



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องชุบผิวโลหะ

IMPROVEMENT OF SURFACE TREATMENT MACHINE EFFICIENCY



นายชนวรรณ์ อิมอำนวยภ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559



T148496

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องชุบผิวโลหะ

IMPROVEMENT OF SURFACE TREATMENT MACHINE EFFICIENCY

นายธนวรรณ อิมอำนวยลาภ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148496
วันเดือนปี 30 ต.ค. 2560

b. 12870535
i.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานสหกิจศึกษาปีการศึกษา 2559

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องชุบผิวโลหะ

IMPROVEMENT OF SURFACE TREATMENT MACHINE EFFICIENCY

ผู้จัดทำ

นายชนวรธรณ์ อิ่มอำนาจลาภ รหัสนักศึกษา 56010347

(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.มนต์ศักดิ์ พิมสาร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่องานวิจัย การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องขุดผิวโลหะ
 ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายธนวรรณ อิ่มอำนาจลาภ
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
 ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว
 ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายนิรุทธ์ วัชชบุญ

บทคัดย่อ

โครงการสหกิจศึกษานี้ได้ดำเนินงานที่บริษัท เต็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด โดยมีเป้าหมายเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในการขุดผิวอิวาพอเรเตอร์สำหรับติดตั้งในระบบทำความเย็นในรถยนต์ โครงการนี้ได้ศึกษาปัญหาในกระบวนการผลิตและคัดเลือกปัญหา เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ปัญหาโซ่ลำเลียงขาดบ่อยและปัญหาแบริ่งที่มีอายุการใช้งานต่ำ ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้เครื่องจักรหยุดทำงาน ผ่านการคำนวณทางวิศวกรรมเรื่องการรับแรงของ โซ่ส่งกำลัง และการหาอายุการใช้งานของแบริ่ง ประกอบกับการนำระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method (FEM)) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solidworks มาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ที่มีมาตราส่วนเท่าของจริงเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน และเสนอแนวทางการปรับปรุงแก้ไขการหยุดของเครื่องจักรจากปัญหาดังกล่าว โดยเปลี่ยนขนาดของโซ่จากRS60 เป็น RS80 ทำให้Safety factor เพิ่มขึ้นจาก 3.16 เป็น 4.2 ได้ตามเกณฑ์แนะนำการใช้โซ่ลำเลียงที่กำหนดให้ใช้ค่า Safety factor > 4 ส่วนการใช้แบริ่งพบว่าสภาพแวดล้อมของเครื่องจักรส่งผลกระทบต่อแบริ่งทำให้อายุการใช้งานลดลงอย่างมากเมื่อเทียบอายุการใช้งานจริงกับอายุการใช้งานทางทฤษฎี จึงเสนอให้จัดทำแผนการดูแลบำรุงรักษาแบริ่ง โดยการตรวจสอบสภาพของแบริ่งขณะทำงาน (Check of Bearing in Operation) เป็นรายเดือน อย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของแบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Improve surface treatment machine efficiency

Student intern name: Thanawat Imamnuyalarp

Faculty: Engineer Department: Mechanical Engineering

Advisor name: Assoc.Prof.Dr.Chamlong Prabkaew

Mentor name: Mr.Niroot Waichaboon

Abstracts

The project in cooperation with Denso (Thailand) focus on an improvement of coating efficiency of evaporator that will be used for chilling systems in cars. Project's methodology is to study the problem in the process interrupted and find out the solutions due to chain conveyor break-down problem and low life-cycle of bearing operation. The research was calculated force transmission along chain conveyor, calculated bearing life-cycle, and applied finite element method by Solidworks software for 3D modelling based on object's actual size assumption, which intended to verify the hypothesis and provide solutions. The conclusion from the project is to replace chain size from RS60 to RS80 type that could increase safety factor to reach a minimum requirement (>4) from 3.16 to 4.2 respectively; in addition, it is recommended to improve preventive maintenance program by checking of bearing in operation at least 1 time/month to avoid polluted environment cause earlier bearing breakdown than theoretical useful life.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณา ความช่วยเหลือ และความร่วมมือจาก ผศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา รวมถึงคณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษา ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ตลอดการเข้าร่วม โครงการสหกิจศึกษาให้สำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณนายนิรุทธ์ วยชบุญ ผู้ให้โอกาสข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการเข้าร่วม โครงการสหกิจศึกษาที่บริษัท เด็น โซ่ (ประเทศไทย) จำกัด รวมถึงเจ้าหน้าที่ที่บริษัท เด็น โซ่ (ประเทศไทย) จำกัด อันได้แก่นายรัช ฤตบัววงศ์ และนายพลวัฒน์ บัจจยโคนัง ที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการทำโครงการสหกิจเล่มนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า และเพื่อนๆที่ให้กำลังใจ คำแนะนำ และสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายนวรรณ์ อิ่มอำนวยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	3
1.4 วิธีดำเนินการ โครงการ.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีระบบส่งกำลังด้วยไฟ.....	4
2.1.1 โหลดกำลัง.....	4
2.1.1.1 ประเภทของโหลดกำลัง.....	4
2.1.1.2 ค่ามาตรฐานในการออกแบบโหลดกักตึง.....	5
2.1.2 เฟืองโซ่.....	6
2.1.2.1 การเลือกโซ่ส่งกำลังโดยวิธีทั่วไป.....	7
2.1.2.2 การเลือกโซ่จากสมการที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.2 ทฤษฎีแบร็งดูดซับ.....	10
2.2.1 ชนิดของแบร็ง.....	11
2.2.1.1 แบร็งเม็ดทรงกระบอก.....	11
2.2.1.2 แบร็งเม็ดโค้งก้นรูป.....	12
2.2.1.3 แบร็งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง.....	12
2.2.1.4 แบร็งเม็ดกลมสัมพัทธ์เชิงมุมสี่จุด.....	13
2.2.1.5 แบร็งเม็ดกลมก้นรูปทศทางเดียว.....	13
2.2.1.6 แบร็งเม็ดกลมสัมพัทธ์เชิงมุมสองแถว.....	14
2.2.1.7 แบร็งเม็ดโค้ง.....	14
2.2.1.8 แบร็งประกบคู่.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.1.9 แบริ่งเทเปอร์.....	15
2.2.1.10 แบริ่งเม็ดกลมสัมพัทธ์เชิงมุม.....	16
2.2.1.11 แบริ่งเม็ดเข็ม.....	16
2.2.1.12 แบริ่งเม็ดก้นโตะ.....	17
2.2.1.13 แบริ่งเม็ดกลมร่องลึกแถวเดียว.....	17
2.2.2 การเลือกการจัดตั้งแบริ่ง.....	18
2.2.2.1 การจัดตั้งแบริ่ง.....	20
2.2.2.2 การติดตั้งและการถอดแบริ่งชนิดต่างๆ.....	24
2.2.2.3 การเสียหายของแบริ่ง.....	25
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความแข็งแรงของวัสดุ.....	29
2.4 ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และหลักการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป.....	35
2.4.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method (FEM).....	35
2.4.2 หลักการและวิธีวิเคราะห์ด้วย (Finite Element Method) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป.....	36
บทที่ 3 การวิเคราะห์ปัญหา และการศึกษาแนวทางการแก้ไขของชุดอิวาพอเรเตอร์.....	38
3.1 ศึกษากระบวนการผลิต.....	38
3.2 สํารวจสภาพปัญหา.....	40
3.2.1 ปัญหาที่ 1: โช้ล้ําเลียงตะกร้าในดัดขัดและขาด.....	41
3.2.2 ปัญหาที่ 2: แบริ่งดัดขัด.....	42
บทที่ 4 การตรวจสอบสมมติฐาน โดยใช้การคำนวณ และการใช้โปรแกรม Solid Works.....	43
4.1 วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุ.....	43
4.1.1 ปัญหาโช้ล้ําเลียง.....	43
4.1.2 ปัญหาแบริ่งดัดขัด.....	48
4.2 แนวทางการแก้ไข.....	50
4.2.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาโช้ล้ําเลียง.....	50
4.2.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาแบริ่ง.....	52
4.2.2.1 การตรวจสอบสภาพของแบริ่งขณะทำงาน.....	52
4.2.2.2 อุณหภูมิในการทำงานของแบริ่ง.....	53
4.2.2.3 การตรวจสอบการการสั่นสะเทือนและเสียงผิดปกติ.....	53
บทที่ 5 สรุปผลโครงการงานและข้อเสนอแนะ.....	54
5.1 ปัญหาโช้ล้ําเลียง.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ปัญหาเบร้ง.....	54
เอกสารอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน โครงการ.....	3
2.1 ค่ามาตรฐาน ไข่อูทกกลิ่ง (ANSI)	6
2.1 ค่ามาตรฐาน ไข่อูทกกลิ่ง (BS)	6
2.3 ตารางแบบและลักษณะเฉพาะของแปรง.....	18
2.4 ตารางการจัดตั้งแปรง.....	21
2.5 ค่าความปลอดภัย.....	33
2.6 ค่าความเค้นอนุญาต.....	33
2.7 การเลือกใช้วัสดุสำหรับเครื่องมือกลทั่วไป.....	34
2.8 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN)	35
4.1 แสดงตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของ ไข่อูทกกลิ่ง RS60 เทียบกับ RS80.....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ชิ้นส่วนในระบบทำความเย็น.....	1
1.2 การใช้งานอีวาเพอเรเตอร์ในรถยนต์.....	1
2.1 แสดงส่วนประกอบของโซ่.....	4
2.2 แสดงส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง.....	4
2.3 แสดงส่วนประกอบของโซ่ปลอก.....	5
2.4 แสดงส่วนประกอบของโซ่ฟันเฟือง.....	5
2.5 การออกแบบโซ่ลูกกลิ้ง.....	5
2.6 ส่วนประกอบของเฟืองโซ่.....	6
2.7 กราฟแสดงอัตราการส่งกำลัง.....	8
2.8 แบบลักษณะเฉพาะของแบริ่งชนิดต่างๆ.....	11
2.9 แบริ่งเม็ดทรงกระบอก.....	12
2.10 แบริ่งเม็ดโค้งก้นรูน.....	12
2.11 แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง.....	13
2.12 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสี่จุด.....	13
2.13 แบริ่งเม็ดกลมก้นรูนทิศทางเดียว.....	14
2.14 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว.....	14
2.15 แบริ่งเม็ดโค้ง.....	15
2.16 แบริ่งประกบคู่.....	15
2.17 แบริ่งเทเปอร์.....	16
2.18 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม.....	16
2.19 แบริ่งเม็ดเข็ม.....	17
2.20 แบริ่งเม็ดก้นโตะ.....	17
2.21 แบริ่งเม็ดกลมต้องลึกแถวเดียว.....	18
2.22 แบริ่งกำหนดตำแหน่ง (ลอย) และ แบริ่งที่ไม่กำหนดตำแหน่ง (ตรึง).....	20
2.23 ความสามารถในการรับภาระและชนิดแบริ่ง.....	22
2.24 ความเร็วอนุญาตของแบริ่ง.....	22
2.25 การเอียงแนวของวงแหวนในและนอกของแบริ่ง.....	23
2.26 ความเที่ยงตรงในการทำงานของแบริ่ง.....	24
2.27 ขั้นตอนการเลือกแบริ่ง.....	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 แสดงผิวรางลูกปืนที่ถูกขัดสีจนเป็นรอย.....	26
2.29 แสดงการร้าวตัวที่แหวนรางลูกปืน.....	26
2.30 แสดงรอยกดลึกในรางลูกปืน.....	27
2.31 แสดงรอยขีดสี.....	27
2.32 แสดงการสึกหรอ.....	27
2.33 ความเค้น.....	29
2.34 ภาพความเค้นแรงดึง.....	30
2.35 ภาพความเค้นแรงอัด.....	30
2.36 ภาพความเค้นเฉือน.....	31
2.37 ความเค้นคู่.....	31
2.38 กระบวนการวิเคราะห์ Finite Element Method ด้วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	37
3.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตฮีวพอร์เตอร์ทั้ง 7 ขั้นตอน.....	38
3.2 ผังเครื่องจักรในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment).....	39
3.3 เครื่องจักรในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment).....	39
3.4 เวลาซ่อมบำรุงเครื่องจักร ในระหว่างเดือนมีนาคม-กรกฎาคม2559.....	40
3.5 ภาพโซ่ลำเลียงที่มีในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ก่อนการแก้ไข.....	40
3.6 ภาพเบร้งในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ก่อนการแก้ไข.....	41
3.7 แสดงบริเวณที่เกิดปัญหาโซ่ขาดในกระบวนการ.....	41
3.8 แสดงเบร้งติดขัดในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment).....	42
3.9 แสดงบริเวณที่เกิดปัญหาเบร้งและเพลาติดขัด.....	42
4.1 แสดงโซ่รับแรงจำนวน 2 สาย.....	45
4.2 สร้างชิ้นส่วนแผ่นประกบโซ่.....	46
4.3 กำหนดค่านึงถูกยึดไว้.....	46
4.4 การใส่แรงดึง.....	47
4.5 สร้างโครงตาข่าย.....	47
4.6 ความเค้นที่กระจายในแผ่นประกบ.....	48

4.7 แสดงเบร้งที่มีสารเคมีสังสปรกเกาะอยู่โดยรอบ.....	49
4.8 ความเค้นที่เกิดขึ้นกับโซ่ RS80.....	52
4.9 แสดงภาพตัวอย่างการวัดการสั่นสะเทือนที่เบร้ง.....	53



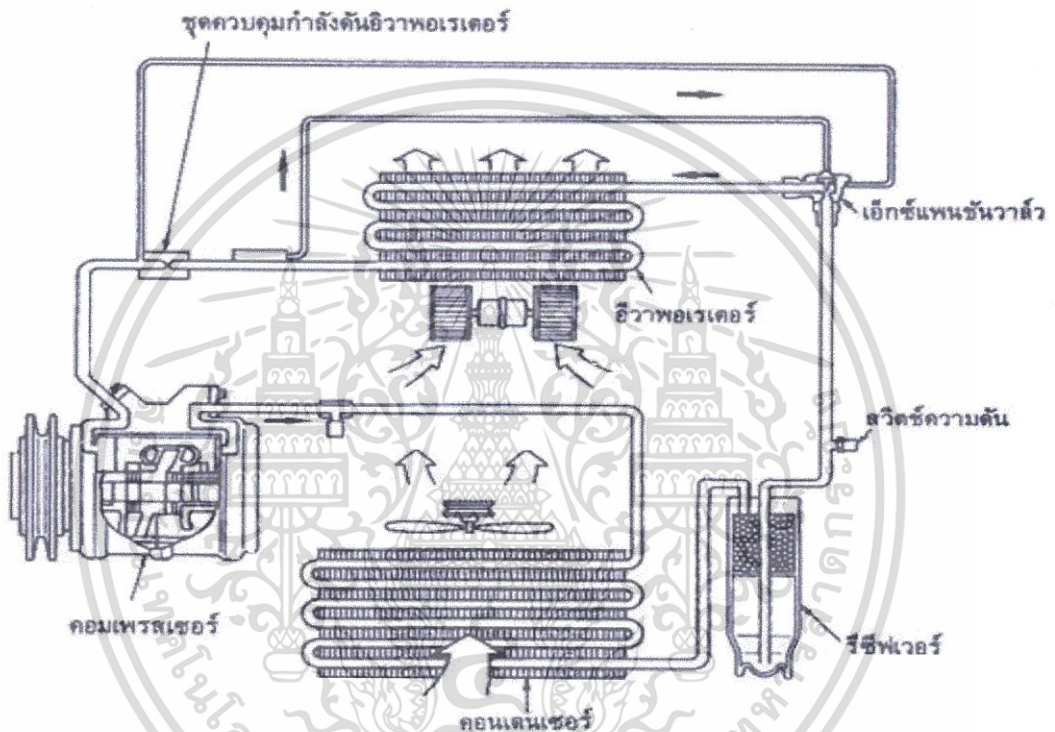
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

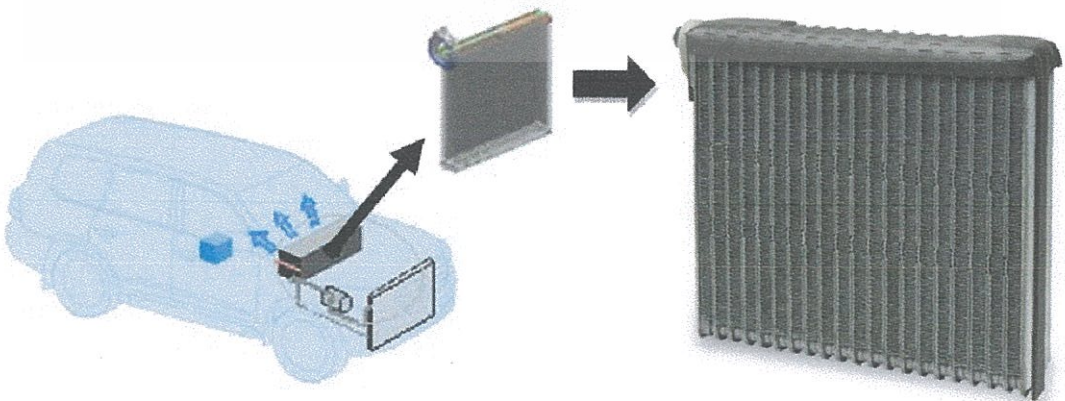
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท เต็นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัด โรงงานสมุทรปราการ เป็นโรงงานผู้ผลิตสินค้าประเภทฮีวาพอเรเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งในระบบปรับอากาศในรถยนต์



ภาพที่ 1.1 ชิ้นส่วนในระบบทำความเย็น



ภาพที่ 1.2 การใช้งานฮีวาพอเรเตอร์ในรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปรับอากาศนั้นประกอบไปด้วยส่วนต่างๆอีกหลายส่วนคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ รีซีฟเวอร์ เอ็กแพนชันวาล์ว อีวาพอเรเตอร์ โดยอีวาพอเรเตอร์จะมีส่วนประกอบที่เป็นท่อที่คอยทำหน้าที่ลำเลียงสารทำความเย็น โดยมีครีบริบสำหรับระบายความร้อนซึ่งทำจากวัสดุกลุ่มอลูมิเนียม เนื่องจากอะลูมิเนียมมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้ดี และยังสามารถดัดขึ้นรูปได้ง่ายโดยไม่มีการแตกหัก โดยนิยมเคลือบผิวของอีวาพอเรเตอร์และครีบริบระบายความร้อนด้วยสารเคมีผ่านเครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine) และนำเข้าไปอบเพื่อสร้างชั้นฟิล์มบางๆเคลือบผิวของอีวาพอเรเตอร์ สำหรับป้องกันผิวของวัสดุพวกอลูมิเนียมในการทำปฏิกิริยากับอากาศและความชื้น อันจะส่งผลทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและคราบสกปรกบนผิวของอีวาพอเรเตอร์ นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังมีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรงให้กับอีวาพอเรเตอร์และครีบริบระบายความร้อนอีกด้วย

เครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine) เป็นเครื่องจักรที่มีหน้าที่ในการเคลือบ หรือชุบผิวของอีวาพอเรเตอร์ ซึ่งนับเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากในกระบวนการผลิตสินค้าประเภทอีวาพอเรเตอร์ เนื่องจากสินค้าทุกชิ้นต้องผ่านเข้าสู่กระบวนการนี้ โดยการนำอีวาพอเรเตอร์ทุกชิ้นมาผ่านกระบวนการชุบผิว ด้วยเครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine) ก่อนจะไปสู่กระบวนการผลิตขั้นต่อไปได้ ดังนั้นการดูแลรักษาและซ่อมแซมให้เครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine) ทำงานได้อย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ในกรณีที่เครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine) มีความผิดปกติเกิดขึ้น จะส่งผลทำให้กระบวนการผลิตสินค้าหยุดชะงักลง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้บริษัทผลิตสินค้าและส่งมอบสินค้าไม่ได้ตามกำหนด จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นที่มาของศึกษาวิจัยนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยลดปัญหาการหยุดของเครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.ศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 2.ลดปัญหาที่เกิดจากการหยุดทำงานของเครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine)
- 3.คัดเลือกปัญหาหลักที่ส่งผลให้เครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุ แนวทางในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพพร้อมใช้งานและมีประสิทธิภาพใน ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษากระบวนการผลิตอีวาพอเรเตอร์ และเลือกปัญหาที่ทำให้เครื่องปรับปรุงประสิทธิภาพผิว (Surface treatment machine) หยุดทำงานจากประวัติการซ่อมแซมเครื่องจักรในอดีตและปัจจุบัน โดยเลือกปัญหาของเครื่องจักรที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุด เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข โดยใช้หลักการทางวิศวกรรม และโปรแกรมในการสร้างแบบจำลอง (Solidworks simulation) ชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐาน พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้นอีกในอนาคต

1.4 วิธีดำเนินโครงการ

โครงการครั้งนี้เป็นการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การเก็บสถิติของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อนำมาวิเคราะห์ให้ทราบถึงประเด็นปัญหาหลักที่ส่งผลให้เกิดการหยุดการทำงานของกระบวนการผลิตอีวาพอเรเตอร์ และหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขประเด็นปัญหาดังกล่าว โดยใช้หลักการทางวิศวกรรม และ โปรแกรมในการสร้างแบบจำลอง (Solidworks simulation) ชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐาน พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยได้มีการกำหนดแผนการดำเนินงานไว้ดังตารางที่ 1.1

Action plan	Aug				Sep				Oct				Nov			
	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
Study work culture, rule, factory layout		■														
Study evaporator making process		■	■													
Select problem and study in detail							■	■								
Collect data about principle/theory of machine									■	■	■	■				
Set up action for improment										■	■	■	■	■		
Summary and present project															■	

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานโครงการ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการผลิตอีวาพอเรเตอร์และสามารถนำความรู้ทางวิศวกรรมมาใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2. สามารถระบุถึงปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตและสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตอีวาพอเรเตอร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดกระบวนการผลิตอีวาพอเรเตอร์ได้อย่างต่อเนื่อง

3. บริษัทสามารถเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มกำไรให้กับบริษัทได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

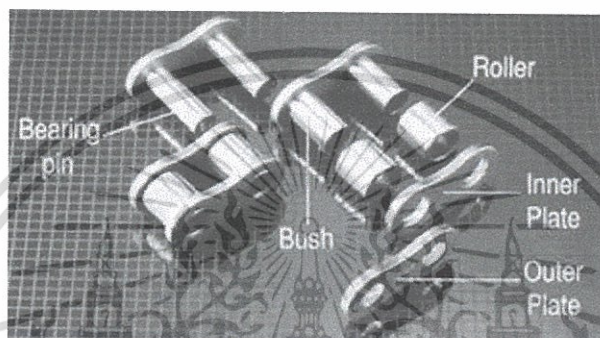
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีระบบส่งกำลังด้วยโซ่

2.1.1 โซ่กำลัง

ส่วนประกอบของโซ่ ซึ่งประกอบไปด้วย สลัก (Bearing Pin), ปลอกสลัก (Bush), ลูกกลิ้ง (Roller), แผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate) และแผ่นประกบด้านใน (Inner Plate) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของโซ่

2.1.1.1 ประเภทของโซ่ส่งกำลัง

สามารถแบ่งได้ตามลักษณะของ โครงสร้างของโซ่ได้ ดังนี้

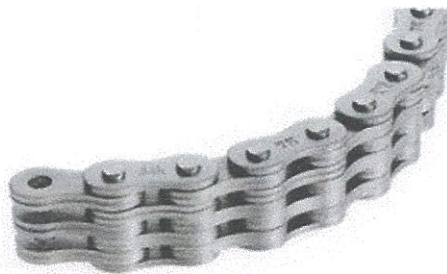
1. โซ่ลูกกลิ้ง (Roller Chain) มีส่วนประกอบ คือ สลัก (Bearing pin), ปลอกสลัก (Bush), ลูกกลิ้ง (Roller), แผ่นประกบด้านใน (Inner Plate) และแผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate) แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง (Roller Chain)

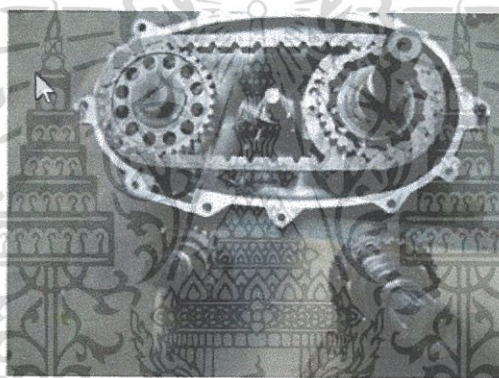
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โซ่ปลอก (Leaf Chain) มีส่วนประกอบคล้ายกับ โซ่ลูกกลิ้ง (Roller Chain) เพียงแต่จะ ไม่มีลูกกลิ้ง (Roller) แสดงดังรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของ โซ่ปลอก (Leaf Chain)

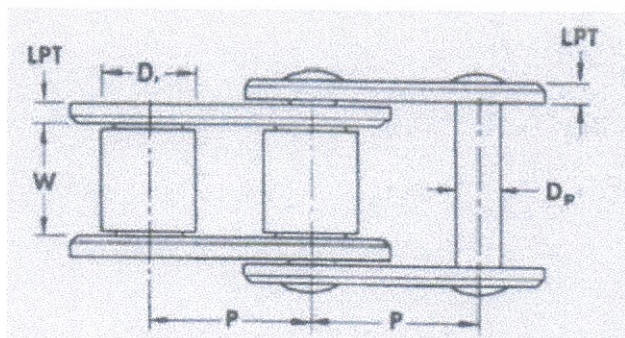
3. โซ่ฟันเฟือง (Chain Sprockets Gear) มีส่วนประกอบคือแผ่นประกบคล้ายเฟือง โดยที่มีร่องบาก ยึดด้วยสลักแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของ โซ่ฟันเฟือง (Chain Sprockets Gear)

2.1.1.2 ค่ามาตรฐานในการออกแบบโซ่ลูกกลิ้ง

ในการออกแบบ โซ่ลูกกลิ้งมีค่ามาตรฐานของการออกแบบตามมาตรฐานของ ANSI และ BS ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.5 การออกแบบโซ่ลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANSI	Pitch	Dr	Width	Dp	LTP
25	0.250	0.130	0.125	0.090	0.030
35	0.375	0.200	0.187	0.141	0.050
40	0.500	0.312	0.312	0.156	0.060
50	0.625	0.400	0.375	0.200	0.080

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานโซ่ลูกกลิ้ง(ANSI)

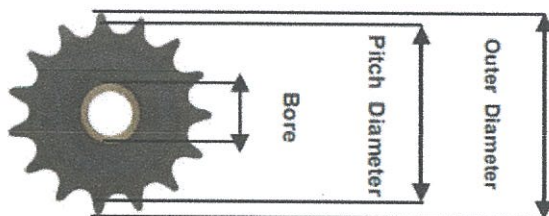
BS	Pitch	Dr	Width	Dp	LTP
06B	0.375	0.250	0.225	0.129	0.050
08B	0.500	0.335	0.305	0.175	0.060
10B	0.625	0.400	0.380	0.200	0.070
12B	0.750	0.475	0.460	0.225	0.072

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานโซ่ลูกกลิ้ง (BS)

2.1.2 เฟืองโซ่ (Sprocket)

เฟืองขับที่นิยมใช้กับระบบส่งกำลังด้วยโซ่ลูกกลิ้งแบ่งได้ 3 แบบ โดยเรียกแต่ละแบบ ดังนี้ Type A คือ เฟืองราบธรรมดาโดยไม่มีคูน, Type B คือ เฟืองที่มีคูนแต่ข้างเดียว, Type C คือ เฟืองที่มีคูนทั้งสองข้าง ในบทความนี้จะกำหนดเลือกใช้เฟืองขับ Type B เพราะเป็นที่นิยมใช้และมีจำนวนฟันเฟืองให้เลือกหลากหลายในแคตตาล็อก และการออกแบบเฟือง

การขับของระบบส่งกำลังโดยการใช้โซ่นี้ ต้องคำนึงถึง 2 สิ่งคือ อัตราการทด (m) และ ระยะพิทช์ (P) ของโซ่กับเฟืองขับ โซ่ต้องเท่ากันจึงจะทำให้การส่งกำลังเป็นไปได้ดี ซึ่งสามารถคำนวณได้ต่อไปนี้



ภาพที่ 2.6 ส่วนประกอบของเฟืองโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$OD = P / \sin\left(\frac{180}{N}\right) \quad (2.1)$$

$$Dp = P \left(\cot\frac{180}{N} + 0.08 \right) \quad (2.2)$$

$$Max \text{ Bore} = \frac{2}{3} \left(\cot\frac{180}{N} \times P \right) - (H + 0.05) \quad (2.3)$$

OD คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกของเฟืองตามภาพ 2.6 (mm)

P คือ ระยะ Pitch (mm)

N คือ จำนวนซี่ฟันเฟือง (teeth)

D_p คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง Pitch (mm)

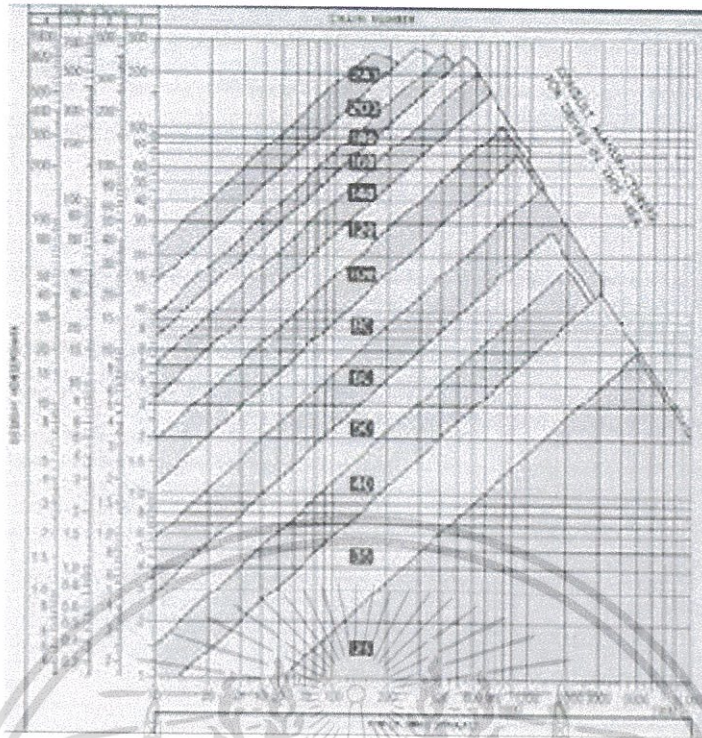
Max Bore คือ เส้นผ่านศูนย์กลางรู (mm)

H คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

ในบทที่ 4 หลังจากทดสอบและเลือกขนาดของโซ่ที่จะใช้ จะสามารถระบุระยะ Pitch ได้ และเมื่อเปลี่ยนขนาดโซ่จึงต้องเปลี่ยนขนาดเฟืองสำหรับใช้กับโซ่ RS80 ดูได้จากภาคผนวกพบว่าหากต้องการใช้เพลอันเดิมที่มีขนาดรู 15.9 mm จะเลือกเฟืองได้ 3 ขนาด คือ เฟืองขนาด 9, 10 หรือ 11 ฟันเฟือง

2.1.2.1 การเลือกโซ่ส่งกำลังโดยวิธีทั่วไป

ในการเลือกโซ่ลูกกลิ้งในระบบส่งกำลัง ชนิดของตัวต้นกำลังและประเภทของการทำงานมีส่วนในการใช้คำนวณ โดยใช้ค่า service factor มาคำนวณหาค่าการออกแบบของกำลังส่ง (Design horsepower) การใช้กราฟอันดับแรกคือคำนวณหา Design horsepower จากสมการ Design HP = กำลังส่ง x ค่า service factor จากภาพที่ 2.7 เส้นในแนวตั้งคือค่าของ Design HP เส้นในแนวนอนคือความเร็วรอบของงานขับ ฟันที่ที่อยู่ในกราฟระหว่างเส้นทั้งสองคือเบอร์โซ่ที่เหมาะสมสำหรับ Design HP และความเร็วรอบที่ใช้



ภาพที่ 2.7 กราฟแสดงอัตราการส่งกำลัง

2.1.2.2 การเลือกโซ่จากสมการที่เกี่ยวข้อง

อัตราการส่งกำลังของระบบส่งกำลังด้วยโซ่แบบลูกกลิ้งที่ดีจะสมมติฐานว่าระบบเป็นดังต่อไปนี้ (1) โซ่มีการหล่อลื่นที่ดี (2) โซ่ทำงานอยู่ภายใต้ภาวะที่เหมาะสม (3) โซ่มีอายุการใช้งานไม่เกิน 15000 ชั่วโมง (4) มีการจัดตำแหน่งของทั้งสองฟันเฟืองในตำแหน่งขนานกันในแนวนอน ซึ่งอัตราการส่งกำลังสูงสุดสามารถหาได้จาก

1. ชีตจำกัดการส่งกำลังที่เกิดจากความล้าตรงแผ่นประกบ

$$HP_S = K_S n^{1.08} \omega^{0.9} p^{3-0.07p} \quad (2.4)$$

HP_S คือ ชีตจำกัดกำลังที่ถูกจำกัดด้วยการล้าที่บริเวณแผ่นประกบ (HP)

K_S คือ ค่าคงที่มีค่า 0.004 (HP/teeth • rpm • in)

n คือ จำนวนซี่ฟันของเฟือง (teeth)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเฟือง (rpm)

p คือ ระยะpitch ของโซ่ (in)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง

$n = 17$, $\omega = 1000$ rpm, โชน์เบอร์ 40 $p = 12.5$ mm

$$HP_s = 0.004 (17^{1.08}) (1000^{0.9}) \left(\frac{12.5}{25.4}\right)^{\left(3-0.07\left(\frac{12.5}{25.4}\right)\right)} = 3.92 \text{ kw}$$

2. จี๊ดจำกัดการส่งกำลังที่เกิดจากความถี่ของลูกกลิ้งและสลัก

$$HP_r = \frac{K_r n^{1.5} p^{0.8}}{\left(\frac{\omega}{100}\right)^{1.5}} \quad (2.5)$$

$$HP_r = \frac{746(17)(17^{1.5})\left(\frac{12.5^{0.8}}{25.4}\right)}{1000^{1.5}} = 15.94 \text{ kw}$$

HP_r คือ จี๊ดจำกัดกำลังที่ถูกจำกัดด้วยการส้าที่บริเวณแผ่นประกบ (HP)

K_r คือ ค่าคงที่มีค่า 29 สำหรับ โชน์เบอร์ 25,35 มีค่า 3.4 สำหรับ โชน์เบอร์ 41 มีค่า 17

สำหรับ โชน์เบอร์ 40-240 มาตรฐาน ANSI (rpm•HP/in•teeth)

n คือ จำนวนซี่ฟันของเฟือง (teeth)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเฟือง (rpm)

p คือ ระยะ pitch ของ โชน์ (in)

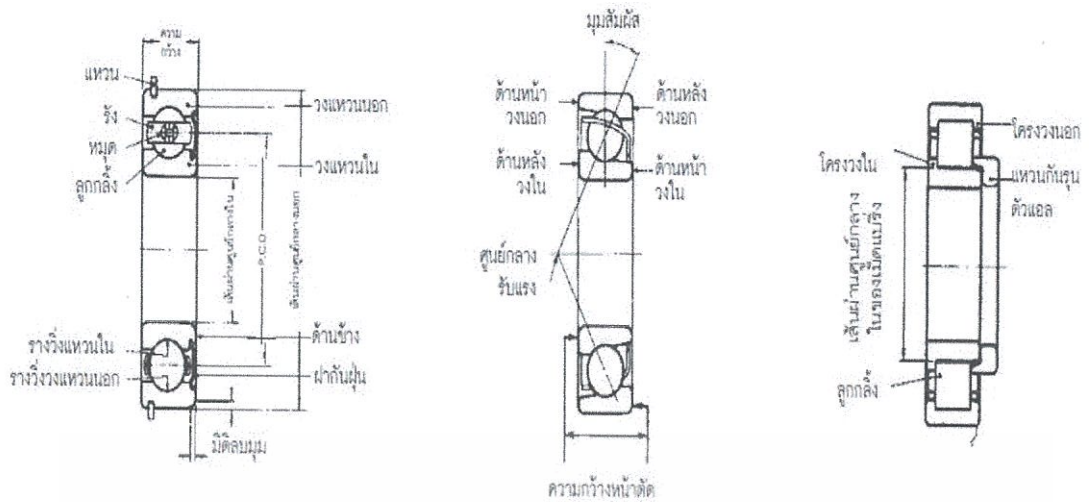
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีแบร็งลูกปืน

เครื่องจักรในการผลิตที่โรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้มักเป็นเครื่องจักรกลหมุน ซึ่งเมื่อใช้งานไปย่อมเกิดการสึกหรอชำรุด ดังนั้นจึงต้องมีระบบการบำรุงรักษาที่ดี และสามารถตรวจสอบสภาพการใช้งานของเครื่องจักรได้อย่างแม่นยำ เพื่อสามารถกำหนดเวลาได้อย่างเหมาะสมในการบำรุงรักษาเป็นผลดีทางการผลิต โดยการวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงความผิดปกติในเครื่องจักร หากสามารถบ่งชี้จุดเสียหายในเครื่องจักรจากสัญญาณการสั่นสะเทือนได้ย่อมเป็นผลดีต่อระบบการบำรุงรักษา เครื่องจักรกลหมุนส่วนใหญ่จะมีแบร็งเป็นส่วนประกอบ และโดยมากความเสียหายในเครื่องจักรจะเกิดที่แบร็งก่อน เนื่องจากชิ้นส่วนของแบร็งมีการเชื่อมต่อที่ไม่แข็งแรง

แบร็งโดยทั่วไปแล้วจะประกอบด้วยวงแหวน 2 วง, เม็ดลูกกลิ้ง, รางแบร็ง และกันรุน โดยกันรุนนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงหลักที่กระทำ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดเม็ดลูกกลิ้ง โดยแบ่งเป็น แบร็งเม็ดกลมหรือแบร็งเม็ดหอน แบร็งยังสามารถแบ่งออกไปได้อีกตามการออกแบบหรือวัตถุประสงค์เฉพาะอย่างไป แบร็งที่ใช้กันโดยทั่วไป และการกำหนดชื่อส่วนต่างๆ ของแบร็ง

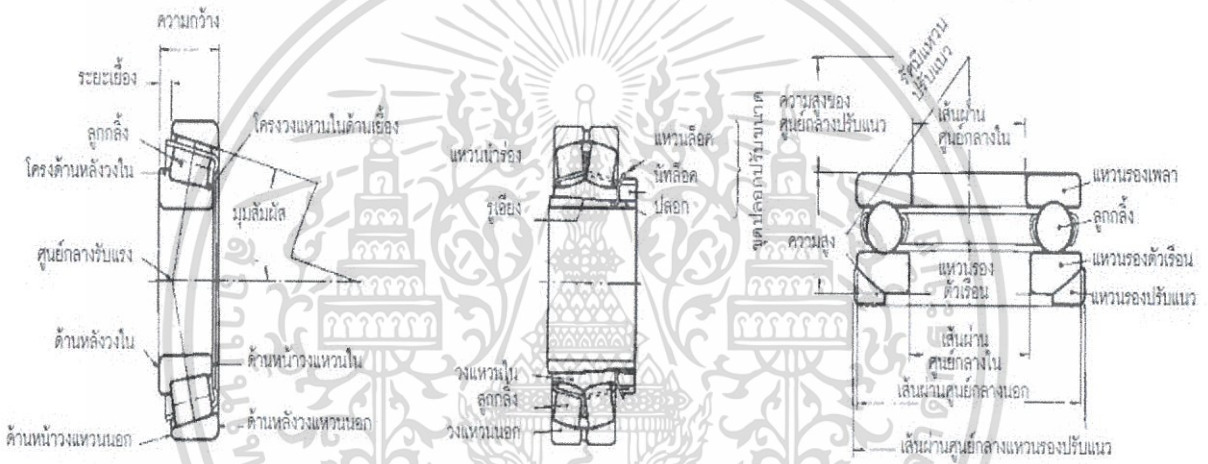
เมื่อเปรียบเทียบแบร็งเม็ดลูกกลิ้ง และแบร็งกาบ โดยแบร็งเม็ดลูกกลิ้งมีข้อดีหลักๆ อยู่ดังนี้ 1 แรงบิด หรือความเสียดทานเบื้องต้น มีค่าต่ำและความแตกต่างระหว่างแรงบิด เริ่มต้นกับแรงบิดขณะหมุนมีน้อย 2 แบร็งที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดทั่วโลกและสามารถใช้แทนกันได้ เนื่องจาก มีมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก 3 การตรวจสอบ, การเปลี่ยน, การบำรุงรักษาทำได้ง่ายเนื่องจาก โครงสร้างที่ล้อมรอบ คลับแบร็ง ไม่มีความซับซ้อนมาก 4 แบร็งสามารถรับแรงแนวรัศมีและแรงแนวแกนได้พร้อมๆกัน หรือเป็นอิสระจากกันก็ได้ 5 สามารถใช้แบร็งกับช่วงอุณหภูมิที่กว้าง 6 สามารถทำฟรีโหลดกับแบร็ง เพื่อลดช่องว่างภายใน และเพิ่มความแข็งแรง และยังไปกว่านั้น แบร็งในแต่ละแบบมีข้อดีโดดเด่น ไปเฉพาะตัว



แบบรีตัสเม็ดกลมร่องลึก

แบบรีตัสเม็ดกลมสามเหลี่ยมมุมแหลมเดี่ยว

แบบรีตัสเม็ดทรงกระบอก



เทเปอร์แบร์ริงส์

แบร์ริงส์เม็ดโค้ง

แบร์ริงส์เม็ดกลมกับรูปทศทางเดียว

ภาพที่ 2.8 แบบลักษณะเฉพาะของแบร์ริงชนิดต่างๆ

2.2.1 ชนิดของแบร์ริง

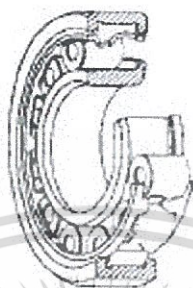
แบร์ริงมีหลากหลายชนิด ตามแต่ลักษณะการใช้ และข้อจำกัดในการใช้งานดังนี้

2.2.1.1 แบร์ริงเม็ดทรงกระบอก

แบร์ริงแบบนี้เม็ดลูกกลิ้ง ซึ่งมีลักษณะทรงกระบอกยาวจะสัมผัสเป็นเส้นตรงกับรางวงใน มีความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีได้สูง และเหมาะกับงานความเร็วสูง ลักษณะของแบร์ริงมีหลายแบบทั้ง NU NJ NUP N NF สำหรับแบร์ริงแถวเดี่ยว และ NNU NN สำหรับแบร์ริงสองแถว วงแหวนนอก และวงแหวนในของทุกแบบสามารถถอดแยกได้ แบร์ริงเม็ด ทรงกระบอกบางแบบไม่มีโครง หรือสันขอบ ที่วงแหวนใน หรือวงแหวนนอกดังนั้นวงแหวนสามารถ เคลื่อนที่ตามแนวแกนได้ เมื่อเทียบกับอีกวงหนึ่ง (เคลื่อนที่สัมพัทธ์กัน) ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวยึดที่ไม่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร กรุณาแจ้งให้ทราบเพื่อจะได้ดำเนินการแก้ไขต่อไป

ตำแหน่ง แบริ่งเม็ดทรงกระบอกไม่ว่า วงแหวนในหรือนอกมีโครง 2 ด้าน หรือวงแหวนหนึ่งมีหนึ่ง ด้านก็สามารถรับแรงในแนวแกนได้ ทิศทางเดียว แบริ่งเม็ดทรงกระบอก 2 แถว มีความแข็งแรง โครงสร้าง วิศวกรรมสูง และใช้กับเครื่องมือกล ที่มีความเที่ยงตรงสูงปกติทั่วไปแล้วจะใช้ริงเหล็ก หรือ ทองเหลืองกลึงขึ้นรูปแต่ในบางครั้งก็ใช้ ริง โพลีเอทิลีนหล่อขึ้นรูป



ภาพที่ 2.9 แบริ่งเม็ดทรงกระบอก

2.2.1.2 แบริ่งเม็ดโค้งกันรุน

แบริ่งชนิดนี้มีรางวิ่ง โค้งหนึ่งราง อยู่ที่แหวนรองตัวเรือน และมีเม็ดลูกกลิ้งรูปโค้ง วางเรียงอยู่โดยรอบรางวิ่งที่มี ลักษณะ โค้งของแหวนรองตัวเรือนนี้นั้นทำให้แบริ่งปรับแนวได้เอง และสามารถรับแรงในแนวแกนที่สูงมากๆ ได้ ทั้งยังสามารถรับแรงในแนวรัศมีได้ปานกลาง ในขณะที่รับแรงในแนวแกนอยู่ด้วยโดยทั่วไปใช้ริงเหล็กปั๊มขึ้นรูป หรือริงทองเหลืองกลึงขึ้นรูป

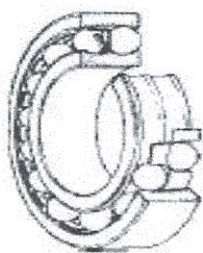


ภาพที่ 2.10 แบริ่งเม็ด โค้งกันรุน

2.2.1.3 แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง

วงแหวนในมีสองรางวิ่ง และวงแหวนนอกมีรางวิ่งลักษณะ โค้งอยู่หนึ่งรางวิ่ง ซึ่ง จุดศูนย์กลางของความโค้ง เป็นจุดเดียวกับแนวแกนของแบริ่ง นั่นคือแนวแกนของวงแหวนใน เม็ด ลูกกลิ้งและริงสามารถหันเหได้รอบศูนย์กลางของแบริ่ง ดังนั้น การเอียงแนวมุมเล็กๆ น้อยๆ ของ เพลาและตัวเสื้อ ที่ซึ่งมีสาเหตุมาจากการกลึง หรือการติดตั้งที่ไม่ดีพอ นั้นสามารถแก้ไขได้โดย อัตโนมัติแบริ่งชนิดนี้มักมีรูเพลาเอียงไว้สำหรับใช้กับปลอกปรับขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

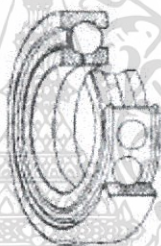


ภาพที่ 2.11 แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวตัวเอง

2.2.1.4 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมที่จุด

แบริ่งสัมผัสเชิงมุมที่จุดนั้นวงแหวนในและวงแหวนนอกแยกออกจากกันได้

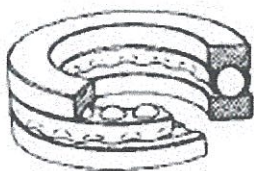
เนื่องจากในวงแหวนในแยกออกจากกันในระยะบางรัศมี สามารถรับแรงในแนวแกนได้ สองทิศทาง ลูกกลิ้งทำมุม 35 องศากับวงแหวนแต่ละวง แบริ่งสัมผัสเชิงมุมที่จุด เพียงหนึ่งตัวเท่านั้นที่สามารถทดแทนแบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมแถวเดียวที่ประกบ แบบหน้าชนหน้า หรือหลังชนหลัง ริงที่ใช้ทั่วไปมักเป็นทองเหลืองกลิ้งขึ้นรูป



ภาพที่ 2.12 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมที่จุด

2.2.1.5 แบริ่งเม็ดกลมกันรุนทิศทางเดียว

แบริ่งเม็ดกลมกันรุนรับแรงทิศทางเดียวประกอบด้วยวงแหวนที่มีลักษณะคล้ายแหวนรอง มีร่องรับแรงทิศทางเดียว รางวงแหวนที่สวมติดกับเพลาเรียกว่า แหวนรองเพลา หรือวงแหวนใน ส่วนวงแหวนที่สวมติดกับตัวเสื้อ เรียกว่าวงแหวนรองตัวเสื้อ หรือวงแหวนนอก สำหรับแบริ่งกันรุนเม็ดกลมกันรุนรับแรงสองทิศทางนั้นจะมี วงแหวนสามวง วงแหวนกลาง จะสวมติดกับเพลา ยังมีแบริ่งเม็ดกลมกันรุนที่มีแหวนรองปรับแนวตัวเองอีกด้วย ซึ่งแหวนนี้จะอยู่ส่วนล่างของแหวนรองตัวเสื้อ เพื่อรับการเอียงแนวของเพลา หรือการติดตั้งที่ไม่พอดี โดยปกติ แล้วจะใช้ริงเหล็กป้อนขึ้นรูปในแบริ่งขนาดเล็ก และริงกลิ้งขึ้นรูป ใช้กับแบริ่งขนาดใหญ่



ภาพที่ 2.13 แบริ่งเม็ดกลมกักรุ่นทิศทางเดียว

2.2.1.6 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว

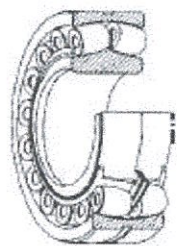
แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว นั้น โดยพื้นฐานแล้วคือแบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมแถวเดียวติดตั้งแบบ หลังชนหลัง ต่างกันที่แบบสองแถวนี้มีวงแหวนในหนึ่งวง วงแหวนนอกหนึ่งวง และแต่ละวงมีรางวิ่งของตัวเอง แบริ่งแบบนี้สามารถรับแรงแนวแกนได้สองทิศทาง



ภาพที่ 2.14 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมสองแถว

2.2.1.7 แบริ่งเม็ดโค้ง

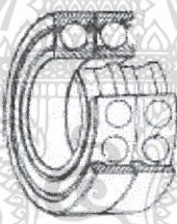
แบริ่งชนิดนี้เม็ดแบริ่งมีลักษณะคล้ายถังไม้โค้ง (barrel shaped roller) อยู่ระหว่างวงแหวนใน ซึ่งมีสองรางวิ่ง และวงแหวนนอกซึ่งมีหนึ่งรางวิ่ง การที่ศูนย์กลาง ความโค้งของผิวหน้ารางวิ่งของวงแหวนนอก เป็นจุดเดียวกับแกนของแบริ่งทำให้แบริ่งปรับแนวได้เอง ดังนั้นหากเพลลาหรือแบริ่งเกิด โค้งตัว หรือเกิดการ เยื้องแนวจากแนวแกน ก็จะสามารปรับตัวเองได้โดยอัตโนมัติ ทำให้ไม่เกิดแรงที่สูงเกิน ไปมากระทำต่อ แบริ่ง แบริ่งเม็ด โค้งนั้นไม่เพียงแต่สามารถรับแรงแนวรัศมีได้สูง แต่ยังสามารถรับแรงในแนวแกนได้สอง ทิศทางอีกด้วย มีความสามารถในการรับแรงแนวรัศมีได้อย่างดีเยี่ยม และเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีแรงกระทำ หรือกระแทกสูงๆ บางแบบอาจมีรูในเอียง ซึ่งอาจใช้ติดตั้ง โดยตรงบนเพลลาเอียงหรือติดตั้งบนเพลลาตรง โดยใช้ปลอกปรับขนาด หรือปลอกสวม ปกติใช้เหล็กปั๊มขึ้นรูป รั้ง โพลีเอทิลีนหล่อและรั้งทองเหลืองกลึงขึ้นรูป



ภาพที่ 2.15 แบริ่งเม็ดโค้ง

2.2.1.8 แบริ่งประกบคู่

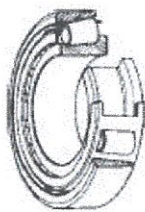
การนำแบริ่งแนวรัศมี 2 คู่มารวมกันในการใช้งานเราเรียกว่าการประกบคู่ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้แบริ่งเม็ดกลม สัมผัสเชิงมุม หรือแบริ่งเทเปอร์มาทำการประกบ การประกบคู่ทำได้ทั้งแบบหน้าชนหน้า ซึ่งวงแหวนนอกหัน หน้าชนกัน (แบบ DF) แบบหลังชนหลัง (แบบ DB) หรือหันหน้าเรียงตามกัน ในทิศทางเดียว (DT) การประกบแบบหน้าชนกัน (แบบ DF) และ แบบหลังชนหลัง (แบบ DB) สามารถรับแรงแนวรัศมีและแนวแกนได้สองทิศทาง แบบทิศทางเดียว (DT) จะใช้เมื่อมีแรงใน แนวแกนแรงหนึ่งซึ่งมีค่าสูงมากในทิศทางเดียว จึงจำเป็นต้องกำหนดให้รับแรงเท่ากันในแบริ่งแต่ละตัว



ภาพที่ 2.16 แบริ่งประกบคู่

2.2.1.9 แบริ่งเทเปอร์

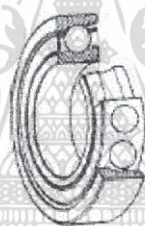
แบริ่งชนิดนี้ใช้เม็ดลูกกลิ้งเป็นรูปกรวย มีตัวนำร่องคือโครงของขอบวงแหวนด้านใน แบริ่งเทเปอร์สามารถ รับแรงแนวรัศมีได้สูง และรับแรงในแนวแกนได้ทิศทางเดียว ในอนุกรมมีการเพิ่มขนาดและจำนวนเม็ด ลูกกลิ้ง ทำให้สามารถรับแรงได้สูงขึ้นไปอีก การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้เป็นคู่ คล้ายกับแบริ่งสัมผัสเชิงมุมแถวเดียว ซึ่งจะมีการปรับช่องว่างภายในแบริ่งให้เหมาะสม โดยการปรับระยะแนวแกนระหว่างวงแหวนใน หรือวงแหวนนอก ของแบริ่งที่ประกบกัน ทั้ง 2 คู่ วงแหวนในและวงแหวนนอกสามารถแยกประกอบได้อย่างอิสระ แบริ่งชนิดนี้แบ่งออกเป็น 3 แบบตามมุมสัมผัสได้ดังนี้ มุมปกติ มุมปานกลาง และมุมชัน อีกทั้งยังมีแบบสองแถว และสี่แถวให้เลือกใช้อีกด้วย ริงที่ใช้โดยมากจะเป็น ริงเหล็กปั๊มขึ้นรูป



ภาพที่ 2.17 แบริ่งเทเปอร์

2.2.1.10 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม

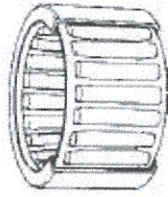
แบริ่งแบบนี้สามารถรับแรงในแนวรัศมีและแนวแกนได้ทิศทางเดียว มุมสัมผัสมีทั้ง 15, 25, 30 และ 40 องศา มุมสัมผัสยิ่งมากก็ยิ่งสามารถรับแรงในแนวแกนได้มาก ค่ามุมสัมผัสน้อยเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเร็วสูง โดยทั่วไปมักใช้แบริ่งชนิดนี้เป็นคู่ โดยจะมีการปรับช่องว่างภายในอย่างเหมาะสม มักใช้ริงเหล็กสำหรับงานทั่วไป สำหรับแบริ่งที่มีความเที่ยงตรงสูงจะมีมุมสัมผัสน้อยกว่า 30 และใช้ริง โพลีเอทิลีน



ภาพที่ 2.18 แบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม

2.2.1.11 แบริ่งเม็ดเข็ม

แบริ่งประกอบด้วยลูกกลิ้งเม็ดเรียวยาวมีขนาดความยาวประมาณ 3 ถึง 10 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อัตราส่วนของเส้นผ่านศูนย์กลางนอก ต่อเส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมใน มีค่าน้อย มีความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีค่อนข้างสูงแบริ่งชนิดนี้มีหลายแบบให้เลือก โดยมากไม่มีวงแหวนใน แบริ่งแบบถ้วย (drawn-cup) นั้นมีวงแหวนนอกเป็นเหล็กปั๊ม ส่วนแบบแข็ง (solid type) ผลิตจากเหล็กกล้าขึ้นรูปยังมีแบริ่งที่เรียกโดยทั่วไปว่า แบริ่งกรงนรก ซึ่งจะไม่มียวงแหวนทั้งในและนอกมาด้วยมีเพียงรังและเม็ดลูกกลิ้งเท่านั้น รังเป็นเหล็กปั๊มขึ้นรูป แต่ในบางแบบจะไม่มีรัง



ภาพที่ 2.19 แบริ่งเม็ดเข็ม

2.2.1.12 แบริ่งแหม็กนีโต

ร่องรางวิ่งของแบริ่งแหม็กนีโตจะแคบกว่าของแบริ่งเม็ดกลมแถวเดียวเล็กน้อย วงแหวนนอก มีบ่าอยู่เพียงด้านเดียว ซึ่งอาจแยกวงแหวนนอกออกได้ จุดนี้จะทำให้การติดตั้งทำได้ง่าย โดยทั่วไปใช้แบริ่งชนิดนี้ 2 ตัวมาทำการประกบคู่ แบริ่งแหม็กนีโตเป็นแบริ่งขนาดเล็ก มีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางวงแหวนในประมาณ 4 มม. ถึง 20 มม. โดยส่วนใหญ่ใช้ในแหม็กนีโตขนาดเล็ก ใจโรสโคป และอุปกรณ์ต่างๆ โดยมากใช้รังทองเหลือง



ภาพที่ 2.20 แบริ่งแหม็กนีโต

2.2.1.13 แบริ่งเม็ดกลมร่องลึกแถวเดียว

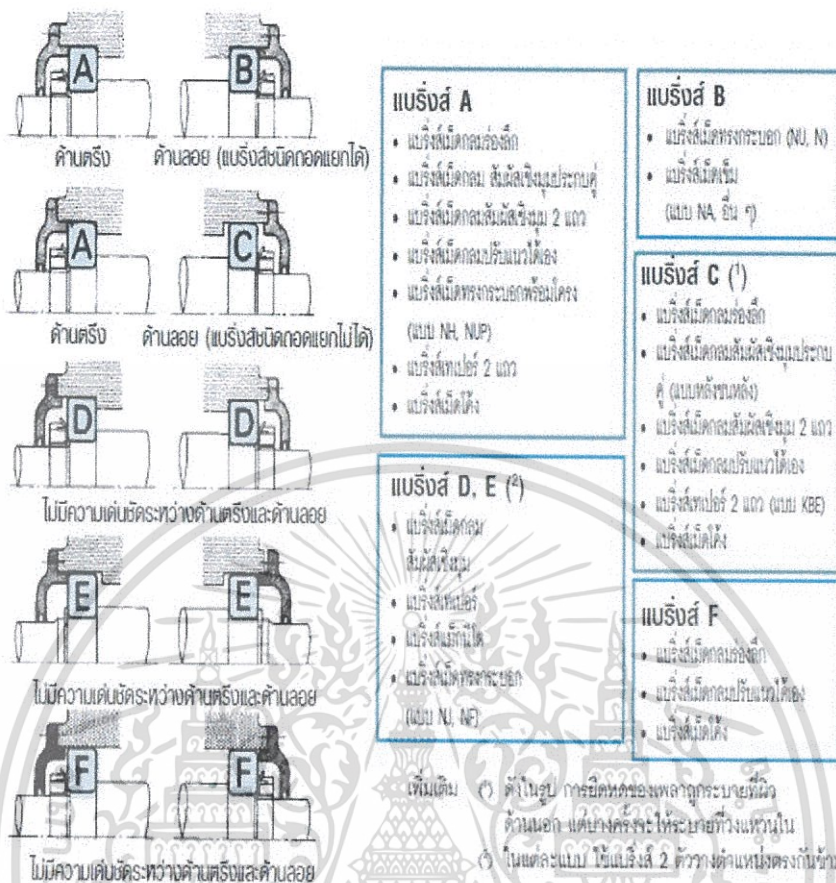
แบริ่งเม็ดกลมร่องลึกแถวเดียวเป็นแบริ่งที่ธรรมดาสามัญมากที่สุดโดยมีการนำไปใช้งานกว้างขวาง ร่องรางวิ่งของทั้งวงแหวนในและนอกมีลักษณะเป็นวงโค้ง ซึ่งรัศมีโตกว่าของเม็ดบอล นอกเหนือจากแรงในแนวรัศมีที่รับได้แล้วยังสามารถรับแรงในแนวแกนได้ทั้งสองทิศทางด้วย ในงานที่ต้องการความเร็วสูงและสูญเสียพลังงานต่ำ แบริ่งชนิดนี้จะเหมาะสมมาก เนื่องจากแรงบิดต่ำ แบริ่งนี้มีทั้งแบบเปิดฝาเหล็ก ซิลิกอน ซึ่งอาจติดตั้งทั้งสองด้านของแบริ่ง โดยภายในบรรจุจาระบีเอาไว้หรือในบางครั้งอาจมีแหวนลึอกอยู่ที่ผิวนอกวงแหวนนอก รังที่ใช้โดยมากเป็นรังเหล็ก

