



เครื่องล้างพลาสติก



ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินผลประโยชน์ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



Snake Skin Gourami Washer



Prasert Wirotcheewan

This Report is Funded by Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Fiscal Year 2008

ชื่อเรื่อง : เครื่องล้างพลาสติก
ผู้วิจัย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน
ผู้ร่วมวิจัย : ว่าที่เรือตรี สงกรานต์ ทิพย์อุทัย นายพิเชษฐ์ ชั่งลัก
นายอรรถพงษ์ ดิสสานนท์ และนายยุทธนา แก้วนิล
พ.ศ. : 2551

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างเครื่องล้างพลาสติก เนื่องจากปัจจุบันพลาสติกเป็นสัต์ว์เศรษฐกิจชนิดหนึ่งในประเทศไทย และเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กในชุมชนผู้ประกอบการการผลิตพลาสติกแห่งต้องการลดต้นทุนในการจ้างแรงงานคน และลดระยะเวลาในการผลิตให้เร็วและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้คิดค้นสร้างเครื่องล้างพลาสติกต้นแบบประกอบไปด้วยเจ็ดส่วนหลักใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่หนึ่ง ดรัมจะมีใบสกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 500 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางใน 200 มิลลิเมตร ระยะพิตช์ 200 มิลลิเมตร ตะแกรงรูดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร ความยาว 700 มิลลิเมตร และมีปากทางเข้าและทางออกโดยความยาวรวมของดรัมเท่ากับ 1,100 มิลลิเมตร ส่วนที่สองจะเป็นชุดรองรับดรัม ส่วนที่สามเป็นโครงสร้างยึดอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่วนที่สี่ชุดหัวฉีดจำนวน 10 หัว ส่วนที่ห้า เกียร์มอเตอร์ มอเตอร์ บีมแบบหอยโข่ง ส่วนที่หกถังพักน้ำหลักและรอง และส่วนที่เจ็ดชุดกวดดรัม

ผลการทดสอบเครื่องล้างพลาสติก โดยใช้พลาสติกในการทดสอบจำนวน 380 กิโลกรัม พบว่าปลาที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราขนถ่ายน้อยกว่าปลาขนาดใหญ่ จึงกล่าวได้ว่าต้องขึ้นอยู่กับขนาดหรือน้ำหนักของปลาที่ทดสอบ เพื่อดำเนินงานการฉีดของหัวฉีด หรือการเสียดสีของผนังดรัม และที่ความเร็วรอบยิ่งต่ำ อัตราขนถ่ายจะไม่ได้แต่จะได้เรื่องความสะดวก แต่ถ้าความเร็วรอบสูงอัตราขนถ่ายจะได้มาก แต่ความสะดวกจะไม่ได้ เพื่อหาระยะเวลาขนถ่ายของปลาจำนวน 20 กิโลกรัม (ขนาดปลา 8 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม) ปรากฏว่าใช้เวลาประมาณ 1.56 นาที และทำการทดสอบเพิ่มเป็น 60 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที เท่ากันใช้เวลาการล้างเพียง 4.25 นาที ในการหาปริมาณการล้าง

Title : Snake Skin Gourami Washer
Researcher : Assistant Professor Prasert Wirotcheewan
Co-researcher : SUB.L. T. Songkran Tipuatai Mr. Piched Shungsuk
Mr. Autthapong Dissanont and Mr. Yuttana Kaewnin
Year : 2008

Abstract

This research aims to build the prototype of Pla-Salid (Snake-Skin Gourami) cleaner. At present, Pla-Salid is one of economic animals and is also one of small medium enterprises in Thailand. Pla-Salid traders require to reduce cost in hiring and decrease time in production procedure in order to gain the most efficiency. For this reason, this prototype was built. This machine consists of 7 main parts. They are as follows: (1) A drum with screw blade of external dimension 500 mm and 200 mm internal dimension, 200 mm pitch, sieve pore in cylindrical shape with 500 mm dimension and 700 mm long. The drum also has a way in and a way out with 1100 mm of total length. (2) A set of drum supports. (3) The structure that holds the equipment. (4) 10 injectors. (5) Motor gear and centrifugal pump. (6) Major and minor containers for water. (7) A set of drum pressers. Amount 380 kilogram of Pla-Salid was used the principal material in the test. The measuring instruments were a stop-watch and a 60 kilogram scale.

The result found that the small fish has less transfer-rate than the bigger ones. It could be said that it depended on the size or the weight of the tested fish to resist the injection or the friction of the drum wall. And if the revolution was low, the transfer-rate could not be reached the requirement, but the cleanness was decreased. To find out the timing of transferring 20 kilogram of fish (8 fish per kilogram), five tested were done. The result showed that it took about 1.56 minutes. And then 60 kilogram of fish were tested, it approximately took 4.25 minutes which calculated from the revolution at 12 rounds per minute (12 rpm) in finding a volume of the fish cleaning.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณผลประโยชน์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้มีส่วนช่วยให้ งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จด้วยดีเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัย คณะผู้วิจัยขอมอบบูชาแด่ครู อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 พลาสติกหรือพลาสติก	3
2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม	7
2.3 สกรูชนิดต่าง	12
2.4 ดันกำลังขับ	23
2.5 โซ่และเฟืองโซ่	25
2.6 แบริ่งปลอก	32
2.7 บีมน้ำ	34
2.8 การไหลในท่อ	38
2.9 ความดันเนื่องจากความสูง	39
2.10 การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน	40
2.11 กำลังที่ส่งโดยบีมน้ำ	41
2.12 การเลือกขนาดบีมน้ำ	42
2.13 ไฟฟ้าเบื้องต้น	43
2.14 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	44

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.15 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์	46
3. วิธีการดำเนินโครงการและคำนวณ	
3.1 ศึกษาความต้องการของโครงการ	54
3.2 การสร้างเครื่องล้างพลาสติก	54
3.3 การออกแบบสร้างเครื่องล้างพลาสติก	58
3.4 ขั้นตอนการประกอบเครื่องล้างพลาสติก	77
3.5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการล้างปลาแต่ละครั้ง	96
4. การทดสอบเครื่องล้างพลาสติก	
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบเครื่องล้างพลาสติก	97
4.2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดสอบ	97
4.3 ลำดับขั้นการทดสอบเครื่องล้างพลาสติก	100
4.4 วิจารณ์ผลการทดสอบ	103
4.5 การประเมินจุดคุ้มทุนของเครื่องล้างพลาสติก	103
4.6 สรุปการประเมินจุดคุ้มทุน	104
5. สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ	110
5.2 อุปสรรคในการดำเนินโครงการ	111
5.3 ข้อเสนอแนะโครงการ	111
บรรณานุกรม	113
ภาคผนวก	114
ภาคผนวก ก	115
ภาคผนวก ข	117
ภาคผนวก ค	126

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าแฟคเตอร์ของพืนเฟืองโซ่รับภาระต่าง ๆ	29
2.2 ค่าแฟคเตอร์ของพืนเฟืองโซ่ตัวเล็ก	29
2.3 ค่าคงตัวของ Hazen-Williams	42
2.4 สมการไฟฟ้ามูลฐานของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 ประเภท	44
4.1 ผลการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ขนาดปลา 13 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม	101
4.2 ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที ขนาดปลา 13 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม	102
4.3 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที ขนาดปลา 8 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม	102
4.4 ผลการทดสอบล้างปลาสด 60 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที	102
ข.1 วัสดุแบร็งชนิดต่างๆ กับลักษณะงานที่ใช้	118
ข.2 ตารางมาตรฐานขนาดและพิักัดความเผื่อของแบร็งปลอกตาม DIN 1850	120
ข.3 ชนิดและขนาดมาตรฐานโซ่ธรรมดา	121
ข.4 ขนาดมาตรฐานของเฟืองโซ่	122
ข.5 กำลังงานจำเพาะสำหรับโซ่ DIN 8187	123
ข.6 กำลังงานจำเพาะสำหรับโซ่ DIN 8188	124
ข.7 ค่าความตันของข้อโซ่ (P_{all})	125

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะพลาสติก หรือปลาใบไม้	3
2.2 สกรูเกลียวซ้ายและสกรูเกลียวขวา	13
2.3 ทิศทางการหมุนของแกนใบสกรู	14
2.4 ใบสกรูใบเต็มพิตช์มาตรฐาน	15
2.5 ใบสกรูใบเต็มชนิดพิตช์สั้น	15
2.6 ใบสกรูแบบใบเต็มชนิดพิตช์ยาว	16
2.7 ใบสกรูแบบใบเต็มชนิดใบเรียว	16
2.8 ใบสกรูแบบใบเต็มชนิดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างขนาดกัน	17
2.9 ใบสกรูใบเต็มชนิดพิตช์ขยาย	17
2.10 ใบสกรูใบเต็มแบบเกลียวซ้อนในพิตช์มาตรฐาน	18
2.11 ใบสกรูใบเต็มแบบเกลียวซ้อนในพิตช์สั้น	18
2.12 ใบสกรูใบเต็มติดใบพาย	19
2.13 ใบสกรูแบบใบตัดช่องสี่เหลี่ยม	19
2.14 ใบสกรูแบบใบตัดพิบ	20
2.15 ใบสกรูแบบใบตัดติดใบพาย	20
2.16 ใบสกรูแบบใบพาย	21
2.17 ใบสกรูแบบแถบรีว	21
2.18 ใบสกรูแบบแถบรีวติดใบพาย	22
2.19 ใบสกรูแบบแถบรีวหลายเส้น	22
2.20 แฟคเตอร์ลดอัตราขนถ่ายที่เนื่องจากชุดสกรูขนถ่ายตั้งเอียง	24
2.21 การชิงโซ่ให้ตั้งด้วยวิธีการต่าง ๆ	26
2.22 ขนาดต่าง ๆ ของโซ่	27
2.23 ขนาดต่าง ๆ ของเฟืองโซ่	27
2.24 โครงสร้างตุ้กตาแบบต่าง ๆ	33
2.25 แบริ่งปลอกแบบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน DIN 1850	33
2.26 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด (Impeller) ของปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	35
2.27 ลักษณะทั่วไปของเรือนปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 บั้มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบหอยโข่ง Volute ที่เรือนบั้มมีช่องทางเดินของ ของเหลวเพียงช่องเดียว	36
2.29 ลักษณะใบพัดของบั้มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	38
2.30 ลักษณะการไหลแบบราบเรียบ	38
2.31 ลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน	39
2.32 ลักษณะโอเวอร์ไหลดรีเลย์	47
2.33 โครงสร้างภายในของโอเวอร์ไหลดรีเลย์	48
2.34 ลักษณะคอนแทคเตอร์	49
2.35 คอนแทคเตอร์ต่อร่วมกับโอเวอร์ไหลดรีเลย์	49
2.36 ลักษณะเซอร์กิตเบรกเกอร์	50
2.37 รูปร่างลักษณะของรีเลย์แบบต่าง ๆ	51
2.38 รูปร่างลักษณะต่าง ๆ ของปลั๊กฟิวส์	51
2.39 ส่วนประกอบของปลั๊กฟิวส์	52
2.40 สวิตช์ปุ่มกด	52
2.41 หลอดไฟสัญญาณ	53
3.1 ตะแกรงดรัมที่เจาะรู	55
3.2 ใบสกรูเกลียวแบบของอากิมิติส	55
3.3 ปากทางเข้าของดรัม	56
3.4 ปากทางออกดรัม	57
3.5 ชุดวงแหวนที่เชื่อมติดกับดรัม	57
3.6 โครงสร้างดรัมทั้งหมด	58
3.7 โครงสร้างดรัมเชื่อมเสร็จสมบูรณ์	58
3.8 การเตรียมโครงสร้างรองรับอุปกรณ์เครื่องล้างพลาสติก	66
3.9 ชุดรองรับดรัม	67
3.10 ชุดเหล็กกล่องกอดดรัม	67
3.11 เหล็กตัวซียึดโรลเลอร์	68
3.12 โรลเลอร์ที่ยังไม่ใส่แบริงปลอม	69
3.13 ผลการประกอบแบริงปลอมเข้ากับโรลเลอร์ที่สมบูรณ์	69
3.14 สลักยึดโรลเลอร์และชุดรองรับดรัม	70
3.15 ฝาด้านทางเข้าที่เชื่อมติดที่สมบูรณ์	70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 ฝาด้านทางออกที่เชื่อมติดที่สมบูนอร์น	71
3.17 ส่วนกลางของถังพักหลัก	71
3.18 ถังพักน้ำรอง	72
3.19 การติดตั้งเหล็กฉากยึดถังพักน้ำ	73
3.20 ตำแหน่งการติดตั้งเหล็กยึดถังพักน้ำ	73
3.21 ชุดยึดรองรับดรัม	74
3.22 การเชื่อมชุดเหล็กยึดรองรับดรัม	74
3.23 เฟืองขับขนาด 18 ฟัน	75
3.24 เฟืองตามขนาด 77 ฟัน	75
3.25 ขาดังแบบปรับสูง/ต่ำได้	76
3.26 รูปส่วนประกอบเครื่องล้างพลาสติกด้านทางเข้า	77
3.27 รูปส่วนประกอบเครื่องล้างพลาสติกด้านทางออก	78
3.28 รูปแบบการม้วนตะแกรงดรัม	79
3.29 การใส่ใบสกรูในตะแกรงรู	79
3.30 ชุดปากทางเข้า	80
3.31 ชุดปากทางออก	80
3.32 การจัดวางชุดทางเข้าและทางออกเข้ากับตะแกรงและใบสกรู	81
3.33 การเชื่อมส่วนประกอบดรัมทั้งหมด	81
3.34 การเชื่อมเฟืองตามที่ติดกับดรัมที่สมบูนอร์น	82
3.35 การเชื่อมโครงสร้างของเครื่องล้างพลาสติก	82
3.36 การขัดโครงสร้างหลังการเชื่อม	83
3.37 การทำชุดรองรับดรัม	83
3.38 การประกอบโรลเลอร์เข้ากับเหล็กฉากรองรับดรัม	84
3.39 ชุดรองรับดรัมหลังประกอบใส่โรลเลอร์สมบูนอร์น	84
3.40 การเตรียมหาตำแหน่งในการเชื่อมชุดรองรับดรัม	85
3.41 การติดตั้งชุดรองรับดรัม	85
3.42 การจัดเตรียมชุดติดกับเหล็กฉากรองรับดรัมที่สมบูนอร์น	86
3.43 การจัดเตรียมถังพักน้ำหลัก	86
3.44 การจัดเตรียมถังพักน้ำรอง	87
3.45 การจัดเตรียมชุดกวดดรัมด้านบน	87

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.46 ชุดกวดดรัมที่ประกอบเข้าด้วยกันแล้ว 1 ชุด	88
3.47 การจัดเตรียมประกอบชุดรองรับดรัม	88
3.48 ชุดหัวฉีดจำนวน 10 หัว	89
3.49 มอเตอร์เกียร์ขนาด 2 แรงม้า แบบปรับความเร็วรอบ	89
3.50 มอเตอร์และปั้มน้ำขนาด 1 แรงม้า	90
3.51 การประกอบถังพักหลักเข้ากับโครงสร้าง	90
3.52 การประกอบถังพักรอง	91
3.53 การประกอบชุดรองรับดรัมเข้ากับโครงสร้าง	91
3.54 การประกอบชุดรองรับดรัมเข้ากับโครงสร้างที่สมบูรณ์	92
3.55 การใส่ดรัมเข้ากับโครงสร้าง	92
3.56 การประกอบดรัมเสร็จสมบูรณ์	93
3.57 ตำแหน่งการประกอบชุดกวดดรัมสมบูรณ์	93
3.58 การประกอบมอเตอร์เกียร์และโซ่ขับเคลื่อน	94
3.59 ตำแหน่งการประกอบปั้มน้ำและมอเตอร์	94
3.60 ตำแหน่งการประกอบชุดหัวฉีด	95
3.61 รูปเครื่องล้างพลาสติกที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์	95
4.1 การติดตั้งมอเตอร์เกียร์ขับเคลื่อน	97
4.2 การปรับตั้งโซ่ขับเคลื่อน	98
4.3 เครื่องล้างพร้อมใช้งาน	98
4.4 ดาซึ่งขนาด 60 กิโลกรัม	99
4.5 ปลาที่ใช้ในการล้าง	99
4.6 การคัดขนาดของปลา	100
4.7 สภาพพลาสติกก่อนการล้าง	105
4.8 การตรวจความสะอาดของพลาสติกหลังการล้าง	105
4.9 ภาพพลาสติกหลังการล้าง	106
4.10 เมื่อกที่ลอยอยู่ในถังหลังการล้างพลาสติก	106
4.11 สภาพน้ำในถังหลังการล้างพลาสติก	107
4.12 สภาพฟองที่เกิดจากมันพลาสติกและเมื่อกที่สกปรก	107
4.13 สภาพน้ำที่เกิดจากการฉีดล้างพลาสติก	108
4.14 ตำแหน่งการวางหัวฉีด	108

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.15 ตำแหน่งการฉีดแต่ละช่วงของสกรูโบเกลียวแบบอาทิมิติส	109
ก.1 Friction loss for water in copper tubing open or closed system.	116



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
τ	ความเค้นเฉือน	N / mm^2
σ	ความเค้น	N / mm^2
σ_a	ความเค้นดึง	N / mm^2
σ_b	ความเค้นดัด	N / mm^2
I	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้น	mm^4
M	โมเมนต์ดัด	$\text{N}\cdot\text{mm}$
c	ระยะจากแกนสะเทิน (Neutral axis) ไปยังผิวนอกสุด	mm
I_V	อัตราขนถ่ายเชิงปริมาตร	m^3/h
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ เกลียวหนอนสกรู	m
S	ระยะพิตช์เกลียวหนอนสกรู	m
N	ความเร็วรอบของสกรูหนอน	min^{-1}
ϕ	แฟคเตอร์ความเต็มรวงตัวถัง	
k	แฟคเตอร์ลดปริมาณขนถ่ายอันเนื่องมาจากชุดสกรูขน ถ่ายตั้งเอียง	
R_O	รัศมีเฟืองตาม	m
T	แรงบิด	Nm
F	แรงกระทำต่อดรัม	N
M_{net}	มวลของดรัมทั้งหมด	kg
g	แรงโน้มถ่วงของโลกมีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2	m/s^2
i_G	อัตราทดของเกียร์ทด	
N_G	ความเร็วรอบของเกียร์ทด	rpm
N_M	ความเร็วรอบของมอเตอร์	rpm
d	เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ของเฟืองโซ่	mm

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
p	ระยะพิตช์ของเฟืองโซ่	mm
α	$180^\circ / z =$ ครึ่งหนึ่งของมุมฟันเฟืองโซ่	องศา
Z	จำนวนฟันเฟืองโซ่	
d_f	เส้นผ่านศูนย์กลางโคนฟันเฟืองโซ่	mm
d_R	เส้นผ่านศูนย์กลางปลอกลูกกลิ้งทรงกระบอกของโซ่	mm
d_a	เส้นผ่านศูนย์กลางยอดฟันของเฟืองโซ่	mm
k	ช่วงสูงบนของฟันเฟืองโซ่	mm
d_s	เส้นผ่านศูนย์กลางช่วงสุดความหนาฟันเฟือง	mm
g	ขนาดความโตของแผ่นปะกับ	mm
r_4	รัศมีโคนฟันเฟืองโซ่	mm
N_a	ความเร็วรอบเฟืองโซ่ขับ	rpm
N_b	ความเร็วรอบเฟืองโซ่ตาม	rpm
Z_a	จำนวนฟันเฟืองโซ่ขับ	
Z_b	จำนวนฟันเฟืองตาม	
P_D	กำลังงานจำเพาะของโซ่	kW
P	กำลังงานที่ส่ง	kW
f_1	แฟคเตอร์ของโซ่	
f_2	แฟคเตอร์ของฟันเฟืองตัวเล็ก	
V	ความเร็วของโซ่หรือสายพาน	m/ s
Z_1	จำนวนฟันเฟืองโซ่ตัวเล็ก	
n_1	ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ตัวเล็ก	rps
Z_2	จำนวนฟันเฟืองโซ่ตัวใหญ่	
n_2	ความเร็วรอบของเฟืองตัวใหญ่	rps
p	ระยะพิตช์ของเฟืองโซ่	m
f_3	แฟคเตอร์ของจำนวนข้อโซ่	

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
x_o	จำนวนข้อโซ่	
a_o	ระยะห่างระหว่างเพลลาโดยประมาณ	mm
f_4	แฟคเตอร์ของระยะห่างระหว่างเพลลา	
a	ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ได้จากการคำนวณ	mm
F_S	แรงดึงโซ่ทางสถิต (Static)	kN
F_d	แรงดึงโซ่ทางพลวัต (Dynamic)	kN
F_f	แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง	kN
q	น้ำหนักของโซ่ต่อความยาว 1 เมตร	kg/m
F_G	แรงรวมที่กระทำกับโซ่	kN
S_S	ค่าความปลอดภัยต่อการแตกหักทางสถิต (Static)	
F_B	แรงที่ทำให้โซ่ขาด	kN
S_D	ค่าความปลอดภัยต่อการแตกหักทางพลวัต (Dynamic)	
P_g	ความดันที่เกิดลงบนข้อโซ่	kN/cm ²
A	พื้นที่ของแกนข้อโซ่ที่ถูกกด	cm ²
P_{all}	ค่าความดันบนข้อโซ่ที่อนุญาตให้	N/cm ²
Re	เลขเรย์โนลด์	
D	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	m
μ	ความหนืดสัมบูรณ์	N.s/m ²
v	ความหนืดจลน์ (Kinematics) ของของไหลในท่อ	m ² /s
$\frac{p}{\gamma}$	ความดันเนื่องจากความดันของของไหล	m
$\frac{v^2}{2g}$	ความดันเนื่องจากความเร็ว	m

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
z	ความดันเนื่องจากพลังงานศักย์	m
h_f	ความดันสูญเสีย เนื่องจากความฝืด	m
f	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อ	
L	ความยาวท่อ	m
v	ความเร็วการไหลภายในท่อ	m/s
g	ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดโลก	m/s ²
h_L	ความดันสูญเสีย เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ	m
K	สัมประสิทธิ์ของความต้านทานการไหล ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์	
P	กำลังที่ได้จากน้ำ	kW
γ	น้ำหนักจำเพาะ	kN/m ³
Q	อัตราการไหล	m ³ /s
h	ความดันรวม	m
P	กำลังของปั๊ม	kW
I	กระแสไฟฟ้า	A
Q	อัตราการไหลของน้ำในท่อ	liter/sec
C	ค่าคงที่ของ Hazen-Williams	
P	กำลังไฟฟ้า	W
E	แรงเคลื่อนไฟฟ้า	V
f	ความถี่	Hz
I_u	กระแสที่ไหลผ่านทุ่นมอเตอร์ไฟตรง	A
I_2	กระแสทุติยภูมิในมอเตอร์ไฟสลับ	A
K_1, K_2, K_3	ค่าคงที่	
N	ความเร็วรอบ	rpm

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

สัญลักษณ์และคำย่อ	ความหมาย	หน่วย
P	จำนวนขั้วแม่เหล็ก Pole	
PF	Power factor	
R	ความต้านทานต่อเฟส	Ω
R_a	ความต้านทานของทุ่นมอเตอร์ไฟตรง	Ω
R_1	ความต้านทานปฐมภูมิต่อเฟส	Ω
S, S_1, S_2	สลิป	
$Srpm$	รอบสลิป	rpm
ϕ	จำนวนฟลักซ์แม่เหล็ก	
π	ค่าคงที่เท่ากับ 3.1416	



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันพลาสติกถือว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจชนิดหนึ่งในประเทศไทย และการเลี้ยงพลาสติกถือเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กในชุมชน โดยมีผู้ประกอบการอาชีพเลี้ยงพลาสติกมากกว่า 2,000 ครอบครัวครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 100,000 ไร่ ซึ่งทำรายได้ไม่ต่ำกว่า 650 ล้านบาทต่อปี และทำให้ชุมชนมีรายได้เพื่อที่จะดำรงชีพในปัจจุบัน แต่สำหรับผู้ประกอบการผลิตพลาสติกแห่ง ก็ต้องลดต้นทุนในการจ้างแรงงานคน และลดระยะเวลาในการผลิตให้น้อยลงและมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยผู้ประกอบการได้พยายามหาเครื่องมือทุ่นแรง ไม่ว่าจะเป็นเครื่องขุดเกล็ดปลา เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกแห่ง กระบวนการผลิตพลาสติกแห่งจะประกอบด้วย 1) ล้างโคลน 2) ขุดเกล็ด 3) ตัดหัวปลาและเอาไส้ออก 4) ผัดเกล็ด แช่แข็ง 5) ล้างเมือก ล้างเกล็ดและเกล็ดไส้ออก 6) ตากปลา ซึ่งจากกระบวนการผลิตเห็นว่า กว่าจะมาเป็นพลาสติกแห่ง ก่อนข้างจะมีขั้นตอนในการผลิตหลายขั้นตอนมาก ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นว่าควรที่จะลดเวลาหรือจำนวนแรงงานคนลงในขั้นตอนที่คิดว่าน่าสนใจ และเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการ ซึ่งขั้นตอนที่ให้ความสนใจคือขั้นตอนที่ 5 คือการล้างก่อนที่จะทำการตากในดอนเข้า โดยในปัจจุบันต้องใช้แรงงานคนในการล้างเป็นหลักมานานหลายทศวรรษ โดยชาวบ้านนำสวิงไปตักปลาในถังแช่ปลานำมากระแทกกับน้ำในคลองหรือบ่อและทำการหมุนไปด้วยเพื่อให้เกล็ดและเมือกหลุดออกจากตัวปลา แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนามาใช้ปั๊มน้ำเพื่อช่วยในการล้าง ซึ่งทางกลุ่มเล็งเห็นว่า คนงานที่จะทำการล้างต้องมีความแข็งแรงและจำกัดน้ำหนักการล้างในแต่ละครั้ง เพราะถ้าน้ำหนักมากจะมีผลต่อคนงาน อาจทำให้เกิดการเมื่อยล้าของคนงาน ซึ่งจะมีผลต่อความสะอาดในขณะล้าง และจากการสำรวจในแถบจังหวัดสมุทรปราการและฉะเชิงเทรายังไม่มีเครื่องล้างปลาใช้ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้คิดที่จะสร้างเครื่องล้างพลาสติกเพื่อเป็นต้นแบบ และจะสามารถพัฒนาขึ้นได้ในโอกาสต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

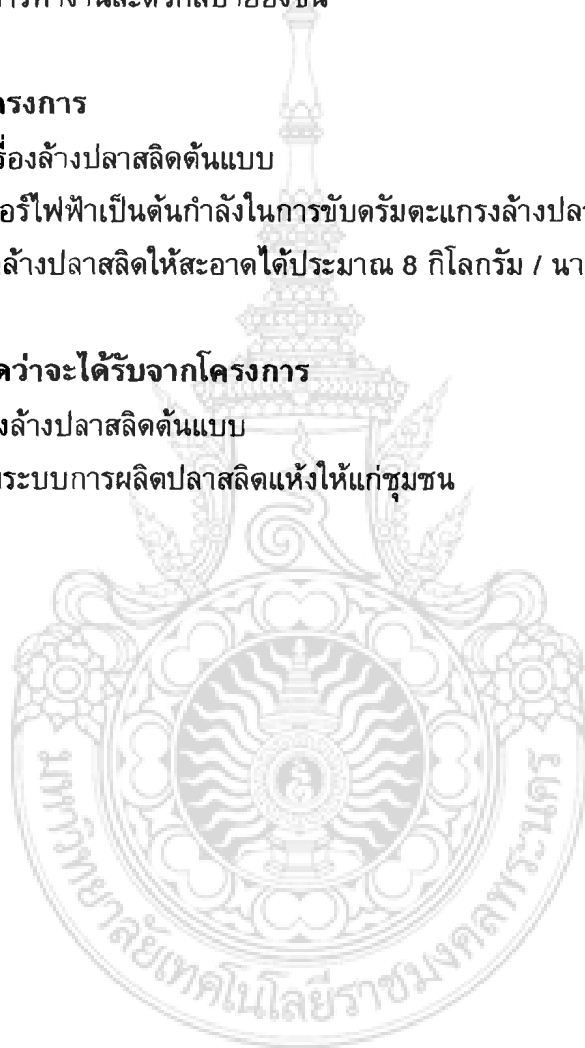
- 1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องล้างพลาสติก
- 1.2.2 เพื่อประหยัดเวลาในการทำงาน
- 1.2.3 เพื่อลดการใช้แรงงานคน
- 1.2.4 เพื่อให้การทำงานสะดวกสบายยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 สร้างเครื่องล้างพลาสติกต้นแบบ
- 1.3.2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนตะแกรงล้างปลา
- 1.3.3 สามารถล้างพลาสติกให้สะอาดได้ประมาณ 8 กิโลกรัม / นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- 1.4.1 ได้เครื่องล้างพลาสติกต้นแบบ
- 1.4.2 ได้แก้ไขระบบการผลิตพลาสติกแห้งให้แก่ชุมชน



บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปลาสลิดหรือปลาใบไม้



รูปที่ 2.1 ลักษณะปลาสลิดหรือปลาใบไม้

2.1.1 ชื่อไทย ปลาสลิด

2.1.2 ชื่อสามัญ Snake Skin Gourami

2.1.3 ชื่อวิทยาศาสตร์ Trichogaster Pectoralis

2.1.4 ถิ่นอาศัย

ปลาสลิดเป็นปลาน้ำจืดในภาคพื้นเอเชีย พบมากแถบประเทศไทย เวียดนาม มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ สำหรับประเทศไทยมีชุกชุมและนิยมเลี้ยงมากในแถบบริเวณภาคกลางของประเทศและนิยมเลี้ยงในนาข้าวเป็นส่วนมาก แหล่งที่ปลาสลิดเป็นปลาไทยแท้มีแหล่งกำเนิดอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง เราพบปลาสลิดได้ในน้ำใน

แม่น้ำ ลำคลอง แต่บริเวณที่เลี้ยงกันมาก คือ เขตจังหวัดสมุทรปราการ บางส่วนของจังหวัด ฉะเชิงเทรา และบางส่วนของจังหวัดสมุทรสาคร

แหล่งผลิตที่สำคัญ

1. อำเภอเมืองสมุทรปราการ ได้แก่บริเวณพื้นที่ ตำบลแพรกษา บางส่วนของ ตำบลท้ายบ้าน ตำบลบางปู และตำบลบางปูใหม่
2. อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่บริเวณพื้นที่ ตำบลบางปลา ตำบล บางพลีใหญ่ ตำบลบางแก้ว
3. อำเภอบางป่อ จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่บริเวณพื้นที่ ตำบลบางเพรียง ตำบลคลองด่าน ตำบลบ้านประกาศ ตำบลเป็ริง
4. กิ่งอำเภอบางเสาธง จังหวัดสมุทรปราการ ได้แก่ ตำบลบางเสาธง

2.1.5 รูปร่างลักษณะและนิสัย

ปลาชนิดนี้มีรูปร่างลักษณะคล้ายปลากะตักหัวโต แต่ขนาดโตกว่ามีลำตัวแบนข้าง มีครีบ ท้องยาวครีบเดี่ยว หัวโต ตาโต ครีบหลังในตัวผู้มีส่วนปลายยื่นยาวเช่นเดียวกับคืบกัน ครีบอก ใหญ่ ครีบหางเว้าตื้นปลายมน สีของลำตัวมีวรรณะค่อนข้างเทาออกเขียว หรือมีสีคล้ำเป็นพื้น และมีริ้วดำพาดขวางตามลำตัวจากหัวถึงโคนหาง มีเกล็ดบนเส้นข้างตัวประมาณ 42-47 เกล็ด ปากเล็กยึดหดได้ ปลาชนิดนี้มีขนาดใหญ่เต็มที่จะมีความยาวประมาณ 20 เซนติเมตร

ปลาชนิดนี้ชอบอยู่ในน้ำนิ่ง เช่น หนอง บึง มักชอบอาศัยอยู่ตามบริเวณที่มีพันธุ์ไม้ น้ำ เช่น ผักและสาหร่าย เพื่อใช้เป็นที่พักอาศัยกำบังตัว และก่อหวอดวางไข่ เนื่องจากปลาชนิดนี้โต เร็วในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีอาหารพวกพืชซึ่งได้แก่ สาหร่าย ตลอดจนพืชและสัตว์เล็ก ๆ จึง สามารถที่จะนำมาเลี้ยงในบ่อ และในนาข้าวได้เป็นอย่างดี

2.1.6 การแพร่ขยายพันธุ์

ลักษณะเพศ ปลาชนิดตัวผู้และตัวเมียแตกต่างกันอย่างมองเห็นได้ชัดคือ ปลาตัวผู้มี ลำตัวยาวเรียว สันหลังและสันท้องเกือบเป็นเส้นตรงขนานกัน มีครีบหลังยาวจุด หรือเลยโคน หาง มีสีตัวเข้มและสวยกว่าตัวเมีย ส่วนตัวเมียมีสันท้องยาวมนไม่ขนานกับสันหลัง ครีบหลังมัก มนไม่ยาวจนถึงโคนหางสีตัวจางกว่าตัวผู้ ในฤดูวางไข่ท้องจะอูมโป่งออกมาทั้งสองข้าง

ฤดูวางไข่ ปลาชนิดนี้สามารถผสมพันธุ์และวางไข่ได้เมื่อมีอายุถึง 7 เดือน ขนาดโดย เฉลี่ยเมื่อเติบโตเต็มที่แล้วจะมีลำตัวยาวประมาณ 6-7 นิ้วหนัก 130-140 กรัม ฤดูวางไข่นั้น แตกต่างออกไปแล้วแต่แหล่งที่ใช้เลี้ยงปลา อย่างไรก็ตามปลาชนิดนี้จะเริ่มวางไข่ตั้งแต่เดือน เมษายนถึงเดือนสิงหาคม หรือในฤดูฝน แม่ปลาตัวหนึ่ง ๆ จะสามารถวางไข่ได้หลายครั้ง แต่ละ ครั้งจะได้ปริมาณ 4,000-10,000 ฟอง ลักษณะของไข่ปลาชนิดนี้เป็นสีเหลือง

2.1.7 การเจริญเติบโต

ไข่ปลาสลิดจะเริ่มฟักเป็นตัวภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง โดยทยอยออกเป็นตัวเรื่อย ๆ ไข่จะออกเป็นตัวหมดภายใน 48 ชั่วโมง แต่ไข่บางฟองที่ไม่ได้รับการผสม จะมีลักษณะขุ่นเป็นราสีขาวไม่ออกเป็นตัว ลูกปลาที่ออกจากไข่ใหม่ ๆ จะมีถุงอาหารติดอยู่ที่ท้อง ยังไม่กินอาหาร จนกว่าพ้น 7 วันไปแล้ว เมื่อถุงอาหารยุบหมดจึงจะเริ่มกินอาหารต่าง ๆ และเมื่ออายุได้ 7 เดือน จะมีความยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้นไปซึ่งนับเป็นขนาดที่พร้อมจะสืบพันธุ์ได้ต่อไปอีก

2.1.8 การให้อาหาร

อาหารที่ปลาสลิดชอบกินก็คือ ตะไคร่น้ำ รำละเอียด หรือปลายข้าวโดยดัมปนกับ ผักบุงที่หั่นแล้วรวมทั้งแหนสด พวกตะไคร่น้ำและไรน้ำเป็นอาหารของลูกปลาในวัยอ่อนอายุ ตั้งแต่ 7 วัน ถึง 1 เดือน เมื่อปลามีอายุได้ 21 วันแล้วควรลองให้รำข้าวอย่างละเอียด ดัมปนกับ ผักบุงที่หั่นละเอียดหรือแหนสด และปลวกบ้าง เพราะลูกปลาบางตัวเจริญเติบโตเร็วจนสามารถ กินอาหารดังกล่าวได้

สำหรับผักบุงที่ใช้ดัมปนกับรำนั้น ควรใช้ผัก 1 ส่วน รำ 2 ส่วนโดยดัมผักให้เปียก เสียก่อนแล้วจึงเอารำลงไปเคล้าปั้นเป็นก้อน การให้อาหารควรให้เพียงวันละ 2 ครั้งในช่วงเช้า โดยจัดวางบนแบนไม้ระดับน้ำ 1 คืบควรกะปริมาณอาหารให้ปลากินหมดพอดีในวันหนึ่ง ๆ ถ้า อาหารเหลือข้ามวันจะเกิดการบูดเน่าทำให้เสีย แต่การที่จะกำหนดปริมาณอาหารให้แน่นอนลง ไปเป็นการยากที่จะคำนวณได้ เพราะปลาย่อมเจริญเติบโตขึ้นทุกวัน อาหารที่ให้แต่ละคราวจึง ต้องคอยเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นอยู่เสมอ เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของปลา

การให้อาหารแต่ละครั้ง ควรพยายามให้เป็นเวลา และควรให้อาหารในระหว่างที่ อากาศยังไม่ร้อน คือ ในช่วงเช้าและเย็น ก่อนวางอาหารบนแบนไม้ควรตักน้ำให้สัญญาณ เสียก่อน ปลาจะได้เชื่องและมีความเคยชิน

2.1.9 โรค

ปลาสลิดตามธรรมชาติไม่ค่อยจะเป็นโรคร้ายแรง ทั้งยังไม่เคยปรากฏว่ามีโรคระบาด ขึ้นในบ่อปลาสลิดเลย นอกจากน้ำในบ่อเกิดเสียซึ่งจะทำให้ปลาขึ้นลอยหัวเพราะออกซิเจนที่ ละลายในน้ำไม่เพียงพอ ปลาสลิดจึงต้องขึ้นมาหายใจบนผิวน้ำผู้เลี้ยงต้องรีบถ่ายน้ำเก่าออกแล้ว ระบายน้ำเข้าใหม่ หรือรีบย้ายปลาไปพักไว้บ่ออื่น อีกอย่างหนึ่งก็คือ ฤดูร้อนมักปรากฏเสมอว่า จะเกิดตัวเห็บน้ำเกาะติดตามตัวปลา ตัวเห็บน้ำนี้จะเกาะดูดเลือดของปลาทำให้การเจริญเติบโต ของปลาชะงัก หากมีเห็บน้ำขึ้นมาต้องรีบกำจัดโดยวิธีระบายน้ำสะอาดเข้าไปในบ่อให้มาก ๆ จะ ทำให้ตัวเห็บนี้หายไป

อีกประการหนึ่ง ปลาที่จะนำมาเป็นพ่อ-แม่พันธุ์ ถ้าพบว่ามีบาดแผลไม่สมควรปล่อยลงเลี้ยงรวมกันในบ่อ เพราะปลาที่เป็นแผลอาจกลายเป็นโรคและปล่อยเชื้อโรคไปติดปลาตัวอื่น

2.1.10 ศัตรูและการป้องกัน

ศัตรูของปลาสลิดได้แก่

1. พวกนกกินปลา เช่น นกกระเด็น นกยาง นกกาน้ำ และเหยี่ยว
2. พวกปลากินเนื้อ เช่น ปลาช่อน ปลาชะโด ปลาไหล จะกินทั้งปลาสลิดขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ส่วนปลากริม ปลากัด ปลาหัวตะกั่วจะกินไข่ของปลาสลิดและลูกปลาในวัยอ่อน
3. สัตว์เลื้อยคลาน เช่น ตัวเงินตัวทอง งู เต่า ตะพาบน้ำ
4. พวก กบ เขียด และนาก

ปลาสลิดสามารถหลบหลีกศัตรูได้ดี แต่เมื่อนำมาเลี้ยงในบ่อ ปลาสลิดไม่สามารถที่จะหลบหลีกศัตรูได้ดีเท่ากับอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ฉะนั้นจึงจำเป็นที่ผู้เลี้ยงจะต้องช่วยกันป้องกันและกำจัดศัตรูของปลาสลิดเพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย

ในการป้องกันและกำจัดพวกสัตว์ที่เป็นอันตรายต่อปลา เช่น พวกตัวเงินตัวทอง งู เต่า ตะพาบน้ำรวมทั้งกบ เขียด และนาก ถ้าทำรั้วล้อมรอบบ่อได้ก็นับว่าเป็นวิธีการป้องกันซึ่งได้ผลดีเพียงพอแล้วสัตว์จำพวกนก ควรทำเพิงคลุมบังอาหารไว้ เพื่อป้องกันมิให้นกโฉบลงมา กินปลาในขณะที่ปลาขึ้นมากินอาหารอยู่เป็นหมู่เป็นกลุ่มต้องระวังพันธุ์ไม้น้ำที่จะนำมาปลูกในบ่อ เพราะอาจจะมีไข่ปลาที่เป็นศัตรูของปลาสลิดติดมาด้วยอีกอย่างหนึ่งคือท่อระบายน้ำ ต้องใช้ลวดตาข่ายที่มีช่องตาขนาดเล็กกรุเอาไว้ เป็นการป้องกันไม่ให้พวกศัตรูของปลาสลิดเข้าไปในบ่อเลี้ยงได้ และต้องหมั่นตรวจตะแกรงอยู่เสมอถ้าชำรุดต้องเปลี่ยนใหม่ทันที

