

ความสัมพันธ์ของฝุ่นละอองขนาดเล็กกับการ ดำเนินงานในห้องควบคุมสภาวะ

วรรธน์ ปัตร์ประกร¹⁾ กุลธิดา สุขชล¹⁾ และวาโย มะลิตอง¹⁾

¹⁾ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 12121

Email : pworarat@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

การปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดเล็กในอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสค์ไดร์ฟมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์รวมถึงการยอมรับของลูกค้า ดังนั้นในการศึกษานี้จะหาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่ดำเนินการในห้องควบคุมสภาวะกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ตรวจพบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมต่อไป จากการศึกษาพบว่า อากาศภายในห้องควบคุมสภาวะมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกินระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งแสดงถึงระบบการไหลเวียนของอากาศ ระบบกรองอากาศ และมาตรการในการควบคุมฝุ่นขนาดเล็กที่อาจเกิดจากการทำงานของพนักงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่จะพบฝุ่นละอองขนาดเล็กมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้เป็นครั้งคราวในบริเวณใกล้เครื่องจักรระหว่างกระบวนการผลิต สำหรับการแก้ปัญหาจะขึ้นกับลักษณะการทำงานเฉพาะในตำแหน่งที่สนใจ

คำสำคัญ : ฝุ่นละอองขนาดเล็ก, ห้องควบคุมสภาวะ, กิจกรรม

The relation of air borne particles and activities in clean room

Woraratana Pattaraprakorn¹⁾ Kultida Sukchon¹⁾ and Vayo Malitong¹⁾

¹⁾ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University 12121

Email: pworarat@engr.tu.ac.th

ABSTRACT

Contamination of air borne particles is a serious problem in hardisk drive industries because it relates to a quality assurance and an acceptance of client. In this study, the relation of air borne particles and activities in clean room was investigated. The ultimate purpose of this research was to reduce the contamination of air borne particles in the clean room. The result revealed that amounts of particles in atmosphere inside the clean room were acceptable values. It implied that air flow system, filtration system and the particle reduction procedure from staff were effective. While the particles were found intermittently at the specified machines, the way to solve these problems depended on the characteristics of particle generated.

Keywords : Air Borne Particles, Clean room, Activities

บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ได้ให้ความสำคัญกับสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต เช่นการปนเปื้อนฝุ่นละอองขนาดเล็กระหว่างขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ และการประกอบผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลต่อคุณภาพและอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นโรงงานดังกล่าวจะต้องดำเนินการผลิตในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อม หรือเรียกว่า Clean room โดยระดับของปริมาณฝุ่นละอองที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศการทำงานแตกต่างกันตามข้อกำหนดของการผลิตแต่ละชนิด ถึงแม้ว่าผู้ที่ทำงานในห้องควบคุมสภาวะดังกล่าวจะต้องทำความสะอาดร่างกาย เปลี่ยนเสื้อผ้าและรองเท้านิรภัย พิเศษ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในห้องควบคุมสภาวะจะต้องมีการคัดเลือกให้มีคุณสมบัติที่จะก่อให้เกิดฝุ่นละอองน้อยมาก ๆ แต่ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องการปนเปื้อนของฝุ่นละอองขนาดเล็กเสมอ ซึ่งอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการด้วยกัน เช่น พนักงาน, เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งาน, ของเหลวที่ใช้งาน, เครื่องจักรในกระบวนการผลิต รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ สิ่งต่างๆ เหล่านี้มีผลในการก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ภายในห้องควบคุมสภาวะจะมีระบบหมุนเวียนอากาศเพื่อกรองแยกฝุ่นละอองขนาดเล็กตลอดเวลาก็ตาม

ดังนั้นเป้าหมายโดยรวมในการศึกษานี้ต้องการจะลดปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในห้องควบคุมสภาวะ โดยการหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ดำเนินงานในห้องควบคุมสภาวะกับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดขึ้น

