ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

ปริญญา

วิศวกรรมเครื่องกล | วิศวกรรมเครื่องกล

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

The Development of Latex Separator's Filter Cleaner

นามผู้วิจัย นายอรรถพล ชัยมนัสกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชัย ศิวะโกศิษฐ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** .... **พ.ศ.** ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

The Development of Latex Separator’s Filter Cleaner

โดย

นายอรรถพล ชัยมนัสกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรรถพล ชัยมนัสกุล 2553: การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ, Ph.D. 77 หน้า

การผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่นเป็นวิธีการผลิตน้ำยางข้นที่ใช้อยู่อย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ จุดอ่อนหนึ่งของการผลิตด้วยวิธีการนี้คือจะต้องมีการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องปั่นความเร็วสูงอยู่เป็นประจำ ซึ่งโดยปกติจะต้องทำความสะอาดทุก 2-3 ชั่วโมงหลังการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบัน การทำความสะอาดดังกล่าวใช้แรงงานคนเป็นหลัก เริ่มตั้งแต่การถอดกรวยกรองน้ำยางข้นออกจากเครื่อง นำกรวยมาล้างและนำกลับไปประกอบเข้ากับเครื่องใหม่

ขั้นตอนการล้างดังกล่าวเป็นปัญหาและอุปสรรคแก่โรงงาน ทั้งในด้านของกำลังคน ประสิทธิภาพการผลิตน้ำยางข้น และคุณภาพของน้ำยางข้นที่ผลิตได้ เนื่องจากความสะอาดของกรวยกรองน้ำยางข้นมีผลต่อคุณภาพของน้ำยางข้นที่ผลิตได้โดยตรง รวมถึงสภาพแวดล้อมในการทำงานของพนักงานทำความสะอาดที่จะต้องอยู่ในบริเวณที่มีสารระเหยแอมโมเนียและสัมผัสกับน้ำอยู่ตลอดเวลา ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดลดลง

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น เพื่ออำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาด โดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรมในการออกแบบเครื่องจักรให้มีรูปแบบที่ไม่ซับซ้อนและสามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย ผู้วิจัยได้ทดลองทำความสะอาดกรวยด้วยวิธีต่างๆเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น รวมถึงการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทดสอบวิธีการดังกล่าว

ผลจากการทดสอบดังกล่าว พบว่า วิธีการที่ดีที่สุดในการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น ได้แก่ การใช้แปรงลูกกลิ้งทำความสะอาดทั้งที่ผิวด้านในและด้านนอก พร้อมกับการใช้น้ำฉีดที่ขนแปรงเพื่อหล่อลื่นผิวพร้อมล้างสิ่งสกปรกออกจากขนแปรงและผิวกรวย ความเร็วรอบแปรงลูกกลิ้งที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 250 ถึง 400 รอบต่อนาที การใช้น้ำแรงดันสูงเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ผิวกรวยกรองน้ำยางข้นสะอาดได้ทั้งหมด

________________ ________________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Attaphon Chaimanutsakun 2010: The Development of Latex Separator's Filter Cleaner. Master of Engineering (Mechanical Engineering), Major Field: Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Kriengkrai Assawamartbunlue, Ph.D. 77 pages.

Concentrated latex is mostly produced by centrifuge method. A disadvantage of this method is that the latex discs need to be cleaned regularly in order to remove latex particles from their surfaces, usually every 2 to 3 hours. Nowadays, the disc cleaning process is based on human labors. The discs are removed from the machine, cleaned and then assembled in the machine.

The above cleaning process causes problems and difficulties for manufacturers in terms of labors, production efficiency and concentrated latex quality. The cleanness of latex discs directly affects the concentrated latex quality and employees have to work in an area where fills with ammonia and water by which the cleaning efficiency reduces.

This research is to develop a latex disc's cleaner in order to facilitate and increase cleaning efficiency based on engineering designs. The cleaner is made of simple mechanics and require low maintenance. Several methods of disc cleaning are proposed and experimented to determine the most suitable cleaning method. A prototype cleaner is constructed and tested its performance.

The results show that the best method to clean the latex filter is to use rolling brushes to clean both inside and outside surfaces associated with the use of water spraying onto the rolling brush to lubricate and clean the rolling brushes and disc surface. The speed of rolling brushes should be between 250 and 400 round per minute. The only use of high pressure water cannot perfectly clean the surface of the latex disc.

____________________________ ____________________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ในฉบับนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ศิวะโกศิษฐ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ดร.กุศล พร้อมมูล อาจารย์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย และ รองศาสตราจารย์ สมพงษ์ พิเชฐภิญโญ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสมรัก มณีคร ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็คซ์กรุ๊ป จำกัด และ คุณ วัชระ หล่อวนาวรรณ ที่ให้ความสนับสนุนในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณ ครูช่าง มาลัย ชูศรีและครูช่างท่านอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือในการสร้างเครื่องทดลองและอำนวยความสะดวกทั้งสถานที่และอุปกรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ชัยมนัสกุล ทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและ ให้กำลังใจ เป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ น้อง นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่ไม่กล่าวถึงอีกหลายท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

อรรถพล ชัยมนัสกุล

เมษายน 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	17
ผล	17
สรุปและข้อเสนอแนะ	38
สรุป	38
ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	41
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก ตารางผนวก	43
ภาคผนวก ข ภาพผนวก	45
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณชิ้นส่วนของเครื่อง	48
ภาคผนวก ง รายละเอียดแบบเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น	65
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	77

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ	4
2	สัดส่วนสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง	7
3	ผลการศึกษาปริมาณคราบน้ำยางที่ติดบนกรวยก่อนทำความสะอาดโดยพนักงาน	22
4	ผลการศึกษาปริมาณคราบน้ำยางที่ติดบนกรวยหลังทำความสะอาดโดยพนักงาน	22
5	ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ	25
6	ผลการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบเครื่องต้นแบบ	27
7	ผลการทดสอบการทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก	35
8	ผลการทดสอบการทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน	36

ตารางผนวกที่

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	การส่งออกสินค้าหมวดเกษตรกรรม (กสิกรรม, ปศุสัตว์, ประมง) ของไทย 10 อันดับแรก ปี 2550	44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ	5
2	ผังการผลิตน้ำยางข้นโดยการปั่น	8
3	กรวยกรองน้ำยางข้น	17
4	แบบจำลองกรวยกรองน้ำยางข้น	18
5	แบบแสดงขนาดกรวยกรองน้ำยางข้น	18
6	แท่นวางชุดกรวยกรองน้ำยางข้น	19
7	โต๊ะล้างทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น	20
8	การทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นโดยพนักงาน	20
9	ผิวกรวยกรองน้ำยางข้นก่อนและหลังทำความสะอาดโดยพนักงาน	21
10	เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น	25
11	ผลการทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น	26
12	การทดสอบทำความสะอาดในกระบะน้ำ	29
13	ชุดแปรงลูกกลิ้งที่ออกแบบ	31
14	ระบบฉีดน้ำทำความสะอาดผิวกรวยด้านในที่ออกแบบ	32
15	ชุดรางประคองที่ได้ออกแบบ	32
16	เครื่องทำควาสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ได้สร้างเสร็จ	33
17	ผลการเทน้ำยางข้นลงบนกรวย	34
18	ผลการทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก	35
19	แบบแสดงเหล็กร่องที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไข	36
20	ผลการทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน	37
21	เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้นแบบ	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข1	ภาพตัดตามยาวของเครื่องปั่นความเร็วสูง	46
ข2	ข้อมูลทางเ ทคนิคแบริ่ง SYJ 25 TF	47
ค1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการับเคลื่อนเพลาส่งกำลังหลัก	60
ค2	แผนภาพโมเมนต์ดัดที่กระทำบนเพลาในระนาบ Y-X	61
ค3	แผนภาพโมเมนต์ดัดที่กระทำบนเพลาในระนาบ Y-Z	62
ง1	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-01	66
ง2	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-02	67
ง3	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-03	68
ง4	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-04	69
ง5	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-05	70
ง6	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-06	71
ง7	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-07	72
ง8	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-08	73
ง9	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-09	74
ง10	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-10	75
ง11	แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-11	76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

C	=	แรงพลวัติประเมิน (นิวตัน)
C_{max}	=	ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานช่วงที่มากที่สุด (มิลลิเมตร)
C_{min}	=	ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานช่วงที่มากที่สุด (มิลลิเมตร)
C_P	=	ระยะระหว่าศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริง (มิลลิเมตร)
C_0	=	แรงพลวัติ (นิวตัน)
C_t	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด
C_m	=	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด
D_p	=	ขนาดของล้อสายพานใหญ่ (มิลลิเมตร)
d	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเพลา (มิลลิเมตร)
d_p	=	ขนาดของล้อสายพานเล็ก (มิลลิเมตร)
F	=	แรงดึงในสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง (นิวตัน)
i	=	อัตราทด
L	=	ความยาวพิตช์ของสายพานโยประมาณ (มิลลิเมตร)
L_P	=	ความยาวสายพานลิ่มที่มีใช้จริง (มิลลิเมตร)
L_{10}	=	อายุใช้งานประเมิน (ล้านรอบ)
M	=	โมเมนต์ดัด (นิวตันเมตร)
N_a	=	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส
N_l	=	ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน
N_S	=	ตัวประกอบใช้งานสำหรับสายพานลิ่ม
n	=	อัตราเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)
n_1	=	อัตราเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก (รอบต่อนาที)
n_2	=	อัตราเร็วรอบของล้อสายพานใหญ่ (รอบต่อนาที)
P	=	แรงพลวัติสมมูลของตลับลูกปืน (นิวตัน)
P_R	=	กำลังที่สายพานลิ่มส่งได้ต่อเส้น (กิโลวัตต์)
P_d	=	กำลังการออกแบบโดยประมาณ (กิโลวัตต์)
p	=	เลขยกกำลังของสมการอายุใช้งาน
v	=	ความเร็วของสายพานลิ่ม (เมตรต่อวินาที)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

W_P	=	กำลังมอเตอร์ (วัตต์)
z	=	จำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้งาน (เส้น)
τ	=	ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อตารางเมตร)
T	=	โมเมนต์บิด (นิวตันเมตร)
τ_d	=	ค่าความเค้นเฉือนออกแบบ (นิวตันต่อตารางเมตร)
σ_y	=	ค่าความต้านทานแรงดึงคราก (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
σ_u	=	ค่าความต้านทานแรงดึงอัลติเมต (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)
SAE	=	สมาคมวิศวกรรมยานยนต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

The Development of Latex Separator's Filter Cleaner

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ยางพารา และผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากยางพารานอกจากจะนำมาใช้งานภายในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ ในปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทย สามารถส่งออกยางพารา คิดเป็นมูลค่ารวมกว่า 194,338 ล้านบาท (ตารางภาคผนวกที่ ก1) สร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นอันดับ 1 รองลงมา คือ ข้าว และผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ตามลำดับ การปลูกยางพาราเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยกระจายอยู่ในภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางพื้นที่ของภาคเหนือ ยางพาราจึงมีส่วนสำคัญในการสร้างรายได้ การจ้างงาน และขยายการเจริญเติบโตให้กับเศรษฐกิจของประเทศ

นอกจากนั้น ยางพารายังเป็นวัตถุดิบเชื่อมโยงกิจกรรมการผลิตจากภาคเกษตรไปสู่ภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากน้ำยางสดที่ได้จากการกรีดต้นยางพารา สามารถนำไปแปรรูปขั้นต้นได้เป็น ยางแผ่น ยางแท่ง และน้ำยางข้น เป็นต้น อุตสาหกรรมจากยางพาราเป็นอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งที่สำคัญได้แก่อุตสาหกรรมน้ำยางข้น เป็นการแปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้น เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น ยางรถยนต์ ยางรัดของ รองเท้ายาง และถุงมือแพทย์ เป็นต้น

กรรมวิธีในการผลิตน้ำยางข้นมี 4 วิธี คือ วิธีระเหยน้ำ วิธีทำให้เกิดครีม วิธีแยกด้วยไฟฟ้า วิธีการปั่น การผลิตน้ำยางข้นด้วยวิธีการปั่นเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะสามารถผลิตได้เร็ว และน้ำยางข้นที่ได้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นด้วย กรรมวิธีในการปั่นจะใช้ เครื่องปั่นความเร็วสูง (ภาพผนวกที่ ข1) ปั่นแยกน้ำยางสดเป็น น้ำยางข้น และหางน้ำยาง นอกจากนั้นจะแยกสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่น้ำยางออกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากกรรมวิธีในการผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทยส่วนใหญ่ นิยมใช้วิธีการปั่นแยกน้ำยางด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง การเดินเครื่องปั่นความเร็วสูงจะสามารถเดินติดต่อกันได้ครั้งละไม่เกิน 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากการอุดตันของเศษขี้ยางภายในเครื่องปั่น ดังนั้น จึงต้องหยุดเครื่องปั่น เพื่อล้างเศษขี้ยางที่ติดอยู่ภายในเครื่อง ปัจจุบันวิธีในการทำความสะอาดเครื่องปั่นน้ำยางข้นนั้น พนักงานจะต้องทำความสะอาดในส่วนของ ชุดกรวยกรองน้ำยางข้น ซึ่งภายในชุดกรวยกรองน้ำยางข้น 1 ชุด จะประกอบไปด้วย กรวยกรองน้ำยางข้นจำนวน 120 อัน เรียงซ้อนกันอยู่บนแกนกลาง ขั้นตอนตามปกติ ในการทำความสะอาดนั้น พนักงานจะต้องทำการแยกแผ่นกรวยออกจากแกนกลาง แล้วนำกรวยมาทำความสะอาดทีละชิ้นด้วยน้ำสะอาดพร้อมกับถูด้วยผ้ากระสอบปุ๋ย เมื่อทำความสะอาดเสร็จแล้ว จึงนำมาจัดเรียงเพื่อนำกลับไปใช้งาน ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อผลการศึกษาที่ 1.2 ซึ่งจากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า แต่ละขั้นตอนจะต้องใช้แรงงานคนเป็นหลัก แต่เนื่องจากภายในโรงงานน้ำยางข้น มักมีปัญหาเรื่องกลิ่นแอมโมเนียในโรงงาน เพราะแอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยง่าย ประกอบกับในขั้นตอนการทำความสะอาดพนักงานจะต้องสัมผัสกับน้ำอยู่ตลอด จึงทำให้เกิดความลำบากในการทำงาน เป็นเหตุให้พนักงานที่ทำหน้าที่ในการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นทำงานได้ไม่นานนักก็ต้องลาออกไป ดังนั้นทางโรงงานจึงต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาพนักงานใหม่เข้ามาทดแทน ซึ่งพนักงานที่เข้ามาทดแทนนั้นยังขาดความชำนาญในการปฏิบัติงาน จึงทำให้เกิดอุบัติเหตุในขณะทำงานอยู่บ่อยครั้ง หรือการทำงานไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร

จากเหตุผลดังกล่าว จึงมีแนวคิดในการพัฒนาและวิจัยเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นขึ้น โดยให้มีระบบการทำงานที่ไม่ยุ่งยาก สามารถใช้วัสดุที่หาง่ายในท้องตลาด ราคาถูก สามารถผลิตและซ่อมแซมได้ภายในประเทศ และไม่ต้องการบำรุงรักษามาก เพื่อช่วยผ่อนคลายปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้นแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับยางพารา

1. น้ำยางธรรมชาติ

น้ำยางธรรมชาติเป็นสารแขวนลอย มีความหนาแน่น 0.975-0.980 กรัม/ลิตร มี พีเอช ประมาณ 6.5-7.0 ความหนืดไม่แน่นอน มีส่วนประกอบของสารต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธ์ยาง อายุต้นยาง การกรีด และฤดูกาล น้ำยางมีส่วนประกอบหลักๆอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนทีเป็นเนื้อยางและส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของน้ำยางธรรมชาติ

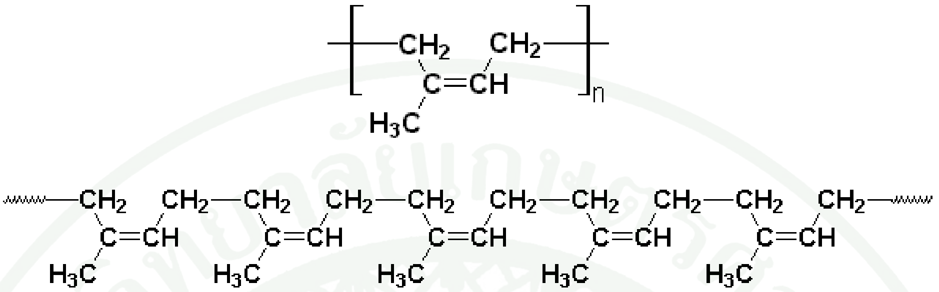
ส่วนของประกอบ	เปอร์เซ็นต์
ของแข็งทั้งหมด	22-48
เนื้อยางแห้ง	20-45
โปรตีน	1.5
เรซิ่น	2.0
คาร์โบไฮเดรต	1.0
สารอินทรีย์	0.5

ที่มา: กลุ่มยางพารา (2533)

1.1 ส่วนที่เป็นเนื้อยาง (Dry Rubber Sheet) มีอนุภาคของยางที่แขวนลอย (Suspend) ในน้ำเรียกว่า เซรุ่ม เป็นอนุภาคกลมมีขนาดตั้งแต่ 0.1-1.0 ไมครอน (1 ไมครอน = 1/1000 มม.) โมเลกุลมีขนาดใหญ่ไม่ละลายน้ำ และเมื่ออยู่ในสภาพของน้ำยางผิวรอบอนุภาคจะถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารพวกไขมันและโปรตีนซึ่งในน้ำยางธรรมชาติจะประกอบธาตุไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ในสัดส่วนของ คาร์บอนต่อไฮโดรเจน เป็น 5:8 จึงเขียนเป็นสูตรเคมีว่า C_5H_8 ซึ่งเรียกว่า Isoprene (2-methyl-1,3-Butadiene) ยาง 1 โมเลกุลอาจจะประกอบด้วย Isoprene ถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11,000 หน่วย (Unit) ซึ่งถ้าเปรียบเทียบการเรียงตัวของคาร์บอนอะตอมในยางกับการนำเส้นลวดเล็กๆยาว 20 ฟุต มาหักงอทำมุม 108 องศา ทุกๆครึ่งนิ้ว เส้นลวดนี้สามารถแทนสายโซ่ Isoprene ได้เพียง 120 หน่วยเท่านั้น



ภาพที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของยางธรรมชาติ

ที่มา: The Polymer Science Learning Center (2552)

1.2 ส่วนประกอบที่ไม่ใช่เนื้อยาง (Non Rubber Content)

1.2.1 คาร์โบไฮเดรต ส่วนใหญ่เป็นพวกแอลเมธิลไลโนทอล (L-Methylinositol) ส่วนคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ซึ่งมีอยู่จำนวนน้อยได้แก่ กลูโคส ซูโครส ฟรุกโตส และกาแลคโตส น้ำตาลเหล่านี้ เมื่อถูกออกซิไดซ์โดยจุลินทรีย์จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดอินทรีย์ (Volatile Fatty Acid) เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรพินิก

1.2.2 โปรตีนและกรดอะมิโน มีหลายชนิดที่สำคัญคือ

แอลฟาโกลบูลิน (α-Globulin) เป็นโปรตีนที่มีสมบัติ surface active จะอยู่บนรอยต่อระหว่างน้ำกับอากาศ และน้ำมันกับน้ำได้ทันที ไม่ละลายน้ำ แต่ลายในกรด-ด่าง และเกลือ มี Isoelectric Point ที่พีเอชเท่ากับ 4.8 ซึ่งเป็นจุดที่ใกล้เคียงกับน้ำยางมาก

เฮวาลิน (Hevalin) จะอยู่ที่อนุภาคของเม็ดยาง และละลายอยู่ในชั้นน้ำ มีค่า Isoelectric Poinr ที่พีเอชเท่ากับ 4.5 มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อน้ำยางเกิดการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บูดเน่าเนื่องมาจากโปรตีนส่วนหนึ่งละลายน้ำให้สารประกอยพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสารเมอร์แคบเทน (Mercapyan) ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นเหม็นได้

องค์ประกอบอื่นๆ มีสารพวกที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจนอิสระ เช่น โคลีน (Choline) เมธิลลามีน (Methylamine) กรดอินทรีย์ (Organic Acid) กรดอนินทรีย์ (Inorganic Acid) อนุมูลของสารอนินทรีย์โดยเฉพาะฟอสเฟสและคาร์บอนเนต และอนุมูลของโลหะซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกเหล็ก แมกนีเซียม โซเดียม ทองแดง นอกจากนี้ยังมีไซนาไนด์ประมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์