2.1.11 การจับ

เมื่อมีความจำเป็นจะต้องจับปลาสลิดไปเลี้ยงในวัยอ่อนเพื่อแยกไปเพาะเลี้ยงควรใช้กระชอนตัก แล้วใช้ขันหรือถังตักลูกปลาให้ติดทั้งน้ำและตัวปลาขึ้นมาพร้อมกันเพื่อมิให้ปลาชอกช้ำ ถ้าเป็นปลาที่โตแล้วควรใช้สวิงตาถี่ขึ้น แล้วจึงใช้ขันตักขึ้นจากสวิงอีกชั้นหนึ่ง การจับปลาเพื่อใช้เป็นอาหารประจำวัน จะต้องจับปลาที่มีขนาดยาวตั้งแต่ 10 เซนติเมตร ขึ้นไปควรใช้ลอบยีนวางไว้ตามมุมบ่อ เพราะถ้าใช้แหทอดหรือจ้องใช้สวิงตักตรงบังอาหาร ปลาก็จะเช็ดไม่กล้ามากินอาหารตามบริเวณนั้นอีกหลายวัน

ส่วนการจับปลาให้หมดทั้งบ่อเพื่อจำหน่าย ควรจับในเดือนมีนาคมเพราะเป็นฤดูที่ปลาไม่ได้อวางไข่ โดยใช้ฝือกล้อมแล้วใช้สวิงตักเอาจากฝือกที่ล้อมไว้

2.1.12 การแปรรูป

การทำพลาสติกเค็มเป็นการแปรรูปอย่างหนึ่ง ซึ่งช่วยถนอมพลาสติกสามารถเก็บไว้บริโภคได้เป็นเวลานานมากขึ้นและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั่วทุกภูมิภาคทั้งยังส่งเป็นสินค้าออกอีกส่วนหนึ่งด้วย

2.1.13 วิธีทำ

ขอดเกล็ดโดยใช้มีดหรือซันสั้งกะสิปากเป็นฟันเลื่อย ตัดหัว ควกัใส่ แยกหัวและไส้ไปบดสับเป็นอาหารเปิดหรือไก่ สำหรับไส้ถ้าเป็นฤดูที่มีมันมากให้เก็บเกี่ยวน้ำมัน น้ำมันพลาสติกมีราคาดีเพราะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายอย่างเช่น อุตสาหกรรมฟอกหนัง สีและอาหารสัตว์เคี้ยวปลาทูที่สำเร็จแล้วกับเกลือ ในอัตราส่วน 3:1 คือปลา 3 ส่วนเกลือ 1 ส่วนหมักไว้ 1 คืน ในถังไม้ โองเคลือบ กะละมังหรือเข่ง รุ่งเช้าก่อนพระอาทิตย์ขึ้นล้างปลาให้สะอาดเรียงปลาแผ่ครีบบให้สวยงามบนตะแกรงไม้โปร่งระยะเวลาตากแห้ง ตั้งแต่แดดเริ่มถึงเวลาประมาณ 11.00 น.ให้กลับข้างจนถึงเวลาประมาณ 15.00 น. หรือ 3 โมงเย็น จึงเก็บปลาลงเข่งเรียงให้ดี ลักษณะนี้เรียกว่า พลาสติกแดดเดียว ซึ่งเนื้อจะนุ่ม ถ้าต้องการปลาแห้งกว่านี้ ตากจนถึงเย็น แล้วใช้พลาสติกคลุมไว้ตลอดคืน รุ่งเช้าเอาผ้าพลาสติกออก ตากต่อจนถึงเย็นโดยกลับปลาในตอนกลางวันเช่นเดิม ปลาชนิดนี้เรียกว่า ปลาสองแดด เนื้อจะแห้งแข็ง เวลาทอดจะกรอบเคี้ยวได้เกือบหมดทั้งตัว

2.2 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

เหล็กกล้าไร้สนิม หรือ สเตนเลส นั้น ถือเป็นโลหะผสมเหล็ก ที่มีโครเมียมอย่างน้อยที่สุด 10.5% ชื่อในภาษาไทย แปลจากภาษาอังกฤษว่า stainless steel เนื่องจากโลหะผสมดังกล่าวไม่เป็นสนิมอันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างออกซิเจนในอากาศกับโครเมียม ในเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิม เกิดเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบผิวไว้ ทำหน้าที่ปกป้องการเกิดความเสียหายให้กับตัวเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมได้เป็นอย่างดี ป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion) และไม่ชำระหรือสึกกร่อนได้ง่ายอย่างโลหะทั่วไป สำหรับในสหรัฐอเมริกาและในหลายประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการบิน นิยมเรียกโลหะนี้ว่า **corrosion resistant steel** เมื่อไม่ได้ระบุชัดว่าเป็นโลหะผสมชนิดใด และคุณภาพระดับใด แต่ในท้องตลาดเราสามารถพบเห็น เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 18-8 มากที่สุด ซึ่งเป็นการระบุถึง ธาตุที่เจือลงในเนื้อเหล็กคือ โครเมียมและนิกเกิลตามลำดับ เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทนี้จัดเป็น Commercial Grade คือมีใช้ทั่วไปหาซื้อได้ง่าย มักใช้ทำเครื่องใช้ทั่วไป ซึ่งเราสามารถจำแนกประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิมได้จากเลขรหัสที่กำหนดขึ้นตามมาตรฐาน AISI เช่น 304 304L 316 316L เป็นต้น ซึ่งส่วนผสมจะเป็นตัวกำหนดเกรดของเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งมีความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป เหล็กกล้าไร้

สนิมกับการเกิดสนิม ปกติเหล็กกล้าไร้สนิมจะไม่ใช่สนิมเพราะที่ผิวของมันจะมีฟิล์มโครเมียมออกไซด์ บางๆ เกรือบผิวอยู่อันเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่าง โครเมียม (Cr) ในเหล็กกล้าไร้สนิมกับออกซิเจนในอากาศ การทำให้เหล็กกล้าไร้สนิมเป็นสนิมคือการถูกทำลายฟิล์มโครเมียมออกไซด์ ที่เคลือบผิวออกไปในสภาวะที่เหล็กกล้าไร้สนิม สามารถเกิดสนิมได้ ก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมาอีกครั้งเช่น ถ้าเหล็กกล้าไร้สนิมถูกทำให้เกิดรอยขีดข่วน แล้วบริเวณรายนั้นมีความชื้น ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยากับธาตุเหล็กก่อนที่ฟิล์มโครเมียมออกไซด์จะก่อตัวขึ้นมา ก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดสนิมขึ้นได้

2.2.1 ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิมแบ่งออกเป็นกลุ่มพื้นฐาน ได้ 5 กลุ่มคือ ออสเทนนิติก เฟอริติก ดูเพล็กซ์ มาร์เทนซิติก และกลุ่มเพิ่มความแข็งโดยวิธีการตกผลึก

กลุ่มออสเทนนิติก (Austenitic) หรือเหล็กกล้าไร้สนิมตระกูล 300 เป็นเกรดที่ใช้งานแพร่หลายมากที่สุดถึง 70% มีคุณสมบัติที่แม่เหล็กดูดไม่ติด (non – magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 16% คาร์บอนอย่างมากที่สุด 0.15% มีส่วนผสมของธาตุนิเกิล 8% เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการทำการประกอบ(Fabrication) และเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน เกรดที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและนิยมเรียก 18/10 คือการที่มีส่วนผสมของโครเมียม 18% และนิเกิล 10%

กลุ่มเฟอริติก (Ferritic) แม่เหล็กดูดติด (magnetic) มีธาตุคาร์บอนผสมปริมาณที่ต่ำ และมีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลักที่สำคัญอาจอยู่ระหว่าง 10.5%-27% และมีนิเกิลเป็นส่วนผสมอยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย

กลุ่มมาร์เทนซิติก (Martensitic) แม่เหล็กดูดไม่ติด (magnetic) มีส่วนผสมของโครเมียม 12-14% และมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ปานกลาง มีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมอยู่ประมาณ 0.2-1% ไม่มีนิเกิล เหล็กกล้าไร้สนิมตระกูลนี้สามารถปรับความแข็งได้โดยการให้ความร้อนแล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว (Quenching) และอบคืนตัว (Tempering) สามารถลดความแข็งได้ คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอน และพบการใช้งานที่สำคัญในการผลิตเครื่องตัด อุตสาหกรรมเครื่องบินและงานวิศวกรรมทั่วไป

กลุ่มเพิ่มความแข็งโดยการตกผลึก (Precipitation hardening) เกรดที่เป็นที่รู้จักในตระกูลนี้ คือ 17-4H ซึ่งมีส่วนผสมของโครเมียม 17% และนิเกิล 4% สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้โดยกลไกเพิ่มความแข็งจากการตกผลึก (Precipitation hardening mechanism) โดยสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงมาก มีค่าความเค้นพิสูจน์ (Proof stress) อยู่ระหว่าง 1,000 ถึง 1,500 เมกะปาสคาล (MPa) ขึ้นอยู่กับชนิดและกรรมวิธีปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อน (Heat treatment)

กลุ่มคูเพล็กซ์ (Duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่าง โครงสร้างเฟอร์ริติก และ ออสเทนนิติก มีโครเมียมเป็นธาตุผสมอยู่ระหว่าง 19-28% และโมลิบดีนัมสูงกว่า 5% และมี นิกเกิลน้อยกว่าตระกูลออสเทนนิติก พบว่ามีการใช้งานมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบรรยากาศ แวดล้อมของคลอไรด์

2.2.2 ประโยชน์ของการใช้งานเหล็กกล้าไร้สนิม

- ใช้ในสิ่งแวดล้อมที่กัดกร่อน (Corrosive Environment)
- งานอุณหภูมิเย็นจัด ป้องกันการแตกเปราะ
- ใช้งานอุณหภูมิสูง (High temperature) ป้องกันการเกิดคราบออกไซด์ (scale) และยังคงความแข็งแรง
- มีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับมวล (High strength vs. mass)
- งานที่ต้องการสุขอนามัย (Hygienic condition) ต้องการความสะอาดสูง
- งานด้านสถาปัตยกรรม (Aesthetic appearance) ไม่เป็นสนิม ไม่ต้องทาสี
- ไม่ปนเปื้อน (No contamination) ป้องกันการทำปฏิกิริยากับสารเร่งปฏิกิริยา
- ด้านทานการขัดถูแบบเปียก (Wet abrasion resistance)

2.2.3 ผิวของเหล็กกล้าไร้สนิม

No.1- ริดร้อนหรือริดเย็น / อบอ่อน หรือปรับปรุงด้วยความร้อน คราบออกไซด์ ไม่ได้ขจัดออก / ใช้งานในสภาพที่ริดออกมาโดยทั่วไปจะใช้งานที่ทนความร้อน

2D- สภาพผิว 2D หลังจากการริดเย็นโดยลดความหนาหลง ผ่านการอบอ่อนและการกัดผิวโดยกรดลักษณะผิวสีเทาเงินเรียบ

2B- ผิว 2D ที่ผ่านลูกรีดขนาดใหญ่กดทับปรับความเรียบ เพิ่มความเงาผิวเงาสะท้อนปานกลาง ผลิตโดยวิธีการริดเย็น ตามด้วยการอบนำอ่อนขจัดคราบออกไซด์ และนำไป ริดเบาๆ ผ่านไปยังลูกกลิ้งขัด ซึ่งเป็นวิธีการทั่วไปของการริดเย็น ผิวที่ได้ส่วนมากจะอยู่ในระดับ 2B

BA-ผ่านกระบวนการริดเย็นโดยความหนาหลงที่ละน้อยๆ ผ่านการอบอ่อนด้วย ก๊าซไฮโดรเจน เพื่อป้องกันกันการออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ ผิวมันเงา สะท้อนความเงาได้ดี ผิวผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าไร้สนิมจะกระทำด้วยวิธีนี้ ซึ่งจะมีเครื่องหมาย BA หรือ No.2BA, A ซึ่งผิวอบอ่อนเงา จะมีลักษณะเงากระจก ซึ่งเริ่มต้นจากการริดเย็น อบอ่อนในเตาควบคุม บรรยากาศ ผิวเงาที่เห็นจะเป็นการขัดผิวด้วยลูกกลิ้งขัดผิว หรือเจียรนัยผิวตามเกรดที่ต้องการ ผิวอบอ่อนเงาส่วนมากจะใช้กับงานสถาปัตยกรรม ที่ต้องการผิวสะท้อน ผิวอบอ่อนสีน้ำนมจะไม่

สะท้อนแสงเหมือนกับ No.8 จะใช้กับงานที่เป็นขอบ ชิ้นส่วนทางสถาปัตยกรรม ภาชนะในครัว อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตอาหาร

No.4, Hair Line- สภาพผิว 2B ที่ผ่านการจัดดูด้วยกระดาษทรายเบอร์ 120-220 โดยค่าความหยาบขึ้นอยู่กับแรงกด, ขนาดของอนุภาคเม็ดทราย และระยะเวลาการใช้งานของกระดาษทราย ผิว No.4 เป็นสภาพผิวที่สนองต่อการนำไปใช้งานทั่วไป เช่นร้านอาหาร อุปกรณ์เครื่องใช้ในครัว อุปกรณ์รีดนม

No.8- สภาพผิว 2B, BA ขัดด้วยผ้าขัดอย่างละเอียดมากขึ้นตามลำดับ เช่น #1000, ผ้าขนสัตว์ โดยมีผงขัดอะลูมิเนียมและโครเมียมออกไซด์ ผิว No.8 ส่วนมากจะเป็นผิวเงาสะท้อนคล้ายกระจกเงา ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดแผ่นโดยผิวจะถูกขัดด้วยเครื่องขัดละเอียด นำไปใช้กับงานตกแต่งทางด้านสถาปัตยกรรม และงานที่เน้นความสวยงาม

2.2.4 การกัดกร่อน

เหล็กกล้าไร้สนิมเป็นวัสดุที่ทนและต้านทานการกัดกร่อน อย่างไรก็ตามมีเหล็กกล้าไร้สนิมหลายตระกูลที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเลิศ ในประเด็นการใช้งานที่ต่างกัน ซึ่งต้องเลือกไปใช้ในงานผลิตหรืองานประกอบโครงสร้าง ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างระมัดระวัง

การกัดกร่อนทั่วไป (General corrosion) เป็นการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นตลอดทั่วผิวหน้า (Uniform attack) การกัดกร่อนแบบนี้มีอันตรายน้อยเพราะสามารถวัด และทำนายการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าได้ การกัดกร่อนแบบนี้จะเกิดขึ้นกับเหล็กกล้าไร้สนิมในสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการกัดกร่อนในอัตราที่ต่ำมาก

การกัดกร่อนเนื่องจากความต่างศักย์ไฟฟ้า (Galvanic corrosion) เป็นการกัดกร่อนที่เกิดจากโลหะ 2 ชนิดที่มีศักย์ทางไฟฟ้าแตกต่างกันมาอยู่ติดกัน จุ่มอยู่ในสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเดียวกัน เหล็กกล้าไร้สนิมจะเป็นโลหะที่มีศักย์สูงกว่า ดังนั้นอัตราการกัดกร่อนแบบกัลวานิกมักจะเพิ่มขึ้นในเหล็กกล้าไร้สนิม

การกัดกร่อนแบบสึกกร่อนเนื่องจากการไหลของสารละลายที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง (Erosion corrosion)/การกัดกร่อนเนื่องจากการขัดถู (Abrasion corrosion) การกัดกร่อนแบบ Erosion/abrasion เป็นปฏิกิริยาที่เกิดร่วมกันระหว่างการสึกหรอทางกลกับการกัดกร่อนจากสารละลาย ผงหรือเศษที่หลุดมาจากการขัดถู จะแขวนลอยอยู่ในสารละลาย และไหลด้วยความเร็วสูงจะทำให้ผิวหน้าสัมผัสมีอัตราการกัดกร่อนสูง เหล็กกล้าไร้สนิมจะมีความต้านทานการกัดกร่อนแบบสึกกร่อน หรือแบบขัดถูสูงเนื่องจากมีฟิล์มถาวรที่ยึดแน่น และสร้างทดแทนขึ้นที่ผิวหน้าสม่ำเสมอ

การกัดกร่อนตามขอบเกรน (Intergranular corrosion) เป็นการกัดกร่อนตามขอบเกรนเกิดขึ้นเนื่องจากเกิดการตกผลึกของโครเมียมคาร์ไบด์บริเวณขอบเกรน C ทำให้ขอบเกรนมีปริมาณโครเมียมลดลง ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 450 องศา มีความต้านทานการกัดกร่อนตามแนวขอบเกรนต่ำ แก้ไขโดยการเลือกใช้วัสดุเกรด "L" หรือ เกรดที่ช่วยให้โครงสร้างเสถียร (Stabilized grade) และต้องระวังไม่ให้เกิดการกัดกร่อนตามขอบเกรนระหว่างการเชื่อมประกอบโครงสร้าง

การกัดกร่อนแบบสนิมขุม (Pitting corrosion) เป็นการกัดแบบเป็นจุดหรือแบบสนิมขุมเป็นการกัดกร่อนเฉพาะที่เป็นอันตรายมาก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวหน้าเป็นรูเล็ก ๆ หรือเป็นรูทะลุตลอดเนื้อวัสดุ แต่สามารถวัดการสูญเสียเนื้อวัสดุได้น้อย สิ่งแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนแบบสนิมขุม ส่วนมากจะเป็นสารละลายที่มีไอออนคลอไรด์ (Chloride ion) จะเป็นตำแหน่งที่ฟิล์มถาวรจะถูกทำลายได้ง่ายที่สุดในสิ่งแวดล้อมเช่นนี้ ควรจะเลือกใช้วัสดุด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารละลายของกรดที่มีอุณหภูมิสูง ถ้าเงื่อนไขจะทำให้เกิดการกัดกร่อนแบบสนิมขุมไม่สามารถแก้ไขได้ ให้แก้ไขโดยการเลือกใช้โลหะผสมที่ต้านทานการกัดกร่อนสูงกว่า เช่น เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดดูเพล็กซ์ และเกรดอื่น ๆ ที่สามารถแก้ไขปัญหาได้

การกัดกร่อนในพื้นที่อับหรือถูกปกปิด (Crevice corrosion) เป็นการกัดแบบนี้เกิดขึ้นที่ผิวหน้าส่วนที่ถูกปิด หรือกอดทับของเหล็กกล้าไร้สนิม มีผลทำให้ปิดกั้นออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชันสร้างฟิล์มออกไซด์ได้ ทำให้ฟิล์มป้องกันมีแนวโน้มที่จะแตกหรือถูกทำลายลงในพื้นที่อับนี้ ดังนั้นในสภาวะการใช้งานต้องหลีกเลี่ยงการมีพื้นที่อับ

การกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมที่มีจุลชีพ (Microbiologically Induced Corrosion : MIC) เป็นการกัดกร่อนที่เป็นผลมาจากจุลชีพ เกิดจากแบคทีเรียที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมเกาะติดที่ผิวหน้าของเหล็กกล้าไร้สนิมทำให้บริเวณนั้น ปิดกั้นออกซิเจน ดังนั้นเงื่อนไขในการกัดกร่อนจึงคล้ายกับแบบ Crevice แบคทีเรียจึงทำให้สถานการณ์ การกัดกร่อนเลวร้ายลง

การแตกร้าวเนื่องจากการกัดกร่อนภายใต้ความเค้น (Stress Corrosion Cracking : SCC) SCC คือ การแตกเปราะที่เริ่มต้นจากการกัดกร่อนในวัสดุที่มีความเหนียว เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดออสเทนนิติกจะมีแนวโน้มที่จะเกิด SCC สูงกว่าเกรดเฟอร์ริติก เหล็กกล้าไร้สนิมเกรดเฟอร์ริติกจึงสามารถต้านทานการกัดกร่อนแบบ SCC ได้สูงกว่าเกรดออสเทนนิติก

2.3 สกรูขนถ่าย (Screw Conveyors)

ชุดสกรูขนถ่ายใช้สำหรับขนถ่ายวัสดุปริมาณมวลได้ทั้งในแนวระนาบหรือแนวลาดเอียงก็ได้ประกอบด้วยรางตัวถังและแกนสกรูหมุนขับเคลื่อนวัสดุภายในรางตัวถังนั้น ๆ ลักษณะการสร้างสกรูเป็นได้ทั้งแผ่นเกลียวสกรูเต็มตัวหรือแผ่นเส้นเกลียวขับ

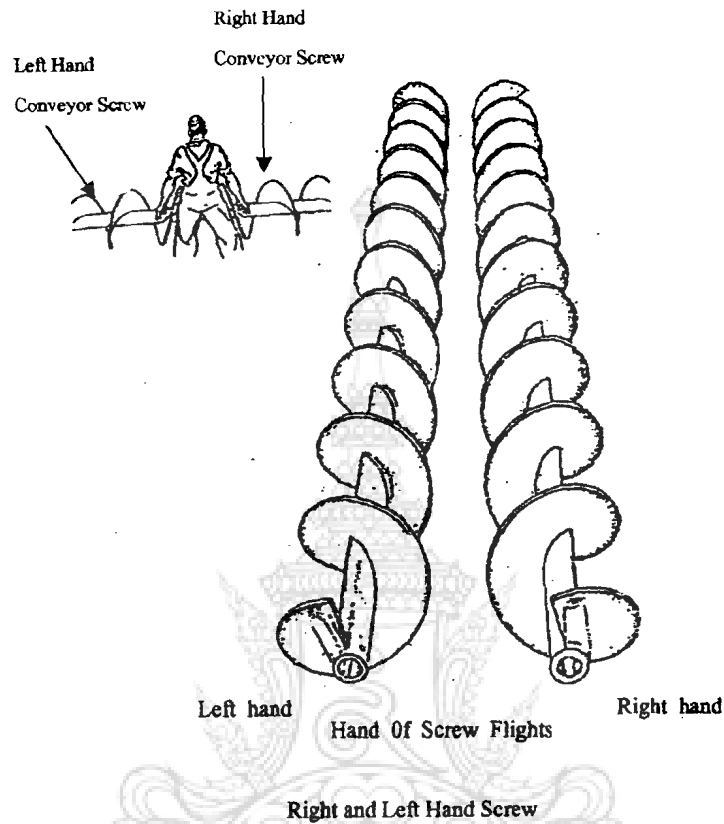
ชุดสกรูขนถ่ายนี้นับว่าเป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่เก่าแก่สร้างง่ายเพราะมีองค์ประกอบเพียง 3 ชิ้น คือ รางตัวถัง เกลียวสกรูขนถ่าย และต้นกำลังขับ

แรงขับเคลื่อนถ่ายวัสดุนั้นขับออกมาจากผิวเกลียวสกรูในขณะที่หมุนใช้งานอยู่ ทำให้วัสดุแล่นไปข้างหน้า ข้อสำคัญคือควรระวังป้องกันอย่าให้แรงน้ำหนักวัสดุขนถ่ายและแรงเสียดทานระหว่างมวลวัสดุขนถ่ายกับกำแพงรางตัวถัง ไปขัดขวางการหมุนรอบของสกรูแต่ละรอบขณะหมุนขนถ่ายได้ในขณะหมุนขนถ่าย ในเชิงปฏิบัติวัสดุปริมาณมวลต่าง ๆ สามารถขนถ่ายด้วยสกรูขนถ่ายได้เป็นอันมากไม่ว่าวัสดุนั้นจะเป็นผงละเอียด เมล็ดหรือก้อนเล็ก ๆ ก็ตาม แนวขนถ่ายกระทำได้ทั้งแนวระนาบและแนวเอียงทำมุมกับแนวระนาบได้ถึงประมาณ 20° สกรูขนถ่ายลักษณะพิเศษยังมีอีกที่ใช้ขนถ่ายในแนวชัน ๆ และแนวยื่น

ชุดสกรูขนถ่ายมีลักษณะสร้างไม่ยากทั้งระบบการป้อนและคายออก การสร้างก็กระทำสะดวกนำไปใช้ผนวกเข้ากับกระบวนการอัตโนมัติต่าง ๆ ได้ง่าย ขนาดปริมาณขนถ่ายนั้นมีพิสัยได้ตั้งแต่ 1 ถึง 300 m³/hr ความยาวขนถ่ายมีได้ตั้งแต่เกณฑ์ปกติขึ้นไปจนถึงประมาณ 50 เมตร พิสัยความเร็วตั้งแต่ 10 ถึง 250 รอบต่อนาที ส่วนความเร็วแล่นขนถ่ายมักไม่เร็วกว่า 0.5 m/s

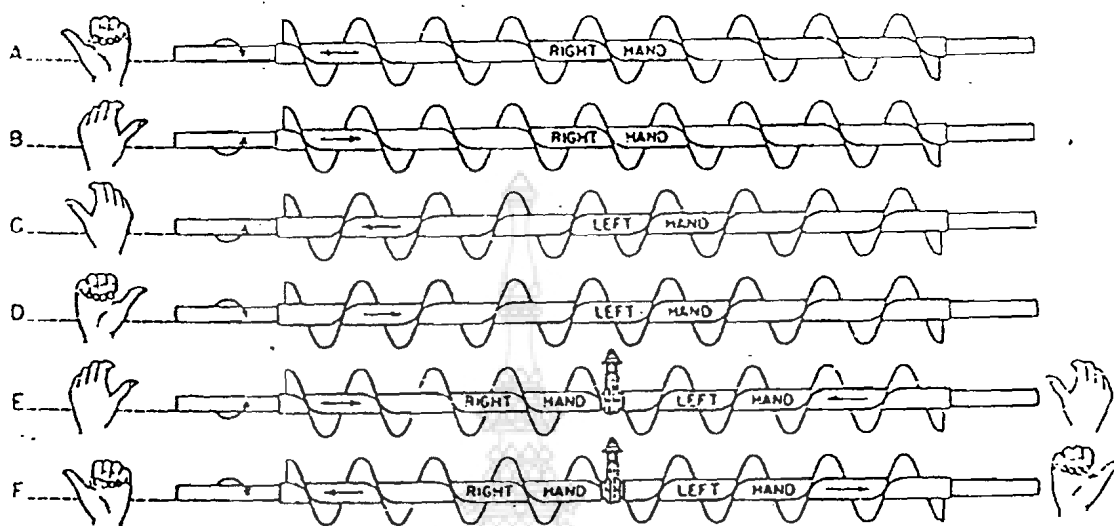
2.3.1 ไบสกรูลำเลียง

สกรูลำเลียงหากเห็นรูปร่างแต่ภายนอกเราจะไม่ทราบเลยว่าสกรูลำเลียงนั้นใช้กับงานประเภทใด (ลำเลียง ป้อนวัสดุ ผสมเป็นต้น) หรือเหมาะสมกับการใช้งานลำเลียงวัสดุประเภทใด เพราะส่วนของสกรูที่จะบ่งบอกว่าใช้กับงานประเภทใดหรือลำเลียงวัสดุประเภทใดได้ดีนั้นคือรูปแบบของไบสกรู จึงนับว่าไบสกรูจัดเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดของชุดสกรูลำเลียง ไบสกรูจะทำจากโลหะหรือพลาสติก สร้างโดยการรีด กด ม้วนดึง หรือหล่อสำเร็จ ทิศทางของการบิดของสันไบอาจบิดเป็นเกลียวซ้ายหรือเกลียวขวาหรือในชุดเดียวกันแกนเดียวกันอาจติดตั้งทั้งเกลียวขวาและเกลียวซ้าย ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สกรูเกลียวซ้ายและสกรูเกลียวขวา

ในการพิจารณาว่าสกรุนั้นๆบิดแบบเกลียวขวา หรือเกลียวซ้าย ให้ใช้วิธีการสังเกตง่าย ๆ ที่เรียกว่า “กฎของแขน” โดยมีขั้นตอนดังนี้ ให้วางชุดใบสกรูในแนวนอนทางด้านหน้าของผู้สังเกตจากนั้นผู้สังเกตห้อยแขนทั้งสองลง และกางแขนออกจากลำตัวเล็กน้อยจากนั้นให้ผู้สังเกตมองดูสันใบสกรูที่อยู่ตรงหน้าว่าสันใบเอียงตามแนวแขนของผู้สังเกต ถ้าเอียงตามแขนซ้ายแสดงว่าใบสกรุนั้นบิดเป็นเกลียวซ้าย ถ้าสังเกตเห็นสันใบสกรูเอียงตามทิศทางเอียงของแขนขวาก็แสดงว่าเป็นใบสกรูใบเกลียวขวา หลักการนี้นำไปใช้ในเรื่องของการพิจารณาเกลียวสกรูหรือการบิดของฟันเฟืองส่วนในการพิจารณาว่าชุดใบสกรุนั้นเมื่อเคลื่อนหมุนแล้ววัสดุจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดวิธีง่ายๆให้ใช้ “กฎของมือ” โดยนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางเคลื่อนที่ของวัสดุ ส่วนนิ้วที่เหลือทั้งสี่โค้งตามทิศทางหมุนของแกนใบสกรู แต่มีหลักอยู่ว่าเมื่อทราบชุดใบสกรุนั้นเป็นใบเกลียวซ้ายให้ใช้มือขวาเป็นมือแสดง ถ้าเป็นใบสกรูเกลียวขวาให้ใช้มือซ้ายแสดงแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ทิศทางการหมุนของแกนใบสกรู

ใบสกรูมีหน้าที่หลัก คือ นำพาวัวสดให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางตามการผลัดกันของมือบิดของใบสกรู ในการออกแบบใบสกรูนั้นจะออกแบบตามวัตถุประสงค์กับประเภทของงานและประเภทของวัสดุที่ขนถ่าย ดังนั้นใบสกรูจึงมีรูปแบบหลายรูปแบบด้วยกันหากแบ่งใบสกรูตามรูปแบบของการยึดสามารถแบ่งเป็น 3 รูปแบบด้วยกัน ได้แก่

- สร้างตามแบบของ ออคิมิติส โดยนำแผ่นใบบิดเกลียวติดกับผนังท่อด้านในแล้วท่อจะเป็นส่วนที่หมุนพาวัวสด เช่น รถบรรทุกปูนซีเมนต์ไหลวเทคอนกรีต และเตาอบชนิดหมุน (Rotary dryer) เป็นต้น

- แบบใบเกลียวบิดติดกับแกนเพลลา ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปในอุตสาหกรรม ใบสกรูจะทำหน้าที่หมุนพาวัวสด ส่วนท่อจะอยู่กับที่

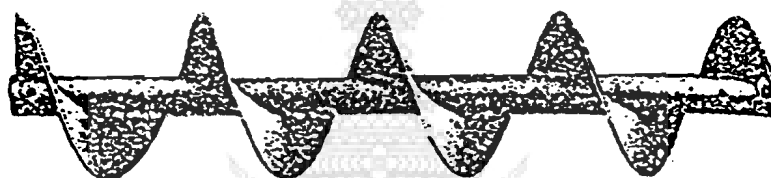
- แบบใบเกลียวบิดรอบแกนเดียวกัน แต่ไม่มีแกนเพลลาตรงกลาง ใบสกรูประเภทนี้เหมาะกับงานลากพาวัวสดเพื่อจ่ายออก เช่น งานลากพาเศษโลหะออกจากเครื่องเลื่อย, งานลากพาวัวสดออกจากถังบรรจุรูปกรวย (Hopper) เป็นต้น

ใบสกรูหากแบ่งตามลักษณะรูปแบบเฉพาะของแผ่นใบเกลียว สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. ใบเต็มใบสกรูประเภทนี้แผ่นใบจะสร้างลักษณะเหมือนเอาวัสดุแผ่นยาวมาพันบิดเป็นเกลียวรอบแกนเพลลาหรือแยกผลิตเป็นช่วง ๆ แล้วนำมาต่อเป็นใบเต็มใบเกลียวจะได้ไม่มีช่องว่าง

ใด ๆ สันใบเกลียวก็จะเป็นสันบิดอย่างต่อเนื่องไม่มีช่องขาดจากกัน ใบสกรูแบบใบเต็มนี้อาจนำไปติดตั้งตามแบบ อาคิมิติส ยึดติดแกนเพลลา และไม่ยึดติดกับแกนเพลลาก็ได้ ใบสกรูแบบใบเต็มยังแบ่งตามลักษณะการสร้างได้อีกหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

1.1 ใบสกรูแบบใบเต็มที่มีระยะห่างของสันใบ (Pitch) เท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของใบ ซึ่งเรียกใบสกรูนี้ว่าใบพิตช์มาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ใบสกรูชนิดนี้เหมาะกับการขนถ่ายวัสดุทั่ว ๆ ไปเหมาะกับการขนถ่ายวัสดุในแนวนอนใช้กับความเร็วยรอบเท่าใดก็ได้



รูปที่ 2.4 ใบสกรูใบเต็มพิตช์มาตรฐาน (Helicoid flight conveyor screw)

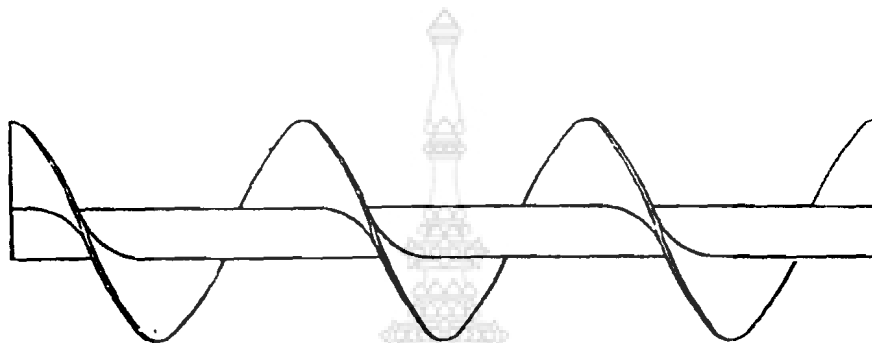
1.2 ใบสกรูแบบใบเต็มที่มีระยะห่างของสันใบเท่ากับ $1/2$ ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของใบ ซึ่งเรียกใบสกรูชนิดนี้ว่าใบพิตช์กลาง (Half pitch) ใบสกรูชนิดนี้เหมาะกับการขนถ่ายวัสดุขึ้นแนวเอียง

1.3 ใบสกรูแบบใบเต็มที่มีระยะห่างของสันใบเท่ากับ $2/3$ ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของใบ เรียกใบสกรูชนิดนี้ว่าใบพิตช์สั้น (Short pitch) ใบสกรูชนิดนี้เหมาะกับการขนถ่ายวัสดุขึ้นในแนวตั้ง หากใช้ขนถ่ายในแนวนอนจะลดการไหลพุ่งไกลของวัสดุ ดังรูปที่ 2.5



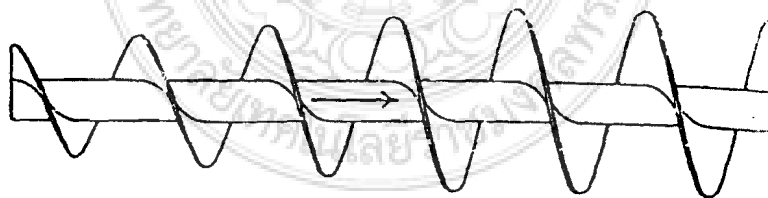
รูปที่ 2.5 ใบสกรูใบเต็มชนิดพิตช์สั้น (Short pitch conveyor screw)

1.4 ไบสกรูแบบไบเต็มที่มีระยะห่างของสันไบ เท่ากับ 1.5 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของไบ ซึ่งเรียกไบสกรูชนิดนี้ว่า ไบพิตช์ยาว (Long pitch) ไบสกรูชนิดนี้เหมาะกับการขนถ่ายในแวนอน ขนถ่ายวัสดุได้อย่างรวดเร็ว เหมาะกับการขนถ่ายของเหลวหรือวัสดุที่ไหลตัวได้ง่าย ต้องการขนถ่ายที่รวดเร็ว เช่น ใช้ในเครื่องตีน้ำเพื่อเพิ่มอากาศ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ไบสกรูแบบไบเต็มชนิดพิตช์ยาว (Long pitch conveyor screw)

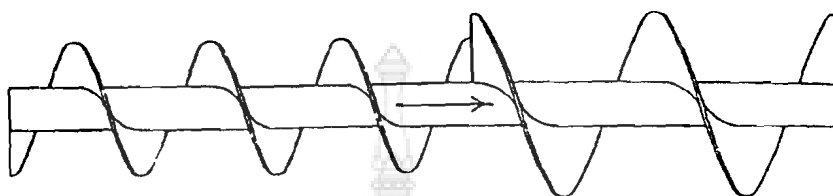
1.5 ไบสกรูแบบไบเต็มชนิดไบเรียว (Tapering flight) ลักษณะระยะห่างสันไบ เท่ากัน แต่เส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของไบเกลียวมีขนาดตั้งแต่เล็กกว่าระยะห่างสันไบ ขนาดโตขึ้นเรื่อย ๆ จนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอกสุดของไบเกลียวมีขนาดเท่าระยะห่างของสันไบ เกลียว ไบสกรูชนิดนี้มีพบบ่อยในสกรูที่ทำหน้าที่ป้อนวัสดุ (Feeder) สำหรับขนำวัสดุเป็นก้อนร่วนออกจากถังบรรจุวัสดุที่ไหลออกจากสกรูชนิดนี้จะมีปริมาณค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ไบสกรูแบบไบเต็มชนิดไบเรียว (Tapering flight conveyor screw)

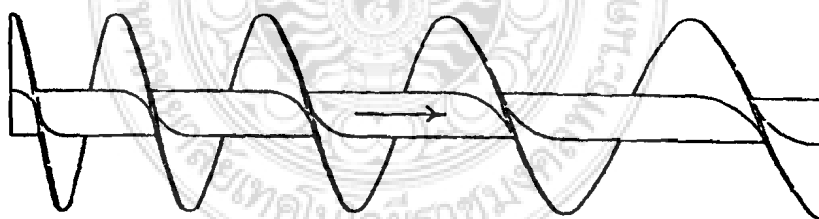
1.6 ไบสกรูแบบไบเต็มชนิดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างขนาดกัน (Stepped diameter) เป็นชุดสกรูที่นำไบสกรูไบเต็มชนิดพิตช์มาตรฐาน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดนอกของไบต่างกันมาประกอบต่อกันในแกนเพลาดียวกัน มีใช้แพร่หลายในสกรูป้อนวัสดุโดยส่วนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะอยู่ในส่วนใต้ของถังบรรจุเพื่อทำหน้าที่รับวัสดุเข้าสู่ชุดสกรู ส่วนไบที่มี

เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ จะทำให้วัสดุขยายปริมาตรลดการอัดตัวของวัสดุที่ออกมาจากใบสกรูเล็กทำให้การไหลออกของวัสดุเป็นไปได้ดี ดังรูปที่ 2.8



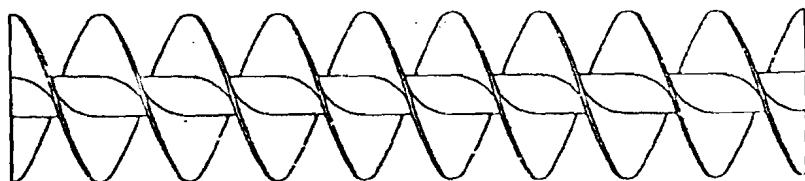
รูปที่ 2.8 ใบสกรูแบบใบเต็มชนิดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างขนาดกัน
(Stepped diameter conveyor screw)

1.7 ใบสกรูแบบใบเต็มชนิดพิตช์ขยาย เป็นใบสกรูที่มีระยะพิตช์เริ่มจากพิตช์สั้นแล้วขยายระยะพิตช์ขึ้นไปเรื่อย ๆ อาจเริ่มจากพิตช์สั้นขยายจนถึงพิตช์มาตรฐานหรือถึงพิตช์ยาว (Long pitch) มีใช้ในสกรูป้อนวัสดุ เหมาะกับงานขนวัสดุชนิดละเอียดไหลตัวได้ง่ายวัสดุจะค่อยๆ ลดการอัดตัวทำให้วัสดุไหลตัวได้ดีขึ้น ลดกำลังงานที่ใช้ในการขับ ดังรูปที่ 2.9



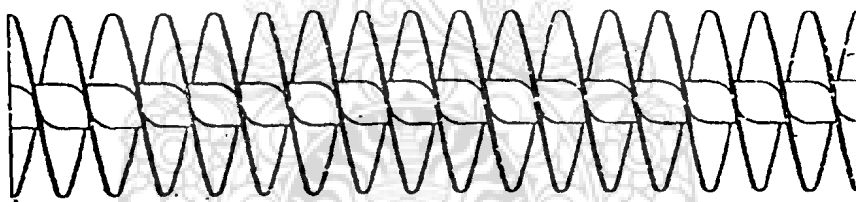
รูปที่ 2.9 ใบสกรูใบเต็มชนิดพิตช์ขยาย (Stepped pitch conveyor screw)