3. การเยื้องแนวของวงแหวนในและนอก ที่มีสาเหตุมาจากการโค้งตัวของเพลลา และการติดตั้งที่ผิดพลาด

4. ความแข็งแรงของระบบรวม ซึ่งรวมถึงเบร็งและการพรีโหลด

5. ความสามารถในการรับภาระ ณ ตำแหน่งที่เหมาะสมและความสามารถในการส่งแรงผ่าน

เบร็งบนเพลลาหนึ่งๆนั้นมีเบร็งเพียงชุดเดียวเท่านั้นที่สามารถเป็นเบร็งด้านตรง เพื่อตรึงเพลลาในแนวแกน สำหรับเบร็งด้านตรง จะต้องใช้เบร็งที่สามารถรับแรงแนวรัศมีและแนวแกนได้ เบร็งนอกเหนือจากด้านตรง ก็ต้องเป็นด้านลอย ซึ่งสามารถรับภาระในแนวรัศมีได้เท่านั้น เพื่อระบายการยืด และหดตัวของเพลลาอันเนื่องมา จากอุณหภูมิถ้ามาครากการที่จะระบายการยืดหดตัวของเพลลาจากอุณหภูมินั้นไม่เพียงพอ ภาระในแนวแกนจะเกิดขึ้น มากผิดปกติมากระทำกับเบร็ง ซึ่งสามารถเป็นสาเหตุของความเสียหายก่อนเวลา สำหรับเบร็งด้านลอย ควรเลือกเบร็งเม็ดทรงกระบอกหรือเบร็งเม็ดเข็ม ที่มีทั้งวงแหวนใน และนอกแยกจากกันได้ ซึ่งสามารถเคลื่อน ตัวในแนวแกนได้อย่างอิสระ (แบบ N, NU และอื่นๆ) เมื่อใช้เบร็งแบบนี้จะทำให้การถอด และติดตั้งง่ายขึ้น เมื่อใช้เบร็งชนิดถอดแยกไม่ได้ ในด้านลอย โดยปกติงานสวมระหว่างวงแหวนนอกกับตัวเสื้อ จะเป็นการสวม คลอน เพื่อให้เพลลาซึ่งหมุนกับเบร็งสามารถเคลื่อนตัวตามแนวแกนได้ ในบางครั้ง การขยายตัวของเพลลาถูก ระบายโดยการสวมคลอนระหว่างวงแหวนในกับเพลลาที่กระยะระหว่างเบร็งทั้ง 2 ชุดนั้นสั้น และผลของการยืด หดเพลลาสามารถสะท้อนได้ จะใช้เบร็งเม็ดกลมสัมผัสดึงมุมหรือเบร็งเทเปอร์มาจัดวางตรงกันข้ามกัน การปรับช่องว่างในแนวแกน (การเคลื่อนตัวในแนวแกนที่เป็นไปได้) หลังจากติดตั้งสามารถทำได้โดยนัท หรือจิมรองความแตกต่างระหว่างเบร็งด้านลอยและด้านตรง และการจัดตั้งเบร็งที่เป็นไปได้บางส่วน สำหรับ เบร็งชนิดต่างๆ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2.22 แบริ่งกำหนดตำแหน่ง (ลอย) และ แบริ่งที่ไม่กำหนดตำแหน่ง (ตรึง)

2.2.2.1 การจัดตั้งแบริ่ง

ตัวอย่างการจัดตั้งแบริ่งบางส่วน โดยพิจารณาถึงฟลิตโฮลด์ และความแข็งเกร็งของระบบรวม การยึดหุดของเพลลา ความคลาดเคลื่อน ในการติดตั้งและอื่นๆ ดังในตารางที่ 2.4

การจัดตั้งเบร้ง		พารามิเตอร์	วิธีตั้งค่าการใช้งาน	การจัดตั้งเบร้ง		พารามิเตอร์	วิธีตั้งค่าการใช้งาน
ด้านซ้าย	ด้านขวา			ด้านซ้าย	ด้านขวา		
		<ul style="list-style-type: none"> เป็นเบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูด มีแรงไปทั้งในแนวรัศมีและแนวแกนแกนกลาง 	ระบบกำลังแรงดัน 2 ใบสูบ (Double suction volute pumps)			<ul style="list-style-type: none"> เป็นเบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูด ซึ่งจะไม่มีการปรับค่าเบร้งจัดตั้ง เบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูด ใช้ความแตกต่างในการจัดตั้งเพื่อป้องกันปัญหาการจัดตั้งเบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูด 	เบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูด ต้องปรับค่าเบร้งจัดตั้ง
		<ul style="list-style-type: none"> เป็นเบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูด เมื่อเบร้งจัดตั้งของเพลลา หรือความแตกต่างของแรงดูด มีแรงไปทั้งในแนวรัศมีและแนวแกนแกนกลาง 	ตัวลดความเร็วของล้อหมุน (Table roller) ใบหมุน other for over heat traveling cranes			<ul style="list-style-type: none"> สามารถปรับเบร้งจัดตั้งของเพลลา และสามารถใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา เบร้งจัดตั้งของเพลลาและเบร้งจัดตั้งของเพลลา ซึ่งเบร้งจัดตั้งเบร้งจัดตั้งของเพลลา 	เบร้งจัดตั้ง (Reaction motor) ของเพลลา
		<ul style="list-style-type: none"> เบร้งจัดตั้งด้วยแรงดูดของเพลลา 2 จัดตั้ง สามารถปรับเบร้งจัดตั้งของเพลลา 2 และเบร้งจัดตั้งของเพลลา 2 จัดตั้ง 	เพืองลดความเร็ว (Worm gear reducers)			<ul style="list-style-type: none"> ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา เมื่อเบร้งจัดตั้งของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา และเบร้งจัดตั้งของเพลลา 	เบร้งจัดตั้งของเพลลา (Steel mill) เพลลาของเพลลา (Main conductor roller)
เบร้งจัดตั้งเบร้งจัดตั้งของเพลลา		พารามิเตอร์	วิธีตั้งค่าการใช้งาน			<ul style="list-style-type: none"> ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา เมื่อเบร้งจัดตั้งของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลา และเบร้งจัดตั้งของเพลลา 	เบร้งจัดตั้งของเพลลา (Steel mill) เพลลาของเพลลา (Main conductor roller)
		<ul style="list-style-type: none"> มีทั้งเบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา 	เพลลาของเพลลาของเพลลาของเพลลา (Roller shaft of outer roller) outer roller gear เพลลาของเพลลาของเพลลาของเพลลา			<ul style="list-style-type: none"> เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา 	เบร้งจัดตั้งของเพลลา (Calendar roller of paper machine) เพลลาของเพลลา (sole of steel locomotive)
		<ul style="list-style-type: none"> ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา 	เพลลาของเพลลาของเพลลาของเพลลา (Leading roller shaft)			<ul style="list-style-type: none"> เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา ใช้เบร้งจัดตั้งของเพลลาของเพลลาของเพลลา 	เบร้งจัดตั้งของเพลลา (Reduction gears in diesel locomotive)

ตารางที่ 2.4 ตารางการจัดตั้งเบร้ง

ที่ว่างสำหรับเบร้งที่ยอมรับได้

ที่ว่างที่ยอมรับได้สำหรับเบร้งและชิ้นส่วนที่ใกล้เคียง โดยทั่วไปแล้วจะจำกัดมาก ดังนั้นชนิดและขนาด เบร้งที่เลือกต้องอยู่ในข้อจำกัดนั้นๆ ในเกือบทุกกรณี โดยมากแล้วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลลาจะถูกกำหนดไว้ก่อนแล้วการออกแบบเครื่องจักร นั้นคือการเลือกเบร้งมักจะเลือกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน สำหรับ เบร้งที่มีอยู่นั้น ได้มีการทำเป็นมาตรฐานเดียวกันมากมายทั้งอนุกรมมิติและชนิด จึงมีความจำเป็นที่จะต้อง เลือกเบร้งที่เหมาะสมจากเบร้งมาตรฐานเหล่านั้น

ความสามารถในการรับภาระและชนิดเบร้ง

ความสามารถในการรับแรงในแนวแกนของเบร้งหนึ่งๆ นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับความสามารถในการ รับแรงแนวรัศมี ในแบบที่ว่าขึ้นอยู่กับแบบเบร้งดังที่แสดงในภาพที่ 2.23 ตัวเลขนี้จะทำให้เข้าใจได้ชัดเจนว่า เมื่อเบร้งที่อนุกรมมิติเดียวกันมาเทียบกัน เบร้งเม็ดกลมมีความสามารถในการรับแรงสูงกว่าเบร้งเม็ดกลม และอีกทั้งยังรับแรงกระแทกได้ดีกว่าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดเบร้งส์	ความสามารถในการรับแรงร้มี				ความสามารถในการรับแรงร่น			
	1	2	3	4	1	2	3	4
เบร้งส์เม็ดกลมร่องลึกแถวเดียว	■				■			
เบร้งส์เม็ดกลมสันมีซี่งมแถวเดียว	■	■			■	■		
เบร้งส์เม็ดทรงกระบอก (*)	■	■	■		■	■	■	
เพเปอร์เบร้งส์	■	■	■		■	■	■	■
เบร้งส์เม็ดกลมอินโค้ง	■	■	■	■	■	■	■	

เพิ่มเติม (*) เบร้งส์ที่มีโครงสร้างสามารถแรงในแนวแกนได้

ภาพที่ 2.23 ความสามารถในการรับภาระและชนิดเบร้ง

ความเร็วอนุญาตของเบร้ง

ความเร็วสูงสุดของเบร้งแปรเปลี่ยนไปไม่เพียงจากชนิดเบร้งเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับขนาดชนิดของร้ง แรงกระทำวิธีการหล่อลื่น การกระจายความร้อนและอื่นๆ เช่น หากวิธีการหล่อลื่นเป็นแบบอ่างน้ำมัน ธรรมดาแบบ ของเบร้งก็สามารถจัดลำดับจากความเร็วสูงไปต่ำดังภาพ



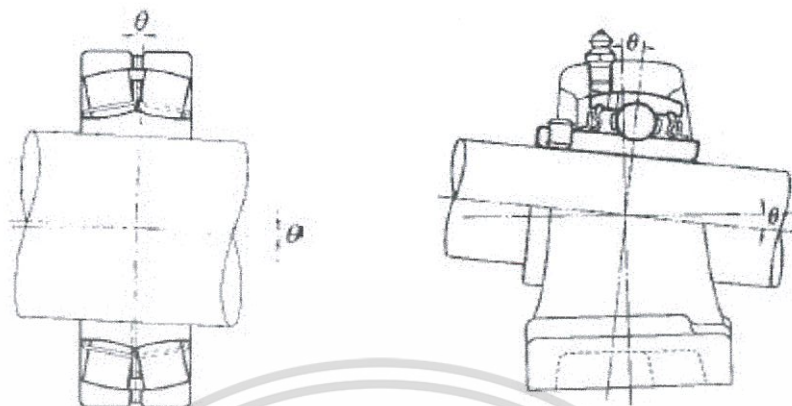
ภาพที่ 2.234 ความเร็วอนุญาตของเบร้ง

การเยื้องแนวของวงแหวนในและนอกของเบร้ง

วงแหวนในและวงแหวนนอกจะเยื้องแนวเล็กน้อยเนื่องมาจากการ โกงตัวของเพลลาสาเหตุจากแรงที่กระทำ มิติขนาดของเพลลาและตัวเสื่อที่ไม่เที่ยงตรง และความผิดพลาดในการติดตั้ง การเยื้องแนวที่อนุญาตแปรเปลี่ยน ไปตามชนิดเบร้งและสภาวะการทำงานแต่โดยปกติแล้วก็จะเป็นมุมเล็ก ๆ น้อยกว่า 0.0012 เรเดียน (4') หากการใช้งานมีการเยื้องแนวมากเบร้งที่สามารถปรับแนวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอง เช่น แบริ่งเม็ดกลมปรับแนวได้เอง แบริ่ง เม็ดโค้ง แบริ่งตุ้กตา ควรจะนำมาใช้ดังรูปนี้ การเอียงแนวที่อนุญาตของแบริ่ง ดูได้จากบทเริ่มต้นของ ตารางมิติของแบริ่งแต่ละชนิด



ภาพที่ 2.25 การเอียงแนวของวงแหวนในและนอกของแบริ่ง

ความแข็งแรงของแบริ่ง

เมื่อมีแรงกระทำกับแบริ่งหนึ่งๆ ปริมาณการเสียรูปทางด้านความยืดหยุ่นจำนวนหนึ่งเกิดขึ้นที่บริเวณสัมผัส ระหว่างลูกกลิ้งและรางวิ่ง ความแข็งแรงของแบริ่งกำหนดโดยอัตราส่วนของภาระแบริ่งต่อจำนวนการเสียรูปด้านความยืดหยุ่นของวงแหวนนอกและวงแหวนในกับลูกกลิ้ง

สำหรับเพลาลึกของเครื่องมือกล จำเป็นต้องมีความแข็งแรงของแบริ่งสูงร่วมกับส่วนที่เหลือของเพลาดังนั้นเนื่องจากแบริ่งเม็ดกลมอ่อนเสียรูปน้อยกว่าเมื่อรับภาระ ทำให้มีการนำมาใช้งานมากกว่าแบริ่งเม็ดกลม เมื่อต้องการความแข็งแรงสูงเป็นพิเศษจะต้องทาพลิโพลด์ให้กับแบริ่ง ซึ่งก็หมายความว่าแบริ่งมีช่องว่าง ภายในติดลบ การทาพลิโพลด์มักจะทากับแบริ่งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม และแบริ่งเทเปอร์

เสียงและแรงบิดของแบริ่งชนิดต่างๆ

เนื่องจากแบริ่งผลิตด้วยความเที่ยงตรงที่สูงมากเสียงและแรงบิดจึงต่ำ สำหรับแบริ่งเม็ดกลมร่องลึกและแบริ่ง เม็ดทรงกระบอกนั้นในบางครั้งจะระบุระดับของเสียงไว้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ใช้งาน สำหรับแบริ่งเม็ดกลมขนาด จีวความเที่ยงตรงสูง แรงบิดเริ่มต้น จะถูกระบุไว้ แบริ่งเม็ดกลมร่องลึกแนะนำให้ใช้กับงานที่ต้องการเสียงและ แรงบิดต่ำ เช่น มอเตอร์และเครื่องมือวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเที่ยงตรงในการทำงานของเบร้ง

สำหรับเพลาลักเครื่องมือกลที่ต้องการความแม่นยำในการหมุนสูงหรือใช้งานที่ความเร็วรอบสูง เช่น ซุปเปอร์ชาร์เจอร์ เบร้งความเร็วรอบสูงระดับ 5, 4 หรือ 2 จะถูกนำมาใช้ความแม่นยำในการหมุนของ เบร้งจะระบุต่างกันไป ระดับความแม่นยำที่ระบุจะแปรเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับชนิดของเบร้ง การเปรียบเทียบ ความเบี่ยงเบนแนวรัศมีของวงแหวนใน สำหรับความแม่นยำในการวิ่งสูงสุดที่ระบุสำหรับเบร้งแต่ละชนิดดังรูป สำหรับการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูงเบร้งเม็ดกลมร่องลึกเบร้งเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุมและเบร้งเม็ด ทรงกระบอกนั้นเหมาะสมที่สุด

ชนิดเบร้ง	ความแม่นยำสูงสุดที่ระบุ	การเปรียบเทียบค่าพิสัยความเอนของค่าเบี่ยงเบนแนวรัศมีของวงแหวนใน				
		1	2	3	4	5
เบร้งเม็ดกลมร่องลึก	Class 2	→				
เบร้งสัมผัสกลมสัมผัสเชิงมุม	Class 2	→				
เบร้งเม็ดทรงกระบอก	Class 2	→				
เพาเปอร์เบร้ง	Class 4	→				
เบร้งสัมผัสกลมอ่อนโค้ง	Normal	→	→	→	→	→

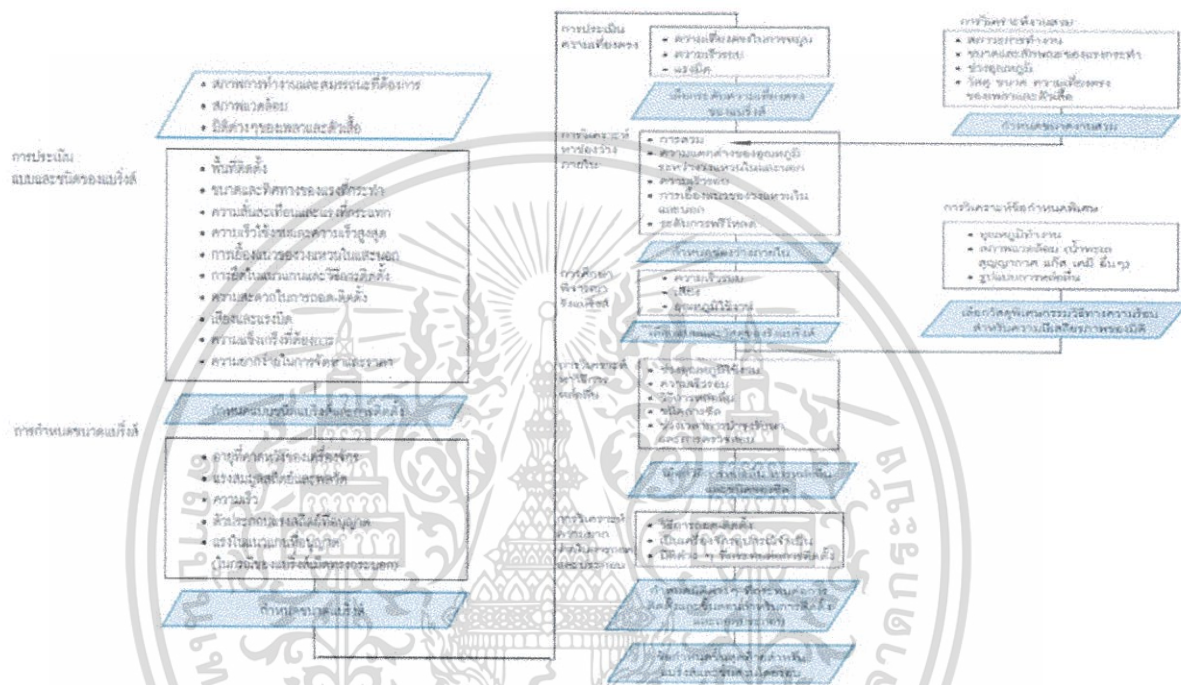
ภาพที่ 2.26 ความเที่ยงตรงในการทำงานของเบร้ง

2.2.2.2 การติดตั้งและการถอดเบร้งชนิดต่างๆ

เบร้งชนิดที่ถอดแยกได้ เช่นเบร้งเม็ดทรงกระบอก เบร้งเม็ดเข็มและเบร้งเพเปอร์นั้นสะดวกสำหรับการ ติดตั้งและถอดสำหรับเครื่องจักรที่จะต้องติดตั้ง และถอดเบร้งค่อนข้างบ่อยสำหรับตรวจสอบตามคาบเวลานั้น เบร้งดังกล่าวจะถูกแนะนำให้ใช้ เบร้งเม็ดกลมปรับแนวได้เองและเบร้งเม็ดกลมอ่อน ขนาดเล็ก รูเอียง สามารถติดตั้งและถอดได้ง่ายมากเช่นกัน

รูปแบบการใช้งานของเบร้งมีมากมายนับไม่ถ้วนอีกทั้งสภาพการใช้งานและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไป มีความหลากหลายของสภาพการทำงาน และความต้องการใช้เบร้งขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วพร้อมกับความก้าวหน้า ทางเทคโนโลยี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับเบร้งให้ถ่องแท้ในหลายๆ แง่มุม เพื่อเลือกเบร้งที่ดีที่สุดจากที่มี อยู่บนพื้นฐานๆ แบบ โดยปกติแล้วเบร้งที่เลือกมาใช้งานนั้นมักจะมีการเผื่อถึงสิ่งต่างๆ ไว้แล้ว โดยพิจารณาถึงสภาพการ ทำงาน การจัดวาง ความสะดวกในการติดตั้ง พื้นที่ที่จะติดตั้ง ต้นทุนหาซื้อได้ง่าย และตัวประกอบอื่นๆ จากนั้นจึงเลือกขนาดของเบร้งให้เหมาะสมกับอายุของเบร้งที่ต้องการ นอกจากอายุเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเนื่องจากความถี่แล้ว ในการเลือกขนาดเบร้งจำเป็นต้องพิจารณาอายุจระบี เสียงและความ สั่นสะเทือน การสึกหรอและองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย การเลือกเบร้งนั้น ไม่มีขั้นตอนที่ตายตัว ซึ่งก็จะเป็นการคิดที่พิจารณา จากประสบการณ์ที่มีการใช้งานที่คล้ายคลึงกัน และศึกษาในส่วนที่สัมพันธ์กับการใช้งานพิเศษที่ต้องการ เมื่อต้องเลือกเบร้ง เพื่อใช้กับเครื่องจักรใหม่ที่มีสภาพการใช้งานที่แปลกออกไป หรือมีสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย ภาพที่ 2.27 แสดงขั้นตอนการเลือกเบร้ง



ภาพที่ 2.27 ขั้นตอนการเลือกเบร้ง

2.2.2.3 ความเสียหายของเบร้ง

เบร้งเป็นชิ้นส่วนที่อาจเกิดการเสียหายหรือใช้งานไม่ได้เช่นเดียวกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอื่นๆ ด้วยสาเหตุนานประการ การเสียหายที่สืบเนื่องมาจากลำตัวของวัสดุ ถือว่าเป็นผลทางธรรมชาติที่เกิดจากการรับภาระ การชำรุดของเบร้งอาจเกิดจากข้อผิดพลาดอื่นๆ ที่ทำให้อายุการใช้งานสั้นลง ซึ่งส่วนใหญ่สามารถที่จะป้องกันไว้ล่วงหน้าด้วยมาตรการที่ เหมาะได้ลักษณะการเสียหายที่เกิดขึ้นในเบร้งมีหลายประการด้วยกัน ดังกล่าวในรายละเอียด ดังนี้

1. การแตกเป็นสะเก็ด (Flaking) ลักษณะการเสียหายแบบนี้ เกิดจากการล้าตัวเพียงเล็กน้อยของผิวรางลูกปืนและลูกปืน ซึ่งเป็นผลทำให้วัสดุแตกเป็นสะเก็ดที่ผิว ในระยะเริ่มแรกจะเกิดการแตกเป็นสะเก็ดเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและจะขยายตัวตามการหมุนต่อไปอีกอย่างรวดเร็ว สะเก็ดผงโลหะที่แตกออกมาจะบดและขัดสีผิวรางลูกปืนจนหยาบทั้งผิว โดยสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 แสดงฉีกรางลูกปืนที่ถูกขัดสีจนเป็นรอย

2. การร้าว (Crack) ลักษณะการร้าวตัวมีหลายแบบ ภาวะที่หนักเกินไปสามารถทำให้เกิดการร้าวตัวในทางปฏิบัติการแตกของเบร้ง โดยทันทีปรากฏน้อยมาก ภาวะที่สูงมากทำให้วัสดุตัวเร็ว ซึ่งเป็นต้นเหตุนำไปสู่การแตกหักได้ การอีกแหวนรางลูกปืนเรียบ แน่นเกินควรและการรองรับรางลูกปืนตัวนอกเพียงที่ขอบข้างด้านเดียวเท่านั้น สามารถทำให้เกิดการร้าวตัวที่แหวนรางลูกปืนได้



ภาพที่ 2.29 แสดงการร้าวตัวที่แหวนรางลูกปืน

3. รอยกดคดึก (Indentation) รอยกดคดึกในรางลูกปืน เกิดจากการแทรกตัวของวัสดุแปลกลดอมจากภายนอกโดยการกดของลูกปืนหรือจากการ เปลี่ยนรูปเฉพาะแห่งที่จุดสัมผัสของลูกปืน อันสืบเนื่องมาจากภาวะที่หนักเกินไปหรือภาวะแบบกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.30 แสดงรอยกดลึกในรางลูกปืน

4. รอยขีดสี (Smearing) เป็นลักษณะพิเศษของการกัดระยะแรก (Scuffing) ระหว่างผิวเลื่อนสองผิวที่วางซ้อนกัน ลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ เช่น ที่ลูกปืนและรางลูกปืน หากแบร์ริงบรรจุไฮดรอลิกเต็ม โดยที่ลูกปืนหยุดอยู่ในบริเวณที่มีรับภาระความเร่งโดยฉับพลันของลูกปืนจนกระทั่งถึงความเร็วปกติ ในขณะที่เคลื่อนเข้าไปสู่บริเวณที่มีภาระ สามารถทำให้เกิดรอยน้ำมันขึ้น



ภาพที่ 2.31 แสดงรอยขีดสี

5. การสึกหรอ (Wear) การสึกหรอในแบร์ริง มีสาเหตุที่สืบเนื่องจากการใช้งานตามปกติ ส่วนใหญ่เกิดจากข้อผิดพลาดในการหล่อชิ้นการซีล (Seal) ห้องแบร์ริงที่ไม่ดี สามารถทำให้ผงวัสดุแข็งผ่านเข้าไปในแบร์ริงและทำให้รางลูกปืนและต้นรางลูกปืนรวมทั้งรางลูกปืนสึกหรอด้วย การหล่อชิ้นไม่เพียงพอหรือขาดการหล่อชิ้น อาจนำไปสู่การสึกหรอได้เช่นกัน



ภาพที่ 2.32 แสดงการสึกหรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป สาเหตุการเสียหายของเบร้งส่วนใหญ่เกิดจากการประกอบไม่ถูกต้องฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมที่แทรกตัวเข้าไปอยู่ในเบร้งและการหล่อลื่นที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เพียงพอ ฉนวนหุ้มในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่สมบูรณ์อาจทำให้เกิดการรั่วของกระแสไฟฟ้า ช่างเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดการเสียหายของฟิวรัลถูกป็น แรงสั่นสะเทือนสูงๆในเครื่องจักรกออาจนำไปสู่การเสียหายของเบร้งได้เช่นกัน การเสียหายจากการล่าตัวของวัสดุตามอายุการใช้งานเป็นการเสียหายตามธรรมชาติซึ่งไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ ก่อนประกอบเบร้งเข้าไปแทนตัวที่เสียหายหรือชำรุดควรวิเคราะห์การเสียหายจากเบร้งนั้นเสียก่อน เพื่อป้องกันมิให้เบร้งตัวใหม่เสียหายหรือหมดอายุการใช้งาน ไปก่อนกำหนด

สาเหตุการเสียหายของเบร้งในเครื่องมือกล

1. การเสียหายเนื่องจากชนิดน้ำมันหล่อลื่นไม่ถูกต้อง ปกติเพลงานของเครื่องมือกลหมุนด้วยความเร็วรอบสูงและรับภาระสูงในการทำงานจึงจำเป็นต้องมีการหล่อลื่นเบร้งที่เหมาะสม การหล่อลื่นจะได้ผลดีเมื่อใช้น้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดเหมาะสมกับชนิดของงานเครื่องมือกลส่วนใหญ่จะประกอบด้วยชุดเฟืองทดรอบซึ่งทำหน้าที่ส่งกำลังและปรับความเร็วรอบให้ตรงกับความต้องการและเพลงาน โดย ส่วนประกอบทั้งสองมักจะรองรับอยู่ในห้องเครื่องเดียวกัน ดังนั้น เพื่อความสะดวกจึงมักจะใช้ระบบการหล่อลื่นชุดเฟืองทด รอบและเบร้งที่เพลงานด้วยระบบเดียวกัน ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นต้องเหมาะสมทั้งสำหรับการหล่อลื่นเบร้งของเพลงานและชุดเฟืองทดด้วย ผู้ผลิตเครื่องมือกลจะกำหนดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นที่ควรใช้สำหรับเครื่องมือกลแต่ละชนิดไว้ โดยจะแสดงไว้ในคู่มือประจำเครื่อง การใช้้ำมันหล่อลื่นที่มีความหนืดไม่ถูกต้องตามที่ผู้ผลิตเครื่องได้กำหนดไว้ได้พบเป็นจำนวนมาก เหตุที่เป็นเช่นนี้เกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน เช่น ช่างประจำเครื่องขาดความรู้ โดยอาจคิดว่าน้ำมันหล่อลื่นทุกชนิดเหมือนกันหมด หรือเป็นเพราะว่าไม่มีน้ำมันหล่อลื่นชนิดที่ต้องใช้อยู่ในโรงงาน เป็นต้น

2. การเสียหายเนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นในห้องเครื่องที่น้อยเกินไป จะทำให้การหล่อลื่นไม่ทั่วถึงและระบายความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีได้ไม่ทัน นอกจากนี้ ความร้อนที่เพิ่มสูงกว่าปกติ ทำให้ความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนไปด้วยการกล่อลื่นไม่ทั่วถึงและความหนืดของน้ำมันที่ไม่ถูกต้องจะยังผลให้เกิดการสึกหรอของเบร้งมากกว่าปกติ

