รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่องเซนติฟูกอล แฟน แคริไฟล์เออร์ แวคคัม แชมเบอร์ กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

Analysis and Selection of Bearings for Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber : A Case Study of Mahasawat Water Plant

โดย

นาย พรพิพัฒน์	ประทอง	6103100002
นาย ธนดล	ประกาศธรรมกุล	6203100001
นาย ปาล	งามพร้อม	6204100004

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2563

หัวข้อโครงงาน	:	การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่องเซนติฟูกอล แฟน แคริไฟล์เออร์ แวคคัม แชมเบอร์ กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์
รายชื่อผู้จัดทำ	:	นาย พรพิพัฒน์ ประทอง 6103100002
		นาย ธนดล ประกาศธรรมกุล 6203100001
		นาย ปาล งามพร้อม 6204100004
ภาควิชา	:	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	:	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	:	3/2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	:	ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 3/2563

คณะกรรมการการสอบโครงงาน

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)

..... พนักงานที่ปรึกษา
(นาย อภิกันต์ ปอแก้ว)

..... กรรมการกลาง
(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผศ.ดร. มารุจ ลิมปะวัฒนะ)

หัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่องเซนติฟูกอล แฟน แคริไฟล์เออร์ แวคคัม แชมเบอร์ กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

รายชื่อผู้จัดทำ : นาย พรพิพัฒน์ ประทอง 6103100002

: นาย ธนดล ประกาศธรรมกุล 6203100001

: นาย ปาล งามพร้อม 6204100004

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 3/2563

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อการวิเคราะห์อายุการใช้งานของตลับลูกปืน และเลือกตลับลูกปืนให้มีความเหมาะสม และมีความคุ้มค่าในการใช้งาน ดังนั้นคณะผู้จัดจึงได้ทำการวิเคราะห์อายุของตลับลูกปืน เพื่อเสนอทางเลือกในการใช้งานตลับลูกปืนให้เกิดความคุ้มค่าต่อสถานที่ฝึกสหกิจศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในเลือกตลับลูกปืนที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสม และคุ้มค่าโดยการเลือกตลับลูกปืน ที่ใช้ในเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber มา 3 ยี่ห้อเพื่อวิเคราะห์แล้วนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าให้เหมาะสม

ลูกปืนที่นำมาวิเคราะห์มี 3 ยี่ห้อได้แก่ 1) SKF มีอายุการใช้งานอยู่ที่ 64,333 ชั่วโมง คิดเป็นจำนวนเงิน 0.040 บาท/ชั่วโมง 2) NKE มีอายุการใช้งานอยู่ที่ 61,583 ชั่วโมง คิดเป็นจำนวนเงิน 0.049 บาท/ชั่วโมง 3) FAG มีอายุการใช้งานอยู่ที่ 66,642 ชั่วโมง คิดเป็นจำนวนเงิน 0.033 บาท/ชั่วโมง จากการวิเคราะห์คณะผู้จัดทำเสนอให้เลือกใช้ตลับลูกปืน FAG ที่มีอายุการใช้งาน 66,642 ชั่วโมง ซึ่งเป็นยี่ห้อที่มีอายุการใช้งานเทียบกับราคาคุ้มค่าที่สุด

คำสำคัญ : เปรียบเทียบ / วิเคราะห์ / ความคุ้มค่า

ผู้ตรวจ

.....

Project Title	: Analysis and Selection of Bearings for Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber: A Case Study of Mahasawat Water Plant	
By	: Mr. Pornpipat Pratong	6103100002
	: Mr. Tanadon Prakattammakul	6203100001
	: Mr. Pal Ngamprom	6204100004
Advisor	: Dr. Chanchai Wiroonritichai	
Degree	: Bachelor of Engineering	
Major	: Mechanical Engineering	
Faculty	: Engineering	
Semester / Academic Year	: 3/2020	

Abstract

This project was created to analyze bearing life and select bearings that are suitable and cost-effective to use. Therefore, the life of the bearings was analyzed in order to propose alternatives to use bearings that were cost-effective for the co-operative education facility. The objective was to propose a guideline for selecting bearings with suitable and cost-effective properties. The bearings used in the Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber were selected from 3 brands for analysis and then compared the cost-effectiveness accordingly.

There were 3 brands of bearings used for analysis: 1) SKF had a service life of 64,333 hours and was 0.040 baht/hour. 2) NKE had a lifespan of 61,583 hours and was 0.049 baht/hour. 3) FAG had a service life of 66,642 hours and was 0.033 baht/hour.

Based on the analysis, the authors suggest choosing FAG bearings with a service life of 66,642 hours, which is the brand that has the best service life relative to the price.

Keywords: Compare / Analyze / Value

Approved by .....

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์) ตั้งแต่วันที่ 17 พฤษภาคม 2564 ถึงวันที่ 28 สิงหาคม 2564 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้ และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ค่ามากมายสำหรับรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

นาย อภิกันต์ ปอแก้ว วิศวกร 5

และบุคคลท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล และเป็นปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแล และให้ความเข้าใจกับชีวิตของการทำงานจริงซึ่งผู้จัดทำ/คณะจัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นาย พรพิพัฒน์ ประทอง

นาย ธนดล ประกาศธรรมกุล

นาย ปาล งามพร้อม

17 พฤษภาคม 2564

สารบัญ

หน้า

จดหมายนำส่งรายงาน ก

กิตติกรรมประกาศ ข

บทคัดย่อ ค

Abstract ง

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตความสามารถโครงการ 1

1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ 1

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 2

บทที่ 2 การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการการศึกษา 3

2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับโรลลิ่งตลับลูกปืน 3

2.1.2 ชนิดของตลับลูกปืน 5

2.1.3 การบำรุงรักษาตลับลูกปืน 7

2.1.4 ความเสียดทานของโรลลิ่งตลับลูกปืน 7

2.1.5 อายุการใช้งาน 8

2.1.6 อายุการใช้งานโดยสังเขป 9

2.1.7 ข้อมูลเบื้องต้นของจาระบี 10

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบ Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber 12

2.2.1 วัตถุประสงค์ของระบบ 12

2.2.2 อัตราการผลิตน้ำ 12

2.2.3 หลักการทำงานของถัง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber 12

2.2.4 หลักการสมดุลเพลา 15

บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ 16

3.2 ลักษณะของสถานประกอบการ 17

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย 19

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา 19

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน 19

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 19

3.7.1 ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง 19

3.7.2 ตั้งหัวข้อโครงงาน 19

3.8 กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา 19

3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 20

3.10 วิธีการดำเนินงาน 21

3.11 ตารางการวัดค่าVibration และAlignmentจากสถานฝึกสหกิจ 30

3.12 ขั้นตอนการคำนวณ 32

3.12.1 คำนวณหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืน Ball Bearing ยี่ห้อ SKF 34

3.12.2 คำนวณหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืน Ball Bearing ยี่ห้อ NKE 35

3.12.3 คำนวณหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืน Ball Bearing ยี่ห้อ FAG 36

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 ผลการวิเคราะห์ตลับลูกปืน 37

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 39

5.2 ข้อเสนอแนะ 39

บรรณานุกรม 40

ภาคผนวก 41

ประวัติผู้จัดทำ 50

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	2
ตารางที่ 2.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	7
ตารางที่ 2.2 แนวทางในการเลือกอายุการใช้งานสำหรับเครื่องจักรกล	9
ตารางที่ 3.2 ค่า Alignment ที่วัดได้ (mm)	30
ตารางที่ 3.1 ค่า Vibration ที่วัดได้ (mm)	31

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆของ บอลตลับลูกปืน	3
รูปที่ 2.2 บอลตลับลูกปืนชนิดต่างๆ	5
รูปที่ 2.3 โรลเลอร์ตลับลูกปืนชนิดต่างๆ	6
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนในการประกอบบอลตลับลูกปืนชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก	7
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบทั่วไปทางเคมีของจาระบี	11
รูปที่ 2.6 จาระบี LGHP 2/5	11
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างถังตกตะกอนแบบ Pulsator Clarifier (Pressure Type)	14
รูปที่ 2.8 ส่วนที่ต้องการศึกษาในเครื่องจักร	15
รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)	16
รูปที่ 3.2 การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)	17
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในการประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)	18
รูปที่ 3.4 Flowchart กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา	19
รูปที่ 3.5 ถอดฝาครอบชุดเพลา	21
รูปที่ 3.6 ใบพัดของเครื่อง Vacuum Fan	22
รูปที่ 3.7 เพลาที่ยึดมอเตอร์	23
รูปที่ 3.8 เปลี่ยนลูกปืน	24
รูปที่ 3.9 อัดจาระบีลูกปืน	25
รูปที่ 3.10 ประกอบลูกปืน	26
รูปที่ 3.11 ตั้งศูนย์กลางเพลา	27
รูปที่ 3.12 การรองแผ่นชิม	28
รูปที่ 3.13 ประกอบฝาครอบกันฝุ่น	29
รูปที่ 3.14 ข้อมูลของมอเตอร์	30
รูปที่ 3.15 ค่ามาตรฐานในการวัดความสั่นสะเทือน	31
รูปที่ 3.16 เครื่อง Centrifugal Fan	32
รูปที่ 3.17 ข้อมูลของตลับลูกปืน SKF	34
รูปที่ 3.17 ข้อมูลของตลับลูกปืน NKE	35
รูปที่ 3.17 ข้อมูลของตลับลูกปืน FAG	36
รูปที่ 4.1 ตลับลูกปืน (SKF)	37

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2 ตลับลูกปืน (NKE) 38

รูปที่ 4.3 ตลับลูกปืน (FAG) 38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber คือเครื่องทำสุญญากาศที่ใช้มอเตอร์ในการหมุนใบพัด นำอากาศภายในท่อออกมา เพื่อให้ยกระดับน้ำใน Vacuum Chamberภายในถัง Clarifier และเมื่อน้ำภายในถูกยกขึ้นมาจนได้ระดับเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber จะหยุดทำงานและน้ำภายในจะตกลงไปกระแทก ตะกอนที่อยู่ด้านล่างให้ฟุ้งขึ้นมา แล้วตะกอนจะตกไปยัง Sludge basin ส่วนน้ำดีจะลอยขึ้นด้านบน

เครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber เป็นเครื่องที่มีความสำคัญต่อระบบผลิตน้ำประปา ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber มีการทำงานตลอดเวลา ทำให้ตลับลูกปืนเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber เกิดการรับแรงอยู่ตลอด ส่งผลให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนสั้นลงกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการนำตลับลูกปืนที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน (ต่างยี่ห้อ) มาเปรียบเทียบคุณสมบัติ และความคุ้มค่าในการเลือกใช้งาน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเลือกตลับลูกปืนที่เหมาะสมในเชิงปฏิบัติและทฤษฎีกับเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber

1.2.2 คำนวณอายุการใช้งานตลับลูกปืน ที่ใช้ในเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber

1.3 ขอบเขตความสามารถโครงการ

1.3.1 การพยากรณ์อายุการใช้งานตลับลูกปืนเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber

1.3.2 การเปรียบเทียบความคุ้มค่า ในการเลือกใช้ตลับลูกปืน

1.3.3 กำหนดให้ตลับลูกปืนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเท่ากัน ค่ารับแรงทางพลวัต (C) ต่างกันมาเปรียบเทียบกัน

