

การศึกษาปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อน และพัฒนาเครื่องวัดอนุภาค

Study contamination factor and improvement of
particle audit device



รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การศึกษาปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อน และพัฒนาเครื่องวัดอนุภาค

Study contamination factor and improvement of
particle audit device



T147146



อมรเทพ สุนทรา

สงวนลิขสิทธิ์.....
เลขทะเบียน.....147146
วัน,เดือน,ปี.....3 ก.ค. 2560

b.12850196
f.....

รายงานสหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study contamination factor and improvement of
particle audit device



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

ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อน และพัฒนาเครื่องวัดอนุภาค

Study contamination factor and improvement of particle audit device

นักศึกษา

นายอมรเทพ สุนทรธา

รหัสนักศึกษา

55120042

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมระบบการผลิต

ปีการศึกษา

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรร

วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้สหกิจศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ประจำปีการศึกษา 2558

| คณะกรรมการสอบปริญญาโท | ลายมือชื่อ |
|------------------------------|---|
| ดร.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรร |  |
| ดร. ฉัตรพล ภาคศิริ |  |
| นาย ทรงศักดิ์ ชยวานิช |  |
| นางสาวศุภิดา โภคินสุวรรณ |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา การศึกษาปัจจัยการเกิด และพัฒนาเครื่องวัดอนุภาค
ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายอมรเทพ สุนทรา
รหัสนักศึกษา 55120042
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง สาขาวิชา วิศวกรรมระบบการผลิต
ปีการศึกษา 2558
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ดร.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรรค์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน ศุภิตา โภคินสุวรรณ
ชื่อสถานประกอบการ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

ชุดหัวอ่าน-หัวเขียน (Head stack assembly :HSA) จัดว่ามีความสำคัญในการทำงานของฮาร์ดดิสก์ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงาน โดยปัญหาที่ส่งผลให้ชุดหัวอ่าน-หัวเขียนเกิดความเสียหาย และมีประสิทธิภาพลดลง คือ ปัญหาของสิ่งปนเปื้อนซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ผู้ผลิตจึงได้พัฒนาเครื่อง RTPAD (Real Time Particle Audit Device) เป็นเครื่องวัดจำนวนอนุภาค เพื่อตรวจสอบจำนวนอนุภาคสิ่งปนเปื้อนบริเวณชุดหัวอ่าน-หัวเขียนให้อยู่ระดับที่ปลอดภัยต่อฮาร์ดดิสก์ โดยพบว่าเครื่อง RTPAD มีความผิดพลาดในการทำงาน จึงทำให้มีจำนวนอนุภาคภายในเครื่องสูง โดยที่เครื่องยังไม่ถูกใช้งาน ซึ่งส่งผลให้วัดจำนวนอนุภาคของชุดหัวอ่าน-หัวเขียนสูงกว่าความเป็นจริง จึงต้องทำการค้นหาแหล่งที่มา และปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อน โดยจากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนมีดังนี้ กระบวนการทำงาน (Methods), สิ่งแวดล้อม (Environment), จากตัวเครื่อง (Machine), วัสดุของอุปกรณ์ (Materials) และอุปกรณ์การทำงาน (Instrument) ซึ่งสามารถสรุปแหล่งที่มาของสิ่งปนเปื้อนเกิดจากท็อปแคลมป์ (Top clamp) ภายในฟิกเจอร์ (Fixture) และลูกกลิ้งลำเลียง (Roller) ของเครื่อง RTPAD ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงเครื่อง RTPAD โดยการใช้งานฟิกเจอร์ที่เคลือบท็อปแคลมป์ในการทำงาน และเปลี่ยนลูกกลิ้งลำเลียงใหม่ทั้งหมด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวัดให้ดียิ่งขึ้น โดยหลังจากทำการปรับปรุงสามารถวัดจำนวนอนุภาคของชุดหัวอ่าน-หัวเขียนได้ และผลการวัดมีจำนวนอนุภาคเป็นไปตามความจริง มีความน่าเชื่อถือ

Thesis Title Study contamination factor and improvement of
particle audit device

Student Mr. Amorntep Soontara

Student ID 55120042

Degree Bachelor of Engineering

Program Manufacturing System Engineering

Year 2015

Advisor Dr. Vilailuck Siriwongrungson

Mentor Ms. Supida Pokinsuwan

Company Seagate Technology (Thailand) Ltd. : Korat

ABSTRACT

In read-write head (Head stack assembly: HSA) that are important the efficiency of hard disk drives, so in the manufacturing process, it is necessary considerable caution. The problems in a read-write head damage is contamination very small particles. The manufacturer has developed RTPAD (Real Time Particle Audit Device), which is the number of particles measuring instruments to determine the number of particles in read-write head. There are a number of particle have safety in hard disk. The found detecting RTPAD error within the machine is not use, which the result in measure the number of particles higher than the reality in read-write head. After that a search for sources and factor of contamination. From study found the factors that caused of contamination are methods, environment, machine, material and instrument, which can be summary, the source of the contamination from top clamp and roller of the RTPAD. After improvement can measured the number of particles in read-write head and measurement results with the number of particles have the reality and reliable.

กิตติกรรมประกาศ

การที่ข้าพเจ้าได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ณ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งแต่ วันที่ 2 มิถุนายน 2558 ถึงวันที่ 8 ธันวาคม 2558 ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมาก สำหรับรายงานวิชาสหกิจศึกษานี้ สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือและการสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรรค์ อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์และผู้ให้ความรู้ความเข้าใจเนื้อหาในรายวิชา เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประกอบการทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจน

ขอขอบคุณ นายทรงศักดิ์ ชยวานิช (Sr. Engineering Manager) เป็นผู้ให้โอกาสปฏิบัติสหกิจศึกษา ณ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

ขอขอบคุณ นางสาวศุภิดา โภคินสุวรรณ (Engineering) ซึ่งเป็น Job Supervisor คอยให้คำปรึกษาและขอแนะนำในระหว่างการศึกษา พร้อมทั้งช่วยฝึกการทำงานในสถานที่จริง

ขอขอบคุณ นายวรวิทย์ ไชยสุริย (Engineering Technician) คอยให้คำปรึกษาพร้อมช่วยฝึกการทำงานในสถานที่จริง รวมทั้งผู้ให้ความดูแลช่วยเหลือในการใช้ชีวิตประจำวัน

ขอขอบคุณ นางสาวจิตตรา เนตรรังษีวัชรา (Engineering) ให้คำปรึกษาและขอแนะนำในการทำงาน พร้อมทั้งช่วยฝึกการทำงานในสถานที่จริง

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำรายงานครั้งนี้ สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณดีทั้งหมดจากการทำรายงานสหกิจครั้งนี้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การเลี้ยงดูและอบรมเลี้ยงดูเป็นอย่างดี ครูอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและคำปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้ความดูแลและความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของการทำงานจริง ข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายอมรเทพ สุนทรา

ผู้จัดทำรายงาน

วันที่ 29 ตุลาคม 2558

III

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

| | |
|---|-----|
| หนังสือนำส่ง | |
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | V |
| สารบัญกราฟ..... | VI |
| สารบัญภาพ..... | VII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... | 1 |
| 1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 2 |
| 1.4 แผนการดำเนินงาน..... | 2 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 ข้อมูลพื้นฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์..... | 4 |
| 2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเครื่อง RTPAD..... | 6 |
| 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 9 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการงาน..... | 19 |
| 3.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา..... | 20 |
| 3.2 ขั้นตอนการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล..... | 20 |
| 3.3 ขั้นตอนการวัด..... | 22 |
| 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์..... | 24 |
| 3.5 ขั้นตอนการทดลอง..... | 24 |
| 3.6 ขั้นตอนการปรับปรุงและพัฒนา..... | 30 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูล..... | 33 |
| 4.1 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล..... | 33 |

IV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 4.2 ผลการทดลองการปรับปรุงและพัฒนาเครื่อง | 44 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 46 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 46 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 47 |
| บรรณานุกรม..... | 48 |
| ภาคผนวก..... | 49 |



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ตารางมาตรฐานห้องสะอาด ISO 14644 และ U.S. Federal Standard 209e..... | 11 |
| 4.1 แสดงอนุภาคขนาด 0.3 และ 0.5 วัดด้วยเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ..... | 39 |
| 4.3 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณจุดเริ่มต้นของล้อลำเลียงก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)..... | 39 |
| 4.2 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณบรรจุงานก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)..... | 40 |
| 4.4 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณกลางล้อลำเลียงก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)..... | 40 |
| 4.5 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณหน้ากริปเปอร์ก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)..... | 40 |
| 4.6 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณสูงกว่าสตอปเปอร์ 10 cm ก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)..... | 41 |
| 4.7 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณลูกกลิ้ง..... | 41 |
| 4.8 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากเครื่องวัดอนุภาคในเครื่อง RTPAD..... | 44 |
| 4.9 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ..... | 45 |



สารบัญกราฟ

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.1 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากเครื่อง RTPAD เมื่อมีการสัมผัสฟิสิกเจอร์..... | 33 |
| 4.2 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 2 ครั้งของการวัด..... | 33 |
| 4.3 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 5 ครั้งของการวัด..... | 34 |
| 4.4 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 10 ครั้งของการวัด..... | 34 |
| 4.5 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 2 ครั้งของการวัด..... | 34 |
| 4.6 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 5 ครั้งของการวัด..... | 35 |
| 4.7 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 10 ครั้งของการวัด..... | 35 |
| 4.8 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดอนุภาคในอากาศบริเวณทางเข้า..... | 37 |
| 4.9 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดอนุภาคในอากาศบริเวณทางเข้า..... | 37 |
| 4.10 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดฝุ่นในอากาศ บริเวณทางออก..... | 38 |
| 4.11 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดฝุ่นในอากาศ บริเวณทางออก..... | 38 |
| 4.12 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟิสิกเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD..... | 39 |
| 4.13 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟิสิกเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD ก่อนทำความสะอาดลูกกลิ้ง..... | 39 |
| 4.14 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟิสิกเจอร์ ด้วยเครื่อง RTPAD หลังจากทำความสะอาดลูกกลิ้ง..... | 42 |
| 4.15 แสดงค่าที่ได้จากการวัดอนุภาค ฟิสิกเจอร์ 1 ไม่มีการเคลือบ..... | 42 |
| 4.16 แสดงค่าที่ได้จากการวัดอนุภาค ฟิสิกเจอร์ 2 เคลือบ..... | 43 |
| 4.17 อนุภาคที่วัดได้จากฟิสิกเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD..... | 44 |
| 4.18 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟิสิกเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD 100 ครั้ง..... | 45 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แขนหัวอ่าน-หัวเขียน..... | 4 |
| 2.2 จานแม่เหล็กในฮาร์ดดิสก์..... | 5 |
| 2.3 เคสบรรจุอุปกรณ์ต่างๆภายในฮาร์ดดิสก์..... | 5 |
| 2.4 เครื่องนับอนุภาคแบบแสงโดยมีเลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง..... | 6 |
| 2.5 ส่วนประกอบของมอเตอร์เนวราป..... | 7 |
| 2.6 อุปกรณ์นิวแมติกส์..... | 8 |
| 2.7ห้องสะอาดแบบ Biological Clean Room (ก) , Industrial Clean Room (ข)..... | 9 |
| 2.8 ห้องสะอาดแบบ Positive Pressure..... | 10 |
| 2.9 ห้องสะอาดแบบ Negative Pressure..... | 11 |
| 2.10 ห้องสะอาดแบบ Turbulent airflow..... | 12 |
| 2.11 การไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวระดับ..... | 13 |
| 2.12 การไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวตั้ง..... | 13 |
| 2.13 ชุดคลีนรูม..... | 14 |
| 2.14 ร่องเท้าคลีนรูม..... | 15 |
| 2.15 ลักษณะภายในแอร์ ชาวเวอร์..... | 16 |
| 2.16 แผ่นกาวดักฝุ่นที่ร่องเท้า..... | 16 |
| 2.17 ผ้าเช็ดชิ้นงาน..... | 17 |
| 2.18 ชั้นวางของ..... | 18 |
| 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย..... | 19 |
| 3.2 แผนผังเครื่อง RTPAD..... | 20 |
| 3.3 กระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ..... | 21 |
| 3.4 แผนภูมิถังปลา..... | 22 |
| 3.5 ลักษณะทิศทางลมในขณะที่ทำความสะอาดแชมเบอร์ (Chamber)..... | 25 |
| 3.6 พิกเจอร์รอบบริเวณด้านหน้า กริปเปอร์(ก) พิกเจอร์รอบบริเวณด้านหน้าแชมเบอร์(ข)..... | 25 |
| 3.7 บริเวณที่ติดตั้งขอลามินาร์..... | 26 |
| 3.8 เครื่องวัดอนุภาค(ก) บริเวณที่วัดอนุภาคบนพิกเจอร์ (ข)..... | 26 |
| 3.9บริเวณที่พบเศษโลหะ..... | 28 |
| 3.10ตำแหน่งในการวัดจำนวนอนุภาค..... | 28 |
| 3.11 แผนผังเครื่องช่วงบริเวณไหลลงงานเข้า ถึงแชมเบอร์..... | 29 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานวิจัยฉบับนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 3.12 Rabbit cleaning (บริเวณสีดำเป็นกาวตักอนุภาค)..... | 29 |
| 3.13 บริเวณที่ถอดสตอปเปอร์..... | 31 |
| 3.14 สตอปเปอร์แบบมียางครอบ..... | 31 |
| 3.15 เปลี่ยนลูกกลิ้ง บริเวณทางออก และทางเข้า..... | 32 |
| 4.1 แผนผังเครื่อง RTPAD..... | 36 |
| 4.2 ลักษณะตัวยบริเวณขอบ ลามินาร์ ด้านล้อลำเลียงทางออก(Load out)..... | 36 |
| 4.3 ลักษณะตัวยบริเวณขอบ ลามินาร์ บริเวณลูกกลิ้งลำเลียงทางเข้า..... | 36 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard disk drive:HDD) เป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญมากต่อเศรษฐกิจในประเทศไทย โดยการเข้ามาลงทุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ในไทยนั้นเกือบทั้งหมดเป็นการลงทุนจากต่างชาติ ทำให้เกิดการเข้ามาของห่วงโซ่อุปทานเพื่อการผลิต ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ มากมาย เช่น ชิ้นส่วนประกอบ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วงจรรวม สำหรับควบคุมการทำงาน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วงจรพิมพ์ และอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เป็นต้น เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการแข่งขันที่สูงทั้งในด้านการตลาด คุณภาพและการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นจากการใช้คอมพิวเตอร์ในอุตสาหกรรม การใช้ส่วนบุคคล รวมถึงสื่อบันทึกข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล ดังนั้นกลยุทธ์หนึ่งของบริษัทผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คือการลดต้นทุน และ เร่งพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด โดยมุ่งเน้นคุณภาพ รวมถึงการใช้เทคนิคและเครื่องมือต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานให้สูงขึ้น



ภาพที่ 1.1 ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว

การลดสิ่งปนเปื้อนเป็นกระบวนการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับฮาร์ดดิส เนื่องจากฮาร์ดดิสเป็นอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความไวต่อสิ่งปนเปื้อนมาก โดยจะส่งผลให้เกิดความเสียหายภายในฮาร์ดดิส เช่น ทำให้หัวอ่านเสียหาย เกิดรอยขีดข่วน เป็นต้น ดังนั้นการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จึงต้องผลิตภายในห้องสะอาด ISO Class 7 ขึ้นไป เพื่อลดโอกาสที่จะทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เกิดความเสียหายจากสิ่งปนเปื้อน

อย่างไรก็ตามถึงแม้ห้องที่ใช้ผลิตภัณฑ์ดีสก์มีการควบคุมปริมาณสิ่งปนเปื้อนก็ยังไม่เพียงพอเนื่องจากมีสิ่งปนเปื้อนที่มาจากแหล่งอื่นด้วย เช่น เครื่องจักร การหยิบจับชิ้นงาน จากตัวผู้ทำงาน เป็นต้น จึงต้องมีตรวจสอบเพื่อควบคุมแหล่งที่มาของสิ่งปนเปื้อนอยู่เป็นประจำ นอกจากนี้ชิ้นงานที่ผ่านทำความสะอาดแล้วก็ยังต้องมีการตรวจสอบอีกครั้งเพื่อให้ชิ้นงานมีคุณภาพมากที่สุด โดยมีเครื่องมือที่มีการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในการตรวจสอบโดยเฉพาะ เช่น เครื่อง RTPAD (Real Time Particle Audit Device) เป็นเครื่องวัดจำนวนอนุภาค เพื่อตรวจสอบจำนวนอนุภาคบริเวณชุดหัวอ่าน-หัวเขียน (Head stack assembly) แต่ยังพบว่าเครื่องมีความผิดพลาดในการทำงาน เนื่องจากอนุภาคที่วัดได้จากเครื่อง RTPAD ไม่ใช่อนุภาคที่มาจากตัวงานทั้งหมด ทำให้ค่าได้สูงเกินความเป็นจริง จึงต้องทำการค้นหาแหล่งที่มาของอนุภาคและปรับปรุง ประสิทธิภาพให้ดีขึ้น

1.2 จุดประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาและแหล่งที่มาของอนุภาคที่เข้ามารบกวนในกระบวนการทำงานเครื่อง RTPAD
2. เพื่อปรับปรุงแก้ไข และลดปริมาณอนุภาคที่เข้ามารบกวนซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลในการวัด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาแหล่งที่มาของอนุภาค ที่ทำให้เครื่อง RTPAD เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด
2. ออกแบบและทำการทดลองเพื่อตรวจสอบกระบวนการทำงานของเครื่อง RTPAD
3. ปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพเครื่อง RTPAD

1.4 แผนการดำเนินงาน

| ลำดับ | หัวข้องาน | เดือนที่ 1 | เดือนที่ 2 | เดือนที่ 3 | เดือนที่ 4 |
|-------|---|------------|------------|------------|------------|
| 1 | จัดหาหัวข้อและนำเสนอโครงการ | | | | |
| 2 | ศึกษาเรียนรู้กระบวนการทำงาน | | | | |
| 3 | วางแผนการดำเนินงาน | | | | |
| 4 | เก็บข้อมูลตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง | | | | |
| 5 | ทำการทดลอง | | | | |
| 6 | สรุปผลการทดลอง | | | | |
| 7 | ปรับปรุงและพัฒนาเครื่อง | | | | |
| 8 | ติดตามผลการปรับปรุง | | | | |
| 9 | สรุปผลการติดตามและข้อเสนอแนะ | | | | |
| 10 | จัดทำรายงานและนำเสนอผล | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เข้าใจหลักการกระบวนการทำงานของเครื่อง RTPAD
- 1.5.2 ทำให้ทราบแหล่งที่มาของสิ่งปนเปื้อนที่เกิดขึ้นกับเครื่อง RTPAD
- 1.5.3 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง RTPAD
- 1.5.4 ได้รับองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานค้นหาสิ่งปนเปื้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องในการจัดทำปริญญาบัตรซึ่งจะแบ่งออกเป็น หลักการทำงานขั้นพื้นฐานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โครงสร้างและส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ , หลักการของอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในเครื่อง RTPAD , หลักการทำงานของเครื่องและทฤษฎีอื่นที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ฮาร์ดดิสก์ (Harddisk) คืออุปกรณ์ชิ้นหนึ่ง ที่เป็นตัวเก็บข้อมูลต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลระบบปฏิบัติการต่างๆ ที่ใช้ขับเคลื่อนคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นๆ หรือข้อมูลในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ หรือแฟ้มงานต่างๆ ดังนั้น ฮาร์ดดิสก์ เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นและสำคัญที่สุดชิ้นหนึ่งเลย ซึ่งภายในประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลัก ดังนี้