วิธีการทดลอง

1. รวบรวมข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่มีอยู่ ซึ่งตรวจวัดแบบอัตโนมัติ ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Particle Counter โดยทำการเก็บตัวอย่างทุก 10 นาที พร้อมทั้งสอบถามข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่ทำตลอดช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง เช่น เปลี่ยนกะการทำงาน เครื่องเสียในตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง เปลี่ยนชนิดของผลิตภัณฑ์ทำให้ชิ้นส่วนที่ใช้เปลี่ยนแปลง เป็นต้น
2. วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง โดยหาความสัมพันธ์กับกิจกรรมที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ ได้แก่ SPSS ทั้งนี้จะต้องมีการตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับกิจกรรมที่อาจก่อให้เกิดฝุ่นละออง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมุติฐาน
3. สรุปความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก
4. สังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝุ่นละอองกับกิจกรรมที่ตั้งสมมุติฐานไว้ข้างต้น รวมถึงใช้เครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและเก็บตัวอย่างในตำแหน่งที่สนใจ

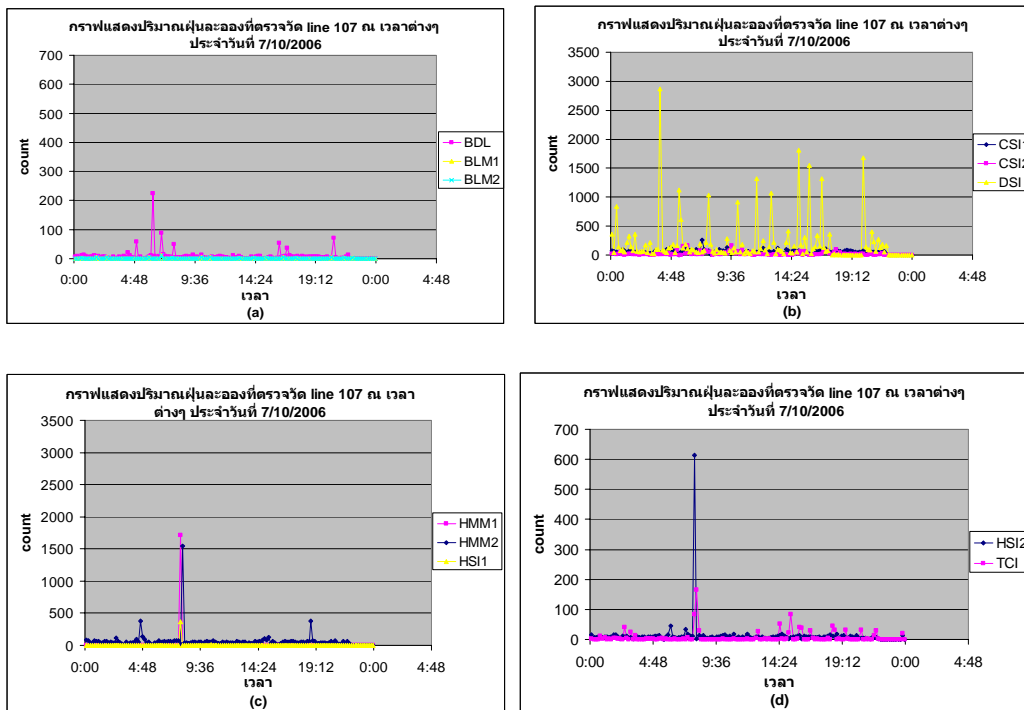
ผลการทดลอง

ห้องควบคุมสภาวะที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นห้องควบคุมสภาวะ Class 100 ซึ่งจะเป็นการนำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตก่อนเข้าสู่การทดสอบการทำงาน ดังนั้นการปนเปื้อนของฝุ่นจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพและอายุการใช้งานของ

ผลิตภัณฑ์ ซึ่งทางโรงงานได้ติดตั้งเครื่องตรวจนับฝุ่นที่จุดต่างๆอย่างต่อเนื่อง ทุก 10 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง

1. ปริมาณฝุ่นละอองในบริเวณต่างๆของสายการผลิต

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลฝุ่นละอองในหน่วยผลิตต่างๆ จากข้อมูลพบว่าปริมาณฝุ่นละอองจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในการศึกษานี้จะเรียงลำดับหน่วยผลิตที่มีปริมาณฝุ่นละอองจากน้อยไปหามาก ในการวิเคราะห์จะหาค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละอองของแต่ละหน่วยผลิต โดยจะหาค่าเฉลี่ยทั้งสามแบบ คือ ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต ค่ามัธยฐานและค่าฐานนิยม แสดงผลของค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นละอองของหน่วยผลิตต่างๆ ดังในตารางที่ 1



