



สถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของคนงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ
และคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ



มาลี พงษ์โสภณ

อภินันทนาการ

จาก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2545

ISBN 974 - 04 - 1858 - 9

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

วพ
ม 5126
2545
ค.2

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของแรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ
และคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ

นางมาลี พงษ์โสภณ

ผู้วิจัย

ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ นิภาพรณ กังสกุลนิติ

วท.บ.,M.S., Dr.P.H.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ เนาวรัตน์ เจริญคำ

วท.บ.,M.S.,Dr.P.H.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อุดมศักดิ์ กองเมือง

วศ.บ.(สุขาภิบาล), M.S.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์ เลียงชัย ถิมล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ สุวิทย์ ชุมชุมศิริวัฒน์

วศ.บ.(เกียรตินิยม), M.S.

ประธานคณะกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะสาธารณสุขศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของคณงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

และคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

วันที่ 24 พฤษภาคม พ.ศ. 2545

นางมาลี พงษ์โสภณ

ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ นิภาพรณ กังสกุลนิติ

วท.บ.,M.S., Dr.P.H.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ สุวิทย์ ชูมนุมศิริวัฒน์

วศ.บ.(เกียรตินิยม), M.S.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นางสลิสร เทพตระการพร

วท.บ., Ph.D.(Env.Health)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ เนาวรัตน์ เจริญคำ

วท.บ.,M.S.,Dr.P.H.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์เลียงชัย ถิมถ่อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

รองศาสตราจารย์กานดา วัฒนโนภาส

วท.บ.,M.Sc.in Hygiene (P.H. Microbiology)

คณบดี

คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นิภาพรรณ กังสกุลนิติ รองศาสตราจารย์ ดร.เนาวรัตน์ เจริญคำ รองศาสตราจารย์ สุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์ ดร.สสิธร เทพตระการพร และผู้ช่วยศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ คงเมือง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ข้อคิดเห็น สนับสนุนการดำเนินการวิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดุสิต สุจิรารัตน์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ทางสถิติ

ขอขอบคุณสมาคมอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ให้การสนับสนุนโดยการช่วยคัดเลือกโรงงานให้เป็นสถานที่ศึกษา รวมทั้งสนับสนุนหน้ากากผ้าเพื่อใช้ทดสอบความเป็นไปได้ในการสนับสนุนการพัฒนาขึ้นใช้เองในประเทศ ขอขอบคุณบริษัท 3 M ประเทศไทย จำกัด ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ทดสอบโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณอารี ดันทวิวงศ์ ที่ได้กรุณาช่วยเหลือและแก้ปัญหาการใช้เครื่องมือทดสอบ ขอขอบคุณโรงงานต่าง ๆ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ศึกษาและให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง ขอขอบคุณบริษัทต่าง ๆ ที่เอื้อเฟื้อหน้ากากเพื่อการทดสอบ ขอขอบคุณศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 4 ราชบุรี ที่ให้ยืมเครื่องมือเพิ่มเติม ขอขอบคุณคุณวรุจน์ ภูมิวิวิ และน้อง ๆ นักศึกษาฝึกงานอาชีวอนามัยจากสถาบันราชภัฏ จันทเกษมที่ให้ความช่วยเหลือเตรียมเครื่องมือตรวจวัดในภาคสนาม ขอขอบคุณคุณพรเทพ ลิขไพบำรุง ที่ให้ความช่วยเหลือในการถ่ายภาพประกอบการศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลทุกท่านที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา เพื่อนร่วมรุ่น คุณโสภณ พงษ์โสภณ และเจ้าหน้าที่ของกองอาชีวอนามัยทุกท่านที่มีได้เอื้อนามในที่นี้ที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

มาลี พงษ์โสภณ

4036215 PHET/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ; วท.ม. (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ : ฝุ่นฝ้าย / อุตสาหกรรมสิ่งทอ / อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ

มาติ พงษ์โสภณ : สถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของคนงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอและคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ (COTTON DUST EXPOSURE AMONG TEXTILE INDUSTRIAL WORKERS AND QUALITY OF RESPIRATORY PROTECTIVE DEVICES) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : นิภาพรรณ กังสกุลนิติ, Dr.P.H.(Env.Health), เนาวรัตน์ เจริญค้า, Dr.P.H. (Env.Health), อุดมศักดิ์ คงเมือง, M.S.(Env.Eng), 88 หน้า. ISBN 974 - 04 - 1858 - 9

ปัจจุบันโรคปอดฝุ่นฝ้ายจากการทำงาน เป็นปัญหาที่มีการเรียกร้องเงินทดแทนสูงเป็นอันดับหนึ่งในบรรดาโรคจากการประกอบอาชีพที่มีสาเหตุจากสิ่งแวดล้อมด้านสุขภาพ การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณและการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอและศึกษาคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ศึกษาถึงสถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของคนงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ที่แผนกต่าง ๆ 5 แผนก ได้แก่ แผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ ในกิจการปั่นด้ายและทอผ้า รวมทั้งสิ้น 6 โรงงาน เพื่อประเมินความแตกต่างของปริมาณฝุ่นในแผนกต่าง ๆ ส่วนที่ 2 ศึกษาเกี่ยวกับการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในแผนกต่าง ๆ เพื่อนำมากำหนดคุณลักษณะการกรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ใช้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอ และส่วนที่ 3 ศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ใช้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอ เพื่อบันทึกเกี่ยวกับชนิด / แบบและคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ซึ่งใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐานของออสตรเลีย / นิวซีแลนด์

ผลการศึกษาในส่วนที่ 1 พบว่าปริมาณฝุ่นฝ้ายในแผนกต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในโรงงานเดียวกันและต่างโรงงานกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแผนกที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยสูงสุดถึงน้อยที่สุดเรียงตามลำดับได้ดังนี้ แผนกทอ (0.7299 mg/m^3) แผนกผสม (0.4378 mg/m^3) แผนกสาง (0.3811 mg/m^3) แผนกกรอ (0.2661 mg/m^3) แผนกปั่น (0.2177 mg/m^3) แสดงให้เห็นว่าคนงานย่อมมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายจากการทำงานแตกต่างกัน ในส่วนที่ 2 พบว่าการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในโรงงานเดียวกันในแผนกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ยังพบฝุ่นขนาดเล็กกว่า 0.4 ไมโครเมตร ในปริมาณมากเช่นกัน (ร้อยละ 1.1 ถึงร้อยละ 21.22) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามาตรฐานความปลอดภัยในการกรองฝุ่นของออสตรเลีย/นิวซีแลนด์ที่กำหนดให้ต้องกรองฝุ่นขนาด $0.3 \mu\text{m}$ ที่ระดับคุณภาพต่าง ๆ นั้นเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นมาตรฐานความปลอดภัยในการกรองฝุ่นฝ้ายของอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยด้วยเช่นกัน ในส่วนที่ 3 อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่มีขายและใช้กันอยู่โดยทั่วไปทั้ง 20 แบบ ยังไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัย อย่างไรก็ตามบางแบบยังมีโอกาสที่จะพัฒนาให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของกรมอนามัยได้ ด้วยการปรับปรุงวัสดุที่ใช้ในการกรอง ซึ่งอาจเพิ่มขนาดความหนา การจัดเรียงตัวของเส้นใยและการเคลือบสารที่เพิ่มประจุดูดจับฝุ่นได้มากขึ้น

