รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์ลูกรีดและอายุการใช้งานตลับลูกปืน กรณีศึกษาเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด

Analysis of Adamite Rolls and Bearing Life Expectancy: A Case Study of Two High Rolling Mills

โดย

นาย ณัฐพล จินลา 6223100003

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษาสำหรับวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2564

หัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์ลูกรีดและอายุการใช้งานตลับลูกปืน
กรณีศึกษาเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด

: Analysis of Adamite Rolls and Bearing Life Expectancy: A Case Study of Two High Rolling Mills

รายชื่อผู้จัดทำ : นาย ณัฐพล จินลา 6223100003

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 3/2564

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบโครงงาน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

.....พนักงานที่ปรึกษา

(นาย คมสันต์ พลเยี่ยม)

.....กรรมการกลาง

(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา

(ผศ.ดร.มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

ชื่อโครงงาน : การวิเคราะห์ลูกรีดและอายุการใช้งานตลับลูกปืน
กรณีศึกษาเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด

ผู้จัดทำ : นาย ณัฐพล จินลา 6223100003

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ระดับการศึกษา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา : 3/2564

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนตลับลูกปืนและลูกรีดของเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแต่ละครั้งใช้เวลาค่อนข้างมากในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรซึ่งส่งผลกระทบต่อสายงานการผลิต แนวทางการแก้ปัญหาโดยการเลือกตลับลูกปืนและลูกรีดที่มีคุณภาพจะทำให้เกิดความคุ้มค่า การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบอายุการใช้งานและความคุ้มค่าของตลับลูกปืนทั้ง 3 ยี่ห้อคือ SKF , FAG และ NTN อีกทั้งวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีด โดยใช้วิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering) มาคำนวณหาแรงที่กระทำกับตลับลูกปืนด้วยการนำประวัติการเปลี่ยนตลับลูกปืนแต่ละครั้งมาเฉลี่ยเพื่อทราบอายุการใช้งาน ซึ่งอายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่ใช้ในปัจจุบันโดย SKF มีอายุการใช้งาน 7,608 ชั่วโมง FAG มีอายุการใช้งาน 8,564 ชั่วโมง มีความคุ้มค่ามากขึ้น 12 % และ NTN มีอายุการใช้งาน 3,042 ชั่วโมง มีความคุ้มค่าน้อยลงถึง 39 % และการวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่า ตำแหน่งที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซส สูงสุดทั้งหมด 4 จุด ซึ่งเมื่อรีดเหล็กจากร่องด้านหน้าความเค้นสูงสุดอยู่ที่ 33.04 MPa และเมื่อรีดเหล็กจากร่องด้านหลังความเค้นสูงสุดอยู่ที่ 33 MPa แต่ไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก 370 MPa หมายความว่าลูกรีดเริ่มยืดตัว แต่ยังไม่เสียรูปร่าง เพราะค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดยังไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก ค่าความปลอดภัย (FOS) เท่ากับ 11.21 ในขณะที่ค่าความปลอดภัยมาตรฐานเท่ากับ 7 ดังนั้นเมื่อใช้แรงกระทำสูงสุดลูกรีดจะไม่เกิดการเปลี่ยนรูป

คำสำคัญ : เครื่องรีด / เหล็กเส้นกลม / การวิเคราะห์ลูกรีด / อายุการใช้งานของตลับลูกปืน

Thesis Title : Analysis of Adamite Rolls and Bearing Life Expectancy: A Case Study of Two High Rolling Mills

By : Mr. Nattapon Jinla 6223100003

Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Mechanical Engineering

Faculty : Engineering

Semester / Academic Year: 3/2021

Abstract

Replacement of the bearings and rolls of rolling mills takes a lot of time during the maintenance of the machine, which affected the production line. The solution was to choose quality bearings and rolls that are cost-effective. The purpose of this study was to compared the life expectancy and cost-effectiveness of three brands of bearings, SKF, FAG and NTN, and to analyze the strength of the rolls. Using reverse engineering to calculate the force acting on the bearing, the study took the history of replacing each bearing to find an average to know the service life. The current bearing service life found for SKF was 7,608 hour and FAG was 8,564 hours, a 12% improvement in cost-effectiveness. NTN had a service life of 3,042 hours, 39% less valuable. The strength analysis of the rolls by finite element method revealed that position with von mises stress all maximum for 4 points. When rolling steel from the front groove, the maximum stress was 33.04 MPa, but rolling steel from the back groove had a maximum stress of 33 MPa, not exceeding the yield strength of 370 MPa, meant that the rolls begin to stretch but still don't lose their original shape because the maximum von mises stress did not exceed the yield strength value. The safety factor (FOS) was 11.21, while the safety standard factor is 7, then the maximum load applied to the rolls won't deform them.

Keywords: rolling mill, analysis rolling, bearing life

Approved By

.....

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 23 พฤษภาคม 2565 ถึงวันที่ 2 กันยายน 2565 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีค่ามากมายสำหรับรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1.คุณ คมสันต์ พลเยี่ยม หัวหน้าวิศวกรเครื่องกล

2.คุณ กิตติพงศ์ เลิศสัตการ วิศวกรเครื่องกล

3.ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย อาจารย์ที่ปรึกษา

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริงซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นาย ณัฐพล จินลา

2 กันยายน 2565

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่งรายงาน ก

กิตติกรรมประกาศ ข

บทคัดย่อ ค

Abstract ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ 1

1.3 ขอบเขตของโครงการ 1

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับจากโครงการ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ตลับลูกปืน 3

2.2 ประเภทของตลับลูกปืน 3

2.3 อายุใช้งานของตลับลูกปืน 6

2.4 การประเมินค่าอายุใช้งานและแรง 7

2.5 อายุการใช้งานโดยสังเขป 10

2.6 ทฤษฎีค่าความปลอดภัย 11

2.6.1 การคิดค่าความปลอดภัย 11

2.6.2 ปัจจัยที่กำหนดค่าความปลอดภัย 11

2.7 ทฤษฎีความเค้น 11

2.8 ไฟไนต์เอลิเมนต์ 12

2.8.1 หลักการของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 12

2.8.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์เกี่ยวกับของแข็ง 12

2.8.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 12

2.9 การรีดเหล็ก 13

2.9.1 แบบลูกกลิ้งสองลูกรีด 15

2.9.2 แบบลูกกลิ้งสามลูกรีด 15

2.9.3 แบบลูกกลิ้งสี่ลูกรีด 16

2.9.4 แบบลูกกลิ้งเรียงตามกัน 16

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.9.5 แบบกลุ่มลูกกลิ้ง 17

2.10 วิศวกรรมย้อนกลับ 17

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งสถานประกอบการ 19

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน 20

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร 21

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย 22

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา 22

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน 22

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 22

3.7.1 ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง 22

3.7.2 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 22

3.7.3 ตั้งหัวข้อโครงงาน 25

3.7.4 การศึกษาหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตลับลูกปืน 25

3.7.5 การหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนโดยใช้วิศวกรรมย้อนกลับ 26

3.7.6 คำนวณหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG และ NTN 27

3.7.7 ทดสอบความแข็งแรงของลูกรีด 28

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 31

3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ 31

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน

4.1 การวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ 32

4.2 การเปรียบเทียบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ 32

4.3 ผลจากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ 33

4.4 ผลการปฏิบัติงานวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 33

4.4.1 ความเค้นฟอนมิสเซส 33

4.4.2 ค่าความปลอดภัย (FOS) 35

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน 36

5.2 ข้อเสนอแนะ 36

บรรณานุกรม 37

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. 39

ภาคผนวก ข. 42

ภาคผนวก ค. 45

ประวัติผู้จัดทำ 49

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แนวทางในการเลือกใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ	10
2.2 ค่าความปลอดภัย	11
3.1 ผังเวลาการทำงาน	31
4.1 ผลการวิเคราะห์อายุงานใช้ตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ	32
4.2 เปรียบเทียบอายุงานใช้งานอายุการใช้งานของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ	32
4.3 ตำแหน่งของชิ้นส่วนที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุด	34

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงส่วนประกอบของตลับลูกปืน	3
2.2 ตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก	4
2.3 ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม	4
2.4 ตลับลูกปืนเม็ดกลมปรับแนวเองได้	5
2.5 ตลับลูกปืนกันรุน	5
2.6 ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก	5
2.7 ตลับลูกปืนเทปเปอร์และตลับลูกปืนเม็ดโค้ง	6
2.8 ตลับลูกปืนเม็ดเข็ม	6
2.9 โดเมนและเงื่อนไขขอบเขตของวัตถุทรงตันภายใต้แรงกระทำใด ๆ	12
2.10 บอกตำแหน่งการแทนค่าในการคำนวณหาแรง	14
2.11 ลูกกลิ้งสองลูกรีด	15
2.12 ลูกกลิ้งสามลูกรีด	15
2.13 ลูกกลิ้งสี่ลูกรีด	16
2.14 ลูกกลิ้งเรียงตามกัน	16
2.15 กลุ่มลูกกลิ้ง	17
3.1 แผนที่ตั้ง มิลล์คอน สตีล จำกัด(มหาชน)	19
3.2 บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด(มหาชน)	20
3.3 โรงซ่อม บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด(มหาชน)	21
3.4 ตำแหน่งงานในบริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด(มหาชน)	21
3.5 เครื่องจักรที่อยู่ในสายการผลิต	22
3.6 แบบเครื่องจักร โมเดล GCC 5543	23
3.7 แบบสายการผลิตของเครื่องจักร	24
3.8 สเปคมอเตอร์	25
3.9 ผลิตภัณฑ์เหล็กข้ออ้อยขนาด 16 mm – 9 mm	25
3.10 วัดความเร็วรอบในการหมุนของลูกรีด	26
3.11 ซอฟต์แวร์ Solid Works	28
3.12 ลูกรีด	29
3.13 ใส่จุดที่แรงจะกระทำ	29

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
3.14 ใส่จุดยึดชิ้นงาน	30
3.15 ใส่แรงที่กระทำ	30
4.1 ภาพแสดงค่าความเค้นของลูกรีดที่รีดเหล็กจากร่องด้านหน้า	33
4.2 ภาพแสดงค่าความเค้นของลูกรีดที่รีดเหล็กจากร่องด้านหลัง	33
4.3 ภาพแสดงค่าความปลอดภัย (FOS)	35

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด เป็นเครื่องจักรที่ใช้บีบอัดลดขนาด Billet โดยวิธีการรีดจะหมุนสวนทางกัน เพื่อที่จะช่วยให้ลูกรีดนั้นหมุนได้ลื่นไหล มีประสิทธิภาพและลดแรงเสียดทานระหว่างตัวเครื่องรีดกับลูกรีด ซึ่งจำเป็นต้องมีตัวกลางไม่ให้ลูกรีดนั้นสัมผัสกับตัวเครื่องรีดโดยตรงจึงมีตลับลูกปืนเข้ามาช่วยรองรับการหมุนของลูกรีด ให้ทำงานได้เที่ยงตรงในแนวรัศมี แนวแกน อีกทั้งยังทำหน้าที่ส่งผ่านแรงที่เกิดขึ้นจากแกนหมุนและเนื่องด้วยการเปลี่ยนหรือซ่อมบำรุงรักษาในแต่ละครั้งนั้น ใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากอีกทั้งค่าใช้จ่ายสูงจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ลูกรีดและเปรียบเทียบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนเพื่อให้เกิดความคุ้มค่า

จากโครงการสหกิจศึกษาของทางมหาวิทยาลัยข้าพเจ้าได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน) ทางบริษัทได้มอบหมายงานในเรื่อง การวิเคราะห์ลูกรีดและอายุการใช้งานตลับลูกปืนของเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดและวิเคราะห์เปรียบเทียบความคุ้มค่าของตลับลูกปืนในยี่ห้อ SKF , FAG และ NTN

การไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาตามโครงการมีความสำคัญและให้ประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากทำให้ข้าพเจ้าได้เข้าไปสัมผัสในชีวิตจริงของโลกของการทำงานและยังได้ความรู้เพิ่มเติมจากเหล่าวิศวกร ทำให้เกิดองค์ความรู้และประสบการณ์ใหม่นอกห้องเรียนอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เปรียบเทียบอายุการใช้งานตลับลูกปืนยี่ห้อ SKF , FAG และ NTN เพื่อความคุ้มค่าในการเลือกใช้งาน

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงลูกรีดในเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 พิจารณาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด โมเดล GCC 5543 ที่รีดเหล็กขนาด 16 mm – 9 mm

1.3.2 เปรียบเทียบความคุ้มค่าของตลับลูกปืนในยี่ห้อ SKF , FAG และ NTN โดยขนาดของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อคือ 230 mm × 330 mm

1.3.3 วิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเทียบเกรดเหล็ก AISI 1040 Steel, Normalized at 900ºC

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เลือกนำตลับลูกปืนมาใช้ในเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีดได้มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด

1.4.2 เป็นแหล่งค้นคว้าเพิ่มเติมสำหรับผู้สนใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพตลับลูกปืนในเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแบบลูกกลิ้งสองลูกรีด

1.4.3 เพื่อวิเคราะห์ค่าความเค้นของลูกรีด

1.4.4 เพื่อวิเคราะห์ค่าความปลอดภัยของลูกรีด

1.4.5 เพื่อการวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ตลับลูกปืนหรือแบริ่ง (Bearing)

ตลับลูกปืนหรือแบริ่ง (Bearing) คือ ชิ้นส่วนที่ใช้รองรับการเคลื่อนที่ของเพลาให้ทำงานเที่ยงตรงในแนวรัศมีและแนวแกนทำหน้าที่รับน้ำหนักและส่งผ่านแรงที่เกิดขึ้นจากแกนหมุนหรืออุปกรณ์ที่มีการหมุนไปสู่ลูกเหล็กที่บรรจุอยู่ภายในอีกทั้งทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสส่งผลให้เพลาหมุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนประกอบหลักของตลับลูกปืน มีดังนี้

รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของตลับลูกปืน

1. แหวนวงนอก (Outer Ring) ทำหน้าที่ประคองเม็ดลูกปืนภายใน
2. เม็ดลูกกลิ้ง (Ball or Roller) ทำหน้าที่รับน้ำหนักและส่งผ่านแรงที่เกิดขึ้นจากแกนหมุน
3. ตัวกั้นหรือรัง (Separator or Retainer) ทำหน้าที่กำหนดระยะห่างระหว่างเม็ดลูกกลิ้งให้มีระยะห่างที่เท่ากันและไม่ให้เม็ดลูกกลิ้งสัมผัสกันเอง
4. แหวนวงใน (Inner Ring) ทำหน้าที่ป้องกันเม็ดลูกกลิ้งไม่ให้สัมผัสกับเพลาโดยตรง
5. แผ่นป้องกันสิ่งแปลกปลอม (Seal or Shield) ใช้สำหรับป้องกันสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าไปภายในตลับลูกปืน

2.2 ประเภทของตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนเม็ดกลม (Ball Bearing) ลักษณะของตลับลูกปืนชนิด Ball Bearing เม็ดลูกปืนทรงกลมจะถูกบรรจุไว้ภายใน เคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนชั้นนอก (Outer Ring) และวงแหวนชั้นใน (Inner Ring) เม็ดของลูกปืนนี้ทำจากโลหะแข็ง ทำหน้าที่รองรับการเคลื่อนที่และลดความฝืด