รูปที่ 1 ปริมาณฝุ่นละอองที่เวลาต่างๆกันในหลายหน่วยการผลิต

a) หน่วยการผลิต BDL ,BLM1 ,BLM2

b) หน่วยการผลิต CSI1 ,CSI2 ,DSI

c) หน่วยการผลิต HMM1 ,HMM2 ,HSI1

d) หน่วยการผลิต HSI2 ,TCI

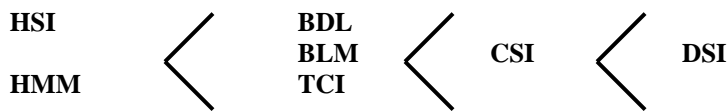
	N	Mean	Median	Mode	Std. deviation	Maximum
BDL	55556	404.21	1.00	0.00	14909.75	935418
BLM1	60052	28.86	3.00	0.00	161.63	13733
BLM2	60046	1106.51	4.00	0.00	30731.58	1284892
CSI1	60054	4774.78	25.00	0.00	173429.44	1.2E+07
CSI2	60069	1578.09	13.00	0.00	157179.20	1.9E+07
DSI	68578	51271.94	3.00	0.00	966396.57	2.7E+07
HMM1	59062	19.19	0.00	0.00	1008.17	225854
HMM2	59068	27.48	0.00	0.00	994.24	155523
HSI1	60051	20.50	0.00	0.00	269.50	35342
HSI2	60073	23.09	0.00	0.00	228.07	13549
TCI	59073	149.04	1.00	0.00	3650.99	299214

ตารางที่ 1 ค่าทางสถิติของข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองที่หน่วยการผลิตต่างๆ

หมายเหตุ ค่าย่อของหน่วยผลิตที่ใช้ในการศึกษานี้

BDL = Base Deck Load BLM = Balance Measure
 CSI = Clamp Screw Install DSI = Disk Install
 HMM = Head Merge HSI = Head Stack Install
 TCI = Top Cover Install

จะพบว่าค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐานและฐานนิยมไม่ได้ให้ข้อมูลที่ชัดเจนพอที่จะนำไปเปรียบเทียบได้ ดังนั้นสามารถเรียงลำดับหน่วยผลิตที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นละอองจากน้อยไปหามาก โดยใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตได้ดังนี้



2. การใช้โปรแกรม SPSS ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองกับกิจกรรมที่ดำเนินการในห้องควบคุมสภาวะ

สำหรับโปรแกรม SPSS เป็นโปรแกรมทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งใช้งานได้ดีกับข้อมูลที่มีปริมาณมาก โดยในการศึกษานี้จะตั้งสมมุติฐานที่เกี่ยวกับกิจกรรมที่มีความเป็นไปได้ในการก่อให้เกิดฝุ่นละอองภายในห้องควบคุมสภาวะ เช่น การเปลี่ยนกะการทำงานของพนักงาน ระยะเวลาในการเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศ การป้อนชิ้นงานเข้า-ออกห้องควบคุมสภาวะ พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมของพนักงาน การใช้เครื่องสำอาง เป็นต้น ทั้งนี้ เนื่องจากในการศึกษานี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังที่ได้มีการรวบรวมไว้แล้ว ทำให้มีข้อมูลบางส่วน เช่นเวลาที่แน่นอนในการดำเนินกิจกรรมในแต่ละวันไม่สามารถรวบรวมได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จะเลือกเฉพาะกิจกรรมที่มีช่วงระยะเวลาที่แน่นอนได้แก่ เวลาในการเปลี่ยนกะ นอกจากนี้ได้มีรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมโดยมีการจดบันทึกเวลาที่แน่นอนในการทำความสะอาดสายการผลิต ซึ่งจากข้อมูลสองส่วนนี้จะทำการทดสอบสมมุติฐานดังผลที่แสดงไว้ด้านล่าง