4036215 PHET/M : MAJOR : ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY ;

M.Sc. (ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY)

KEY WORD : COTTON DUST / TEXTILE INDUSTRY/ RESPIRATORY PROTECTIVE DEVICES

MALEE PONGSOPON : COTTON DUST EXPOSURE AMONG TEXTILE INDUSTRIAL WORKERS AND QUALITY OF RESPIRATORY PROTECTIVE DEVICES. THESIS ADVISORS ; NIPAPUN KUNGSKULNITI, Dr.P.H.(Env. Health), NAOWARUT CHAROENCA, Dr.P.H. (Env.Health), UDOMSAK KONGMUANG, M.S.(Env.Eng.), 88 p. ISBN 974 – 04 – 1858 - 9

Currently, byssinosis is the first ranking occupational disease caused by biological health hazards as determined through claims on the Thailand Workmen's Compensation Fund. The objective of this study was to compare the quantity and size distribution of cotton dust in textile industries and investigate the quality of respiratory protective devices. This study was divided into three parts. Part I was to investigate cotton dust exposure among textile workers in the spinning thread works and weaving fabric works in the sections of mixing, carding, spinning, winding and weaving in six factories so as to evaluate the differences of cotton dust quantity in each section. Part II was to study the size distribution of cotton dust in each section in order to design appropriate respiratory protective devices for textile industries. Part III was to study the quality of respiratory protective devices so as to record type, model and quality of respiratory protective devices which have been tested according to the standard method test of Australia / New Zealand .

Part I results found that cotton dust quantity was significantly different in the studied sections both in the same industry and in different industries ($P < 0.05$). The mean concentrations of cotton dust in weaving, mixing, carding, winding and spinning sections were 0.7299, 0.4378, 0.3811, 0.2661, and 0.2177 mg/m^3 respectively, which showed the differences of risk factor for byssinosis. Part II results indicated that size distribution of cotton dust in various sections of the same industry was not significantly different ($P > 0.05$). Moreover, there was a high level of cotton dust in the size of less than 0.4 micrometers as well (between the range of 1.1% to 21.22%). Therefore, it could be concluded that the safety standard of respiratory protective devices of Australia / New Zealand (0.3 micrometers) is suitable as a safety standard for textile industries in Thailand. Part III results showed that all 20 models of respiratory protective devices which had been widely used in the factories were not safe enough for health protection. However, there are some models which can be developed or have a better opportunity to meet the safety standard of the Department of Health by improving its filtering material such as increasing thickness, adjusting the packing of fiber, and coating filtering material to increase electrical charge.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญแผนภูมิ	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	4
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
1.7 กรอบแนวคิดของการศึกษา	8
1.8 ข้อยกเว้นของการศึกษา	8
2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 อาชีพและลักษณะงานที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย	9
2.2 โรคปอดฝุ่นฝ้ายและสาเหตุของโรค	9
2.3 ทางเข้าสู่ร่างกายและกลไกการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย	10
2.4 อาการและอาการแสดงของโรค	10
2.5 การเฝ้าระวังทางสุขภาพ	11
2.6 การวินิจฉัยโรค	11
2.7 แนวทางการดูแลรักษา	12
2.8 แนวทางการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและการป้องกันโรค	12
2.9 ความสัมพันธ์ของฝุ่นฝ้ายกับการเกิดโรคจากการทำงาน	13
2.10 แหล่งที่พบฝุ่นฝ้าย	14
2.11 มาตรฐานฝุ่นฝ้ายในอากาศ	19

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2.12	การประเมินฝุ่นฝ้ายในอากาศ	20
2.13	การประเมินการกระจายขนาดของฝุ่นด้วยเครื่อง Andersen Cascade Impactor	22
2.14	อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ	24
2.15	การประเมินความสามารถในการกรองฝุ่นด้วยเครื่องมือ Automated Filter Tester	25
3	ระเบียบวิธีการศึกษา	
3.1	วิธีการศึกษา	27
3.2	แผนที่ศึกษาและจำนวนตัวอย่าง	27
3.3	เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	30
3.4	ขั้นตอนการศึกษา	36
3.5	การวิเคราะห์ผลการศึกษา	40
4	ผลการศึกษา	
4.1	การศึกษาในส่วนที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้าย	41
4.2	การศึกษาในส่วนที่ 2 เปรียบเทียบการกระจายขนาด	48
4.3	การศึกษาในส่วนที่ 3 คุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ	60
5	อภิปรายผล	
5.1	อภิปรายผลในส่วนที่ 1 และ 2	65
5.	อภิปรายผลในส่วนที่ 3	70
6	สรุปผล และข้อเสนอแนะ	
6.1	สรุปผลการศึกษาในส่วนที่ 1	74
6.2	สรุปผลการศึกษาในส่วนที่ 2	74
6.3	สรุปผลการศึกษาในส่วนที่ 3	75
6.4	ข้อเสนอแนะทั่วไป	75
6.5	ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป	76

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รายการอ้างอิง	78
ภาคผนวก	
ก. สภาวะการทดสอบที่กำหนดตาม BS4400	81
ข. AFT 8110- Conversion (metric)	82
ประวัติผู้วิจัย	88