ระหว่างเพลากับเครื่องจักรอีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมุนได้อีกด้วย Ball Bearing นิยมนำมาใช้ในการรับแรงประเภทแรงตามแนวรัศมี (Radial Load) และสามารถใช้กับงานที่มีความเร็วรอบสูงได้ดี ตัวอย่างของ Ball Bearing เช่น

1. ตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก (Deep Groove Ball Bearing) เป็นตลับลูกปืนที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม เพราะสามารถรับแรงในแนวแกนและแนวรัศมีได้

รูปที่ 2.2 ตลับลูกปืนเม็ดกลมร่องลึก

2. ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม (Angular Ball Bearing) ตลับลูกปืนชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้รับแรงในแนวรัศมีและแรงในแนวแกน สิ่งที่เพิ่มขึ้นมานั้นก็คือมีมุมสัมผัสให้เลือกใช้งานมากมาย ตัวอย่างเช่น 15° 25° 30° (องศา) ยิ่งมุมสัมผัสมีค่ามากยิ่งรับโหลดในแนวแกนได้มาก แต่การรับแรงในแนวรัศมีก็จะลดลงเช่นกัน

รูปที่ 2.3 ตลับลูกปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม

3. ตลับลูกปืนเม็ดกลมปรับแนวเองได้ (Self-Aligning Ball Bearing) มีลักษณะเป็นวงแหวนสองรางวิ่งโดยวงแหวนวงนอกมีรางวิ่งลักษณะโค้งอยู่หนึ่งรางวิ่งซึ่งจุดศูนย์กลางความโค้งเป็นจุดเดียวกันกับแนวแกนของตลับลูกปืนและตลับลูกปืนชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้กับเพลาที่มีการเยื้องแนวเป็นมุม

รูปที่ 2.4 ตลับลูกปืนเม็ดกลมปรับแนวเองได้

4. ตลับลูกปืนกันรุน (Thrust Ball Bearing) ตลับลูกปืนชนิดนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้สำหรับการรับแรงในแนวแกนโดยเฉพาะในการออกแบบถ้ามีแรงในแนวแกนและแนวรัศมีควรที่จะใช้ตลับลูก ปืนเม็ดกลมสัมผัสเชิงมุม (Angular Ball Bearing) จะมีการรับแรงที่ดีกว่าตลับลูกปืนกันรุน

รูปที่ 2.5 ตลับลูกปืนกันรุน

ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก (Roller Bearing)

ลักษณะของตลับลูกปืนชนิด Roller Bearing เม็ดลูกปืนทรงกระบอกจะถูกบรรจุไว้ภายในซึ่งเคลื่อนที่อยู่ระหว่างวงแหวนด้านบนและวงแหวนด้านล่างเม็ดของลูกปืนนี้ทำจากโลหะแข็งมีหน้าที่เหมือนกับลูกปืนเม็ดกลมแต่ Roller Bearing นั้นนิยมนำมาใช้รับแรงตามแนวแกน ซึ่งรับแรงได้ดีกว่าลูกปืนทรงกลมตัวอย่าง ของ Roller Bearing เช่น

1. ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก (Cylindrical Roller Bearing) ตลับลูกปืนชนิดนี้สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้มากกว่าตลับลูกปืนเม็ดกลมเพราะมีพื้นที่รับแรงที่มากกว่าแต่ไม่สามารถมารถรับแรงในแนวแกนได้มากนัก

รูปที่ 2.6 ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก

2. ตลับลูกปืนเทปเปอร์ (Tapper Roller Bearing) และตลับลูกปืนเม็ดโค้ง (Spherical Roller Bearing) ตลับลูกปืนชนิดนี้สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้และแนวแกนที่มีค่ามากได้

รูปที่ 2.7 ตลับลูกปืนเทปเปอร์และตลับลูกปืนเม็ดโค้ง

3. ตลับลูกปืนเม็ดเข็ม (Needle Roller Bearing) มีวิธีการใช้เช่นเดียวกับตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกแต่เหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ในแนวรัศมีจำกัด

รูปที่ 2.8 ตลับลูกปืนเม็ดเข็ม

2.3 อายุใช้งานของตลับลูกปืน

ตลับลูกปืนที่ได้รับการติดตั้งแล้วหล่อลื่นอย่างดีตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นหรือผงต่าง ๆและไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากจนเกินความสามารถที่ตลับลูกปืนจะรับไหวได้แล้ว ตลับลูกปืนจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุตลับลูกปืนเท่านั้น จะเห็นได้ว่าตลับลูกปืนที่เสียจะมีเศษผงโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมากทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ด้วยดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ท (ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงการหาและที่มาของความเขียนของเฮิร์ทซึ่งต้องใช้ทฤษฎีของอิลาสติซิตี้) ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวนวัสดุที่รับแรงของตลับลูกปืนจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับมาลงเป็นศูนย์ (Repeated Stress) อยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทาน (Endurance Limit) ของวัสดุตลับลูกปืน ดังนั้นจึงเกิดการเสียหายขึ้นโดยความล้า ซึ่งก็แสดงว่าอายุใช้งานของตลับลูกปืนมีระยะเวลาจำกัดขึ้นอยู่กับค่าของความเค้นที่กระทำซ้ำจากผลทดลองของ Lundberg และ Palmgren ซึ่งได้ใช้เป็น

พื้นฐานสำหรับการประเมินค่ามาตรฐานของ AFBMA พบว่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนนั้นจะถูกระบุเป็นจำนวนรอบหรือจำนวนชั่วโมงการใช้งาน ที่ตลับลูกปืนทำงานได้เป็นปกติ ก่อนที่จะมีสัญญาณแบ่งบอกถึงความผิดปกติของตลับลูกปืนเกิดขึ้น ซึ่งอายุการใช้งานของตลับลูกปืนสามารถคำนวณได้จากสมการพื้นฐานดังนี้

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^k \qquad L_{10} : \text{หน่วยเป็นจำนวนล้านรอบ (mr)} \qquad (2.1)$$

$$L_{10h} = \left(\frac{L_{10}}{60n}\right) \qquad L_{10h} : \text{หน่วยเป็นจำนวนชั่วโมง (hr)} \qquad (2.2)$$

โดยกำหนดให้

C คือ Basic Dynamic Load Rating (N) สามารถหาได้จากข้อมูลใน Catalogue ของตลับลูกปืนโดยใน Catalogue ของตลับลูกปืนนั้นจะมีพื้นฐานของความสามารถในการรับแรงให้อยู่ 2 ค่า คือ

C = Basic Dynamic Load Ratingใช้กับการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับแรงที่กระทำต่อตลับลูกปืนในขณะที่กำลังหมุนด้วยความเร็ว

Co = Basic Static Load Rating ใช้สำหรับการคำนวณในกรณีที่ตลับลูกปืนหมุนด้วยความเร็วต่ำ (n 5≤10 rpm) มีการเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาช้า ๆหรืออยู่นิ่งภายใต้แรงกระทำเป็นระยะเวลาหนึ่ง ดังนั้นในการคำนวณอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในอุปกรณ์ HVAC จะใช้ค่า C (Basic Dynamic Load Rating) มาคำนวณเป็นหลัก

k คือ Lite Exponent จะขึ้นอยู่กับชนิดของตลับลูกปืนโดยที่

k = 3 สำหรับตลับลูกปืน Ball Bearing

k = 10/3 สำหรับหลับลูกปืนแบบ Roller Bearing

P คือ Dynamic Bearing Load (N)

n คือ ความเร็วรอบใช้งานในขณะนั้น (rpm)

2.4 การประเมินค่าอายุใช้งานและแรง

ถึงแม้ว่าวิธีการผลิตและวิธีการควบคุมคุณภาพของโรลเลอร์แบริ่งจะมีความทันสมัยแต่ก็ปรากฏว่าแบริ่งชนิดเดียวกันที่ผลิตออกมาภายใต้วิธีการและเครื่องมือชิ้นเดียวกัน จะมีอายุใช้งานแตกต่างกันไปมาก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความยากลำบากในการควบคุมความกลมของลูกกลิ้งและความเรียบของผิวหน้าลูกกลิ้งเป็นต้น ดังนั้นอายุใช้งานที่ทางผู้ผลิตอ้างถึงจึงมีรากฐานมาจากการใช้หลักวิชาการทางด้านสถิติเข้าช่วย ทางสมาคม AFBMA จึงได้ตั้งนิยามและจัดตั้งวิธีการเลือกแบริ่งขึ้นซึ่งมีดังต่อไปนี้คือ

1. อายุใช้งานของโรลลิ่งแบริ่งหมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริ่งหมุนได้ก่อนที่จะเริ่มเกิดความล้าขึ้นในวงแหวนหรือลูกกลิ้ง

2. อายุประเมิน (Rating Life) ของโรลลิ่งแบริ่งจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ หมายถึงจำนวนรอบ (หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่) ซึ่งแบริ่ง 90% จากจำนวนนี้สามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้า และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{10} ผู้ผลิตบางบริษัทอาจจะใช้อายุใช้งานเฉลี่ย (Median Life) เป็นอายุประเมินก็ได้ อายุใช้งานเฉลี่ยนี้หมายถึงจำนวนรอบที่ 50 % ของแบริ่งที่เหมือนกันจำนวนหนึ่งสามารถหมุนได้โดยไม่เกิดความล้าขึ้น และใช้แทนด้วยอายุใช้งาน L_{50} ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ L_{10} โดยประมาณคือ

$$L_{50} \cong 5\, L_{10} \tag{2.3}$$

3. แรงสถิตประเมิน (Basic Static Load Rating) โดยปกติแล้วแรงสถิตประเมินไม่ค่อยจะมีผลต่อการเลือกแบริ่งมากนัก แต่ถ้าแบริ่งรับแรงสูงและอยู่นิ่งเป็นระยะเวลานานก็อาจจะทำให้เกิดการยุบตัวอย่างถาวร (Permanent Deformation) เป็นแห่งๆ ได้ ดังนั้นในบางครั้งจึงต้องมีการตรวจสอบว่า แรงที่มากระทำมีค่ามาก เกินกว่า Co หรือไม่

4. แรงพลวัตประเมิน (Basic Dynamic Load Rating) บางครั้งอาจจะเรียกว่า สมรรถนะแรงพลวัต (Basic Dynamic Capacity) ของโรลลิ่งแบริ่งหมายถึง แรงที่กระทำในแนวรัศมีซึ่งแบริ่งที่มีลักษณะเหมือนกันจำนวนหนึ่งจะรับได้ โดยมีอายุประเมิน L_{10} เท่ากับหนึ่งล้านรอบเมื่อวงแหวนอันในเป็นตัวหมุนและวงแหวนตัวนอกอยู่นิ่ง แรงพลวัตประเมิน C นี้เป็นค่าที่ใช้ในการเลือกขนาดของแบริ่งเพื่อให้รับแรงและมีอายุการใช้งานได้ตามความต้องการ โดยการเปลี่ยนแรงและอายุใช้งานจริงมาเป็นแรงอายุใช้งานที่แสดงไว้ใน Catalogue หรือในทางกลับกันคือ เลือกแบริ่งจาก Catalogue แล้วเปลี่ยนให้รับแรงได้เท่าที่ต้องการใช้ทำงานจริงและดูว่าอายุประเมินจะได้ตามอายุใช้งานที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้สมการ 2.2

ตัวอย่างการคำนวณหาอายุการใช้งานของแบริ่ง

ใน Catalogue สำหรับบอลแบริ่งแบบ Single-Row Deep Groove อันหนึ่งระบุไว้ว่าแบริ่งมีขนาดรูสวม 40 mm มีแรงพลวัตประเมิน 22 kN ถ้าต้องการนำแบริ่งอันนี้มาใช้งานที่ 4 kN โดยเพลาจะมีความเร็วรอบ 1,450 rpm จงหา

(ก) อายุการใช้งาน L_{10} เป็นจำนวนรอบ

(ข) อายุการใช้งาน L_{10} เป็นจำนวนชั่วโมง

(ค) อายุการใช้งานเฉลี่ย L_{50}

(ง) ถ้าต้องการให้ L_{50} เท่ากับจำนวนในรอบในข้อ (ก) แรงในแนวรัศมีจะต้องเป็นเท่าใด

วิธีทำ (ก) ในที่นี่ C = 22 kN , P = 4 kN , k = 3

ดังนั้นจากสมการ 2.1 จะได้ว่า

$$L_{10} = \left(\frac{22}{4}\right)^3 = 166.37 \text{ mr}$$

(ข) ความเร็วรอบของเพลา = 1,450(60) = 87,000 rpm

เพราะฉะนั้น $L_{10} = \frac{166.37(10^6)}{87{,}000} = 1{,}912.30 \text{ hr}$

(ค) จากสมการ 2.3

$$L_{50} = 5L_{10}$$

$$L_{50} = 5(166.37) = 831.87 \text{ mr}$$

(ง) ถ้า L_{50} มีค่าเท่ากับ 166.37 mr (จากสมการที่ 2.3)

$$L_{10} = \frac{166.37}{5} = 33.27 \text{ mr}$$

ดังนั้นจากสมการที่ 2.1

$$33.2 = \left(\frac{22}{P}\right)^3$$

$$P = 6.84 \text{ kN}$$

2.5 อายุการใช้งานโดยสังเขป

ในการเลือกใช้ตลับลูกปืนผู้ออกแบบเครื่องจักรกลต้องทราบว่า แรงที่กระทำต่อตลับลูกปืนมีค่าเท่าไหร่และอายุการใช้งานของตลับลูกปืนควรจะนานเท่าใด ตาราง 2.1 จะแสดงถึงอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆเพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้เลือกใช้ตลับลูกปืน

ตาราง 2.1 แนวทางในการเลือกใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ

ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงทำงาน
เครื่องมือวัดและเครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องมือสำหรับห้องทดลอง อุปกรณ์สำหรับประตูเลื่อน	500
เครื่องยนต์เครื่องบิน	500–2000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานช่วงเวลาสั้น ๆ หรือทำงานเป็นพัก ๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องมือต่าง ๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช้มือขับ เครื่องจักรกลการเกษตร ปั้นจั่นที่ใช้ในงานประกอบ เครื่องขนถ่าย ปั้นจั่นที่ใช้ในงานหล่อ .เครื่องจักรกลที่ใช้ในบ้าน	4000–8000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพัก ๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรสำรองของโรงต้นกำลัง อุปกรณ์ลำเลียงในสายงานผลิต ลิฟท์ ปั้นจั่นยกสินค้าทั่วไป เครื่องมือกลที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8000–12 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทดสำหรับงานทั่วไป	12 000–20 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ปั้นจั่นที่ใช้ยกของตลอดเวลา เครื่องเป่าลม เพลาส่งกำลัง	20 000–30 000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่างเช่น เครื่องแยกของ เครื่องอัดอากาศ ปั๊ม เพลาส่งกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40 000–60 000
เครื่องจักรที่ใช้งานตลอด ชั่วโม ละการทำงานมีความสำคัญมาก ตัวอย่า เชน เ รื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงไฟฟ้า ปั๊มในเหมืองแร่ สถานีส่งน้ำประปา เครื่องจักรในเรือเดินสมุทร	100 000–200 000

2.6 ทฤษฎีค่าความปลอดภัย

ในการผลิตและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักร หรือแม้แต่การขนถ่ายวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆภายในโรงงานหรือหน้างานก็สร้างเมื่อจะดำเนินงานใด ๆก็ตาม ต้องมีค่าเผื่อไว้สำหรับการออกแบบเพื่อที่จะไม่ให้แรงหรือกำลังต่าง ๆ ที่มากระทำต่อเครื่องจักร เครื่องมือนั้น ๆ จะได้รับค่าเผื่อดังกล่าวเรียกว่า ค่าความปลอดภัย

