

การศึกษาปัจจัยการเกิด และลดสิ่งปนเปื้อนบริเวณประเภทสแตนเลสสตีล
ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

STUDY FACTOR AND REDUCTION CONTAMINATION OF STAINLESS STEEL
IN HARD DISK DRIVE



รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การศึกษาปัจจัยการเกิด และลดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล
ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

STUDY FACTOR AND REDUCTION CONTAMINATION OF STAINLESS STEEL
IN HARD DISK DRIVE



T147151

วรารัตน์ เรืองรุ่ง

600268238



สาขา.....
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

147151

3 ก.ค. 2560

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

STUDY FACTOR AND REDUCTION CONTAMINATION
OF STAINLESS STEEL IN HARD DISK DRIVE



AN INTERNSHIP REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR
COLLEGE OF ADVANCED MANUFACTURING INNOVATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา การศึกษาปัจจัยการเกิด และลดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีลใน
กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Study factor and reduction contamination of stainless steel
in hard disk drive

นักศึกษา นางสาว วรารัตน์ เรืองรุ่ง

รหัสนักศึกษา 55120031

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการผลิต

พ.ศ. 2558

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ราชศักดิ์ ศักดานุภาพ

วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้สหกิจ
ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร. ราชศักดิ์ ศักดานุภาพ	ราชศักดิ์ ศักดานุภาพ
ดร. ฉัตรพล ภคศิริ	ฉัตรพล ภคศิริ
นาย ณัฐพงษ์ วิไลวงศ์	ณัฐพงษ์ วิไลวงศ์
นางสาว อุบลวรรณ ใจเอื้อ	อุบลวรรณ ใจเอื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	การศึกษาปัจจัยการเกิด และลดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
นักศึกษา	นางสาว วรรัตน์ เรืองรุ่ง
รหัสนักศึกษา	55120031
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมระบบการผลิต
พ.ศ.	2558
อาจารย์นิเทศ	ดร.ราชศักดิ์ ศุกदानุภาพ
ผู้นิเทศงาน	คุณณัฐวิพงษ์ วิไลวงศ์
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท เอชจีเอสที (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ ความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพการทำงาน โดยกระบวนการผลิตก่อให้เกิดสิ่งปนเปื้อนหลายชนิดที่ส่งผลให้เกิดความเสียหาย ซึ่งสิ่งปนเปื้อนประเภท สแตนเลสสตีล (Stainless Steel :SUS) เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ลดลง จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล โดยประยุกต์ใช้หลักการซิกส์ซิกมา (Six Sigma) พบว่าในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในขั้นตอนการขันสกรูเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีลในปริมาณมากภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และเกิดบริเวณที่ใกล้เคียงกับแผ่นมีเดีย จึงได้ทำการศึกษาระบบการทำความสะอาดหลังขั้นตอนการขันสกรูทั้งหมด พบว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (Auto gang vacuum) สามารถลดปริมาณสแตนเลสสตีลได้แต่ยังมีปริมาณสแตนเลสสตีลอยู่ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นจำนวนมากและส่งผลเสียขึ้นในภายหลัง จึงได้ทำการพัฒนาโดยออกแบบหัวดูดลมแบบใหม่ซึ่งมีลักษณะแบบหัวทอร์นาโดและลดขนาดของช่องลม ซึ่งส่งผลให้มีความเร็วลมเพิ่มขึ้น การไหลของลมเป็นแบบหมุนวนในลักษณะทอร์นาโดและสามารถเพิ่มพื้นที่การทำความสะอาดได้มากขึ้น การพัฒนาหัวดูดลมแบบใหม่จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องดูดลมอัตโนมัติให้เพียงพอต่อการทำความสะอาดและลดปริมาณสแตนเลสสตีลลงได้มากกว่าเดิม รวมทั้งสามารถนำไปปรับปรุง พัฒนาและประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดในส่วนอื่นของกระบวนการผลิตได้ โดยช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความเสียหาย เพิ่มประสิทธิภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และความมั่นใจของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title STUDY FACTOR AND REDUCE CONTAMINATION
OF STAINLESS STEEL IN HARD DISK DRIVE

Student Ms. Vararat Ruangroong

Student ID. 55120031

Degree Bachelor of Engineering

Program Manufacturing System Engineering

Year 2015

Advisor Dr. Rachasak Sakdanuphab

Mentor Mr. Nutthipong Viliyawong

Company HGST (Thailand) Ltd.

ABSTRACT

In the production of hard disk drives. The important to Performance and reliability are two key factors. That process assembly causing many kinds of contamination as resulted to damage and decrease the performance of hard disk drives, contamination of stainless steel (SUS) is one of the impact to hard disk drive. By from an experimental, applied the principle of Sigma (Six Sigma) and analysis. The data showed that in the process of hard disk drive assembly have screw fastening is one factor causing contamination of stainless steel in large quantities. Many screw on near area with media. Observe cleaning after process screw fastened. That found the efficiency of Auto gang vacuum. It can reduced stainless steel. Therefore, result amount of stainless steel in a lot of hard disk drive and many damage up later, so do experiment and development for increase the performance of Auto gang vacuum and decrease the quantity of stainless than current is meet the target. That can improved and applied to cleaning in another of process, help reduce waste and increase the efficiency of hard disk drive and reduce costs from damage of hard disk drive.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับโอกาสและคำปรึกษา รวมทั้งการดูแลเป็นอย่างดีจาก คุณบัณฑิตย์ นภาวาร์ ตำแหน่ง Sr. Engineering Manager และคุณณัฐวิมลพงษ์ วิไลวงศ์ ตำแหน่ง Sr. Engineer แผนก Process Excellence เป็นผู้นิเทศงาน ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากทั้งสองท่าน ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ราชศักดิ์ ศักดานุภาพ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมรายงานสหกิจศึกษา และท่านคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาวิชา และคำปรึกษาตั้งแต่เริ่มเข้ารับการศึกษาตลอดมา เพื่อนำความรู้ที่ได้มาประกอบการทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบริษัท เอชจีเอสที (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้โอกาสและความอนุเคราะห์ในการศึกษา ค้นคว้าของข้าพเจ้าตั้งแต่วันที่ 10 สิงหาคม ถึง วันที่ 4 ธันวาคม 2558 ตลอดจนการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้

ขอขอบคุณคณะผู้ร่วมทำการวิจัย ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและมอบมิตรภาพที่ดีด้วยความอบอุ่นเสมอมาทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆที่เป็นประโยชน์มากมาย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ช่วยส่งเสริมการศึกษา ตลอดจนให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจ ให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากปริญญาบัตรฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นางสาววรรรัตน์ เรืองรุ่ง

ผู้จัดทำรายงานสหกิจศึกษา

29 ตุลาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองสหกิจศึกษา	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูป	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.5 แผนการดำเนินงาน	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 ประวัติความเป็นมาของบริษัท เอชจีเอสที (ประเทศไทย) จำกัด	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์	6
2.2 ซิกส์ซิกมา (Six Sigma)	9
2.3 สิ่งปนเปื้อน (Contamination)	16
2.4 ห้องสะอาด (Clean room)	19
2.5 สูญญากาศ (Vacuum)	29
2.6 อัตราการไหลของลม (Flow rate)	32
2.7 ทอร์นาโด (Tornado)	34
2.8 โปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solidworks)	35
2.9 โปรแกรมมินแท็บ (Minitab)	37

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	38
3.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)	39
3.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)	39
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)	44
3.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)	46
3.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)	50
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล	52
4.1 การค้นหาปัจจัยของการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล	52
4.2 การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล	57
บทที่ 5 บทสรุป	66
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	66
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	67
5.3 ข้อเสนอแนะ	67
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก	70
ภาคผนวก ก การจำลองหัวตุกลมแบบใหม่	71
ภาคผนวก ข ผลการวัดจำนวนอนุภาคจำนวนการขึ้นสกรู	78
ภาคผนวก ค ผลการวัดจำนวนอนุภาคการทำความสะอาดด้วยเครื่องตุกลมอัตโนมัติ	80
ภาคผนวก ง ตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมมินิแท็บ (Minitab)	82
ภาคผนวก จ ขั้นตอนการจำลองด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solidworkd)	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน เดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน ปีการศึกษา 2558	4
2.1 ตารางแสดงสมรรถนะของระดับซิกส์มา	10
2.2 ตารางสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน	14
2.3 ตารางแสดงกระบวนการออกแบบการทดลอง (DOE)	15
2.4 ระดับของห้องสะอาด	21
3.1 ชนิดวัสดุของส่วนประกอบที่เป็น สแตนเลสสตีล (SUS)	40
3.2 ชนิดวัสดุของเครื่องมือที่ใช้	41
3.3 ค่าอัตราการไหล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อุณหภูมิของหัวดูดลมแบบปัจจุบัน	47
3.4 ระดับแต่ละปัจจัยของหัวดูดลม Ramp	48
3.5 ระดับแต่ละปัจจัยของหัวดูดลม Flex	49
3.6 ระดับแต่ละปัจจัยของหัวดูดลม VCM	49
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนเข้าห้องสะอาด	52
4.2 ผลการทดลองกระบวนการขึ้นสกรู	54
4.3 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ ด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน	56
4.4 ผลที่เลือกจากตารางออกแบบการทดลองของหัวดูดลมแบบใหม่ ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด	58
4.5 ค่าความเร็วลมสูงสุดภายในท่อของหัวดูดลมแบบเก่า และแบบใหม่	62
4.6 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่	62
4.7 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำความสะอาดด้วยหัวดูดลม แบบปัจจุบัน และแบบใหม่	64
ก.1 การจำลองของหัวดูดลมแบบใหม่ของ Ramp	71
ก.2 การจำลองของหัวดูดลมแบบใหม่ของ Flex	73
ก.3 การจำลองของหัวดูดลมแบบใหม่ของ VCM	76
ข.1 ผลการวัดจนวนอนุภาคก่อนกระบวนการขึ้นสกรู	78
ข.2 ผลการวัดจนวนอนุภาคหลังกระบวนการขึ้นสกรู	79
ค.1 ผลการวัดจนวนอนุภาคก่อนทำความสะอาด	80
ค.2 ผลการวัดจนวนอนุภาคหลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน	80
ค.3 ผลการวัดจนวนอนุภาคหลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว	1
1.2 กราฟแสดงปัญหาของสิ่งปนเปื้อน	2
2.1 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว	7
2.2 ชุดหัวอ่าน-เขียน (Head Stack Assembly)	8
2.3 หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	8
2.4 สัญลักษณ์ของซิกซ์ซิกมา	10
2.5 เส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve)	11
2.6 กระบวนการคิดแบบซิกซ์ซิกมา	11
2.7 แผนภูมิพาเรโต	12
2.8 แผนผังมหภาค	12
2.9 แผนภูมิแก๊งปลา (fish bone diagram)	13
2.10 สแตนเลสสตีล Stainless Steel (SUS)	16
2.11 พื้นผิวของสแตนเลสสตีล (Stainless Steel: SUS)	17
2.12 สแตนเลสสตีลตระกูลเฟอร์ริติก (Ferritic) SUS 4XX	17
2.13 สแตนเลสสตีลตระกูลออสเทนนิติก (Austenitic) SUS 3XX	18
2.14 ระบบการไหลของอากาศภายในห้องสะอาด	19
2.15 ห้องสะอาดแบบ Positive Pressure	20
2.16 ห้องสะอาดแบบ Negative Pressure	21
2.17 ชุดคลีนรูม	22
2.18 รองเท้าคลีนรูม	23
2.19 ถุงมือคลีนรูม	23
2.20 ลักษณะของแอร์ ชาเวเวอร์	24
2.21 แผ่นดักฝุ่นติดพื้น	25
2.22 ผ้าเช็ดชิ้นงาน	25
2.23 โต๊ะทำงานสะอาด	26
2.24 เก้าอี้ทำงานสะอาด	26
2.25 ชั้นวางของ	27
2.26 กระจาดสำหรับใช้ในห้องสะอาด	27
2.27 ขั้นตอนของการสวมชุดปฏิบัติงาน	28
2.28 ระบบของกระบวนการสุญญากาศ	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 ลักษณะ และทิศทางการไหลของท่อสูญญากาศ	30
2.30 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว	31
2.31 เครื่องดูดลมอัตโนมัติ	32
2.32 หลักอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ	33
2.33 การไหลผ่านหัวฉีด	34
2.34 ลักษณะการหมุนของทอร์นาโด	34
2.35 การจำลองภาพในคำสั่ง Part Mode	35
2.36 การจำลองภาพในคำสั่ง Assembly Mode	36
2.37 การจำลองภาพในคำสั่ง Drawing Mode	36
2.38 ตัวอย่างการจำลองการไหลของอากาศ	37
3.1 ผังการดำเนินงาน	38
3.2 แผนผังกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	39
3.3 ส่วนประกอบที่เป็น SUS 3XX และ SUS 4XX	40
3.4 ไดรเวอร์ปิดสำหรับชั้นสกรู	41
3.5 แผนผังรายละเอียดกระบวนการประกอบ	42
3.6 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดสแตนเลสสตีล	43
3.7 หัวดูดลมแบบปัจจุบันของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ	47
3.8 ตัวอย่างลักษณะของหัวดูดลมแบบใหม่	48
4.1 กราฟผลการทดลองที่ 1	53
4.2 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพกระบวนการทำความสะอาด ชิ้นส่วนก่อนนำเข้าห้องสะอาด	53
4.3 กราฟผลการทดลองที่ 2	54
4.4 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ของกระบวนการชั้นสกรู	55
4.5 กราฟผลการทดลองที่ 3	56
4.6 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพการทำความสะอาด ของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน	57
4.7 หัวดูดลมแบบใหม่ของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ	58
4.8 ค่าความเร็ว และลักษณะการไหลของลมตำแหน่งสกรู Ramp	59
4.9 บริเวณที่สามารถดูดได้ที่ตำแหน่งสกรู Ramp	59
4.10 ค่าความเร็ว และลักษณะการไหลของลมตำแหน่งสกรู Flex	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 บริเวณที่สามารถดูได้ที่ตำแหน่งสกรู Flex	60
4.12 ค่าความเร็ว และลักษณะการไหลของลมตำแหน่งสกรู VCM	61
4.13 บริเวณที่สามารถดูได้ที่ตำแหน่งสกรู VCM	61
4.14 กราฟผลการทดลองที่ 1	63
4.15 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพการทำความสะอาด ของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบใหม่	63
4.16 กราฟผลการทดลองที่ 2	64
4.17 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพการทำความสะอาด ระหว่างหัวดูดลมแบบปัจจุบัน กับหัวดูดลมแบบใหม่	65
ง.1 ใส่ข้อมูลผลรวม ของผลการทดลองที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน	82
ง.2 คำถามโดยวิธีการนำผลรวมของตัวอย่างงานจริงที่มีความแตกต่างกัน กรณีที่มีข้อมูลสองชุดเปรียบเทียบกัน(2-Sample t- test)	82
ง.3 เลือกใส่ข้อมูลที่มี	83
ง.4 เลือก Options กำหนดพารามิเตอร์ในการคำนวณ และกำหนดเงื่อนไขจากการตั้งสมมติฐาน(Alternative hypothesis)	83
ง.5 โปรแกรม Minitab คำนวณผล และนำมาทำการวิเคราะห์	84
จ.1 เลือกชิ้นงานที่จะนำมาจำลอง	85
จ.2 เลือก Tools และเลือก FloXpress เพื่อทำการจำลอง	85
จ.3 เลือก Air เพื่อจำลองการไหลของลม	86
จ.4 ใส่ค่าพารามิเตอร์ที่มี และเลือกบริเวณที่ต้องการให้เป็นส่วน ของสภาพแวดล้อมภายนอก	86
จ.5 ใส่ค่าพารามิเตอร์ที่มี และเลือกบริเวณที่ต้องการให้เป็นส่วน ของสภาพแวดล้อมภายใน	87
จ.6 ทำการจำลองการไหลของลม	87
จ.7 ผลการจำลองการไหล นำมาวิเคราะห์ และสรุปผล	87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทุกชนิดมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการแข่งขันสูง เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive : HDD) ซึ่งเป็นอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน ทำให้มีการแข่งขันทั้งทางด้านเทคโนโลยี คุณภาพและราคา โดยเทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1956 ได้มีการพัฒนา และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ คุณภาพ และประสิทธิภาพการทำงาน ซึ่งกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพ เนื่องจากก่อให้เกิดสิ่งปนเปื้อนหลายชนิดที่ส่งผลให้เกิดความเสียหาย ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ลดลง มีจำนวนของเสียที่เกิดจากการผลิตและทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความเสียหายเพิ่มมากขึ้น

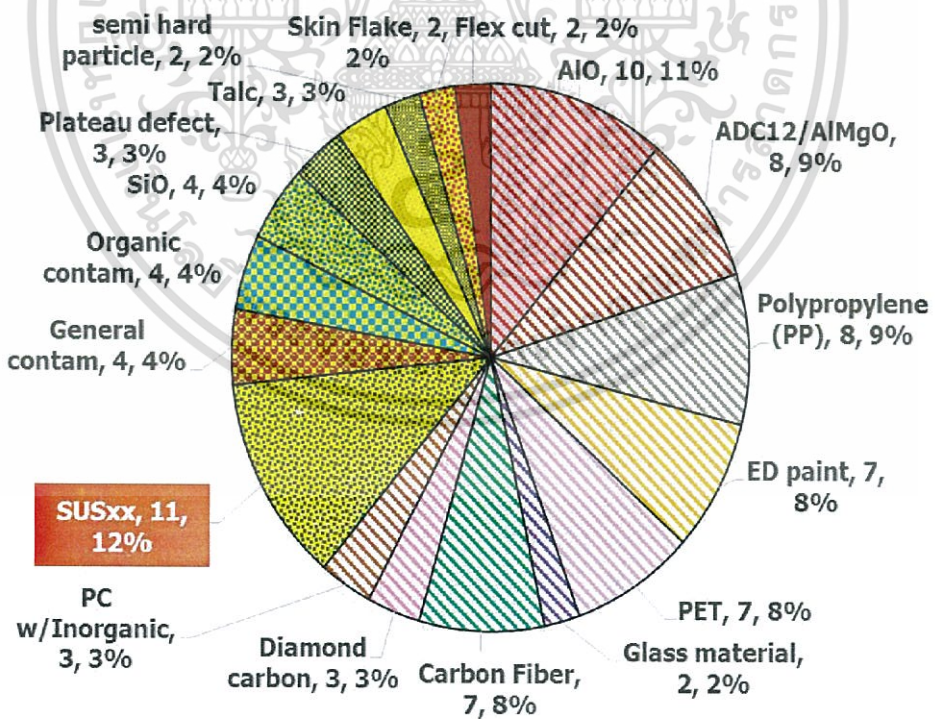


รูปที่ 1.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งปนเปื้อน (Contamination) ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นปัญหาหนึ่งซึ่งส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพการทำงาน เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนทุกประเภทสามารถทำให้เกิดความเสียหายต่างๆได้ เช่น เกิดการเสียดสีที่หัวอ่านและทำให้แผ่นดิสก์เกิดรอยขีดข่วน (Disk Scratch) ดังนั้นในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องผลิตภายในห้องสะอาด มีการควบคุมความสะอาดให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ แต่ยังคงมีแหล่งอื่นในกระบวนการผลิตที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนและไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ โดยปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญและยังไม่สามารถกำจัดได้ คือ สิ่งปนเปื้อนของเศษโลหะประเภท สแตนเลสสตีล (Stainless Steel: SUS) เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

จากปัญหาของสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ที่ติดอันดับหนึ่งในห้าของสิ่งปนเปื้อนที่ส่งผลกระทบต่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งยังไม่สามารถกำจัดให้ลดลงได้ ปรวิญญานพนธ์นี้จึงมุ่งเน้นศึกษาทดลอง เพื่อค้นหาแหล่งที่มาและปัจจัยแท้จริงที่มีผลต่อการเกิดสแตนเลสสตีล รวมทั้งพัฒนากระบวนการทำความสะอาด ในส่วนที่ทำการศึกษาให้เพียงพอ มีประสิทธิภาพ สามารถลดปริมาณสแตนเลสสตีลและช่วยลดของเสียได้ตามที่คาดหวังเพื่อนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดในส่วนอื่นของกระบวนการต่อไปในอนาคต



รูปที่ 1.2 กราฟแสดงปัญหาของสิ่งปนเปื้อน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อค้นหาแหล่งที่มาและวิเคราะห์หาปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ในกระบวนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.2.2 พัฒนาระบบการทำความสะอาดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อลดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาส่วนประกอบและกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว โดยประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยพนักงาน (Conveyor Line)

1.3.2 ทดลองเพื่อค้นหาแหล่งที่มาและปัจจัยที่แท้จริงของการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล โดยประยุกต์ใช้หลักการซิกซ์ซิกมาในการพิจารณา และสรุปผล

1.3.3 ศึกษากระบวนการทำความสะอาด โดยออกแบบและทำการทดลองเกี่ยวกับประสิทธิภาพการทำความสะอาดในส่วน of เครื่องดูดลมอัตโนมัติ (Auto Gang Vacuum)

1.3.4 พัฒนาประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ โดยทำให้มีความเร็วในการดูดเพิ่มขึ้น สามารถดูดทั้งพื้นผิวบริเวณสกรู (Screw) และภายในรูหัวสกรูของกระบวนการประกอบ ทำให้มีปริมาณสแตนเลสสตีลลดลง

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1. ศึกษาค้นคว้า เพื่อจัดหาหัวข้อรายงานสหกิจศึกษา

1.4.2 เสนอหัวข้อรายงานสหกิจศึกษา

1.4.3 ศึกษาโครงสร้าง ส่วนประกอบ และหลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.4.4 กำหนดหัวข้อของปัญหา (Define Phase) ที่ชัดเจน เพื่อวางแผนการวิเคราะห์ที่เหมาะสม

1.4.5 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) ตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง เพื่อค้นหาปัจจัยและประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (Auto gang vacuum)

1.4.6 ทำการทดลองเก็บบันทึกข้อมูล พร้อมทั้งสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.4.7 ขั้นตอนการปรับปรุงและพัฒนา (Improve Phase) ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ เพื่อลดปริมาณสแตนเลสสตีลลง

1.4.8 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ส่วนอื่นต่อไปในอนาคต

1.4.9 จัดพิมพ์ และนำเสนอรายงานสหกิจศึกษา

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน เดือนสิงหาคม - พฤศจิกายน ปีการศึกษา 2558

ลำดับ	หัวข้องาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	จัดหาหัวข้อ และนำเสนอ	←	→														
2	ศึกษากระบวนการทำงานทั้งหมด	←	→														
4	วิธีการดำเนินงาน				←	→											
5	ออกแบบวิธีการทดลอง				←	→											
7	วิเคราะห์ผลการทดลอง						←	→									
8	พัฒนาเครื่องดูดลมอัตโนมัติ								←	→							
9	ทำการทดลองเพื่อติดตามผล										←	→					
10	สรุปผลการดำเนินงาน												←	→			
11	นำเสนอ และประเมินผลการทำงาน															←	→

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 มีองค์ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้าง ส่วนประกอบ หลักการทำงานและกระบวนการทำความสะอาดในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.6.2 ทราบถึงปัญหา แหล่งที่มาและปัจจัยที่แท้จริงของการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล

1.6.3 เพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาด ในส่วนของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (Auto Gang Vacuum)

1.6.4 ลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ในกระบวนการประกอบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

1.6.5 สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายและลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

1.6.6 สามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา ปรับปรุงและพัฒนาในกระบวนการผลิตในกระบวนการผลิตอื่นๆ

1.6.7 สร้างความมั่นใจและความพึงพอใจแก่ลูกค้า

1.6.8 สามารถแก้ปัญหาและคิดวิเคราะห์เพื่อหาทางแก้ปัญหา ทำให้ได้พัฒนาตนเองสามารถนำความรู้ที่มีไปต่อยอดได้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ประวัติของสถานประกอบการ

บริษัท เอชจีเอสที (ประเทศไทย) จำกัด หรือ HGST (Thailand) Ltd. เป็นที่รู้จักกันดีในชื่อเดิมว่า Hitachi Global Storage Technologies เป็นบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ Hard Disk Drive (HDD) และ Storage สำหรับองค์กรโดยเฉพาะ โดย HGST มุ่งเน้นในการพัฒนาเทคโนโลยี Hard Drive ให้ตอบสนองต่อตลาดระดับองค์กรอย่างสูงสุด ทั้ง Enterprise SATA Drive, Enterprise SAS Drive, Enterprise FC Drive หรือแม้แต่ SSD

1.7.1 จุดเด่นของ Hard Disk Drive (HDD) จาก HGST มีดังนี้

1.7.1.1 มีความทนทานสูง Hard Drive จาก HGST ถูกออกแบบมาให้ใช้งานแบบ 24x7 ทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่มีการหยุดทำงาน ดังนั้นเรียกได้ว่าความทนทานของ HGST นั้นใกล้เคียงกับความทนทานของ Drive ระดับ SAS ในรุ่น Hi-End ของ Enterprise SAS Hard Drive ของยี่ห้ออื่นๆ

1.7.1.2 มีความจุสูง HGST เป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ Enterprise SATA Hard Disk Drive ขนาด 4TB เป็นรายแรกของโลก และมี Enterprise SAS Hard Drive ขนาด 1,200GB สำหรับใช้งานร่วมกับ Server โดยเฉพาะเช่นกัน

1.7.1.3 มีประสิทธิภาพสูง HGST เป็นที่ยอมรับอย่างเป็นทางการว่านอกจากจะมีความทนทานมากเป็นพิเศษแล้ว HGST ยังมีประสิทธิภาพในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่งรายต่างๆ ในตลาดอีกด้วย

1.7.1.4 ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับ DATA CENTER มีเทคโนโลยี Dual Stage Actuator (DSA) และ Enhanced Rotational Vibration Safeguard (RVS) ทำให้ Hard Drive มีความทนทานและมีประสิทธิภาพสูงในการใช้งานร่วมกับ Server และการทำ RAID บน SAN Storage รวมถึงระบบ PC, Workstation และ Mac ประสิทธิภาพสูงสำหรับตัดต่อวิดีโออีกด้วย

1.7.1.5 เข้ากันได้กับ HARDWARE ที่หลากหลาย HGST ได้ถูกทดสอบและได้รับการรับรองให้ใช้งานร่วมกับผู้ผลิตชั้นนำมากมาย

1.7.1.6 ระยะเวลาประกันยืนยาว Hard Drive จาก Hitachi มีระยะเวลาประกันนานถึง 3 ปี จึงสามารถมั่นใจได้ว่าระบบจัดเก็บข้อมูลองค์กรของคุณจะมีอุปกรณ์สำรองในอนาคตอย่างแน่นอน

1.7.2 วิสัยทัศน์ (Vision)

คือ เป็นผู้นำด้วยการสร้างนวัตกรรมและความน่าเชื่อถือ ในการแก้ปัญหาโดยให้ผู้ใช้ทั่วไปได้เป็นผู้สร้างสรรค์ บริหารจัดการได้สัมผัส และเก็บรักษาข้อมูลดิจิทัล

1.7.3 พันธกิจ (Mission)

คือ การดำรงไว้ซึ่งความเป็นเลิศของอุตสาหกรรมในการสร้างความพึงพอใจสูงสุด ให้แก่ลูกค้า ด้วยนวัตกรรม ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ คุณภาพ และการปฏิบัติการที่ยอดเยี่ยม

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

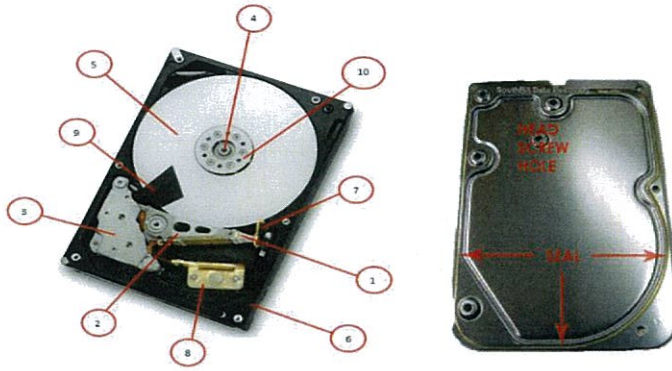
ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องในการจัดทำปริญญาบัตรในครั้งนี้ ซึ่งทฤษฎีและหลักการที่สำคัญจะแบ่งออกเป็น หลักการทำงานขั้นพื้นฐานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โครงสร้างและส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, การประยุกต์ใช้หลักการงานของซิกส์ซิกมา (Six Sigma) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และดำเนินงานวิจัยข้อมูลเกี่ยวกับสแตนเลสสตีล (SUS) และทฤษฎีอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์