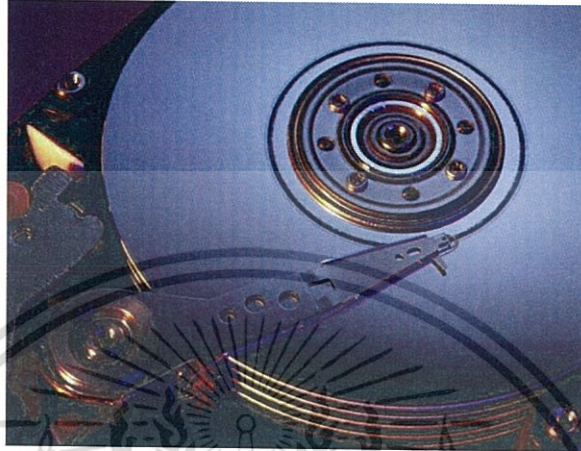
- 1 หัวอ่าน (Head) เป็นส่วนหนึ่งของแขนหัวอ่าน สร้างจากขดลวด เพื่อใช้อ่านหรือเขียนข้อมูลลงบนแผ่นแม่เหล็ก โดยการรับคำสั่งจากตัวคอนโทรลเลอร์ ก่อนเกิดความเหนี่ยวนำทางแม่เหล็ก และไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสนามแม่เหล็ก และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลนั่นเอง
- 2 แขนหัวอ่าน (Actuator Arm) มีลักษณะเป็นแท่งเหล็ก รับคำสั่งจากวงจรให้เลื่อนไปยังตำแหน่งบริเวณอ่านหรือเขียนข้อมูลบนแผ่นแม่เหล็ก



ภาพที่ 2.1 ชุดแขนหัวอ่าน-หัวเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 จานแม่เหล็ก (Platters) มีลักษณะเป็นจานกลมๆ เคลือบด้วยสารแม่เหล็กวางซ้อนกันหลายๆ ชั้นขึ้นอยู่กับความจุ โดยข้อมูลนั้นจะถูกบันทึกในลักษณะของเลข 0 และ 1 แผ่นแม่เหล็กนั้นติดกับมอเตอร์สำหรับหมุน (Spindle Motor) และสามารถเก็บข้อมูลได้ทั้ง 2 ด้าน



ภาพที่ 2.2 จานแม่เหล็กในฮาร์ดดิสก์

4 มอเตอร์หมุนแผ่นแม่เหล็ก (Spindle Motor) เป็นตัวควบคุมจานแม่เหล็กให้หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการเพื่อบันทึก หรือแก้ไขข้อมูล ปกติมักมีความเร็วในการหมุนประมาณ 7200 รอบต่อนาที แต่ด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมทำให้ตัวมอเตอร์มาสามารถเพิ่มความเร็วได้มากกว่า 1 หมื่นรอบต่อนาที

5 เคส (Case) หรือตัวกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งเป็นที่บรรจุส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการทำงานของฮาร์ดดิสก์



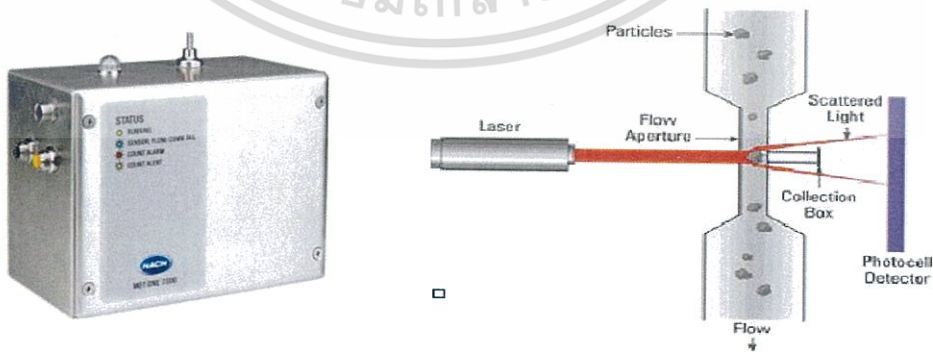
ภาพที่ 2.3 เคสบรรจุอุปกรณ์ต่างๆภายในฮาร์ดดิสก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานเครื่อง RTPAD

2.2.1 Particle counter เครื่องวัดขนาดและนับจำนวนฝุ่น โดยหลักการทำงานของเครื่องวัดอนุภาคจะสามารถตรวจสอบแล้วแยกขนาดของฝุ่นและนับจำนวนได้ ซึ่งในแต่ละเครื่องจะใช้เทคโนโลยีในการตรวจสอบแตกต่างกันออกไป ดังนี้

1. การใช้กล้องจุลทรรศน์ กล้องจุลทรรศน์ เก็บตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง หรือมิดเจ็ต อิมพิงเจอร์ ในกรณีใช้กระดาษกรองต้องนำกระดาษกรองมาวางบนสารละลายที่ทำให้กระดาษกรองโปร่งแสงเพื่อที่เมื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้วจะทำให้สามารถมองเห็นอนุภาคได้ ในกรณีใช้กระดาษ มิดเจ็ต อิมพิงเจอร์ อาจต้องเขย่าอนุภาคให้กระจายตัวด้วยเครื่องอัลตราโซนิค ก่อนวัด
2. การใช้อิเล็กทรอนิกส์ไมโครสโคป อิเล็กทรอนิกส์ไมโครสโคป คือกล้องจุลทรรศน์ชนิดหนึ่งซึ่งมีกำลังขยายสูงกว่ากล้องจุลทรรศน์ธรรมดา มากจึงใช้สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคเพื่อศึกษาโครงสร้างและลักษณะของอนุภาคอย่างละเอียด ในการตรวจวัดต้องวางตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดไว้ในสุญญากาศบนฟิล์มบางๆ ที่มีความหนาแน่นต่ำโดยมีตะแกรงลวดทองแดงหรือสแตนเลสช่วยพยุงฟิล์ม แล้วใช้ลำแสงอิเล็กตรอนส่องผ่านตัวอย่าง ก็จะเห็นอนุภาคได้อย่างละเอียด แต่พื้นที่มองเห็นผ่านกล้องมีขนาดเล็ก มองเห็นอนุภาคเพียงบางส่วน วิเคราะห์ผิดพลาดได้
3. การใช้เครื่องมือที่ใช้แสง เครื่องมือที่ใช้แสง ใช้วิธีส่งลำแสงไปกระทบกับอนุภาคที่ล่องลอยอยู่ในอากาศที่ถูกดูดให้ไหลผ่านเครื่องมือ เมื่อลำแสงกระทบอนุภาค ก็จะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของลำแสงปริมาณการเบี่ยงเบนของลำแสงขึ้นกับจำนวนอนุภาคที่ลำแสงไปกระทบ เหมาะกับวัดจำนวนอนุภาค ไม่เหมาะกับวัดขนาด



ภาพที่ 2.4 เครื่องนับอนุภาคแบบแสงโดยมีเลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การใช้เครื่องมือที่ใช้ประจุไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ประจุไฟฟ้า ใช้วิธีดูดอากาศที่มีอนุภาคแขวนลอยอยู่ให้ไหลผ่านเครื่องมือแล้วให้ประจุไฟฟ้าแก้มลพิษของอากาศ ประจุไฟฟ้าก็จะถูกถ่ายทอดไปยังอนุภาคที่อยู่ในกระแสอากาศ จะมีแผ่นโลหะคู่ตรวจจับ และวัด
5. การใช้เครื่องมือที่ใช้แรงกระทบ เครื่องมือที่ใช้แรงกระทบ เป็นเครื่องมือที่จัดเก็บและตรวจวัดในเครื่องเดียวกัน อนุภาคในกระแสอากาศจะถูกดูดเข้ามาในเครื่องด้วยความเร็วสูง แล้วกระทบกับวัตถุที่ถูกจัดวางขวางกั้นทิศทางการไหล อนุภาคใหญ่จะติด อนุภาคเล็กก็จะไปกระทบอีกชั้นถัดไป
6. การใช้เครื่องมือที่ใช้แรงเหวี่ยงการใช้เครื่องมือที่ใช้แรงเหวี่ยง เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดและเก็บตัวอย่างในเครื่องเดียวกัน ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ไซโคลน (cyclone) อนุภาคในกระแสอากาศจะถูกดูดเข้ามาในกรวยทรงกลม ถูกทำให้หมุนด้วยแรงหนีศูนย์กลางลงสู่ก้นกรวย อนุภาคมีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอนจะหลุดจากกระแสอากาศถูกเหวี่ยงลงสู่ก้นกรวย ส่วนอนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมครอนจะถูกดูดหมุนย้อนมาปากกรวยที่มีกระตาดกรองดักเอาไว้ อนุภาคส่วนนี้จะติดที่กระตาดกรองเมื่อนำไปซึ่งจะทราบปริมาณของอนุภาคดังกล่าว

2.2.2 มอเตอร์แนวราบ (Linear Motor)

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่ง Rotor จะไม่หมุนแต่จะเคลื่อนที่ในแนวราบตามสูตรของแรงที่ใส่เข้าไปมีส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

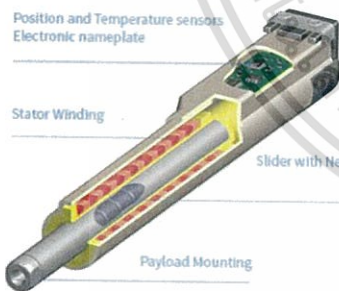
$$F = IL \times B \quad (2.1)$$

F แรงที่กระทำต่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

I กระแสไฟฟ้า

L ระยะทางที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่

B สนามแม่เหล็ก



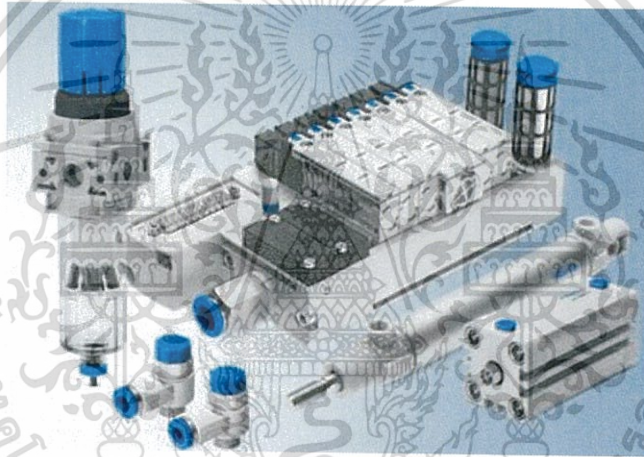
ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของมอเตอร์แนวราบ

ข้อดีของมอเตอร์แนวราบ สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีง่ายๆ และสะดวกต่อการใช้งาน มีการตอบสนองการเคลื่อนที่รวดเร็ว (fast response) มีอัตราเร่งสูง (high acceleration) สามารถสร้างแรงเบรกได้นอกจากนั้นความเร็วยังไม่ขึ้นอยู่กับความฝืดอันเนื่องจากการสัมผัส (contact friction) ไม่จำเป็นต้องใช้โซ่หรือเกียร์ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด backlash ในระบบ ไม่ต้องทำการหล่อลื่น (lubricate) ไม่ต้องบำรุงรักษา (no maintenance) โครงสร้างง่ายมีส่วนที่เคลื่อนที่น้อย ค่าใช้จ่ายต่ำ ใช้งานได้ใช้งานนานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ระบบนิวแมติกส์

หมายถึง ระบบที่ทำงานโดยใช้อากาศเป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เช่น กระบอกลูกสูบ หรือมอเตอร์ลม เป็นต้น โดยในอุตสาหกรรมมีการนำระบบนิวแมติกส์มาใช้อย่างแพร่หลาย ข้อดีของระบบนิวแมติกส์ มีความเร็วในการทำงาน ลมอัดมีความเร็วในการทำงาน ทนต่อการระเบิด เพราะลมไม่ติดไฟ และไม่ระเบิด มีความปลอดภัย เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบนิวแมติกส์ไม่เกิดความเสียหายเมื่อใช้งานเกินกำลัง สามารถปรับความเร็วในระบบได้ง่าย และสะดวกในการติดตั้งการส่งถ่ายลม สามารถส่งไปตามท่อหรือสายลมในระยะทางไกลๆ ได้โดยง่าย ส่วนลมที่ใช้แล้วสามารถปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศได้ทันที โดยไม่ก่อให้เกิดมลพิษ เป็นต้น ข้อเสียของระบบ ลมอัดมีความชื้นและฝุ่นละออง จึงต้องมีอุปกรณ์กรองความชื้นและฝุ่นละอองก่อนนำไปใช้งาน ลมสามารถอัดตัวได้ทำให้ อุปกรณ์เคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 2.6 อุปกรณ์นิวแมติกส์

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ห้องสะอาด

ห้องสะอาด เป็นห้องที่มีระบบระบายอากาศแบบพิเศษ ที่มีการควบคุมปริมาณอนุภาค ฝุ่นละอองและสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ให้มีไม่เกินระดับที่กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังรวมถึงการควบคุมปัจจัยเสริมต่างๆ ได้แก่ คุณลักษณะและความเร็วของลม อุณหภูมิ แรงแดัน และระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอีกด้วย ซึ่งห้องสะอาดนิยมใช้กันในอุตสาหกรรมที่ต้องระมัดระวังเรื่องสิ่งปนเปื้อน เช่น โรงพยาบาล, โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหารและยา, โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนสามารถส่งผลกระทบต่อ และสร้างความเสียหายแก่ชิ้นงาน ชีวิต และทรัพย์สินได้ โดยห้องสะอาดที่ต้องระวังในเรื่องเชื้อโรค เช่น ห้องสะอาดในโรงพยาบาล, โรงงานผลิตเครื่องมือแพทย์, โรงงานยา, โรงงานผลิตอาหาร เรียกว่า BCR (Biological Clean Room) ห้องสะอาดที่ต้องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระวางเรื่องสิ่งปนเปื้อนโดยเฉพาะ เช่น โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า ICR (Industrial Clean Room) โดยทั้งสองแบบ จำเป็นต้องสร้างห้องสะอาดที่รักษาความสะอาดได้ดี



(ก)

(ข)

ภาพที่ 2.7 ห้องสะอาดแบบ Biological Clean Room (ก) , Industrial Clean Room (ข)

1 หลักการของห้องสะอาด

หลักการที่สำคัญของห้องสะอาดมี 4 ประการคือ

1.1 การป้องกันอนุภาคและสิ่งแปลกปลอมจากนอกห้อง

- 1 ใช้ฟิลเตอร์กรองอากาศก่อนเข้าสู่ห้อง
2. รักษาความภายในห้องให้สูงกว่าด้านนอก (Positive pressure)
3. ผ่านการทำความสะอาดร่างกายด้วยฝักบัวอากาศ (Air shower)
4. วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ต้องทำความสะอาดก่อนผ่านเข้าห้องสะอาด

1.2 การป้องกันการสะสมของอนุภาคและมลสารภายในห้อง ซึ่งมีแนวทางดังนี้

1. พื้นผิวห้อง เครื่องจักร และอุปกรณ์ต่างๆ ควรทำด้วยวัสดุและมีรูปทรงที่ทำความสะอาดได้ง่าย

2. พื้นผิวและผนังห้องต้องสะดวกต่อการทำความสะอาด ไม่สะสมฝุ่น
3. การทำความสะอาดห้องต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

1.3 การป้องกันการก่อให้เกิดอนุภาคและมลสารภายในห้อง ซึ่งมีแนวทางดังนี้

1. ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมชุดสำหรับห้องสะอาดเมื่อเข้าไปภายในห้อง
2. ผู้ปฏิบัติงานไม่ควรเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วถ้าไม่จำเป็นขณะปฏิบัติงาน
3. วัสดุของพื้น ผนัง และฝ้าเพดาน ต้องไม่เป็นวัสดุที่ทำให้เกิดอนุภาคและมลสาร
4. วัสดุของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต้องไม่เป็นวัสดุที่ทำให้เกิดอนุภาคและมลสาร

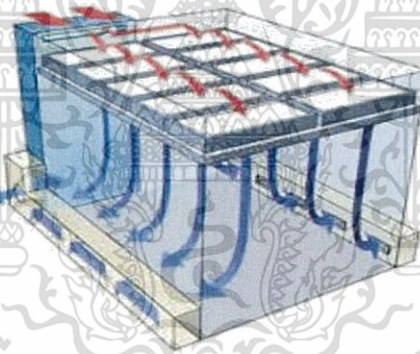
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิดและระดับของห้องสะอาด

2.1 ชนิดของห้องสะอาด แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบ Positive Pressure และ แบบ Negative pressure ซึ่งสามารถตรวจดูว่าเป็นห้องสะอาดแบบใดได้โดยใช้ละอองน้ำดูทิศทางการไหลของกระแสลม เพราะลมจะไหลจากที่ที่มีความดันสูงไปยังความดันต่ำ

2.1.1 ห้องสะอาดแบบ Positive Pressure

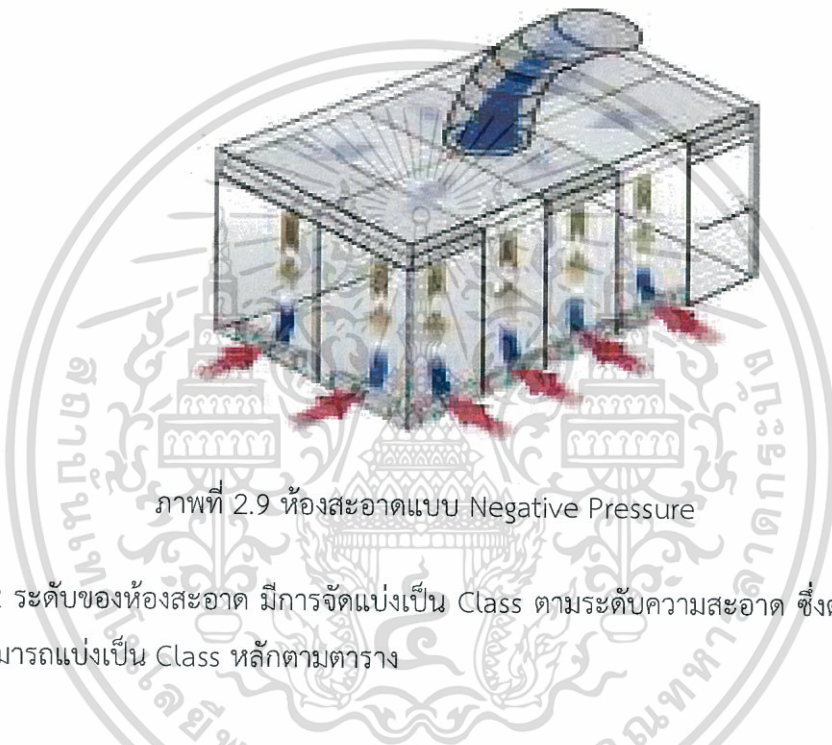
จะใช้ในห้องที่ต้องการป้องกันสิ่งแปลกปลอมเข้า เช่น ในสายงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยป้อนอากาศเข้าไปให้ความดันภายในห้องสูงกว่าภายนอก เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศจากภายนอกไหลเข้ามาในห้อง เพราะอากาศจากภายนอกอาจนำสิ่งปนเปื้อนเข้ามา และห้องสะอาดจะมีระบบให้อากาศพาฝุ่นออกจากห้อง เช่น ทำพื้นเป็นตะแกรง หรือมีช่องสำหรับให้ลมออก เป็นต้น การสร้างห้องเป็น Positive Pressure โดย มีทางเข้าออกที่ปิดมิดชิด ใช้พัดลมเป็นตัวสร้างความดันอากาศ ส่งอากาศเข้าห้องจะได้ความดันห้องมากกว่าความบรรยากาศ และพัดลมเป่า (air shower) ที่ประตูทางเข้าเพื่อดันลมออกไป มีระบบกรองอากาศ เช่น HEPA filter ใช้มาตรการป้องกัน เช่น ไม่ให้เปิดประตูพร้อมกันหลายบาน เป็นต้น



ภาพที่ 2.8 ห้องสะอาดแบบ Positive Pressure

2.1.2 ห้องสะอาดแบบ Negative Pressure

จะใช้กับห้องที่เกี่ยวข้องกับเชื้อโรค หรือสารเคมีอันตรายที่จำเป็นต้องป้องกันไม่ให้แพร่ออกไปภายนอก ซึ่งสร้างความดันภายในห้องต่ำกว่าภายนอก ป้องกันอากาศไหลจากภายในห้องสู่อากาศภายนอก เพื่อความปลอดภัย การสร้างห้องเป็น Negative Pressure โดยให้อากาศที่ระบายออกมากกว่าอากาศที่จ่ายเข้ามาภายในห้อง การเปิดหรือปิดประตูห้อง ประตูทางเดิน หรือหน้าต่าง มีผลต่ออากาศที่ไหล ดังนั้นเมื่อระบบหมุนเวียนอากาศทำงานจึงจำเป็นต้องปิดประตู และหน้าต่าง เพื่อสร้างความดันลบภายในห้องที่ต้องการ



ภาพที่ 2.9 ห้องสะอาดแบบ Negative Pressure

2.2 ระดับของห้องสะอาด มีการจัดแบ่งเป็น Class ตามระดับความสะอาด ซึ่งตามมาตรฐานสามารถแบ่งเป็น Class หลักตามตาราง

ISO 14644-1 cleanroom standards

| Class | maximum particles/m ³ | | | | | | FED STD 209E equivalent |
|-------|----------------------------------|---------|---------|------------|-----------|---------|-------------------------|
| | ≥0.1 μm | ≥0.2 μm | ≥0.3 μm | ≥0.5 μm | ≥1 μm | ≥5 μm | |
| ISO 1 | 10 | 2 | | | | | |
| ISO 2 | 100 | 24 | 10 | 4 | | | |
| ISO 3 | 1,000 | 237 | 102 | 35 | 8 | | Class 1 |
| ISO 4 | 10,000 | 2,370 | 1,020 | 352 | 83 | | Class 10 |
| ISO 5 | 100,000 | 23,700 | 10,200 | 3,520 | 832 | 29 | Class 100 |
| ISO 6 | 1,000,000 | 237,000 | 102,000 | 35,200 | 8,320 | 293 | Class 1000 |
| ISO 7 | | | | 352,000 | 83,200 | 2,930 | Class 10,000 |
| ISO 8 | | | | 3,520,000 | 832,000 | 29,300 | Class 100,000 |
| ISO 9 | | | | 35,200,000 | 8,320,000 | 293,000 | Room air |

ตารางที่ 2.1 ตารางมาตรฐานห้องสะอาด ISO 14644 และ U.S. Federal Standard 209e เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 รูปแบบการไหลของอากาศภายในห้องสะอาด

รูปแบบการไหลของอากาศภายในห้องสะอาดเป็นปัจจัยสำคัญต่อการออกแบบ ห้องสะอาดให้มีมาตรฐานของความสะอาดตามระดับที่ต้องการ ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องสะอาดมี 3 รูปแบบ คือ การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน การไหลของอากาศแบบราบเรียบ ดังนี้

1. การไหลของอากาศแบบปั่นป่วน (Turbulent mixed airflow cleanroom)

ใช้หลักการเจือจางอนุภาคภายในห้อง โดยใช้อากาศสะอาดที่เข้ามาผ่านแผ่นกรอง ทำให้อากาศภายในห้องสะอาดเพิ่มขึ้น ซึ่งอากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนจะถูกดูดผ่านช่องลมกลับและกรองเพื่อเป็นอากาศสะอาดเข้าห้องต่อไป ช่องลมกลับควรติดตั้งในระดับต่ำ รอบๆผนังห้องจะพาดอนุภาคออกจากห้องได้ดีแต่เนื่องจากการไหลแบบปั่นป่วนระดับความสะอาดจะต่ำเมื่อเทียบกับห้องสะอาดที่มีการไหลแบบอื่นๆ โดยมีระดับความสะอาด ISO 6 ถึง ISO 8 หรือมากกว่า



ภาพที่ 2.10 ห้องสะอาดแบบ Turbulent airflow

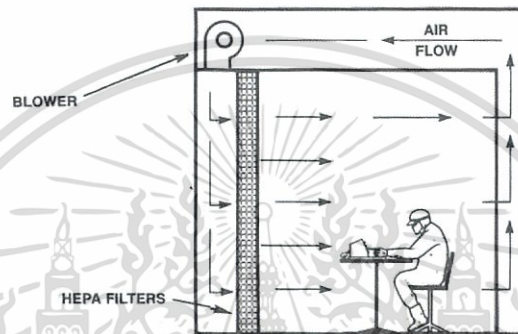
การไหลของอากาศแบบปั่นป่วนมีข้อบกพร่องที่ทำให้ความสะอาดน้อยกว่าแบบอื่นๆ ดังนี้

- 1.1 สิ่งปนเปื้อนส่วนใหญ่จะไปเกาะอยู่ตามพื้นห้องและมีโอกาสลอยขึ้นสู่อากาศได้
- 1.2 การไหลของอากาศที่ไม่สม่ำเสมอ ทำให้อนุภาคออกจากห้องได้รวดเร็วเพียงพอกับอนุภาคที่เกิดขึ้นภายในห้อง
- 1.3 ผู้ปฏิบัติงานภายใต้อากาศแบบปั่นป่วนเป็นต้นเหตุให้สิ่งปนเปื้อนจากชุดและร่างกายถูกปล่อยมาสู่ห้องได้
- 1.4 การไหลเป็นแบบปั่นป่วนทำให้ความสะอาดในแต่ละบริเวณไม่เท่ากัน

2. การไหลของอากาศแบบราบเรียบ (Laminar airflow cleanroom)

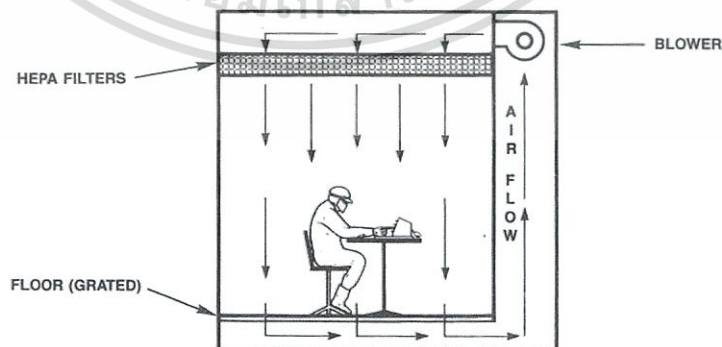
เป็นลักษณะการไหลของอากาศแบบราบเรียบ โดยอากาศที่ผ่านแผ่นกรองจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ขนานกันในแนวระดับ หรือแนวตั้ง ความสะอาดของห้องจะอยู่ในระดับ ISO 5 ถึง ISO 7

2.1 การไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวระดับ (Horizontal laminar airflow) ลักษณะของห้อง อากาศสะอาดผ่านแผ่นกรองทางผนังด้านหนึ่งของห้อง และมีผนังด้านตรงข้ามเป็นช่องลมกลับ การวางผังห้อง การทำงานที่ต้องการความสะอาดมากให้ปฏิบัติงานอยู่ใกล้กับ ผนังด้านที่อากาศผ่านแผ่นกรอง และงานที่ไม่ต้องการความสะอาดมากให้ปฏิบัติงานบริเวณช่องลมกลับ โดยโต๊ะทำงานที่อยู่ใกล้ผนังด้านแผ่นกรองต้องมีขนาดเล็ก เพื่อให้อากาศพาอนุภาคไหลผ่านไปยังช่องลมกลับได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



ภาพที่ 2.11 การไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวระดับ

2.2 การไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวตั้ง (Vertical laminar airflow) ลักษณะของห้อง เพดานเกือบทั้งหมดจะประกอบไปด้วยตัวกรองอากาศ และพื้นห้องถูกยกสูงเป็นช่องลมกลับ โดยอนุภาคที่เกิดขึ้นภายในห้องจะถูกพาลงพื้นห้องอย่างรวดเร็ว ทำให้ห้องสะอาดในลักษณะนี้มีระดับความสะอาดมากที่สุด



ภาพที่ 2.12 การไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 อุปกรณ์สำหรับห้องสะอาด

ห้องสะอาดจำเป็นต้องระวังความสะอาดมากเป็นพิเศษ จึงได้กำหนดให้พนักงานสวมชุดคลีนรูม, สวมหมวกคลุม, สวมถุงมือ, สวมหน้ากาก ปกปิดร่างกายให้มิดชิด เพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อนจากตัวพนักงานตกลงไปยังชิ้นงาน ซึ่งอาจเป็นต้นเหตุให้ชิ้นงานเสียหายได้ รวมถึงการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่ก่อให้เกิดฝุ่น เช่น กระจา, สมุดโน้ตหรือกระดาษ แบบไม่สร้างฝุ่น เป็นต้น การทำความสะอาดจะใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดสำหรับห้องสะอาดโดยเฉพาะ เช่น เครื่องดูดฝุ่นสำหรับห้องสะอาด, ผ้าเช็ดแบบไม่สร้างฝุ่น, ลูกกลิ้งแบบไม่สร้างฝุ่น เป็นต้น และ จะมีการติดตั้ง แอร์ ชาวเวอร์(Air Shower) ไว้ที่ทางเข้าห้องสะอาด เพื่อเป่าฝุ่นออกจากตัวคนก่อนที่จะเข้าห้อง ลดฝุ่นที่จะติดตัวคนเข้า

4.1 ชุดคลีนรูม

ชุดที่ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นจากในตัวคนออกมาสู่ห้องสะอาดได้ใช้ในสายงานที่ต้องระวังเรื่องสิ่งปนเปื้อนเป็นอย่างมาก จึงพยายามให้มีรอยต่อน้อยที่สุด เพราะสิ่งปนเปื้อนอาจออกมาตามรอยต่อได้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีโอกาสที่สิ่งปนเปื้อนเป็นที่มีอนุภาคขนาดเล็กสามารถออกมาตามช่องทางต่างๆ ได้ ดังนั้นผู้เข้าห้องสะอาด ต้องสวมชุดคลีนรูมให้เรียบร้อย ปกปิดผิวหนังให้

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



ภาพที่ 2.13 ชุดคลีนรูม

2. รองเท้าคลีนรูม (Clean room Shoe) คือ รองเท้าที่ทำจากผ้าแบบเดียวกับชุดคลีนรูม คุณสมบัติไม่สร้างฝุ่น และส่งปนเปื้อนที่มาติดจะหลุดออกได้ง่าย สามารถช่วยป้องกันฝุ่นออกมาจากปลายขาทางเก่งได้ รองเท้าคลีนรูมยังมีแบบรองเท้า Safety และมีหัวแข็ง เพื่อป้องกันการกระแทกที่ปลายเท้าด้วย ลักษณะรองเท้าคลีนรูมจะยาวถึงเข่า และต้องทำความสะอาดอยู่เสมอ จะมีอายุการใช้งาน จึงควรตรวจเช็คสภาพอยู่เสมอ และเปลี่ยนใหม่เมื่อถึงเวลา



ภาพที่ 2.14 รองเท้าคลีนรูม

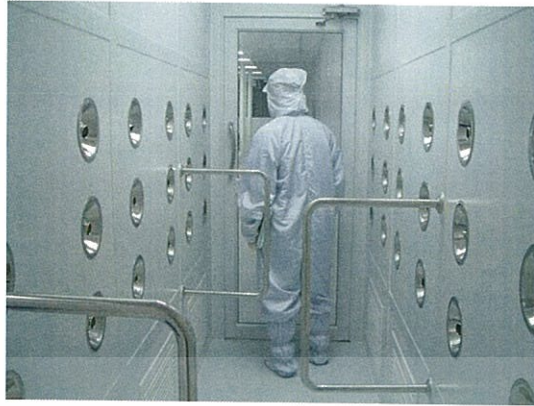
3. ถุงมือคลีนรูม (Cleanroom Gloves) คือ ควรเปลี่ยนใหม่ทุกครั้งที่มีการพัก และทำความสะอาดอยู่เสมอ ถุงมือที่นิยมใช้มี 2 ชนิด เพราะไม่ก่อให้เกิดฝุ่น ได้แก่

- ถุงมือยางลาเท็กซ์ (Latex Glove) เป็นถุงมือที่ผลิตจากยางธรรมชาติพอดิมือ นิยมใช้ทางการแพทย์ แต่มีข้อเสียคือผู้ใช้อาจเกิดการแพ้ได้

- ถุงมือยางไนไตร (Nitr Glove) เป็นถุงมืออย่างสังเคราะห์ แข็งแรงทนทานกว่าถุงมือยางธรรมชาติ ทนต่อสารเคมีได้หลายชนิด และไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ แต่มีข้อเสียคือ ราคาแพงกว่าถุงมือยางธรรมชาติ และเนื่องจากมีความทนทานมากกว่า

4.2 ฝักบัวอากาศ (Air Shower)

เป็นตู้เป่าลมสะอาด ที่ติดตั้งอยู่ในห้องแอร์ ชาวเวอร์ ซึ่งตั้งอยู่ตรงทางเข้าห้องสะอาด มีช่องเป่าลม 2 ข้าง ดูดฝุ่นออกที่ผนัง 2 ข้าง สำหรับใช้เป่าฝุ่นให้หลุดออกจากตัวคนก่อนที่จะเข้าห้อง เพื่อลดสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่บริเวณชุดก่อนเข้าห้องสะอาด เมื่อเข้าไปห้องแอร์ ชาวเวอร์ จะเป็นระบบ Inter Lock คือ ระบบล็อก อัตโนมัติ หากประตูฝั่งหนึ่งเปิดอยู่ ประตูอีกฝั่งจะไม่สามารถเปิดออกได้ ทั้งนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้ประตู 2 ฝั่งเปิดออกพร้อมกัน ซึ่งอาจเป็นเหตุให้อากาศจากภายนอกพาส่งปนเปื้อนเข้าไปในห้องสะอาด

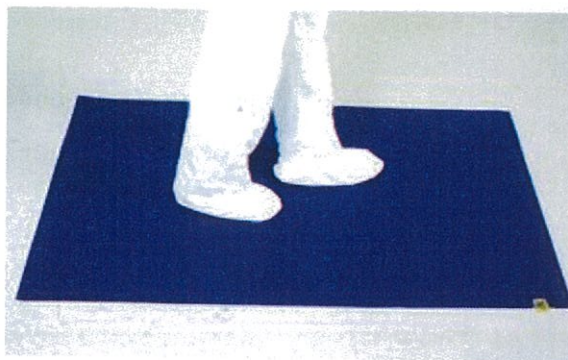


ภาพที่ 2.15 ลักษณะภายในแอร์ ชาวเวอร์

การทำงานของห้องแอร์ ชาวเวอร์ คือ จะเป่าลมออกมาด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน กำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่ จากนั้นอากาศจะรวมสิ่งปนเปื้อนดูดกลับเข้าไปในตัว ผ่าน HEPA filter กรองเอาฝุ่นออก ให้ลมกลายเป็นลมสะอาด แล้วถูกเป่าออกมาอีกครั้ง หมุนเวียนไปเรื่อยๆ ซึ่งในห้องแอร์ ชาวเวอร์ ส่วนใหญ่ จะมีช่องสำหรับดูดสิ่งปนเปื้อนอยู่บนผนังใต้ Nozzle (กระบอกเป่าลม) อย่างไรก็ตามแรงดูดที่ไม่มากพอจะไม่สามารถดูดสิ่งปนเปื้อนกลับมาได้หมด ทำให้สิ่งปนเปื้อนบางส่วนตกอยู่บนพื้นของห้องแอร์ ชาวเวอร์ จึงควรเช็ดทำความสะอาดห้องแอร์ ชาวเวอร์ อย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันฝุ่นเข้าห้องสะอาด

4.3 แผ่นกาวดักฝุ่นที่รองเท้า (Sticky Mat)

เป็นอุปกรณ์สำคัญในการลดฝุ่นในห้องสะอาด การติดแผ่นดักฝุ่นบนพื้นในห้องสะอาด สามารถช่วยดักฝุ่นที่ปลิวตกลงพื้นไม่ให้ปลิวฟุ้งขึ้นมาได้ ช่วยทำความสะอาดพื้นได้รองเท้าได้ระดับหนึ่ง จึงต้องเปลี่ยนแผ่นดักฝุ่นติดพื้น หากไม่มีแผ่นดักฝุ่นสิ่งปนเปื้อนต่างๆอาจลอยฟุ้งขึ้นมากระจายไปติดชิ้นงาน หรือตามที่ต่างๆในห้องสะอาดได้ ตรงทางออกจากห้องแอร์ชาวเวอร์ เป็นอีกจุดหนึ่งที่ต้องติดแผ่นดักฝุ่นติดพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาพที่ 2.16 แผ่นกาวดักฝุ่นที่รองเท้า อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผ้าเช็ดชิ้นงาน (Clean Wiper)

เป็นอุปกรณ์สำคัญในการทำความสะอาดชิ้นงานและบริเวณต่างๆในห้องสะอาดในการเลือกผ้าเช็ดชิ้นงาน ต้องใช้ผ้าที่มีความเหนียวและนุ่ม เพื่อไม่ให้ขีดขูดกับชิ้นงาน มีเส้นใยผ้าที่ยึดกันแข็งแรง เพื่อลดสิ่งปนเปื้อนเช่น เศษขนผ้า นอกจากนี้เพื่อให้การทำความสะอาดมีประสิทธิภาพมากขึ้น เราสามารถชุบน้ำยาทำความสะอาดได้ แต่ต้องมีการตรวจสอบน้ำยาก่อนด้วยว่าน้ำยาที่เราใช้มีผลกระทบต่อชิ้นงานและสิ่งที่เราจะทำความสะอาดหรือไม่ ในการใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดมีเรื่องต้องระวังหลายเรื่อง เช่น เวลาเช็ดต้องใช้ผ้าใหม่เสมอเพราะสิ่งปนเปื้อนจากผ้าที่ใช้แล้วจะกลับมาเลอะซ้ำได้ และผู้เช็ดต้องลงแรงให้สม่ำเสมอทั่วทั้งผ้า เพื่อให้สะอาดทั่วทุกบริเวณ



ภาพที่ 2.17 ผ้าเช็ดชิ้นงาน

4.5 โต๊ะทำงานสะอาด (Clean Bench) คือ

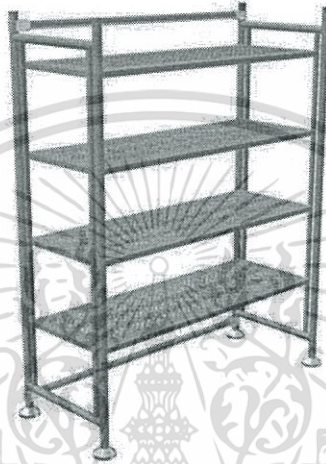
เป็นโต๊ะที่ใช้วัสดุที่สามารถป้องกันสิ่งปนเปื้อนในอากาศได้มากที่สุด ป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต(ESD) หรือทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม และมีการควบคุมดูแลบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ สร้างให้มีพื้นที่ฐานรองรับน้อยสุด ไม่ควรมีมุมเพื่อลดการเสียดสีและเป็นแหล่งรวมสิ่งปนเปื้อน ไม่ควรมีลิ้นชัก และง่ายต่อการทำความสะอาด นอกจากนี้โต๊ะทำงานในห้องสะอาด สามารถหมุนเวียนอากาศได้ด้วยตัวเอง โดยอาจจะมีการระบายให้ลมสามารถไหลผ่านจากบนลงล่างแบบราบเรียบได้ ไม่เก็บอนุภาคนิวเคลียสและความชื้น

4.6 เก้าอี้ทำงานสะอาด (Clean Chair)

มีลักษณะเหมือนเก้าอี้ใช้งานทั่วไปแต่ทำจากวัสดุที่ป้องกันสิ่งปนเปื้อน และป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ หรืออาจทำจากโฟมหุ้มไวนิล ขึ้นอยู่กับการใช้งาน มีที่พนักเก้าอี้สามารถปรับระดับความสูงต่ำได้ ขาและโครงควรทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ชุบโครเมียมหรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีความแข็งแรงและป้องกันสิ่งปนเปื้อนได้

4.7 ชั้นวางของ (Shelf)

มีลักษณะเป็นตะแกรง หรือมีรูระบาย มีพื้นผิวน้อย แบนง่ายต่อการทำความสะอาด ผลิตจากวัสดุที่ป้องกันสิ่งปนเปื้อนและไฟฟ้าสถิต หรือเหล็กกล้าไร้สนิม อาจเป็นแบบอยู่นิ่งกับที่หรือแบบมีล้อเพื่อ่ายต่อการใช้งานและขนย้าย ควรมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากการเคลื่อนที่อยู่บ่อยจึงมีโอกาสทำให้เกิดการกระแทก เสียดสี หรือชำรุดได้



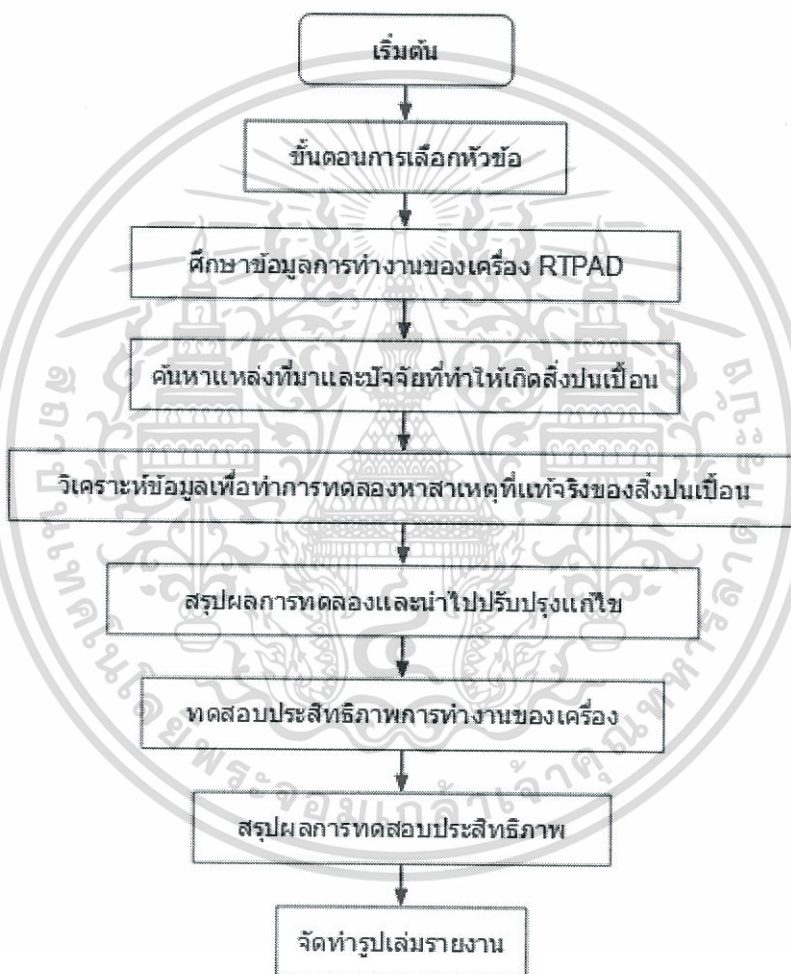
ภาพที่ 2.18 ชั้นวางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

เนื้อหาในบทนี้จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินงานในการวิจัย โดยจะนำหลักทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบการ ดำเนินงานเพื่อใช้ในการออกแบบและปรับปรุงการทดลอง ให้ถูกต้องและเหมาะสมมากที่สุด โดยมีแผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัยดังภาพ



ภาพที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

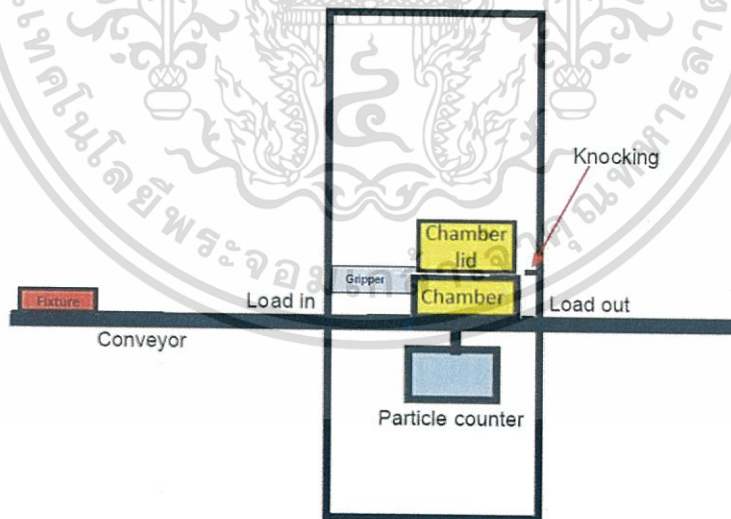
3.1 ขั้นตอนการเลือกปัญหา

สิ่งปนเปื้อนเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากในปัจจุบัน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก สิ่งปนเปื้อนจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อ ประสิทธิภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอย่างมาก ทำให้ผู้ผลิตมีการตรวจสอบเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ สำหรับผู้บริโภค ซึ่งชุดหัวเขียน-หัวอ่าน (Head stack assembly) เป็นชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อ ฮาร์ดดิสก์จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการตรวจสอบสิ่งปนเปื้อนที่อาจส่งผลกระทบต่อหัวอ่าน-หัวเขียน ด้วยเครื่อง RTPAD (Real time particle audit device) แต่เนื่องจากตัวเครื่องไม่สามารถวัด อนุภาคจากตัวงานได้โดยตรง จึงต้องมีฟิกเจอร์ (Fixture) เป็นตัวจับชิ้นงาน และวัดงานตาม กระบวนการ ซึ่งในขั้นตอนบางอย่าง เป็นสาเหตุทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อน ที่ไม่ได้มาจากตัวงานโดยตรง ทำให้ต้องมีการศึกษาตรวจสอบเพื่อค้นหาปัจจัยการเกิดและหาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถ ตรวจวัดจำนวนอนุภาคในชุดหัวอ่าน-หัวเขียนได้อย่างถูกต้อง ลดความผิดพลาดจากกระบวนการ ตรวจสอบเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบชิ้นงานให้ได้มากที่สุด

3.2 ขั้นตอนการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 ศึกษาส่วนประกอบเครื่อง RTPAD

เครื่อง RTPAD เป็นเครื่องวัดอนุภาคที่ใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์ชุดหัวอ่าน-หัวเขียนโดยภายใน เครื่องจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 6 ส่วน



ภาพที่ 3.2 แผนผังเครื่อง RTPAD

1. ล้อลำเลียง (Conveyor) เป็นล้อลูกกลิ้งใช้ในการลำเลียงฟิกเจอร์ (Fixture) จากบริเวณทางเข้า (Load in) ไปยังทางออก (Load out)

2. กริปเปอร์ (Gripper) เป็นแขนกลใช้จับฟิกเจอร์จากล้อลำเลียงมายังแชมเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.แชมเบอร์(Chamber)ทำหน้าที่จำกัดระบบในการวัดอนุภาคให้อยู่ในพื้นที่ที่กำหนดเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการวัดที่ดีที่สุด

4.เครื่องวัดอนุภาค(Particle counter)เป็นเครื่องมือที่ต่ออยู่กับแชมเบอร์ทำหน้าที่ดูตาคาศในแชมเบอร์เข้าไปวัดขนาดและจำนวนอนุภาคที่ติดอยู่กับตัวงาน

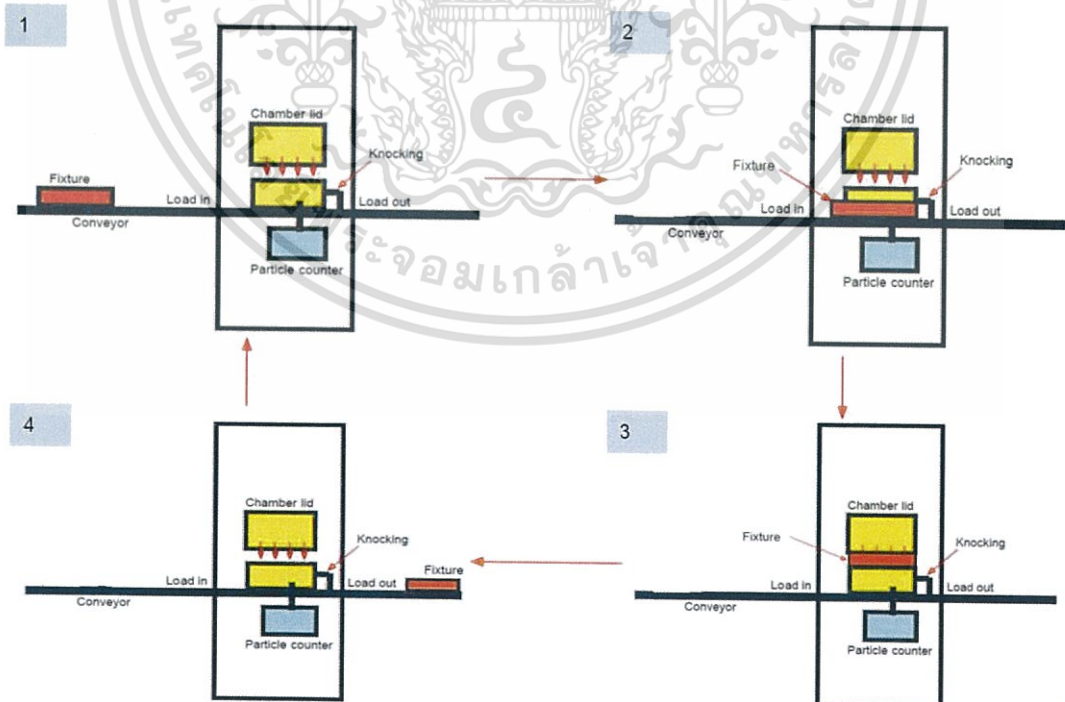
5.หัวเคาะ(Knocking) ทำหน้าที่เคาะฟีกเจอร์เพื่อให้ฝุ่นหลุดออกจากตัวงาน ซึ่งหัวเคาะทำงานได้ด้วยมอเตอร์แนวราบ(linear motor)

6.ฟีกเจอร์(Fixture) เป็นอุปกรณ์บรรจุชิ้นงานเนื่องจากตัวงานไม่สามารถเคลื่อนที่บนล้อลำเลียงเพื่อไปวัดที่แชมเบอร์ได้

3.2.2 ศึกษาการทำงานของเครื่อง RTPAD

การทำงานของเครื่อง RTPAD มี 2 ลักษณะคือ

1.แบบอัตโนมัติ (Auto) ในโหมดการทำงานนี้เครื่องจะทำตามขั้นตอนที่กำหนดไว้แบบอัตโนมัติ ซึ่งผู้ทำงานจะวางฟีกเจอร์บริเวณล้อลำเลียงทางเข้า(Load in) หลังจากนั้นฟีกเจอร์จะไหลเข้าไประหว่างกริปเปอร์ โดยกริปเปอร์จะหนีบฟีกเจอร์ ไปที่แชมเบอร์และทำการวัดค่าอนุภาค เมื่อเสร็จจากกระบวนการ กริปเปอร์จับฟีกเจอร์มาที่ล้อลำเลียง และไหลออกด้านล้อลำเลียงทางออก(Load out) ผู้ทำงานนำ ฟีกเจอร์ไปใส่งานและ วางฟีกเจอร์บริเวณล้อลำเลียงทางเข้า โดยทำซ้ำทุกขั้นตอน



ภาพที่ 3.3 กระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.แบบตามสั่ง (Manual) โหมดการทำงานนี้สามารถสั่งการทำงานชิ้นส่วนได้ทุกชิ้นตามที่ต้องการซึ่งนิยมใช้ในการทำการทดลอง เนื่องจากสามารถแยกส่วนการทำงานของแต่ละช่วงกระบวนการได้

3.2.3 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

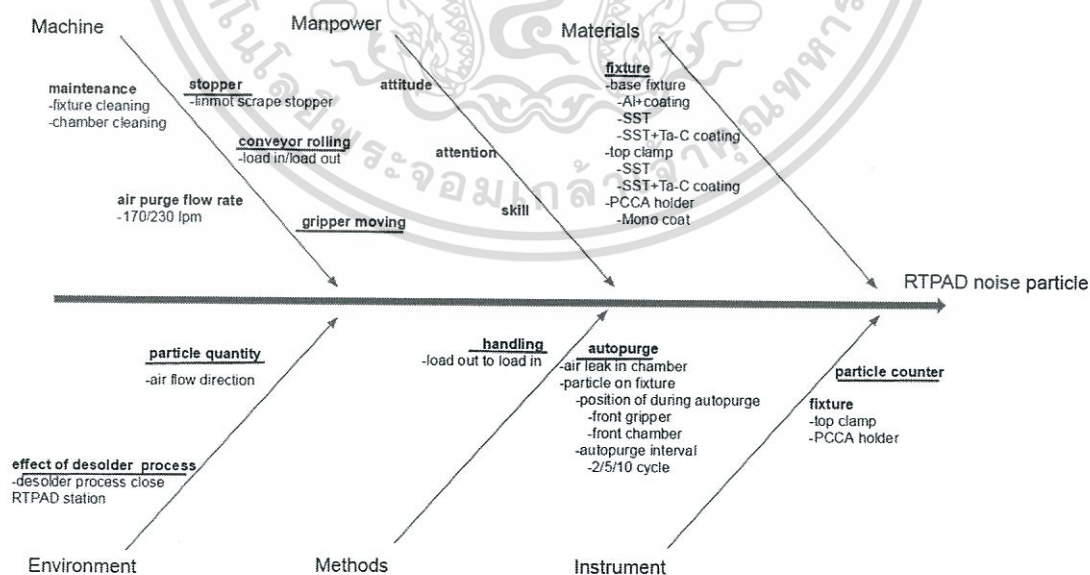
1.ห้องสะอาด

เนื่องจากเครื่อง RTPAD เป็นเครื่องวัดอนุภาคที่วัดจากตัวงาน สิ่งแวดล้อมบริเวณที่มีการทำงานจึงจำเป็นต้องมีความสะอาด เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการวัดมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยความสะอาดของสิ่งแวดล้อมจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการทำงานของระบบห้องสะอาด และพฤติกรรมการทำงานที่เกิดขึ้นรอบบริเวณ ทั้งจากผูปฏิบัติงาน และเครื่องจักร ดังนั้นการให้ความสำคัญกับการศึกษาระบบห้องสะอาด จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้การปรับปรุงแก้ไข มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.3 ขั้นตอนการวัด

3.3.1 แผนภูมิแก๊งปลา (Fish bone diagram)

ค้นหาปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนที่ทำให้จำนวนอนุภาคที่วัดได้จากชุดหัวเขียน-หัวอ่าน (Head stack assembly) มีความคลาดเคลื่อน สามารถวิเคราะห์หาปัจจัยเบื้องต้นของการเกิด สิ่งปนเปื้อนได้โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา ดังภาพ



ภาพที่ 3.4 แผนภูมิแก๊งปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของปัญหา (Cause and effect diagram)

จากการพิจารณาความสัมพันธ์จากแผนภูมิแก๊งปลาเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และหาสาเหตุของปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนที่แท้จริงโดยสามารถพิจารณา จากหลักการดังนี้

3.3.2.1 เกณฑ์การตัดสินใจจากข้อมูลที่มี

พิจารณาเลือกเรื่องที่สำคัญเพื่อนำมา ทำการทดลองและปรับปรุงแก้ไข พบว่ามีปัจจัยที่ก่อให้เกิดสิ่งปนเปื้อน จึงสามารถสรุปสิ่งที่ต้องนำไปทดลองได้ ดังนี้

1. กระบวนการทำงาน (Methods)

- สิ่งปนเปื้อนจากการหยิบจับชิ้นงาน

- การทำความสะอาดแชมเบอร์ ปิดไม่สมบูรณ์ทำให้มีลมบางส่วนออกจากบริเวณ

2. สิ่งแวดล้อม (Environment)