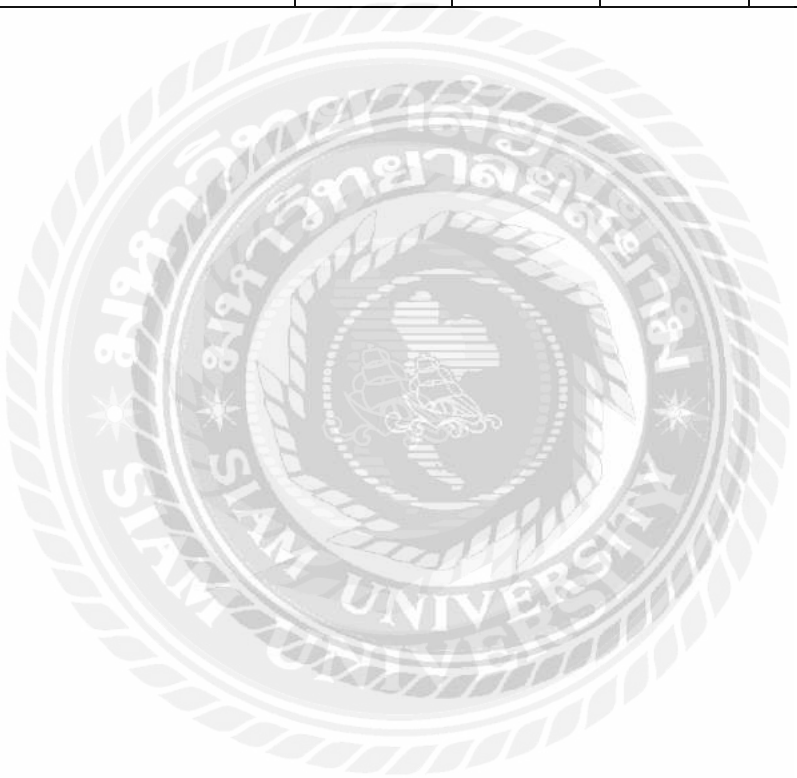
1.4 ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ในการเลือกใช้ตลับลูกปืน ให้เกิดความเหมาะสมและประโยชน์สูงสุด

1.5 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มิ.ย 64	ก.ค. 64	ส.ค 64	ก.ย 64
ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง	◄——►			
ตั้งหัวข้อของโครงการ	◄——►			
รวบรวมข้อมูล	◄——►			
พัฒนาโครงการ		◄——►		
ทดสอบระบบ		◄——►		
จัดทำเอกสาร			◄——►	

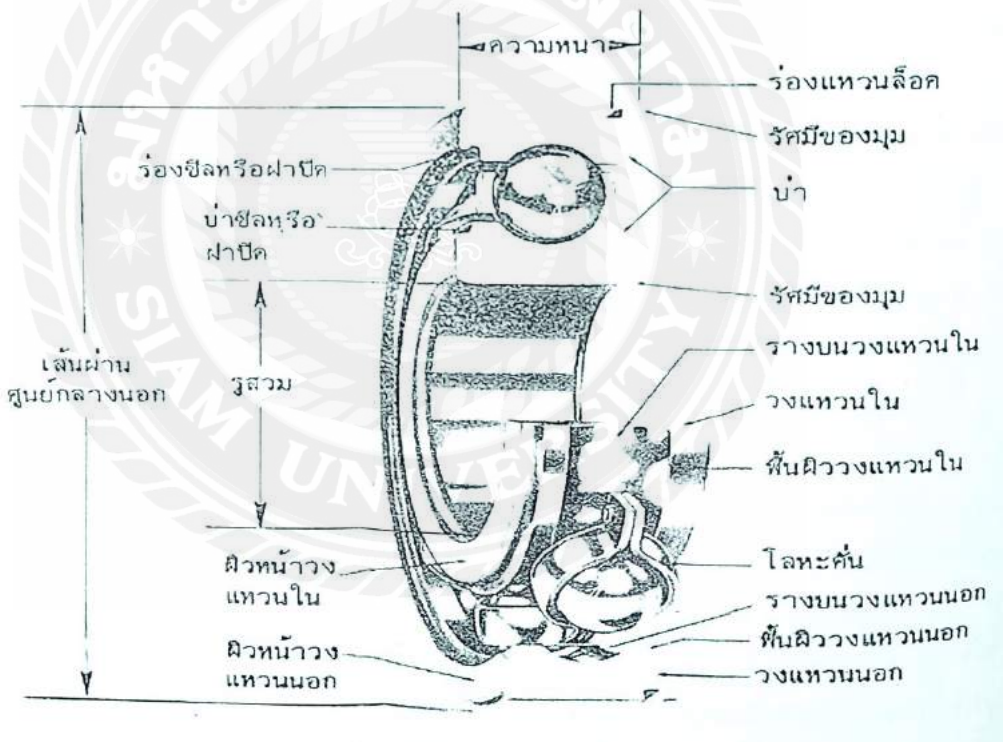


บทที่ 2
การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับโรลลิ่งตลับลูกปืน

โรลลิ่งตลับลูกปืน คือตลับลูกปืนชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของตลับลูกปืนที่มีลักษณะ เป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน เนื่องจากตลับลูกปืนชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรมว่า แอ็นทิฟริคชั่นตลับลูกปืน ตัวอย่างเช่นบอลตลับลูกปืนหรือตลับลูกปืน ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนหนึ่ง แล้วส่งแรงผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน



รูปที่ 2.1 ส่วนต่างๆของ บอลตลับลูกปืน

ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกใช้โรลลิ่งตลับลูกปืน ผู้ออกแบบควรที่จะพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสีย เมื่อเปรียบเทียบกับเจอร์นัลตลับลูกปืนดังต่อไปนี้

ข้อดีของโรลลิ่งตลับลูกปืนเมื่อเทียบกับเจอร์นัลตลับลูกปืน

1. มีความเสียดทานขณะสตาร์ทเครื่องน้อย จึงเหมาะสมสำหรับเครื่องจักรกลที่มีการเดินเครื่องและหยุดเครื่องบ่อยครั้ง

2. ง่ายต่อการหล่อลื่นและดูแลรักษา โดยเฉพาะชนิดที่อัดด้วยไขข้น หรือจาระบีมาจากโรงงานด้วยแล้ว เกือบจะไม่ต้องดูแลเกี่ยวกับการหล่อลื่นอีกเลย

3. ใช้ปริมาณสารหล่อลื่นน้อย

4. ใช้เนื้อที่ทางด้านแกนน้อย

5. สามารถรับแรงรุน และแรงในแนวรัศมีได้พร้อมกัน ยกเว้นโรลลิ่งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงสำหรับเจอร์นัลตลับลูกปืนรับแรงได้เฉพาะแนวรัศมีเท่านั้น

6. สามารถที่จะทราบได้ว่าตลับลูกปืนกำลังจะเสีย โดยสังเกตจากเสียงที่เปลี่ยนไป

7. มีเคลียรันซ์ น้อยมาก จึงเหมาะที่จะใช้กับเครื่องจักกลที่ต้องการความละเอียดแม่นยำในการทำงาน เช่น เฟืองและลูกเบี้ยวเป็นต้น

8. สามารถใช้รองรับเพลาในตำแหน่งใดๆได้ เช่น ใช้รองรับเพลาซึ่งวางเรียงเป็นมุมกับแนวระดับเป็นต้น

9. ติดตั้งง่าย

ข้อเสียของโรลลิ่งตลับลูกปืนเปรียบเทียบกับเจอร์นัลตลับลูกปืน

1. ใช้เนื้อที่ทางด้านรัศมีมากกว่า

2. ราคาแพงกว่า

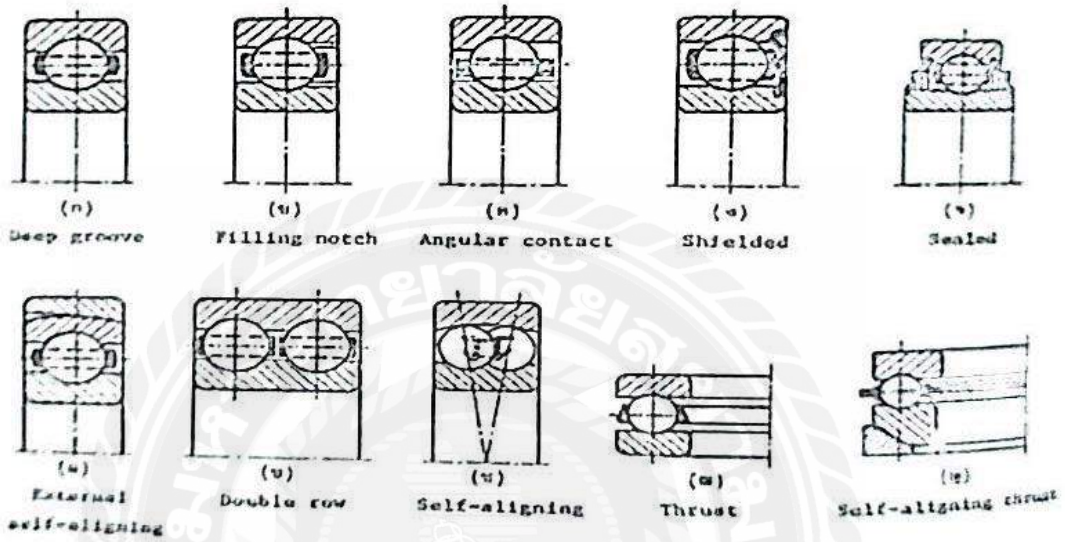
3. ขณะทำงานจะมีเสียงดัง เนื่องจากมีการสัมผัสของผิวลูกกลิ้งและวงแหวนบ้างในบางขณะ

4. อายุการใช้งานสั้นกว่า อันเนื่องมาจากความเค้นที่เกิดขึ้นมีค่าสูง และกระทำซ้ำกันจึงทำให้วัตถุเกิดความล้า

5. เมื่อมีแรงกระแทกทำให้อายุการใช้งานลดลงได้มาก

2.1.2 ชนิดของตลับลูกปืน

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งตลับลูกปืนจะแบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ๆ คือ บอลตลับลูกปืนซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นทรงกลม และโรลเลอร์ตลับลูกปืน ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นทรงกระบอกตรง หรือเป็นรูปทรงกระบอกเรียวก็ได้ ตลับลูกปืนทั้ง 2 พวกนี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่างๆ ดังที่แสดงไว้ในรูป 2.2 และ 2.3 ซึ่งจะกล่าวถึงคุณลักษณะตลับลูกปืนชนิดต่างๆโดยสังเขป



รูปที่ 2.2 บอลตลับลูกปืนชนิดต่างๆ

บอลตลับลูกปืนชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก เป็นตลับลูกปืนชนิดที่มีการใช้งานมากสุด ประกอบด้วยร่อง เป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม ดังรูป 2.2 (ก) สามารถรับแรงได้ทั้งในแนวรัศมีและแนวแกน (แรงรุน) อัตราส่วนของแรงในแนวแกนต่อแรงในแนวรัศมีที่รับได้ประมาณ 0.70 และสามารถรับการเยื้องแนวของเพลาได้ประมาณ$\pm 0°15'$ เมื่อต้องการเพิ่มความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีขึ้นไปอีก ก็อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนลูกกลิ้งที่บรรจุในรางให้มากขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องตัดผิวหน้าวงแหวนด้านหนึ่งให้มีช่องสำหรับใส่ลูกกลิ้งเพิ่มดังรูป 2.2 (ข)

สำหรับตลับลูกปืนชนิดนี้และตลับลูกปืนที่จะกล่าวต่อไป ก็ยังมีการใช้แผ่นโลหะปิดไว้ระหว่างช่องแหวนเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกรวมทั้งช่วยรักษาปริมาณของไขข้นไม่ให้รั่วไหลออกมาจากตลับลูกปืนดังรูป 2.2 (ง)

บอลตลับลูกปืนชนิด Angular Contact ดังรูป 2.2 (ค) เป็นตลับลูกปืนที่ออกแบบสำหรับใช้ในแนวแกนซึ่งมีค่าสูง โยมีมุมสัมผัสต่างกัน เมื่อมุมสัมผัสเพิ่มขึ้น ตลับลูกปืนก็จะสามารถที่จะรับแรงในแนวแกนเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะรับแรงในแนวรัศมีได้น้อยลง

บอลตลับลูกปืนชนิดปรับแนวได้เอง ออกแบบสำหรับใช้ในกรณีที่เพลอาจจะมีการเยื้องแนวเป็นมุมที่ค่อนข้างมาก ดังแสดงในรูป 2.2 (ฉ) และรูป 2.2 (ช) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายในซึ่งอาศัยผิวทรงกลมของวงแหวนนอกในการช่วยปรับมุมได้ถึงประมาณ $\pm 2°30'$ ส่วนตลับลูกปืนในรูป 7.2 (ฉ) เป็นแบบปรับแนวได้เองภายนอก