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 1 แยกตามแผนก	41
2	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 2 แยกตามแผนก	42
3	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 3 แยกตามแผนก	42
4	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 4 แยกตามแผนก	43
5	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 5 แยกตามแผนก	43
6	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 6 แยกตามแผนก	44
7	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยรวมทุกแผนกแยกตาม โรงงาน เรียงลำดับจากมากไปน้อย	44
8	ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยรวมทุก โรงงานแยกตามแผนก เรียงลำดับจากมากไปน้อย	45
9	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA ทดสอบความแตกต่างของ ปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละแผนกใน โรงงานเดียวกัน	47
10	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA ทดสอบความแตกต่างของ ปริมาณฝุ่นฝ้ายของทุก โรงงาน	48
11	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรงของ โรงงานที่ 1แยกตามแผนก	49
12	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรงของ โรงงานที่ 2แยกตามแผนก	50
13	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรงของ โรงงานที่ 3แยกตามแผนก	50
14	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรงของ โรงงานที่ 4แยกตามแผนก	51
15	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรงของ โรงงานที่ 5แยกตามแผนก	51
16	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรงของ โรงงานที่ 6แยกตามแผนก	52
17	การทดสอบทางสถิติด้านการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายของแผนกต่างๆใน โรงงานเดียวกัน	53
18	การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่ช่วงพิสัยขนาดต่างๆใน โรงงานที่ 1 แยกตามแผนก	54
19	การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่ช่วงพิสัยขนาดต่างๆใน โรงงานที่ 2 แยกตามแผนก	55
20	การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่ช่วงพิสัยขนาดต่างๆใน โรงงานที่ 3 แยกตามแผนก	56
21	การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่ช่วงพิสัยขนาดต่างๆใน โรงงานที่ 4 แยกตามแผนก	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในช่วงพิสัยขนาดต่างๆในโรงงานที่ 5 แยกตามแผนก	58
23	การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในช่วงพิสัยขนาดต่างๆในโรงงานที่ 6 แยกตามแผนก	59
24	ผลการทดสอบด้านการแทรกผ่านเฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 1 2 4 5 และ 20	61
25	ผลการทดสอบด้านการแทรกผ่านเฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 3 และ 6-9	62
26	ผลการทดสอบด้านความต้านทานการหายใจเฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทาง เดินหายใจ แบบที่ 1 2 4 5 และ 20	63
27	ผลการทดสอบด้านความต้านทานการหายใจเฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทาง เดินหายใจ แบบที่ 3 และ 6-19	64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงแผนกผสมในโรงงานปั่นด้าย	17
2	แสดงแผนกสางใยในโรงงานปั่นด้าย	17
3	แสดงแผนกปั่น3ในโรงงานปั่นด้าย	18
4	แสดงแผนกกรอในโรงงานทอผ้า	18
5	แสดงแผนกทอผ้าโรงงานทอผ้า	19
6	แสดงสัดส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ประเมินฝุ่นฝ้ายในอากาศ	21
7	แสดงเครื่องมือ Andersen Cascade Impactor	23
8	แสดงเครื่องมือ Automated Filter Tester	26
9	แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่องมือ Vertical Elutriator	30
10	แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่องมือ Andersen Cascade Impactor	31
11	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 1	32
12	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 2	32
13	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 3	32
14	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 4	33
15	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 5	33
16	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 6	33
17	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 7	34
18	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 8-10	34
19	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 11	34
20	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 12	35
21	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 13	35
22	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 14	35
23	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 15-19	36
24	แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 20	36

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดของการศึกษา	8
2	แสดงแหล่งที่ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสฝุ่นฝ้าย	14
3	แสดงการอักเสบของเส้นใยฝ้าย	15
4	แสดงแผนผังการศึกษาโดยสรุป	28
5	แสดงรายละเอียดการศึกษาเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ปอดฝุ่นฝ้ายของคณงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอในแผนกต่าง ๆ	28
6	แสดงรายละเอียดการศึกษาการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรม สิ่งทอในแผนกต่าง ๆ	29
7	แสดงรายละเอียดการศึกษาความสามารถในการกรองฝุ่นฝ้ายของอุปกรณ์ ปกป้องทางเดินหายใจด้าน penetration test และ resistant test	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการเติบโตและขยายตัวอย่างต่อเนื่องเนื่องจากอุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าที่เป็นความจำเป็นพื้นฐานของการดำรงชีพ และจากความสามารถในการแข่งขันที่ประเทศไทยมีค่าจ้างแรงงานค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับฝีมือแรงงาน จึงทำให้อุตสาหกรรมประเภทนี้สามารถยืนหยัดอยู่ได้แม้จะต้องประสบกับภาวะเศรษฐกิจตกต่ำไปทั่วโลกก็ตาม นอกจากนี้อุตสาหกรรมนี้ยังทำรายได้เข้าสู่ประเทศนับเป็นพันล้านบาท จากข้อมูลของศูนย์สารสนเทศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2541 (1) พบว่ามีคนงานที่ทำงานอยู่ในอุตสาหกรรมสิ่งทอทั่วประเทศ 4,724 แห่ง โดยจะมีกลุ่มบุคคลที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย (Byssinosis) รวมทั้งสิ้นถึง 496,688 คน จึงนับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอาชีพหนึ่งที่สมควรมีการเอาใจใส่ดูแลคุ้มครองสุขภาพผู้ประกอบอาชีพ

นอกจากนี้ข้อมูลของกองทุนเงินทดแทน (2) ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2532-2541 พบว่ามีผู้ป่วยด้วยโรคปอดฝุ่นฝ้ายจำนวนไม่น้อย โดยมีจำนวนสูงถึง 87 คนในปี 2537 แม้ว่าในปีต่อมามีผู้ป่วยลดลงตามภาวะเศรษฐกิจตกต่ำซึ่งทำให้การจ้างงานด้านนี้ลดลงก็ตาม เพื่อเป็นการคุ้มครองสุขภาพอนามัยของคนงานดังกล่าว กรมอนามัยโดยกองอาชีวอนามัย (3) จึงได้ดำเนินการพัฒนารูปแบบการเฝ้าคุมโรคปอดฝุ่นฝ้ายขึ้นซึ่งเน้นให้มีการดำเนินการเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยมีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายและให้มีการเฝ้าระวังด้านสุขภาพโดยการตรวจสุขภาพการดำเนินงานเพื่อการเฝ้าคุมโรคปอดฝุ่นฝ้ายนี้ เริ่มตั้งแต่ปี 2542 มีการนำรูปแบบการเฝ้าคุมโรคไปกระจายให้ส่วนภูมิภาคดำเนินการทั้งสิ้น 18 จังหวัด ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีอุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นจำนวนมาก นับเป็นการดำเนินการเพื่อควบคุมโรคปอดฝุ่นฝ้ายขั้นปฐมภูมิ ผลการดำเนินการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมการทำงานโดยการตรวจวัดปริมาณฝุ่นด้วยเครื่อง Vertical Elutriator ซึ่งเป็นเครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นฝ้ายที่มีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่า 15 ไมโครเมตร (μm) ซึ่งมีโอกาสเป็นอันตรายต่อทางเดินหายใจสูง ในอุตสาหกรรมจำนวน 18 แห่งอันได้แก่โรงงานทอผ้าที่ใช้ฝ้ายเป็นวัตถุดิบ โรงงานสิ่งทอที่ใช้ปอผลิตถุงและกระสอบ โรงงานสิ่งทอที่มีการดัดและย้อมผ้า และโรงงาน