2.6.1 การคิดค่าความปลอดภัย

ในที่นี้จะยกตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานโดยใช้วัสดุเหล็กกล้าชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติทนแรงดึงได้ 420 MPa โดยผู้ออกแบบคิดว่าลักษณะการใช้งานแล้ว แรงหรือกำลังหรือความเค้น ไม่ควรเกิน 140 MPa ดังนั้นค่าความปลอดภัยที่จะได้จึงเป็น 420/140 = 3 โดยมีความหมายว่า เมื่อมีแรงมากระทำต่อชิ้นงานเป็น 3 เท่าของที่ได้วิเคราะห์ไว้มากระทำต่อชิ้นงาน ค่า 3 เท่านี้เผื่อไว้เพื่อความไม่สมบูรณ์ของวัสดุที่มีมาเป็นชิ้นงาน และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเกินความคาดหมายอื่น

2.6.2 ปัจจัยที่กำหนดค่าความปลอดภัย

ในการออกแบบตามปกติเราจะทราบรูปร่างชิ้นงานตามหน้าที่การใช้งานของมันพร้อมกับแรงหรือกำลังที่มากระทำต่อชิ้นงานนั้น ๆ เพื่อที่จะได้เลือกวัสดุที่นำมาใช้ในการออกแบบได้จะต้องทราบค่าความปลอดภัยก่อน โดยค่าความปลอดภัยจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ลักษณะของแรงหรือกำลังที่มากระทำต่อชิ้นงาน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	**เหล็กเหนียวและโลหะเหนียว**		**เหล็กหล่อและโลหะเปราะ**
	Ny	**Nu**	**Nu**
แรงอยู่นิ่ง	1.5-2	3-4	5-6
แรงกระทำซ้ำทิศทางเดียวหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	7-8
แรงกระทำซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	10-12
แรงกระแทกอย่างหนัก	5-7	10-15	15-20

2.7 ทฤษฎีความเค้น

ความเค้นฟอนมิสเซส (Von Mises Stress) คือ ค่าความเค้นที่กระทำกับวัตถุระดับหนึ่งที่ทำให้วัสดุถึงจุดเสียรูปถาวร ซึ่งคำนวณจากค่าเค้นประเภท Tensile Stress

2.8 ไฟไนต์เอลิเมนต์

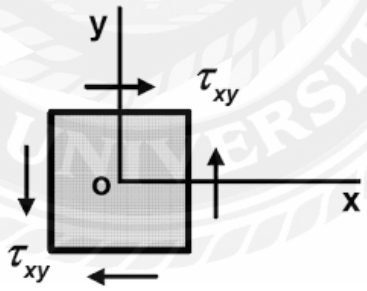
ไฟไนต์เอลิเมนต์ คือวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ เขียนเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้คำนวณ แก้ปัญหาทางวิศวกรรม เช่น คำนวณหาความแข็งแรง ของวัสดุหรือชิ้นส่วนเครื่องกล ศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหล การถ่ายเทความร้อน ในชิ้นส่วนเครื่องกล รูปแบบการกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า, คลื่นเสียง ฯลฯ

2.8.1 หลักการของวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

กล่าวอย่างง่ายๆ ก็คือ เราทำการเติมรูปทรงของผลิตภัณฑ์ ด้วยชิ้นส่วนเล็ก ๆ ที่มีรูปทรงเรขาคณิต เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ลูกบาศก์ เป็นต้น เนื่องจากเราสามารถคำนวณหาคำตอบที่แน่แท้ ของชิ้นส่วนที่มีรูปทรงเรขาคณิตได้ ดังนั้นเมื่อ เราเติมชิ้นส่วนเล็ก ๆ เหล่านี้ลงไปในชิ้นส่วนใหญ่ เราก็สามารถศึกษาพฤติกรรมโดยรวมของระบบได้

2.8.2 ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์เกี่ยวกับของแข็ง

รูปที่ 2.9 แสดงวัตถุทรงตัน รูปร่างใด ๆ ใน 3 มิติคือ x-y-z โคออร์ดิเนต บนผิวบางส่วนของวัตถุนี้อาจถูกจับยึดตรึงแน่น (Fixed) ในขณะที่ผิวบางส่วนอาจถูกแรงภายนอกมากระทำหรือผิวบางส่วนอาจปล่อยอิสระไว้ (Free Boundary) โดเมนของวัตถุทรงตันสามารถแบ่งออกเป็น เอลิเมนต์แบบ 3 มิติทรงสี่หน้า (Tetrahedral Element) ย่อย ๆ ได้ดังแสดงในรูปวัตถุทรงตันนี้ จะมีรูปร่างใด ๆก็ได้ ไม่ว่าจะเป็นรูปร่างของเครื่องยนต์ซึ่งอาจมีส่วนเว้าส่วนโค้งหรือกลวงอยู่ ภายในรูปร่างซึ่งมีลักษณะซับซ้อนเช่นนี้สามารถแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์แบบ 3 มิติ ทรงสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเล็กเป็นจำนวนมากได้



รูปที่ 2.9 โดเมนและเงื่อนไขขอบเขตของวัตถุทรงตันภายใต้แรงกระทำใด ๆ

2.8.3 ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method)

ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นวิธีการเชิงตัวเลขเพื่อหาค่าผลเฉลยโดยประมาณของตัวแปรที่ไม่รู้ค่าโดยการแบ่งลักษณะรูปร่างของปัญหาออกเป็นชิ้นส่วนย่อยที่เรียกว่าเอลิเมนต์ และในแต่ละชิ้นส่วนย่อยจะเชื่อกันที่จุดเชื่อมต่อเรียกว่า Nodes ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เราต้องการหาค่าผลเฉลย โดยประมาณวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นวิถีเชิงตัวเลขที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาเชิงอนุพันธ์และกำลังเป็นที่

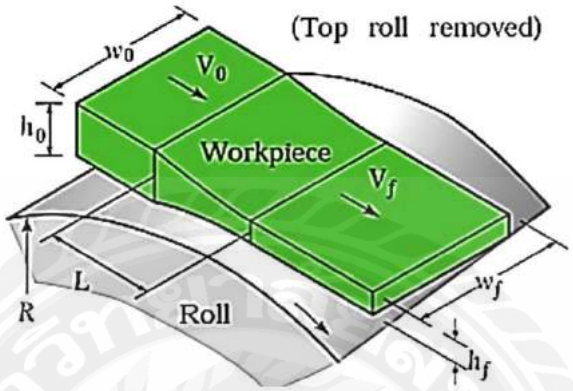
นิยมอย่างกว้างขวางมากในทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาทางด้านกลศาสตร์ของแข็งและโครงสร้างที่ซับซ้อนประกอบด้วยส่วนเว้า ส่วนโค้งต่าง ๆ ทำให้พื้นที่หน้าตัดไม่สม่ำเสมอ จึงมีผลทำให้ไม่สามารถจะหาผลเฉลยแม่นตรงจากสมการอนุพันธ์ได้ดังนั้นจึงได้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่สามารถประมาณค่าผลเฉลยโดยการแก้สมการเชิงพีชคณิต แทนการแก้สมการอนุพันธ์ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาปัญหาทางด้านกลศาสตร์ของแข็ง เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการทดสอบและให้ผลคำตอบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานในการวิเคราะห์ปัญหาทางสถิตศาสตร์

ขั้นตอนของระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถแบ่งเป็นขั้นตอน 3 ขั้นตอน เริ่มต้นจากขั้นตอนของกระบวนการขั้นต้น (Pre-Processor) คือการแบ่งรูปทรงหรือโครงสร้างของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ จะต้องคำนึงถึงโครงสร้างเดิมให้มากที่สุด แล้วจึงกำหนดสมบัติวัสดุให้กับเอลิเมนต์ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับการกระจัด และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด จากนั้นขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) จะใช้ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ ให้สอดคล้องกับจำนวนจุดต่อของเอลิเมนต์ หรือสอดคล้องกับระดับความอิสระของเอลิเมนต์และสร้างสมการไฟในท์เอลิเมนต์สำหรับแต่ละเอลิเมนต์ จากระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยที่สอดคล้องกับปัญหานั้น แล้วจึงรวมสมการจากแต่ละเอลิเมนต์นี้เข้าด้วยกันก่อให้เกิดระบบสมการรวมขนาดใหญ่ของระบบ ซึ่งอธิบายสถานะโดยรวมของปัญหานั้น จากนั้นจึงประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตของปัญหาที่กำหนดให้ ก่อนแก้ระบบสมการขนาดใหญ่นี้เพื่อหาผลเฉลยโดยประมาณตามจุดต่อต่าง ๆ ทั่วทั้งโดเมนของปัญหาต่อไป ขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนกระบวนการขั้นท้าย (Post-Processor) ผลเฉลยโดยประมาณล้วนอยู่ในรูปแบบของตัวเลขในแต่ละจุดต่อเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายซึ่งสามารถแสดงได้ในหลายรูปแบบเช่น การแสดงด้วยชั้นสีต่าง ๆ ผลคำตอบที่ได้สามารถอธิบายถึงปัญหาที่มีรูปร่างที่ซับซ้อนและยากต่อการทดลอง

2.9 การรีดเหล็ก

เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญ ในการผลิตเหล็กกล้าซึ่งจะมีความซับซ้อน โดยอุปกรณ์หลักก็คือลูกกลิ้งรีด (Rollers) ที่มีความแข็งมาก เพื่อบีบอัดเหล็กให้เหล็กกล้าเกิดเป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามแบบลูกกลิ้ง ในการบีบอัดเหล็กจะใช้ลูกกลิ้งคู่ในการรีดเหล็ก โดยแท่งเหล็กจะวิ่งผ่านระหว่างกลางของลูกกลิ้ง ตัวลูกกลิ้งนั้นจะเป็นโลหะที่มีความแข็งแกร่งมาก เหล็กกล้าที่กำลังวิ่งผ่านลูกกลิ้ง จะถูกรีดไปตามชุดลูกกลิ้งหลายชุด ขนาดช่องว่างของลูกกลิ้งจะค่อย ๆ แคบลงเรื่อย ๆ เพื่อรีดเหล็ก จนทำให้ขนาดหน้าตัดของเหล็กก็จะเล็กลงตามลูกรีด กระบวนการนี้จะมีความต่อเนื่อง

จนในที่สุดชุดลูกกลิ้งสุดท้ายจะเป็นขนาดที่มีความหนา และรูปร่างตามต้องการ ตัวอย่างการรีดเหล็กมีความหนา 5 เซนติเมตรต้องการทำให้เป็นเหล็กแผ่นมีความหนา 1.5 มิลลิเมตร วิธีการก็คือ นำเหล็ก ส่งเข้าไลน์ผลิตมีชุดลูกกลิ้ง เพื่อทำการบีบอัด (Squeezed) โดยมีชุดลูกกลิ้งหลายชุด ค่อย ๆ ลดขนาดลงทีละน้อย และผ่านกระบวนการรีดซ้ำไปซ้ำมาจนได้ขนาดเหล็กกล้าที่มีความหนา 1.5 มิลลิเมตรตามต้องการ (หรืออาจทำให้บางกว่านี้ก็ได้) และแรงที่เกิดขึ้นในการรีดมีสมการดังนี้



รูปที่ 2.10 บอกตำแหน่งการแทนค่าในการคำนวณหาแรง

Roll Force : $F = LwY_{avg}$ (2.4)

โดยกำหนดให้

L คือ ความยาวที่สัมผัสบนม้วนหาได้จากสูตร

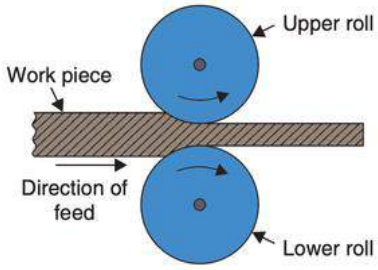
$$L = \sqrt{R(h_0 - h_f)} \quad (2.5)$$

w คือ ความต่างขนาดความกว้าง เข้า - ออก ของชิ้นงานที่รีด

Y_{avg} คือ ความเค้นของชิ้นงานที่รีด

ลูกรีดที่ใช้ในโรงรีดเหล็กมีการจัดวางอยู่หลายรูปแบบ ซึ่งจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป ดังนี้

2.9.1 แบบลูกกลิ้งสองลูกรีด (Two High Rolling Mills) แบบลูกกลิ้งสองลูกยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ



รูปที่ 2.11 ลูกกลิ้งสองลูกรีด

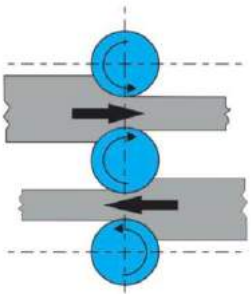
แบบกลิ้งย้อนกลับไปมา

เป็นชุดลูกกลิ้งรีดที่สามารถรีดชิ้นงานกลับไปกลับมาได้ โดยการรีดจะรีดหลายครั้ง ชิ้นงานวิ่งผ่านไปมาเพื่อถูกรีดด้วยลูกรีด ลูกรีดประเภทนี้มักนำไปใช้ในงานพรุน (Pluming) งานแผ่นหนา (Slabing) และในงานแผ่นหยาบ งานรีดราง งานโครงสร้างและอื่น ๆ งานรีดแบบนี้จะมีต้นทุนทำงานที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการทำงานของลูกกลิ้งรีดไปทางเดียวเพราะ ว่าจะต้องมีการออกแบบขับเคลื่อนให้หมุนให้ได้สองทิศทาง

แบบกลิ้งไปทางเดียว

มีลูกกลิ้งอยู่สองลูก และอาจมีหลายชุด (เป็นรูปแบบลูกกลิ้งเรียงตามกัน) การหมุนเคลื่อนที่ของชิ้นงานจะเคลื่อนอย่างต่อเนื่องไปในทิศทางเดียว ครั้งเดียว และค่อย ๆ ลดขนาดของชิ้นงานให้เล็กลงจนได้ขนาดตามต้องการ ข้อดีในลูกกลิ้งแต่ละชุดใช้กำลังงานขับเคลื่อนน้อย จึงทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายจากกำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับเครื่อง มันถูกนำไปใช้ในกระบวนการงานม้วน

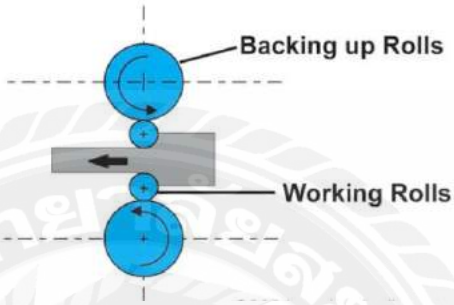
2.9.2 แบบลูกกลิ้งสามลูกรีด (Three High Rolling Mills)



