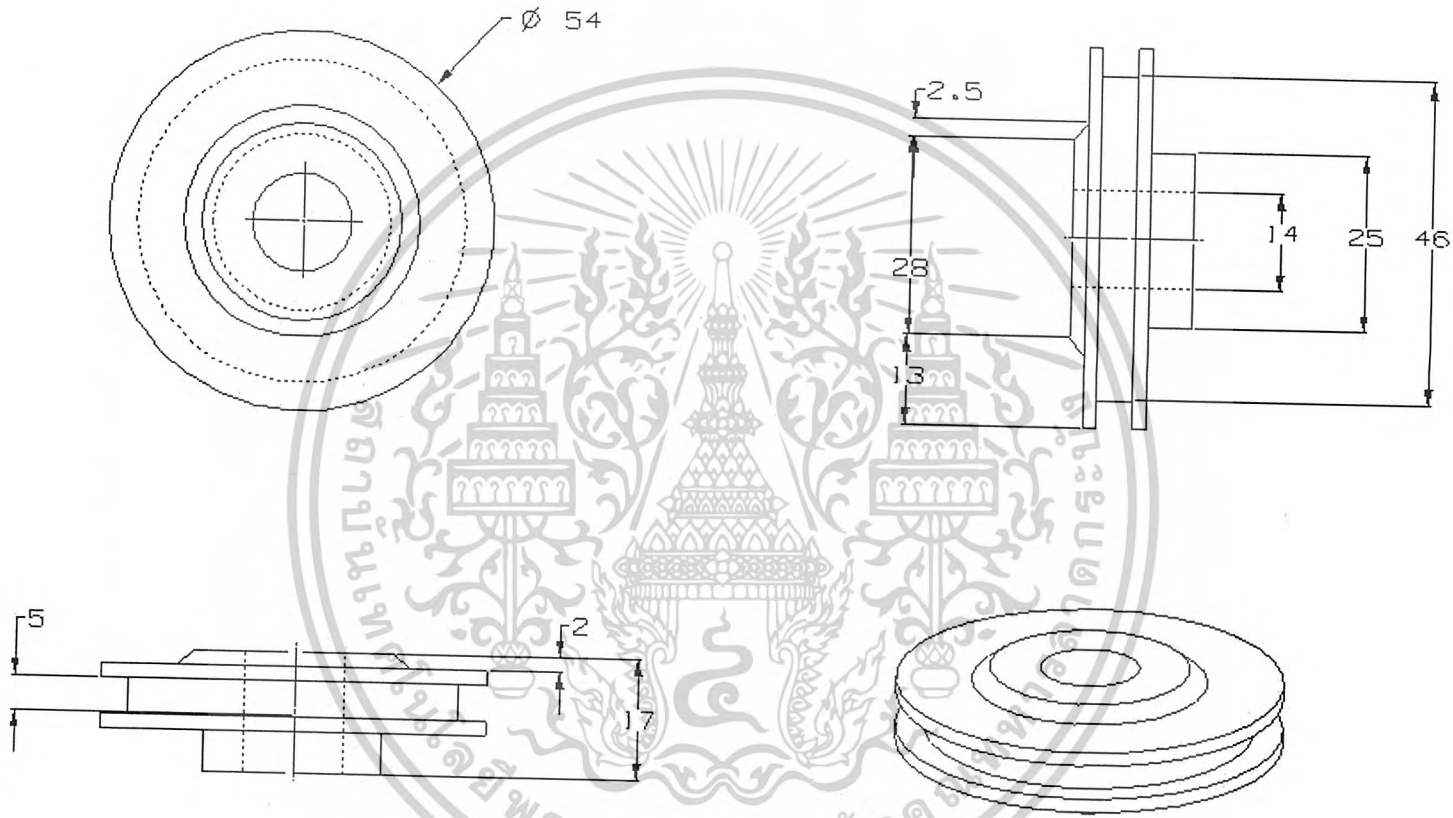