3. การเสียหายเนื่องจากน้ำมันหล่อลื่นสกปรกหรือหมดอายุ สิ่งสกปรกที่แปลกปลอมอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น อาจเข้าไปแทรกตัวอยู่ในเบร้ง ตัวถูกป็นจะบดสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้บนฟิวรัล

ถูกป็น ซึ่งเป็นต้นเหตุที่นำไปสู่การเสียหายของฟิวแหวนรัลถูกป็น แม้ว่าห้องหรือห้องเฟืองทดรอบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเพลงานจะซิดด้วยอุปกรณ์ต่างๆ อย่างมิดชิดแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีผงแข็งหรือสิ่งสกปรกปรากฏอยู่ในห้องเฟืองสิ่งที่เป็นอันตรายต่อแบริง คือ ผง โลหะที่เกิดจากการแตกเป็นสะเก็ดของชุดเฟืองทด ในขณะที่ฟันเฟืองซิดสีกันเมื่อส่งกำลังหรือเกิดจากการกระทบกันของฟันเฟืองเมื่อเปลี่ยนชั้นความเร็วรอบก่อนที่เครื่องจะหยุดหมุน ควรเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่องเป็นระยะตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือกล

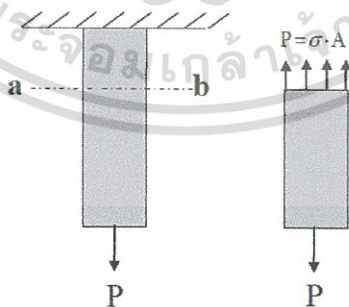
4. การเสียหายเนื่องจากการคลายตัวของอุปกรณ์ปรับช่องว่าง แบริงสำหรับเพลงานมักจะสามารปรับขนาดช่องว่างในแบริงในการประกอบได้ โดยใช้แหวนเกลียวขันปรับขนาดตามความต้องการ เพลงานที่ต้องหมุนกลับทางไปมาหรือรับแรงคัดสูงๆอาจทำให้อุปกรณ์ช่วยปรับขนาดช่องว่างเกิดการคลายตัวออกจากตำแหน่งเดิมได้ ช่องว่างในแวนร้อมที่เกดขึ้นทำให้เพลงานหมุนได้สูนยในขณะทำงานเป็นเหตุให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้น ซึ่งยังผลให้วัสดุแบริงล้าตัวเร็วขึ้น และอาจแตกเป็นสะเก็ดที่ผิวรางลูกปืนได้

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความแข็งแรงของวัตถุ

ในการออกแบบ โครงสร้าง และชิ้นส่วนเครื่องมือกลต่างๆ จะต้องพิจารณา 2 อย่าง คือ ชิ้นส่วนนั้น แข็งแรงพอที่จะรับแรงกระทำได้หรือไม่

1. ชิ้นส่วนนั้นแข็งแรงพอที่จะเปลี่ยนแปลงขนาดมากเกินไปหรือไม่

2. ในวิชากลศาสตร์ เราพิจารณาแรงในวัตถุโดยไม่คำนึงถึงขนาดที่เปลี่ยนแปลงไป แต่ในวิชา Strength of Materials เราจะพิจารณาทั้งสองอย่างดังนี้



ภาพที่ 2.33 ความเค้น

พิจารณาแท่งวัตถุอันหนึ่งที่มีพื้นที่หน้าตัดอยู่ภายใต้แรง P ถ้าแรง P ไม่มีค่ามากนักวัตถุจะยืดออกเล็กน้อยแล้วไม่ยืดต่อไปอีก ถ้าเราตัด Section a – b วัตถุจะอยู่ในสภาพสมดุล F นี้จะกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในเนื้อวัสดุเรียกว่าแรงภายในและจะกระจายไปทั่วหน้าตัดแรงที่กระทำต่ออนุภาคเล็กๆ ในเนื้อวัสดุหรือความเข้มข้นของแรงนั้นคือแรงต่อพื้นที่หน้าตัดจึงมีความสำคัญมาก

$$P = P\sigma \cdot A$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ เรียกว่า Stress ที่เกิดขึ้นในวัตถุ}$$

(2.19)

ความเค้นแบ่งเป็น 3 ชนิด

1. Tensile Stress σ_t (ความเค้นดึง) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงดึง (Tension)



ภาพที่ 2.34 ภาพความเค้นแรงดึง

$$\sigma_t = \frac{P}{A}$$

(2.20)

ข้อสังเกตพื้นที่หน้าตัด A ตั้งฉากกับแนวแรง P

Compressive Stress σ_c (ความเค้นอัด) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงกดอัด (Compression)



ภาพที่ 2.35 ภาพความเค้นแรงอัด

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

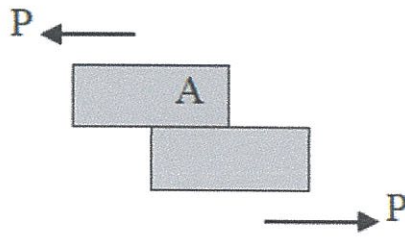
(2.21)

ข้อสังเกต พื้นที่หน้าตัด A ตั้งฉากกับแนวแรง P

Shear Stress τ (ความเค้นเฉือน) เกิดขึ้นเมื่อวัตถุอยู่ภายใต้แรงเฉือน (Shearing Force) แบ่งเป็น 2 ชนิด

1. ความเค้นเดี่ยว (Single Shear)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

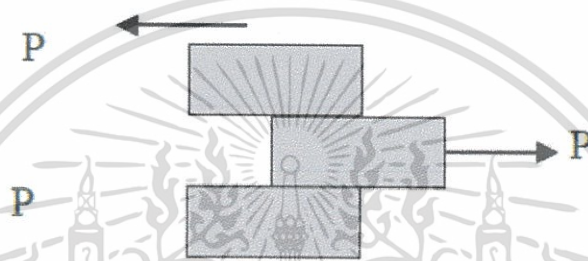


ภาพที่ 2.36 ภาพความเค้นเฉือน

$$\tau = \frac{P}{A}$$

(2.22)

2. ความเค้นคู่ (Double Shear)



ภาพที่ 2.37 ความเค้นคู่

$$\tau = \frac{P}{2A}$$

(2.23)

ข้อสังเกต พื้นที่หน้าตัด A ตั้งฉากกับแนวแรง P

หน่วยของ Stress

หน่วย FPS ปอนด์ / นิ้ว² หรือ psi

หน่วย MKS กก / มม²

หน่วย SI นิวตัน / ม² (N / m^2) แต่เป็นหน่วยเล็กบางครั้งจึงใช้

MN / m^2 หรือ GN / m^2

$1 MN / m^2$ (เมกะนิวตัน / ม²) = 106 นิวตัน / ม²

$1 GN / m^2$ (กิกะนิวตัน / ม²) = 109 นิวตัน / ม²

นิวตัน / ม² บางครั้ง เรียกว่า ปาสกาล (Pascal) เขียนย่อ Pa

ค่าความปลอดภัย ของวัสดุชนิดต่างๆในงานออกแบบเครื่องจักรกล ความปลอดภัยของวัสดุชนิดต่างๆที่นำไปใช้ในการออกแบบดังนี้ โดยทั่วไปแล้วค่าความปลอดภัย หมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านแรงดึงหรือความต้านแรงดึงครากของวัสดุเพื่อให้ความเค้นใช้งาน (Working) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stress) ในชิ้นส่วนที่กำลังออกแบบซึ่งเรียกสั้นๆ ว่า ความเค้นออกแบบ (Design Stress) หรือความเค้นใช้งาน ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าชนิดหนึ่งมีความต้านแรงดึง และความต้านแรงดึง ครากเท่ากับ $700 \text{ MN} / \text{m}^2$ และ $420 \text{ MN} / \text{m}^2$ ตามลำดับ และการออกแบบชิ้นงานหนึ่ง โดยใช้เหล็กกล้าชนิดนี้ ผู้ออกแบบคิดว่าตามลักษณะการใช้งานแล้วความเค้นใช้งานควรจะไม่เกิน $140 \text{ MN} / \text{m}^2$ ฉะนั้น ค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึง เป็นหลัก คือ

$$N_u = \frac{700}{140} = 5 \quad (2.24)$$

และค่าความปลอดภัยเมื่อถือความต้านแรงดึงครากเป็นหลักคือ

$$N_y = \frac{420}{140} = 3 \quad (2.25)$$

ในกรณีที่ได้มีการกำหนดขนาดของชิ้นงานมาแล้ว ค่าความปลอดภัยของชิ้นงานนั้นคือ

$$N_u = \frac{\text{ความต้านแรงดึง}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}} \quad (2.26)$$

$$N_y = \frac{\text{ความต้านแรงดึงคราก}}{\text{ความเค้นที่คำนวณได้}} \quad (2.27)$$

สำหรับปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non Linear) เช่น ท่อโลหะ หรือเสาที่อาจจะเสียหาย เนื่องจากการ โกงงจะต้องใช้ค่าความปลอดภัยกับแรงที่มากระทำโดยตรงแทนที่จะใช้ความเค้น ทั้งนี้เพราะในปัญหาแบบไม่เชิงเส้นความเค้นที่เกิดขึ้นในงานอาจจะมีได้แปรผัน โดยตรงกับแรง ในกรณีเช่นนี้

$$N = \frac{\text{แรงที่ทำให้แตกหัก}}{\text{แรงที่ใช้ออกแบบ}} \quad (2.28)$$

ค่าความปลอดภัยที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับตัวประกอบจำนวนมากดังนี้

1. ชนิดของแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานว่าเป็นแรงที่จัดอยู่ในประเภทอยู่หนึ่งหรือเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลาขณะใช้งาน
2. ลักษณะการใช้งานของชิ้นงานว่าเกี่ยวข้องกับการที่อาจจะสูญเสียชีวิตหรือทรัพย์สินจำนวนมากหรือไม่
3. น้ำหนักของชิ้นงานว่ามีความจำเป็นที่จะต้องเบาหนักที่สุดหรือไม่ เช่น ชิ้นส่วนสำหรับเครื่องบิน เป็นต้น ในกรณี เช่นนี้ การใช้ค่าความปลอดภัยจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จำนวนของชิ้นงานที่จะออกมา ถ้าผลิตครั้งละมากๆ ควรจะระมัดระวังในการใช้ค่าความปลอดภัยที่ไม่สูงจนเกินไปไปทั้งนี้เพื่อที่จะให้ประหยัด วัสดุได้มากที่สุด

5. เนื้อวัสดุที่ผลิตออกมาอาจไม่สม่ำเสมอจนทำให้ความสามารถในการรับแรงต่างกัน สำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการออกแบบน้อย ก็อาจจะใช้ค่าที่แนะนำในตารางที่ 2-1 เป็นแนวทางการคำนวณออกแบบได้

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว		เหล็กหล่อและโลหะเปราะ
	Ny	Nu	Nu
แรงยู่บึง	1.5 - 2	3 - 4	5 - 6
แรงซ้ำอยู่ที่ศทางเดียวหรือ กระแทกเล็กน้อย	3	6	7 - 8
แรงซ้ำสองทิศทางหรือ แรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10 - 12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5 - 7	10 - 15	15 - 20

ตารางที่ 2.5 ค่าความปลอดภัย

ค่าที่นำมาใช้กับงานเครื่องมือกลอุปกรณ์และเครื่องมือกล เมื่อให้บริการระดับ (I) ให้ใช้ค่าเต็มตาราง รับภาระเปลี่ยนแปลง (II) ให้ใช้ค่า 0.6 เท่าของค่าในตาราง รับภาระสลับให้ใช้ค่า 0.3 เท่าของค่าในตารางของกรณีภาระ H

ในกรณีที่ค่าความเค้นเฉือนแตกหักของรอยเชื่อมจุดที่ได้จากการดึงทดสอบจะกำหนดค่า

$$\tau_{all} = \frac{\tau_{BW}}{S_B}$$

เมื่อความปลอดภัยต่อการแตกหัก $S_B \approx 2 \dots 6$ โดยไม่จำเป็นต้องคำนวณตรวจสอบค่า σ_1

ประเภทความเค้น	วัสดุ					
	St 37 กรณีภาระ		St 46 กรณีภาระ		St 52 กรณีภาระ	
	H	HZ	H	HZ	H	HZ
เมื่อได้ตรวจสอบภาระโค้งแล้ว						
τ_{all}	90	100	110	120	135	155
รอยเชื่อมเดียว $\sigma_{1 all}$	250	290	305	340	380	430
รอยเชื่อม สอง รอย $\sigma_{1 all}$	350	400	425	475	525	600
เมื่อไม่สามารถหลีกเลี่ยงจากการกดโค้งได้						
τ_{all}	100	115	125	140	155	175
รอยเชื่อมเดียว $\sigma_{1 all}$	290	325	350	395	430	485
รอยเชื่อม สอง รอย $\sigma_{1 all}$	400	450	485	550	600	675

ตารางที่ 2.6 ค่าความเค้นอนุญาต τ_{all} (หน่วย N/mm²) สำหรับการยึดด้วยการเชื่อมจุด โครงสร้าง

เหล็กเบาตาม DIN 4115 (สามารถอินเทอร์โพเลตค่าได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์วัสดุ	ค่าความเค้น N/mm ²		คุณสมบัติลักษณะอย่างการใช้งาน
	R _m	R _e	
เหล็กกล้าสร้างทั่วไป DIN 17 100 ¹			เหล็กกล้าคาร์บอนไม่เจือ ส่วนมากเป็นเหล็กกล้าใช้ทำชิ้นส่วนทุกประเภทในงานเครื่องกลและงานโครงสร้างเหล็ก ชิ้นงานที่ไม่ใช่ชิ้นงานหลักที่รับภาระน้อย
St 33 - 1	330..500	190	ในงานก่อสร้าง
USt 34 - 1, -2	340..420	210	
RSt 34 - 2			ชิ้นส่วนทั่วไปในงานเครื่องจักรกลและงาน
USt 37 - 1, -2	370..450	240	โครงสร้างเหล็กที่รับภาระไม่มาก เหล็กกล้ารูปพรรณ ชิ้นส่วนทุบขึ้นรูป ขึ้นรูปได้ดี
RSt 37 - 2			เชื่อมประสานได้ดี ชิ้นส่วนที่รับภาระไม่
St 37 - 3			มาก เฟลา แอกเซล (Axle) ช้อเหวี่ยง แขน
USt 42 - 2	420..500	260	ขึ้นรูปได้ดี เชื่อมประสานได้ดี
RSt 42 - 2			เหล็กกล้าส่วนมากรับภาระปานกลาง แอก
St 42 - 3			เซล (Axle) เฟลา โบลต์ สปริงเคิล ช้อ
St 50 - 2	500..600	300	เหวี่ยง ขึ้นรูปได้ดี พอเชื่อมประสานได้ดี ขอบ
			แข็งได้น้อย ชิ้นส่วนรับแรงได้สูงและทนการ
			สึกหรอ เหลาฉลึง ลวมอัด ลิ่มอัด ลิ่มส่ง
			กำลัง สปริงเคิล เพืองรับ เพืองหนอน หอ
St 60 - 2	600..720	340	เชื่อมประสานได้ ขอบแข็งได้ อบให้มีความ
			เค้นสูงได้ กระบวนการผลิตแมง
สัญลักษณ์วัสดุ	ค่าความเค้น N/mm ²		คุณสมบัติลักษณะอย่างการใช้งาน
	R _m	R _e	
St 70 - 2	700..850	370	ชิ้นส่วนที่รับภาระสูง แรงและทนการ
			สึกหรอ เครื่องมือ แม่พิมพ์ ลูกรีด ลูก
			เบี้ยว ชิ้นส่วนควบคุม เชื่อมประสานไม่ได้
			ขอบแข็งได้มาก อบให้มีความเค้นสูงได้ ทำ
			การผลิตยาก
St 52 - 3	520..620	360	ชิ้นส่วนรับภาระสูงในงานโครงสร้างเหล็ก
			คอนและสะพาน เชื่อมประสานได้ดี

ตารางที่ 2.7 การเลือกใช้วัสดุสำหรับเครื่องมือกลทั่วไป

(ที่มา มาตรฐาน ตันตระบัณฑิตย์, 2540: 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Material	Elastic modulus MN/m ²	Tensile Strength σ_u MN/m ²	Yield Strength σ_y MN/m ²	Shear Strength MN/m ²	Modulus Of Rigidity MN/m ²
St 37	210,000	370	240	140	80,000
St 42	210,000	420	250	160	80,000
St 50	210,000	500	300	200	80,000
St 52	210,000	520	320	200	80,000
St 60	210,000	600	360	220	80,000
St 70	210,000	700	420	260	80,000
37 Mn Si 5	210,000	1000	750	280	80,000
Al Cu Mg	72,000	420	280	130	28,000

ตารางที่ 2.8 คุณสมบัติของเหล็กกล้าตามมาตรฐานเยอรมัน (DIN)
(ที่มา ชนะ กติการ, 2526: 443)

สรุปการออกแบบโครงสร้างผู้เขียนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจและการนำไปใช้เกี่ยวกับความแข็งแรงวัสดุ คือความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) ความเค้นอัด (Compressive Stress) ความเค้นเฉือน (Shear Stress)

2.4 ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และหลักการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

2.4.1 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method (FEM))

วิธีการ (Finite Element Method (FEM)) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาด้านวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์ปัญหาด้านวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์ stress strain, displacement เป็นต้น ซึ่งหากใช้การคำนวณเพียงตัวเลขอย่างเดียวจะทำให้ไม่สามารถเห็นผลลัพธ์ที่ออกมาได้ และบางวิธีต้องใช้การคำนวณด้วยมือ ซึ่งทำให้ไม่สามารถเห็นผลลัพธ์ที่ออกมาได้ และบางวิธีต้องใช้การคำนวณมือ ซึ่งทำให้ซับซ้อนยุ่งยากในการวิเคราะห์ ปัญหาด้านวิศวกรรม ดังนั้นหากใช้วิธีการ FEM ในการเขียน โปรแกรมและใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณจะทำให้สะดวกและง่ายต่อการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรมและยังสามารถแสดงเป็นกราฟฟิคออกมาได้ด้วยอีก

Finite Element Method (FEM) เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและสร้างสมการตัวแปรขึ้นมา จากนั้นรวบรวมสมการเป็นแบบ Matrix แล้วใช้วิธีการเขียน โปรแกรมเพื่อแก้ไขสมการที่เกิดขึ้น สุดท้ายจะได้ค่าตัวแปรออกมา วิธีการ FEM จะใช้หลักการ โดยแบ่งโครงสร้างออกมาเป็นชิ้นเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า Element แต่ละ Element จะเชื่อมต่อกันด้วยชุดของ node แล้วกลุ่มของ Element และ node จะอยู่ติดกันเป็นกลุ่มเรียกว่า Finite Element Model

สำหรับชิ้นงานที่ทำการวิเคราะห์จะใช้ Finite Element Model เพื่อนำไปจำลองเป็นสมการตัวแปรที่อยู่ในรูปแบบ matrix แล้วนำไปคำนวณค่าผลลัพธ์ออกมาซึ่งหมายความว่าความถูกต้องของผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับขนาดของ Element ยิ่งขนาดเล็กเท่าไรความถูกต้องจะยิ่งสูงมากขึ้นตามไปด้วย แต่ความถูกต้องจะแปรผกผันกับเวลา คือ ยิ่ง Element ขนาดเล็กมาก ก็จะต้องสูญเสียเวลาในการคำนวณมากขึ้นตามไปด้วย การที่ภายในชิ้นงานนั้นสามารถแบ่งจำนวนของ Element ได้มาก การคำนวณก็ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงและเวลาในการคำนวณมากขึ้น เช่น ชิ้นงานถูกแบ่งออกเป็น 10000 Element จะต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ แบบ FEM อยู่ 120 วินาที แต่ถ้าชิ้นงานถูกแบ่งออกเป็น 20000 Element จะต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ด้วยวิธี FEM นานถึง 6-10 เท่า การแบ่ง Element ของ FEM จะมีหลักการแบ่งอยู่ 3 วิธี

1. แบ่งแบบ One Dimension Element เป็นแบบจำลองของโครงสร้างของชิ้นงานที่มีรูปทรงยาวเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวจะมีค่ามากกว่าความกว้าง
2. แบ่งแบบ Two Dimension Element เป็นแบบจำลองของโครงสร้างของชิ้นงานบางเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิวจะมีค่ามากกว่าความหนาของชิ้นงาน
3. แบ่งแบบ Three Dimension Element เป็นแบบจำลองของโครงสร้างของชิ้นงานบางเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ผิว

หลักการ Finite Element Method เป็นวิธีการประเมินค่าคำตอบวิธีหนึ่ง โดยใช้วิธีการแบ่งชิ้นงานออกเป็น Element เล็กๆ ซึ่งแต่ละ Element ที่ติดกันจะใช้ Node ร่วมกันแต่ละ Element ที่ติดกันจะใช้ Node ร่วมกัน โดยแต่ละ Element สามารถส่งถ่ายแรง Stress หรือ Displacement ต่อกันไปเรื่อยๆ เป็นลูกโซ่ไปจนถึง Element ตัวสุดท้าย ซึ่งทำให้เห็นผลลัพธ์หรือพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อชิ้นงานถูกแรงกระทำ

2.4.2 หลักการและวิธีวิเคราะห์ด้วย Finite Element Method (FEM) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solidworks ทั้งในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ที่มีมาตราส่วนเท่าของจริงและวิเคราะห์ปัญหาทางด้านวิศวกรรม ซึ่งตัวโปรแกรมสามารถวิเคราะห์โครงสร้างความเค้นคัดและการโก่งตัวของท่อแบบจุดยึดอย่างง่าย (Simple Supported) และแบบยึดปลายแน่นสองข้าง (Fixed-Ends) เมื่อมีภาระการโหลดแบบต่างๆ มากกระทำ ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กระบวนการ ดังนี้

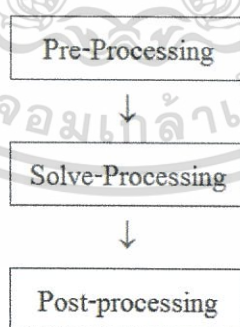
1. การ Pre-processing เป็นการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์และกำหนดข้อมูลทางกายภาพให้กับแบบจำลองเพื่อทำการประมวลผล โดยมีข้อมูลสำคัญดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3 มิติ
2. กำหนดประเภทและชนิดของวัสดุที่จะวิเคราะห์
3. กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ (Properties of Material)
4. การแบ่งแบบจำลอง (Mesh) โดยโปรแกรมจะสร้าง Element และกำหนดจุดต่อ (Node)
5. กำหนดเงื่อนไขขอบซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการยึดทางกายภาพ
6. การกำหนดภาระที่กระทำกับแบบจำลองโดยมีหลายลักษณะ เช่น แรงกระทำ, แรงกระจายสม่ำเสมอ และอื่นๆ

2. การ Solve-Processing เป็นการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยสามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. โปรแกรมทำการสร้างโหลด Local Stiffness Matrix และสร้าง Element Force Vector ของแต่ละ Element
2. ประกอบ Local Stiffness Matrix และ Element Force Vector ของทุก Element เข้าเป็น Global Stiffness Matrix และ Global Force Vector ตามลำดับ
3. โปรแกรมจะตัดสมการที่ตรงกับเงื่อนไขขอบเท่ากับศูนย์ออก
4. แก้สมการ $[K]\{D\} = \{F\}$ จะได้ระยะการขจัดความเค้น และความเครียด

3. การ Post-Processing เป็นการแสดงการวิเคราะห์ที่ได้ออกมาในแบบกราฟฟิกโดยรายละเอียดของการวิเคราะห์ด้วยวิธี Finite Element Method (FEM) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสามารถแสดงเป็นแผนภาพได้ ดังนี้



ภาพที่ 2.24 กระบวนการวิเคราะห์ Finite Element Method ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

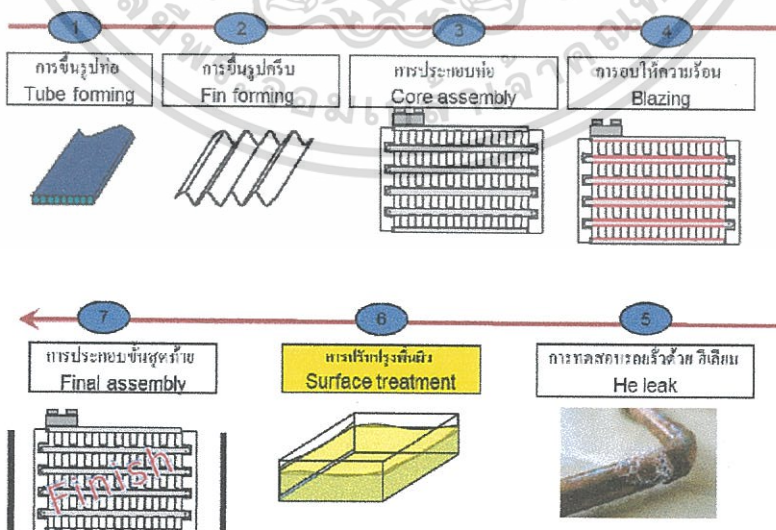
บทที่ 3

การวิเคราะห์ปัญหา และการศึกษาแนวทางการแก้ไขของชุดอีวาพอเรเตอร์

3.1 ศึกษากระบวนการผลิต

สำหรับขั้นตอนการผลิตอีวาพอเรเตอร์ ที่ทำการศึกษามีขั้นตอนการผลิต 7 ขั้นตอนดังนี้

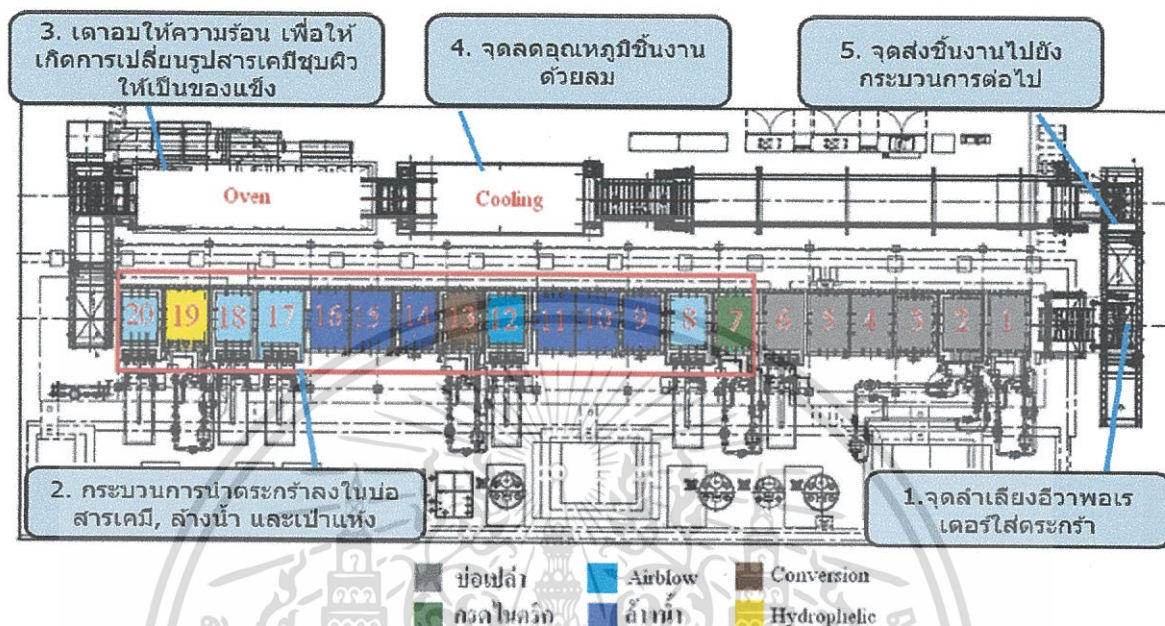
- 1) การขึ้นรูปท่อ (Tube forming) เป็นกระบวนการขึ้นรูปท่อ
- 2) การขึ้นรูปครีบริบ (Fin forming) เป็นกระบวนการในการทำครีบริบระบายความร้อน
- 3) การประกอบท่อ (Core assembly) เป็นกระบวนการที่นำ ท่อ และ ครีบริบ ในกระบวนการที่ 1 และ 2 มาประกอบเข้าด้วยกัน
- 4) การอบให้ความร้อน (Blazing, Heating in oven) เป็นที่นำอีวาพอเรเตอร์ที่ประกอบเข้าด้วยกันในขั้นตอนที่ 3 มาทำการอบให้ความร้อนเพื่อเป็นการคลายความเค้น ความเครียด
- 5) การทดสอบรอยรั่วด้วย ฮีเลียม (He leak test) เป็นกระบวนการในทำสอบ
- 6) การปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) เป็นกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวของอีวาพอเรเตอร์ ด้วยกระบวนการ Hydrophilic เพื่อลดการเกาะตัวของน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกลิ่นอับที่ระบบปรับอากาศในรถยนต์
- 7) การประกอบชิ้นสุดท้าย (Final assembly) เป็นกระบวนการในการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นขั้นตอนสุดท้าย



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตอีวาพอเรเตอร์ทั้ง 7 ขั้นตอน

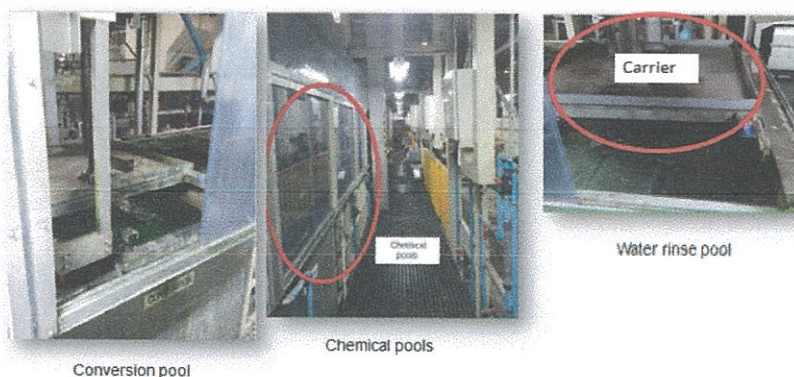
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการวิเคราะห์ครั้งนี้จะมุ่งเน้นในส่วนของกระบวนการที่ 6 การปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) เป็นกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวของอิวาพอเรเตอร์ ด้วยกระบวนการ Hydrophilic ซึ่งมีรายละเอียดของกระบวนการ ดังนี้