รูปที่ 2.12 ลูกกลิ้งสามลูกรีด

จะประกอบไปด้วยลูกกลิ้งทำงานสามลูกแกนขนานกัน ลูกกลิ้งที่ติดกันจะมีทิศทางการหมุนตรงกันข้าม แท่งเหล็กร้อนจะวิ่งผ่านระหว่างลูกกลิ้งทั้งสาม การทำงานของลูกกลิ้งก็คือ แท่งโลหะร้อนจะวิ่งผ่านจากด้านล่างความหนาก็จะมีขนาดหนึ่ง จากนั้นชิ้นงานก็ถูกเลื่อนขึ้นด้านบนลูกกลิ้งก็ลดช่องว่างเพื่อรีดชิ้นงานให้เล็กลง ดังนั้นความหนาจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อผ่านแต่ละชุดรีด การใช้กำลังงานของมอเตอร์และระบบส่งกำลังก็จะใช้น้อย ทำให้เกิดความประหยัดพลังงาน การรีดด้วยลูกกลิ้งสามลูกรีดสามารถใช้งานกับโลหะแผ่นเรียบ หรือแบบเป็นร่องเป็นรูปพรรณก็ได้

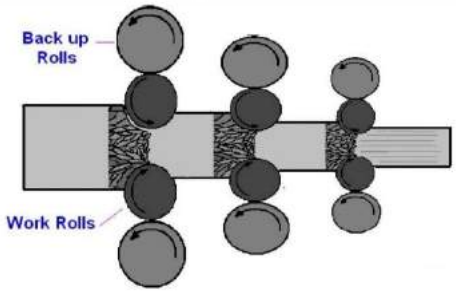
2.9.3 แบบลูกกลิ้งสี่ลูกรีด (Four High Rolling Mills)



รูปที่ 2.13 ลูกกลิ้งสี่ลูกรีด

มีลักษณะจัดวางลูกกลิ้งแบบสี่ลูกรีดขนานกัน มีคู่ด้านบน และคู่ด้านล่างของลูกรีดหมุนทิศทางตรงกันข้าม มีการส่งกำลังถึงลูกกลิ้งตรงกลาง ลูกกลิ้งตรงกลางที่มีสองลูกบนล่างจะมีขนาดที่เล็กกว่าลูกกลิ้งด้านบน และด้านล่างลูกกลิ้งที่อยู่ด้านนอก เรียกมันว่าลูกกลิ้งสนับสนุน (Backup Rolls) ซึ่งจะทำจากวัสดุที่แข็งกว่าลูกใน การใช้งานของลูกกลิ้งรูปแบบนี้ ถูกนำมาใช้ในงานรีดร้อนและรวมไปถึงงานรีดเหล็กแผ่นรีดเย็นและการรีดราง

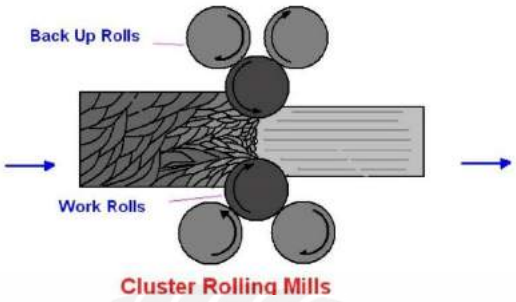
2.9.4 แบบลูกกลิ้งเรียงตามกัน (Tandem Rolling Mills)



รูปที่ 2.14 ลูกกลิ้งเรียงตามกัน

มันอาจจัดวางเป็นชุดแบบสอง หรือสามลูกรีดแนวศูนย์ตั้งอยู่ขนานกัน ซึ่งมีการรีดชิ้นงานลดขนาดผ่านไปอย่างต่อเนื่อง การวางชุดลูกรีดจะวางไม่ไกลกัน

2.9.5 แบบกลุ่มลูกกลิ้ง (Cluster Rolling Mills)



รูปที่ 2.15 กลุ่มลูกกลิ้ง

เป็นชุดลูกรีดประเภทพิเศษ เหมือนกับแบบลูกกลิ้งสี่ลูกรีด ซึงแต่ละชุดรีดจะมีลูกรีดสนับสนุนขนาดใหญ่กว่าประกบอยู่สอง หรือมากกว่าสองลูก ติดกับลูกรีด ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการทดกำลังให้กับลูกรีด ให้มีกำลังการรีดเพิ่มขึ้น ลูกรีดที่จัดเรียงแบบนี้ถูกนำมาใช้งานรีดเหล็กที่มีความแข็ง หรือรวมไปถึงงานรีดชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก และมีความยาวมาก

2.10 วิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering)

วิศวกรรมนั้นเป็นวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการผลิต การก่อสร้าง การบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์ระบบ และโครงสร้างต่าง ๆในวิศวกรรมขั้นสูงแบ่ง วิศวกรรม 2 ประเภทวิศวกรรมก้าวหน้าและวิศวกรรมย้อนกลับวิศวกรรมก้าวหน้าเป็นกระบวนการที่ทำตามแบบแผนจากทฤษฎีพื้นฐานและการออกแบบตามหลักการไปสู่การผลิตและสร้างผลงานจริงจากการออกแบบให้มีความถูกต้องในบางสถานการณ์ อาจมีส่วนบางอันที่ไม่มีรายละเอียดทางด้านเทคนิคเช่น Drawings รายการของวัตถุหรือไม่มีข้อมูลคุณสมบัติทางด้านความร้อนและไฟฟ้ากระบวนการที่จะสร้างซ้ำชิ้นส่วนที่มีอยู่นั้น ๆโดยปราศจาก Drawings หรือเอกสารประกอบ กระบวนการนี้เรียกว่าวิศวกรรมก้าวหน้า วิศวกรรมย้อนกลับเป็นวิธีที่ทำกันในสาขาต่าง ๆ ที่ทำงานในลักษณะย้อนกลับ เช่น วิศวกรรมซอฟต์แวร์ ยานยนต์ สินค้าอุปโภคบริโภค ไมโครชิป เคมี อิเล็กทรอนิกส์ และการออกแบบเครื่องกล ตัวอย่างเช่น เมื่อมีเครื่องจักรรุ่นใหม่ออกสู่ตลาดบางครั้งผู้ผลิตรายที่เป็นคู่แข่งต้องซื้อเครื่องจักรใหม่นั้นไปเรียนรู้การทำงานซึ่งบางครั้งต้องแยกเป็นชิ้นๆเพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนการประกอบ จึงจะสามารถทำการก๊อปปี้ชิ้นงานได้ วิศวกรรมย้อนกลับจะต้องมีการวางแผนและ

วิเคราะห์ เกี่ยวกับระยะเวลาและค่าใช้จ่ายอย่างดี กล่าวได้ว่าวิศวกรรมย้อนกลับ เริ่มต้นจากผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานมาสู่กระบวนการออกแบบย้อนกลับมาจนถึงข้อมูลการออกแบบที่อยู่ใน Drawing การทำวิศวกรรมย้อนรอยหรือวิศวกรรมย้อนกลับตามแนวปฏิบัติแบบบูรณาการคือการลอกแบบและพัฒนาอย่างครบวงจรให้ครบทุกส่วนอย่างเป็นระบบ

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 งานวิจัยของ เทอดเกียรติ ลิมปีทีปราการ, สุริยา สารมาตย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ได้นำมาศึกษาพบว่าวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกความเสียหายของตลับลูกปืนและวิเคราะห์หาตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานของตลับ จากการศึกมาตลับลูกปืนที่ผ่านการใช้งานมาเป็นระยะเวลา 6 ปีพบว่าความเสียหายของตลับถูกปืนจำแนกได้เป็น 3 ระดับตามลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่รับแรง คือ Class A B และ C โดยที่แต่ละระดับมีเปอร์เซ็นต์ความเสียหายต่อพื้นที่ผิวที่รับภาระอยู่ที่ 1 - 15 % 15 - 30% และ 30 - 50 % ตามลำดับ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้นำเอาการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนมาใช้จำแนกระดับความเสียหายให้มีความชัดเจนเพิ่มขึ้นอีกด้วย จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของการชำรุดแต่ละครั้ง (Mean Time Between Failures: MTBF) พบว่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืน Class A สามารถใช้งานได้อีกในช่วง 300,000 – 500,00 กิโลเมตร Class B สามารถใช้งานได้อีกในช่วง 200,000 – 300,000 กิโลเมตร ส่วนใน Class C ไม่แนะนำให้นำกลับมาใช้อีก นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังได้ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบตลับลูกปืนเครื่องที่ให้แรงแนวรัศมีได้ 3,000 นิวตันและแรงในแนวแกนได้ 1,000 นิวตันอีกด้วยเพื่อใช้สำหรับการศึกษาพฤติกรรมการทำงานของตลับลูกปืนในอนาคตอีกด้วย

2.11.2 งานวิจัยของ พิชญา ชิตสมบัติ, สาวิตรี อักษรพูนทรัพย์, นิติมา อัจฉริยะโพธา, อังกูร หวังวงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้นำมาศึกษาพบว่ามีวัตถุประสงค์เพื่อหาอายุการใช้งานเฉลี่ยของลูกปืนแท่นรีด และหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานกับอัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีดในกระบวนการผลิตเหล็กเส้น ข้อมูลที่รวบรวมได้มีจำนวน 73 ข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้การแจกแจงแบบไวบูลล์ ผลการวิจัยพบว่าอายุการ ใช้งานเฉลี่ยคือ 13,708 ชั่วโมง และอัตราการเสื่อมสภาพจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อมีการใช้งานเกินกว่า 12,000 ชั่วโมง ลูกปืนแท่นรีดมีอายุการใช้งานได้เกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด แต่ก็ไม่ควรใช้งานจนลูกปืนแตกเพราะจะทำให้เกิดความสูญเสียในกระบวนการผลิต

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติการ

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อ : บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง : 9,11,13 ซอยบางกระดี่ 32 ถนนบางกระดี่ แขวงแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150

โทรศัพท์ : 02 – 896 – 4444

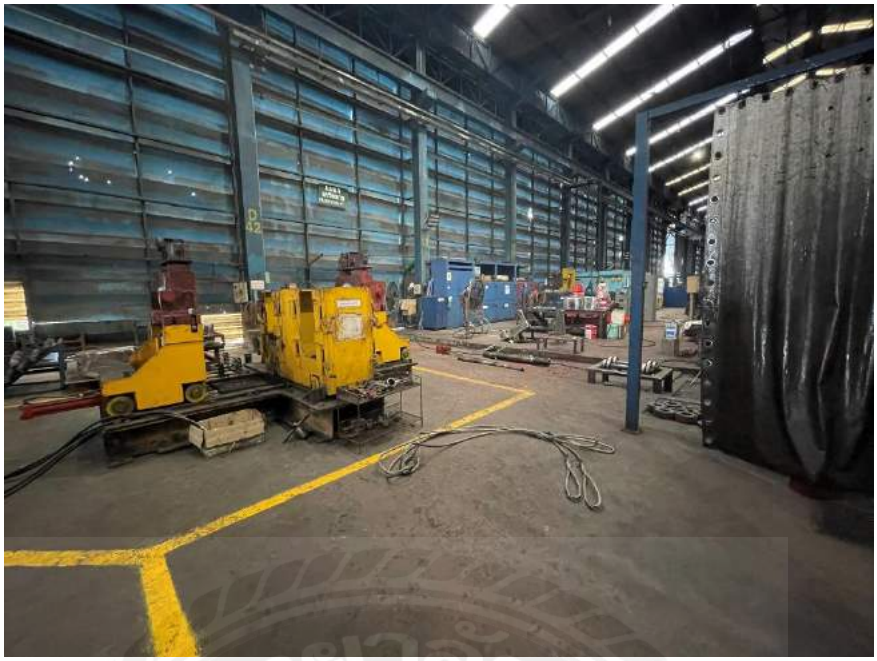
Website : https://www.millconsteel.com

รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)

รูปที่ 3.2 บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน

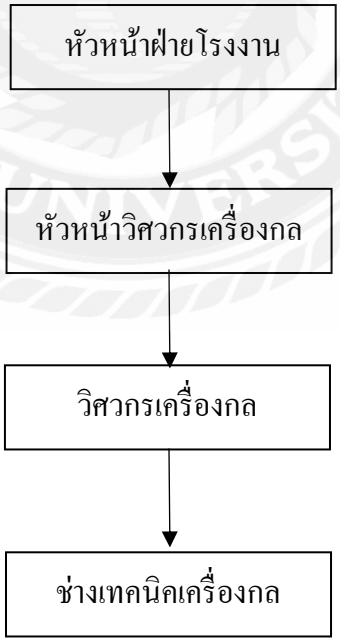
กลุ่มบริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน) หรือ มิลล์คอน (MILLCON) ก่อตั้งโดยนาย สิทธิชัย ลีสวัสดิ์ตระกูล เมื่อปี 1998 เป็นหนึ่งในผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์เหล็กชั้นนำของไทย และเป็นศูนย์บริการด้านผลิตภัณฑ์เหล็กแบบครบวงจร ด้วยการขยายการลงทุนการผลิตวัตถุดิบ ภายใต้โครงการ Green Mill ซึ่งเป็นโครงการสร้างเตาหลอม อาร์คไฟฟ้า Electric Arc Furnace (EAF) รวมถึงการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยี Electric Arc Technology (FASTARCTM) และ Vacuum Degassing Technology (VD) จากต่างประเทศเข้ามาใช้ในการผลิตเหล็กแท่งทรงยาว (Billet) ที่จะทำให้เนื้อเหล็กมีความบริสุทธิ์ และมีเนื้อเรียบทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ระดับคุณภาพพิเศษ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กเส้นกลม (Round Bar) เหล็กเส้นข้ออ้อย (Deformed Bar) และผลิตภัณฑ์เหล็กคุณภาพสูงประเภทอื่น ๆ ทำให้กลุ่มบริษัทฯมีขีดความสามารถในการผลิตเหล็กตั้งแต่ระดับต้นน้ำจนถึงระดับปลายน้ำ โดยแทรกอยู่ในทุกมิติของอุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์และอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่อง เพื่อรองรับความต้องการของลูกค้าในอนาคต ด้วยความมุ่งมั่น ใส่ใจ รู้จริง ทำให้สินค้าและบริการมีคุณภาพ ด้วยการบริหารจัดการที่เป็นมาตรฐาน โดยผู้บริหารมืออาชีพ มิลล์คอน สตีล จึงเติบโตอย่างแข็งแกร่งและพัฒนาอย่างต่อเนื่องไม่หยุดยั้ง เพื่อเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเหล็กทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก และผลักดันการขยายฐานเศรษฐกิจของประเทศสู่ภูมิภาคในอนาคต



รูปที่ 3.3 โรงซ่อม บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 3.4 ตำแหน่งงานในบริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน)

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงานที่นักศึกษารับผิดชอบ : นักศึกษาฝึกงานแผนกซ่อมบำรุงเครื่องจักร

ลักษณะงานที่นักศึกษารับผิดชอบ : ดูแลและตรวจเช็คเครื่องรีดร่วมกับพนักงานที่ปรึกษา

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : คุณ คมสันต์ พลเยี่ยม

ตำแหน่ง : หัวหน้าวิศวกรเครื่องกล

แผนก : ซ่อมบำรุงเครื่องจักร

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน : วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2565

สิ้นสุดการปฏิบัติงาน : วันที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2565