ป็นหุ่นผลิตที่นอนและหมอน พบว่ามีจำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณฝุ่นเกินมาตรฐานความปลอดภัยทั้งสิ้น 32 ตัวอย่างจากตัวอย่างที่เก็บทั้งสิ้น 48 ตัวอย่าง คิดเป็น 66.7% นอกจากนี้ยังพบผู้มีสมรรถภาพปอดต่ำลงถึง 10% (เมื่อสัมผัสฝุ่นไปได้ 6-8 ชั่วโมงในวันแรกของสัปดาห์) ร่วมด้วยกับมีอาการเข้าได้กับโรคปอดฝุ่นฝ้ายจำนวน 7 คนจากกลุ่มตัวอย่างในการเฝ้าระวังทางสุขภาพทั้งสิ้น 1,324 คน คิดเป็น 0.53% ในการคัดกรองผู้มีความเสี่ยงทำได้โดยการสอบถามอาการ ชักประวัติการเจ็บป่วย และการตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอด เป็นที่น่าสังเกตว่าทั้งๆที่มีปริมาณฝุ่นในสิ่งแวดล้อมการทำงานเกินมาตรฐานความปลอดภัยแต่ผลทางสุขภาพยังพบผู้ป่วยอยู่น้อยมาก แสดงว่าการพัฒนาการเกิดโรคเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป กล่าวคือกว่าจะพบความผิดปกติของสมรรถภาพปอดต้องใช้ระยะเวลาานาน ดังนั้นหากปริมาณฝุ่นในสิ่งแวดล้อมการทำงานเกินมาตรฐานความปลอดภัยก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการควบคุมมิให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพต่อไป อย่างไรก็ตามในการดำเนินงานเพื่อควบคุมทางสิ่งแวดล้อมจำเป็นต้องใช้เงินลงทุนสูงและในขณะที่การดำเนินการควบคุมยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการควบคุมที่ทางผ่านของมลพิษ และควบคุมที่ตัวบุคคลควบคู่ไปด้วย ซึ่งการควบคุมจะได้แก่การจัดให้มีและใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ การลดระยะเวลาการทำงาน การเปลี่ยนงาน เป็นต้น

มาตรการหนึ่งที่กรมอนามัยเล็งเห็นความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งก็คือการจัดทำหลักเกณฑ์ มาตรฐาน เกี่ยวกับการคุ้มครองสุขภาพอนามัยของผู้ประกอบอาชีพซึ่งอาศัยอำนาจตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 โดยได้จัดทำร่างคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุขเรื่องมาตรการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของคณงานในเรื่องอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจในสถานประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทกิจการที่เกี่ยวข้องกับฝ้าย(4) ขึ้น ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานและคุณลักษณะของการใช้งานของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจขึ้นและอ้างอิงมาตรฐานของต่างประเทศ นอกจากนี้กรมอนามัยยังได้มีการศึกษาการยอมรับและความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจตามมาตรฐานกรมอนามัยในอุตสาหกรรมสิ่งทอ(5) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าผู้ประกอบการเห็นด้วยที่จะต้องจัดหาอุปกรณ์ดังกล่าวให้คณงานในกรณีที่ไม่สามารถลดปริมาณฝุ่นให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ แต่จากการสำรวจพบว่าสิ่งที่คณงานใช้เพื่อป้องกันฝุ่นฝ้ายนั้น ร้อยละ 79 เป็นชนิดที่มีลักษณะเป็นผ้าพับซ้อนกันหลายชั้น มีสายรัดที่หู จากการศึกษาเพื่อเลือกอุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจสำหรับผู้ปฏิบัติงานในโรงโม่หิน (6) สามารถสรุปได้ว่า ผ้าปิดจมูกที่คณงานนิยมสวมใส่และมีรูปแบบเดียวกับผ้าปิดจมูกที่ใช้กันใอุตสาหกรรมสิ่งทอไม่สามารถป้องกันอันตรายจากฝุ่นได้ นอกจากนั้นการกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ใช้มาตรฐานต่างประเทศนั้นอาจจะไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของประเทศไทยทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน การสวมใส่อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจทำได้จำกัดมากเพราะผู้สวมใส่จะ

รู้สึกร้อนและอึดอัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นงานที่มีลักษณะที่ต้องใช้แรงกายมาก (ภาระงานหนัก) ผู้สวมใส่จะต้องหายใจเข้าถี่ขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความต้านทานการหายใจมากตามไปด้วย ประกอบกับการอ้างอิงมาตรฐานด้านความสามารถในการกรองฝุ่นที่ขนาด $0.3\ \mu\text{m}$ อาจไม่เหมาะสมหรือเกินความจำเป็น ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่ยืนยันว่าอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่เหมาะสมและปลอดภัยกับอุตสาหกรรมสิ่งทอควรมีความสามารถในการกรองฝุ่นขนาดใด ซึ่งการกำหนดความเหมาะสมจะต้องได้มาจากการศึกษาขนาดและการกระจายขนาดของฝุ่น (size distribution) ในอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนทางวิชาการให้ทราบทั้งสถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของแรงงานในแต่ละแผนก ลักษณะการกระจายขนาดของฝุ่น คุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ใช้วัสดุที่มีการผลิตในประเทศและมีการนำไปใช้กันอย่างกว้างขวาง จึงควรมีการศึกษาการสัมผัสฝุ่นฝ้ายของแรงงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอตลอดจนคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ทั้งนี้ก็เพื่อประโยชน์ในการกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ และเพื่อเป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิงประกอบการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาสถานการณ์การสัมผัสฝุ่นฝ้ายของแรงงานใน อุตสาหกรรมสิ่งทอตลอดจนศึกษาคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ

1.2.2 วัตถุประสงค์เฉพาะ

1.2.2.1 เปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ในแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ

1.2.2.2 เปรียบเทียบการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอในแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ

1.2.2.3 ศึกษาคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่มีขายและใช้อยู่ในประเทศไทยด้านการแทรกผ่าน (penetration test) และความต้านทานการหายใจ (resistant test)

1.3 สมมุติฐานการศึกษา

1.3.1 ปริมาณฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอในแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ ไม่มีความแตกต่างกัน

1.3.2 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอในแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ ไม่มีความแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

- การศึกษาตามวัตถุประสงค์เฉพาะที่ 1.2.2.1 และ 1.2.2.2 ศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรม และมีการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ส่วนการศึกษาตามวัตถุประสงค์เฉพาะที่ 1.2.2.3 ศึกษาในห้องปฏิบัติการซึ่งทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเท่านั้น มิได้มีการทดสอบทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

- ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการศึกษาในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่มีรหัสอุตสาหกรรม 22(1) อันได้แก่กิจการหมัก สาง หวี คาร์บอนไนซ์ ริด ปั่น อบ ควน บิดเกลียว กรอ เท็กเจอร์ไรซ์ ฟอก หรือ ย้อมสีเส้นใย และรหัสอุตสาหกรรม 22(2)อันได้แก่กิจการการทอ หรือการเตรียมเส้นด้ายอื่น สำหรับการทอ ซึ่งสมาคมอุตสาหกรรมสิ่งทอไทยได้แจ้งรายชื่อสมาชิกที่ประสงค์เข้าร่วม โครงการ และยินดีให้เป็นสถานศึกษา โดยผู้ศึกษาจะสามารถศึกษาสภาพการทำงานที่แท้จริงเพื่อให้เป็นตัวแทนของกลุ่มโรงงานประเภทเดียวกัน เขตพื้นที่ศึกษาได้แก่ กทม. 1 แห่ง ปทุมธานี 1 แห่ง สมุทรปราการ 2 แห่ง และราชบุรี 2 แห่ง