2. น้ำยางข้น

น้ำยางข้นคือ น้ำยางที่มีเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content: DRC) ไม่ต่ำกว่า 60% มีลักษณะเป็นของเหลวที่สามารถเติมสารเคมีเพื่อให้เหนียวและแข็งแรงมากขึ้น โดยไม่ต้องเติมสารเสริมความแข็งแรง (Reinforcing filter) ในขณะที่น้ำยางสดมีเนื้อยางแห้งประมาณ 25-45 % นอกนั้นมีน้ำเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงไม่สะดวกในการขนย้าย เพื่อไปทำผลิตภัณฑ์อื่นต่อ น้ำยางข้นนอกจากนั้นถ้าใช้น้ำยางสดไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่คุณภาพไม่ดี ส่วนใหญ่ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางต้องการน้ำยางที่มีเนื้อยางไม่ต่ำกว่า 60 %

2.1 ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางข้น สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1.1 ผลิตภัณฑ์จุ่มแบบ เช่น ถุงมือ ลูกโป่ง ถุงยางอนามัย เป็นต้น
2.1.2 ผลิตภัณฑ์ตีฟอง เช่น ที่นอน หมอน ตุ๊กตาฟองน้ำ เป็นต้น
2.1.3 ผลิตภัณฑ์หล่อแบบ เช่น ตุ๊กตายาง หุ่นการศึกษา เป็นต้น
2.1.4 ผลิตภัณฑ์เส้นด้านยืด (Latex thread) ท่อยาง กาวน้ำยาง เป็นต้น

2.2 น้ำยางข้นซึ่งได้จากวิธีการปั่น (Centrifuge-Concentrated Latex) ของไทยมี 2 ชนิด คือ

2.2.1 น้ำยางข้นชนิดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียมาก (HA,Hight Ammonia)
2.2.2 น้ำยางข้นชนิดที่รักษาสภาพด้วยแอมโมเนียน้อย (LA-TZ,Low Ammonia)

ซึ่งแตกต่างกันที่ปริมาณของแอมโมเนียและสัดส่วนของสารเคมีที่รักษาสภาพของน้ำยาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 สัดส่วนสารเคมีที่ใช้รักษาสภาพน้ำยาง

ชนิดของน้ำยางข้น	สารรักษาสภาพน้ำยาง (เปอร์เซ็นต์)*
High Ammonia (HA)	0.7 Ammonia + 0.035 Lauric Acid
Low Ammonia-Tetramethylthjuram	0.2 Ammonia + 0.013 TMTD
Disulphide/Zine Oxide (LA-TZ)	0.2 Ammonia + 0.013 ZnO + 0.035 Lauric Acid

หมายเหตุ * เปอร์เซ็นต์ของสารเคมีที่ใช้ต่อน้ำหนักยาง

ที่มา: วราภรณ์ (2537)

3. การผลิตน้ำยางข้น

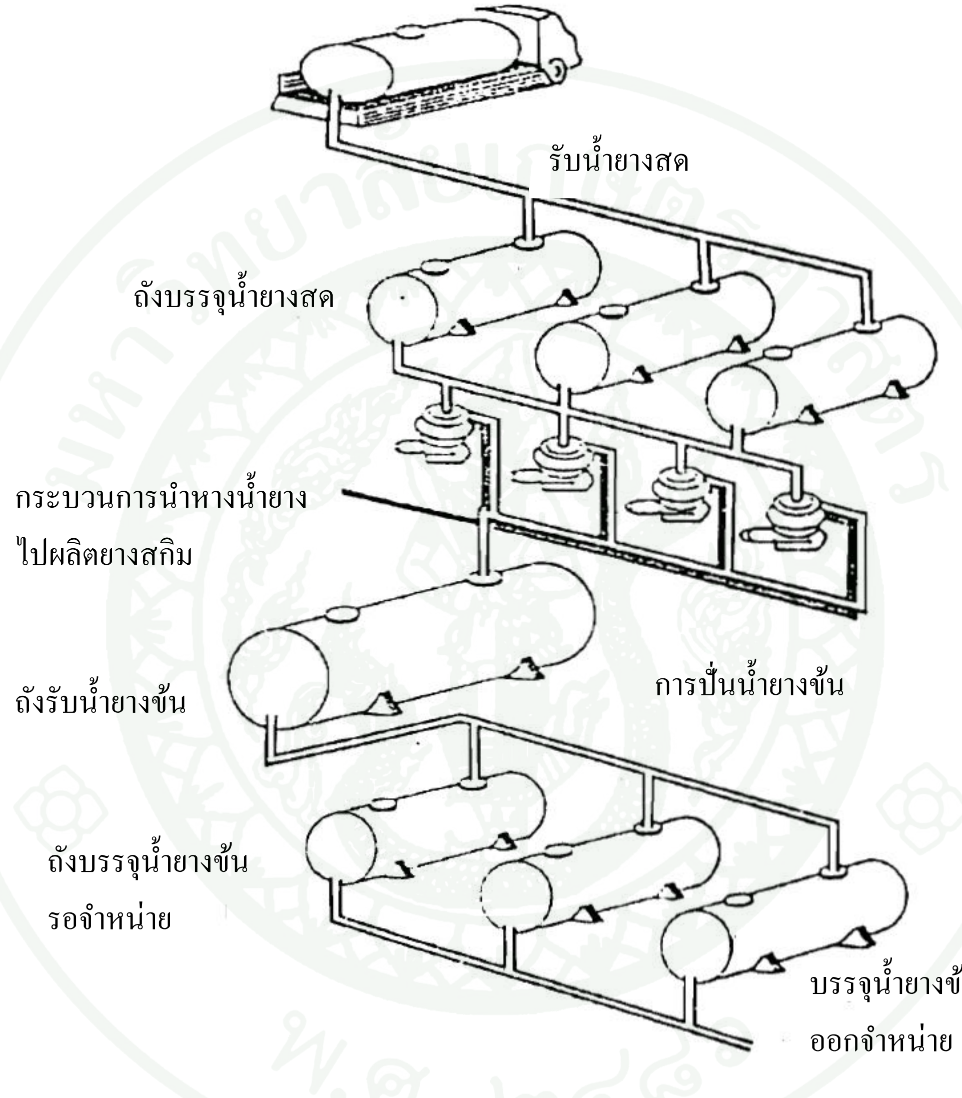
การผลิตน้ำยางข้น เป็นการนำน้ำยางธรรมชาติเข้ากระบวนการที่ทำให้มีความเข้มข้นมากขึ้นโดยกระบวนการต่างๆ เช่น การทำให้เกิดครีม (Creaming) การระเหยน้ำ (Evaporation) การปั่นแยกด้วยไฟฟ้า (Electrodecantation) และการใช้เครื่องปั่น (Centrifuging) ซึ่งน้ำยางข้นที่ผลิตจากกรรมวิธีการใช้เครื่องปั่นเป็นน้ำยางข้นที่มีปริมาณการผลิตมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณการผลิตน้ำยางข้นทั้งหมด ในประเทศไทยนั้นทำการผลิตน้ำยางข้นโดยใช้เครื่องปั่นเพียงอย่างเดียว

น้ำยางข้นส่วนใหญ่ที่ได้จากการผลิตด้วยวิธีการปั่นน้ำยางสดที่มีปริมาณเนื้อยางแห้งประมาณ 25-35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้รักษาสภาพไว้ด้วยแอมโมเนีย แล้วขนส่งน้ำยางสดไปยังโรงงานผลิต จากนั้นทำการทดสอบหาปริมาณเนื้อยาง ทดสอบระดับการรักษาสภาพน้ำยาง โดยการหาจำนวนกรดไขมันระเหยได้ (VFA No, Volatile Fatty Acid No) และทดสอบหาปริมาณธาตุแมกนีเซียม เมื่อตรวจสอบสภาพน้ำยางสดแล้วจะเติม DAHP (Diammonium Hydrogen Phosphate) เพื่อตกตะกอนแมกนีเซียมในถังรวมอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนการนำเข้าเครื่องปั่น

จากภาพที่ 2 เป็นการผลิตน้ำยางข้นโดยวิธีการปั่น โดยน้ำยางสดจะไหลจากถังรวมเข้าสู่เครื่องปั่นซึ่งจะทำการปั่นอย่างต่อเนื่องประมาณ 250-450 ลิตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและการติดตั้งเครื่อง เครื่องปั่นจะแยกน้ำยางสดเป็นน้ำยางข้น (ปริมาณเนื้อยางแห้งมากกว่าร้อยละ 60) และหางน้ำยาง (Skim Latex) (ปริมาณเนื้อยางแห้งร้อยละ 3-8) และจะแยกสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่ยางออกด้วย ส่วนหางน้ำยางจะถูกทำเป็น สกิมแท่ง หรือสกิมเครพ โดยการไล่แอมโมเนียออกทำให้จับตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผ่านเครื่องรีดเครพ หรือเครื่องทำยางแท่ง แล้วอบแห้ง ส่วนน้ำยางข้นจะถูกอัดด้วยแก๊ซแอมโมเนีย หรือเติมน้ำแอมโมเนีย และปั๊มถังผสม รอการตรวจสอบคุณภาพให้ถูกต้องต้องก่อนการบรรจุถังเพื่อจำหน่าย



ภาพที่ 2 ผังการผลิตน้ำยางข้นโดยการปั่น

ที่มา: วราภรณ์ (2537)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดกับอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น

4.1 อากาศและกลิ่น โรงงานน้ำยางข้นมักมีปัญหาเรื่องกลิ่นของแอมโมเนียในโรงงาน เพราะแอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยง่าย นอกจากปัญหาเรื่องกลิ่นแล้ว โรงงานน้ำยางข้นที่ผลิตสกิมเครพก็จะมีเตาอบ ซึ่งจะใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทำให้มีไอเสียจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ซึ่งกระทบต่อชุมชนได้

4.2 น้ำเสีย น้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้นเกิดจากหลายขั้นตอนในการผลิต เช่นการล้างบ่อรับน้ำยางสด การล้างเครื่องปั่น เป็นต้น

ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกล

1. การถ่ายทอดกำลังโดยการใช้สายพานลิ่ม

การถ่ายทอดกำลังโดยสายพานลิ่มมีข้อดีคือ สามารถรับแรงกระตุกได้ดี ทำงานเงียบ สะอาด ขนาดกะทัดรัด และมีประสิทธิภาพดี แบริ่งไม่ต้องรับภาระมาก เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมากๆ สามารถใช้ได้กับอัตราทดสูงประมาณ 7:1 หรืออาจได้สูงถึง 10:1 ขณะใช้งานปกติ ความเร็วไม่ควรสูงกว่า 30 เมตรต่อนาที

ขนาดของสายพานลิ่มกำหนดโดยขนาดของความหนาหน้าตัดซึ่งแทนด้วยตัวอักษร เช่น Y, Z, A, B, C, D, E และความกว้างพิตซ์ (Pitch Width) เป็นนิ้ว

การถ่ายทอดกำลังโดยการใช้สายพานลิ่ม ดำเนินการคำนวณออกแบบ ดังนี้

คำนวณหาอัตราทดได้ จากสมการที่ (1)

$$i = \frac{n_1}{n_2} \qquad (1)$$

หากำลังการออกแบบโดยประมาณที่ต้องการส่งโดยการใช้สายพานลิ่ม โดยการ แทนค่า N_S และ W_P ในสมการที่ (2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$P_d = W_P N_S \tag{2}$$

ใช้ค่า P_d และ n ไปเลือกใช้สายพานลิ่มขนาดหน้าตัดต่างๆ

เลือก d_p แทนค่าและ i ลงในสมการที่ (3) เพื่อหาค่า D_p

$$D_p = i \times d_p \tag{3}$$

ประมาณค่า $C_{\max}$ ได้จากสมการที่ (4)

$$C_{\max} = 2(d_P + D_P) \tag{4}$$

ประมาณค่า $C_{\min}$ ได้จากสมการที่ (5)

$$C_{\min} = 2(d_P + D_P) \tag{5}$$

ทดลองใช้ค่า C โดยประมาณจากค่า $C_{\max}$ และ $C_{\min}$ แทนลงในสมการที่ (6) จะได้ค่าความยาวพิตช์ของสายพานโดยประมาณ

$$L = 2C + 1.57(D_P + d_P) + \frac{(D_P - d_P)^2}{4C} \tag{6}$$

เลือก L_P หา ระยะระหว่าศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริง ได้จากสมการที่ (7)

$$C_P = p + \sqrt{P^2 - q} \tag{7}$$

โดยที่

$$p = 0.25L_P - 0.393(d_P + D_P)$$
$$q = 0.125(D_P - d_p)^2$$

หาส่วนโค้งสัมผัส ได้จากสมการที่ (8)

$$\frac{(D_P + d_P)}{C} \tag{8}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลือกค่า N_a โดยใช้ค่า $\frac{(D_P + d_P)}{C}$

เลือก N_l โดยใช้ค่า L_P

หากำลังที่สายพานลิ่มส่งได้ต่อเส้น โดยใช้ค่า d_p, i, n เลือกค่า P_R

หาจำนวนเส้นของสายพานลิ่มที่ใช้งาน ได้จากสมการที่ (9)

$$Z = \frac{(W_P N_S)}{(P_R N_a N_l)} \tag{9}$$

หาความเร็วของสายพานลิ่มได้จากสมการที่ (10)

$$v = \pi d_P n \tag{10}$$

หาแรงดึงในสายพานลิ่มขณะส่งกำลังได้จากสมการที่ (11)

$$F = \frac{W_p}{v} \tag{11}$$

2. การคำนวณอายุการใช้งานของชุดตลับลูกปืน

2.1 การเลือกขนาดตลับลูกปืนโดยใช้วิธีการคำนวณอายุใช้งาน

วิธีการคำนวณอายุใช้งานที่ง่ายที่สุด คือ การใช้สมการสำหรับอายุใช้งานประเมินของมาตรฐาน ISO สมการที่ (12)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \tag{12}$$

2.2 การเลือกขนาดตลับลูกปืนโดยใช้ความสามารถในการรับแรงสถิต

การเลือกขนาดตลับลูกปืน ควรที่จะใช้ค่าแรงสถิตประเมิน แทนที่จะใช้อายุการใช้งาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของตลับลูกปืน ถ้าการใช้งานของตลับลูกปืนเป็นไปตามเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งต่อไปนี้

2.2.1 ตลับลูกปืนอยู่นิ่งและรับแรงที่กระทำอย่างต่อเนื่องหรือกระทำเป็นระยะ

2.2.2 ตลับลูกปืนเคลื่อนที่กลับไปกลับมาอย่างช้า ๆ หรือมีการเคลื่อนเยื้องแนวได้ในขณะรับแรง

2.2.3 ตลับลูกปืนหมุนด้วยความเร็วรอบช้ามากในขณะรับแรง และต้องการให้มีอายุใช้งานสั้น ๆ เท่านั้น (ในกรณีเช่นนี้ สมการอายุใช้งานสำหรับแรงสมมูลที่ต้องการ จะให้ค่าแรงพลวัติประเมินต่ำมาก จนกระทั่งตลับลูกปืนที่เลือกโดยใช้พื้นฐานนี้จะถูกใช้งานเกิน ภาระที่ควรจะเป็น)

2.2.4 ตลับลูกปืนหมุนรับแรงปกติ และยังจะต้องรับแรงกระแทกที่มีขนาดสูงมาก ซึ่งจะกระทำเพียงระยะสั้น ๆ ต่อหนึ่งรอบการหมุน

เมื่อทำการคำนวณหาขนาดของตลับลูกปืน โดยใช้ความสามารถในการรับแรงสถิต เราจะได้ค่าความปลอดภัย ซึ่งแทนอัตราส่วนระหว่างแรงสถิตประเมิน และแรงสถิตสมมูล ที่กระทำต่อตลับลูกปืน

3. การออกแบบเพลา

สมาคมวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (American Society of Mechanical Engineering, ASME) ได้กำหนดวิธีการออกแบบเพลาตามรหัสของ ASME ซึ่งวิธีการออกแบบวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน โดยทั่วไปแล้วเพลาจะรับภาระในลักษณะการบิดตัวเนื่องจากทอร์กที่ถ่ายทอด แต่เพลาก็มักจะรับภาระในลักษณะของการดัดด้วย ซึ่งจะทำให้เพลามีการโก่งตัวน้อยมาก ซึ่งไม่ นำมาพิจารณาในการคำนวณ สำหรับวิธีการคำนวณการออกแบบหาขนาดของเพลาตามวิธีการของ ASME นั้นทำการวิเคราะห์โดยพิจารณามาจากพื้นฐานของสถิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องด้วย (วริทธิ์ และ ชาญ, 2541)

ในกรณีของเพลาตันรับทอร์กและโมเมนต์ดัด

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}[(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{1/2} \qquad (13)$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ

ถ้ากำหนดวัสดุของเพลาที่บอกถึงหมายเลขของโลหะ หรือส่วนผสมของโลหะให้ใช้ค่าความเค้นเฉือนใช้งานจาก

$$\tau_{d} = 0.3\sigma_{y} \quad \text{หรือ} \quad \tau_{d} = 0.18\sigma_{u}$$

โดยเลือกใช้ค่าน้อยมาคำนวณ และถ้าเพลามีร่องลิ่มให้ลดค่าความเค้นเฉือนใช้งานโดยใช้เพียง 75% ของค่าที่นำมาใช้ดังกล่าว

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลวิจัยตลอดจนผลงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับงานที่ผู้วิจัยทำโดยเน้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการล้างทำความสะอาดในรูปแบบต่างๆ โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ในปี พ.ศ. 2546 ว่าที่ร้อยตรีชัยยง ศิริพรมงคลชัย ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องล้างคราบน้ำมัน โดยเครื่องล้างคราบน้ำมันที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถใช้ได้กับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ไม่เกิน 4 สูบ 2,500 ซีซี หรือรับน้ำหนักชิ้นงานได้ครั้งละไม่เกิน 60 กิโลกรัม ล้างคราบน้ำมันความหนืดไม่เกิน SAE40 ใช้น้ำร้อนหรือสารชะล้าง (Detergent) ฉีดล้างด้วยแรงดันสูงในการสร้างเครื่องล้างคราบน้ำมันผู้วิจัยได้ออกแบบ สร้าง และทดสอบจนเสร็จสมบูรณ์และได้สร้างแบบสอบถามขึ้นมาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องล้างคราบน้ำมัน ผลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญในจุดประเมินทั้ง 20 จุด ค่าคะแนนเฉลี่ย ได้เท่ากับ 4.755 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เห็นด้วยอย่างยิ่ง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.409 ซึ่งไม่เกิน 1.0 จึงสรุปได้ว่าเครื่องล้างคราบน้ำมันที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นไปตามสมมติฐานและวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์หลักๆ ประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องต้นแบบ มีรายละเอียดดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ
   1.1. เครื่องคอมพิวเตอร์ Intel Core 2 CPU 6300 1.8 GHz Ram 2.0 GB
   1.2. โปรแกรม SolidWorks version 2007

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องต้นแบบ
   2.1. เหล็กรูปพรรณ หน้าตัดตัว (C) หน้าตัดตัวไอ (I) ขนาดต่างๆ
   2.2. เหล็กเพลาขาว ขนาดต่าง ๆ
   2.3. ตลับลูกปืน 25 และ 12 มิลลิเมตร
   2.4. สายฉีดน้ำแรงดันสูง ขนาดรูฉีดน้ำ 6 มิลลิเมตร
   2.5. หัวฉีดน้ำแรงดันสูงชนิดแบน อัตราการไหล 4.52 ลิตรต่อนาที ที่แรงดัน 100 บาร์
   2.6. ปั๊มอัดฉีดแรงดันสูง ขนาด 200 บาร์ 30 ลิตรต่อนาที
   2.7. มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.8 แรงม้า
   2.8. แปรงลูกกลิ้งยาว 200 มิลลิเมตร ขนแปรงทำจากไนลอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตร

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบ
   3.1. น้ำยางข้น ความเข้มข้น 60 เปอร์เซ็น
   3.2. กรวยกรองน้ำยางข้น
   3.3. เครื่องมือวัดรอบการหมุน แบบยิงเลเซอร์
   3.4. อุปกรณ์ ปรับรอบการหมุนของมอเตอร์
   3.5. นาฬิกาจับเวลา
   3.6. เวอร์เนียคาลิปเปอร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้วางแผนการดำเนินงานวิจัย แบ่งเป็น 5 ลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการออกแบบเครื่องต้นแบบ
2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ
3. ทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องต้นแบบ
4. แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องเครื่องต้นแบบ
5. สรุปผลและวิจารณ์

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการออกแบบเครื่องต้นแบบ

ในขั้นตอนนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับนำไปออกแบบเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษาคุณสมบัติของกรวยกรองน้ำยางข้น

ในขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของกรวยกรองน้ำยางข้น เช่น วัสดุ ขนาด รูปร่าง เพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ดำเนินการโดย ใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาขนาดต่างๆ และสอบถามข้อมูลเบื้องต้นจากวิศวกรภายในโรงงาน

1.2 การศึกษากระบวนการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นของพนักงาน

ในขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาขั้นตอนและวิธีการในการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทำความสะอาดโดยพนักงาน เพื่อนำข้อมูลที่รวบรวมได้ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ดำเนินการโดยการสังเกตในขณะที่พนักงานทำความสะอาด และสอบถามข้อมูลจากวิศวกรภายในโรงงาน

1.3 การศึกษาลักษณะของคราบน้ำยางบนผิวกรวยกรองน้ำยางข้น

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาลักษณะของคราบน้ำยางที่ติดอยู่บนผิวกรวย เพื่อนำข้อมูลที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้ไปเปรียบเทียบ การทำงานระหว่างเครื่องต้นแบบกับพนักงาน ดำเนินการโดย การสังเกตจากคราบน้ำยางที่ติดบนผิวกรวย ทั้งก่อนพนักงานทำความสะอาด และหลังจากที่พนักงานได้ทำความสะอาดแล้ว

2. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ในขั้นตอนนี้ดำเนินการโดย รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากศึกษาในหัวข้อที่ 1 มาพิจารณาเพื่อวางเกณฑ์ในการออกแบบ หลังจากนั้นจึงทำการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบ โดยทำการสร้างเครื่องต้นแบบ ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต บางเขน

3. ทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

ในขั้นตอนนี้ดำเนินการโดย นำเครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นไปทดสอบการทำงาน โดยทดสอบกับกรวยที่ติดคราบน้ำยางข้น พร้อมทั้งประเมินผลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

4. แก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบ

หลังจากทดสอบและประเมินผลการทดสอบเครื่องต้นแบบแล้ว ผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบ ดังนั้นจึงต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 วิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา
4.2 หาแนวทางและดำเนินการแก้ไขปรับปรุง
4.3 ทดสอบและประเมินผลการแก้ไขปรับปรุง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับการออกแบบเครื่องต้นแบบ

1.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของกรวยกรองน้ำยางข้น

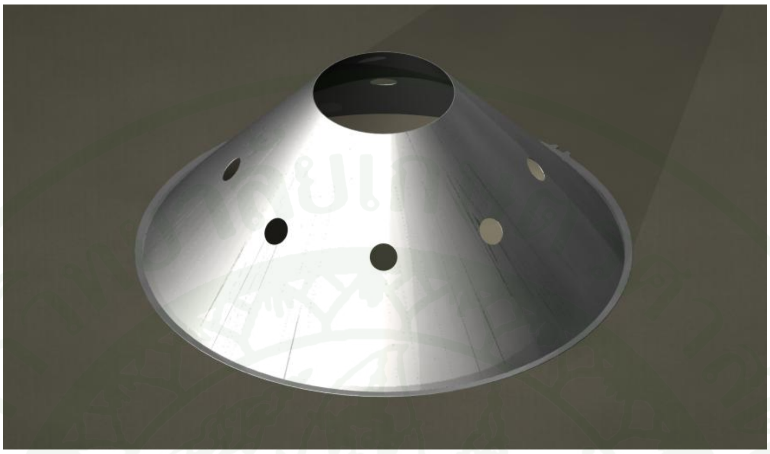
จากการศึกษาคุณสมบัติของกรวยกรองน้ำยางข้น ที่ใช้ภายในโรงงานน้ำยางข้น ของ บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็คซ์ กรุ๊ป จำกัด อ .หนองใหญ่ จ.ชลบุรี ได้ผลการศึกษาดังนี้ (แสดงดังภาพที่ 3)

ภาพที่ 3 กรวยกรองน้ำยางข้น

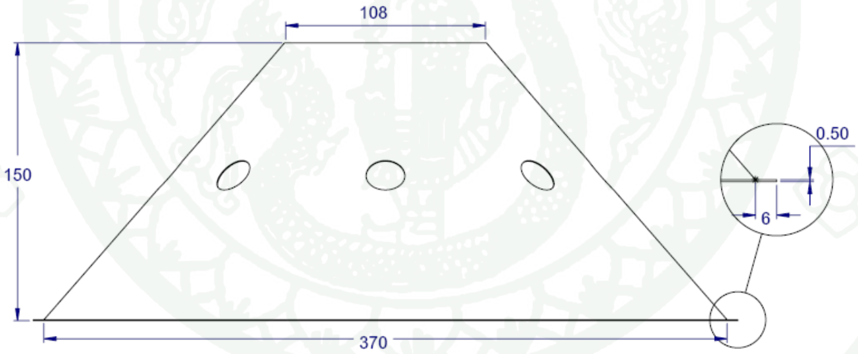
กรวยกรองน้ำยางข้นมีลักษณะเป็นรูปทรงกรวยยอดตัด ผลิตขึ้นตามมาตรฐานจากโรงงาน ทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม หนา 0.5 มิลลิเมตร จากการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งพบว่า กรวยมีน้ำหนัก 600 กรัม ต่อ 1 อัน เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานและยอดเท่ากับ 37 และ 10.8 เซนติเมตร ตามลำดับ สูง 15 เซนติเมตร ส่วนรอบฐานกรวย มีแผ่นครีบยื่นออกมา ขนาด 6 มิลลิเมตร และมีการทำร่องไว้เพื่อใช้ในการประกอบเข้าเครื่องปั่น จากการสังเกตที่ผิวพบว่า ผิวด้านนอกของกรวยมีปุ่มกลมติดอยู่โดยรอบ ส่วนผิวด้านในเป็นผิวเรียบ ซึ่งกรวยแต่ละอันจะมีขนาดเท่ากัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อให้สะดวกในการออกแบบ ผู้ออกแบบจึงได้ทำการสร้างแบบจำลอง แผ่นกรวยกรองน้ำยางข้นโดยวิธีการวัดจากขนาดจริง และนำมาสร้างแบบจำลอง 3 มิติ พร้อมทั้งเขียนแบบวิศวกรรม ด้วยโปรแกรม SolidWorks แสดงดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 แบบจำลองกรวยกรองน้ำยางข้น



ภาพที่ 5 แบบแสดงขนาดกรวยกรองน้ำยางข้น

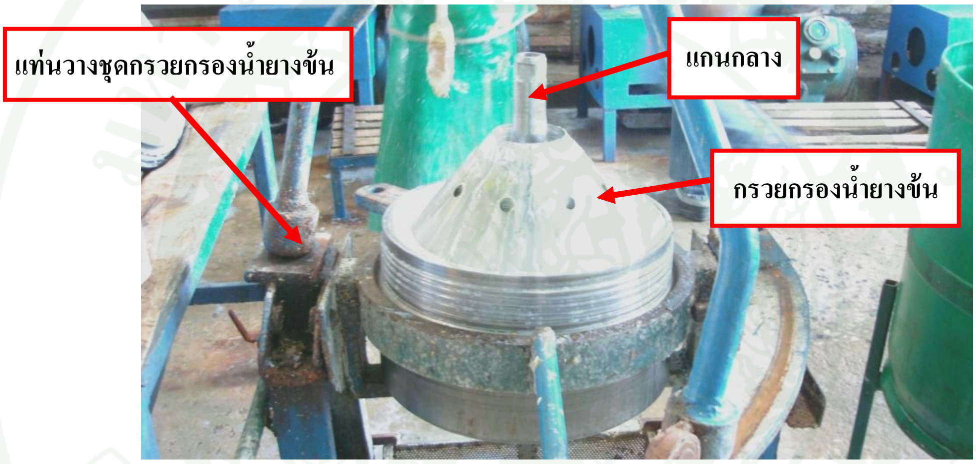
1.2 ผลการศึกษากระบวนการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นของพนักงาน

จากการศึกษากระบวนการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นของพนักงาน ในโรงงานน้ำยางข้น บริษัท ไทยรับเบอร์ลาเท็คซ์ กรุ๊ป จำกัด อ.หนองใหญ่ จ.ชลบุรี พบว่า พนักงานจะทำความสะอาดเครื่องปั่นความเร็วสูงทุก ๆ 2-3 ชั่วโมง ซึ่งขั้นตอนและวิธีการทำความสะอาดสรุปได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.1 ขั้นตอนและวิธีการในการทำความสะอาดกรวยโดยพนักงาน

การทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น ที่บรรจุอยู่ในเครื่องปั่นความเร็วสูงนั้น จะเริ่มตั้งแต่ ขณะที่ เครื่องปั่นความเร็วสูงหยุดทำงาน เมื่อเครื่องปั่นหยุดทำงาน พนักงานจะทำการถอดฝาเครื่องปั่นความเร็วสูงออก แล้วใช้รอกในการดึงชุดกรวยกรองน้ำยางข้นขึ้นออกจากเครื่องปั่น แล้วนำไปจุ่มในถังน้ำพร้อมทั้งเขย่า เพื่อให้น้ำยางที่ติดอยู่กับชุดกรวยส่วนหนึ่งหลุดออกไป หลัง จากนั้นจึงยกมาใส่แท่นวางชุดกรวยกรองน้ำยางข้น เพื่อแยกแผ่นกรวยกับแกนกลางออกจากกัน ซึ่งภายในกรวยกรองน้ำยางข้น 1 ชุดจะประกอบไปด้วย กรวยกรองน้ำยางข้น จำนวน 120 อันเรียงซ้อนกันอยู่บนแกนกลาง แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แท่นวางชุดกรวยกรองน้ำยางข้น

ขั้นตอนต่อไป พนักงานก็จะนำกรวยกรองน้ำยางข้นออกจากแกนกลาง แล้วนำกรวยทั้งหมดมาวางบนโต๊ะล้าง ทำการแยกกรวยออกจากกัน แสดงดังภาพที่ 7 จากนั้นพนักงานจะใช้แผ่นกระสอบปุ๋ยซึ่งได้ตัดเป็นชิ้นขนาดเท่ากับฝามือ ถูบริเวณผิวกรวยด้านในและด้านนอก พร้อมกับเปิดน้ำจากก๊อกน้ำ เพื่อชะล้างคราบน้ำยางที่ติดอยู่ให้หลุดออกไป แสดงดังภาพที่ 8 ในส่วนของแกนกลาง พนักงานจะทำความสะอาดโดยการใช้สายน้ำฉีดล้างพร้อมกับใช้แท่งไม้ในการเขี่ยเศษยางที่อุดตันหลุดออก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 7 โต๊ะล้างทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

ภาพที่ 8 การทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นโดยพนักงาน

ภายหลังจากการทำความสะอาดเสร็จแล้ว พนังงานจะทำการจัดเรียงกรวยใส่แกนกลาง และใช้รอกในการยกไปประกอบเข้าเครื่องปั่น เพื่อนำไปใช้งานครั้งต่อไป ซึ่งตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการจนถึงสิ้นสุดกระบวนการทำความสะอาดใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 12 นาที และต้องใช้พนักงานอย่างน้อย 3 คนขึ้นไปการทำความสะอาดแต่ละครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 ปัญหาที่พบในขณะทำความสะอาดกรวยโดยพนักงาน

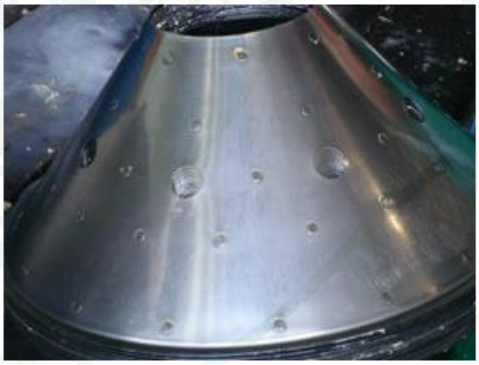
ก. ความลำบากและสภาพแวดล้อมในการทำงาน เช่น กลิ่นแอมโมเนียภายในโรงาน และการทำงานที่ต้องสัมผัสกับน้ำอยู่ตลอด

ข. อุบัติเหตุจากแผ่นกรวยบาดมือ

1.3 ผลการศึกษาลักษณะของคราบน้ำยางบนผิวกรวยกรองน้ำยางข้น

จากที่ได้ศึกษากระบวนการทำความสะอาดกรวย ทำให้ทราบถึง ขั้นตอนและวิธีในการทำงานของพนักงาน ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 1.2 นอกจากนั้นยังได้สังเกตลักษณะของคราบน้ำยางที่ติดอยู่บนผิวกรวย ทั้งก่อนและหลังการทำความสะอาด แสดงดังภาพที่ 9 ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่าผิวกรวยด้านในจะทำความสะอาดได้ง่ายกว่าผิวกรวยด้านนอก เนื่องจากบริเวณผิวกรวยด้านในเป็นผิวเรียบ แต่ในส่วนของผิวกรวยด้านนอกเป็นผิวขรุขระ เนื่องจากมีปุ่มกลมติดอยู่รอบแผ่นกรวยด้านนอก จึงทำให้มีคราบน้ำยางติดอยู่ตามปุ่มกลมต่างๆ ผลจากการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3 และ 4

ก่อนทำความสะอาด



หลังทำความสะอาด

ภาพที่ 9 ผิวกรวยกรองน้ำยางข้นก่อนและหลังทำความสะอาดโดยพนักงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาปริมาณคราบน้ำยางที่ติดบนกรวยก่อนทำความสะอาดโดยพนักงาน

บริเวณพื้นผิวกรวย	คราบน้ำยางที่ติดบนกรวย
ผิวกรวยด้านใน	มีคราบน้ำยางติดอยู่ทั่วผิวกรวย
ผิวกรวยด้านนอก	มีคราบน้ำยางติดอยู่ทั่วผิวกรวย พบมากบริเวณยอดกรวย

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาปริมาณคราบน้ำยางที่ติดบนกรวยหลังทำความสะอาดโดยพนักงาน

บริเวณพื้นผิวกรวย	คราบน้ำยางที่ติดบนกรวย
ผิวกรวยด้านใน	ไม่มีคราบน้ำยางติดอยู่
ผิวกรวยด้านนอก	พบคราบน้ำยางติดอยู่บริเวณปุ่มกลมเล็กน้อย

2. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการรวบรวมข้อมูลขั้นต้น พบว่ากรวยกรองน้ำยางข้นมีลักษณะเป็นทรงกรวยยอดตัด มีแผ่นครีบยื่นออกจากรอบฐานกรวย ซึ่ง 1 ชุดกรวยกรองน้ำข้นจะประกอบไปด้วย กรวยกรองน้ำยางข้นจำนวน 120 อัน เรียงซ้อนกันอยู่บนแกนกลาง การพัฒนาเครื่องต้นแบบมีวิวัฒนาการดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ผลการวางเกณฑ์ในการออกแบบ

เพื่อให้เครื่องที่ออกแบบบรรลุวัตถุประสงค์ตามความต้องการ จึงได้มีเกณฑ์ในการออกแบบ ดังต่อไปนี้

1. สามารถทำความสะอาดกรวยได้ทั้งชุดโดยไม่ต้องแยกกรวยออกจากแกนกลาง

2. กลไกการทำงานของเครื่องทำงานง่าย ไม่ซับซ้อนมากเกินไป และผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้

3. สะดวกบำรุงรักษาต่ำ อุปกรณ์ชิ้นส่วนสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด
4. ใช้ผู้ปฏิบัติไม่เกิน 2 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบ

หลักการทำงานของเครื่อง อาศัยหลักการของระบบน้ำแรงดันสูงฉีดพ่นด้วยหัวฉีดน้ำชนิดแบน (Flat Spray Nozzle) โดยระบบล้างแบบเคลื่อนที่ได้ ซึ่งแรงดันน้ำจะทำความสะอาดให้คราบน้ำยางที่ติดผิวกรวยหลุดออก อีกทั้งแรงดันน้ำที่ใช้ยังช่วยในการแยกกรวยที่ซ้อนกันอยู่ให้เคลื่อนที่ออกจากกัน เพื่อเปิดช่องว่างให้น้ำสามารถเข้าไปทำความสะอาดผิวกรวยได้อย่างทั่วถึง

จากข้อมูลเบื้องต้นและเกณฑ์ในการออกแบบ จึงได้ทำการออกแบบเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก 5 ส่วน คือ ชุดระบบฉีดน้ำแรงดันสูง ชุดขับเคลื่อนระบบฉีดน้ำ แท่นวางชุดกรวย และ โครงสร้างของเครื่อง ซึ่งมีผลการออกแบบดังต่อไปนี้

2.2.1 ผลการออกแบบชุดระบบน้ำแรงดันสูง

ชุดระบบน้ำแรงดันสูง จะทำหน้าที่ในการฉีดน้ำแรงดันสูงทำความสะอาดผิวกรวยกรองน้ำยางข้นและแยกกรวยที่ซ้อนกันอยู่ให้ออกจากกัน โดยการใช้หัวฉีดน้ำชนิดแบน (Flat spray nozzle) จำนวน 8 หัว ยึดติดกับแผงหัวฉีดน้ำ ซึ่งแรงดันน้ำที่ใช้ถูกจ่ายมาจากปั้มน้ำแรงดันสูงผ่านทางสายน้ำแรงดันสูง ต่อเข้ากับหัวฉีดน้ำ เพื่อให้การทำความสะอาดครอบคลุมชุดกรวยกรองน้ำยางข้นทั้งหมด จึงได้ออกแบบให้แผงหัวฉีดน้ำสามารถเคลื่อนที่ได้ โดยการยึดแผงหัวฉีดน้ำเข้ากับลีดสกรู (lead screw) ซึ่งควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่โดยมอเตอร์ไฟฟ้า

2.2.2 ผลการออกแบบชุดขับเคลื่อนระบบฉีดน้ำ

ชุดขับเคลื่อนระบบฉีดน้ำ จะทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนชุดแผงหัวฉีดน้ำ ให้สามารถเคลื่อนที่ไปและกลับได้ เพื่อให้การทำความสะอาดครอบคลุมชุดกรวยทั้งหมด การทำงานจะใช้ ลีดสกรู (Lead screw) ซึ่งปลายด้านหนึ่งทำเกลียวยึดติกกับเฟืองโซ่ และใช้โซ่ในการส่งกำลังระหว่าง มอเตอร์ไฟฟ้ากับลีดสกรู และใช้วิธีการควบคลุมทิศทางการหมุนมอเตอร์ในการทำให้แผงหัวฉีดสามารถเคลื่อนที่ไปและกลับได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.3 ผลการออกแบบแท่นวางชุดกรวยกรองน้ำยางข้น

แท่นวางชุดกรวยกรองน้ำยางข้น จะทำหน้าที่ในการรองรับน้ำหนักชุดกรวยกรองน้ำยางข้นทั้งหมด หลักการทำงาน คือ เริ่มจากการวางชุดกรวยกรองน้ำยางข้นทั้งหมดลงบนแท่นรองรับซึ่งจะอยู่ในลักษณะแนวตั้ง หลังจากนั้นจึงเอียงแท่นรองรับลงในลักษณะแนวนอน เพื่อให้ชุดแผงหัวฉีดสามารถทำความสะอาดชุดกรวยได้ เนื่องจากชุดกรวยมีน้ำหนักค่อนข้างมาก ในการเอียงชุดกรวยแต่ละครั้ง จึงต้องใช้แรงในการพยุงค่อนข้างมาก เพื่อไม่ให้ชุดกรวยล้มลงมาทั้งชุด ซึ่งจะก่อให้เกิดความไม่สะดวกและอันตรายเป็นอย่างมากในขณะใช้งาน ดังนั้นในการออกแบบแท่นวางชุดกรวย จึงต้องออกแบบให้มีตุ้มถ่วงน้ำหนัก เพื่อสร้างความสมดุลในขณะเอียงชุดกรวย

2.2.4 ผลการออกแบบโครงสร้างเครื่อง

การออกแบบโครงสร้างเครื่องนั้น ได้ออกแบบให้มีความเหมาะสม ในการติดตั้งชุดอุปกรณ์ต่างๆ และคำนึงถึงความแข็งแรงเป็นพิเศษ เนื่องจากชุดกรวยมีน้ำหนักค่อนข้างมาก และในการยึดติดอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับโครงสร้างนั้นจะใช้สกรู เนื่องจากสามารถถอดประกอบได้ง่าย ในการแก้ไขหรือซ่อมแซม โครงสร้างที่ออกแบบจะใช้เหล็กหน้าตัดรูปตัวไอ (I-Beam) ในการสร้าง และโครงสร้างที่ออกแบบไว้ มีขนาด กว้าง 700 มิลลิเมตร ยาว 1443 มิลลิเมตร สูง 375 มิลลิเมตร

2.3 ผลการสร้างเครื่องต้นแบบ

หลังจากได้วางเกณฑ์การออกแบบ และทำการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นแล้ว จึงได้ดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ ซึ่งในการสร้างเครื่องต้นแบบนั้น จะเริ่มจากการจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ในการ สร้าง ซึ่งจะต้องทำการพิจารณาทั้งในด้านราคาและความเหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งผลการสร้างเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นตามที่ได้ออกแบบไว้ แสดงดังภาพที่ 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 10 เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

3. ผลการทดสอบและประเมินผลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากการทดลองเบื้องต้น โดยการใช้เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น ทำความสะอาดกรวยที่ติดคราบน้ำยางข้นของจริง โดยการทดลองปรับแรงดันน้ำในการทำความสะอาดที่ 50 100 150 200 บาร์ โดยปัจจัยที่นำมาพิจารณาคือ ความสะอาดของชุดกรวยกรองน้ำยางข้น การเคลื่อนที่ออกจากกันของกรวยเนื่องจากแรงดันน้ำ

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

การทดลองที่	แรงดันน้ำ (บาร์)	ความสะอาด	การเคลื่อนที่ออกจากกันของกรวย
1	50	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่	หลุดออกจากกันบางส่วน
2	100	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่	หลุดออกจากกันบางส่วน
3	150	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่	หลุดออกจากกันบางส่วน
4	200	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่	หลุดออกจากกันบางส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 11 ผลการทำความสะอาดด้วยเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

จากผลการทดสอบเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น แสดงดังตารางที่ 5 และภาพที่ 11 แสดงให้เห็นว่า เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ยังไม่สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ เห็นได้จากการนำไปทดลองใช้ทำความสะอาดกรวยที่ติดคราบน้ำยางข้นของจริง ผลปรากฏว่า ผิวกรวยด้านนอกยังมีคราบน้ำยางติดอยู่ลักษณะเป็นเส้นใย ส่วนสาเหตุหลักที่ทำให้คราบน้ำยางไม่หลุดออกนั้น มาจากลักษณะของผิวกรวยด้านนอกไม่เรียบมีปุ่มกลมติดอยู่รอบกรวย ทำให้ในขณะทำความสะอาดนั้น น้ำยางส่วนหนึ่งได้เข้าไปติดอยู่ตามปุ่มกลมต่างๆ และเมื่อคราบน้ำยางสัมผัสกับอากาศภายนอกเป็นระยะเวลาหนึ่ง คราบน้ำยางก็เกิดการแข็งตัวเป็นเส้นใย ส่วนผิวกรวยด้านในที่เป็นผิวเรียบนั้น เมื่อฉีดน้ำแรงดันสูงเข้าไปทำความสะอาด พบว่า คราบน้ำยางที่ติดอยู่สามารถหลุดออกได้ดีในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถใช้ในการผลักกรวยให้เคลื่อนที่หลุดออกจากกันได้ทุกอัน สาเหตุที่ทำให้กรวยบางอันไม่หลุดออกจากกันนั้น เกิดจากความเหนียวและปริมาณของคราบน้ำยางที่เกาะติดผิวกรวยแต่ละอันไม่เท่ากัน จึงทำให้กรวยบางอันซ้อนติดกันแน่นกว่าปกติ อย่างไรก็ตามในการทำความสะอาดนั้นจะต้องแยกกรวยให้หลุดออกจากกันได้ทุกอัน เพื่อที่จะสามารถทำความสะอาดผิวกรวยได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องเครื่องต้นแบบ

4.1 วิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา

จากผลการทดสอบและประเมินผล ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น จึงได้ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาดังกล่าว ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบเครื่องต้นแบบ

ปัญหาที่เกิดขึ้น	สาเหตุ	สิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุง
คราบน้ำยางไม่หลุดออก เกิดการจับตัวเป็นเส้นใย	1. ผิวกรวยด้านนอกมีลักษณะไม่เรียบ 2. แรงดันน้ำไม่พอที่จะสามารถทำให้คราบน้ำยางหลุดออกได้ 3. น้ำยางแข็งตัวเนื่องจากสัมผัสกับอากาศภายนอก	1. เพิ่มแรงดันน้ำให้สูงขึ้น 2. ไม่ให้กรวยสัมผัสกับอากาศภายนอกนานจนเกินไป
กรวยไม่เคลื่อนที่หลุดออกจากกัน	1. กรวยเกาะติดกันแน่นจนเกินไป 2. แรงดันน้ำไม่พอที่จะสามารถทำให้กรวยเคลื่อนที่หลุดออกจากกันได้	1. เพิ่มแรงดันน้ำให้สูงขึ้น 2. เพิ่มชุดอุปกรณ์ในการแยกชุดกรวยให้หลุดออกจากกัน

ผลการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดสอบเครื่องต้นแบบ จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึง ปัญหาและสาเหตุที่ทำให้การทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้นไม่ประสบผลสำเร็จตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบข้างต้น จึงได้วิเคราะห์ถึงสิ่งที่ต้องทำการแก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบ และวิธีในการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้น เมื่อทำการวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการแก้ไขปรุบปรุงแล้ว จึงเลือกทำการแก้ไขปรับปรุงในส่วนของวิธีการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้น จึงได้คิดค้นหาแนวทางในการปรับปรุงวิธีทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้นใหม่ ดังจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 หาแนวทางและดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

จากหัวข้อที่ 4.1 จึงได้หาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้น ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การทดลองใช้น้ำสบู่ในการทำความสะอาด

การทดลองนี้ จะใช้น้ำสบู่เหลว (Potassium Soap) ช่วยในการทำความสะอาดกรวย ซึ่งได้ทดลองทั้งหมด 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1. วิธีการใช้น้ำสบู่เติมลงในเครื่องปั่นขณะที่เครื่องกำลังหยุด ดำเนินการโดยการนำน้ำสบู่เหลว เติมลงในเครื่องปั่นน้ำยางข้น ในขณะที่เครื่องกำลังจะหยุดทำงาน จากนั้นจึงนำกรวยมาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด

2. วิธีการใช้น้ำสบู่ทำความสะอาดแผ่นกรวยก่อนนำมาทำความสะอาดด้วยน้ำ ดำเนินการโดย การฉีดน้ำสบู่เพื่อทำความสะอาดกรวย หลังจากนั้นจึงนำไปทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด

3. วิธีการแช่ชุดกรวยในน้ำสบู่ก่อนที่จะนำชุดกรวยมาทำความสะอาด ดำเนินการโดยการนำกรวยแช่ในถังน้ำที่บรรจุด้วยน้ำสบู่ หลังจากนั้นจึงนำชุดกรวยมาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด

จากการทดลองการใช้น้ำสบู่ช่วยในการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้นทั้ง 3 วิธีข้างต้น จากการสังเกต พบว่า การใช้น้ำสบู่ในแต่ละวิธีมีผลต่อการทำความสะอาดชุดกรวยน้อยมาก ซึ่งสังเกตจาก การทำความสะอาดแต่ละครั้งยังต้องอาศัยน้ำแรงดันสูงและวิธีการฉีดน้ำที่ต้องฉีดล้างแบบซ้ำๆ เพื่อให้คราบน้ำยางหลุดออก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการฉีดล้างโดยไม่ใช้น้ำสบู่ช่วยแล้ว ผลที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงสรุปได้ว่าวิธีนี้ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำความสะอาดชุดกรวย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.2 การทดลองทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นในกระบะน้ำ

การทดลองนี้ จะใช้วิธีการทำความสะอาดกรวยในน้ำเพื่อไม่ให้ชุดกรวยกรองน้ำยางข้นสัมผัสกับอากาศนานเกินไป และใช้แรงดันจากหัวฉีดน้ำทำให้น้ำเกิดการกระเพื่อมและกระแทกกับผิวกรวย เพื่อให้คราบน้ำยางที่ติดผิวกรวยหลุดออก ดำเนินการโดยสร้างชุดทดลองแสดงดังภาพที่ 12 โดยการใช้กล่องโฟม ขนาด 85 X 52 เซนติเมตร สูง 26 เซนติเมตร ทำเป็นกระบะน้ำ และหัวฉีดน้ำที่ใช้ทำจากฝาปิดท่อพีวีซี ขนาด ¾ นิ้วมาเจาะรูขนาด 5 มิลลิเมตร การทดลองจะนำกรวยจำนวน 4 อัน วางลงในกระบะ เปิดปั้มน้ำ แล้วสังเกตผลการทดลอง

ภาพที่ 12 การทดสอบทำความสะอาดในกระบะน้ำ

จากการทดลองทำความสะอาดกรวยในกระบะน้ำ ได้ผลการทดลองคือ เมื่อเริ่มทำการเปิดปั้มน้ำ น้ำก็จะเริ่มถูกปล่อยเข้าไปในกระบะผ่านหัวฉีดน้ำ เมื่อน้ำเริ่มท่วมกรวยทั้ง 4 อันแล้ว จากสังเกตพบว่า แรงดันน้ำจากหัวฉีดน้ำ จะทำให้น้ำที่อยู่ในกระบะเกิดการกระเพื่อม จึงทำให้น้ำกระแทกกับผิวกรวย เป็นผลให้คราบน้ำยางที่เกาะอยู่ที่ผิวกรวยหลุดออกได้ส่วนหนึ่ง แต่ยังคงมีบางส่วนที่พบว่าไม่สามารถทำให้หลุดออกได้ เนื่องจากแรงในการกระแทกของน้ำกับผิวกรวยน้อยเกินไป และถ้าจะทำให้น้ำมีแรงกระแทกผิวกรวย จนสามารถทำให้คราบน้ำยางที่ติดผิวกรวยหลุดออกได้นั้นจะต้องใช้น้ำแรงดันสูงมากในการทำความสะอาดประกอบกับอัตราการไหลที่ใช้ต้องมากขึ้นตามไปด้วย จึงสรุปได้ว่า วิธีการทำความสะอาดในกระบะน้ำโดยอาศัยแรงกระแทกของน้ำในการทำความสะอาด ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำความสะอาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2.3 การทดลองทำความสะอาดด้วยแปลงลูกกลิ้ง

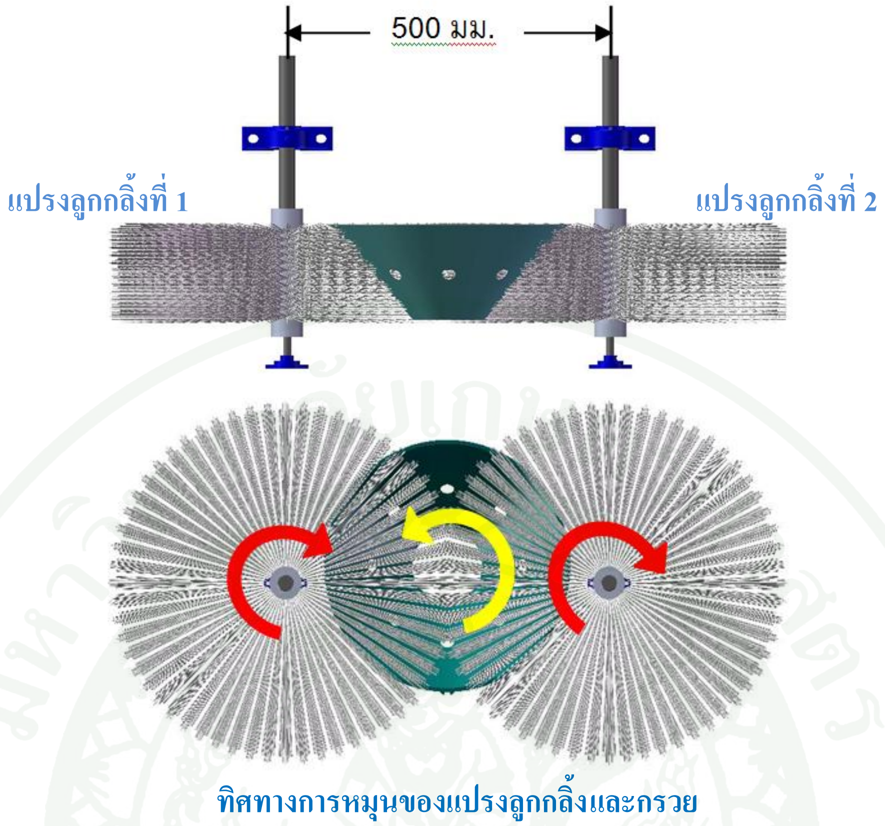
จากการศึกษาข้างต้น ได้ทำการทดลองฉีดน้ำแรงดันสูงทำความสะอาดผิวกรวย ในรูปแบบต่างๆ หลายวิธีการ พบว่า แรงดันน้ำเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้คราบน้ำยางที่ติดผิวกรวยหลุดออกได้หมด ซึ่งจะเห็นได้จาก ภายหลังการทำความสะอาด ผิวด้านนอกของกรวยปรากฏมีคราบน้ำยางติดอยู่ลักษณะเป็นเส้นใยตามปุ่มกลมต่างๆ ส่วนผิวกรวยด้านในปรากฏมีคราบน้ำยางติดอยู่เล็กน้อย ดังนั้นจึงได้คิดค้นหาแนวทางในการทำความสะอาด ซึ่งได้ผลคือ จะใช้แปรงลูกกลิ้งในการทำความสะอาดผิวกรวย เนื่องจากการใช้แปรงลูกกลิ้งในการขัดถูผิวกรวยจะมีลักษณะคล้ายกับการที่พนักงานใช้ผ้ากระสอบในการถูทำความสะอาด ซึ่งการใช้แปรงลูกกลิ้งจะใช้ทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก ส่วนผิวกรวยด้านในใช้น้ำแรงดันสูงในการทำความสะอาด เนื่องจากผิวกรวยด้านในเป็นผิวเรียบ และจากการทดลองข้างต้นยังพบว่าแรงดันน้ำสามารถทำให้คราบน้ำยางที่ติดผิวกรวยด้านในหลุดออกได้ดี

ดังนั้นในการทดลองทำความสะอาดกรวยด้วยแปลงลูกกลิ้ง จึงต้องดำเนินการสร้างเครื่องทดลองขึ้น เนื่องจากไม่สามารถดำเนินการแก้ไขปรับปรุงจากเครื่องเดิมได้ ซึ่งการส ร้างเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นด้วยแปรงลูกกลิ้ง จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ ชุดแปรงลูกกลิ้ง ชุดระบบฉีดน้ำ ชุดรางประคอง ระบบส่งกำลังและโครงสร้างของเครื่อง รายละเอียดของการออกแบบชุดอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่สร้างขึ้นเป็นต้นแบบจะขออธิบายเป็นส่วนๆ ตามลำดับดังนี้

การออกแบบชุดแปรงลูกกลิ้ง

ชุดทดสอบเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ออกแบบ จะประกอบไปด้วย ชุดแปรงลูกกลิ้ง จำนวน 2 ชุด โดยจะวางแปรงลูกกลิ้งในแนวตั้ง ห่างกันเป็นระยะ 500 มิลลิเมตร หมุนในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้แผ่นกรวยสามารถหมุนรอบตัวเองได้ แสดงดังภาพที่ 13 มีหลักการทำงานคือ เมื่อแผ่นกรวยถูกลำเลียงผ่านแปรงลูกกลิ้งที่หมุนด้วยความเร็ว ขนแปรงที่ยึดติดอยู่กับแกนแปรงจะกระจายตัวออกและขัดถูบริเวณผิวกรวยด้านนอก และแรงหมุนจากแปรงลูกกลิ้งนี้จะทำให้แผ่นกรวยหมุนรอบตัวเองในทิศทางตรงข้ามกับแปรงลูกกลิ้ง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 ชุดแปรงลูกกลิ้งที่ออกแบบ

การออกแบบชุดระบบฉีดน้ำ

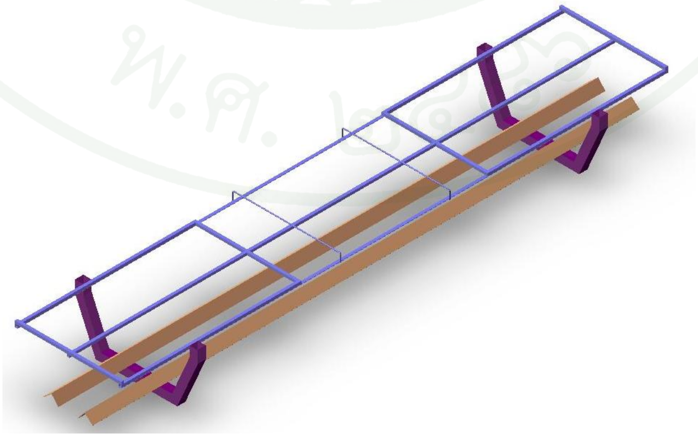
ระบบฉีดน้ำที่ออกแบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรก ใช้ในการฉีดล้างทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน โดยจะวางแนวหัวฉีดน้ำ จำนวน 2 แนว ให้เยื้องกันเล็กน้อย เพื่อในการฉีดล้างจะได้ครอบคลุมผิวกรวยด้านในทั้งหมด ซึ่งแต่ละแนวจะประกอบไปด้วยหัวฉีดน้ำ 2 หัว ยึดติดกับหัวจ่ายน้ำ แสดงดังภาพที่ 14 ส่วนที่สองทำหน้าที่ฉีดน้ำเพื่อหล่อลื่นการขัดถูระหว่างแปรงลูกกลิ้งกับผิวกรวยด้านนอกและขจัดคราบน้ำยางที่ติดอยู่บางส่วนในขณะทำความสะอาดด้วยแปรงลูกกลิ้ง โดยจะวางหัวฉีดน้ำไว้ด้านข้างของแผ่นกรวย จำนวน 2 หัว และให้มีทิศทางการฉีดน้ำมายังกึ่งกลางแผ่นกรวย ส่วนที่สามจะติดตั้งอยู่ด้านหลังทางออกของเครื่อง บนหัวจ่ายน้ำหลัก เพื่อทำหน้าที่ในการทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน ครั้งสุดท้ายก่อนที่จะออกจากเครื่องล้าง ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดระบบฉีดน้ำได้แก่ หัวฉีดน้ำ สายน้ำแรงดันสูง หัวจ่ายน้ำ ปั๊มน้ำแรงดันสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 14 ระบบฉีดน้ำทำความสะอาดผิวกรวยด้านในที่ออกแบบ

การออกแบบชุดรางประคอง

ชุดรางประคองที่ออกแบบ จะมีหน้าที่ประคองแผ่นกรวยไม่ให้ล้มหรือลอยหลุดออกจากตัวเครื่องในขณะที่โดนแรงเหวี่ยงจากแปรงลูกกลิ้ง ส่วนประกอบสำคัญคือ ร่องที่ใช้ในการใส่แผ่นครีบที่ยื่นออกจากฐานกรวย ซึ่งร่องนี้จะทำให้กรวยสามารถเคลื่อนที่ไปได้โดยที่ไม่มีการล้มหรือเอียงไปด้านได้ด้านหนึ่งมากจนเกินไป อีกทั้งในการทำความสะอาดจะต้องให้แผ่นกรวยสามารถหมุนรอบตัวเองได้ เพื่อที่จะสามารถทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึง ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ความกว้างของร่องมีขนาดใหญ่กว่าครีบเล็กน้อย และในระหว่างช่วงแปรงลูกกลิ้งจะต้องเลือกวัสดุในการสร้างร่องให้มีความหนาน้อยที่สุด เพื่อให้แปรงลูกกลิ้งได้สัมผัสกับผิวกรวยมากที่สุด ซึ่งได้ผลการออกแบบ แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ชุดรางประคองที่ได้ออกแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังจะประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.8 แรงม้า เพลาส่งกำลังหลัก สายพานและล้อสายพาน ซึ่งการออกแบบนั้นจะประยุกต์ใช้ทฤษฎีและความรู้ทางด้านการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ซึ่งตัวอย่างการคำนวณการออกแบบได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค

การออกแบบโครงสร้างเครื่อง

โครงสร้างของเครื่อง ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะคำนึงถึงขนาดสั ดส่วนที่เหมาะสมที่จะนำไปทดสอบ ใช้งาน และสามารถปรับปรุงแก้ไขได้ง่าย โครงสร้างที่ออกแบบมีขนาด กว้าง 1080 มิลลิเมตร ยาว 1500 มิลลิเมตร สูง 800 มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้สร้างส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กฉาก ขนาด 40X40 มิลลิเมตร มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด

หลังจากได้คำนวณ และออกแบบขนาดต่างๆ ของชุดทดสอบทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นโดยการใช้แปรงลูกกลิ้งแล้ว จึงดำเนินการสร้างชุดทดสอบทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ ได้ผลการสร้างชุดทดสอบดังภาพที่ 16

ภาพที่ 16 ชุดทดสอบทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ได้สร้างเสร็จ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ทดสอบและประเมินผลการแก้ไขปรับปรุง

หลังจากได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นแล้ว ได้ทำการทดสอบ เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นด้วยแปรงลูกกลิ้ง โดยการทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

4.3.1 ทดสอบทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก

การทดสอบทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก ซึ่งใช้แปรงลูกกลิ้งในการทำความสะอาดนั้น ดำเนินการโดย ใช้ตัวอย่างน้ำยางข้นที่ได้นำมาจากโรงงาน เทลงบนผิวกรวย แสดงดังภาพที่ 17 แล้วนำกรวยไปทดสอบทำความสะอาดด้วยเครื่องที่ได้สร้างขึ้น โดยเริ่มความเร็วรอบแปรงลูกกลิ้งที่ 100 รอบต่อนาที ทำซ้ำโดยการเพิ่มความเร็วรอบขึ้นครั้งละ 50 รอบต่อนาที จนถึงความเร็ว 400 รอบต่อนาที ซึ่งผลการทดสอบ ได้แสดงดังตารางที่ 7 และภาพที่ 18