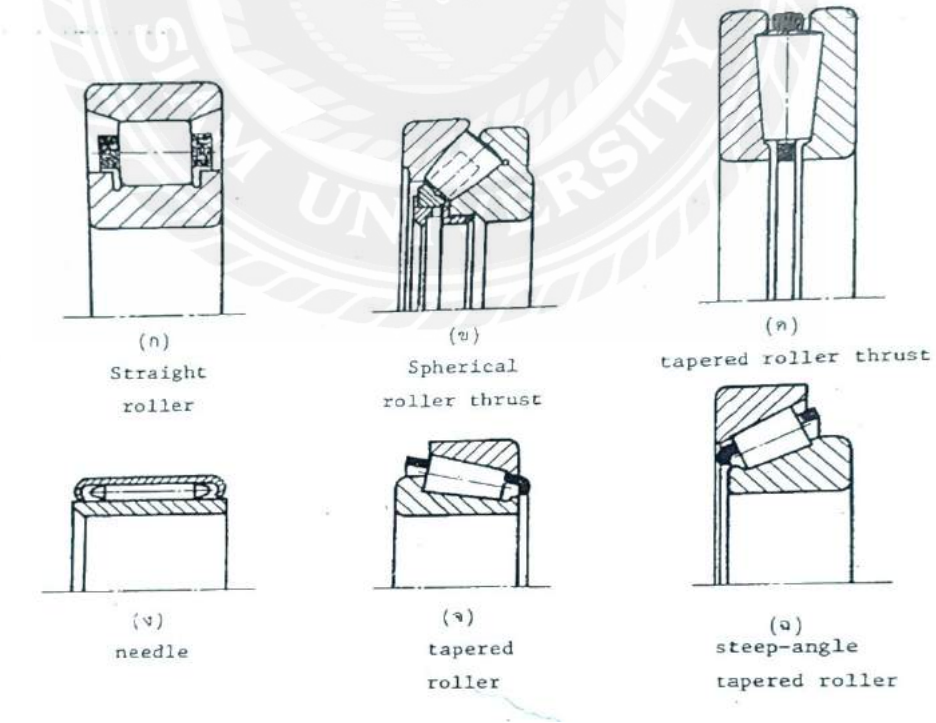
บอลตลับลูกปืนกันรุน ดังรูป 2.2 (ฌ) ออกแบบสำหรับรับแรงในแนวแกนโดยเฉพาะ ถ้ามีแรงในแนวรัศมีอยู่ด้วยแล้วจะต้องใช้ตลับลูกปืนชนิดอื่นช่วยรับแรงนี้ ดังนี้ในกรณีที่มีแรงทั้งสองชนิดอยู่พร้อมกันแล้วก็ควรที่จะเลือกใช้ตลับลูกปืนชนิด Angular Contact

บอลตลับลูกปืนกันรุนปรับแนวได้เอง ดังรูป 2.2 (ญ) ออกแบบสำหรับใช้สำหรับรับแรงในแนวแกน ในกรณีที่เพลาอาจจะมีการเยื้องแนวเกิดขึ้น

Cylindrical หรือ Straight Roller Bearing ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอกกลมตรง ดังรูป 2.3 (ก) โรลเลอร์ตลับลูกปืนแบบนี้รับแรงในแนวรัศมีได้มากกว่าตลับลูกปืน เพราะมีพื้นที่ที่รับแรงมากกว่า แต่ไม่สามารถจะรับแรงในแนวแกนได้ หรือถ้ารับได้ก็ไม่มากนัก

Spherical Roller Thrust Bearing ดังรูป 2.3 (ข) และ Tapered Thrust Bearing ดังรูป 2.3 (ค) มีประโยชน์สำหรับใช้รับแรงในแนวแกนที่มีค่ามาก

นีดึลตลับลูกปืน หรือตลับลูกปืนเข็ม ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ Straight Roller Bearing แต่เหมาะสำหรับใช้ในที่ซึ่งมีเนื้อหาในแนวรัศมีจำกัด ดังรูป 2.3 (ง)



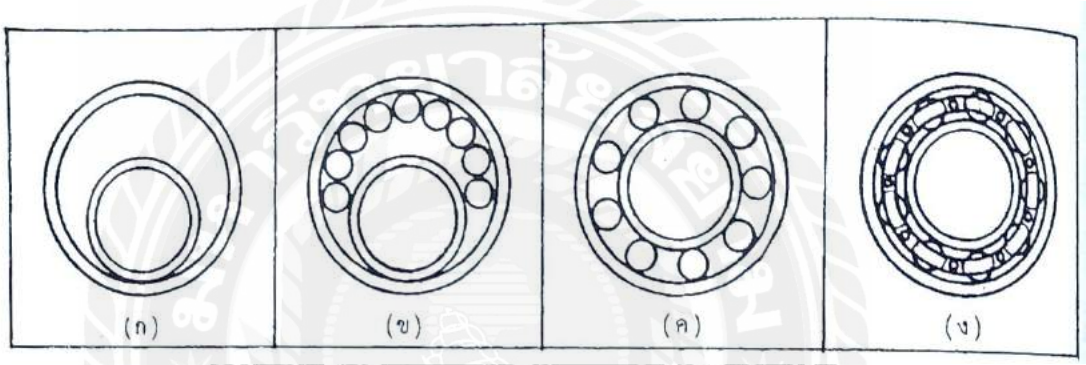
รูปที่ 2.3 โรลเลอร์ตลับลูกปืนชนิดต่างๆ

2.1.3 การบำรุงรักษาตลับลูกปืน

สามารถบำรุงรักษาได้โดยการ เติมจาระบี เพื่อลดการเสียดทานของตัวตลับลูกปืน นอกจากนี้ยังต้องทำความสะอาดจาระบีเก่าที่อยู่ในตลับลูกปืนออก ด้วยการอัดจาระบีใหม่เข้าไปในตลับลูกปืน เพื่อให้จาระบีตัวใหม่ เข้าไปแทนที่จาระบีเก่าที่ค้างอยู่ภายในตลับลูกปืน ในกรณีที่เป็นตลับลูกปืนใหม่ ก็จำเป็นต้องบำรุงรักษาโดยการอัดจาระบีใหม่เข้าไป เพื่อหล่อลื่นและยืดอายุการใช้งาน

การบรรจุลูกกลิ้ง

การบรรจุลูกกลิ้งลงในรางของวงแหวน ทำได้ 4 ขั้นตอนดังรูป 2.5 โดยเริ่มต้นจากการใส่วงแหวนในลงไปในวงแหวนนอก ดังรูป 2.5 (ก) จากนั้นจึงใส่ลูกกลิ้งลงไปในช่องว่าง



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนในการประกอบบอลตลับลูกปืนชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก

2.1.4 ความเสียดทานของโรลลิ่งตลับลูกปืน

ความเสียดทานในโรลลิ่งแบบริ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างลูกกลิ้งและรางบนวงแหวน ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ ความเสียดทานสำหรับตลับลูกปืนบางชนิด ดูได้จากตาราง 2.1

ตาราง 2.1 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

ชนิดของตลับลูกปืน	ขณะเริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
บอลตลับลูกปืน	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
Spherical roller bearing	0.0030	0.1200	0.0018	0.0080
Cylindrical roller bearing	0.0020	-	0.0011	-

ถึงแม้ว่าค่าความเสียดทานนี้จะมีความสำคัญน้อยมากสำหรับงานทั่วไป แต่สมการทางทฤษฎีที่ใช้สำหรับคำนวณหากำลังงานที่สูญเสียไป เนื่องจากความเสียดทาน ซึ่งควรทราบไว้คือ

$$Wp = \frac{2\pi nT}{60} = \frac{\pi f F_r dn}{60}$$

โดยที่ Wp = กำลังงานเป็น W

T = โมเมนต์บิดเนื่องจากความเสียดทานเป็น Nm

n = ความเร็วรอบของเพลา RPM

d = ขนาดรูสวมของตลับลูกปืนเป็น m

Fr = แรงที่กระทำกับตลับลูกปืนในแนวรัศมี เป็น N

Fa = แรงที่กระทำกับตลับลูกปืนในแนวแกน เป็น N

F = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

สำหรับกำลังงานที่มีหน่วยเป็นกำลังม้าซึ่งยังมีการใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย ก็จะคำนวณได้จากสมการ

$$h_p = \frac{T_n}{63000} = \frac{\pi f F_r dn}{60}$$

โดยที่ Fr มีหน่วยเป็น 1b. และ d มีหน่วยเป็น in.

2.1.5 อายุการใช้งาน

ตลับลูกปืนที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่น หรือ ผงต่างๆและไม่อยู่ภายใต้แรงกระทำที่มีค่าสูงมากจนเกินความสามารถที่ตลับลูกปืนจะรับไว้ได้แล้ว ตลับลูกปืนจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุตลับลูกปืนเท่านั้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าตลับลูกปืนที่เสียจะมีเศษผงโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้งและวงแหวนมีค่าน้อย ดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจะมีสูงเข้าใกล้ความเค้นของเฮิร์ช ในขณะที่ลูกกลิ้งหมุนรอบวงแหวน วัสดุส่วนที่รับแรงของตลับลูกปืนตลอดเวลา แต่เนื่องจากค่าความเค้นนี้สูงกว่าขีดจำกัดความทนทานของวัสดุตลับลูกปืน ดังนั้นจึงเกิดการเสียหายขึ้นโดยความล้า ซึ่งแสดงว่า อายุการใช้งานของตลับลูกปืนมีระยะเวลาจำกัด ขึ้นอยู่กับค่าความเค้นที่กระทำ

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

จากสูตรคำนวณข้างต้น สามารถหาอายุการใช้งานตลับลูกปืนได้

L_{10} = ลูกปืนเสียหาย 10 %

n = ความเร็วรอบ หน่วยเป็น rpm

C = ค่ารับแรงทางพลวัต หน่วยเป็น kN

P = Dynamic Bearing Load หน่วยเป็น N

p = ค่าคงที่ของแบริ่ง

2.1.6 อายุการใช้งานโดยสังเขป

ในการเลือกใช้ตลับลูกปืน ผู้ออกแบบเครื่องจักรกลจะต้องทราบว่า แรงที่กระทำต่อตลับลูกปืนมีค่าเท่าใด และอายุการใช้งานตลับลูกปืนควรจะนานเท่าใด ตาราง 2.2 จะแสดงถึงอายุการใช้งานของตลับลูกปืนในเครื่องจักรกลชนิดต่างๆเพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้เลือกใช้ตลับลูกปืน