ฮาร์ดดิสก์เป็นหน่วยบันทึกหรืออุปกรณ์ที่คอมพิวเตอร์ใช้เก็บข้อมูลต่างๆ ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่สามารถจุข้อมูลได้มากกว่าอุปกรณ์เก็บข้อมูลชนิดอื่นๆ ใช้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลแบบถาวรแม้จะปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ข้อมูลก็จะไม่สูญหาย เมื่อเปิดเครื่องก็สามารถโหลดโปรแกรมมาใช้งานได้หากเป็นข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้และสามารถบันทึกหรือเรียกใช้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วจากคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) ถูกใช้เป็นไดรฟ์หลักในการบูต(Boot) ระบบปฏิบัติการโปรแกรมรวมทั้งข้อมูลต่างๆ ในปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สามารถพบได้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป เช่น เครื่องบันทึกภาพ ดิจิตอล กล้องถ่ายรูป คอมพิวเตอร์ขนาดพกพาและโทรศัพท์มือถือบางรุ่น เป็นต้น

2.1.1 โครงสร้างและส่วนประกอบ

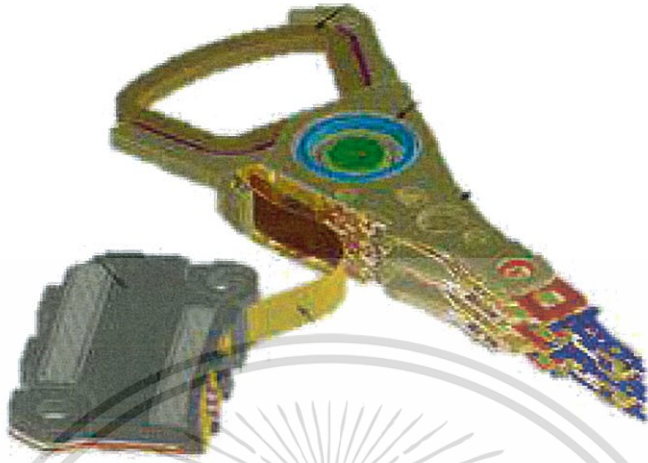
กระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยทั่วไปมีกระบวนการที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ Head Disk Assembly (HDA) เป็นส่วนการประกอบชุดหัวอ่านและเขียน จานเก็บข้อมูลและส่วนประกอบอื่นๆที่เกี่ยวข้องทางกลไกการทำงานและ Printed Circuit Board Assembly (PCBA) เป็นส่วนประกอบทางด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์อื่นๆแสดงส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว

1. หัวอ่าน (Head) เป็นส่วนหนึ่งของแขนหัวอ่านสร้างจากขดลวด เพื่อใช้อ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนแผ่นแม่เหล็ก โดยการรับคำสั่งจากตัวคอนโทรลเลอร์ เกิดความเหนียวนำทางแม่เหล็กและไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสนามแม่เหล็ก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล
2. แขนหัวอ่าน (Head Stack Arm) แขนยึดชุดหัวอ่านและเขียนสำเร็จ มีด้านหนึ่งยึดติดกับหัวอ่านและอีกด้านติดกับขดลวดแม่เหล็ก VCM Coil ลักษณะดังรูปที่ 2.2
3. ขดลวดแม่เหล็ก (Voice Coil Motor: VCM Coil) เป็นขดลวดแม่เหล็กที่ใช้หลักการเหนียวนำของแม่เหล็กทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของ Head Stack Arm
4. มอเตอร์หมุนแผ่นแม่เหล็ก (Spindle Motor) เป็นตัวควบคุมจานแม่เหล็กให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อบันทึก หรือแก้ไขข้อมูลมีความเร็วในการหมุนประมาณ 7,200 รอบต่อนาทีหรือสามารถเพิ่มความเร็วได้ถึงหนึ่งหมื่นรอบต่อนาที
5. แผ่นมีเดีย (Media) มีลักษณะเป็นจานกลมๆ เคลือบด้วยสารแม่เหล็กเป็นส่วนเก็บข้อมูลต่างๆ โดยข้อมูลนั้นจะถูกบันทึกในลักษณะของเลข 0 และ 1 แผ่นแม่เหล็กนั้นติดกับมอเตอร์สำหรับหมุน และสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้ง 2 ด้าน
6. ฐานรอง (Base Plate) เป็นกล่องสี่เหลี่ยมสำหรับบรรจุชิ้นส่วนภายในของฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์
7. Ramp อุปกรณ์พักหัวอ่าน-เขียนในขณะที่ไม่มีการทำงาน
8. Flex วงจรสำหรับเชื่อมต่อระหว่างหัวอ่าน-เขียน กับ Connector ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อข้อมูล
9. Air Spoiler อุปกรณ์จัดระเบียบลม เมื่อแผ่นมีเดียหมุนจะปล่อยให้ลมที่จำเป็นต่อการหมุนของแผ่นมีเดียไหลไปแต่คอยบังลมที่ไม่จำเป็นเอาไว้
10. Top Clamp เป็นอุปกรณ์ยึดติดชุดมอเตอร์กับแผ่นจานแม่เหล็กเข้าด้วยกัน
11. Spacer Ring เป็นอุปกรณ์กั้นแผ่นจานแม่เหล็กแต่ละแผ่นออกจากกัน
12. Top Cover ฝาปิดด้านบนฮาร์ดดิสก์ไทรฟ์ เพื่อป้องกันอนุภาค ฝุ่นละอองหรือสิ่งปนเปื้อนต่างๆ

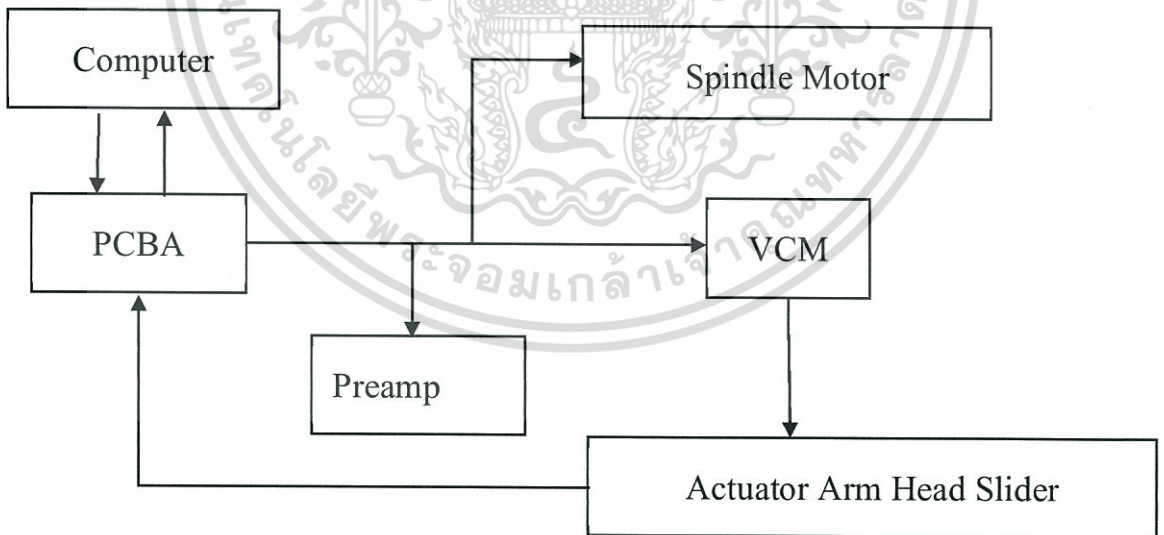
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ชุดหัวอ่าน-เขียน (Head Stack Assembly)

2.1.2 หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

หลักการทำงานโดยทั่วไปของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ขนาดและความจุ

ความจุของฮาร์ดดิสก์โดยทั่วไปในปัจจุบันนั้นมีตั้งแต่ 20 GB ถึง 3 TB ยังมีความจุมากก็จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยความต้องการของตลาดในปัจจุบันที่ต้องการแหล่งเก็บข้อมูลที่มีความจุในปริมาณมากและมีความน่าเชื่อถือในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

2.1.3.1 ขนาด 8 นิ้ว (241.3 มิลลิเมตร × 117.5 มิลลิเมตร × 362 มิลลิเมตร)

2.1.3.2 ขนาด 5.25 นิ้ว (146.1 มิลลิเมตร × 41.4 มิลลิเมตร × 203 มิลลิเมตร)

2.1.3.3 ขนาด 3.5 นิ้ว (101.6 มิลลิเมตร × 25.4 มิลลิเมตร × 146 มิลลิเมตร) เป็นฮาร์ดดิสก์สำหรับคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (Desktop) หรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) มีความเร็วในการหมุนจานอยู่ที่ 5,400 ถึง 10,000 รอบต่อนาทีโดยมีความจุในปัจจุบันตั้งแต่ 80 GB ถึง 3 TB

2.1.3.4 ขนาด 2.5 นิ้ว (69.85 มิลลิเมตร × 9.5–15 มิลลิเมตร × 100 มิลลิเมตร) เป็นฮาร์ดดิสก์สำหรับคอมพิวเตอร์พกพา แล็ปท็อป, UMPC, เน็ตบุ๊ก, อุปกรณ์มัลติมีเดียพกพา มีความเร็วในการหมุนจานอยู่ที่ 5,400 รอบต่อนาที โดยมีความจุในปัจจุบันตั้งแต่ 60 GB ถึง 1 TB

2.1.3.5 ขนาด 1.8 นิ้ว (55 มิลลิเมตร × 8 มิลลิเมตร × 71 มิลลิเมตร)

2.1.3.6 ขนาด 1 นิ้ว (43 มิลลิเมตร × 5 มิลลิเมตร × 36.4 มิลลิเมตร)

2.2 ซิกส์ซิกมา (Six Sigma)

ซิกส์ซิกมา (Six Sigma) เป็นชื่อเรียกระบบ หรือเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ และประสิทธิภาพในวิชาสถิติ เรียกว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นตัวเลขในการบ่งบอกถึงการกระจายตัวของข้อมูล หรือค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (Mean) โดยซิกส์ซิกมาเริ่มมีบทบาทในการปรับปรุงและรักษาคุณภาพในปี ค.ศ. 1931 เมื่อวอลเตอร์ เอ ชิวฮาร์ท (Walter A. Shewhart) ได้แนะนำว่าในกระบวนการใดๆ ถ้าค่าเฉลี่ยของคุณภาพของผลผลิตหรือของผลลัพธ์ที่ได้ ห่างจากเป้าหมายที่ตั้งไว้มากกว่า 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกระบวนการนั้น กระบวนการดังกล่าวควรจะถูกปรับปรุงและแก้ไขใหม่ ได้มีการประยุกต์ใช้โดยมุ่งเน้นที่การลดต้นทุน และปรับปรุงคุณภาพกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น ช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบปัญหาภายในบริษัทด้วยข้อมูลที่แม่นยำเชื่อถือได้ และค้นหาถึงปัจจัยการเกิดปัญหาที่แท้จริงได้ สามารถปรับปรุง และควบคุมไม่ให้อุณหภูมิขึ้นซ้ำอีก

6σ

รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์ของซิกส์ซิกมา

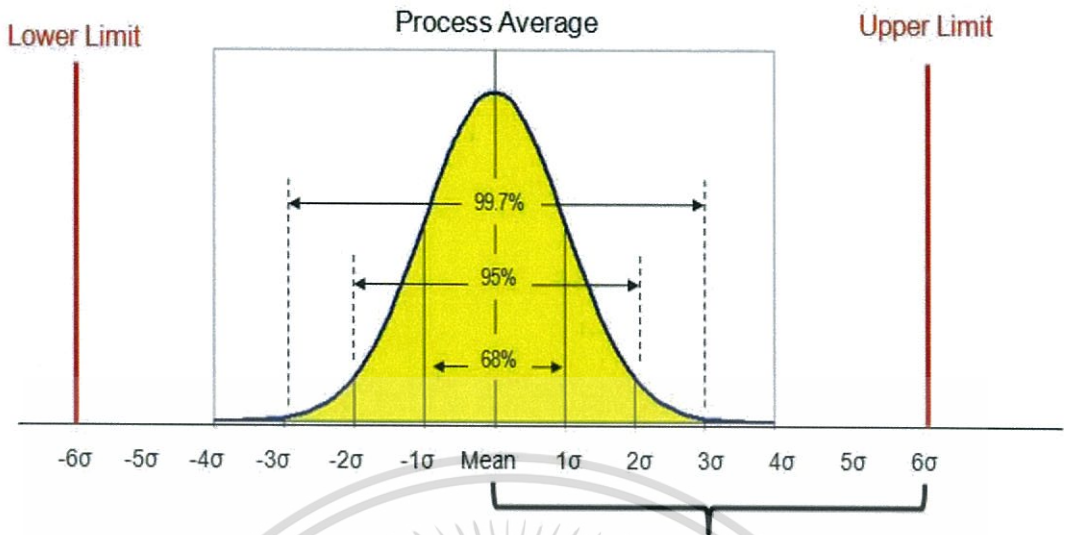
2.2.1 หลักการและแนวคิดของซิกส์ซิกมา

หลักการซิกส์ซิกมา คือ วิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต เพื่อลดความสูญเสีย (Defect) หรือเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดในกระบวนการต่างๆ รวมทั้งปรับปรุงให้ตรงตามเป้าหมาย (Target) โดยมุ่งเน้นให้และมีความสูญเสียได้ไม่เกิน 3.4 ชิ้นต่อล้านชิ้น (Defect Per Million Opportunities: DPMO) หรือ 3.4 ppm (Parts Per Million) สัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันทางสถิติ คือ Sigma (σ) หมายถึงขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limit) และการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve) ดังรูปที่ 2.5 ทางสถิติขั้นที่ระดับ 6 Sigma จะมีของเสียที่อยู่นอกขอบเขต ดังแสดงสมรรถนะของระดับซิกส์มาในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงสมรรถนะของระดับซิกส์มา

ระดับซิกส์ซิกมา	จำนวนข้อบกพร่องต่อหนึ่งล้าน	ผลลัพธ์
2 σ	308,770	69 %
3 σ	66,811	93.33 %
4 σ	6,210	99.38 %
5 σ	233	99.98 %
6 σ	3.44	99.99 %

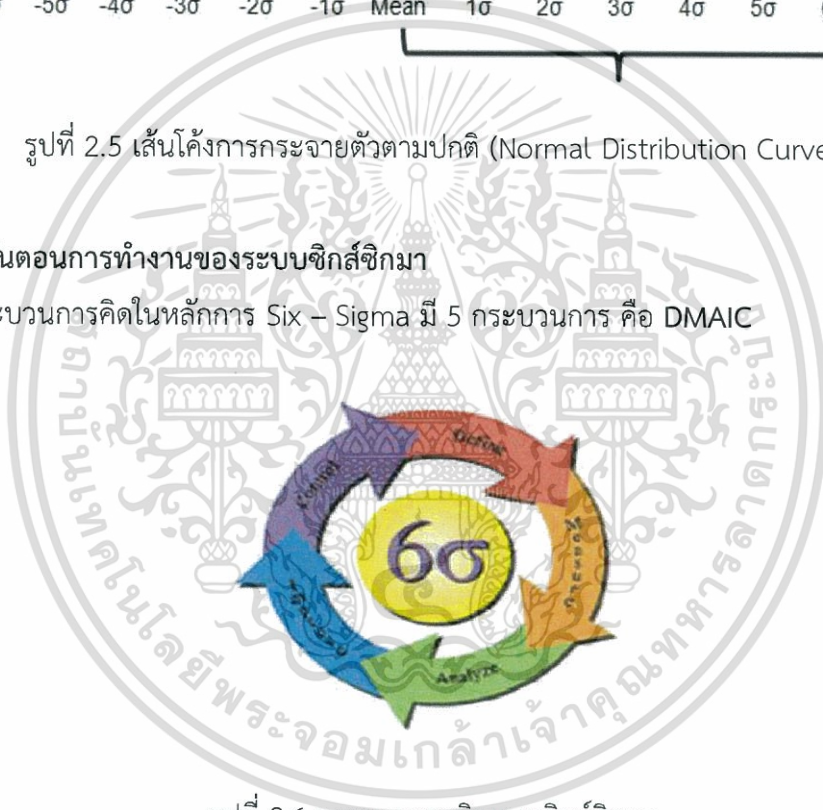
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 เส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve)

2.2.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบซิกส์ซิกมา

กระบวนการคิดในหลักการ Six – Sigma มี 5 กระบวนการ คือ DMAIC



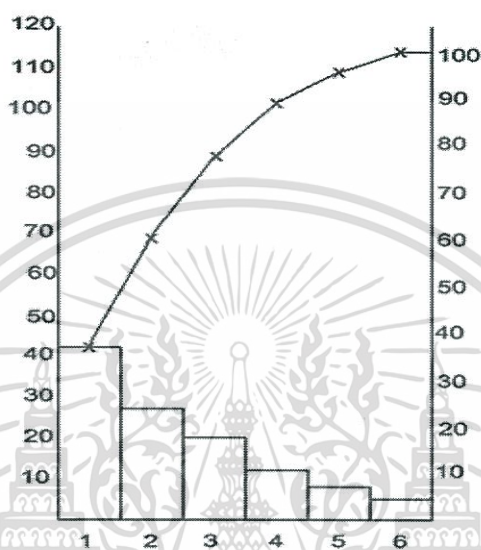
รูปที่ 2.6 กระบวนการคิดแบบซิกส์ซิกมา

2.2.2.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase: D) คือ การคัดเลือกหัวข้อ เป็นการกำหนดปัญหา และเป้าหมายอย่างชัดเจนเพื่อค้นหาจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการทำงาน (Process) ประเมินปัญหาผลกระทบ ต้นเหตุก่อให้เกิดปัญหาและส่วนที่จำเป็นต้องปรับปรุง ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้มีดังนี้

1. กราฟ (Graph) คือ แผนภาพที่แสดงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งมีอยู่หลายประเภทเช่น กราฟเส้น, กราฟแท่ง, กราฟวงกลม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

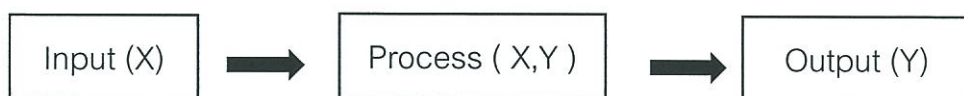
2. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) คือ เครื่องมือสำหรับการตรวจสอบ และพิจารณา ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น โดยการนำเอาสาเหตุมาแบ่งแยกประเภท เรียงลำดับความสำคัญของข้อมูลและ ปัญหา จากมากไปหาน้อยโดยสาเหตุใหญ่จัดเป็นปัญหาที่มีบทบาทสำคัญ จึงจำเป็นต้องแก้ไขก่อนเพื่อให้ สามารถแก้ไขปัญหาได้สำเร็จ ซึ่งหลักการของแผนภูมิพาเรโต แกน Y จะมี 2 แกนและแกน X มี 1 แกน โดย แกน Y ทางซ้าย กับแกน X ทำหน้าที่เหมือนกราฟแท่งปกติ แกน Y ทางขวาเป็นร้อยละ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แผนภูมิพาเรโต

2.2.2.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase: M) คือ กระบวนการศึกษาทดลอง และวิเคราะห์เพื่อ ค้นหาปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุของปัญหา (x) โดยสร้างตัวชี้วัดต่างๆซึ่งจะทำให้เข้าใจสภาพของระบบ และกระบวนการที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน การปรับปรุงต้องมีความเข้าใจว่าจะวัดอะไร วัดอย่างไร วัดที่ไหน และวัดเมื่อไหร่ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้มีดังนี้

1. แผนผังมหภาค (Macro Map) คือ แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ของกระบวนการทั้งหมด ที่ทำให้เราสามารถเห็นเส้นทางการไหลของการผลิตโดยภาพรวม ดังรูปที่ 2.8

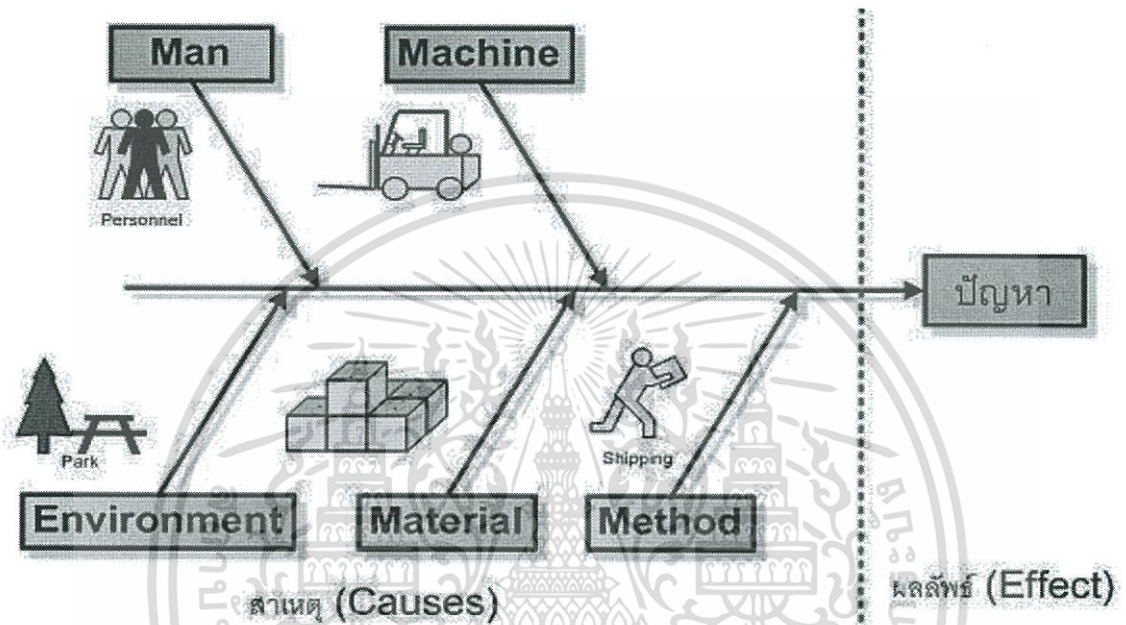


รูปที่ 2.8 แผนผังมหภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผนผังแสดงการไหลของกระบวนการ (Process Flow) คือ การแสดงรายละเอียด โครงสร้าง และความสัมพันธ์ของกระบวนการที่ทำการศึกษา โดยทำการระบุกระบวนการย่อยที่ส่งผลอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3. แผนภูมิก้างปลา (fish bone diagram) คือ การหาสาเหตุของปัญหาที่เราทราบ โดยทั่วไป สาเหตุหลักของปัญหาจะมาจาก 6 สาเหตุ หรือ 6M คือ คน วัสดุดิบ วิธีการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน เครื่องมือและอุปกรณ์ เมื่อได้สาเหตุหลัก จึงหาสาเหตุย่อยๆที่เกิดจากสาเหตุหลักดังกล่าว ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แผนภูมิก้างปลา (fish bone diagram)

4. การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหา (Cause and Effect Diagram: C&E) คือ การนำปัญหา สาเหตุและแหล่งที่มาจากการทำแผนภูมิอื่นๆมาสร้างเป็นตารางเพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบที่มีปัญหา โดยการลงคะแนนจากสมาชิกตามหลักการที่มีการกำหนดไว้ร่วมกัน

2.2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase: A) คือ การนำปัจจัยของกระบวนการต่างๆ วิเคราะห์ปัญหาเพื่อระบุสาเหตุหลักที่ส่งผลกระทบและการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาทางกำจัดปัญหาให้บรรลุเป้าหมาย ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้มีดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) คือ การทดสอบโดยอาศัยวิธีการทางสถิติ เข้ามาช่วยเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับ หรือปฏิเสธสมมติฐานที่คาดการณ์ไว้ โดยการทดสอบสมมติฐานมี 2 ทางเลือก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis: H_0) เป็นการยอมรับสมมติฐานหลัก (Acceptance Region) โดยจะแสดงถึงสมมติฐานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มีความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ เป็นการยอมรับสมมติฐานที่กำหนด หรือตั้งไว้

1.2 สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis: H_1) เป็นการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Rejection Region) โดยเป็นสมมติฐานที่ตรงข้ามกับ H_0 ยอมรับสมมติฐานอื่นๆ ดังนั้นผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมติฐานใดๆ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตารางสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

การตัดสินใจ	ข้อเท็จจริงของ H_0	
	H_0 เป็นจริง	H_0 เป็นเท็จ
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ตัดสินใจถูกต้อง
ยอมรับ H_0	ตัดสินใจถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

จากตารางที่ 2.2 ผลการทดสอบอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ทั้ง 2 กรณีคือ
 กรณีที่ 1 การปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง เรียกว่า ความผิดพลาดประเภทที่ 1 แทนด้วย α เรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significant)
 กรณีที่ 2 การยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นเท็จ เรียกว่า ความผิดพลาดประเภทที่ 2 แทนด้วย β และเรียก $1-\beta$ ว่ากำลังของการทดสอบ (Power of the test)

2. โปรแกรม Minitab คือ การใช้โปรแกรม Minitab ในการทดสอบสมมติฐาน โดยพิจารณาจากค่า P-Value ที่ขึ้นอยู่กับ การตั้งเงื่อนไขและสมมติฐานให้มีความสอดคล้องกับสิ่งที่ต้องการจะช่วยให้ทราบความเชื่อมั่นที่แท้จริง ซึ่งมีหลักการพิจารณา ดังนี้

2.1 ปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า P-Value < 0.05

2.1 ยอมรับ H_0 เมื่อค่า P-Value > 0.05

2.2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase: I) คือ การปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพของกระบวนการ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของกระบวนการตามที่ต้องการ ซึ่งกำจัดปัญหาสามารถสร้างระเบียบและแผนผังของการจัดการเพื่อลดปัญหาด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้มีดังนี้

กระบวนการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) คือ การวางแผนอย่างมีรูปแบบในการทดลอง โดยมีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระหรือปัจจัย (factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น ของกระบวนการนั้น ดังตารางที่ 2.3 ซึ่งมีศัพท์ที่ควรรู้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Run คือ กลุ่มของครั้งที่ทำการทดลอง

Factor คือ ปัจจัยอินพุท (Input) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อเอาต์พุท (Output) ที่เรากำลังสนใจศึกษาอยู่ในการทดลอง

Level คือ ค่าระดับ หรือจำนวนของตัวแปรอินพุท Factor ที่เรากำลังศึกษาในการทดลอง
ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงกระบวนการออกแบบการทดลอง (DOE)

ครั้งที่ (Run)	ปัจจัย (Factor)	ปัจจัย (Factor)
1	ระดับที่1 (Level 1)	ระดับที่1 (Level 1)
2	ระดับที่1 (Level 1)	ระดับที่2 (Level 2)
3	ระดับที่2 (Level 2)	ระดับที่1 (Level 1)
4	ระดับที่2 (Level 2)	ระดับที่2 (Level 2)

2.2.2.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase: C) คือ การออกแบบควบคุมคุณภาพของกระบวนการให้ตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ในระยะยาว เพื่อไม่ให้ย้อนกลับไปมีปัญหาเดิมได้อีก เป็นการติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลงานปฏิบัติ โดยทำการเปรียบเทียบผลก่อนปฏิบัติงานและหลังปฏิบัติงานว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดและตรงตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์หรือไม่ ถ้าผลการทดลองเป็นไปตามเป้าหมายที่คาดหวังไว้ ก็สามารถนำไปปรับปรุง พัฒนา หรือประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต

2.2.3 ประโยชน์ของระบบจัดการคุณภาพแบบซิกส์ซิกมา

2.2.3.1 ช่วยลดข้อบกพร่อง ของเสียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดจนมุ่งเข้าสู่ศูนย์ (Zero Defect) ทำให้ข้อผิดพลาดที่ลูกค้าจะได้รับมีน้อยลง กระบวนการผลิตมีคุณภาพสูง ความแปรปรวนของกระบวนการผลิตต่ำลง และลดระยะเวลาในการผลิตจึงมีโอกาสมากขึ้น

2.2.3.2 ช่วยลดต้นทุน ทำให้เกิดผลกำไรอย่างมหาศาลขณะที่ความพึงพอใจของลูกค้าเพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน

2.2.3.3 ทำให้ทุกคนมีความกระตือรือร้น มีอิสระในการคิด การปฏิบัติ มีการทำงานที่เป็นทีม กระตุ้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นผลดีต่อองค์กร ทำให้องค์กรมีการพัฒนาตัวเองและผลิตภัณ์อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สิ่งปนเปื้อน (Contamination)

สิ่งปนเปื้อน คือ สารหรือพลังงานที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิต ที่อาจเป็นอนุภาค สิ่งมีชีวิตอินทรีย์ สารเคมี ฟิล์ม ไอออน ก๊าซ หรือไฟฟ้าสถิต เป็นต้น โดยทั่วไปมวลสารหรืออนุภาคในอากาศ ประกอบไปด้วยอนุภาคที่มีชีวิต (เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ) และอนุภาคที่ไม่มีชีวิต (ผง, ฝุ่น) ห้องสะอาดทางชีววิทยา อุตสาหกรรมยาหรือโรงพยาบาล จะเน้นการควบคุมหรือป้องกันพวกเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนห้องสะอาดสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการความสะอาดมาก จะเน้นการควบคุมทั้งอนุภาคที่มีชีวิตและอนุภาคที่ไม่มีชีวิต เครื่องมือสำคัญในการควบคุมปริมาณอนุภาคใน ห้องสะอาด คือ แผ่นกรองอากาศชนิด HEPA (High Efficiency Particulate Air) ซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาด 0.3 ไมครอนได้มีประสิทธิภาพถึง 99.97 เปอร์เซ็นต์

2.3.1 ประเภทของสิ่งปนเปื้อน

2.3.1.1 สิ่งปนเปื้อนที่กระทบต่อการใช้งาน (Functional Contamination) คือ สิ่งปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิต

2.3.1.2 สิ่งปนเปื้อนที่ก่อให้เกิดความรำคาญ (Nuisance Contamination) คือ สิ่งปนเปื้อนที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการผลิตแต่อาจสร้างความรำคาญให้แก่ผู้พบเห็น

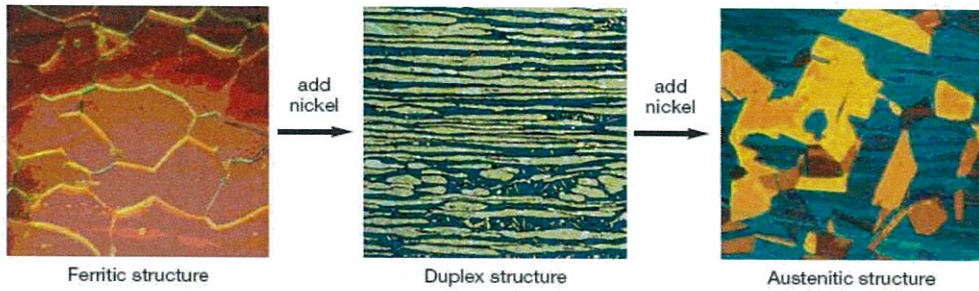
2.3.2 สแตนเลสสตีล Stainless Steel (SUS)

สแตนเลสสตีล หรือเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) คือ เหล็กกล้าผสมพิเศษ ข้อแตกต่างระหว่างสแตนเลสสตีล กับ เหล็ก (Steel) คือ เปลี่ยนจากเพิ่มธาตุโครเมียม (Chromium) เป็นนิกเกิล (Nickel), โมบิลินัม (Molybdenum), ไทเทเนียม (Titanium) และ ไนโอเบียม (Niobium) ซึ่งในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ สแตนเลสสตีลจัดเป็นสิ่งปนเปื้อนประเภทหนึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.10 สแตนเลสสตีล Stainless Steel (SUS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 พื้นผิวของสแตนเลสสตีล (Stainless Steel: SUS)

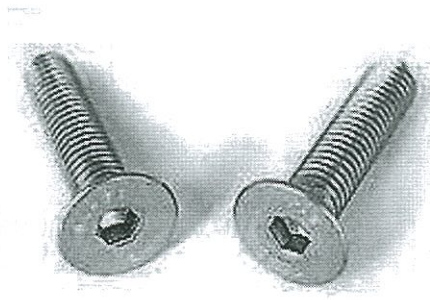
2.3.2.1 ประเภท และคุณสมบัติของสแตนเลสสตีล

1. ตระกูลเฟอร์ริติก (Ferritic) ที่รู้จักกันในซีรีส์ 400 หรือ SUS 4XX มีโครเมียมเป็นธาตุผสมหลัก 10.5-27 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณคาร์บอนต่ำมาก ที่นิยมใช้ทั่วไป คือ เกรด 430 และเกรด 409 ใช้ทำท่อไอเสียรถยนต์ เนื่องจากราคาถูก มีความแข็งแรงปานกลาง ทนต่อการกัดกร่อนต่ำ สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ลักษณะเด่น คือ แม่เหล็กดูดติดได้ เชื่อมได้ไม่ดี



รูปที่ 2.12 สแตนเลสสตีลตระกูลเฟอร์ริติก (Ferritic) SUS 4XX

2. ตระกูลออสเทนนิติก (Austenitic) ที่รู้จักกันในซีรีส์ 300 หรือ SUS 3XX โดยประกอบด้วยคาร์บอนอย่างน้อย 0.15 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนผสมของโครเมียม และมีการเพิ่มธาตุนิกเกิล (Nickel) ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการขึ้นรูปประกอบ และเพิ่มความทนทานต่อการกัดกร่อน โดยทั่วไปจะมีโครเมียม 18 เปอร์เซ็นต์ นิกเกิล 10 เปอร์เซ็นต์ และมักเรียกกันว่า 18/10 ที่นิยมใช้ทั่วไป คือ เกรด 304 ใช้มากที่สุดในด้าน Marine Grade และเกรด 303 สำหรับงานทั่วไป ลักษณะเด่น คือ เชื่อม ตัดและขึ้นรูปได้ดีเยี่ยม การขึ้นรูปเย็น จะทำให้เหล็กแข็งขึ้น มีสมรรถนะดีเยี่ยม ที่อุณหภูมิต่ำและแม่เหล็กดูดไม่ติด



รูปที่ 2.13 สแตนเลสสตีลตระกูลออสเทนนิติก (Austenitic) SUS 3XX

3. ตระกูลมาร์เทนซิติก (Martensitic) เป็นตระกูลที่มีความต้านทานการกัดกร่อนน้อยกว่า ออสเทนนิติก และเฟอร์ริติก แต่มีความทนทานและแข็งแรงมากกว่า เป็นสแตนเลสสตีลชนิดแรกที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ใช้ในโรงงานทั่วไป มีคาร์บอนผสมในปริมาณที่สูงลักษณะเด่น คือ แม่เหล็กดูดติดได้ ไม่สามารถขึ้นรูปเย็น เชื่อมได้ไม่ดี และทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง

4. ตระกูลดูเพล็กซ์ (Duplex) มีโครงสร้างผสมระหว่าง โครงสร้างเฟอร์ไรต์ และ ออสเทนไนต์ จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าออสเทนนิติก และมีความทนทานต่อการกัดกร่อนชนิด รูซีม ซอกอับ มีโครเมียมปริมาณสูงผสมอยู่ลักษณะเด่น คือ เชื่อมได้ดี สามารถขึ้นรูปได้ดี ทนทานต่อการกัดกรอด Chloride เป็นพิเศษ และทนทานต่อความเครียดจากการถูกกัดกร่อน

5. ตระกูลเพิ่มความแข็งแรงโดยการตกผลึก นำจุดเด่นของตระกูลออสเทนนิติกที่มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนดี และมีความแข็งแรงมากกว่าตระกูลมาร์เทนซิติกที่รู้จักกันทั่วไป มีโครเมียมผสมอยู่ 17 เปอร์เซ็นต์ และมีนิกเกิล 4 เปอร์เซ็นต์ ทองแดง และไนโอเบียม ผสมอยู่ด้วย เนื่องจากสแตนเลสชนิดนี้สามารถชุบแข็งได้ในคราวเดียว จึงเหมาะสำหรับทำแกน บีมหัววาล์ว และส่วนประกอบของ อากาศยาน ลักษณะเด่น คือ แม่เหล็กดูดติดได้ เชื่อมได้ดี มีความแข็งแรงสูงมาก และทนต่อการกัดกร่อนปานกลาง

2.3.2.2 ประโยชน์ของสแตนเลสสตีล

1. ความทนทาน ความต้านทานต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ
2. ง่ายต่องานประกอบ หรือแปรรูป
3. มีความสวยงาม
4. ความปลอดภัยและถูกสุขลักษณะ

2.3.2.3 จุดด้อยของสแตนเลสสตีล

1. เปราะกว่าเหล็ก อ่อนกว่าเหล็กไม่เหมาะสำหรับใช้ทำวัสดุที่ต้องงอหรือเสียดสีมาก
2. ไม่สามารถเคลือบสีได้ เนื่องจากมีฟิล์มบางเคลือบเอาไว้เอง เพื่อป้องกันการเกิดสนิม
3. สามารถเป็นสนิมได้เมื่อใช้งานในที่ไม่มี H_2O

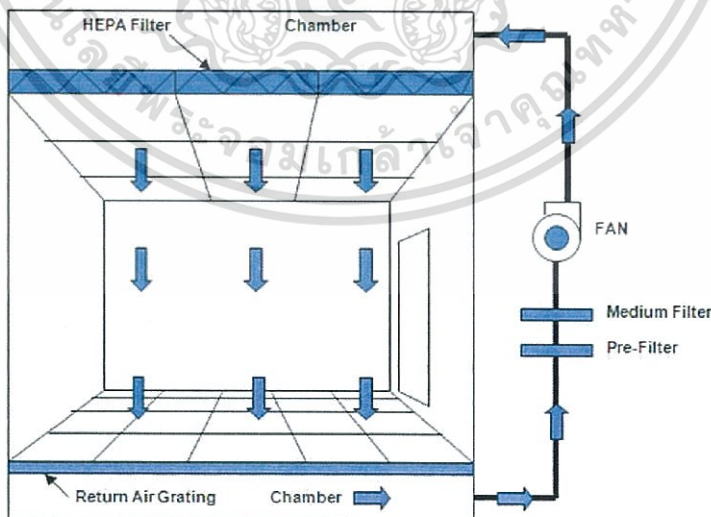
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.4 การใช้งานสแตนเลสสตีลทั่วไป

1. สแตนเลสสตีลตระกูลออสเทนนิติก นำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้ไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ภาชนะความดันที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม
2. สแตนเลสสตีลตระกูลเฟอร์ริติก นิยมใช้มากที่สุดในงานอุปกรณ์ตกแต่งในอาคาร เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร อุปกรณ์เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องถ่ายความร้อนในกระบวนการผลิต เป็นต้น
3. สแตนเลสสตีลตระกูลมาร์เทนซิติก สามารถนำไปใช้ในงานที่ต้องการความทนทานและมีความแข็ง เช่น ทำใบมีด เครื่องมือผ่าตัด ตัวยึด กระสวยหรือแกนเพลลา หัวฉีด เพลลาและสปริง
4. สแตนเลสสตีลตระกูลดูเพล็กซ์ นำไปใช้ในการทำแผงและท่ออุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ อุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส เป็นต้น

2.4 ห้องสะอาด (Clean room)

ห้องสะอาด คือ ห้องที่มีระบบอากาศแบบพิเศษ มีทิศทางการไหลของลม และอากาศภายในห้องแบบราบเรียบ (Laminar Flow) คือ อากาศไหลในแนวระดับจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความสะอาด ช่วยพัดพาสิ่งปนเปื้อนลงสู่ระบบการกรอง และทำความสะอาด เพื่อควบคุมปริมาณฝุ่นในอากาศไม่ให้เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด ดังรูปที่ 2.14 โดยการควบคุมปัจจัยเสริมต่างๆ ได้แก่ คุณลักษณะและความเร็วของลม, อุณหภูมิ, แสงสว่าง, เสียง, แรงดันและระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง ซึ่งห้องสะอาดนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมที่ต้องระมัดระวังเรื่องสิ่ง เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนสามารถส่งผลกระทบต่อและสร้างความเสียหายแก่ชิ้นงาน ชีวิตและทรัพย์สินได้



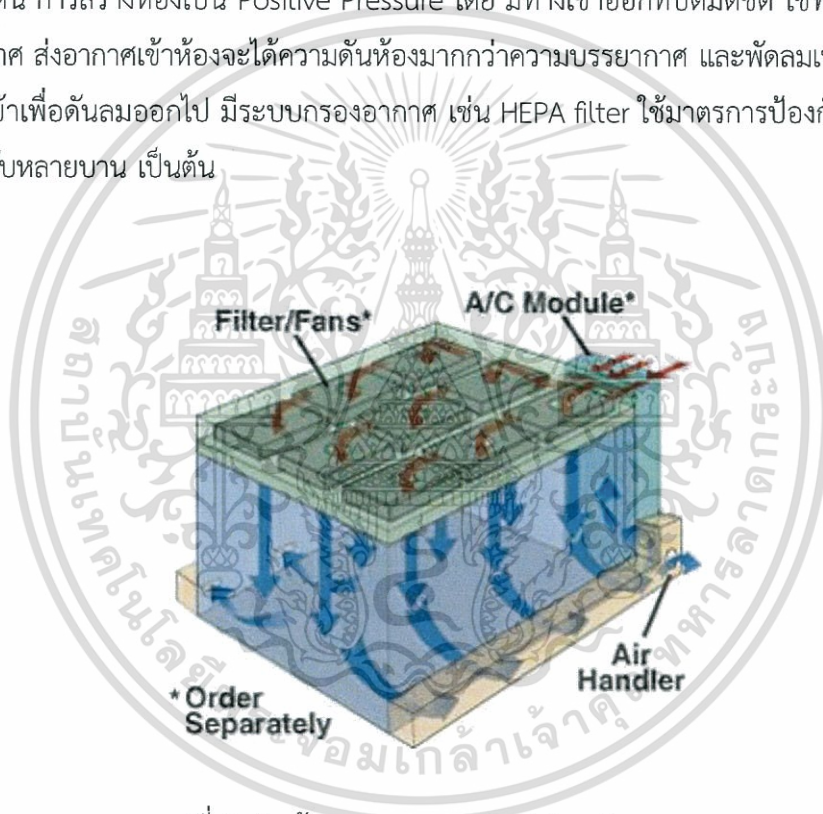
รูปที่ 2.14 ระบบการไหลของอากาศภายในห้องสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ชนิดและระดับของห้องสะอาด

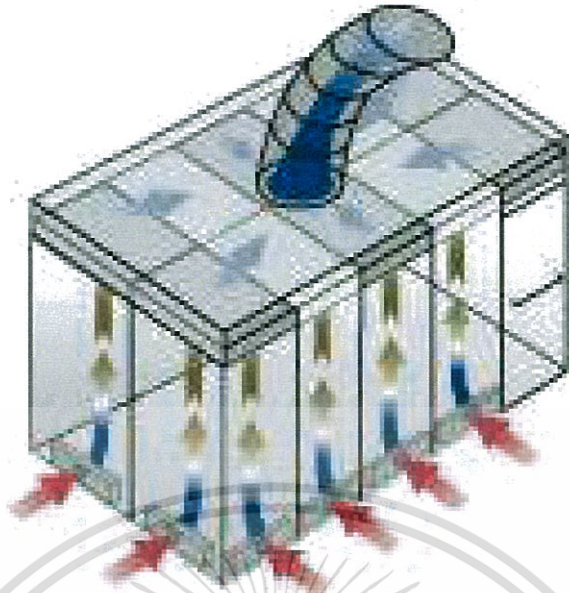
2.4.1.1 ชนิดของห้องสะอาด แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบ Positive Pressure และแบบ Negative pressure ซึ่งสามารถตรวจดูว่าเป็นห้องสะอาดแบบใดได้โดยใช้ละอองน้ำดูทิศทางการไหลของกระแสลม เพราะลมจะไหลจากที่ที่มีความดันสูงไปยังความดันต่ำ

1. ห้องสะอาดแบบ Positive Pressure จะใช้ในห้องที่ต้องการป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้า เช่น ในสายงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยป้อนอากาศเข้าไปให้ความดันภายในห้องสูงกว่าภายนอก เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกไหลเข้ามาในห้อง เพราะอากาศจากภายนอกอาจนำสิ่งปนเปื้อนเข้ามา ดังรูปที่ 2.15 ห้องสะอาดจะมีระบบให้อากาศพาฝุ่นออกจากห้อง เช่น ทำพื้นเป็นตะแกรง หรือมีช่องสำหรับให้ลมออก เป็นต้น การสร้างห้องเป็น Positive Pressure โดย มีทางเข้าออกที่ปิดมิดชิด ใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความดันอากาศ ส่งอากาศเข้าห้องจะได้ความดันห้องมากกว่าความบรรยากาศ และพัดลมเป่า (air shower) ที่ประตูทางเข้าเพื่อดันลมออกไป มีระบบกรองอากาศ เช่น HEPA filter ใช้มาตรการป้องกัน เช่น ไม่ให้เปิดประตูพร้อมกับหลายบาน เป็นต้น



รูปที่ 2.15 ห้องสะอาดแบบ Positive Pressure

2. ห้องสะอาดแบบ Negative Pressure จะใช้กับห้องที่เกี่ยวข้องกับเชื้อโรค หรือสารเคมีอันตรายที่จำเป็นต้องป้องกันไม่ให้แพร่ระบาดออกไปภายนอก ซึ่งสร้างความดันภายในห้องต่ำกว่าภายนอก ป้องกันอากาศไหลจากภายในห้องสู่อากาศภายนอก เพื่อความปลอดภัย การสร้างห้องเป็น Negative Pressure โดยให้อากาศที่ระบายออกมากกว่าอากาศที่จ่ายเข้ามาภายในห้อง การเปิดหรือปิดประตูห้อง ประตูทางเดิน หรือหน้าต่าง มีผลต่ออากาศที่ไหล ดังนั้นเมื่อระบบหมุนเวียนอากาศทำงานจึงจำเป็นต้องปิดประตูและหน้าต่าง เพื่อสร้างความดันลบภายในห้องที่ต้องการ



รูปที่ 2.16 ห้องสะอาดแบบ Negative Pressure

2.4.1.2 ระดับของห้องสะอาด มีการจัดแบ่งเป็น Class ตามระดับความสะอาด ซึ่งตามมาตรฐานสามารถแบ่งเป็น 6 Class หลักตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ระดับของห้องสะอาด

ระดับห้องสะอาด (Class)	จำนวนอนุภาค (Particle count)				
	ขนาด 0.1 mm	ขนาด 0.2 mm	ขนาด 0.3 mm	ขนาด 0.5 mm	ขนาด 5 mm
100	-	750	300	100	-
1000	-	-	-	1000	7
10000	-	-	-	10000	70
100000	-	-	-	100000	700

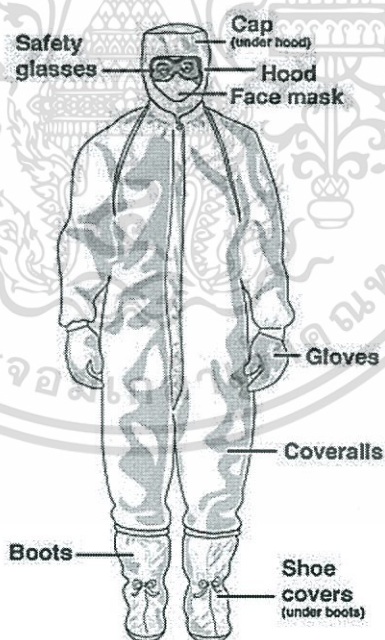
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 อุปกรณ์สำหรับห้องสะอาด

ห้องสะอาดจำเป็นต้องระวังความสะอาดมากเป็นพิเศษ จึงได้กำหนดให้พนักงานสวมชุดคลีนรูม, สวมหมวกคลุม, สวมถุงมือ, สวมหน้ากากปกปิดร่างกายให้มิดชิด เพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากตัวพนักงานตกลงไปยังชิ้นงาน ซึ่งอาจเป็นต้นเหตุให้ชิ้นงานเสียหายได้ รวมถึงการใช้อุปกรณ์ต่างๆที่ไม่ก่อให้เกิดฝุ่น เช่น กระจา, สมุดโน้ตหรือกระดาษ แบบไม่สร้างฝุ่น เป็นต้น

2.4.2.1 ชุดคลีนรูม คือ ชุดที่ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นจากในตัวคนออกมาสู่ห้องสะอาดได้ใช้ในสายงานที่ต้องระวังเรื่องสิ่งปนเปื้อนเป็นอย่างมาก จึงพยายามให้มีรอยต่อที่น้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามยังมีโอกาสที่สิ่งปนเปื้อนที่มีอนุภาคขนาดเล็กสามารถออกมาตามช่องทางต่างๆได้ ดังนั้นผู้เข้าห้องสะอาด ต้องสวมชุดคลีนรูมให้เรียบร้อย ปกปิดผิวหนังให้มิดชิด และพยายามไม่เคลื่อนไหวเร็วหรือรุนแรง

1.ชุดหมี (coveralls) คือ ชุดที่ออกแบบมาเพื่อใส่ ในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมการปนเปื้อน ลักษณะของชุดคลีนรูมต้องเป็นชุดที่ครอบคลุมผู้สวมใส่ทั้งตัว เพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งปนเปื้อนหลุดออกมาได้ ชุดคลีนรูมอาจจะถูกเย็บติดกันต่อยาวทั้งตัวเป็นชิ้นเดียวเรียกว่า ชุดหมี (Coverall) ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ชุดคลีนรูม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. รองเท้าคลีนรูม (Clean room Shoe) คือ รองเท้าที่ทำจากผ้าแบบเดียวกับชุดคลีนรูม คุณสมบัติไม่สร้างฝุ่น และสิ่งปนเปื้อนที่มาติดจะหลุดออกได้ง่าย ช่วยป้องกันฝุ่นออกมาจากปลายขา กางเกงได้ รองเท้าคลีนรูมยังมีแบบรองเท้า Safety และมีหัวแข็ง เพื่อป้องกันการกระแทกที่ปลายเท้าด้วย ลักษณะรองเท้าคลีนรูมจะยาวถึงเข่า ดังรูปที่ 2.18 ต้องทำความสะอาดอยู่เสมอ จะมีอายุการใช้งาน จึงควรตรวจเช็คสภาพอยู่เสมอและเปลี่ยนใหม่เมื่อถึงเวลา



รูปที่ 2.18 รองเท้าคลีนรูม

3. ถุงมือคลีนรูม (Cleanroom Gloves) คือ ห้องสะอาดที่ต้องระวังฝุ่นเป็นพิเศษ และถุงมือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปกป้องบริเวณมือของเรา ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สัมผัสชิ้นงานอยู่ตลอดเวลาจึงต้องมีการระวังเป็นพิเศษ ควรเปลี่ยนใหม่ทุกครั้งที่มีการพัก และทำความสะอาดอยู่เสมอ เช่น โดยการใช้ผ้าชุบ แอลกอฮอล์เช็ด เป็นต้น



รูปที่ 2.19 ถุงมือคลีนรูม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 แอร์ชาวเวอร์ (Air Shower) คือ ตู้เป่าลมสะอาดที่ติดตั้งอยู่ตรงทางเข้าห้องสะอาด สำหรับใช้เป่าฝุ่นให้หลุดออกจากตัวคน มีช่องเป่าลมที่ผนัง 2 ช่องสำหรับดูดฝุ่นออก เพื่อลดสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่บริเวณชุดก่อนเข้าห้องสะอาด ตั้งห้องแอร์ชาวเวอร์ ไว้ตรงทางเข้าห้องเปลี่ยนชุด เพื่อลดสิ่งปนเปื้อนจากชุดธรรมดาก่อน รอบหนึ่งก่อนที่จะเข้ามาในห้องเปลี่ยนชุด ซึ่งห้องแอร์ชาวเวอร์เป็นระบบ Inter Lock คือ ระบบล็อกอัตโนมัติ หากประตูฝั่งหนึ่งเปิดอยู่ ประตูอีกฝั่งจะไม่สามารถเปิดออกได้ทั้งนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้ประตู 2 ฝั่งเปิดออกพร้อมกัน ซึ่งอาจเป็นเหตุให้อากาศจากภายนอกพาสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในห้องสะอาดได้ ดังรูปที่ 2.20

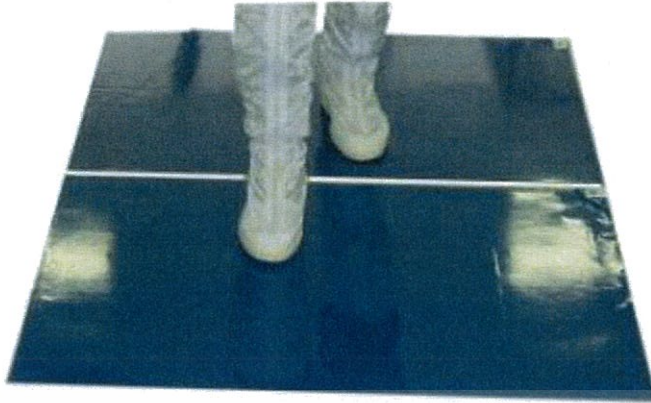
หลักการการทำงานของห้องแอร์ชาวเวอร์ คือ จะเป่าลมออกมาด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน เพื่อสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่ และลมรวมทั้งสิ่งปนเปื้อนจะถูกดูดกลับเข้าไปในตัวผ่าน HEPA filter เพื่อกรองเอาฝุ่นออก ให้ลมกลายเป็นลมสะอาด แล้วถูกเป่าออกมาอีกครั้ง หมุนเวียนไปเรื่อยๆ วิธีการอาบแอร์ชาวเวอร์ที่ถูกต้อง คือ ต้องหมุนตัวให้โดนลมให้ทั่วๆ และก้มเป่าบริเวณศีรษะด้วย ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ลักษณะของแอร์ ชาวเวอร์

2.4.2.3 แผ่นดักฝุ่นติดพื้น (Sticky Mat) คือ เป็นอุปกรณ์สำคัญในการลดฝุ่นในห้องสะอาด การติดแผ่นดักฝุ่นบนพื้นในห้องสะอาดสามารถช่วยดักฝุ่นที่ปลิวตกลงพื้นไม่ให้ปลิวฟุ้งขึ้นมาได้ ช่วยทำความสะอาดพื้นได้ตรงเท่าใดระดับหนึ่ง ดังรูปที่ 2.21 และต้องเปลี่ยนแผ่นดักฝุ่นติดพื้นอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แผ่นดักฝุ่นติดพื้น

2.4.2.4 ผ้าเช็ดชิ้นงาน (Clean Wiper) คือ เป็นอุปกรณ์ในการทำทำความสะอาดชิ้นงานและสถานที่ต่างๆในห้องสะอาด ในการใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดต้องระวัง เวลาเช็ดต้องใช้ผ้าใหม่เสมอเพราะสิ่งปนเปื้อนจากผ้าที่ใช้แล้วจะกลับมาเลอะซ้ำได้ ผู้ใช้จึงต้องคอยระวังและจำว่าส่วนไหนของผ้าได้ใช้ไปแล้วบ้าง วิธีการเช็ด ผู้เช็ดต้องลงแรงให้สม่ำเสมอทั่วทั้งผ้า เช่น หากใช้แค่ปลายนิ้วกดลงบนผ้าแล้วเช็ด ก็จะมีเฉพาะฝุ่นที่โดนตรงนิ้วเท่านั้นที่จะถูกเช็ดออกไป เป็นต้น



รูปที่ 2.22 ผ้าเช็ดชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.5 โต๊ะทำงานสะอาด (Clean Bench) คือ เป็นโต๊ะที่ใช้วัสดุที่สามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนในอากาศได้มากที่สุด ป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต (ESD) มีการควบคุม และบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ไม่ควรมีมุมเพื่อลดการเสียดสีและเป็นแหล่งรวมสิ่งปนเปื้อน ไม่ควรมีลิ้นชัก เพื่อง่ายต่อการทำความสะอาด ควรมีรูระบายให้ลมสามารถไหลผ่านจากบนลงล่างดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 โต๊ะทำงานสะอาด

2.4.2.6 เก้าอี้ทำงานสะอาด (Clean Chair) คือ มีลักษณะเหมือนเก้าอี้ใช้งานทั่วไปแต่ทำจากวัสดุที่ป้องกันสิ่งปนเปื้อนและป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ หรืออาจทำจากโฟมหุ้มไวนิล ขึ้นอยู่กับการใช้งาน มีที่พนักที่สามารถปรับระดับความสูงต่ำได้ ขาและโครงควรทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ชุบโครเมียมหรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีความแข็งแรงและป้องกันสิ่งปนเปื้อนได้ ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 เก้าอี้ทำงานสะอาด

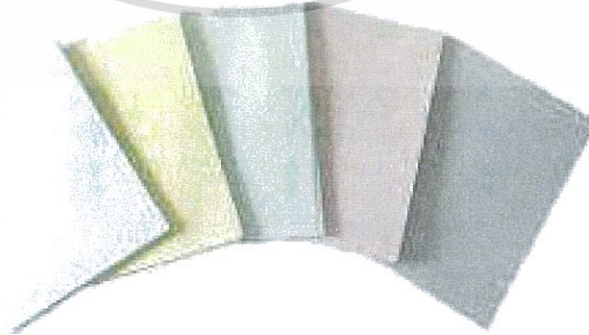
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.7 ชั้นวางของ (Shelf) คือ มีลักษณะเป็นตะแกรง หรือมีรูระบายมีพื้นผิวน้อยและง่ายต่อการทำความสะอาด ผลิตจากวัสดุที่ป้องกันสิ่งปนเปื้อนและไฟฟ้าสถิต หรือเหล็กกล้าไร้สนิม อาจเป็นแบบอยู่กับที่หรือแบบมีล้อเพื่อง่ายต่อการใช้งานและขนย้าย ดังรูปที่ 2.25 และควรมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากการเคลื่อนที่อยู่บ่อยจึงมีโอกาสทำให้เกิดการกระแทก เสียตสี หรือชำรุดได้



รูปที่ 2.25 ชั้นวางของ

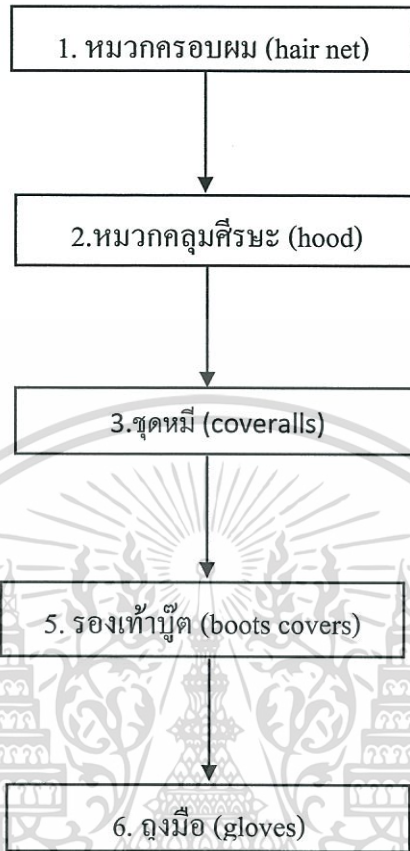
2.4.2.8 กระดาษสำหรับใช้ในห้องสะอาด (Clean Paper) คือ กระดาษโดยทั่วไปจะมีการเติมสารอนินทรีย์ เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้กับกระดาษ ดังนั้นกระดาษโดยทั่วไปจะมีอนุภาคที่หลุดออกจากกระดาษ หรืออาจเกิดสิ่งปนเปื้อนขึ้นมากมาย จึงจำเป็นต้องผลิตกระดาษที่ไม่ใส่สารอนินทรีย์ มีความละเอียด สามารถป้องกันการหลุดลอก และไฟฟ้าสถิตได้ ไม่เกิดขุยหรือสิ่งปนเปื้อน มีลักษณะดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 กระดาษสำหรับใช้ในห้องสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ลำดับขั้นตอนของการสวมชุดปฏิบัติงานสำหรับห้องสะอาด มี 6 ขั้นตอนดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ขั้นตอนของการสวมชุดปฏิบัติงาน

2.4.4 ข้อบังคับทั่วไปสำหรับห้องสะอาด

- 2.4.4.1 รักษาความสะอาดของมือ เล็บและใบหน้า
- 2.4.4.2 ไม่สัมผัสผม หรือผิวหนังขณะปฏิบัติงานในห้องสะอาด
- 2.4.4.3 ห้ามใช้เครื่องสำอางหรือสารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ต่างๆ
- 2.4.4.4 ไม่ควรสวมเครื่องประดับ
- 2.4.4.5 ไม่ควรพกพาเข้าไปและไม่นำออกมาใช้ขณะปฏิบัติงานอยู่ภายในห้องสะอาด
- 2.4.4.6 ห้ามรับประทานอาหาร เครื่องดื่ม ภายในห้องสะอาด
- 2.4.4.7 ห้ามใช้เครื่องมือสื่อสารที่ก่อให้เกิดสัญญาณรบกวน หรือเครื่องมือที่มีไฟฟ้าสถิต (ESD)
- 2.4.4.8 ห้ามวิ่ง ขยับตัวอย่างรวดเร็ว หรือหยอกล้อเล่นกันในห้องสะอาด

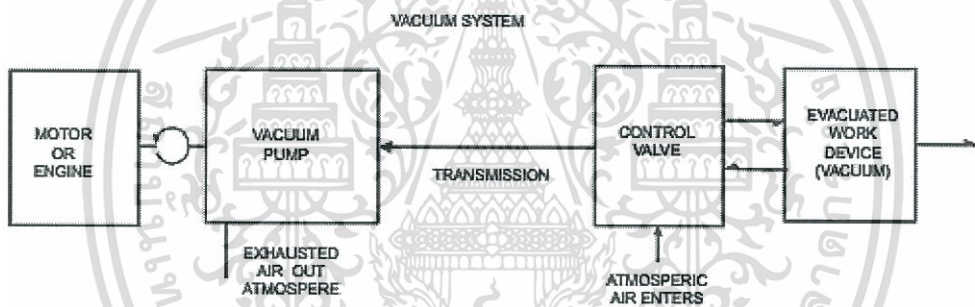
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สูญญากาศ (Vacuum)

2.5.1 สูญญากาศ (Vacuum)

คือ พื้นที่ควบคุมที่ไม่มีก๊าซหรือไอ โดยความดันลดต่ำกว่าบรรยากาศ เป็นแนวคิดในทางอุดมคติ แต่ในความเป็นจริงเป็นไปได้ที่จะทำสูญญากาศได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถทำให้มีอากาศให้เหลือน้อยที่สุดได้ สภาวะสูญญากาศ (Vacuum Pressure) กำหนดให้เป็นค่าตัวเลขติดลบ เช่น $P = -50 \text{ kPa (abs)}$ หมายถึง อยู่ในสภาวะ Vacuum เท่ากับ $50 - 101.325 = -50.325 \text{ kPa}$ โดยที่ว่างซึ่งมีความดัน (pressure) ต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ เรียกว่า ความดันสูญญากาศ (vacuum pressure, P_{vacuum}) หลักการทำงานของระบบสูญญากาศ ดังรูปที่ 2.28 และระดับของสภาวะสูญญากาศ มี 4 ระดับดังนี้

1. ระดับต่ำ (low level) คือ อยู่ในช่วง -25 จนถึง -736 mmHg
2. ระดับกลาง (medium level) อยู่ในช่วง -759 ถึง -759.999 mmHg
3. ระดับสูง (high level) อยู่ในช่วง -759.999 ถึง -759.999999 mmHg
4. ระดับสูงพิเศษ (extreme high level) อยู่ในช่วง -759.999999 mmHg ลงไป



รูปที่ 2.28 ระบบของกระบวนการสูญญากาศ

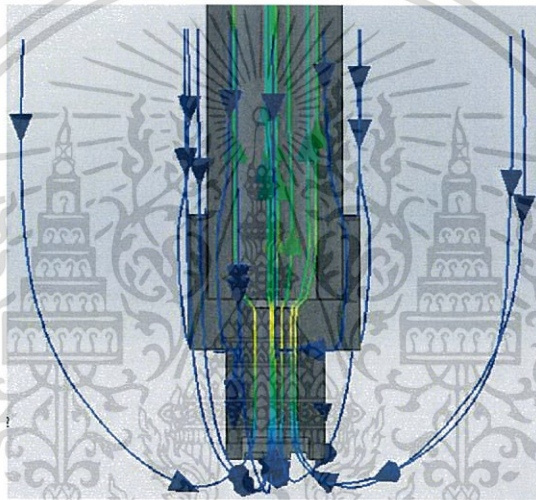
2.5.2 สูญญากาศสำหรับกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

สูญญากาศ (Vacuum) ที่ใช้สำหรับกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีลักษณะเป็นลมดูด ซึ่งมีทั้งในไดรเวอร์บิต (Driver Bit) สำหรับชั้นสกรูที่ทำจากวัสดุประเภทโลหะ หรือเหล็กที่มีความแข็งแรง โดยใช้แรงลมดูดสกรูเพื่อนำมาวางแล้วจึงขันประกอบชิ้นส่วนต่างๆ และท่อดูดลมในส่วนของกระบวนการทำความสะอาดบริเวณหัวสกรูช่วยพัดพาสิ่งเปื้อน หรืออนุภาคต่างๆ ให้ลดน้อยลง เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ โดยมีความดันประมาณ -10 ถึง -70 กิโลปาสคาล (kPa) ความแรงและอัตราการไหลของลมประมาณ 150 ถึง 160 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (m^3/s) จึงทำให้เกิดความเร็วลมสามารถทำความสะอาดบริเวณที่ต้องการได้

2.5.2.1 ส่วนประกอบของท่อสุญญากาศ (Vacuum Tube)

1. ท่อดูดลม คือ ท่อที่ใช้สำหรับดูดลม เป็นทางผ่านของอากาศที่เข้ามาและออกไปในบริเวณที่ต้องการการออกแบบท่อลมในทางปฏิบัติต้อง คำนึงถึงบริเวณที่สามารถเดินท่อลมได้ การสูญเสียแรงเสียดทาน ความเร็วลม และการได้รับความร้อนหรือสูญเสียความเย็นของท่อลมด้วย ซึ่งท่อลมสุญญากาศ มีทิศทางขึ้น จึงสามารถดูดสิ่งปนเปื้อน และอนุภาคต่างๆขึ้นไปตามแรงลมดูด เพื่อทำความสะอาดในบริเวณที่ต้องการ มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกกลวง

2. หัวดูดลม คือ ส่วนหัวที่สัมผัสกับบริเวณพื้นผิวชิ้นงานจะมีลักษณะ และรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป



ภาพที่ 2.29 ลักษณะ และทิศทางการไหลของท่อสุญญากาศ

2.5.2.2 ส่วนประกอบของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (Auto gang vacuum) เครื่องดูดลมอัตโนมัติใช้ในกระบวนการประกอบ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ สำหรับดูดบริเวณหัวสกรูทุกหัวที่มีการขัน ซึ่งใช้ดูดในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการก่อนจะทำการปิดฝาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มีลักษณะดังรูปที่ 2.31

1. ท่อลมดูด คือ ท่อที่ใช้สำหรับดูดลม ซึ่งลมมีทิศทางขึ้น จึงสามารถดูดสิ่งปนเปื้อน และอนุภาคต่างๆขึ้นไปตามแรงลมดูด เพื่อทำความสะอาดในบริเวณที่ต้องการ มีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกกลวง

2. หัวลมดูด คือ ส่วนหัวที่สัมผัสกับบริเวณพื้นผิวชิ้นงาน และดูดบริเวณสกรูงานมีทั้งหมด 7 หัว คือ สำหรับดูด VCM 2 หัว, Flex 2 หัว, Top Clamp และ Ramp

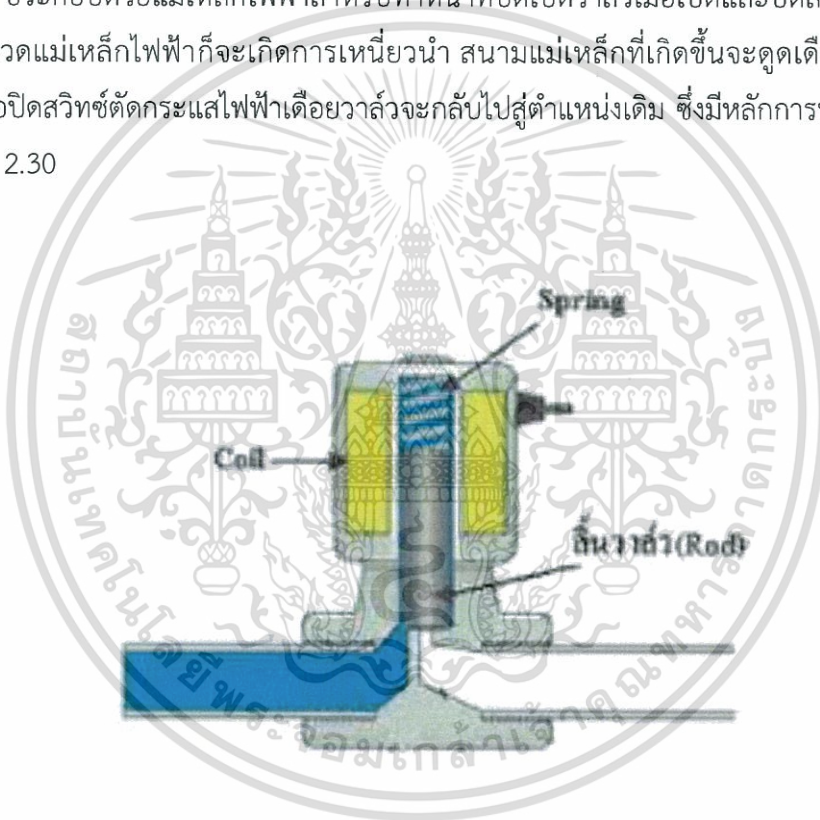
3. จอมอนิเตอร์ คือ เป็นอุปกรณ์แสดงข้อมูลผลลัพธ์ ซึ่งเกิดจากการประมวลผลของการ์ดวีจีเอ (VGA Card) ใช้สำหรับเป็นจอแสดงผลของกระบวนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์อัตโนมัติ

4. สายยาง คือ อุปกรณ์สำหรับให้ลมดูดไหลผ่านไปยังท่อลมดูด มีลักษณะเป็นสายยางใส ปลายด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องปั๊มสุญญากาศปลายอีกด้านต่อเข้ากับท่อลมดูด

5. เครื่องปั๊มสุญญากาศ คือ แหล่งกำเนิดสุญญากาศ

6. เกจวัดความดัน (Pressure Gauge) คือ อุปกรณ์ที่สามารถวัดและควบคุมความดันแบบเข็ม สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน

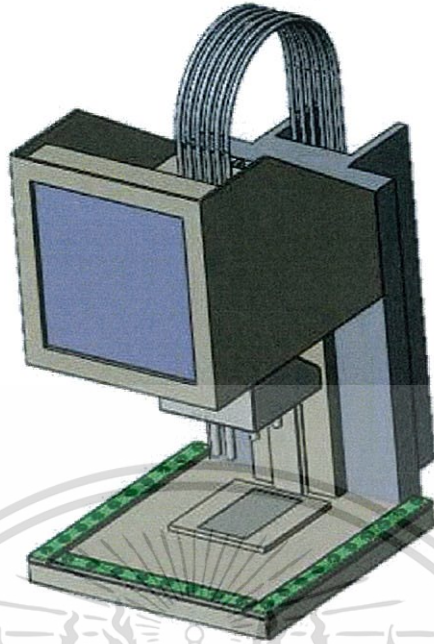
7. โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) คือ วาล์วควบคุมทิศทางลมโดยใช้คอยล์ไฟฟ้าสั่งการ ร่วมกับสปริง ประกอบด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับทำหน้าที่เปิดปิดวาล์วเมื่อเปิดและปิดสวิตช์ เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะเกิดการเหนี่ยวนำ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะดูดเต็ยวาล์วเพื่อเปิดวาล์ว และเมื่อปิดสวิตช์ตัดกระแสไฟฟ้าเต็ยวาล์วจะกลับไปสู่ตำแหน่งเดิม ซึ่งมีหลักการทำงานคล้ายๆกับ รีเลย์ ดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 หลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

8. เซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวางบริเวณรอบๆ คือ เซ็นเซอร์สำหรับตรวจสอบว่ามีสิ่งกีดขวางบริเวณโดยรอบเครื่องดูดลมอัตโนมัติหรือไม่ถ้าหากมีสิ่งกีดขวางสัญญาณจะเตือนและเครื่องจะยังไม่ทำงาน แต่ถ้าไม่มีสิ่งกีดขวางเครื่องดูดลมอัตโนมัติจะทำงานตามกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 เครื่องวัดลมอัตโนมัติ

2.6 อัตราการไหลของลม (Flow Rate)

อัตราการไหลของอากาศ คือ ปริมาตรของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งอัตราการไหลของอากาศนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยของอากาศ และพื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน

2.6.1 ลักษณะการไหล

รูปแบบการไหล (Flow pattern) ประกอบด้วย เส้นการไหล (Streamline) คือเส้นที่แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามการไหล เมื่อพิจารณาเส้นการไหลของอนุภาคทั้งหมดก็จะได้เส้นการไหลจำนวนมากซึ่งรูปแบบการไหลที่มีเส้นการไหลประกอบกันจำนวนมากนี้เรียกว่า สนามการไหล ลำการไหล (Stream tube) คือกลุ่มของเส้นการไหล และเส้นทางการไหล (Path line) คือเส้นที่แสดงให้เห็นถึงทิศทางของความเร็วของอนุภาคใด อนุภาคหนึ่งในช่วงเวลานั้น ซึ่งการพิจารณาความสม่ำเสมอของปริมาณการไหล สามารถแบ่งได้เป็นสองแบบ คือ

2.6.1.1 การไหลสม่ำเสมอ (Steady Flow) หมายถึงลักษณะการไหลที่ความเร็ว ณ จุดใดๆ ก็ตาม จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา แต่ความเร็วในการไหล ณ จุดนั้นอาจแตกต่างจากจุดอื่น ๆ ได้

2.6.1.2 การไหลไม่สม่ำเสมอ (Unsteady Flow) หมายถึงลักษณะการไหลที่ความเร็ว ณ จุดใดๆ ก็ตามมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา หรือ อาจขาดช่วงได้

2.6.2 อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume flow rate): Q

สมการของการไหลแบบสม่ำเสมอในทิศทางเดียวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดของเส้นทางการไหลสมการนี้อาศัยหลักการ มวลสารย่อมไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือหายไป ซึ่งหมายความว่า ในเส้นทางการไหลที่ต่อเนื่อง ปริมาณการไหลจะคงที่ตลอดเส้นทางนั้น สามารถเขียนได้เป็นสมการที่ 2.1

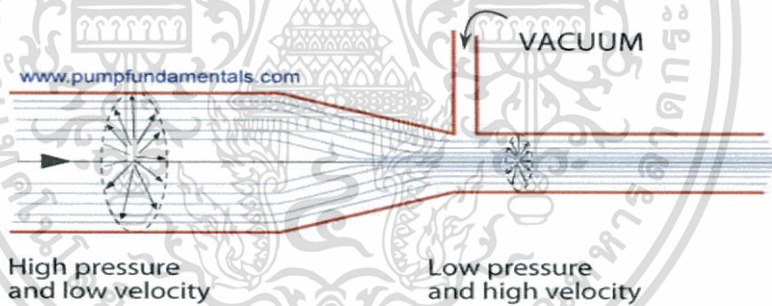
$$Q = AV \quad (2.1)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของอากาศ (ลบ.ม./วินาที)

A = พื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน (ตารางเมตร)

V = ความเร็วเฉลี่ย (เมตร /วินาที)

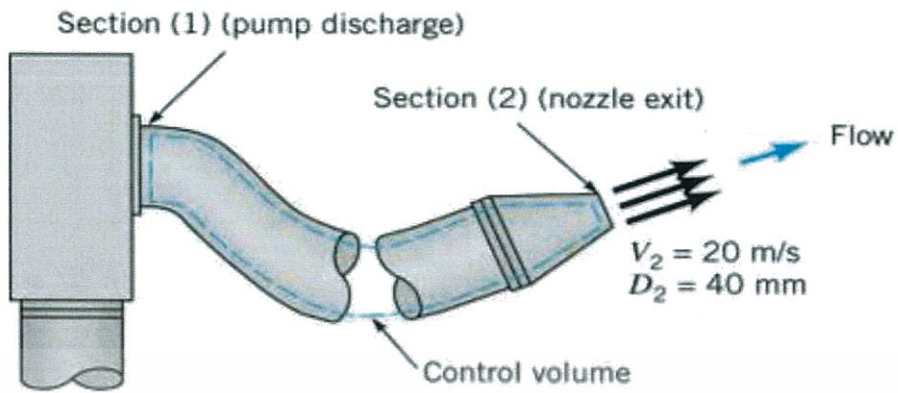
จากสมการสรุปได้ว่า อัตราการไหลของอากาศแปรผันตรง กับพื้นที่หน้าตัด และความเร็วเฉลี่ย แต่พื้นที่หน้าตัดแปรผกผัน กับความเร็วเฉลี่ย จึงส่งผลให้ว่าพื้นที่หน้าตัดของการไหลขยายใหญ่ขึ้น ความเร็วของไหลจะลดลง แต่ถ้าพื้นที่หน้าตัดของการไหลลดลง ความเร็วของไหลจะมากขึ้น ดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 หลักอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ

2.6.3 การไหลในหัวฉีด (Nozzle)

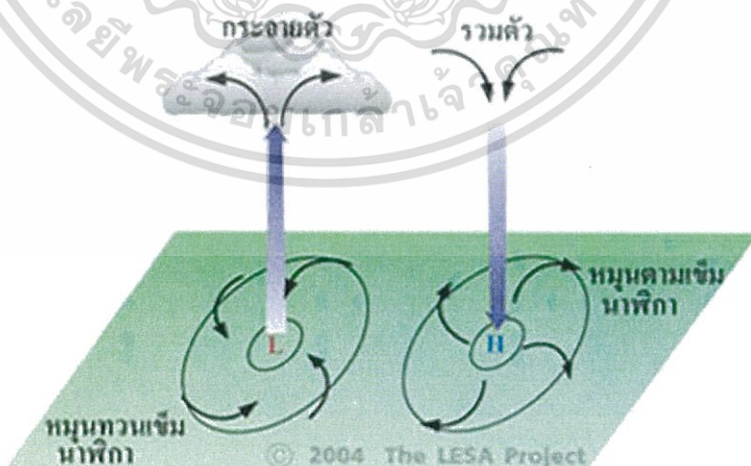
การไหลในหัวฉีด (Nozzle) ภายในภาชนะบรรจุก๊าซขนาดใหญ่ (มีอุณหภูมิ T, และมีความดัน P) ก๊าซไหล ผ่านหัวฉีดเล็กไปสู่ที่ว่างที่มีความดัน (ต่ำมาก) เมื่อความดันด้านกลับมีค่าลดลงจาก ความเร็วของก๊าซ ที่พุ่งออกมาก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นที่สุดก็จะเข้าใกล้ความเร็วเสียง หลังจากนั้นไม่ว่าความดันด้านกลับจะลดลงเท่าไร ก็ตามปริมาณการไหลก็จะไม่เพิ่มขึ้นอีก ณ สภาวะนี้การไหลของก๊าซจะพัฒนาเข้าสู่สภาวะวิกฤติ (หรือเรียกว่า สภาวะช็อค) อัตราส่วนความดัน ที่สภาวะหลังนี้เรียกว่า อัตราส่วนความดันวิกฤติ



รูปที่ 2.33 การไหลผ่านหัวฉีด

2.7 ทอร์นาโด (Tornado)

พายุหมุน (Tornado) เป็นพายุหมุนที่มีขนาดเล็กที่สุด แต่มีความรุนแรงมากที่สุด เริ่มก่อตัวและมีกำลังแรงขึ้นจากบริเวณศูนย์กลางความกดอากาศต่ำ ลมพัดเวียนเข้าหาศูนย์กลางในลักษณะทวนเข็มนาฬิกาทำให้เกิดการรวมตัว และมีความแรงของลมหมุน ดังรูปที่ 2.34 ซึ่งบริเวณใกล้ศูนย์กลางลมจะหมุนเกือบเป็นวงกลม มีความเร็วสูงสุดสามารถพัดพาสิ่งต่างๆ เข้าสู่ศูนย์กลางได้ บริเวณศูนย์กลางพายุหมุนมีลักษณะคล้ายกับตาเป็นวงกลม เรียกว่า "ตาพายุ" (Central Eye) หรือในทางวิชาการ เรียกว่า Vortex



รูปที่ 2.34 ลักษณะการหมุนของทอร์นาโด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 โปรแกรมโซลิดเวิร์ค (SolidWorks)

SolidWorks พัฒนาขึ้นในปี 1995 โดยบริษัท Dassault System ในฝรั่งเศส เป็นซอฟต์แวร์เพื่อนักออกแบบใช้ เป็นเครื่องมือในการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อสร้างตัวอย่างผลิตภัณฑ์จำลองในคอมพิวเตอร์ก่อนที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง ซึ่งสามารถสร้างชิ้นงานจำลองในรูปแบบ 3D Solid Models เป็นแบบงานแยกชิ้น (Part) และแบบงานประกอบ (Assembly) ซึ่ง ประสิทธิภาพของ SolidWorks เป็นการเจาะลึกให้นักออกแบบสามารถสร้างชิ้นงานจำลองทางด้าน Mechanical Engineering Design และ Flow Simulation ได้อย่างสมบูรณ์แบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน ลดต้นทุนในการผลิต และลดระยะเวลาการทำงานในการออกแบบ

2.8.1 ลักษณะการทำงาน

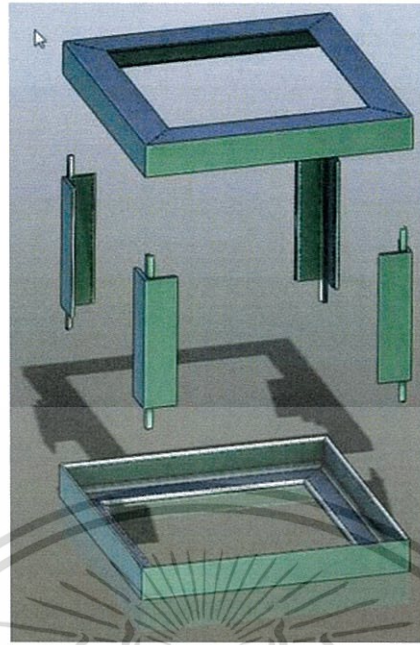
SolidWorks จะแบ่งหมวดการทำงานหลักออกเป็น 3 หมวดคือ Part, Assembly และ Drawing โดยรูปแบบการทำงานทั้ง 3 หมวดมีลักษณะการใช้งานดังนี้

2.8.1.1 Part Mode คือ หมวดการทำงานเริ่มต้นก่อนที่จะก้าวสู่การทำงานในหมวด มีการแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ การใช้ 2D Sketch และการสร้าง 3D Feature และมีเงื่อนไขเป็น Feature-Based Modeling และ parametric โดยมีการอ้างอิงจาก Solid Mode ดังรูปที่ 2.35



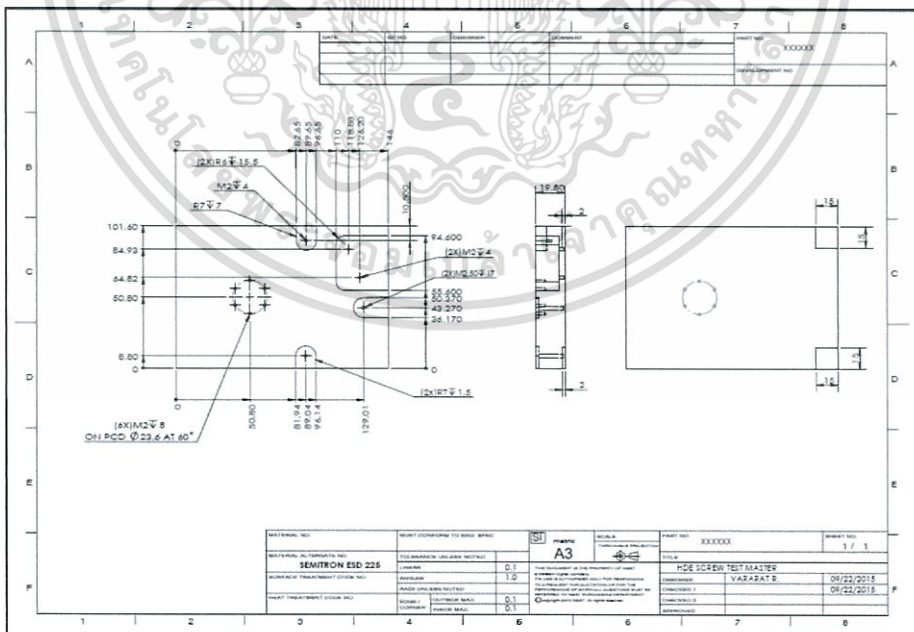
รูปที่ 2.35 การจำลองภาพในคำสั่ง Part Mode

2.8.1.2 Assembly Mode คือ หมวดการทำงานเพื่อนำ Part Model เข้าไปประกอบเป็นเครื่องจักรกลหรือกลไกต่างๆ โดย Part Model และ Assembly จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน เมื่อทำการแก้ไขในหมวดใด หรือมีการประกอบที่ซ้อนหรือทับกันหมวดจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการแก้ไขไปด้วย ซึ่งจะสามารถช่วยให้นักออกแบบสามารถตรวจสอบความผิดพลาดในการสร้าง Part ได้โดยการใช้คำสั่งต่างๆ เช่น คำสั่ง Simulation เพื่อจำลองต้นกำลังในการทำงานจริงของเครื่องจักร หรือหากชิ้นงานจำลองที่ออกแบบมีข้อผิดพลาด ก็สามารถแก้ไข Part ใน Assembly ได้เลยดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 การจำลองภาพในคำสั่ง Assembly Mode

2.8.1.3 Drawing Mode เป็นหมวดการทำงานเพื่อสร้าง 2D Standard Engineering โดยในหมวดนี้เป็นการสร้างมุมมอง และกำหนดรายละเอียด ค่าตัวเลข ข้อมูลต่างๆตามระบบมาตรฐานดังรูปที่ 2.37

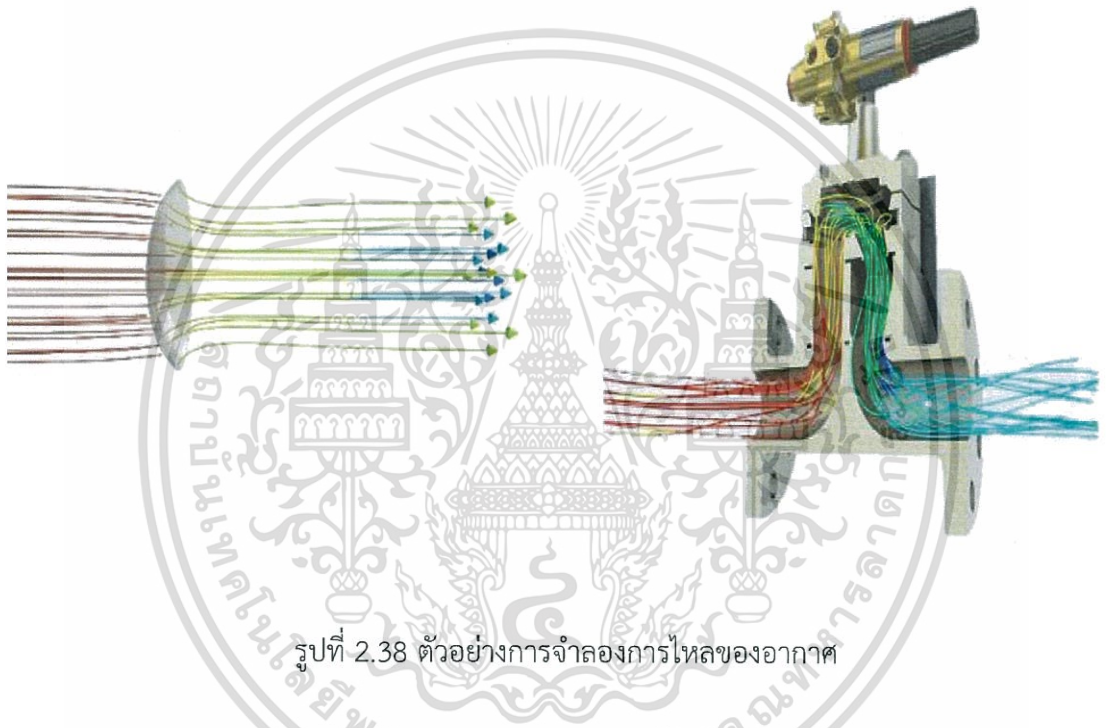


รูปที่ 2.37 การจำลองภาพในคำสั่ง Drawing Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 การจำลองการไหลของอากาศ (SolidWorks Flow Simulation)

SolidWorks Flow Simulation คือ การจำลองการไหลของของเหลว และถ่ายเทความร้อนได้อย่างง่ายดาย สำหรับการทำงานที่ต้องการการวิเคราะห์การไหล สามารถใช้งานได้หลากหลายและได้รับการออกแบบมาให้มีความยืดหยุ่นมาก โดยใช้ SolidWorks Flow Simulation ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และได้เพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งจะช่วยจำลองการไหลของเหลวและก๊าซในสภาวะจำลองที่มีเงื่อนไขเหมือนโลกจริงในสถานการณ์ที่เป็นเงื่อนไขเฉพาะเจาะจงที่ต้องการ



รูปที่ 2.38 ตัวอย่างการจำลองการไหลของอากาศ

2.9 โปรแกรมมินิแท็บ (Minitab)

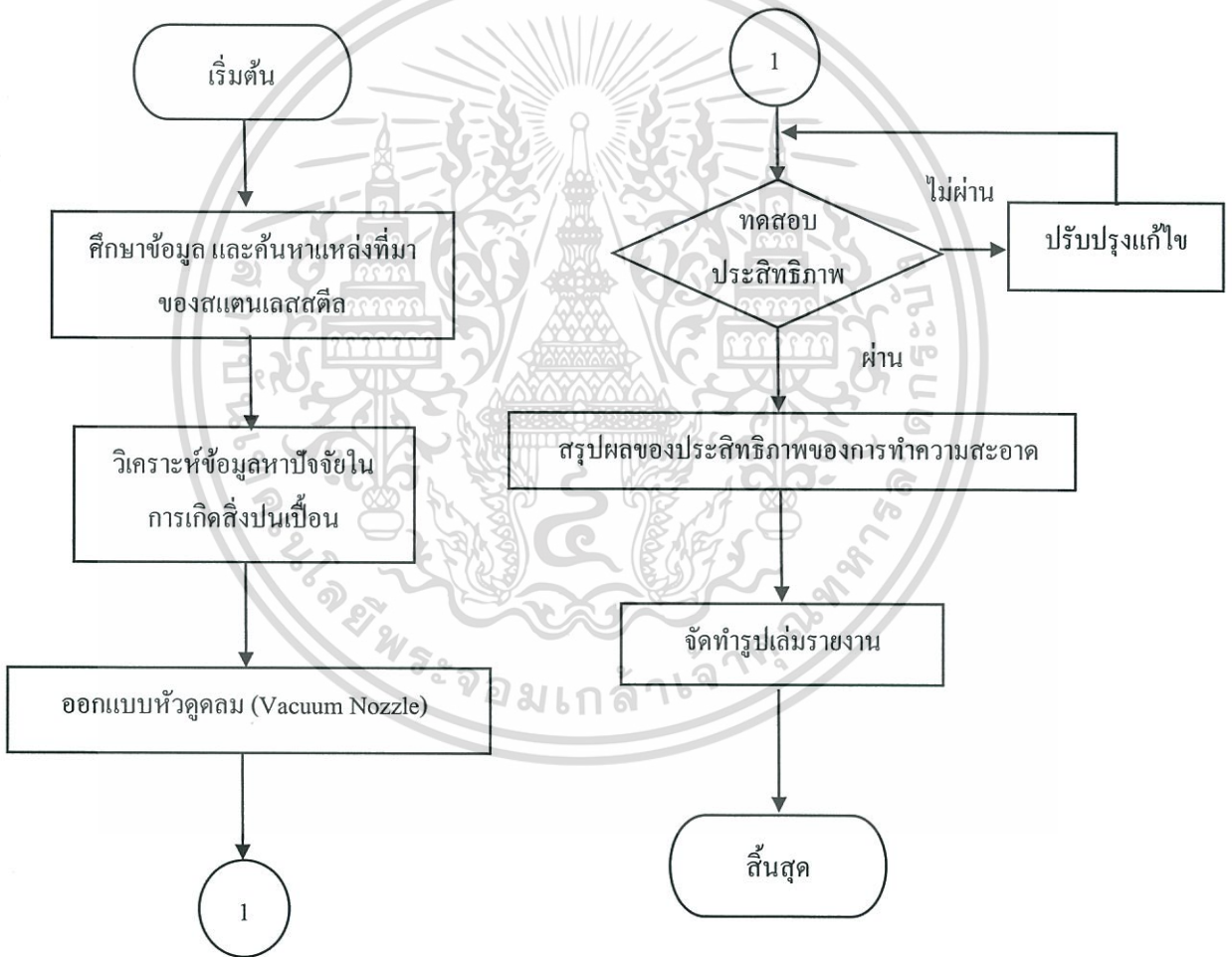
Minitab คือโปรแกรมสำเร็จรูป หรือเป็นเครื่องมือที่ใช้ สร้างกราฟต่างๆ การประมวลผลทางสถิติ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับงานอีกหลายประเภทซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้เกี่ยวกับ งานประเภทอุตสาหกรรม ที่เกี่ยวกับงานที่เป็นด้านคุณภาพ โดยจะใช้ประมวลค่าที่เป็นเชิงตัวเลข ให้เป็นกราฟ ให้ออกมาเข้าใจได้ง่ายกว่าตัวเลข และสามารถนำข้อมูลที่ออกมาเป็นกราฟแบบต่างๆตามต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในบทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการดำเนินงาน และกระบวนการออกแบบการทดลอง โดยเริ่มจากขั้นตอนการศึกษาข้อมูล เพื่อค้นหาแหล่งที่มาและทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการทำความสะอาด วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อหาปัจจัยที่แท้จริงของการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ในกระบวนการผลิตที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ รวมทั้งพัฒนาเครื่องดูดลมอัตโนมัติ โดยออกแบบหัวดูดลมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

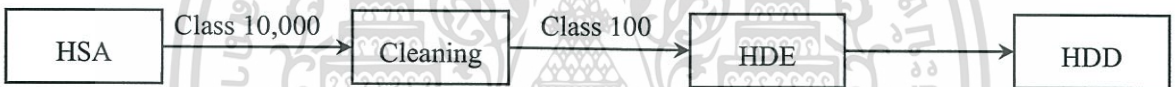
3.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา (Define Phase)

สิ่งปนเปื้อนถือเป็นสาเหตุสำคัญอีกสาเหตุหนึ่งในการผลิตอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากส่งผลถึงประสิทธิภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของสินค้า จึงได้มีการตรวจสอบในเบื้องต้นตามกระบวนการของผู้ผลิต เพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพดีที่สุด โดยพบว่าสิ่งปนเปื้อนหลายชนิดมีโอกาสเสี่ยงที่จะส่งผลกระทบต่อฮาร์ดดิสก์อย่างมาก รวมทั้งสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีลที่ติดอันดับหนึ่งในห้าของสิ่งปนเปื้อนที่ส่งผลกระทบต่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งยังไม่สามารถกำจัดให้ลดลงได้ตามเป้าหมาย โดยพิจารณาจากข้อมูลของผู้ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลที่มีการตรวจวัดเป็นมาตรฐาน

3.2 ขั้นตอนการวัด (Measure Phase)

3.2.1 แผนผังมหภาค (Macro Map)

แผนผังแสดงให้เห็นถึงภาพรวมกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว สามารถทราบถึงความสัมพันธ์ของแต่ละกระบวนการในเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลมาสร้างขอบเขตในการค้นหาปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีลโดยกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แผนผังกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.2.1.1 HAS คือ กระบวนการประกอบหัวอ่าน - เขียนภายในห้องสะอาดระดับ 10,000

3.2.1.2 Cleaning คือ กระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนต่าง ๆ จากห้องสะอาดระดับ 10,000 และจากภายนอกเข้าสู่ห้องสะอาดระดับ 100

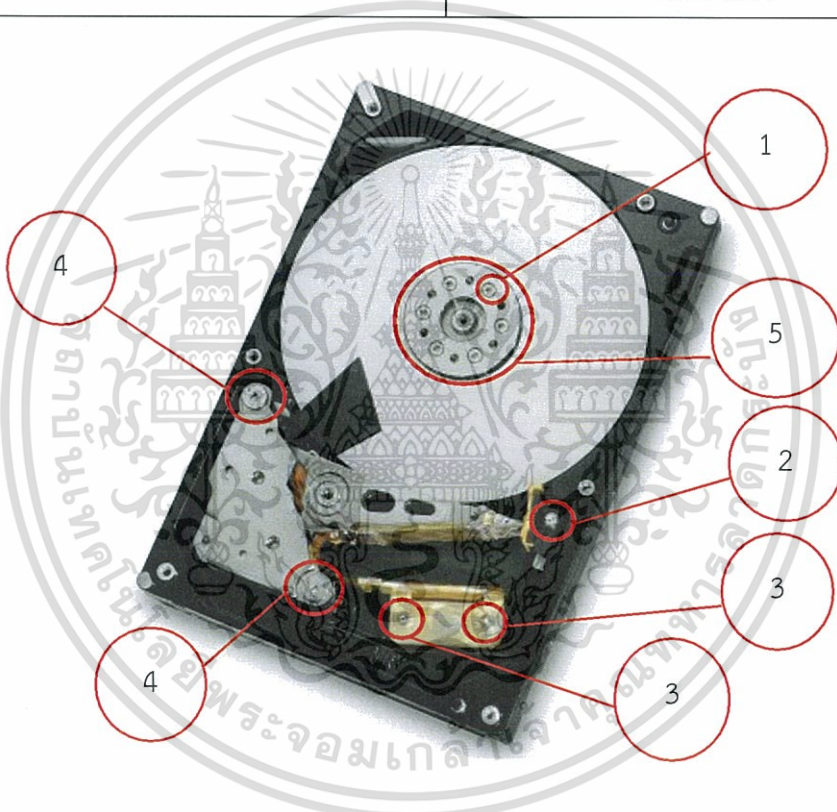
3.2.1.3 HDE คือ กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ภายในห้องสะอาดระดับ 100 ซึ่งต้องรักษาความสะอาดอย่างมาก

3.2.1.4 HDD คือ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีการประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วและมีข้อมูลทุกอย่างพร้อมนำออกไปจำหน่าย

จากแผนผังกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังรูปที่ 3.2 มีประโยชน์ต่อการนำมาวิเคราะห์ เพื่อหาแหล่งที่มา ที่มีโอกาสเกิดปัญหาสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีลได้ในขั้นแรก ก่อนจะนำไปสู่กระบวนการกรองเพื่อค้นหาปัจจัยการเกิดที่แท้จริง โดยข้อมูลที่ได้ในเบื้องต้น และนำมาพิจารณา คือ ชนิดวัสดุของส่วนประกอบและเครื่องมือที่ใช้ดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ชนิดวัสดุของส่วนประกอบที่เป็น สแตนเลสสตีล (SUS)

ชิ้นส่วน	วัสดุ
1. สกรู Top Clamp	SUS 4XX
2. สกรู Ramp	SUS 3XX
3. สกรู Flex	SUS 3XX
4. สกรู VCM	SUS 3XX
5. มอเตอร์หมุนแผ่นมีเดีย	SUS 4XX
6. ฝาปิด	SUS 3XX



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบที่เป็น SUS 3XX และ SUS 4XX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ชนิดวัสดุของเครื่องมือที่ใช้

อุปกรณ์	วัสดุ
1. ไตรเวอร์บีตขันสกรู Top Clamp	Steel
2. เครื่องขันสกรู Ramp	Steel
3. ไตรเวอร์บีตขันสกรู Flex	Steel
4. ไตรเวอร์บีตขันสกรู VCM	Steel

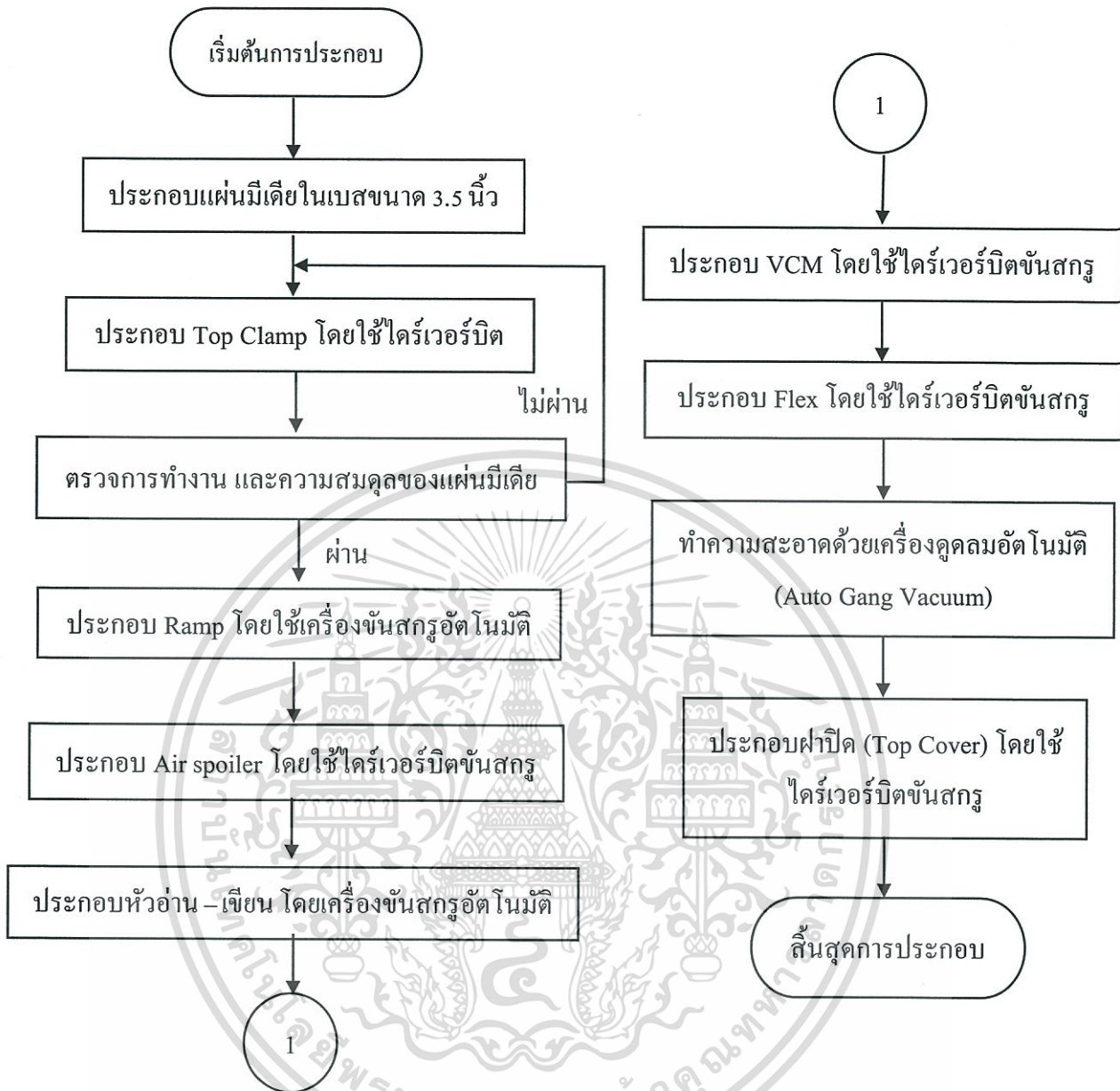


รูปที่ 3.4 ไตรเวอร์บีตสำหรับขันสกรู

3.2.2 การสร้างแผนภาพการไหล (Process Mapping)

แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการที่เราต้องการพิจารณาค้นหาแหล่งที่มาและปัจจัยการเกิดสแตนเลสสตีล จากการศึกษาพบว่า กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เป็นส่วนที่เราต้องการพิจารณา โดยแผนภาพจะแสดงให้เห็นถึงความชัดเจนของกระบวนการประกอบ ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

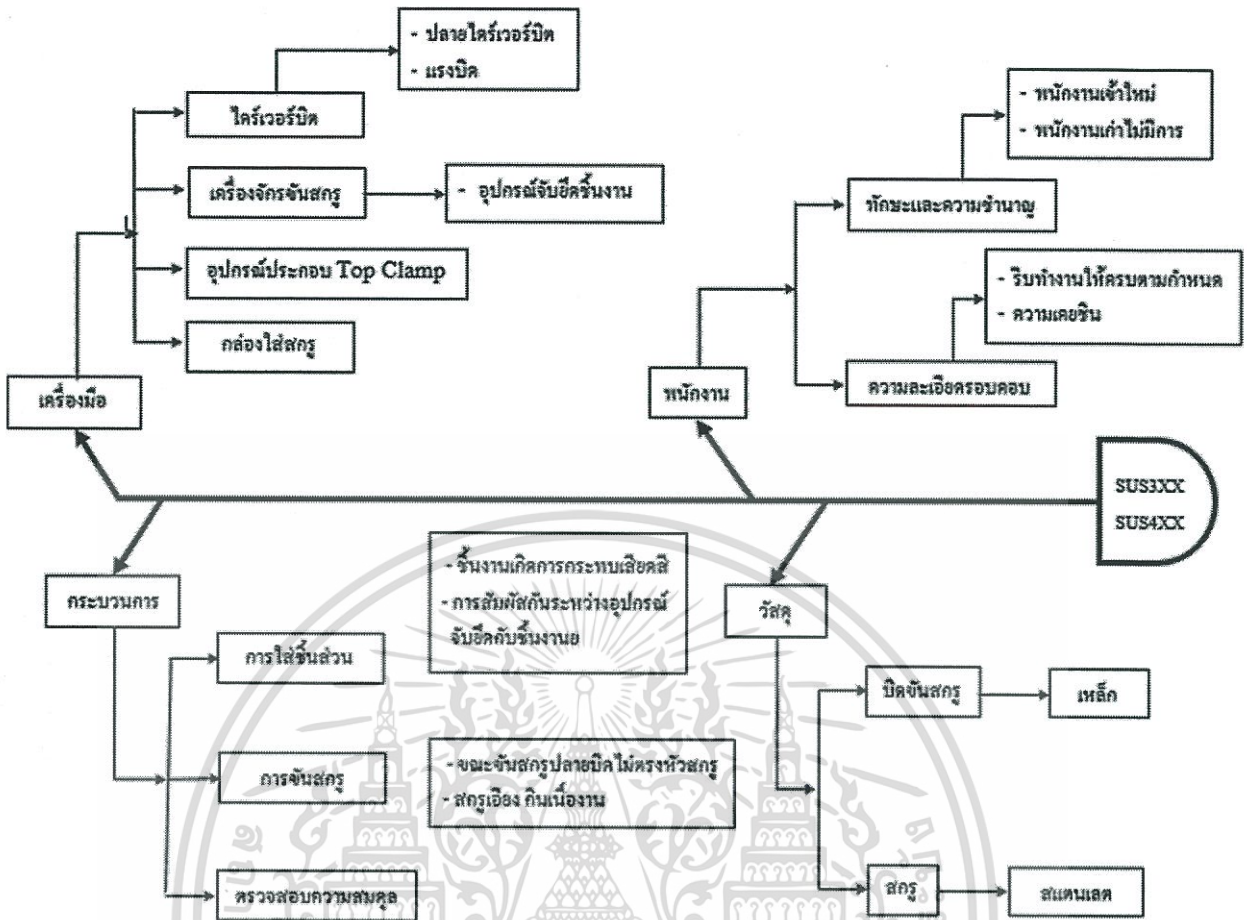


รูปที่ 3.5 แผนผังรายละเอียดกระบวนการประกอบ

3.2.3 แผนภูมิแก๊งปลา (fish - bone diagram)

วิเคราะห์หาสาเหตุและผลของปัญหาที่ส่งผลต่อปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล โดยสามารถแสดงด้วยแผนภูมิแก๊งปลา ใช้หลักการ 6 เอ็ม(M) ของซิกส์ซิกมาในการพิจารณาสาเหตุที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนภูมิแก๊งปลาวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดสแตนเลสตี

3.2.4 การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหา (Cause and Effect Diagram)

พิจารณาข้อมูลจากแผนภูมิแก๊งปลา เพื่อนำมาวิเคราะห์ โดยหลักการในการพิจารณาดังนี้

3.2.4.1 จากทฤษฎี การเสียดสี หรือกระทบกันของโลหะสองชนิด จะทำให้เกิดเศษของโลหะที่มีคุณสมบัติด้อยกว่าหลุดออกมา จึงตั้งสมมติฐานได้ว่า ถ้านำโลหะที่มีคุณสมบัติดีกว่าและมีความแข็งแรงกว่ามาเสียดสี หรือกระทบกับชิ้นส่วนที่มีวัสดุเป็นสแตนเลสตี จะทำให้เกิดเศษของสแตนเลสตีหลุดออกมา ดังนั้นถ้าชิ้นส่วนใดไม่ได้ทำจากวัสดุที่เป็น สแตนเลสตีและไม่ได้รับการเสียดสี หรือกระทบกัน จะไม่พิจารณา

3.2.4.2 พิจารณาจากบริเวณที่มีโอกาสเกิดสแตนเลสตี โดยเฉพาะบริเวณที่มีกระบวนการขันสกรู (Screw) เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการทำสกรูนั้นเป็นสแตนเลสตีและภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีสกรูอยู่หลายตัวซึ่งอยู่ใกล้กับแผ่นมีเดีย

3.2.4.3 จากข้อมูลที่รวบรวม ผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกันให้คะแนนในแต่ละปัญหา ที่อาจเป็นปัจจัย ก่อให้เกิดสแตนเลสสตีล เพื่อพิจารณาเลือกเรื่องที่สำคัญมาทำการแก้ไขปรับปรุง พบว่ามีปัจจัยสำคัญที่ ก่อให้เกิดสแตนเลสสตีล คือ กระบวนการขึ้นสกรูและกระบวนการทำความสะอาด จึงสามารถสรุปสิ่งที่ ต้องทำการศึกษาได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของกระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนนำเข้ามาในห้องสะอาด
2. กระบวนการขึ้นสกรูทำให้เกิดเศษของ สแตนเลสสตีล
3. ประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ
4. การพัฒนาประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

เมื่อสรุปปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาจากขั้นตอนการวัดเรียบริ้อย จึงทำการตั้งสมมติฐานและ ทดสอบสมมติฐาน

3.3.1 ตั้งสมมติฐานการทดลอง

การตั้งสมมติฐานการทดลองเพื่อค้นหาแหล่งที่มา และปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภท สแตนเลสสตีล โดยการทดสอบสมมติฐานแบบข้างเดียว จากผลการทดลองนำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์ด้วย โปรแกรม Minitab ซึ่งจะทำการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานจริงมาทำการทดลอง ได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ ระดับ 95 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่า กระบวนการทดลองมีโอกาสถูกต้อง 95 เปอร์เซ็นต์สามารถ ตั้งสมมติฐานได้ 3 การทดลองดังนี้

3.3.1.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพของการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนนำเข้าห้องสะอาด โดยหลังการทำความสะอาดมีปริมาณสแตนเลสสตีลลดลง สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

1. H_0 = หลังกระบวนการทำความสะอาด (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสสตีลเท่ากับ ก่อนทำ ความสะอาด (μ_2)
2. H_1 = หลังกระบวนการทำความสะอาด (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสสตีลน้อยกว่า ก่อนทำ ความสะอาด (μ_2)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_1: \mu_1 < \mu_2 \quad (3.1)$$

3.3.1.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบกระบวนการชั้นสกรูทำให้เกิดเศษของ สแตนเลสตีลเพิ่มขึ้น สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

1. H_0 = หลังการชั้นสกรู (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสตีล เท่ากับ ก่อนการชั้นสกรู (μ_2)
2. H_1 = หลังการชั้นสกรู (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสตีล มากกว่า ก่อนการชั้นสกรู (μ_2)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_1: \mu_1 > \mu_2 \quad (3.2)$$

3.3.1.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน โดยหลังการทำความสะอาดมีปริมาณสแตนเลสตีลลดลง สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

1. H_0 = หลังการทำความสะอาดโดยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสตีล เท่ากับ ก่อนการทำความสะอาดโดยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (μ_2)
2. H_1 = หลังการทำความสะอาดโดยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสตีล น้อยกว่าก่อนทำความสะอาดโดยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ (μ_2)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_1: \mu_1 < \mu_2 \quad (3.3)$$

3.3.2 วิธีการทดลอง

3.3.2.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพของการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนนำเข้าห้องสะอาด

1. ทดลองกับชิ้นงานที่จะนำเข้าห้องสะอาดคลาส 100 หรือ ในส่วนของ HDE เพื่อนำไปใช้ โดยเก็บหัวอ่าน - เซียน (HAS) ก่อนกระบวนการทำความสะอาด (Cleaning) จำนวน 2 ชิ้น และหลังกระบวนการทำความสะอาดจำนวน 2 ชิ้น
2. นำตัวอย่างส่งห้องปฏิบัติการ (LAB) เพื่อวัดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสตีล โดยวิธี Killer Particle Analyze (KPA)
3. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามกระบวนการ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสตีล ก่อนกระบวนการทำความสะอาด กับหลังกระบวนการทำความสะอาด
4. สรุปผลการทดลองที่ได้

3.3.2.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบกระบวนการขึ้นสกรูทำให้เกิดเศษของสแตนเลสสตีล เพื่อค้นหาปัจจัยการเกิด

1. ทำการทดลองวัดปริมาณสแตนเลสสตีล ด้วยเครื่องวัดจำนวนอนุภาค (Air Particle Count : APC) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับวัดจำนวนอนุภาคที่ต้องการ โดยสุ่มหยิบตัวงานจริงก่อนขึ้นสกรู จำนวน 10 ตัว และหลังขึ้นสกรูจำนวน 10 ตัว วัดบริเวณหัวสกรูของ Ramp, Flex และ VCM ตัวละ 1 นาที
2. นำผลการวัดมาวิเคราะห์ตามกระบวนการ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ก่อนกระบวนการขึ้นสกรูและหลังกระบวนการขึ้นสกรู
3. สรุปผลการทดลองที่ได้

3.3.3.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ ด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

1. ทำการทดลองวัดปริมาณสแตนเลสสตีล ด้วยเครื่อง APC โดยสุ่มหยิบตัวงานจริงก่อนทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติจำนวน 10 ตัว และหลังทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติจำนวน 10 ตัว วัดที่บริเวณหัวสกรูของ Ramp, Flex และ VCM ตัวละ 1 นาที
2. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามกระบวนการ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ก่อนกระบวนการทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติและหลังกระบวนการทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ
3. สรุปผลการทดลองที่ได้

3.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improvement Phase)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง เนื่องจากเราไม่สามารถเปลี่ยนวัสดุจากสแตนเลสสตีล เป็นวัสดุชนิดอื่นและไม่สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการประกอบได้ ส่งผลให้ต้องทำการลดปริมาณสแตนเลสสตีล ให้น้อยลง หรือหมดไปแทน โดยทำการพัฒนาเครื่องดูดลมอัตโนมัติที่ทำความสะอาดบริเวณหัวสกรูให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ซึ่งออกแบบหัวดูดลมเป็นแบบใหม่ มีกระบวนการพัฒนาและปรับปรุง ดังนี้

3.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

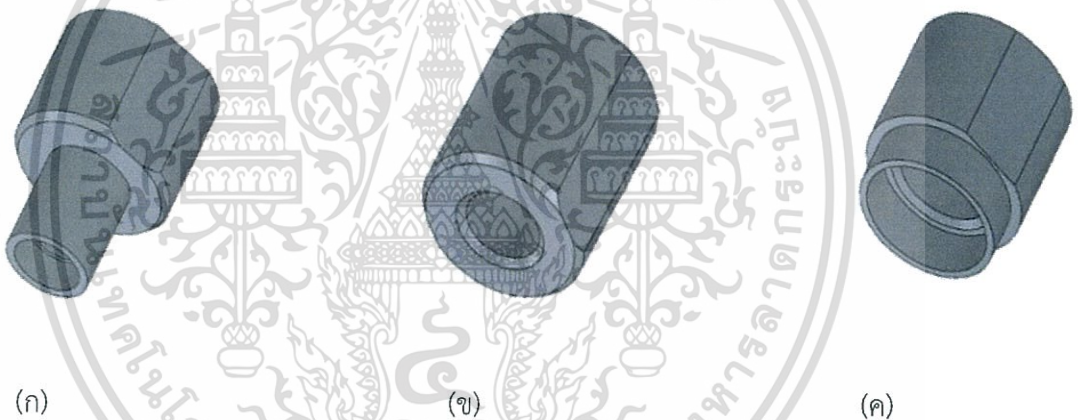
สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบการทดลอง (DOE) เพื่อพัฒนาเครื่องดูดลมอัตโนมัติได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าอัตราการไหล และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และอุณหภูมิของหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

กระบวนการ	ชิ้นส่วน	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	เส้นผ่านศูนย์กลางหัวดูดลม (เมตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
เครื่องดูดลม อัตโนมัติ	Ramp	0.0026666667	0.0050	20.05
	Flex	0.0026666667	0.0065	20.05
	VCM	0.0026666667	0.0040	20.05

3.4.2 การจำลองประสิทธิภาพของหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

ใช้โปรแกรม Solid Work ในการจำลอง (Simulation) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน (Current nozzle) ของเครื่องดูดลมอัตโนมัติดังรูปที่ 3.7 โดยใส่ค่าที่ได้ จากตารางที่ 3.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพความเร็วลม ลักษณะการไหลและบริเวณที่สามารถดูดได้



รูปที่ 3.7 หัวดูดลมแบบปัจจุบันของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ

(ก) หัวดูดลมตำแหน่งสกรู Ramp

(ข) หัวดูดลมตำแหน่งสกรู Flex

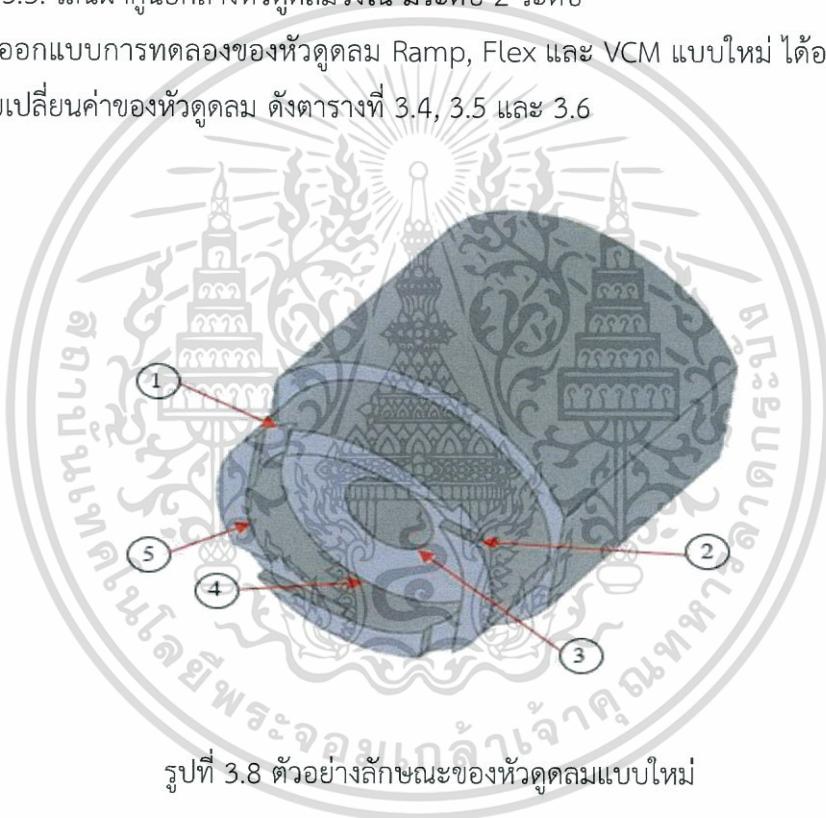
(ค) หัวดูดลมตำแหน่งสกรู VCM

3.4.3 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE)

โดยออกแบบหัวดูดลมแบบใหม่ (New nozzle) ให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม จากการวิเคราะห์ตามทฤษฎีและข้อมูลที่สามารถปรับเปลี่ยนลักษณะหัวดูดลมให้เป็นลักษณะทอร์นาโดดังรูปที่ 3.8 เพื่อช่วยลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีลได้ดียิ่งขึ้น โดยปัจจัยที่ปรับเปลี่ยนมี 5 ปัจจัย คือ

- 3.4.3.1 ความกว้างช่องทอร์นาโด มีระดับ 2 ระดับ
- 3.4.3.2 ความลึกของช่องทอร์นาโด มีระดับ 2 ระดับ
- 3.4.3.3 เส้นผ่าศูนย์กลางช่องลม มีระดับ 2 ระดับ
- 3.4.3.4 ความลึกของหัวดูดลมวงใน มีระดับ 2 ระดับ
- 3.4.3.5 เส้นผ่าศูนย์กลางหัวดูดลมวงใน มีระดับ 2 ระดับ

สามารถออกแบบการทดลองของหัวดูดลม Ramp, Flex และ VCM แบบใหม่ ได้อย่างละ 32 แบบ โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าของหัวดูดลม ดังตารางที่ 3.4, 3.5 และ 3.6



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างลักษณะของหัวดูดลมแบบใหม่

ตารางที่ 3.4 ระดับแต่ละปัจจัยของหัวดูดลม Ramp

ความกว้างช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึกช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่วงใน (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางปลายท่วงใน (มิลลิเมตร)
1.0	0.4	2.0	1.6	4.0
1.5	0.5	2.5	1.8	4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ระดับแต่ละปัจจัยของหัวดูดลม Flex

ความกว้างช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึกช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อกว้างใน (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางปลายท่อกว้างใน (มิลลิเมตร)
1.0	0.4	2.0	1.2	4.0
1.5	0.5	2.5	1.5	4.5

ตารางที่ 3.6 ระดับแต่ละปัจจัยของหัวดูดลม VCM

ความกว้างช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึกช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อกว้างใน (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางปลายท่อกว้างใน (มิลลิเมตร)
1.0	0.4	3.0	1.8	7.0
1.5	0.5	3.5	2.0	7.5

3.4.4 การจำลองประสิทธิภาพของหัวดูดลมแบบใหม่

ใช้โปรแกรม Solid Work ในการจำลองหัวดูดลมแบบใหม่ของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ ในตำแหน่งที่มีการชันสกรูของ Ramp, Flex และ VCM โดยใส่ค่าตามตารางที่ออกแบบการทดลอง (DOE) ได้ผลดังตารางที่ ก.1, ก.2 และ ก.3

3.4.5 การวิเคราะห์ผลการจำลอง

นำผลการจำลองหัวดูดลมแบบใหม่มาพิจารณาและเปรียบเทียบกับผลการจำลองของหัวดูดลมแบบปัจจุบัน เพื่อเลือกหัวดูดลมแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ก่อนนำไปขึ้นรูปและทดลองจริงโดยพิจารณาจาก

3.4.5.1 ค่าความเร็วลม โดยดูจากแถบสีที่แสดงความเร็วของลมที่ดูด ซึ่งสีแดงคือความเร็วลมสูงสุด และสีน้ำเงินคือความเร็วลมต่ำสุดเท่ากับ 0 เมตรต่อวินาที

3.4.5.2 ลักษณะการไหลของลม โดยสังเกตลักษณะการไหลของลมจากการจำลอง ซึ่งหัวดูดลมแบบใหม่มีการไหลแบบเทอร์นาโด แต่หัวดูดลมแบบปัจจุบันมีการไหลเป็นเส้นตรงแบบราบเรียบขึ้นไป

3.4.5.3 บริเวณที่สามารถดูสิ่งปนเปื้อนได้ โดยดูจากการจำลองบริเวณที่ลมดูดพัดผ่าน ซึ่งหัวดูดลมแบบใหม่สามารถดูสิ่งปนเปื้อนบริเวณพื้นผิวและภายในรูของหัวสกรูได้ด้วยช่วยให้สามารถดูสิ่งปนเปื้อนได้มากยิ่งขึ้น

3.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

นำหัวดูดลมแบบใหม่ไปทดลองทำความสะอาดกับตัวงานจริงและเก็บผลการทดลองนำมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัวดูดลมแบบปัจจุบัน และหัวดูดลมแบบใหม่ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

3.5.1 ตั้งสมมติฐานการทดลอง

3.5.1.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดของหัวดูดลมแบบใหม่หลังทำความสะอาดมีปริมาณสแตนเลสที่ลดลง สามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้

1. H_0 = หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่ (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสที่ลดลงเท่ากับ ก่อนทำความสะอาด (μ_2)

2. H_1 = หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่ (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสที่ลดลงน้อยกว่า ก่อนทำความสะอาด (μ_2)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_1: \mu_1 < \mu_2 \quad (3.4)$$

3.5.1.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดหัวดูดลมแบบหัวใหม่ มีปริมาณสแตนเลสที่ลดลงมากกว่า หัวดูดลมแบบปัจจุบัน สามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า

1. H_0 = หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่ (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสที่ลดลงเท่ากับ หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน (μ_2)

2. H_1 = หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่ (μ_1) มีปริมาณสแตนเลสที่ลดลงน้อยกว่า หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน (μ_2)

$$H_0: \mu_1 = \mu_2, H_1: \mu_1 < \mu_2 \quad (3.5)$$

3.5.2 การติดตั้งอุปกรณ์

โดยติดตั้งหัวดูดลมแบบใหม่ที่เครื่องดูดลมอัตโนมัติ ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้วและทำการปรับตั้งค่าระดับหัวดูดลมแบบให้พอดีกับตัวงาน

3.5.3 การเตรียมตัวงานจริงสำหรับใช้ทดลอง

โดยการสุ่มตัวงานจริงที่มีการขึ้นสกรู มาทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน จำนวน 10 ตัวและแบบใหม่จำนวน 10 ตัว

3.5.4 การวัด

โดยวัดปริมาณสแตนเลสสตีล ด้วยเครื่อง APC ตัวขึ้นงานจริงบริเวณหัวสกรูของ Ramp, Flex และ VCM หัวละ 1 นาที ที่ทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบันจำนวน 10 ตัวและแบบใหม่จำนวน 10 ตัว

3.5.5 ผลการทดลอง

บันทึกผลลงในตารางผลการทดลองและนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล หลังกระบวนการทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติแบบหัวปัจจุบันและแบบหัวใหม่

3.5.6 สรุปผลการดำเนินงาน

สรุปผลการทดลอง และการพัฒนา



บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองตามวิธีการดำเนินงานในบทที่ 3 โดยเริ่มจากแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล จากวิธีการดำเนินงานที่ 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ซึ่งมีการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง และ ส่วนที่ 2 การพัฒนา และปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล จากวิธีการดำเนินงานที่ 3.4 ขั้นตอนการปรับปรุง และ 3.5 ขั้นตอนการควบคุม ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

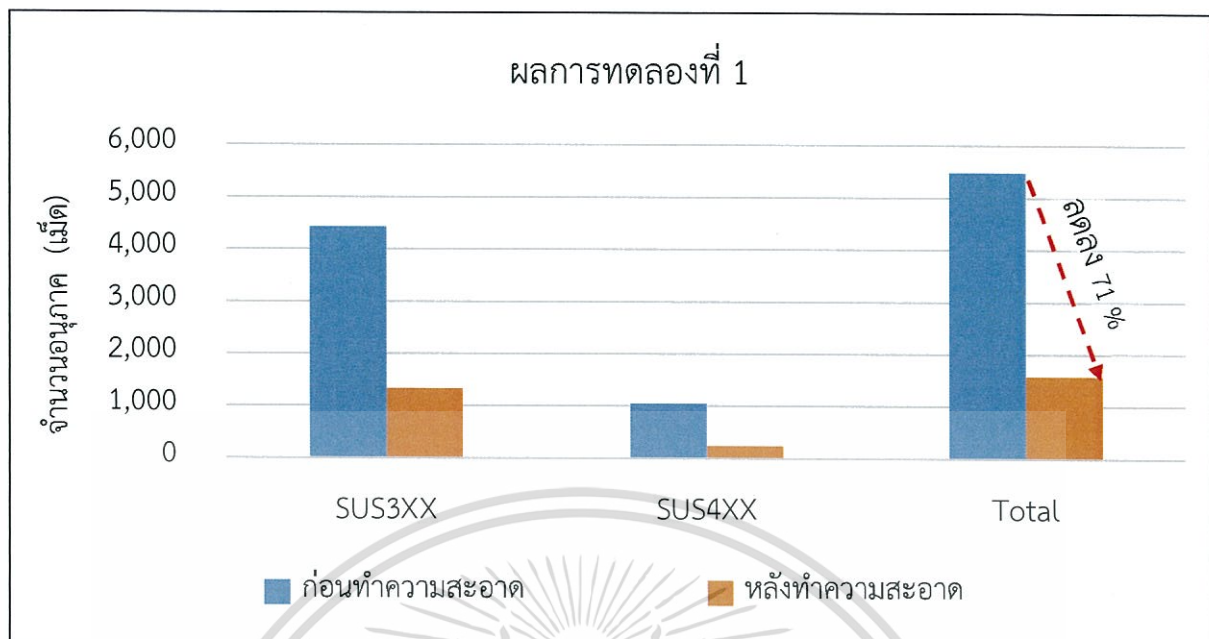
4.1 การค้นหาปัจจัยของการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล แบ่งผลการทดลองได้ดังนี้

4.1.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนนำเข้าห้องสะอาด โดยหลังผ่านกระบวนการทำความสะอาดมีปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลงหรือไม่

4.1.1.1 ผลการทดลองที่ 1 ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพกระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนนำเข้าห้องสะอาด

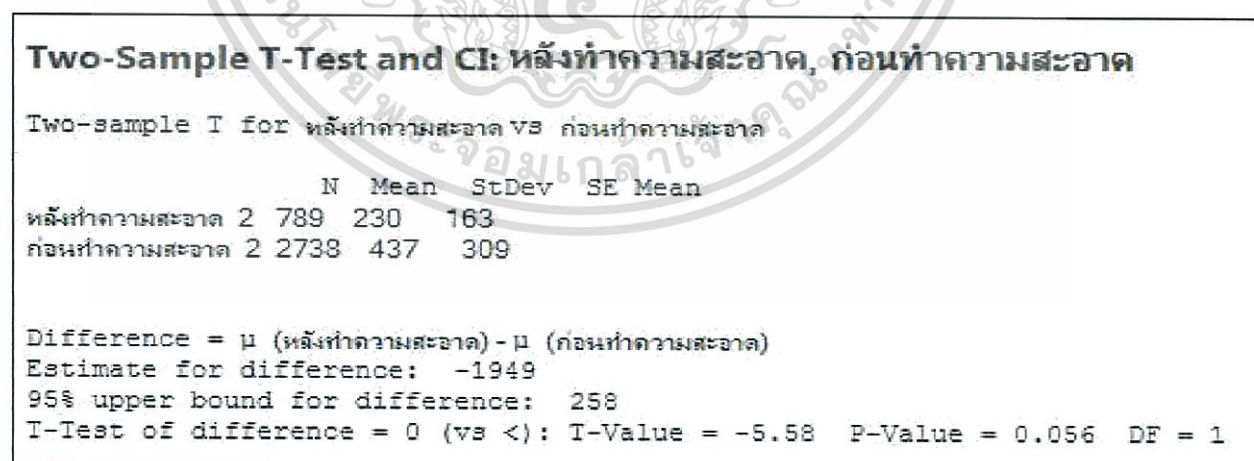
กระบวนการ	จำนวนอนุภาค (เม็ด)		
	SUS3XX	SUS4XX	Total
ก่อนทำความสะอาด	4,429	1,047	5,476
หลังทำความสะอาด	1,337	242	1,579
เปอร์เซ็นต์ที่ลดได้	70%	77%	71%



รูปที่ 4.1 กราฟผลการทดลองที่ 1

จากผลการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.1 หลังผ่านกระบวนการทำความสะอาด ปริมาณของ SUS 3XX ลดลงจาก 4,429 เป็น 1,337 เมตร ลดลง 3,092 เมตร หรือลดลง 70 เปอร์เซ็นต์ และ SUS 4XX ลดลงจาก 1,047 เป็น 242 เมตร ลดลง 805 เมตร หรือลดลง 77 เปอร์เซ็นต์

4.1.1.2 ผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 1 จากโปรแกรม Minitab ได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพกระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อน
นำเข้าห้องสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

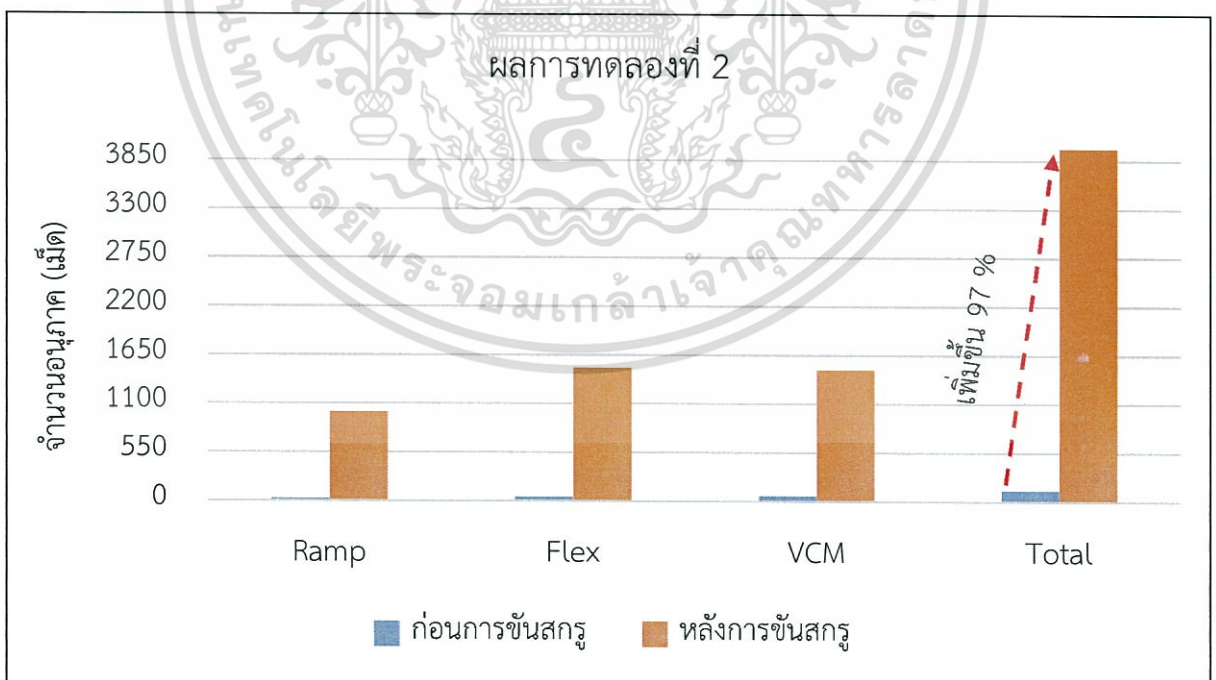
จากผลการทดลอง และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.2 ค่า P-Value = 0.056 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก ($H_0: \mu_1 \leq \mu_2$) ดังนั้นหลังผ่านกระบวนการทำความสะอาดมีผลต่อการลดลงของปริมาณสแตนเลสสตีล อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 คือ หลังทำความสะอาดปริมาณสแตนเลสสตีลน้อยกว่า ก่อนทำความสะอาด

4.1.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบหลังขั้นตอนการขึ้นสกรูมีปริมาณสแตนเลสสตีลมากกว่าก่อนขึ้นสกรู หรือไม่

4.1.2.1 ผลการทดลองที่ 2 ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองกระบวนการขึ้นสกรู

กระบวนการ	จำนวนอนุภาค (เม็ด)			
	Ramp	Flex	VCM	Total
ก่อนการขึ้นสกรู	24	41	57	122
หลังการขึ้นสกรู	1,002	1,499	1,480	3,981
เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น	98%	97%	96%	97%



รูปที่ 4.3 กราฟผลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.3 หลังการขึ้นสกรูของ Ramp ปริมาณของสแตนเลสสตีลเพิ่มขึ้นจาก 24 เป็น 1,002 เม็ด เพิ่มขึ้น 978 เม็ด หรือเพิ่มขึ้น 98 เปอร์เซ็นต์ หลังการขึ้นสกรูของ Flex เพิ่มขึ้นจาก 41 เป็น 1,499 เม็ด เพิ่มขึ้น 1,458 เม็ด หรือเพิ่มขึ้น 97 เปอร์เซ็นต์ และ หลังการขึ้นสกรูของ VCM เพิ่มขึ้นจาก 57 เป็น 1,480 เม็ด เพิ่มขึ้น 1,423 เม็ด หรือเพิ่มขึ้น 96 เปอร์เซ็นต์

4.1.2.2 ผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 2 จากโปรแกรม Minitab ได้ดังรูปที่ 4.4

Two-Sample T-Test and CI: ก่อนขึ้นสกรู, หลังขึ้นสกรู				
Two-sample T for ก่อนขึ้นสกรู vs หลังขึ้นสกรู				
	N	Mean	StDev	SE Mean
ก่อนขึ้นสกรู	10	12.20	5.61	1.8
หลังขึ้นสกรู	10	398.1	72.8	23
Difference = μ (ก่อนขึ้นสกรู) - μ (หลังขึ้นสกรู)				
Estimate for difference: -385.9				
95% upper bound for difference: -343.6				
T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -16.71 P-Value = 0.000 DF = 9				

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ของกระบวนการขึ้นสกรู

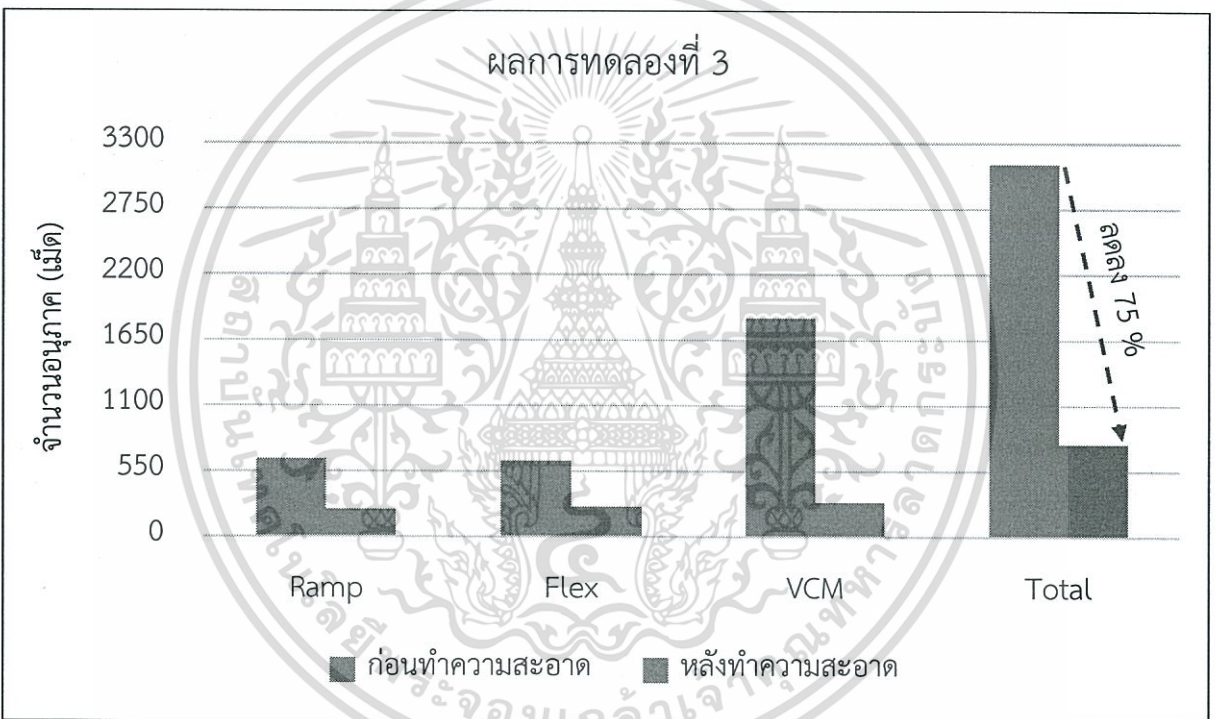
จากผลการทดลอง และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.4 ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) แต่ยอมรับสมมติฐานรอง ($H_1: \mu_1 > \mu_2$) ดังนั้น หลังผ่านขั้นตอนการสกรูมีปริมาณสแตนเลสสตีล เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการขึ้นสกรูจึงสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการขึ้นสกรูเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล

4.1.3 การทดลองที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน โดยหลังการทำความสะอาดมีปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลงหรือไม่

4.1.3.1 ผลการทดลองที่ 3 ได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

กระบวนการ	จำนวนอนุภาค (เม็ด)			
	Ramp	Flex	VCM	Total
ก่อนทำความสะอาด	654	638	1,835	3,127
หลังทำความสะอาด	233	253	292	778
เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง	64%	60%	84%	75%



รูปที่ 4.5 กราฟผลการทดลองที่ 3

จากผลการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.5 หลังทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบันมีปริมาณสแตนเลสสตีล ที่บริเวณหัวสกรู Ramp ลดลงจาก 654 เหลือ 233 เม็ด ลดลง 421 เม็ด หรือลดลง 64 เปอร์เซ็นต์ บริเวณหัวสกรู Flex ลดลงจาก 638 เหลือ 253 เม็ด ลดลง 385 เม็ด หรือลดลง 60 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณหัวสกรู VCM ลดลงจาก 1,835 เหลือ 292 เม็ด ลดลง 1,543 เม็ด หรือลดลง 84 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 ผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 2 จากโปรแกรม Minitab ได้ดังรูปที่ 4.6

Two-Sample T-Test and CI: ก่อนทำความสะอาด, หลังทำความสะอาด				
Two-sample T for ก่อนทำความสะอาด vs หลังทำความสะอาด				
				SE
	N	Mean	StDev	Mean
ก่อนทำความสะอาด	10	312.7	77.0	24
หลังทำความสะอาด	10	77.8	38.4	12
Difference = μ (ก่อนทำความสะอาด) - μ (หลังทำความสะอาด)				
Estimate for difference: 234.9				
95% lower bound for difference: 186.7				
T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 8.63 P-Value = 0.000 DF = 13				

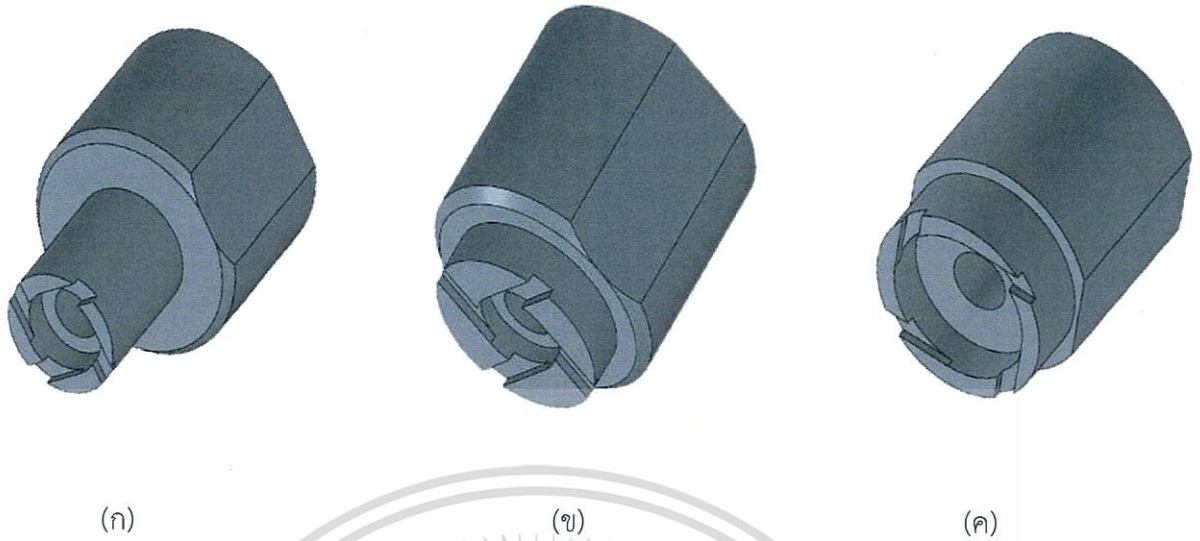
รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติ ด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

จากผลการทดลอง และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.6 ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) แต่ยอมรับสมมติฐานรอง ($H_1: \mu_1 > \mu_2$) ดังนั้นหลังผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ มีผลต่อการลดลงของปริมาณสแตนเลสสตีล แต่ยังไม่มีประสิทธิภาพมากเพียงพอ จึงทำการพัฒนาหัวดูดลมแบบปัจจุบันเป็นแบบใหม่ เพื่อลดสแตนเลสสตีลให้น้อยลงกว่าเดิม

4.2 การพัฒนา และปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล โดยผลการทดลองและดำเนินงานได้ดังนี้

4.2.1 ผลการจำลองจากขั้นตอนการปรับปรุง

4.2.1.1 การออกแบบหัวดูดลมแบบใหม่ จากการวิเคราะห์สามารถออกแบบ และพัฒนาหัวดูดลมแบบใหม่ให้มีลักษณะเป็นทอร์นาโด เพื่อนำไปจำลอง และทดสอบประสิทธิภาพได้ดังรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.7 หัวชุดลมแบบใหม่ของเครื่องชุดลมอัตโนมัติ

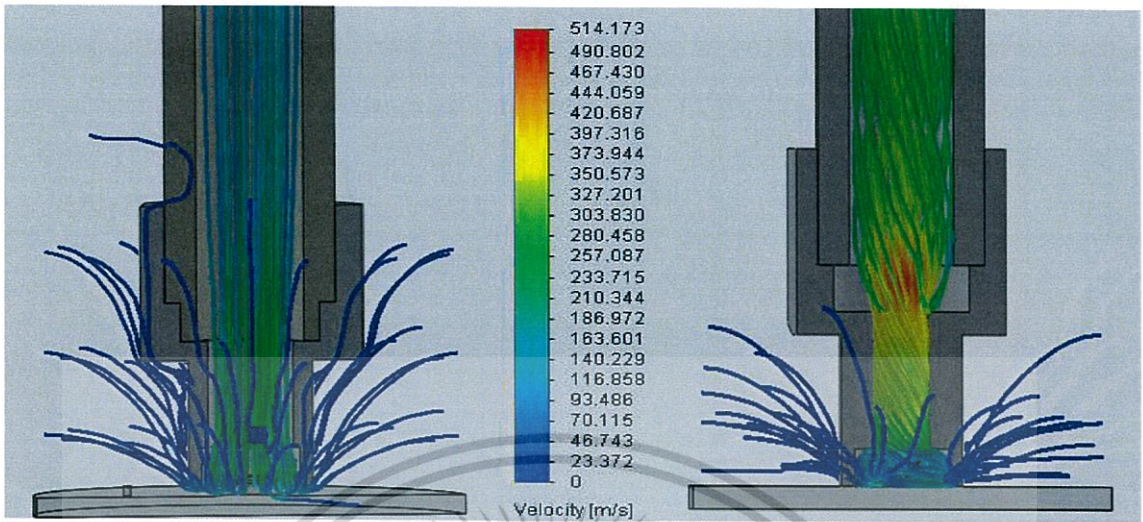
- (ก) หัวชุดลมตำแหน่งสกรู RAMP
- (ข) หัวชุดลมตำแหน่งสกรู FLEX
- (ค) หัวชุดลมตำแหน่งสกรู VCM

ตารางที่ 4.4 ผลที่เลือกจากตารางออกแบบการทดลองของหัวชุดลมแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

ชิ้นส่วน	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลางช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึก ปลายท่อวงใน (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลาง ปลายท่อวงใน (มิลลิเมตร)
Ramp	1	0.5	2.5	1.6	4.5
Flex	1	0.5	2.5	1.5	4.5
VCM	1	0.4	3.5	1.8	7

4.2.1.2 ผลจากการจำลอง เพื่อเปรียบเทียบหัวชุดลมแบบปัจจุบัน และแบบใหม่ que เลือกได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบการจำลองตำแหน่งของสกรู Ramp ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



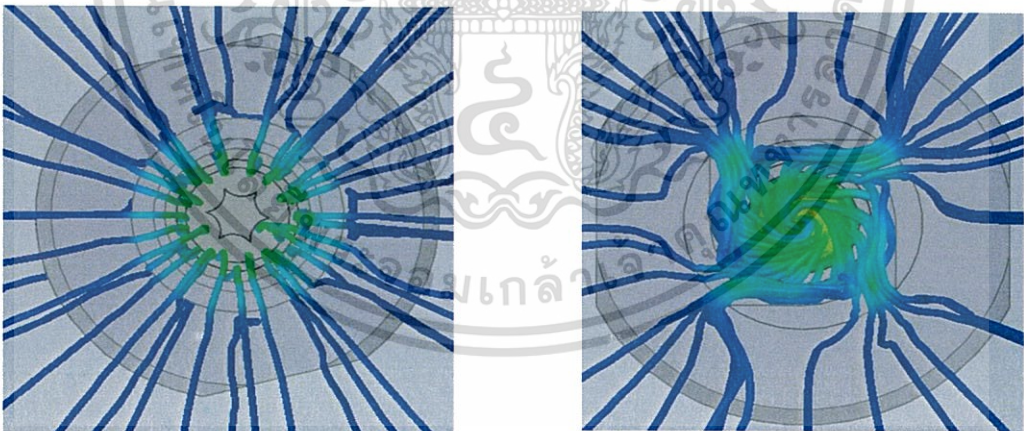
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.8 ค่าความเร็ว และลักษณะการไหลของลม

(ก) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน ความเร็วสูงสุด 331.563 m/s

(ข) หัวดูดลมแบบใหม่ ความเร็วสูงสุด 512.538 m/s



(ก)

(ข)

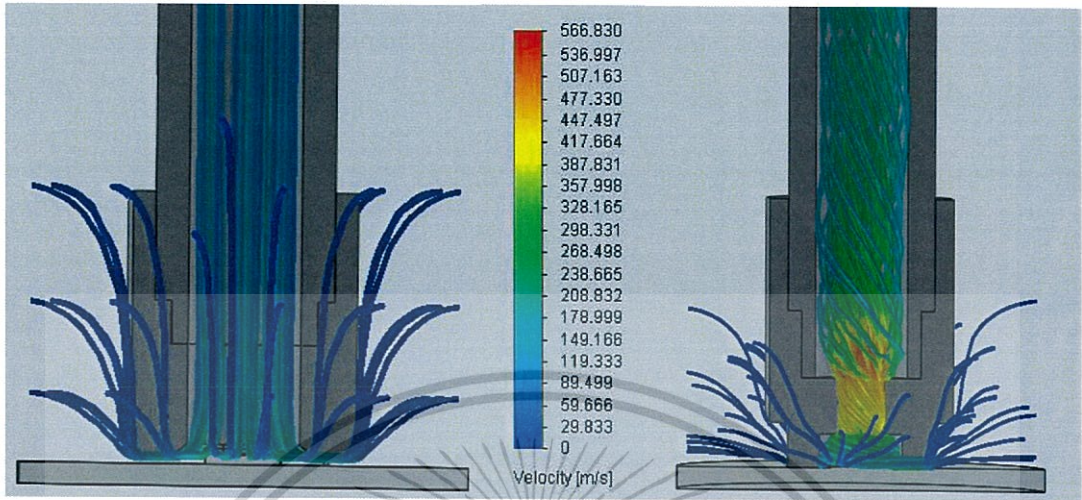
รูปที่ 4.9 บริเวณที่สามารถดูดได้

(ก) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน

(ข) หัวดูดลมแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบการจำลองตำแหน่งของสกรู Flex ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11



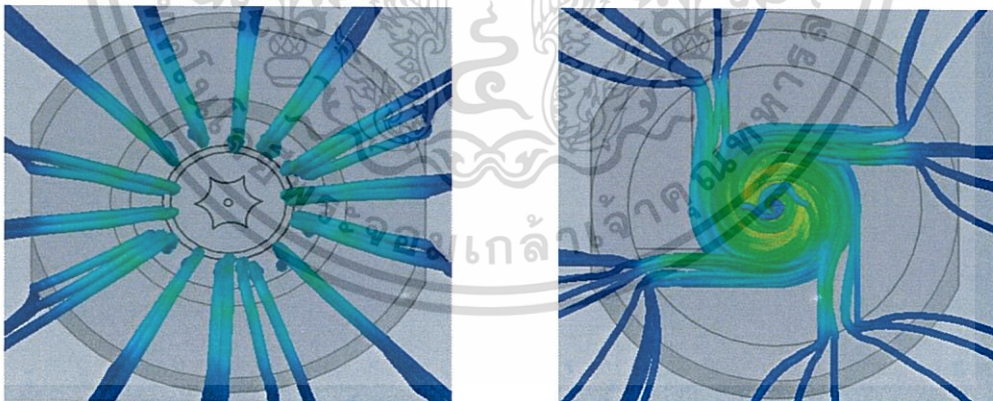
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.10 ค่าความเร็ว และลักษณะการไหลของลม

(ก) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน ความเร็วสูงสุด 266.422 m/

(ข) หัวดูดลมแบบใหม่ ความเร็วสูงสุด 526.765 m/s



(ก)

(ข)

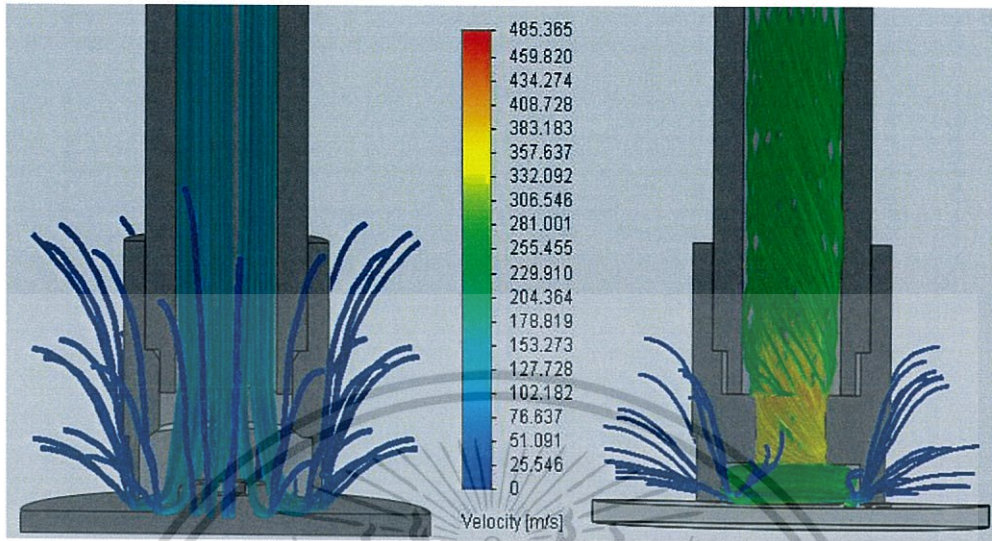
รูปที่ 4.11 บริเวณที่สามารถดูดได้

(ก) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน

(ข) หัวดูดลมแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เปรียบเทียบการจำลองตำแหน่งของสกรู VCM ดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



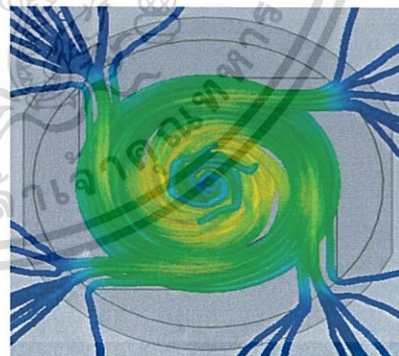
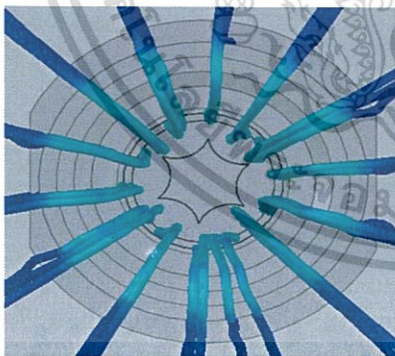
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.12 ค่าความเร็ว และลักษณะการไหลของลม

(ก) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน ความเร็วสูงสุด 205.766 m/s

(ข) หัวดูดลมแบบใหม่ ความเร็วสูงสุด 449.564 m/s



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.13 บริเวณที่สามารถดูดได้

(ก) หัวดูดลมแบบปัจจุบัน

(ข) หัวดูดลมแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการจำลองพบว่า เมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมของหัวดูดลมแบบใหม่ มีค่ามากกว่า หัวดูดลมแบบปัจจุบันดังตารางที่ 4.5 เนื่องจากขนาดรูของหัวดูดลมแบบใหม่มีขนาดเล็กกลง จึงมีความเร็วมากขึ้นตามทฤษฎี และสมการที่ 2.1 ซึ่งความเร็วจะแปรผกผันกับพื้นที่ รวมทั้งลักษณะการดูดเป็นแบบเทอร์นาโดมีการหมุนวนเข้าสู่ศูนย์กลาง จึงทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น และลมหมุนวนภายในหัวสกรูสามารถพัดพาสิ่งปนเปื้อนไปได้มากกว่าหัวดูดลมแบบปัจจุบัน ที่มีการไหลเป็นเส้นตรงแบบราบเรียบขึ้นไปและทำความสะอาดได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.5 ค่าความเร็วลมสูงสุดภายในท่อของหัวดูดลมแบบเก่า และแบบใหม่

กระบวนการ	ชิ้นส่วน	หัวดูดลมแบบปัจจุบัน (เมตรต่อวินาที)	หัวดูดลมแบบใหม่ (เมตรต่อวินาที)	เปอร์เซ็นต์ ความเร็วที่เพิ่ม
เครื่องดูดลมอัตโนมัติ	Ramp	331.563	512.538	35%
	Flex	266.422	526.765	49%
	VCM	205.766	449.564	54%

4.2.2 ผลการทดลองจริงจากขั้นตอนการควบคุม

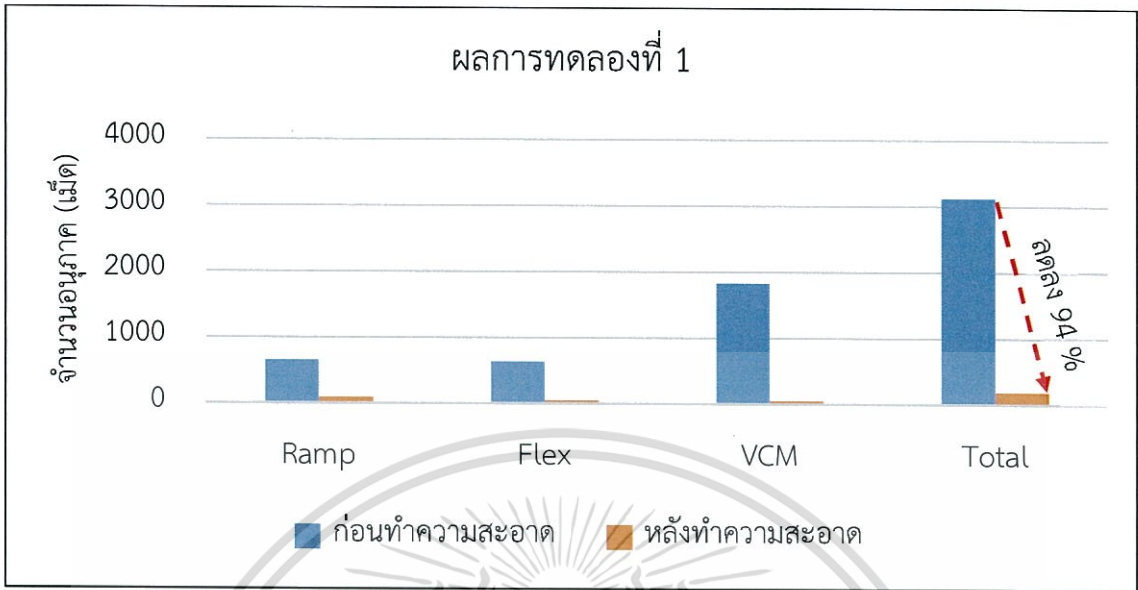
4.2.2.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบใหม่ โดยหลังการทำความสะอาดมีปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลงหรือไม่

1. ผลการทดลองที่ 1 ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่

กระบวนการ	จำนวนอนุภาค (เม็ด)			
	Ramp	Flex	VCM	Total
ก่อนทำความสะอาด	654	638	1835	3127
หลังทำความสะอาด	86	50	51	187
เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง	87%	92%	97%	94%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟผลการทดลองที่ 1

จากผลการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.14 หลังทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติแบบหัวใหม่ ปริมาณของสแตนเลสสตีล ที่บริเวณหัวสกรู Ramp ลดลงจาก 654 เป็น 86 เมตร ลดลง 568 เมตร หรือลดลง 87 เปอร์เซ็นต์ บริเวณหัวสกรู Flex ลดลงจาก 638 เป็น 5 เมตร ลดลง 588 เมตร หรือลดลง 92 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณหัวสกรู VCM ลดลงจาก 1,835 เป็น 51 เมตร ลดลง 1,784 เมตร หรือลดลง 97 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 1 จากโปรแกรม Minitab ได้ดังรูปที่ 4.15

Two-Sample T-Test and CI: ก่อนทำความสะอาด, หลังทำความสะอาด

Two-sample T for ก่อนทำความสะอาด VS หลังทำความสะอาด

	N	Mean	StDev	SE Mean
ก่อนทำความสะอาด	10	312.7	77.0	24
หลังทำความสะอาด	10	18.70	8.35	2.6

Difference = μ (ก่อนทำความสะอาด) - μ (หลังทำความสะอาด)
 Estimate for difference: 294.0
 95% lower bound for difference: 249.1
 T-Test of difference = 0 (vs >): T-Value = 12.00 P-Value = 0.000 DF = 9

รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

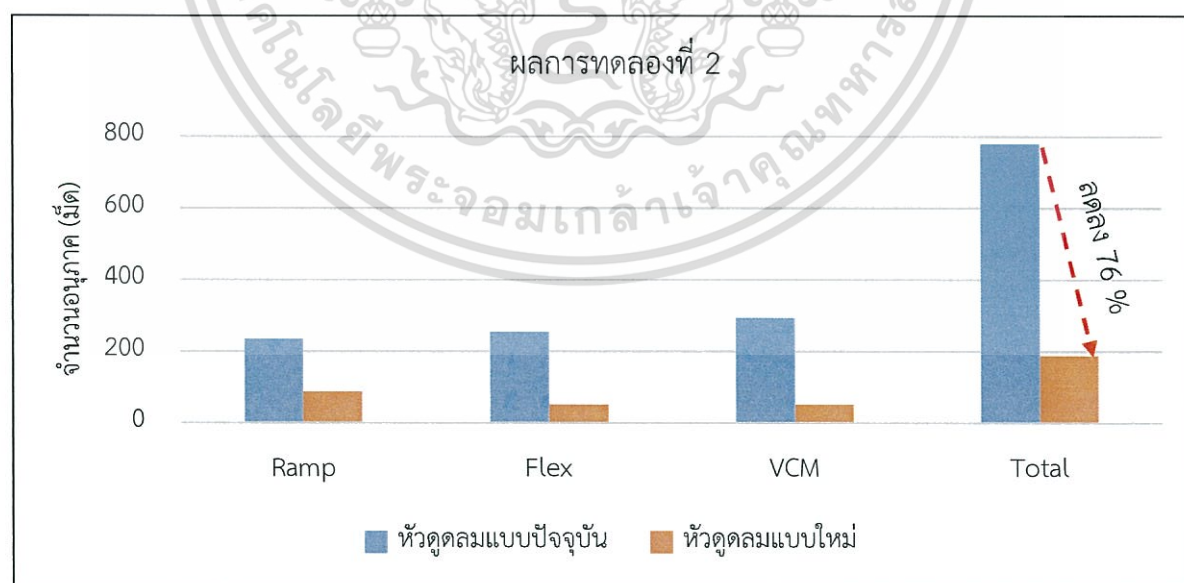
จากผลการทดลอง และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.15 ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) แต่ยอมรับสมมติฐานรอง ($H_1: \mu_1 < \mu_2$) ดังนั้นหลังผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติแบบหัวใหม่มีปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลง

4.2.2.2 การทดลองที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบใหม่ เปรียบเทียบกับหัวดูดลมแบบปัจจุบัน โดยหัวดูดลมแบบใหม่สามารถลดปริมาณสแตนเลสสตีลลดลงมากกว่าหัวดูดลมแบบปัจจุบันหรือไม่ และมีประสิทธิภาพถึง 80 เปอร์เซ็นต์หรือไม่

1. ผลการทดลองที่ 2 ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองประสิทธิภาพการทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน และแบบใหม่

กระบวนการ	จำนวนอนุภาค (เม็ด)			
	Ramp	Flex	VCM	Total
หัวดูดลมแบบปัจจุบัน	233	253	292	778
หัวดูดลมแบบใหม่	86	50	51	187
ผลต่าง	147	203	241	591
เปอร์เซ็นต์ที่ลดลง	63%	80%	83%	76%

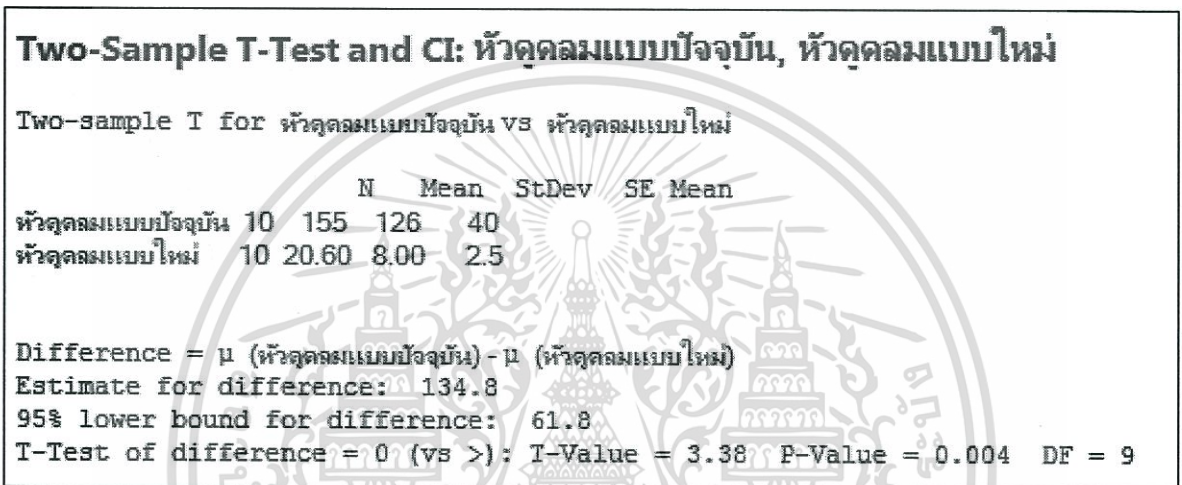


รูปที่ 4.16 กราฟผลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองสามารถสรุปเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4.16 หลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน ที่บริเวณหัวสกรู Ramp มีปริมาณสแตนเลสสตีลปริมาณ 233 เม็ด หลังดูดด้วยหัวแบบใหม่มีปริมาณ 86 เม็ด ลดลง 147 เม็ด หรือลดลง 63 เปอร์เซ็นต์ บริเวณหัวสกรู Flex หลังดูดด้วยหัวแบบปัจจุบันมีปริมาณ 253 เม็ด หลังดูดด้วยหัวแบบใหม่มีปริมาณ 50 เม็ด ลดลง 203 เม็ด หรือลดลง 80 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณหัวสกรู VCM หลังดูดด้วยหัวแบบปัจจุบันมีปริมาณ 292 เม็ด หลังดูดด้วยหัวแบบใหม่มีปริมาณ 51 เม็ด ลดลง 241 เม็ด หรือลดลง 83 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการวิเคราะห์การทดลองที่ 2 จากโปรแกรม Minitab ได้ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab ประสิทธิภาพการทำความสะอาด ระหว่าง หัวดูดลมแบบปัจจุบัน กับหัวดูดลมแบบใหม่

จากผลการทดลอง และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 4.17 ค่า P-Value = 0.004 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) แต่ยอมรับสมมติฐานรอง ($H_1: \mu_1 < \mu_2$) ดังนั้นหลังผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่องดูดลมอัตโนมัติ หัวแบบใหม่ปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลงมากกว่า หัวแบบปัจจุบัน มีประสิทธิภาพมากกว่าหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

บทที่ 5

บทสรุป

ในบทที่ 5 กล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานในการทำสหกิจศึกษาเพื่อศึกษาปัจจัยการเกิด และลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยแบ่งออกเป็น สรุปผลการดำเนินงาน ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลองในบทที่ 4 สามารถแบ่งสรุปผลการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.1.1 การค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล

แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1.1 จากผลการทดลองที่ 1 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดชิ้นส่วนก่อนนำเข้าห้องสะอาดเท่ากับ 71 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพเพียงพอ โดยหลังผ่านกระบวนการทำความสะอาดปริมาณสแตนเลสสตีลลดลงทั้งหมด 1,949 เม็ด ซึ่งปริมาณสแตนเลสสตีลมีแนวโน้มลดลง และตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

5.1.1.2 จากผลการทดลองที่ 2 สรุปได้ว่าขั้นตอนการขึ้นสกรูส่งผลให้เกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล โดยหลังการขึ้นสกรูมีปริมาณสแตนเลสสตีลมากกว่าก่อนการขึ้นสกรู โดยมีปริมาณสแตนเลสสตีลเพิ่มขึ้นทั้งหมด 3,859 เม็ด คิดเป็น 97 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่ากระบวนการขึ้นสกรูเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล

5.1.1.3 จากผลการทดลองที่ 3 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยหลังทำความสะอาดบริเวณหัวสกรูปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลง 2,349 เม็ด ซึ่งทำความสะอาดได้ในระดับหนึ่งแต่ยังสามารถลดปริมาณสแตนเลสสตีลลงได้อีก โดยต้องลดให้เหลือปริมาณสแตนเลสสตีลน้อยกว่าเดิมและมีประสิทธิภาพมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จึงจะตรงตามวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่คาดหวังไว้

5.1.2 การพัฒนา และปรับปรุงกระบวนการทำความสะอาดเพื่อลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.2.1 จากผลการทดลองที่ 1 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติด้วยหัวดูดลมแบบใหม่มีประสิทธิภาพเท่ากับ 94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นจากหัวดูดลมปัจจุบัน โดยหลังทำความสะอาดบริเวณหัวสกรูมีปริมาณสแตนเลสสตีล ลดลงทั้งหมด 2,940 เม็ด และมีประสิทธิภาพการทำความสะอาดมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ และเป้าหมายที่คาดหวังไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2.2 จากผลการทดลองที่ 2 สรุปได้ว่าประสิทธิภาพการทำความสะอาดของหัวดูดลมแบบใหม่ดีกว่าหัวดูดลมแบบปัจจุบัน 19 เปอร์เซ็นต์ โดยหลังการทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่มีปริมาณสแตนเลสสตีลลดลงมากกว่าหัวดูดลมแบบปัจจุบันถึง 76 เปอร์เซ็นต์

สรุปได้ว่า จากผลการทดลองเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่คาดหวังไว้ โดยพบว่าการขันสกรูเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล จึงจำเป็นต้องทำความสะอาดบริเวณหัวสกรู โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาดของเครื่องดูดลมอัตโนมัติที่บริเวณหัวสกรูได้มากขึ้น เนื่องจากหัวดูดลมแบบใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบปัจจุบัน ทำให้สามารถลดปริมาณสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้น้อยลงกว่าเดิมได้ รวมทั้งหัวดูดลมแบบใหม่สามารถนำไปปรับปรุง พัฒนา หรือประยุกต์ใช้ต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหา และอุปสรรค

5.2.1 ระยะเวลาที่มีจำกัดจึงไม่สามารถแก้ไขปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนประเภทสแตนเลสสตีล ได้

5.2.2 ไม่สามารถเปลี่ยนวัสดุจากสแตนเลสสตีล เป็นวัสดุชนิดอื่น และไม่สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการประกอบได้

5.2.2 มีความผิดพลาดเกี่ยวกับการสื่อสารในบางครั้งจึงส่งผลให้งานเกิดความล่าช้า

5.2.3 ปัจจุบันสิ่งปนเปื้อนยังเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน และยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณได้อย่างแม่นยำร้อยละเปอร์เซ็นต์ จึงเกิดข้อจำกัดทางด้านเครื่องมือ

5.2.4 มีข้อจำกัดของโปรแกรมที่ใช้ในการจำลอง

5.2.5 ไม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบ หรือการตั้งค่าต่างๆในกระบวนการทำความสะอาดได้มากนัก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 หัวดูดลมแบบใหม่ยังต้องมีการปรับปรุงในเรื่องของการควบคุมไม่ให้สัมผัสกับตัวงาน ควรมีช่องว่างระหว่างหัวดูดลมและตัวงาน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นที่ตัวงาน

5.3.2 ออกแบบหัวดูดลมแบบใหม่ของเครื่องดูดลมอัตโนมัติให้สามารถปรับเปลี่ยนระดับ หรือขยับได้ตามความสูงของตัวงาน เพื่อป้องกันการกุด หรือกระแทกตัวงานที่จะส่งผลให้เกิดความเสียหายได้

5.3.3 หัวดูดลมแบบใหม่สามารถนำไปปรับปรุง และพัฒนาในด้านอื่นต่อเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.3.4 สามารถประยุกต์ใช้หัวดูดลมแบบใหม่ในกระบวนการทำความสะอาดอื่นๆ

5.3.5 ควรมีการทำความสะอาดทั้งตัวงานก่อนจะปิดฝา ไม่ใช่เฉพาะบริเวณหัวสกรูเพียงอย่างเดียว

5.3.6 กระบวนการในการปรับปรุง และพัฒนาจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายให้มีความเข้าใจตรงกัน จึงจะสามารถดำเนินการต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี “ฮาร์ดดิสก์.” [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/ฮาร์ดดิสก์>.
- [2] นางสาวนุสรา ผาระนัตร์. “การกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการขัดหัวอ่านของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อลดของเสีย” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2555
- [3] “SolidWorks Flow Simulation.” [Online]. Available: <http://www.applicadthai.com/business/solidworks-flow-simulation>
- [4] “SolidWorks Flow Simulation.” [Online]. Available: <http://metrosystems-des.com/solidworks-flow-simulation/>
- [5] นิรนาม “สุญญากาศ (Vacuum).” [Online]. Available: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?pageid=20&bookID=1043&read=true&count=true
- [6] บริษัท แมกซ์สตีล จำกัด “สแตนเลสสตีล หรือเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel).” [Online]. Available: http://www.maxsteelthai.com/index.php?option=com_content&view=articl%09e&id=123:-stainless-steel&catid=42
- [7] “การระบุปัญหาและการประเมินระบบการวัด.” [Online]. Available: <http://digi.library.tu.ac.th/thesis/en/0395/04chapter3.pdf>
- [8] “ห้องสะอาด.” [Online]. Available: <http://www.csc-biz.com/thai/dust-cleanroom.html>
- [9] อาจารย์สุวัชร บัวแย้ม. ห้องสะอาด. ชุตติวิชา สุขศาสตร์อุตสาหกรรม การควบคุม.
- [10] “การทดสอบการไหลของอากาศ” [Online]. Available: http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2551/arc1051pp_ch2.pdf
- [11] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล “แบบจำลองทอร์นาโด” [Online]. Available: <http://www.rmutphysics.com/CHARUD/specialnews/6/hurricane/index.htm>

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [12] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี “ทอร์นาโด.” [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/ทอร์นาโด>
- [13] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน “ทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลม.” [Online]. Available: <http://www2.dede.go.th/report/E2.pdf>
- [14] ศุภเดช “สมการอัตราการไหลของอากาศ.” [Online]. Available: http://www.padlomdee.com/index.php?lay=boardshow&ac=webboard_show&WBntype=1&No=1388360
- [15] อภิชาติ สถิตย์ธรรม “การปรับปรุงคุณภาพการผลิตตามแนวความคิดของซิกซ์ซิกมา กรณีศึกษา บริษัทชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์โดยหลักการ DMAIC.” ปรินญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการทั่วไป มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปีการศึกษา 2555





ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การจำลองหัวตุกลมแบบใหม่

ตารางที่ ก.1การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ Ramp

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
1	4	1	0.4	2	1.6	4	510.929
2	4	1	0.4	2	1.6	4.5	514.623
3	4	1	0.4	2	1.8	4	509.316
4	4	1	0.4	2	1.8	4.5	514.356
5	4	1	0.4	2.5	1.6	4	481.089
6	4	1	0.4	2.5	1.6	4.5	498.904
7	4	1	0.4	2.5	1.8	4	493.645
8	4	1	0.4	2.5	1.8	4.5	498.879
9	4	1	0.5	2	1.6	4	518.496
10	4	1	0.5	2	1.6	4.5	523.32
11	4	1	0.5	2	1.8	4	518.829

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ Ramp

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
12	4	1	0.5	2	1.8	4.5	530.393
13	4	1	0.5	2.5	1.6	4	508.473
14	4	1	0.5	2.5	1.6	4.5	512.538
15	4	1	0.5	2.5	1.8	4	510.008
16	4	1	0.5	2.5	1.8	4.5	513.753
17	4	1.5	0.4	2	1.6	4	547.661
18	4	1.5	0.4	2	1.6	4.5	559.404
19	4	1.5	0.4	2	1.8	4	552.171
20	4	1.5	0.4	2	1.8	4.5	566.132
21	4	1.5	0.4	2.5	1.6	4	518.499
22	4	1.5	0.4	2.5	1.6	4.5	535.358
23	4	1.5	0.4	2.5	1.8	4	518.379
24	4	1.5	0.4	2.5	1.8	4.5	537.125
25	4	1.5	0.5	2	1.6	4	558.058
26	4	1.5	0.5	2	1.6	4.5	568.304

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ Ramp

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
27	4	1.5	0.5	2	1.8	4	563.841
28	4	1.5	0.5	2	1.8	4.5	571.703
29	4	1.5	0.5	2.5	1.6	4	528.063
30	4	1.5	0.5	2.5	1.6	4.5	548.912
31	4	1.5	0.5	2.5	1.8	4	531.86
32	4	1.5	0.5	2.5	1.8	4.5	552.839

ตารางที่ ก.2 การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ Flex

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
1	4	1	0.4	2	1.2	4	552.888
2	4	1	0.4	2	1.2	4.5	547.329
3	4	1	0.4	2	1.5	4	555.018
4	4	1	0.4	2	1.5	4.5	548.867
5	4	1	0.4	2.5	1.2	4	522.611

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ Flex

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
6	4	1	0.4	2.5	1.2	4.5	522.919
7	4	1	0.4	2.5	1.5	4	525.234
8	4	1	0.4	2.5	1.5	4.5	523.201
9	4	1	0.5	2	1.2	4	557.55
10	4	1	0.5	2	1.2	4.5	555.401
11	4	1	0.5	2	1.5	4	558.713
12	4	1	0.5	2	1.5	4.5	557.454
13	4	1	0.5	2.5	1.2	4	533.732
14	4	1	0.5	2.5	1.2	4.5	525.029
15	4	1	0.5	2.5	1.5	4	528.406
16	4	1	0.5	2.5	1.5	4.5	526.765
17	4	1.5	0.4	2	1.2	4	557.864
18	4	1.5	0.4	2	1.2	4.5	555.828
19	4	1.5	0.4	2	1.5	4	557.242
20	4	1.5	0.4	2	1.5	4.5	556.214

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ Flex

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
21	4	1.5	0.4	2.5	1.2	4	538.789
22	4	1.5	0.4	2.5	1.2	4.5	546.596
23	4	1.5	0.4	2.5	1.5	4	542.411
24	4	1.5	0.4	2.5	1.5	4.5	529.667
25	4	1.5	0.5	2	1.2	4	570.871
26	4	1.5	0.5	2	1.2	4.5	559.537
27	4	1.5	0.5	2	1.5	4	574.126
28	4	1.5	0.5	2	1.5	4.5	567.328
29	4	1.5	0.5	2.5	1.2	4	550.383
30	4	1.5	0.5	2.5	1.2	4.5	544.033
31	4	1.5	0.5	2.5	1.5	4	545.248
32	4	1.5	0.5	2.5	1.5	4.5	534.662

ตารางที่ ก.3 การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ VCM

ลำดับ	จำนวน ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
1	4	1	0.4	3	1.8	7	485.212
2	4	1	0.4	3	1.8	7.5	494.329
3	4	1	0.4	3	2	7	484.352
4	4	1	0.4	3	2	7.5	495.16
5	4	1	0.4	3.5	1.8	7	449.564
6	4	1	0.4	3.5	1.8	7.5	453.194
7	4	1	0.4	3.5	2	7	447.792
8	4	1	0.4	3.5	2	7.5	445.56
9	4	1	0.5	3	1.8	7	497.691
10	4	1	0.5	3	1.8	7.5	500.552
11	4	1	0.5	3	2	7	496.109
12	4	1	0.5	3	2	7.5	492.406
13	4	1	0.5	3.5	1.8	7	457.875
14	4	1	0.5	3.5	1.8	7.5	456.3
15	4	1	0.5	3.5	2	7	456.233

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) การจำลองของหัวตุกลมแบบใหม่ของ VCM

ลำดับ	จำนวน ช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ความลึก ช่องเทอร์นาโด (มิลลิเมตร)	ขนาดช่องกลม (มิลลิเมตร)	ความลึกปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ขนาดหัวปลายท่อ (วงใน) (มิลลิเมตร)	ความเร็วสูงสุด (เมตรต่อวินาที)
16	4	1	0.5	3.5	2	7.5	448.705
17	4	1.5	0.4	3	1.8	7	488.681
18	4	1.5	0.4	3	1.8	7.5	468.414
19	4	1.5	0.4	3	2	7	479.058
20	4	1.5	0.4	3	2	7.5	460.241
21	4	1.5	0.4	3.5	1.8	7	441.672
22	4	1.5	0.4	3.5	1.8	7.5	425.162
23	4	1.5	0.4	3.5	2	7	438.03
24	4	1.5	0.4	3.5	2	7.5	424.578
25	4	1.5	0.5	3	1.8	7	468.905
26	4	1.5	0.5	3	1.8	7.5	456.63
27	4	1.5	0.5	3	2	7	465.265
28	4	1.5	0.5	3	2	7.5	451.899
29	4	1.5	0.5	3.5	1.8	7	422.521
30	4	1.5	0.5	3.5	1.8	7.5	410.664
31	4	1.5	0.5	3.5	2	7	421.855
32	4	1.5	0.5	3.5	2	7.5	409.544

ภาคผนวก ข

ผลการวัดจำนวนอนุภาคกระบวนการชั้นสูง

ตารางที่ ข.1 ผลการวัดจำนวนอนุภาคก่อนกระบวนการชั้นสูง

ตัวอย่างชิ้นงาน	Ramp	Flex	VCM	ผลรวม
1	6	6	7	19
2	3	0	3	6
3	0	2	8	10
4	5	5	9	19
5	2	1	4	7
6	0	5	0	5
7	2	3	7	12
8	2	6	6	14
9	0	4	6	10
10	4	9	7	20
ผลรวม	24	41	57	122

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 ผลการวัดจำนวนอนุภาคหลังกระบวนการชั้นสกรู

ตัวอย่างชิ้นงาน	Ramp	Flex	VCM	ผลรวม
1	80	140	152	372
2	75	181	205	461
3	110	155	154	419
4	125	208	114	447
5	89	167	96	352
6	95	99	101	295
7	55	139	204	398
8	157	211	128	496
9	98	87	95	280
10	118	112	231	461
ผลรวม	1002	1499	1480	3981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการวัดจำนวนอนุภาคก่อนและหลังทำความสะอาดด้วย
เครื่องดูดลมอัตโนมัติ

ตารางที่ ค.1 ผลการวัดจำนวนอนุภาคก่อนทำความสะอาด

ตัวอย่างชิ้นงาน	Ramp	Flex	VCM	ผลรวม
1	91	25	125	241
2	62	56	220	338
3	69	58	263	390
4	67	49	162	278
5	55	74	131	260
6	60	56	125	241
7	50	75	168	293
8	54	138	290	482
9	110	54	178	342
10	36	53	173	262
ผลรวม	654	638	1835	3127

ตารางที่ ค.2 ผลการวัดจำนวนอนุภาคหลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

ตัวอย่างชิ้นงาน	Ramp	Flex	VCM	ผลรวม
1	8	4	13	25
2	1	11	95	107
3	15	41	40	96
4	52	74	24	150
5	4	30	12	46
6	25	15	24	64
7	35	38	24	97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 (ต่อ) ผลการวัดจำนวนอนุภาคหลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบปัจจุบัน

ตัวอย่างชิ้นงาน	Ramp	Flex	VCM	ผลรวม
8	43	22	23	88
9	30	16	30	76
10	20	2	7	29
ผลรวม	233	253	292	778

ตารางที่ ค.3 ผลการวัดจำนวนอนุภาคหลังทำความสะอาดด้วยหัวดูดลมแบบใหม่

ตัวอย่างชิ้นงาน	Ramp	Flex	VCM	ผลรวม
1	7	5	12	24
2	1	13	8	22
3	13	2	2	17
4	23	2	1	26
5	11	3	0	14
6	11	10	14	35
7	2	2	1	5
8	6	3	8	17
9	7	4	3	14
10	5	6	2	13
ผลรวม	86	50	51	187

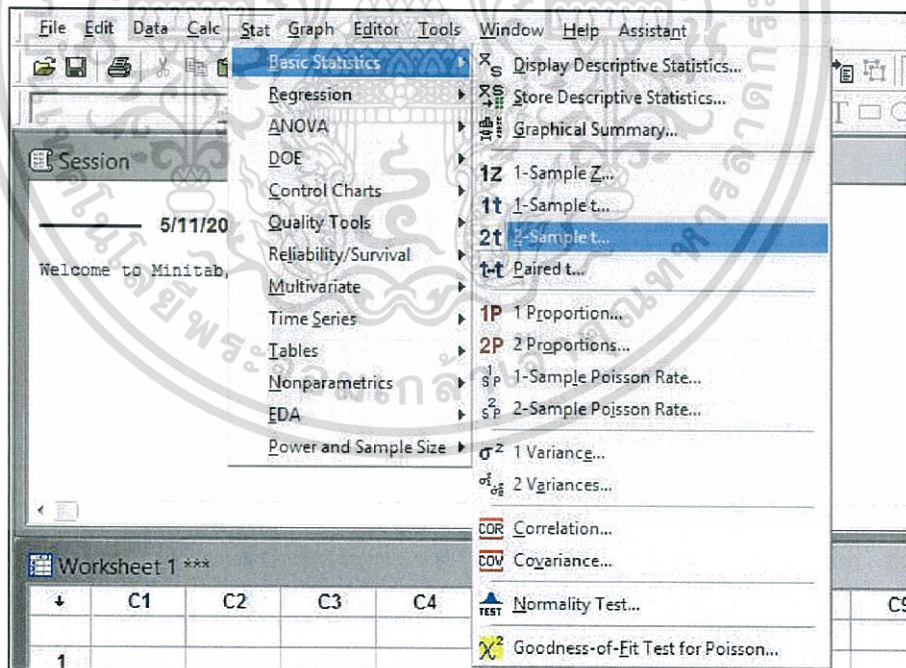
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab

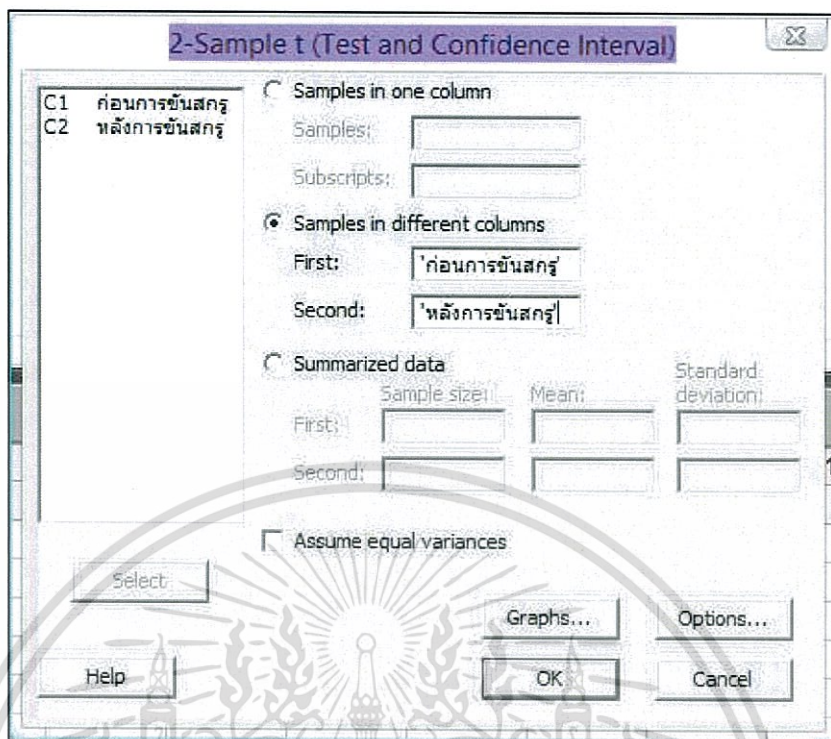
	C1	C2
	ก่อนการขนส่ง	หลังการขนส่ง
1	19	372
2	6	461
3	10	419
4	19	447
5	7	352
6	5	295
7	12	398
8	14	496
9	10	280
10	20	461

รูปที่ ง.1 ใส่ข้อมูลผลรวม ของผลการทดลองที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน

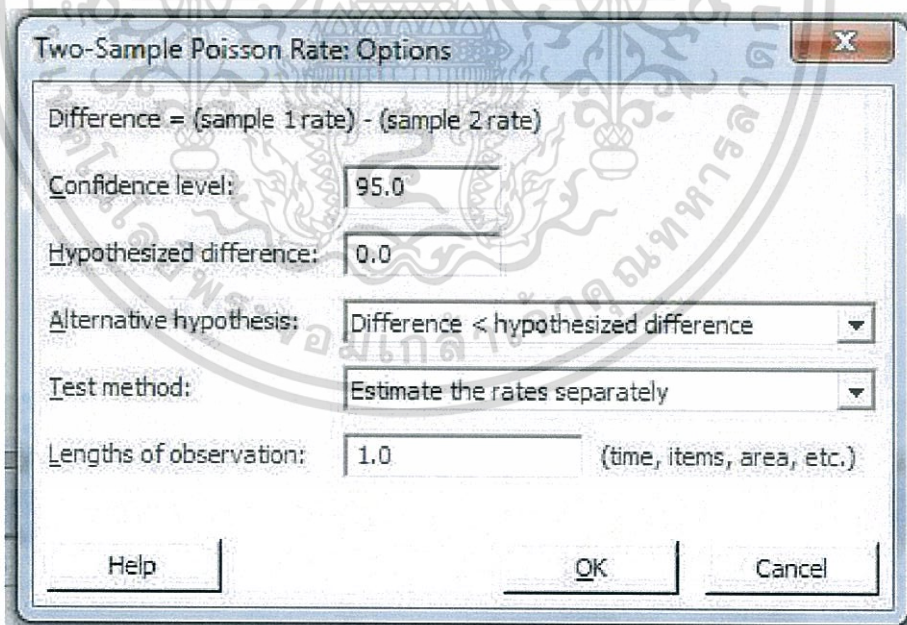


รูปที่ ง.2 คำนวณโดยวิธีการนำผลรวมของตัวอย่างงานจริงที่มีความแตกต่างกันกรณีที่มีข้อมูลสองชุดเปรียบเทียบกัน (2-Sample t- test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.3 เลือกใส่ข้อมูลที่มี



รูปที่ ง.4 เลือก Options กำหนดพารามิเตอร์ในการคำนวณ และกำหนดเงื่อนไขจากการตั้งสมมติฐาน (Alternative hypothesis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Two-Sample T-Test and CI: ก่อนขึ้นสกรู, หลังขึ้นสกรู

Two-sample T for ก่อนขึ้นสกรู VS หลังขึ้นสกรู

	N	Mean	StDev	SE Mean
ก่อนขึ้นสกรู	10	12.20	5.61	1.8
หลังขึ้นสกรู	10	398.1	72.8	23

Difference = μ (ก่อนขึ้นสกรู) - μ (หลังขึ้นสกรู)

Estimate for difference: -385.9

95% upper bound for difference: -343.6

T-Test of difference = 0 (vs <): T-Value = -16.71 P-Value = 0.000 DF = 9

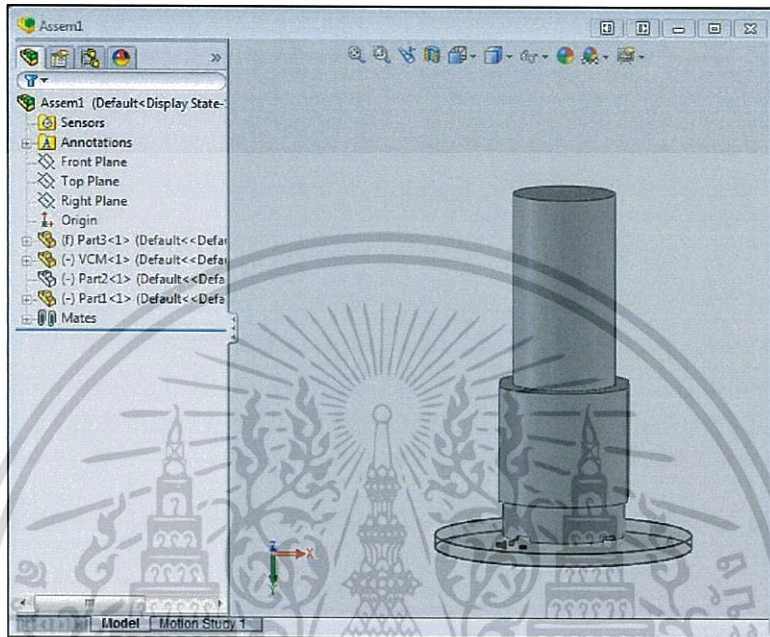
รูปที่ ง.5 โปรแกรม Minitab คำนวณผล และนำมาทำการวิเคราะห์



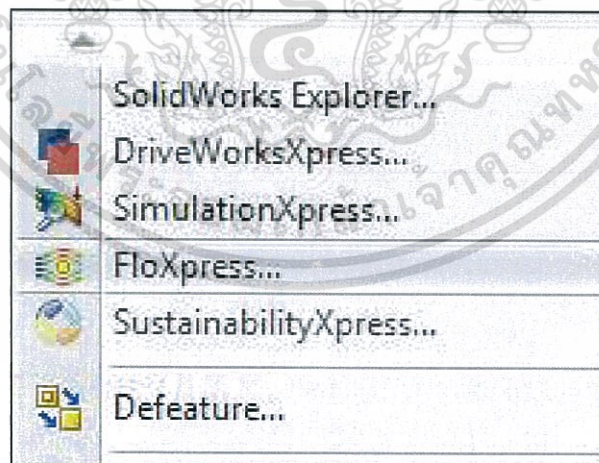
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการจำลองด้วยโปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solidworks)

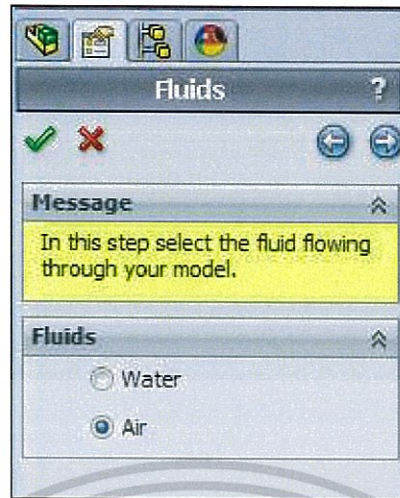


รูปที่ จ.1 เลือกชิ้นงานที่จะนำมาจำลอง

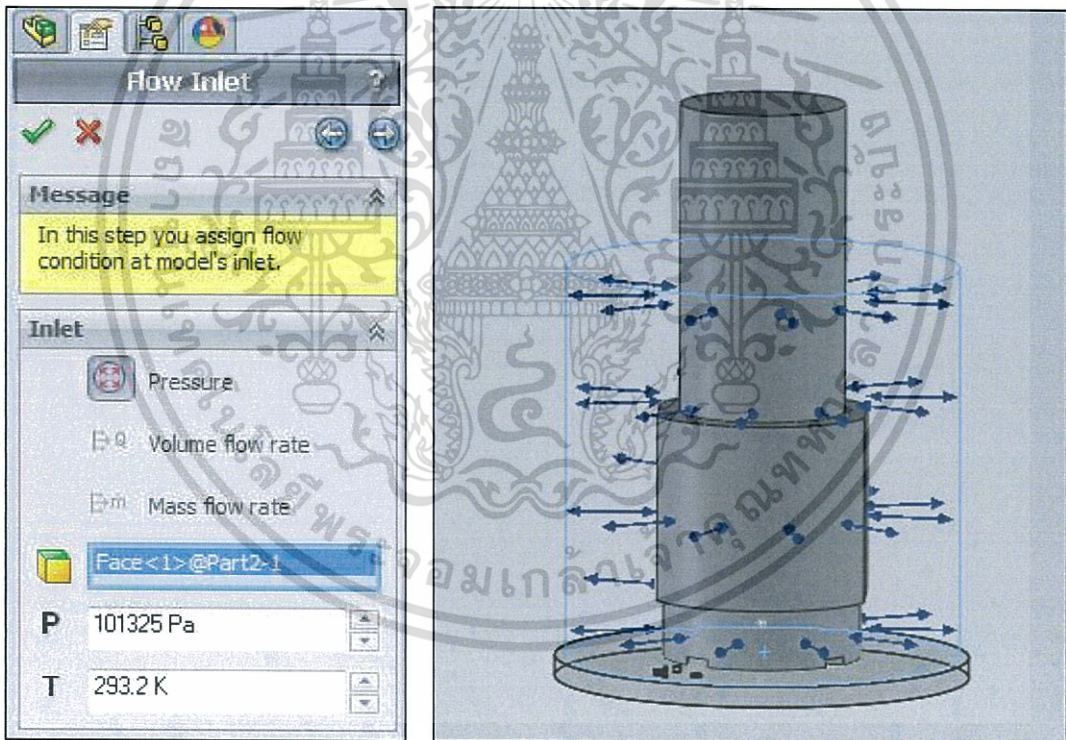


รูปที่ จ.2 เลือก Tools และเลือก FloXpress เพื่อทำการจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

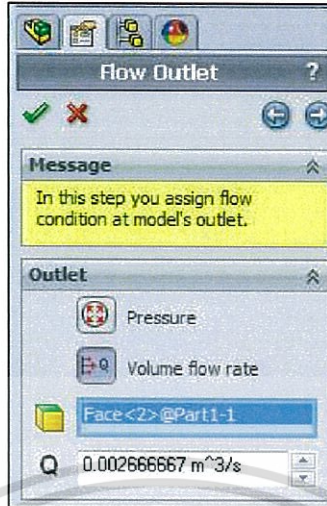


รูปที่ จ.3 เลือก Air เพื่อจำลองการไหลของลม

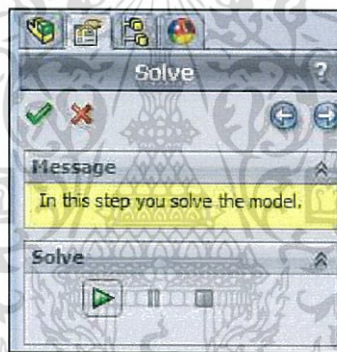


รูปที่ จ.4 ใส่ค่าพารามิเตอร์ที่มี และเลือกบริเวณที่ต้องการให้เป็นส่วนของสภาพแวดล้อมภายนอก

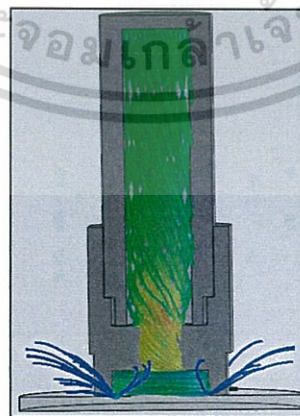
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.5 ใส่ค่าพารามิเตอร์ที่มี และเลือกบริเวณที่ต้องการให้เป็นส่วนของสภาพแวดล้อมภายใน



รูปที่ จ.6 ทำการจำลองการไหลของลม



รูปที่ จ.7 ผลการจำลองการไหล นำมาวิเคราะห์ และสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นางสาวรารัตน์ เรืองรุ่ง
วัน เดือน ปีเกิด 27 ตุลาคม 2536
ที่อยู่ 63/63 หมู่บ้านสัมมากร ถนนราชพฤกษ์ ตำบลอ้อมเกร็ด อำเภอปากเกร็ด
จังหวัดนนทบุรี 11120
E - mail : vararat.r@gmail.com
ประวัติการศึกษา 2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้