1.8 ใบสกรูแบบใบเต็มแบบเกลียวซ้อนในพิตช์มาตรฐาน เป็นการสร้างใบเกลียวแบบใบเกลียว 2 ปากที่มีพิตช์มาตรฐาน ดังนั้นหากวัตรระยะห่างสันเกลียวจะห่างเป็นครึ่งหนึ่งของระยะพิตช์มาตรฐานใบสกรูชนิดนี้จะช่วยให้การไหลออกของวัสดุในปริมาณที่สม่ำเสมอและไม่รุนแรง ดังรูปที่ 2.10



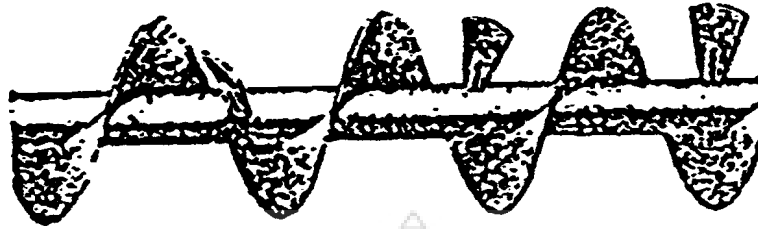
รูปที่ 2.10 ไบสกูไบเติมแบบเกลียวซ้อนในพิตช์มาตรฐาน (Double flight conveyor screw)

1.9 ไบสกูแบบไบเติมแบบเกลียวซ้อนในพิตช์สั้นเป็นการสร้างไบเกลียวแบบเกลียว 2 ปาก ที่มีพิตช์สั้น ดังนั้นหากวัดระยะห่างสันไบเกลียวจะห่างเพียงครึ่งหนึ่งของเกลียวแบบพิตช์สั้นจัดเป็นไบสกูที่ละเอียดมากมีความเที่ยงตรงในการจ่ายวัสดุมาก วัสดุที่ไหลออกจากสกูจะไม่พุ่งไปไกล เหมาะกับงานป้อนวัสดุเข้าเครื่องผสมที่ต้องการส่วนผสมที่สม่ำเสมอและการไหลที่สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ไบสกูไบเติมแบบเกลียวซ้อนในพิตช์สั้น (Double flight short conveyor screw)

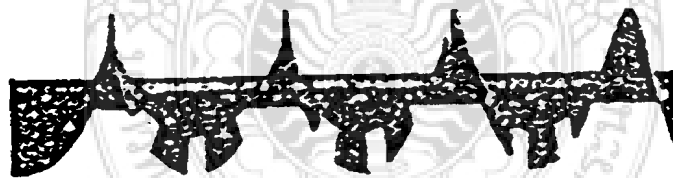
1.10 ไบสกูแบบไบเติมติดใบพาย ในการสร้างส่วนมากจะนำใบพายมาติดช่วงกึ่งกลางที่ว่างระหว่างพิตช์ของไบเติมชนิดมาตรฐานทุก ๆ ระยะพิตช์ตลอดความยาวของไบสกู ในการติดใบพายจะติดให้ใบพายติดตามแนวสันเกลียว ในทิศทางที่สวนทางกับการบิดของไบสกูเติมไบ ดังนั้นใบพายจะทำหน้าที่ด้านการเคลื่อนที่ของวัสดุส่วนหนึ่งตัวไบพายเองยังสามารถปรับมุมบิดต่าง ๆ ได้อีกด้วย ชุดไบสกูประเภทนี้ใช้ในการคลุกเคล้าวัสดุขณะมีการขนถ่าย เช่นขณะทำการอบเป็นต้น วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้ไบสกูประเภทนี้ ได้แก่วัสดุประเภทเมล็ด เป็นเกล็ด ไม่มีการจับตัวของวัสดุ ใช้ขนถ่ายวัสดุตั้งแต่หน้าหนักเบาจนถึงปานกลาง ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ไบสกูไบเติมติดใบพาย (Conveyor screw with paddles)

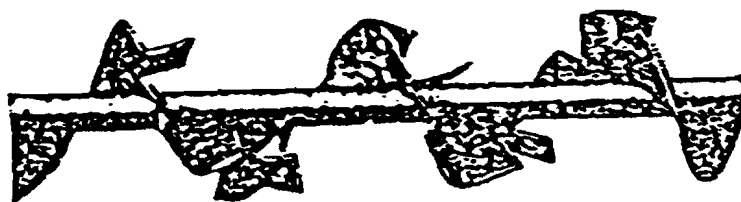
2. ไบตัด (Cut flight) เป็นไบสกูที่เกิดจากการนำไบสกูไบเติมชนิดพิตช์มาตรฐาน มาตัดเจาะที่ขอบในจำแนกได้ดังนี้

2.1 ไบตัดช่องสี่เหลี่ยม เป็นไบสกูที่สร้างคล้ายกับสกูไบเติมแต่สันไบจะถูกตัดเป็นช่องสี่เหลี่ยมแต่ละช่องห่างเท่า ๆ กันบนเส้นทางของสันไบไปตลอดความยาวของไบสกู ไบสกูชนิดนี้ขณะที่ขนถ่ายวัสดุช่องตัดที่อยู่ที่ขอบสันไบ จะส่งผลให้วัสดุเกิดการคลุกเคล้าผสมกันในระหว่างการเคลื่อนที่ที่เหมาะกับงานขนถ่ายวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ละเอียดเป็นเมล็ดหรือเป็นเกล็ดดังรูปที่ 2.13



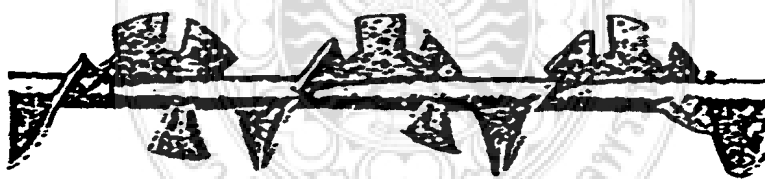
รูปที่ 2.13 ไบสกูแบบไบตัดช่องสี่เหลี่ยม (Cut flight conveyor screw)

2.2 ไบตัดพับ (Cut and folded flight) เป็นไบสกูที่สร้างเหมือนแบบไบตัด แต่เนื้อวัสดุส่วนที่ตัดส่วนหนึ่งเคลื่อนสูงขึ้นแล้ววัสดุจะตกลงสู่ท้องรางของสกูทำให้วัสดุเกิดการผสมคลุกเคล้ากันได้ดีขึ้นกว่าแบบชนิดไบตัดธรรมดาใช้เวลาในการผสมน้อยลง เหมาะใช้กับงานขนถ่ายวัสดุที่มีน้ำหนักเบาจนถึงน้ำหนักปานกลาง ละเอียด เป็นเมล็ด หรือเป็นเกล็ดดังรูปที่



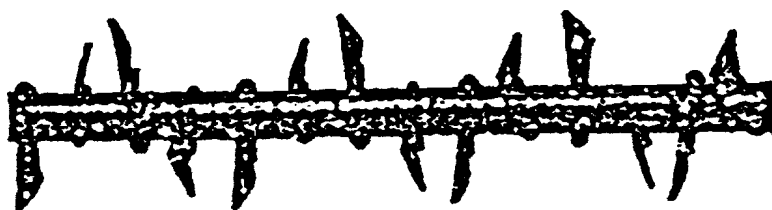
รูปที่ 2.14 ไบสกูแบบไบตัดพับ (Cut and folded flight conveyor screw)

2.3 ไบตัดติดใบพาย เป็นไบสกูแบบไบตัด แต่ในระยะกึ่งกลางของ ระยะพิตช์ของไบ จะติดใบพายตรงข้ามกับสันเกลียว ดังนั้นทุกระยะพิตช์ของไบจะติดใบพาย 1 ใบ ตลอดความยาวของชุดไบสกู ลักษณะของใบพายที่ติดจะบิดในทิศทางตรงข้ามกับไบเกลียว เช่น เกลียวไบบิดม้วนไปทางขวาใบพายก็จะบิดลักษณะเกลียวบิดซ้าย ดังนั้นใบพายจะเป็นตัวดันเคลื่อนที่ของวัสดุ ทำให้เพิ่มความรุนแรงในการผสมวัสดุทำให้เกิดการผสมได้ดีและรวดเร็ว เหมาะกับงานขนถ่ายวัสดุที่เป็นเม็ด เป็นเกล็ดที่มีน้ำหนักเบาจนถึงน้ำหนักมากดังรูปที่ 2.15



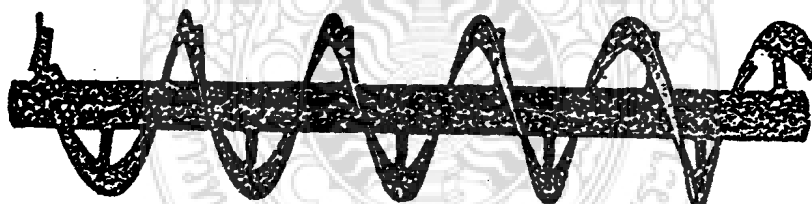
รูปที่ 2.15 ไบสกูแบบไบตัดติดใบพาย (Cut flight conveyor screw with paddles)

3. ไบสกูแบบใบพาย (Paddle flight) เป็นการนำแผ่นใบพายหลาย ๆ ใบมาติดบนแกนเพลลาห่างกันเป็นระยะ ๆ และบิดใบพายให้เกิดมุมบิดในทิศทางที่ต่อเนื่องบนเกลียววน ดังนั้นวัสดุก็สามารถถูกใบพายนี้พาเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยวัสดุจะถูกดักพาเป็นช่วง ๆ ดังนั้นไบสกูชนิดนี้เหมาะกับงานลำเลียงและมีการคลุกเคล้าผสมกันไปได้อย่างดีรวมถึงงานกวนผสมวัสดุต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ไบสกกรูแบบใบพาย (Paddle conveyor screw)

4. ไบสกกรูแบบแถวลีว (Ribbon flight) ไบสกกรูลำเลียงชนิดนี้สร้างด้วยเหล็กเส้นแบนมาบิดม้วนเป็นสันเกลียวอย่างต่อเนื่องยึดติดกับเพลากลางด้วยแท่งเหล็กเป็นระยะไปตลอดความยาวของไบสกกรู ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไบ ระยะพิตช์ ความกว้างของไบ และความหนาของไบสามารถเปลี่ยนแปลงได้แถวลีวไบสกกรูสามารถสร้างแบบต่อเนื่องหรือแบ่งเป็นส่วน ๆ แล้วนำมาเชื่อมต่อเป็นชิ้นเดียวกันก็ได้ ไบสกกรูชนิดนี้เหมาะกับงานขนถ่ายวัสดุที่มีความหนืดสูงและเหนียวติด เช่น น้ำตาลเหลว ยางมะตอย น้ำมันดิบร้อน ผสมกวนของเหลวเหนียว ดังรูปที่ 2.17

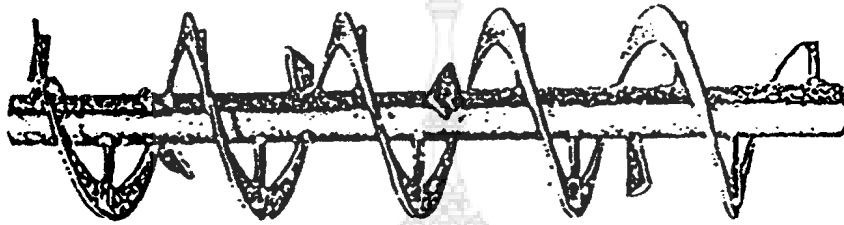


รูปที่ 2.17 ไบสกกรูแบบแถวลีว (Ribbon flight conveyor screw)

ไบสกกรูแบบริ้วนี้นอกจากจะใช้งานขนถ่ายวัสดุที่เหนียวติดได้มากมายหลายชนิดแล้วยังสามารถนำมาขนถ่ายวัสดุแข็งได้ และเนื่องจากหน้าตัดไบน้อย และมีช่องว่าง ระยะเพลากับไบสกกรูจะทำให้ลดกำลังขับเคลื่อนขณะเริ่มต้นการขนถ่ายวัสดุและขณะขนถ่ายวัสดุปกติได้ดี ไบสกกรูให้หนาและแข็งแรงได้ง่ายสามารถขนถ่ายวัสดุที่มีน้ำหนักจำเพาะสูง ๆ ได้ใช้กับงานหนักได้ ไบสกกรูแบบนี้ยังมีรูปแบบอื่น ๆ ตามลักษณะการสร้างอีกดังต่อไปนี้

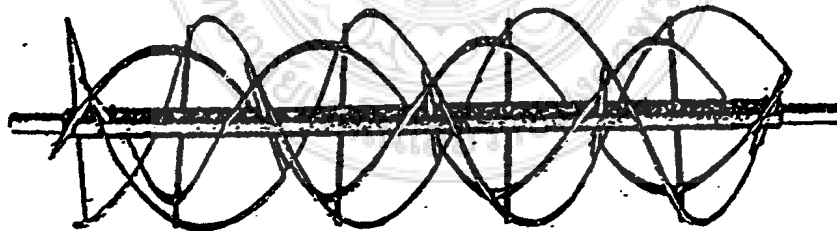
4.1 ไบสกกรูแบบแถวลีวติดใบพาย เป็นการนำใบพายมาติดระหว่างพิตช์ของไบ ใบพายจะติดบิดเป็นแนวเกลียวสวนการเคลื่อนที่ของวัสดุและใบพายส่วนมากจะใช้วิธีการเชื่อม

ติดตายกับเพลลา เพื่อลดส่วนยื่นต่าง ๆ ของใบพาย ใบสกรูชนิดนี้เหมาะกับการผสมคลุกเคล้า ขณะเกิดการชนถ่ายวัสดุแข็ง มีน้ำหนักเบาจนถึงน้ำหนักปานกลาง ละเอียด เป็นเมล็ดหรือเป็นเกล็ด ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ใบสกรูแบบแถบรีวติดใบพาย (Ribbon flight conveyor screw with paddles)

4.2 ใบสกรูแบบแถบรีวหลายเส้น (Multiple ribbon flight) ใบสกรูชนิดนี้ประกอบด้วยแถบรีวใบตั้งแต่สองแถบขึ้นไป ที่มีทิศทางบิดเกลียวคนละทิศทางกันนำมายึดติดกับแกนเพลลาเดียวกันโดยมีแท่งเหล็กเชื่อมยึด การทำงานของวัสดุจะเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยใบชุดหนึ่งและจะถูกนำกลับด้วยใบอีกชุดหนึ่ง ใบสกรูชนิดนี้ส่วนมากจะใช้ในเครื่องผสมและจะใช้เวลาผสมน้อยกว่าใบสกรูชนิดอื่น ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ใบสกรูแบบแถบรีวหลายเส้น (Multiple ribbon flight conveyor screw)

2.4 ดันกำลังขับ

ดันกำลังขับคือมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ไม่นิยมขับแบบต่อตรงเข้ากับเพลาสกรู แรงบิดจากมอเตอร์ขับนิยมขับผ่านข้อต่อหมุนชนิดยึดหยุ่นได้และขับผ่านชุดเฟืองทด เว้นแต่มอเตอร์นั้นเป็นเกียร์มอเตอร์หรือมอเตอร์ที่สร้างติดมากับชุดเฟืองทดพร้อมกัน

วิธีคำนวณ

อัตราการถ่ายกรณีเกลียวเต็มใบ

$$I_v = 60 \times \frac{D^2 \times \pi}{4} \times s \times n \times \phi \times k \quad (2.1)$$

เมื่อ I_v คือ อัตราขนถ่ายเชิงปริมาตร (m^3 / hr)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวหนอนสกรู (m)

s คือ ระยะพิทช์เกลียวหนอนสกรู (m)

D ขนาดเป็น mm 100 125 160 200 250 315 400 500 630 800 1000

s ขนาดเป็น mm 100 125 160 200 250 300 350 400 450 500 560

n คือ ความเร็วรอบของสกรูหนอน min^{-1}

ϕ คือ แฟคเตอร์ความเต็มรางตัวถัง

กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นหนักและผิวแข็งคม

$$\phi = 0.125$$

กรณีขนถ่ายนั้นหนักและไม่แข็งคมมากนัก

$$\phi = 0.25$$

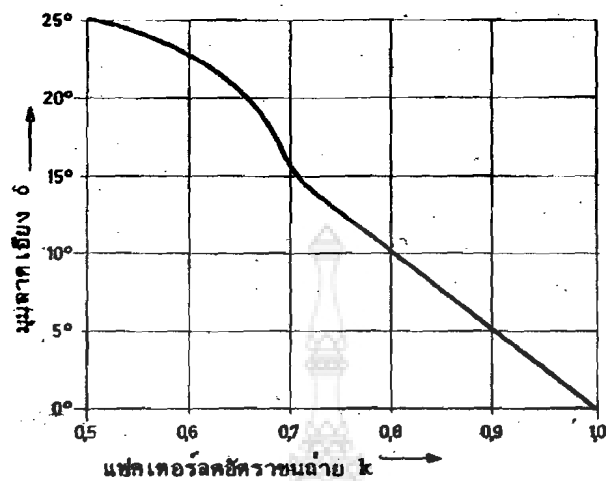
กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นเบาและไม่แข็งคมมากนัก

$$\phi = 0.32$$

กรณีวัสดุขนถ่ายนั้นเบาและไม่แข็งคมเลย

$$\phi = 0.4 \dots 0.5$$

k คือ แฟคเตอร์ลดปริมาณขนถ่ายอันเนื่องมาจากชุดสกรูขนถ่ายตั้งเอียง ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แฟคเตอร์ลดอัตราขยายที่เนื่องจากชุดสปริงน่ายตั้งเอียง

2.4.1 การคำนวณหาแรงกระทำกับดรัม

การหาแรงที่กระทำต่อดรัม

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $F = ma$ เมื่อวัตถุตกลงในสุญญากาศจะถูกแรงดึงดูดของโลกเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) ดังนั้น

$$F = M_{net} \times g \quad (2.2)$$

เมื่อ F คือ แรงกระทำต่อดรัม 300 (N)

M_{net} คือ มวลของดรัมทั้งหมด (kg)

g คือ แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

2.4.2 การคำนวณหาแรงบิดของดรัม

เมื่อดรัมทรงกระบอกอยู่ในสภาวะสมดุล แรงบิดที่ได้จะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงและระยะทางโดยในที่นี้จะใช้รัศมีของฟันเฟืองตามดังนั้นก็จะได้ว่า

$$T = F \times r_0 \quad (2.3)$$

เมื่อ T คือ แรงบิด (N-m)

F คือ แรงกระทำที่ดรัม (N)

r_0 คือ รัศมีเฟืองตาม (m)

2.4.3 การคำนวณหาความเร็วรอบของเกียร์ทด

ความเร็วรอบเกียร์ทด จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังโดยขึ้นอยู่กับอัตราทดของเกียร์ ดังนี้

$$i_G = \frac{N_G}{N_m} \quad (2.4)$$

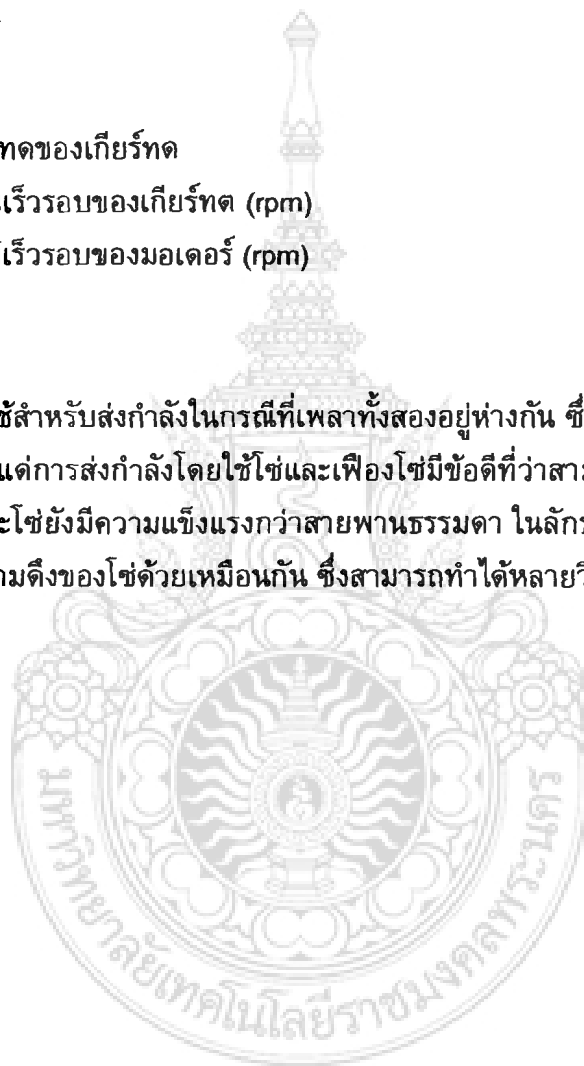
เมื่อ i_G คือ อัตราทดของเกียร์ทด

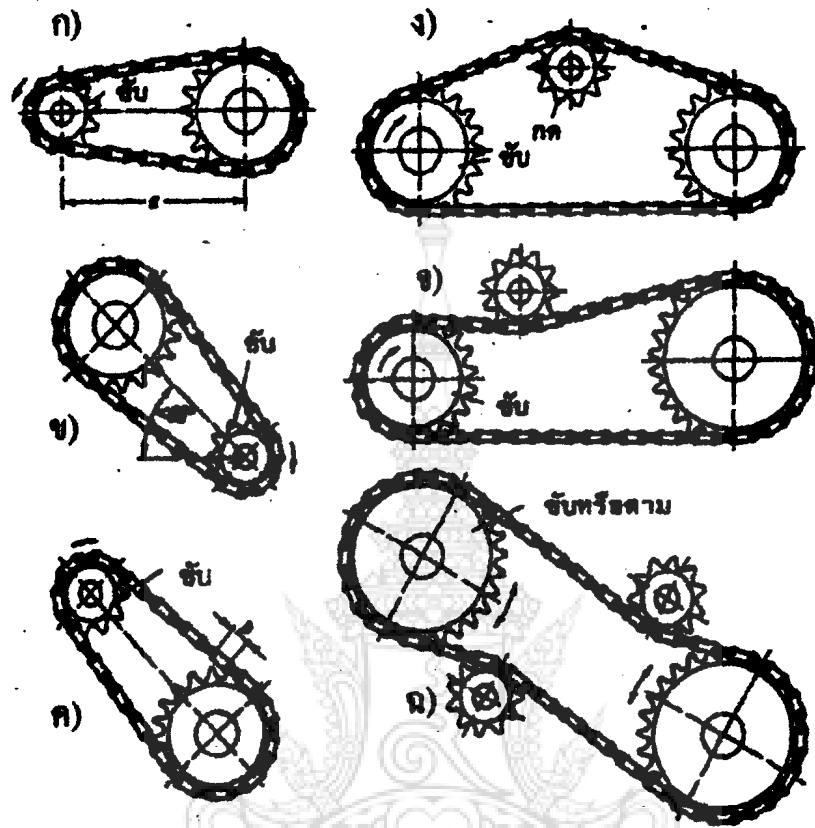
N_G คือ ความเร็วรอบของเกียร์ทด (rpm)

N_m คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rpm)

2.5 โซ่และเฟืองโซ่

โซ่และเฟืองโซ่ใช้สำหรับส่งกำลังในกรณีที่เพลาทั้งสองอยู่ห่างกัน ซึ่งคล้ายกับการส่งกำลังของสายพานธรรมดา แต่การส่งกำลังโดยโซ่และเฟืองโซ่มีข้อดีที่สามารถส่งแรงบิดได้มาก เพราะไม่มีการลื่น และโซ่ยังมีความแข็งแรงกว่าสายพานธรรมดา ในลักษณะการใช้งานของโซ่จำเป็นต้องคำนึงถึงความตึงของโซ่ด้วยเหมือนกัน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

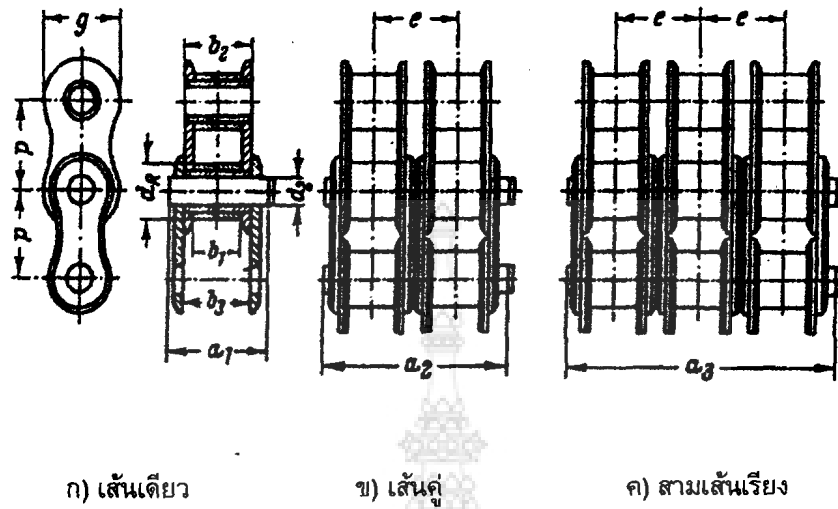




- ก) เฟืองโซ่วางแนวระดับ
- ข) เฟืองโซ่ขับอยู่ด้านล่างทำมุม 60 องศา
- ค) เฟืองขับอยู่ด้านบนทำมุม 60 องศา
- ง) มีเฟืองภายใน
- จ) มีเฟืองภายนอก
- ฉ) มีเฟืองทด 2 ตัว

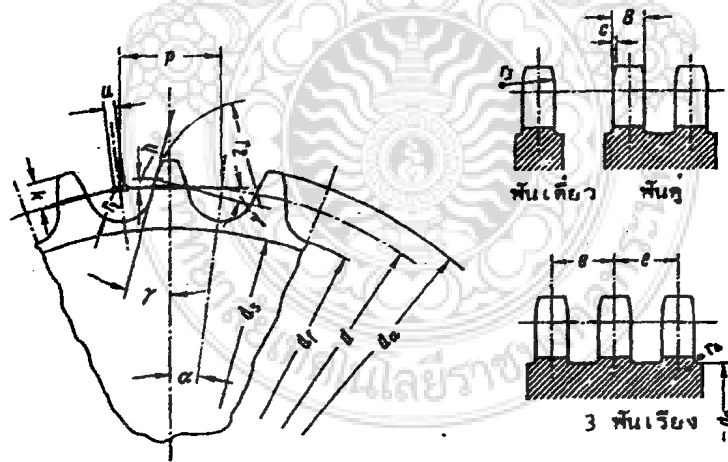
รูปที่ 2.21 การขับโซ่ให้ตึงด้วยวิธีการต่าง ๆ

โซ่ที่ใช้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือ โซ่แบบธรรมดา มีลักษณะข้อโซ่เป็นปลอกลูกกลิ้งทรงกระบอก ซึ่งมีทั้งเส้นเดี่ยว เส้นคู่และสามเส้นเรียงติดกันดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ขนาดต่าง ๆ ของโซ่

เฟืองโซ่ที่ติดตั้งมีขนาดสัมพันธ์กับโซ่ที่จะนำมาคล่องซึ่งขนาดต่าง ๆ ของเฟืองโซ่สามารถหาได้ดังนี้



รูปที่ 2.23 ขนาดต่าง ๆ ของเฟืองโซ่

$$d = \frac{p}{\sin \alpha} \tag{2.5}$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมพิตช์ของเฟืองโซ่ (mm)

p คือ ระยะพิตช์ของเฟืองโซ่ (mm)

α คือ $180^\circ / z =$ ครึ่งหนึ่งของมุมฟันเฟืองโซ่ (องศา)
 z คือ จำนวนฟันเฟืองโซ่

$$d_f = d - d_R \quad (2.6)$$

เมื่อ d_f คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโคนฟันเฟืองโซ่ (mm)

d_R คือ เส้นผ่านศูนย์กลางปลอกลูกกลิ้งทรงกระบอกของโซ่ (mm)

$$d_a = \frac{P}{\tan \alpha + 2k} \quad (2.7)$$

เมื่อ d_a คือ เส้นผ่านศูนย์กลางยอดฟันของเฟืองโซ่ (mm)

k คือ ช่วงสูงบนของฟันเฟืองโซ่ (mm)

$$d_s = \frac{P}{\tan \alpha - g - 2r_4} \quad (2.8)$$

เมื่อ d_s คือ เส้นผ่านศูนย์กลางช่วงสุดความหนาฟันเฟือง (mm)

g คือ ขนาดความโตของแผ่นปะกับ (mm)

r_4 คือ รัศมีโคนฟันเฟืองโซ่ (mm)

2.5.1 จำนวนฟันเฟืองโซ่ที่เหมาะสมกับการใช้งาน

เฟืองโซ่ตัวเล็ก (Z_1)

$Z_1 = 6-7$ ฟัน ใช้กับอุปกรณ์เฟืองโซ่ที่ปรับความเร็วด้วยมือ

= 8-10 ฟัน ใช้กับความเร็วโซ่ต่ำกว่า 1 m/s

= 11-13 ฟัน ใช้กับความเร็วโซ่ต่ำกว่า 4 m/s

= 14-16 ฟัน ใช้กับความเร็วโซ่ต่ำกว่า 7 m/s

= 17-25 ฟัน เป็นจำนวนฟันที่เหมาะสมกับการใช้งานที่สุด

เฟืองโซ่ตัวใหญ่ (Z_2)

$Z_2 \leq 80$ ฟัน เป็นจำนวนฟันที่เหมาะสมกับการใช้งานที่สุด

≤ 120 ฟัน เป็นจำนวนฟันสูงสุดที่ควรนำมาใช้งาน

> 120 ฟัน ใช้กับงานกรณีพิเศษ แต่ไม่ควรจะใช้

การเลือกหาขนาดสายพานโซ่และการคำนวณ

$$i = \frac{N_a}{N_b} = \frac{Z_b}{Z_a} \quad (2.9)$$

เมื่อ N_a คือ ความเร็วรอบเฟืองโซ่ขับ (rpm)

N_b คือ ความเร็วรอบเฟืองโซ่ตาม (rpm)

Z_a คือ จำนวนฟันเฟืองโซ่ขับ

Z_b คือ จำนวนฟันเฟืองตาม

$$P_D = P \times f_1 \times f_2 \quad (2.10)$$

เมื่อ P_D คือ กำลังงานจำเพาะของโซ่ (kW)

P คือ กำลังงานที่ส่ง (kW)

f_1 คือ แฟคเตอร์ของโซ่

f_2 คือ แฟคเตอร์ของฟันเฟืองตัวเล็ก

ตารางที่ 2.1 ค่าแฟคเตอร์ของฟันเฟืองโซ่รับภาระต่าง ๆ

สม่ำเสมอ $f_1 = 0$	ไม่สม่ำเสมอ $f_1 = 1.5$	กระตุก $f_1 = 2.0$
เครื่องเติมสิ่งของ	เครื่องผสมปูน	รถตัดดิน
เครื่องเลื่อยไม้	เครื่องบดขั้วดีด้วยลูกกลม	เครื่องสี
ปั๊มหยอโซ่	ปั๊มลูกสูบ 3 ลูกสูบ	ปั๊มลูกสูบ 1,2 ลูกสูบ
คอมเพรสเซอร์	คอมเพรสเซอร์ 3 ลูกสูบ	คอมเพรสเซอร์ 1,2 ลูกสูบ
เครื่องรีด	เครื่องอัด	เจนเนอเรเตอร์เครื่องเชื่อม
บันไดเลื่อน	เครน ลิฟท์	เครื่องที่ใช้ล้อหมุนตัด

ตารางที่ 2.2 ค่าแฟคเตอร์ของฟันเฟืองโซ่ตัวเล็ก

Z_1	10	11	12	13	14	15	16	17
f_2	1.95	1.75	1.6	1.45	1.35	1.27	1.17	1.1
Z_1	18	19	20	25	30	35	40	45
f_2	1.04	1	0.94	0.74	0.6	0.51	0.45	0.4

ในการหาเบอร์ขนาดโซ่ยังสามารถหาได้จากตารางที่ ข.5 และ 6 (ในภาคผนวก ข) โดยอาศัยความสัมพันธ์ของความเร็วรอบเฟืองโซ่ตัวเล็กกับค่ากำลังงานจำเพาะของโซ่

2.5.2 การหาค่าความเร็วของสายพานโซ่

ในการหาความเร็วของโซ่จะขึ้นอยู่กับจำนวนฟันเฟืองขับหรือตาม ระยะพิตช์ และความเร็วรอบ โดยในการคำนวณเพื่อนำไปหาวิธีการหล่อลิ้นโซ่และเฟืองโซ่โดยแสดงความสัมพันธ์ของสูตรดังข้างล่างนี้

$$V = Z_1 \times P \times n_1 \quad \text{หรือ} \quad V = Z_2 \times P \times n_2 \quad (2.11)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของโซ่ (m/s)

Z_1 คือ จำนวนฟันเฟืองโซ่ตัวเล็ก

n_1 คือ ความเร็วรอบของเฟืองโซ่ตัวเล็ก (rpm)

Z_2 คือ จำนวนฟันเฟืองโซ่ตัวใหญ่

n_2 คือ ความเร็วรอบของเฟืองตัวใหญ่ (rpm)

P คือ ระยะพิตช์ของเฟืองโซ่ (m)

$$f_3 = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 \quad (2.12)$$

เมื่อ f_3 คือ แฟคเตอร์ของจำนวนข้อโซ่

$$x_o = 2 \frac{a_o}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{f_3 \times p}{a_o} \quad (2.13)$$

เมื่อ x_o คือ จำนวนข้อโซ่

a_o คือ ระยะห่างระหว่างเพลลาโดยประมาณ (mm)

p คือ ระยะพิตช์ของเฟืองโซ่ (mm)

$$f_4 = x_o - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \quad (2.14)$$

เมื่อ f_4 คือ แฟคเตอร์ของระยะห่างระหว่างเพลลา

$$a = \frac{P}{4} \left(f_4 + \sqrt{f_4^2 - 8f_3} \right) \quad (2.15)$$

เมื่อ a คือ ระยะห่างระหว่างเพลลาที่ได้จากการคำนวณ (mm)

$$F_s = \frac{P}{V} \quad (2.16)$$

เมื่อ F_s คือ แรงดึงโซ่ทางสถิต (Static) (kN)

P คือ กำลังที่ส่ง (kW)

V คือ ความเร็วสายพาน (m/s)

$$F_d = F \times f_1 \quad (2.17)$$

เมื่อ F_d คือ แรงดึงโซ่ทางพลวัต (Dynamic) (kN)

f_1 คือ แฟคเตอร์ของโซ่

$$F_f = q \times v^2 \quad (2.18)$$

เมื่อ F_f คือ แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (N)

q คือ น้ำหนักของโซ่ต่อความยาว 1 เมตร (kg/m)

v คือ ความเร็วของโซ่ (m/s)

$$F_G = F_d + F_f \quad (2.19)$$

เมื่อ F_G คือ แรงรวมที่กระทำกับโซ่ (kN)

$$S_s = \frac{F_B}{F} \geq 7 \quad (2.20)$$

เมื่อ S_s คือ ค่าความปลอดภัยต่อการแตกหักทางสถิต (Static)

F_B คือ แรงที่ทำให้โซ่ขาด (kN)

$$S_D = \frac{F_B}{F_G} \geq 5 \quad (2.21)$$

เมื่อ S_D คือ ค่าความปลอดภัยต่อการแตกหักทางพลวัต (Dynamic)

F_B คือ แรงที่ทำให้โซ่ขาด (kN)

$$P_g = \frac{F_G}{A} \quad (2.22)$$

เมื่อ P_g คือ ความดันที่กดลงบนข้อโซ่ (kN/cm²)

F_G คือ แรงรวมที่กระทำกับข้อโซ่ (kN)

A คือ พื้นที่ของแกนข้อโซ่ที่ถูกกด (cm²)

ค่าความดันบนข้อโซ่ที่อนุญาตให้ใช้ (P_{all}) จากตารางที่ ข.4 ถ้าค่า P_g มากกว่าค่า P_{all} ก็จะทำให้อายุการใช้งานของข้อโซ่ (L) เปลี่ยนแปลงไปด้วย

P_{all}/P_g	=	0.8	0.9	0.95	1	1.2
L	≈	2000	5000	10000	15000	50000 h

2.6 แบร้งปลอก

แบร้งปลอกทำหน้าที่เป็นตัวรองรับเพลลาขณะหมุน แล้วถ่ายทอดแรงต่อไปให้กับตัวร็อน (Housing) อีกต่อหนึ่ง แบร้งปลอกรับแรงได้ 2 ลักษณะ คือ รับแรงในแนวแกนและรับแรงในแนวตั้งฉากกับแกน

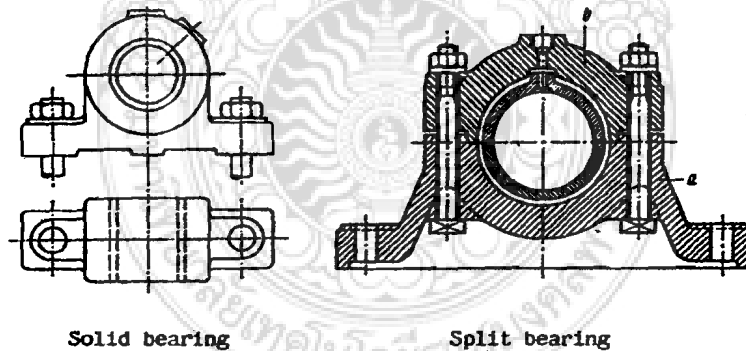
วัสดุที่ใช้ทำแบร้งปลอกควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีความแข็งแรงเพียงพอที่ใช้รับความดัน
2. เนื้อวัสดุต้องอ่อน เพื่อยอมให้ฝุ่นละออง เศษวัสดุ หรือทราย สามารถฝังตัวได้เพื่อที่จะไม่ทำอันตรายต่อผิวเพลลา ในกรณีที่วัสดุเหล่านั้นปนไปกับสารหล่อลื่น
3. เป็นตัวนำความร้อน ทั้งนี้พลังงานสูญเสียไปกับแรงเสียดทาน จะออกมาในรูปของพลังงานความร้อน
4. สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนต้องเหมาะสม ไม่มากเกินไปเวลาใช้งานในช่วงอุณหภูมิกว้าง ๆ
5. วัสดุฉาบผิวต้องเกาะติดกับโครงสร้างของแบร้งได้ดี เช่น น้ำมันหล่อลื่นต้องสามารถเกาะติดผิวได้ดี

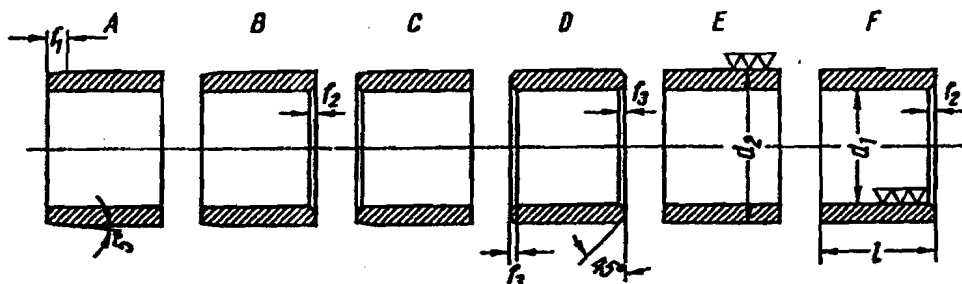
ในทางปฏิบัติ วัสดุชนิดเดียวจะมีคุณสมบัติครบถ้วนนั้นเป็นไปได้ ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุต้องพยายามให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการให้มากที่สุดตามลักษณะของงานนั้น ๆ ซึ่งจะสามารถเลือกวัสดุได้ใน ภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.1

มาตรฐานขนาดและพิภคความเผื่อของแบริ่งปลอก ในการออกแบบแบริ่งปลอกผู้ออกแบบจำเป็นต้องรู้ขนาดมาตรฐานต่าง ๆ ของแบริ่งปลอก เช่น ขนาดความโตนอก ขนาดรูใน และความยาวของแบริ่งปลอก นอกจากนั้นแล้วต้องรู้พิภคความเผื่อเพื่อใช้อย่างเหมาะสมกับลักษณะงาน ซึ่งพิภคความเผื่อและมาตรฐานของแบริ่งปลอก สามารถดูได้ใน ภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.2