2.1 การเปลี่ยนกะการทำงานกับการเกิดฝุ่นละออง

โดยทำการตั้งสมมติฐานว่า “การเปลี่ยนกะการทำงานไม่มีผลต่อการเกิดฝุ่นละออง” เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์สมมติฐานที่เลือกใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ T-test และ F-test เนื่องจากโรงงานทำงาน 24 ชั่วโมง แต่ละกะจะทำงาน 8 ชั่วโมง ดังนั้นในแต่ละวันจะมี 3 กะการทำงาน ช่วงเวลาในแต่ละกะจะเป็นดังนี้ 0:00-8:00, 8:00-16:00 และ 16:00-24:00 นำข้อมูลปริมาณฝุ่นช่วงการทำงานปกติหลังเปลี่ยนกะการทำงาน 3 ชั่วโมง มาเปรียบเทียบกับช่วงที่เปลี่ยนกะการทำงาน ทั้ง 3 กะของหน่วยผลิต โดยแสดงผลของหน่วยผลิต HMM & DSI สำหรับหน่วยผลิต HMM จะเป็นตัวแทนของหน่วยผลิตที่มีปริมาณฝุ่นละอองต่ำ และหน่วยผลิต DSI จะเป็นตัวแทนหน่วยผลิตที่มีปริมาณฝุ่นละอองสูง ในการทดสอบสมมติฐานจะทดสอบข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองเป็นคู่ โดยคู่ที่ 1 (Pair 1) ทดสอบสมมติฐานปริมาณฝุ่นละอองขณะทำงานกับขณะเปลี่ยนกะการทำงานของหน่วยผลิต HMM2 และคู่ที่ 2 (Pair 2) ทดสอบสมมติฐานปริมาณฝุ่นละอองขณะทำงานกับขณะเปลี่ยนกะการทำงานของหน่วยผลิต DSI ในการทดสอบสมมติฐานทั้งแบบ T-test และ F-test จะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสองชุดว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ในการทดสอบแบบ T-test ถ้าผลการทดสอบมีค่านัยสำคัญทางสถิติ (Significant (2-tailed)) มากกว่า 0.01 หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสองไม่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานแบบ T-test แสดงในตารางที่ 2 พบว่า ค่า Sig. (2-tailed) ของข้อมูลทั้งสองคู่มีค่ามากกว่า 0.01 แสดงว่า การเปลี่ยนกะการทำงานไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝุ่นละอองภายในห้องควบคุมสภาวะ

T – test dependent				
	N	Correlation	Sig.	Sig.(2-tailed)
Pair1 Normal HMM2 – ChangeHMM2	155	0.580	0.000	0.125
Pair2 G2103DSI – G3103DSI	736	0.302	0.000	0.529

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์แบบ T-test dependent (T-test)

ในการทดสอบแบบ F-Test ถ้าผลการทดสอบมีค่านัยสำคัญทางสถิติ (Significant (2-tailed)) มากกว่า 0.05 หมายความว่า ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสองไม่แตกต่างกัน ผลการทดสอบสมมติฐานแบบ F-test แสดงในตารางที่ 3 พบว่า ค่า Sig. (2-tailed) ของข้อมูลทั้งสองคู่มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับที่ตรวจสอบสมมติฐานด้วยวิธี T-test ในการเปลี่ยนกะการทำงานจะต้องมีการเข้าออกของพนักงาน มีการเคลื่อนไหว อาจส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กได้ ดังนั้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ระบบการไหลเวียนอากาศและระบบกรองอากาศภายในห้องควบคุมสภาวะมีประสิทธิภาพ รวมไปถึงมาตรการในการควบคุมฝุ่นละอองที่อาจเกิดจากพนักงาน เช่น การควบคุมการเคลื่อนไหว การใช้ชุดป้องกันฝุ่นละอองและทำความสะอาดร่างกายก่อนเข้าห้องควบคุมสภาวะ เป็นต้น มีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณฝุ่นที่อาจกระจายอยู่โดยรอบหน่วยผลิตได้เป็นอย่างดี