ตาราง 2.2 แนวทางในการเลือกอายุการใช้งานสำหรับเครื่องจักรกล

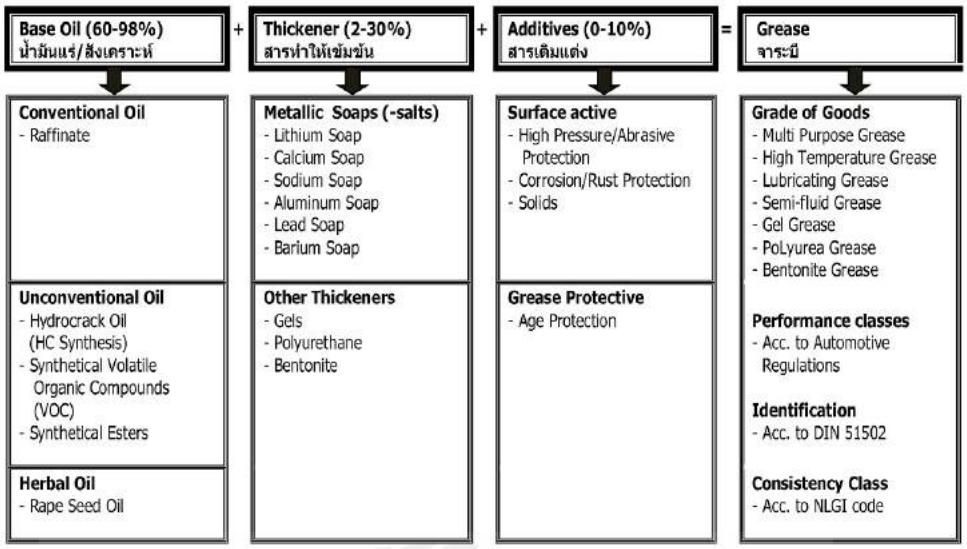
ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงทำงาน
เครื่องมือวัดและเครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่นเครื่องมือสำหรับห้องทดลองอุปกรณ์สำหรับประตูเลื่อน	500
เครื่องยนต์เครื่องบิน	500 – 2,000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานในช่วงเวลาสั้นๆ หรือทำงานเป็นพักๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องมือต่างๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช้มือขับ เครื่องจักรกลการเกษตร ปั้นจั่นที่ใช้ในงานประกอบเครื่องขนถ่าย ปั้นจั่นที่ใช้ในงานหล่อ เครื่องจักรกลที่ใช้ในบ้าน	4,000 – 8,000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพักๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรสำรองของโรงต้นกำลังอุปกรณ์ลำเลียงในสายงานผลิต ลิฟท์ ปั้นจั่นยกสินค้าทั่วไปเครื่องมือกลที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8,000 – 12,000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมงแต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทดสำหรับงานทั่วไป	12,000 – 20,000

เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมงแต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่นเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป วันจันทร์ที่ใช้ยกของตลอดเวลาเครื่องเป่าลมเพลาส่งกำลัง	20,000 – 30,000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่างเช่น เครื่องแยกของ เครื่องอัดอากาศ ปั๊มเพลาส่งกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40,000 – 60,000
เครื่องจักรที่ใช้งานตลอดชั่วโมง และการทำงานมีความสำคัญมากตัวอย่างเช่น เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงไฟฟ้า ปั๊มในเหมืองแร่ สถานีส่งน้ำมันประปา	100,000 – 200,000

ในกรณีที่ตลับลูกปืนต้องทำงานในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงมาก การใช้จาระบีหล่อลื่นแบบฟิล์มของแข็ง จะดีกว่าสารหล่อลื่นที่เป็นของเหลวที่ไม่สามารถทำงานได้ จึงมีการนำของแข็งมาใช้ เช่น แกรไฟต์ หรือโมลิบดินัมไดซัลไฟด์

2.1.7 ข้อมูลเบื้องต้นของจาระบี

จาระบีเป็นสารหล่อลื่นกึ่งแข็งกึ่งเหลว (Semisolid Lubricant) โดยทั่วไปจาระบีจะเป็นสารผสมระหว่างสบู่ (Soap Emulsified) เช่น ลิเธียม อะลูมินัม โซเดียม และแคลเซียม ฯลฯ ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เข้มข้น (Thickener) ผสมกับน้ำมันแร่ (Mineral Oil) เช่น น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันสังเคราะห์ หรือน้ำมันพืช (Vegetable Oil) ทำให้ได้เนื้อจาระบีที่เหนียวและมีโครงสร้างวัสดุเป็นเส้นใย 3 มิติ เป็นเสมือนก้อนฟองน้ำที่อุ้มและชุ่มไปด้วยน้ำมันส่วนสารเติมแต่ง (Additive) เช่น PTFE กราไฟต์ โมลิบดินัมไดซัลไฟด์ (Moly) เติมลงไปเพื่อให้ได้คุณสมบัติพิเศษของจาระบีตามที่ต้องการและช่วยยับยั้งคุณสมบัติที่ไม่ต้องการ



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบทั่วไปทางเคมีของจาระบี

LGHP 2/5 ขนาด 5 กิโลกรัม เป็นจาระบีคุณภาพสูงชนิดพิเศษที่ใช้ในโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ ที่มีส่วนผสมของน้ำมันพื้นฐานชนิดน้ำมันแร่ และไขสบู่ลิเธียม คอมเพล็กซ์ สามารถใช้ได้กับลักษณะงานอุตสาหกรรม และยานยนต์หลายประเภท ทนต่อการเสื่อมสภาพได้ดีเยี่ยม มีเสถียรภาพทางกลสูง หล่อลื่นได้ดีเยี่ยม ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง -40 องศา ถึง 150 องศา

คุณสมบัติ

- อายุการใช้งานยาวนานที่อุณหภูมิใช้งานสูง
- มีช่วงอุณหภูมิในการใช้งานที่กว้าง
- ป้องกันการเกิดสนิมได้ดี
- มาเสถียรภาพทางความร้อนสูง

รูปที่ 2.6 จาระบี LGHP 2/5

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบ Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber

2.2.1 วัตถุประสงค์ของระบบ

ถังตกตะกอนแบบ Vertical Flow Sludge Blanket หรือ Pulsator Clarifier เป็นถังกลม ภายในติดตั้งช่องรับตะกอนส่วนเกิน ท่อกระจายน้ำดิบทางด้านล่างและท่อรับน้ำใสด้านบน โดยถังตกตะกอนแบบมีชั้นตะกอน (Sludge Blanket) นี้ เป็นแบบที่ไม่ ต้องหมุนเวียนตะกอนและต้องรักษาให้มีชั้นตะกอนคงอยู่ตลอดเวลา เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แตกกระจายหรืออัดตัวเกาะกันแน่นบริเวณก้นถัง

น้ำดิบเมื่อจ่ายสารเคมี เพื่อทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์แล้ว จะไหลเข้าบริเวณสร้างแรงดันในช่องบริเวณตรงกลางด้านบนถังหลังจากมีแรงดันน้ำระดับหนึ่งแล้วน้ำจะเกิดการไหลลงด้านล่างด้วยแรงดัน ดังกล่าวเกิดกระบวนการกวนเร็ว (Flash mixing) ขึ้นในบริเวณนี้ และไหลลงด้านล่างถังผ่านช่องเปิดของท่อกระจายน้ำดิบ เริ่มเกิดกระบวนการกวนช้า (Slow mixing) ขึ้นในบริเวณนี้ น้ำดิบจะไหลผ่านชั้นตะกอนเก่าขึ้นไปด้านบน โดยส่วนที่เป็นน้ำใสจะไหลขึ้นด้านบน และเข้าสู่ท่อรับน้ำซึ่งเจาะเป็นรูรับน้ำและไหลเข้าสู่ถังกรองต่อไป

ถังตกตะกอนมีหน้าที่ ทำให้อนุภาคสารแขวนลอยในน้ำซึ่งได้ทำปฏิกริยากับสารเคมีแล้วมีการรวมตัว กันเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและตกลงสู่ข้างล่างหรือส่วนที่เป็นชั้นตะกอนทำให้ส่วนที่ปนน้ำใสแยกออกจาก ตะกอน เพื่อไหลไปยังถังกรองต่อไป

2.2.2 อัตราการผลิตน้ำ

อัตราการผลิตน้ำหน่วยลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ยังไม่มีเอกสารยืนยันว่าค่าสูงสุดที่ สามารถรับได้ต่อ 1 หน่วยถัง สามารถรับได้เท่าไหร่

2.2.3 หลักการทำงานของถัง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber

หลักการทำงานของถังตกตะกอนชนิดนี้ คือเมื่อน้ำดิบผสมกับสารเคมีในท่อน้ำดิบก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน ช่องตรงกลางถังส่วนด้านบน เพื่อสร้างแรงดัน (Pressure Chamber) หลังจากนั้นระบบจะสร้างพลังงาน โดยการใช้ความดันที่เกิดขึ้นจากระดับน้ำที่แตกต่างกันเป็นตัวสร้างแล้วเกิดการกระแทกลงด้านล่างถัง ซึ่งเป็นกระบวนการกวนเร็ว (Flash Mixing) และหลังจากนั้นน้ำจะถูกกระจายออกโดยทรอก้างปลาหรือท่อlateral pipe น้ำจะออกจากรู orifice port ของท่อก้างปลา ทำหน้าที่กระจายน้ำให้ไหลทั่วพื้นที่ของถังน้ำใหม่ทีไหลออกมาจากรู orifice port เล็กๆซึ่งมีการจับรวมตัวกันของอนุภาคคอลลอยด์กับสารเคมีกลายเป็นกลุ่มก้อน ของอนุภาคจะไหลไปชนกระบังสามเหลี่ยมเพื่อลดความเร็วน้ำเป็นกระบวนการกวนช้า (Slow Mixing) เมื่อไหล ผ่านชั้นตะกอนซึ่งมีการเลี้ยงชั้นตะกอนไว้ (Sludge Blanket) ในส่วนล่างของของถังมีลักษณะเป็นชั้นตะกอน เข้มข้น เพื่อให้เกิดการชนสัมผัสกับตะกอนใหม่กับตะกอนเดิม ซึ่งเป็นแนวกันชนไม่ให้

ตะกอนใหม่ไหลขึ้นไป ด้านบน ดังนั้นตะกอนเก่าจึง เปรียบเสมือนเป็นแนวกันชนหรือ Barrier Layer นอกจากนั้นแล้วชั้นตะกอนยังทำหน้าที่เป็นตัวกรองขั้นตอนโดยจะดักจับตะกอนที่เข้ามาใหม่ เมื่อตะกอนใหม่ไม่สามารถขึ้นไปได้ มีผลทำให้เกิด การเร่งให้มีการรวมตัวของตะกอนเพื่อให้ตะกอนตกและมีแรงเกาะกันกลายเป็นกลุ่มตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะมีเพียงน้ำส่วนใสเท่านั้นที่สามารถผ่านไปได้ น้ำส่วนใสนี้ก็จะไหลขึ้น ด้านบนสู่ท่อรับน้ำด้านบนเพื่อไปสู่ถังกรองต่อไป ในขณะเดียวกันตะกอนเก่าบางส่วนจะไหลลนออกมาทางช่องรับตะกอนส่วนเกินก็จะถูกระบายออกจากถังไป

จากกระบวนการทั้งหมดดังกล่าวทำให้กระบวนการเกิดน้ำใส สามารถทำได้เร็วขึ้น ทำให้อนุภาคชนสัมผัสกันได้มากขึ้น มีการเกาะรวมตัวกลายเป็นกลุ่มก้อนตะกอนได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าในน้ำดิบจะมีอนุภาคในปริมาณน้อย ทำให้สามารถรับอัตราการไหลของน้ำได้สูงกว่าถังตกตะกอนโดยทั่วไป

หอสร้างแรงดัน Pressure Chamber ทำงานโดยอาศัยระดับความสูงของน้ำบริเวณถังวงกลมด้านนอก ของหอสร้างแรงดัน น้ำservice water จะดักอากาศในท่อน้ำบริเวณวงกลมด้านในของหอสร้างแรงดัน เมื่อระดับน้ำในท่อน้ำวงกลมด้านนอกสูงขึ้นมาถึงระดับแรงดันที่ตั้งไว้แล้ว ก็จะเกิดแรงดันผลักน้ำในให้ไหลออกไป ทำให้ระดับน้ำถูกผลักให้ลดต่ำลง น้ำก็จะไหลเข้าสู่ท่อด้านล่าง เมื่อระดับน้ำในหอสร้างแรงดันต่ำลงจนถึงระดับ ที่ตั้งไว้ (บริเวณปลายท่อน้ำเข้า) ก็จะเกิดการทำงานในรอบใหม่อีกครั้ง