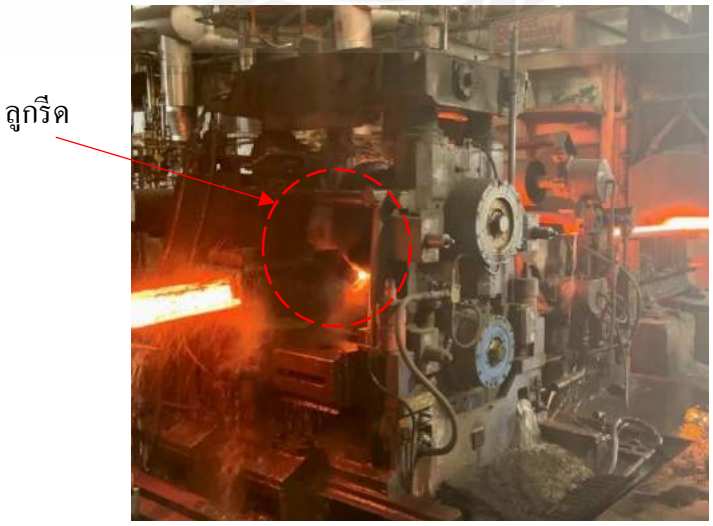
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1. ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง

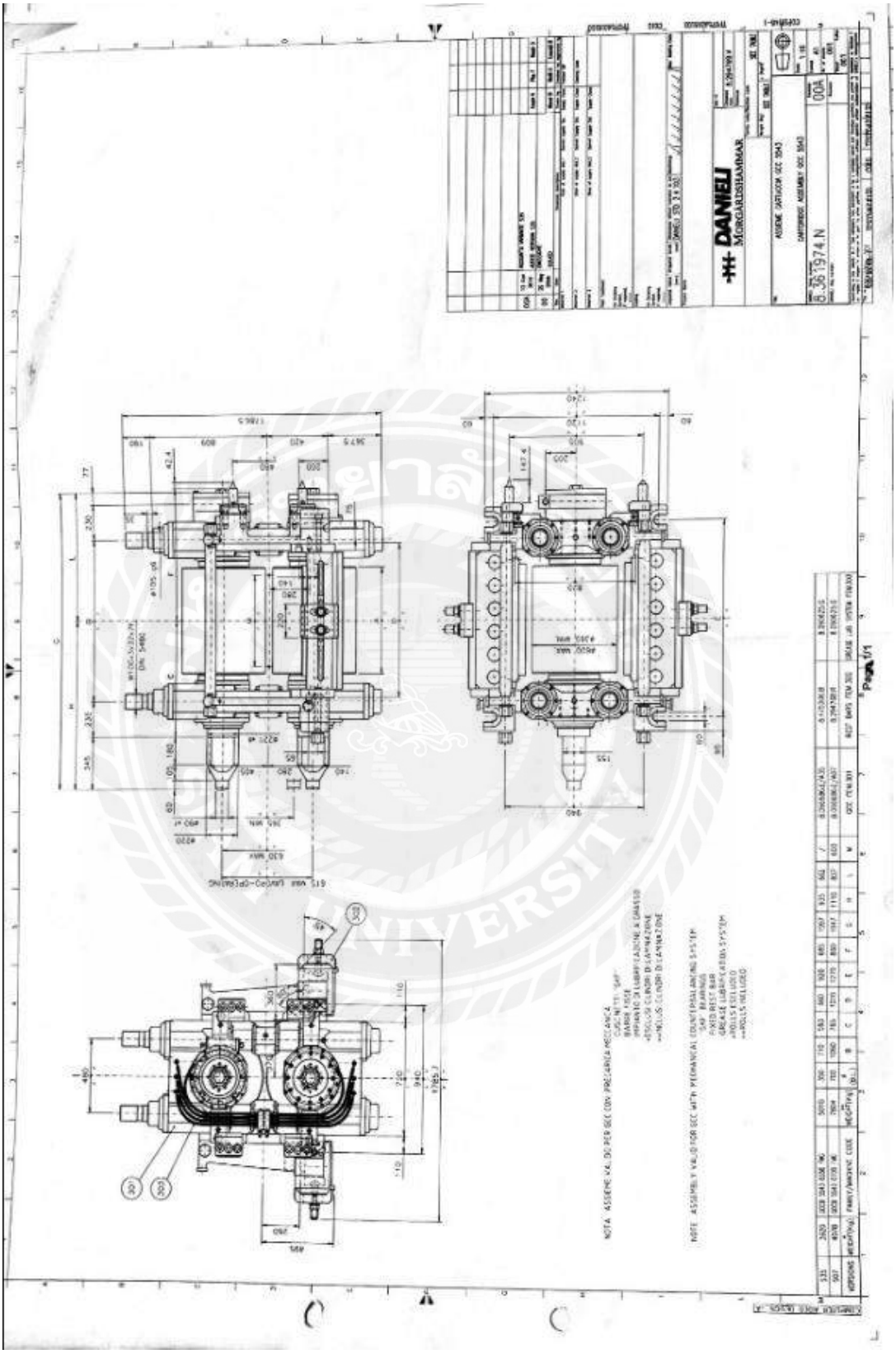
สอบถามถึงหัวข้อโครงงานในหัวเรื่องต่าง ๆที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม

3.7.2. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

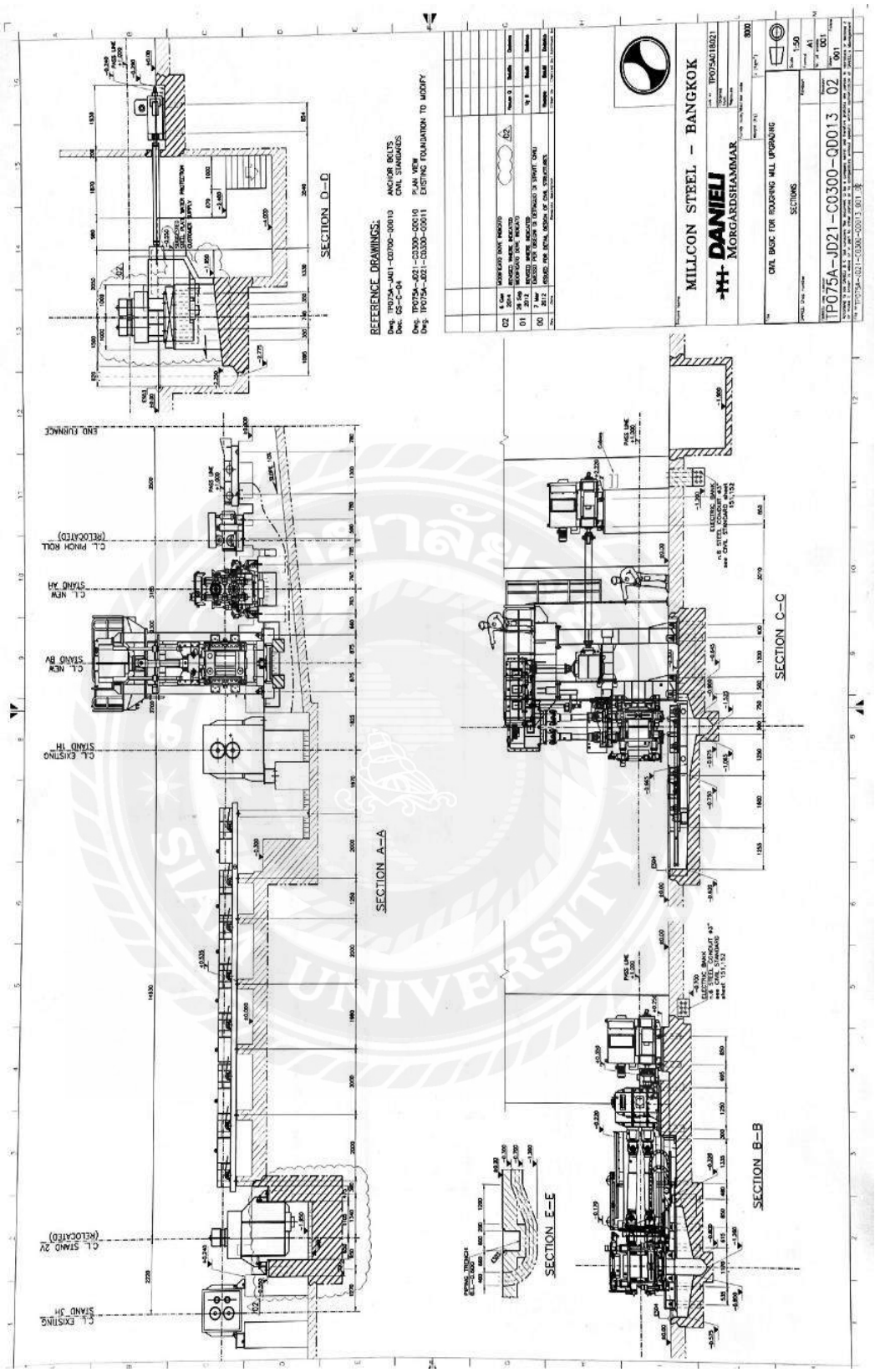
ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมเช่น แบบเครื่องจักรสเปคมอเตอร์ แบบสายการผลิตของเครื่องจักรและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสายการผลิต



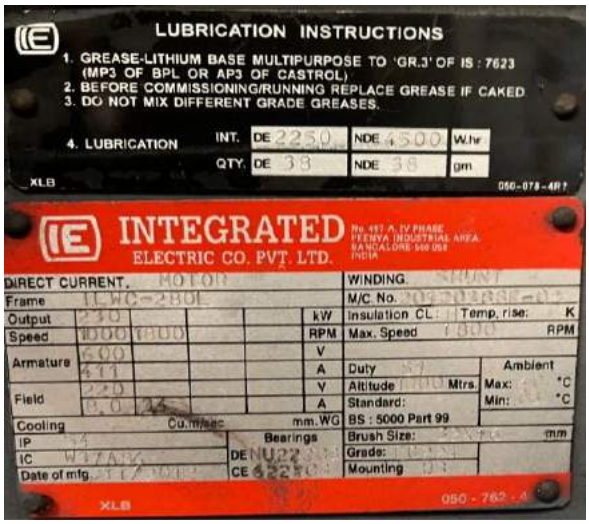
รูปที่ 3.5 เครื่องจักรที่อยู่ในสายการผลิต



รูปที่ 3.6 แบบเครื่องจักร โมเดล GCC 5543



รูปที่ 3.7 แบบสายการผลิตของเครื่องจักร



รูปที่ 3.8 สเปคมอเตอร์

รูปที่ 3.9 ผลิตภัณฑ์เหล็กข้ออ้อยขนาด 16 mm – 9 mm

3.7.3. ตั้งหัวข้อโครงงาน

หาหัวข้อโครงงานโดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ในโครงงานรวมถึงขอคำชี้แนะในการเจอปัญหาในการทำโครงงาน

3.7.4. การศึกษาหาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตลับลูกปืน

ทำการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้แนวคิดเกี่ยวกับอายุการ ใช้งานคือการบำรุงรักษาเป็นตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่ออายุการใช้งานและไม่ควรใช้งานตลับลูกปืนเกินกว่าอายุการใช้งานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดเพราะอัตราการเสื่อมสภาพจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อระยะเวลาการใช้งานเกินกำหนดซึ่งจะสอดคล้องกับประวัติการเปลี่ยนตลับลูกปืนของบริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน) จึงทำการวิเคราะห์ประวัติและใช้ค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานกับแรงกระทำของยี่ห้อตลับลูกปืนที่ใช้ในปัจจุบัน

3.7.5. การหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนโดยใช้วิศวกรรมย้อนกลับ

เนื่องจากไม่ทราบแรงที่กระทำกับตลับลูกปืนจึงใช้แนวคิดวิศวกรรมย้อนกลับ โดยการนำประวัติการเปลี่ยนตลับลูกปืนแต่ละครั้งมาเฉลี่ยเพื่อที่ได้ทราบชั่วโมงในการใช้งาน พบได้ว่ามีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงนาน 317 วัน หรือคิดเป็นชั่วโมงจะได้ 7,608 ชั่วโมง นำมาแทนค่าสมการและคำนวณดังนี้

1. ค่า C (Basic Dynamic Load Rating) ที่กำหนดมาใน Catalogue ของตลับลูกปืน รหัส SKF 313824 ที่ใช้งานในปัจจุบัน = 2,010 kN

2.ค่า k คือประเภทตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก (Roller Bearing) = 10/3

3.ค่า n หาความเร็วรอบในการหมุนของตลับลูกปืน จะได้จากการใช้เครื่องมือวัด Tachometer มาวัดที่หัวของลูกรีดจะได้ค่าเฉลี่ยต่อนาที = 17 rpm

รูปที่ 3.10 วัดความเร็วรอบในการหมุนของลูกรีด

จากนั้นนำมาเข้าสมการเพื่อคำนวณย้อนกลับ จะได้ตามสมการดังนี้

จากสมการที่ 2.2

$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{(60n)}$$

$$7{,}608 \text{ hr} = \frac{L_{10}}{(60)(17)}$$

$$L_{10} = 8x10^{6} \text{ mr}$$

จากสมการที่ 2.1

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

$$8x10^{6}\ \text{mr} = \left(\frac{2.01x10^{6}}{P}\right)^{\frac{10}{3}}$$

จะได้ $$P = 1.07x10^{6}\ \text{N}$$

3.7.6. คำนวณหาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG และ NTN

อายุการใช้งานของตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG รหัส 508727 กำหนดให้

1.จาก Catalogue ให้ค่า C (Basic Dynamic Load Rating) = 2,080 kN

2.จากการหาอายุการใช้งานตลับลูกปืน โดยใช้วิศวกรรมย้อนกลับให้ค่า P = $1.07x10^{6}$ N

3.จากตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก (Roller Bearing) k = 10/3

4.จาการวัดความเร็วรอบในการหมุนของลูกรีด n = 17 rpm

จากสมการที่ 2.1

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

$$= \left(\frac{2.08x10^{6}}{1.07x10^{6}}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_{10} = 9.16x10^{6}\ \text{mr}$$

จากสมการที่ 2.2

$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{(60n)}$$

$$= \left(\frac{9.16\text{x}10^{6}}{(60)(17)}\right)$$

$$L_{10h} = 8{,}564\ \text{hr}$$

อายุการใช้งานของตลับลูกปืนยี่ห้อ NTN รหัส 4R4614 กำหนดให้

1. จาก Catalogue ให้ค่า C (Basic Dynamic Load Rating) = 1,520 kN
2. จากการหาอายุการใช้งานตลับลูกปืนโดยใช้วิศวกรรมย้อนกลับ ให้ค่า P = $1.07x10^6$ N
3. จากตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอก (Roller Bearing) k = 10/3
4. จาการวัดความเร็วรอบในการหมุนของลูกรีด n = 17 rpm

จากสมการที่ 2.1

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

$$= \left(\frac{1.52x10^6}{1.07x10^6}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_{10} = 3.22x10^6 \text{ mr}$$

จากสมการที่ 2.2

$$L_{10h} = \frac{L_{10}}{(60n)}$$

$$= \left(\frac{3.22\text{x}10^6}{(60)(17)}\right)$$

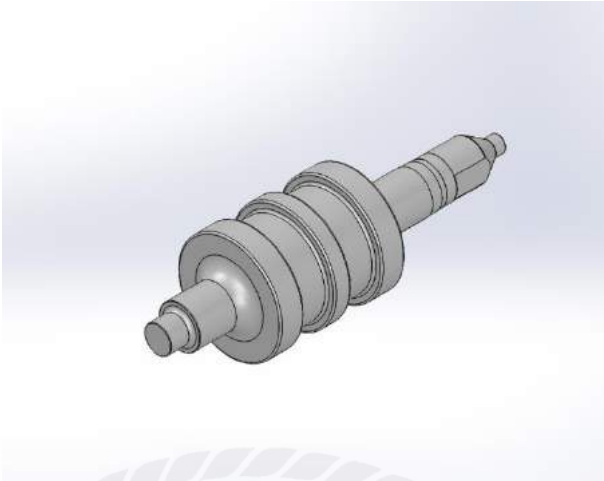
$$L_{10h} = 3{,}042 \text{ hr}$$

3.7.7. ทดสอบความแข็งแรงของลูกรีด โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้ซอฟต์แวร์ Solid Works