T – test independent					
	N	F	Sig.	t	Sig.(2-tailed)
Pair1 Normal HMM2 – ChangeHMM2	155	3.648	0.057	0.781	0.435
Pair2 Normal DSI – Change DSI	736	1.187	0.276	0.542	0.588

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์แบบ T-test independent (F-test)

อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการตรวจวัดในบริเวณการประกอบชิ้นส่วนต่างๆของฮาร์ดดิสก์ พบว่ามีปริมาณฝุ่นเกินค่าที่กำหนดไว้เป็นครั้งคราว โดยฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับลักษณะการทำงานของเครื่องจักร เช่น ฝุ่นจากการกระทบกันของโลหะ ฝุ่นจากการขยับชิ้นส่วน มีผลทำให้เกิดการสะสมตัวของฝุ่นละอองในสายการผลิต

2.2 การทำความสะอาดสายการผลิตเพื่อช่วยลดปริมาณฝุ่นละออง

จากปัญหาฝุ่นละอองที่พบในเครื่องจักรระหว่างการผลิต ทำให้จะต้องมีการดำเนินการแก้ไขโดยแนวทางหนึ่งคือการทำความสะอาดสายการผลิตเป็นระยะๆ เพื่อลดการสะสมตัวของฝุ่นละออง ในการศึกษานี้ได้วิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองก่อนและหลังการทำความสะอาดสายการผลิต เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจพบก่อนทำความสะอาดและหลังการทำความสะอาดสายการผลิตมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยตรวจวัดก่อนและหลังทำความสะอาดสายการผลิตเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากการศึกษาทางสถิติพบว่า การทำความสะอาดสายการผลิตไม่มีผลต่อการลดลงของปริมาณฝุ่นละอองภายในสายการผลิต ดังแสดงผลการวิเคราะห์แบบ F-test ในตารางที่ 4

T – test independent					
	N	F	Sig.	t	Sig.(2-tailed)
Before - After	48	0.397	0.530	0.178	0.859

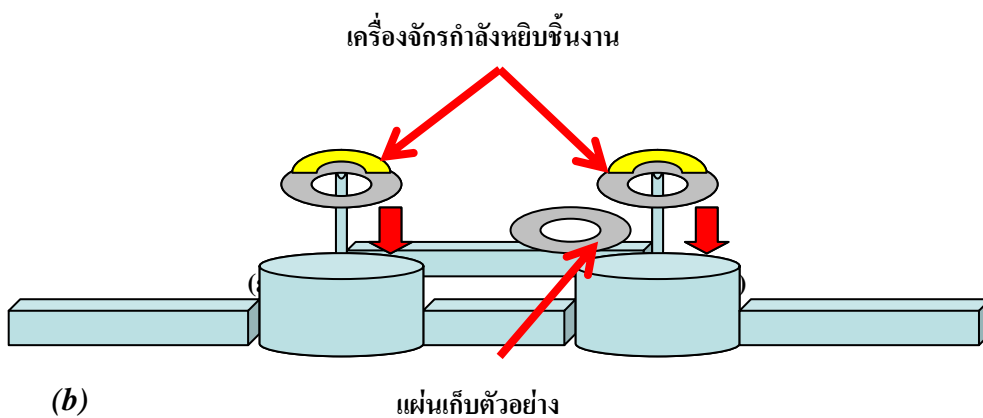
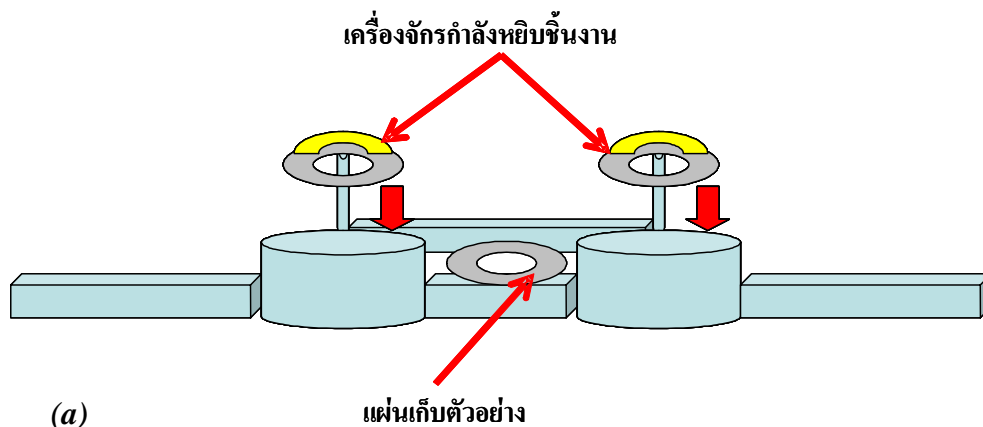
ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์แบบ T-test independent (F-test)

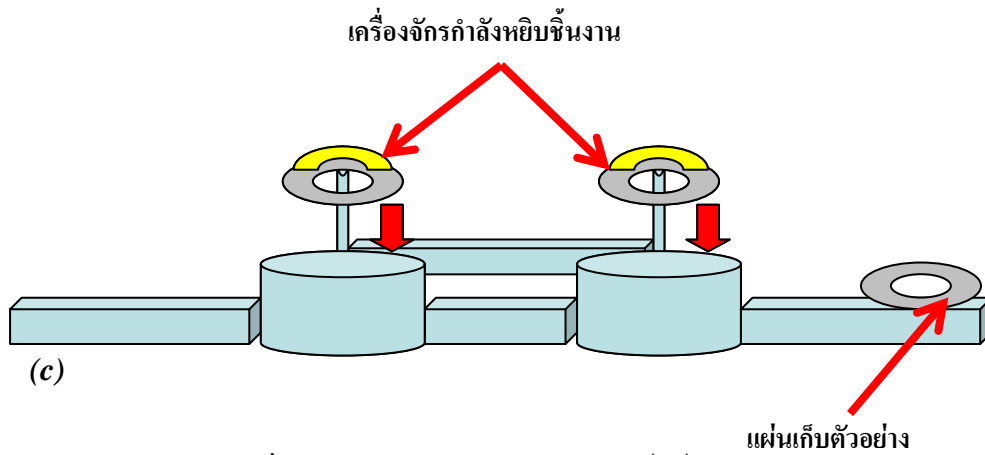
ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้รับในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการทำความสะอาดสายการผลิตไม่ได้ช่วยลดการปนเปื้อนของฝุ่นละออง ซึ่งอาจแสดงถึงมาตรการที่มีอยู่เดิม เช่น การติดตั้งสายดึงอากาศซึ่งอาจมีฝุ่นปนเปื้อนอยู่ในบริเวณที่มีการกระทบกันของโลหะหรือบริเวณที่จะต้องมีการเจาะและขยับชิ้นส่วนมีประสิทธิภาพดีเพียงพอ หรืออาจพิจารณาในส่วนของจำนวนข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์น้อยเกินไป (เก็บตัวอย่าง 1 วัน) และมีช่วงของเวลาที่เก็บตัวอย่างกว้างมากเกินไป(8 ชั่วโมงก่อนและหลังทำความสะอาดสายการผลิต) ทำให้อาจมีผลของการเกิดฝุ่นละอองจากกิจกรรมอื่นมาเกี่ยวข้องทำให้ผลที่ได้เบี่ยงเบนไป

3. การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบครั้งคราวในตำแหน่งที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นละอองมาก

ในการศึกษานี้ เลือกเก็บตัวอย่างที่เครื่อง DSI โดยทำการวางแผ่นเก็บตัวอย่าง 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณที่เครื่องจักรกำลังหยิบชิ้นงาน (Load Media) บริเวณที่อยู่ห่างออกมาจากเครื่องจักร (Blank) และ

บริเวณที่ชิ้นงานผ่านออกมาจากเครื่อง (Out Going) รูปที่ 2 ภาพแสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่เครื่อง DSI โดยจะวางแผ่นเก็บตัวอย่างในระหว่างกระบวนการผลิตเป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ฝุ่นที่ติดอยู่ด้วยเครื่อง FTIR โดยทำการตรวจวัดโลหะ ออกไซด์ของโลหะ และสารประกอบโลหะหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่ตรวจไม่พบ จะมีเพียงสารประกอบบางชนิดที่ตรวจพบ โดยสรุปผลการวิเคราะห์สารที่ตรวจพบบนแผ่นเก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 5