โครงสร้างของแบริ่งปลอก (Bearing housing) โดยปกติแล้วแบริ่งจะยึดติดกับโครงของเครื่องซึ่งเป็นเหล็กหล่อ วัสดุแบริ่งจะทำเป็นปลอกสวมเข้ากับโครงอีกทีหนึ่งการยึดแบริ่งปลอกเข้ากับโครงของเครื่อง อาจใช้การสวมอัดหรือสวมพอดีก็ได้แล้วแต่ลักษณะงาน แต่ในการสวมพอดีต้องใช้สลักหรือสกรู ยึดให้แบริ่งปลอกติดกับโครงโดยไม่ให้หมุนหรือขยับตัวได้ สำหรับแบริ่งปลอกที่อยู่โดด ๆ ไม่ได้ติดกับตัวเครื่องโดยทั่วไปเรียกว่า ตึกดา โครงสร้างโดยทั่วไปนิยมทำจากเหล็กหล่อ หรือบางครั้งใช้เหล็กเหนียวขึ้นรูป แล้วเชื่อมประกอบอีกทีหนึ่ง โครงสร้างตึกดาแบ่งออกเป็นชนิดเดียว (Solid bearing) และ แบบแยกชิ้น (Split bearing) ดังรูปที่ 2.24 แบริ่งปลอกที่ใช้โดยทั่วไปตามมาตรฐาน DIN 1850 ได้กำหนดรูปร่างของแบริ่งปลอกไว้ 6 อย่าง ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.24 โครงสร้างตึกดาแบบต่าง ๆ



รูปที่ 2.25 แบริ่งปลอกแบบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน DIN 1850

2.7 บีมน้ำ

บีมน้ำเป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ได้ตามความต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลว นั้นอาจได้จากเครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานแหล่งอื่น ๆ

2.7.1 การแยกประเภทของบีมน้ำ

ปัจจุบันนี้ได้มีการผลิตบีมน้ำออกมาหลายชนิด และมีการเรียกชื่อต่างกันมากมาย ดังนั้นจึงได้มีการจัดหมวดหมู่เพื่อให้สามารถแยกประเภทและเรียกชื่อได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การแยกประเภทอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. แยกตามประเภทการเพิ่มพลังงานให้กับของเหลว

1.1 ประเภทแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal) เพิ่มพลังงานให้กับของเหลว โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

1.2 ประเภทโรตารี (Rotary) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง

1.3 ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating) เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ

1.4 แบบพิเศษ (Special) เป็นบีมน้ำซึ่งมีลักษณะพิเศษไม่สามารถจัดให้อยู่ในสามประเภทข้างต้นได้

2. แยกประเภทตามลำดับลักษณะการขับเคลื่อนของของเหลวในบีมน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.1 ทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยหลักการของการแทนที่ของของเหลวภายในบีมน้ำ (non- positive displacement) บีมน้ำประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางอาจจัดอยู่ในประเภทนี้ก็ได้

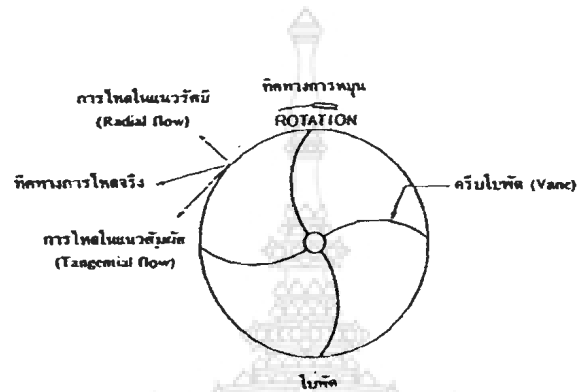
2.2 ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของของเหลว โดยในห้องสูบด้วยการเคลื่อนขึ้นส่วนของบีมน้ำ บีมน้ำประเภทนี้ รวมแบบโรตารี และลูกสูบชักอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

นอกจากการแบ่งประเภทสองแบบตามที่กล่าวมาแล้ว ยังอาจแบ่งบีมน้ำได้ตามวัตถุประสงค์ใช้งานของแต่ละแบบด้วย เช่น บีมน้ำดับเพลิง บีมน้ำ บีมน้ำบาดาล เป็นต้น บีมน้ำเหล่านี้ถูกออกแบบไว้ใช้งานเฉพาะไม่เหมาะสมนำไปใช้อย่างอื่น

2.7.2 การทำงานของบีมน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal pump)

บีมน้ำแบบนี้ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัด (Impeller) ที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องต้นกำลัง เช่น จากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้กำลังงานจากเครื่องยนต์ก็จะถูกถ่ายทอดโดยการผลัดดันของครีบบีมน้ำ (Vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบ ๆ

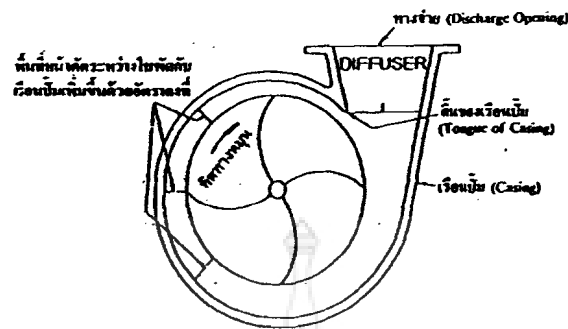
ทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสเส้นรอบวง (Tangential line) เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าวก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) และเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial flow) ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมในแนวทั้งสอง ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัด (Impeller) ของปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

โดยหลักกลศาสตร์เมื่อของเหลวถูกหมุนทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง ความกดดันของของเหลว จะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น ดังนั้นปั๊มที่อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่แท้จริงจึงมีทางให้ของเหลวไหลเข้า (Suction opening) อยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด

ของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางจุดศูนย์กลางของใบพัด เมื่อถูกผลักดันไปด้วยแรงผลักดันของครีบบพัดและแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแล้วจะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในเรือนปั๊ม (Casing) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและผันของเหลวเหล่านี้ไปสู่ทางจ่าย (Discharge opening) เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ในการรวบรวมของเหลวที่ถูกผลักดันออกมานี้จำเป็นต้องเริ่มต้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนเส้นรอบวงของใบพัด ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งซึ่งผนังภายในของเรือนปั๊มเข้ามาชิดกับขอบของใบพัดมาก จุดดังกล่าวนี้เรียกว่า ลิ้นของเรือนปั๊ม (Tongue of the casing) ลักษณะต่างๆ ไปของเรือนปั๊มจะดูได้จากรูปที่ 2.27



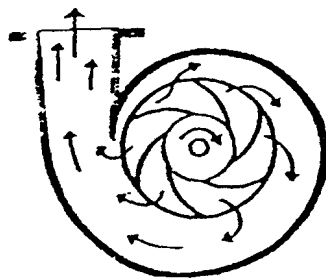
รูปที่ 2.27 ลักษณะทั่วไปของเรือใบแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

จากลิ้นของเรือใบไปตามทิศทางการหมุนใบพัดจะมีของเหลวไหลออกมาจากขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างซึ่งเป็นทางเดินของของเหลวระหว่างผนังของเรือใบกับใบพัดก็ต้องเพิ่มขนาดขึ้นด้วย โดยหลักการแล้วอัตราการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้ความเร็วของการไหลสม่ำเสมอ ซึ่งจะเป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลงนั่นเอง อย่างไรก็ตามความเร็วของการไหลจะลดลงเนื่องจากพลังงานบางส่วนถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานศักย์ในรูปของความดัน (Pressure head)

2.7.3 แบบต่าง ๆ ของปั๊มประเภทแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

ปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสามารถแบ่งออกได้อีกหลายแบบ ดังนี้

1. แบบหอยโข่ง เป็นแบบพื้นฐานของปั๊มประเภทนี้ กล่าวคือเป็นแบบที่ของเหลวที่ไหลเข้าสู่ศูนย์กลางของใบพัดมีทิศทางขนานกับแกนของเพลาแล้วไหลออกทำมุม 90 องศากับทิศทางที่ไหลเข้า ช่องทางเดินของของเหลวจากลิ้นของเรือใบมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงในทิศทางการหมุนของใบพัดบางแบบมีการเพิ่มช่องทางเดินให้มากขึ้นดังรูปที่ 2.28 การดัดแปลงดังกล่าวนี้จะช่วยให้แรงกดบนเพลาของปั๊มมีความสมดุลดีขึ้น



รูปที่ 2.28 ปั๊มแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบหอยโข่ง Volute ที่เรือใบมีช่องทางเดินของของเหลวเพียงช่องเดียว

2. **แบบมีครีบน้ำ** ปัมแบบนี้มีลักษณะของใบพัดและรูปร่างภายนอกของเรือนปัมเหมือนกับแบบแรกทุกประการ จะผิดกันก็เพียงแต่ว่าภายในจะมีครีบน้ำเพิ่มขึ้นมา ครีบบดดังกล่าวซึ่งติดอยู่กับเรือนปัมจะช่วยให้ของเหลวถูกผลักดันออกมาค่อย ๆ เบนทิศทางไปสู่ช่องทางเดินซึ่งเป็นส่วนโค้งได้ดีขึ้น ทำให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง

3. **แบบกังหัน** ปัมแบบนี้บางครั้งเรียกว่า Vortex หรือ Regenerative turbine ลักษณะพิเศษของมันคือใบพัดจะเป็นแผ่นแบนกลมกลืนมีความหนา ครีบบดของใบพัดเกิดจากการเซาะร่องบนขอบของแผ่นใบพัด ทำให้เกิดเป็นแผ่นครีบบด ๆ และสันในแนวรัศมี ขณะที่ของเหลวไหลเข้ามาจากทางดูดสู่ช่องว่างระหว่างครีบบดของใบพัดจะถูกเหวี่ยงออกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง แต่เนื่องจากผนังของเรือนปัมปิดกั้นอยู่ ของเหลวดังกล่าวก็จะวิ่งย้อนกลับเข้ามาสู่ช่องว่างระหว่างใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไปอีก

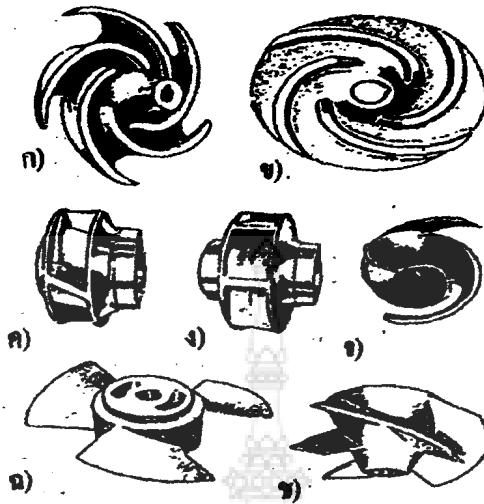
4. **แบบกังหันแนวตั้ง** ปัมแบบนี้เดิมทีเคยผลิตขึ้นมาสำหรับสูบน้ำจากบ่อบาดาล ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกว่า ปัมบาดาล ใบพัดของปัมเป็นแบบการไหลแบบผสมหรือการไหลตามแนวรัศมีของปัม เนื่องจากส่วนประกอบทั้งหมดของปัมจะต้องประกอบกันเป็นทรงกระบอกเพื่อสามารถบรรจุลงไปในบ่อน้ำบาดาลได้

5. **การไหลแบบผสม (Mixed flow)** เรียกตามลักษณะของใบพัดหรือทิศทางการไหลของของเหลวออกจากใบพัดปัมหรือใบพัดแบบนี้จะเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและแรงผลักดันของแผ่นใบพัดในแนวขนานกับแกนเพลลาของเหลวที่ไหลออกจะทำมุม 45-80 องศา กับแกนเพลลา

6. **การไหลตามแนวแกน (Axial flow)** ของเหลวที่ไหลเข้าและออกจากใบพัดมีทิศทางขนานกับแกนเพลลา แรงที่เพิ่มพลังงานให้กับของเหลวเป็นแรงผลักดันในทิศทางการไหลเพียงอย่างเดียวไม่มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

2.7.4 ลักษณะใบพัดของปัมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

เนื่องจากว่าใบพัดของปัมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานมากมายหลายชนิด การจำแนกประเภทอาจจะพิจารณาจากลักษณะของใบพัดงานประจำ ลักษณะการไหลของของเหลวเข้าและออกจากใบพัด หรือวัตถุประสงค์การใช้งานของมันใบพัดที่ได้รับการแยกประเภทตามหลักการข้างต้นนี้ ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 ลักษณะใบพัดของปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

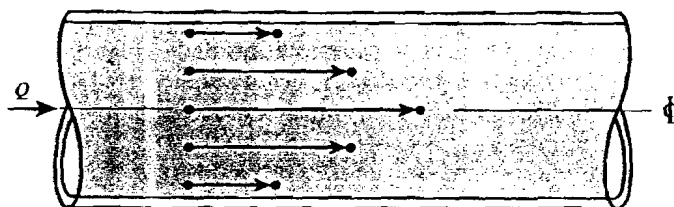
- ก) Open impeller ข) Semi open impeller
 ค) Close impeller ง) Paper stock impeller
 จ) Propeller ฉ) Mixed flow
 ช) Radial flow

2.8 การไหลในท่อ

ลักษณะการไหลในท่อมมี 2 แบบ คือ

1. การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow)

การไหลแบบราบเรียบเป็นการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ขนานกันไปคล้ายกับการไหลเป็นชั้น ๆ (Laminar) ความเร็วของของไหลในชั้นที่อยู่ใกล้ๆ กันมีค่าไม่เท่ากัน แต่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อย การไหลแบบราบเรียบเป็นไปตามกฎของความสัมพันธ์ระหว่างความดันเฉือนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Annular deformation ซึ่งก็คือ ผลคูณของความหนืดของของไหลกับความเร็วกเรตเฉือน ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 ลักษณะการไหลแบบราบเรียบ

2. การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow)

การไหลแบบปั่นป่วนเป็นการไหลโดยที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่ไปอย่างไม่เป็นระเบียบ ความเร็วของอนุภาคของของไหลแตกต่างกันทั้งขนาดและทิศทาง ความเค้นเฉือนสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนดังรูปที่ 2.31 สิ่งที่ยกกว่าการไหลเป็นแบบราบเรียบ หรือ ปั่นป่วน คือ ค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)

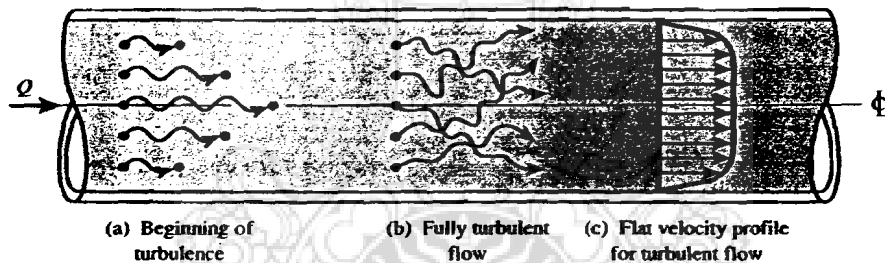
$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (2.23)$$

เมื่อ Re คือ เลขเรย์โนลด์

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m)

V คือ ความเร็วในท่อ (m/s)

ν คือ ความหนืดจลน์ (Kinematics) ของของไหลในท่อ (m^2/s)



รูปที่ 2.31 ลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน

ค่าวิกฤตของเลขเรย์โนลด์บอกล่าได้ว่า การไหลเป็นแบบราบเรียบหรือแบบปั่นป่วน คือ

$Re < 2300$ การไหลแบบราบเรียบ

$2300 < Re < 3000$ การไหลในช่วงทรานซิชัน

$Re > 3000$ การไหลแบบปั่นป่วน

2.9 ความดันเนื่องจากความสูง (Head)

ความดันของปั๊ม คือ งานสุทธิที่กระทำต่อของเหลวที่ไหลจากทางด้านดูด (Suction) ของปั๊มไปจนถึงทางด้านจ่าย (Discharge) จะหาได้โดยจากสมการ Bernoulli

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (2.24)$$

โดยความดันรวม (Total head), h_T จะหาได้จากผลรวมของความดันทางด้านดูด (Static suction head) กับความดันทางด้านจ่าย (Static discharge head) โดยรวมค่าความดันสูญเสียเนื่องจากความยาวของท่อ ข้อต่อ ข้องอ วาล์ว โดยจะหาได้ดังนี้

$$h = \left(\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z \right)_d - \left(\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z \right)_s \quad (2.25)$$

เมื่อ $\frac{p}{\gamma}$ คือ ความดันเนื่องจากความดันของของไหล (m)

$\frac{v^2}{2g}$ คือ ความดันเนื่องจากความเร็ว (m)

z คือ ความดันเนื่องจากพลังงานศักย์ (m)

2.10 การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน

การสูญเสียเนื่องจากความฝืดสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.10.1 ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานในท่อ (Friction head loss) การเสียดทาน หรือพลังงานเนื่องจากความเสียดทานในเส้นท่อนั้นตรง ซึ่งไม่ว่าการไหลจะเป็นแบบราบเรียบ (Laminar) หรือปั่นป่วน (Turbulent) สามารถคำนวณจากสูตรของ Darcy weisbach คือ

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (2.26)$$

เมื่อ h_f คือ ความดันสูญเสีย เนื่องจากความฝืด (m)

f คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อ

L คือ ความยาวท่อ (m)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (m)

v คือ ความเร็วการไหลภายในท่อ (m/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดโลก (m/s²)

2.10.2 ความดันสูญเสียเนื่องจาก ข้อต่อ ข้องอ วาล์ว

ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อของไหลไหลผ่านข้อต่อ ข้องอ และวาล์ว คำนวณโดยสมการ

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (2.27)$$

เมื่อ h_L คือ ความดันสูญเสีย เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบท่อ (m)

v คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อ (m/s)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดโลก (m/s^2)

K คือ สัมประสิทธิ์ของความต้านทานการไหล ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของอุปกรณ์

2.11 กำลังที่ส่งโดยปั๊ม

กำลังที่ได้จากปั๊ม คือ พลังงานที่ถูกส่งโดยปั๊มไปยังของไหล โดยสามารถหาได้จาก

$$P_w = \gamma Q h \quad (2.28)$$

เมื่อ P_w คือ กำลังที่ได้จากปั๊มน้ำ (kW)

γ คือ น้ำหนักจำเพาะ (kN/m^3)

Q คือ อัตราการไหล (m^3/s)

h คือ ความดันรวม (m)

กำลังที่ปั๊มใช้ (Input power) คือ กำลังของมอเตอร์ปั๊มที่ต้องใช้โดยสามารถหาได้ดังนี้

กรณีมอเตอร์ปั๊มเป็นแบบ 1 เฟส สามารถหากำลังได้จาก

$$P = IE \quad (2.29)$$

เมื่อ P คือ กำลังของปั๊ม (kW)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

E คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

2.12 การเลือกขนาดปั๊ม

พิจารณาจากการทดสอบความดันที่ได้ของปั๊มแทนค่าในสมการ

$$h_f = \frac{1.215 \times 10^{10} \times Q^{1.852} \times L}{C^{1.852} \times D^{4.87}} \quad (2.30)$$

เมื่อ h_f คือ HEAD ความสูญเสียในท่อ (m)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำในท่อ (liter/s)

L คือ ความยาวรวมของท่อ (m)

C คือ ค่าคงตัวของ Hazen-Williams

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (mm)

ตารางที่ 2.3 ค่าคงตัวของ Hazen-Williams

ชนิดของท่อ	ช่วง	ท่อสะอาด	ใช้ออกแบบ
STEEL			
Welded and seamless	80-150	140	100
IRON			
Cast plain	80-150	130	100
Wrought plain	80-150	130	100
MISCELLANEOUS			
Fiber		150	140
Copper and brass	120-150	140	130
Lead, Tin, Glass	120-150	140	130
Plastic	120-150	140	130

2.13 ไฟฟ้าเบื้องต้น

2.13.1 กำลังไฟฟ้า (Electrical power) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือ อัตราของการทำงานจากลักษณะหนึ่งไปสู่อีกลักษณะ หนึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ P และมีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt) กำลังไฟฟ้าเป็นผลคูณของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสไฟฟ้า

$$P = EI \quad (2.31)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

E คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

I คือ กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

จากกฎของโอห์ม

$$E = IR$$

แทนค่า E ลงในสมการ (2.31) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} P &= (IR)I \\ &= I^2 R \end{aligned} \quad (2.32)$$

จากกฎของโอห์ม

$$I = \frac{E}{R}$$

แทนค่า I ลงในสมการ (2.31) จะได้ว่า

$$\begin{aligned} P &= E \frac{E}{R} \\ &= \frac{E^2}{R} \end{aligned} \quad (2.33)$$

พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ถูกนำไปใช้ในระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งก็คือผลคูณของกำลังไฟฟ้าเป็นวัตต์กับระยะเวลาใช้งานเป็นวินาที เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์

W

$$W = Pt \quad (2.34)$$

2.13.2 ความสิ้นเปลืองการใช้ไฟฟ้ากับการล้างพลาสติก

จำนวนหน่วยในการใช้ไฟฟ้า = $\frac{\text{จำนวนวัตต์ของมอเตอร์ไฟฟ้า} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้งาน}}{1000}$

2.13.3 การคำนวณหาอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า

เมื่อค่าไฟฟ้าราคาหน่วยละ 2.5 บาท โดยเทียบกับการคำนวณของการกินกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ขับและปั้มน้ำ

อัตราการใช้สิ้นเปลืองไฟฟ้า = จำนวนหน่วยไฟฟ้า × ราคาของหน่วยไฟฟ้า

2.14 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้แก่ มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ (Induction motors) และมอเตอร์แบบซิงโครนัสมอเตอร์ (Synchronous motors) มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำมีใช้แพร่หลายมาก ซึ่งจำแนกได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์ขนาดเล็กเฟสเดียว (Single phase motors) และมอเตอร์โพลีเฟส (Motors poly phase) เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ ส่วนมอเตอร์ซิงโครนัสก็มีความสำคัญในอุตสาหกรรมเช่นกันด้วยความเร็วรอบคงตัวทุกสภาวะโหลด

2.14.1 มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ (Induction motors)

มอเตอร์เหนี่ยวนำใช้เป็นต้นกำลังขับ ที่ต้องการใช้ทั้งความเร็วรอบคงตัวหรือความเร็วรอบที่ช้าลงกว่าเดิม และความเร็วรอบที่ช้าลงกว่าเดิมและหมุนกลับทางได้ (ในบางกรณี)

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลทางสมรรถนะเกี่ยวกับมอเตอร์ประเภทต่าง ๆ ขอให้ศึกษาจากตารางสรุปข้อมูล ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 สมการไฟฟ้ามูลฐานของมอเตอร์ไฟฟ้า 3 ประเภท

	มอเตอร์ไฟฟ้า	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	
	กระแสตรง		
(1) แรงบิด (T)	$K_1 \cdot \phi \cdot I_a$	$K_2 \cdot I_2 \cdot R_2 / S$	$K_2 \cdot I_2 \cdot R_2$
(2) ความเร็วรอบ (N)	$E - I_a \cdot R_a / (K_4 \cdot \phi)$	$(120 f / p) - S r p m$	$120 f / p$
(3) สมรรถนะกำลัง	$E \cdot I \theta$		
(Watts)	$E \cdot I \theta / 746$	$K \cdot E \cdot I \theta \cdot PF$	$K \cdot I \theta \cdot PF$
(HP)		$(K \cdot E \cdot I \theta \cdot PF) / 746$	$(K \cdot I \theta \cdot PF) / 746$

สัญลักษณ์ :

- f คือ ความถี่ (Hz)
- I คือ กระแส (A)
- I_a คือ กระแสที่ไหลผ่านทุ่นมอเตอร์ไฟตรง (A)
- I_2 คือ กระแสทุติยภูมิในมอเตอร์ไฟสลับ (A)
- K_1, K_2, K_3 คือ ค่าคงตัว
- N คือ ความเร็วรอบ (rpm)
- P คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก (Pole)
- PF คือ Power factor
- R คือ ความต้านทานต่อเฟส (Ω)
- R_a คือ ความต้านทานของทุ่นมอเตอร์ไฟตรง (Ω)
- R_1 คือ ความต้านทานปฐมภูมิต่อเฟส (Ω)
- R_2 คือ ความต้านทานทุติยภูมิต่อเฟส (Ω)
- S, S_1, S_2 คือ สลิป
- $Srpm$ คือ รอบสลิป (rpm)
- ϕ คือ จำนวนฟลักซ์แม่เหล็ก

2.14.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำทรงกระบอก

ขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ของมอเตอร์ที่ใช้กับไฟสามเฟสจะมีทั้งหมด 3 ขด วางเยื้องทำมุม 120° ต่อกันและกัน ต่อตรงกับวงจรต้นกำลังไฟสามเฟส กระแสไฟฟ้าสลับสามเฟส ขณะไหลเข้าขดลวดสเตเตอร์ทั้งสามขดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่หมุนได้ (Rotating magnetic fields) เส้นฟลักซ์ (Flux) ของสนามแม่เหล็กที่สามารถหมุนได้นี้จะตัดตัวนำในโรเตอร์ (Rotor) โรเตอร์ที่มีลักษณะสร้างแบบทรงกระบอกสร้างจากแผ่นเหล็กไฟฟ้าบาง ๆ หลายแผ่นอัดขึ้นรูปจนเป็นรูปแท่งโรเตอร์ ที่ผิวขอบนอกโรเตอร์จะมีร่องเจาะตามยาวครบเส้นรอบวง เพื่อใช้ฝังแท่งลวดตัวนำทองแดงหรือแท่งตัวนำอลูมิเนียม แท่งตัวนำดังกล่าววางพาดลงไปร่องอัดขึ้นรูปจนเป็นแท่ง ผิวขอบนอกโรเตอร์จะมีร่องเจาะตามยาวครบเส้นรอบวง เพื่อใช้ฝังแท่งลวดตัวนำทองแดงหรือแท่งตัวนำอลูมิเนียม แท่งตัวนำดังกล่าววางพาดลงไปร่องสลัดตามยาว โดยที่มีขนาดแท่งค่อนข้างโตเหมือนทรงกระบอกจึงได้ชื่อเช่นนั้น ที่ปลายแท่งโรเตอร์ทั้งสองข้างมีแผ่นปิดหัวและท้าย ทำหน้าที่ลัดวงจรกระแสเหนี่ยวนำที่เกิดตัวนำทั้งหลาย ขณะสนามแม่เหล็กหมุนจากสเตเตอร์แล่นมาตัดโรเตอร์ชนิดนี้จึงไม่มีสปริง เพราะไม่ต้องนำกระแสเข้าหรือออกจากโรเตอร์ทรงกระบอกเลย แรงเหนี่ยวนำจากสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นในแท่งตัวนำในโรเตอร์ จึงเกิดสนามแม่เหล็กใหม่ต้านกันและผลักกัน โรเตอร์จึงต้องหมุนหนีสนามแม่เหล็ก ขดลวดสเตเตอร์จึงเป็นสิ่งที่ป้อนเข้าระบบผลที่ได้จากระบบคือการ

หมุนของโรเตอร์แบบทรงกระบอก ความเร็วรอบของสนามแม่เหล็กที่หมุนกับของโรเตอร์แบบทรงกระบอกนั้นใกล้เคียงกันมาก โดยที่โรเตอร์จะหมุนช้ากว่าความเร็วรอบซิงโครนัส (Synchronous) เพียงร้อยละ 3-5 เท่านั้น เพราะว่ามีสลลิป (Slip) เกิดขึ้นนั่นเอง

มอเตอร์ในปัจจุบันเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต มักจะนิยมหล่ออัดขึ้นรูปทรงกระบอก โดยใช้อลูมิเนียม (Aluminium) เป็นส่วนประกอบและยังหล่อปีกใบพัดลมสำเร็จติดมาด้วยเพื่อระบายความร้อนด้วยอากาศ

2.14.3 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลัง

ในการหาขนาดของมอเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังขั้วนั้นต้องทราบถึงความเร็วรอบและแรงที่กระทำที่ทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ แล้วนำค่าที่ได้มาแทนค่าในสมการดังต่อไปนี้

$$P = \frac{2\pi TN}{60} \text{ หรือ } HP = \frac{2\pi TN}{746 \times 60} \quad (2.35)$$

เมื่อ P คือ กำลังงานของมอเตอร์ (W)

T คือ แรงบิด (N-m)

N คือ ความเร็วรอบของดรัม (rpm)

π คือ ค่าคงตัวเท่ากับ 3.1416

2.15 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์

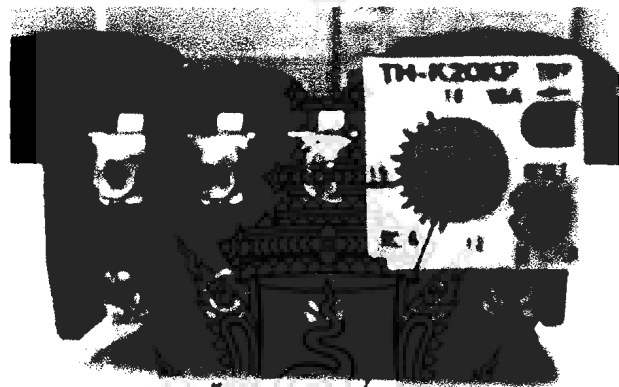
งานควบคุมมอเตอร์จำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวก หรือเพื่อการควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานได้ตามความประสงค์ อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์มีหลายประเภท เช่น อุปกรณ์ในการตัดวงจร อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน อุปกรณ์ป้องกันภาระเกิน อุปกรณ์สตาร์ท เป็นต้น

2.15.1 โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload relay)

ในสภาพการใช้งานมอเตอร์จะต้องเกิดความร้อนขึ้น อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้นั้น ความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ เช่น อุณหภูมิแวดล้อม กระแสเนื่องจากการใช้งานกระแสเกินเนื่องจากมอเตอร์รับภาระมากเกินไป หรือภาวะโหลดเกิน (Overload) สาเหตุเหล่านี้จะทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหายขึ้นได้ วิธีการป้องกันมอเตอร์โดยการใช้โอเวอร์โหลดจึงเป็นวิธีการที่ใช้ในการป้องกันมอเตอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไป

โอเวอร์โหลดรีเลย์ประกอบด้วยขดลวดความร้อน (Heater) พักอยู่บนแผ่นไบเมทัล (Bimetal) ซึ่งทำจากโลหะ 2 ชนิดเชื่อมติดกันโค้งตัวได้เมื่อเกิดความร้อนขึ้น ขดลวดความร้อนเป็นทางผ่านของกระแสจากแหล่งจ่ายไปยังมอเตอร์เมื่อกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์มีค่าสูง ทำให้ขดลวดความร้อนเกิดความร้อนสูงขึ้น เป็นผลให้แผ่นไบเมทัลร้อนและ

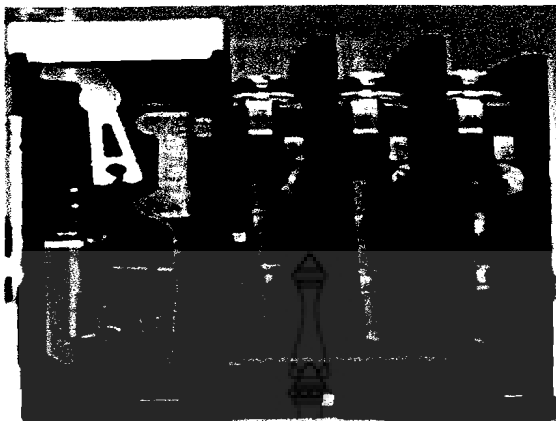
โก่งตัวดันให้หน้าสัมผัสปกติปิดของโอเวอร์โวลต์ที่ต่ออนุกรมอยู่กับวงจรควบคุมเปิดวงจรตัดกระแสออกจากขดลวดแม่เหล็กของคอนแทคเตอร์จึงทำให้หน้าสัมผัสหลัก (Main contact) ของคอนแทคเตอร์ปลดมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายเป็นการป้องกันมอเตอร์จากความเสียหายได้ โอเวอร์โวลต์รีเลย์มีทั้งแบบธรรมดาคือเมื่อแผ่นไบเมทัลลงไปแล้วจะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิมเมื่อเย็นตัวลงเหมือนในเตารีดกับแบบที่มีรีเซ็ต (Reset) คือ เมื่อตัดวงจรไปแล้วหน้าสัมผัสจะถูกล็อกเอาไว้ถ้าต้องการจะให้วงจรทำงานอีกครั้งทำได้โดยกดที่ปุ่ม Reset ให้หน้าสัมผัสกลับมาต่อวงจรเหมือนเดิม



ปุ่มปรับฟังก์ชันเสถียร

รูปที่ 2.32 ลักษณะโอเวอร์โวลต์รีเลย์

การปรับตั้งกระแสของโอเวอร์โวลต์โดยปกติแล้วการปรับตั้งขนาดกระแสโอเวอร์โวลต์รีเลย์มีค่าเท่ากับ 125 % ของกระแสโหลดเต็มพิกัด (Full Load Current หรือ FLC) ของมอเตอร์ เช่นมอเตอร์มีกระแสโหลดเต็มพิกัดเท่ากับ 40 แอมป์ ดังนั้นค่าสูงสุดของการปรับตั้งโอเวอร์โวลต์รีเลย์มีค่าเท่ากับ $10 \times 1.25 = 12.5$ แอมป์ โอเวอร์โวลต์รีเลย์โดยทั่วไปมีปุ่มปรับตั้งพิกัดกระแสให้ทำการปรับโดยใช้ไขควงปรับด้านหน้าของโอเวอร์โวลต์รีเลย์ เช่น 9, 10, 11, 14, 16, 18 แอมป์ ดังรูปที่ 2.32 และ 2.33

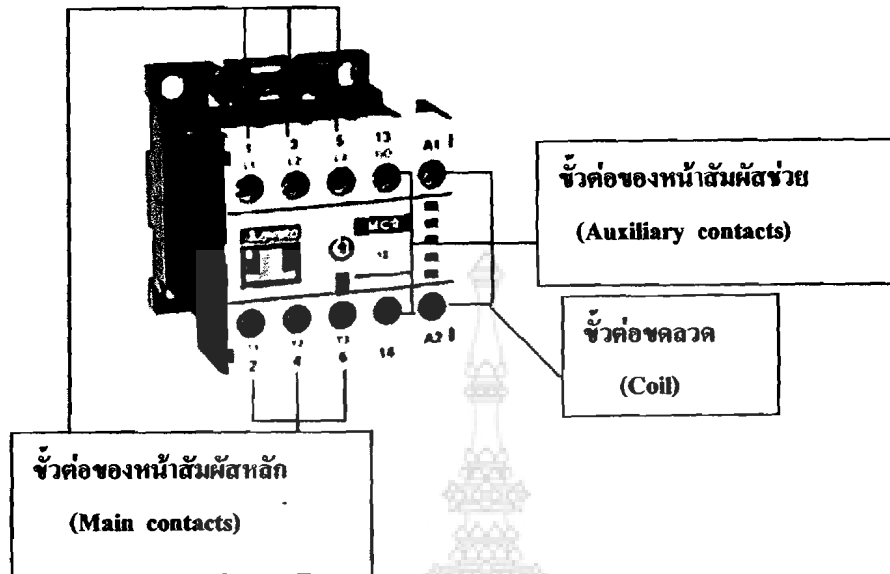


รูปที่ 2.33. โครงสร้างภายในของโอเวอร์โวลต์รีเลย์

2.15.2 คอนแทคเตอร์ (Contactor)

คอนแทคเตอร์ หรือ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ทำงานด้วยแรงดึงดูดแม่เหล็กที่เกิดจากคอยล์และแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่มาแตะกันและส่งผ่านกำลังไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ นำไปใช้สำหรับงานควบคุมไฟฟ้ากำลัง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

หน้าที่ของคอนแทคเตอร์ คือ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทคเตอร์ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทคเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้านขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอยล์ของคอนแทคเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอยล์อาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรง หรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับแบบการใช้คอนแทคเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล (Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.34 และ 2.35



รูปที่ 2.34 ลักษณะคอนแทคเตอร์

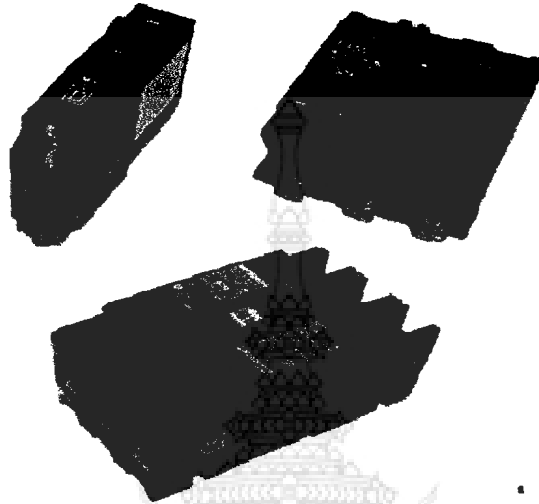


รูปที่ 2.35 คอนแทคเตอร์ต่อรวมกับโอเวอร์โหลดรีเลย์

2.15.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ปลดวงจรและป้องกันการลัดวงจร มีหลายขนาดหลายแบบขึ้นอยู่กับแรงเคลื่อน กระแสใช้งาน กระแสขณะตัดวงจร (Interrupting current) มีทั้งชนิดทำงานด้วยความร้อนและชนิดทำงานด้วยแม่เหล็ก เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปสามารถแบ่งตามประเภทการทำงานออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบทำงานด้วยความร้อน (Thermal circuit breaker) ใช้วัสดุไบเมทัลในการตัดวงจรแบบทำงานด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า

(Magnetic circuit breaker) อาศัยแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสที่ไหลเกินสร้างสนามแม่เหล็กในการดึงดูดให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกัน ดังรูปที่ 2.36

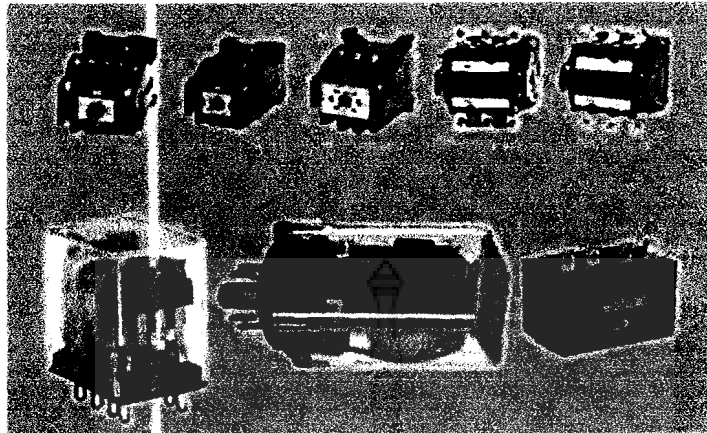


รูปที่ 2.36 ลักษณะเซอร์กิตเบรกเกอร์

2.15.4 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. รีเลย์กำลัง (Power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทคเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา
2. รีเลย์ควบคุม (Control relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทคเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุมบางที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า รีเลย์ ดังรูปที่ 2.37



รูปที่ 2.37 รูปร่างลักษณะของรีเลย์แบบต่าง ๆ

2.15.5 ฟิวส์ (Fuses)

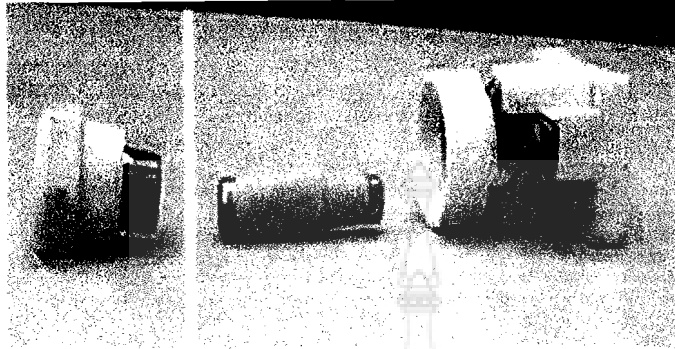
ฟิวส์ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับตัวนำหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ฟิวส์มี 2 ประเภทคือ

1. ฟิวส์ชนิดมาตรฐาน (ชนิดตัดวงจรทันที)
2. ฟิวส์ชนิดหน่วงเวลา (Time-delay หรือ Slo blow, Time lag)

ฟิวส์กำลังสำหรับการควบคุมมอเตอร์เป็นฟิวส์ชนิดหน่วงเวลาเนื่องจากกระแสเริ่มแรกในขณะสตาร์ทมอเตอร์มีค่าสูง 6-8 เท่าของกระแสปกติ ดังนั้นการใช้ฟิวส์ชนิดหน่วงเวลาสามารถหน่วงการตัดวงจรของฟิวส์ได้ ดังรูปที่ 2.38 และ 2.39



รูปที่ 2.38 รูปร่างลักษณะต่าง ๆ ของปลั๊กฟิวส์



รูปที่ 2.39 ส่วนประกอบของปลั๊กฟิวส์

2.15.6 สวิตช์ปุ่มกด (Push button)

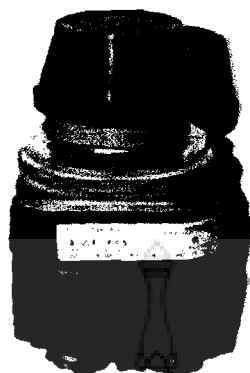
สวิตช์ปุ่มกด (Push button) เป็นสวิตช์ที่เมื่อกดแล้วปล่อยมือ สวิตช์จะดับกลับคืนโดยไม่ค้างตำแหน่งไว้ที่เดิมหรือเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า **"Momentary switch"** สวิตช์ปุ่มกดนี้มีทั้งชนิดหน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally open) และชนิดหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally close) ดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 สวิตช์ปุ่มกด

2.15.7 หลอดไฟสัญญาณ (Pilot lamp)

หลอดไฟสัญญาณเป็นหลอดไฟใช้แสดงสถานะการทำงานของวงจรมีหลายสีให้เลือก เช่น แดง เหลือง น้ำเงิน เขียว โดยการเปลี่ยนฝาครอบพลาสติกด้านหน้า บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ปุ่มกดหรือมีหม้อแปลงในตัวสำหรับแปลงแรงเคลื่อน 220 โวลต์ ให้เป็นแรงเคลื่อนต่ำประมาณ 6 โวลต์ ดังรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.41 หลอดไฟสัญญาณ



บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

3.1 ศึกษาความต้องการของโครงการ

ในการดำเนินการควรคำนึงถึงประโยชน์ของโครงการที่จะสร้างขึ้นมามีมากน้อยเพียงใด เพื่อสร้างทักษะและกระบวนการทางความคิดให้กับตนเอง ทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ความสามารถเทคโนโลยีใหม่ๆ ออกสู่สังคม สามารถนำความรู้ที่มีอยู่มาประยุกต์หรือปรับปรุงแก้ไขซึ่งนับว่าเป็นเรื่องที่สำคัญและเมื่อทำแล้วสามารถนำโครงการไปใช้ได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพในงานนั้น ๆ เกิดจากความพึงพอใจกับผู้ที่นำไปใช้และสิ่งสำคัญคือ ต้องทำความเข้าใจถึงความต้องการและตัวโครงการอย่างถ่องแท้

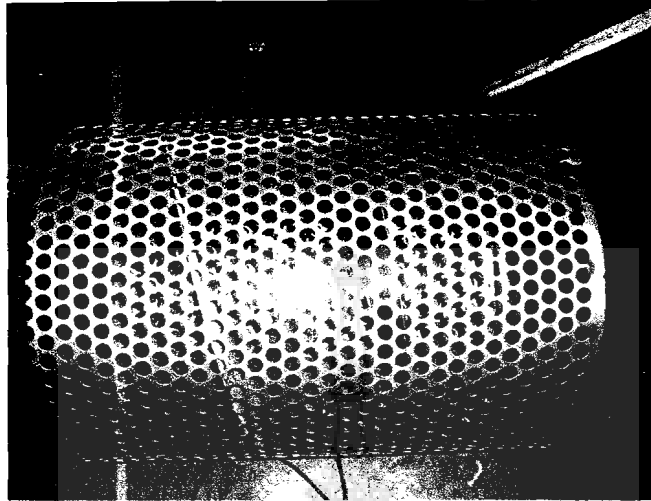
3.2 การสร้างเครื่องล้างพลาสติก

ในการออกแบบสร้างเครื่องล้างพลาสติก ได้กำหนดรูปแบบของชิ้นส่วนประกอบของเครื่องล้างพลาสติกดังต่อไปนี้

3.2.1 การเลือกใช้เหล็กทำโครงสร้างตัวดรัม

การออกแบบโครงสร้างจะพิจารณาการป้องกันการเกิดสนิมและผุกร่อนได้ง่าย ในการทำโครงสร้างดรัมได้เลือกใช้แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาด 1,219.5 mm × 2,439 mm × 1.5 mm ปีมรูขนาด 20 mm เพื่อให้เกล็ดปลา ใสและสิ่งๆที่ติดกับตัวปลาออกได้ง่าย และทำการม้วนให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 500 mm โดยความยาวที่ใช้จริง 700 mm ดังรูปที่

3.1



รูปที่ 3.1 ตะแกรงดรัมที่เจาะรู

3.2.2 การเลือกใช้เหล็กทำไบสกรูเกลียว

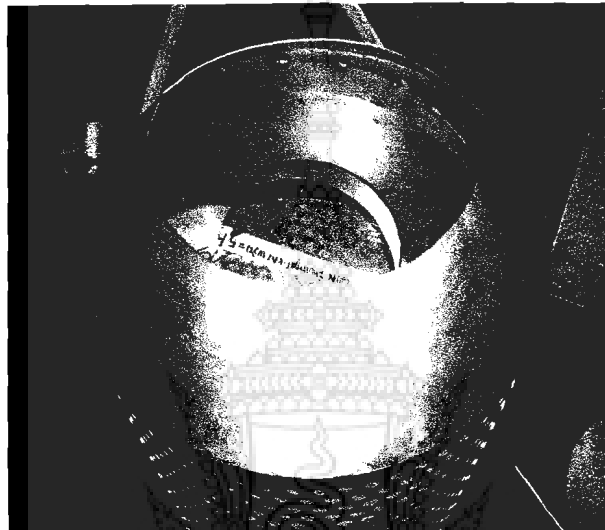
การเลือกใช้จะพิจารณาจากการป้องกันการเกิดสนิมและผุกร่อน เพราะต้องคำนึงถึงหลักอนามัย โดยไบสกรูเกลียวที่เลือกใช้จะเป็นชนิดเต็มใบมาตรฐานอาคิมิติส มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 500 mm โดยที่ระยะพิตช์ที่เลือกใช้ที่เหมาะสมกับที่ออกแบบตามความยาวของตัวดรัมคือระยะพิตช์ 200 mm ความสูงของเกลียว 150 mm โดยนำแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 หนา 1.5 mm มาตัดเป็นเกลียวและทำการดึงเกลียวให้ได้ตามขนาดดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ไบสกรูเกลียวแบบของอาคิมิติส

3.2.3 ปากทางเข้าดรัม

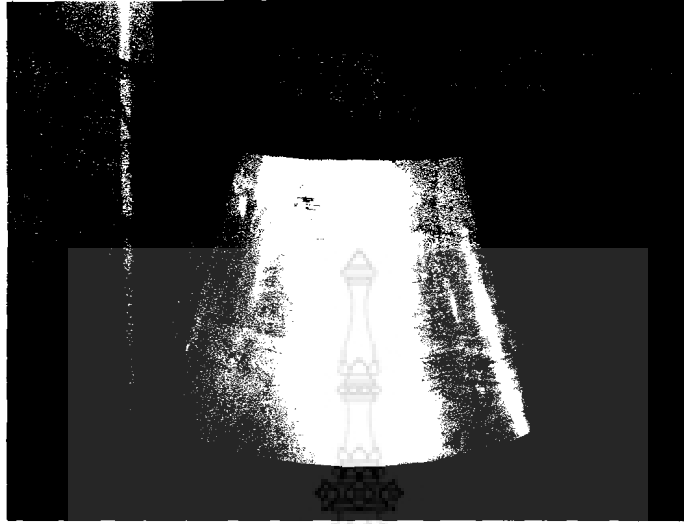
ปากทางเข้าดรัมทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 หนา 1.5 mm ตัดให้เป็นสี่เหลี่ยมคางหมูและทำการม้วนตามแบบ โดยมีความยาวจากฐานถึงปากทางเข้าเท่ากับ 150 mm ในการพิจารณาขนาด คำนึงถึงความเหมาะสมและการติดตั้งชุดเฟืองขับ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ปากทางเข้าของดรัม

3.2.4 ปากทางออกดรัม

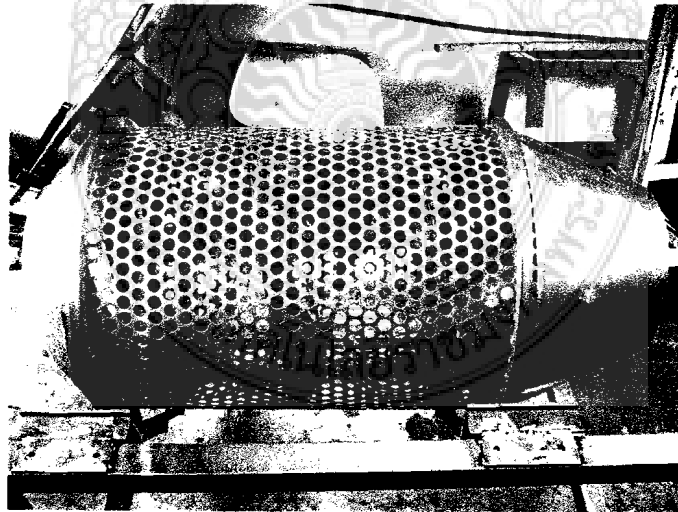
ปากทางออกดรัมทำจากแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 หนา 1.5 mm ตัดให้เป็นสี่เหลี่ยมคางหมูและทำการม้วนจนได้ขนาดกำหนด โดยมีความยาวจากฐานถึงปากทางเข้าเท่ากับ 250 mm ในการพิจารณาทางออกต้องคำนึงถึงอัตราความชื้นในการขนถ่ายของวัสดุให้เหมาะสมกับการส่งถ่ายแบบใบสกรู ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ปากทางออกดรัม

3.2.5 วงแหวนที่ตัวดรัม

วงแหวนที่ตัวดรัม ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาด 19 mm × 19 mm
ม้วนให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 503 mm ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ชุดวงแหวนที่เชื่อมติดกับดรัม

3.2.6 การประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยการเชื่อมแสดงดังรูปที่ 3.6 และ 3.7



รูปที่ 3.6 โครงสร้างดรัมทั้งหมด



รูปที่ 3.7 โครงสร้างดรัมเชื่อมเสร็จสมบูรณ์

3.3 การออกแบบสร้างเครื่องล้างพลาสติก

3.3.1 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับดรัม

การหาแรงบิดที่กระทำกับดรัมต้องใช้ดาซึ่งสปริงดึงเฟืองตาม เพื่อที่จะทราบค่าของแรงที่แท้จริงและนำไปหาขนาดของมอเตอร์ได้ หลักการที่ต้องใส่ปลาจำนวน 60 กิโลกรัมและน้ำลงในดรัมและใช้ดาซึ่งสปริงขนาด 50 กิโลกรัม และ 5 กิโลกรัมมาต่อเป็นอนุกรมและทำการดึงจนเฟืองที่ดรัมเคลื่อนตัวแล้วทำการอ่านค่าที่ได้ประมาณ 52 กิโลกรัมและนำค่าที่ได้ลงในสมการ

จากสมการ (2.2)

$$\begin{aligned} F &= M_{net} \times g \\ &= 52 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= 510.12 \text{ N} \end{aligned}$$

3.3.2 การคำนวณหาแรงบิดที่กระทำกับดรัม

จากสมการ (2.3)

$$\begin{aligned} T &= F \times r_o \\ &= 510.12 \text{ N} \times 0.2 \text{ m} \\ &= 102.024 \text{ N-m} \end{aligned}$$

3.3.3 การคำนวณหาความเร็วรอบดรัม

การหาความเร็วรอบดรัมเพื่อต้องการทราบค่าอัตราการขนถ่ายของพลาสติกที่เหมาะสมโดยหาได้จากอัตราการขนถ่ายของสกรูและนำไปหาความเร็วรอบเฟืองขับ

จากสมการ (2.1)

$$I_v = 60 \times D^2 \times \frac{\pi}{4} \times s \times n \times \phi \times k$$

จากอัตราการขนถ่ายสูงสุดที่ 60 กิโลกรัมต่อนาที และจากน้ำบริสุทธิ์จำนวน 1 ลิตรมี ค่าประมาณ 1 กิโลกรัมจะได้ค่าอัตราการขนถ่ายเท่ากับ

$$\begin{aligned} I_v &= \frac{60 \text{ kg}}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ litre}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ litre}} \\ &= 3.6 \text{ m}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

$$D = 0.5 \text{ m}$$

$$s = 0.2 \text{ m}$$

$$\phi = 0.25$$

$$k = 0.5$$

เพราะฉะนั้นความเร็วรอบดรัมที่ต้องการ

$$\begin{aligned} n &= \left[\frac{3.6 \text{ m}^3/\text{hr}}{0.785 \times 60 \times (0.5 \text{ m})^2 \times (0.2 \text{ m}) \times 0.25 \times 0.5} \right] \\ &= 12.229 \text{ rpm} \end{aligned}$$

นำค่าความเร็วรอบนี้ไปคำนวณหาความเร็วรอบเฟืองขับที่ต้องการ

3.3.4 การหาอัตราทดของเฟืองขับและเฟืองตาม

การคำนวณหาอัตราทดระหว่างเฟืองขับกับเฟืองตาม เพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเกียร์มอเตอร์ต่อไป

จากสมการ (2.9)

$$\begin{aligned} i &= \frac{Z_b}{Z_a} \\ &= \frac{77}{18} \\ &= 4.277 \end{aligned}$$

3.3.5 การหาความเร็วรอบเฟืองขับ

จากสมการ (2.9)

$$\begin{aligned} i &= \frac{N_a}{N_b} = \frac{Z_b}{Z_a} \\ 4.277 &= \frac{N_a}{12.229 \text{ rpm}} \\ N_a &= 12.229 \text{ rpm} \times 4.277 \\ &= 52.30 \text{ rpm} \end{aligned}$$

3.3.6 การหาอัตราทดของเกียร์มอเตอร์

จากสมการ (2.4)

$$\begin{aligned} i_G &= \frac{N_G}{N_M} \\ &= \frac{52.30 \text{ rpm}}{1425 \text{ rpm}} \\ i_G &= 0.0367 \end{aligned}$$

ค่าความปลอดภัย (Safety factor) ในการออกแบบ 10 % เพื่อสามารถรับภาระที่มากกว่าและยังใช้ในการพัฒนาในอนาคตต่อไป

$$\begin{aligned} i_G &= 0.0367 \times 1.1 \\ &= 0.04 \text{ หรือ } 1/25 \end{aligned}$$

3.3.7 การหาแรงม้าของการบิดครัม

จากสมการ (2.33)

$$\begin{aligned} HP &= \frac{2\pi TN}{746 \times 60} \\ &= \frac{2\pi \times 102.024 \text{ N} \cdot \text{m} \times 52.3 \text{ rpm}}{746 \text{ W} \times 60} \\ &= 0.749 \end{aligned}$$

ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ 10 % เพื่อสามารถรับภาระที่มากกว่าและยังใช้ในการพัฒนาในอนาคตต่อ

$$\begin{aligned} HP &= 0.749 \times 1.1 \\ &= 0.8239 \end{aligned}$$

จากการคำนวณกำลังของมอเตอร์จะเท่ากับ 0.8239 แรงม้าหรือประมาณ 1 แรงม้า เนื่องจากเครื่องล้างพลาสติกนี้ใช้ไฟ 1 เฟส ซึ่งในท้องตลาดที่ส่วนใหญ่ไม่นิยมใช้จึงไม่มีการผลิตต้องทำการสั่งจากต่างประเทศ จึงได้เลือกเกียร์มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ที่มีในท้องตลาดแทน แต่เกียร์มอเตอร์ที่ใช้มีอุปกรณ์การปรับรอบโดยอัตโนมัติใช้ VLT ในการปรับความเร็วรอบ ดังนั้นจึงเลือกเกียร์มอเตอร์ขนาดนี้เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องล้างพลาสติก และสามารถนำไปพัฒนาระบบในอนาคตต่อไป

3.3.8 การคำนวณหากำลังไฟฟ้ามอเตอร์ต้นกำลัง

มอเตอร์มีขนาดความเร็วรอบ 1,425 รอบต่อนาที กระแสไฟฟ้า 9.5 แอมแปร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ การหาค่าใช้งานจริง จากสมการ (2.31)

$$\begin{aligned} P &= EI \\ &= 220 \text{ V} \times 9.5 \text{ A} \\ &= 2090 \text{ W} \end{aligned}$$

3.3.9 การคำนวณหามาตรฐานโซ่ที่ใช้ส่งกำลัง

เนื่องจากโซ่ที่ใช้ต้องการเป็นโซ่เส้นเดียวใช้ส่งกำลัง 2090 W ความเร็วรอบเฟืองขับ 52.30 rpm ทดให้ช้าลง $i = 4.277$ ระยะห่างเพลลาประมาณ 650 mm จากตารางที่ 1 ได้ค่าแฟคเตอร์ของฟันเฟืองโซ่ $f_1 = 1.5$ เลือกใช้ฟันเฟืองที่เหมาะสมคือ $Z_1 = 18$ ฟัน จากตารางที่ 2 ได้ค่าแฟคเตอร์ฟันเฟืองตัวเล็ก $f_2 = 1.04$

จากสมการ (2.10)

$$\begin{aligned} P_D &= P \times f_1 \times f_2 \\ &= 2.090 \text{ kW} \times 1.5 \times 1.04 \\ &= 3.26 \text{ kW} \end{aligned}$$

เฟืองโซ่ตามมาตรฐาน DIN 8187 จากตารางที่ ข.5 (ภาคผนวก ข) ได้ขนาดเบอร์โซ่ Nr. 16 B ระยะพิตช์ 25.4 mm เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการสร้างเฟืองและซื้อโซ่จึงเลือกใช้เบอร์ Nr.10 B ระยะพิตช์เท่ากับ 15.875 mm แทน

3.3.10 การหาความเร็วของโซ่

จากสมการ (2.11)

$$\begin{aligned} V &= Z_1 \times p \times n_1 \\ &= 18 \times 0.015875 \text{ m} \times 0.872 \text{ s}^{-1} \\ &= 0.249 \text{ m/s} \end{aligned}$$

3.3.11 การหาจำนวนข้อโซ่และระยะห่างระหว่างเพลา

เนื่องจากอัตราทดเท่ากับ 4.277 ฟันเฟืองตามเท่ากับ 77 ฟัน ดังนั้นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

1. หาแพคเตอร์จำนวนข้อโซ่

จากสมการ (2.12)

$$\begin{aligned} f_3 &= \left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 \\ &= \left(\frac{77 - 18}{2\pi} \right)^2 \\ &= 88.174 \end{aligned}$$

2. หาจำนวนข้อโซ่

จากสมการ (2.13)

$$\begin{aligned} x_o &= 2 \frac{a_o}{p} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{f_3 \times p}{a_o} \\ &= 2 \frac{650 \text{ mm}}{15.875 \text{ mm}} + \frac{77 + 18}{2} + \frac{88.174 \times 15.875 \text{ mm}}{650 \text{ mm}} \\ &= 81.889 + 47.5 + 2.153 = 131.5 \end{aligned}$$

จำนวนข้อโซ่ต้องเป็นจำนวนเต็มดังนั้นเลือกจำนวน 132 ข้อ

3. หาแฟคเตอร์ของระยะห่างระหว่างเพลลา

จากสมการ (2.14)

$$\begin{aligned} f_4 &= x - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \\ &= 132 - \frac{18 + 77}{2} \\ &= 84.5 \end{aligned}$$

4. ทหาระยะห่างระหว่างเพลลาที่ได้จากการคำนวณ

จากสมการ (2.15)

$$\begin{aligned} a &= \frac{P}{4} \left(f_4 + \sqrt{f_4^2 - 8f_3} \right) \\ &= \frac{15.875 \text{ mm}}{4} \left(84.5 + \sqrt{84.5^2 - 8(88.174)} \right) \\ &= 653.722 \text{ mm} \end{aligned}$$

ระยะห่างระหว่างเพลลาเท่ากับ 653.722 mm

3.3.12 การหาค่าความปลอดภัยของโซ่

การหาค่าความปลอดภัยของโซ่ต้องการทราบถึงว่าโซ่จะขาดด้วยแรงทางสถิต (Static) หรือ แรงพลวัต (Dynamic) และจากตารางที่ ข.3 ภาคผนวก ข โซ่ Nr 10 B จะได้ $q = 0.95 \text{ kg/m}$ และ $F_B = 22.7 \text{ kN}$ ดังนั้นสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

1. หาแรงดึงทางสถิต (Static)

จากสมการ (2.16)

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{P}{V} \\ &= \frac{2.09 \text{ kW}}{0.249 \text{ m/s}} \\ &= 8.393 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. หาแรงดึงทางพลวัต (Dynamic)

จากสมการ (2.17)

$$\begin{aligned} F_d &= F \times f_1 \\ &= 8.393 \text{ kN} \times 1.5 = 12.5895 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. หาแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

จากสมการ (2.18)

$$\begin{aligned} F_f &= q \times v^2 \\ &= 0.95 \text{ kg/m} \times (0.249 \text{ m/s})^2 \\ &= 0.0589 \text{ N} \end{aligned}$$

4. หาแรงรวมที่กระทำกับโซ่

จากสมการ (2.19)

$$\begin{aligned} F_G &= F_d + F_f \\ &= 12.589 \text{ kN} + 0.00005589 \text{ kN} \\ &= 12.5890589 \text{ kN} \end{aligned}$$

5. ค่าความปลอดภัยต่อการแตกหักทางสถิต (Static)

จากสมการ (2.20)

$$\begin{aligned} S_s &= \frac{F_B}{F} \geq 7 \\ &= \frac{22.7 \text{ kN}}{8.393 \text{ kN}} \\ &= 2.7 \end{aligned}$$

6. ค่าความปลอดภัยต่อการแตกหักทางพลวัต (Dynamic)

จากสมการ (2.21)

$$\begin{aligned} S_D &= \frac{F_B}{F_G} \geq 5 \\ &= \frac{22.7 \text{ kN}}{12.5890589 \text{ kN}} \\ &= 1.803 \end{aligned}$$

3.3.13 การหาขนาดปั๊มที่ใช้ในระบบ

การพิจารณาเลือกใช้ปั๊มในเครื่องล้างพลาสติกต้องทราบความเร็วและอัตราการไหลของของไหลและพิจารณาถึงขนาดท่อที่ใช้ในระบบ และนำค่าที่ได้ไปหาขนาดของปั๊มในท้องตลาดโดยชนิดของปั๊มที่เลือกจะเป็นปั๊มแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เนื่องจากปั๊มแบบนี้ให้ค่าประสิทธิภาพทางกลสูงถึง 90% และสามารถออกแบบเพื่อการทำงานที่สูง ๆ ได้ดี

วิธีการหาขนาดปั๊ม

1. หาอัตราการไหลที่ต้องการใช้ในระบบโดยคิดที่หัวฉีด โดยใช้ตารางที่ ก.1 ในภาคผนวก ก หาความเร็วและอัตราการไหลที่ต้องการ
2. เนื่องจากท่อทองแดงที่ใช้ขนาดหน้าปานกลาง (Type L) ความโตเท่ากับ 3/8 นิ้ว นำไปหาค่าอัตราการไหลที่ต้องการโดยในที่นี้เลือกใช้ 3.5 GPM (สามารถที่จะเลือกมากกว่านี้ได้แล้วแต่ความต้องการของผู้ออกแบบ)
3. นำค่าที่ได้ 3.5 GPM (ต่อหนึ่งหัว) คิดอัตราการไหลทั้งหมดที่ทำการฉีด เนื่องจากหัวฉีดที่ออกแบบไว้มีจำนวน 10 หัวอัตราการไหลจึงเท่ากับ 35 GPM ($7.94 \text{ m}^3/\text{hr}$) เพราะฉะนั้นอัตราการไหลของระบบที่ต้องการต้องไม่ต่ำกว่า 35 GPM และเลือกซื้อปั๊มตามขนาดที่คำนวณได้

3.3.14 การเลือกโครงสร้างรองรับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่องล้างพลาสติก

ในการออกแบบกำหนดให้ ต้องรับน้ำหนักปลา 60 kg และตัวดรัม 37 kg และน้ำหนักของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้ง เช่น ถังน้ำ เกียร์มอเตอร์ ปั๊มน้ำ และต้องออกแบบเครื่องล้างพลาสติกให้มีขนาดพอเหมาะไม่ใหญ่เกินไปและสะดวกต่อการใช้งาน โดยกำหนดให้ด้านยาว 1,150 mm ความกว้างเท่ากับ 851.6 mm

แต่เนื่องจากว่าคานที่ทำเป็นโครงสร้างส่วนใหญ่ที่ออกแบบไว้จะใช้การเชื่อมเป็นหลักทำให้คานจึงหาค่าไม่ได้ทางสถิตศาสตร์ คือคานที่ไม่สามารถหาแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่าได้โดยใช้สมการการสมดุลเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องใช้สมการอื่นเข้ามาช่วยจึงหาค่าแรงปฏิกิริยาของคานได้ ซึ่งตรงกับคานชนิดที่ 4 คือคานยึดแน่น (Fixed ended beam) ซึ่งเป็นคานที่ปลายทั้งสองยึดแน่นทำให้แต่ละข้างเคลื่อนที่หรือหมุนไปจากสภาพเดิมไม่ได้ และจากลักษณะการใช้งานของชิ้นส่วนไม่เป็นอันตรายต่อการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินต่อผู้ใช้งาน

เพราะฉะนั้นคานที่เลือกใช้ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับโครงสร้างและพิจารณาถึงความสวยงามโดยรวมและเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวเครื่องล้าง ดังนั้นเหล็กที่เลือกใช้จะเป็นเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมขนาด $50.8 \text{ mm} \times 50.8 \text{ mm}$ หนา 1.5 mm

3.3.15 การเลือกเหล็กคานสี่เหลี่ยมจัตุรัส

การเลือกใช้เหล็กกล่อง เพื่อเป็นตัวรองรับน้ำหนักของแรงที่กระทำบนคานอันเนื่องมาจากชุดดรัม และรองรับดรัม จึงได้พิจารณาเลือกเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด $50.8 \times 50.8 \times 1.2 \text{ mm}$ ความยาวคาน 1,150 mm ทั้งหมด 2 ตัว เสาขนาดความยาว 800 mm จำนวน 4 ตัว คานล่างขนาดความยาว 1,050 mm จำนวน 2 ตัว และคานล่างด้านหน้าและด้านหลัง ขนาด 750 mm จำนวน 2 ตัว โครงสร้างประกอบไปด้วย 3 ชุด คือ

ชุดที่ 1 คานบนสุดที่ยึดรองรับคัม และเสาโครงเครื่องล่างให้ทำการตัดมุม 45 องศา จำนวน 6 ตัว

ชุดที่ 2 คานยึดด้านล่างทำการตัดมุมฉาก ให้ได้ขนาดความยาว 1,050 mm จำนวน 2 ตัว

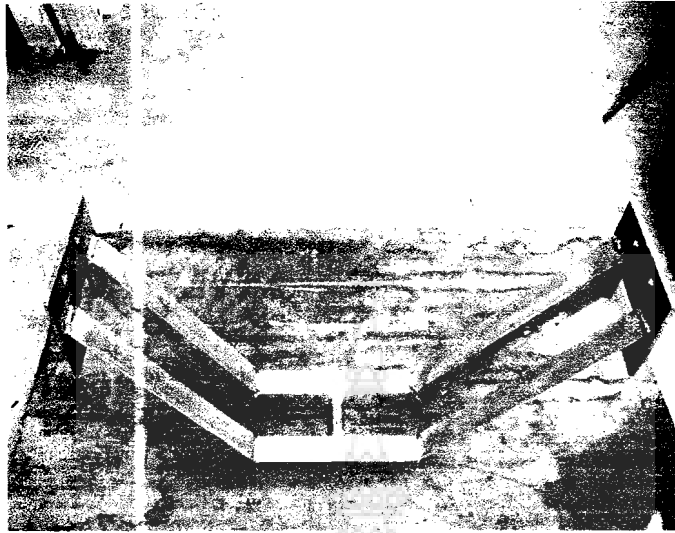
ชุดที่ 3 คานล่างด้านหน้าและด้านหลังทำการตัดให้ขนาดความยาว 750 mm และนำทั้ง 3 ชุดมาเชื่อมเข้าด้วยกัน วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล่องสแตนเลส SUS 304 ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การเตรียมโครงสร้างรองรับอุปกรณ์เครื่องล่างพลาสติก

3.3.16 การเลือกเหล็กฉากทำชุดรองรับคัม

เหล็กฉากที่ใช้ยึดโรลเลอร์เพื่อรองรับคัมด้านล่างต้องมีความแข็งแรงไม่บิดตัวหรืออ่อนเกินไปเมื่อรับน้ำหนักคัมและจำนวนปลาที่ใส่ลงไป โดยขนาดเหล็กฉากที่เลือกใช้มีขนาด 38.1×38.1 mm และหนา 3 mm นำไปตัดตามแบบกำหนดไว้ ซึ่งแบ่งเป็น 3 ชั้น ต่อ 1 ชุดประกอบไปด้วยด้านข้าง 2 ชั้น และตัวกลาง 1 ชั้น ดังนั้นจะได้ตัวรองรับทั้งหมด 4 ชุด 2 คู่ วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กฉากไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ชุดรองรับดรัม

3.3.17 เหล็กกล่องทำชุดกวดรัม

โครงสร้างเหล็กกล่องใช้ทำเป็นชุดวางโรลเลอร์กวดรัมไม่ให้เกิดกหรือเกิดการเหวี่ยงหนี ขนาดเหล็กกล่องที่เลือกใช้ ขนาด 50.8×50.8 mm และหนา 1.5 mm นำไปตัดให้ได้ความยาวซึ่งประกอบไปด้วย 3 ชิ้นต่อ 1 ชุด ซึ่งจะได้ตามรูปวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล่องไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ชุดเหล็กกล่องกวดรัม

3.3.18 เหล็กตัวซียึดโรลเลอร์กดดรัม

เหล็กตัวซีที่ยึดโรลเลอร์เลือกใช้เหล็กที่เหมาะสมแก่การใช้งานและทนต่อการกัดกร่อน โดยเหล็กที่เลือกใช้มีขนาดความกว้าง 50.8 mm ยาว 185 mm เจาะรูขนาด 10.5 mm จำนวน 1 รู และทำการไสรูให้ได้ขนาด 10.5 mm ความยาวรู 600 mm โดยทำทั้งหมด 4 ชิ้น วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.11

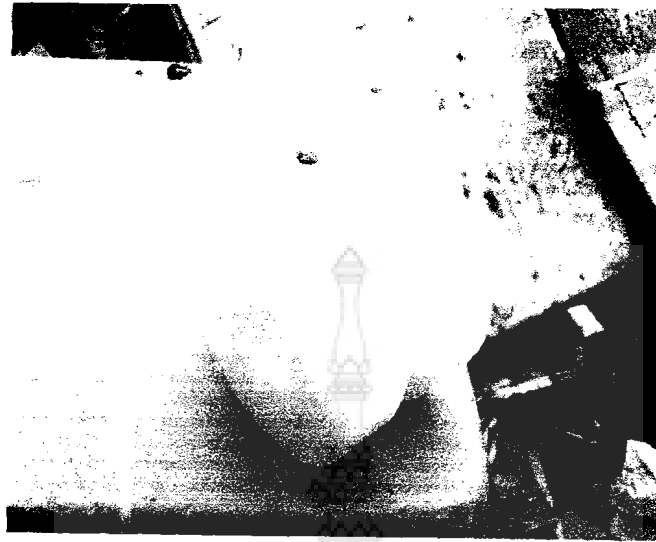


รูปที่ 3.11 เหล็กตัวซียึดโรลเลอร์

3.3.19 โรลเลอร์และแบริ่งปลอก (Rollers and sliding bearing)

การเลือกใช้โรลเลอร์พิจารณาจากการใช้งาน ทนการกัดกร่อนจากน้ำ ทนต่อการเสียดสี การรับแรงสภาวะต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และราคาไม่แพงมากนัก โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 mm เส้นผ่านศูนย์กลางใน 30 mm มีความหนา 70 mm ร่องมีความลึก 18 mm ความกว้างร่อง 22 mm โดยวัสดุที่ทำอุปกรณ์เป็น PE 1,000 ดังรูปที่ 3.12

การเลือกใช้แบริ่งปลอก พิจารณาจากการใช้งาน ทนการกัดกร่อนจากน้ำ ทนต่อการเสียดสี และที่สำคัญต้องทำหน้าที่แทนแบริ่งที่เป็นลูกปืนได้ค่อนข้างดี และราคาไม่แพงมากนัก โดยมีขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางนอก 30 mm เส้นผ่านศูนย์กลางรู 20 mm โดยรูที่เจาะให้ใช้ตามมาตรฐานงานสวม H7 (ภาคผนวก ข) วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นทองเหลือง ดังรูปที่ 3.13



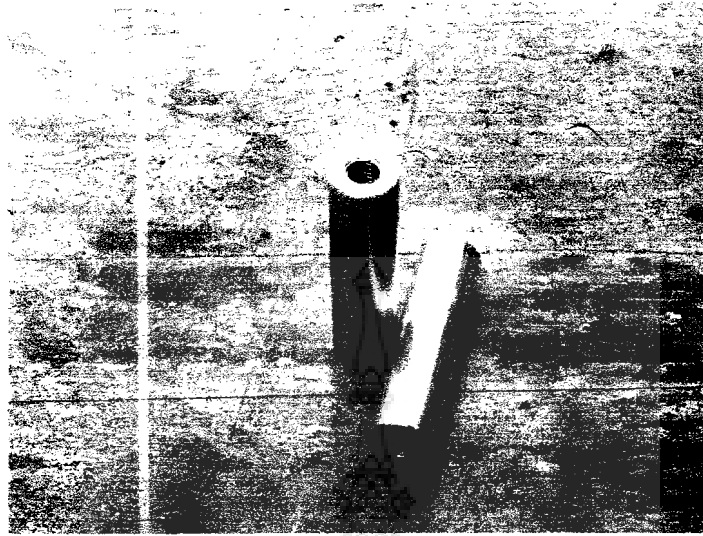
รูปที่ 3.12 โรลเลอร์ที่ยังไม่ใส่เบริงปลอก



รูปที่ 3.13 ผลการประกอบเบริงปลอกเข้ากับโรลเลอร์ที่สมบูรณ์

3.3.20 สลัก

สลักที่ใช้ต้องมีความแข็งแรงและต้องทนการกัดกร่อนที่ดี ทนการเสียดสี และรับแรงในสภาวะต่าง ๆ ได้อย่างดี เส้นผ่านศูนย์กลางสลัก 20 mm มีขนาดความยาว 72 mm เจาะรูเกลียวขนาด M10×1.5 mm ทั้ง 2 ข้าง จำนวน 8 ตัว วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.14

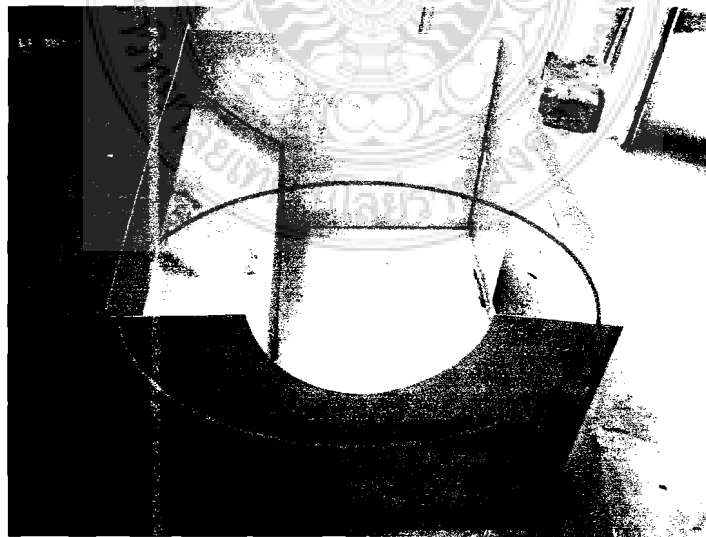


รูปที่ 3.14 สลักยึดโรลเลอร์และชุดรองรับดรัม

3.3.21 ถังพักน้ำหลัก

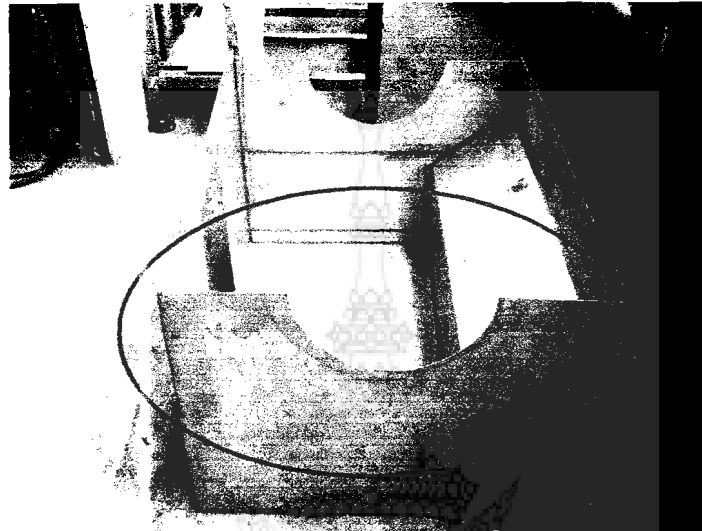
ในการทำถังพักน้ำหลักต้องคำนึงถึงการกัดกร่อนของน้ำ รูปแบบของถังที่จะติดตั้งซึ่งหลักใหญ่ ๆ จะต้องถอดแยกออกจากตัวเครื่องได้เป็นอย่างดีโดยถังพักน้ำที่จะมี 3 ชั้นมาประกอบเข้าด้วยกันคือ

ชั้นที่ 1 ฝาด้านทางเข้า จะมีความกว้าง 750 mm ความสูง 620 mm รัศมีปากถัง 280 mm รูปแบบการสร้างจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ฝาด้านทางเข้าที่เชื่อมติดที่สมบูรณ์

ชั้นที่ 2 ฝ้าทางด้านนอก จะมีขนาดเท่ากับด้านหน้าแต่จะมีรัศมีปากถึง 180 mm
รูปแบบการสร้างจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ฝ้าด้านทางออกที่เชื่อมติดที่สมบูรณ์

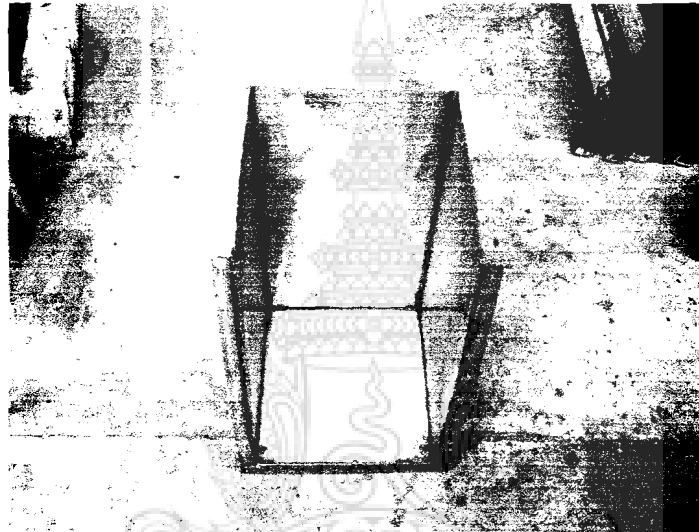
ชั้นที่ 3 ส่วนกลางของถัง จะมีขนาดความยาว 950 mm ความสูงของถัง 620 mm
รูปแบบการสร้างจะมีลักษณะดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ส่วนกลางของถังพักน้ำหลัก

3.3.22 ถังพักน้ำรอง

ถังพักน้ำรองจะพิจารณาคุณสมบัติ และความสำคัญในการใช้งานของถังพักน้ำจะคล้ายกับถังพักหลัก และทำการเจาะรูตามแบบที่กำหนดไว้เพื่อยึดกับถังพักใหญ่ได้ง่าย และที่สำคัญจะเน้นการถอดประกอบได้วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 ถังพักน้ำรอง

3.3.23 เหล็กฉากทำที่รองถังน้ำ

เหล็กฉากทำคานที่รองรับถังน้ำที่เลือกใช้มีขนาด 38.1 mm × 38.1 mm ความหนา 5 mm นำไปตัดให้ได้ความยาว 750 mm จำนวน 2 ตัว วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304

3.3.24 เหล็กฉากยึดถังน้ำ

เหล็กฉากยึดถังน้ำที่เลือกใช้จะมีขนาด 38.1 mm × 38.1 mm และหนา 3 mm ขนาดความยาว 695 mm เจาะรู 10.5 mm จำนวน 1 รู จำนวนเหล็กฉากที่ใช้ทั้งหมด 6 ตัว วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.19 และ 3.20



รูปที่ 3.19 การติดตั้งเหล็กฉากยึดถึงพักน้ำ

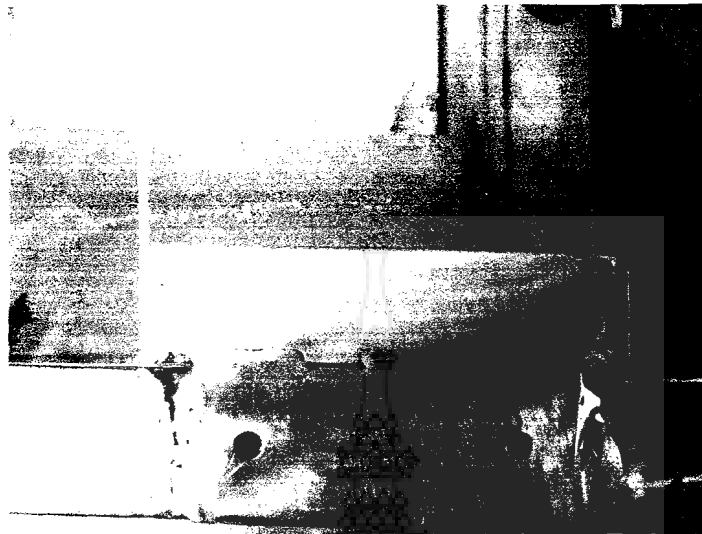


รูปที่ 3.20 ตำแหน่งการติดตั้งเหล็กยึดถึงพักน้ำ

3.3.25 เหล็กแผ่นและเหล็กฉากทำตัวยึดรองรับ

เหล็กแผ่นที่ทำหุยึดชุดรองรับเลือกใช้เหล็กแผ่นที่มี ขนาดความกว้าง 50.8 mm ความยาว 130 mm และหนา 5 mm เจาะรูเกลียว M10×1.5 mm จำนวน 2 รู จำนวนที่ใช้ 4 ตัว

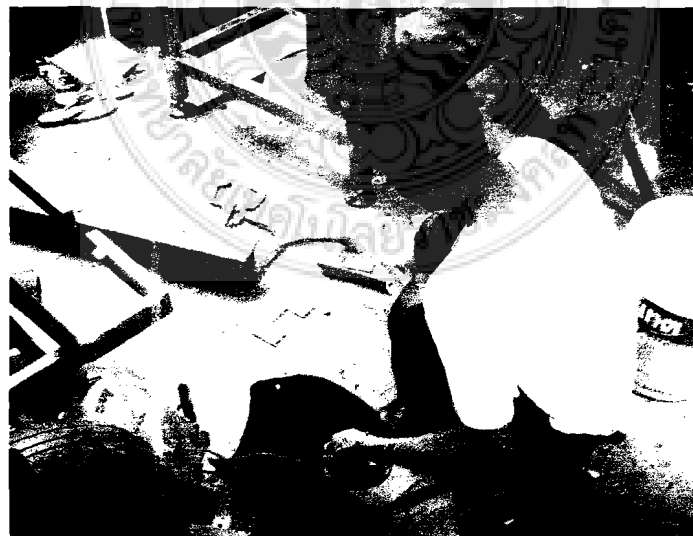
เหล็กฉากที่ใช้มีขนาด 38.1 mm × 38.1 mm และหนา 5 mm ดัดให้ได้ความยาว 163 mm และเจาะรู 10.5 mm จำนวน 2 รู จำนวนที่ใช้ 4 ตัว และทำการเชื่อมทั้งสองชั้นเข้ากับ โครงสร้างวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ชุดยึดรองรับ

3.3.26 การเชื่อมเหล็กแผ่นติดกับชุดรองรับ

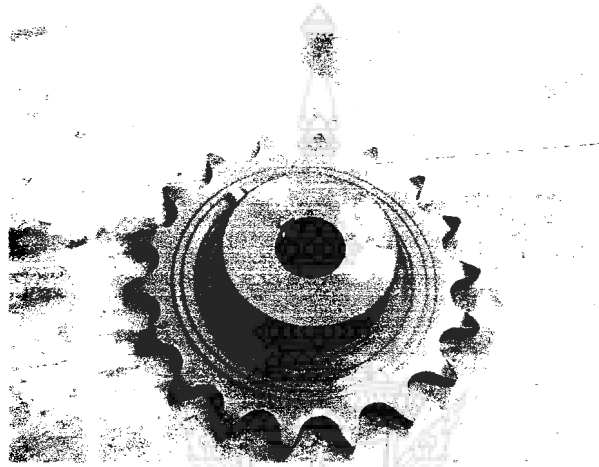
ชุดรองรับขนาดความยาว 163 mm หนา 5 mm เจาะรูขนาด 10.5 mm จำนวน 2 รู ทั้งหมดจำนวน 4 ชิ้น ทำการเชื่อมเข้ากับเหล็กแผ่นขนาด 50.8×50.8 mm จำนวน 8 ชิ้น วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การเชื่อมชุดเหล็กยึดรองรับ

3.3.27 เฟืองขับ

เฟืองขับที่ใช้ต้องมีความเหมาะสมต่อการส่งกำลัง โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกทั้งหมดเท่ากับ 100 mm เส้นผ่านศูนย์กลางรูในเท่ากับ 16 mm ไสว์งลิ้นขนาด 5 mm โดยมีจำนวนฟันที่ต้องการใช้งาน 18 ฟัน ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 เฟืองขับขนาด 18 ฟัน

3.3.28 เฟืองตาม

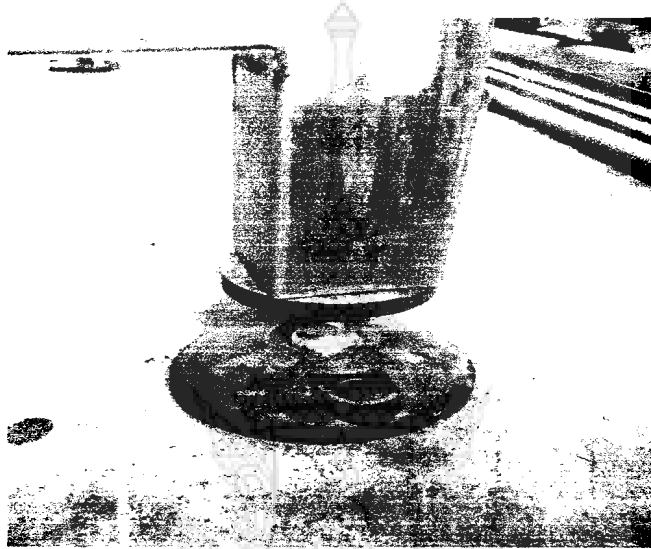
เฟืองตามที่ต้องการใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 400 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 300 mm และต้องอยู่ในขอบเขตการใช้งานจริง โดยมีจำนวนฟันที่ต้องการใช้คือ 77 ฟัน ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 เฟืองตามขนาด 77 ฟัน

3.3.29 ขาดัง

ในการเลือกขาดังเพื่อใช้ในงานนี้ ขาดังต้องรองรับน้ำหนักได้ และจะต้องไม่มีการเคลื่อนที่หรือไถลได้ และต้องสามารถปรับระดับความสูงต่ำได้ เพื่อปรับระดับเครื่องล้างพลาสติกให้อยู่ในแนวระนาบกับพื้นทุกครั้งที่ใช้งาน ดังรูปที่ 3.25

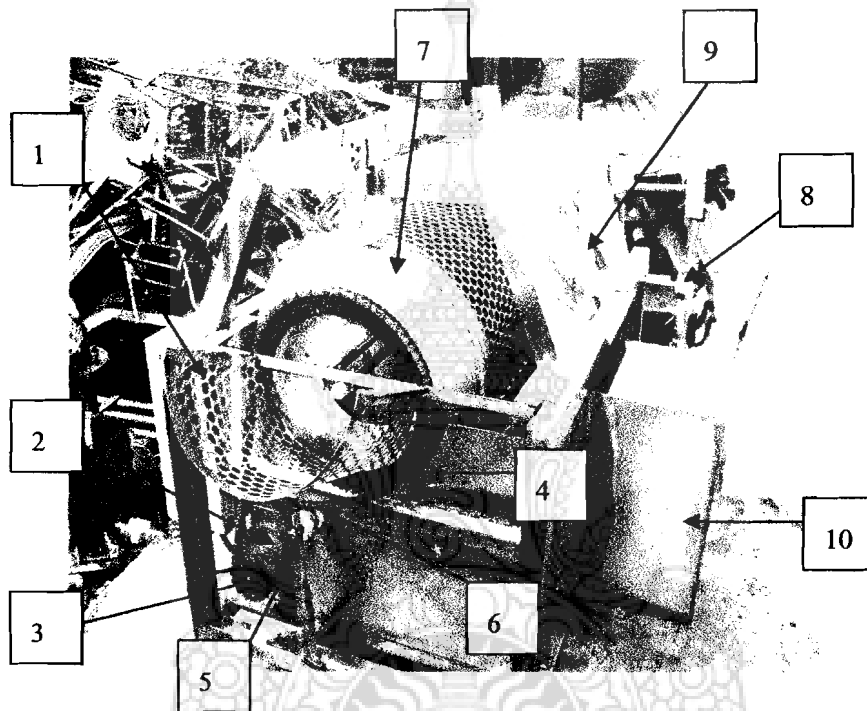


รูปที่ 3.25 ขาดังแบบปรับสูง/ต่ำได้



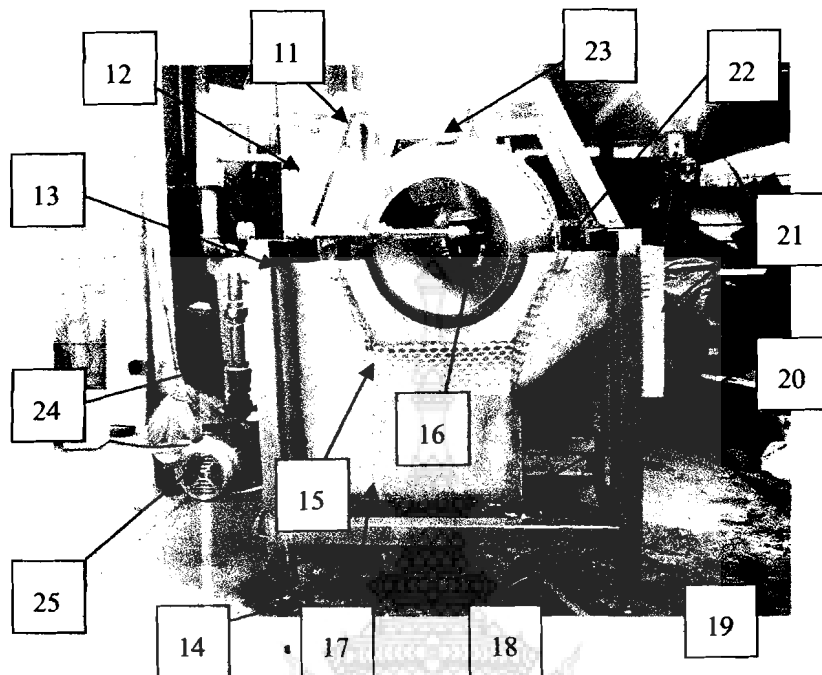
3.4 ขั้นตอนการประกอบเครื่องล้างพลาสติก

3.4.1 แบบโครงสร้างเครื่องล้างพลาสติก ได้ออกแบบตั้งแต่ต้นจำเป็นต้องนำมาตรวจสอบข้อบกพร่อง หรือเพิ่มเติมส่วนที่เห็นว่าต้องแก้ไขโดยพิจารณา จากภาพรวมดังรูปที่ 3.26 และ 3.27



รูปที่ 3.26 รูปส่วนประกอบเครื่องล้างพลาสติกด้านทางเข้า

1. ถาดรองรับปลาทางเข้า
2. เกียร์มอเตอร์
3. เฟืองขับขนาด 18 ฟัน
4. เฟืองตามขนาด 77 ฟัน
5. ตัวปรับตั้งความตึงโซ่
6. โซ่เบอร์ 10 B
7. ตรีမ်
8. เกจวัดความดัน
9. ฝาครอบพลาสติกป้องกันน้ำ
10. ถังพักน้ำรอง



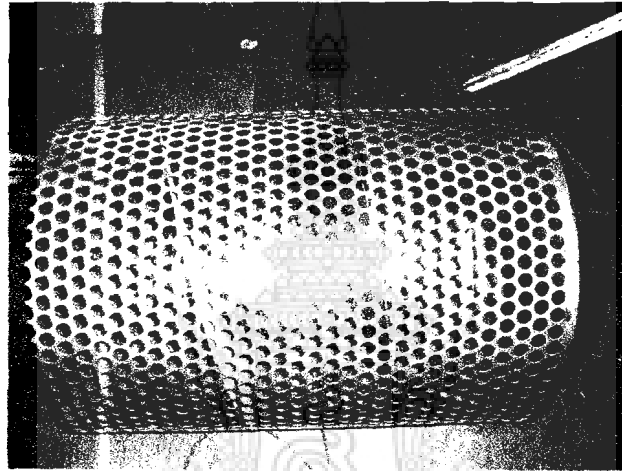
รูปที่ 3.27 รูปส่วนประกอบเครื่องล้างพลาสติกด้านทางออก

11. ชุดกดดรัม
12. ท่อหัวฉีดขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว
13. เส้า
14. ขาดังแบบปรับสูง - ด้า
15. ถาดรองรับปลาทางออก
16. หัวฉีดทองแดงขนาด $\frac{3}{8}$ นิ้ว
17. ถังพักน้ำหลัก
18. คานล่าง
19. วาล์วระบายน้ำทิ้ง
20. คานรองถังน้ำ
21. ตู้ควบคุม
22. ชุดยึดรองรับดรัม
23. โรลเลอร์กดดรัม
24. ท่อน้ำขนาด 1 นิ้ว
25. มอเตอร์และปั้มน้ำ

3.4.2 การดำเนินการประกอบ

การประกอบโครงสร้างเครื่องล้างพลาสติก ต้องดูแบบที่ได้ออกแบบไว้โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

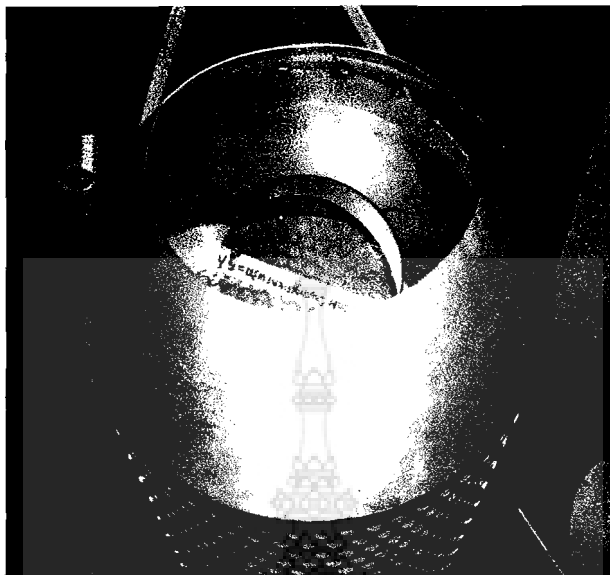
1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์โดยพิจารณาจากโครงสร้างที่ออกแบบไว้ตามรูปที่แสดงไว้



รูปที่ 3.28 รูปแบบการม้วนตะแกรงดรัม



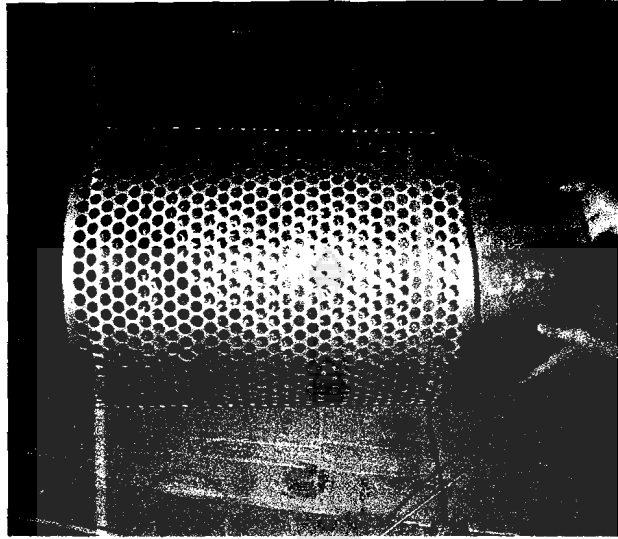
รูปที่ 3.29 การใส่ใบสกรูในตะแกรงรู



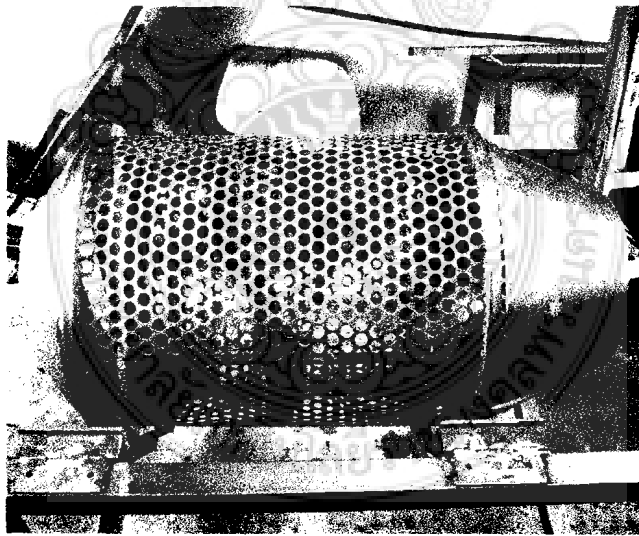
รูปที่ 3.30 ชุดปากทางเข้า



รูปที่ 3.31 ชุดปากทางออก



รูปที่ 3.32 การจัดวางชุดทางเข้าและทางออกเข้ากับตะแกรงและใบสกรู



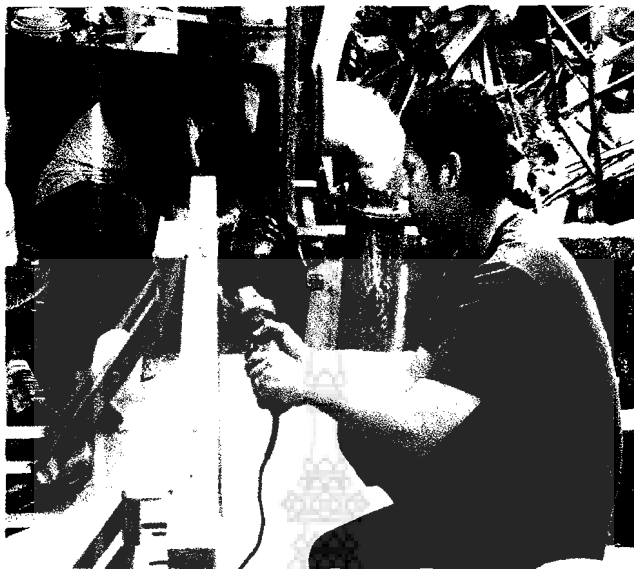
รูปที่ 3.33 การเชื่อมส่วนประกอบพร้อมทั้งหมด



รูปที่ 3.34 การเชื่อมเฟืองตามที่ติดกับดรัมที่สมบูรณ์



รูปที่ 3.35 การเชื่อมโครงสร้างของเครื่องล้างพลาสติก



รูปที่ 3.36 การตัดโครงสร้างหลังการเชื่อม



รูปที่ 3.37 การทำชุดรองรับ



รูปที่ 3.38 การประกอบโรลเลอร์เข้ากับเหล็กฉากรองรับ



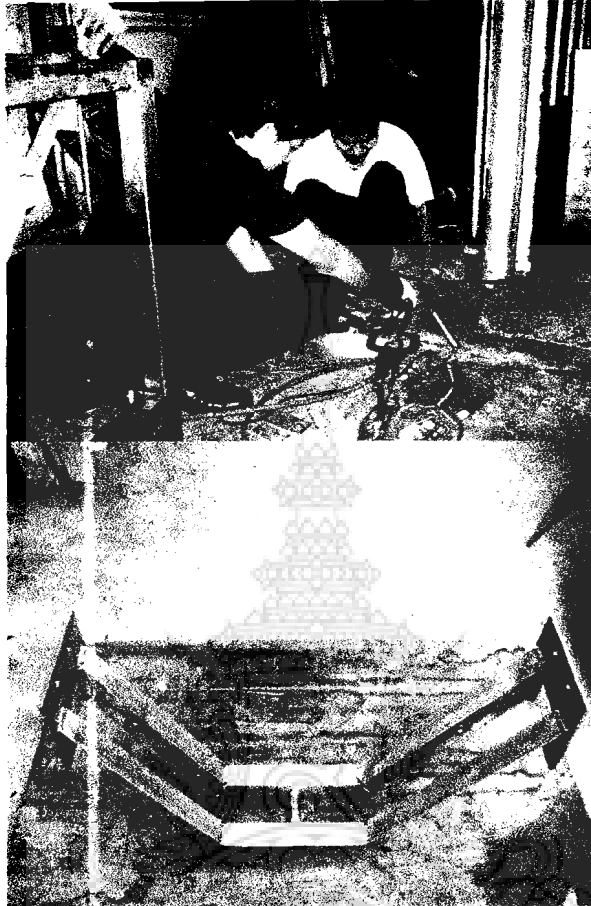
รูปที่ 3.39 ชุดรองรับหลังประกอบใส่โรลเลอร์สมบูรณ์



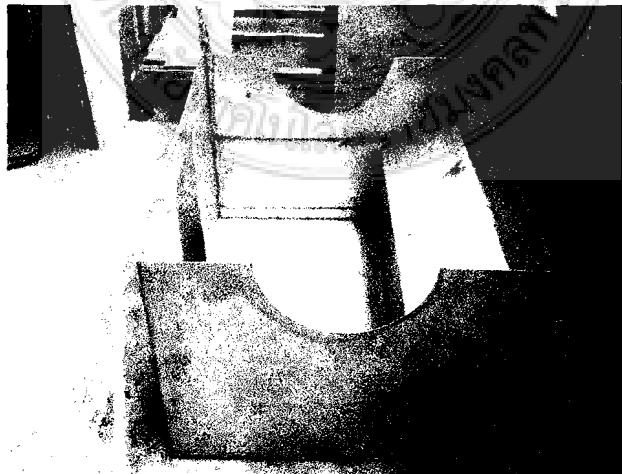
รูปที่ 3.40 การเตรียมหาตำแหน่งในการเชื่อมหุ้ยตรงรับดรัม



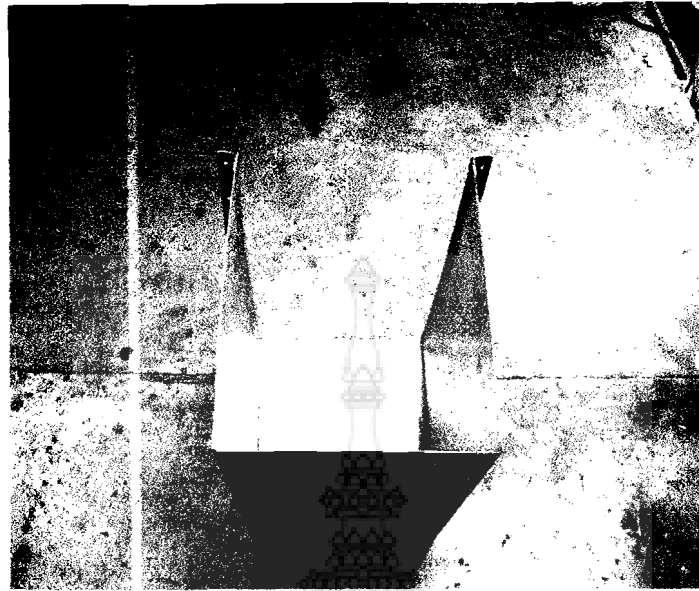
รูปที่ 3.41 การติดตั้งชุดตรงรับดรัม



รูปที่ 3.42 การจัดเตรียมहुตติดกับเหล็กฉากรองรับดรัมที่สมบูรณ์



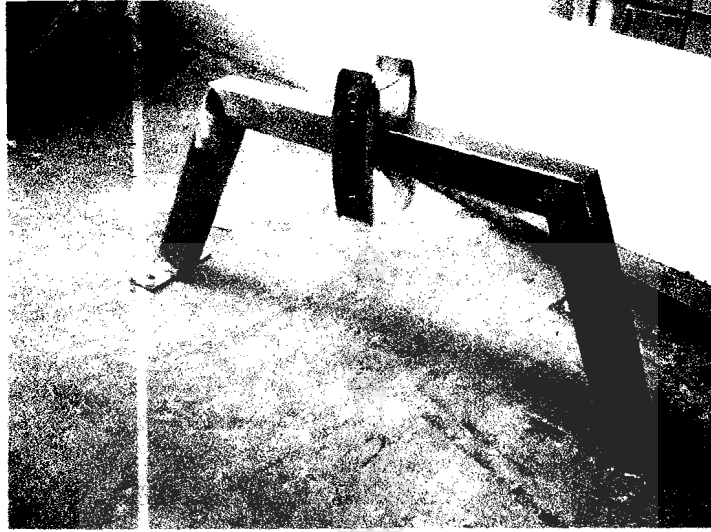
รูปที่ 3.43 การจัดเตรียมถึงพักน้ำหลัก



รูปที่ 3.44 การจัดเตรียมถึงพักน้ำรอง



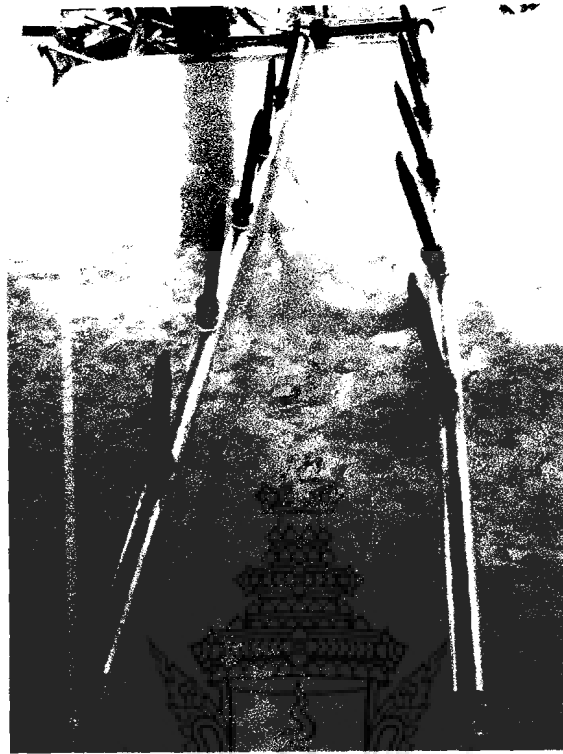
รูปที่ 3.45 การจัดเตรียมชุดกตกรรมด้านบน



รูปที่ 3.46 ชุดกวดร้อมที่ประกอบเข้าด้วยกันแล้ว 1 ชุด



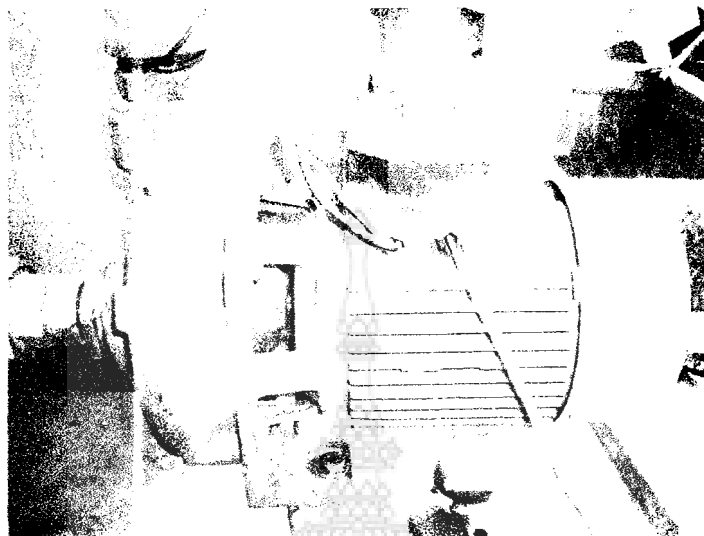
รูปที่ 3.47 การจัดเตรียมประกอบชุดรองรับร้อม



รูปที่ 3.48 ชุดหัวฉีดจำนวน 10 หัว



รูปที่ 3.49 มอเตอร์เกียร์ขนาด 2 แรงม้า แบบปรับความเร็วรอบ



รูปที่ 3.50 มอเตอร์และปั้มน้ำขนาด 1 แรงม้า

2. ลำดับขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนเครื่องล้างพลาสติกเข้าด้วยกันอย่างสมบูรณ์ จะเริ่มโดยการนำชิ้นส่วนต่างๆของโครงสร้างที่จัดเตรียมไว้ นำมาประกอบเข้าด้วยกันมีลำดับ ขั้นตอนการประกอบโดยแสดงเป็นลำดับขั้น ดังรูปที่ 3.51 ถึง 3.61 ดังนี้



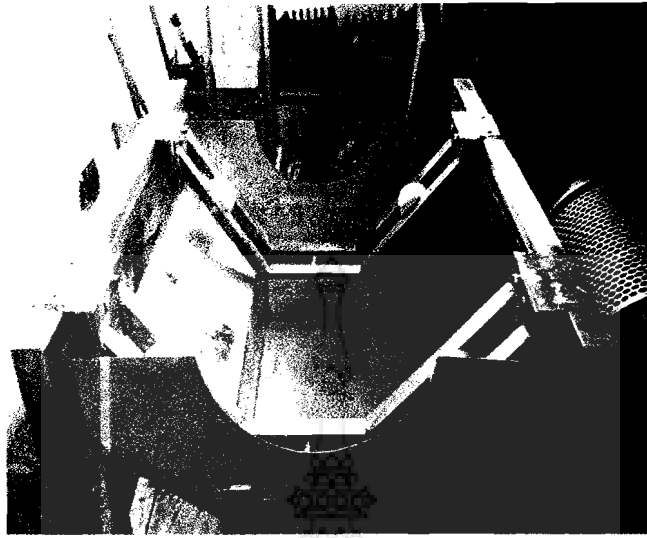
รูปที่ 3.51 การประกอบถึงพักหลักเข้ากับโครงสร้าง



รูปที่ 3.52 การประกอบถึงพักรอง



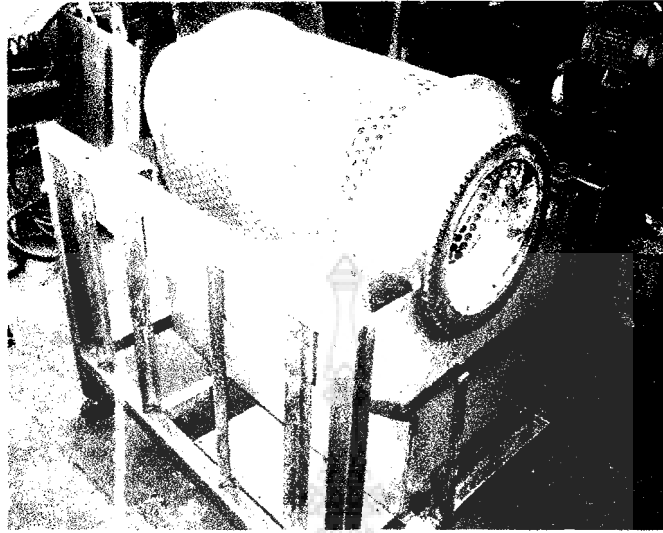
รูปที่ 3.53 การประกอบชุดรองรับตลับเข้ากับโครงสร้าง



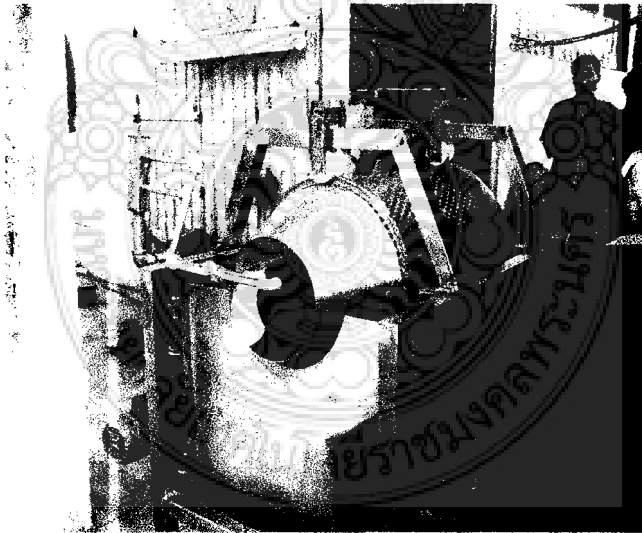
รูปที่ 3.54 การประกอบชุดรองรับตีเข้ากับโครงสร้างที่สมบูรณ์



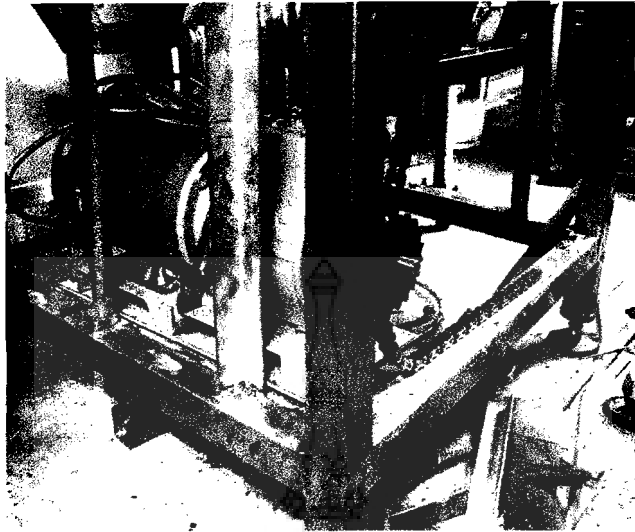
รูปที่ 3.55 การใส่ตีเข้ากับโครงสร้าง



รูปที่ 3.56 การประกอบดรัมเสร็จสมบูรณ์



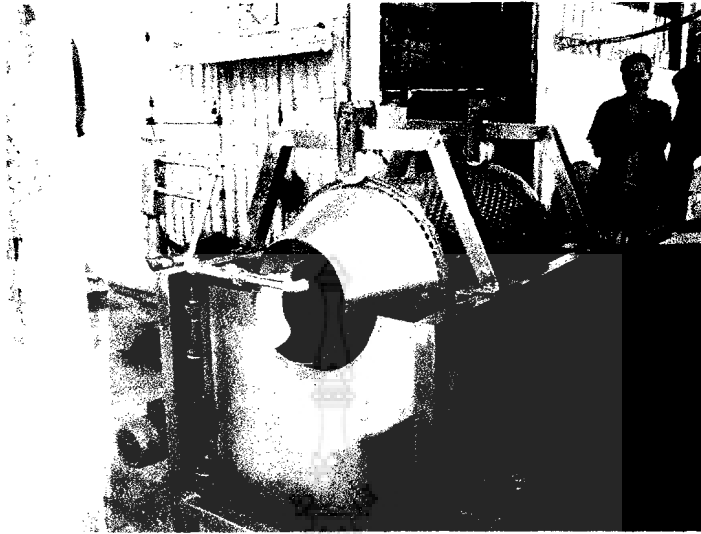
รูปที่ 3.57 ตำแหน่งการประกอบชุดกดดรัมสมบูรณ์



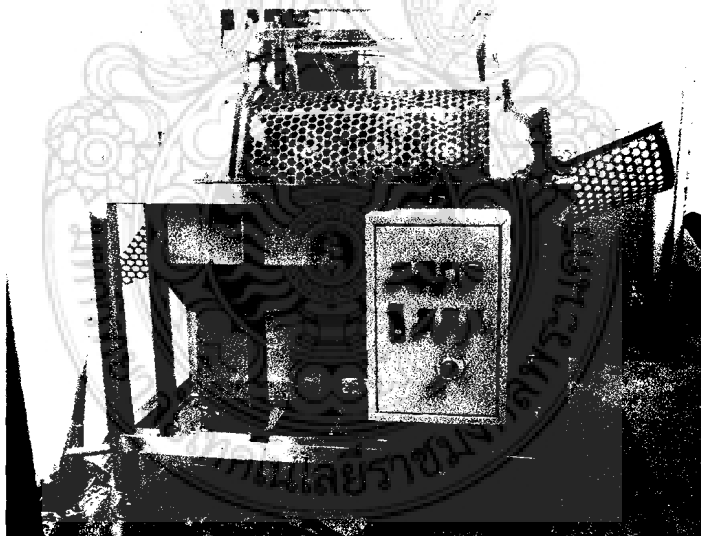
รูปที่ 3.58 การประกอบมอเตอร์เกียร์และโซ่ขับเคลื่อน



รูปที่ 3.59 ตำแหน่งการประกอบปั้มน้ำและมอเตอร์



รูปที่ 3.60 ตำแหน่งการประกอบชุดหัวฉีด



รูปที่ 3.61 รูปเครื่องสร้างพลาสติกที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

3.5 พลังงานที่ไฟฟ้าที่ใช้ในการล้างปลาแต่ละครั้ง

มอเตอร์เกียร์

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้} = \frac{\text{จำนวนวัตต์ของมอเตอร์ไฟฟ้า} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้งาน}}{1000}$$

$$= \frac{1,492 \text{ W} \times 2.2 \text{ hr}}{1000}$$

$$= 3.2824 \text{ หน่วย}$$

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 3.2824 หน่วย

มอเตอร์ปั๊ม

$$\text{จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้} = \frac{\text{จำนวนวัตต์ของมอเตอร์ไฟฟ้า} \times \text{ชั่วโมงที่ใช้งาน}}{1000}$$

$$= \frac{746 \text{ W} \times 2.2 \text{ hr}}{1000}$$

$$= 1.64 \text{ หน่วย}$$

จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้เท่ากับ 1.64 หน่วย

เมื่อค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.5 บาท โดยเทียบกับการคำนวณของการกินกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ขับและปั๊มน้ำ

$$\begin{aligned} \text{อัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้า} &= \text{จำนวนหน่วยไฟฟ้า} \times \text{ราคาของหน่วยไฟฟ้า} \\ &= (3.2824 + 1.64) \times 2.5 \\ &= 4.9224 \times 2.5 \\ &= 12.306 \text{ บาท} / 2.2 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

หรืออัตราการสิ้นเปลืองไฟฟ้าชั่วโมงละ 5.59 บาท

บทที่ 4

การทดสอบเครื่องล้างพลาสติก

4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบเครื่องล้างพลาสติก

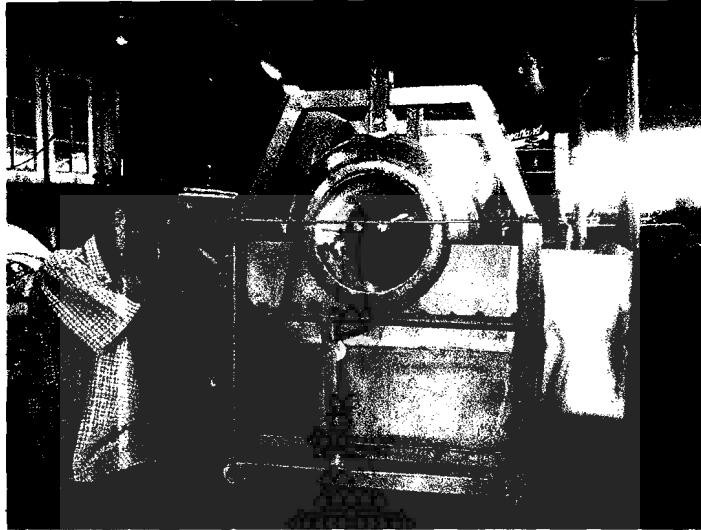
- 4.1.1 เพื่อต้องการทดสอบเครื่องล้างพลาสติกให้ได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตที่ตั้งไว้
- 4.1.2 เพื่อต้องการทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องล้างพลาสติก
- 4.1.3 เพื่อต้องการทราบถึงปัญหาของเครื่องล้างพลาสติก
- 4.1.4 เพื่อที่จะนำปัญหามาแก้ไข ปรับปรุง และพัฒนาต่อไปในอนาคต

4.2 ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดสอบ

- 4.2.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องล้างพลาสติก



รูปที่ 4.1 การติดตั้งมอเตอร์เกียร์ขับเคลื่อน



รูปที่ 4.2 การปรับตั้งไซ้ขับ



รูปที่ 4.3 เครื่องล้างพร้อมใช้งาน

4.2.2 เตรียมนาฬิกาเพื่อใช้ในการจับเวลา

4.2.3 เตรียมตาชั่งขนาด 60 กิโลกรัม

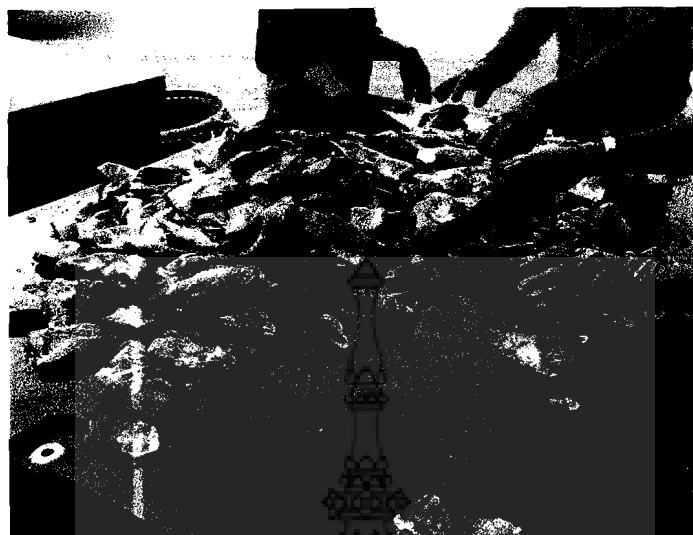


รูปที่ 4.4 ตาชั่งขนาด 60 กิโลกรัม

4.2.4 เตรียมพลาสติกที่จะใช้ในการทดสอบจำนวน 380 กิโลกรัม



รูปที่ 4.5 พลาสติกใช้ในการล้าง



รูปที่ 4.6 การคัดขนาดของปลา

4.3 ลำดับขั้นการทดสอบเครื่องล้างปลาสด

- 4.3.1 ปิดวาล์วได้ถัง และทำการเปิดวาล์วที่ทางเข้าปั้ม
- 4.3.2 เติมน้ำใส่ในถังให้ได้ระดับความจุของถัง
- 4.3.3 ตรวจสอบรอยรั่วของปะเก็นถังพักน้ำรอง
- 4.3.4 ทำการต่อไฟ 220 โวลต์ และเปิดเบรกเกอร์ในตู้ควบคุม
- 4.3.5 ตรวจสอบตำแหน่งสวิตช์ลูกศรต้องอยู่ในตำแหน่ง OFF
- 4.3.6 ดึงปุ่มสวิตช์ฉุกเฉิน (Emergency Switch) ที่ตู้ควบคุม
- 4.3.7 กดสวิตช์สตาร์ทมอเตอร์เกียร์และปั้มน้ำ
- 4.3.8 ตรวจสอบตำแหน่งการฉีดของหัวฉีดว่าถูกต้องหรือไม่
- 4.3.9 ปิดสวิตช์ลูกศรตำแหน่ง ON (ตรีမ်ต้องหมุนทวนเข็มนาฬิกา)
- 4.3.10 หาจำนวนรอบของตรีမ်ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดสอบ โดยขั้นแรกจะเริ่มจากความเร็วยุทธือเป็นความเร็วรอบต่ำสุดในการทดสอบ คือ 5 รอบ/นาที หลังจากนั้นทำการเพิ่มรอบในการทดสอบครั้งละ 2 รอบ/นาที จนได้รอบที่ได้จากการคำนวณคือ 12.229 รอบ/นาที
- 4.3.11 ตั้งมาตรฐานความสะอาดจาก คนควบคุมเรื่องความสะอาด และบันทึกผลการทดสอบ มาตรฐานความสะอาดที่กำหนดมี 3 ระดับคือ
 - A หมายถึง ไม่มีเมือก เกล็ด และไส้ปลา
 - B หมายถึง ไม่มีเมือกและเกล็ด แต่มีไส้เล็กน้อย
 - C หมายถึง มีเมือก ไม่มีเกล็ด และมีไส้เล็กน้อย

4.3.12 ทำการจับเวลาตามขอบเขตที่ตั้งไว้ที่เวลา 1 นาที ทุกความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ

4.3.13 นำผลที่ได้จากตารางที่ 4.1 มาพิจารณาหาความเร็วรอบที่ต้องการโดยพิจารณาที่จำนวนปลาที่ได้หลังการล้าง และความสะอาด

4.3.14 นำผลค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมในตารางที่ 4.1 เป็นมาตรฐานในการตั้งความเร็วรอบในการทดสอบหาน้ำหนักของปลาที่ล้างได้ภายในเวลา 1 นาที โดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้งโดยในช่วงแรกนี้ใช้ปลาขนาดกลางในการทดสอบครั้งแรกก่อน เพื่อหาประสิทธิภาพที่แท้จริงของเครื่องล้างปลาสด

4.3.15 บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.2

4.3.16 นำปลาสดขนาดใหญ่มาทดสอบที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที โดยทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

4.3.17 บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.3

4.3.18 นำค่าความเร็วรอบที่ 12 รอบ/นาที ไปทดสอบปลาสดทั้งหมด 200 กิโลกรัม โดยเริ่มที่ 20 กิโลกรัม ก่อนและเพิ่มครั้งละ 10 กิโลกรัม จนครบ 60 กิโลกรัม จะได้ทั้งหมด 5 ครั้ง

4.3.19 บันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.4

4.3.20 นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 มาหาปริมาณการล้างที่เหมาะสมที่สุดและให้ได้ขอบเขตที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ขนาด 13 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม

ความเร็วรอบ (rpm)	เวลาที่กำหนด (min)	น้ำหนัก (kg)	ความสะอาด		
			A	B	C
5	1	4.3	.		
7	1	5.9		.	
9	1	7.7		.	
11	1	9.3		.	
13	1	10.6		.	.

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที ขนาด 13 ดั้ว ประมาณ 1 กิโลกรัม

ความเร็วดรัม (rpm)	เวลาที่กำหนด (min)	น้ำหนัก (kg)	ระดับความสะอาด		
			A	B	C
12	1	9.3	.		
12	1	9.3		.	
12	1	9.6		.	
12	1	9.5		.	
12	1	9.2		.	

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที ขนาด 8 ดั้ว ประมาณ 1 กิโลกรัม

ความเร็วดรัม (rpm)	เวลาที่กำหนด (min)	น้ำหนักปลา (kg)	ระดับความสะอาด		
			A	B	C
12	1	12.3	.		
12	1	13.3		.	
12	1	12.6	.		
12	1	13		.	
12	1	12		.	

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบล้างพลาสติก 60 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบ 12 รอบ/นาที

น้ำหนัก (kg)	ความเร็วดรัม (rpm)	เวลา (min)	ระดับความสะอาด		
			A	B	C
20	12	1.56	.		
30	12	2.12		.	
40	12	2.87	.		
50	12	3.54		.	
60	12	4.25		.	

4.4 วิจารณ์ผลการทดสอบ

4.4.1 น้ำหนักพลาสติกที่ได้จากการล้างไม่เท่ากันเป็นผลมาจาก

1) ขนาดของปลาที่แตกต่างกัน มีผลต่อการล้างแต่ละครั้งเพราะขนาดของปลาจะเป็นตัวกำหนดทานการฉีดของหัวฉีด

2) จำนวนของปลาที่เข้าในตรัมต้องต่อเนื่อง ซึ่งจะมีผลต่อการล้างแต่ละครั้งเพราะจำนวนปลาที่อยู่ในเกลียวจะมากขึ้น ทำให้ชนะแรงดันของน้ำที่หัวฉีด

3) การป้อนที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ปลาเข้าไม่ต่อเนื่อง ซึ่งการป้อนนี้จะส่งผลถึงจำนวนปลาที่เข้าตรัมดังที่กล่าวมาในหัวข้อที่ 1.2

4) ความเร็วรอบที่หมุนตรัมมีผลต่อการล้าง เพราะถ้าความเร็วรอบต่ำจะทำให้จำนวนปลาที่ต้องการไม่ได้ตามต้องการ แต่ถ้าความเร็วรอบสูงจะได้จำนวนปลาที่ต้องการ ดังนั้นความเร็วต้องเหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับความสะอาดที่พิจารณาด้วย

4.4.2 ความสะอาดของพลาสติกขึ้นอยู่กับ

1) ความเร็วรอบที่ทำการหมุนตรัม เพราะถ้าความเร็วรอบต่ำในเรื่องความสะอาดจะดี แต่ถ้าความเร็วรอบสูงความสะอาดจะลดน้อยลง

2) หัวฉีดที่ใช้ในการฉีดล้างทำความสะอาดต้องฉีดได้ครอบคลุมตัวปลาให้มากที่สุด และความแรงของหัวฉีดต้องเหมาะสมด้วย

3) บั๊มที่ใช้ในระบบต้องมีอัตราการไหลที่เหมาะสม เพราะถ้าอัตราการไหลไม่ได้จะให้ความแรงของน้ำที่ออกหัวฉีดไม่เพียงพอ ที่จะทำความสะอาดตัวปลา

4.4.3 จากความเร็วรอบที่ทำการทดสอบ จำนวนปลา 60 กิโลกรัมใช้เวลาเพียง 4.25 นาที ดังนั้นจำนวนปลาประมาณ 1200 กิโลกรัม ที่ทางร้านพลาสติกบางบ่อทำการล้างต่อวันจะใช้เวลาประมาณ 110 นาทีหรือ 1.50 ชั่วโมงเท่านั้น

4.5 การประเมินจุดคุ้มทุนของเครื่องล้างพลาสติก

4.5.1 ราคาต้นทุน

1. ราคาเครื่องล้างพลาสติกต้นแบบประมาณ 75,000 บาท/เครื่อง (ไม่รวมค่าแรง)
2. เมื่อใช้เครื่องล้างพลาสติกต้องจ่ายค่าแรงงานจำนวน 2 คนเท่ากับ 6,000 บาทต่อเดือน

3. อัตราการสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าจากการทดสอบเมื่อเทียบจากการคำนวณของการกินกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ขับและปั๊มน้ำของเครื่องล้างพลาสติกต้นแบบจะเสียค่าไฟฟ้า 5.6 บาท ต่อ 1 ชั่วโมง แต่ที่ทางร้านทำการล้างจะใช้เวลาประมาณ 1.2 ชั่วโมง ดังนั้นต้องจ่ายค่าไฟประมาณ 6.714 บาท

4. ราคาค่าแรงงานต่างด้าว (แรงงานพม่า) ประมาณ 110 บาท/คน จำนวน 4 คน มีที่พักพร้อม ต่อเดือนจะต้องจ่ายค่าแรงงานเท่ากับ 13,200 บาท/เดือน ล้างพลาสติกประมาณ 1200 กิโลกรัม ภายในหนึ่งวัน

5. อัตราการสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเมื่อเทียบจากการคำนวณของการกินกระแสไฟฟ้าของปั๊มน้ำที่ดูดน้ำจากคลอง ขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า เสียค่าไฟฟ้า 3.73 บาท ต่อ 1 ชั่วโมง แต่ที่ทางร้านทำการล้างจะใช้เวลาประมาณ 1.2 ชั่วโมง ดังนั้นต้องจ่ายค่าไฟประมาณ 4.476 บาท

6. อัตราการใช้น้ำต่อจำนวนพลาสติก 380 กิโลกรัม ใช้น้ำทั้งหมด 500 ลิตร แต่ถ้าใช้คนล้างแบบดั้งเดิมฉีดน้ำเข้าที่ปลาต้องเสียน้ำมากเพราะฉีดน้ำทิ้งไว้นาน และยังทำให้ปั๊มน้ำทำงานตลอด จึงส่งผลให้เสียค่าไฟเพิ่มมากขึ้น

4.5.2 จุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องล้างพลาสติกต้นแบบ ใช้แรงงานคน

ค่าแรงคนงาน 4 คน จำนวน 1 เดือนประมาณ	13,200 บาท
จ่ายค่าไฟฟ้าต่อ 1 เดือนประมาณ	150 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	13,350 บาท

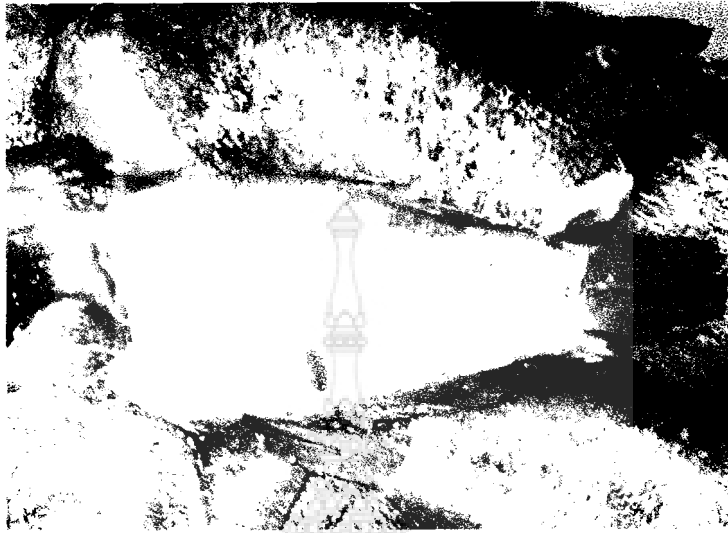
ใช้เครื่องล้างพลาสติก

ค่าแรงคนงาน 2 คน จำนวน 1 เดือนประมาณ	6,600 บาท
จ่ายค่าไฟฟ้าต่อ 1 เดือนประมาณ	210 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	6,810 บาท

4.6 สรุปการประเมินจุดคุ้มทุน

จากการประเมินจุดคุ้มทุนพอสรุปได้ดังนี้

1. ถ้าใช้แรงงานคนจำนวน 4 คน ทำการล้างพลาสติกภายใน 1 เดือนจะใช้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดประมาณ 13,350 บาทต่อเดือน
2. ถ้าใช้เครื่องล้างพลาสติกจะใช้แรงงานคนเพียง 2 คน ทำการล้างพลาสติกภายในเวลา 1 เดือนจะใช้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดประมาณ 6,810 บาทต่อเดือน
3. เมื่อใช้เครื่องล้างพลาสติกสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 6,540 บาทต่อเดือน
4. เมื่อซื้อเครื่องล้างพลาสติกราคาประมาณ 75,000 บาท สามารถนำส่วนที่ลดค่าใช้จ่ายไปซื้อเครื่องล้างพลาสติก โดยที่จะคุ้มทุนที่ประมาณ 1 ปี



รูปที่ 4.7 สภาพพลาสติกก่อนทำการล้าง



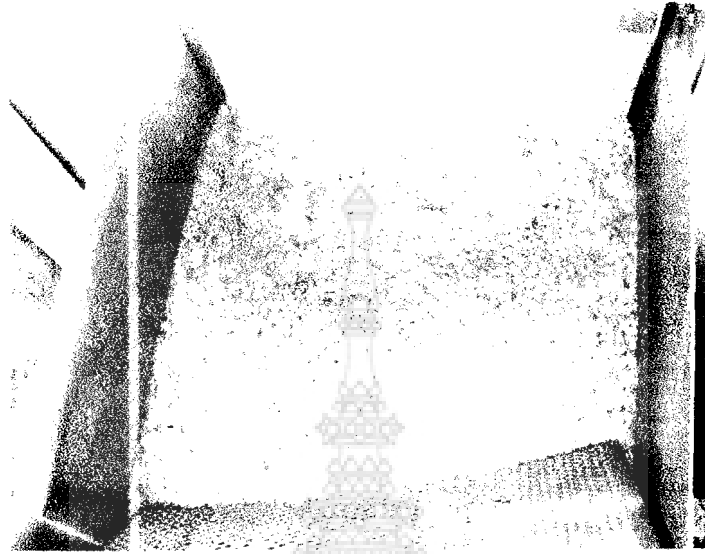
รูปที่ 4.8 การตรวจความสะอาดของพลาสติกหลังการล้าง



รูปที่ 4.9 ภาพหลังการล้างพลาสติก



รูปที่ 4.10 เมื่อกที่ลอยอยู่ในถังหลังการล้างพลาสติก



รูปที่ 4.11 สภาพน้ำในถังหลังการล้างปลาสด



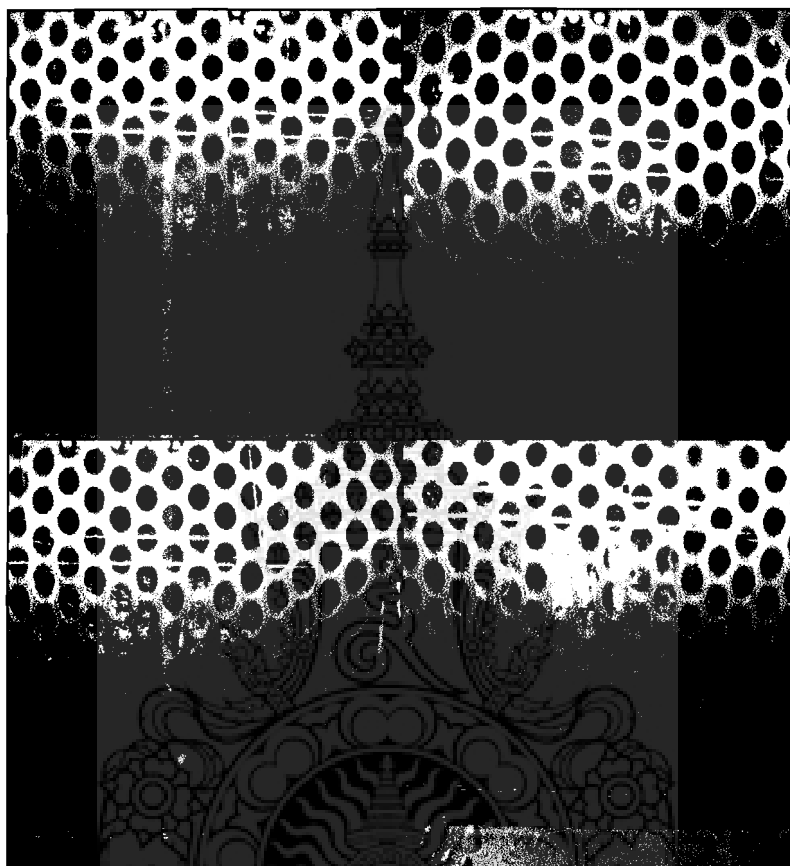
รูปที่ 4.12 สภาพฟองที่เกิดจากมันปลาและเมือกที่สกปรก



รูปที่ 4.13 สภาพน้ำที่เกิดจากการฉีกพลาสติก



รูปที่ 4.14 ตำแหน่งการวางหัวฉีก



รูปที่ 4.15 ตำแหน่งการฉีดแต่ละช่วงของสกรูโบเกลียวแบบอากิมีดิส

บทที่ 5

สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

5.1.1 ผลการทดลองเครื่องล้างพลาสติกต้นแบบ

จากการเปรียบเทียบน้ำหนักของพลาสติกที่ป้อนเข้าที่ 60 กิโลกรัมและ 200 กิโลกรัม จากการล้างพลาสติกที่ขนาดไม่เท่ากันจึงได้ผลดังนี้

1) พลาสติกขนาดกลาง (13 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม) จำนวน 60 กิโลกรัม ป้อนเข้าครัมที่ความเร็วรอบที่แตกต่างกันโดยเริ่มที่ความเร็วรอบที่เลือกทดสอบคือที่ 5 รอบต่อนาที แต่ได้ปลาน้ำหนักเพียง 4.3 กิโลกรัม เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่าขอบเขตที่กำหนดไว้ ดังนั้นต้องเลือกความเร็วรอบที่อยู่ในขอบเขตที่ตั้งไว้คือ ที่ความเร็วรอบ 11 รอบต่อนาที และความสะดวกอยู่ในระดับ A,B,C

2) พลาสติกขนาดกลาง (13 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม) จำนวน 60 กิโลกรัม ป้อนเข้าครัมที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที ภายในเวลา 1 นาที จะได้น้ำหนักที่ใกล้เคียงกันโดยน้ำหนักสูงสุดที่ได้เท่ากับ 9.6 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยจำนวนพลาสติกที่ทดสอบจะได้เท่ากับ 9.38 กิโลกรัมและความสะดวกอยู่ในระดับ A และ B

3) พลาสติกขนาดใหญ่ (8 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม) จำนวน 60 กิโลกรัม ป้อนเข้าครัมที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที ภายในเวลา 1 นาที จะได้น้ำหนักที่ใกล้เคียงกันโดยน้ำหนักสูงสุดที่ได้เท่ากับ 13.3 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยจากจำนวนที่ทดสอบเท่ากับ 12.64 กิโลกรัมและความสะดวกอยู่ในระดับ A และ B

4) พลาสติกขนาดใหญ่ (8 ตัว ประมาณ 1 กิโลกรัม) จำนวน 200 กิโลกรัม ป้อนเข้าครัมที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อนาที โดยเริ่มที่ 20 กิโลกรัมและทำการเพิ่มครั้งละ 10

กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้งปรากฏว่าเวลาที่ทำการล้างต่ำสุดเท่ากับ 1.56 นาที และสูงสุดที่ 60 กิโลกรัมเท่ากับ 4.25 นาทีเท่านั้น

5.2 อุปสรรคในการดำเนินโครงการ

5.2.1 โครงสร้าง

ปัญหาที่พบในการทำโครงสร้าง

1) ด้านการจัดซื้อเหล็กทำโครงสร้างเกิดการล่าช้าทำให้แผนงานที่กำหนดไว้คลาดเคลื่อน

2) ด้านการเชื่อมโครงสร้างที่ทำจากวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ต้องหาเครื่องเชื่อมอาร์กอนจากสถานที่อื่นมาเชื่อม

5.2.2 ตรีမ်

ปัญหาที่พบในการทำตรีမ်ใส่ปลา

1) ด้านการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ เหล็กที่ใช้ทำตรีမ်ทั้งหมดทำจากวัสดุสแตนเลส เพราะวัสดุที่ใช้ต้องทนต่อการกัดกร่อนได้ดี และถูกสุขลักษณะอนามัยทางด้านอาหารจึงทำให้ต้นทุนการจัดซื้อราคาค่อนข้างสูง

2) ด้านการสั่งทำชุดตรีမ်ใส่ปลา เนื่องจากตัวตรี่มต้องทำการม้วนเป็นหลัก และต้องสั่งปั๊มรูแผ่นสแตนเลส มีการม้วนและดึงใบสกรูเกลียว และทำวงแหวน จึงต้องหาร้านที่มีความชำนาญด้านการทำสแตนเลสและใบสกรูเกลียวโดยเฉพาะมาเปรียบเทียบราคาจึงเสียเวลาหาร้านที่ทำ

3) การติดตั้งชุดรองรับตรี่มต้องติดตั้งให้ได้ตำแหน่งของวงแหวนที่ติดกับตรี่ม เพราะถ้าไม่ตรงตำแหน่งจะทำให้ตัวตรี่มหมุนไม่คล่องหรือหมุนไม่ได้เลย

5.3 ข้อเสนอแนะโครงการ

5.3.1 วงแหวนของชุดตรี่มไม่กลมเนื่องจากความหนาของเหล็กน้อยไป ควรจะให้มีความหนามากกว่านี้ หรืออาจใช้เหล็กชนิดอื่นที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี มาทดแทนเพื่อทำวงแหวน

5.3.2 เครื่องล้างปลาชนิดเครื่องนี้ส่วนประกอบหลักทำขึ้นมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม ทำให้ราคาในการสร้างค่อนข้างสูง ดังนั้นควรพิจารณาหาวัสดุที่สามารถพอจะทดแทนกันได้บ้าง อุปกรณ์ มาใช้เพื่อทำการลดต้นทุนการสร้าง

5.3.3 เครื่องล้างปลาชนิดเครื่องนี้สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างให้มีขนาดใหญ่ ถ้ามีการออกแบบที่ดีจะได้ปริมาณของปลาที่ทำการล้างมากกว่านี้

5.3.4 เนื่องจากเครื่องล้างนี้ระบบการเติมน้ำถูกออกแบบมาไว้เติมด้วยสายน้ำ ทำให้บางครั้งไม่สะดวกต่อการใช้งาน ดังนั้นควรทำการเติมแบบอัตโนมัติเพิ่มเติม

5.3.5 ควรออกแบบหัวฉีดเพิ่ม เพื่อช่วยในการฉีดล้างด้านข้างตรัมและทำความสะอาดตัวปลาได้ดีขึ้น

5.3.6 ต้องทำช่องน้ำล้นให้เมือก มันปลา ฟองอากาศที่โดนแรงหัวฉีดนั้นล้นออกจากถัง เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้สิ่งต่าง ๆ ปนกับตัวปลา และทำให้น้ำที่ทำการล้างนั้นใช้ในการล้างได้จำนวนน้อย (จากการทดสอบใช้ได้เพียง 5 ครั้ง ต้องถ่ายน้ำทิ้ง)

5.3.7 ควรเปลี่ยนวาล์วระบายน้ำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจากเดิมขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว เปลี่ยนเป็นขนาด 1 นิ้ว

5.3.8 ควรทำชุดสายพานลำเลียงปลาเข้าตรัม เพื่อเพิ่มอัตราการขนถ่ายมากขึ้น



บรรณานุกรม

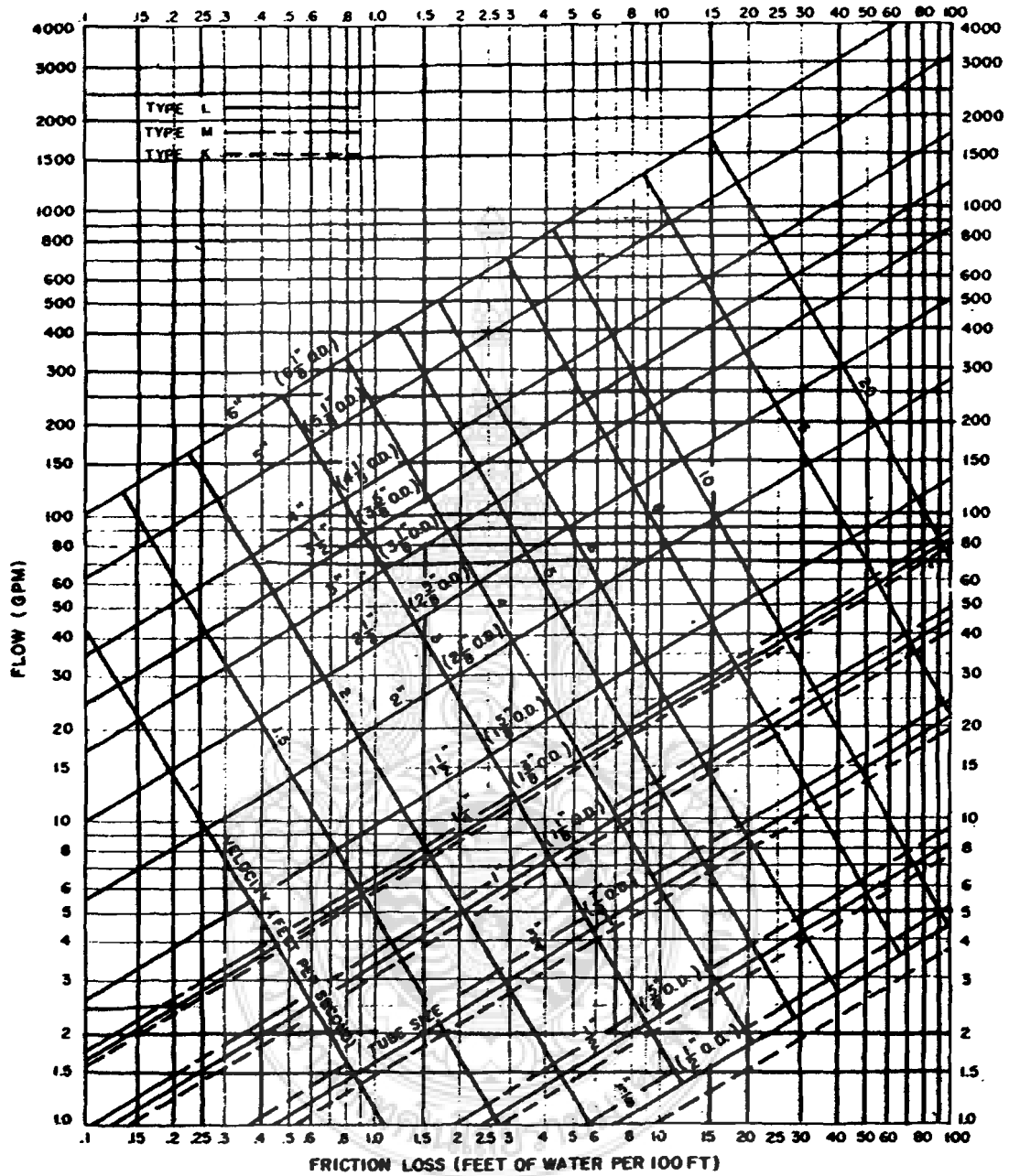
- บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2524. เครื่องกลขนถ่าย ระบบขนถ่ายต่อเนื่อง. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วรพจน์ ศรีวงษ์กุล. 2530. การออกแบบเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิริทธิ์ อังภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. 2545. การออกแบบเครื่องจักรกล 1. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพมหานคร. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- วิบูลย์ บุญยชโรกุล. 2529. ป้อนและระบบสูบน้ำ. ม.ป.ท..
- สุวรรณ บุญทิพย์ และชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2539. ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร.
- ศุภชัย ดระกุลทรัพย์ทวี. 2548. การออกแบบเครื่องมือลำเลียงและโลจิสติกส์ 1. กรุงเทพมหานคร. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- แมน อมรสิทธิ์ และสมชัย อัครทิวา. 2547. วัสดุวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร. ท้อป.
- Esposito, Anthony. 1998. **Fluid Mechanics with Applications**. New Jersey. Prentice Hall.
- Juinall, Robert C. and Marshek, Kurt M.. **Fundamentals of Machine Component Design 3 edition**. New York. John Wiley & Sons.
- Mott, Robert L.. 2000. **Applied Fluid Mechanics 5 edition**. New Jersey. Prentice Hall
- Pita, Edward G.. 2002. **Air Conditioning Principles and Systems 4 Edition**. New York. John Wiley & Sons.
- The Screw Conveyor Engineering Committee. 1980. **Screw Conveyors CEMA Book No.350**.
- http://www.doae.go.th/library/html/detail/f_salid/index.html.
- <http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol>.



ภาคผนวก ก

รูปแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายของน้ำในท่อทองแดงในระบบปิดและเปิด






รูปที่ ก.1 Friction loss for water in copper tubing open or closed system.

ที่มา: Pita, Edward. G. Air Conditioning Principles and Systems Fourth Edition

page 211



ภาคผนวก ข

- วัสดุแบริ่งชนิดต่าง ๆ กับลักษณะงานที่ใช้
- ตารางมาตรฐานขนาดและพิกัดความเผื่อของ-
แบริ่งปลอกตาม DIN 1850
- ชนิดและขนาดมาตรฐานโซ่ธรรมดา
- ขนาดมาตรฐานของเฟืองโซ่
- กำลังงานจำเพาะสำหรับโซ่ DIN 8187
- กำลังงานจำเพาะ สำหรับโซ่ DIN 8188
- ค่าความดันของข้อโซ่ (P_{all})

ตารางที่ ข.1 วัสดุแข็งชนิดต่าง ๆ กับลักษณะการใช้งาน

วัสดุ	สัญลักษณ์	คุณสมบัติและลักษณะงานที่ใช้
โลหะตะกั่วผสมสังกะสี DIN 1703		
ตะกั่ว	Lg Pb	แปรงสีฟันไฟฟ้า เครื่องมือหริบการะสูง
ตะกั่วแข็ง	Lg Pb Sb 12	เครื่องมือกลรับการะปกติ
White metal	5 Lg Pb Sn 5	สำหรับรับการะสูงและหมุนกลอง
	10 Lg Pb Sn 10	
White metal ผสมแคดเมียม	6 Lg Pb Sn 6 Cd	ใช้รับการะสูง ๆ และหมุนกลองมาก ๆ
	9 Lg Pb Sn 9 Cd	
White metal	80 Lg Sn 80	ใช้รับแรงกระแทกโคคิ
	80F Lg Sn 80F	
โลหะสังกะสี - บรอนซ์หล่อและทองเหลือง DIN 1705		
โลหะ สังกะสี-บรอนซ์ หล่อ	G-Sn Bz 14 (G-Cu Sn 14)	แข็ง ทนต่อน้ำทะเล ความคั้น (P) สูงสุด 60 N/mm ²
	G-Sn Bz 12 (G-Cu Sn 12)	แข็งเหนียว ทนต่อการกัดกร่อน ทนต่อน้ำทะเล ความเร็วรอบสูง ความคั้นโคคิถึง 25 N/mm ²
	GZ-Sn Bz 12 (GZ-Cu Sn 12)	แข็งเหนียว ทนต่อการกัดกร่อนโคคิโคคิมาก ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเล รับความคั้นโคคิสูงสุด 120 N/mm ²
	GC-Sn Bz 12 (GC-Cu Sn 12)	
	G-Sn Bz 10 (G-Cu Sn 10)	เหนียว ยืดตัวโคคิมาก ทนต่อน้ำทะเล และการกัดกร่อน อื่น ๆ โคคิ
ทองเหลือง ผสม คิซุก-บรอนซ์	Rg 10 (G-Cu Sn 10 Zn)	แข็ง ทนต่อน้ำทะเล รับความคั้นโคคิสูงสุด 50 N/mm ²
	GZ-Rg 10 (GZ-Cu Sn 10 Zn)	แข็ง ทนต่อน้ำทะเล เหมาะสำหรับรับการะและความเร็วเลื่อนค้ำ
	GC-Rg 10 (GC-Cu Sn 10 Zn)	
	Rg 7 (G-Cu Sn 7 Zn Pb)	แข็งปานกลาง ความเสียดทานน้อย ทนต่อน้ำทะเล รับความคั้นสูงสุดโคคิ 40 N/mm ²
	GZ-Rg 7 (GZ-Cu Sn 7 Zn Pb)	แข็งปานกลาง ทนต่อการเสียดโคคิ ความเสียดทานค้ำทนความคั้นโคคิ 40 N/mm ² ในจังหวะสูงสุดทนโคคิถึง 80 N/mm ² (เวลาสั้น ๆ)
	GC-Rg 7 (GC-Cu Sn 7 Zn Pb)	
	Rg 5 (G-Cu Sn 5 Zn Pb)	หล่อง่าย ทนต่อน้ำทะเล
	GZ-Rg 5 (GZ-Cu Sn 5 Zn Pb)	แข็งปานกลาง ทนต่อน้ำทะเล รับความคั้นโคคิน้อย
	GC-Rg 5 (GC-Cu Sn 5 Zn Pb)	
หมายเหตุ : GS = หล่อแบบใช้แรงเหนียว GC = หล่อเสร็จแล้วใช้การคตะคิ		

ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์คคิ, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ หน้า 131

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) วัสดุแข็งชนิดต่าง ๆ กับลักษณะการใช้งาน

วัสดุ	สัญลักษณ์	คุณสมบัติและลักษณะงานที่ใช้
อลูมิเนียม - บรอนซ์ ผสมวัสดุอื่น - ทล่อ		DIN 1714
นิกเกิล-อลูมิเนียม-บรอนซ์ ผสม-ทล่อ	G-Ni Al Bz F50 (G-Cu Al 9 Ni)	ความแข็งแรงสูง ทนต่อน้ำทะเล ทนกรด ทนต่อการกัดกร่อน เมื่อมีการหล่อขึ้นดี รับความดันได้ถึง 250 N/mm ² ทนการกระแทกดี
	G-Ni Al Bz F60 (G-Cu Al 10 Ni)	
	GZ-Ni Al Bz F70 (GZ-Cu Al 10 Ni)	
	G-Ni Al Bz F68 (G-Cu Al 11 Ni)	
บรอนซ์-ตะกั่ว-ทล่อ และบรอนซ์-ตะกั่ว-ดีบุก-ทล่อ		DIN 1716
ตะกั่วบรอนซ์-ทล่อ	G-Pb Bz 25 (G-Cu Pb 25)	ส่วนมากใช้เป็นแบริ่งของเครื่องยนต์
ดีบุก-ตะกั่วบรอนซ์	G-Sn Pb Bz 5 (G-Cu Pb 5 Sn)	แข็งปานกลาง สันดี ทนการเสียดสี ทนต่อการกัดกร่อนของมีคมโค่น้อย
	G-Sn Pb Bz 10 (G-Cu Pb 10 Sn)	อ่อนปานกลาง สันดี ทนความดันสูง ทนต่อการกัดกร่อนของมีคมโค่นิด ทนต่อการเสียดสี
	G-Sn Pb Bz 15 (G-Cu Pb 15 Sn)	อ่อน สันดีเป็นพิเศษ รับแรงกดสูง ทนต่อการกัดกร่อนของมีคม ใช้นับความเร็วรอบสูงได้ดี
	G-Sn Pb Bz 20 (G-Cu Pb 20 Sn)	อ่อน สันดีมากเมื่อรับความดันสูง และความเร็วรอบต่ำ ใช้นับความเร็วรอบสูง ๆ โค่นเป็นพิเศษ
เหล็กทล่อ		DIN 1691
เหล็กทล่อ	GG-20	ใช้รับภาระต่ำ ๆ
	GG-25	ใช้รับภาระปานกลาง ความเร็วเสื่อน้อยกว่า 1 m/s ไม่ทนต่อของมีคม
โลหะขึ้นเตอร		
เหล็กขึ้นเตอร บรอนซ์ขึ้นเตอร ดีบุก-บรอนซ์ขึ้นเตอร	ไม่มีสัญลักษณ์	รับความดันได้ 10 N/mm ² ความเร็วเสื่อน้อยกว่า 1 m/s ถ้าหล่อขึ้นดี ๆ ได้ถึง 3.5 m/s รับการกระแทกไม่ได้
พลาสติก		
วัสดุสังเคราะห์ที่ขึ้นรูป DIN 7708	Typ 71 74 77	สันดี ทนต่อการเสียดสี สามารถใช้น้ำเป็นตัวหล่อลื่นได้ เวลาใช้งานผิวหน้าอาจเย็นเป็นคลื่นได้ โครงนอกต้องชุบแข็งและเจียรนัย การนำความร้อนไม่ดี
ไฟเบอร์ DIN 7325	Hgw 2081, 2082, 2083, 2088, 2089	
Polyamid (Nylon)	PA 6.6	สันดี รับแรงสั่นสะเทือนดี รั้วตัวง่าย ทนแรงเสียดสี
Valkolan	PUR Typ 40	สันดี สามารถผสมสิ่งหล่อลื่นในตัวเอง ถ้าไม่มี
Polyoxymethylen	POM	วัสดุหล่อขึ้นใช้ได้ดีกับความเร็วต่ำ ๆ การนำความร้อนไม่ดี
Polytetrafluorathylen	PTEE	

ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ หน้า 132

ตารางที่ ข.2 ตารางมาตรฐานขนาดและพิถีติความเผื่อของแบริ่งปลอกตาม DIN 1850

d_1	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	
d_2 แถว 1	5	6	9	11	14	16	18	20	22	25	28	30	34	38	42	
แถว 2	6	8	10	12	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45		
d_1	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	
แถว 1	48	52	58	65	75	82	95	105	115	125	140	155	180	200	220	
แถว 2	50	56	60	68	-	85	100	110	120	130	145	160	-	-	-	
ความกว้าง b	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	
	40	45	50	56	63	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200	
วัสดุ		เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ โลหะอื่น		โลหะ ซินเตอร์		วัสดุอัด		คาร์บอน								
แบบ	ผิวสำเร็จ		A, B, C E		A, B+C		A, B+C		D, E+F							
	ก่อนใช้ต้องปรับเป็น VV		E		E		E		-							
ขนาด d_2 และ s คิดจาก d_1		58 mm		แถว 1		แถว 2										
		> 60 mm		แถว 1 เผื่อสึกหรอมาก ใช้แถว 2		แถว 1										
ข้อแนะนำ ระบบงานสวม		d_1		ก่อนนำประกอบ		E6 ถึง F7		G7		แล้วแต่จะกำหนดมา						
				ปรับหลัง ประกอบ		H7		H7		D11		D10 50 mm C11 > 50 mm				
		d_2		r6		r6		za 10		x8 s6						
				รูเจาะบุช		H6 H7		H7		H7		H7				
ค่าที่ยอมให้ผิดพลาดระยะระหว่าง $d_1 d_2$				$\frac{1}{2}$ IT8		$\frac{1}{2}$ IT8		$\frac{1}{2}$ IT10		$\frac{1}{2}$ IT8						

ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ หน้า 133

ตารางที่ ข.3 ชนิดและขนาดมาตรฐานโซ่กรรมดา

มาตรฐานโซ่โรยฟัน DIN 8187																			
เบอร์โซ่ แถว		โซ่เดี่ยว					โซ่คู่					โซ่สามเส้นเรียง							
1	2	p mm	b ₁ mm	d ₁ mm	t mm	s mm	a ₁ mm	F ₀ kN	A cm ²	q kg/m	a ₂ mm	F ₀ kN	A cm ²	q kg/m	a ₃ mm	F ₀ kN	A cm ²	q kg/m	
05 B 06 B 08 B 10 B 12 B	03	5	25	32	-	4.1	7.4	2.0	0.06	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	04	6	28	4	-	5	7.4	3.0	0.07	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05 B	8	3	5	5.64	7.11	8.6	4.6	0.11	0.18	14.3	8.0	0.22	0.36	19.9	11.4	0.33	0.54	
	06 B	9.525	5.72	6.35	10.24	8.26	13.5	9.1	0.20	0.41	23.8	17.3	0.55	0.78	34	25.4	0.83	1.18	
	08 B	12.7	3.3	7.75	-	9.91	10.2	8.2	0.21	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10 B	12.7	2.38	7.75	-	9.91	8.2	10.0	0.16	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12 B	12.7	4.08	7.75	-	10.3	12.9	12.0	0.32	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	05 B	12.7	4.08	7.75	-	11.15	14.8	16.0	0.35	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	06 B	12.7	6.38	7.77	-	9.91	14	6.8	0.32	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	08 B	12.7	7.75	8.51	13.97	11.81	17	18.2	0.50	0.70	31	31.8	1.00	1.35	44.9	45.4	1.50	2.0	
	10 B	15.875	9.65	10.16	16.59	14.73	19.6	22.7	0.67	0.95	36.2	45.4	1.34	1.85	52.8	60.1	2.02	2.8	
	12 B	19.05	11.68	12.07	19.46	16.13	22.7	28.5	0.89	1.25	42.2	59.0	1.78	2.5	61.7	88.5	2.68	3.8	
	16 B	25.4	17.02	15.88	31.88	21.88	36.1	58.0	2.30	2.7	68	110	4.21	5.4	99.9	165	6.32	8	
	20 B	31.75	19.56	19.05	36.45	26.42	43.2	95.0	2.95	3.6	79.7	180	5.91	7.2	116.1	270	8.86	11	
	24 B	38.1	25.4	25.4	48.26	31.4	51.4	170	5.54	6.7	101.8	324	11.09	13.5	150.2	405	16.64	21	
	28 B	44.45	30.99	27.94	59.56	37.88	65.1	200	7.40	8.3	124.7	381	14.81	16.6	184.3	571	22.21	25	
	32 B	50.8	38.99	29.21	68.55	42.29	67.4	260	8.11	10.5	126	495	16.23	21	184.5	743	24.34	32	
40 B	63.5	38.1	39.37	72.29	52.96	82.6	360	12.76	16	154.9	680	25.52	32	227.2	1000	38.28	48		
48 B	76.2	45.72	48.26	91.21	63.88	99.3	560	20.63	25	190.4	1080	41.26	50	281.6	1400	61.89	75		
56 B	88.9	53.34	53.98	106.6	77.83	114.6	810	27.91	33	221.2	1600	55.82	70	330	2350	83.73	105		
64 B	101.6	60.96	63.5	119.99	90.17	130.9	1100	36.75	40	250.8	2100	72.5	120	370.7	3100	108.75	180		
72 B	114.3	68.58	72.30	138.27	103.63	147.4	1400	46.17	50	283.7	2700	92.34	160	420	4000	138.5	240		
มาตรฐานโซ่แม่เหล็ก ตาม DIN 8188																			
08 A	12.7	7.95	7.91	14.30	12.07	17.8	14.1	0.44	6.60	32.3	28.2	0.88	1.19	46.7	42.3	1.32	1.78		
10 A	15.875	9.53	10.16	18.11	15.00	21.8	22.2	0.70	8.91	39.9	44.4	1.40	1.92	57.9	66.6	2.10	2.80		
12 A	19.05	12.7	11.91	22.70	18.00	26.9	31.8	1.06	1.47	49.8	63.6	2.12	2.9	72.6	95.4	3.18	4.28		
16 A	25.4	15.88	15.88	29.29	24.13	33.5	56.7	1.79	2.57	62.7	113.4	3.58	5.01	91.7	170.1	5.37	7.47		
20 A	31.75	19.05	19.05	35.76	30.58	41.1	88.5	2.62	3.73	77	177	5.24	7.31	113	263.5	7.86	11.01		
24 A	38.1	25.4	22.23	45.44	36.2	50.8	127	3.94	5.5	96.3	254	7.86	10.94	141.7	381	11.82	16.5		
28 A	44.45	25.4	25.4	48.87	42.34	54.9	172.4	4.72	7.5	103.6	344.8	9.44	14.36	152.4	517.2	14.56	21.7		
32 A	50.8	31.75	28.58	58.55	48.26	65.5	226.8	6.5	9.7	124.2	453.6	13.0	19.1	182.9	680.4	19.5	28.3		
40 A	63.5	38.1	39.68	71.55	60.33	80.3	353.8	10.9	15.8	151.9	707.6	21.8	32	223.5	1061.4	32.7	48		
48 A	76.2	47.63	47.63	82.83	72.30	95.5	500.3	14.1	22.6	183.4	1020.6	32.2	44	271.3	1530.9	48.3	66		

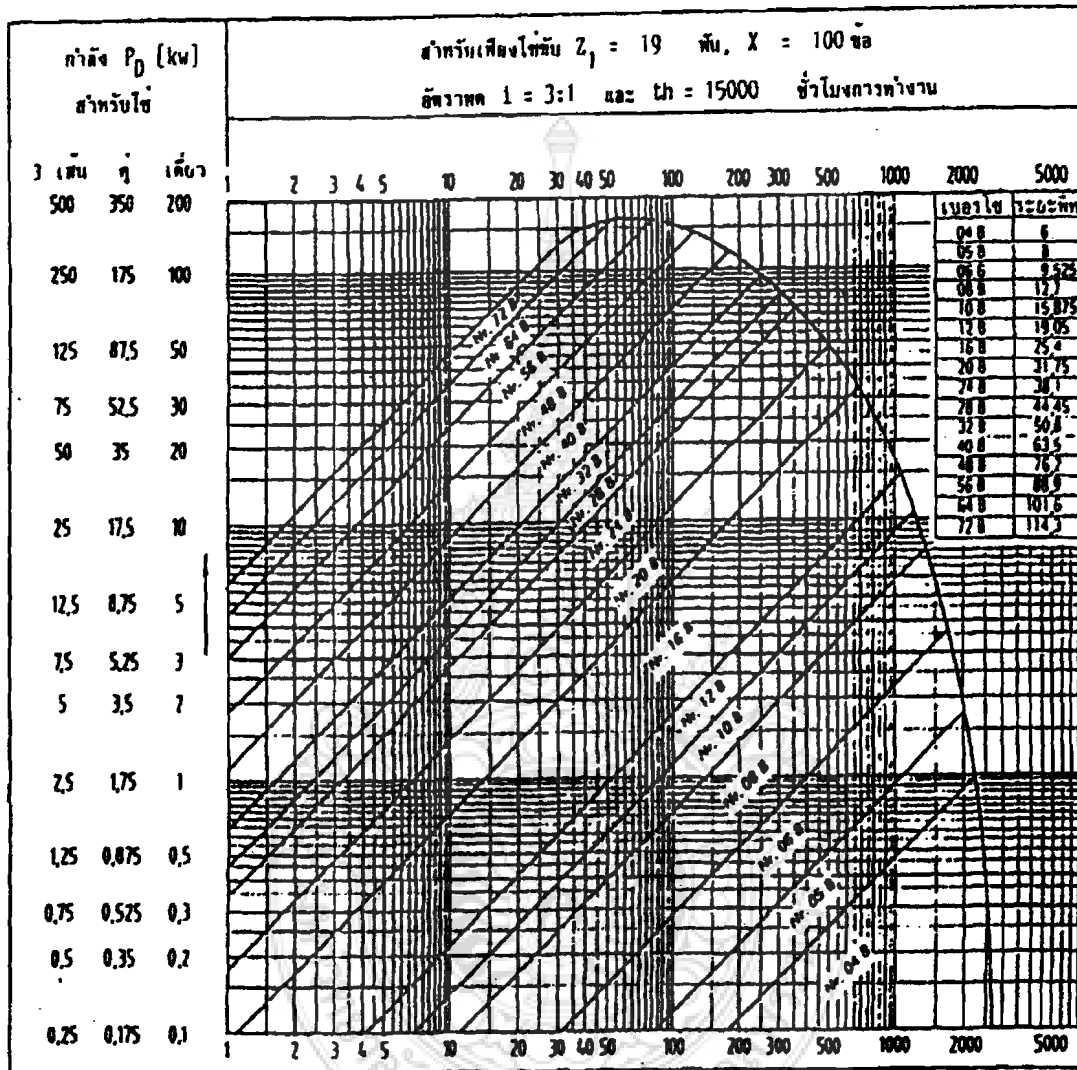
ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-
พระนครเหนือ หน้า 240

ตารางที่ ข.4 ขนาดมาตรฐานของเฟืองใช้

เฟือง				เฟืองใช้																			
DIN	p	d ₁	d ₂	c	r ₁	r ₂	α	γ = 19°				γ = 15°				พิสัย				b	c	r ₃	r ₄
								v < 12m/s		v > 12		v < 12m/s		v > 12		z < 40		z > 40					
								z=9	12	z=9	12	z=9	12	z=13	40	z=9	12	z=13	40				
h	k	h	k	h	k	h	k	h	k	h	k	r ₅											
B187	6	2.8	4	-	2.05	4.8	0.12	0.51	1.3	0.52	1.48	0.69	1.6	0.68	1.6	0.87	1.6	2	2.5	0.5	6		
B188	6.35	3.18	3.3	6.4	1.7	5.1	0.11	0.45	1.3	0.44	1.3	0.58	1.3	0.57	1.3	0.76	1.3	1.7	2.9	0.43	5		
B187	8	3	5	5.64	2.6	6.4	0.16	0.66	1.75	0.65	1.9	0.86	2	0.85	2	1.15	2	2.5	2.7	0.65	7.5		
B187	9.525	3.2	6	-	3.1	7.6	0.19	0.79	2.1	0.78	2.3	1.05	2.4	1	2.4	1.4	2.4	3	2.9	0.8	9		
B188		(3.94)	6.35	-	3.3			0.83	2.1	0.82	2.35	1.1	2.5	1.05	2.5	1.05	2.5	1.32	3.6				
B188		4.77	5.08	10.13	2.6			0.66	2	0.65	2	0.86	2	0.85	2	1.15	2	2.5	4.3			0.65	7.5
B187		5.72	6.35	10.24	3.3			0.83	2.1	0.82	2.35	1.1	2.5	1.05	2.5	1.05	2.5	1.32	3.2			0.8	10
B187	12.7	3.3	-	-	4	10	0.25	1	2.8	0.98	2.95	1.3	3.1	1.3	3.1	1.75	3.1	3.9	4.4	1	12		
B187		4.8	7.25	-				5.2	1.15	2.7	1.15	3.15	1.5	3.4	1.5	3.4	1.95	3.4	4.3	5.8	1.1	13	
B187		6.4	-	-				6.4	1.35	2.7	1.35	3.15	1.5	3.4	1.5	3.4	1.95	3.4	4.3	5.8	1.1	13	
B187		8.9	8.51	-				8.9	1.85	2.8	1.85	3	1.4	3.2	1.35	3.2	1.85	3.2	4	7.2	1	17	
B188		7.25	13.92	-				7.25	1.85	2.8	1.85	3	1.4	3.2	1.35	3.2	1.85	3.2	4	7.2	1	17	
B187		7.94	7.94	14.38				4.1	1.85	2.8	1.85	3	1.4	3.2	1.35	3.2	1.85	3.2	4	7.2	1	17	
B187	15.875	6.4	-	-	5.2	12.7	0.32	1.3	3.5	1.25	3.8	1.7	4.1	2.7	4.1	2.3	4.1	5.1	3.6	1.3	15		
B187	15.875	9.52	10.16	18.11	5.2	12.7	0.32	1.3	3.5	1.25	3.8	1.7	4.1	2.7	4.1	2.3	4.1	5.1	3.6	1.3	15		
B187	15.875	9.65	16.59	16.59	5.2	12.7	0.32	1.3	3.5	1.25	3.8	1.7	4.1	2.7	4.1	2.3	4.1	5.1	3.6	1.3	15		
B187	19.05	11.46	12.87	19.46	6.2	15.2	0.38	1.55	4.1	1.35	4.35	2	4.8	2	4.8	2.7	4.8	6	10.5	1.5	18		
B188	19.05	12.7	11.9	22.78	6.2	15.2	0.38	1.65	4	1.6	4.5	2.1	4.8	2.1	4.8	2.8	4.8	6	11.5	1.6	18		
B187	25.4	15.88	15.88	28.29	8.2	20	0.51	2.1	5.4	2.1	6	2.8	6.4	2.7	6.4	3.6	6.4	8	14.3	2.3	24		
B187		17.82	15.88	31.81	-	8.2	20	0.51	2.1	5.4	2.1	6	2.8	6.4	2.7	6.4	3.6	6.4	8	14.3	2.3	24	
B187	31.75	19.05	19.05	33.26	9.8	25.5	0.64	2.5	6.9	2.5	7.3	3.3	7.6	3.2	7.6	4.4	7.6	9.5	17.2	2.5	29		
B187		19.56	19.05	36.41	-	9.8	25.5	0.64	2.5	6.9	2.5	7.3	3.3	7.6	3.2	7.6	4.4	7.6	9.5	17.2	2.5	29	
B187	38.1	25.4	22.22	45.61	11.4	31	0.76	3	8.2	3.9	8.7	3.8	8.9	3.8	8.9	4.8	8.9	11	23.8	2.9	33		
B187		25.4	25.4	48.36	-	11.4	31	0.76	3	8.2	3.9	8.7	3.8	8.9	3.8	8.9	4.8	8.9	11	23.8	2.9	33	
B187	44.45	25.4	25.4	48.87	13.1	36	0.89	3.4	9.5	3.3	10	4.4	10.2	4.3	10.2	5.8	10.2	13	27.9	3.3	38		
B187		30.99	27.94	59.56	-	13.1	36	0.89	3.4	9.5	3.3	10	4.4	10.2	4.3	10.2	5.8	10.2	13	27.9	3.3	38	
B187	50.8	30.99	29.21	58.55	-	41	1	3.9	11	3.8	11.4	5.1	11.7	5	11.7	6.6	11.7	14	28	3.3	42		
B187		31.25	28.57	58.55	61.87	15	41	1	3.8	10.8	3.8	11	5	11.4	4.9	11.4	6.5	11.4	14.5	28.6	3.7	43	
B187	57.15	35.72	35.71	65.04	16.4	46	1.2	4.7	12	4.6	13.5	6.1	14.3	6.1	14.3	8.1	14.3	18	32.2	4.6	54		
B187		38.1	39.37	72.29	-	16.4	46	1.2	4.7	12.8	5.1	15	6.8	15.7	6.7	15.7	9	15.7	19.5	3.9	5		
B188	63.5	38.1	39.68	71.53	18.3	51	1.3	5.1	13.3	5.8	15	6.6	15.9	6.6	15.9	8.8	15.9	20	34.3	5.2	60		
B187		45.25	48.26	91.21	-	18.3	51	1.3	5.1	13.3	5.8	15	6.6	15.9	6.6	15.9	8.8	15.9	20	34.3	5.2	60	
B187	76.2	47.63	47.62	87.83	24.7	61	1.5	6.4	16.5	6.3	18.2	8.3	19.3	8.2	19.3	11	19.3	24	41	6	72		
B188		47.63	47.62	87.83	101.22	24.7	61	1.5	6.3	16	6.2	18	8.2	19	8.1	19	10.9	19	43	6.2	72		

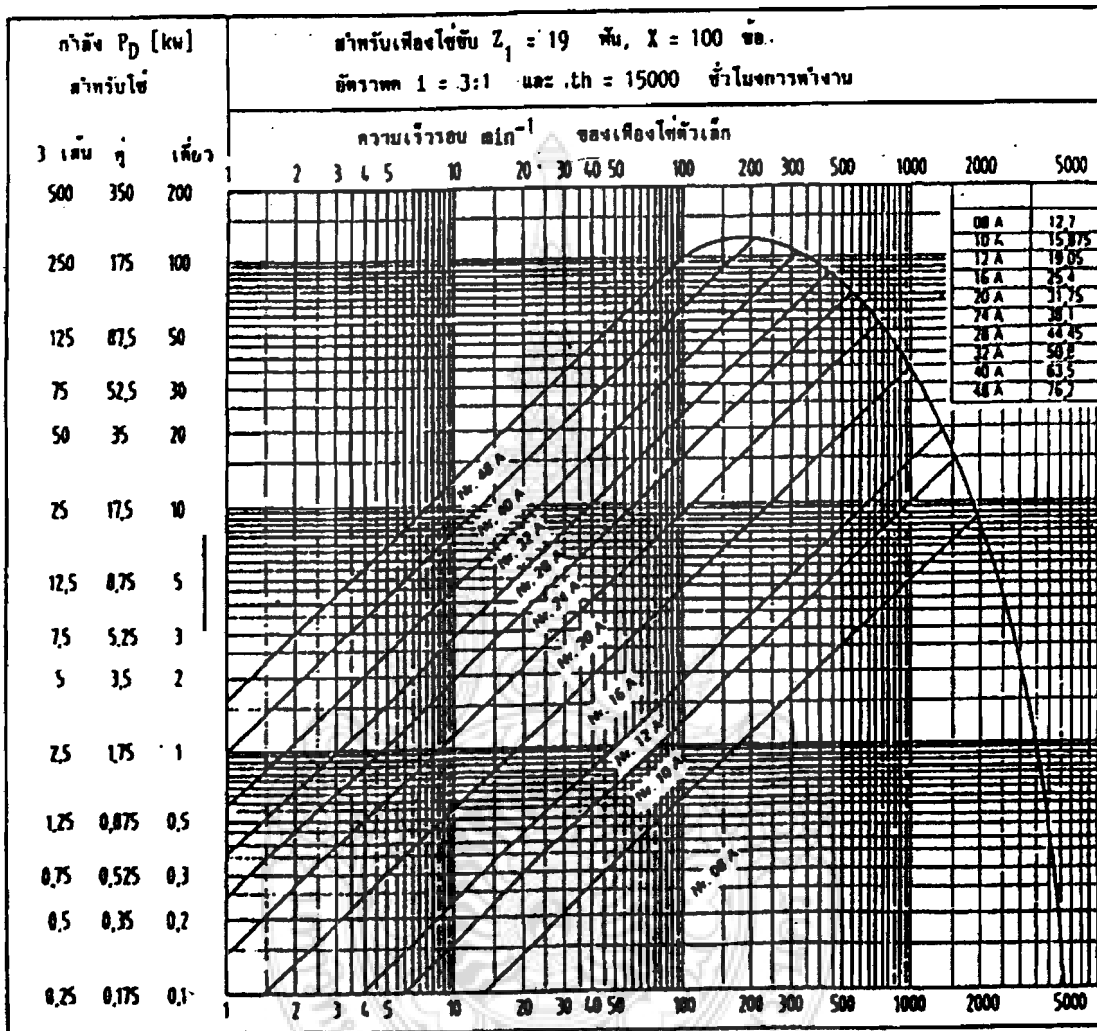
ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-
พระนครเหนือ หน้า 242

ตารางที่ ข.5 กำลังงานจำเพาะสำหรับโซ่ DIN 8187



ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ หน้า 244

ตารางที่ ข.6 กำลังงานจำเพาะสำหรับโซ่ DIN 8188



ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-
พระนครเหนือ หน้า 244

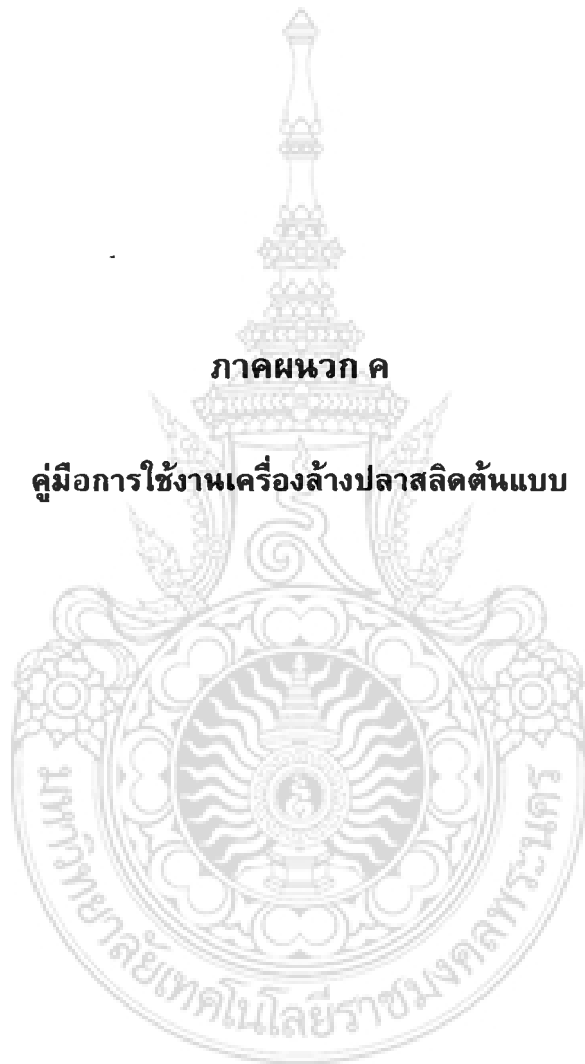
ตารางที่ ข.7 ค่าความดันของข้อโซ่ (P_{all})

ค่าความดันที่อนุญาต $P_{all} = c \cdot \lambda \cdot P_0$															
v m/s	P_{all} N/cm ² $c_1 =$														
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	≥ 25
0.1	3080	3120	3170	3220	3270	3300	3320	3350	3400	3430	3450	3480	3500	3530	3550
0.2	2810	2850	2880	2930	2980	3000	3030	3060	3100	3120	3140	3170	3190	3220	3240
0.4	2700	2740	2780	2830	2870	2890	2910	2950	2980	3000	3020	3050	3070	3100	3120
0.6	2580	2620	2650	2700	2740	2760	2780	2820	2850	2870	2890	2910	2930	2960	2980
0.8	2490	2530	2560	2610	2650	2670	2690	2720	2750	2770	2790	2810	2830	2860	2880
1.0	2380	2420	2450	2490	2520	2540	2560	2590	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740
1.5	2290	2330	2360	2400	2430	2450	2470	2500	2530	2550	2570	2590	2610	2630	2650
2.0	2230	2270	2300	2340	2370	2390	2410	2440	2460	2470	2490	2510	2530	2550	2570
2.5	2130	2160	2190	2230	2260	2280	2290	2320	2350	2370	2380	2400	2440	2470	2500
3	2050	2080	2110	2140	2170	2190	2210	2240	2260	2290	2320	2350	2380	2420	2460
4	1740	1830	1920	2000	2070	2100	2130	2160	2180	2220	2260	2300	2340	2380	2420
5	1400	1550	1690	1770	1840	1910	1970	2010	2050	2100	2150	2180	2210	2240	2280
6	1050	1230	1410	1540	1640	1730	1810	1880	1950	1990	2040	2070	2110	2140	2180
7	850	1000	1150	1280	1400	1510	1620	1740	1850	1870	1900	1940	1980	2020	2060
8	-	800	1070	1110	1200	1310	1420	1560	1700	1740	1780	1820	1870	1910	1960
10	-	-	810	900	1020	1110	1200	1320	1430	1460	1500	1520	1640	1700	1770
12	-	-	-	-	820	910	1070	1170	1260	1300	1350	1410	1480	1540	1600
15	-	-	-	-	-	-	890	970	1050	1100	1150	1210	1270	1330	1400
18	-	-	-	-	-	-	-	-	880	960	1050	1110	1180	1240	1300
โซ่ตาม DIN	i l/i	c													
		50	100	150	200	400									
8187 8188 73232	1	0.7	0.82	0.90	0.94	1.19									
	2	0.79	0.93	1.02	1.06	1.35									
	3	0.85	1.00	1.10	1.15	1.45									
	5	0.92	1.09	1.20	1.25	1.58									
8181	1	0.56	0.66	0.72	0.75	0.95									
	2	0.63	0.74	0.82	0.85	1.08									
	3	0.68	0.80	0.88	0.92	1.16									
	5	0.74	0.87	0.96	1.00	1.26									
7	0.79	0.93	1.03	1.07	1.35										
โซ่เดี่ยว	$c = 1$	โซ่คู่			$c = 0.9$	โซ่สามเส้น	$c = 0.85$								

ที่มา: วรพจน์ ศรีวงษ์กุล, การออกแบบเครื่องจักรกล 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า-
พระนครเหนือ หน้า 248

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้งานเครื่องล้างพลาสติกต้นแบบ



คู่มือการใช้เครื่องล้างพลาสติก

ในการใช้งานเครื่องล้างพลาสติก เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้ใช้งานควรจะศึกษารายละเอียดการใช้งานของเครื่องที่ทางคณะผู้วิจัยได้ทำขึ้น ซึ่งเครื่องล้างพลาสติกนี้สามารถปรับตั้งการทำงานได้ ดังนี้

เครื่องล้างพลาสติกสามารถเพิ่มอัตราขนถ่ายได้โดยการปรับความเร็วรอบที่ตัวเกียร์ให้มีความเร็วรอบที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเองได้

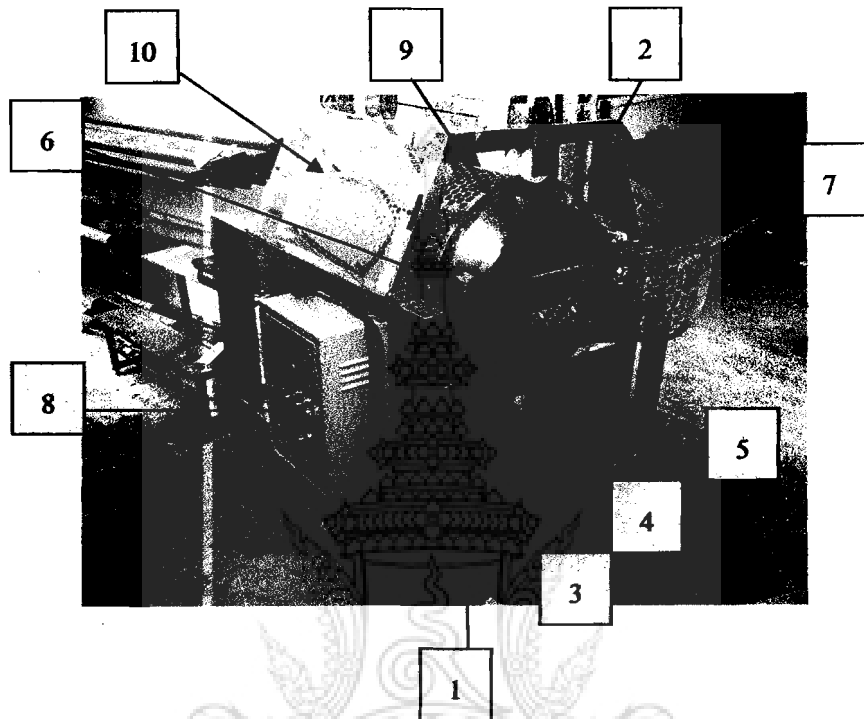
1. ข้อควรระวังในการใช้งาน

- 1.1 ไม่ควรสัมผัสชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ขณะเครื่องล้างพลาสติกกำลังทำงาน
- 1.2 ตั้งระดับของเครื่องล้างพลาสติกให้ได้ก่อนการใช้งานในแต่ละครั้ง
- 1.3 ตรวจสอบทิศทางการหมุนของดรัมให้ถูกต้อง (ดรัมหมุนทวนเข็มนาฬิกา)
- 1.4 เติมน้ำให้ได้ระดับที่กำหนดไว้
- 1.5 ถ้าเครื่องขัดข้องต้องกดปุ่มฉุกเฉินที่แผงควบคุมทันที
- 1.6 ควรต่อระบบไฟฟ้าลงกราวด์ที่พื้นดินด้วยเพราะเครื่องอยู่กับน้ำที่เป็นตัวนำไฟฟ้า
- 1.7 เมื่อใช้งานเครื่องล้างพลาสติกเสร็จต้องถอดปลั๊กไฟให้เรียบร้อยและต้องเอา Breaker ลงทุกครั้ง

2. หลักการใช้เครื่องล้างพลาสติก

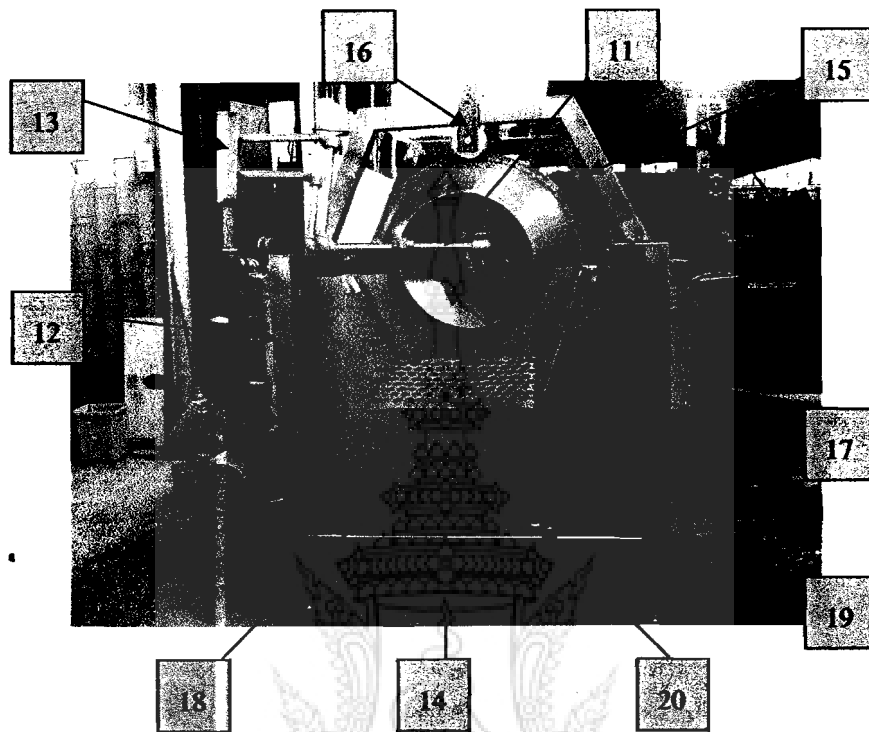
- 2.1 ปรับความเร็วรอบให้เหมาะกับชนิดของปลาที่ทำการล้าง
- 2.2 ตรวจสอบความตึงของโซ่ทุกครั้งก่อนใช้งาน (ไม่หย่อนเกินไป)
- 2.3 ควรทำความสะอาดเครื่องล้างพลาสติกทุกครั้งหลังการใช้งาน
- 2.4 ควรมีการบำรุงรักษาเครื่องล้างพลาสติกเป็นประจำ
- 2.5 เพื่อใช้งานเครื่องล้างพลาสติกได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย ควรศึกษาการใช้งานให้ละเอียดก่อนการใช้งาน

3. ส่วนประกอบด้านทางเข้าของเครื่องล้างพลาสติก



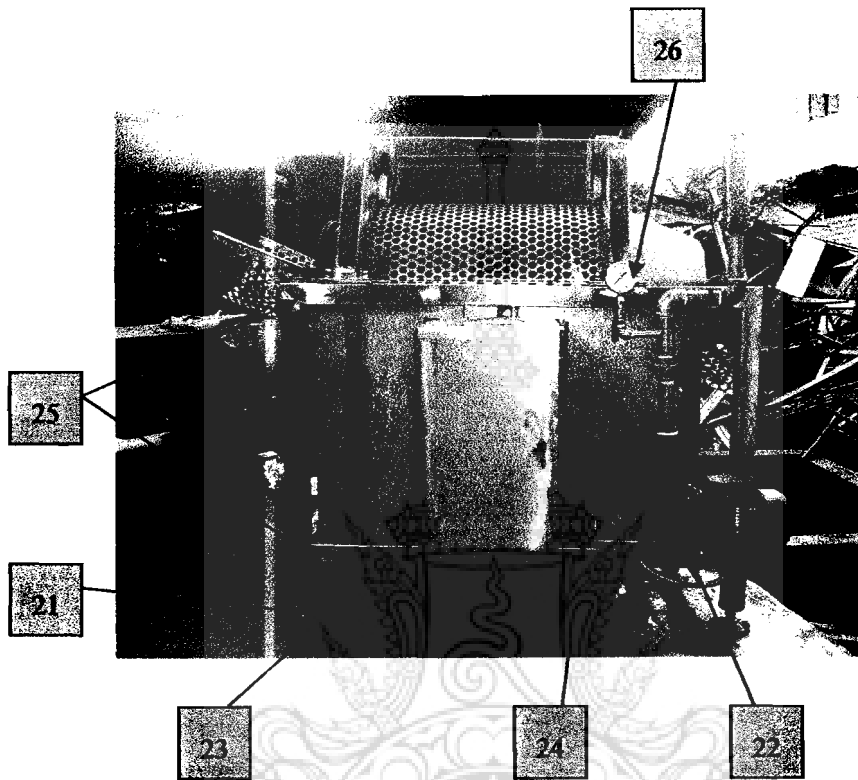
หมายเลข อุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
1	เฟืองขับ 18 ฟัน
2	เฟืองตาม 77 ฟัน
3	โครงยึดตัวปรับตั้งโซ่
4	โรลเลอร์ปรับตั้งโซ่ RS 10B
5	โซ่ RS 10B
6	เหล็กฉากยึดท่อหัวฉีด
7	ชุดรองรับปลาทางเข้า
8	ตุ้ควบคุม
9	ดรัมขนาด Ø 500 mm
10	ฝาครอบพลาสติกป้องกันน้ำ

4. ส่วนประกอบด้านทางออกของเครื่องล้างพลาสติก



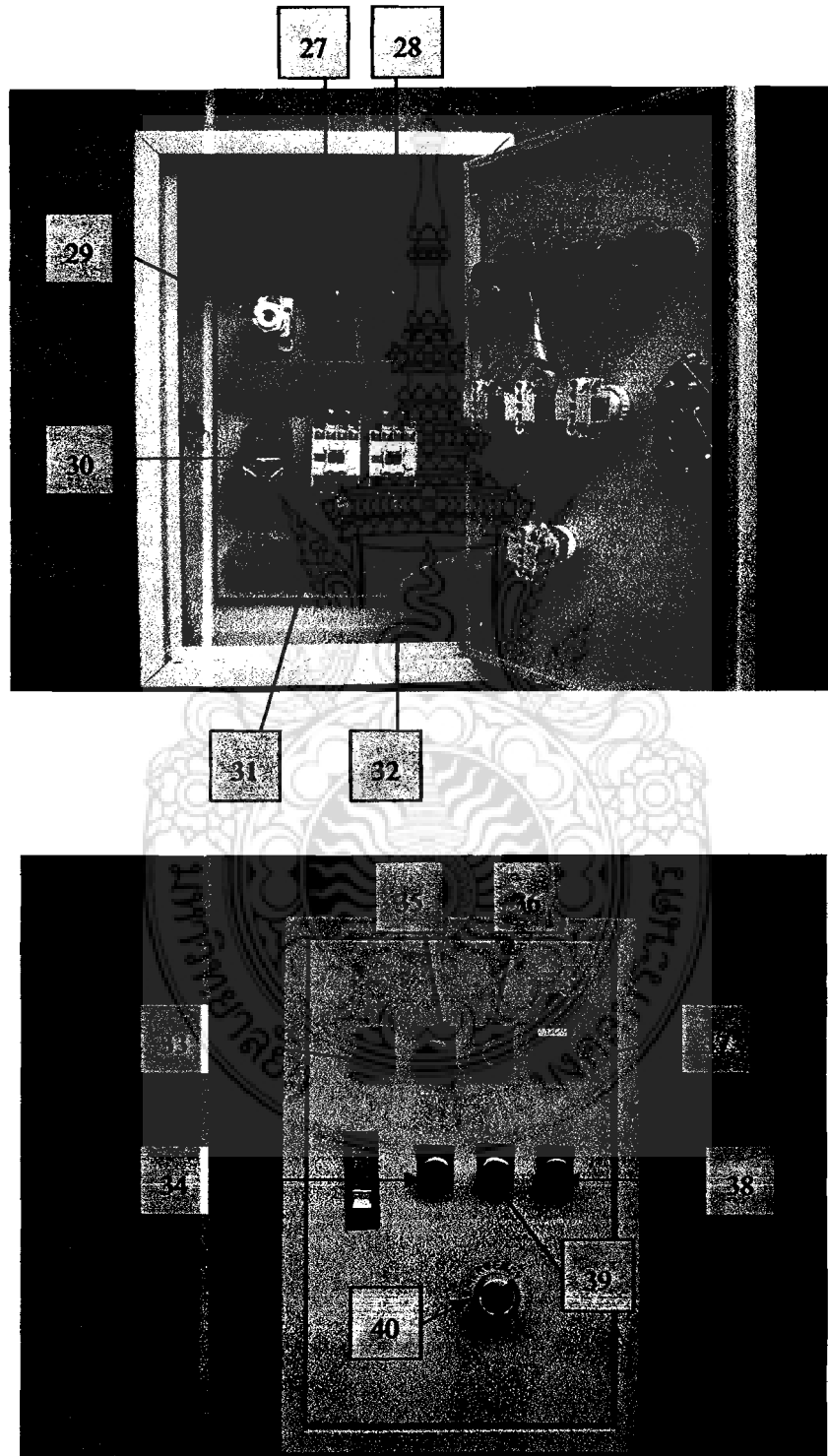
หมายเลข อุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
11	ชุดท่อหัวฉีดขนาด ½ นิ้ว
12	ท่อน้ำ 1 นิ้ว
13	ชุดพักน้ำ
14	ชุดรองรับปลาทางออก
15	โครงยึดชุดกดดรัม
16	ชุดกดดรัม
17	มอเตอร์เกียร์ ขนาด 2 แรงม้า
18	ถังพักน้ำหลัก
19	ใบสกรูเกลียว
20	วาล์วระบายน้ำ ¾ นิ้ว

5. ส่วนประกอบด้านข้างของเครื่องล้างพลาสติก



หมายเลข อุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
21	ข้างตั้งแบบปรับได้
22	มอเตอร์และปั้มน้ำ
23	ถ้งพักน้ำรอง
24	วาล์วน้ำ ขนาด 1 นิ้ว
25	โครงขนาด 50.8×50.8 mm
26	เกจวัดความดัน

6. ส่วนประกอบระบบไฟควบคุมของเครื่องล้างพลาสติก



หมายเลข อุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์
27	เบรกเกอร์
28	เบรกเกอร์
29	กระบอกฟิวส์
30	รีเลย์
31	แมคเนติกคอนแทคเตอร์และโอเวอร์ โหลตมอเตอร์ปั้มน้ำ
32	แมคเนติกคอนแทคเตอร์และโอเวอร์ โหลตมอเตอร์ขับเคลื่อน
33	หลอดไฟเดือนโอเวอร์โหลต
34	สวิตช์หยุดเครื่อง
35	ไฟแสดงหยุดเครื่อง
36	ไฟแสดงปั้มน้ำ
37	ไฟแสดงเดินเครื่อง
38	สวิตช์แบบปิด เปิด/ปิด
39	สวิตช์แบบกด(สตาร์ทเครื่อง)
40	สวิตช์ฉุกเฉิน

7. การใช้งานเครื่องล้างพลาสติก

7.1 ตรวจสอบสภาพเครื่องล้างพลาสติก โดยสำรวจว่ามีอุปกรณ์ส่วนใดชำรุดหรือไม่

7.2 ตรวจสอบระบบจ่ายไฟที่ใช้ต้องเป็น 220 โวลต์เท่านั้น

7.3 นำภาชนะมารองรับพลาสติก

7.4 ใส่พลาสติกลงในถาดทางเข้า

7.5 ปิดสวิตช์ลูกศรตำแหน่ง OFF

7.6 กดสวิตช์สตาร์ทปั้มน้ำจะทำงาน หลังจากนั้นปิดสวิตช์ลูกศรตำแหน่ง ON ชุดดรัมจะทำงาน

7.7 ปรับความเร็วรอบให้ได้ตามค่าที่ได้กำหนดไว้ หรือดูจากความสะอาดของพลาสติกที่ออกมาว่ามีความสะอาดมากน้อยเพียงใด

หมายเหตุ ดรัมต้องหมุนทวนเข็มนาฬิกาเท่านั้น

ความเร็วรอบที่กำหนด 12 รอบ/นาที

8. การบำรุงรักษา

8.1 เมื่อสิ้นสุดการใช้งานควรทำความสะอาดทุกครั้งหลังการใช้งาน โดยใช้น้ำสะอาดฉีดล้างด้านในและด้านนอก และนำเกล็ดปลาออกให้หมดพร้อมทั้งล้างคราบเมือกและมันปลาให้สะอาด

8.2 ตรวจสอบโซ่ก่อนใช้งานทุกครั้ง

8.3 ตรวจสอบเฟืองขับและเฟืองตามต้องตรงกันทุกครั้งที่ใช้งาน

8.4 ตรวจสอบน้ำมันเกียร์ทุกครั้งที่ใช้งาน

8.5 ตรวจสอบหัวฉีดว่าตันหรือไม่

8.6 ตรวจสอบวาล์วทางเข้าปั้มทุกวันก่อนใช้งาน

8.7 ตรวจสอบสภาพใบสกรูทุกสัปดาห์

8.8 ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัว เช่น แมกเนติกคอนแทคเตอร์ โอเวอร์โวลต์รีเลย์ สวิตช์แบบกด ชุตฟิวส์ เบรกเกอร์ หลอดไฟ และสายไฟ