ภาพที่ 17 ผลการเทน้ำยางข้นลงบนกรวย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก

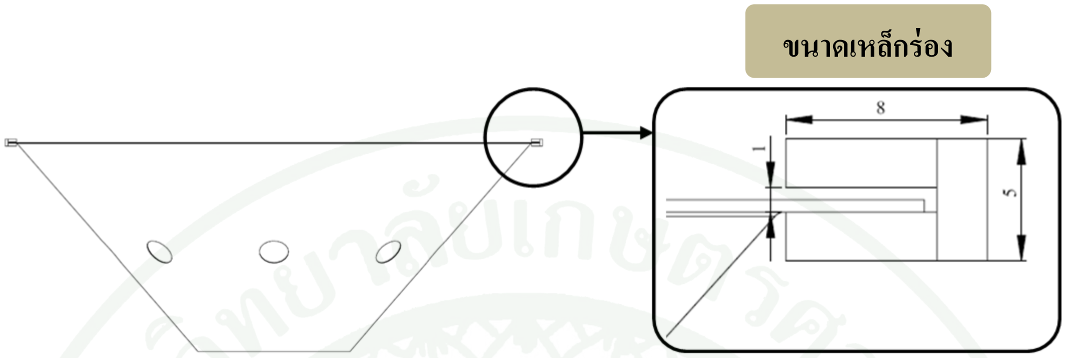
ตัวอย่างที่	ความเร็วรอบแปรงลูกกลิ้ง (rpm)	ผลการทำความสะอาด
1	100	ไม่สะอาด กรวยไม่หมุน
2	150	ไม่สะอาด กรวยไม่หมุน
3	200	ไม่สะอาด กรวยไม่หมุน
4	250	สะอาด กรวยหมุน
5	300	สะอาด กรวยหมุน
6	350	สะอาด กรวยหมุน
7	400	สะอาด กรวยหมุน

ภาพที่ 18 ผลการทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก

จากการทดลองข้างต้น พบว่าช่วงความเร็วของแปรงลูกกลิ้งระหว่าง 100 ถึง 200 รอบต่อนาที นั้นผิวกรวยด้านนอกไม่สะอาดและกรวยไม่หมุน ส่วนช่วงความเร็วตั้งแต่ 250 ถึง 400 รอบต่อนาที จะทำความสะอาดกรวยได้ดี จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอก โดยวิธีการใช้แปรงลูกกลิ้งสามารถทำความสะอาดผิวกรวยด้านนอกได้ดี และจากการทดลองยังพบอีกว่า ขนาดเหล็กร่องที่ใช้ใส่แผ่นครีบนั้นจะต้องไม่ใหญ่เกินไป เพราะเหล็กร่องใหญ่เกินไป แปรงลูกกลิ้งไม่สามารถทำความสะอาดได้ทั่วถึง ดังนั้นเหล็กร่องควรมีขนาดเล็กใกล้เคียงกับขนาดของแผ่นครีบ และการสร้างจะต้องคำนึงถึงความความแม่นยำในการประกอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นหลัก เนื่องจากเหล็กร่องมีขนาดเล็กและยาว อาจจะทำให้เกิดการโก่งงอของเหล็กร่องได้ ขนาดของเหล็กร่องที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงแล้ว แสดงดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แบบแสดงเหล็กร่องที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไข

4.3.2 ทดสอบทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน

การทดสอบทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน ซึ่งใช้น้ำแรงดันสูงในการทำความสะอาดนั้น ดำเนินการโดย ใช้ตัวอย่างน้ำยางข้นที่ได้นำมาจากโรงงาน เทลงบนผิวกรวยเช่นเดียวกันกับหัวข้อที่ 4.3.1 แล้วนำกรวยไปทดสอบทำความสะอาดด้วยเครื่องที่ได้สร้างขึ้น โดยการปรับแรงดันน้ำที่ 50 100 150 200 บาร์ ซึ่งผลการทดสอบ ได้แสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่ 20

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน

การทดลองที่	แรงดันน้ำ (บาร์)	ผลการทำความสะอาด
1	50	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่
2	100	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่
3	150	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่เล็กน้อย
4	200	ไม่สะอาด มีคราบน้ำยางติดอยู่เล็กน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 20 ผลการทำความสะอาดผิวกรวยด้านใน

จากการทดลองข้างต้น ปรากฏว่าช่วงแรงดันน้ำระหว่าง 50 ถึง100 บาร์นั้น ไม่สามารถทำให้คราบน้ำยางหลุดออกได้ ส่วนช่วงแรงดันน้ำตั้งแต่ 150 ถึง 200 บาร์ จะทำให้คราบน้ำยางหลุดออกได้ดีในระดับหนึ่ง จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดผิวกรวยด้านในโดยการใช้น้ำแรงดันสูงไม่สามารถทำให้คราบน้ำยางที่ติดผิวกรวยหลุดออกได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

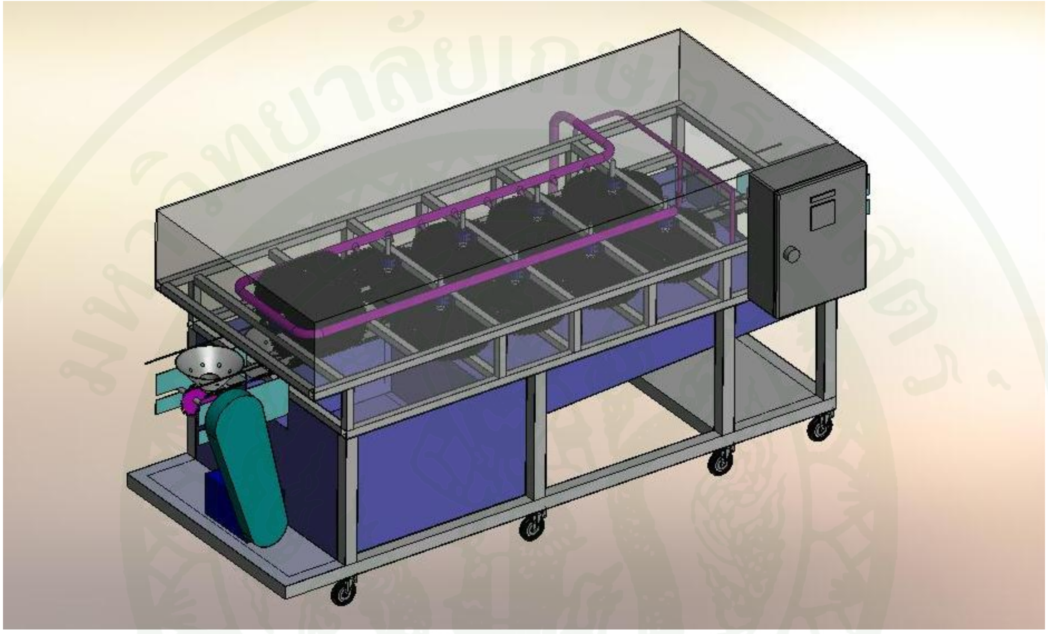
ขั้นตอนการผลิตน้ำยางข้นนั้น ขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญคือ ขั้นตอนในการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้น เนื่องจากชุดกรวยกรองน้ำยางข้นเป็นอุปกรณ์สำคัญในการผลิตน้ำอย่างข้นด้วยวิธีการปั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูง ซึ่งการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้นในปัจจุบันจะใช้แรงงานคนเป็นหลัก ซึ่งมีปัญหาและความเหนื่อยยากในการทำงานอยู่หลายประการ ได้แก่ความไม่ปลอดภัยในการปฏิบัติงาน กลิ่นแอมโมเนียภายในโรงงาน และการขาดแคลนแรงงาน เพื่อผ่อนคลายปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาเครื่องจักรที่สามารถใช้แทนแรงงานคนในการทำความสะอาดชุดกรวยกรองน้ำยางข้นได้

ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นขึ้น โดยการคิดค้นหาแนวทางและวิธีการต่างๆ ในการพัฒนา คือ การทำความสะอาดด้วยระบบฉีดน้ำแรงดันสูง การใช้น้ำสบู่ช่วยในการทำความสะอาด การทำความสะอาดในกระบะน้ำ และการใช้แปรงลูกกลิ้งในการทำความสะอาด ซึ่งแต่ละวิธีได้ทำการสร้างชุดทดลองขึ้นและทดลองใช้ทำความสะอาดกับกรวยที่ติดคราบน้ำยางข้น

หลังจากได้ทำการทดลองด้วยวิธีการทำความสะอาดด้วยระบบฉีดน้ำแรงดันสูง การใช้น้ำสบู่ช่วยในการทำความสะอาด และการทำความสะอาดในกระบะน้ำ ผลปรากฏว่า วิธีดังกล่าวไม่สามารถทำให้คราบน้ำยางที่ติดอยู่ที่ผิวกรวยด้านนอกหลุดออกได้ หลังจากนั้นจึงได้ทดลองใช้แปรงลูกกลิ้งในการทำความสะอาด ผลปรากฏว่าแปรงลูกกลิ้งสามารถทำให้คราบน้ำยางที่ติดอยู่ที่ผิวกรวยด้านนอกหลุดออกได้ดี ซึ่งช่วงความเร็วของแปรงลูกกลิ้งที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่างอ 250 ถึง 400 รอบต่อนาที และได้ทำการทดลองทำความสะอาดผิวกรวยด้านในด้วยการฉีดน้ำแรงดันสูง ที่แรงดันน้ำ 50 ถึง 200 บาร์ พบว่า ผิวกรวยด้านในไม่สะอาด มีคราบคราบน้ำยางติดอยู่ อย่างไรก็ตามการที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมจริงเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนนั้นคงยังต้องถูกนำไปปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลดังกล่าว เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้นแบบ ควรจะใช้แปรงลูกกลิ้งในการทำความสะอาดทั้งผิวกรวยด้านนอกและด้านใน รูปแบบแสดงดังในภาพที่ 21 เนื่องจากการจัดสร้างเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้องอาศัยช่างที่มีประสบการณ์ และระยะเวลาในการสร้างพอสมควร ดังนั้นจึงได้ดำเนินการจัดส่งแบบที่สมบูรณ์ให้แก่ทางโรงงานเพื่อดำเนินการสร้างต่อไป



ภาพที่ 21 เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นต้นแบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นนี้ ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย แต่อย่างไรก็ตามการที่จะนำไปใช้งานได้จริง ควรจะต้องทำการพัฒนาและแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไป ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไข ดังต่อไปนี้

1. ควรพัฒนาเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น ให้มีประสิทธิภาพในการอำนวยความสะดวกที่สูงขึ้น โดยการพัฒนาให้เครื่องสามารถแยกชุดกรวยออกจากกันเพื่อป้อนเข้าสู่ชุดล้างและจัดเรียงกรวยให้สามารถนำกลับไปใช้งานได้ทันทีภายหลังการทำความสะอาดเสร็จแล้ว ดังนั้นเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น ควรประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนชุดแยกกรวย ส่วนชุดล้าง และส่วนชุดจัดเรียงกรวย งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาในส่วนของชุดล้าง ซึ่งรายละเอียดดังได้กล่าวในผลของการวิจัยข้างต้น

2. ควรทำการศึกษาและปรับปรุงแก้ไข ส่วนร่องที่ใช้ใส่แผ่นครีบฐานกรวย โดยออกแบบให้มีขนาดที่เหมาะสม เพื่อให้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดเพิ่มขึ้น เนื่องจากร่องมีขนาดค่อนข้างเล็ก ดังนั้นในการสร้างควรให้ความสำคัญกับความแม่นยำในการผลิตและประกอบชิ้นส่วนให้มีความเที่ยงตรง

3. ควรทำการศึกษาเพิ่มในส่วนของวิธีการวัดระดับความสะอาด เพื่อเป็นเกณฑ์การพิจารณาความสามารถในการทำความสะอาดของเครื่องต้นแบบ โดยอาจจะใช้วิธีการชั่งน้ำหนักของกรวยทั้งก่อนและหลังทำความสะอาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลุ่มยางพารา. 2533. **คู่มือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เรื่องยางพารา.** กองส่งเสริมพืชพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ชัยยง ศิริพรมงคลชัย. 2546. **การสร้างและหาประสิทธิภาพเครื่องล้างคราบน้ำมัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วราภรณ์ ขจรไชยกุล. 2537. **ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ.** สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2541. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1.** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

_______และ_______. 2541. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2.** บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. 2551. **การส่งออกสินค้าสำคัญของไทยเรียงตามมูลค่า ปี 2546 – 2550 หมวดสินค้าเกษตรกรรม.** แหล่งที่มา: http://www2.ops3.moc.go.th/export/recode_export_rank/report.asp, 9 ธันวาคม 2552.

The Polymer Science Learning Center. 2005. **Meet Polyisoprene.** Available Source: http://pslc.ws/macrog/exp/rubber/sepisode/meet.htm, March 26, 2009

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ตารางผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 การส่งออกสินค้าหมวดเกษตรกรรม (กสิกรรม, ปศุสัตว์, ประมง) ของไทย 10 อันดับแรก ปี 2550

ลำดับ	รายการสินค้า	มูลค่า (ล้านบาท)	อัตราการขยายตัว (ร้อยละ)
1	ยางพารา	194,338.73	-5.42
2	ข้าว	119,215.43	21.43
3	ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง	48,552.24	11.88
4	กุ้งสดแช่เย็น แช่แข็ง	42,418.14	-0.96
5	ไก่แปรรูป	31,982.65	11.41
6	ปลาหมึกสดแช่เย็น แช่แข็ง	14,403.68	2.82
7	ผลไม้สดแช่เย็น แช่แข็งและแห้ง	13,200.08	9.65
8	เนื้อปลาสดแช่เย็น แช่แข็ง	11,433.16	-2.75
9	ปลาสด แช่เย็น แช่แข็ง	7,609.79	29.55
10	ผักสดแช่เย็น แช่แข็งและแห้ง	6,867.14	-4.01

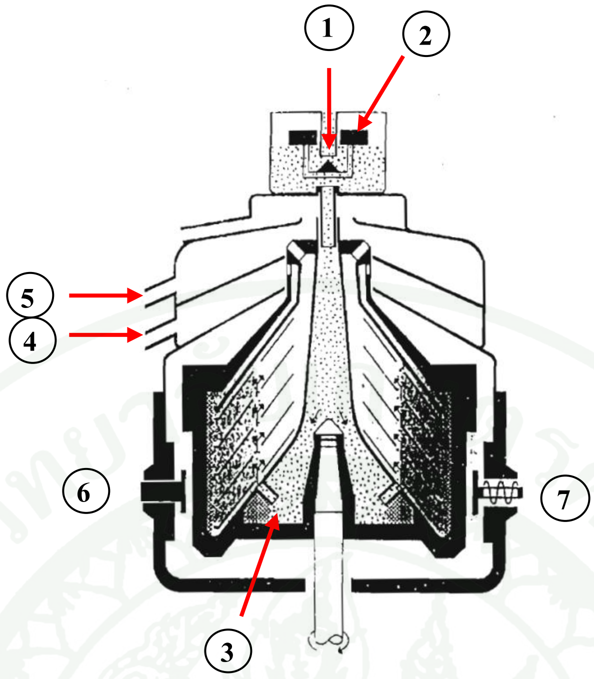
ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร (2551)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ภาพผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



1 Feed

2 Feed cup with float

3 Distribution tubes

4 Outlet for the skin

5 Outlet for the concentrate

6 Mechanical brake

7 Magnetic brake

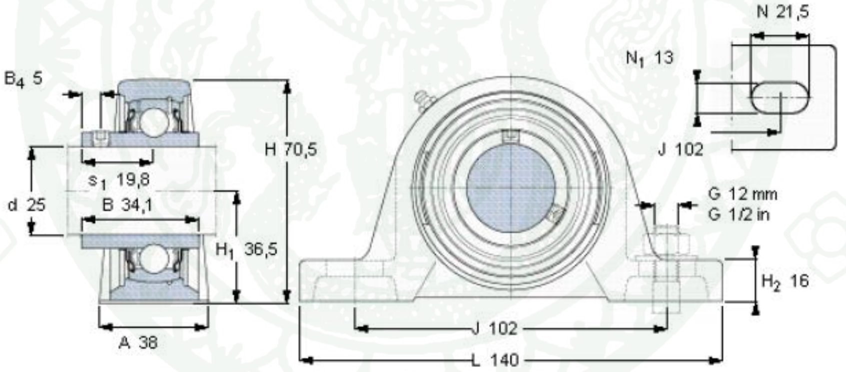
ภาพผนวกที่ ข1 ภาพตัดตามยาวของเครื่องปั่นความเร็วสูง

ที่มา: วราภรณ์ (2537)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Y-bearing plummer block units, cast housing, grub screw locking, metric bearings

Dimensions					Basic load ratings		Limiting speed	Mass	Designations		
					dynamic	static	with shaft tolerance h6		Bearing unit	Housing	Bearing
d	A	H	H_1	L	C	C_0					
mm					kN		r/min	kg	-		
25	38	70,5	36,5	140	14	7,8	7000	0,73	SYJ 25 TF	SYJ 505	YAR 205-2F



Grub screw	M 6×0.75
Recommended tightening torque [Nm]	4
Hexagonal key size [mm]	3

ภาพผนวกที่ ข2 ข้อมูลทางเ ทคนิคแบริ่ง SYJ 25 TF

ที่มา : บริษัทเอสเคเอฟ (ประเ ทศไทย) จำกัด (2549)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณชิ้นส่วนของเครื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวอย่างการคำนวณและการออกแบบเครื่องต้นแบบ

การออกแบบระบบถ่ายทอดกำลังโดยใช้สายพานลิ่ม

สายพานที่เลือกใช้เป็นสายพานลิ่ม เนื่องจากสามารถรับแรงกระตุกได้ดี ทำงานเรียบ สะอาด ขนาดกะทัดรัด และมีประสิทธิภาพดี แบริ่งไม่ต้องรับภาระมาก เครื่องล้างกรวยกรองน้ำยางข้นมีจุดส่งกำลัง 3 จุด คือ

1. สายพานจากมอเตอร์ไปยังเพลาส่งกำลังหลัก (ช่วงที่ 1)
2. สายพานจากเพลาส่งกำลังหลักไปยังเพลาชุดแปรงลูกกลิ้งที่ 1 (ช่วงที่ 2)
3. สายพานจากเพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 1 ไปยัง เพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 2 (ช่วงที่ 3)

ดำเนินการคำนวณออกแบบตามลำดับดังนี้

การคำนวณสายพานจากมอเตอร์ไปยังเพลาส่งกำลังหลัก (ช่วงที่ 1)

เครื่องทำความสะอาดกรวยกรองงน้ำยางข้นใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.8 แรงม้า หรือ 0.596 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบของเพลามอเตอร์ (เพลาที่ 1) มีค่า 1430 รอบต่อนาที อัตราทดจากเพลาของมอเตอร์ไปยังเพลาส่งกำลังหลัก คือ 1.56

ประมาณกำลังออกแบบสายพานลิ่มช่วงที่ 1 ได้ โดยใช้สมการ

$$P_{d1} = W_{p1} \times N_s$$

ในการออกแบบเครื่องล้างกรวยกรองน้ำยางข้น จะออกแบบให้ใช้งาน 10 ถึง 16 ชั่วโมงต่อวัน ลักษณะการใช้งานจัดอยู่ในประเภทงานปานกลาง ดังนั้นจึงเลือกค่าตัวประกอบใช้งาน โดยได้ค่าดังนี้

$$N_s = 1.2$$

ดังนั้นสามารถประมาณกำลังออกแบบสายพานลิ่มช่วงที่ 1 ได้

$$P_{d1} = (0.596)(1.2)$$

$P_{d1} = 0.71$ กิโลวัตต์

หาขนาดของหน้าตัดโดยประมาณของสายพานลิ่มสำหรับถ่ายทอดกำลัง โดยใช้ค่า P_{d1} = 0.71 กิโลวัตต์ และ $n_1 = 1430$ รอบต่อนาที

เลือกสายพานลิ่มหน้าตัด “A”

สามารถเลือกใช้ ขนาดล้อสายพานลิ่ม ได้ดังนี้

เลือกขนาด d_{P1} ได้ 80 มิลลิเมตร

หาขนาด D_{P1} ได้จากสมการ

$$D_{P1} = (i_1)(d_{P1})$$

$$D_{P1} = 1.56 \times 80 = 124.8 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้ล้อสายพานตัวใหญ่ (D_{P1}) ขนาด 125 มิลลิเมตร

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน (ช่วงที่ 1) ได้ดังนี้

ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานช่วงที่มากที่สุด (C_{max})