- การศึกษาในโรงงานแต่ละโรงงาน ต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่าโรงงานละ 5 วัน และใช้ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง ตลอดทั้งวันประมาณ 5-6 ชั่วโมง รวมเวลาที่เตรียมเครื่องมือใช้งานไปจนถึงเก็บเครื่องมือประมาณวันละ 7 ชั่วโมง และโรงงานที่ประสงค์เข้าร่วมโครงการโดยแจ้งมาที่สมาคมอุตสาหกรรมสิ่งทอว่าพร้อมให้ศึกษาในช่วงเวลาที่ผู้ศึกษาออกศึกษาในภาคสนาม มีจำนวนทั้งสิ้น 6 โรงงาน

- ผู้ศึกษาพิจารณาเลือกอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ชนิดที่มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ไม่มีส่วนจ่ายกำลังที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และมีคุณสมบัติตามข้อใดข้อหนึ่งหรือหลายข้อดังนี้ มีราคาค่อนข้างแพงเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการใช้งาน ยังไม่มีมาตรฐาน

รับรองจากหน่วยงานที่กรมอนามัยยอมรับ สามารถชักน้ำได้(ความสามารถในการชักน้ำได้ ไม่สอดคล้องกับกลไกในการกรองอนุภาค)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 กรมอนามัยนำไปใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดคุณลักษณะของการทำงานของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ และใช้เป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการในด้านคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่กรมอนามัยยอมรับ

1.5.2 สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม นำไปใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ เพื่อการส่งเสริมและดูแลมาตรฐานการผลิตในประเทศ ตลอดจนกำหนดมาตรฐานการนำเข้ามาจำหน่าย เพื่อการคุ้มครองผู้บริโภค

1.5.3 กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม นำไปใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดในการดูแลสุขภาพของลูกจ้าง โดยเฉพาะในส่วนที่กำหนดให้นายจ้างต้องจัดให้มีอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพ

1.5.4 กระทรวงอุตสาหกรรมนำไปใช้ประโยชน์เพื่อกำหนดเงื่อนไขในการต่ออายุใบอนุญาต เพื่อการคุ้มครองสุขภาพผู้ทำงาน

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ หมายถึง ฝุ่นที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 10 μm ลงไป (Respirable dust) ที่ฟุ้งกระจายในอากาศ โดยทั่วไปฝุ่นจะมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน การวัดขนาดฝุ่นในการศึกษานี้จะวัดแบบ Aerodynamic equivalent diameter ซึ่งใช้การเทียบเคียงกับอนุภาคมาตรฐานที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม มีความหนาแน่น เท่ากับ 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเร็วปั่นป่วนเท่ากับความเร็วปั่นป่วนของอนุภาคมาตรฐานที่ตกลงสู่พื้นโลกในอากาศที่อยู่นิ่ง

1.6.2 Vertical Elutriator หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ประเมินปริมาณฝุ่นฝ้ายในสิ่งแวดล้อมการทำงาน เครื่องมือชนิดนี้เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินฝุ่นฝ้ายในสิ่งแวดล้อมการทำงานของ NIOSH

1.6.3 อุตสาหกรรมสิ่งทอ หมายถึง อุตสาหกรรมการผลิตที่มีรหัสตามที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด อันได้แก่ รหัส 22(1), 22(2)

1.6.4 การเฝ้าระวังด้านสิ่งแวดล้อม หมายถึง การตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายขนาดตั้งแต่ 15 μm ลงไปในสิ่งแวดล้อมการทำงานด้วยเครื่องมือที่เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานของ NIOSH เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมการทำงาน และกำหนดมาตรการควบคุมที่เหมาะสมในการป้องกันผู้ปฏิบัติงานมิให้ป่วยเป็นโรคจากการทำงาน

1.6.5 การเฝ้าระวังด้านสุขภาพ หมายถึง การตรวจสุขภาพผู้ปฏิบัติงานซึ่งครอบคลุมถึงการซักประวัติการเจ็บป่วย การตรวจสุขภาพทั่วไป การตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอด การฉายภาพรังสีปอด เพื่อคัดกรองหรือค้นหาความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น และหาทางป้องกันมิให้สุขภาพผู้ปฏิบัติงานทรุดโทรม หรือยับยั้งการพัฒนาและดำเนินโรคต่อไป

1.6.6 Penetration test หมายถึง การทดสอบการแทรกผ่านซึ่งใช้แสดงประสิทธิภาพการกรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ด้วยการใช้ละอองเกลือที่มีขนาด 0.3 μm และทำการตรวจวัดความสามารถในการแทรกผ่านโดยตรวจวัดปริมาณที่เล็ดลอดผ่านอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์การแทรกผ่าน ในการทดสอบตามการศึกษานี้จะใช้ขนาดละอองเกลือที่ 0.1 μm แทน

1.6.7 Resistant Test หมายถึง การตรวจวัดความต้านทานการหายใจ โดยใช้ manometer ตรวจวัดผลต่างของความดันในรูปของความดันสูญญากาศ หน่วยเป็นมิลลิเมตรน้ำ

1.6.8 Andersen Cascade Impactor หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้คัดแยกฝุ่นที่มีขนาดต่างๆ กัน เพื่อประโยชน์ในการประเมินการกระจายขนาดของฝุ่น มีหลายแบบตามแต่วิธีการ สำหรับชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ จะมีทั้งหมด 8 ชั้นกรอง ซึ่งมีถาดรองรับฝุ่นโดยรวมทั้งสิ้น 9 ชั้น เรียงตามลำดับจากบน

ลงล่าง เป็นชั้น 0 1 2 3 4 5 6 7 และ filter โดยมีค่าพิสัยของการคัดขนาดอยู่ที่ 9.0-10 μm
5.8-8.99 μm 4.7-5.79 μm 3.3-4.69 μm 2.1-3.29 μm 1.1-2.09 μm 0.65-1.09 μm
0.4-0.64 μm 0-0.39 μm ตามลำดับ

1.6.9 คุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ หมายถึง ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดไม่มีส่วนจ่ายกำลังที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในการกรองอนุภาคนาขนาด 0.3 μm และหมายความรวมถึงการต้านทานการหายใจที่อยู่ในระดับการยอมรับได้ โดยที่คุณภาพของอุปกรณ์ ชนิดกรองอนุภาคจะแบ่งเป็นชั้นคุณภาพ 3 ระดับ คือ P1 P2 และ P3 ชั้นคุณภาพ P1 จะต้องสามารถกรองอนุภาคนาขนาด 0.3 μm ได้ ยอมให้มีร้อยละของการแทรกผ่านได้ ไม่มากกว่าร้อยละ 20 และยอมให้ต้านทานการหายใจเข้าสู่สูงสุดที่อัตราการไหลของอากาศ 30 ± 1 ลิตรต่อนาทีได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตรน้ำ หรือมีความต้านทานการหายใจเข้าสู่สูงสุดที่อัตราการไหลของอากาศ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที ได้ไม่เกิน 21 มิลลิเมตรน้ำ ชั้นคุณภาพ P1 นี้ จะเป็นชั้นคุณภาพที่จัดว่ามีประสิทธิภาพต่ำสุด และเป็นชั้นคุณภาพที่กรมอนามัย ถือเป็นมาตรฐานขั้นต่ำของคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชนิดกรองอนุภาค

1.6.10 FEV₁ หมายถึง การตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอดด้วยเครื่อง Spirometer ซึ่งวัดปริมาตรของอากาศที่สามารถหายใจออกได้เต็มที่ใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นลิตร การเฝ้าระวังทางสุขภาพโดยการตรวจวัด FEV₁ นี้ เป็นการเปรียบเทียบค่าปกติ ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ อายุ เพศ น้ำหนัก และส่วนสูง

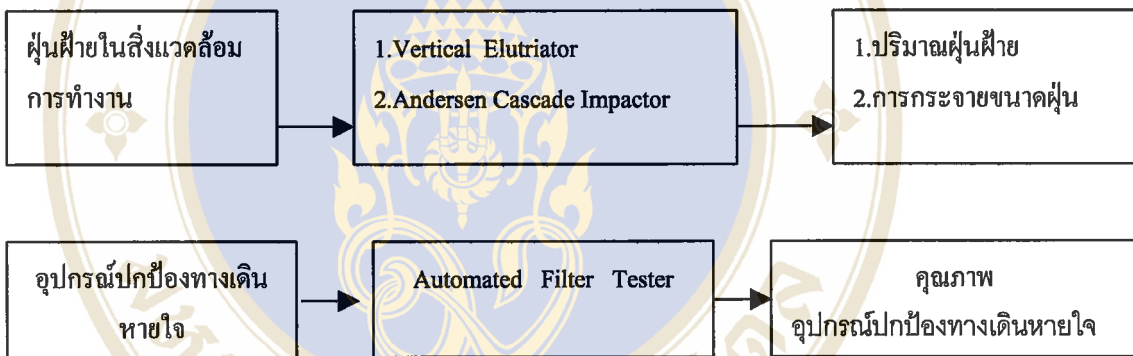
1.6.11 NIOSH หมายถึง สถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยในการทำงานแห่งชาติ ย่อมาจาก National Institute of Occupational Safety and Health มีหน้าที่ตั้งกฎเกณฑ์ในการทำมาตรฐานสุขภาพและความปลอดภัย วิจัยองค์ประกอบทางสรีรวิทยาในสถานที่ทำงาน หาวิธีตรวจและประเมินมลพิษในงานอุตสาหกรรม ระบบเตือนภัยเกี่ยวกับอันตราย และโรคที่เกิดจากการทำงาน ช่วยเหลือในทางเทคนิค และการฝึกอบรมแก่นายจ้างและลูกจ้างที่จัดทำโดยกระทรวงแรงงาน กระทรวงสาธารณสุข

1.6.12 CEN หมายถึง European Committee for standardization ซึ่งเป็นคณะกรรมการที่มีหน้าที่รับรองมาตรฐานอุปกรณ์เครื่องใช้ของทางยุโรป ประกอบด้วย ออสเตรีย เบลเยียม

สาธารณรัฐเชค เดนมาร์ก ฟินแลนด์ ฝรั่งเศส เยอรมันนี กรีซ ไอซ์แลนด์ ไอร์แลนด์ อิตาลี
ลักเซมเบิร์ก เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ โปรตุเกส สเปน สวีเดน สวิสเซอร์แลนด์ และ
สหราชอาณาจักร

1.6.13 AS/NZS หมายถึงมาตรฐานอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจของออสเตรเลีย/นิวซีแลนด์
ประกอบด้วยมาตรฐานด้านคุณลักษณะ การใช้งาน รวมทั้งวิธีการทดสอบ กรมอนามัยรวมทั้งสำนัก
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอ้างอิงมาตรฐานนี้ในการกำหนดด้านมาตรฐานความปลอดภัยเพื่อ
ใช้ปกป้องสุขภาพคนงาน

1.7 กรอบแนวคิดของการศึกษา



แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

1.8 ข้อจำกัดในการศึกษา

- เครื่องมือ Andersen Cascade Impactor มีเพียง 1 เครื่อง ทำให้การเก็บตัวอย่างไม่สามารถทำซ้ำได้ จึงสามารถเก็บได้เพียง 1 ตัวอย่าง ในแต่ละแผ่นก โดยแต่ละแผ่นจะใช้เวลาเก็บตัวอย่างวันละประมาณ 5-6 ชั่วโมง ในแต่ละโรงงานจะใช้เครื่องมือนี้ต่อเนื่องทั้ง 5 วัน
- เครื่องมือ Automated Filter Tester มีข้อจำกัดด้านการสร้างละอองเกลือกล่าวคือ มาตรฐานการทดสอบของออสเตรเลีย/นิวซีแลนด์ ซึ่งกรมอนามัยใช้เป็นหลักอ้างอิงนั้นจะต้องทดสอบโดยสร้างละอองเกลือ ที่มีขนาด 0.3 μm แต่อุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ทดสอบในการศึกษานี้สามารถสร้างละอองเกลือที่ขนาด 0.1 μm อย่างไรก็ตามยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของกรมอนามัย

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 อาชีพและลักษณะงานที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย

อาชีพที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค คือ อาชีพที่ต้องทำงานสัมผัสกับฝุ่นฝ้าย ป่าน ปอ ลินิน ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.2 โรคปอดฝุ่นฝ้ายและสาเหตุของโรค (3)

โรคนี้เรียกอีกอย่างว่าโรคบิสทิลโนลิสเป็นโรคของระบบทางเดินหายใจเรื้อรังที่เกิดจากการสูดหายใจเอาใยของฝ้าย ป่าน ปอ และเศษผงของพืชเข้าไปในปอด โรคนี้พบได้ในคนงานที่ทำงานในโรงงานสิ่งทอต่างๆ ผู้ป่วยมักมีอาการแน่นหน้าอก ไอ และหายใจไม่ออก อาการของโรคจะพบในวันแรกที่เริ่มกลับเข้าทำงานภายหลังจากได้หยุดประจำสัปดาห์แล้ว อาการของโรคจะดีขึ้น หรืออาจหายได้ในวันทำงานต่อมา หากนำผู้ป่วยมาทำการทดสอบสมรรถภาพปอดจะพบว่าสมรรถภาพปอด (FEV₁) ลดลงร้อยละ 10 ในรายที่ป่วยมาเป็นเวลานานมักจะมีอาการของโรคเป็นชนิดเรื้อรังและพบความผิดปกติของสมรรถภาพการทำงานของปอด (Abnormal pulmonary function test) ร่วมด้วย