ภาพที่ 3.2 ผังเครื่องจักรในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment)

เครื่องชุบผิวอิวาพอเรเตอร์จะทำงาน โดยเริ่มจากลำเลียงอิวาพอเรเตอร์ใส่ตระกร้าที่จุด Loading (1) ตะกร้าจะถูก Carrier ยกและนำจุ่มลงบ่อสารเคมีต่างๆเริ่มจากบ่อกรดไนตริก (บ่อสารเคมีสีเขียว) ถูกเป่าลม (บ่อสีฟ้า) ด้วยเครื่องเป่าลมเพื่อขจัดกรดส่วนเกินออกไปและถูกล้างด้วยน้ำ RO (น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองพิเศษจะไม่มีแร่ธาตุเจือปนอยู่ เป็นน้ำที่สะอาดเหมาะกับกระบวนการชะล้างเพื่อป้องกันการปนเปื้อน) ที่บ่อน้ำเงิน ส่วนบ่อ Conversion จะเป็นสารเคมีเพื่อปรับสภาพผิวของอิวาพอเรเตอร์ก่อนการเคลือบผิวจริงและบ่อ Hydrophilic จะเป็นสารเคมีที่เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งเมื่อโดนอบด้วยความร้อนจากเตาอบ

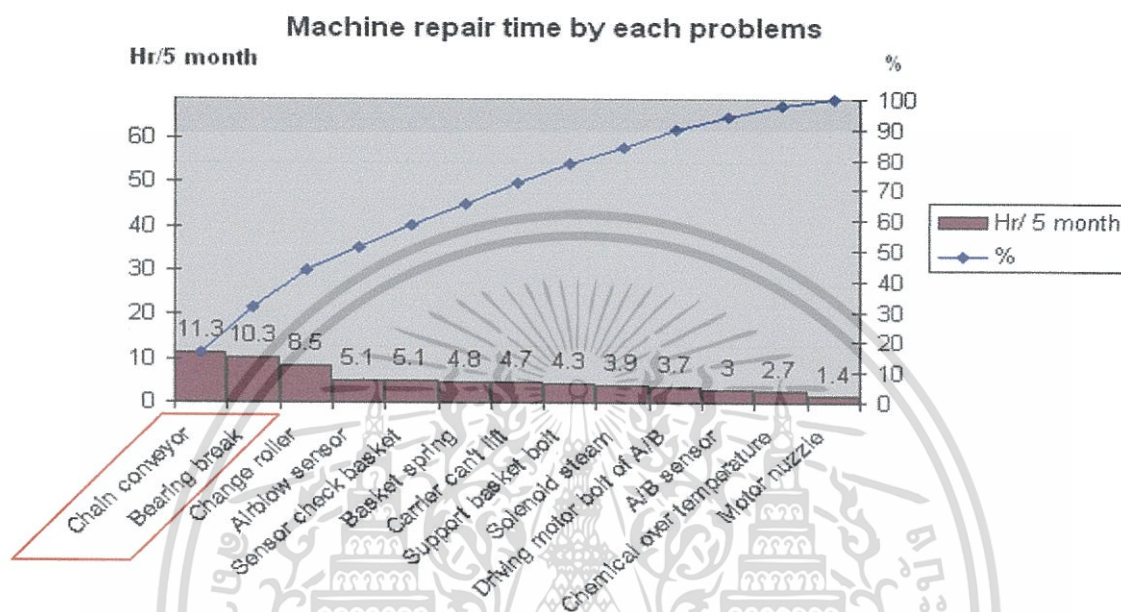


ภาพที่ 3.3 ภาพเครื่องจักรในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเท่านั้น เมื่อคุณได้เข้ามาใช้เอกสารนี้เป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ตำรวจสภาพปัญหา

จากการศึกษารวบรวมข้อมูล ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอิวาพอเรเตอร์ และนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์โดยการวาดกราฟพาร์โต เพื่อแสดงจำนวนชั่วโมงที่หยุดเครื่องจักรเพื่อการซ่อมบำรุงในระหว่างเดือนมีนาคม - กรกฎาคม 2559 และสาเหตุของปัญหา ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 เวลาซ่อมบำรุงเครื่องจักรในระหว่างเดือนมีนาคม-กรกฎาคม 2559

โดยผลจากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ทำให้สามารถระบุปัญหาหลัก 2 ข้อที่ทำให้ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อการซ่อมบำรุง และเป็นปัญหาที่ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไปมีดังนี้

- 1) โซ่ลำเลียงตะกร้า (Conveyor chain) ตืดขัดและขาด



ภาพที่ 3.5 ภาพ โซ่ลำเลียงที่มีในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ก่อนการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

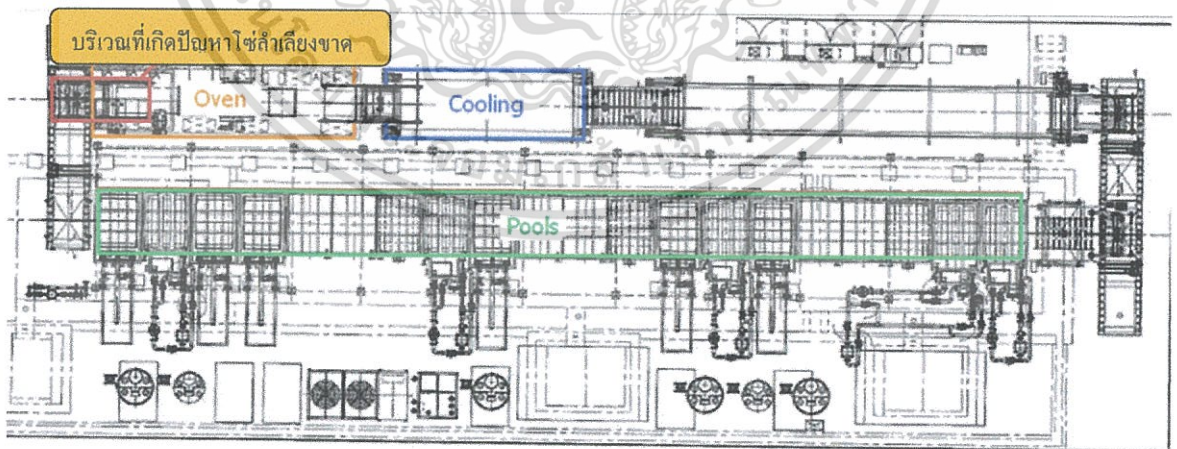
2) แบร้งติดขัด



ภาพที่ 3.6 ภาพแบร้งในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ก่อนการแก้ไข

3.2.1 ปัญหาที่1: โซล้าเลียงตะกร้าในติดขัดและขาด

จากการสำรวจสภาพหน้างานพบว่าโซล้าเลียงในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ดังภาพที่ 3.7 ซึ่งทำหน้าที่ส่งแรงขับเคลื่อนเพื่อ มีคราบสารเคมีเกาะตามโซล้าเลียง ซึ่งเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวของอีวาพอเรเตอร์ อาจทำให้เกิดการติดขัดของโซล้าเลียงได้ สำหรับในประเด็นที่โซล้าเลียงขาดเพื่อเป็นการตรวจสอบ จึงจำเป็นต้องคำนวณค่าภาระงาน (Load) ที่ใช้งานว่าเกินค่า Yield strength และ Endurance limit ของ Fatigue failure หรือไม่ Safety factor เป็นอย่างไร



ภาพที่ 3.7 แสดงบริเวณที่เกิดปัญหาโซล้าเลียงขาดในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

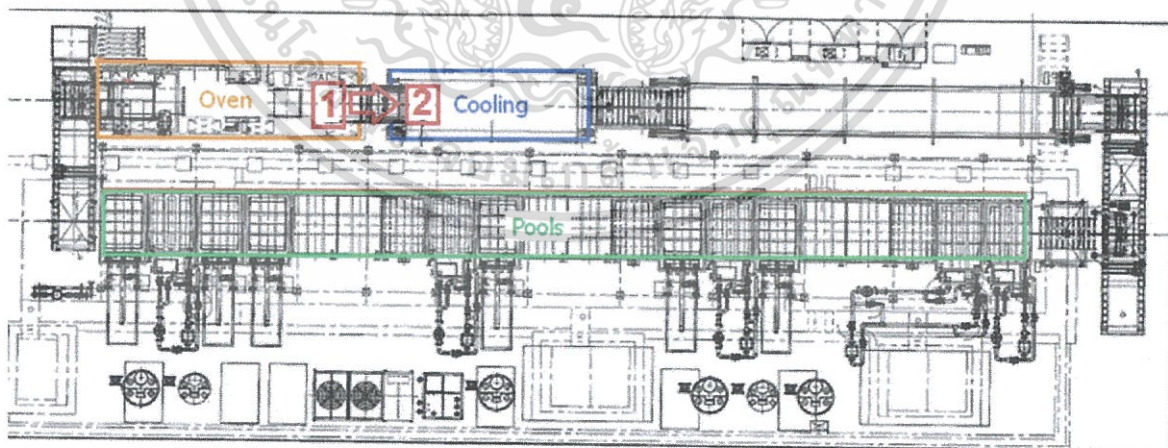
3.2.2 ปัญหาที่ 2: แบร็งติดขัด

จากการสำรวจสภาพหน้างานพบว่าแบร็งในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ดังรูปที่ 3.8 มีความสกปรกและคราบสารเคมีเกาะติดแบร็งเป็นปริมาณมาก ซึ่งอาจเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิวของอีวาพอเรเตอร์ ซึ่งคราบเคมีเหล่านี้อาจผ่านเข้าไปในตลับลูกปืนทำให้เกิดการสึกหรอได้



ภาพที่ 3.8 แสดงแบร็งติดขัดในกระบวนการการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment)

จากภาพเครื่องจักรมีปัญหาเพลาที่สวมกับแบร็งติดขัดจนเป็นสาเหตุให้เครื่องจักรไม่สามารถลำเลียงชิ้นงานจากบริเวณ(1) ไป (2) ดังภาพที่ 3.9 ได้



ภาพที่ 3.9 แสดงบริเวณที่เกิดปัญหาแบร็งและเพลาติดขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การตรวจสอบสมมติฐาน โดยใช้โปรแกรม Solidworks

4.1 วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุ

4.1.1 ปัญหาโซ่ลำเลียง

โซ่ลำเลียงตะกร้า (Conveyor chain) จากปัญหาโซ่ขาดจึงต้องการศึกษาสาเหตุการขาดของโซ่เพื่อหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม โดยเริ่มจากวิเคราะห์ว่าโซ่จะเสียหายที่บริเวณใด ซึ่งตามทฤษฎีระบบส่งกำลังด้วยโซ่เมื่อโซ่เกิดการเสียหายจะพิจารณาที่ 2 บริเวณ คือ แผ่นประกบ หรือที่ลูกกลิ้ง โดยเริ่มจากพิจารณาความเสียหายตามสมการที่ 2.4 ความเสียหายที่เกิดจากความล้าตรงแผ่นประกบ

$$HP_s = K_s n^{1.08} \omega^{0.9} p^{3.0-0.07p} \quad (2.4)$$

ข้อมูลในการคำนวณ

- เฟืองที่ใช้สำหรับ RS60 มาตรฐาน ANSI มีจำนวนฟัน $N = 17$ ซี่
- ความเร็วในการหมุน $\omega = 10$ Rev/min
- ค่าคงที่ $K_r = 0.004$
- ระยะ pitch ของโซ่ $P = 19.05$ mm = 0.75 in

ขีดจำกัดแผ่นกบ

$$H_1 = 0.004 N_1^{1.08} n_1^{0.9} p^{(3-0.07p)}$$

$$H_1 = 0.004 (17^{1.08}) (10^{0.9}) (0.75)^{(3-0.07(0.75))} = 0.29 \text{ hp}$$

พิจารณาความเสียหายตามสมการที่ 2.5 อายุการใช้งานของลูกกลิ้งและสลัก (15,000 ชั่วโมง)

$$HP_r = \frac{K_r n^{1.5} p^{0.8}}{\left(\frac{\omega}{100}\right)^{1.5}} \quad (2.5)$$

ข้อมูลในการคำนวณ

- เฟืองที่ใช้สำหรับ RS60 มีจำนวนฟัน $N_1 = 17$ ซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วในการหมุน $n_1 = 10 \text{ Rev/min}$
- ค่าคงที่ $K_r = 17$
- ระยะpitchของโซ่ $P = 19.05 \text{ mm} = 0.75 \text{ in}$

ขีดจำกัดลูกกลิ้ง

$$H_2 = \frac{1000K_r N_1^{1.5} p^{0.8}}{n_1^{1.5}}$$

$$H_2 = \frac{1000(17)(17^{1.5})(0.75^{0.8})}{10^{1.5}} = 29 \text{ khp}$$

จากผลการคำนวณพบว่าขีดจำกัดที่แผ่นประกบมีค่าน้อยกว่าอายุการใช้งานของลูกกลิ้งและสลัก จึงพิจารณา คำนวณแรงที่กระทำต่อแผ่นประกบเพื่อพิจารณาว่าโซ่จะเกิดความเสียหายหรือไม่
พิจารณาแรงที่ส่งไปยังโซ่ โดยมีข้อมูลในการพิจารณาดังนี้

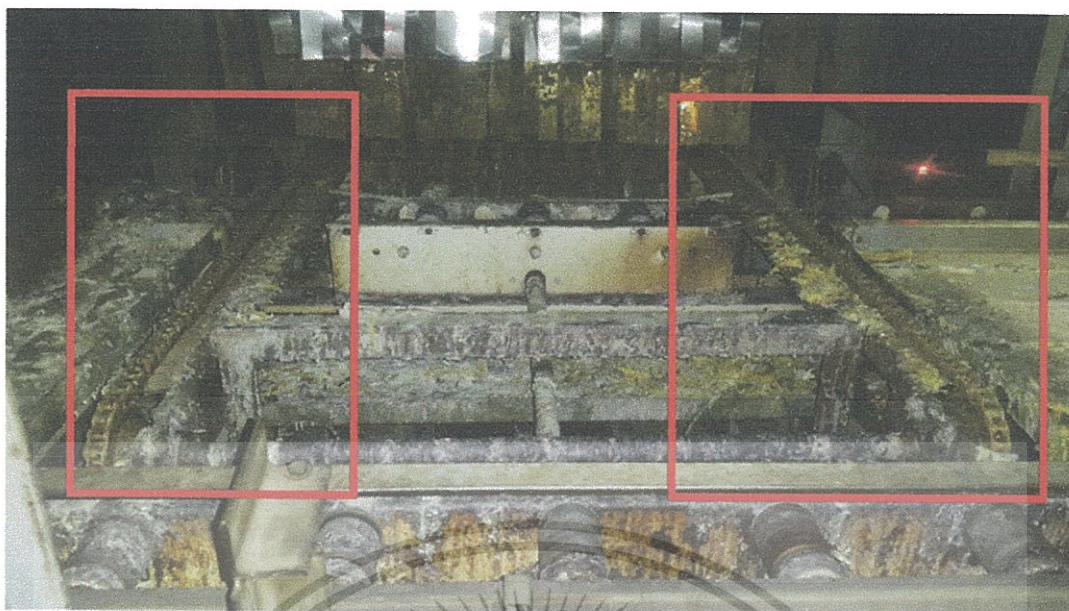
- แผ่นประกบโซ่ RS60 ที่รับแรงจากมอเตอร์ ยี่ห้อ TRANSTECNO
- รายละเอียดมอเตอร์ ยี่ห้อ TRANSTECNO : CM-090-U25-100/112-SCDX 2.2KW 3phase
380V/220V แรงบิดOutput = 159 N.m ,Safety factor = 1.8, อัตราทด $i = 25$

คำนวณหาแรงที่กระทำต่อโซ่ตามสมการ $T = FL$ (L คือ รัศมีเฟือง)

$$F = T/L = 159 \text{ N.m} / 0.104 \text{ m}$$

$$F = 1529 \text{ N}$$

จะได้ค่าแรงที่ส่งผ่านโซ่ 1529 N โดยโซ่ส่งกำลังมี 2 เส้น

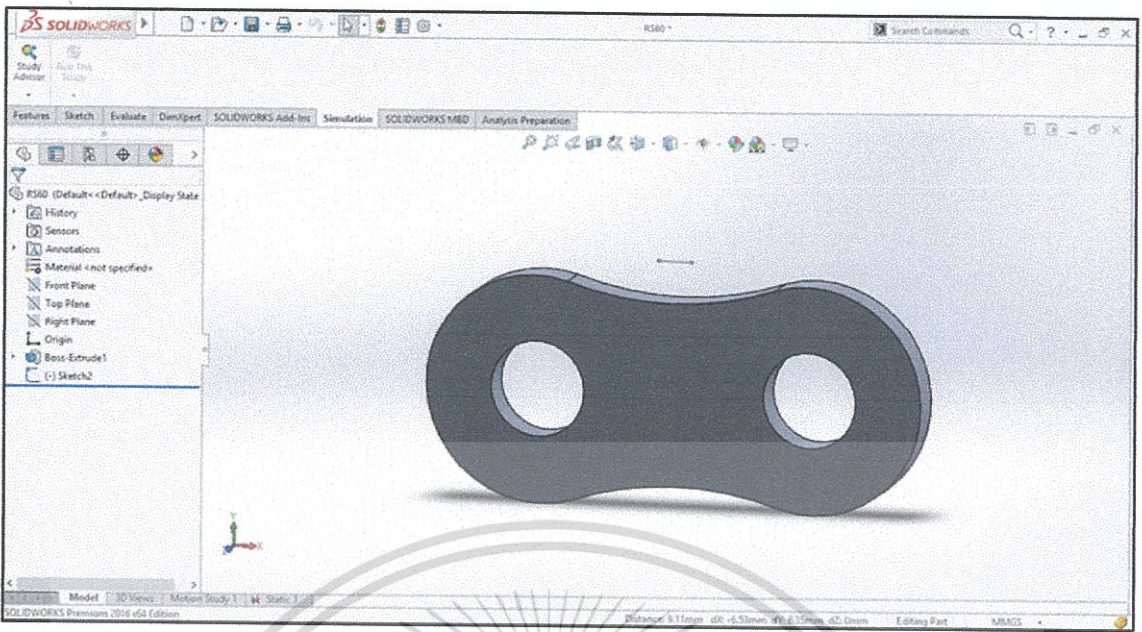


ภาพที่ 4.1 แสดงโซ่รับแรงจำนวน 2 สาย

$$\text{โซ่แต่ละเส้นรับแรง} = \frac{F}{2} = \frac{1,529}{2} = 764.5 \text{ N}$$

เพื่อเป็นการตรวจสอบภาระงานของโซ่ว่าสามารถรับแรงได้เพียงพอหรือไม่ จึงได้ทำการคำนวณตามวิธีการทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method ;FEM) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาคำนวณวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์ปัญหาคำนวณวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์ stress strain โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solidworks ทั้งในการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ที่มีมาตราส่วนเท่าของจริงและวิเคราะห์ปัญหาทางคำนวณวิศวกรรม ดังต่อไปนี้

1. ทดสอบชิ้นส่วนที่รับแรงของโซ่ RS60 ใส่ขนาดส่วนโค้ง รูปร่างประกอบตามขนาดในภาคผนวก ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 สร้างชิ้นส่วนแผ่นประกบไซ้

2. ในโปรแกรมจะมีเครื่องมือกำหนดจุดชิ้นงาน ในกรณีนี้ยึดชิ้นงานไว้ที่บริเวณพื้นที่สี่ฟาดัง

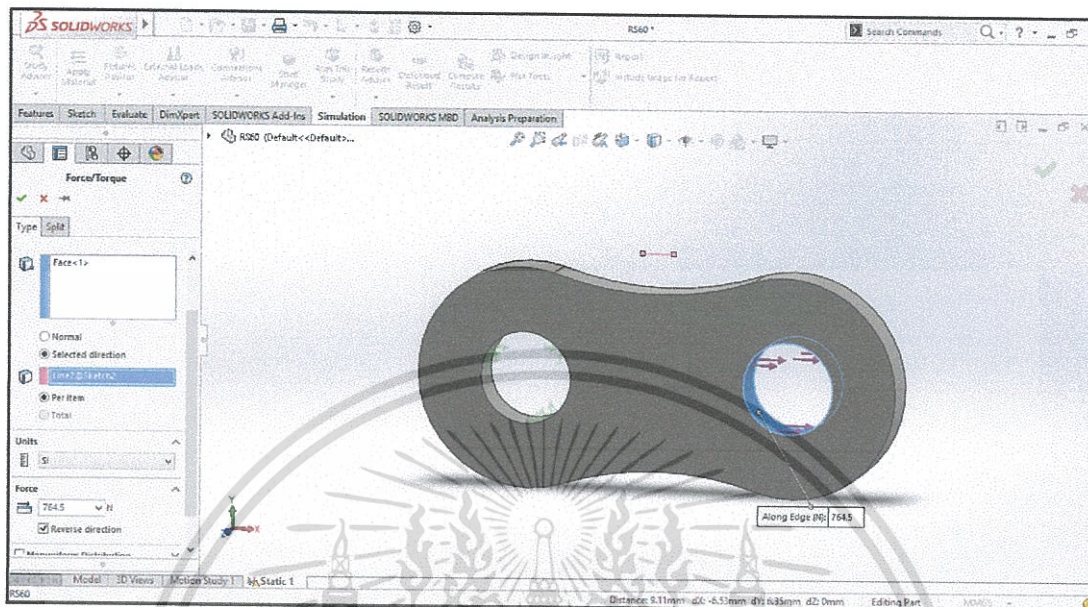
ภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กำหนดด้านหนึ่งถูกยึดไว้

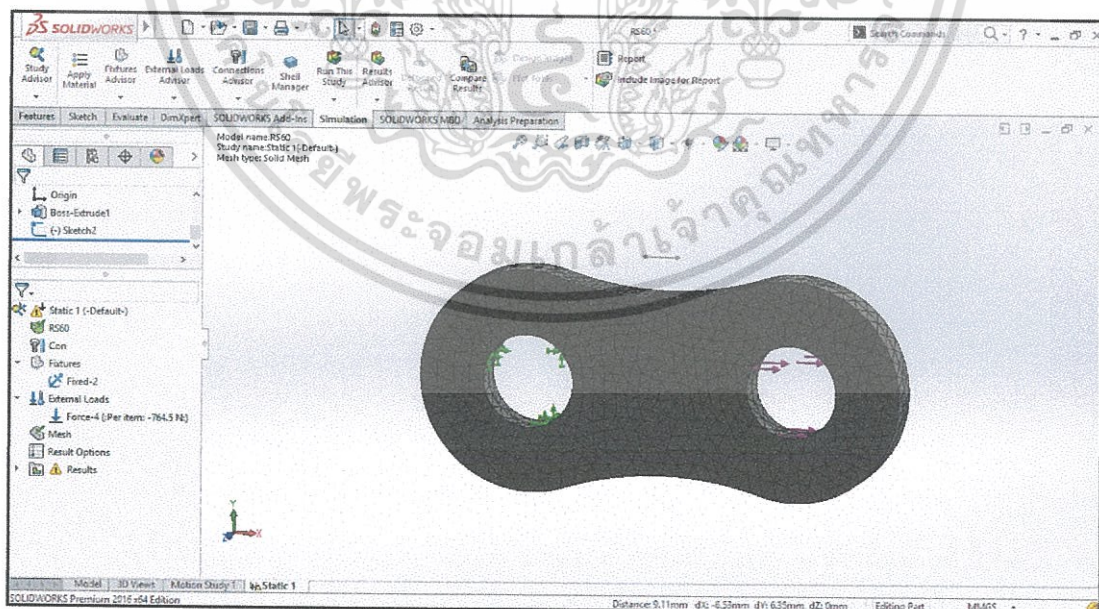
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดอีกด้านของรูแผ่นประกบถูกแรงดึงด้วยแรง 764.5 N ในทิศทางตามลูกศร ดังแสดง
ในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การใส่แรงดึง

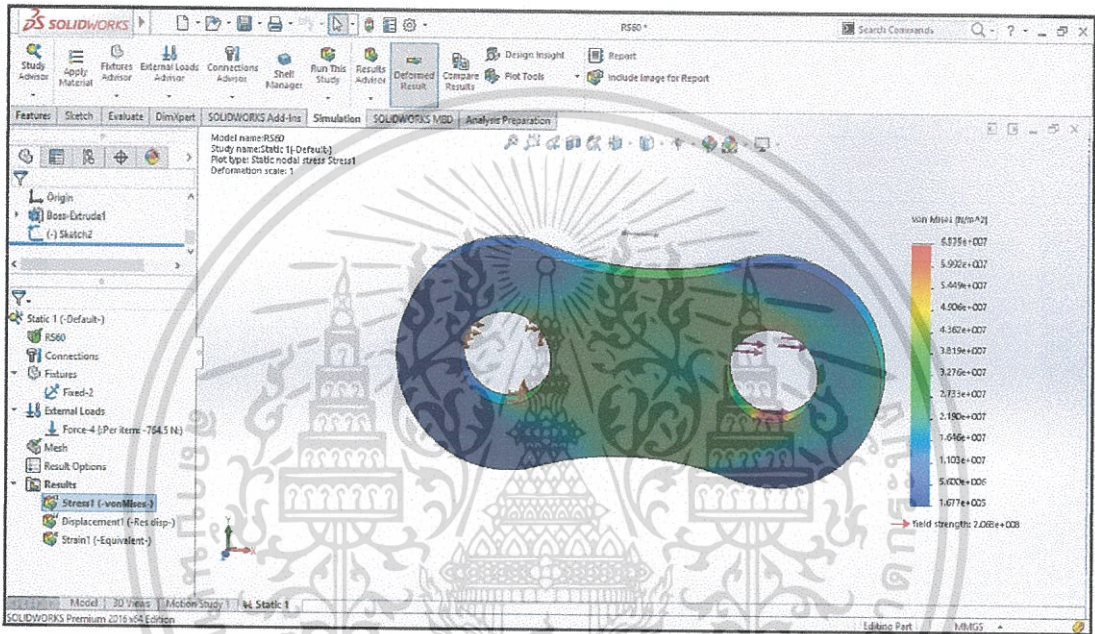
4. สร้างโครงตาข่าย (Mesh) ลงในแบบจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 สร้างโครงตาข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการจำลองและใช้โปรแกรมเพื่อหาความเค้นที่กระทำกับพื้นผิวของแผ่นประกบ ซึ่งพบว่าค่าความเค้นที่มากที่สุดอยู่ที่ 63.53 MN/m^2 โดยมีค่าSafety factor = 3.16 ในระดับที่แตกต่างกัน ก็นั่งแสดงในภาพที่ 4.6 วัสดุDuctile iron ค่าTensile strength = 862 MPa, Yield strength = 551 MPa



ภาพที่ 4.6 ความเค้นที่กระจายในแผ่นประกบ

4.1.2 ปัญหาเบร้งติดขัด

จากการสำรวจสภาพหน้างานพบว่าเบร้งในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) มีความสกปรก และคราบสารเคมีเกาะติดที่เบร้งเป็นปริมาณมากดังแสดงในภาพที่ 4.7 ซึ่งคราบเคมีเหล่านี้อาจผ่านเข้าไปในตลับลูกปืนทำให้เกิดการสึกหรอได้ ส่งผลให้อายุการใช้งานเบร้งลดลง ตามทฤษฎีในบทที่ 2 หัวหน้า 2.2.2.3 การเสียดของเบร้ง สิ่งสกปรกที่แปลกปลอม อาจเข้าไปแทรกตัวอยู่ในเบร้งตัวลูกปืนจะบดสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้บนผิวรางลูกปืน ซึ่งเป็นต้นเหตุที่นำไปสู่การเสียหายของผิวแหวนรางลูกปืน ทำให้เบร้งติดขัดและเสียหายก่อนหมดอายุงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แสดงเบริงที่มีสารเคมีสิ่งสกปรกเกาะอยู่โดยรอบ

เพื่อเป็นการหาอายุการใช้งานของเบริงตามมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องคำนวณอายุของเบริงในกรณีที่ไม่มีสิ่งสกปรกและไม่มีกรขยายตัวเนื่องจากความร้อน ดังนี้

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (4.1)$$

โดย L_{10h} คือ อายุการใช้งานเบริง (hr)

C คือ ค่า Dynamic Load (N)

P คือ Life Exponent โดยที่ $P=3$ สำหรับ Ball Bearing

n คือ ความเร็วรอบในการใช้งาน (rpm)

ค่าของตัวแปร $n = 10$ rpm, C ใช้ Static load รูปจากภาคผนวก C = 1,130 lbs = 5026.5 N,

โซ่รับน้ำหนักจากตะกร้าโดยประมาณ $P = 200 \times 9.81 = 1962$ N, ค่าคงที่เมื่อเป็น Ball bearing ใช้ p

= 3

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p = \frac{10^6}{60(10)} \left(\frac{5026.5}{1962} \right)^3 = 28025.2 \text{ hr}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60(10)} \left(\frac{5026.5}{1962} \right)^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_{10h} = 28025.2 \text{ hr}$$

ผลการคำนวณแสดงว่าแบริ่งมีอายุการทำงานตามมาตรฐาน 28,025.2 ชั่วโมง

จากการเก็บข้อมูลทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) 1 วัน ทำงาน 18 ชม. ทำงาน 26 วันต่อเดือน ใน 1 ปี เครื่องจักรทำงานโดยเฉลี่ย $18 \times 26 \times 12 = 5,616$ ชั่วโมงต่อปี ในกรณีแบริ่งถูกใช้งานในสถานที่สะอาดและไม่มีการขยายตัว เนื่องจากความร้อนแบริ่งจะมีอายุการใช้งาน

$$\text{อายุการใช้งาน แบริ่ง} = \frac{28,025.2}{5,616} = 5 \text{ ปี}$$

แต่จากประวัติการใช้งานจริงย้อนหลัง จะต้องการการหยุดกระบวนการผลิตอันเนื่องมา แบริ่งจะเสียหายทุกๆ 2-3 ปี

4.2 แนวทางการแก้ไข

4.2.1 แนวทางการแก้ไขปัญหาโซ่ลำเลียง

จากการคำนวณใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Solidworks และสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ได้ผลดังนี้

ความเค้นมากที่สุดอยู่ที่เกิดขึ้นกับวัสดุ โซ่มีค่า $6.535 \times 10^7 \text{ Pa}$,

Yield strength ของวัสดุมีค่า $2.068 \times 10^8 \text{ Pa}$

Endurance limit ของ SUS304 = $S_e = 1.75 \times 10^8 \text{ Pa}$

จากค่า Maximum stress < Endurance limit ของวัสดุ แสดงว่าวัสดุจึงไม่เสียหายเนื่องจากแรงล้า อย่างไรก็ตาม ในทฤษฎีจากบทที่ 2 Safety factor ในการออกแบบโซ่ลำเลียงควรมี Safety factor อยู่ที่ค่า 4 โดยที่

$$\text{Safety factor} = \frac{\text{Yield strength}}{\text{Maximum stress}} \quad (4.2)$$

แต่จากการทดสอบวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Safety factor} = \frac{2.068 \times 10^8 \text{ Pa}}{6.535 \times 10^7 \text{ Pa}} = 3.16$$

Safety factor น้อยกว่าค่าแนะนำการใช้โซ่ลำเลียง จึงเสนอให้แก้ไขโดยการเพิ่มขนาดโซ่ เพื่อให้รับแรงได้มากขึ้น จากเดิมเป็นรุ่น RS60 เปลี่ยนเป็นรุ่น RS80 เนื่องจากมี Tensile strength มากกว่า ดังตารางเปรียบเทียบตารางที่ 4.1

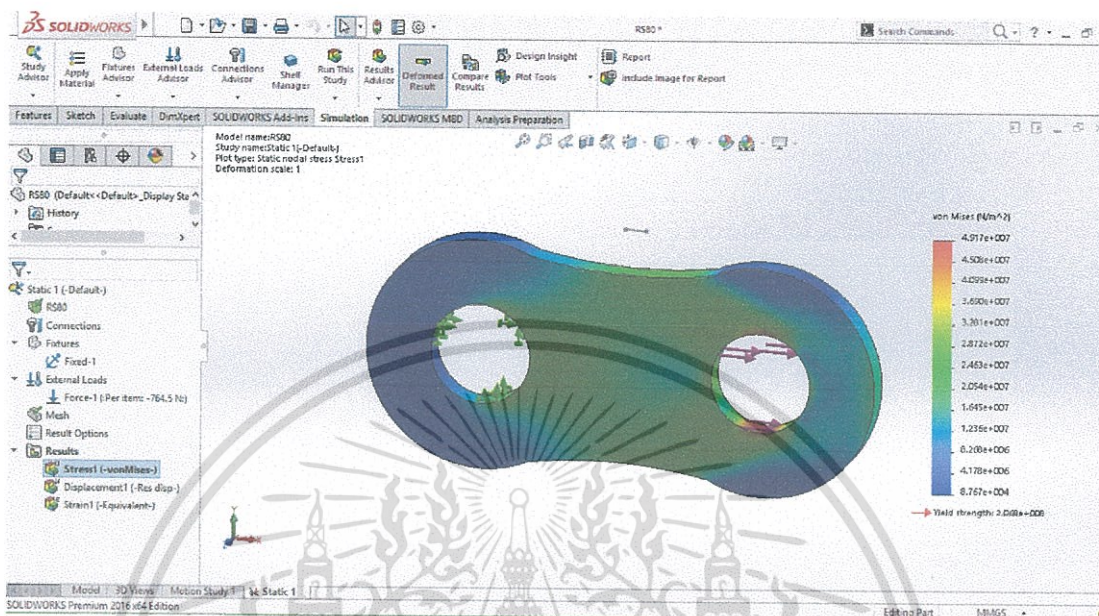
TSJBAKI Chain Number	Number of Stands	Pin Length L+L ₂	Dimensions L ₁	Dimensions L ₂	Offset Pin Length L	Transverse Pitch C	Pin Type	ANSI Standard Min.Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Minimum Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Average Tensile Strength kN(kgf)	Maximum Allowable Load kN(kgf)	Approximate Mass kg/m
RS60-1	1	27.5	12.85	14.75	28.2	22.8	Hollow Center pin	34.2 (3487)	40.2 (4100)	44.1 (4500)	3.83 (900)	1.53
RS60-2	2	50.5	24.25	26.25	52.6			68.4 (6975)	80.4 (8200)	88.3 (9000)	15.0 (1530)	3.04
RS60-3	3	73.3	35.65	38.15	75.5			102.6(10462)	121 (12300)	132 (13500)	22.1 (2250)	4.54
RS60-4	4	96.5	47.05	49.55	98.3			-	161 (16400)	177 (18000)	29.1 (2970)	6.04
RS60-5	5	119.5	58.5	61.0	121.2			-	201 (20500)	221 (22500)	34.4 (3510)	7.54
RS60-6	6	142.4	69.9	72.5	144.0			-	-	241 (24600)	265 (27000)	40.6 (4140)
TSJBAKI Chain Number	Number of Stands	Pin Length L+L ₂	Dimensions L ₁	Dimensions L ₂	Offset Pin Length L	Transverse Pitch C	Pin Type	ANSI Standard Min.Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Minimum Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Average Tensile Strength kN(kgf)	Maximum Allowable Load kN(kgf)	Approximate Mass kg/m
RS80-1	1	35.5	16.25	19.25	36.6	29.3	Hollow Center pin	41.2 (4241)	71.9(7300)	78.5(8000)	14.7(1500)	2.66
RS80-2	2	64.8	30.9	33.9	67.5			122.4(12481)	143 (14600)	157 (16000)	25.0(2550)	5.27
RS80-3	3	94.1	45.6	48.5	96.9			183.6(18722)	215 (21900)	235 (24000)	36.8(3750)	7.89
RS80-4	4	123.5	60.25	63.25	126.3			-	280 (29200)	314 (32000)	48.5(4950)	10.50
RS80-5	5	152.9	74.95	77.95	153.6			-	358 (36500)	392 (40000)	57.4(5850)	13.11
RS80-6	6	182.1	89.6	92.5	184.9			-	-	430 (43800)	471 (48000)	67.7(6900)

ตารางที่ 4.1 แสดงตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของโซ่ รุ่น RS60 เทียบกับ RS80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Safety factor สำหรับRS80มีค่ามากกว่า 4 ตามค่าSafety factorที่แนะนำในการใช้โซ่ลำเลียง

$$\text{Safety factor} = \frac{2.068 \times 10^8 \text{ Pa}}{4.917 \times 10^7 \text{ Pa}} = 4.2$$



ภาพที่4.8 ความเค้นที่เกิดขึ้นกับโซ่ RS80

4.2.2 แนวทางการแก้ไขปัญหาเบร้ง

จากปัญหาความสกปรกและคราบสารเคมีเกาะติดเบร้งเป็นปริมาณมากเป็นผลให้อายุการทำงานของเบร้งลดเหลือเพียง 2-3 ปี เพื่อเป็นการป้องกันปัญหานี้ จึงเสนอให้มีการจัดทำแผนการดูแลบำรุงรักษาเบร้งอย่างเป็นระบบ ดังนี้

4.2.2.1 การตรวจสอบสภาพของเบร้งขณะทำงาน (Check of Bearing in Operation)

เป็นการตรวจสอบความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเบร้งในขณะที่เบร้งกำลังทำงานเพื่อติดตามสภาพของเบร้ง เป็นการหาความผิดปกติและเตรียมการแก้ไขปัญหากหากมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับเบร้ง ในการตรวจสอบเบร้งขณะทำงานนั้นจะตรวจสอบอุณหภูมิ (Temperature) การสั่นสะเทือนและเสียงผิดปกติ (Vibration and Noise) ที่เกิดขึ้นกับเบร้ง นอกจากนั้นจะต้องตรวจสอบสภาพการหล่อลื่นของเบร้งด้วยว่าเพียงพอหรือมากเกินไปหรือไม่ และสภาพแวดล้อมสะอาดไม่มีสารเคมีเกาะที่เบร้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 อุณหภูมิในการทำงานของแบริ่ง (Bearing Temperature)

โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิของแบริ่งจะเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิห้อง ที่แบริ่งทำงานหรืออุณหภูมิของชิ้นส่วนที่ทำงานร่วมกันหรือติดกับแบริ่งนั้นหลังจากที่เริ่มทำงานไปประยะหนึ่ง ประมาณ 10–40 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความเร็วรอบในการทำงานรับ โหลด (Load) และก่อนมี โหลด (Pre-Load) ของแบริ่ง การหล่อลื่นและการกระจาย อุณหภูมิหรือความร้อนจากอุปกรณ์ข้างเคียง ซึ่งเมื่อแบริ่งทำงานไปเรื่อย ๆ หลังจากนั้นถ้าแบริ่งอยู่ในสภาวะการทำงานที่ปกติอุณหภูมิของแบริ่งจะต้องคงที่ จึงเสนอให้มีการตรวจวัดอุณหภูมิทุกเดือน เดือนละหนึ่งครั้ง

4.2.2.3 การตรวจสอบการการสั่นสะเทือนและเสียงผิดปกติ (Vibration and Noise)

ความเสียหายและความผิดปกติ เช่นการ ไม้ได้ศูนย์ (Misalignment) การไม่สมดุล (Imbalance) หรือสภาพการจับยึด ไม้ดีหรือการหลุดหลวมของเครื่องจักรที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรจะส่งผลกระทบต่อโดยตรงกับแบริ่ง ตลอดจนความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับแบริ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการวัดการสั่นสะเทือน ขนาดของการสั่นสะเทือน (Amplitude) ที่มากหรือน้อยที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเสียหายหรือความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับแบริ่ง รวมทั้งเสียงผิดปกติที่เกิดขึ้นกับแบริ่งก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เป็นตัวบ่งบอกถึงความเสียหายและความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับแบริ่งได้ จึงเสนอให้มีการตรวจวัดอุณหภูมิทุกเดือน เดือนละหนึ่งครั้ง และเมื่อเราได้ข้อมูลเหล่านี้มาแล้วก็สามารถนำมาวิเคราะห์ว่าแบริ่งน่าจะเสียหายมาจากส่วนไหน



ภาพที่ 4.9 แสดงภาพตัวอย่างการวัดการสั่นสะเทือนที่แบริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์โครงการที่ทำให้เครื่องจักรหยุดทำงานในกระบวนการปรับปรุงพื้นผิว (Surface treatment) ของการผลิตการผลิตรถอีวาพอเรเตอร์ พบว่าปัญหาหลัก 2 ข้อที่ทำให้ต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อการทำซ่อมบำรุงมีดังนี้

1. โซ่ลำเลียงตะกร้า (Conveyor chain) ดัดขัดและขาด
2. แบริ่งดัดขัด

โดยการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา หาสาเหตุ โดยใช้การคำนวณทางวิศวกรรมและ การใช้โปรแกรม Solid works

5.1 สรุปข้อเสนอแนะปัญหาโซ่ลำเลียง

ตามทฤษฎีการออกแบบ โซ่ลำเลียงในที่ 2 แนะนำการใช้งาน โซ่ลำเลียงจะต้องใช้ Safety factor = 4 แต่จากการคำนวณในบทที่ 4 โดยใช้โปรแกรม Solid works พบว่าค่า safety factor มีค่าต่ำกว่าที่แนะนำ จึงเสนอให้เปลี่ยนขนาดของโซ่จากรุ่น RS60 เป็นรุ่น RS80 เนื่องจากมี Tensile strength มากกว่าเดิม รวมทั้งเสนอให้มีการทำแผนการดูแลรักษาโซ่ลำเลียง เช่น การตรวจสอบ ความสะอาด การตรวจสอบระบบหล่อลื่นของโซ่ เป็นประจำทุกเดือน เพื่อให้สามารถเตรียมแผนการบำรุงรักษา (Maintenance) ได้ล่วงหน้า

5.2 สรุปข้อเสนอแนะปัญหาแบริ่ง

จากการศึกษารวบรวมข้อมูลพบว่าแบริ่งมีอายุการใช้งานจากการคำนวณ 5 ปี แต่จากประวัติการใช้งานจริงแบริ่งมีอายุการใช้งานเพียง 2-3 ปี แสดงว่ามีปัจจัยที่ส่งผลให้อายุการใช้งานของแบริ่งลดลงอย่างมากนั่นคือ ความสกปรกจากสารเคมีที่ใช้หยดลดบนเพลตและแบริ่งจากนั้น กลายสภาพเป็นของแข็ง ซึ่งของแข็งเหล่านี้อาจผ่านเข้าไปในตลับลูกปืนทำให้เกิดการสึกหรอ และ ก่อให้เกิดปัญหาต่อการใช้งานแบริ่ง จึงเสนอให้มีการจัดทำแผนการดูแลบำรุงรักษาแบริ่ง โดยการตรวจสอบสภาพของแบริ่งขณะทำงาน (Check of Bearing in Operation) เป็นรายเดือน อย่าง น้อยเดือนละ 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการตรวจสอบแบริ่งขณะทำงานนั้นจะตรวจสอบอุณหภูมิ (Temperature) การสั่นสะเทือนและเสียงผิดปกติ (Vibration and Noise) ที่เกิดขึ้นกับแบริ่ง นอกจากนั้นจะต้องตรวจสอบสภาพการหล่อลื่นของแบริ่งด้วยว่าเพียงพอหรือมากเกินไปหรือไม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ้างอิง


- [1] รศ.ชาญ.ถนัดงาน และ ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1”, พิมพ์ครั้งที่ 10, ปี พ.ศ. 2541
- [2] รศ.ชาญ.ถนัดงาน และ ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2”, พิมพ์ครั้งที่ 10, ปี พ.ศ. 2541
- [3] อาจารย์รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว, “กลศาสตร์ของวัสดุ” พิมพ์ครั้งที่ 1, ปี พ.ศ. 2545
- [4] รศ.ดร.สุรพล ราษฎร์นุ้ย, “วิศวกรรมกลศาสตร์เบื้องต้น” พิมพ์ครั้งที่ 1, ปี พ.ศ. 2559
- [5] Richard G.BUDYNAS , J.Keith NISBETT, “Shigley’s Mechanical Engineering Design”, 2015
- [6] “สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวจากความร้อน.” [ระบบออนไลน์] 2553.
<https://goo.gl/wp5KIj>
- [7] “Thermal Static Test in solid works.” [ระบบออนไลน์] 2559.
<https://goo.gl/0F5Mgr>
- [8] “Mesh create guide for solid works.” [ระบบออนไลน์] 2559.
<https://goo.gl/OGSosJ>
- [9] “Thermal expansion.” [ระบบออนไลน์] 2556.
<https://goo.gl/wXSc5m>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

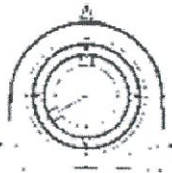
แสดงค่า Static load ของ UCP-207



SERIES UCP2

SET SCREW TYPE

Units: **Millimeters**
INCHES



PILLOW BLOCKS - CAST HOUSING																	
Shaft Dia.	Complete Pillow Block Number	Nominal Dimensions											Bolt Size	Housing Number	Bearing Number	Basic Load Ratings (kg)	
		h	a	e	b	s ₁	s ₂	g	h ₁	H ₁	n	Dynamic C				Static C ₀	
12 1/2	UCP201D1 UCP201-008D1	30.2 1 1/8	127 5	95 3 3/4	38 1 1/2	13 1/2	14 5/8	14 5/8	62 2 7/8	31 1.220	12.7 50.0	M10 3/8	P203 D1 P203 D1	UC201D1 UC201-008D1	2,890	1,500	
15 5/8	UCP202D1 UCP202-009D1 UCP202-010D1	30.2 1 1/8	127 5	95 3 3/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 5/8	62 2 7/8	31 1.220	12.7 50.0	M10 3/8	P203 D1 P203 D1 P203 D1	UC202D1 UC202-009D1 UC202-010D1	2,890	1,500	
17 1 1/8	UCP203D1 UCP203-011D1	30.2 1 1/8	127 5	95 3 3/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 5/8	62 2 7/8	31 1.220	12.7 50.0	M10 3/8	P203 D1 P203 D1	UC203D1 UC203-011D1	2,890	1,500	
20 3/4	UCP204D1 UCP204-012D1	33.3 1 1/8	127 5	95 3 3/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 5/8	65 2 5/8	31 1.220	12.7 50.0	M10 3/8	P204 D1 P204 D1	UC204D1 UC204-012D1	2,890	1,500	
25 1 1/4	UCP205D1 UCP205-013D1 UCP205-014D1 UCP205-015D1 UCP205-100D1	36.5 1 1/8	140 5 1/2	105 4 1/8	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	15 1 1/2	71 2 7/8	34 1.339	14.3 56.3	M10 3/8	P205 D1 P205 D1 P205 D1 P205 D1 P205 D1	UC205D1 UC205-013D1 UC205-014D1 UC205-015D1 UC205-100D1	3,150	1,770	
30 1 1/8	UCP206D1 UCP206-101D1 UCP206-102D1 UCP206-103D1 UCP206-104D1	42.9 1 1/8	165 6 5/8	121 4 3/4	48 1 7/8	17 2 1/2	20 2 1/2	17 2 1/2	83 3 1/2	38.1 1.500	15.9 62.6	M14 1/2	P206 D1 P206 D1 P206 D1 P206 D1	UC206D1 UC206-101D1 UC206-102D1 UC206-103D1 UC206-104D1	4,400	2,540	
35 1 3/8	UCP207D1 UCP207-104D1 UCP207-105D1 UCP207-106D1 UCP207-107D1	47.6 1 7/8	167 6 5/8	127 5	48 1 7/8	17 2 1/2	20 2 1/2	18 2 1/2	93 3 7/8	42.9 1.689	17.5 68.9	M14 1/2	P207 D1 P207 D1 P207 D1 P207 D1	UC207D1 UC207-104D1 UC207-105D1 UC207-106D1 UC207-107D1	5,750	3,440	
40 1 1/2	UCP208D1 UCP208-108D1 UCP208-109D1	49.2 1 1/8	184 7 1/4	137 5 1/2	54 2 1/8	17 2 1/2	20 2 1/2	18 2 1/2	98 3 7/8	49.2 1.937	19 74.8	M14 1/2	P208 D1 P208 D1 P208 D1	UC208D1 UC208-108D1 UC208-109D1	6,550	4,000	
45 1 3/4	UCP209D1 UCP209-110D1 UCP209-111D1 UCP209-112D1	54 2 1/8	190 7 1/2	146 5 3/4	54 2 1/8	18 2 1/2	20 2 1/2	20 2 1/2	106 4 1/4	49.2 1.937	19 74.8	M14 1/2	P209 D1 P209 D1 P209 D1	UC209D1 UC209-110D1 UC209-111D1 UC209-112D1	7,350	4,590	
50 1 3/4	UCP210D1 UCP210-113D1 UCP210-114D1 UCP210-115D1 UCP210-200D1	57.2 2 1/8	206 8 1/8	159 6 1/4	60 2 1/4	20 2 1/2	23 2 1/2	21 2 1/4	114 4 1/2	51.4 2.021	19 74.8	M16 5/8	P210 D1 P210 D1 P210 D1 P210 D1	UC210D1 UC210-113D1 UC210-114D1 UC210-115D1 UC210-200D1	7,900	5,220	
55 2	UCP211D1 UCP211-200D1 UCP211-201D1 UCP211-202D1 UCP211-203D1	63.5 2 1/2	219 8 5/8	171 6 3/4	60 2 1/4	20 2 1/2	23 2 1/2	23 2 1/2	126 4 7/8	55.6 2.189	22.2 87.4	M16 5/8	P211 D1 P211 D1 P211 D1 P211 D1	UC211D1 UC211-200D1 UC211-201D1 UC211-202D1 UC211-203D1	9,750	6,570	
60 2 1/2	UCP212D1 UCP212-204D1 UCP212-206D1 UCP212-207D1	69.8 2 3/4	241 9 1/2	184 7 1/4	70 2 3/4	20 2 1/2	24 2 1/2	25 2 1/2	138 5 1/4	65.1 2.563	25.4 1,000	M16 5/8	P212 D1 P212 D1 P212 D1	UC212D1 UC212-204D1 UC212-206D1 UC212-207D1	11,800	8,100	

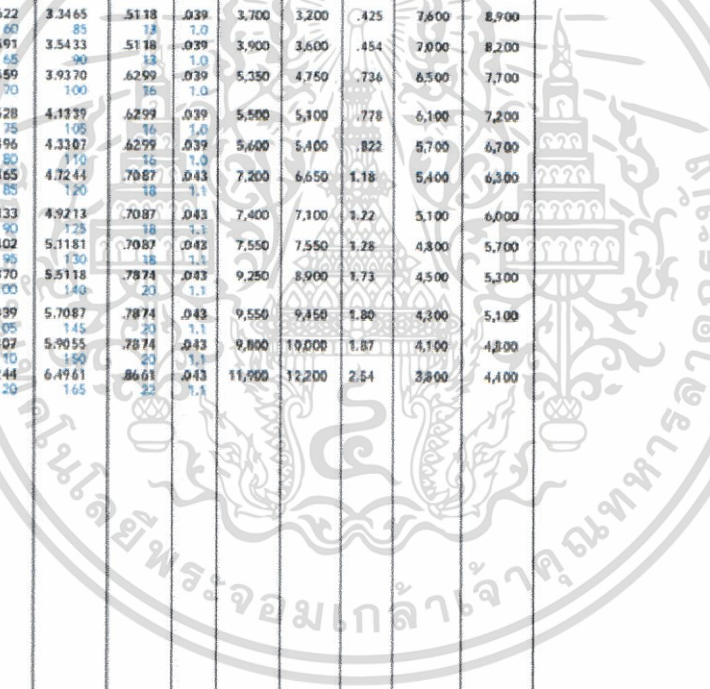
Continued next page ...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ Single ball bearing No. 6906

SINGLE ROW RADIAL BALL BEARINGS									
Bearing No.	Bore		Width	Ball Radius	Basic Load Ratings (lbs)		Weight (lbs)	Limiting Speed (RPM)	
	d	D			Dynamic C	Static C ₀		Grease	Oil
6900	.3937 10	.8661 22	.2362 6	.012 .3	605	285	.020	30,000	36,000
6901	.4724 12	.9449 24	.2362 6	.012 .3	650	330	.024	27,000	32,000
6902B	.5906 15	1.1024 28	.2756 7	.012 .3	920	460	.035	24,000	28,000
6903	.6693 17	1.1811 30	.2756 7	.012 .3	1,050	580	.040	22,000	26,000
6904	.7874 20	1.4569 37	.3543 9	.012 .3	1,430	825	.079	19,000	23,000
6905	.9843 25	1.6535 42	.3543 9	.012 .3	1,580	1,020	.093	16,000	19,000
6906	1.1811 30	1.8504 47	.3543 9	.012 .3	1,630	1,130	.106	14,000	17,000
6907A	1.3780 35	2.1654 55	.3937 10	.024 .6	2,510	1,670	.163	12,000	15,000
6908A	1.5748 40	2.4409 62	.4724 12	.024 .6	3,250	2,300	.243	11,000	13,000
6909A	1.7717 45	2.6772 68	.4724 12	.024 .6	3,400	2,530	.282	9,800	12,000
6910B	1.9685 50	2.8346 72	.4724 12	.024 .6	3,500	2,750	.291	8,900	11,000
6911	2.1654 55	3.1496 80	.5118 13	.039 1.0	3,600	2,980	.397	8,200	9,600
6912	2.3622 60	3.3465 85	.5118 13	.039 1.0	3,700	3,200	.425	7,600	8,900
6913	2.5591 65	3.5433 90	.5118 13	.039 1.0	3,900	3,600	.454	7,000	8,200
6914	2.7559 70	3.9370 100	.6299 16	.039 1.0	5,150	4,750	.736	6,500	7,700
6915	2.9528 75	4.1339 105	.6299 16	.039 1.0	5,500	5,100	.778	6,100	7,200
6916	3.1496 80	4.3307 110	.6299 16	.039 1.0	5,600	5,400	.822	5,700	6,700
6917	3.3465 85	4.7244 120	.7087 18	.043 1.1	7,200	6,650	1.18	5,400	6,300
6918	3.5433 90	4.9213 125	.7087 18	.043 1.1	7,400	7,100	1.22	5,100	6,000
6919	3.7402 95	5.1181 130	.7087 18	.043 1.1	7,550	7,550	1.28	4,800	5,700
6920	3.9370 100	5.5118 140	.7874 20	.043 1.1	9,250	8,900	1.73	4,500	5,300
6921	4.1339 105	5.7087 145	.7874 20	.043 1.1	9,550	9,450	1.80	4,300	5,100
6922	4.3307 110	5.9055 150	.7874 20	.043 1.1	9,800	10,000	1.87	4,100	4,800
6924	4.7244 120	6.4961 165	.8661 22	.043 1.1	11,900	12,200	2.54	3,800	4,400

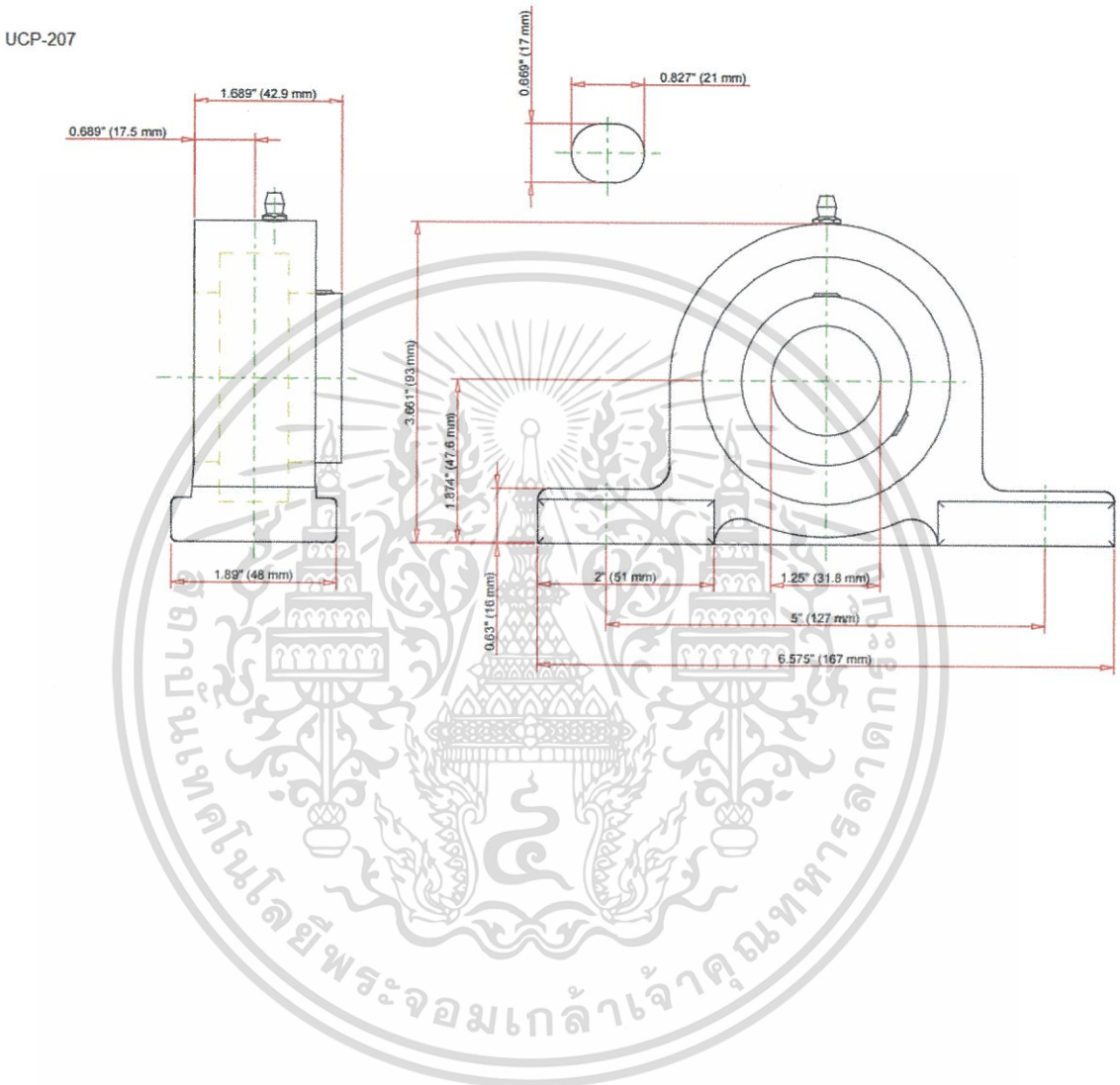
Units: INCHES
Millimeters



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์

ภาพถ่ายแสดงขนาด Pillow block



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคตตาล็อกPillow block
Pillow block รหัส UCP-207

UCP2
NTN

**Pillow blocks cast housing
Set screw type**

Pressed steel dust cover type
Open end: S-UCP---D1
Closed end: SM-UCP---D1

Shaft dia. mm inch	Unit number ¹⁾	Nominal dimensions												Bolt size mm inch	Bearing number																																																																																						
		H	L	L1	A	N	N1	N2	H1c	H1s	Lc	Ls	H			H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37	H38	H39	H40	H41	H42	H43	H44	H45	H46	H47	H48	H49	H50	H51	H52	H53	H54	H55	H56	H57	H58	H59	H60	H61	H62	H63	H64	H65	H66	H67	H68	H69	H70	H71	H72	H73	H74	H75	H76	H77	H78	H79	H80	H81	H82	H83	H84	H85	H86	H87	H88	H89	H90	H91	H92	H93	H94	H95	H96
12	UCP201D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC201D1																																																																																							
1/2	UCP201-008D1	1 11/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 1/8	1 7/16	1.2205	0.500	3/8	UC201-008D1																																																																																							
15	UCP202D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC202D1																																																																																							
5/16	UCP202-009D1	1 1/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 1/8	1 7/16	1.2205	0.500	3/8	UC202-009D1																																																																																							
3/8	UCP202-010D1													UC202-010D1																																																																																							
17	UCP203D1	30.2	127	95	38	13	16	14	62	42	31	12.7	M10	UC203D1																																																																																							
1 1/16	UCP203-011D1	1 1/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 1/8	1 7/16	1.2205	0.500	3/8	UC203-011D1																																																																																							
20	UCP204D1	33.3	127	95	38	13	16	14	85	42	31	12.7	M10	UC204D1																																																																																							
3/4	UCP204-012D1	1 3/16	5	3 3/4	1 1/2	1/2	5/8	9/16	2 3/8	1 7/16	1.2205	0.500	3/8	UC204-012D1																																																																																							
25	UCP205D1	38.5	140	105	38	13	16	15	71	42	34.1	14.3	M10	UC205D1																																																																																							
1 3/8	UCP205-013D1													UC205-013D1																																																																																							
7/8	UCP205-014D1													UC205-014D1																																																																																							
15/16	UCP205-015D1													UC205-015D1																																																																																							
1	UCP205-100D1													UC205-100D1																																																																																							
30	UCP206D1	42.9	165	121	48	17	20	17	83	54	38.1	15.9	M14	UC206D1																																																																																							
1 1/16	UCP206-101D1													UC206-101D1																																																																																							
1 1/8	UCP206-102D1													UC206-102D1																																																																																							
1 3/16	UCP206-103D1													UC206-103D1																																																																																							
1 1/4	UCP206-104D1													UC206-104D1																																																																																							
35	UCP207D1	47.6	167	127	48	17	20	18	93	54	42.9	17.5	M14	UC207D1																																																																																							
1 1/4	UCP207-104D1													UC207-104D1																																																																																							
1 3/16	UCP207-105D1													UC207-105D1																																																																																							
1 1/8	UCP207-106D1													UC207-106D1																																																																																							
1 1/16	UCP207-107D1													UC207-107D1																																																																																							
40	UCP208D1	49.2	184	137	54	17	20	18	98	52	49.2	19	M14	UC208D1																																																																																							
1 1/2	UCP208-108D1													UC208-108D1																																																																																							
1 3/16	UCP208-109D1													UC208-109D1																																																																																							
45	UCP209D1	54	190	146	54	17	20	20	106	60	49.2	19	M14	UC209D1																																																																																							
1 5/8	UCP209-110D1													UC209-110D1																																																																																							
1 11/16	UCP209-111D1													UC209-111D1																																																																																							
1 1/4	UCP209-112D1													UC209-112D1																																																																																							

Remarks: 1) These numbers indicate relubricatable type. If maintenance free type is needed, please order without suffix "D1".
Note: Please refer to page 36 for size of grease fitting.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

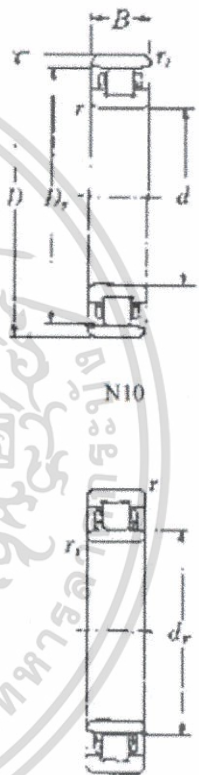
แกลต้อก Bearing Bearing No. 1006

CYLINDRICAL ROLLER BEARINGS												
Bearing No.	Bore		O.D.	Width	Fillet Radii		Outer Ring I.D.	Inner Ring O.D.	Basic Load Ratings (lbs)		Weight (lb)	
	d	D			r	r ₁			Dynamic C ₁₀	Static C ₀	N10	NU10
1005	.9843	1.8504	4.724	.024	.012	1.6339	1.2008	3,400	3,150	.201	.203	
	25	47	12	.6	.3	41.5	30.5					
1006	1.1811	2.1654	5.118	.039	.024	1.9094	1.4370	4,400	4,400	.291	.295	
	30	55	13	1.0	.6	48.5	36.5					
1007	1.3780	2.4409	5.512	.039	.024	2.1654	1.6535	5,100	5,200	.386	.392	
	35	62	14	1.0	.6	55.0	42.0					
1008	1.5748	2.6772	5.906	.039	.024	2.4016	1.8504	6,150	6,500	.481	.487	
	40	68	15	1.0	.6	61.0	47.0					
1009	1.7717	2.9528	6.299	.039	.024	2.6575	2.0669	7,000	7,600	.608	.617	
	45	75	16	1.0	.6	67.5	52.5					
1010	1.9685	3.1496	6.299	.039	.024	2.8543	2.2638	7,200	8,100	.653	.661	
	50	80	16	1.0	.6	72.5	57.5					
1011	2.1654	3.5433	7.087	.059	.039	3.1493	2.5394	8,450	9,850	.959	.974	
	55	90	18	1.5	1.0	80.5	64.5					
1012	2.3622	3.7402	7.087	.059	.039	3.3661	2.7362	9,000	10,900	1.03	1.04	
	60	95	18	1.5	1.0	85.5	69.5					
1013	2.5591	3.9370	7.087	.059	.039	3.6630	2.9331	9,250	11,500	1.10	1.11	
	65	100	18	1.5	1.0	90.5	74.5					
1014	2.7559	4.3307	7.874	.059	.039	3.9370	3.1496	13,100	15,800	1.52	1.54	
	70	110	20	1.5	1.0	98.0	80.0					
1015	2.9528	4.5276	7.874	.059	.039	4.1339	3.3465	13,500	16,700	1.60	1.63	
	75	115	20	1.5	1.0	105.0	85.0					
1016	3.1496	4.9213	8.661	.059	.039	4.4685	3.6024	16,300	20,400	2.13	2.16	
	80	125	22	1.5	1.0	113.5	91.5					
1017	3.3465	5.1181	8.661	.059	.039	4.6654	3.7992	16,700	21,500	2.23	2.27	
	85	130	22	1.5	1.0	118.5	96.5					
1018	3.5433	5.5118	9.449	.079	.059	5.0000	4.0551	19,800	25,700	2.91	2.95	
	90	140	24	2.0	1.5	127.0	103.0					
1019	3.7402	5.7087	9.449	.079	.059	5.1969	4.2520	20,400	27,000	3.04	3.09	
	95	145	24	2.0	1.5	132.0	108.0					
1020	3.9370	5.9055	9.449	.079	.059	5.3937	4.4488	20,900	28,200	3.15	3.20	
	100	150	24	2.0	1.5	137.0	113.0					
1021	4.1339	6.2992	10.236	.098	.059	5.7283	4.7047	25,700	32,000	3.99	4.06	
	105	160	26	2.5	1.5	145.5	119.5					
1022	4.3307	6.6929	11.024	.098	.059	6.1024	4.9213	29,500	39,000	4.96	5.03	
	110	170	28	2.5	1.5	155.0	125.0					
1024	4.724	7.0866	11.024	.098	.059	6.4961	5.3150	31,000	41,000	5.29	5.38	
	120	180	28	2.5	1.5	165.0	135.0					
1026	5.1181	7.874	12.992	.098	.059	7.1654	5.8268	38,500	53,500	8.00	8.14	
	130	200	33	2.5	1.5	182.0	148.0					
1028	5.5118	8.2677	12.992	.098	.059	7.5591	6.2206	39,500	56,000	8.51	8.64	
	140	210	33	2.5	1.5	192.0	158.0					
1030	5.9055	8.8583	13.780	.098	.079	8.0906	6.8732	45,500	66,000	10.4	10.5	
	150	225	35	2.5	2.0	205.5	162.5					
1032	6.2992	9.4488	14.961	.098	.079	8.6614	7.0866	53,500	77,000	12.8	13.0	
	160	240	38	2.5	2.0	220.0	178.0					
1034	6.6929	10.2362	15.535	.098	.098	9.3307	7.5984	62,500	90,000	17.1	17.4	
	170	260	42	2.5	2.5	237.0	191.0					
1036	7.0866	11.0236	1.8110	.098	.098	10.0394	8.0709	77,000	110,000	22.3	22.7	
	180	280	46	2.5	2.5	255.0	205.0					
1038	7.4803	11.4173	1.8110	.098	.098	10.4331	8.4646	79,000	115,000	23.1	23.6	
	190	290	46	2.5	2.5	265.0	215.0					
1040	7.874	12.2047	2.0079	.098	.098	11.0630	9.0157	87,500	131,000	30.2	30.6	
	200	310	51	2.5	2.5	283.0	229.0					
1044	8.6614	13.3858	2.2047	.118	.118	12.2017	9.8425	113,000	168,000	39.5	40.1	
	220	340	56	3.0	3.0	310.0	250.0					
1048	9.4488	14.1732	2.2047	.118	.118	12.9921	10.6299	119,000	184,000	42.5	43.2	
	240	360	56	3.0	3.0	330.0	270.0					
1052	10.2362	15.7480	2.5591	.157	.157	14.3307	11.6535	145,000	224,000	63.3	64.2	
	260	400	65	4.0	4.0	364.0	298.0					
1056	11.0236	16.5354	2.5591	.157	.157	15.1181	12.4409	148,000	235,000	67.0	68.1	
	280	420	65	4.0	4.0	384.0	316.0					
1060	11.8110	18.1102	2.9134	.157	.157	16.5354	13.3858	192,000	300,000	94.6	96.1	
	300	480	74	4.0	4.0	420.0	340.0					
1064	12.5984	18.8976	2.9134	.157	.157	17.3228	14.1732	197,000	315,000	99.9	101	
	320	480	74	4.0	4.0	440.0	360.0					

Units: INCHES
MILLIMETERS

NTN







SERIES
N10
NU10



These figures may vary slightly according to cage type and type of bearing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียด Pillow block

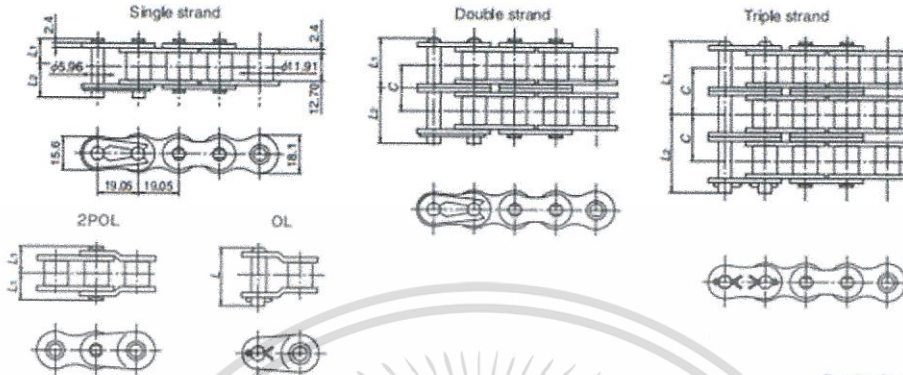
Technical Data		NTN						
Housing Type Material : AISI 304		Cover	Bearing Type					
			UC	UEL REL	UK	AS AR	AEL JEL	CS
Pillow Block		—	UCP	UEL REL	UKP	ASP ARP	AELP JELP	—
		Steel	S(M)-UCP	—	S(M)-UKP	S(M)-ASP S(M)-ARP	—	—
		Cast Iron	C(M)-UCP	—	C(M)-UKP	C(M)-ASP C(M)-ARP	—	—
Thick Pillow Block		—	UCIP	UELIP RELIP	UKIP	—	—	—
		Steel	S(M)-UCIP	—	S(M)-UKIP	—	—	—
		Cast Iron	C(M)-UCIP	—	C(M)-UKIP	—	—	—
High-Center Pillow Block		—	UCHP	UELHP RELHP	UKHP	ASHP ARHP	AELHP JELHP	—
		Steel	S(M)-UCHP	—	S(M)-UKHP	S(M)-ASP S(M)-ARP	—	—
Narrow Pillow Block		—	UCUP	UELUP RELUP	UKUP	ASUP ARUP	AELUP JELUP	—
		Steel	S(M)-UCUP	—	S(M)-UKUP	S(M)-ASP S(M)-ARP	—	—
Light Pillow Block		—	—	—	—	ASPB ARPB	AELPB JELPB	CSPB
Pillow Block Low-Center		—	UCPL	UELPL RELPL	UKPL	ASPL ARPL	AELPL JELPL	—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซ่ RS60

Standard Roller Chains RS Roller Chain

RS60



Drawing Scale 1/2.4

TSUBAKI Chain Number	Number of Strands	Pin Length (L ₁)	Dimensions L ₁	Dimensions L ₂	Offset Pin Length t	Tracewire Pitch C	Pin Type	ANSI Standard Min. Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Minimum Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Average Tensile Strength kN(kgf)	Maximum Allowable Load kN(kgf)	Approximate Mass kg/m
RS60-1	1	27.6	12.85	14.75	28.2	-	Flushing	34.2 (3487)	40.2 (4100)	44.1 (4500)	8.83 (900)	1.53
RS60-2	2	50.5	24.25	26.25	52.6	-	Flushing	68.4 (6975)	80.4 (8200)	88.3 (9000)	15.0 (1530)	3.04
RS60-3	3	73.8	35.65	38.15	75.5	-	Flushing	102.6 (10462)	121 (12300)	132 (13500)	22.3 (2250)	4.54
RS60-4	4	96.6	47.05	49.55	98.3	-	Flushing	-	161 (16400)	177 (18000)	29.1 (2970)	6.04
RS60-5	5	119.5	58.5	61.0	121.2	-	Flushing	-	201 (20500)	221 (22500)	34.4 (3510)	7.54
RS60-6	6	142.4	69.9	72.5	144.0	-	Flushing	-	241 (24600)	265 (27000)	40.6 (4140)	9.05

Note: 1. Maximum allowable load when using a one-pitch offset link (OL) is 65% of the above.
 2. Number of links per unit = 160.

RS60-1 Maximum Kilowatt Ratings Table (kW Ratings for Single Strand Chain)

Small Sprocket Max. r/min	Small Sprocket Max. r/min																									
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500	
9	0.18	0.41	0.76	1.41	2.03	2.63	3.79	4.92	6.01	7.08	8.14	9.17	10.1	11.02	11.87	12.65	13.37	14.04	14.66	15.23	15.76	16.25	16.70	17.11	17.49	17.84
10	0.20	0.45	0.85	1.58	2.28	2.95	4.25	5.51	6.73	7.94	9.12	10.3	11.4	12.4	13.3	14.1	14.8	15.4	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5
11	0.22	0.50	0.94	1.75	2.53	3.27	4.71	6.11	7.46	8.80	10.1	11.4	12.7	14.0	15.2	16.4	17.1	17.8	18.4	19.0	19.6	20.2	20.8	21.4	22.0	22.6
12	0.24	0.55	1.03	1.93	2.77	3.59	5.18	6.71	8.20	9.66	11.1	12.5	13.9	15.3	16.6	17.9	18.6	19.3	20.0	20.7	21.4	22.1	22.8	23.5	24.2	24.9
13	0.26	0.60	1.13	2.10	3.03	3.92	5.65	7.31	8.94	10.5	12.1	13.6	15.2	16.7	18.1	19.5	20.2	21.0	21.8	22.6	23.4	24.2	25.0	25.8	26.6	27.4
14	0.29	0.65	1.22	2.28	3.28	4.25	6.12	7.92	9.69	11.4	13.1	14.8	16.4	18.0	19.5	21.0	21.8	22.7	23.6	24.5	25.4	26.3	27.2	28.1	29.0	29.9
15	0.31	0.70	1.31	2.45	3.53	4.57	6.59	8.54	10.4	12.3	14.1	15.9	17.7	19.5	21.2	22.9	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8	29.8	30.8	31.8	32.8
16	0.33	0.75	1.41	2.63	3.79	4.90	7.06	9.15	11.2	13.2	15.1	17.1	19.0	20.9	22.7	24.5	25.5	26.6	27.6	28.7	29.7	30.8	31.9	33.0	34.1	35.2
17	0.35	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	7.54	9.77	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	22.3	24.3	26.3	27.4	28.5	29.6	30.7	31.8	32.9	34.0	35.1	36.2	37.3
18	0.38	0.86	1.60	2.98	4.30	5.57	8.02	10.4	12.7	15.0	17.2	19.4	21.6	23.7	25.8	27.9	29.0	30.1	31.2	32.3	33.4	34.5	35.6	36.7	37.8	38.9
19	0.40	0.91	1.70	3.16	4.56	5.90	8.51	11.0	13.5	15.9	18.2	20.6	22.9	25.1	27.3	29.5	30.7	31.9	33.1	34.3	35.5	36.7	37.9	39.1	40.3	41.5
20	0.42	0.94	1.79	3.34	4.82	6.24	8.99	11.6	14.2	16.8	19.3	21.7	24.2	26.6	28.9	31.2	32.5	33.8	35.1	36.4	37.7	39.0	40.3	41.6	42.9	44.2
21	0.44	1.01	1.89	3.53	5.08	6.58	9.48	12.3	15.0	17.7	20.3	22.9	25.5	28.0	30.6	33.1	34.5	35.9	37.3	38.7	40.1	41.5	42.9	44.3	45.7	47.1
22	0.47	1.06	1.99	3.71	5.34	6.92	9.96	12.9	15.8	18.6	21.4	24.1	26.8	29.4	32.0	34.6	36.0	37.4	38.8	40.2	41.6	43.0	44.4	45.8	47.2	48.6
23	0.49	1.12	2.08	3.89	5.60	7.26	10.5	13.5	16.6	19.5	22.4	25.3	28.1	30.9	33.5	36.1	37.5	38.9	40.3	41.7	43.1	44.5	45.9	47.3	48.7	50.1
24	0.51	1.17	2.18	4.07	5.87	7.60	10.9	14.2	17.3	20.4	23.5	26.5	29.4	32.3	35.0	37.6	39.0	40.4	41.8	43.2	44.6	46.0	47.4	48.8	50.2	51.6
25	0.54	1.22	2.28	4.26	6.13	7.94	11.4	14.8	18.1	21.3	24.5	27.7	30.7	33.8	36.6	39.2	40.6	42.0	43.4	44.8	46.2	47.6	49.0	50.4	51.8	53.2
26	0.56	1.28	2.38	4.44	6.40	8.29	11.9	15.5	18.9	22.3	25.6	28.9	32.1	35.3	38.2	40.8	42.2	43.6	45.0	46.4	47.8	49.2	50.6	52.0	53.4	54.8
28	0.61	1.38	2.58	4.81	6.93	8.98	12.9	16.7	20.5	24.1	27.7	31.3	34.8	38.2	41.0	43.8	45.2	46.6	48.0	49.4	50.8	52.2	53.6	55.0	56.4	57.8
30	0.65	1.49	2.78	5.18	7.46	9.67	13.9	18.0	22.1	26.0	29.9	33.7	37.4	41.2	44.9	48.7	50.1	51.5	52.9	54.3	55.7	57.1	58.5	59.9	61.3	62.7
32	0.70	1.60	2.98	5.56	8.00	10.4	14.9	19.3	23.7	27.9	32.0	36.1	40.1	44.1	48.1	52.0	53.4	54.8	56.2	57.6	59.0	60.4	61.8	63.2	64.6	66.0
35	0.77	1.76	3.28	6.12	8.82	11.4	16.5	21.3	26.1	30.7	35.3	39.8	44.2	48.6	53.0	57.3	58.7	60.1	61.5	62.9	64.3	65.7	67.1	68.5	69.9	71.3
40	0.89	2.03	3.79	7.07	10.2	13.2	19.0	24.6	30.1	35.5	40.7	45.9	51.1	56.2	61.2	66.1	67.5	68.9	70.3	71.7	73.1	74.5	75.9	77.3	78.7	80.1
45	1.01	2.31	4.30	8.03	11.6	15.0	21.6	28.0	34.2	40.3	46.3	52.2	58.0	63.8	69.5	75.3	76.7	78.1	79.5	80.9	82.3	83.7	85.1	86.5	87.9	89.3

Note: 1. kW rating when using a one-pitch offset link (OL) is 65% of the above.
 2. Please consult Tsubaki prior to use of kW ratings in the colored area of the table.

Multi-strand factor	Number of chain strands		Number of chain strands		Lubrication method	Details on Pg. 161
	Double strand	Multi-strand factor	Quintuple strand	Multi-strand factor		
	2	1.7	5	3.9	A	Manual lubrication or drip lubrication
	3	2.5	6	4.6	B	Oil bath or slinger disc lubrication
	4	3.3	-	-	C	Forced pump lubrication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

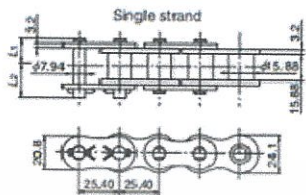
โซ่ RS80

Tensile Strength มากกว่า RS60 เกิน 2 เท่า

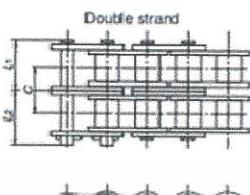
Standard Roller Chains

RS Roller Chain

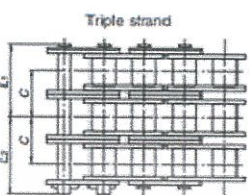
RS80



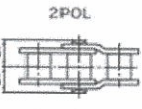
Single strand



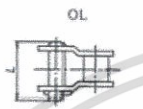
Double strand



Triple strand



2POL



OL

Drawing Scale 1/3.2

TSUBAKI Chain Number	Number of Strands	Pin Length L _p +L _s	Dimension L ₁	Dimension L ₂	Offset Pin Length L	Transverse Pitch C	Pin Type	ANSI Standard Min. Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Minimum Tensile Strength kN(kgf)	Tsubaki Average Tensile Strength kN(kgf)	Maximum Allowable Load kN(kgf)	Approximate Mass kg/m
R580-1	1	35.5	16.25	19.25	35.6	29.3	Offset Pin	61.2 (6241)	71.6(7300)	78.5(8000)	14.7(1500)	2.66
R580-2	2	64.8	30.9	33.9	67.5	29.3	Offset Pin	122.4(12481)	143 (14600)	157 (16000)	25.0(2550)	5.27
R580-3	3	94.1	45.6	48.5	95.9	29.3	Offset Pin	183.6(18722)	215 (21900)	235 (24000)	36.8(3750)	7.89
R580-4	4	123.5	60.25	63.25	126.3	29.3	Rolling	-	286 (29200)	314 (32000)	48.5(4950)	10.50
R580-5	5	152.9	74.95	77.95	155.6	29.3	Rolling	-	359 (36500)	392 (40000)	57.4(5850)	13.11
R580-6	6	182.1	89.5	92.5	184.9	29.3	Rolling	-	430 (43800)	471 (48000)	67.7(6900)	15.73

Note: 1. Maximum allowable load when using a one-pitch offset link (OL) is 65% of the above.
 2. Number of links per unit = 1/20

RS80-1 Maximum Kilowatt Ratings Table (KW Ratings for Single Strand Chain)

Small Sprocket Max. r/min

ANSI Chain No.	Small Sprocket Max. r/min																								
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400	
9	0.53	1.21	2.26	4.21	6.07	7.84	11.3	14.7	17.9	18.2	18.2	15.1	12.7	10.8	9.39	8.24	6.34	5.35	4.48	3.83	3.32	2.91	2.44	2.08	1.73
10	0.59	1.36	2.53	4.72	6.80	8.81	12.7	16.4	20.1	20.4	20.4	17.7	14.9	12.7	11.0	9.65	7.56	6.27	5.25	4.48	3.89	3.41	2.86	2.44	2.02
11	0.66	1.50	2.80	5.23	7.54	9.76	14.1	18.2	22.3	22.6	22.6	20.4	17.1	14.6	12.7	10.1	8.30	7.25	6.06	5.17	4.48	3.94	3.30	2.82	1.27
12	0.72	1.65	3.08	5.75	8.26	10.7	15.4	20.0	24.5	24.9	24.9	23.3	19.5	16.7	14.5	12.7	10.1	8.24	6.90	5.89	5.11	4.48	3.76	3.21	
13	0.79	1.80	3.36	6.27	9.03	11.7	16.8	21.8	26.7	27.1	27.1	25.3	22.0	18.8	16.3	14.3	11.3	9.29	7.78	6.65	5.76	5.06	4.24	3.62	
14	0.85	1.95	3.64	6.77	9.78	12.7	18.2	23.6	28.9	29.4	29.4	27.6	24.6	21.0	18.2	16.0	12.7	10.4	8.70	7.43	6.44	5.65	4.74	4.04	
15	0.92	2.10	3.92	7.31	10.5	13.6	19.7	25.5	31.1	32.6	32.6	30.6	27.3	23.3	20.7	17.7	14.1	11.5	9.66	8.24	7.14	6.27	5.25	4.48	
16	0.99	2.25	4.20	7.84	11.3	14.8	21.1	27.3	33.4	35.9	35.9	33.9	30.1	25.7	22.3	18.5	15.5	12.7	10.4	9.08	7.87	6.90	5.79	4.94	
17	1.05	2.40	4.49	8.37	12.1	15.6	22.5	29.2	35.6	39.3	39.3	37.3	32.9	28.1	24.4	21.4	17.0	13.9	11.8	9.94	8.62	7.56	6.34	5.41	
18	1.12	2.56	4.77	8.91	12.8	16.6	23.9	31.0	37.9	42.8	42.8	40.8	35.9	30.6	26.5	23.3	18.5	15.1	12.7	10.8	9.39	8.24	6.90	5.89	
19	1.19	2.71	5.06	9.44	13.6	17.6	25.4	32.9	40.2	46.0	46.0	43.9	38.9	33.2	28.8	25.3	20.1	16.4	13.8	11.7	10.2	8.93	7.49	6.39	
20	1.26	2.87	5.35	9.98	14.4	18.6	26.8	34.8	42.5	48.7	48.7	46.7	42.0	35.9	31.1	27.0	21.7	17.7	14.9	12.7	11.0	9.65	8.09		
21	1.32	3.02	5.64	10.5	15.2	19.6	28.3	36.6	44.8	51.3	51.3	49.2	44.2	38.6	33.5	29.4	23.3	19.1	16.0	13.6	11.8	10.4	8.70		
22	1.39	3.18	5.93	11.1	15.9	20.6	29.7	38.5	47.1	53.9	53.9	52.0	46.5	41.4	35.9	31.5	25.0	20.4	17.1	14.6	12.7	11.1	9.33		
23	1.46	3.33	6.22	11.6	16.7	21.7	31.2	40.4	49.4	56.6	56.6	54.6	49.1	43.8	39.3	35.7	28.7	21.9	18.3	15.6	13.6	11.9	9.97		
24	1.53	3.49	6.51	12.2	17.5	22.7	32.7	42.3	51.7	59.3	59.3	57.2	51.7	46.0	41.9	37.9	30.5	23.3	19.5	16.7	14.5	12.7	10.6		
25	1.60	3.65	6.81	12.7	18.3	23.7	34.1	44.2	54.1	61.9	61.9	59.7	54.1	48.7	44.5	40.3	33.0	24.8	20.8	17.7	15.4	13.5	11.3		
26	1.67	3.80	7.10	13.2	19.1	24.7	35.6	46.1	56.4	64.6	64.6	62.3	56.4	51.3	47.2	43.0	35.7	27.0	22.0	18.8	16.3	14.3	12.0		
28	1.81	4.12	7.69	14.4	20.7	26.8	38.6	50.0	61.1	70.0	70.0	67.6	61.1	56.4	51.5	47.2	38.6	30.5	24.6	21.0	18.2	16.0			
30	1.95	4.44	8.29	15.5	22.3	28.9	41.6	53.8	65.8	77.2	77.2	74.7	67.6	62.9	57.1	50.1	39.8	32.6	27.3	23.3	20.2	17.7			
32	2.09	4.76	8.88	16.6	23.9	30.9	44.6	57.7	70.6	83.2	83.2	80.0	72.6	67.9	61.9	54.8	43.8	35.9	30.1	25.7	22.2	19.5			
35	2.30	5.24	9.79	18.3	26.3	34.1	49.1	63.6	77.7	91.6	91.6	87.3	79.7	74.7	67.6	60.5	48.7	40.3	34.4	29.4	25.5				
40	2.66	6.06	11.3	21.1	30.4	39.4	56.7	73.5	89.8	106	114	114	101	87.9	77.2	61.3	50.1	42.0	35.9	31.9					
45	3.02	6.88	12.8	24.0	34.5	44.7	64.4	83.4	102	120	130	130	121	105	92.1	73.1	59.8	50.1	40.4						

Note: 1. KW rating when using a one-pitch offset link (OL) is 65% of the above.
 2. Please consult TSUBAKI prior to use of kW ratings in the colored area of the table.

Multi-strand factor	Number of chain strands		Multi-strand factor	
	Double strand	1.7	Quintuple strand	3.9
	Triple strand	2.5	Sextuple strand	4.6
	Quadruple strand	3.3	-	-

Lubrication method	A	Manual lubrication or drip lubrication	Details on Pg. 161
	B	Oil bath or slinger disc lubrication	
	C	Forced pump lubrication	

35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟืองสำหรับ RS60

สามารถใช้เฟือง RS80 ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนเพลลา เพราะ Bore diameter = 15.9 mm เหมือนเดิม

Standard Roller Chains

RS60 Sprocket

Number of Teeth	1B type				1C type				2B type				2C type				1A type	
	Pitch Diameter (D)	Bore Diameter (d)	Hub Diameter (Dh)	Approx. Mass (kg)	Pitch Diameter (D)	Bore Diameter (d)	Hub Diameter (Dh)	Approx. Mass (kg)	Pitch Diameter (D)	Bore Diameter (d)	Hub Diameter (Dh)	Approx. Mass (kg)	Pitch Diameter (D)	Bore Diameter (d)	Hub Diameter (Dh)	Approx. Mass (kg)	Material	
9	55.70	63	9.5	24.5	43	32	0.80										9	
10	61.65	68	12.7	30	49	32	0.40										10	
11	67.62	76	12.7	32	51	32	0.80										11	
12	73.60	82	12.7	32	51	32	0.69										12	
13	79.60	89	15.9	35	57	32	0.81										13	
14	85.61	95	15.9	39.5	62	32	0.95										14	
15	91.63	101	15.9	45.5	68	32	1.1										15	
16	97.65	107	15.9	47.5	73	32	1.3										16	
17	103.67	113	15.9	47.5	73	32	1.4										17	
18	109.70	119	15.9	55	83	40	2.0										18	
19	115.74	126	15.9	55	83	40	2.1										19	
20	121.78	132	15.9	55	83	40	2.2										20	
21	127.82	138	15.9	55	83	40	2.3										21	
22	133.86	144	15.9	55	83	40	2.5										22	
23	139.90	150	18	55	83	40	2.5										23	
24	145.95	156	18	55	83	40	2.4										24	
25	151.99	162	18	55	83	40	2.7										25	
26	158.04	168	18	55	83	40	2.9										26	
27	164.09	174	18	55	83	40	3.0										27	
28	170.14	180	18	55	83	40	3.1										28	
30	182.25	193	18	55	83	40	3.4										30	
32	194.35	205	18	55	83	40	3.7										32	
34	206.46	217	18	55	83	40	4.0										34	
35	212.52	223	18	55	83	40	4.2										35	
36	218.57	229	18	55	83	40	4.4										36	
38	230.69	241	18	55	83	40	4.8										38	
40	242.80	253	18	55	83	40	5.1										40	
42	254.92	266	23	63	93	45	6.0										42	
45	273.09	284	23	63	93	45	6.7										45	
48	291.27	302	23	63	93	45	7.4										48	
50	303.39	314	23	63	93	45	8.0										50	
54	327.63	338	23	63	93	45	8.9										54	
60	363.99	375	23	63	93	45	10.6										60	
65	394.30	405	28	75	107	45	12.8										65	
70	424.61	435	28	75	107	45	14.4										70	
75	454.92	466	28	75	107	45	16.3										75	

Note:

- Maximum bore diameter is the typical range. Determine bore diameter and key bearing pressure based on general mechanical design.
- Models in shaded areas have hardened teeth.
- Outer diameters above are given for the 1B type. Diameters vary slightly for all other types.
- 1B-type sprockets marked with an 'H' have an outer groove around the hub. Groove outer diameter is 32 for 9T, 37 for 10T and 45 for 11T.
- For single-strand sprockets without hardened teeth, the Strong Series of sprocket with hardened teeth can be made-to-order.
- Models with approximate no. teeth in bold typeface have one punched hole for lifting.

Sprocket Number RS60 -2B 15T

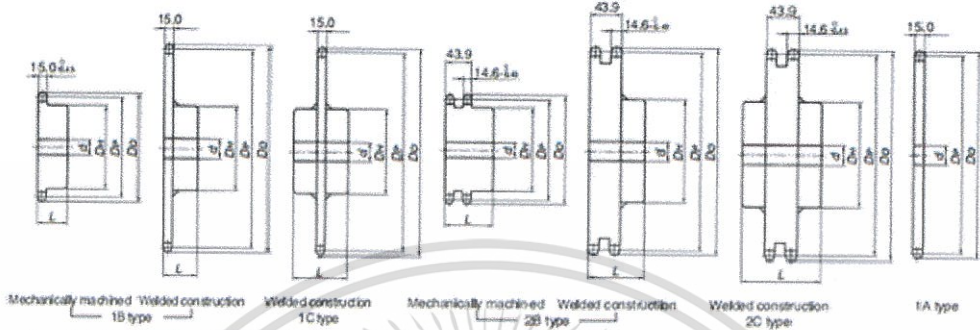
Number of teeth Type

Chain number

เฟืองสำหรับ RS80

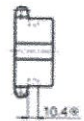
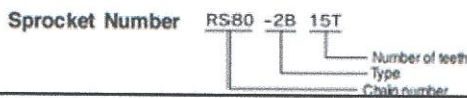
Bore diameter = 15.9 mm เหมือนกัน

Standard Roller Chains RS80 Sprocket



Number of teeth	1B type					1C type					2B type					2C type					1A type			
	Bore Diameter (mm)	Pitch Diameter (mm)	Hub Dia (mm)	Approx. Mass (kg)	Material	Bore Diameter (mm)	Pitch Diameter (mm)	Hub Dia (mm)	Approx. Mass (kg)	Material	Bore Diameter (mm)	Pitch Diameter (mm)	Hub Dia (mm)	Approx. Mass (kg)	Material	Bore Diameter (mm)	Pitch Diameter (mm)	Hub Dia (mm)	Approx. Mass (kg)	Material	Approx. Mass (kg)	Material		
9	74.26	85	15.9	35	58	40	0.37	St															9	
10	82.20	93	15.9	32	52	40	0.57	St																10
11	90.16	101	15.9	38	60	40	1.2	St																11
12	98.14	109	17	45	67	40	1.5	St																12
13	106.14	118	19	50	77	40	1.5	St																13
14	114.15	127	19	50	77	40	2.6	St																14
15	122.17	135	19	63	93	40	2.6	St																15
16	130.20	143	19	63	93	40	2.3	St																16
17	138.23	151	19	63	93	40	3.0	St																17
18	146.27	159	19	63	93	40	3.2	St																18
19	154.32	167	23	63	93	40	3.4	St																19
20	162.37	175	23	63	93	40	3.6	St																20
21	170.42	184	23	63	93	40	2.8	St																21
22	178.48	192	28	75	107	45	4.8	St																22
23	186.54	200	28	75	107	45	5.1	St																23
24	194.60	208	28	75	107	45	5.4	St																24
25	202.66	216	28	75	107	45	5.8	St																25
26	210.72	224	28	75	107	45	5.8	St																26
27	218.79	232	28	75	107	45	6.1	St																27
28	226.86	240	28	75	107	45	6.5	St																28
30	243.00	257	28	75	107	45	7.1	St																30
32	259.14	273	28	75	107	45	7.8	St																32
34	275.28	289	28	75	107	45	8.5	St																34
35	283.36	297	28	75	107	45	8.9	St																35
36	291.43	306	33	80	117	50	10.1	St																36
38	307.58	322	33	80	117	50	10.9	St																38
40	323.74	338	33	80	117	50	11.8	St																40
42	339.89	354	33	80	117	50	12.7	St																42
45	364.12	378	33	80	117	50	14.2	St																45
48	388.34	403	33	80	117	50	15.9	St																48
50	404.52	419	33	80	117	50	16.8	St																50
54	436.84	459	33	80	117	50	19.2	St																54
60	485.33	500	33	80	117	50	23.1	St																60
65	525.73	540	33	89	127	63	28.5	St																65
70	566.15	581	33	89	127	63	32.1	St																70
75	606.56	621	33	89	127	63	36.2	St																75

1. Maximum bore diameter is the typical range. Determine bore diameter and key bearing pressure based on general mechanical design.
2. Models in shaded areas have hardened teeth.
3. Outer diameters above are given for the 1B type. Diameters vary slightly for all other types.
4. 1B type sprockets mated with an "h" have an outer groove around the hub. Groove outer diameter is 44 for 9T.
5. For single-strand sprockets without hardened teeth, the Strong Series of sprocket with hardened teeth can be made-to-order.
6. Models with approximate masses in bold typeface have one punched hole for M10g.
7. Welded specifications, structural rolled steel (teeth and hub).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

สินค้าที่บริษัท เค้นโซ่ (ประเทศไทย) จำกัดผลิต คือ อีวาพอเรเตอร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในระบบปรับอากาศที่มีส่วนประกอบทั้งหมดคือ คอมเพรสเซอร์ คอนเด็นเซอร์ รีซีฟเวอร์ เอ็กแพนชันวาล์ว อีวาพอเรเตอร์ ซึ่งอีวาพอเรเตอร์จะมีส่วนที่เป็นท่อสำหรับลำเลียงสารทำความเย็นและครีบบระบายความร้อนที่ทำจากอลูมิเนียมที่มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้ดี สามารถดัดขึ้นรูปได้โดยไม่มีการแตกหัก ส่วนในบริเวณผิวที่ไม่ได้เคลือบสารเคมีจะทำให้ปฏิกิริยากับอากาศและความชื้นทำให้มีกลิ่นเหม็นและเกิดเป็นคราบสกปรก จึงต้องเคลือบผิวของอีวาพอเรเตอร์ทั้งชิ้นด้วยสารเคมีชนิดต่างๆ จากนั้นจะถูกนำเข้าเตาอบเพื่อสร้างชั้นฟิล์มบางๆเคลือบผิวอีวาพอเรเตอร์ไว้ที่ช่วยป้องกันกลิ่นเหม็นอับและยังทำให้ผิวของครีบบแข็งแรงขึ้นด้วยเนื่องจากสารเคมีต่างๆนี้มีความสมบัติเสริมความแข็งแรง

โดยเครื่องที่ทำหน้าที่ชุบผิวอีวาพอเรเตอร์นี้ชื่อว่า Surface treatment machine ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญมากเพราะในการผลิตอีวาพอเรเตอร์ทุกชิ้นจะต้องใช้เครื่องจักรเครื่องนี้ แตกต่างจากเครื่องจักรอื่นในโรงงานที่มีหลายเครื่องที่ทำหน้าที่เดียวกัน เช่น เครื่องดัดแผ่นอลูมิเนียมให้เป็นครีบบระบายความร้อนก็มีหลายเครื่องที่สามารถทำงานแทนได้หากมีเครื่องใดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องหยุดทำงาน ดังนั้นการหยุดเครื่องชุบผิวอีวาพอเรเตอร์จะส่งผลต่อการผลิตอาจทำให้ผลิตสินค้าได้ไม่ทันตามกำหนดทางบริษัท จึงต้องการลดการหยุดของเครื่องจักรให้มากที่สุด จึงได้ทำโครงการนี้ขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ลดการหยุดของเครื่องจักร โดยนำข้อมูลการซ่อมเครื่องจักรและคัดเลือกปัญหาที่ส่งผลให้เครื่องจักรหยุดบ่อยนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุและวิธีแก้ จากนั้นปรับปรุงชิ้นส่วนของเครื่องจักรส่วนนั้นให้ทำงานได้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. เลือกปัญหาที่ทำให้เครื่องจักรเสียจากประวัติการซ่อมเครื่องจักรที่แสดงลักษณะปัญหาและระยะเวลาที่ใช้ซ่อม โดยเลือกปัญหาที่ใช้เวลาซ่อมนานและเกิดบ่อยเพื่อนำมาแก้ไข

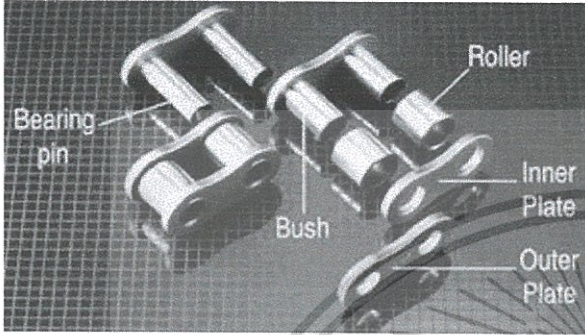
2. ศึกษาปัญหาและหาสาเหตุ เมื่อปัญหาคลุมเคลือบการหาสาเหตุจะใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองชิ้นส่วน (Solidworks simulation) เพื่อทดลองสมมติฐานและหาวิธีแก้ไข

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้งานโซ่ลำเลียงได้อย่างยาวนานโดยไม่เกิดความเสียหายและเลือกใช้วัสดุและขนาดโซ่ที่มีต้นทุนต่ำคุ้มค่ากับการใช้งานมากที่สุด

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ส่วนประกอบของโซ่ ซึ่งประกอบไปด้วย สลัก (Bearing Pin), ปลอกสลัก (Bush), ลูกกลิ้ง (Roller), แผ่นประกบด้านนอก (Outer Plate) และแผ่นประกบด้านใน (Plate)



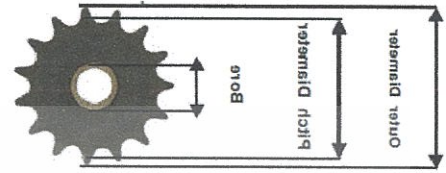
รูป 2.1 แสดงส่วนประกอบของโซ่ลูกกลิ้ง

ขีดจำกัดแผ่นประกบและขีดจำกัดลูกกลิ้งใช้หากำลังส่งที่มากที่สุดที่แผ่นประกบและลูกกลิ้งส่งได้ จึงนำมาใช้เพื่อหาว่าที่น้ำหนักกดทับ ความเร็วในการหมุนของเฟืองจำนวนซี่ฟันเฟือง เท่านั้นจะส่งผลให้แผ่นประกบหรือลูกกลิ้งเสียหายก่อน

เฟืองโซ่ (Sprocket)

เฟืองขับที่นิยมใช้กับระบบส่งกำลังด้วยโซ่ลูกกลิ้งแบ่งได้ 3 แบบ โดยเรียกแต่ละแบบดังนี้ Type A คือเฟืองราบธรรมดาโดยไม่มีคุม, Type B คือเฟืองที่มีคุมแค่ข้างเดียว, Type C คือเฟืองที่มีคุมทั้งสองข้าง ในบทความนี้จะกำหนดเลือกใช้เฟืองขับ Type B เพราะเป็นที่นิยมใช้และมีจำนวนฟันเฟืองให้เลือกหลากหลายในแคตตาล็อก และการออกแบบเฟือง

การขับของระบบส่งกำลังโดยการใส่โซ่นี้ ต้องคำนึงถึง 2 สิ่งคือ อัตราการทด (n) และระยะพิทช์ (P) ของโซ่กับเฟืองขับโซ่ต้องเท่ากัน จึงจะทำให้การส่งกำลังเป็นไปได้ดี ซึ่งสามารถคำนวณได้ต่อไปนี้



รูป 2.2 ส่วนประกอบของเฟืองโซ่

$$OD = P / \sin\left(\frac{180}{N}\right)$$

$$D_p = P \left(\cot\frac{180}{N} + 0.08 \right)$$

$$Max\ Bore = \frac{2}{3} \left(\cot\frac{180}{N} \times P \right) - (H + 0.05)$$

OD คือ ระยะเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกของเฟือง (mm)

P คือ ระยะ Pitch (mm)

N คือ จำนวนซี่ฟันเฟือง (teeth)

D_p คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง Pitch (mm)

Max Bore คือ เส้นผ่านศูนย์กลางรู (mm)

H คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)

ขีดจำกัดแผ่นประกบ

$$HP_s = K_s n^{1.08} \omega^{0.9} p^{3-0.07p}$$

HP_s คือ ขีดจำกัดกำลังที่ถูกจำกัดด้วยการล้าที่บริเวณแผ่นประกบ (HP)

K_s คือ ค่าคงที่มีค่า 0.004 (HP/teeth • rpm • in)

n คือ จำนวนซี่ฟันของเฟือง (teeth)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเฟือง (rpm)

p คือ ระยะpitch ของโซ่ (in)

ขีดจำกัดตูกกลิ้ง

$$HP_r = \frac{K_r n^{1.5} p^{0.8}}{\left(\frac{\omega}{100}\right)^{1.5}}$$

HP_r คือ ขีดจำกัดกำลังที่ถูกจำกัดด้วยการล้าที่

บริเวณแผ่นประกบ (HP)

K_r คือ ค่าคงที่มีค่า 29 สำหรับโซ่เบอร์ 25,35

มีค่า 3.4 สำหรับโซ่เบอร์ 41 มีค่า 17 สำหรับโซ่

เบอร์ 40-240 มาตรฐาน ANSI

(rpm•HP/in•teeth)

n คือ จำนวนซี่ฟันของเฟือง (teeth)

ω คือ ความเร็วเชิงมุมของเฟือง (rpm)

p คือ ระยะpitch ของโซ่ (in)

อายุการใช้งานของแบร็ริง

อายุการใช้งานของแบร็ริงถูกระบุได้จากสูตร

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

L_{10h} คือ อายุการใช้งานแบร็ริง (hr)

C คือ ค่า Dynamic Load (N)

P คือ Life Exponent โดยที่ $P= 3$ สำหรับ Ball

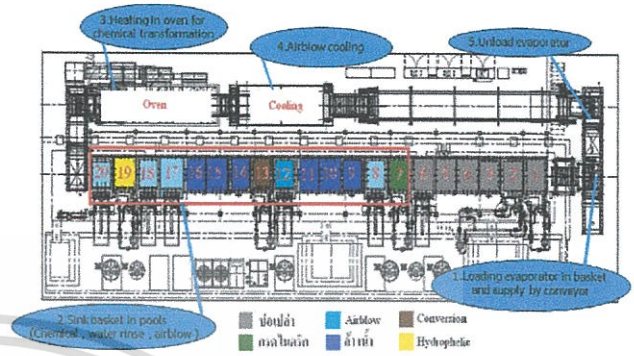
Bearing

n คือ ความเร็วรอบในการใช้งาน (rpm)

3.วิธีดำเนินการโรงงาน

3.1 หลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่อง

เคลือบผิวอีวาพอเรเตอร์

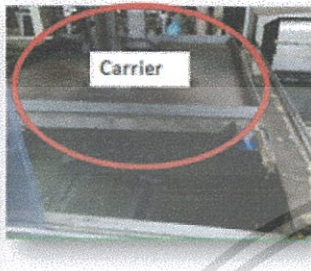
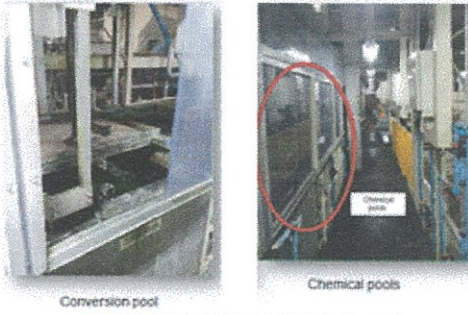


รูป 3.1 ผังเครื่องจักร

เครื่องชุบผิวอีวาพอเรเตอร์จะทำงานโดยเริ่มจากลำเลียงอีวาพอเรเตอร์ใส่ตระกร้าที่จุด Loading (1) ตะกร้าจะถูก Carrier ยกและนำกลุ่มบ่อสารเคมีต่างๆเริ่มจากบ่อกรดไนตริก (บ่อสารเคมีสีเขียว) ถูกเป่าลม(บ่อสีฟ้า)ด้วยเครื่องเป่าลมเพื่อขจัดกรดส่วนเกินออกไปและถูกล้างด้วยน้ำRO(น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองพิเศษจะไม่มีแร่ธาตุเจือปนอยู่ เป็นน้ำที่สะอาดเหมาะกับกระบวนการชะล้างเพื่อป้องกันการปนเปื้อน)ที่บ่อสีน้ำเงิน ส่วนบ่อ Conversion จะเป็นสารเคมีเพื่อปรับสภาพผิวของอีวาพอเรเตอร์ก่อนการเคลือบผิวจริงและบ่อ Hydrophilic จะเป็นสารเคมีที่เปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งเมื่อโดนอบด้วยความร้อนจากเตาอบ

รูป 3.2 ภาพเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



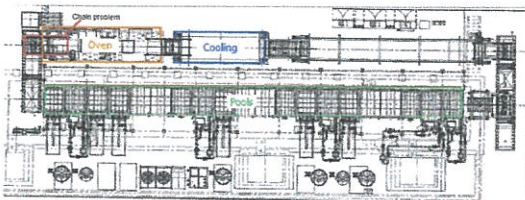
รูป 3.2 ภาพเครื่องจักร1



รูป 3.3 แบริ่งและ โช้ก่อนกรแก้ไข

3.2 ตำรวจสภาพปัญหา

ปัญหาที่1 คือ โช้ลำเลียงตะกร้าในรูป 3.4 ขาดบ่อยจึงตรวจสอบค่าLoadที่ใช้งานว่าเกินค่า Yield strengthและEndurance limit ของ Fatigue failure หรือไม่ Safety factor เป็นอย่างไร



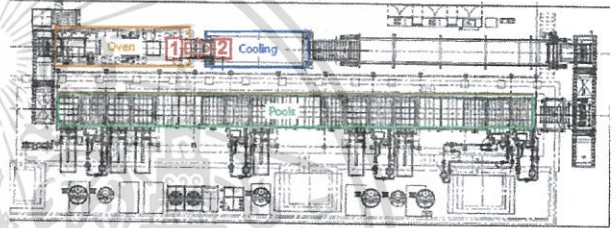
รูป 3.4 บริเวณที่เกิดปัญหาโช้ขาด

ปัญหาที่ 2



รูป 3.5 แบริ่งติดขัด

จากภาพเครื่องจักรมีปัญหาเพลลาที่สวมกับแบริ่งติดขัดจนเครื่องจักรไม่สามารถดำเนินชิ้นงานจากบริเวณ(1) ไป (2) ในรูป 3.11 ได้



รูป 3.6 บริเวณที่เกิดปัญหาแบริ่งและเพลลาติดขัด

4.ผลของโครงการ

4.1 วิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุ

4.1.1ปัญหาโช้ลำเลียง

โช้ลำเลียงตะกร้า(Conveyor chain) มีปัญหาโช้ขาดจึงต้องการศึกษาสาเหตุการขาดของโช้เพื่อหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม โดยเริ่มจากวิเคราะห์ว่าโช้จะเสียหายที่บริเวณใด ตำแหน่งบน โช้ที่เกิดความเสียหายเฟืองที่ใช้สำหรับ RS60 มีจำนวนฟัน $N_1 = 17$ ซึ่ง ความเร็วในการหมุน $n_1 = 10 \text{ Rev/min}$ ค่าคงที่ $K_f = 17$ ระยะpitchของโช้ $P = 19.05 \text{ mm} = 0.75 \text{ in}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโซ่เกิดการเสียหายจะพิจารณาที่ 2 บริเวณ

คือ ที่ลูกกลิ้ง หรือ แผ่นประกบ

จัดจำกัดแผ่นประกบ

$$H_1 = 0.004 N_1^{1.08} n_1^{0.9} p^{(3-0.07p)}$$

$$H_1 = 0.004 (17^{1.08}) (10^{0.9})$$

$$(0.75)^{(3-0.07(0.75))}$$

$$= 0.29 \text{ hp}$$

จัดจำกัดลูกกลิ้ง

$$H_2 = \frac{1000 K_r N_1^{1.5} p^{0.8}}{n_1^{1.5}}$$

$$= \frac{1000 (17) (17^{1.5}) (0.75^{0.8})}{10^{1.5}} = 29 \text{ khp}$$

จัดจำกัดที่แผ่นประกบน้อยกว่าจึงพิจารณาแรงที่กระทำต่อแผ่นประกบเพื่อพิจารณาว่าโซ่จะเกิดความเสียหายหรือไม่

พิจารณาแรงที่ส่งไปยังโซ่

แผ่นประกบโซ่ RS60 ที่รับแรงจากมอเตอร์

ยี่ห้อ TRANSTECNO รายละเอียด CM-090-U25-100/112-SCDX 2.2KW 3phase

380V/220V หมายถึง กำลังมอเตอร์ P = 2.2 KW

, ความเร็วรอบ Output จากมอเตอร์ n2 = 112

RPM , แรงบิด Output = 159 N.m , Safety

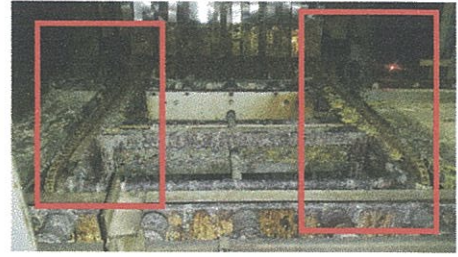
factor = 1.8, อัตราทด i = 25

T = FL (L คือ รัศมีเฟือง)

F = T / L = 159 N.m / 0.104 m = 1529 N

แรงที่ส่งผ่านโซ่ 1529 N

โซ่ส่งกำลังมี 2 เส้น



รูป 4.1 แสดงโซ่รับแรงจำนวน 2 สาย

$$\text{โซ่แต่ละเส้นรับแรง} = \frac{F}{2} = \frac{1,529}{2} = 764.5 \text{ N}$$

4.1.2 ปัญหาเบร้ง

หาอายุเบร้งในกรณีที่ไม่มีสิ่งสกปรกและไม่มี การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

ค่าของตัวแปร n = 10 rpm , C ใช้ Static load รูป จากภาคผนวก C = 1,130 lbs = 5026.5 N , โซ่

รับน้ำหนักจากตะกร้าโดยประมาณ P = 200 x

9.81 = 1962 N , ค่าคงที่เมื่อเป็น Ball bearing ใช้

p = 3

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

$$= \frac{10^6}{60(10)} \left(\frac{5026.5}{1962} \right)^3 = 28025.2 \text{ hr}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แนวทางการแก้ไข

4.2.1 ปัญหาโซ่ลำเลียง

ความเค้นมากที่สุดอยู่ที่เกิดขึ้นกับวัสดุโซ่มีค่า $6.535 \times 10^7 \text{ Pa}$, Yield strength ของวัสดุมีค่า $2.068 \times 10^8 \text{ Pa}$ Endurance limit ของวัสดุ = $S_e = 1.75 \times 10^8 \text{ Pa}$

ค่า Maximum stress < Endurance limit ของวัสดุ วัสดุจึงไม่เสียหายเนื่องจากแรงดึง

Safety factor ในทฤษฎีจากบทที่ 2

$$\text{Safety factor} = 4 = \frac{\text{Yield strength}}{\text{Maximum stress}}$$

แต่จากการทดสอบวัสดุ

$$\begin{aligned} \text{Safety factor} &= \frac{\text{Yield strength}}{\text{Maximum stress}} \\ &= \frac{2.068 \times 10^8 \text{ Pa}}{6.535 \times 10^7 \text{ Pa}} = 3.16 \end{aligned}$$

Safety factor น้อยกว่าค่าแนะนำการใช้ โซ่ลำเลียง จึงแก้ไขโดยการเพิ่มขนาดโซ่ เพื่อให้รับแรงได้มากขึ้น

4.2.2 ปัญหาแบร์ริง

คำนวณอายุของแบร์ริง เครื่องจักรทำงาน 1 วัน

ทำงาน 18 ชม. ทำงาน 26 วันต่อเดือน

ใน 1 ปี เครื่องจักรทำงาน $18 \times 26 \times 12 = 5,616 \text{ hr}$

กรณีแบร์ริงถูกใช้งานในสถานที่สะอาดและไม่มีการขยายตัวเนื่องจากความร้อนจะมีอายุการใช้งาน

$$\frac{28,025.2}{5,616} = 5 \text{ ปี}$$

แต่จากประวัติการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริง แบร์ริงจะเสียหายทุกๆ 2-3 ปี จึงพิจารณาว่าแบร์ริงมีอายุการใช้งานที่ลดลงมากเนื่องมาจากความสกปรกของสภาพแวดล้อมการใช้งานที่มีสารเคมีหยดและแข็งตัวให้แบร์ริงติดขัด

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่ 1 โซ่

จากคำแนะนำการใช้งานโซ่ลำเลียงจะต้องใช้ Safety factor = 4 จึงสมควรเพิ่มขนาดของโซ่จาก RS60 เป็น RS80 เนื่องจากมี Tensile strength มากกว่าเดิม เมื่อพิจารณาในเรื่องของวัสดุโซ่ RS60มีราคา 84 บาท/ฟุต โซ่SS60มีราคา 456 บาท/ฟุต แม้RS60จะมีการทนทานการกัดกร่อนจากกรดไนตริกน้อยกว่าSS60แต่SS60จะมีTensile strengthน้อยกว่าRS60 จึงไม่เปลี่ยนวัสดุโซ่แต่เพิ่มขนาดโซ่จาก RS60 เป็น RS80 และเปลี่ยนเฟืองเป็นสำหรับโซ่เบอร์80

ปัญหาที่ 2 แบร์ริง

แบร์ริงมีอายุการใช้งานจากการคำนวณ 5 ปีแต่การใช้งานจริงมีอายุการใช้งาน 2-3 ปี แสดงว่ามีปัจจัยที่ส่งผลให้อายุการใช้งานของแบร์ริงลดลงอย่างมากนั่นคือ ความสกปรกจากสารเคมีที่ใช้หยดลงบนเพลลาและแบร์ริงจากนั้นกลายเป็นของแข็งทำให้เกิดปัญหาต่อการ

ใช้งานแบร์ริง จึงควรเพิ่มอุปกรณ์สำหรับป้องกันสารเคมี เช่น Roller สำหรับกลิ้งได้ ตะกร้าเพื่อปาดสารเคมีจากตะกร้าให้สะอาด ก่อนจะถ้ำเลียงตะกร้าเข้าสู่เตาอบ สารเคมีส่วนเกินจะถูกรีดลงสู่อ่างเก็บและนำกลับไปใช้ใหม่ที่บ่อขุบสารเคมี

เอกสารอ้างอิง

[1] รศ.ชาญ.ถนัดงาน และ ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้ง

ภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1”,

พิมพ์ครั้งที่ 10, ปี พ.ศ. 2541

[2] รศ.ชาญ.ถนัดงาน และ ศ.ดร.วริทธิ์ อึ้ง

ภากรณ์, “การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2”,

[3] อาจารย์รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว, “กลศาสตร์ของวัสดุ” พิมพ์ครั้งที่ 1, ปี พ.ศ. 2545

[4] รศ.ดร.สุรพล ราษฎร์นุ้ย, “วิศวกรรมกล

หล่อขึ้นเบื้องต้น” พิมพ์ครั้งที่ 1, ปี พ.ศ. 2559

[5] “สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวจากความ

ร้อน.” [ระบบออนไลน์] 2553.

<https://goo.gl/wp5KIj>

[6] “Thermal Static Test in solidworks.”

[ระบบออนไลน์] 2559.

<https://goo.gl/OF5Mgr>

[7] “Mesh create guide for solidworks.” [ระบบออนไลน์] 2559.

<https://goo.gl/OGSosJ>

[8] “Thermal expansion.” [ระบบออนไลน์]

2556.

<https://goo.gl/wXSc5m>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้