จากสมการ

$$C_{max} = 2(d_{P1} + D_{P1})$$

$$C_{max} = 2(80 + 125) = 410 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานช่วงที่น้อยที่สุด (C_{min})

จากสมการ

$$C_{min} = 0.7(d_{P1} + D_{P1})$$

$$C_{min} = 0.7(80 + 125) = 143.5 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

ทดลองเลือกค่า C = 400 มิลลิเมตร ไปแทนค่าหาความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มได้ โดยใช้สมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$L_{p1} = 2C + 1.57(D_{P1} + d_{P1}) + \frac{(D_{P1} - d_{P1})^2}{4C}$$

ดังนั้นสามารถหาความยาวพิตช์โดยประมาณได้ดังนี้

$$L_{p1} = 2(400) + 1.57(125 + 80) + \frac{(125 - 80)^2}{4(400)}$$

$$L_{p1} = 1123.12 \approx 1123 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

เลือกความยาวพิตช์ของสายพานที่มีใช้จริงได้ $L_{p1} = 1120$ มิลลิเมตร หรือ 44 นิ้ว คือสายพานลิ่มเบอร์ A-44

หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริง (C_1) โดยใช้สมการ

$$C_1 = P + \sqrt{P^2 - q}$$

เมื่อ $$P = 0.25L_{p1} - 0.393(D_{P1} + d_{P1})$$

$$P = 0.25(1120) - 0.393(125 + 80) = 199.44$$

และ $$q = 0.125(D_{P1} - d_{P1})^2$$

$$q = 0.125(125 - 80)^2 = 253.13$$

แทนค่า P และ q ที่ได้ เพื่อหาค่าระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริงซึ่งได้ผลดังนี้

$$C_1 = 199.44 + \sqrt{199.44^2 - 253.13} \approx 397 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

หาส่วนโค้งสัมผัส ได้จากสมการ

$$\frac{D_{P1} - d_{P1}}{C_1} = \frac{125 - 80}{397} = 0.11$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หาตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (N_a) โดยใช้ค่า $\frac{D_{P1}-d_{P1}}{C_1}=0.11$ เลือกได้

$$Na = 0.97$$

หาค่าตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (N_l) โดยใช้ค่า L_{P1} = 1120 เลือกได้

$$N_l = 0.9$$

หาค่ากำลังที่สายพานลิ่มส่งได้ต่อเส้น (P_{R1}) โดยใช้ค่า $d_{P1}=80$ มิลลิเมตร, $i_1=1.56$ และ $n_1=1430$ รอบต่อ เลือกได้

P_{R1} = 1.16 กิโลวัตต์

หาจำนวนเส้นของสายพานลิ่ม ได้จากสมการ

$$Z=\frac{W_{P1}N_S}{P_{R1}N_aN_l}$$

$$Z=\frac{(0.596)(1.2)}{(1.16)(0.97)(0.9)}=0.71 \quad \text{เส้น}$$

$$Z=1 \quad \text{เส้น} \quad \text{(ปัดเป็นจำนวนเต็ม)}$$

ดังนั้น เลือกสายพานจากมอเตอร์ไปยังเพลาส่งกำลังหลักได้ สายพานหน้าตัด “A” ความยาวพิตช์ 1120 มิลลิเมตร มีชื่อมาตรฐานคือ A x 1120L_i จำนวน 1 เส้น

หาความเร็วของสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง

$$v_1=\pi d_{P1}n_1$$

$$v_1=\pi\left(\frac{80}{1000}\right)\left(\frac{1430}{60}\right)$$

$$v_1=5.99 \quad \text{เมตรต่อวินาที}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเร็วของสายพานลิ่มที่ออกแบบมีค่าน้อยกว่า 30 เมตรต่อนาที ถือว่าใช้ได้

หาแรงดึงในสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง

$$F_1 = \frac{W_{P1}}{v_1}$$

$$F_1 = \frac{0.596 \times 1000}{5.99}$$

$$F_1 = 100 \quad \text{นิวตัน}$$

หาแรงดึงชั้นต้นในสายพานลิ่ม ได้จากสมการ

$$F_i = (K_1 F + Z K_2 v_1^{\ 2}) \sin \frac{\alpha}{2}$$

โดยหาค่า ตัวประกอบใช้งาน , $k_1 = 1.5$

ค่าตัวประกอบ , $k_2 = 0.217$

มุมสัมผัสของสายพาน, α หาได้จากสมการ

$$\alpha = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D_{P1} - d_{p1}}{2C_1}\right)$$

จะได้

$$\alpha = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{125 - 80}{2(397)}\right)$$

$$\alpha = 3.08 \quad \text{rad}$$

$$\alpha = 177^{\circ}$$

จะได้แรงดึงชั้นต้นในสายพานลิ่ม

$$F_i = \left[(1.5)(100) + (1)(0.217)(5.99)^2\right]\sin\left(\frac{177}{2}\right)$$

$$F_i = 157.73 \quad \text{นิวตัน}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณสายพานจากเพลาส่งกำลังหลักไปยังเพลาชุดแปรงลูกกลิ้งที่ 1 (ช่วงที่ 2)

หาอัตราเร็วรอบของเพลาส่งกำลังหลัก (เพลาที่ 2)

$$n_2 = n_1\left(\frac{d_{P1}}{D_{P1}}\right)$$

$$n_2 = 1430 \times \left(\frac{80}{125}\right)$$

$$n_2 = 915.2 \quad \text{รอบต่อนาที}$$

การส่งกำลังในช่วงที่ 2 เลือกใช้สายพานลิ่มหน้าตัด "A" และล้อสายพานตัวเล็ก (d_{P2}) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์เท่ากับ 80 มิลลิเมตร ที่เพลาที่ 2 และ ล้อสายพานตัวใหญ่ (D_{P2}) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์เท่ากับ 180 มิลลิเมตร ที่เพลาที่ 3

อัตราทดของการส่งกำลังในช่วงที่ 2

$$i_2 = \frac{D_{p2}}{d_{p2}} = \frac{180}{80} = 2.25$$

คำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางล้อสายพาน (ช่วงที่ 2) ได้ดังนี้

ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานช่วงที่มากที่สุด $(C_{\max})$

จากสมการ $\quad C_{\max} = 2(d_{P2} + D_{P2})$

$$C_{\max} = 2(80 + 180) = 520 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

ระยะห่างของเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานช่วงที่น้อยที่สุด $(C_{\min})$

จากสมการ $\quad C_{\min} = 0.7(d_{P2} + D_{P2})$

$$C_{\min} = 0.7(80 + 180) = 182 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

ทดลองเลือกค่า C = 500 มิลลิเมตร ไปแทนค่าหาความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มได้ โดยใช้สมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$L_{p2} = 2C + 1.57(D_{P2} + d_{P2}) + \frac{(D_{P2} - d_{P2})^2}{4C}$$

ดังนั้นสามารถหาความยาวพิตช์โดยประมาณได้ดังนี้

$$L_{p2} = 2(500) + 1.57(180 + 80) + \frac{(180 - 80)^2}{4(500)}$$

$L_{p2} = 1310.6 \approx 1311$ มิลลิเมตร

เลือกความยาวพิตช์ของสายพานที่มีใช้จริงได้ $L_{p2} = 1300$ มิลลิเมตร หรือ 51 นิ้ว คือสายพานลิ่มเบอร์ A-51

หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริง (C_2) โดยใช้สมการ

$$C_2 = P + \sqrt{P^2 - q}$$

เมื่อ $P = 0.25L_{p2} - 0.393(D_{P2} + d_{P2})$

$P = 0.25(1300) - 0.393(180 + 80) = 222.82$

และ $q = 0.125(D_{P2} - d_{P2})^2$

$q = 0.125(180 - 80)^2 = 1250$

แทนค่า P และ q ที่ได้ เพื่อหาค่าระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริงซึ่งได้ผลดังนี้

$C_2 = 222.82 + \sqrt{222.82^2 - 1250} \approx 443$ มิลลิเมตร

หาส่วนโค้งสัมผัส ได้จากสมการ

$$\frac{D_{P2} - d_{P2}}{C_2} = \frac{180 - 80}{500} = 0.2$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หาตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (N_a) โดยใช้ค่า $\frac{D_{P2}-d_{P2}}{C_2}=0.2$ เลือกได้

Na = 0.97

หาค่าตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (N_l) โดยใช้ค่า L_{P2} = 1300 เลือกได้

N_l = 0.93

หาค่ากำลังที่สายพานลิ่มส่งได้ต่อเส้น (P_{R2}) โดยใช้ค่า $d_{P2}=80$ มิลลิเมตร, $i_2=2.25$ และ $n_2=915.2$ รอบต่อนาที เลือกได้

P_{R2} = 0.84 กิโลวัตต์

หาจำนวนเส้นของสายพานลิ่ม ได้จากสมการ

$$Z=\frac{W_{P2}N_S}{P_{R2}N_aN_l}$$

เมื่อกำหนดให้ $W_{P2}=W_{P1}=0.596$ กิโลวัตต์ ดังนั้นจำนวนเส้นของสายพานลิ่มคือ

$$Z=\frac{(0.596)(1.2)}{(0.84)(0.97)(0.93)}=0.94 \text{ เส้น}$$

$$Z=1 \text{ เส้น (ปัดเป็นจำวนเต็ม)}$$

เลือกสายพานจากเพลาส่งกำลังหลักไปยังเพลาชุดแปรงลูกกลิ้งที่ 1 ได้ สายพานหน้าตัด “A” ความยาวพิตช์ 1300 มิลลิเมตร มีชื่อมาตรฐานคือ A x 1300L_i จำนวน 1 เส้น

หาความเร็วของสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง

$$v_2=\pi d_{P2}n_2$$

$$v_2=\pi\left(\frac{80}{1000}\right)\left(\frac{915.2}{60}\right)$$

$$v_2=3.83 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความเร็วของสายพานลิ่มที่ออกแบบมีค่าน้อยกว่า 30 เมตรต่อนาที ถือว่าใช้ได้

หาแรงดึงในสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง

$$F_2 = \frac{W_{P2}}{v_2}$$

$$F_2 = \frac{0.596 \times 1000}{3.83}$$

$$F_2 = 155.6 \quad \text{นิวตัน}$$

การคำนวณสายพานจากเพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 1 ไปยัง เพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 2 (ช่วงที่ 3)

หาอัตราเร็วรอบของเพลาเพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 1 (เพลาที่ 3)

$$n_3 = n_2\left(\frac{d_{P2}}{D_{P2}}\right)$$

$$n_3 = 915.2 \times \left(\frac{80}{180}\right)$$

$$n_3 = 406.76 \quad \text{รอบต่อนาที}$$

การส่งกำลังในช่วงที่ 3 เลือกใช้สายพานลิ่มหน้าตัด "A" และให้อัตราทดในช่วงที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้น จึงเลือกล้อสายพาน d_{P3} และ D_{P3} ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ คือ 80 มิลลิเมตร และระยะระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานมีค่าเท่ากับ 500 มิลลิเมตร

หาความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มในช่วงที่ 3

$$L_{p3} = 2C_3 + 1.57(D_{P3} + d_{P3}) + \frac{(D_{P3} - d_{P3})^2}{4C_3}$$

$$L_{p3} = 2(500) + 1.57(80 + 80) + \frac{(80 - 80)^2}{4(500)}$$

$$L_{p3} = 1251.2 \approx 1251 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลือกความยาวพิตช์ของสายพานที่มีใช้จริงได้ $L_{p3} = 1250$ มิลลิเมตร หรือ 49 นิ้ว คือสายพานลิ่มเบอร์ A-49

หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริง (C_3) โดยใช้สมการ

$$C_3 = P + \sqrt{P^2 - q}$$

เมื่อ $P = 0.25L_{p3} - 0.393(D_{P3} + d_{P3})$

$P = 0.25(1250) - 0.393(80 + 80) = 249.62$

และ $q = 0.125(D_{P3} - d_{P3})^2$

$q = 0.125(80 - 80)^2 = 0$

แทนค่า P และ q ที่ได้ เพื่อหาค่าระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของล้อสายพานที่แท้จริงซึ่งได้ผลดังนี้

$$C_3 = 249.62 + \sqrt{249.62^2 - 1250} \approx 496.7 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

หาส่วนโค้งสัมผัส ได้จากสมการ

$$\frac{D_{P3} - d_{P3}}{C_3} = \frac{80 - 80}{500} = 0$$

หาตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส (N_a) โดยใช้ค่า $\frac{D_{P3} - d_{P3}}{C_3} = 0$ เลือกได้

Na = 1

หาค่าตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน (N_l) โดยใช้ค่า L_P = 1250 เลือกได้

N_l = 0.93

หาค่ากำลังที่สายพานลิ่มส่งได้ต่อเส้น (P_{R3}) โดยใช้ค่า $d_{P3} = 80$ มิลลิเมตร, $i_3 = 1$ และ $n_3 = 406.76$ รอบต่อนาที เลือกได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$P_{R3} = 0.38$ กิโลวัตต์

หาจำนวนเส้นของสายพานลิ่ม ได้จากสมการ

$$Z = \frac{W_P N_S}{P_R N_a N_l}$$

เมื่อกำหนดให้ $W_{P3} = W_{P1} = 0.596$ กิโลวัตต์ ดังนั้นจำนวนเส้นของสายพานลิ่มคือ

$$Z = \frac{(0.596)(1.2)}{(0.38)(1)(0.93)} = 0.93 \quad \text{เส้น}$$

$$Z = 1 \quad \text{เส้น} \quad \text{(ปัดเป็นจำนวนเต็ม)}$$

ดังนั้นเลือกสายพานจากเพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 1 ไปยัง เพลาแปรงลูกกลิ้งที่ 2 ได้ สายพานหน้าตัด "A" ความยาวพิตช์ 1250 มิลลิเมตร มีชื่อมาตรฐานคือ A x 1250L_i จำนวน 1 เส้น

หาความเร็วของสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง

$$v_3 = \pi d_{P3} n_3$$

$$v_2 = \pi \left(\frac{80}{1000}\right)\left(\frac{406.76}{60}\right) = 1.7 \quad \text{เมตรต่อวินาที}$$

ความเร็วของสายพานลิ่มที่ออกแบบมีค่าน้อยกว่า 30 เมตรต่อนาที ถือว่าใช้ได้

หาแรงดึงในสายพานลิ่มขณะส่งกำลัง ได้จากสูตร

$$F_3 = \frac{W_{P3}}{v_3}$$

$$F_2 = \frac{0.596 \times 1000}{1.7}$$

$$F_3 = 350.59 \quad \text{นิวตัน}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การออกแบบระบบส่งกำลัง

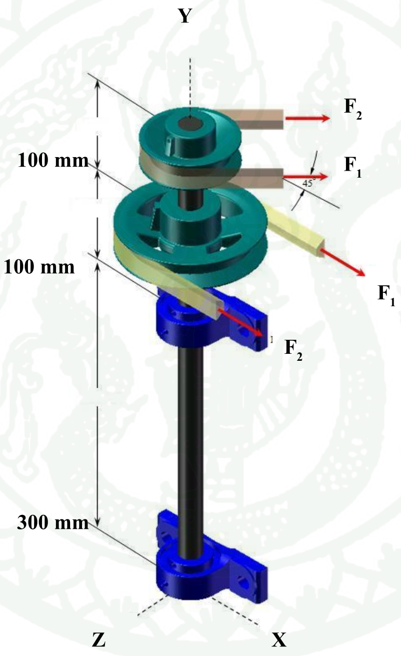
การออกแบบเพลาส่งกำลังหลัก

จากการออกแบบชุดแปรงชุดกลิ้งจะติดตั้งในแนวตั้ง ดังนั้นการติดตั้งเพลาส่งกำลังหลักจึงได้ออกแบบให้วางในแนวตั้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตำแหน่ง A และ B ติดตั้งแบริ่ง

ตำแหน่ง C ติดตั้งล้อสายพานลิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิซ 125 มิลลิเมตร

ตำแหน่ง D ติดตั้งล้อสายพานลิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิซ 80 มิลลิเมตร



ภาพผนวกที่ ค1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเพลาส่งกำลังหลัก

การคำนวณการออกแบบเพลาส่งกำลังหลัก ซึ่งกำลังที่ต้องการถ่ายถอดโดยเพลาส่งกำลังหลักคือ 0.596 กิโลวัตต์ ที่อัตราเร็วรอบ 915.2 รอบต่อนาที และในการคำนวณจะไม่คิดน้ำหนักของล้อสายพานลิ่มเนื่องจากมีค่าน้อยมาก สามารถคำนวณน้ำหนักของเพลาจากความเค้นดัด

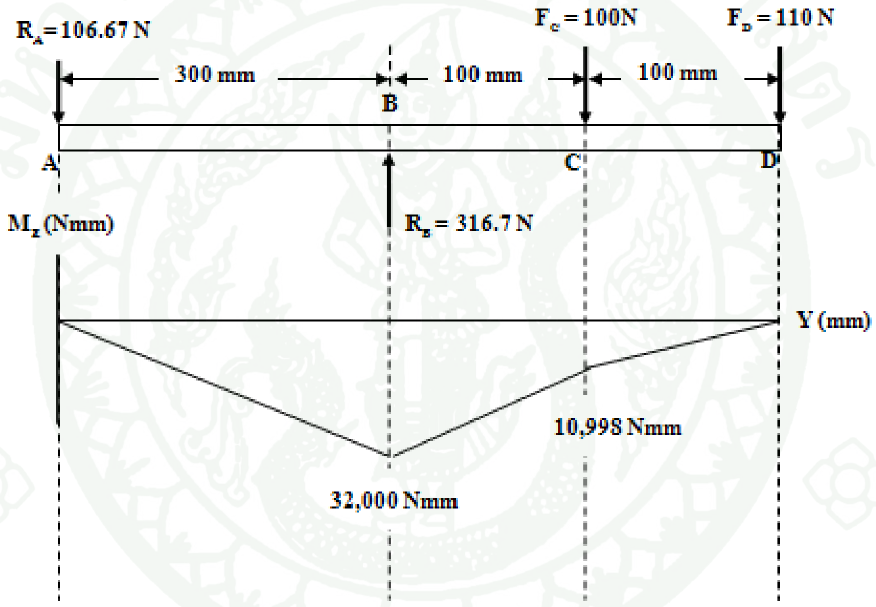
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หาโมเมนต์บิดที่ใช้ในการออกแบบเพลาส่งกำลังหลัก จากสมการ

$$T = \frac{W_p}{2\pi n}$$

ดังนั้นเพลารับแรงบิดสูงสุด $$T = \frac{0.596 \times 1000 \times 60}{2\pi(915.2)} = 6.22\,N.m$$

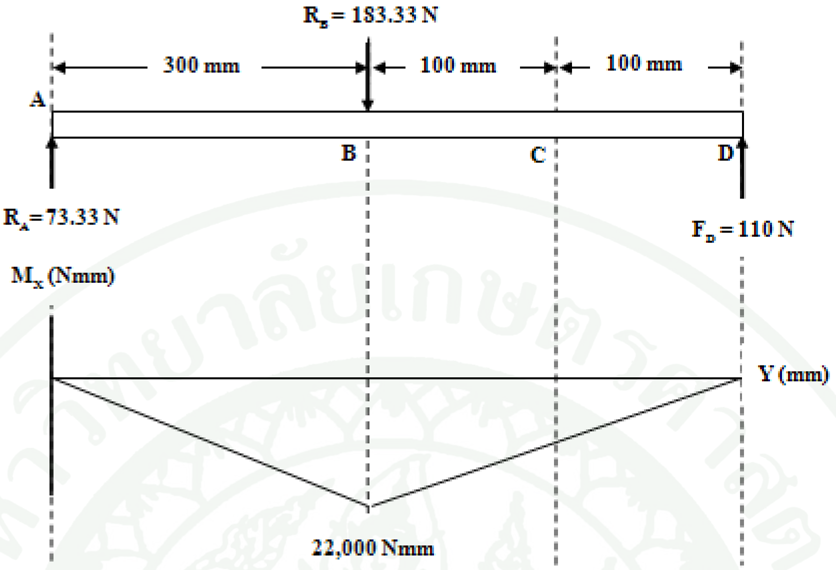
สามารถเขียนแผนภาพโมเมนต์ดัดในระนาบ Y-X ได้ดังนี้



ภาพผนวกที่ ค2 แผนภาพโมเมนต์ดัดที่กระทำบนเพลาในระนาบ Y-X

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถเขียนแผนภาพโมเมนต์ดัดในระนาบ Y-Z ได้ดังนี้



ภาพผนวกที่ ค3 แผนภาพโมเมนต์ดัดที่กระทำบนเพลาในระนาบ Y-Z

ตำแหน่งที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุด คือ จุด B มีค่าเท่ากับ 32,000 Nmm

ตำแหน่งที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุด คือ จุด B มีค่าเท่ากับ 22,000 Nmm

รวมโมเมนต์ดัดที่จุด B

$$M_B = \sqrt{(M_Z)^2 + (M_Y)^2}$$

$$M_B = \sqrt{(32{,}000)^2 + (22{,}000)^2}$$

$$M_B = 37{,}735.92 \quad \text{Nmm}$$

ใช้ค่าโมเมนต์ดัดรวมที่จุด B ในการคำนวณขนาดเพลา ตามโค้ดของ ASME

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t T)^2 + (C_M T)^2\right]^{1/2}$$

เลือกใช้เหล็กเพลา AISI 1020 CD ได้

$$\sigma_u = 470 \qquad \text{MPa}$$

ความเค้นเฉือนที่ใช้ออกแบบสามารถหาได้จาก

$$\tau_d = 0.18\sigma_u$$
$$\tau_d = 0.18(470)$$
$$\tau_d = 84.6 \qquad \text{N/mm}^2$$

การทำงานของเพลาส่งกำลังหลักหมุนด้วยความเร็วรอบสม่ำเสมอ จึงเลือกใช้ตัวประกอบความล้า ได้

$$C_m = 1.5 \qquad \text{และ} \qquad C_t = 1.0$$

คำนวณหาขนาดของเพลา

$$d^3 = \frac{16}{\pi(84.6)}\left[\left[1.0(6,220)\right]^2 + \left[1.5(37,735.92\right]^2\right]^{1/2}$$
$$d^3 = \frac{16}{\pi(84.6)}\left[\left[1.0(6,220)\right]^2 + \left[1.5(37,735.92\right]^2\right]^{1/2}$$
$$d = 15 \text{ mm}$$

เลือกใช้เพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามมาตรฐาน 25 มิลลิเมตร ซึ่งมีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และจากขนาดของเพลา เลือกขนาดของชุดตลับลูกปืนรูสวมขนาด 25 มิลลิเมตร ซึ่งชุดตลับลูกปืนที่เลือกใช้มีรหัสมาตรฐานว่า SYJ 25 TF

จากข้อมูลคุณสมบัติชุดตลับลูกปืนรหัส SYJ 25 TF ในภาพผนวกที่ ก2 มีค่าแรงพลวัตเป็น 7.8 กิโลนิวตัน ซึ่งแทนแรงพลวัตด้วย C_0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำแหน่งของแรงที่แบริ่งรับไว้สูงสุดในแนวรัศมี คือ จุด B มีค่าเท่ากับ

$$R_B = \sqrt{(316.7)^2 + (183.33)^2}$$

$$R_B = 365.93 \quad \text{นิวตัน}$$

ถ้าให้ความเร็วรอบของแบริ่งเป็น $n = 915.2$ รอบต่อนาที

คำนวณอายุการใช้งานของแบริ่ง จากสมการต่อไปนี้

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

$$L_{10} = \left(\frac{7800}{365.93}\right)^3$$

$$L_{10} = 9,685 \quad \text{ล้านรอบ}$$

หากคิดเป็นชั่วโมง จะหาค่าได้ดังนี้

$$L_{10} = \frac{9,685 \times 10^6}{915.2 \times 60}$$

$$L_{10} = 176,373 \quad \text{ชั่วโมง}$$

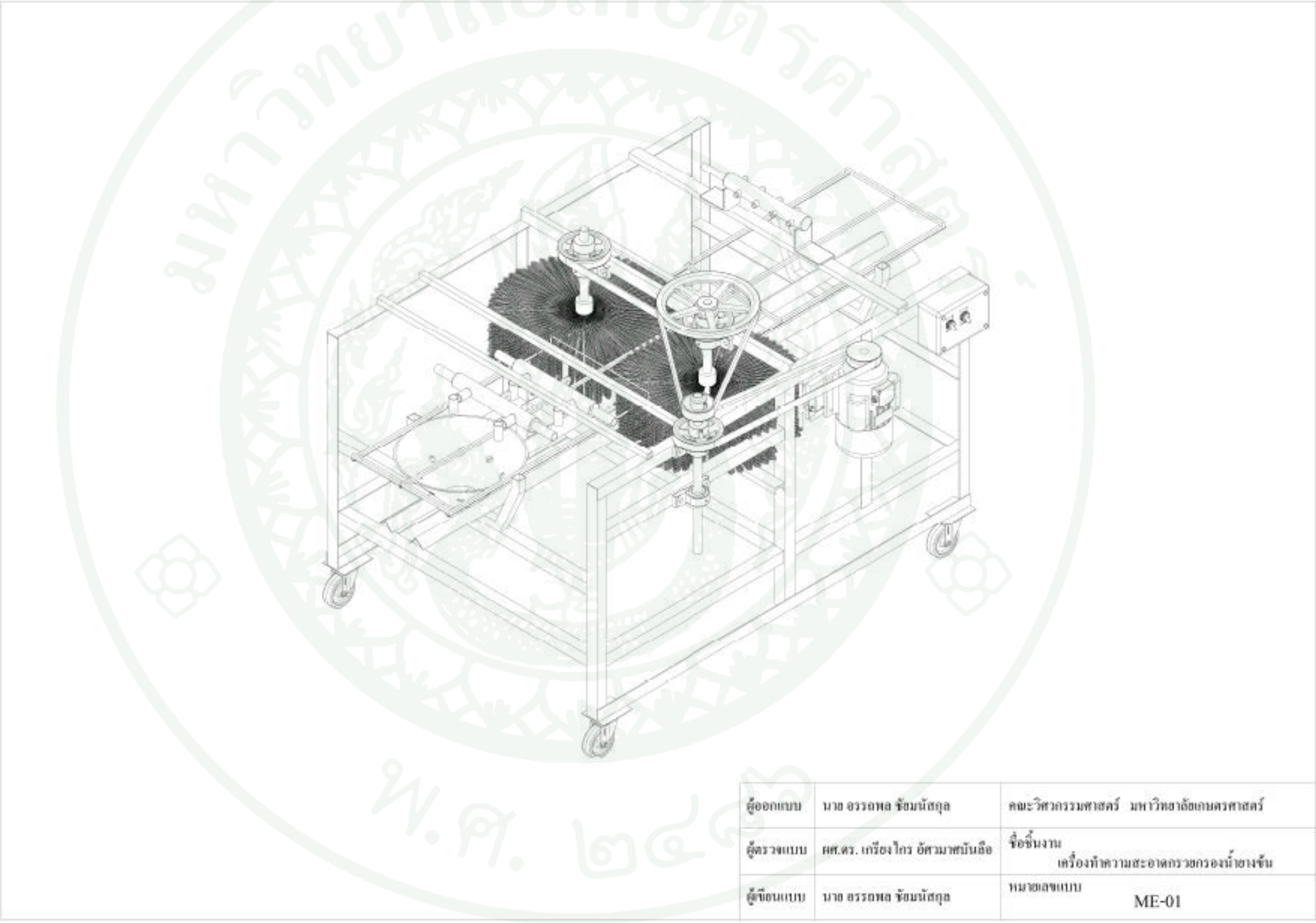
จะเห็นได้ว่าแบริ่ง SYJ 25 TF ที่เลือกใช้เหมาะสมดี เมื่อเปรียบเทียบกับตารางอายุการใช้งาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

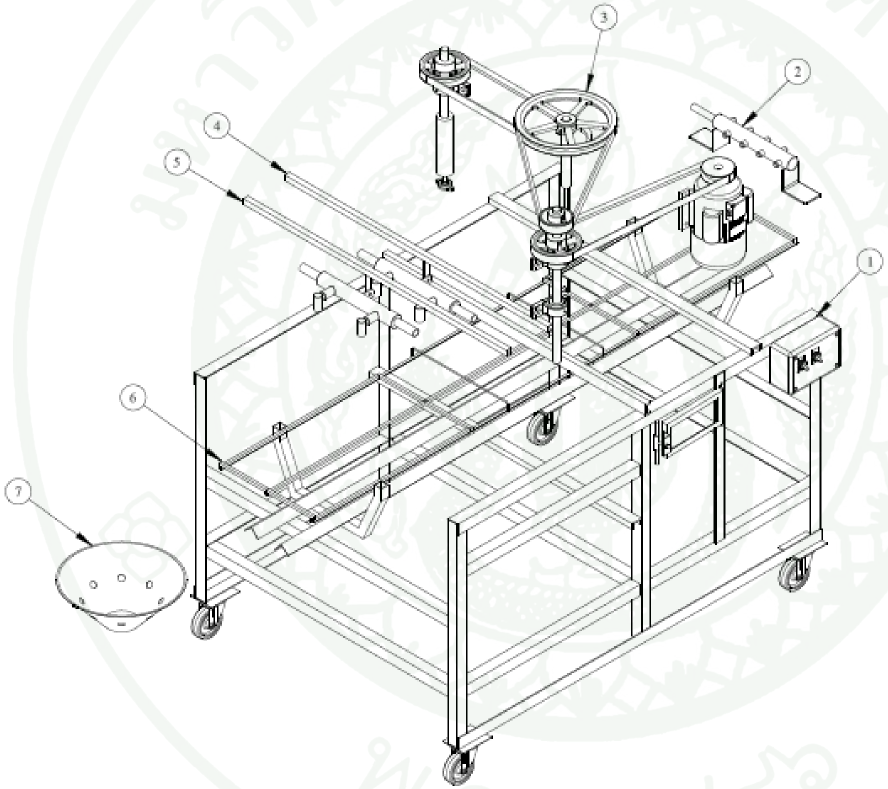
รายละเอียดแบบเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง1 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

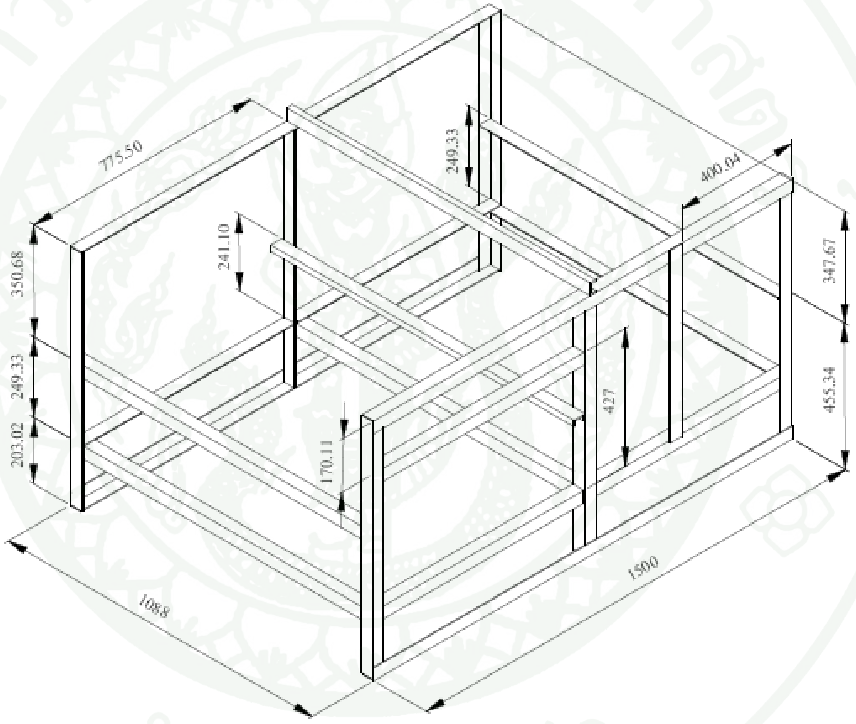


ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	ชุดโครงสร้างเครื่อง	1
2	ชุดหัวจ่ายน้ำ	1
3	ชุดส่งกำลัง	1
4	ชุดแผงฉีดน้ำที่1	1
5	ชุดแผงฉีดน้ำที่2	1
6	ชุดรางประคองกรวย	1
7	กรวยกรองน้ำยางข้น	1

ผู้ออกแบบ	นาย อรรถพล ชัยมนัสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ตรวจแบบ	ผศ.ดร. เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ	ชื่อชิ้นงาน ภาพแยกชิ้นส่วนเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้น
ผู้เขียนแบบ	นาย อรรถพล ชัยมนัสกุล	หมายเลขแบบ ME-02

ภาพผนวกที่ ง2 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-02

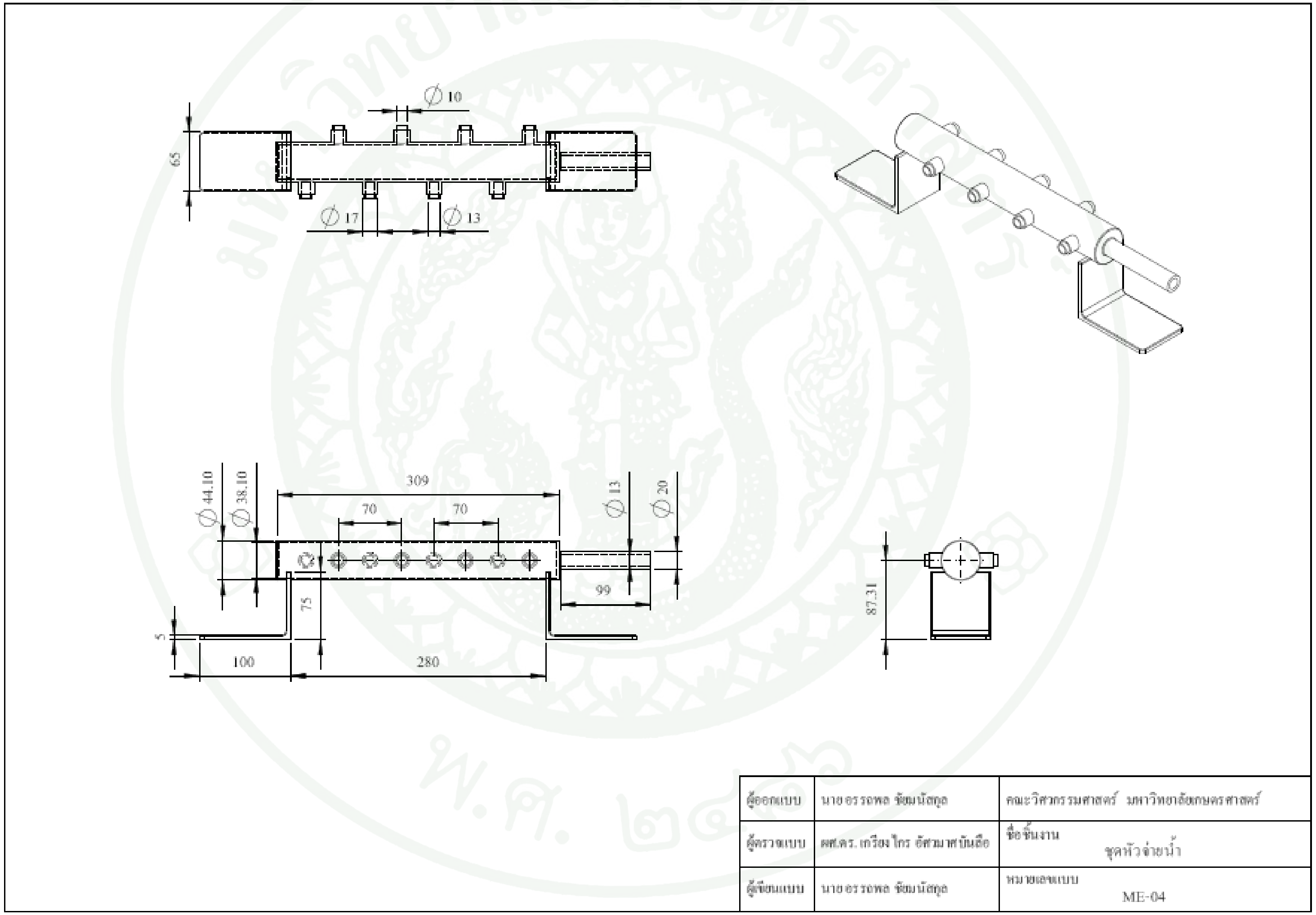
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ผู้ออกแบบ	นาย อรรถพล ชัยนันทกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ตรวจแบบ	ผศ.ดร.เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ	ชื่อชิ้นงาน โครงสร้าง
ผู้เขียนแบบ	นาย อรรถพล ชัยนันทกุล	หมายเลขแบบ ME-03

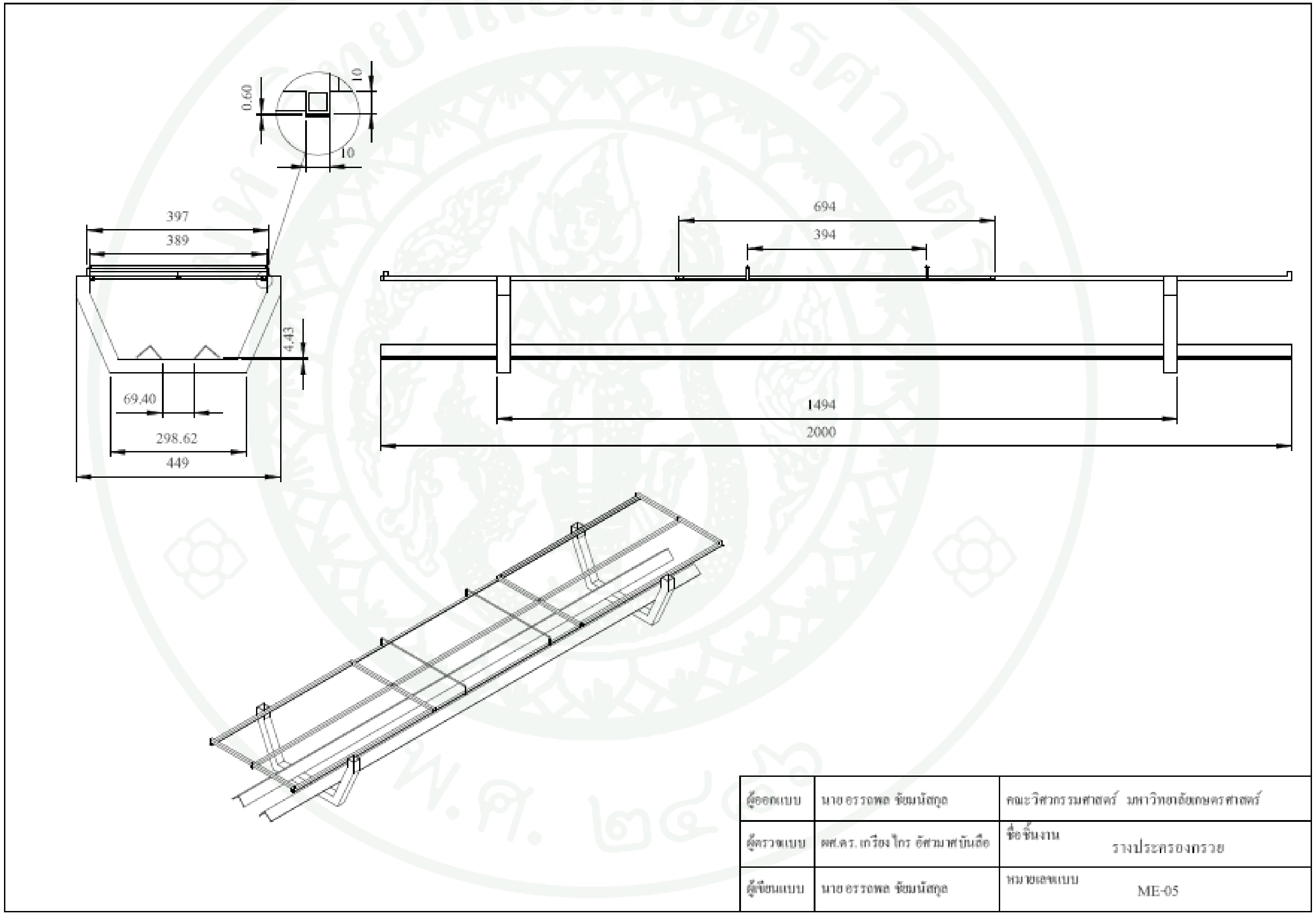
ภาพผนวกที่ ง3 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-03

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

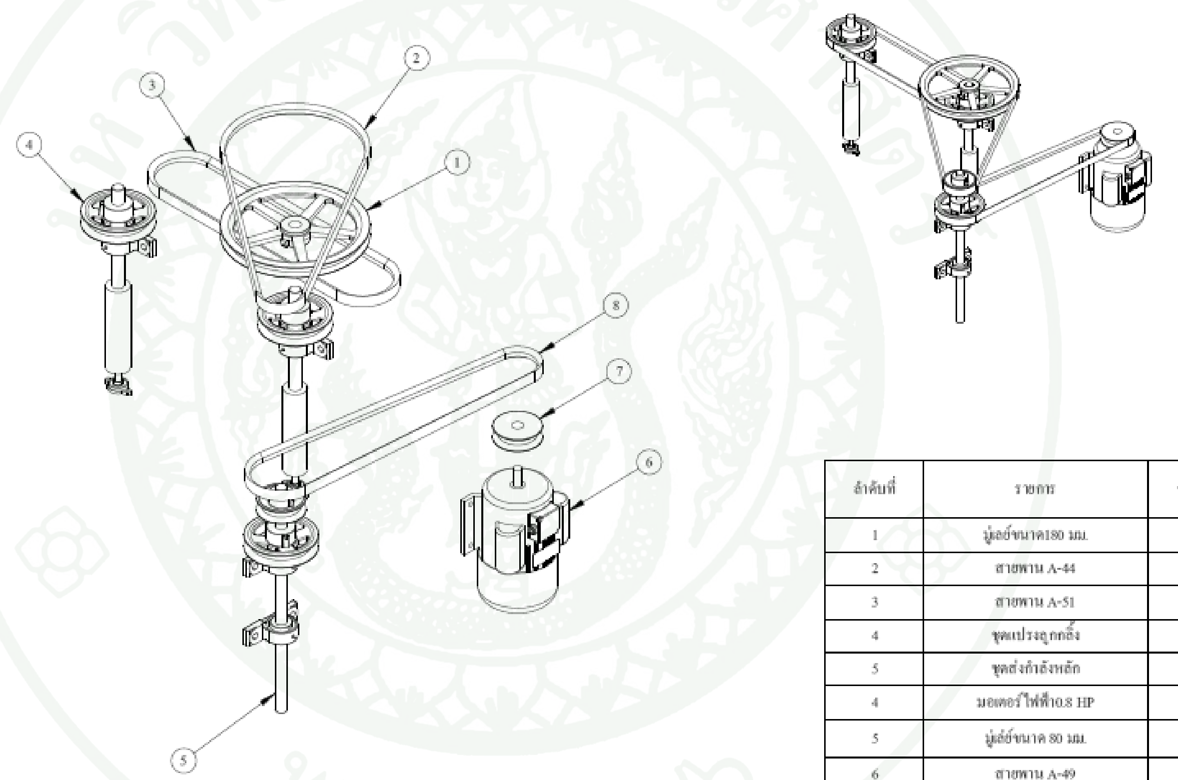


ภาพผนวกที่ ง4 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-04

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง5 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-05

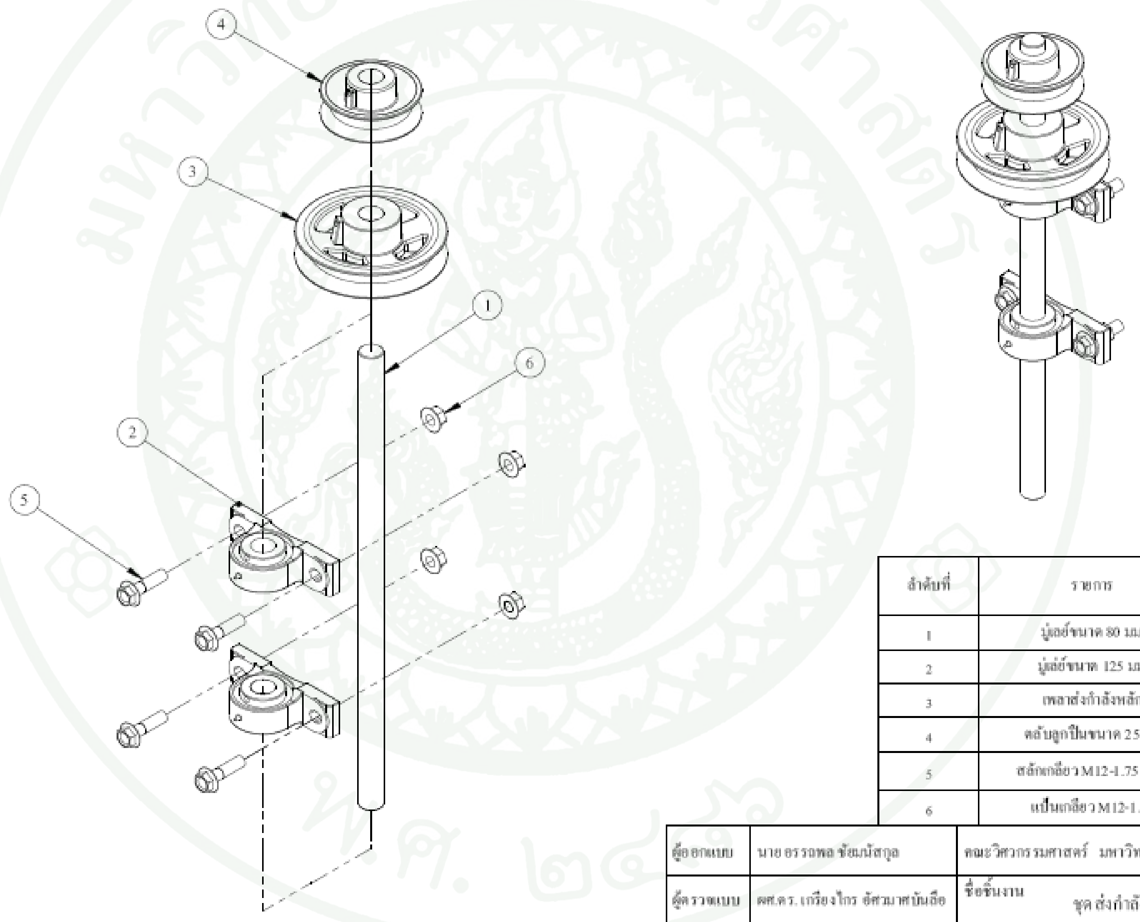


ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	มู่เล่ย์ขนาด180 มม.	1
2	สายพาน A-44	1
3	สายพาน A-51	1
4	ชุดแปรงลูกกลิ้ง	2
5	ชุดส่งกำลังหลัก	1
4	มอเตอร์ไฟฟ้า0.8 HP	1
5	มู่เล่ย์ขนาด 80 มม.	1
6	สายพาน A-49	1

ผู้ออกแบบ	นายธรรวพล ชัยมนัสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ตรวจแบบ	ผศ.ดร.เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ	ชื่อชิ้นงาน ชุดส่งกำลังหลัก
ผู้เขียนแบบ	นายธรรวพล ชัยมนัสกุล	หมายเลขแบบ ME-06

ภาพผนวกที่ ง6 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-06

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

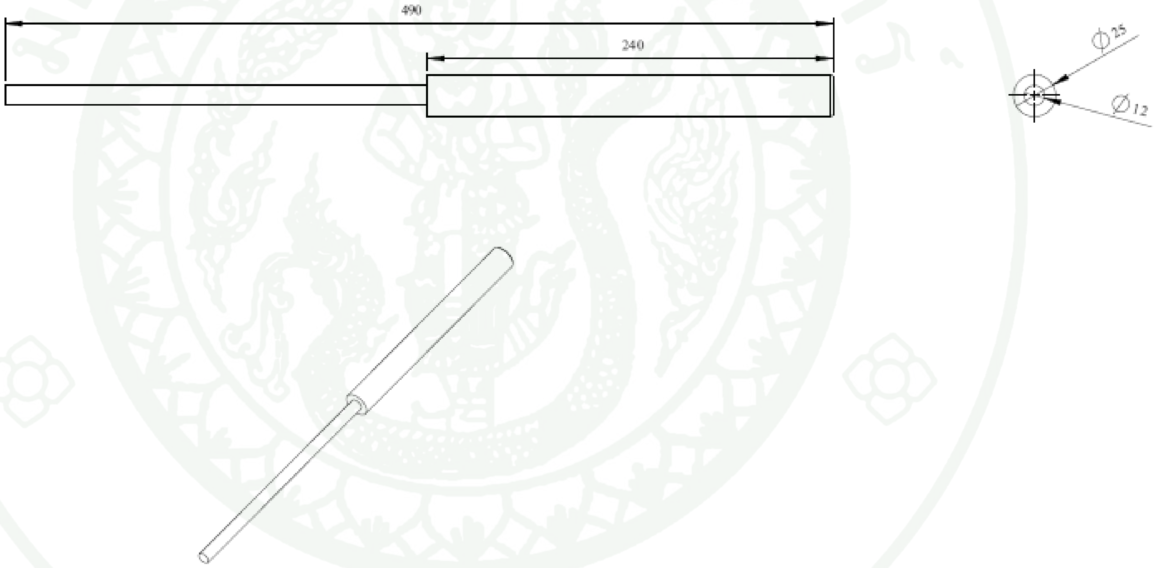


ลำดับที่	รายการ	จำนวน
1	มู่เลย์ขนาด 80 มม.	1
2	มู่เล่ย์ขนาด 125 มม.	1
3	เพลาส่งกำลังหลัก	1
4	ตลับลูกปืนขนาด 25 มม	2
5	สลักเกลียว M12-1.75 X 45	4
6	แป้นเกลียว M12-1.75	4

ผู้ออกแบบ	นาย อรรถพล ชัยณัฐกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ตรวจแบบ	ผศ.ดร. เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ	ชื่อชิ้นงาน ชุด ส่งกำลังหลัก
ผู้เขียนแบบ	นาย อรรถพล ชัยณัฐกุล	หมายเลขแบบ ME-07

ภาพผนวกที่ ง7 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-07

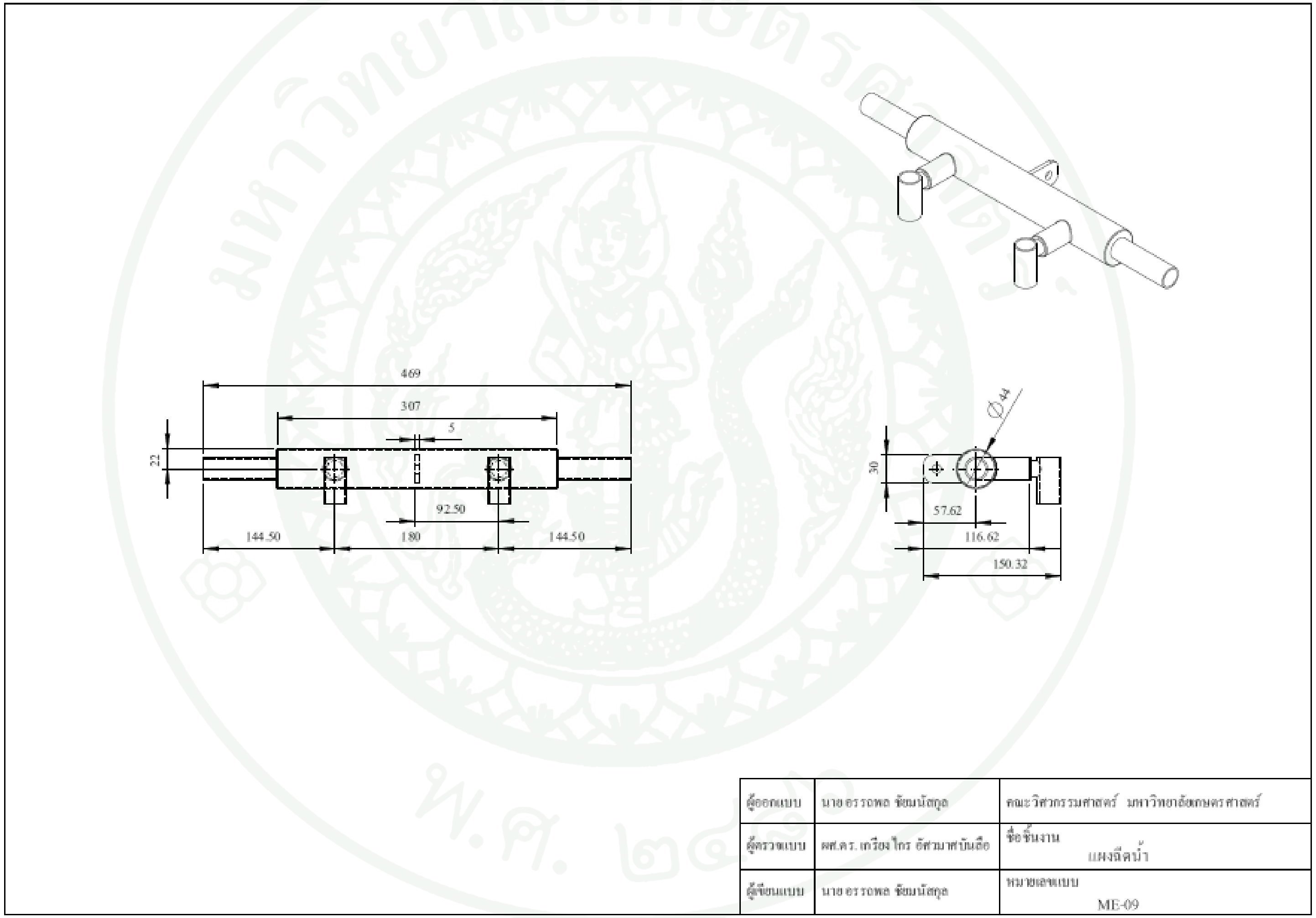
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ผู้ออกแบบ	นาย อรรถพล ชัยมนัสกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ตรวจแบบ	ผศ.ดร. เกรียงไกร อัศวมาศบันลือ	ชื่อชิ้นงาน เพลาแปรงขัด
ผู้เขียนแบบ	นาย อรรถพล ชัยมนัสกุล	หมายเลขแบบ ME-08

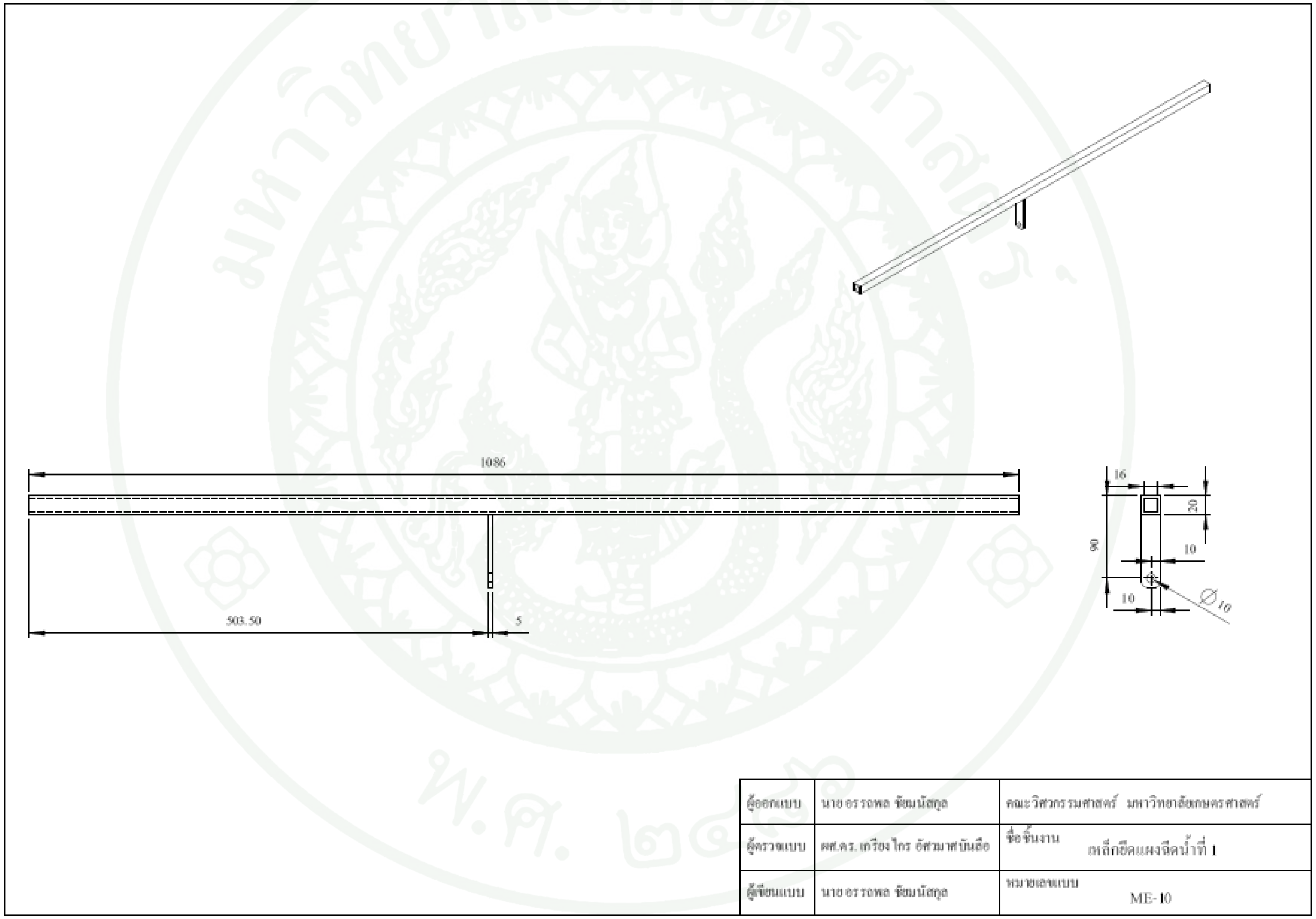
ภาพผนวกที่ ง8 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-08

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



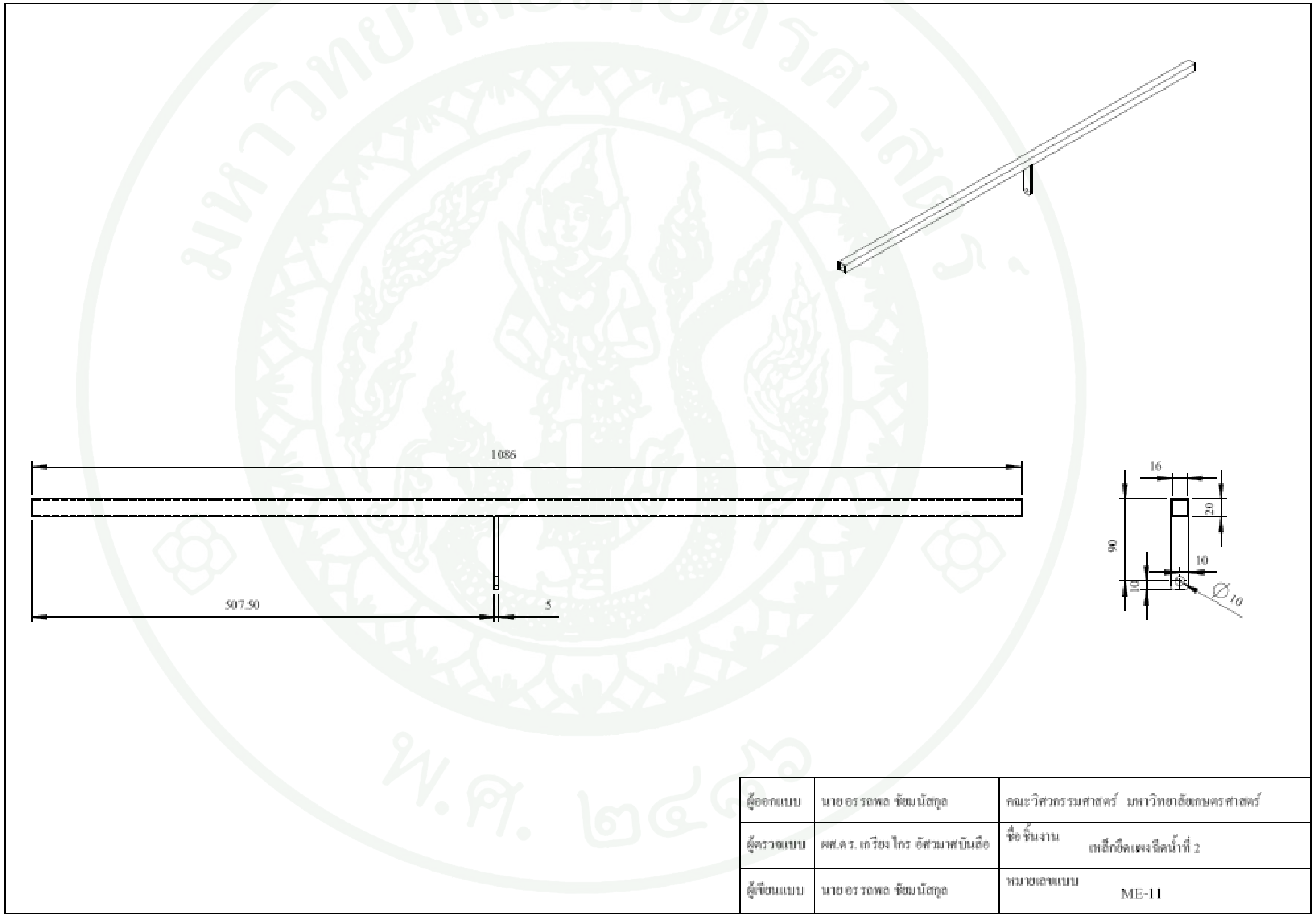
ภาพผนวกที่ ง9 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-09

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง10 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง11 แบบแสดงรายละเอียดเครื่องทำความสะอาดกรวยกรองน้ำยางข้นที่ ME-11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายอรรถพล ชัยมนัสกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดระนอง
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์