รูปที่ 3.11 ซอฟต์แวร์ Solid Works

2. วาดลูกรีดโดยใช้ฟังชั่น Sketch และ Feature



รูปที่ 3.12 ลูกรีด

3. กำหนดชนิดของเหล็กเป็นเกรด AISI 1040 Steel, Normalized at 900ºC

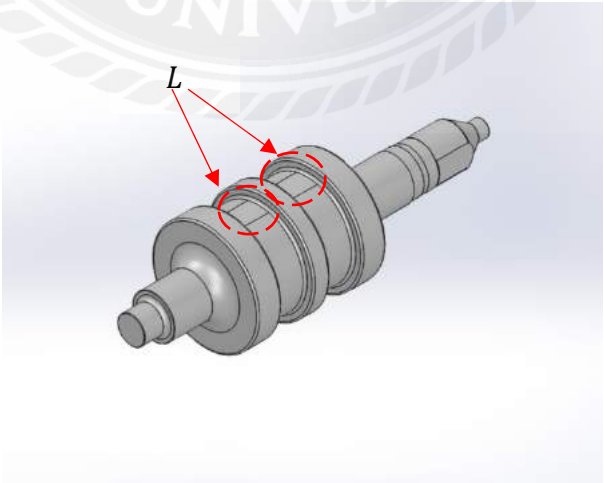
4. ใส่จุดที่แรงจะกระทำ กำหนดให้ R (เส้นผ่าศูนย์กลาง) = 240 mm , h_0 (ขนาดความสูงของ Billet เข้า) = 150 mm , h_f (ขนาดความสูงของ Billet ออก) = 103 mm

โดยคำนวณจากสมการที่ 2.5

$$L = \sqrt{R(h_0 - h_f)}$$

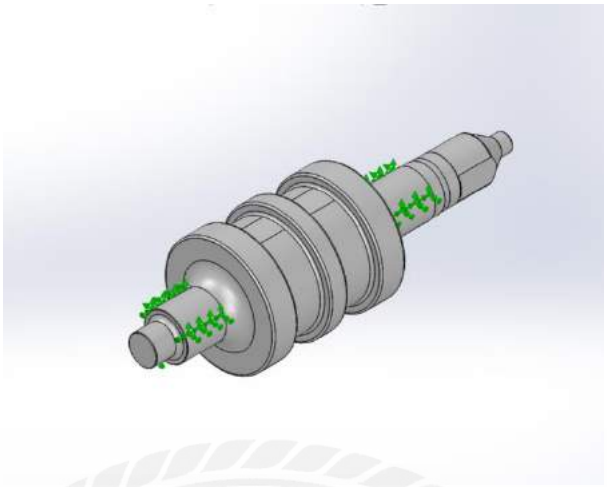
$$= \sqrt{240(150 - 103)}$$

$$= 106.2 \text{ mm}$$



รูปที่ 3.13 ใส่จุดที่แรงจะกระทำ

5. ใส่จุดยึดชิ้นงาน



รูปที่ 3.14 ใส่จุดยึดชิ้นงาน

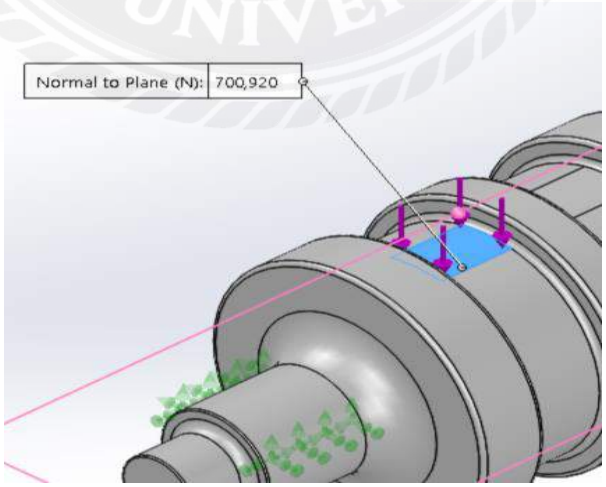
6. ใส่แรงที่กระทำ กำหนดให้ L (ขนาดของพื้นที่ที่แรงจะกระทำ) = 106.2 mm , Y_{avg} (Yield Strength ของ Billet) = 275 N/mm^2 , w (ความต่างขนาดความกว้างของ Billet เข้า – ออก ((เข้า 150 mm – ออก 174 mm))) = 24 mm

โดยคำนวณจากสมการที่ 2.4

$$F = LwY_{avg}$$

$$= (106.2\ \text{mm})(24\ \text{mm})(275\ N/mm^2)$$

$$F = 700{,}920\ \text{N}$$



รูปที่ 3.15 ใส่แรงที่กระทำ

7. วิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ผังเวลาการทำงาน

ลำดับ	หัวข้องาน	2565				
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1	ปฏิบัติงานสหกิจภาคปฏิบัติ	←	—	—	—	→
2	ค้นหาข้อมูล	←	—	→		
3	เรียบเรียงและตรวจสอบ			←	—	→
4	จัดทำเอกสารประกอบ			←	—	→

3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

รายละเอียดของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทำโครงการโดยใช้เครื่องฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เช่น

ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. คอมพิวเตอร์หรือโน๊ตบุ๊ค
2. เครื่องปริ้นท์
3. โทรศัพท์สำหรับถ่ายรูป
4. เครื่องถ่ายเอกสาร

ซอฟต์แวร์ (Software)

1. โปรแกรม Microsoft Word
2. โปรแกรม Microsoft PowerPoint
3. โปรแกรม Microsoft Excel
4. โปรแกรม Solid Works

เครื่องมือ

1. Tachometer
2. Vernier Calipers
3. ประแจ
3. ตลับลูกปืน

บทที่ 4
ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน

4.1 การวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ

จากการคำนวณด้วยวิธีวิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering) โดยการนำประวัติการใช้งานตลับลูกปืนยี่ห้อ SKF ที่ใช้ในปัจจุบันมาคำนวณย้อนกลับเพื่อหาแรงกระทำ แล้วนำแรงที่หาได้มาคำนวณหาชั่วโมงการใช้งานของยี่ห้อ FAG และ NTN จะได้ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4.1

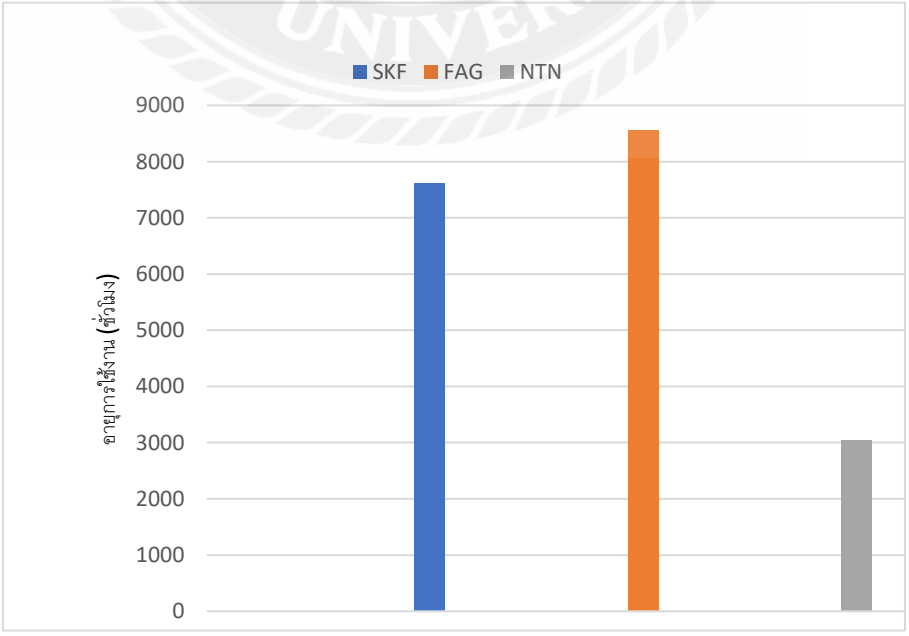
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์อายุงานใช้ตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ

	SKF	FAG	NTN
อายุการใช้งาน(ชั่วโมง)	7,608	8,564	3,042

4.2 การเปรียบเทียบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ

จากการวิเคราะห์อายุการใช้งานตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ จึงได้นำมาเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นถึงความต่างที่ชัดเจนขึ้น ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนแต่ละยี่ห้อ

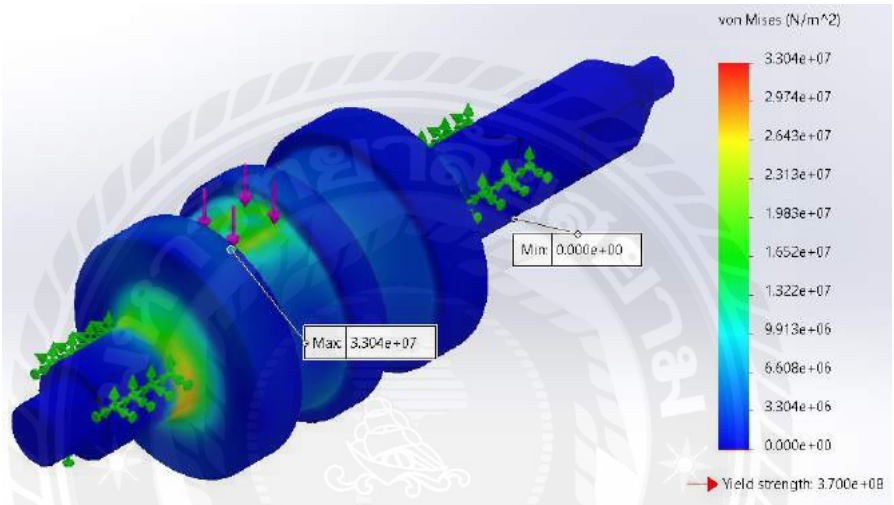


4.3 ผลจากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ

ควรเลือกใช้ตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG เพราะมีอายุการใช้งาน 8,564 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่ายี่ห้อในปัจจุบันและไม่ควรใช้ยี่ห้อ NTN เพราะอายุการใช้งาน 3,042 ชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าของที่ใช้ในปัจจุบันค่อนข้างมาก

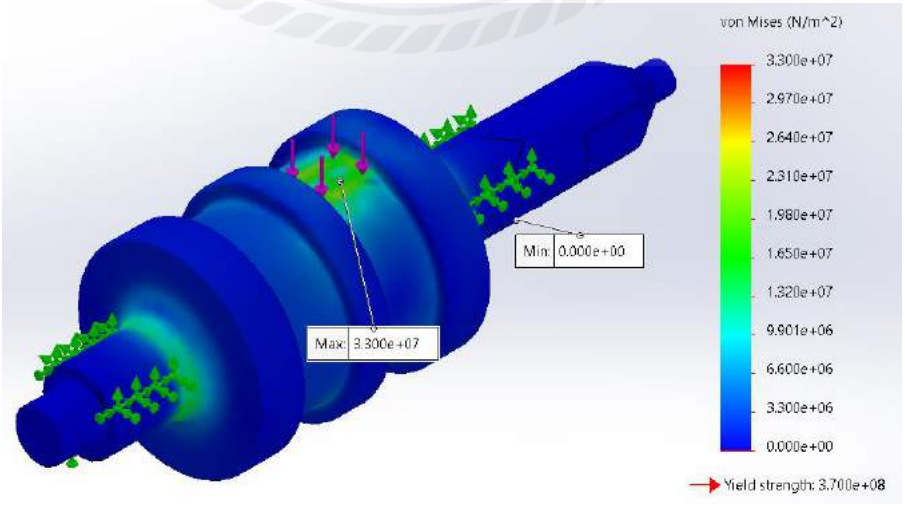
4.4 ผลการปฏิบัติงานวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

4.4.1 จากการไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรีดเหล็กจากร่องด้านหน้าความเค้นค่าสูงสุดอยู่ที่ค่า 33.04 MPa ค่าความแข็งแรงครากของลูกรีด 370 MPa



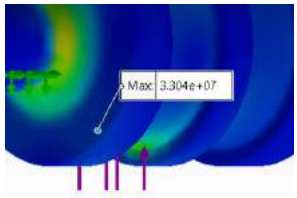
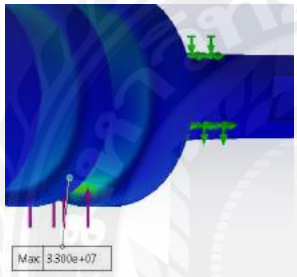
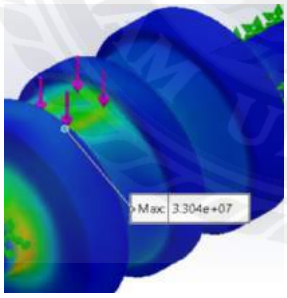
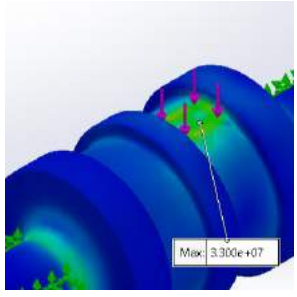
รูปที่ 4.1 ภาพแสดงค่าความเค้นของลูกรีดที่รีดเหล็กจากร่องด้านหน้า

จากการไฟไนต์เอลิเมนต์ เมื่อรีดเหล็กจากร่องด้านหลังความเค้นค่าสูงสุดอยู่ที่ค่า 33 MPa ค่าความแข็งแรงครากของลูกรีด 370 MPa

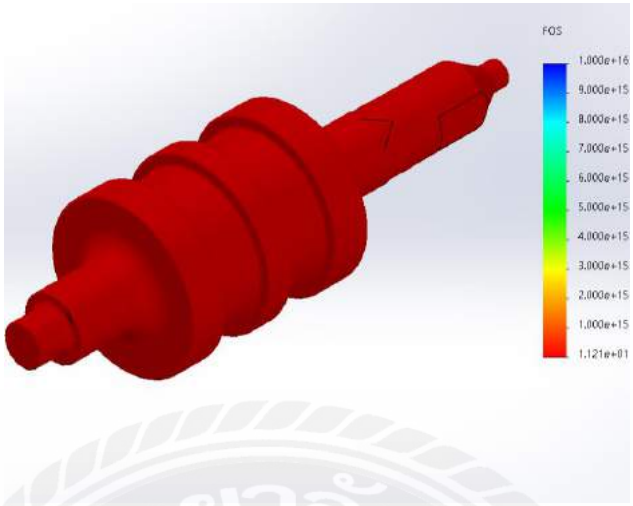


รูปที่ 4.2 ภาพแสดงค่าความเค้นของลูกรีดที่รีดเหล็กจากร่องด้านหลัง

ตารางที่ 4.3 ตำแหน่งของชิ้นส่วนที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุด

ภาพผลการวิเคราะห์ตำแหน่งที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุด	คำอธิบาย
	จากรูปด้านซ้ายผลการวิเคราะห์พบว่าที่ตำแหน่งดังกล่าวของลูกรีดลูกบนที่รีดจากร่องด้านหน้ามีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดอยู่ที่ค่า 33.04 MPa แต่ไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก 370 MPa หมายความว่า ชิ้นงานเริ่มยืดตัว แต่ยังไม่เสียรูปร่าง เพราะค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดยังไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก
	จากรูปด้านซ้ายผลการวิเคราะห์พบว่าที่ตำแหน่งดังกล่าวของลูกรีดลูกบนที่รีดจากร่องด้านหลังมีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดอยู่ที่ค่า 33 MPa แต่ไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก 370 MPa หมายความว่า ชิ้นงานเริ่มยืดตัว แต่ยังไม่เสียรูปร่าง เพราะค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดยังไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก
	จากรูปด้านซ้ายผลการวิเคราะห์พบว่าที่ตำแหน่งดังกล่าวของลูกรีดลูกล่างที่รีดจากร่องด้านหน้ามีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดอยู่ที่ค่า 33.04 MPa แต่ไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก 370 MPa หมายความว่า ชิ้นงานเริ่มยืดตัว แต่ยังไม่เสียรูปร่าง เพราะค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดยังไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก
	จากรูปด้านซ้ายผลการวิเคราะห์พบว่าที่ตำแหน่งดังกล่าวของลูกรีดลูกล่างที่รีดจากร่องด้านหลังมีค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดอยู่ที่ค่า 33 MPa แต่ไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก 370 MPa หมายความว่า ชิ้นงานเริ่มยืดตัว แต่ยังไม่เสียรูปร่าง เพราะค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดยังไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก

4.4.2 จากการไฟไนต์เอลิเมนต์ ค่าความปลอดภัย (FOS) สูงสุดอยู่ที่ 11.21 ซึ่งค่าความปลอดภัยมาตรฐานคือ 7 ดังนั้นเมื่อใช้แรงกระทำสูงสุด ลูกรีดจะไม่เกิดการเปลี่ยนรูป



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงค่าความปลอดภัย (FOS)

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

การเปลี่ยนตลับลูกปืนและลูกรีดของเครื่องรีดเหล็กเส้นกลมแต่ละครั้งใช้เวลาค่อนข้างมาก ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรซึ่งส่งผลกระทบต่อสายงานการผลิต แนวทางการแก้ปัญหาโดยการเลือกตลับลูกปืนและลูกรีดที่มีคุณภาพจะทำให้เกิดความคุ้มค่า การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบอายุการใช้งานและความคุ้มค่าของตลับลูกปืนทั้ง 3 ยี่ห้อคือ SKF , FAG และ NTN อีกทั้งวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีด โดยใช้วิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering) มาคำนวณหาแรงที่กระทำกับตลับลูกปืนโดยนำประวัติการเปลี่ยนตลับลูกปืนแต่ละครั้งมาเฉลี่ยเพื่อทราบอายุการใช้งาน

ผลจากการศึกษาทำการเปรียบเทียบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนทั้ง 3 ยี่ห้อ พบว่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนที่ใช้ในปัจจุบันโดย SKF มีอายุการใช้งาน 7,608 ชั่วโมง FAG มีอายุการใช้งาน 8,564 ชั่วโมง มีความคุ้มค่ามากขึ้น 12 % และ NTN มีอายุการใช้งาน 3,042 ชั่วโมง มีความคุ้มค่าน้อยลงถึง 39 %

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของลูกรีดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่า ตำแหน่งที่มีค่าความเค้นฟอนมิสเซส สูงสุดทั้งหมด 4 จุด ซึ่งเมื่อรีดเหล็กจากร่องด้านหน้าความเค้นสูงสุดอยู่ที่ 33.04 MPa และเมื่อรีดเหล็กจากร่องด้านหลังความเค้นสูงสุดอยู่ที่ 33 MPa แต่ไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก 370 MPa หมายความว่า ลูกรีดเริ่มยืดตัว แต่ยังไม่เสียรูปร่าง เพราะค่าความเค้นฟอนมิสเซสสูงสุดยังไม่เกินค่าความแข็งแรงคราก

ค่าความปลอดภัย (FOS) เท่ากับ 11.21 ในขณะที่ค่าความปลอดภัยมาตรฐานเท่ากับ 7 ดังนั้นเมื่อใช้แรงกระทำสูงสุดลูกรีดจะไม่เกิดการเปลี่ยนรูป

5.2 ข้อเสนอแนะ

การนำค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในการผลิตมาคิดด้วยนั้นจะเห็นถึงความแตกต่างชัดเจนขึ้นในการเปรียบเทียบความคุ้มค่าของตลับลูกปืน และหากทราบ Yield Strength ของ Billet ขณะรีดจะสามารถคำนวณได้แม่นยำขึ้น

บรรณานุกรม

การจัดวางลูกรีด. (ม.ป.ป). เข้าถึงได้จาก www.thummech.com/index.php?Content=servic&group=11&id=336

ณัฐชยา มุราชัย. (2556). *การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของจุดยึดที่นั่งสำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ด้วยระเบียบวิธีไฟไนท์อิลลิเมนต์*. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เทอดเกียรติ ลิมปีทีปราการ, สุริยา สารมาตย์. (2553). *เครื่องทดสอบอายุการใช้งานของตลับลูกปืนสำหรับรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน*. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

บริษัท ครูเกอร์ เวนทิเลชั่น อินดัสทรีส์ (ไทยแลนด์) จำกัด. (ม.ป.ป). เข้าถึงได้จาก https://www.acat.or.th › acat_or_th › journal-14

บุลวัชร์ (ป๋อม) เจริญยืนนาน. (2564). *ตลับลูกปืน (Bearing) คืออะไร มีการใช้งานแบบไหนบ้าง*. เข้าถึงได้จาก https://misumitechnical.com/technical/mechanical/bearing-usage/

พิชญา ชิตสมบัติ, สาวิตรี อักษรพูนทรัพย์, นิติมา อัจฉริยะโพธา, อังกูร หวังวงศ์ชัย. (2557). *การวิเคราะห์อัตราการเสื่อมสภาพของลูกปืนแท่นรีดในกระบวนการผลิตเหล็กเส้น*.กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ลักษิกา อู่สุวรรณ. (2563). *การวิเคราะห์ความเค้นและค่าความปลอดภัยของจุดยึดด้านล่างของกระบอกไฮดรอลิกส์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน. (2556). *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

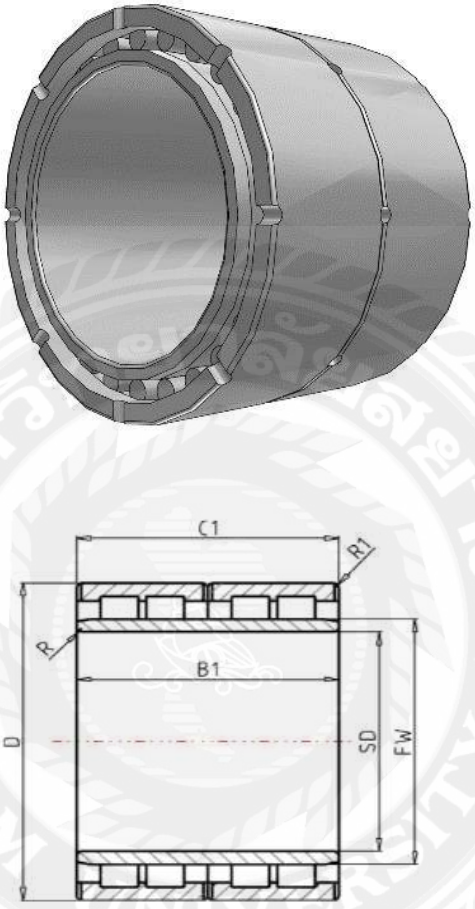
วิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering). (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก www.9engineer.com/index.php?m=article&a=print&article_id=545

Alloy Steel / Adamite Rolls. (ม.ป.ป.). เข้าถึงได้จาก www.rollingmillrolls.info/alloy-steel-adamite-rolls-manufacturers.html

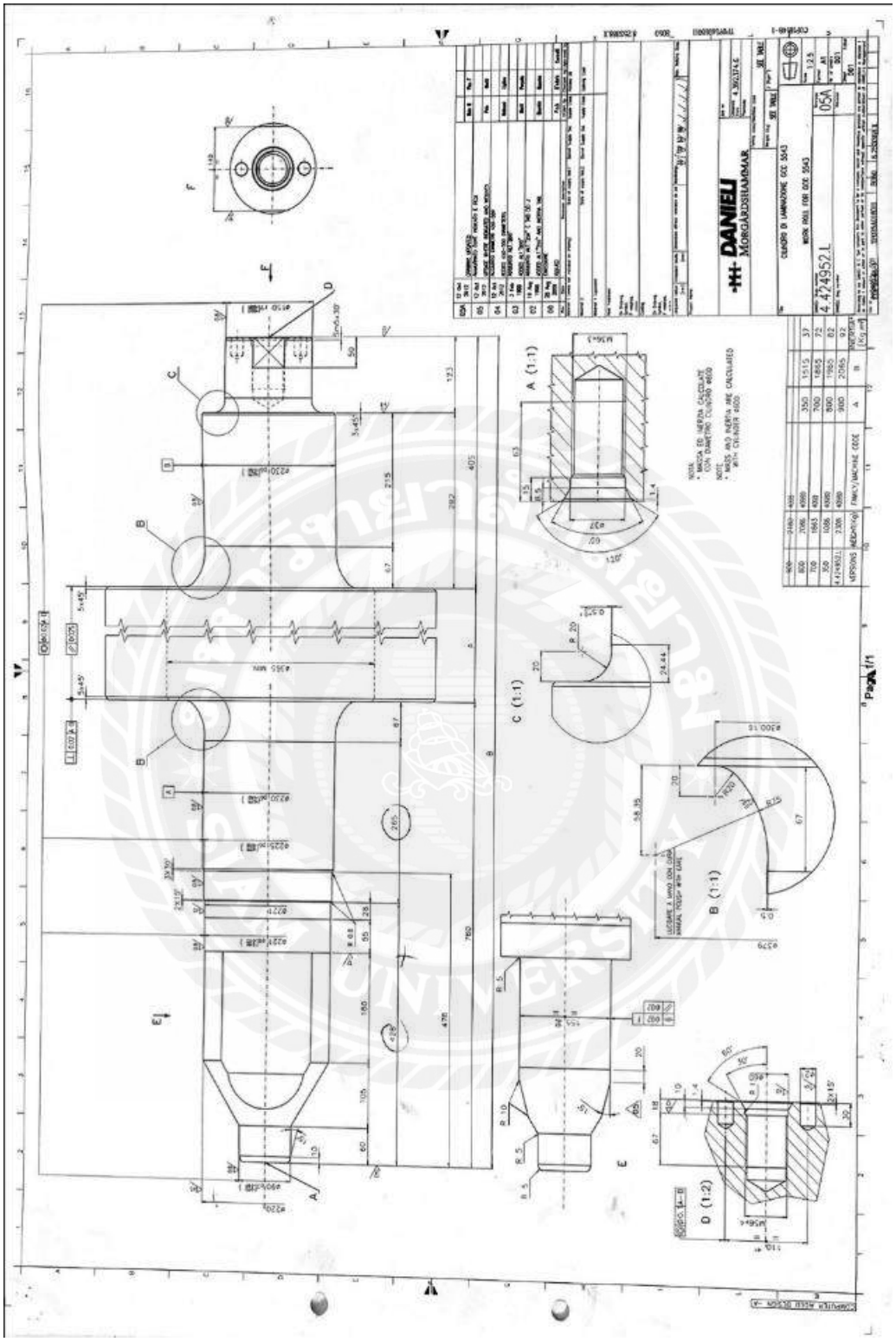
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ภาพรายละเอียดของตลับลูกปืนและลูกรีด

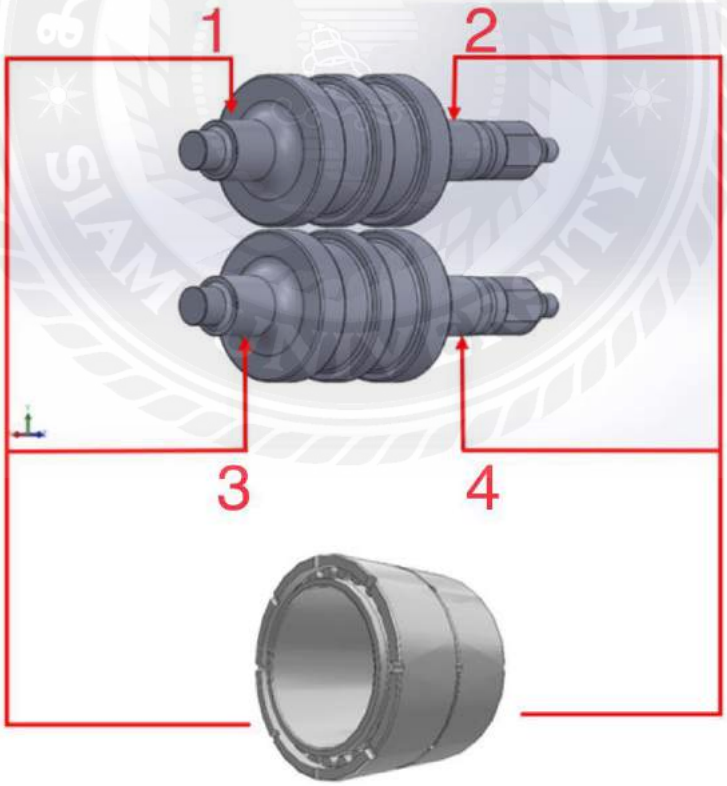


รูปที่ก. 1 ตลับลูกปืนเม็ดทรงกระบอกสี่แถวแหล่งที่มาhttps://ntn.partcommunity.com/3d-cad-models/sso/four-row-cylindrical-roller-bearings-ntn-corporation?info=ntn%2Fball_roller_bearings%2Fcylindrical_roller_b%2Ffour_row_crb_asmtab.prj&cwid=8644



รูปที่ก. 2 แบบลูกรีด

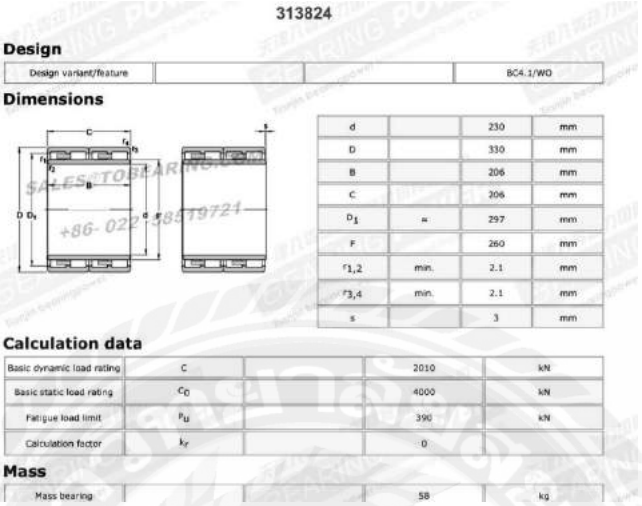
รูปที่ก. 3 ลูกรีด



รูปที่ก. 4 ระบุตำแหน่งตลับลูกปืนที่สวมกับลูกรีด

ภาคผนวก ข.