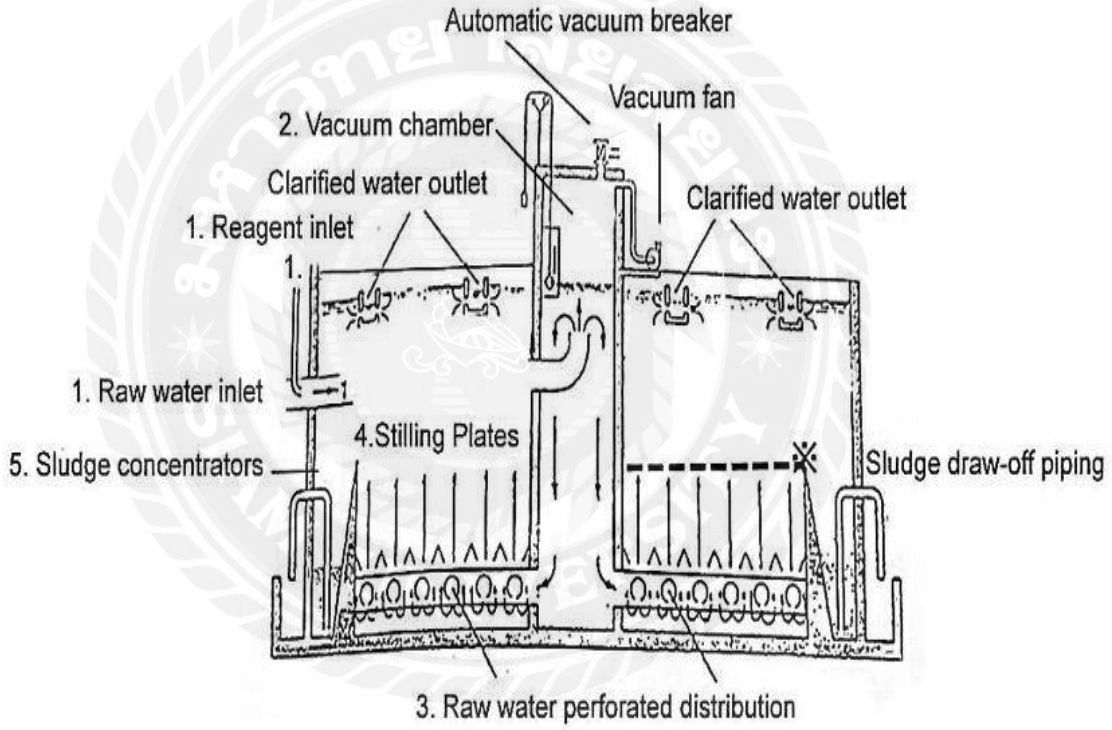
ระยะเวลาที่น้ำดิบไหลเข้าสู่หอสร้างแรงดัน จนกระทั้งถึงระดับที่จะเริ่มกระบวนการสร้างแรงดัน ประมาณ 20 วินาที และระยะเวลาที่น้ำเกิดกระบวนการสร้างแรงดัน ประมาณ 5 – 10 วินาที ระยะเวลา ดังกล่าวนี้สามารถกำหนดได้โดยการปรับวาล์ว และระดับช่องระบายน้ำตรงกลางถัง Pulsator

วัตถุประสงค์ของระบบ Pressure Chamber ที่ทำให้เกิดแรงดันที่ความสูงระดับหนึ่งและปล่อยลงด้านล่าง เพื่อให้น้ำ ไหลต่อไปยังด้านล่างของถังตกตะกอน มีแรงที่จะทำให้เกิด การเคลื่อนไหวของชั้นตะกอนในถัง ทำให้ตะกอนมีการเคลื่อนไหวและมีการระบายตะกอนเก่าออกเป็นการป้องกันไม่ให้มีการสะสมของตะกอนเก่า อันอาจทำให้เกิดการเน่าเสีย ในชั้นตะกอนได้และทำให้ชั้นตะกอนเข้มข้น ใกล้เคียงกันตลอดทั้งชั้น

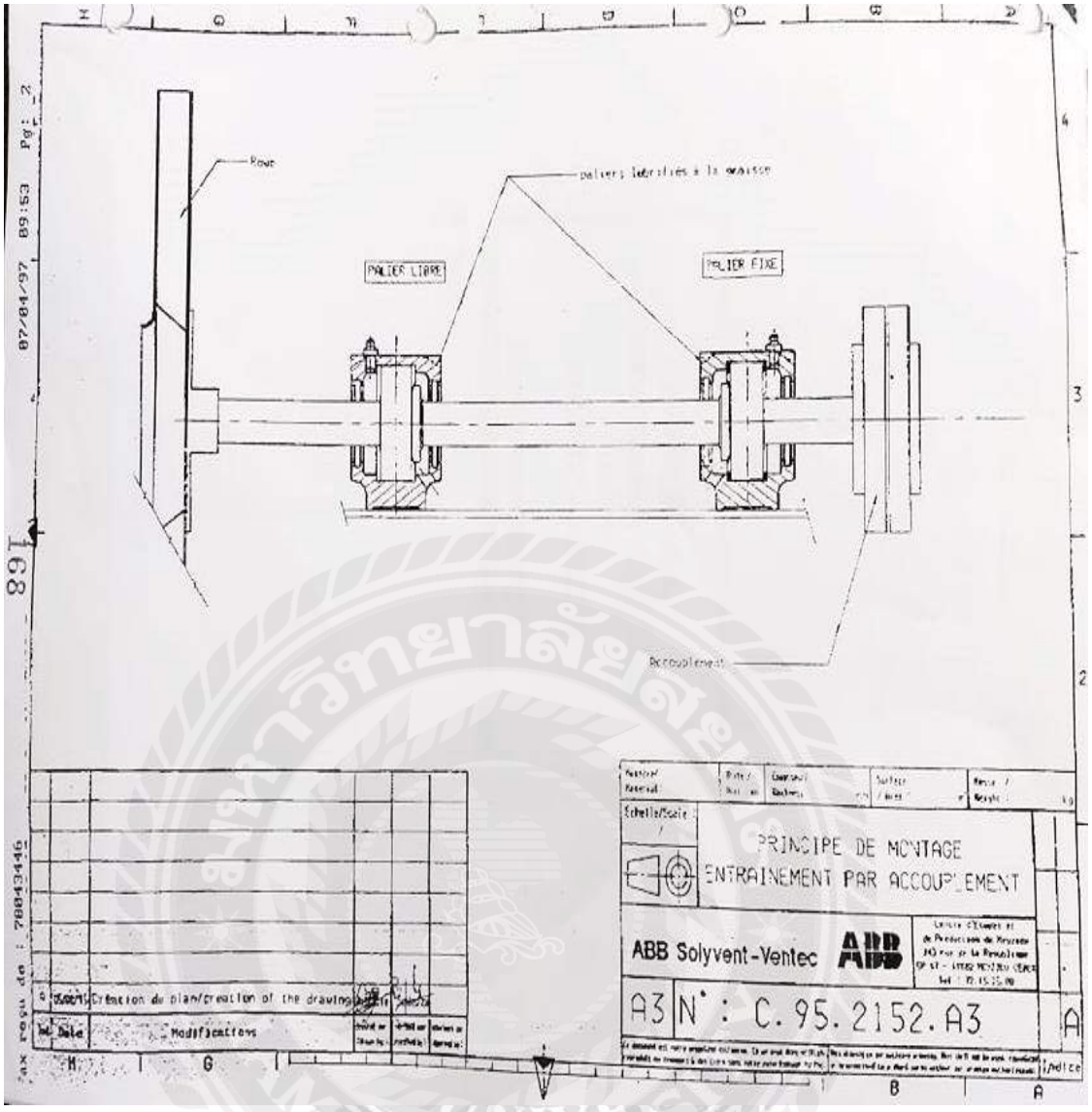
การเริ่มใช้งานถังตกตะกอน จำเป็นต้องมีการสร้างชั้นตะกอนขึ้นมาก่อน ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้อัตราการผลิตไม่เกิน 50 % ของอัตราการผลิตสูงสุด ถ้าใช้กำลังการผลิตสูงกว่านี้จะทำให้ตะกอนไม่มีการรวมตัวกันอยู่ในถังจะหลุดลอยออกไปกับน้ำระยะเวลาการสร้างชั้นตะกอนขึ้นอยู่กับ คุณภาพน้ำดิบและปริมาณสารเคมีที่ใช้ อาจใช้เวลาตั้งแต่ 3 ชั่วโมงขึ้นไป แต่โดยทั่วไปแล้วมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง

ในกรณีที่ต้องหยุดเดินระบบผลิตเกิน 3 วัน จำเป็นต้องระบายตะกอนในถังทิ้งให้หมด เพื่อป้องกันตะกอนเกิดการเน่าเสีย

ระยะเวลาที่น้ำดิบอยู่บริเวณตรงกลางถัง(Flocculation Zone) ประมาณ 20 - 40 นาที โดยทั่วไปใช้ค่า 20 นาที (Integrated design and operation of water treatment facilities,Kawamura) และระยะเวลาของ น้ำที่อยู่บริเวณ Sedimentation Zone ประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง ค่า Surface loading ระหว่าง 2 – 4 เมตร/ชั่วโมง แต่ถ้าต้องการอัตราการผลิตน้ำให้เพิ่มขึ้นโดยใช้ขนาดถังเท่าเดิมสามาใส่ tube หรือ lamellae module ลงไป ในถัง Pulsator จึงเรียกชื่อใหม่ว่า Superpulsator สามารถเพิ่มค่า Surface loading ได้เป็น 4 – 8 เมตร/ ชั่วโมง (Water Treatment Handbook, Degremont Volume 2 , 1991)



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างถังตกตะกอนแบบ Pulsator Clarifier (Pressure Type)



รูปที่ 2.8 ส่วนที่ต้องการศึกษาในเครื่องจักร

2.2.4 หลักการ การสมดุลเพลา

สมดุลเพลาคือ การลดความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงและโมเมนต์ที่กระทำกับเพลา ที่เสียสมดลเพราะว่าแรงและโมเมนต์นี้ ก่อให้เกิดการสั่นขึ้น ซึ่งการสั่นนี้จะทำให้เกิดเสียงและความเค้นขึ้นที่ Bearing ดังนั้นอายุการใช้งานของ Bearing จะสั้นลงหรือเสียหายทันทีถ้าเกิดการสั่นที่รุนแรงมากๆ

ประโยชน์ที่ได้จาการสมดุลเพลาคือ การลดความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงและโมเมนต์ ที่กระทำกับเพลาที่เสียสมดลเพราะว่าแรง และโมเมนต์นี้ก่อให้เกิดการสั่นขึ้น ซึ่งการสั่นนี้จะทำให้เกิดเสียงและความเค้นขึ้นที่ Bearing ดังนั้นอายุการใช้งานของ Bearing จะสั้นลงหรือเสียหายทันที ถ้าเกิดการสั่นที่รุนแรงมากๆ

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติการ

รายละเอียดของงานที่ปฏิบัติ จะกล่าวถึง ชื่อ-ที่ตั้ง ของสถานประกอบการ ลักษณะโดยรวมของสถานประกอบการ รูปแบบการบริหารองค์กร ตำแหน่งงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานโครงการสหกิจ

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์) 169 หมู่ 2 ถนนกาญจนาภิเษก ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัด นนทบุรี 11130

รายละเอียดสถานประกอบการ : เป็นเขตพื้นที่จ่ายน้ำ ที่สามารถให้บริการในพื้นที่หลักทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แก่ ถนนกาญจนาภิเษก (วงแหวนรอบนอก) ตั้งแต่อำเภอบางบัวทอง ไทรน้อย บางใหญ่ บางกรวย นนทบุรี เขตตลิ่งชัน ภาษีเจริญ หนองแขม บางขุนเทียน

โทรศัพท์ : 02-8314400 ต่อ 5870

รูปที่ 3.1 แผนที่ตั้ง การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)

สถานที่ปฏิบัติงาน การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)

รูปที่ 3.2 การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน

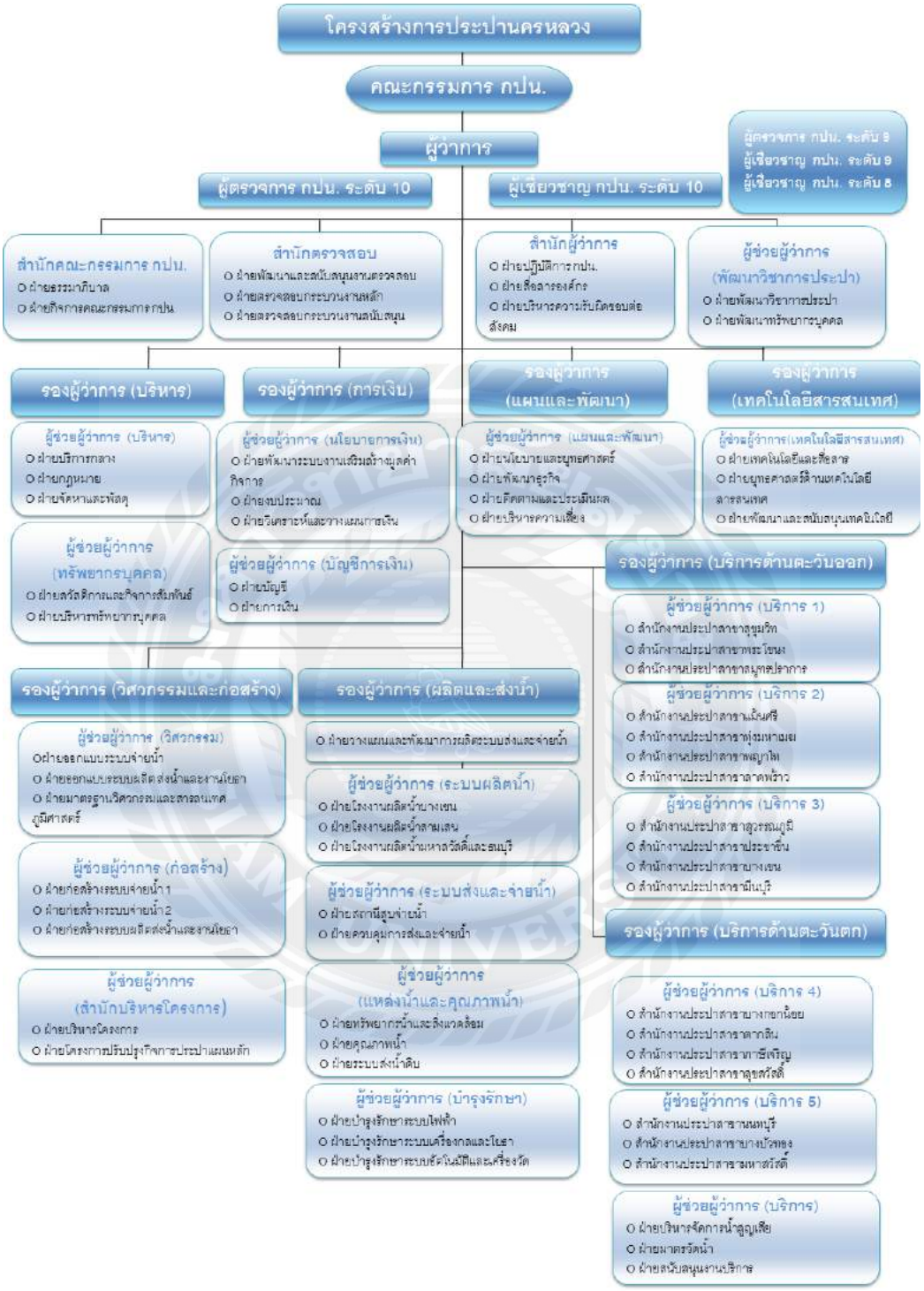
ชื่อโครงการ : การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่องเซนติฟูกอล แฟน แคริไฟล์เออร์แวคคัมแชมเบอร์กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

ที่ตั้ง : 169 หมู่ 2 ถนนกาญจนาภิเษก ตำบลปลายบาง อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130

จุดเด่น : ผลิตน้ำจ่ายตามโรงงานผลิตและบ้านเรือน

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

การประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งงานในการประปานครหลวง (โรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์)

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งงานที่นักศึกษารับผิดชอบ : ควบคุมคุณภาพและสารเคมีภายในน้ำ

ลักษณะงานที่นักศึกษารับผิดชอบ : ซ่อมบำรุงเครื่องจักรในกระบวนการผลิตน้ำประปา

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : อภิกันต์ ปอแก้ว

ตำแหน่ง : วิศวกร 5

แผนก : สคก.2

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน : วันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2564

สิ้นสุดการปฏิบัติงาน : วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2564

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ปรึกษาพนักงานพี่เลี้ยง

สอบถามถึงหัวข้อโครงงานในหัวเรื่องต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรม

3.7.2 ตั้งหัวข้อโครงงาน

หาหัวข้อโครงงาน โดยการปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ในโครงงาน รวมถึงขอคำชี้แนะในการเจอปัญหาในการทำโครงงาน

3.8 กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา

รูปที่ 3.4 Flowchart กรรมวิธีการผลิตน้ำประปา

เริ่มจากสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำดิบเข้าสู่โรงเก็บน้ำดิบ หลังจากนั้นจะทำการผสมสารเคมีเพื่อทำการฆ่าเชื้อ ช่วยในการตกตะกอน ลดความเป็นกรดด่าง ปรับคุณภาพน้ำ จากนั้นน้ำที่ผ่านกระบวนการผสมสารเคมีแล้ว จะไหลไปสู่ Aeration เพื่อกวนสารเคมีและเติมออกซิเจนบางส่วนลงน้ำ จากนั้นน้ำที่ผ่านกระบวนการ Aeration แล้วจะไหลเข้าสู่ถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำดี ซึ่งขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้เครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber เพื่อทำให้เกิดสุญญากาศในห้อง Vacuum Chamber จากนั้นน้ำจะถูกยกระดับขึ้นไปด้านบน เมื่อได้ระดับแล้วจะทำการปล่อยน้ำลงมาด้านล่างให้เกิดการกระแทก ทำให้ตะกอนเกิดการแตกตัว จากนั้นน้ำที่ผ่านการคัดกรองจะไหลไปสู่ถังกรองน้ำ เพื่อกรองตะกอนที่ยังหลงเหลืออยู่ และฆ่าเชื้อบางส่วน (มีการเก็บตัวอย่างน้ำในขั้นตอนนี้) จากนั้นน้ำที่ผ่านการกรองจะถูกเติมสารเคมีอีกครั้ง (กรณีที่น้ำไม่ได้มาตรฐาน) จากนั้นน้ำดีจะไหลเข้าสู่ถังเก็บน้ำใส เพื่อพร้อมกระจายสู่บ้านเรือนและสถานีสูบส่งอื่นๆต่อไป

3.9 อุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

3.9.1 เครื่อง Alignment

3.9.2 บล็อกลม

3.9.3 ชุดบล็อก

3.9.4 ประแจรวม เบอร์ 13 , 17

3.9.5 จาระบี

3.9.6 เบนซิน

3.9.7 แปรงทำความสะอาด

3.9.8 ไขควงปากแบน

3.9.9 ค้อน

3.9.10 อุปกรณ์พิเศษ

3.10 วิธีการดำเนินงานในการเปลี่ยนตลับลูกปืนและจาระบีของเครื่อง Vacuum Fan

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้

ขั้นตอนที่ 2 ถอดฝาครอบกันฝุ่นออกด้วยประแจ , บล็อกลมเบอร์13 จากนั้นใช้ประแจเบอร์17 ขันฝาครอบลูกปืน

รูปที่ 3.5 ถอดฝาครอบชุดเพลา

ขั้นตอนที่ 3 ถอด Grid โดยการใช้ไขควง และค้อนเพื่อนำไปล้าง

ขั้นตอนที่ 4 คลายน็อตเบอร์ 13 ที่ยึดรอบใบพัด และใช้บล็อกลมเบอร์24 กับอุปกรณ์พิเศษดูดใบพัดออก

รูปที่ 3.6 ใบพัดของเครื่อง Vacuum fan

ขั้นตอนที่ 5 ยกเพลาออกจากแท่น

รูปที่ 3.7 เพลาที่ยึดมอเตอร์

ขั้นตอนที่ 6 ล้างอุปกรณ์ต่างๆด้วยเบนซิน และแปลงทำความสะอาด

ขั้นตอนที่ 7 ถอดตัวยึดลูกปืนออกด้วยการใช้ไขควงแบนตอกลิ่มล๊อคลูกปืน

รูปที่ 3.8 เปลี่ยนลูกปืน

ขั้นตอนที่ 8 อัดจาระบีลูกปืนให้เต็ม

รูปที่ 3.9 อัดจาระบีลูกปืน

ขั้นตอนที่ 9 ประกอบลูกปืนใส่เพลาเหมือนเดิม

รูปที่ 3.10 ประกอบลูกปืน

ขั้นตอนที่ 10 ประกอบเพลา และลูกปืนให้เข้าที่พร้อมขันน๊อตยึดฝาครอบลูกปืน

ขั้นตอนที่ 11 ตั้ง Alignment

รูปที่ 3.11 ตั้งศูนย์กลางเพลา

ขั้นตอนที่ 12 ถ้าไม่ได้จุดกึ่งกลางต้องรองแผ่นชิมที่มอเตอร์

รูปที่ 3.12 การรองแผ่นชิม

ขั้นตอนที่ 13 ประกอบฝาครอบกันฝุ่นลูกปืน

รูปที่ 3.13 ประกอบฝาครอบกันฝุ่น

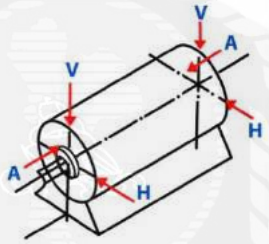
3.11 ตารางการวัดค่าVibration และAlignmentจากสถานฝึกสหกิจ

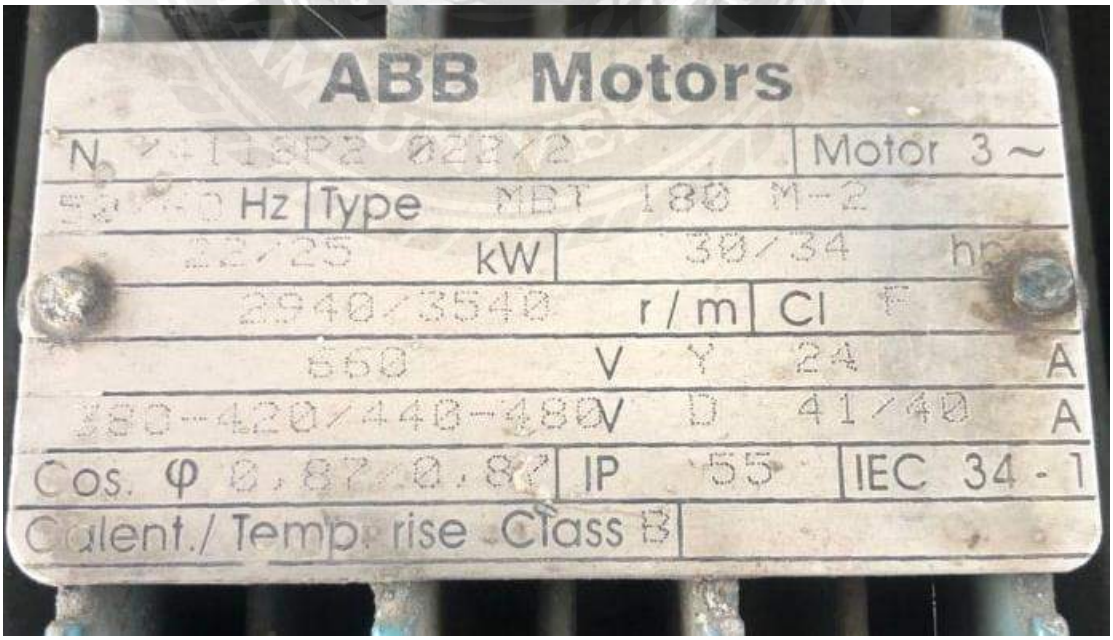
ตารางที่ 3.1 ค่า Vibration ที่วัดได้ (mm)

ว / ด / ป	H – H(แนวนอน)	V – V (แนวตั้ง)	A – A (แนวแกน)
14 / 9 / 63	2.12	2.66	2.26
8 / 12 / 63	2.15	3.74	2.29
3 / 3 / 64	2.19	2.11	3.40
7 / 6 / 64	2.43	4.29	2.95
22 / 9 / 64	2.56	3.84	3.12

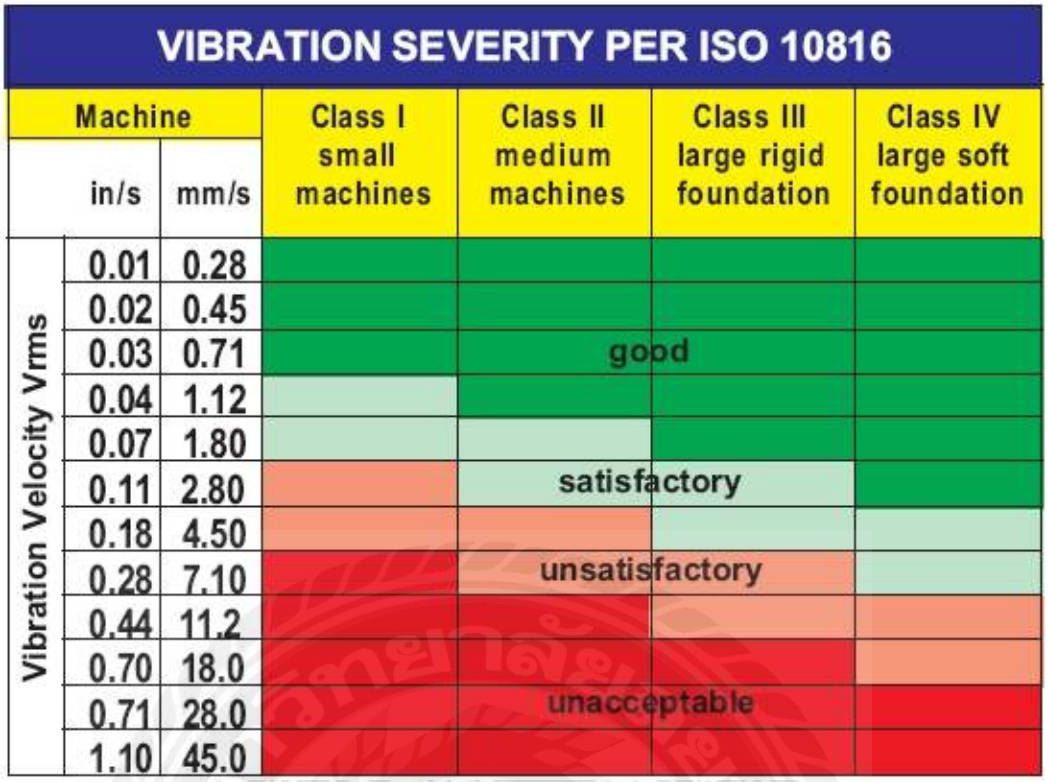
ผลการวัดความสั่นสะเทือนคือ ปกติ

ค่าที่สามารถยอมรับได้ไม่เกิน 7.1 mm/s





รูปที่ 3.14 ข้อมูลของมอเตอร์



รูปที่ 3.15 ค่ามาตรฐานในการวัดความสั่นสะเทือน

ตารางที่ 3.2 ค่า Alignment ที่วัดได้ (mm)

ว / ด / ป	Angular		Offset	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
14 / 9 / 63	0.01	-0.01	0.02	0.02
8 / 12 / 63	0.02	0.03	-0.03	-0.05
3 / 3 / 64	0.02	0.02	-0.04	-0.04
7 / 6 / 64	0.03	0.01	0.01	-0.01
22 / 9 / 64	0.04	0.03	0.02	0.01

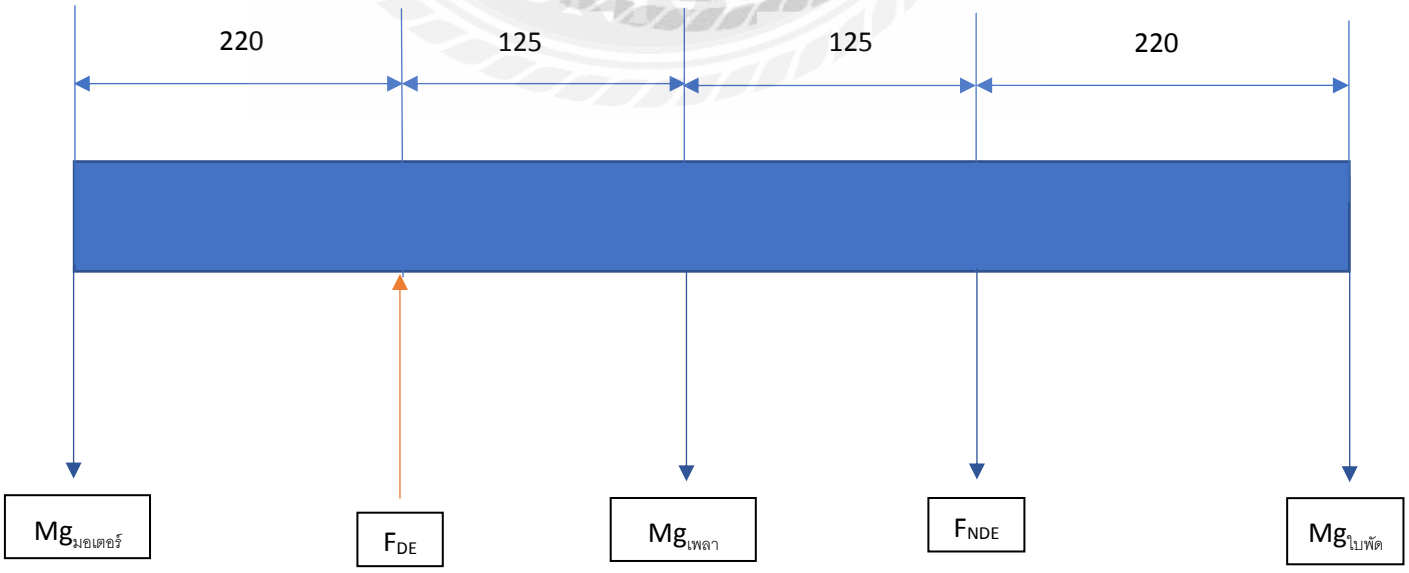
ค่าที่สามารถยอมรับได้ 0.05 mm.

3.12 ขั้นตอนการคำนวณ

การหาค่า Dynamic Bearing Load สูงสุดที่กระทำต่อตลับลูกปืน ของ Centrifugal Fan (Ball Bearing)

รูปที่ 3.16 เครื่อง Centrifugal Fan

Free Body Diagram



จากข้อมูล : น้ำหนักเพลา 10 kg (98.1 N)

น้ำหนักใบพัด 30 kg (294.3 N)

น้ำหนักมอเตอร์ 195 kg (1912.95 N)

ระยะความยาวมีหน่วยเป็น mm

จากสมการ

$$\sum F = 0$$

จะได้ว่า

$$F_{DE} - F_{NDE} = Mg_{\text{มอเตอร์}} + Mg_{\text{เพลา}} + Mg_{\text{ใบพัด}}$$
$$F_{DE} - F_{NDE} = 1912.95 + 98.1 + 294.3$$
$$F_{DE} - F_{NDE} = 2305.35 \text{ N}$$

ดังนั้นใช้จุด F_{NDE}เป็นจุดหมุน

$$\sum M_{NDE} = 0$$

$$(1912.95 \times 470 \times 10^{-3}) + (98.1 \times 125 \times 10^{-3}) = (F_{DE}250 \times 10^{-3})(294.3 \times 220 \times 10^{-3})$$
$$F_{DE} = 3386.412 \text{ N}$$
$$F_{NDE} = 1081.062 \text{ N}$$

จากการคำนวณ พบว่า Dynamic Bearing Load สูงสุดที่กระทำต่อตลับลูกปืน (P) คือ 3386.412 N

3.12.1 คำนวณหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนของ Centrifugal Fan (Ball Bearing) ยี่ห้อ SKF

จากสมการ

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

โดย

ความเร็วรอบการใช้งาน n = 2940 rpm

ค่ารับแรงทางพลวัต (C) ของ SKF 2311K = 76.1 kN

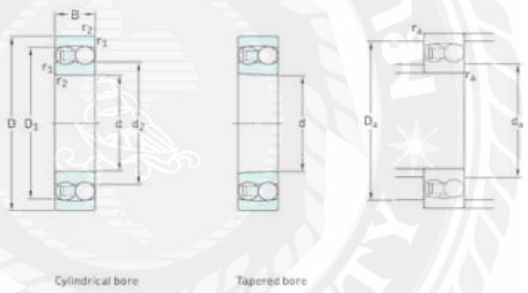
Dynamic Bearing Load (P) = 3386.412 N

p = 3 (Ball Bearing)

จากสมการข้างต้นจะได้ L_{10} = 64,333 ชั่วโมง

ราคา 2,600 บาท

คิดเป็น 0.040 บาท/ชั่วโมง



Self-aligning ball bearings 2311K

Bearing number : 2311K

Size (mm) : 55x120x43

Brand : SKF

Bore Diameter (mm) : 55

Outer Diameter (mm) : 120

Width (mm) : 43

Bearing dimensions and specification in SKF catalogue:

d - 55 mm

D - 120 mm

B - 43 mm

C - 43 mm

d2 - 72 mm

รูปที่ 3.17 ข้อมูลของตลับลูกปืน SKF

3.12.2 คำนวณหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนของ Centrifugal Fan (Ball Bearing) ยี่ห้อ NKE

จากสมการ

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

โดย

ความเร็วรอบการใช้งาน n = 2940 rpm

ค่ารับแรงทางพลวัต (C) ของ NKE 2311K = 75 kN

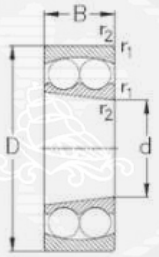
Dynamic Bearing Load (P) = 3386.412 N

p = 3 (Ball Bearing)

จากสมการข้างต้นจะได้ L_{10} = 61,583 ชั่วโมง

ราคา 3,070 บาท

คิดเป็น 0.049 บาท/ชั่วโมง



Self-aligning ball bearings 2311-K

Bearing number : 2311-K

Size (mm) : 55x120x43

Brand : NKE

Bore Diameter (mm) : 55

Outer Diameter (mm) : 120

Width (mm) : 43

Bearing dimensions and specification in NKE catalogue:

d - 55 mm

D - 120 mm

B - 43 mm

C - 43 mm

รูปที่ 3.18 ข้อมูลของตลับลูกปืน NKE

3.12.3 คำนวณหาค่าอายุการใช้งานของตลับลูกปืนของ Centrifugal Fan (Ball Bearing) ยี่ห้อ FAG

จากสมการ

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

โดย

ความเร็วรอบการใช้งาน n = 2940 rpm

ค่ารับแรงทางพลวัต (C) ของ FAG 2311K-TVH-C3 = 77 kN

Dynamic Bearing Load (P) = 3386.412 N

p = 3 (Ball Bearing)

จากสมการข้างต้นจะได้ L_{10} = 66,642 ชั่วโมง

ราคา 2,210 บาท

คิดเป็น 0.033 บาท/ชั่วโมง

Self-aligning ball bearings 2311-K-TVH-C3

Bearing number : 2311-K-TVH-C3

Size (mm) : 55x120x43

Brand : FAG

Bore Diameter (mm) : 55

Outer Diameter (mm) : 120

Width (mm) : 43

Bearing dimensions and specification in FAG catalogue:

d - 55 mm

D - 120 mm

B - 43 mm

D_1 - 100,7 mm

$D_{a\ max}$ - 109 mm

d_1 - 71,7 mm

$d_{a\ min}$ - 66 mm

$r_{a\ max}$ - 2 mm

r_{min} - 2 mm

m - 2,02 kg / Weight

C_r - 77000 N / Dynamic load rating (radial)

รูปที่ 3.19 ข้อมูลของตลับลูกปืน FAG

บทที่ 4
ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 ผลการวิเคราะห์ตลับลูกปืน 2311K

จากการวิเคราะห์ข้างต้น สามารถคำนวณหาอายุตลับลูกปืนที่ใช้ในเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber ทั้ง 3 ยี่ห้อได้ดังนี้

1) SKF มีอายุการใช้งาน 64,333 ชั่วโมง ราคา 2,600 บาท

รูปที่ 4.1 ตลับลูกปืน (SKF)

2) NKE มีอายุการใช้งาน 61,583 ชั่วโมง ราคา 3,070 บาท

รูปที่ 4.2 ตลับลูกปืน (NKE)

3) FAG มีอายุการใช้งาน 66,642 ชั่วโมง ราคา 2,210 บาท

รูปที่ 4.3 ตลับลูกปืน (FAG)

จะเห็นได้ว่าตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG มีอายุการใช้ยาวนานกว่ายี่ห้ออื่น
จะเห็นได้ว่าตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG มีราคาต่ำกว่ายี่ห้ออื่น

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การจัดทำโครงการนี้ขึ้นมาเพื่อการวิเคราะห์อายุการใช้งานของตลับลูกปืน และเลือกตลับลูกปืนให้มีความเหมาะสม และมีความคุ้มค่าในการใช้งาน ดังนั้นคณะผู้จัดจึงได้ทำการวิเคราะห์อายุของตลับลูกปืน เพื่อเสนอทางเลือกในการใช้งานตลับลูกปืนให้เกิดความคุ้มค่าต่อสถานที่ฝึกสหกิจศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางในเลือกตลับลูกปืนที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสม และคุ้มค่า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสรุปได้ดังนี้ ตลับลูกปืนของยี่ห้อ SKF มีราคาอยู่ที่ 0.040 บาท/ชั่วโมง , ตลับลูกปืนของยี่ห้อ NKE มีราคาอยู่ที่ 0.049 บาท/ชั่วโมง , ตลับลูกปืนของยี่ห้อ FAG มีราคาอยู่ที่ 0.033 บาท/ชั่วโมง

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเสนอให้เลือกใช้งานตลับลูกปืนยี่ห้อ FAG เพราะมีอาบุการใช้งานเทียบกับราคาคุ้มค่าที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

สามารถนำไปใช้กับตลับลูกปืนรุ่นอื่น และยี่ห้อต่างๆ ในการเลือกใช้งานตลับลูกปืนกับเครื่องจักรแต่ละชนิดได้ และสามารถนำการวิเคราะห์นี้ไปใช้ในสถานประกอบการอื่นได้

บรรณานุกรม

ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย. (2560). *เอกสารประกอบการสอนการออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสยาม

บริษัท AOBOTE Bearing. (2564). *ข้อมูลของตลับลูกปืน*. เข้าถึงได้จาก https://www.bearing-dealers.com/

พรศักดิ์ สมรไกรสรกิจ. (2564). *Pulsator Clarifier*. เข้าถึงได้จาก https://www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=572

วีระศักดิ์ พิรักษา. (2564). *ข้อพิจารณาในการเลือกจาระบีหล่อลื่นแบริ่งมอเตอร์ไฟฟ้า*. เข้าถึงได้จาก www.thailandindustry.com

สำนักงานประปาสาขามหาสวัสดิ์. (2564). *ตำแหน่งและที่ตั้ง*. เข้าถึงได้จาก https://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=12409&filename=

ReadGur. (2564). *การสมดุลเพลา* . เข้าถึงได้จาก https://readgur.com/doc/2350153

ภาคผนวก

การติดตั้งเครื่อง Vibration และ เครื่อง Alignment

ขั้นตอนการติดตั้ง vibration

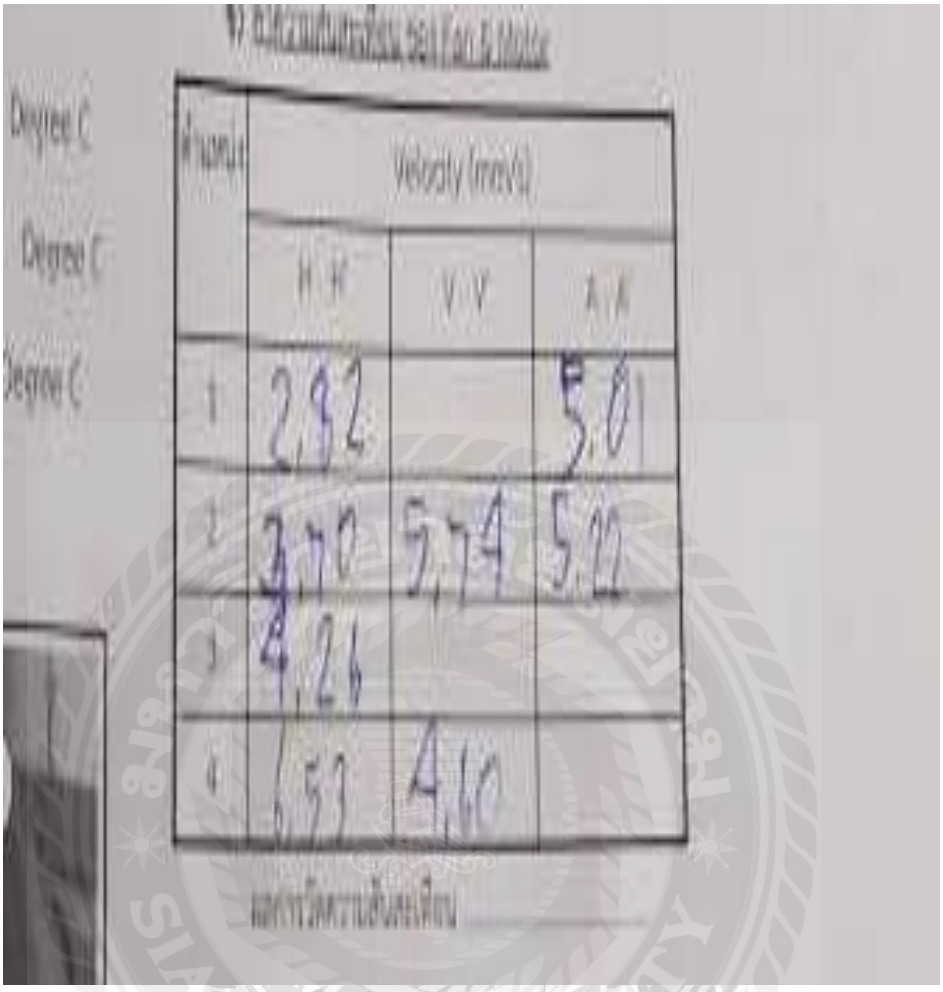
1. เปิดเครื่องวัด vibration
2. เลือกรายการข้อมูลตามรหัสของเครื่อง vacuum fan
3. ใช้หัววัด(probe) ไปวัดตามแนวแกนที่เครื่องวัดกำหนด

รูปที่ 1 แกน Horizontal

รูปที่ 2 แกน Vertical

รูปที่ 3 แกน Axial

4.ทำการจดบันทึกค่าที่วัดได้



รูปที่ 4 การจดบันทึกค่าที่วัดได้

ติดตั้ง alignment

1.ติดตั้งเซนเซอร์ตัวรับ-ตัวส่งบนเพลาโดยการคล้องโซ่

รูปที่ 5 ตัวส่งสัญญาณ

รูปที่ 6 ตัวรับสัญญาณ

2. เปิดเครื่อง

รูปที่ 7 อุปกรณ์อ่านค่า

3. ตั้งcenter ของตัวรับ-ส่งสัญญาณ

4. ใส่ค่า diameter ต่างๆตามที่เครื่องกำหนด

5. เปิดฝาครอบเลนส์เพื่อรับเซนเซอร์

6. ตั้งcenterของตัวเซนเซอร์อีกครั้ง

7. หมุนเพลาเพื่อให้ตัวเครื่องบันทึกค่าโดยให้หมุนให้ได้องศามากที่สุดเพื่อความแม่นยำ

8. กดปุ่มเพื่อดูผลการวัดที่เครื่องวัดได้

รูปที่ 8 หน้าจอแสดงสถานะ

9. เมื่อค่าที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงทำการถอดเก็บอุปกรณ์

รูปที่ 9 เครื่อง Alignment

หากค่าที่วัดไม่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต้องทำการปรับตั้งโดยการรองแผ่นชิมใต้ฐานของมอเตอร์ ตามค่าที่หน้าแสดงผลอยู่บนจอ ให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้คือไม่เกิน 5 ไมครอน

ตารางการตรวจสอบเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber ตามระยะ

	รายการ	PM Type					
		☐ 3 M		☐ 6 M		☐ 2 Y	
		ปกติ	ไม่ปกติ	ปกติ	ไม่ปกติ	ปกติ	ไม่ปกติ
1	ตรวจสอบความเรียบร้อย						
2	ฟังเสียงและตรวจสอบความผิดปกติขณะทำงาน						
3	ตรวจสอบการรั่วไหลของสารหล่อลื่น						
4	วัดค่าอุณหภูมิของ Bearing						
5	วัดค่าความสั่นสะเทือน						
6	ทำความสะอาด และเก็บเศษวัสดุออกจากบริเวณที่ทำงาน						
7	ตรวจสอบการคลายตัวของ Bolt Nut	[redacted]					
8	ล้างและเปลี่ยนจาระบี Coupling , Bearing						
9	ตรวจสอบ Alignment						
10	เปลี่ยนBearingชุดพัดลม	[redacted]					

ประวัติผู้จัดทำ

รหัสนักศึกษา	6103100002
ชื่อ-นามสกุล	นาย พรพิพัฒน์ ประทอง
อีเมล์	khema103145@gmail.com
เบอร์โทรศัพท์	082-097-6204
สาขา	วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่	86/1 หมู่ 3 ตำบล บางขุนกอง อำเภอ บางกรวย จังหวัด นนทบุรี 11130
ผลงาน	การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	ป.1-ป.6 โรงเรียน วัดบางไกรนอก
มัธยมศึกษา	ม.1-ม.3 โรงเรียน วัดเขมาภิรตาราม
ป.ว.ช	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ป.ว.ส	วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
ปริญญาตรี	มหาลัยสยาม คณะ วิศวกรรมเครื่องกล 3 ปี

ประวัติผู้จัดทำ

รหัสนักศึกษา	6203100001
ชื่อ-นามสกุล	นาย ธนดล ประกาศธรรมกุล
อีเมล์	kerk.tanadon32138@gmail.com
เบอร์โทรศัพท์	083-012-4741
สาขา	วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่	67/152 หมู่ 10 ซ.เอกชัย10/1 แขวงบางขุนเทียน เขตจอมทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10150
ผลงาน	การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา ป.1-ป.6 โรงเรียนแม่พระประจักษ์

มัธยมศึกษา ม.1-ม.3 โรงเรียนมัธยมวัดราชโอรส

ป.ว.ช วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ป.ว.ส วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ปริญญาตรี มหาลัยสยาม คณะ วิศวกรรมเครื่องกล 3 ปี

ประวัติผู้จัดทำ

รหัสนักศึกษา	6204100004
ชื่อ-นามสกุล	นาย ปาล งามพร้อม
อีเมล์	palimc08@gmail.com
เบอร์โทรศัพท์	085-168-3442
สาขา	วิศวกรรมศาสตร์
ที่อยู่	94 ถ.พระราม4 แขวงตลาดน้อย เขตสัมพันธวงศ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10100
ผลงาน	การวิเคราะห์และเลือกตลับลูกปืนสำหรับเครื่อง Centrifugal Fan Clarifier Vacuum Chamber กรณีศึกษาโรงผลิตน้ำมหาสวัสดิ์
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา ป.1-ป.6 โรงเรียนโรงเรียนเตรียมบัณฑิต มัธยมศึกษา ม.1-ม.6 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย รังสิต ปริญญาตรี มหาลัยสยาม คณะ วิศวกรรมเครื่องกล 4 ปี