รูปที่ 2 ภาพแสดงการวางแผ่นเก็บตัวอย่างที่เครื่อง DSI

- (a)บริเวณที่มีเครื่องจักรกำลังหยิบชิ้นงาน (Load Media)
- (b)บริเวณที่อยู่ห่างออกมาจากเครื่องจักร (Blank)
- (c)บริเวณที่ชิ้นงานผ่านออกมาจากเครื่อง (Out Going)

พบว่าฝุ่นละอองที่เก็บได้มีปริมาณต่ำ ถ้าเปรียบเทียบในตำแหน่งที่ห่างออกมาจากเครื่องจักร จะมีปริมาณน้อยกว่าในบริเวณใกล้เครื่องจักร (Load media และ Out going) แต่จำนวนฝุ่นที่ตรวจวัดได้ มีปริมาณต่ำเกินกว่าจะนำไปวิเคราะห์อย่างละเอียดต่อไป

Total Count	Total Count (counts)	Blank	Load Media	Out going
Total count	Total count	1	6	7
SemiHard	Total SemiHard	1	1	2
	Fe base	1	1	2
Other Particles	Total other particles	0	5	5
	ClFeO	0	0	1
	ClKO	0	1	0
	Dust	0	3	3
	CaO	0	1	1

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบครั้งคราว

ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากการวางแผ่นเก็บตัวอย่างสั้นเกินไป หรือเทคนิคในการวิเคราะห์จะต้องมีการปรับปรุง เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาณมากเพียงพอในการวิเคราะห์ ดังที่ได้มีการศึกษาของ Ebert และคณะ (1997) ได้เสนอไว้ว่าปัญหาอย่างหนึ่งของการเก็บตัวอย่างฝุ่นที่มีปริมาณน้อยมาก จะต้องเก็บตัวอย่างให้มีปริมาณมากเพียงพอที่เครื่องมือจะทำการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะต้องมีการศึกษาหาแนวทางที่เหมาะสมต่อไป

สรุปผลการทดลอง

มาตรการในการควบคุมปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กซึ่งอาจเกิดจากการปฏิบัติงานของพนักงานสามารถดำเนินการได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ต้องเคร่งครัดในการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับการเกิดฝุ่นละอองที่อาจเกิดจากเครื่องจักร ควรจะมีการจัดทำแผนการทำความสะอาดสายการผลิตเป็นครั้งคราว โดยจะต้องกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทำความสะอาดเพื่อช่วยลดการสะสมของฝุ่น ในส่วนของเครื่องจักรที่จะต้องมีการกระทบกันระหว่างโลหะกับโลหะ ควรจะมีการลดแรงกระแทก เช่นการเปลี่ยนวัสดุด้านหนึ่งจากโลหะเป็นวัสดุอื่นแทน เป็นต้น หรือถ้าในบริเวณใดที่มีปัญหาในการเกิดฝุ่นละอองปริมาณมากอาจจะต้องมีการติดตั้งระบบดักอากาศเพื่อกำจัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่ให้สะสมตัวและตกลงสู่ชิ้นงาน ทั้งนี้การแก้ปัญหาจะต้องสัมพันธ์กับลักษณะการทำงานเฉพาะในตำแหน่งที่สนใจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ภายใต้โครงการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในอุตสาหกรรม Hard Disk Drive (HDD Cluster) ที่ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ebert, M. et.al., 1997. "Examination of clean room aerosol particle composition by total reflection X-ray analysis and electron probe microanalysis", **Spectrochimica Acta Part B**, 52, pp.967-975.
- Gutfinger, C. and Ziskind, G., 1999. "Particle resuspension by air jets application to clean rooms", **Journal of Aerosol Science**, 30, pp.s537-s538
- Kuehn T. H. , 1988. "Predicting air flow patterns and particulate contamination in clean room", **Journal of Aerosol Science**, 19, pp.1405-1408.
- Li, K. T. et.al., 1998. "Clean room particle monitor, air flow simulation and measurement for aerosol reduction", **Journal of Aerosol Science**, 29, pp.254.