Catalogue ตลับลูกปืน และภาพตารางคุณสมบัติทางกลของวัสดุ



313824

Design

Design variant/feature			BC4.1/WO

Dimensions

d		230	mm
D		330	mm
B		206	mm
C		206	mm
D_1	≈	297	mm
F		260	mm
$r_{1,2}$	min.	2.1	mm
$r_{3,4}$	min.	2.1	mm
s		3	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C		2010	kN
Basic static load rating	C_0		4000	kN
Fatigue load limit	P_u		390	kN
Calculation factor	k_r		0	

Mass

Mass bearing			58	kg

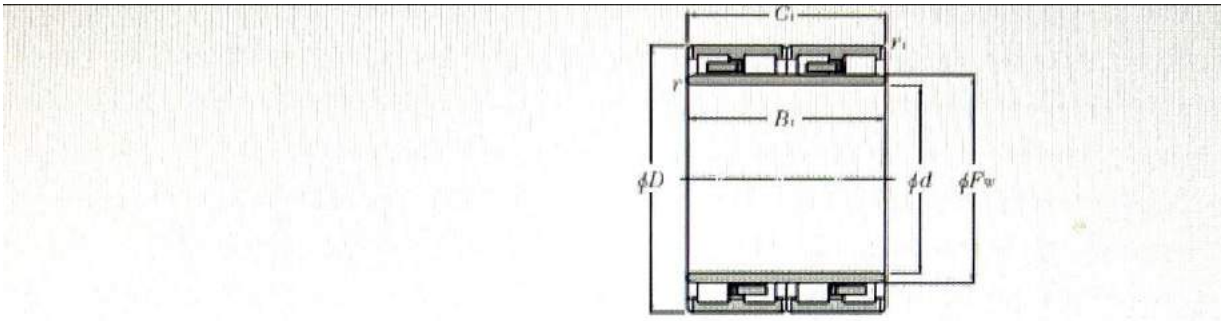
รูปที่ข. 1 Catalogue ตลับลูกปืนยี่ห้อ SKF แหล่งที่มา

http://www.skf365.com/SKF_313824_4963.html

รหัสแบริ่ง	508727
ยี่ห้อ	FAG
ออกแบบ	3
ง (มม.)	230
ง (มม.)	330
ความกว้าง B (มม.)	206
ฉ (มม.)	260
rs นาที (มม.)	2
r1s นาที (มม.)	2
ไดน์. พิกัดโหลด C (kN)	2080
สถิติ พิกัดโหลด C0 (kN)	3750
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.2
พิมพ์	แบริ่งลูกกลิ้งทรงกระบอกสี่แถว
คำอธิบายโดยละเอียด	ตลับลูกปืน FAG, ตลับลูกปืนเม็ดกลมทรงกระบอกสี่แถว, ตลับลูกปืนเม็ดกลม

รูปที่ข. 2 Catalogue ตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG แหล่งที่มา

https://th.sun-bearing.com/roller-bearings/rolling-mill-bearings/four-row-cylindrical-roller-bearings-508727.html



'0~230mm

Boundary dimensions mm					Basic load ratings dynamic kN		dynamic kgf		Bearing numbers	Drawi No.
D	B_1	C_1	$r_{s\,min}$	$r_{ls\,min}$	C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		
230	330	206	206	2.5	2.5	1,510	3,900	154,000	395,000	4R4610	A
	330	206	206	2.5	2.5	1,520	3,800	155,000	385,000	4R4614	A

รูปที่ข. 3 Catalogue ตลับลูกปืนยี่ห้อ NTN แหล่งที่มา

https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-03/en_ntn_large_bearings.pdf หน้า 115

AISI 1040 Steel, normalized at 900°C (1650°F)

Categories: Metal; Ferrous Metal; Carbon Steel; AISI 1000 Series Steel; Medium Carbon Steel

Physical Properties	Metric	English
Density	7.845 g/cc	0.2834 lb/in³

Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Brinell	170	170
Hardness, Knoop	191	191
Hardness, Rockwell B	86	86
Hardness, Vickers	178	178
Tensile Strength, Ultimate	595 MPa	86300 psi
Tensile Strength, Yield	370 MPa	53700 psi
Elongation at Break	28 %	28 %
Reduction of Area	55 %	55 %
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi
Poissons Ratio	0.29	0.29
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi
Izod Impact	45.0 J	33.2 ft-lb
	49.0 J	36.1 ft-lb

รูปที่ข. 4 ตารางAISI 1040 Steel, normalized at 900ºC แหล่งที่มา

https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=b33278e0924144bcb1a9124a2ff84b12&ckck=1

MILLCON BURAPA Co., Ltd.

HEAD OFFICE : 52 Thaniya Plaza Building , 29 th Floor , Silom Road , Suriyawongse , Bankrak , Bangkok 10500 Tel. +66 2652 333 Fax. +66 2632 9899

FACTORY : 99 , Moo 3 , T. Nikompattana , A. Nikompattana , Rayong 21180 Tel. +66 38 89 7153 Fax. +66 38 89 7154

Page : 1 / 2

MILL TEST CERTIFICATION

Certificate No. :	CER RAMA II	Commodity : BILLET	Marking :
Date of issue :	19/09/2022	Grade : *	
Dimensions :	150 × 150 × 12,000 mm	Customer : บริษัท มิลล์คอน สตีล จำกัด (มหาชน) สาขา พระราม 2	

Item No.	Heat No.	Rb. (%)	Chemical composition in % C
Specification			
1	112410	1.4	0.25
2	112418	1.6	0.24
3	112420	1.6	0.25
4	112421	1.6	0.25
5	112422	1.4	0.25

รูปที่ข. 5 เปอร์เซ็นต์คาร์บอนของ Billet

Chemical composition of steel grade 25 (ladle analysis) according to DSTU 7809, %

C	Si	Mn	S	P
0,22 - 0,30	0,17 - 0,37	0,50 - 0,80	≤0,040	≤0,03

Mechanical properties of steel grade 25 after normalizing

Yield strength, N/mm2 (min)	Tensile strength, N/mm2 (min)	Elongation % (min)
275	450	23

รูปที่ข. 6 Yield strength ที่นำเปอร์เซ็นต์คาร์บอนของ Billet มาเทียบ แหล่งที่มา

https://metinvestholding.com/en/products/steel-grades/25

ภาคผนวก ค.

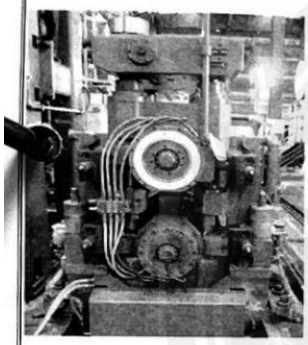
ภาพประวัติการใช้งานเครื่องจักรและภาพการตรวจเยี่ยมขณะปฏิบัติงาน

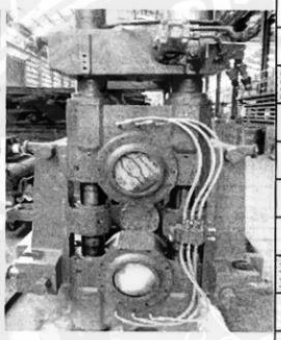
MILLCON STEEL INDUSTRIES PLC.

ประวัติเครื่องจักร AH,BV

วันที่บันทึก : 17/8/59	ชื่อเครื่องจักร : แท่นรีด AH, BV
วันที่เริ่มซ่อม : 17/8/59	แท่นรีดที่ : 3 แท่น B
วันที่ซ่อมแล้ว : 17/8/59	ร่องรีด : Ø 580

ภาพถ่ายก่อน / ภาพถ่าย





อาการ / จุดเสีย

สาเหตุ

การดำเนินการแก้ไข

ใช้งานแท่นรีดตามปกติ

☑ ตรวจซ่อม/เปลี่ยนอะไหล่ ☐ แก้ไข/ดัดแปลง อุปกรณ์ ☐ เพิ่ม/ลด ชิ้นส่วน

การใช้อะไหล่

ลำดับ	รหัส/ชื่อ อุปกรณ์	จำนวน/หน่วย	เอกสารใบเบิก	เก่า/ใหม่
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

ข้อเสนอแนะ/ปัญหา/เอกสารที่อ้างอิงได้/เครื่องมือที่ใช้

ระยะเวลาการใช้งาน

วันที่ยกได้	วันที่ยกออก	รวม (วัน)
17/8/59	18/1/60	-

ผู้ปฏิบัติงาน

1. สายัณห์
2. ดำเนิน
3. จิตร
4.

ผลการตรวจซ่อม

☑ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานได้ชั่วคราว

☐ ใช้งานไม่ได้ ☐ อื่นๆ.....

ผู้ตรวจสอบ : สายัณห์

ว/ด/ป : 17/8/59

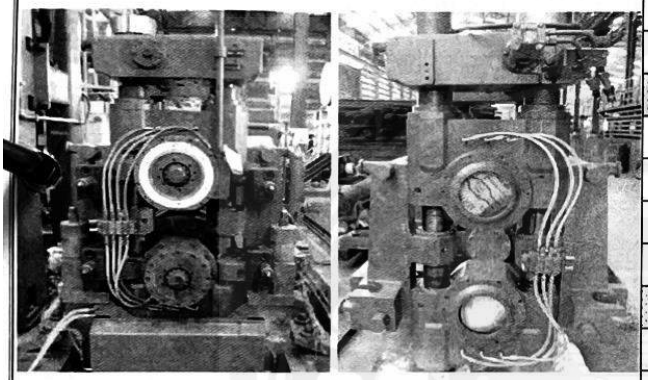
รูปที่ค. 1 ประวัติการใช้งานของลูกรีดและตลับลูกปืน

MILLCON STEEL INDUSTRIES PLC.

ประวัติเครื่องจักร AH,BV

วันที่บันทึก : 20/2/60	ชื่อเครื่องจักร : แท่นรีด AH, BV
วันที่เริ่มซ่อม : 14/1/60	แท่นรีดที่ : 3 แท่น B
วันที่ซ่อมเสร็จ : 20/2/60	ร่องรีด :

ภาพสเก็ต / ภาพถ่าย



อาการ / จุดเสีย

Bearing 353162 และ Oil Seal ของแท่นรีดสี่กบร

สาเหตุ

เกิดจากการใช้งานของแท่นรีด

การดำเนินการแก้ไข

เปลี่ยน Bearing เปลี่ยน Oil Seal และพ่นสีแท่นรีดใหม่

☑ ตรวจซ่อม/เปลี่ยนอะไหล่ ☐ แก้ไข/ดัดแปลง อุปกรณ์ ☐ เพิ่ม/ถด ชิ้นส่วน

การใช้อะไหล่

ลำดับ	รหัส/ชื่อ อุปกรณ์	จำนวน/หน่วย	เลขที่ใบเบิก	เก่า/ใหม่
1	Bearing 353162	2		ใหม่
2	Oil Seal 140x165x15	4		ใหม่
3	Oil Seal 210x240x16	2		ใหม่
4	Oil Seal 270x310x16	4		ใหม่
5				
6				
7				
8				

ข้อเสนอแนะ/ปัญหา/เอกสารที่อ้างอิงได้/เครื่องมือที่ใช้

ระยะเวลาการใช้งาน	วันที่ยกใส่	วันที่ยกออก	รวม (วัน)
	31/5/60	10/11/60	-

ผู้ปฏิบัติงาน

1	สายชล
2	ดำเนิน
3	ลวิญ
4	

ผลการตรวจซ่อม

☑ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานได้ชั่วคราว

☐ ใช้งานไม่ได้ ☐ อื่นๆ.....

ผู้ตรวจสอบ : สายชล

ว/ด/ป : 20/2/60

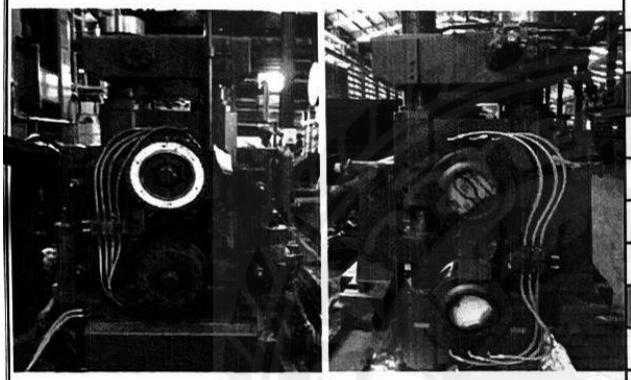
รูปที่ค. 2 ประวัติการใช้งานของลูกรีดและตลับลูกปืน

MILLCON STEEL INDUSTRIES PLC.

ประวัติเครื่องจักร AH,BV

วันที่บันทึก: 10/11/60	ชื่อเครื่องจักร: แท่นรีด AH, BV
วันที่เริ่มซ่อม: 10/11/60	แท่นรีดที่: เฟรม 3 แท่น BV
วันที่ซ่อมเสร็จ: 10/11/60	ร่องรีด:

ภาพถ่าย / ภาพร่าง



อาการ / จุดเสีย

Bearing ของแท่นรีด มีความฝืด
และสึกของแท่นรีดสึกหรอ

สาเหตุ

น้ำเข้า Bearing เนื่องจากซีลของ
แท่นรีดสึกหรอ

การดำเนินการแก้ไข

เปลี่ยน Bearing และ Oil seal ใหม่
ทั้งหมด

ใช้งาน Bearing ใหม่ทั้งหมด

☑ ตรวจซ่อม/เปลี่ยนอะไหล่ ☐ แก้ไข/ดัดแปลง อุปกรณ์ ☐ เพิ่ม/ลด ชิ้นส่วน

การใช้อะไหล่

ลำดับ	รหัส/ชื่อ อุปกรณ์	จำนวน/หน่วย	เลขที่ใบเบิก	เก่า/ใหม่
1	Bearing 353162	2		ใหม่
2	Bearing 313824R	4		ใหม่
3	Oil seal 210x240x15	2		ใหม่
4	— 270x310x16	4		ใหม่
5	— 255x290x16	2		ใหม่
6				
7				
8				

ข้อแนะนำ/ปัญหา/เอกสารที่อ้างอิงได้/เครื่องมือที่ใช้

ระยะเวลาการใช้งาน	วันที่ออกใช้	วันที่ออกออก	รวม (วัน)
	10/11/60	19/4/61	-

ผู้ปฏิบัติงาน

1. สายชล
2. ดำนิ่ง
3. จิต
4. ระรี

ผลการตรวจซ่อม

☑ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานได้ชั่วคราว
☐ ใช้งานไม่ได้ ☐ อื่นๆ.....

ผู้ตรวจสอบ: สายชล

ว/ด/ป: 10/11/60

รูปที่ค. 3 ประวัติการใช้งานของลูกรีดและตลับลูกปืน

รูปที่ค. 4 นักศึกษาและพนักงานร่วมถ่ายภาพภายในด้านหน้าบริษัทกับอาจารย์ที่ปรึกษา

รูปที่ค. 5 นักศึกษาและพนักงานร่วมถ่ายภาพภายในโรงซ่อมเครื่องกลกับอาจารย์ที่ปรึกษา

ประวัติผู้จัดทำ

รหัสนักศึกษา	6223100003
ชื่อ	นาย ณัฐพล จินลา
อีเมล์	nattapon.jinla10@gmail.com
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	180/38 หมู่ที่ 4 ต.บ้านเกาะ อ.เมืองสมุทรสาคร จ.สมุทรสาคร 74000
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา วัดป้อมวิเชียรโชติการาม
	มัธยมศึกษา โรงเรียนฐานเทคโนโลยี
	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคโนโลยีฐานเทคโนโลยี
	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีฐานเทคโนโลยี
	ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสยาม