

การนำสกรูกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต
Recycle screw for scrap reduction



รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การนำสกรูกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต

Recycle screw for scrap reduction



T147903



นางสาวณัฏฐิศา ทองนุ่น

เลขหมู่ 147903
เลขทะเบียน 16 ต.ค. 2560
พ.เดือน.ปี

b. 12862780
i.

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Recycle screw for scrap reduction

Chanlida Thongnoon



A CO-OPERATIVE REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MANUFACTURING SYSTEM ENGINEERING
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ACADEMIC YEAR 2016
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจ การนำสกรูกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต

Recycle screw for scrap reduction

นักศึกษา นางสาวฉลิลิตา ทองนุ่น

รหัสนักศึกษา 56120011

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการผลิต


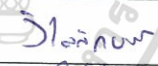


พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.วรวิทย์ มรรคเจริญ

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้สหกิจศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ประจำปี

การศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.วรวิทย์ มรรคเจริญ	
ดร.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรร	
ว่าที่ ร.ต.ดร.กมล วสะภิญโญกุล	
นางสาวพรพรรณ ศีลามาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	การนำสกรูกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต
นักศึกษา	นางสาวณัฏฐิศา ทองนุ่น
รหัสนักศึกษา	56120011
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
พ.ศ.	2559
อาจารย์นิเทศ	ดร. จตุพร ทองศรี
ผู้นิเทศงาน	นางสาวพรพรรณ ศีลามาศ
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบันส่วนหนึ่งเกิดจากการมีปริมาณขยะที่ทิ้งเสียจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดมลพิษขึ้นกับสิ่งแวดล้อมอีกทั้งขยะเหล่านี้คิดเป็นเงินมูลค่ามากที่ต้องสูญเสียไป ซึ่งขยะบางอย่างนั้นสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โครงการการนำสกรูกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณสกรูที่จะถูกนำไปกำจัดทิ้งของบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด โดยการนำสกรูเหล่านั้นที่ยังสามารถใช้ได้กลับมาใช้ใหม่อีกทั้งยังเป็นการลดค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการทิ้งสกรูที่ยังสามารถใช้งานได้ โดยเริ่มต้นจากการศึกษาสกรูที่ใช้งานในไลน์การผลิตในส่วนของ Assembly line คัดเลือกสกรูที่สามารถนำมาใช้ในการคัดแยกด้วยเครื่อง Screw sorting machine จากนั้นทำการคัดแยกสกรูดีและสกรูเสียโดยใช้เครื่อง Screw sorting machine ล้างทำความสะอาดสกรูดีที่ผ่านการคัดแยกแล้ว ทดสอบปริมาณสิ่งปนเปื้อนบนสกรูและนำสกรูที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วไปทดลองใช้งานในไลน์การผลิตในส่วน Assembly line ซึ่งจากการดำเนินงานพบว่าสามารถนำสกรูที่จะถูกนำไปทิ้งกลับมาใช้ใหม่ได้ถึง 62.73% และสกรูดังกล่าวกับสกรูที่ใช้งานปกติในไลน์การผลิต(Prime Screw) มีค่าทอรัลคที่ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยและค่า Sigma อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : นำกลับมาใช้ใหม่, สกรู, ไลน์การผลิต

Thesis Title	Screw scrap cost reduction
Student ID	56120011
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Manufacturing System Engineering
Year	2016
Advisor	Assist. Professor. Dr.Worawut Makcharoen
Mentor	Pornpan Silamas
Company	Western Digital (Thailand) Company Limited

Abstract

One of the Environment problem reason came from lots of quantity of thrown out garbage which can cause pollution to the environment and cost a lot of wasted money. But in fact, some of this garbage can be recycled. The project of Recycle screw for scrap reduction has purpose to reduce screw scrap of Western Digital (Thailand) Company Limited by reuse these screws that is actually usable and also reduce the cost from screw scrap by first, study about all screws that currently use in production line in the part of assembly line, select screw that can be sorted with screw sorting machine then sort good and bad screws by screw sorting machine, clean good screw that obtain from screw sorting machine by AQ cleaner, test particle count on screws and finally, do qualification evaluation in production line. From the operation found that can reuse the screws with 62.73% yield and parametric data of screw torque of these screws and normal prime screw in production line is comparable which it's no significantly different both mean and sigma.

Keywords: Reuse, Screw, Production line

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2559 ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน 2559 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆอันก่อให้เกิดประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ใภายในภาคหน้า ทั้งนี้ รายงานวิชาสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

1. นางสาวพรพรรณ ศีลามาศ
2. นายณัฐวุฒิ อุปละ
3. นายพลเชษฐ์ พรสี
4. นางสาววันสิสาข์ สิ้นธุประสิทธิ์
5. นางสาวนิตา ตั้งปกาศิต
6. นางอนงค์รัตน์ พันเชื้อ
7. นายพนา มีฮาด
8. นายดำเนิน ทองแย้ม
9. นายภาณุมาศ ศิริวิ
10. ผศ.ดร.วรุฒม์ มรรคเจริญ และ

บุคคลกรท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงานฉบับนี้ขึ้น ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการทำสหกิจครั้งนี้ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ณัฏฐิตา ทองนุ่น

ผู้จัดทำรายงาน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
คำย่อ/สัญลักษณ์.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	1
1.4 ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 รายละเอียดของสถานประกอบการ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 รายละเอียดเครื่อง Screw sorting machine.....	7
2.2 Pneumatic system.....	10
2.3 Vision system.....	13
2.4 Photoelectric sensor.....	15
2.5 สกรู.....	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

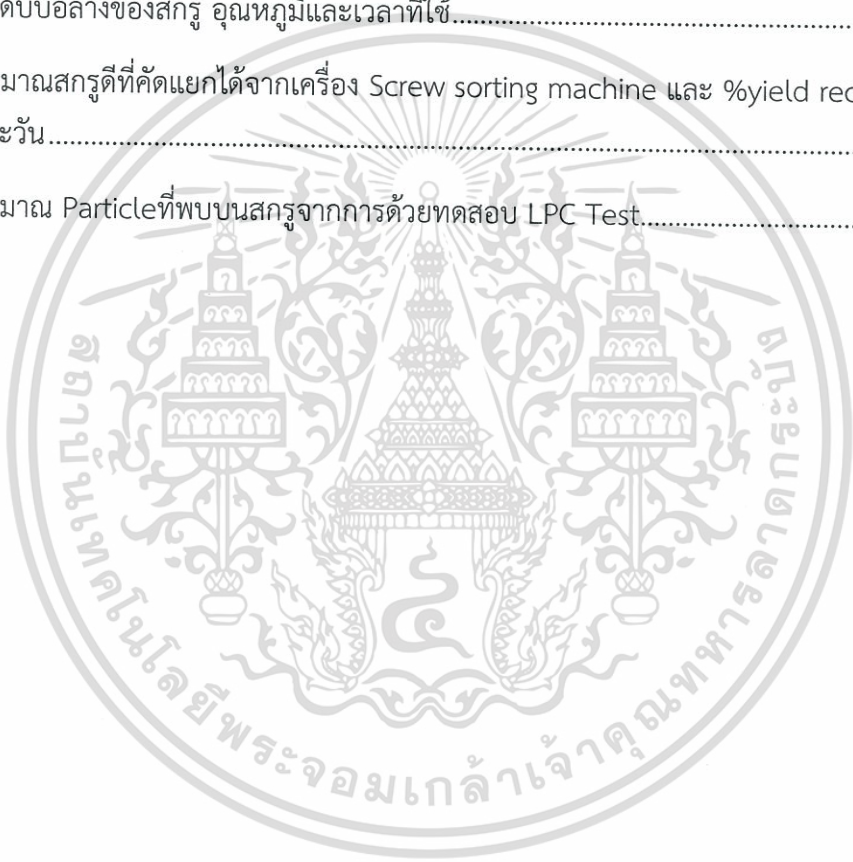
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.6 สารลดแรงตึงผิว.....	22
2.7 Ultrasonic cleaner	27
2.8 กระบวนการ 3Rs: Reduce Reuse and Recycle.....	36
2.9 Liquid Particle Counting - (LPC).....	37
2.10 Deionized water.....	38
2.11 Dissolved Oxygen (DO).....	39
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	40
3.1 การดำเนินการเก็บสกรู.....	40
3.2 การคัดแยกประเภทสกรู.....	44
3.3 การล้างทำความสะอาดสกรู.....	46
3.4 การตรวจสอบการปนเปื้อนของสกรู.....	47
3.5 การทดลองการใช้งานสกรู.....	48
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	49
4.1 ผลการคัดแยกสกรูโดยเครื่อง Screw sorting machine.....	49
4.2 ผลการทดสอบ LPC Test.....	50
4.3 ผลการทดลองใช้งานสกรูในไลน์การผลิต.....	50
4.4 ผลการทดสอบค่าทอร์คของสกรู.....	51
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลการดำเนินการ.....	52
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	52
5.3 แนวทางการแก้ไข.....	53
เอกสารอ้างอิง.....	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน	2
2.1 ผลของความถี่ต่างๆของคลื่นเสียงอัลตราโซนิก.....	28
3 1 ลักษณะของสกรูที่ใช้ปัจจุบันกับสกรูที่ต้องการเก็บ	40
3.3 ขนาดของสกรูที่ใช้ในเครื่อง Screw sorting machine	44
3.4 ลำดับบ่อล้างของสกรู อุณหภูมิและเวลาที่ใช้.....	46
4.1 ปริมาณสกรูดีที่คัดแยกได้จากเครื่อง Screw sorting machine และ %yield recovery ในแต่ละวัน.....	49
4.2 ปริมาณ Particleที่พบบนสกรูจากการด้วยทดสอบ LPC Test.....	50



สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ตำแหน่งของกล้อง Top camera1 Side camera และ Top camera.....	27
2.2 ลักษณะของ bowl feeder และ Rotary table	8
2.3 side camera.....	9
2.4 Top camera1 และ Top camera.....	29
2.5 Good-Reject bin และเส้นทางที่สกรูใช้เคลื่อนจาก rotary table ลงไปใน bin.....	10
2.6 ตำแหน่งของท่อลมที่บริเวณต่างๆของเครื่อง	12
2.7 ส่วนประกอบของระบบ machine vision.....	14
2.8 แสดงลักษณะของPhotoelectric sensor.....	16
2.9 การทำงานของ through beam sensor.....	17
2.10 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด	17
2.11 ลักษณะของ screw และ bolt.....	18
2.12 ลักษณะของ Nut ประเภทต่างๆหรือที่เรียกว่า สกรูตัวเมียหรือน็อตตัวเมีย	19
2.13 ลักษณะของ Screw และ Bolt ประเภทต่างๆ.....	20
2.14 ลักษณะของหัวสกรูประเภทต่างๆ.....	21
2.15 ลักษณะของหัวสกรูที่ต้องใช้ไขควงในการขัน	21
2.16 องค์ประกอบของสารลดแรงตึงผิว	22
2.17 การทำงานของสารลดแรงตึงผิว.....	23
2.18 โครงสร้างของ cationic surfactant ประเภท Mono alkyl quaternary.....	24
2.19 โครงสร้างของ cationic surfactant ประเภท Esterquats	24
2.20 โครงสร้างของ Anionic surfactant.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.21 โครงสร้างของ nonionic surfactant	25
2.22 โครงสร้างของ Amphoteric surfactant.....	26
2.23 การเกิดแรงดันของของเหลวเนื่องจากการแตกของฟองอากาศขนาดเล็ก	30
2.24 องค์ประกอบของเครื่องล้างอัลตราโซนิก.....	31
2.25 วงจรออสซิลเลเตอร์อย่างง่าย	33
2.26 Light Scattering Particle Counter.....	37
3.1 การกำหนดค่า Upper Tolerance และ Lower Tolerance ใน Criteria Setting	45
3.2 ลักษณะหัวสกรูที่ถูกระบุโดยกล้องด้วยระบบ Vision	45
3.3 ลักษณะของสกรูที่ไม่ผ่านเกณฑ์และผ่านเกณฑ์ตามลำดับจากกล้องที่จับภาพ Side View ของเครื่อง Screw sorting machine.....	45
3.4 ลักษณะของสกรูดีและเสียจากการส่องผ่านกล้อง Microscope หลังการคัดแยกผ่านเครื่อง Screw sorting machine.....	46
3.5 ตะกร้าที่บรรจุสกรูและการโหลดสกรูเข้าเครื่องล้าง.....	47
3.6 การเตรียมสกรูก่อนทำ Ultrasonic bath และระหว่างการทำ Ultrasonic bath.....	48
4.2 กราฟแสดงผลค่าทอล์คของสกรูระหว่าง Prime Screw และ 2R Screw.....	51

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
2R screw	สกรูที่นำกลับมาใช้ใหม่
Prime screw	สกรูที่ใช้งานปกติในไลน์การผลิต
น้ำ DI	Deionized water น้ำปราศจากไอออน
น้ำ DO	น้ำที่มีค่าควบคุมปริมาณการละลายของออกซิเจนอยู่ที่ 40%
LPC	Liquid particle counter เครื่องตรวจวัดขนาดและปริมาณอนุภาค
AQ	Aqueous ส่วนที่ประกอบด้วยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆได้มีการนำเครื่องจักรอุตสาหกรรมมาเป็นเครื่องทุ่นแรง มนุษย์ในการทำงานเพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งในบางครั้งระหว่างที่เครื่องจักรกำลังทำงานอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ดังเช่นในโปรเจกต์นี้กล่าวคือในขณะที่เครื่องจักรอัตโนมัติทำการหยิบสกรูไปขัน อาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นทำให้เกิดเป็นสกรูหล่น จำนวนมากที่บริเวณข้างเครื่องโดยสกรูเหล่านี้เป็นสกรูที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน ซึ่งจะถูกนำไปกำจัดทิ้งในภายหลังทั้งหมดและเกิดเป็นค่าความสูญเสียขึ้น โปรเจกต์นี้จึงเป็นการนำสกรูที่ตกในระหว่างที่เครื่องจักรกำลังทำงานนี้กลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตและค่าความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อลดค่าความสูญเสียที่เกิดจากสกรูหล่นทิ้ง
- 1.2.2 เพื่อเป็นการนำสกรูที่สามารถใช้ได้ นำกลับมาใช้ใหม่

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 นำสกรูที่ร่วงทิ้งกลับมาใช้ใหม่ในไลน์การผลิต

1.4 ตารางระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน			
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1	ศึกษาการทำงานและSpec ของเครื่องScrew sorting machine				
2	ศึกษาสกรูPart number ทั้งหมดและที่ใช้ปัจจุบันในเครื่องscrew sorting machine				
3	เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล				
4	ตั้งค่าเครื่องScrew sorting machine				
5	เก็บสกรูจากไลน์การผลิต				
6	คัดแยกสกรูด้วยเครื่อง Screw sorting Machine				
7	ล้างทำความสะอาดสกรูด้วย AQ cleaner				
8	ตรวจสอบการปนเปื้อนของสกรูด้วย LPC Test				
9	ทดลองใช้งานสกรูในไลน์การผลิต				

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำสกรูที่ร่วงทิ้งจากเครื่องกลับมาใช้งานใหม่ได้ในไลน์การผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 รายละเอียดของสถานประกอบการ

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล คอร์ปอเรชั่น จำกัด หรือ WD เป็นผู้บุกเบิก เทคโนโลยี ทางด้านฮาร์ดแวร์ มีโรงงานผลิตเวเฟอร์ขนาดใหญ่อยู่ที่ ฟริมอนท์ แคลิฟอร์เนีย มีสำนักงานใหญ่อยู่ที่ เลกฟอเรส แคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

พ.ศ. 2513 (ค.ศ. 1970) เริ่มก่อตั้งบริษัทที่ สหรัฐอเมริกา ก่อนขยายมาสู่ภูมิภาคเอเชีย

พ.ศ. 2546 (ค.ศ. 2002) ได้ตั้งฐานการผลิตที่นิคมอุตสาหกรรมนวนคร เป็นฐานการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สำเร็จรูป

พ.ศ. 2547 (ค.ศ. 2003) ตั้งฐานการผลิตที่นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน เป็นฐานการผลิตหัวอ่านเขียนที่ใหญ่ที่สุดของ เวสเทิร์น ดิจิตอล ซึ่งได้การร่วมมือเป็นอย่างดีของรัฐบาลประเทศไทย

พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2005) จากการประชุมวิสามัญผู้ถือหุ้นของบริษัทเมื่อวันที่ 24 พฤศจิกายน 2548 ได้มีมติให้บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (บางปะอิน) ควบรวมกิจการกับบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) เพื่อจัดตั้งเป็นบริษัทใหม่ชื่อ บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด เมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2549 และได้จดทะเบียนควบรวมบริษัทกับกระทรวงพาณิชย์แล้วเมื่อวันดังกล่าว

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล คอร์ปอเรชั่น จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใหญ่ที่สุดแห่งหนึ่ง ในปัจจุบัน มีพนักงานทั่วโลกมากกว่า 76,000 คน และยังมีการขยายงานอย่างต่อเนื่อง โดยมีฐานการผลิตอยู่ที่นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และ นิคมอุตสาหกรรมนวนคร จังหวัดปทุมธานี

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล จำกัด เป็นโรงงานแห่งหนึ่งของบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล คอร์ปอเรชั่น ทำหน้าที่ผลิตชิ้นส่วนหัวอ่านเพื่อนำมาประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เดิมเป็นฐานการผลิตของบริษัท Read-Write (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทผลิตหัวอ่านส่งขายให้บริษัทผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งประสบปัญหาทางการเงิน ก่อนที่บริษัท เวสเทิร์นดิจิตอล จะเข้ามาซื้อกิจการไปในปี 2547 เนื่องจากบริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล เป็นลูกค้ารายใหญ่ของบริษัท Read-Write

1.6.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่อบริษัท:	บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด
ลักษณะการประกอบธุรกิจ:	ผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และฮาร์ดไดรฟ์
ที่ตั้งสำนักงานใหญ่:	นิคมอุตสาหกรรมบางปะอิน 140 หมู่ 2 นิคมอุตสาหกรรม
บางปะอิน คลองจิก บางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	
เลขทะเบียนนิติบุคคล:	บอจ.อย.1094
Homepage:	www.wdc.com
โทรศัพท์:	(035)-277-000
โทรสาร:	(035)-277-100

1.6.2 วิสัยทัศน์

Western Digital will be the global quality leader in its products, services, technologies and business conduct. We will have world-class employees, long term partnerships with our customers, suppliers and communities and will deliver superior financial return to our shareholders.

1.6.3 พันธกิจ

Western Digital's mission is to satisfy our customers' requirements by providing world-class products and services. We will accomplish this mission through investments in people and technologies that generate sustained profitability.

1.6.4 ค่านิยมองค์กร

1.6.4.1 คิดให้ไกล

เรากล้าที่จะถามถึงทางเลือกอื่น เรามองให้ไกลกว่าสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และมองเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.6.4.2 ไปให้ถึง

เราเห็นทุกความท้าทายที่เป็นโอกาสและเชื่อมั่นว่าเราสามารถทำให้สำเร็จได้ โดยมุ่งเน้นการลงมือทำอย่างเต็มความสามารถเพื่อส่งมอบผลลัพธ์ที่ยอดเยี่ยมให้แก่ลูกค้า คู่ค้า และทุกคนในองค์กร

1.6.4.3 ก้าวไปด้วยกัน

เราเปิดรับมุมมองที่แตกต่างและผสมผสานความเชี่ยวชาญจากทุกส่วนในธุรกิจของเรา เพื่อนำเสนอทางเลือกที่ดีที่สุด โดยเราจะประสบความสำเร็จได้ด้วยความร่วมมืออย่างเต็มความสามารถของพวกเราทุกคนในองค์กร ลูกค้า คู่ค้า รวมถึงชุมชนใกล้เคียง



1.6.5 ภารกิจหลัก

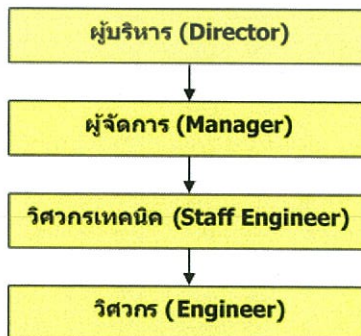
ตอบสนองความพอใจสูงสุดของลูกค้า

1.6.5.1 สร้างค่านิยมของคนในองค์กรเพื่อสร้างความเป็นผู้นำที่แท้จริงของบุคลากรในองค์กร

1.6.5.2 รักษาสิ่งแวดล้อมที่ดีภายในโรงงาน

1.6.6 โครงสร้างการบริหาร

โครงสร้างการบริหารงานแบบ Top-down management คือ ผู้บริหารทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดนโยบายและเป้าหมายขององค์กร ผู้จัดการฝ่ายต่างๆจะรับนโยบายจากผู้บริหารและมากำหนดเป้าหมายของแต่ละแผนกที่ตนรับผิดชอบดูแล วิศวกรเทคนิคเป็นผู้รับมอบเป้าหมายมาดำเนินการให้สำเร็จลุล่วง โดยวิศวกรเป็นผู้ลงมือปฏิบัติงานในพื้นที่ปฏิบัติงานและรายงานผล การรายงานผลจะรายงานย้อนขึ้นไปตามลำดับชั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.7 โครงสร้างองค์กร

บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด จัดรูปแบบองค์กรเป็นแบบ Functional คือแบ่งงานออกเป็นฝ่ายตามหน้าที่การทำงาน โดยแบ่งออกเป็น 10 ฝ่าย ได้แก่

- 1.6.7.1 Manufacturing Engineering ทำหน้าที่ดูแลด้านเทคนิควิศวกรรมการผลิต
- 1.6.7.2 Product Engineering ทำหน้าที่ดูแลด้านเทคนิควิศวกรรมผลิตภัณฑ์
- 1.6.7.3 Production ทำหน้าที่ผลิตสินค้า
- 1.6.7.4 Tooling/Spare/Cost Management ทำหน้าที่ดูแลด้านการจัดซื้อจัดหาเครื่องมือ, ชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักร, และควบคุมต้นทุน
- 1.6.7.5 Planning ทำหน้าที่วางแผนการผลิต
- 1.6.7.6 SF/HGA Development ทำหน้าที่พัฒนากระบวนการผลิต Slider Fabrication และ HGA
- 1.6.7.7 Human Resource ทำหน้าที่ดูแลด้านทรัพยากรบุคคล
- 1.6.7.8 Quality Assurance ทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพกระบวนการและผลิตภัณฑ์
- 1.6.7.9 Facility ทำหน้าที่ดูแลและอำนวยความสะดวกภายในบริษัท
- 1.6.7.10 Information system ทำหน้าที่ดูแลด้าน IT ภายในบริษัท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. รายละเอียดเครื่อง Screw sorting machine

เครื่องตรวจสอบสกรูอัตโนมัติที่นี้ออกแบบมาเพื่อตรวจสอบความเสียหายของสกรู ยกตัวอย่างเช่นความไม่เที่ยงตรงของขนาดสกรูและแยกสกรูตามลักษณะความเสียหายที่พบโดยใช้ vision system

โดยระบบนี้ประกอบไปด้วย

- Bowl feeder ใช้ป้อนสกรูให้เข้าไป Rotary table
- Side camera 1 ใช้สำหรับตรวจหาความเสียหาย (เช่น ความยาวของก้าน, major diameter, thread pitch) ที่พบบริเวณด้านข้างของสกรู
- Top camera 1 ใช้ตรวจหาความเสียหายของสกรู (เช่น ID Mark, Recess deformation, contamination และอื่นๆ) ที่พบบริเวณด้านบนของสกรู (ตั้งอยู่ทางฝั่งซ้าย)
- Top camera 2 ใช้ตรวจหาความเสียหายของสกรู (เช่น major crack, ความเสียหายจากการทอลด์, contamination) ที่พบบริเวณด้านบนของสกรู (ตั้งอยู่ทางฝั่งขวา)
- Reject Bin ใช้เก็บสกรูที่พบว่าเสียหายและมีลักษณะไม่ตรงตามต้องการ (เช่น ความยาวของก้าน, major crack, ความยาวของหัวสกรู)
- Good bin ใช้เก็บสกรูที่ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น



ภาพที่ 2.1 แสดงตำแหน่งของกล้อง Top camera1(ฝั่งซ้าย) Side camera (ตรงกลาง)และ Top camera2 (ฝั่งขวา)

2.1.1 Bowl Feeder

ทำหน้าที่ในการจัดเรียงและ feed สกรูให้เข้าไปใน Rotary table ในตำแหน่งที่เหมาะสม Bowl feeder ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 3 ส่วนคือ 1) linear feeder 2) vibratory bowl 3) hopper ซึ่งความเร็วของ 3 ส่วนนี้สามารถปรับได้โดยปรับหมุนที่ control box ที่ด้านล่างของเครื่อง

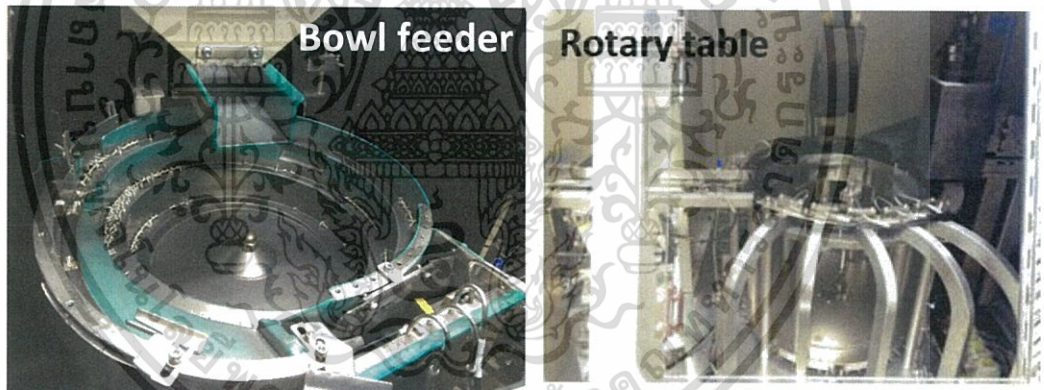
ลำดับการทำงานของ bowl feeder

2.1.1.1 กดปุ่มเริ่มทำงานที่ control panel เพื่อให้ bowl feeder เริ่มทำงาน

2.1.1.2 เมื่อ bowl เริ่มทำงานแล้ว สกรูจะเริ่มไหลจาก bowl feeder เข้าไปใน linear feeder โดยใช้แรงดันจากการสั่นและแรงลม

2.1.1.3 เซนเซอร์แสงของ bowl feeder จะติดตั้งอยู่บน linear feeder เพื่อตรวจจับว่ามีสกรูหรือไม่ใน linear track

2.1.1.4 เซนเซอร์แสงอีกตัวจะถูกติดตั้งบน fixed linear track (ใกล้กับบริเวณ feeder และ rotary table) ถ้าเซนเซอร์ตรวจไม่พบสกรูบน linear track rotary table จะมีความเร็วช้าลงเพื่อรอให้มีการป้อนสกรูเข้ามา และ จะ กลับมามีความเร็วเท่าเดิมหลังจากมีสกรูป้อนเข้ามา 5 ตัว

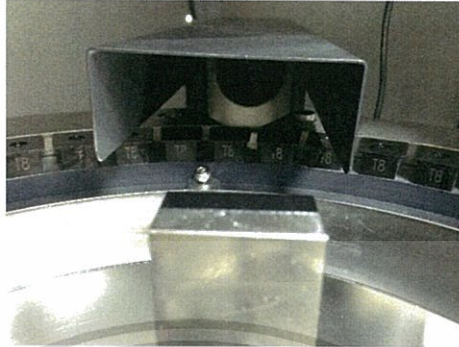


ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของ bowl feeder และ Rotary table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 Side camera1

ใช้ในการตรวจสอบความเสียหายของขนาด เช่น ความยาวของหัวสกรู เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสกรู ความยาวของก้านสกรู major diameter, ระยะ pitch, pitch diameter และ thread



ภาพที่ 2.3 แสดง side camera1

2.1.3 Top camera station

กล้องจะถูกติดตั้งไว้ที่ rotary table เพื่อส่องลงมาข้างล่างเพื่อตรวจสอบความเสียหายของพื้นผิวด้านบนสกรู ยกตัวอย่างเช่น major crack, recess deformation, ID mark บนสกรู

เมื่อสกรูเคลื่อนมาอยู่ที่ตำแหน่งตรงกับ top camera สัญญาณจะถูกส่งจากคอมพิวเตอร์ไปยัง top camera เพื่อทำการตรวจสอบสกรู Top camera1 จะทำการตรวจเช็คความเสียหายที่พบบนพื้นผิวของสกรู ซึ่ง Top camera แบ่งออกเป็น top camera1 (ตั้งอยู่ทางฝั่งซ้าย) และ top camera2 (ตั้งอยู่ทางฝั่งขวา)



ภาพที่ 2.4 แสดง Top camera1 (ฝั่งซ้าย) และ Top camera2 (ฝั่งขวา) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 Bin station

ใช้เก็บสกรูหลังจากทำการตรวจสอบด้วยกล้องแล้ว โดยแบ่งออกเป็น Reject bin ใช้เก็บสกรูที่มีลักษณะไม่ตรงตามที่ต้องการหรือเป็นสกรูที่พบว่ามีความเสียหาย Good bin ใช้เก็บสกรูที่มีลักษณะตรงตามที่ต้องการ และ Misc ใช้เก็บสกรูที่เครื่องไม่สามารถชี้วัดได้

กล่าวคือเมื่อโปรแกรมตรวจพบว่าสกรูนั้นเป็นสกรูดีที่มีลักษณะตรงตามต้องการหรือระบุแล้วว่าสกรูนั้นมีความเสียหาย ลมจากวาล์วของแต่ละbin จะกวาดสกรูออกมาจาก rotary table ให้ลงไปยัง good bin และ reject bin โดยตรงตามลำดับ และเมื่อทุก station ได้ทำหน้าที่ในส่วนนี้เรียบร้อยแล้ว rotary table ก็จะทำการ ชีวัดลักษณะของสกรูอีกครั้ง



ภาพที่ 2.5 แสดง Good-Reject bin และเส้นทางที่สกรูใช้เคลื่อนจาก rotary table ลงไปใน bin ตามลำดับ

2.2 Pneumatic system

คำว่า Pneumatic มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกโบราณ คำว่า “Pneuma” หมายถึง ลมหรือก๊าซที่มองไม่เห็น ซึ่งระบบนิวเมติก หมายถึง ระบบที่ใช้อากาศอัดและส่งไปตามทางท่อ อากาศอัดดังกล่าวคือตัวกลางในการส่งถ่ายกำลังของไหลให้เป็นพลังงานกล จากนั้นจึงใช้พลังงานกลดังกล่าวไปใช้งาน เช่น การทำให้กระบอกสูบลมหรือมอเตอร์ลมทำงาน และตัวอย่างของการนำพลังงานดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ ได้แก่ งานบรรจุหีบห่อสินค้า งาน ขนถ่ายวัสดุ เครื่องมือกลที่ใช้พลังงานลมในการขับเคลื่อน การจับยึดเพื่อเจาะชิ้นงาน และการประทับตราลงบนตัวชิ้นงาน เป็นต้น

การนำอากาศอัดมาประยุกต์ใช้งานนั้นมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อก่อให้เกิดการทำงานอย่างอัตโนมัติ (Automation) และก่อให้เกิดการประหยัดแรงงานมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องจากระบบนิวเมติกมีจุดเด่นหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ในระบบไฮดรอลิก (Hydraulic) และอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยระบบกลไกหรือระบบไฟฟ้า ซึ่งข้อดีของระบบนิวเมติก ได้แก่

- มีโครงสร้างอุปกรณ์ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน
- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ง่ายและสะดวกในการบำรุงรักษาอุปกรณ์

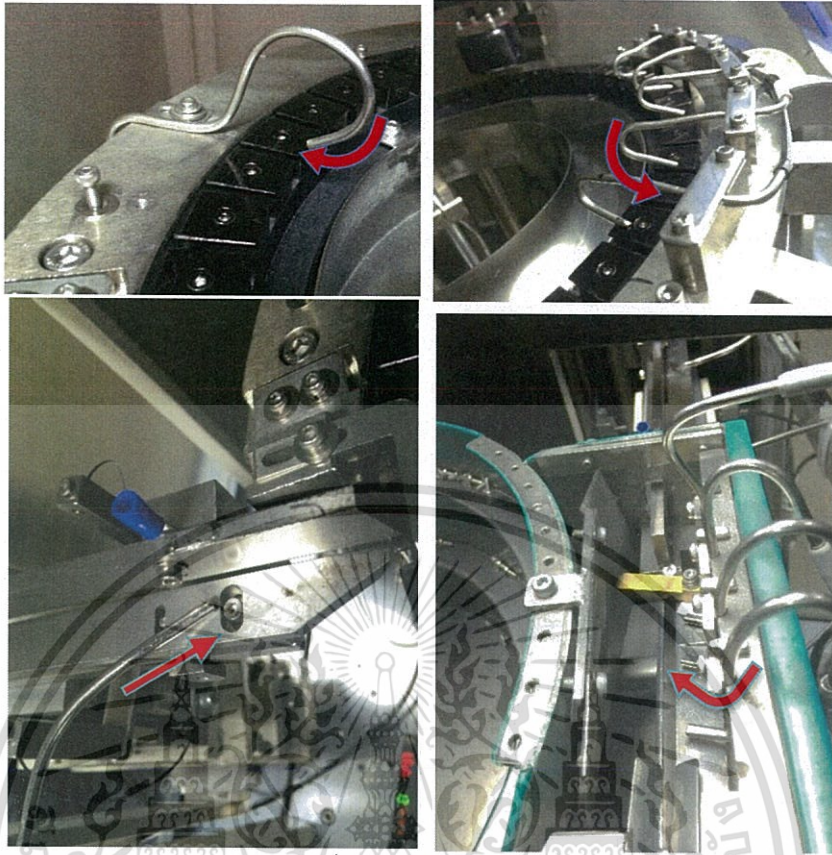
สาเหตุหลักสำคัญที่โรงงานอุตสาหกรรมนิยมนำระบบนิวเมติกมาใช้ในระบบ

1. ความปลอดภัย ระบบนิวเมติก เป็นระบบที่มีลมเป็นตัวกลางในการทำงาน จึงไม่มีการระเบิดหรือติดไฟ อันเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายจากอัคคีภัย ระบบนิวเมติกจึงช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ได้
2. ความแม่นยำและรวดเร็วในการทำงานของระบบนิวเมติก โดยปกติความเร็วในการทำงานของระบบนิวเมติกอยู่ที่ 1-2 เมตรต่อวินาที [m/s] แต่ในบางระบบที่ต้องการความเร็วในการใช้งานที่สูงกว่า ก็สามารถใช้กระบอกสูบชนิดพิเศษ ซึ่งสามารถทำความเร็วได้สูงถึง 10 เมตรต่อวินาที และเพิ่มรอบการทำงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมความเร็วได้สูงถึง 800 รอบต่อนาที [rpm]
3. ความสะอาด เนื่องจากลมที่เป็นตัวกลางในการทำงานของระบบนิวเมติกนั้นเป็นสิ่งที่สะอาด ทำให้สิ่งที่เหลือหรือถูกระบายออกจากระบบที่เกินจากความจำเป็นของระบบ เป็นสิ่งที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
4. ความง่ายในการนำมาประยุกต์ใช้กับงาน ด้วยระบบนิวเมติกนั้นสามารถเพิ่มหรือลดและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำงานร่วมกันในระบบได้ง่าย เช่น ปรับระยะก้านสูบ ขนาดกระบอกสูบ เพิ่มหรือลดความดันลม เป็นต้น
5. ความเหมาะสมในการทำงานของระบบนิวเมติก ระบบนิวเมติกนั้นเป็นระบบที่มีลมเป็นตัวกลางในการทำงาน ดังนั้นระบบนี้จึงสามารถทำงานได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

ตัวอย่างการนำเอาระบบนิวเมติกไปใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ กลไกในการจับยึดของเครื่องประกอบชิ้นส่วนในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถที่จะนำพลังงานจากอากาศอัดหรือระบบนิวเมติกมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างสะดวก โดยการติดตั้งกระบอกลมนิวเมติกเพื่อทำหน้าที่จับยึดชิ้นส่วนที่ต้องการ เป็นต้น

ซึ่งในที่นี่ได้มีการนำระบบนิวเมติกมาใช้โดยใช้แรงดันลมในการดันให้สกรูเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่างๆ เช่น เคลื่อนเข้าไปใน Rotary table เคลื่อนลงไปใน good-reject bin เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ภาพแสดงตำแหน่งของท่อลมที่บริเวณต่างๆของเครื่อง ลูกศรสีแดงแสดงทิศทางการไหลของลมเพื่อต้นสกรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Vision system

ระบบวิชั่น (Vision System) หรือบางคนอาจเรียกว่า แมชชีนวิชั่น (Machine Vision) คือระบบที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อที่จะใช้ในการตรวจสอบคุณภาพการผลิต เนื่องจากระบบนี้สามารถตรวจเช็คได้เที่ยงตรงและแม่นยำกว่าการใช้คนตรวจสอบความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ และมีความละเอียดแม่นยำกว่าสายตามนุษย์ สามารถควบคุมคุณภาพได้สม่ำเสมอต่างจากสายตามนุษย์ที่อาจมีความเหนื่อยล้า เป็นสาเหตุทำให้เกิดความผิดพลาดได้ นอกจากนี้ระบบนี้ยังสามารถตรวจเช็คคุณภาพชิ้นงานได้ตั้งแต่ช่วงแรก ๆ ของกระบวนการผลิตซึ่งบางกระบวนการคนไม่สามารถเข้าไปในพื้นที่นั้น ๆ ได้ ทำให้สามารถตัดแยกชิ้นงานที่เสียออกแต่เนิ่น ๆ ไม่ต้องปล่อยให้เสร็จสิ้นกระบวนการถึงจะมีการตรวจเช็ค เพราะถึงเวลานั้นชิ้นงานมีมูลค่าที่สูงทำให้สูญเสียต้นทุนการผลิต

“การตรวจสอบด้วยภาพ” กล่าวถึงกระบวนการของการได้มาซึ่งภาพ การวิเคราะห์บนภาพพื้นฐาน โดยกำหนดตัวแปรต่างๆ และรายงานผลการจับภาพของกล้องดิจิทัล และซอฟต์แวร์ของเซนเซอร์วิเคราะห์ภาพใช้ประโยชน์จากเครื่องมือที่เกี่ยวกับภาพเพื่อตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์ผ่านหรือไม่

เครื่องมือเกี่ยวกับการตรวจจับภาพเป็นกระบวนการทางซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์ภาพ โดยที่เซนเซอร์ตรวจจับด้วยภาพแต่ละตัวจะมีการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการหาลักษณะพิเศษในรูปภาพเพื่อที่จะตัดสินใจว่าวัตถุที่ตรวจจับผ่านหรือไม่

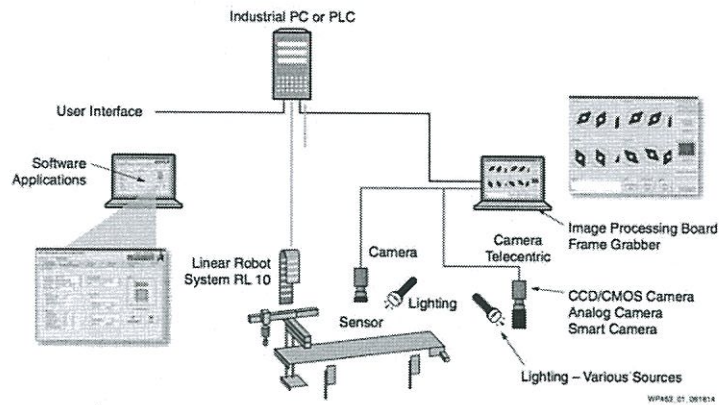
การนำระบบวิชั่นเข้าไปใช้งาน

- ตรวจเช็คตำแหน่งของวัตถุ เช่นตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์ครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ เป็นต้น
- ตรวจสอบความผิดพลาดของชิ้นงาน เช่น รอยแตกร้าวที่ผิวชิ้นงาน, การติดฉลากบนภาชนะอาหาร-เครื่องดื่ม, ปริมาณหรือระดับของเครื่องดื่มที่บรรจุขวด, สีและขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผิดเพี้ยน, การพิมพ์รูปและตัวอักษร, ตรวจเช็คสิ่งปนเปื้อนที่ผิวชิ้นงาน เป็นต้น
- วัดขนาดของชิ้นงาน
- นำทางให้หุ่นยนต์ เช่นในงานเชื่อมแนว, งานยกของ, งานหยอดกาว

การตรวจสอบด้วยภาพ มี 3 ขั้นตอน คือ

1. ตัวเซนเซอร์จะได้มาซึ่งรูปภาพของส่วนประกอบที่ต้องการตรวจจับ
2. หน่วยประมวลผลวิเคราะห์รูปภาพ
3. หน่วยประมวลผลตัดสินใจว่าให้ผ่านหรือไม่ผ่าน โดยการตรวจสอบนั้นขึ้นอยู่กับข้อกำหนดลักษณะส่วนประกอบที่ต้องการตรวจจับ และรายงานผลไปยังรายการผลิต ส่วนประกอบก็จะเข้าสู่กระบวนการผลิตหรือถูกส่งกลับหรือเอาออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบของระบบ machine vision

ส่วนประกอบของการตรวจสอบด้วยภาพ

1. แหล่งกำเนิดแสง : แหล่งกำเนิดแสงเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบการตรวจจับด้วยภาพ ความสว่างมีผลต่อเครื่องมือมากที่สุดสำหรับการทำงานให้เกิดความแตกต่างเพื่อนำไปขยายให้เห็นถึงลักษณะที่น่าสนใจ การเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับรูปร่าง, องค์ประกอบพื้นผิว, สีและความขุ่นทึบของส่วนประกอบ
2. เลนส์ : เลนส์ทำหน้าที่รวมแสงไปยังจอภาพของเซนเซอร์ โดยการตัดสินใจหลักสำหรับการเลือกเลนส์คือความยาวของจุดโฟกัส, ขอบเขตของมุมมองและการกำหนดระยะทำงาน ขอบเขตของมุมมองคือพื้นที่ของภาพที่ต้องการตรวจจับ ระยะทำงานคือระยะทางระหว่างหลังเลนส์และวัตถุเป้าหมาย
3. เซนเซอร์: เซนเซอร์ประกอบด้วยจอภาพ, หน่วยประมวลผล และอินพุต เอาท์พุต

Vision Tools

Vision tools คือ ซอฟต์แวร์เชิงตรรกะที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ภาพเซนเซอร์แบบจับภาพ ใช้กลุ่มเครื่องมือในการสร้างกระบวนการตรวจสอบ โดยสามารถเลือกใช้เพียงหนึ่งหรือหลายเครื่องมือก็ได้ ซึ่งผู้ใช้สามารถแยกและนำเอาจุดเด่นของรูปภาพมาหาได้ว่าเป็นภาพที่ต้องการหรือไม่ การตรวจสอบทุกอย่างสามารถทำได้โดย vision tool ที่แตกต่างกันด้วยภาพเพียงภาพเดียว

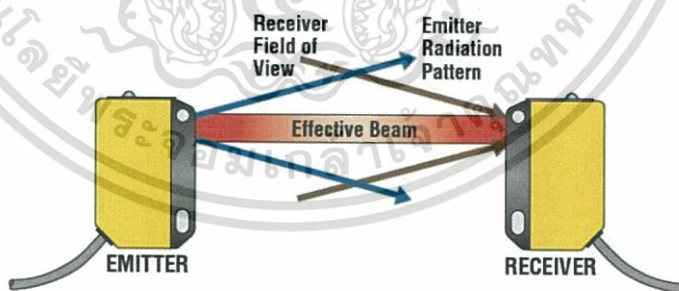
2.4 Photoelectric Sensor

โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ (Photoelectric sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว การตรวจจับวัตถุ และการตรวจสอบขนาดรูปร่างของวัตถุ เซนเซอร์ชนิดนี้ทำงานโดยที่ไม่ต้องมีการสัมผัสตัววัตถุ แต่เป็นการอาศัยหลักการส่งและรับแสง โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

- ตัวส่งแสง (emitter) ประกอบด้วย ตัวกำเนิดแสง, หลอด LED และตัวสร้างสัญญาณมอดูเลสที่อัตราเร็วสูง ส่งเป็นแสงไปยังตัวรับสัญญาณ
- ตัวรับแสง (receiver) ประกอบด้วย ตัวรับแสงเพื่อแปลงสัญญาณ และส่วนของสวิตช์ ทำหน้าที่เป็น Output
- ช่วงสัญญาณ (Range) เป็นตัวกำหนดระยะการทำงานของเซนเซอร์ หรือระยะการส่งสัญญาณ

ลักษณะการตรวจจับเกิดจากการที่ลำแสงจากตัวส่งแสง ส่งไปสะท้อนกับวัตถุหรือถูกขวางกั้นด้วยวัตถุ ส่งผลให้ตัวรับแสงรู้สภาวะที่เกิดขึ้น และเปลี่ยนแปลงสภาวะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

เซนเซอร์ประเภทนี้โดยทั่วไปจะมีระยะการตรวจจับที่ 0-200 เมตร เป็นเซนเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานที่ต้องการความเร็วในการตรวจจับ และงานที่ไม่ต้องการสัมผัสกับตัววัตถุ. แต่จะไม่ค่อยเหมาะกับการติดตั้งในบริเวณที่มีฝุ่นเยอะ หรืองานที่มีสารเคมีที่สามารถกัดกร่อนอย่างรุนแรงได้ เนื่องจากจะทำให้ระยะในการตรวจจับและความแม่นยำในการตรวจจับลดลงเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะของPhotoelectric sensor โดย Effective beam คือ แสงที่ใช้ในการตรวจจับ, Radiation pattern คือ พื้นที่ทั้งหมดของการส่งพลังงานออกมาเพื่อตรวจจับ และ Field of view คือ พื้นที่ของการตอบสนองการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโตอิเล็กทริกเซนเซอร์ แบ่งตามลักษณะการตรวจจับและตำแหน่งการติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสง ได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.4.1 ประเภทตรวจจับโดยตรง (diffuse-reflective optical sensor)

2.4.2 ประเภทลำแสงสะท้อนกลับ (retro-reflective optical sensor)

2.4.3 ประเภทลำแสงผ่านตลอด (through-beam optical sensor)

ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเซ็นเซอร์ประเภทลำแสงผ่านตลอด เนื่องจากเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในเครื่องจักร ช่างต้น

เซ็นเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด (through-beam optical sensor)

เป็นเซ็นเซอร์แสง (optical sensor/photo sensor) ที่อาศัยวิธีการตัดต่อลำแสงเมื่อมีวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่ผ่านระหว่างตัวรับและตัวส่ง เซ็นเซอร์ประเภทนี้ติดตั้งตัวส่งแสงกับตัวรับแสงแยกกันโดยจะวางให้อยู่ตรงข้ามกัน และต้องจ่ายไฟให้ทั้งตัวส่งและตัวรับ เป็นเซ็นเซอร์ชนิดใช้แสงที่มีระยะการตรวจจับไกลที่สุด

ในสภาวะการทำงานปกติตัวรับ Receiver จะสามารถรับสัญญาณแสงจากตัวส่ง Emitter ได้ตลอดเวลาโดยเซ็นเซอร์แบบนี้จะทำหน้าตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ตัดผ่านหน้าเซ็นเซอร์ ซึ่งวัตถุหรือชิ้นงานที่ผ่านหน้าเซ็นเซอร์จะขวางลำแสงที่ส่งจากตัวส่ง Emitter ไปยังตัวรับ Receiver

เมื่อลำแสงไม่สามารถถึงตัวรับ จะทำให้วงจรภายในรับรู้ได้ว่า มีวัตถุหรือชิ้นงานขวางอยู่ ทำให้สถานะของเอาต์พุตของตัวรับเปลี่ยนแปลงไป โดยเราเรียกลักษณะการทำงานแบบนี้ว่า Dark On หรือ Dark Operate



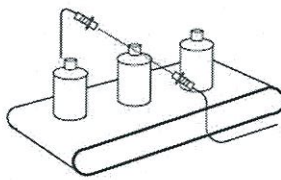
ภาพที่ 2.9 แสดงการทำงานของ Through beam sensor

อย่างไรก็ตาม เซ็นเซอร์ประเภทนี้ติดตั้งยาก และมีราคาสูงกว่าประเภทตรวจจับโดยตรงและลำแสงผ่านตลอด โดยสีและความมันวาวของวัตถุไม่มีผลต่อการตรวจจับ สามารถตรวจจับได้เฉพาะวัตถุที่มีลักษณะพื้นผิว ทึบแสงเท่านั้นไม่สามารถตรวจจับวัตถุที่มีสภาพผิวโปร่งแสงได้ ข้อควรระวังสำหรับการติดตั้งเซ็นเซอร์แสงประเภทนี้คือต้องปรับตั้งศูนย์ของตัวรับและตัวส่งให้ตรงกันเสมอ

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอดในงานอุตสาหกรรม ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตรวจสอบที่หัวสเปร์ยว่ามีจุลพลาสติกครอบอยู่บนแถบเหล็กหรือไม่ (ดังรูป)



ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์ใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด

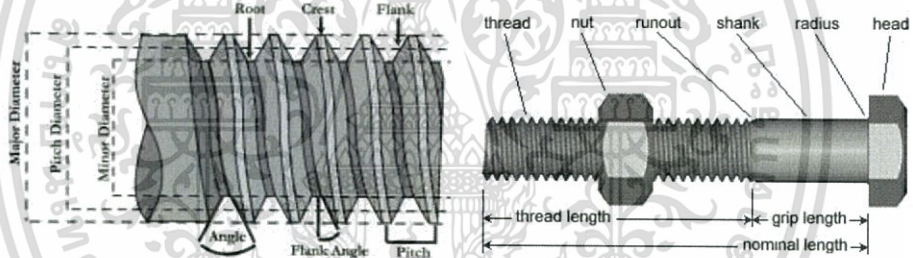
- การควบคุมปริมาณของผลิตภัณฑ์อาหารบนสายพานลำเลียง (conveyor) ด้วยเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประเภทลำแสงผ่านตลอด โดยติดตั้งตัวรับแสงและตัวส่งแสงในลักษณะแยกออกจากกันบริเวณหน้าช่องควบคุมปริมาณ เมื่อผลิตภัณฑ์เคลื่อนที่มาอัดตัวกันบริเวณหน้าช่องควบคุมสูงเกินกว่าระยะที่กำหนดไว้ ผลิตภัณฑ์จะดุดกสีนแสงจากตัวส่งแสงไว้ ทำให้แสงไปไม่ถึงตัวรับแสง จากนั้นระบบจะทำการส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุมให้ชะลอการลำเลียงผลิตภัณฑ์โดยการปรับลดความเร็วของสายพาน
- การตรวจนับจำนวนผลิตภัณฑ์



2.5 สกรู

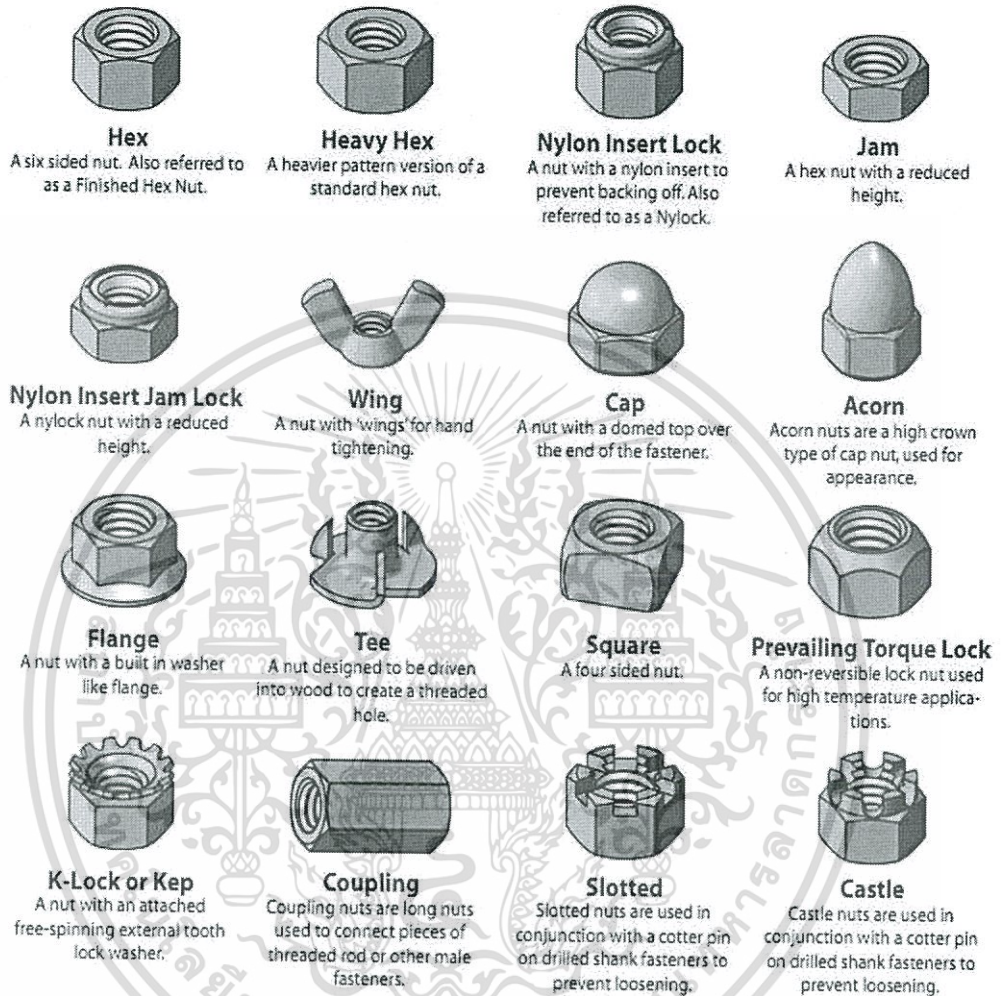
สกรูเป็นอุปกรณ์จับยึดชนิดหนึ่ง มีลักษณะคล้าย bolt ทำมาจากโลหะ แบ่งประเภทตามลักษณะของเกลียว รู้จักกันในนามของสกรูตัวผู้ (External thread) สกรูบางประเภทถูกออกแบบมาให้ใช้งานร่วมกับสกรูอีกตัว หรือที่เรียกว่าสกรูตัวเมีย (Internal thread) มักอยู่ในรูปแบบของ nut หรือวัสดุที่มีเกลียวอยู่ด้านใน และสกรูบางประเภทถูกออกแบบมาให้เจาะเป็นร่องเกลียวลงไปบนเนื้อวัสดุเมื่อมีการนำสกรูนั้นใส่ลงไป ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว สกรูจะถูกนำมาใช้เพื่อจับยึดวัตถุเข้าด้วยกันและเพื่อยึดตำแหน่งของวัตถุ

สกรูมีลักษณะคือ มีหัวอยู่ที่ปลายฝั่งหนึ่งโดยส่วนหัวจะมีรูปร่างลักษณะเฉพาะต่อการหมุนหรือขันด้วยเครื่องมือ วัสดุที่ใช้ในการขันสกรูคือ screwdriver และ wrench โดยหัวของสกรูจะมีขนาดใหญ่กว่าตัวสกรูเพื่อไม่ให้สกรูถูกขันลงไปลึกกว่าความยาวของสกรูและเพื่อยึดติดกับพื้นผิว (แต่มีข้อยกเว้นสำหรับสกรูบางประเภท) ส่วนของสกรูที่เป็นรูปร่างทรงกระบอกนับจากบริเวณด้านใต้ของหัวสกรูลงไปเป็นส่วนของก้าน ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นเกลียวทั้งหมดหรือไม่ก็ได้ และระยะห่างระหว่างเกลียวนั้น เรียกว่า pitch

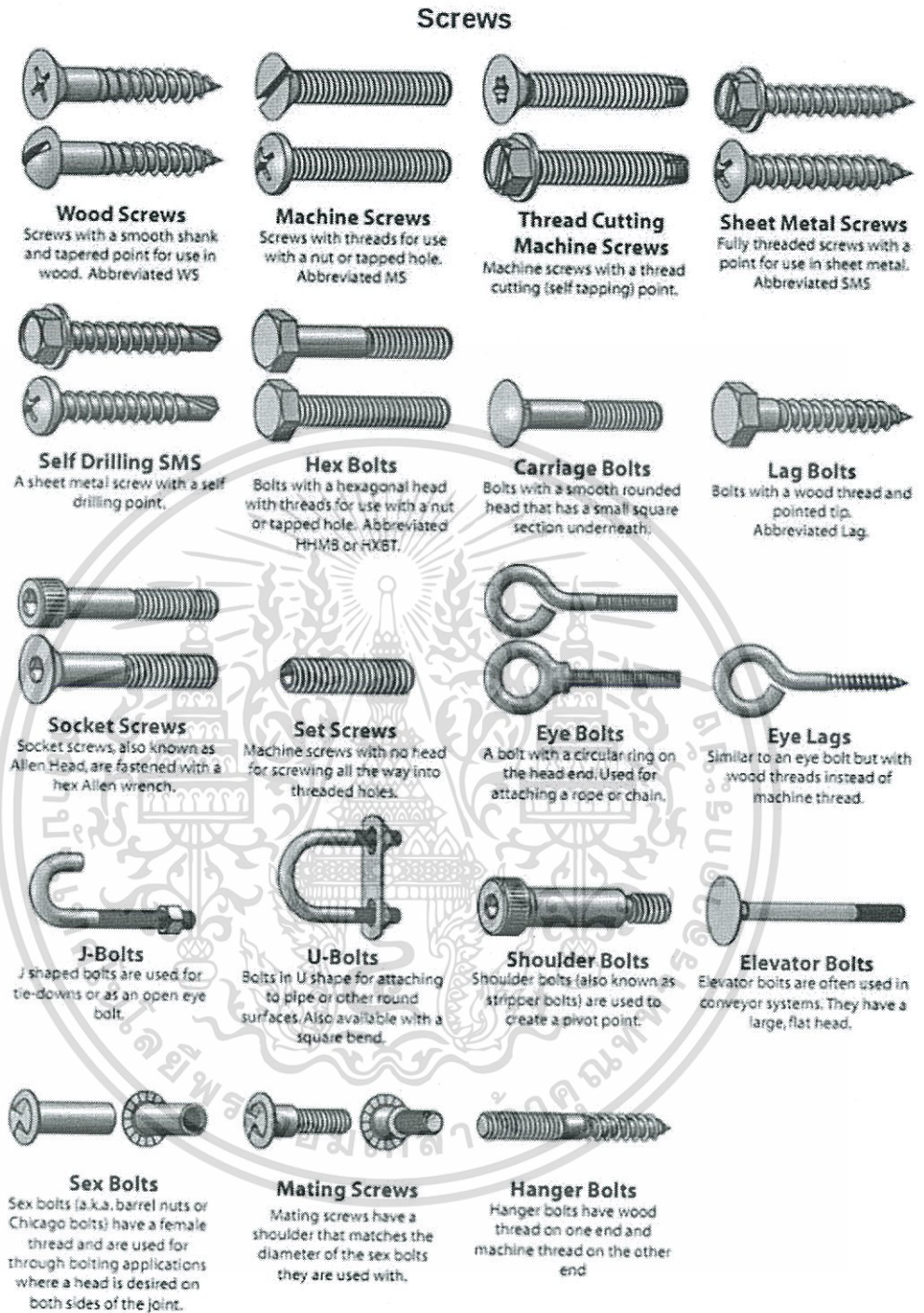


ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะของ screw และ bolt ตามลำดับ

Nut Types



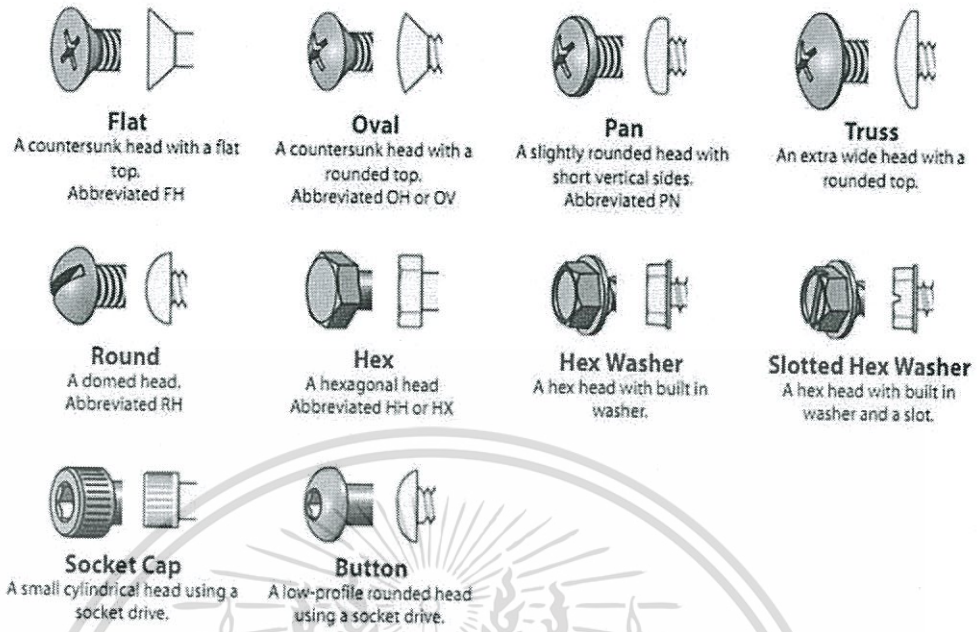
ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะของ Nut ประเภทต่างๆหรือที่เรียกว่า สกรูตัวเมียหรือน็อตตัวเมีย



ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะของ Screw และ Bolt ประเภทต่างๆ

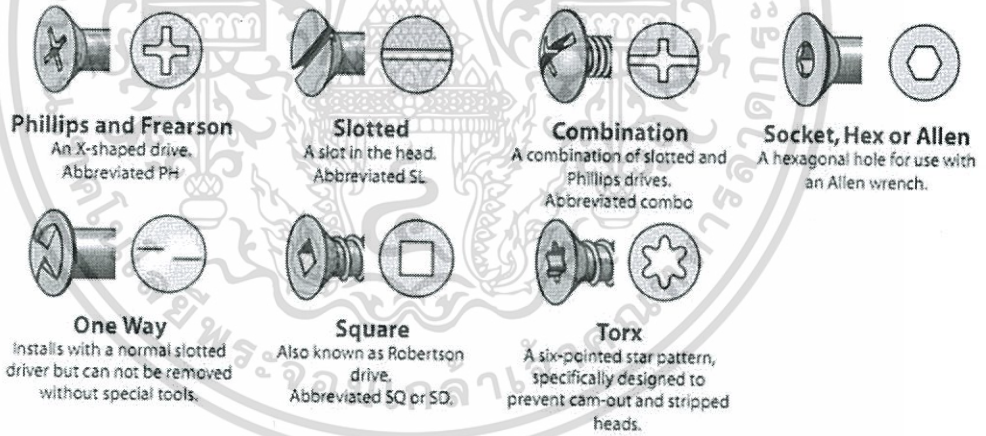
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Head Style



ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะของหัวสกรูประเภทต่างๆ

Drive Types

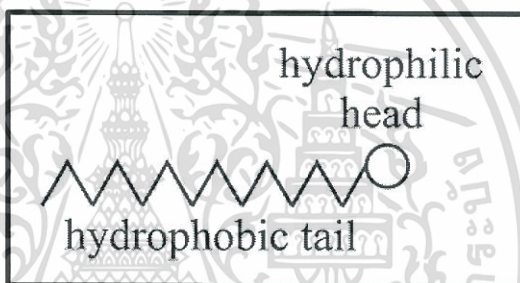


ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะของหัวสกรูที่ต้องใช้ไขควงในการขัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

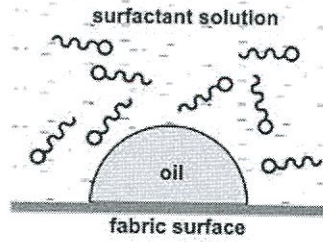
2.6 สารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิว หรือ Surface Active Agent มีชื่อเรียกโดยทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ว่า “Surfactant” สารลดแรงตึงผิวเดิมที่เดิยมาจากภาษาเยอรมันว่า Tensid ซึ่งตั้งโดยนักเคมีชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1960 สารลดแรงตึงผิวส่วนใหญ่เป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic group) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group) ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ส่วนที่ไม่ชอบน้ำมักจะเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน คือมีธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนใหญ่จะมาจากไขมันและน้ำมันตามธรรมชาติ รวมทั้งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมและโพลีเมอร์สังเคราะห์ ลักษณะที่สำคัญของสารลดแรงตึงผิวคือเมื่อใส่สารลดแรงตึงผิวเพียงเล็กน้อยลงในน้ำ สารลดแรงตึงผิวจะไปลดแรงตึงผิวของน้ำเพื่อให้เกิดกระบวนการต่างๆ อย่างขึ้น เช่น การเกิดฟอง การทำให้เปียก และกระบวนการทำความสะอาด เป็นต้น ส่วนที่ไม่ชอบน้ำจะพยายามหนีน้ำโดยไปเกาะกับพื้นผิวที่ว่าง เช่น อากาศ ส่วนที่ชอบน้ำจะยังคงอยู่ในน้ำ



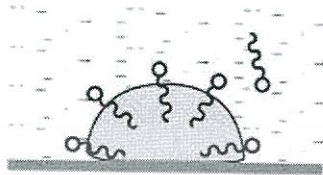
ภาพที่ 2.16 แสดงองค์ประกอบของสารลดแรงตึงผิว

การทำงานของสารลดแรงตึงผิวคือ ส่วนที่ชอบน้ำจะทำการจับน้ำและส่วนที่ชอบน้ำมันจะทำการจับสิ่งสกปรกพวกไขมันที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกไปแล้วแขวนลอยอยู่ในน้ำ



The surfactant contains molecules with hydrophilic and hydrophobic portions.

hydrophilic hydrophobic



Surfactant molecules are absorbed into the surface of the oil and so remove it from the fabric surface.



The surfactant molecules remain surrounding the oil once it has been removed, so helping to prevent its redeposition onto the cleaned surface.

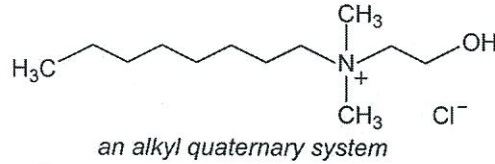
ภาพที่ 2.17 แสดงการทำงานของสารลดแรงตึงผิว

สารลดแรงตึงผิวสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภทซึ่งแบ่งตามลักษณะหรือประจุของส่วนที่ชอบน้ำ ได้แก่

2.6.1. Cationic surfactant

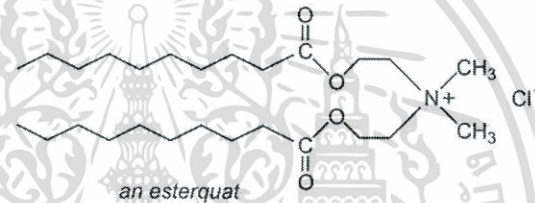
เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic ให้ประจุบวก ส่วนมากมักจะเป็นพวก quaternary ammonium สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้จะไม่สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นด่างสูง (pH10 -11) เนื่องจาก ammonium salt จะมีการสูญเสียประจุบวก ทำให้เกิดการตกตะกอนได้ สารลดแรงตึงผิวประเภท cationic จะทำให้เกิดการระคายเคืองมากกว่าสารลดแรงตึงผิวประเภท anionic นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ยาสีฟัน น้ำยาปรับผ้านุ่ม ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการจัดแต่งทรงผม เป็นต้น cationic surfactant แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.6.1. Mono alkyl quaternary systems คือจะมีหมู่ alkyl group เชื่อมติดกับอะตอมของไนโตรเจน



ภาพที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของ cationic surfactant ประเภท Mono alkyl quaternary

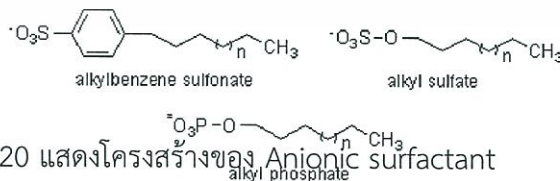
2.6.1.2 Esterquats มีพันธะ ester ระหว่างหมู่ alkyl กับส่วนหัวที่เป็น quaternary group ทำให้สามารถย่อยสลายได้และเป็นพิษน้อยกว่า



ภาพที่ 2.19 แสดงโครงสร้างของ cationic surfactant ประเภท Esterquats

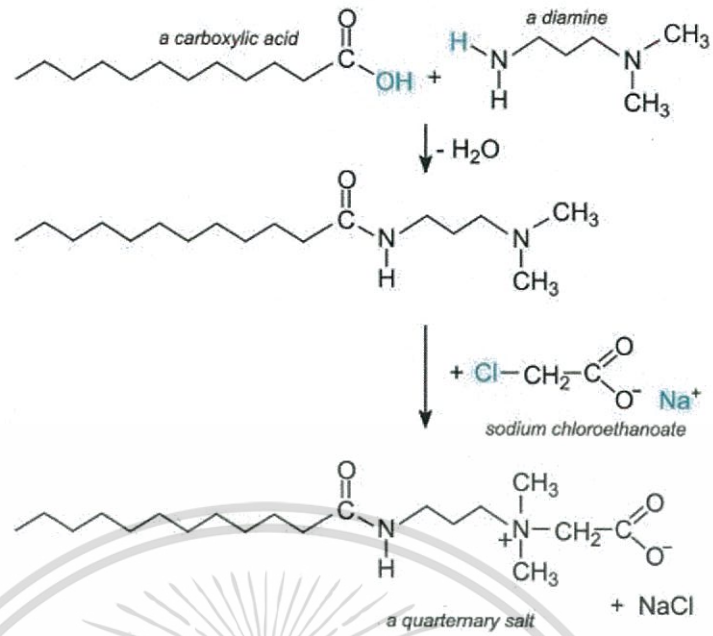
2.6.2 Anionic surfactant

เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ประจุไฟฟ้าบน hydrophilic ให้ประจุลบ ส่วนมากแสดงอยู่ในรูปของ carboxylate, sulfate, sulfonate หรือ phosphate สารลดแรงตึงผิวประเภทนี้ใช้มากในอุตสาหกรรมประเภท ผงซักฟอกทำความสะอาด น้ำยาล้างถ้วยชาม เป็นต้น โดยใช้มากถึง 49% ของสารลดแรงตึงผิวทั้งหมด เนื่องจากสามารถขจัดคราบสกปรกได้ดี ยกตัวอย่างเช่น ได้แก่ Sodium dodecyl sulphate (SDS) ซึ่งมีสูตรโมเลกุล คือ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{SO}_4\text{Na}^+$



ภาพที่ 2.20 แสดงโครงสร้างของ Anionic surfactant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.22 แสดงโครงสร้างของ Amphoteric surfactant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 Ultrasonic cleaner

คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงความถี่สูงมากกว่า 20 กิโลเฮิร์ตซ์ จนถึง 106 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่หูของคนปกติไม่สามารถได้ยิน เพราะหูของคนปกติได้ยินเสียงในช่วงความถี่ 16–16,000 เฮิร์ตซ์ ความถี่ที่สูงนี้ก่อให้เกิดทั้งผลทางเคมี (chemical effect) ผลทางชีววิทยา (biological effect) และผลทางฟิสิกส์ (physical effect) ในรูปแบบต่าง ๆ กล่าวคือ คลื่นเสียงอัลตราโซนิกที่มีความแรงมากจะทำให้เกิดฟองอากาศ เกิดความดันสูง และเกิดความร้อนเฉพาะที่ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของเลือด ตัวอ่อนในครรภ์ เกิดความผิดปกติ เกิดการทำลายเอนไซม์ ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย การเลือกทำลายเฉพาะเซลล์มะเร็ง ทำให้เส้นประสาทเกิดความร้อนได้มากกว่าเนื้อเยื่ออื่นๆ และมีผลต่อการทำงานของหัวใจ เป็นต้น สำหรับผลทางเคมีพบว่าทำให้เกิดการออกซิเดชัน (oxidation) การสลายตัว (decomposition) การเปล่งแสง (luminescence) การเกิดผลึก (crystallization) ฯลฯ. ส่วนผลทางฟิสิกส์มักเป็นผลรวมทางตรงหรือทางอ้อมที่เกิดจากผลทางเคมีและผลทางชีววิทยาดังกล่าวข้างต้น ได้แก่การเกิดฟองอากาศ เกิดความร้อน เกิดความดัน และเกิดหมอก (fog) เป็นต้น

คลื่นเสียงอัลตราโซนิกเป็นคลื่นเสียงที่ค่อนข้างปลอดภัย ไม่ก่อมลภาวะ มีราคาถูกลง และมีคุณสมบัติที่หลากหลายขึ้นอยู่กับความถี่ (ตารางที่ 2.1) ทำให้คลื่นเสียงอัลตราโซนิกถูกนำมาประยุกต์ใช้งานมากมาย ทั้งในด้านการแพทย์ ด้านการสื่อสาร ด้านอุตสาหกรรม รวมทั้งใช้ในชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 2.1 แสดงผลของความถี่ต่างๆ ของคลื่นเสียงอัลตราโซนิก

ความถี่ (กิโลเฮิรตซ์)	ผล	ความถี่ (กิโลเฮิรตซ์)	ผล
3	Cavitation	330	มีผลต่อไวรัสมาก
4,8	Depolymerization	350	Depolymerization
5,7	ผลต่อไวรัสเล็กน้อย	365	Cavitation
8	Dispersion	380	การเกิดตะกอน
9	Cavitation		ผลทางเคมี
	Depolymerization	395	Emulsion
15	Cavitation	400	Depolymerization
20-100	Depolymerization	500	การเปล่งแสง
25	Cavitation	530	Degassing
100-500	ผลทางเคมี	575	Cavitation
175	Cavitation	600-700	Emulsion
194	Degassing		Dispersion
200-500	Emulsion	722	Depolymerization
200-840	ผสมสารละลาย	800	Cavitation
214	Degassing	1160	Emulsion (น้อย)
	Cavitation	4,250-15,000	ไม่เกิด cavitation
	Emulsion		
284	Depolymerization		
289	ผลทางเคมี		
300	Cavitation		
	Depolymerization		
	ผลทางเคมี		
	ผลทางฟิสิกส์		

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ การนำคลื่นเสียงอัลตราโซนิกมาใช้เป็นเครื่องล้างในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากในปัจจุบันเครื่องล้างอัลตราโซนิกถูกนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการอย่างแพร่หลาย เพราะเครื่องมือมีราคาถูกลง และในเชิงวิชาการมีข้อดีว่าการล้างด้วยมืออยู่หลายประการคือ

1. มีประสิทธิภาพในการล้างสูง ตัวอย่างเช่น จากการทดลองเปรียบเทียบการล้างกำจัดสารกัมมันตรังสีออกจากผิวเหล็กกล้าไร้สนิม พบว่าเครื่องล้างอัลตราโซนิกสามารถกำจัดสารกัมมันตรังสีออกได้ถึงร้อยละ 99.5-100 ในขณะที่การขัดถูด้วยมือกำจัดออกได้เพียงร้อยละ 92 หรือจากทดลองล้างคอนแทคเลนส์ (contact lens) พบว่าสามารถกำจัดคราบโปรตีนบนคอนแทคเลนส์ ได้สะอาดเท่ากับการล้างด้วยเอ็นไซม์เป็นต้น

2. เหมาะสมสำหรับการล้างสิ่งของขนาดเล็กที่มีซอกหรือรูเล็ก ๆ ซึ่งถ้าใช้มือล้างจะเสียเวลามาก และอาจล้างไม่สะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เหมาะสมสำหรับล้างอุปกรณ์ที่แตกหักหรือเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย ตัวอย่างเช่น คิวเวทท์ที่ทำด้วยควอทซ์

4. สามารถฆ่าเชื้อโรคบางชนิด เช่น เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส เมื่อเลือกใช้ความถี่และใช้น้ำยาล้างที่เหมาะสม

5. ช่วยรักษาสภาพแวดล้อม เพราะการล้างด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิกจะใช้น้ำและสารชะล้าง (detergent) ในปริมาณน้อย และสารชะล้างส่วนใหญ่เป็นสารชะล้างที่ถูกล่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradable detergent) ได้ง่าย

2.7.1 หลักการทำความสะอาด

สิ่งสกปรก เช่น รอยนิ้วมือ ไขมัน ออกไซด์ สนิม เกลือ คราบโปรตีน ฯลฯ ซึ่งติดอยู่ที่ผิวภาชนะโดยการ ดูดซับ(adsorption) หรือการอุดตัน(occlusion) ถูกกำจัดออกโดยวิธีการอย่างน้อย 3 วิธี คือ

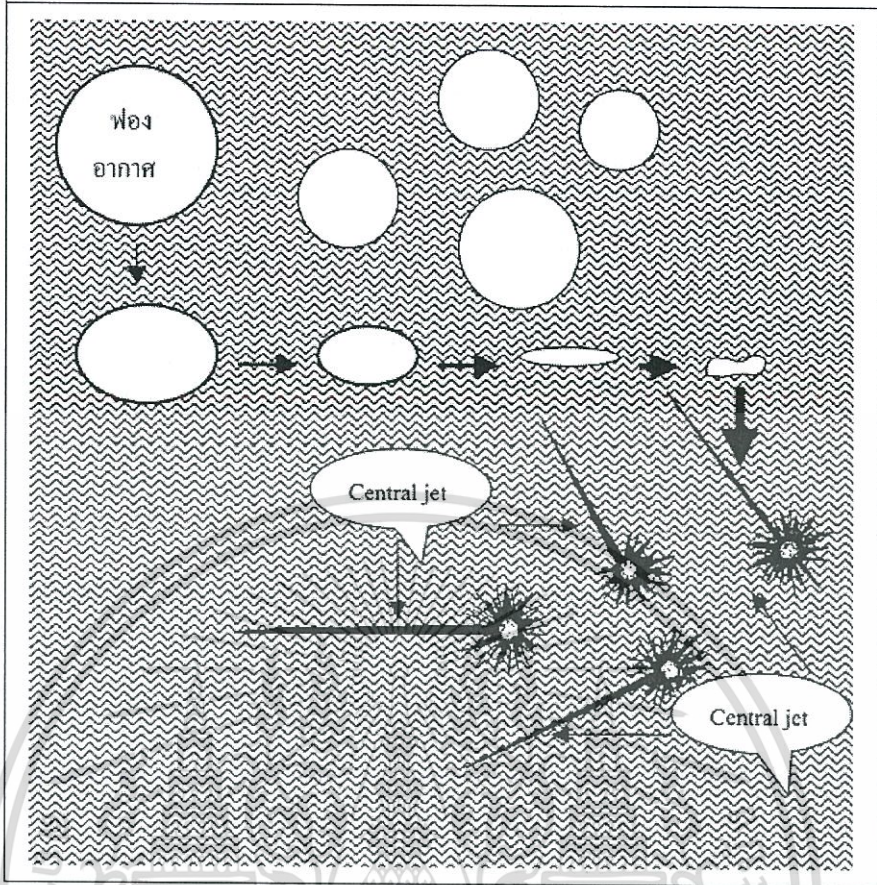
2.7.1.1. คลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดและสลายฟองอากาศขนาดเล็ก จำนวนมากอย่างรวดเร็วเรียกกระบวนการนี้ว่า cavitation ฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีขนาดแตกต่างกัน มีทั้งชนิดที่เกิดขึ้นแล้วแตกทันที (temporary bubble) และชนิดที่เป็นฟองอยู่ระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงแตก (stable bubble) การแตกของฟองอากาศจะเกิดแรงดันต่อผิวภาชนะที่สัมผัสทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากผิวภาชนะ

ปรากฏการณ์ดังกล่าวแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะคือ

2.7.1.1.1 ระยะเริ่มต้น (initial phase) หรือ bubble phase เป็นระยะสร้างฟองอากาศขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทำให้เกิดความดัน 2 ทิศทาง (dielectric pressure) ที่ตรงกันข้าม ทำให้เกิดฟองสุญญากาศ (vacuum bubble) เนื่องจากมีนิวเคลียสซึ่งอาจเป็นไอน้ำที่เกิดจากโครงสร้างโมเลกุลของน้ำถูกทำลาย หรือเป็นแก๊สที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อน หรือเป็นอนุภาคขนาดเล็ก (5×10^{-5} - 10^3 ซม.) อยู่ในตัวกลาง

2.7.1.1.2 ระยะทำลายฟองขนาดใหญ่ (catastrophic phase) โดยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก ทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กไม่กี่ไมครอนจนถึงหลายร้อยไมครอน จำนวนนับล้านฟอง

2.7.1.1.3 ระยะสุดท้าย (final phase) เป็นระยะสร้างความดันสูง เกิดขึ้นเนื่องจากฟองอากาศยุบตัวแตกออก (collapse) แล้วเกิดแรงดันของของเหลว (hydrostatic pressure) พุ่งออกมาเป็นลำจากฟองอากาศแต่ละฟองที่เรียกว่าเซนทรัลเจท (central jet) ซึ่งมีความดันสูงถึง 1,800 atm (ภาพที่ 2.23)



ภาพที่ 2.23 แสดงการเกิดแรงดันของของเหลวเนื่องจากการแตกของฟองอากาศขนาดเล็ก

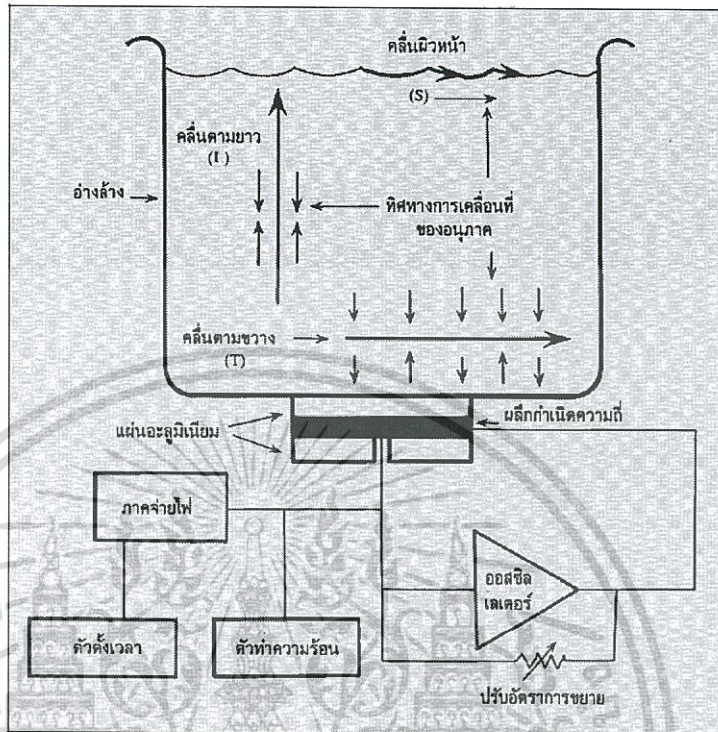
ดังนั้นถ้าใช้ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์จะมีแรงดันกระทำต่อผิวภาชนะและสิ่งสกปรก ในความเร็วถึง 40,000 ครั้ง/วินาทีและถ้าวัดอุณหภูมิภายในฟองอากาศแต่ละฟองพบว่ามีความถี่สูงถึง 2,000-5,000 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตามจำนวนฟองอากาศ และแรงระเบิดของฟองอากาศซึ่งนอกจากจะขึ้นอยู่กับความถี่และความแรงของคลื่นเสียงอัลตราโซนิกแล้ว ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวกลาง กล่าวคือถ้าอุณหภูมิสูงกว่า จำนวนฟองอากาศจะเกิดมากแต่แรงดันของของเหลวจะน้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความดันและปริมาณแก๊สในตัวกลาง ซึ่งถ้ามีมากจะทำให้เกิดฟองอากาศได้น้อยลง

2.7.1.2. ความเร่งของของเหลว (acceleration of cleaning fluid) ผลดังกล่าวเกิดจากคลื่นเสียง อัลตราโซนิก และแรงดูดตามรูเล็ก (capillary suction) ทำให้ของเหลวซึ่งเป็นตัวกลางเกิดความเร่งกระทำต่อผิวภาชนะและสิ่งสกปรก

2.7.1.3. ผลจากความร้อน (thermal effect) ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวกลางจะทำให้สิ่งสกปรกซึ่ง ส่วนใหญ่ละลายได้มากขึ้นองค์ประกอบและคุณสมบัติ

2.7.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติ

เครื่องล้างอัลตราโซนิคมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ดังนี้(ภาพที่ 2.24)



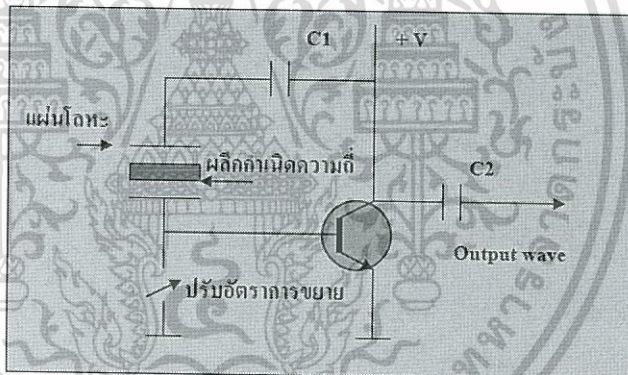
ภาพที่ 2.24 องค์ประกอบของเครื่องล้างอัลตราโซนิค

2.7.2.1. อ่างล้าง มักพบในรูปของอ่าง 2 ชั้น ชั้นในทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดที่ทนต่อการกัดกร่อนได้ดี นิยมทำให้ผิวเรียบ ตามมุมมีลักษณะโค้งมน เพื่อความสะดวกในการทำสะอาดอ่างล้าง การออกแบบคำนึงถึงความแรงของคลื่นเสียงที่จะกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วอ่างล้าง อ่างชั้นนอกทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม อะลูมิเนียม หรือพลาสติก มีหน้าที่ป้องกันความเสียหายของผลึก กำเนิดความถี่และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ภายในตัวอ่างอาจพบท่อระบายน้ำ (drain tap) เพื่อความสะดวกในการถ่ายน้ำในอ่างล้างทิ้ง หรือใช้สำหรับการล้างแบบต่อเนื่องที่ปล่อยให้ น้ำไหลผ่านออกตลอดเวลา

2.7.2.2. ตัวกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิค (ultrasonic transducer) ประกอบด้วยแผ่นโลหะประกบกับแผ่นผลึก(crystal) กำเนิดความถี่ นิยมใช้แผ่นโลหะที่เป็นส่วนผสมของ ตะกั่ว เซอโคเนียม และไททาเนียม (lead zirconate titanate compound) เนื่องจากแข็งแรง มีราคาถูก และให้พลังงานเสียงได้สูงมากถึง 100 วัตต์/ตารางเซนติเมตร ในปัจจุบันนิยมใช้ผลึกควอตซ์ (quartz crystal) เป็นผลึกกำเนิดความถี่ เพราะมีราคาถูกและมีการขยายตัวน้อยเมื่อถูกความร้อน ผลึกกำเนิดความถี่มีคุณสมบัติเป็นพิโซอิเล็กทริก (piezoelectric) กล่าวคือเมื่อผลึกถูกบดงจะเกิดกระแสไฟฟ้า และในทางตรงกันข้ามเมื่อผลึกได้รับกระแสไฟฟ้าจะสร้างความถี่ที่คงที่ขึ้น ดังนั้นจึงเรียกตัวกำเนิดคลื่นเสียงอัลตราโซนิคที่ใช้ผลึกชนิดนี้ว่า พิวโซอิเล็กทริก ทรานสดิวซ์เซอร์ (piezoelectric transducer, PZT) ความถี่ของผลึกขึ้นอยู่กับความหนาของผลึก ตัวอย่างเช่น ผลึก barium titanate ที่หนา 0.1 นิ้ว และ 1 นิ้วจะสร้างความถี่ 1 เมกะเฮิรตซ์ และ 100 กิโลเฮิรตซ์ตามลำดับ ผลึกของ

lithium sulphate สร้างความถี่ 2.25 เมกะเฮิร์ตซ์เมื่อมีความหนา 0.045 นิ้ว และสร้างความถี่ 5 เมกะเฮิร์ตซ์ เมื่อมีความหนา 0.0214 นิ้ว เป็นต้น นอกจากนี้คุณสมบัติที่สูงขึ้นมีผลทำให้ความถี่ของผลึกเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับขนาดของผลึกกำเนิดความถี่ที่ตัดออกมาจากก้อนผลึก การติดผลึกกำเนิดความถี่กับแผ่นโลหะ และการติดแผ่นโลหะกับกันอย่างถาวรติดให้สนิทไม่ให้มีฟองอากาศด้วยอีพอกซี เพื่อให้การนำคลื่นเสียงมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่เครื่องลำอัลตราโซนิกบางชนิดอาจติดตั้งแบบไม่ถาวรสามารถถอดออกมาเปลี่ยนได้ ซึ่งอาจทำให้การนำคลื่นเสียงเข้าสู่อย่างมีประสิทธิภาพลดลง จำนวนของตัวกำเนิดคลื่นความถี่อาจมีมากกว่า 1 ตัว เพื่อเพิ่มความแรงของคลื่นเสียง หรือเพื่อกระจายคลื่นเสียงให้ทั่วทั้งอ่างล้าง

2.7.2.3. ออสซิลเลเตอร์ (oscillator) เป็นวงจรขยายสัญญาณป้อนกลับแบบบวก (positive feedback) โดยที่สัญญาณออก (output signal) ถูกป้อนกลับเสริมเฟสกับสัญญาณเข้า (input signal) ซึ่งในที่นี้เป็นสัญญาณความถี่ที่เกิดจากผลึกเมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า ออสซิลเลเตอร์จะขยายความถี่ให้แรงขึ้น ด้วยการควบคุมแรงดัน (โวลต์) ที่จ่ายให้กับทรานซิสเตอร์ (ภาพที่ 2.25) ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนค่าความถี่สามารถทำได้โดยการปรับค่าความจุของตัวเก็บประจุที่ต่อกับผลึกกำเนิดความถี่



ภาพที่ 2.25 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์อย่างง่าย

2.7.2.4. ตัวกลาง (medium) เครื่องลำอัลตราโซนิกส่วนใหญ่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการพาคลื่นเสียงไปยังสิ่งสกปรก เมื่อคลื่นเสียงผ่านจากกันอย่างเข้าสู่ตัวกลาง การอัด (compression) และการขยาย (expansion) ของคลื่นเสียงก่อให้เกิดคลื่นได้ 4 ลักษณะคือ

2.7.2.4.1 คลื่นตามยาว(longitudinal wave, L) เป็นคลื่นเสียงส่วนใหญ่ของคลื่นเสียงทั้งหมดเคลื่อนที่ได้ดีในตัวกลางเกือบทุกชนิด ตัวอย่างเช่น มีความเร็วในน้ำบริสุทธิ์เท่ากับ 1.43×10^5 ซม./วินาที ในแก้วเท่ากับ $3.4 - 5.9 \times 10^5$ ซม./วินาที ในอากาศเท่ากับ 0.331×10^5 ซม./วินาที และในเหล็กเท่ากับ 5.81×10^5 ซม./วินาที เป็นต้น ความเร็วในการเคลื่อนที่ (velocity, V) ขึ้นอยู่กับความถี่ (frequency, f) และความยาวคลื่น (wavelength, λ) ตามความสัมพันธ์ $V = \lambda f$ แต่ความเร็วของคลื่นเสียงเป็นสัดส่วนผกผันกับความหนาแน่น ความกว้างและความยาวของวัตถุที่เป็นของแข็ง คลื่นตามยาวทำให้อนุภาคของสิ่งสกปรกเกิดการเคลื่อนที่ ในแนวขนานกับทิศทางเคลื่อนที่ของคลื่นตามยาว (ภาพที่ 2.23) เมื่อคลื่นเสียงไปกระทบกับอนุภาคขนาดใหญ่ (เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่น) จะเกิดแรงผลักและการสะท้อนกลับ(reflection)ของคลื่นเสียง แต่ถ้าคลื่นเสียงไปกระทบกับอนุภาคขนาดเล็ก (เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวคลื่น) จำนวนมากจะก่อให้เกิดการกระจาย(scattering) ของคลื่นเสียง ทำให้คลื่นเสียงสูญเสียพลังงานไปบางส่วน

2.7.2.4.2 คลื่นตามขวาง (transverse wave, หรือ shear wave) เป็นคลื่นเสียงที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตัดทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตามยาว การตัดกันของคลื่นเสียงทั้งสองอาจทำมุมเท่าใดก็ได้คลื่นตามขวางเกิดเฉพาะในวัตถุที่เป็นของแข็งเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ผิวอ่างล้าง และผิวภาชนะ ที่นำมาล้างเป็นต้น คลื่นตามขวางเคลื่อนที่ในระยะทางสั้น ๆ ด้วยความเร็วประมาณครึ่งหนึ่งของคลื่นตามยาว ผลของคลื่นนี้ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวาง (ภาพที่ 2.23)

2.7.2.4.3 คลื่นผิวหน้า (surface wave, S) เป็นคลื่นที่เกิดจากการผสมของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวางเกิดเป็นคลื่นเสียงที่ผิวหน้าตัวกลาง มีความเร็วในการเคลื่อนที่ช้ากว่าคลื่นตามขวางประมาณ 10 เท่า คลื่นผิวหน้าทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ในแนวขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวหน้าในตัวกลางส่วนที่อยู่ต่ำกว่าผิวตัวกลาง คลื่นผิวหน้าจะมีน้อยลงตามระดับความลึกของตัวกลางเมื่อวัดจากผิวหน้า (ภาพที่ 2.23)

2.7.2.4.4 คลื่นที่เกิดจากการโค้งงอ (flexural wave) เป็นคลื่นที่เกิดจากคลื่นเสียงอัลตราโซนิกวงจรวัดที่อ่อนที่โค้งงอได้คล้ายแผ่นไดอะแฟรม (diaphragm) ในตัวกลาง

2.7.2.5. ตัวตั้งเวลา (timer) ใช้สำหรับตั้งเวลาการทำงานของเครื่องล้างอัลตราโซนิก มีช่วงตั้งเวลาการทำงานได้นานประมาณ 15-30 นาที ซึ่งนานพอสำหรับการล้างแบบปกติ ซึ่งใช้เวลาเพียง 2-5 นาที ในกรณีของการล้างแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลาสั้น ควรปิดสวิทช์ของตัวตั้งเวลาไปที่ตำแหน่งทำงานต่อเนื่อง

2.7.2.6. ปุ่มควบคุมความร้อน (temperature control knob) ใช้ควบคุมการทำงานของตัวกำเนิดความร้อน (heater) ซึ่งติดอยู่นอกอ่างล้างชั้นใน สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 30-85 องศาเซลเซียส ถ้าต้องการล้างที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องล้างที่มีระบบกำเนิดความร้อน เพราะคลื่นเสียง อัลตราโซนิกสามารถทำให้เกิดความร้อนขึ้นในตัวกลางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.7. ปุ่มกำจัดแก๊สในตัวกลาง (degassing knob) เป็นปุ่มที่ใช้สำหรับปล่อยคลื่นความถี่ใดความถี่หนึ่งเข้าไปในตัวกลางเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากตัวกลางก่อนใส่สิ่งของลงไปล้าง เครื่องล้างบางแบบสามารถปรับความแรงของปุ่มนี้ได้

2.7.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ร่วมกับเครื่องล้างอัลตราโซนิค

2.7.3.1. สารขัดโลหะ ใช้สำหรับขัดผิวหน้าเหล็กกล้าไร้สนิมภายในตัวอ่างล้างให้สะอาด เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการนำคลื่นเสียงให้สูงอยู่เสมอ

2.7.3.2. สารชะล้าง ใช้สำหรับช่วยกำจัดสิ่งสกปรกออกจากภาชนะที่นำมาล้าง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาในการล้างด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค สารชะล้างโดยทั่วไปใช้ความเข้มข้น 6-12% โดยปริมาตร ขึ้นอยู่กับปริมาณความสกปรก มีช่วงอุณหภูมิใช้งาน 15-600 ซ. สารชะล้างที่ดีควรสลายตัวด้วยกระบวนการทางชีวภาพได้ (biodegradable) สารชะล้างไม่ควรมีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบและไม่ทำปฏิกิริยากับเหล็กกล้าไร้สนิม ในทางการค้าจำแนกสารชะล้างตามวัตถุประสงค์การใช้งานได้เป็นชนิดต่าง ๆ เช่น สารชะล้างสำหรับงานทั่ว ๆ ไป (general purpose) ตัวอย่างเช่น Dynasoap III®, Lavapur 50 ®, Alconox ® ฯลฯ. สารชะล้างสิ่งสกปรกมาก(industrial strength) ตัวอย่างเช่น Lavapur F55®, Alcoject® ,Dynasoap 109 ® ฯลฯ. สารชะล้างออกไซด์ (oxide remover) ตัวอย่างเช่น Lavapur F60 ® และสารชะล้างที่สามารถฆ่าเชื้อโรค ตัวอย่างเช่น Lavapur M65® เป็นต้น

2.7.3.3. อุปกรณ์จับยึดภาชนะล้าง ใช้เพื่อทำให้การล้างกระทำได้อย่างสมบูรณ์และทั่วถึง ไม่เกิดการแตกหักเสียหาย ตัวอย่างเช่น ถังใส่ปิเปตต์ ตัวยึดบีกเกอร์ (beaker holder) ตะกร้า (basket)

2.7.3.4. ฝาปิดอ่างล้าง (lid) ใช้สำหรับป้องกันการระเหยของน้ำ หรือสารชะล้าง และช่วยป้องกันสิ่งสกปรกตกลงไปในอ่างล้าง

2.7.4 การบำรุงรักษา

ควรมีบำรุงรักษาเครื่องล้างอัลตราโซนิคดังนี้

2.7.4.1. ปล่อยน้ำออกจากอ่างล้างทุกครั้งหลังจากใช้เสร็จ และไม่ควรรีใช้อ่างล้างเป็นที่แช่ภาชนะหรือสิ่งของต่างๆ

2.7.4.2. เมื่อผิวเหล็กกล้าไร้สนิมในอ่างสกปรก ควรขัดทำความสะอาดเสมอ ๆ เพื่อรักษาประสิทธิภาพในการนำคลื่นเสียง

2.7.4.3. ไม่ควรให้เครื่องล้างอัลตราโซนิคทำงานนานเกินความจำเป็น เพราะความร้อนอาจทำให้ผลึกกำเนิดความถี่เสื่อมสภาพหรือเสียหายได้ง่าย

2.7.4.4. ระวังน้ำไม่ให้เข้าไปในตัวอ่างชั้นนอกเพราะจะทำให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เสียหายได้ง่าย

2.7.4.5. ตรวจสอบความถูกต้องของนาฬิกาตั้งเวลาทำงานทุก ๆ 6 เดือน

2.7.4.6. ตรวจสอบประสิทธิภาพในการล้างทุก ๆ เดือน

2.7.4.7. ตรวจสอบความถูกต้องของอุณหภูมิทุก ๆ ปี

2.8 กระบวนการ 3Rs: Reduce Reuse and Recycle

2.8.1 Reduce คือ การลดการใช้การบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง โดยเฉพาะการลดการบริโภคทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และแร่ธาตุต่าง ๆ การลดการใช้สามารถทำได้โดยการเลือกใช้เท่าที่จำเป็น เช่น ปิดไฟทุกครั้งที่ไม่ใช้งานหรือเปิดเฉพาะจุดที่ใช้งาน ปิดคอมพิวเตอร์และเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช่เป็นเวลานาน ๆ ถอดปลั๊กของเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น กระจกน้ำร้อนออกเมื่อไม่ได้ใช้เป็นต้น

2.8.2 Reuse คือ การใช้ซ้ำ เป็นหนึ่งในแนวทางการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่อย่างรู้คุณค่า การใช้ซ้ำเป็นการที่เรานำสิ่งต่างๆ ที่ใช้งานไปแล้วและยังสามารถใช้งานได้กลับมาใช้อีก เป็นการลดการใช้ทรัพยากรใหม่ รวมทั้งเป็นการลดปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นอีกด้วย ตัวอย่างการใช้ซ้ำเช่น

2.8.2.1 เลือกซื้อหรือใช้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาให้ใช้ได้มากกว่า 1 ครั้ง เช่น แบตเตอรี่ประจุไฟฟ้าใหม่ได้

2.8.2.2 ซ่อมแซมเครื่องใช้ และอุปกรณ์ต่างๆ (Repair) ให้สามารถใช้งานได้ต่อไปได้อีก

2.8.2.3 บำรุงรักษาเครื่องใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถใช้งานได้คงทนและยาวนานขึ้น

2.8.2.4 นำบรรจุภัณฑ์และวัสดุเหลือใช้อื่นๆ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น การใช้ซ้ำถุงพลาสติก ถุงผ้า ถุงกระดาษ และกล่องกระดาษ การใช้ซ้ำขวดน้ำดื่ม เขยือกนม และกล่องใส่ขนม

2.8.2.5 ยืม เช่า หรือใช้สิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้บ่อยครั้งร่วมกัน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร

2.8.2.6 บริจาคหรือขายสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ เช่น หนังสือ เสื้อผ้า เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องมือใช้สอยอื่นๆ

2.8.2.7 นำสิ่งของมาดัดแปลงให้ใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การนำยางรถยนต์มาทำเก้าอี้ การนำขวดพลาสติกมาดัดแปลงเป็นที่ใส่ของ แจกัน การนำเศษผ้ามาทำเป้ลมนอน เป็นต้น

2.8.2.8 ใช้ซ้ำวัสดุสำนักงาน เช่น การใช้กระดาษทั้งสองหน้า เป็นต้น

2.8.3 Recycle เป็นการนำวัสดุต่างๆ เช่น กระดาษ แก้ว พลาสติก เหล็ก อะลูมิเนียม ทყย ฯลฯ มาแปรรูปโดยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยแล้ว ยังเป็นการลดการใช้พลังงานและลดมลพิษที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถทำได้โดย

2.8.3.1 คัดแยกขยะรีไซเคิลแต่ละประเภท ได้แก่ แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ/อโลหะ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไป รีไซเคิล

2.8.3.2 นำไปขาย/บริจาค/นำเข้าธนาคารขยะ/กิจกรรมขยะแลกไข่ เพื่อเข้าสู่วงจรของการนำกลับไป รีไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

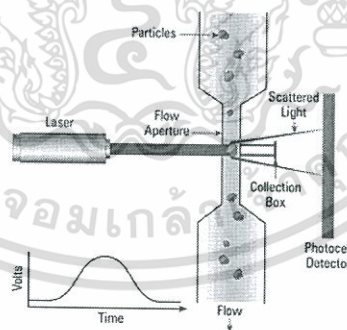
ยกตัวอย่างเช่น เศษกระดาษสามารถนำไปรีไซเคิลกลับมาใช้เป็นกล่องหรือถุงกระดาษ การนำแก้วหรือพลาสติกมาหลอมใช้ใหม่เป็นขวด ภาชนะใส่ของ หรือเครื่องใช้อื่นๆ ฝากระป๋องน้ำอัดลมก็สามารถนำมาหลอมใช้ใหม่ได้ เป็นต้น

2.9 Liquid Particle Counting - (LPC)

Liquid particle counting ถูกนำมาใช้เพื่อใช้พิจารณาคุณภาพของของเหลวที่ไหลผ่าน โดยจะทำการวัดขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคสิ่งปนเปื้อนในของเหลวหรือของแข็งตัวอย่างเพื่อบ่งชี้ว่าชิ้นงานนั้นสะอาดเพียงพอที่จะนำมาใช้งาน

ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคสิ่งปนเปื้อนจะถูกวัดโดยการฉายแสงเลเซอร์ลงบนของเหลวตัวอย่างและตรวจจับการกระจายแสงนั้น ลักษณะของการกระจายแสงจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคสิ่งปนเปื้อน ซึ่งขนาดของอนุภาคสิ่งปนเปื้อนจะถูกทำการวัดและพิจารณาจำนวนอนุภาคสิ่งปนเปื้อนที่ปรากฏในช่วงความยาวต่างๆ โดยขนาดของช่วงความยาวที่ใช้วัดจะขึ้นอยู่กับ Detector ที่เลือกใช้

ในการวิเคราะห์การปนเปื้อนในวัสดุที่เป็นของแข็ง อนุภาคสิ่งปนเปื้อนจะถูกแยกออกจากวัสดุของแข็งนั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้น้ำหรือน้ำกับสารละลาย โดยชิ้นงานตัวอย่างจะถูกนำไปใส่ในบีกเกอร์พร้อมกับของเหลวที่ใช้แยก จากนั้นจะนำไปแช่โดยใช้ Ultrasonic bath ที่วิ่งช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วจึงนำชิ้นงานตัวอย่างออก และนำส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์หาสิ่งปนเปื้อนต่อไป



ภาพที่ 2.26 แสดง Light Scattering Particle Counter

2.10 Deionized water

น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าน้ำ ดีไอ (DI) เป็นน้ำที่ผ่านการกรองไอออน โดยใช้เรซินเป็นตัวกรองจึงทำให้น้ำที่ได้ไม่มีไอออนหลงเหลืออยู่ และเป็นน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงอย่างแท้จริงเพราะมีเพียงโมเลกุลที่เหลืออยู่ และในน้ำปราศจากไอออนจะมีเพียงโมเลกุลของน้ำ (H_2O) เท่านั้น ปัจจุบันวิธี deionization เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำน้ำบริสุทธิ์ และสามารถนำไปใช้ร่วมกับวิธีการทำให้น้ำบริสุทธิ์วิธีอื่น ๆ เช่น RO (Reverse Osmosis) การกรอง การกลั่น และการใช้ตัวดูดซับคาร์บอน (Carbon adsorption) ได้ แต่ถึงแม้วิธี deionization จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูง ก็มีข้อจำกัดเพราะไม่สามารถกรองเชื้อจุลินทรีย์ได้นอกจากนี้จุลินทรีย์สามารถอาศัยอยู่บนเรซินซึ่งจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและสร้างความเสี่ยงในน้ำได้อีกด้วย ด้วยเหตุว่าจุลินทรีย์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ ซึ่งเนื้อเยื่อของจุลินทรีย์เมื่อแยกองค์ประกอบแล้วจะประกอบไปด้วยสารประกอบต่างๆหลายชนิด ดังนั้นการจะทำให้น้ำบริสุทธิ์และปราศจากเชื้อด้วยจึงต้องใช้หลายๆวิธีควบคู่กัน การผลิตจะประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่ง ตัวเครื่องกลั่นน้ำโดยใช้ความร้อน ทำให้เกิดน้ำเป็นน้ำกลั่น โดยกระบวนการอาจมีสารหรือแร่ธาตุต่าง ๆ ปนเปื้อนแต่ด้วยปริมาณที่น้อยมาก ส่วนที่สอง คือ ส่วนที่เป็นตัวเครื่อง Deionized จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ดึงสิ่งปนเปื้อนที่เหลือน้อยจากส่วนที่ 1 ให้หมดเป็นน้ำที่บริสุทธิ์มากที่สุด

หลักการทำงาน

วิธีนี้เป็นวิธีการกรองน้ำให้บริสุทธิ์โดยใช้แคตไอออนเรซินที่มีไอออนของไฮโดรเจน (H^+) สำหรับจับแคตไอออน และแอนไอออนเรซินที่มีแอนไอออนของไฮดรอกไซด์ (OH^-) สำหรับจับแอนไอออนเรซินที่มีแอนไอออน โดยเรซินเหล่านี้จะมีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ บรรจุอยู่ในคอลัมน์ที่ใช้ในการกรอง แคตไอออนเรซินเป็นเรซินที่ทำมาจากโพลีเมอร์ชนิด Styrene และ Divinylbenzene ที่มีกรดซัลโฟนิกเป็นส่วนประกอบโดยจะมีไอออนของไฮโดรเจน (H^+) เกาะอยู่บริเวณผิวหรือ active site ของเรซิน ซึ่งสามารถถูกแทนที่ได้ด้วยแคตไอออนที่มีความเป็นขั้วแข็งแรงกว่า เช่น Na^+ K^+ Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยไอออนของไฮโดรเจนที่โดนแทนที่ จะหลุดออกจากเรซินลงสู่น้ำที่นำมากรอง แอนไอออนเรซินเป็นเรซินที่ทำมาจากโพลีเมอร์ชนิด Quaternary ammonium และมีไอออนของไฮดรอกไซด์ (OH^-) เกาะอยู่บริเวณผิว ซึ่งจะสามารถถูกแทนที่ได้ด้วยแอนไอออนที่มีความเป็นขั้วแข็งแรงกว่า เช่น Fe^- Cl^- Br^- I^- NO_2^- NO_3^- PO_4^- และ SO_4^- โดยไอออนของไฮดรอกไซด์ที่โดนแทนที่ จะหลุดออกมาลงสู่น้ำที่นำมากรอง ซึ่งไอออนของไฮดรอกไซด์ที่โดนแทนที่เหล่านี้จะรวมตัวกับไอออนของไฮโดรเจนที่หลุดออกมาจากแคตไอออนเรซินและเกิดการ neutralization กลายเป็นโมเลกุลของน้ำ เรซินทั้ง 2 ชนิดอาจบรรจุแยกกันหรือปนกันก็ได้ขึ้นกับชนิดของเครื่องมือและคอลัมน์ อายุของเรซินทั้ง 2 ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของน้ำที่นำมากรองผ่านเครื่องผลิตน้ำปราศจากไอออน หากปนเปื้อนมากอายุของไส้กรองก็จะน้อย โดยจะดูได้จากการทดสอบคุณสมบัติของน้ำหรือเครื่องบางรุ่นก็จะบอกคุณภาพของตัวเรซินจากค่าความต้านทานหรือค่าความจุไฟฟ้า

2.11 Dissolved Oxygen (DO)

Non-compound oxygen หรือออกซิเจนอิสระ (O_2) เป็นออกซิเจนที่ไม่มีพันธะกับสารชนิดอื่น ซึ่ง dissolved oxygen คือการมีโมเลกุลของออกซิเจนอิสระในน้ำ ซึ่งพันธะของโมเลกุลออกซิเจนกับน้ำ (H_2O) จะอยู่ในรูปสารประกอบ

Dissolved oxygen ขึ้นอยู่กับระดับของออกซิเจนอิสระหรือ non-compound oxygen ที่ปรากฏในน้ำหรือของเหลวอื่นๆ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญในการเข้าถึงคุณภาพน้ำ เนื่องจากผลกระทบของมันต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ในทางชลธารวิทยา dissolved oxygen เป็นปัจจัยสำคัญระดับ 2 ต่อ น้ำ ระดับของ dissolved oxygen ที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปสามารถทำให้เกิดอันตรายต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ

ในโปรเจกต์นี้มีการใช้น้ำ DO หรือ Dissolved oxygen ในขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งเป็นน้ำ Deionized water ชนิดหนึ่งที่ได้มีการกำหนดค่าปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำไว้อยู่ที่ 40%



บทที่ 3

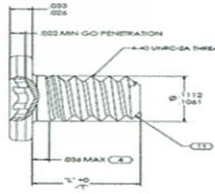
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานในการนำสกรูกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะทำให้การตัดแยกสกรูโดยใช้เครื่อง Screw sorting machine โดยในบริษัทมีเครื่องจักรดังกล่าวอยู่จำนวน 4 เครื่อง และมีการใช้งานปัจจุบันเพียง 1 เครื่องเท่านั้น ผู้วิจัยจึงต้องการนำเครื่องจักรที่มีอยู่น่ากลับมาใช้งานในการตัดแยกสกรูจำนวน 1 เครื่อง โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการเก็บสกรูที่ตกหล่นข้างเครื่องในแต่ละไลน์การผลิต จากนั้นจึงนำมา คัดแยกประเภทระหว่างสกรูที่ติดกับสกรูที่เสียโดยใช้เครื่อง Screw sorting machine นำสกรูที่ดีไปล้างทำความสะอาด ตรวจสอบการปนเปื้อนของสกรู และนำไปทดลองใช้งานจริงในไลน์การผลิต

3.1 การดำเนินการเก็บสกรู

การเก็บสกรูมาใช้ในการตัดแยกโดยเครื่อง Screw sorting machine จะทำการเลือกเก็บสกรูโดยเปรียบเทียบสเปคสกรูที่ต้องการเก็บกับสกรูที่เครื่องใช้ในการตัดแยกปัจจุบัน ซึ่งจะเปรียบเทียบลักษณะของ Head type และ Thread type ดังตารางที่ 3.1

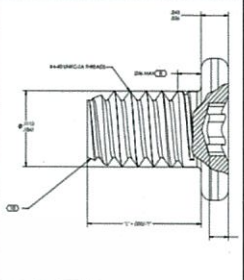
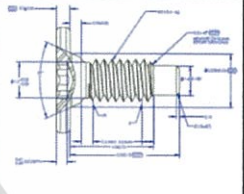
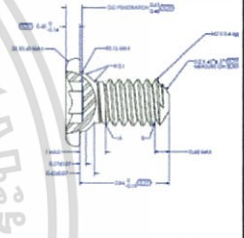
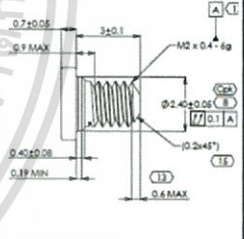
ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะของสกรูที่ใช้ปัจจุบันกับสกรูที่ต้องการเก็บ

Product	Part no.	Head Diameter	Length	Head Type	Thread Type	Unit	Drawing
screw spec (สกรูที่ตัดแยกปัจจุบัน)	77410 6	0.2 ± 0.005	0.156	T-8	4-40 UNRC- 2A	inch	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product	Part	Part no.	Head Diameter	Length	Head Type	Thread Type	Unit	Drawing
Giant	Bvcm	771321	0.255 ± 0.005	0.225 - 0.01	T-8	4-40 UNRC- 2A	inch	
Vulcan	Bvcm	771221	0.208 ± 0.005	0.225 - 0.02	T-8	4-40 UNRC- 2A	inch	
DF1D Diablo3S Diablo2S	Disk clam p/ Media	771033	0.159	0.2 - 0.02	T-7	2-56 UNC- 2A	inch	
DF1D Diablo3S Diablo2S	Bvcm	774020	0.213 ± 0.201	0.178 - 0.02	T-8	4-40 UNRC- 2A	inch	
DF1D Diablo3S Diablo2S	Ramp	771259	4.40 ± 0.20	6 - 0.50	T-7	M2X 0.4-6g	mm.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Product	Part	Part no.	Head Diameter	Length	Head Type	Thread Type	Unit	Drawing
Tahoe_XL TresXLB Tres1XLB TresXLB2	Bvcm	771388	0.208 ± 0.005	0.178 - 0.01	T-7	4-40 UNRC -2A	inch	
Shrek	Media	771385	5±0.06	5.5± 0.15	T-6	M2x 0.4-6g	mm.	
Shrek	Bvcm	771336	3.66±0 .12	3.84 - 0.15	T-6	M2X 0.4-6g	mm.	
Shrek	Pivot	771373	3.2 ± 0.07	3 ± 0.1	T-6	M2X 0.4-6g	mm.	

จากตารางที่ 3.1 จะเห็นว่า มีสกรูที่มีลักษณะของ Head Type และ Thread Type ที่ตรงกับ Screw Spec นั้นคือเป็นสกรู T-8 และมี Thread ประเภท 4-40 UNRC-2A ตามลำดับ อยู่ 5 ชนิดคือ สกรู Part number 774086, 771321, 771379, 800012 และ 771375 โดยในที่นี้จะเลือกเก็บเฉพาะ สกรู Part number 774086 ซึ่งเป็นสกรูที่ใช้งานที่ตำแหน่ง Top Cover ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากไลน์การผลิตมาใช้กับเครื่อง Screw sorting machine เนื่องจากเป็นสกรูที่มีการใช้งานภายนอกไดรฟ์ และถูกนำไปใช้งานในทุก Product

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การคัดแยกประเภทสกรู

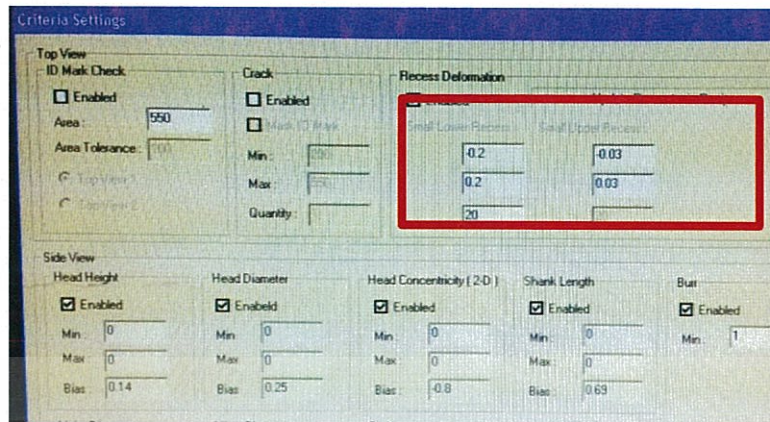
ในการคัดแยกประเภทของสกรูจะกระทำโดยใช้เครื่อง Screw sorting machine โดยจะคัดแยกประเภทระหว่างสกรูดีที่สามารถนำไปใช้งานได้กับสกรูเสียที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งในการคัดแยกสกรูจะมีการตั้งค่าในซอฟต์แวร์ของเครื่องตามขนาดของสกรูดังตารางที่ 3.3 (โดยเป็นค่าที่มี Tolerance ± 0.05 mm. จากค่าจริง)

ตารางที่ 3.3 แสดงขนาดของสกรูที่ใช้ในเครื่อง Screw sorting machine

Item	Detail	Top cover screw(mm.)
1	Max. Head Height	1.0922
2	Min. Head Height	0.9144
3	Max. Head diameter	5.4102
4	Min. Head diameter	5.1562
5	Max. Head Concentricity (2-D)	1
6	Min. Head Concentricity	0
7	Max. Shank Length	5.7150
8	Min. Shank Length	5.2150
9	Max. Major Diameter	2.8245
10	Min. Major Diameter	2.6949
11	Max. Minor Diameter	2.0600
12	Min. Minor Diameter	1.8600
13	Max. Pitch/Thread Side	0.6350
14	Min. Pitch/Thread Side	0.3000

และกำหนดให้ค่า Criteria มีค่า Upper Tolerance เป็น ± 0.2 และมีค่า Lower Tolerance เป็น ± 0.03 ดังภาพที่ 3.1 ซึ่งค่า Tolerance ดังกล่าวจะกำหนดลักษณะของแฉกดาวที่หัวสกรูดังแสดงในภาพที่ 3.2

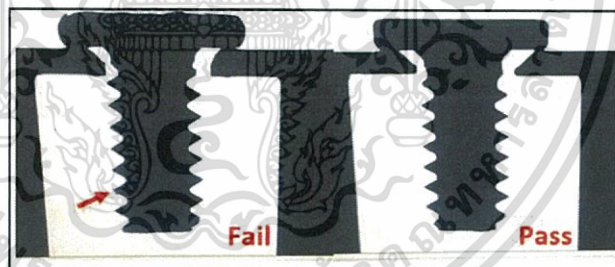
เครื่อง Screw sorting machine จะทำการคัดแยกสกรูดีและสกรูเสียโดยพิจารณาผ่านระบบ Vision system ซึ่งจะทำการพิจารณาลักษณะของสกรูที่ไม่ผ่านเกณฑ์โดยเปรียบลักษณะของสกรูที่ผ่านเข้ามายัง Camera ของเครื่องกับลักษณะของสกรูที่ผ่านเกณฑ์ที่ได้บันทึกไว้ในโปรแกรมของเครื่องในรูปแบบของภาพถ่ายและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ



ภาพที่ 3.1 แสดงการกำหนดค่า Upper Tolerance และ Lower Tolerance ใน Criteria Setting



ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะหัวสกรูที่ถูกระบุโดยกล้องด้วยระบบ Vision ซึ่งภาพด้านซ้ายแสดงลักษณะของหัวสกรูที่ผ่านเกณฑ์ และภาพขวาแสดงลักษณะที่หัวสกรูไม่ผ่านเกณฑ์



ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะของสกรูที่ไม่ผ่านเกณฑ์และผ่านเกณฑ์ตามลำดับจากกล้องที่จับภาพ Side View ของเครื่อง Screw sorting machine



ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะของสกรูดี(ซ้าย)และเสีย(ขวา) จากการส่องผ่านกล้อง Microscope หลังการคัดแยกผ่านเครื่อง Screw sorting machine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การล้างทำความสะอาดสกรู

ในการล้างทำความสะอาดสกรูจะเป็นการล้างโดยอาศัยหลักการของ Ultrasonic ในการทำความสะอาดสารที่ใช้ทำความสะอาดคือ Nonionic Surfactant (ชื่อทางการค้าคือ Valtron® DPI55) และมี Recipe ที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดสกรู 3 Recipe โดยเริ่มต้นจากการนำสกรูใส่ลงตะกร้าซึ่งในตะกร้าจะแบ่งออกเป็น 3 ช่อง ใส่ช่องละ 500 ตัว รวมเป็นตะกร้าละ 1500 ตัว จากนั้นจึงโหลดตะกร้าที่บรรจุสกรูนั้นเข้าไปในเครื่องล้างที่ภายในแบ่งเป็นบ่อล้าง 6 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงลำดับบ่อล้างของสกรู อุณหภูมิและเวลาที่ใช้

ลำดับ	บ่อ	รายละเอียด	อุณหภูมิ	เวลาที่ใช้		
				Recipe 1	Recipe 2	Recipe 3
1	Wash	ล้างสกรูด้วย nonionic surfactant เพื่อชำระล้างสิ่งปนเปื้อนบนสกรู	45 ± 5	X วินาที	Y วินาที	Z วินาที
2	Rinse1	ล้างสกรูด้วยน้ำ DI	50 ± 5	X วินาที	Y วินาที	Z วินาที
3	Rinse2	ล้างสกรูด้วยน้ำ DI อีกครั้งเพื่อความสะอาด	50 ± 5	X วินาที	Y วินาที	Z วินาที
4	Dryer1	ใช้ลมเป่าสกรูให้แห้ง	80 ± 10	X วินาที	Y วินาที	Z วินาที
5	Dryer2	ใช้ลมเป่าสกรูให้แห้งอีกครั้ง	80 ± 10	X วินาที	Y วินาที	Z วินาที
6	Vacuum	ใช้ลมดูดเอาสิ่งสกปรกที่หลงเหลืออยู่บน สกรูออกเป็นครั้งสุดท้าย	-	X วินาที	Y วินาที	Z วินาที

หมายเหตุ : จากตารางที่ 3.4 Z วินาที > Y วินาที > X วินาที



ภาพที่ 3.5 แสดงตะกร้าที่บรรจุสกรูและการไหลดสกรูเข้าเครื่องล้างตามลำดับ

3.4 การตรวจสอบการปนเปื้อนของสกรู

การตรวจสอบการปนเปื้อนของสกรูเป็นการนำสกรูจำนวนหนึ่งเข้าไปทดสอบในห้องแล็บโดยการทำ LPC Test เพื่อหาปริมาณและขนาดของอนุภาคสิ่งปนเปื้อนที่อยู่บนสกรู

โดยแบ่งสกรูที่ใช้ตรวจสอบเป็น 2 กลุ่มคือ

- สกรูใหม่ที่ยังไม่เคยผ่านการใช้งาน (Prime Screw)
- สกรูที่ผ่านการตัดแยกและการล้างทำความสะอาดแล้วทั้ง 3 recipe (เรียกว่า 2R Screw)

ซึ่งการตรวจสอบจะเริ่ม Run Blank (Run แบบยังไม่มีสกรู) เพื่อใช้เป็นตัว Reference ก่อน 1 ครั้ง และจะทำการ Run screw sample ทั้งหมด 5 ครั้ง โดยกำหนดให้ต้องมีปริมาณของอนุภาคสิ่งปนเปื้อนไม่เกิน 120,000 ตัวจึงจะผ่านเกณฑ์การทดสอบ

ขั้นตอนการตรวจสอบมีดังนี้

3.4.1 นำสกรูจำนวน 5 ตัวมาแช่ใน Ultrasonic bath เป็นเวลา 2 นาที โดยสกรูนั้นจะถูกใส่ในบีกเกอร์ที่เป็นน้ำ DO ที่ภายนอกเป็นบีกเกอร์บรรจุน้ำ DI เอาไว้



ภาพที่ 3.6 แสดงการเตรียมสกรูก่อนทำ Ultrasonic bath และระหว่างการทำ Ultrasonic bath ตามลำดับ

3.4.2 หลังจากครบ 2 นาที นำน้ำ DO นั้นไปตรวจสอบด้วยกระบวนการ LPC Test โดยเครื่อง LPC จะทำการดูดน้ำส่วนหนึ่งจากบีกเกอร์เข้าไปครึ่งละ 10 ml จำนวน 4 ครั้ง และฉายลำแสงเลเซอร์ลงไปเพื่อพิจารณาขนาดและปริมาณของอนุภาคสิ่งปนเปื้อนจากการกระเจิงของแสง

3.4.3 เปลี่ยนน้ำบีกเกอร์น้ำ DO ออก และนำบีกเกอร์น้ำ DI มาวางแทนเพื่อให้เครื่อง LPC ดูดน้ำเข้าไปทำความสะอาดภายในเครื่องเพื่อเตรียมทำการทดสอบครั้งต่อไป

3.4 การทดลองการใช้งานสกรู

ขั้นตอนนี้เป็นการนำสกรูที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้ว (2R screw) มาทดลองใช้งานจริงในไลน์การผลิต โดยเริ่มจากการเคลียร์สกรูเกาออกจากที่บรรจุสกรูของเครื่องจักรและบริเวณ Rail ต่างๆ จากนั้นจึงนำสกรู 2R มาใส่ลงไป และเริ่มการทำงานของไลน์การผลิตตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองจากการดำเนินงานในบทที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยผลการคัดแยก สกรูโดยเครื่อง Screw sorting machine ผลการทดสอบ LPC Test และผลการทดลองใช้งานสกรูในไลน์การผลิต ตามลำดับ

4.1 ผลการคัดแยกสกรูโดยเครื่อง Screw sorting machine

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณสกรูดีที่คัดแยกได้จากเครื่อง Screw sorting machine และ %yield recovery ในแต่ละวัน

Date	6-Oct	7-Oct	12-Oct	18-Oct	25-Oct	26-Oct	7-Nov	8-Nov	11-Nov	12-Nov	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	Cumm
Load in	71	7587	4566	13803	7862	10473	6381	2290	14758	15196	17888	12459	13461	27851	154646
Good	67	4603	2229	6280	5136	5861	4822	1568	9524	10033	12881	8968	10015	15021	97008
% yield recovery (%)	94.37	60.67	48.82	45.5	65.33	55.96	75.57	68.47	64.53	66.02	72.01	71.98	74.40	53.93	62.73

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าปริมาณสกรูดีที่สามารถคัดแยกได้จากเครื่อง Screw sorting machine คือ 97,008 ตัว จากปริมาณสกรูที่ร่วงทิ้งทั้งหมด 154,646 ตัว หรือคิดเป็น 62.73%

4.2 ผลการทดสอบ LPC Test

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณ Particle ที่พบบนสกรูจากการด้วยทดสอบ LPC Test

2R Top cover screw	Particle count (cts/cm ²), 0.3 μm cum			
	Prime	Recipe#1 Cleaning	Recipe#2 Cleaning	Recipe#3 Cleaning
Trail#1	27,841	91,455	10,398	23,832
Trail#2	12,126	40,881	66,608	12,528
Trail#3	36,499	41,057	16,017	29,843
Trail#4	13,501	116,545	9,677	14,818
Trail#5	22,952	28,990	49,258	36,398
Average	22,584	63,785	30,392	23,884
SD	10,165	38,083	25,995	10,693
% RSD	45%	60%	86%	45%
Specification rev, BA	120,000			

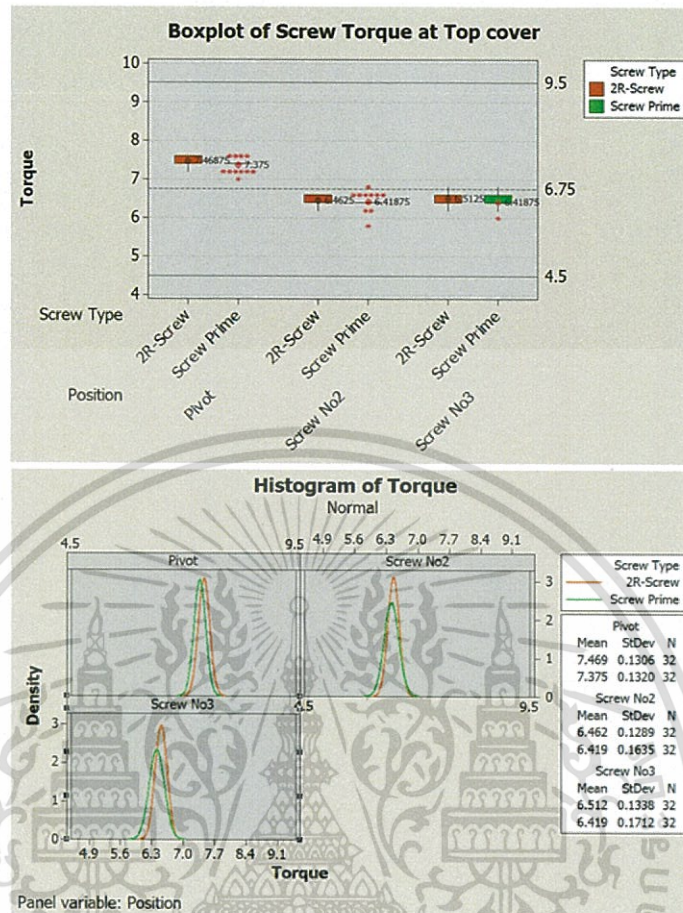
จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณ Particle เฉลี่ยที่พบบนสกรู Prime และสกรูที่ผ่านการล้างด้วย Recipe 1,2 และ 3 มีค่า 22,584 63,785 30,392 และ 23,884 cts/cm² ตามลำดับ ซึ่งสกรูแต่ละกลุ่มมีปริมาณ Particle ที่น้อยกว่าปริมาณ Particle ที่กำหนด กล่าวคือมีปริมาณ Particle ที่น้อยกว่า 120,000 cts/cm²

4.3 ผลการทดลองใช้งานสกรูในไลน์การผลิต

ค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ของเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ทอด้สกรูในไลน์การผลิตคือ 99.80% yield ซึ่งจากการทดลองนำสกรูกลับมาใช้งานใหม่ในไลน์การผลิต ค่าที่ได้เท่ากับ 99.92% yield ซึ่งผ่านค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบค่าทอร์กของสกรู



ภาพที่ 4.2 แสดงกราฟแสดงผลค่าทอร์กของสกรูระหว่าง Prime Screw และ 2R Screw

จากภาพที่ 4.2 ภาพซ้ายแสดงค่าทอร์กของ Screw prime และ 2R Screw ที่สกรูตำแหน่งต่างๆบน Top cover ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และภาพขวาเป็นกราฟฮิสโทแกรมแสดงค่าเฉลี่ยและค่า Sigma ของ Screw prime และ 2R Screw ที่สกรูตำแหน่งต่างๆบน Top cover ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งพบว่าค่าทอร์กของ Prime Screw และ 2R Screw ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยและ Sigma อย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินการ

ในการนำสกรูมาใช้ใหม่นั้นจะเลือกสกรูที่จะนำมาตัดแยกคือสกรู Part number 2054-774086-003 เนื่องจากเป็นสกรูที่มีการใช้งานในทุก Product และใช้งานอยู่ภายนอกโดรฟ์เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาการเกิดสิ่งปนเปื้อนขึ้นบนโดรฟ์ ซึ่งจากขั้นตอนการตัดแยกสกรูดีและสกรูเสียโดยใช้เครื่อง Screw sorting machine พบว่าในแต่ละวันสามารถตัดแยกสกรูดีออกมาได้เฉลี่ยรวม 97,008 ตัว จากปริมาณสกรูที่ร่ว่งทั้งทั้งหมด 154,646 ตัว หรือคิดเป็น 62.73% ซึ่งแต่เดิมสกรูเหล่านี้เป็นสกรูที่จะถูกกำจัดทิ้งไปทั้งหมดทำให้เกิดเป็นค่าความสูญเสียขึ้น แต่เมื่อสามารถนำสกรูเหล่านี้กลับมาใช้ได้ใหม่จึงสามารถกู้คืนมูลค่าของเงินที่จะสูญเสียไปกลับมาได้ และจากการนำสกรูที่ผ่านการตัดแยกแล้วไปล้างทำความสะอาดและตรวจสอบการปนเปื้อนด้วยวิธี LPC Test โดย AS Lab พบว่าสกรูทุกกลุ่มที่นำไปตรวจสอบผ่านการทดสอบทั้งหมด และจะนำสูตรการล้างด้วย Recipe 3 มาใช้ในการล้างสกรูดีที่ผ่านการตัดแยกแล้ว เนื่องจากสกรูจาก Recipe 3 มีปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่พบใกล้เคียงกับปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่พบใน Prime screw มากที่สุดคือ 23,884 และ 22,584 cts/cm² ตามลำดับ

และจากการทดลองนำสกรูที่ผ่านการตัดแยกและล้างทำความสะอาดไปใช้งานในไลน์การผลิตโดยกำหนดค่าเป้าหมายไว้ที่ 99.80% yield ซึ่งผลการทดลองพบว่าค่าที่ได้เท่ากับ 99.92% yield ซึ่งผ่านค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งเอาไว้ และสกรูดังกล่าวมีค่าทอล์คที่ไม่มี ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและSigma กับPrime screw อย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ในการเก็บสกรูมาตัดแยกด้วยเครื่อง Screw sorting machine พบว่ามีสกรู Part number อื่นปะปนมาด้วยจำนวนมาก

5.2.2 ในการตัดแยกสกรูด้วยเครื่อง Screw sorting machine พบว่ามีปัญหาสกรูติดเกิดขึ้นเนื่องมาจากมีสกรูหลายขนาดปะปนมา ซึ่งสกรูที่มีขนาดใหญ่จะไปติดที่บริเวณต่างๆของเครื่อง

5.3 แนวทางการแก้ไข

5.3.1 ปรับปรุงเครื่องScrew sorting machine ให้สามารถใช้งานได้กับสกรู Part number ต่างๆหลายชนิด

5.3.2 มีการเก็บที่ทำการแยกประเภทของสกรูแต่ละประเภทอย่างชัดเจนเพื่อให้ไม่มีการปะปนกันของสกรูต่างชนิดกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Machine Vision Guide. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 7 กันยายน 2559, จาก <http://www.compomax.co.th/product/machine-vision-guide/>
- [2] นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 7 กันยายน 2559, จาก <https://นิวเมติกส์และไฮดรอลิกส์.blogspot.com/2012/12/blog-post.html>
- [3] Energy. (2551). มารู้อัจฉริยะ 3R เพื่อช่วยกันลดโลกร้อนดีกว่า. ค้นเมื่อ 8 กันยายน 2559, จาก <http://www.oknation.net/blog/energyclinic/2008/08/07/entry-1>
- [4] ความรู้ด้าน 3Rs. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 8 กันยายน 2559, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_3R.htm
- [5] ไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์. (2559) ค้นเมื่อ 8 กันยายน 2559, จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ไฟโตอิเล็กทรอนิกส์เซ็นเซอร์>
- [6] Screw Thread Design. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2559, จาก <https://www.fastenal.com/en/78/screw-thread-design>
- [7] Toppol_fish. (2558). มารู้อัจฉริยะ, โบลท์, สกรู และแหวนรอง กันเถอะ!!!. ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2559, จาก <http://www.siamfishing.com/content/view.php?nid=209249&cat=article>
- [8] Liquid Particle Counting - (LPC). (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2559, จาก <http://www.innovatechlabs.com/materials-analysis-lpc.htm>
- [9] The Low-Down on Particle Counters. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 25 ตุลาคม 2559, จาก <http://www.machinerylubrication.com/Read/351/particle-counters>
- [10] Mostafa. (ม.ป.ป.). Surfactants. ค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2559, จาก <http://chem2all.blogspot.com/2009/02/surfactants.html>
- [11] Iiti Som, Kashish Bhatia และ Mohd Yasir. (2555). Status of surfactants as penetration enhancers in transdermal drug delivery. ค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2559, จาก <http://jpbsonline.org/article.asp?issn=0975-7406;year=2012;volume=4;issue=1;spage=2;epage=9;aulast=Som;type=3>
- [12] Surfactants. (2556). ค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2559, จาก <http://www.essentialchemicalindustry.org/materials-and-applications/surfactants.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[13] คณาจารย์ ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.(ม.ป.ป.). สารเคมีในชีวิตประจำวัน. ค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2559, จาก <http://oldweb.pharm.su.ac.th/chemistry-in-life/d030.htm>

[14] สันทวุฒิ ฤทธิ์เลื่อน. (2551). น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water). ค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2559, จาก <http://linjah.exteen.com/20080829/deionized-water>

[15] Dissolved Oxygen. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อ 3 พฤศจิกายน 2559, จาก <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ - นามสกุล นางสาวฉลิลิตา ทองนุ่น
 วัน เดือน ปีเกิด 28 ตุลาคม 2537
 ที่อยู่ 7/258 หมู่ 5 ซอย 25 ถนนตลิ่งชัน-สุพรรณบุรี ตำบลบางใหญ่
 อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี รหัสไปรษณีย์ 11140
 เบอร์โทรศัพท์ 081-937-8577 E-mail: chanlida.t@gmail.com
 ประวัติการศึกษา 2559 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2555 มัธยมศึกษาตอนปลาย สาขาวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

โรงเรียนราชินีบน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้