สาเหตุของโรคปอดฝุ่นฝ้าย ปัจจุบันยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงของโรคเกิดจากอะไร แต่จากหลายการศึกษาสันนิษฐานว่า น่าจะเกิดจากการได้รับสารบางชนิด ซึ่งเรียกรวมๆ ว่า Broncho-Constricting agent ซึ่งอยู่ในใบของฝ้าย ทำให้ผู้ได้รับสารนี้มีอาการของหลอดลมหดตัว ตีบแคบลง เยื่อบุทางเดินหายใจบวม หายใจลำบาก นอกจากนี้ยังอาจมีสาเหตุมาจากการได้รับสารพิษชนิด Endotoxin ซึ่งผลิตขึ้นโดยแบคทีเรียแกรมลบ (gram negative bacteria) ซึ่งชอบอาศัยประจำอยู่ในต้นฝ้ายและพืชชนิดอื่นๆ ทั่วๆ ไป

2.3 ทางเข้าสู่ร่างกายและกลไกการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย

ทางเข้าสู่ร่างกายจะผ่านมาทางการหายใจ เมื่อร่างกายได้รับฝุ่นฝ้าย ป่าน ปอ หรือลินิน เข้าไป ร่างกายจะหลั่งสาร antihistamine ทำให้เกิดความผิดปกติขึ้น เมื่อร่างกายได้รับสารในฝุ่นฝ้ายซึ่งเป็น antigen เข้าไปก็จะสร้าง antibody ขึ้นมาต่อต้าน สารที่เป็นต้นเหตุของการเกิดโรคยังบอกไม่ได้ชัดเจน เนื่องจากมีส่วนผสมของสารประกอบทางเคมีและชีวภาพปนอยู่ด้วย เช่น แบคทีเรีย ไวรัส รา และอื่นๆ ซึ่งอาศัยประจำอยู่ตามต้นฝ้ายและพืชอื่นๆ หรือปนเปื้อนในระหว่างการเก็บและกระบวนการผลิต นอกจากนี้ฝุ่นฝ้ายเองก็ทำให้เกิดการระคายเคืองโดยทั่วๆ ไปเหมือนฝุ่นธรรมดาทั่วไปได้ด้วย

2.4 อาการและการแสดงของโรค

อาการของโรคบิสติโนสิสมักเกิดภายหลังที่คนทำงานอยู่ในโรงงานทอผ้าเป็นเวลานานพอสมควร บางรายอาจทำงานอยู่หลายปีจึงเกิดอาการ อาการของโรคประกอบด้วยอาการแน่นหน้าอก ไอ และหายใจไม่สะดวก บางรายหายใจมีเสียง wheeze อาการเหล่านี้มักเกิดในตอนเช้าของวันที่เริ่มกลับเข้าทำงานและจะทุเลาลงในตอนเย็น วันที่สองหรือวันต่อมาจะปกติไม่มีอาการดังกล่าว การปรากฏอาการก็อาจจะเป็นอยู่แบบนี้เป็นเวลาหลายปี ถ้าหยุดทำงานอาการเหล่านี้จะหายไปได้

ในผู้ป่วยบางรายมีอาการเหนื่อย แน่นหน้าอกทุกวันที่ทำงาน หรือในบางรายมีอาการตลอดไปทุกวันหรืออาจมีลักษณะของโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง หรือโรคถุงลมโป่งพองร่วมด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในคนงานที่สูบบุหรี่

อาการทางคลินิกของโรคบิสติโนสิสแบ่งออกเป็น 4 ระดับตามที่นายแพทย์ Schilling จำแนกไว้ดังต่อไปนี้

Grade ½ มีอาการไอแน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก หรืออาการระคายเคืองของระบบทางเดินหายใจเป็นครั้งคราว ในวันจันทร์หรือวันแรกของการกลับเข้าทำงาน

Grade 1 มีอาการไอแน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก หรือหายใจเร็วกว่าปกติทุกวันจันทร์หรือวันแรกของการกลับเข้าทำงาน

Grade 2 มีอาการไอแน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก หรือหายใจเร็วกว่าปกติทุกวันจันทร์หรือวันแรกที่เข้าทำงาน และวันอื่นๆ ของสัปดาห์ที่ทำงาน

Grade 3 มีอาการแบบ Grade 2 ร่วมกับการลดลงของสมรรถภาพปอดอย่างถาวร

2.5 การเฝ้าระวังทางสุขภาพ

2.5.1 ภาพรังสีทรวงอก (chest x-ray)

ผู้ป่วยด้วยโรคบิสติโนสิส จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนของภาพรังสีทรวงอก ยกเว้นกรณีมีอาการหำซ้อหรือเป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง

2.5.2 การตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอด

ในกลุ่มผู้ที่มีอาการเข้าได้กับโรคบิสติโนสิส เกรด ½ -2 เมื่อตรวจสมรรถภาพของปอดพบว่ามักมีผลอยู่ในระดับปกติในวันที่ไม่ได้ทำงาน ในกลุ่มผู้ที่มีอาการเข้าได้กับโรคในเกรด 3 จะพบว่ามีผลสมรรถภาพของปอดผิดปกติในวันที่ไม่ได้ทำงานและในวันที่ทำงาน โดยมีค่า FEV_1 และค่า FEV_1/FVC ratio ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 80 และ 75 ของค่าปกติตามลำดับ

2.6 การวินิจฉัยโรค

องค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อการวินิจฉัยโรคมี่ดังนี้

2.6.1 มีประวัติการทำงานทั้งในอดีตและ / หรือปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการได้รับฝุ่นหรือใยฝ้าย ป่าน ปอ หรือลีนิน อย่างชัดเจน และต่อเนื่อง เป็นเวลา 2 ปีขึ้นไป

2.6.2 มีอาการและอาการแสดง เข้าได้กับโรคบิสติโนสิส

2.6.3 มีการตรวจสมรรถภาพของปอด ด้วยเครื่อง spirometer

2.6.3.1 ผู้ป่วยที่มีอาการตั้งแต่ Grade ½ ถึง 2 หรือผู้ป่วยที่มีอาการเข้าได้กับโรคบิสติโนสิสและมีผลการตรวจสมรรถภาพของปอดปกติ จะต้องตรวจสมรรถภาพปอดอย่างน้อย 2 ครั้งในวันแรกก่อนเข้าปฏิบัติงาน และตรวจซ้ำเมื่อปฏิบัติงานต่อเนื่องไปแล้วไม่น้อยกว่า 6-8 ชั่วโมง ผลการตรวจสมรรถภาพปอดทั้ง 2 ครั้ง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน จะพบมี FEV_1 ลดลงมากกว่าร้อยละ 10 และ / หรือ

2.6.3.2 ผู้ป่วยที่มีอาการอยู่ใน Grade 3 มักมีประวัติการทำงานเกิน 5 ปี และมีสมรรถภาพการทำงานของปอดผิดปกติในวันที่ไม่ได้ทำงาน โดยมี FEV_1 และค่า FEV_1 / FVC ลดลงต่ำกว่าร้อยละ 80 และ 75 ของค่าปกติตามลำดับ ในการวินิจฉัยแยกโรค ต้องระวังการคัดกรองโรคต่างๆ เหล่านี้ออกไป เช่น โรคหลอดเลือดอักเสบเรื้อรังจากการสูบบุหรี่ หรือ ภูมิแพ้ และโรคหอบหืด เป็นต้น