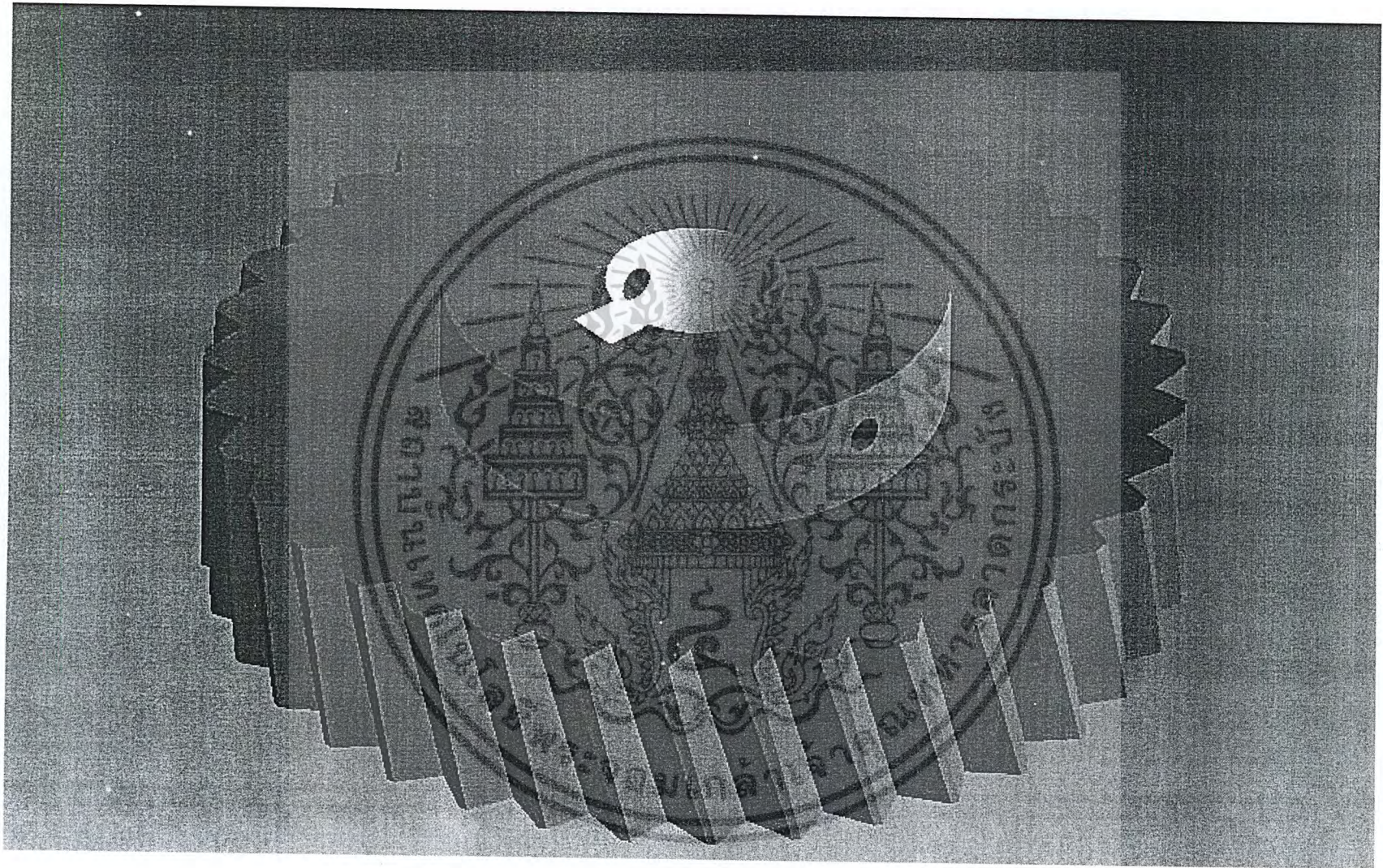


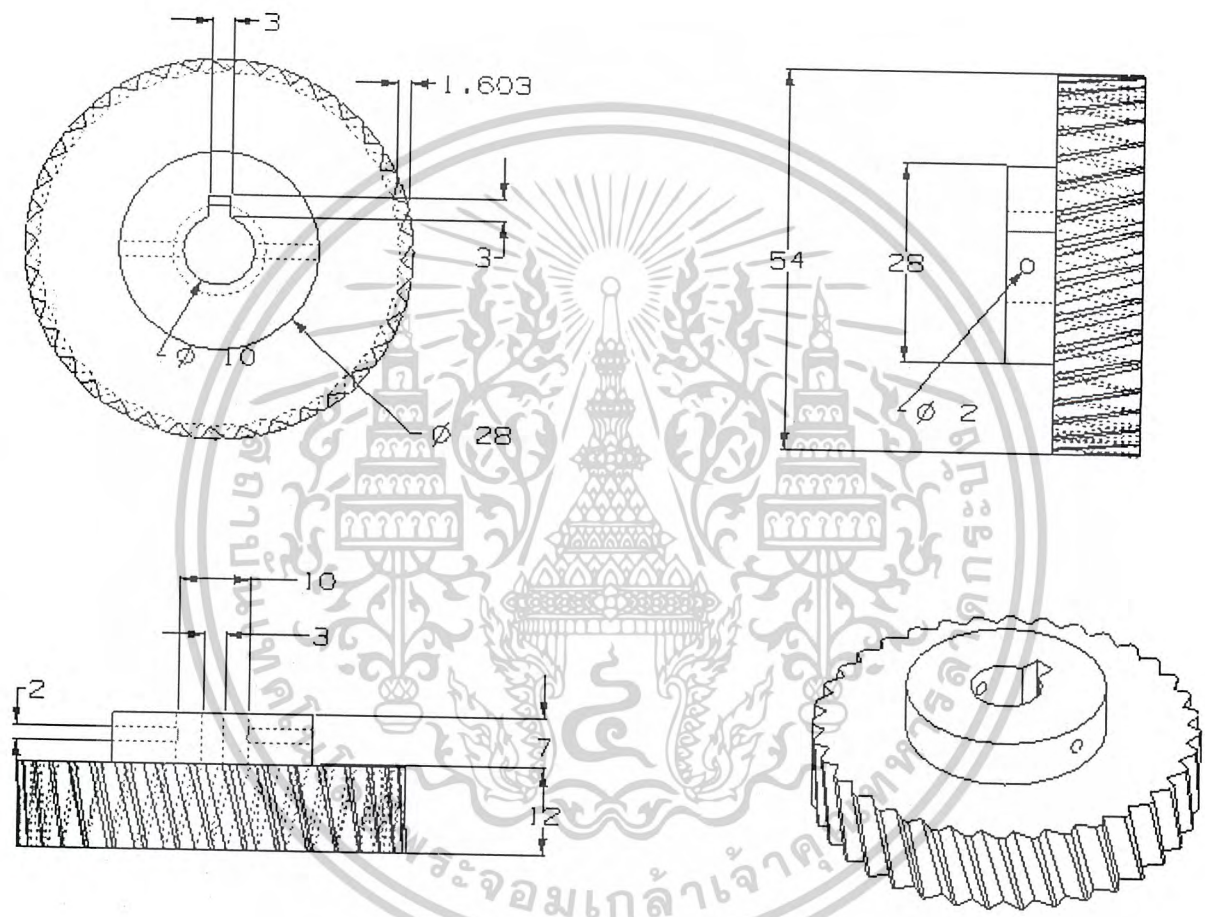






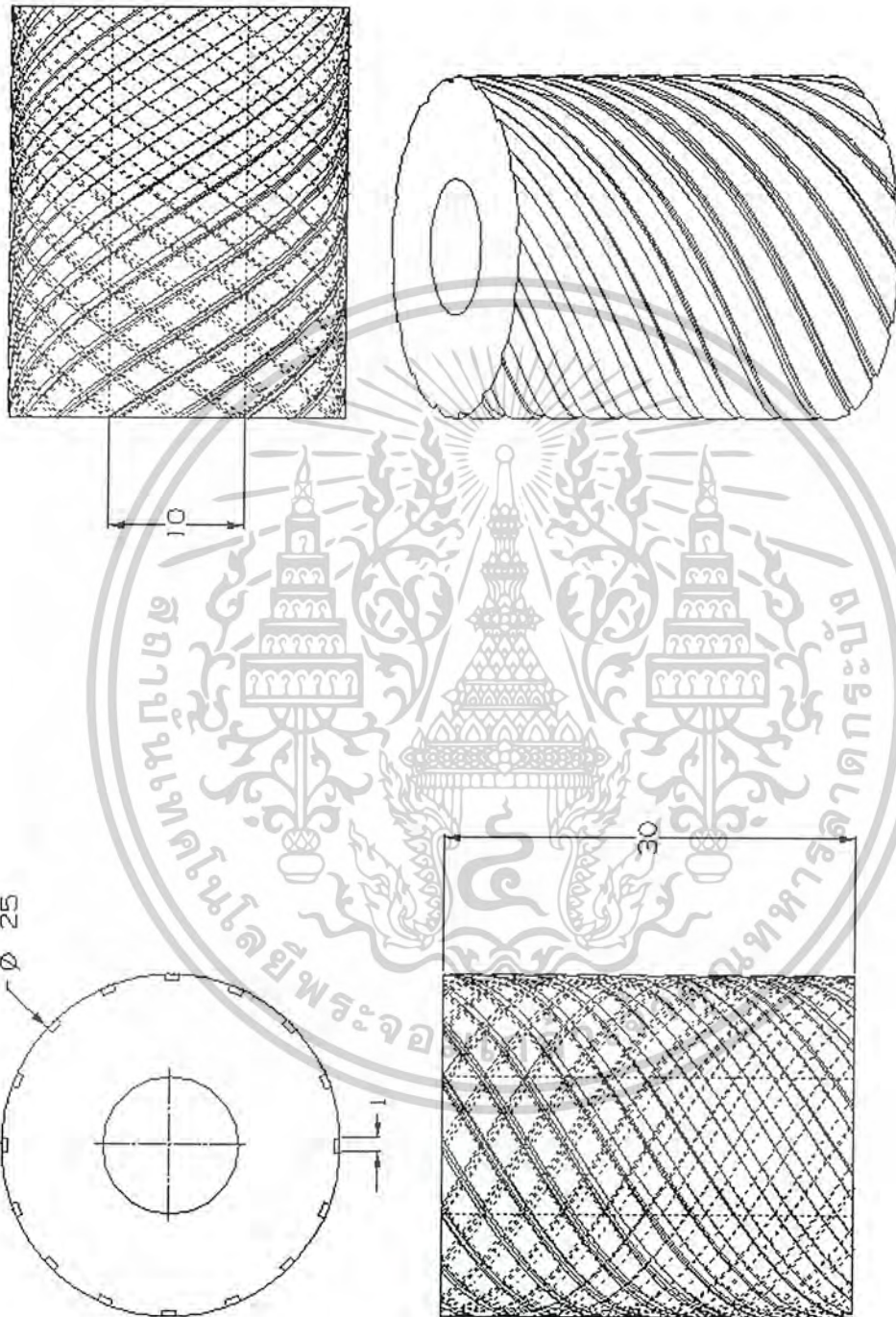




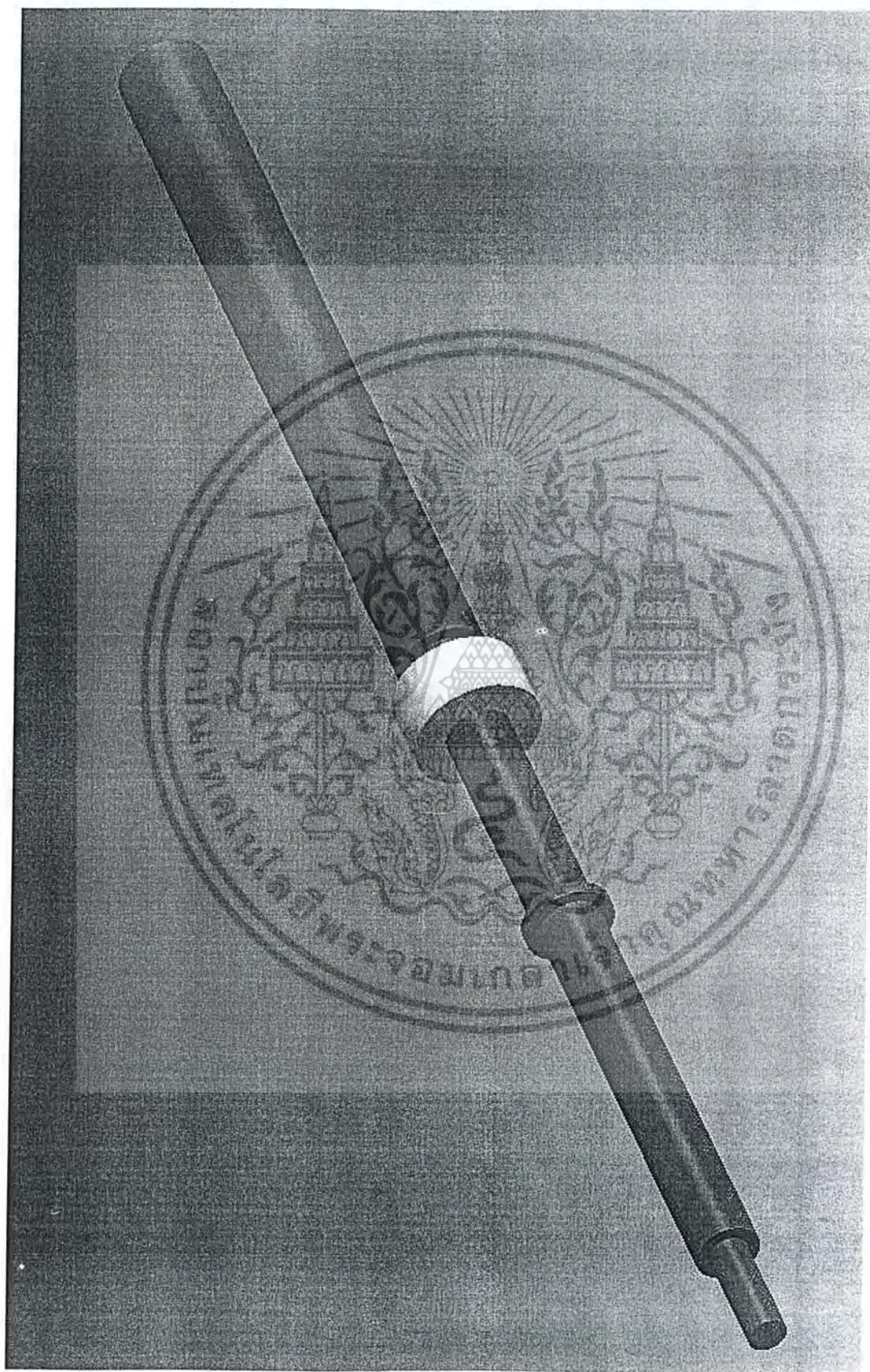




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