- การไหลของอากาศพัดพาสิ่งปนเปื้อนเข้ามาในบริเวณการทำงาน

- ในบริเวณเครื่อง RTPAD มีการทำงานจากสถานีงานอื่นที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อน

3. จากตัวเครื่อง (Machine)

- กริปเปอร์ (Gripper) ยกขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา

- การเสียดสีของสตอปเปอร์ กับ หัวเคาะ จะทำให้เกิดอนุภาคเศษโลหะ

- ลูกกลิ้ง (Roller) มีคราบสีดำ และมีฝุ่นเกาะ

4. วัสดุของอุปกรณ์ (Materials)

- ฟิกเจอร์และส่วนประกอบภายในฟิกเจอร์ทำจากโลหะที่ผิวมีโอกาสหลุดได้

5. อุปกรณ์การทำงาน (Instrument)

- เครื่องวัดอนุภาคในเครื่อง RTPAD วัดจำนวนอนุภาคคลาดเคลื่อน

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze phase)

ตั้งสมมติฐานและทดสอบสมมติฐาน เพื่อค้นหาปัจจัย และตัวแปรต่างๆจากขั้นตอนการวัด

3.4.1 ตั้งสมมติฐานการทดลอง

การตั้งสมมติฐานเพื่อหาแหล่งที่มา และปัจจัยที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อน

| ลำดับการทดลอง | การทดลอง |
|---------------|---|
| การทดลองที่ 1 | 1.การสัมผัสฟีกเจอร์ ทำให้อนุภาคตกลงในบริเวณงาน 2.การทำความสะอาดแชมเบอร์แบบอัตโนมัติทำให้อนุภาคฟุ้งกระจายไปที่ตัวงาน เนื่องจากแชมเบอร์ปิดไม่สนิท |
| การทดลองที่ 2 | 1.การไหลของอากาศนำพาสิ่งปนเปื้อนเข้ามาในบริเวณการทำงาน 2.อนุภาคที่เกิดจากสถานี การทำงานอื่น |
| การทดลองที่ 3 | 1.กริปเปอร์ มีการเคลื่อนที่ทำให้เกิดอนุภาค 2.สตอปเปอร์ เกิดการชน ทำให้เกิดอนุภาคเศษโลหะบริเวณโดยรอบ 3.ลูกกลิ้ง มีการสึกหรอ มีคราบสีดำ และมีฝุ่นเกาะ |
| การทดลองที่ 4 | 1.ฟีกเจอร์ ที่ไม่ได้เคลือบที่ท็อปแคลมป์ (Top clamp) |
| การทดลองที่ 5 | 1.เครื่องวัดอนุภาคของเครื่อง RTPAD วัดจำนวนอนุภาคคลาดเคลื่อน |

3.5 ขั้นตอนการทดลอง

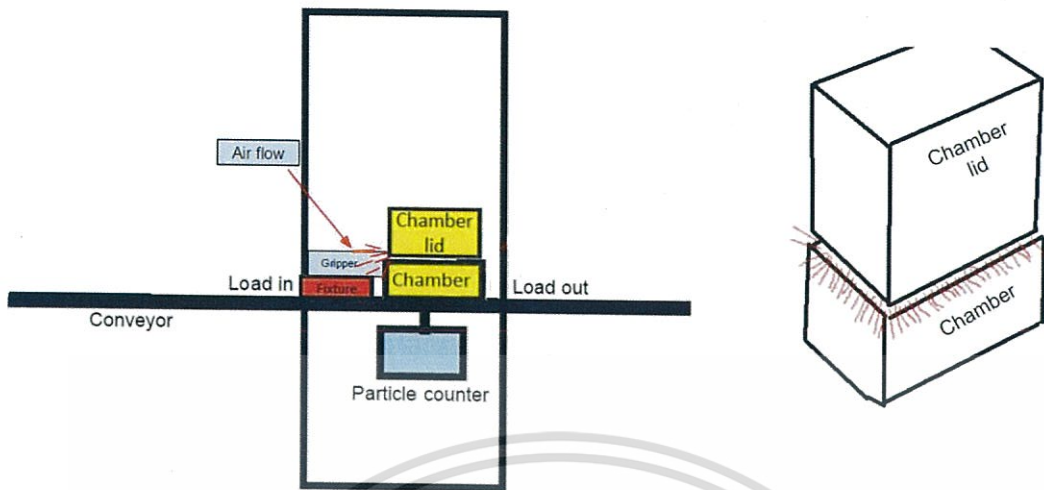
การทดลองที่ 1 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากขั้นตอนในกระบวนการทำงานของเครื่อง RTPAD

(1.1) ขั้นตอนที่ต้องสัมผัสกับฟีกเจอร์โดยตรงจะทำให้ สิ่งปนเปื้อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องลดพื้นที่ในการสัมผัส เพื่อลดการเกิดของสิ่งปนเปื้อนที่อาจจะมีผลต่อค่าของฝุ่นที่เครื่องวัดได้ การทดลองเพื่อเปรียบเทียบ ก่อนหลังการเปลี่ยนแปลงลักษณะการจับฟีกเจอร์

วิธีการทดลอง

- 1.วางฟีกเจอร์บริเวณทางเข้า (Load in) 30 วินาที
- 2.ใช้มือหยิบฟีกเจอร์จากล้อลำเลียงทางเข้าแล้วนำไปวัดด้วย RTPAD
- 3.นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์
- 4.สรุปผลการทดลอง

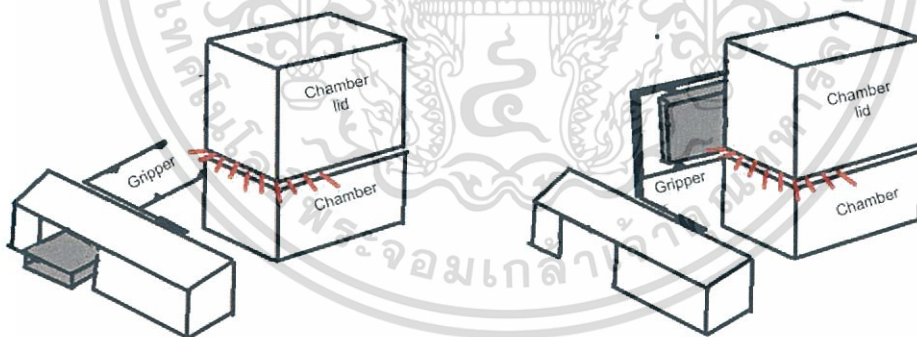
(1.2) ขั้นตอนการทำความสะอาดแชมเบอร์ระบบปิดไม่สมบูรณ์ ทำให้มีลมออกด้านข้าง ซึ่งการทดลองเพื่อตรวจสอบผลกระทบที่มีต่อฟีกเจอร์ มีวิธีการทดลองดังนี้



ภาพที่ 3.5 ลักษณะทิศทางการไหลในขณะทำความสะอาดแชมเบอร์

วิธีการทดลอง

1. ในระหว่างการทำงานของเครื่อง จะมีการตั้งค่าเพื่อกำหนดช่วงเวลาในการทำความสะอาดแชมเบอร์ แบบอัตโนมัติ โดยการทดลองเป็นการเปรียบเทียบบริเวณที่ฟีกเจอร์ รอในขณะที่ทำความสะอาดแชมเบอร์ซึ่งมี 2 บริเวณ และกำหนดช่วงในการทำความสะอาดของแต่ละบริเวณ 3 ช่วง คือทำความสะอาดทุกๆ 2 ครั้ง, 5 ครั้ง, 10 ครั้ง



(ก)

(ข)

ภาพที่ 3.6 ฟีกเจอร์รอบบริเวณด้านหน้า กริปเปอร์(ก) ฟีกเจอร์รอบบริเวณด้านหน้าแชมเบอร์(ข)

2. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ตามกระบวนการ เพื่อเปรียบเทียบบริเวณที่เหมาะสมหรือผลกระทบของลมที่เกิดกับฟีกเจอร์ ว่าเป็นไปตามสมมติฐานหรือไม่

3. สรุปผลการทดลอง

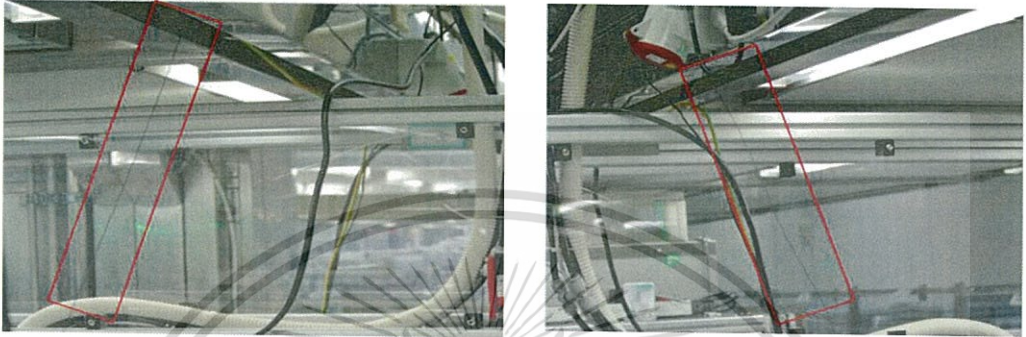
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

(2.1) การไหลของอากาศที่ผิดปกตินำพาสิ่งปนเปื้อนมายังบริเวณการทำงาน

วิธีการทดลอง

1. นำด้ายมาติดบริเวณที่ต้องการวัดทิศทางของอากาศ ดังภาพ



ภาพที่ 3.7 บริเวณที่ติดด้ายขอบลามินาร์

2. เก็บข้อมูลจากการถ่ายภาพ และนำมาวิเคราะห์ลักษณะของด้าย เพื่อดูการไหลของอากาศว่าเป็นไปตามสเปคของลามินาร์ หรือไม่

3. สรุปผลการทดลอง

(2.2) สถานีการทำงานบริเวณเครื่อง RTPAD ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อน และพัดมายังพื้นที่การทำงานของเครื่อง RTPAD ทำให้ฟลักเจอร์มีสิ่งปนเปื้อน

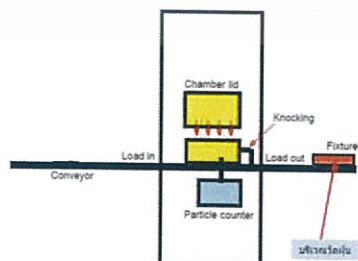
วิธีการทดลอง

1. วางฟลักเจอร์ไว้บริเวณที่ลูกกลิ้งบริเวณทางเข้างานและทางออก (Load out)

ใช้เครื่องวัดอนุภาคในอากาศวัดอากาศทั้งสองบริเวณ ในขณะที่สถานีอื่นกำลังทำงานอยู่



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3.8 เครื่องวัดอนุภาค(ก) บริเวณวัดอนุภาคบนฟลักเจอร์ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในแต่ละครั้งจะวัดฝุ่นด้วยเครื่องวัดอนุภาค 60 วินาที หลังจากนั้นนำฟิกเจอร์ ไปวัดด้วยเครื่อง RTPAD

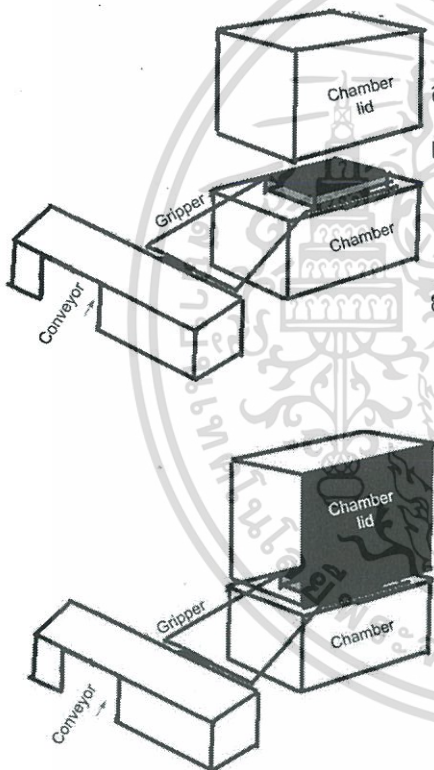
3. นำข้อมูลของเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ และ RTPAD มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่น ในอากาศว่ามีความสอดคล้องของค่าที่วัดได้หรือไม่

4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 3 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากตัวเครื่อง

(3.1) ในขั้นตอนการทำงานของเครื่องกริปเปอร์ จะจับชิ้นงานจากสายพานลำเลียง มาที่แชมเบอร์ บริเวณที่มีการเคลื่อนที่ของกริปเปอร์ มีโอกาสเกิดสิ่งปนเปื้อน

วิธีการทดลอง



1. ใช้คำสั่งให้กริปเปอร์เคลื่อนที่จากสายพานลำเลียง มาที่แชมเบอร์ จากนั้นวางฟิกเจอร์ ลงบนแชมเบอร์ และสั่งให้กริปเปอร์ จับ ฟิกเจอร์

2. ให้กริปเปอร์ เคลื่อนที่ขึ้นลงจากแชมเบอร์ ไปยัง สายพานลำเลียง กลับไปมา 2 ครั้ง

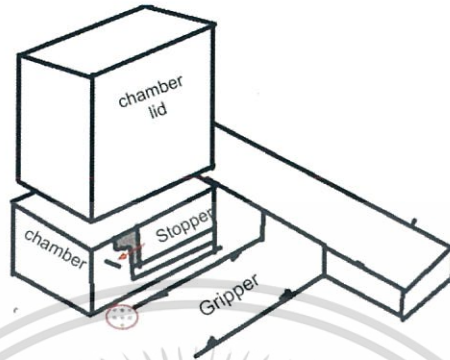
3. วัดจำนวนฝุ่นด้วยเครื่อง RTPAD เพื่อตรวจสอบ ในส่วนของขั้นตอนที่ใช้งาน กริปเปอร์ เพียงส่วนเดียว

4. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์

5. สรุปผลการทดลอง

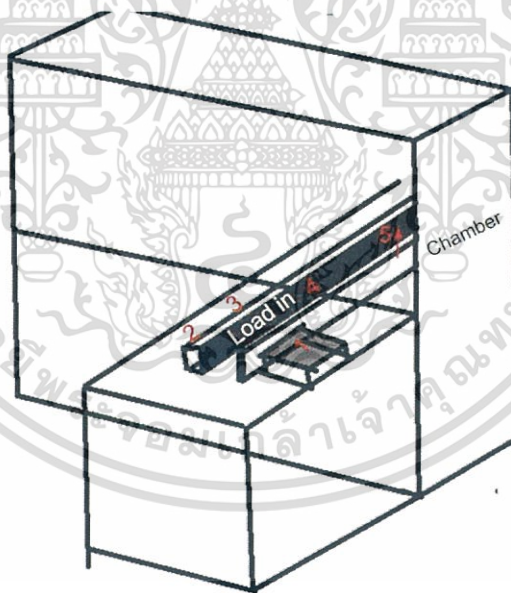
(3.2) สตอปเปอร์ เกิดการชนและเสียดสีกับมอเตอร์แนวราบทำให้เกิดเศษโลหะ
วิธีการทดลอง

1. ใช้ผ้าเช็ดทำความสะอาดบริเวณสตอปเปอร์ ที่พบเศษโลหะ



ภาพที่ 3.9 บริเวณที่พบเศษโลหะ

2. วัดจำนวนฝุ่นบริเวณ สตอปเปอร์ และบริเวณที่ พิกเจอร์ ต้องเคลื่อนที่ผ่านในขณะที่สตอปเปอร์ทำงาน



ภาพที่ 3.10 ตำแหน่งในการวัดจำนวนอนุภาค

3. นำข้อมูลที่ได้อ้อมาวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบบริเวณที่ฝุ่นจากสตอปเปอร์ส่งผลกระทบต่อ

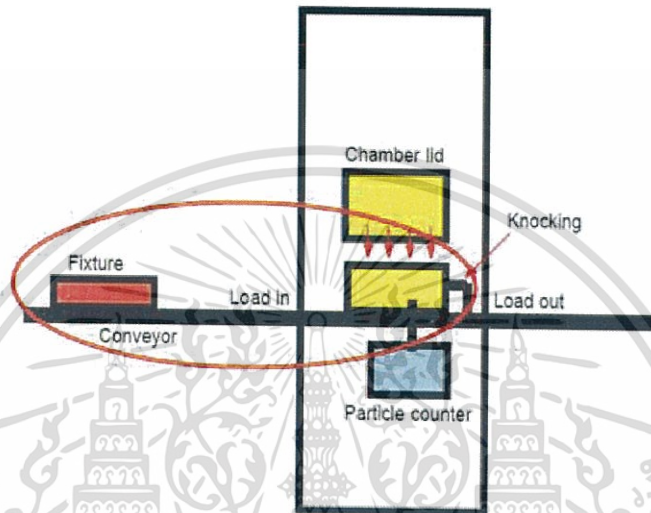
4. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3.3) ลูกกลิ้ง มีคราบสีดำ และมีอนุภาคบริเวณล้อ

วิธีการทดลอง

1. วัดจำนวนอนุภาคบริเวณลูกกลิ้งในขณะที่ทำงาน ด้วยเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ
2. วัดอนุภาคที่ฟุ้งเจอรด้วยเครื่องRTPAD โดยจำกัดช่วงการทำงานเฉพาะบริเวณโหลดงานเข้า (Load in) ถึงแชมเบอร์



ภาพที่ 3.11 แผนผังเครื่องช่วงบริเวณโหลดงานเข้า ถึงแชมเบอร์

3.ทำความสะอาดลูกกลิ้งด้วย Rabbit cleaning



ภาพที่ 3.12 Rabbit cleaning (บริเวณสีดำเป็นกาวติดอนุภาค)

4. ตรวจวัดฟุ้งเจอร หลังจากทำความสะอาดลูกกลิ้ง
5. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ เพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากลูกกลิ้ง
6. สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากวัสดุของอุปกรณ์ที่ใช้งานกับเครื่อง RTPAD

(4.1) พิกเจอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการตรวจสอบ โดยภายในจะประกอบด้วย Top clamp, PCCA holder ซึ่งวัสดุที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติที่ดี ไม่หลุดลอก

วิธีการทดลอง

1. เนื่องจาก ท็อปแคลมป์ ของพิกเจอร์ 1 ไม่ได้เคลือบ เหมือนกับ พิกเจอร์ 2 ทำให้สามารถนำมา ข้อมูลจำนวนอนุภาคที่ได้จากการวัดด้วย RTPAD มาเปรียบเทียบกันได้
2. วัดปริมาณสิ่งปนเปื้อนในพิกเจอร์ 1, 2 ด้วยเครื่อง RTPAD
3. นำข้อมูลมาเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการปรับปรุง
4. สรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 5 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์

(5.1) การทดสอบความแม่นยำในการวัดของเครื่อง RTPAD

วิธีการทดลอง

1. การทำงานโดยปกติของเครื่องวัดอนุภาคภายในเครื่อง RTPAD คือดูดอากาศภายในแชมเบอร์ เข้าไปวัด การตรวจสอบการทำงานจะใช้การติดตั้งท่อต่อกับอากาศสะอาด เข้ากับท่อดูดของเครื่องวัด อนุภาค
2. เปิดการทำงานของเครื่องวัดอนุภาค
3. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์
4. สรุปผลการทดลอง

3.6 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve phase)

จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง อนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยปัจจัยหลายๆอย่าง ทั้งที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานและไม่ส่งผล ต้องทำการปรับปรุงเพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบในภายหลัง ดังนี้

3.6.1 การลดสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

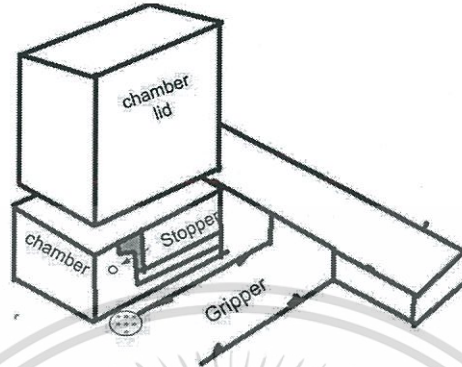
3.6.1.1 จากผลการทดลองวัดปริมาณอนุภาคที่พัดเข้ามาจากสถานีงานรอบข้าง ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่อง RTPAD แต่เนื่องจากอนุภาคที่วัดได้ใน อากาศมีค่าสูง และพบว่าโดยรอบบริเวณเครื่องเป็นบริเวณที่ สิ่งปนเปื้อนสามารถ เกิดขึ้นได้ จากลักษณะการทำงานของสถานีงาน จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงสถานที่ ทำงานของเครื่อง RTPAD ไปที่บริเวณอื่นที่เหมาะสมกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การลดสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากตัวเครื่อง

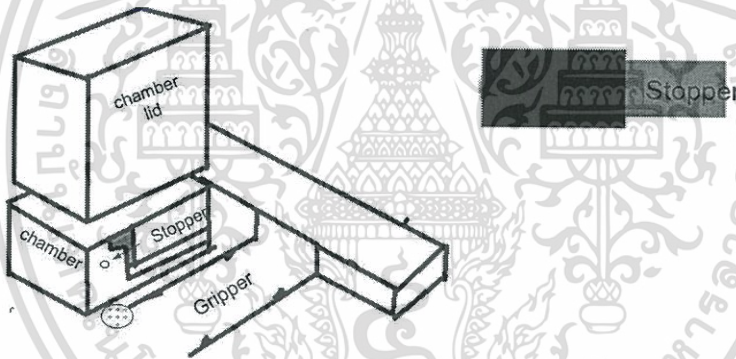
3.6.2.1 สตอปเปอร์ทำให้เกิดอนุภาคในบริเวณโดยรอบ

1. ถอดสตอปเปอร์ออกจากเครื่อง



ภาพที่ 3.13 บริเวณที่ถอดสตอปเปอร์

2. ครอบสตอปเปอร์ด้วยยางเพื่อลดแรงการชน



ภาพที่ 3.14 สตอปเปอร์แบบมียางครอบ

3. วัดอนุภาคบริเวณสตอปเปอร์ด้วยเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ

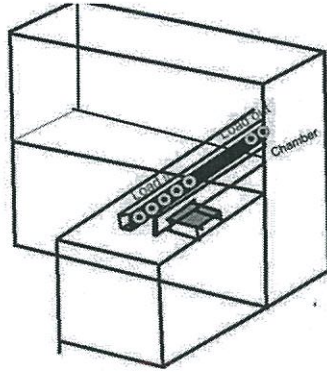
4. วัดฟิเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD และนำข้อมูลมาวิเคราะห์

5. สรุปผลการทดลอง

3.6.2.2 จากผลการทดลองการทำความสะอาดลูกกลิ้งลำเลียง ช่วยลดจำนวนอนุภาคที่วัดจากเครื่อง RTPAD แต่ยังไม่เพียงพอ จึงต้องเปลี่ยนลูกกลิ้งเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น

1. ถอดลูกกลิ้งเดิมออกทั้งหมด

2. ใส่ลูกกลิ้งใหม่ทั้งหมด ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 เปลี่ยนลูกกลิ้ง บริเวณทางออก และทางเข้า

3. วัดฟลักเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD และนำข้อมูลมาวิเคราะห์

4. สรุปผลการทดลอง

3.6.3 การลดปัจจัยการเกิดสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากผิวอุปกรณ์

ฟลักเจอร์และอุปกรณ์ภายใน ควรทำจากวัสดุที่ไม่หลุดลอกเช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) ซึ่งอาจจะเคลือบอีกชั้น เพื่อเพิ่มความคงทนของผิวอุปกรณ์

3.6.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดอนุภาค

การตรวจสอบควรทำอยู่เป็นประจำ เนื่องจากมีการใช้งานเครื่องตลอดเวลา ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการทำงานน้อยลง การตรวจสอบจะช่วยให้ทราบความผิดปกติของเครื่อง และสามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว

บทที่ 4

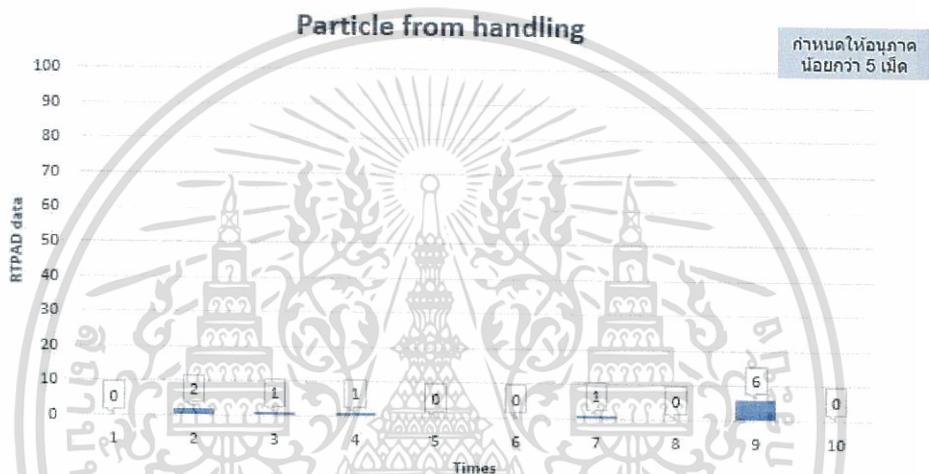
ผลการวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูล

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลอง โดยจะแบ่งออกเป็น 5 การทดลองหลักและการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่อง RTPAD

4.1 ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

4.1.1 ผลการทดลองที่ 1 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากขั้นตอนในกระบวนการทำงานของเครื่อง RTPAD

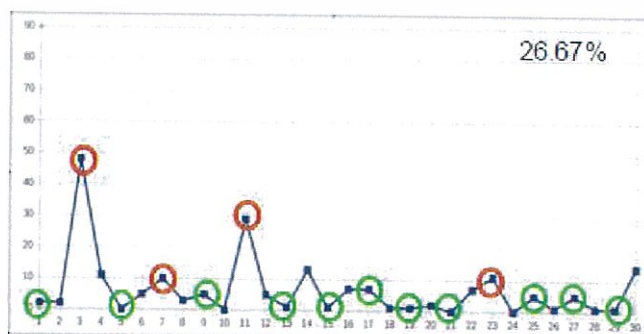
1.ผลการทดลองอนุภาคที่วัดได้จากขั้นตอนที่มีการสัมผัสฟิกเจอร์



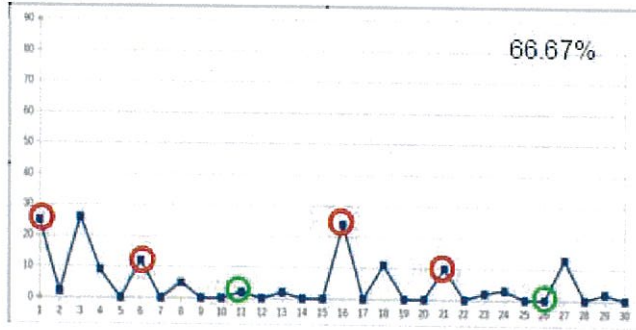
กราฟที่ 4.1 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากเครื่อง RTPAD เมื่อมีการสัมผัสฟิกเจอร์ วิเคราะห์ผลการทดลอง อนุภาคที่วัดได้แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนที่มีการสัมผัสฟิกเจอร์ไม่ส่งผลกระทบต่อการวัด

2.ผลการทดลอง แคมเบอร์ปิดไม่สนิทในขั้นตอนการทำความสะอาด

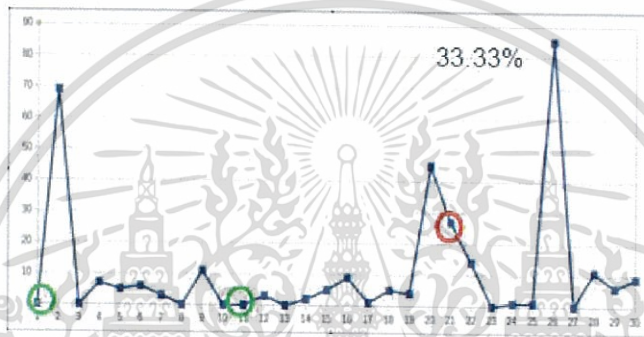
2.1 ฟิกเจอร์รอบบริเวณหน้ากริปเปอร์



กราฟที่ 4.2 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแคมเบอร์ทุก 2 ครั้งของการวัด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

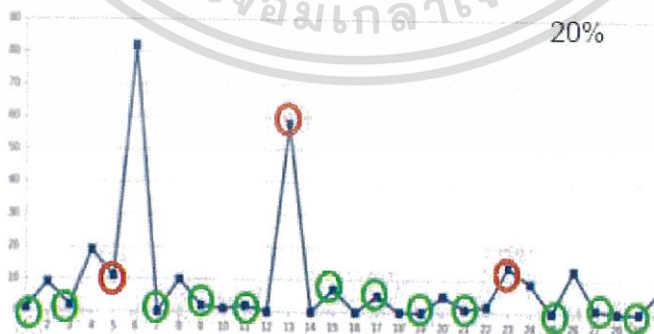


กราฟที่ 4.3 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 5 ครั้งของการวัด



กราฟที่ 4.4 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 10 ครั้งของการวัด จากกราฟวงกลมสีเขียวคืออนุภาคที่วัดได้หลังทำความสะอาดแชมเบอร์ วงกลมสีแดงคืออนุภาคที่มีจำนวนสูงเกินจำนวนที่กำหนดคือ 10 เม็ด และจำนวนครั้งที่อนุภาคเกินจำนวนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับทุกครั้งหลังทำความสะอาด

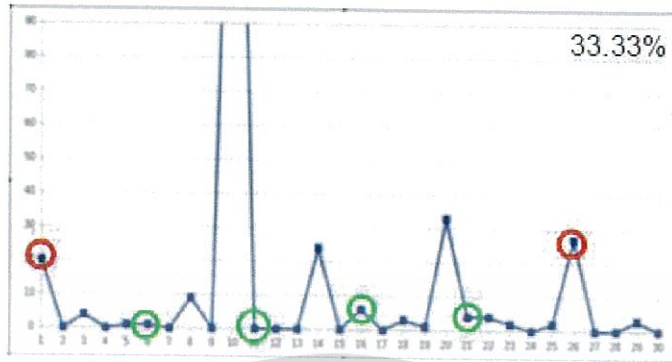
2.2 พิกเจอร์รอบบริเวณหน้าแชมเบอร์



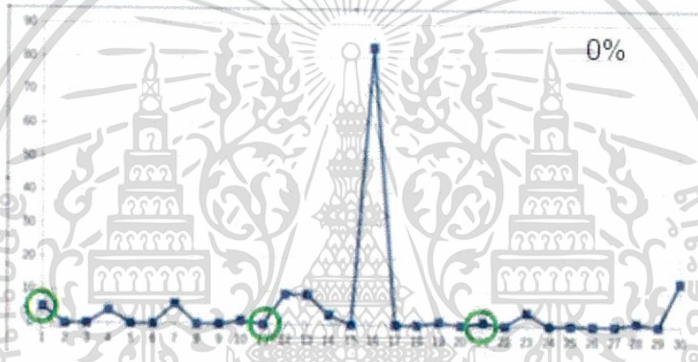
กราฟที่ 4.5 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 2 ครั้งของการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก



กราฟที่ 4.6 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 5 ครั้งของการวัด



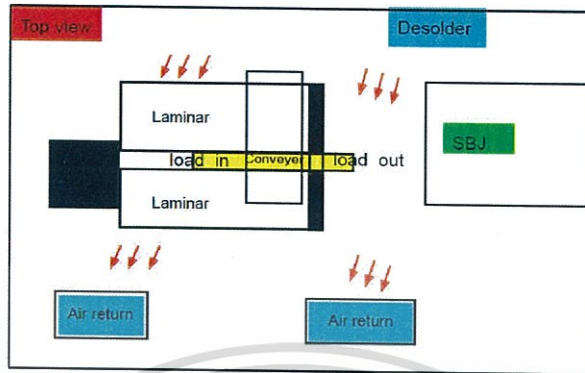
กราฟที่ 4.7 แสดงอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ทุก 10 ครั้งของการวัด

จากกราฟวงกลมสีเขียวคืออนุภาคที่วัดได้หลังทำความสะอาดแชมเบอร์ วงกลมสีแดงคืออนุภาคที่มีจำนวนสูงเกินจำนวนที่กำหนดคือ 10 เม็ด และจำนวนครั้งที่อนุภาคเกินจำนวนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับทุกครั้งหลังทำความสะอาด

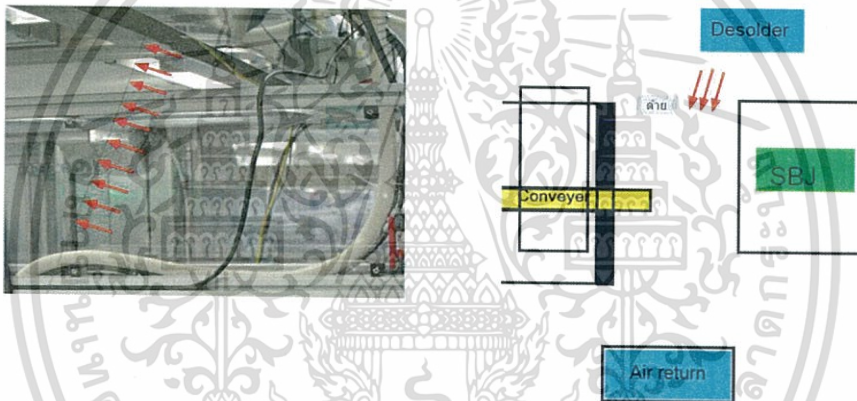
วิเคราะห์ผลการทดลอง จำนวนอนุภาคที่วัดได้หลังการทำความสะอาดแชมเบอร์ บริเวณที่พิกเจอร์รอนหน้าแชมเบอร์พบอนุภาคน้อยกว่า บริเวณที่รอนหน้ากริปเปอร์

4.1.2 ผลการทดลองที่ 2 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

4.1.2.1 ผลการทดลองนำด้ายไปติดที่ขอบ ลามินาร์ (Laminar)



ภาพที่ 4.1 แผนผังเครื่อง RTPAD



ภาพที่ 4.2 ลักษณะด้ายบริเวณขอบ ลามินาร์ บริเวณลูกกลิ้งลำเลียงทางออก



ภาพที่ 4.3 ลักษณะด้ายบริเวณขอบ ลามินาร์ บริเวณลูกกลิ้งลำเลียงทางเข้า

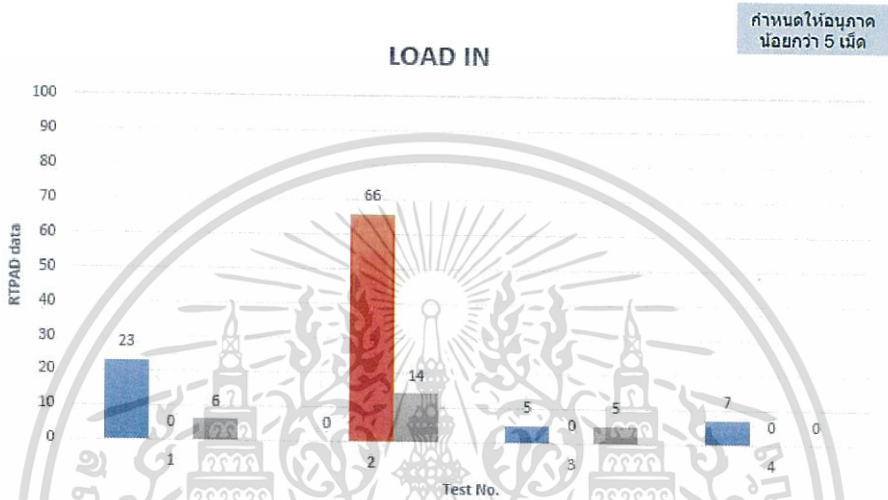
วิเคราะห์ผลการทดลอง จากการสังเกตลักษณะด้ายพัดเข้าภายใต้ ลามินาร์ ซึ่งเป็นลักษณะการไหล ของอากาศที่ไม่ปกติ ทำให้อากาศที่อยู่นอก ลามินาร์ ถูกพัดเข้าไปยังบริเวณการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ผลการทดลอง สถานีทำงานที่อยู่โดยรอบบริเวณเครื่อง RTPAD ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนเป็นการทดลองเป็นการวัดปริมาณอนุภาคที่วัดได้จากเครื่องวัดอนุภาคในอากาศและวัดด้วยเครื่อง RTPAD เป็นอนุภาคที่อยู่ในฟีกเจอร์ที่วางไว้ 2 ตำแหน่งคือ ลูกกลิ้งลำเลียงทางเข้า และ ทางออก มีผลการทดลองดังนี้

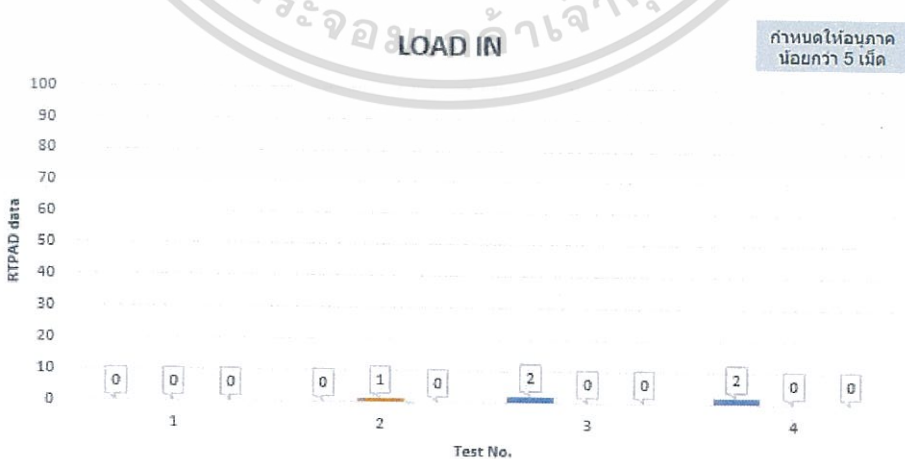
1.Load in area แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบการวัด ดังตารางต่อไปนี้

- สถานีการทำงานรอบข้างไม่มีการทำงาน



กราฟที่ 4.8 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดอนุภาคในอากาศบริเวณทางเข้า วิเคราะห์ผลการทดลอง จากตารางจำนวนอนุภาคที่วัดได้จากฟีกเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD มีค่าเกินจำนวนที่กำหนดไว้ (5 เมตร) ในขณะที่ เครื่องวัดอนุภาคในอากาศ (Airborne particle counter) วัดค่าอนุภาคในอากาศด้านบนของฟีกเจอร์ผ่านเกณฑ์ ดังนั้นปริมาณอนุภาคในอากาศไม่ส่งผลต่อค่าอนุภาคฟีกเจอร์

- สถานีการทำงานรอบข้างมีการทำงาน

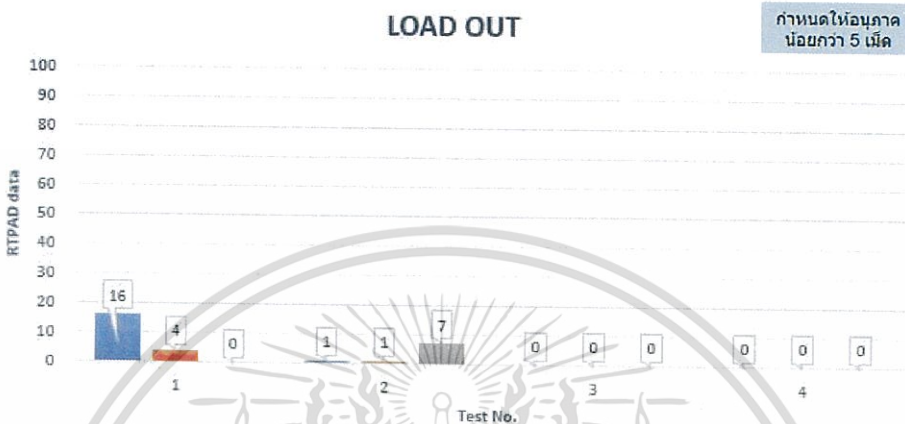


กราฟที่ 4.9 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดอนุภาคในอากาศบริเวณทางเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง จากตารางจำนวนอนุภาคที่วัดได้จากเครื่อง RTPAD มีจำนวนตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งตรงกับ ผลการวัดอนุภาคในอากาศของเครื่อง Particle counter

- 2.Load out area แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบการวัด ดังตารางต่อไปนี้
- สถานีการทำงานรอบข้างไม่มีการทำงาน



กราฟที่ 4.10 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดฝุ่นในอากาศ บริเวณทางออก วิเคราะห์ผลการทดลอง จากกราฟจำนวนอนุภาคที่วัดได้จากเครื่อง RTPAD มีค่าเกินจำนวน 2 ครั้งในขณะที่เครื่องวัดอนุภาคในอากาศ วัดค่าอนุภาคในอากาศบนฟีกเจอร์ผ่านเกณฑ์ ดังนั้นปริมาณอนุภาคในอากาศไม่ส่งผลกระทบต่อค่าอนุภาคฟีกเจอร์

- สถานีการทำงานรอบข้างมีการทำงาน

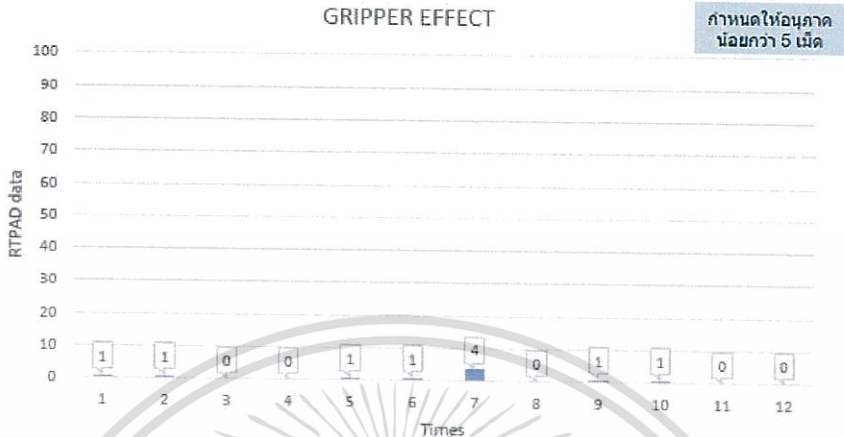


กราฟที่ 4.11 แสดงจำนวนอนุภาคที่วัดได้จาก RTPAD และเครื่องวัดฝุ่นในอากาศ บริเวณทางออก วิเคราะห์ผลการทดลอง จากกราฟจำนวนอนุภาคที่วัดได้จากเครื่อง RTPAD มีค่าเกินจำนวน 2 ครั้งในขณะที่ เครื่องวัดอนุภาคในอากาศ วัดค่าอนุภาคบนฟีกเจอร์มีค่าเกินกำหนด (ภาคผนวก ก) ซึ่งบริเวณ ทางออกงานอากาศที่มีสิ่งปนเปื้อนจะไหลจาก สถานีงานอื่น ไปยัง ช่องลมกลับ (Air return)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ผลการทดลองที่ 3 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากตัวเครื่อง

4.1.3.1 ผลการทดลอง การเคลื่อนที่ของ กริปเปอร์



กราฟที่ 4.12 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟิสิกเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD

วิเคราะห์ผลการทดลอง จากกราฟอนุภาคจากฟิสิกเจอร์ที่วัดได้ มีค่าตามเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลต่อการวัด

4.1.3.2 ผลการทดลองการชนและเสียดสี ของ สตอปเปอร์ กับ หัวเคาะ

| Particle from stopper | | | Particle from stopper | | |
|-----------------------|---------------|------|-----------------------|---------------|------|
| | Particle size | | | Particle size | |
| Test No. | 0.3 | 0.5 | Test No. | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 2049 | 1428 | 1 | 7684 | 5992 |
| 2 | 2126 | 1338 | 2 | 2474 | 1605 |
| 3 | 2473 | 1834 | 3 | 6180 | 4318 |
| | | | 4 | 4910 | 3270 |
| | | | 5 | 7303 | 5020 |

ตารางที่ 4.1 แสดงอนุภาคขนาด 0.3 และ 0.5 วัดด้วยเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ

วิเคราะห์ผลการทดลอง อนุภาคที่วัดได้ในแต่ละบริเวณในขณะที่ สตอปเปอร์ ทำงานดังตารางดังนี้

1.บริเวณที่ใช้บรรจุงานใน

| Load HSA | | |
|----------|---------------|-----|
| | Particle size | |
| Test No. | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 |

(ก)

| Load HSA 092915 | | |
|-----------------|---------------|-----|
| | Particle size | |
| Test No. | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |

(ข)

ตารางที่ 4.2แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณบรรจุงานก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข) โยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง จากตารางจำนวนอนุภาคที่วัดได้มีค่าน้อยมาก เนื่องจากเป็น บริเวณที่อยู่ห่างจากสตอปเปอร์ และแผ่นอะคลิคปิดกั้นฝุ่นก่อนมาที่บริเวณ

2. บริเวณจุดเริ่มต้นของล้อลำเลียง

| Start conveyor | | |
|----------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 10 | 8 |
| 2 | 3 | 3 |
| 3 | 6 | 4 |
| 4 | 3 | 3 |

| Start conveyor 092915 | | |
|-----------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 10 | 8 |
| 2 | 11 | 7 |
| 3 | 10 | 14 |
| 4 | 1 | 1 |

(ก)

(ข)

ตารางที่ 4.3 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณจุดเริ่มต้นของล้อลำเลียงก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข) วิเคราะห์ผลการทดลอง ฝุ่นที่วัดได้ก่อนและหลังมีค่าใกล้เคียงกัน อาจจะเป็นเพราะบริเวณที่ วัด ห่างจากสตอปเปอร์จึงไม่ได้รับผลกระทบจากฝุ่น

3. บริเวณกลางล้อลำเลียงด้านทางเข้างาน

| Middle conveyor | | |
|-----------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 9 | 5 |
| 2 | 9 | 5 |
| 3 | 17 | 8 |
| 4 | 34 | 19 |

| Middle conveyor 092915 | | |
|------------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 1 |
| 3 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |

(ก)

(ข)

ตารางที่ 4.4 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณกลางล้อลำเลียงก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)

4. บริเวณหน้ากริปเปอร์

| Front gripper | | |
|---------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 36 | 23 |
| 2 | 12 | 6 |
| 3 | 19 | 13 |
| 4 | 15 | 11 |

| Front gripper 092915 | | |
|----------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 7 | 3 |
| 2 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 1 |

(ก)

(ข)

ตารางที่ 4.5 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณหน้ากริปเปอร์ก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง บริเวณหน้ากริปเปอร์ เป็นทางเข้าของฟีกเจอร์ ตารางก่อนถอดสตอปเปอร์แสดงให้เห็นค่าของอนุภาคที่สูงกว่าหลังถอด เนื่องจากเป็นช่องทำให้มีการไหลของอากาศและพัดพาฝุ่น

5.บริเวณแชมเบอร์ สูงกว่าสตอปเปอร์ 10 เซนติเมตร

| Up 10 cm from stopper | | |
|-----------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 4 | 3 |
| 2 | 1 | 0 |
| 3 | 15 | 11 |
| 4 | 1 | 1 |

| Up 10 cm from stopper 092915 | | |
|------------------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 1 | 0 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |

(ก)

(ข)

ตารางที่ 4.6 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณสูงกว่าสตอปเปอร์ 10 เซนติเมตรก่อน(ก)และหลังถอดสตอปเปอร์(ข)

วิเคราะห์ผลการทดลอง บริเวณเหนือแชมเบอร์อากาศที่วัดมีค่าอนุภาคต่ำ เนื่องจากลามินาร์พัดอนุภาคลงสู่พื้นทำให้อนุภาคที่เกิดจากสตอปเปอร์วัดได้น้อย เมื่อถอดสตอปเปอร์ออกอนุภาคในอากาศจึงเป็น 0

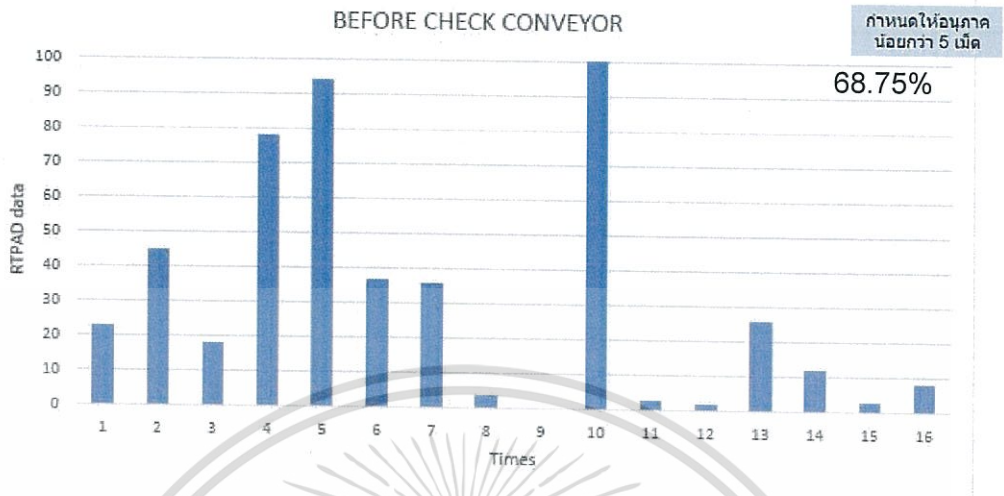
4.1.3.3 ผลการทดลอง ทดสอบลูกกลิ้ง

1.วัดอนุภาคบริเวณ ลูกกลิ้งในขณะที่มีการทำงาน

| Check particle on conveyor | | | |
|----------------------------|---------------|-----|-------------|
| Test No. | Particle size | | Total count |
| | 0.3 | 0.5 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 |

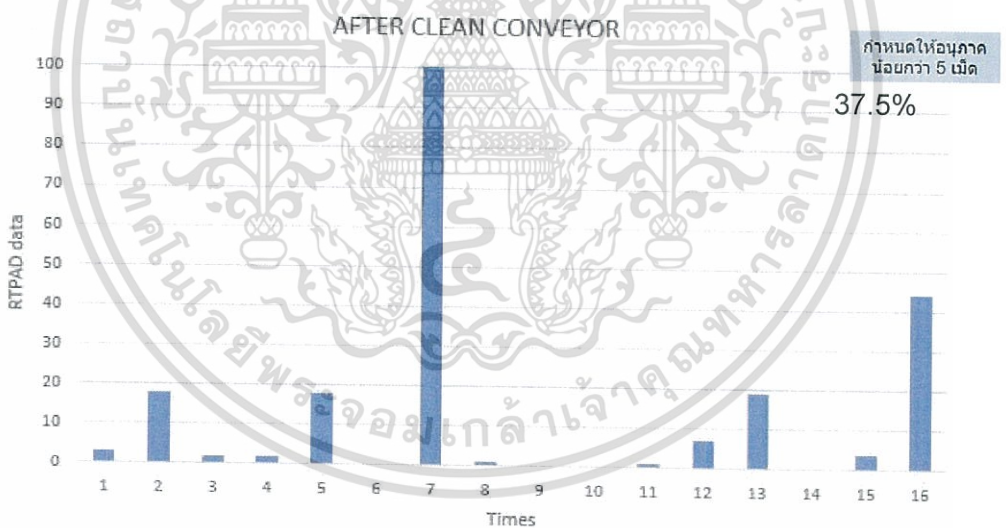
ตารางที่ 4.7 แสดงอนุภาคที่วัดได้บริเวณลูกกลิ้ง

2. วัดอนุภาคที่ฟักเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD



กราฟที่ 4.13 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟักเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD ก่อนทำความสะอาดลูกกลิ้ง

3. วัดอนุภาคด้วยเครื่อง RTPAD หลังจากทำความสะอาดลูกกลิ้ง

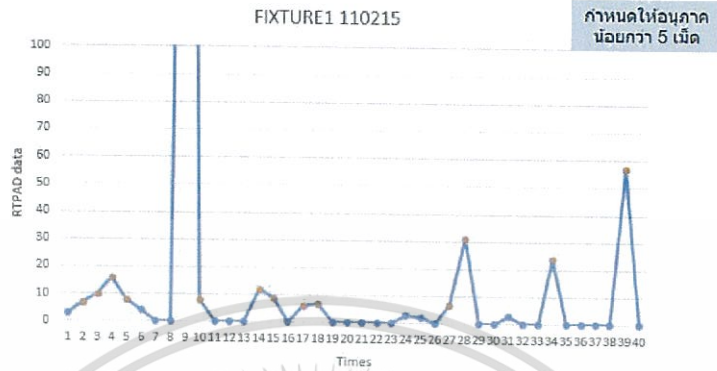


กราฟที่ 4.14 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟักเจอร์ ด้วยเครื่อง RTPAD หลังจากทำความสะอาดลูกกลิ้ง

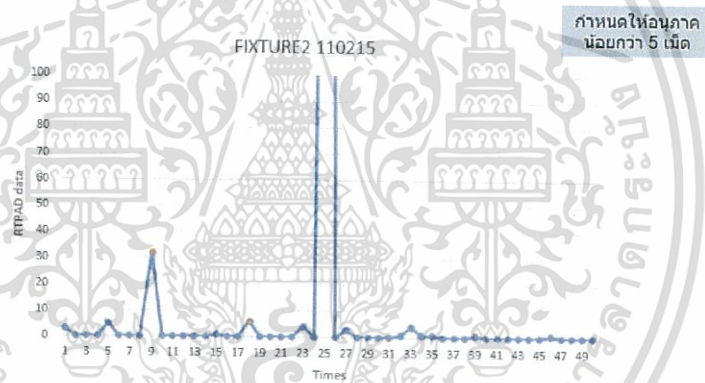
วิเคราะห์ผลการทดลอง อนุภาคจากฟักเจอร์ก่อนทำความสะอาดคิดเป็น 68.75% ของทั้งหมด หลังจากการทำความสะอาดเป็น 37.5% ซึ่งเมื่อนำมาเทียบกับอนุภาควัดได้ในอากาศบริเวณลูกกลิ้งผ่านเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อเมื่อนำฟักเจอร์ไปวัดอนุภาคด้วยเครื่อง RTPAD จำนวนอนุภาค มีค่าสูงเกินกำหนดซึ่งหลังจากการทำความสะอาดด้วย Rabbit cleaning จำนวนอนุภาคในฟักเจอร์มีแนวโน้มลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ผลการทดลองที่ 4 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากวัสดุพื้นผิวของอุปกรณ์ที่ใช้งานกับเครื่อง RTPAD
 4.1.4.1 ผลการทดลอง วัดอนุภาคจากฟลักเจอร์ ที่เคลือบที่ออปแคลมป์ และไม่ได้เคลือบ



กราฟที่ 4.15 แสดงค่าที่ได้จากการวัดอนุภาค ฟลักเจอร์ 1 ไม่มีการเคลือบ



กราฟที่ 4.16 แสดงค่าที่ได้จากการวัดอนุภาค ฟลักเจอร์ 2 เคลือบ

วิเคราะห์ผลการทดลอง จากกราฟฟลักเจอร์ที่ไม่มีการเคลือบมีอนุภาคที่เกินกำหนด 35% และฟลักเจอร์ที่เคลือบที่ออปแคลมป์มีอนุภาคเกิน 6%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ผลการทดลองที่ 5 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์

4.1.5.1 ผลการทดลอง การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดอนุภาคในเครื่อง RTPAD

Check particle counter RTPAD

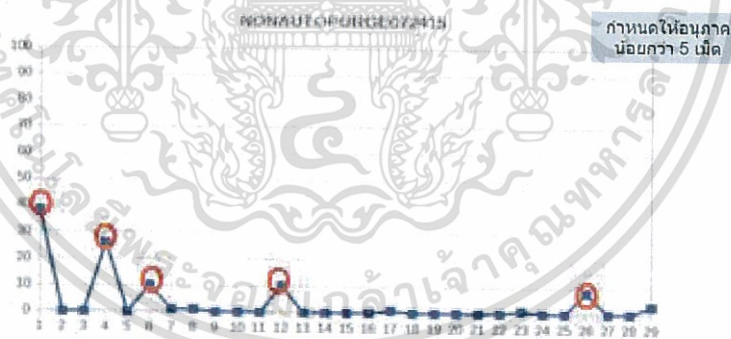
| Test No. | Particle size | | | | Total count |
|----------|---------------|-----|---|---|-------------|
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

ตารางที่ 4.8 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากเครื่องวัดอนุภาคในเครื่อง RTPAD วิเคราะห์ผลการทดลอง อนุภาคที่วัดได้มีค่าเป็นศูนย์ ประสิทธิภาพของเครื่องวัดอนุภาคในเครื่อง RTPAD มีความเที่ยงตรง

4.2 ผลการทดลองการปรับปรุงและพัฒนาเครื่อง RTPAD

4.2.1 ผลการทดลอง 3.6.2 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

4.2.1.1 ผลการทดลองเปลี่ยนพื้นที่การทำงานของเครื่อง



กราฟที่ 4.17 อนุภาคที่วัดได้จากฟิเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD

วิเคราะห์ผลการทดลอง จากกราฟ การเปลี่ยนพื้นที่การทำงานของเครื่องช่วยลดอนุภาคที่เกิดขึ้นในอากาศบริเวณโดยรอบเครื่องได้ แต่ไม่สามารถลดอนุภาคที่ทำให้เครื่องเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

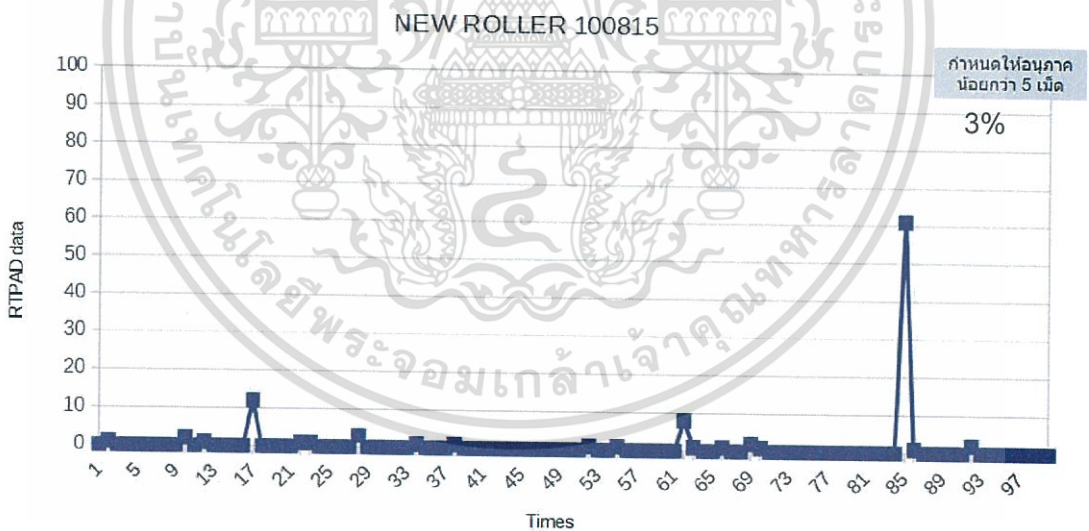
4.2.2 ผลการทดลอง 3.6.3 สิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากตัวเครื่อง

4.2.2.1 ผลการทดลองเปลี่ยนสตอปเปอร์

| Remove stopper 082915 | | |
|-----------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 2 | 1 |
| 2 | 1 | 1 |
| 3 | 5 | 4 |
| 4 | 2 | 0 |

ตารางที่ 4.9 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากเครื่องวัดอนุภาคในอากาศ วิเคราะห์ผลการทดลอง จากตารางอนุภาคที่วัดได้ ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสตอปเปอร์ที่ไม่ได้ครอบยาง

4.2.2.2 ผลการทดลองเปลี่ยนลูกกลิ้ง



กราฟที่ 4.18 แสดงอนุภาคที่วัดได้จากฟิเจอร์ด้วยเครื่อง RTPAD 100 ครั้ง วิเคราะห์ผลการทดลอง จากกราฟการเปลี่ยนลูกกลิ้งช่วยลดอนุภาคที่เกิดขึ้นในฟิเจอร์ได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบหลังจากทำความสะอาดลูกกลิ้ง สามารถลดจำนวนครั้งที่อนุภาคเกินกำหนดได้ 34.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษากระบวนการทำงานของเครื่องRTPAD เพื่อค้นหาแหล่งที่มาและปัจจัยที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อน รวมทั้งการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อลดการเกิดสิ่งปนเปื้อน ซึ่งผลสรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะจะถูกกล่าวในบทนี้ เพื่อเป็นข้อมูล และแนวทางในการทำงานวิจัยของผู้ที่สนใจต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเพื่อค้นหาปัญหาและแหล่งที่มาของสิ่งปนเปื้อนที่ส่งผลต่อเครื่อง RTPAD พบว่าอนุภาคที่ทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนเกิดจาก ฟิกเจอร์ และลูกกลิ้ง เป็นสาเหตุที่ส่งผลให้จำนวนอนุภาคเพิ่มขึ้นจากตัวงาน โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.อนุภาคที่เกิดจากฟิกเจอร์ จากผลการทดลองสรุปได้ว่าจำนวนอนุภาคเกิดจากท้อปแคลมป์โดยอนุภาคที่วัดได้จากฟิกเจอร์ที่ไม่ได้เคลือบท้อปแคลมป์ มีค่าอนุภาคสูงกว่าฟิกเจอร์ที่เคลือบท้อปแคลมป์ การเลือกใช้ฟิกเจอร์จึงมีผลต่อข้อมูลที่วัดได้

2.ลูกกลิ้งส่งผลให้จำนวนอนุภาคในฟิกเจอร์เพิ่มขึ้น สรุปจากผลทดลองเราสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

2.1วัดจำนวนอนุภาคหลังการทำความสะอาดลูกกลิ้ง โดยจำนวนอนุภาคที่วัดจากฟิกเจอร์หลังทำความสะอาดลูกกลิ้งลดลงร้อยละ 31.25

2.2 วัดจำนวนอนุภาคหลังการเปลี่ยนลูกกลิ้งใหม่ เมื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนอนุภาคระหว่างหลังการทำความสะอาดลูกกลิ้งกับหลังการเปลี่ยนลูกกลิ้ง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า หลังการเปลี่ยนลูกกลิ้งใหม่ ส่งผลให้จำนวนอนุภาคลดลงถึงร้อยละ 34.5 จึงสามารถสรุปได้ว่าลูกกลิ้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนจำนวนมาก และไม่มีประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งส่งผลต่อจำนวนอนุภาคที่เพิ่มขึ้นในฟิกเจอร์ ทำให้ส่งผลสืบเนื่องถึงความผิดพลาดในการตรวจวัดจำนวนอนุภาคของหัวอ่าน-หัวเขียนด้วย ดังนั้นเราสามารถนำข้อมูลที่ได้อไปปรับปรุง และพัฒนาได้ในอนาคต เช่น การเปลี่ยนลูกกลิ้งใหม่ตามระยะเวลาที่เหมาะสม การทำความสะอาดลูกกลิ้งช่วยลดการสะสมของอนุภาค เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การทำการทดลองเนื่องจากเครื่องมือบางชนิดมีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีเวลาในการทำการทดลองที่จำกัด ผู้ทดลองควรศึกษาการทำงานของเครื่องและวางตารางการทดลองในแต่ละวันจะช่วยให้ ทำการทดลองได้รวดเร็วและได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. การทดลองเกี่ยวกับสิ่งปนเปื้อน การทดลองซ้ำๆ และ การช่างสังเกต จะทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากสิ่งปนเปื้อนเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา การในระหว่างทดลองจะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง และพบสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งปนเปื้อน

3. เมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับสิ่งปนเปื้อน การติดตามผลอย่างต่อเนื่องจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับปรุงและควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดสิ่งปนเปื้อนจากบริเวณเดิมได้



บรรณานุกรม

- [1] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี “มอเตอร์แนวราบ” [Online] Available:
<https://th.wikipedia.org/wiki/>
 สืบค้นวันที่ 27 ตุลาคม 58
- [2] ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวส์เมติก [Online] Available:
http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_1.htm
 สืบค้นวันที่ 27 ตุลาคม 58
- [3] เครื่องวัดอนุภาคในอากาศ [Online] Available:
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6104/>
 สืบค้นวันที่ 27 ตุลาคม 58
- [4] อาจารย์สุวัชร บัวแย้ม “ห้องสะอาด” [Online] Available:
<http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114%20unit%208.pdf>
 สืบค้นวันที่ 29 ตุลาคม 2558
- [5] การไหลของอากาศในห้องสะอาด [Online] Available:
<http://www.rep.com/cleanroom-guide/>
 สืบค้นวันที่ 29 ตุลาคม 2558
- [6] ส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ [Online] Available:
<http://www.xn--12cg1cxhd0a2gzc1c5d5a.com/tag/>
 สืบค้นวันที่ 2 พฤศจิกายน 2558



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.จำนวนอนุภาคจากฟีกเจอร์ในการทดลองที่มีการสัมผัสฟีกเจอร์(การทดลองที่ 1.1)

Particle from handling

| Test No. | Particle size | | | | Total count |
|----------|---------------|-----|---|---|-------------|
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 0 | 6 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

2.จำนวนอนุภาคจากฟีกเจอร์ วัดด้วย RTPADและ เครื่องวัดอนุภาคในอากาศ (การทดลองที่ 2.2)

2.1บริเวณลูกลิ้งทางเข้า

-สถานีงานรอบข้างไม่มีการทำงาน

| Test No. | LOAD IN | | | | Total count | Particie counter |
|----------|------------------------|-----|----|---|-------------|------------------|
| | Particle size of RTPAD | | | | | |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | | |
| 1 | 8 | 3 | 10 | 2 | 23 | PASS |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 1 | 4 | 0 | 1 | 6 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PASS |
| | 40 | 26 | 0 | 0 | 66 | |
| | 9 | 2 | 3 | 0 | 14 | |
| 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 5 | PASS |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 3 | 2 | 0 | 0 | 5 | |
| 4 | 4 | 3 | 0 | 0 | 7 | PASS |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

-สถานีงานรอบข้างมีการทำงาน

| Test No. | LOAD IN | | | | Total count | Particie counter |
|----------|------------------------|-----|---|---|-------------|------------------|
| | Particle size of RTPAD | | | | | |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PASS |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PASS |
| | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | PASS |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | PASS |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 บริเวณลูกกลิ้งทางเข้า

-สถานีงานรอบข้างไม่มีการทำงาน

| LOAD OUT | | | | | | | | |
|----------|------------------------|-----|---|---|-------------|------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size of RTPAD | | | | Total count | Particle counter | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | | | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 7 | 7 | 1 | 1 | 16 | PASS | 0 | 1 |
| | 1 | 0 | 3 | 0 | 4 | | 19 | 18 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2 | 3 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | PASS | 518 | 44 |
| | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 4 | 6 |
| | 3 | 3 | 1 | 0 | 7 | | 3 | 3 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PASS | 12 | 26 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 13 | 5 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3 | 11 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | PASS | 4 | 19 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3 | 5 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 10 | 14 |

-สถานีงานรอบข้างมีการทำงาน

| LOAD OUT | | | | | | | | |
|----------|------------------------|-----|---|---|-------------|------------------|---------------|-----|
| Test No. | Particle size of RTPAD | | | | Total count | Particle counter | Particle size | |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | | | 0.3 | 0.5 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | FAIL | 1936 | 511 |
| | 0 | 0 | 3 | 1 | 4 | | 1617 | 478 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | FAIL | 2993 | 791 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2522 | 582 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | FAIL | 1467 | 358 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 751 | 208 |
| | 9 | 4 | 0 | 0 | 13 | | | |
| 4 | 3 | 2 | 0 | 0 | 5 | FAIL | 572 | 134 |
| | 3 | 2 | 4 | 0 | 9 | | 912 | 245 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.จำนวนอนุภาคจากกริปเปอร์ (การทดลองที่ 3.1)

| Gripper effect 08/25/15 | | | | | | Gripper effect 08/24/15 | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----|---|---|-------------|-------------------------|---------------|-----|---|---|-------------|
| Test No. | Particle size | | | | Total count | Test No. | Particle size | | | | Total count |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | | | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

4.จำนวนอนุภาคจากฟีกเจอร์ (การทดลองที่ 3.3)

-ก่อนทำความสะอาดลูกกลิ้ง

| Check conveyor 09/01/15 | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----|-----|---|-------------|
| Test No. | Particle size | | | | Total count |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 189 | 129 | 112 | 0 | 430 |
| 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 5 | 11 | 5 | 10 | 0 | 26 |
| 6 | 6 | 3 | 3 | 0 | 12 |
| 7 | 1 | 0 | 2 | 0 | 3 |
| 8 | 6 | 2 | 0 | 0 | 8 |

| Check conveyor 08/31/15 | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----|----|---|-------------|
| Test No. | Particle size | | | | Total count |
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 6 | 5 | 11 | 1 | 23 |
| 2 | 18 | 15 | 11 | 1 | 45 |
| 3 | 7 | 7 | 4 | 0 | 18 |
| 4 | 42 | 19 | 15 | 2 | 78 |
| 5 | 39 | 28 | 22 | 5 | 94 |
| 6 | 19 | 11 | 7 | 0 | 37 |
| 7 | 12 | 13 | 11 | 0 | 36 |
| 8 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-หลังทำความสะอาดลูกกลิ้ง

After clean 08/31/15

| Test No. | Particle size | | | | Total count |
|----------|---------------|-----|---|---|-------------|
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 4 | 2 | 1 | 0 | 7 |
| 5 | 14 | 4 | 0 | 1 | 19 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| 8 | 25 | 13 | 5 | 1 | 44 |

After clean 09/01/15

| Test No. | Particle size | | | | Total count |
|----------|---------------|-----|----|---|-------------|
| | 0.3 | 0.5 | 3 | 5 | |
| 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| 2 | 9 | 5 | 4 | 0 | 18 |
| 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 5 | 5 | 10 | 3 | 0 | 18 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 50 | 38 | 15 | 0 | 103 |
| 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

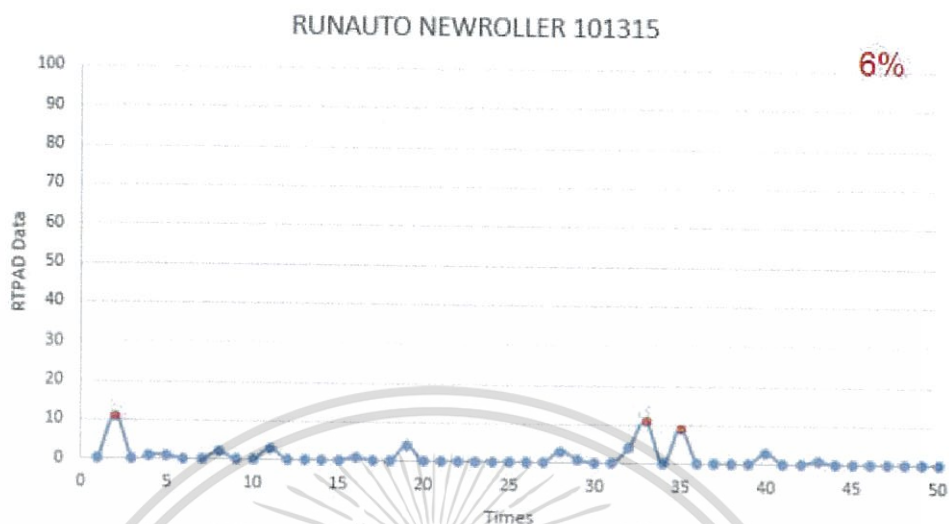
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



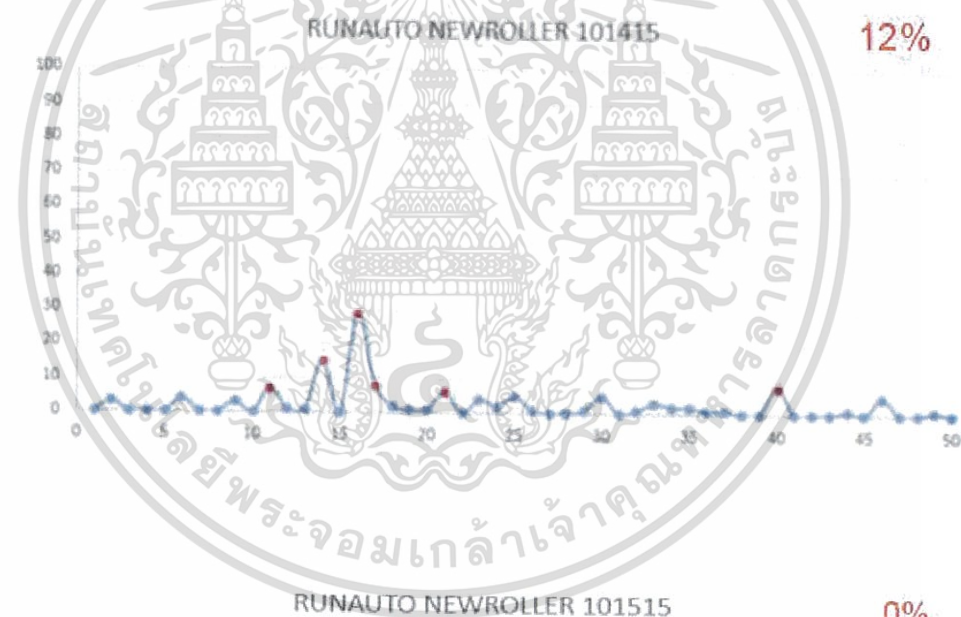
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผลการเก็บข้อมูลหลังการเปลี่ยนลูกกลิ้ง

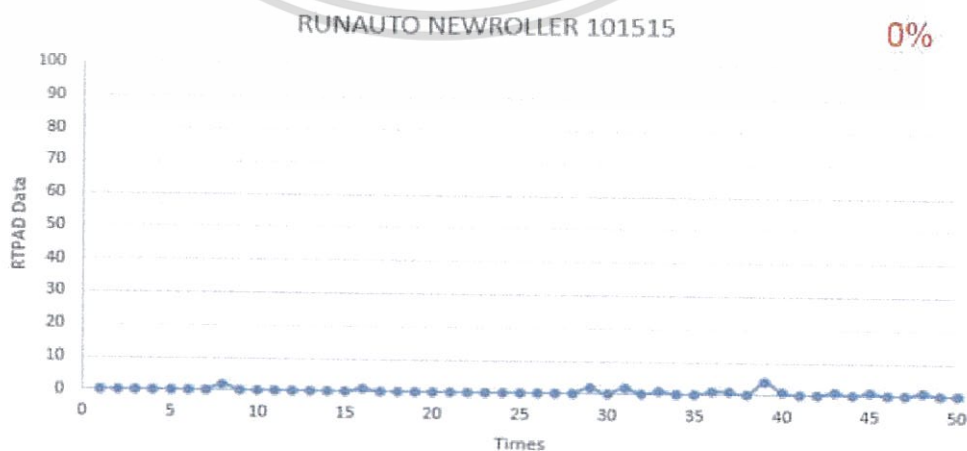
1.1



1.2



1.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายอมรเทพ สุนทรธา

วัน เดือน ปีเกิด 11 มกราคม พ.ศ.2537

ที่อยู่ 728/8 หมู่ 19 ถนนมะลิวัลย์ ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

Email : amornsoon@gmail.com Tell : 083-728-1963

ประวัติการศึกษา 2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



๑๕๖๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้