2.7 แนวทางการดูแลรักษา

โรคนี้สามารถรักษาให้กลับคืนเป็นปกติได้ โดยหยุดสัมผัสสารก่อโรค ให้ยารักษาตามลักษณะอาการของโรค ในรายที่เป็นโรคแบบเรื้อรัง ควรให้การรักษาตามพยาธิสภาพของโรค และให้การรักษาต่อเนื่องตามอาการและการดำเนินโรค

ผู้ที่หายเป็นปกติแล้ว อาจเกิดอาการอีกได้ หากสัมผัสสารก่อโรคอีก จึงควรมีมาตรการในการป้องกันโรคต่อไป

2.8 แนวทางการดำเนินงานด้านอาชีวอนามัยและการป้องกันโรค

2.8.1 ดูแลควบคุมในด้านสิ่งแวดล้อมภายในโรงงานให้ได้มาตรฐานที่กำหนด

2.8.2 สถานประกอบการต้องมีการเฝ้าระวังสุขภาพพนักงานโดยให้มีการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงก่อนรับเข้าทำงาน (Preplacement Medical Examination) ควรมีการบันทึกประวัติการทำงาน ประวัติการเจ็บป่วยและมีผลการตรวจสมรรถภาพของปอดก่อนเข้าทำงานไว้ การตรวจสุขภาพเป็นระยะ (Periodic Medical Examination) เช่น การตรวจร่างกาย และทดสอบสมรรถภาพของปอดทุก 6 เดือน หรือ 1 ปี โดยทดสอบ 2 ครั้ง ก่อนเข้าและหลังทำงานไปแล้วตั้งแต่ 6 ชั่วโมงขึ้นไป ค่า FEV_1 ถ้ามีผลลดลงมากกว่าร้อยละ 10 และมีอาการเข้าได้กับโรคปัสสาวะในสัปดาห์แรกให้คนงานเปลี่ยนงานไปทำงานในบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นฝ้าน้อยลง หรือบริเวณอื่นๆ ที่ไม่มีฝุ่น

2.8.3 ในการคัดเลือกคนงานเข้าทำงานสถานประกอบการควรกำหนดคุณสมบัติผู้ที่เข้าทำงานว่าจะต้องไม่มีประวัติการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ ไม่สูบบุหรี่ และไม่มีปัญหาการป่วยด้วยโรคภูมิไวสูง



2.8.4 ให้ความรู้เรื่องบิสซิโนสิส โรคที่เกิดจากการทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ และการดูแลสุขภาพด้วยตนเองแก่คนงานที่บรรจุใหม่และผู้ที่ทำงานในแผนกที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค

2.8.5 รมรงค์ให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพ อย่างสม่ำเสมอ

2.8.6 สนับสนุนและส่งเสริมให้คนงานมีการออกกำลังกายเป็นประจำ

2.9 ความสัมพันธ์ของฝุ่นฝ้ายกับการเกิดโรคจากการทำงาน

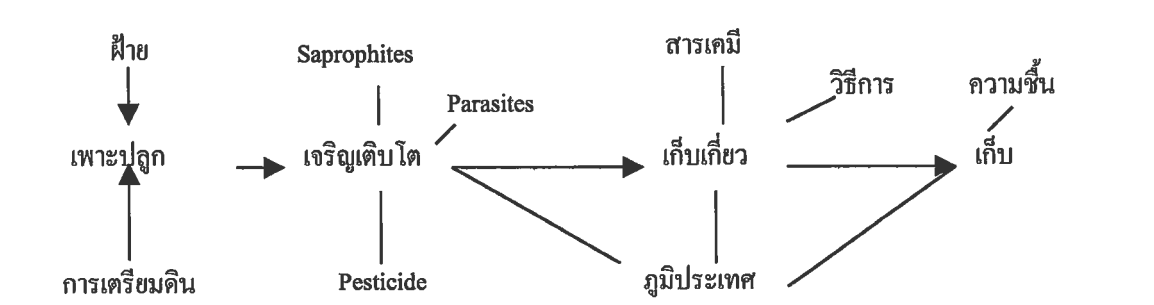
ฝุ่นฝ้าย เป็นฝุ่นเชิงซ้อน (Complex dust) ประกอบด้วยฝุ่นที่มาจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เส้นใย ฝุ่นแร่ (mineral) การปนเปื้อนของจุลินทรีย์และสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร เป็นต้น ส่วนประกอบของฝุ่นจะเปลี่ยนแปลงไปตามสถานที่ที่เส้นใยฝ้ายเจริญเติบโต วิธีการปฏิบัติเพาะปลูกเพื่อการเจริญเติบโตของฝ้าย การเก็บเกี่ยวฝ้าย ฝ้ายที่ส่งไปจำหน่ายหรือป้อนให้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่จะอยู่ในรูปอัดเป็นก้อน (Bale) ในแต่ละก้อนหรือแต่ละแหล่งที่มาของฝ้ายจะมีความแตกต่างของปริมาณส่วนประกอบแต่ละชนิดที่มีอยู่ในฝุ่นฝ้าย นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการผลิตที่เริ่มจากฝ้ายไปเป็นเส้นด้ายและทอผ้าก็มีผลต่อปริมาณส่วนประกอบของฝุ่นฝ้ายเช่นเดียวกัน เนื่องจากความไม่บริสุทธิ์ของฝุ่นฝ้ายนี้เอง จึงเชื่อแน่ว่ามี active agents อยู่ (endotoxin) เมื่อหายใจเข้าไปก็จะส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจทำให้เกิดผลแบบเฉียบพลัน เช่นเดียวกับปัจจัยอื่นที่ต้องนำมาพิจารณาคือ ปริมาณของสารที่มีอยู่ในส่วนประกอบของฝุ่น ฝุ่นที่มีขนาดต่ำกว่า $15\text{ }\mu\text{m}$ สามารถที่จะเข้าสู่ช่องทางเดินจมูก (nasal passage) และสะสมอยู่ที่หลอดลม (tracheal) แขนงขั้วปอด (bronchial) หรือทางเดินหายใจในปอด (pulmonary tract) ได้ ฝุ่นฝ้ายที่มีขนาดเล็กที่สามารถหายใจเข้าถึงถุงลมปอดได้ (respirable cotton dust) จะก่อให้เกิดการตอบสนองของร่างกายส่วนทางเดินหายใจส่วนปลาย ส่วนฝุ่นที่มีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดความรำคาญ และเกิดการตอบสนองของร่างกายที่ส่วนทางเดินหายใจส่วนต้น ฝุ่นฝ้ายไม่เพียงแต่ทำให้สมรรถภาพปอดลดลงแต่ทำให้เกิดอาการแน่นหน้าอก แขนงขั้วปอดอักเสบ มีอาการของโรคทางเดินหายใจส่วนปลาย ด้วยเหตุและผลดังกล่าว จึงจำเป็นต้องมีการประเมินปริมาณฝุ่นฝ้ายในบรรยากาศ ขณะทำงานว่าอยู่ในระดับที่อนุญาตให้มีได้หรือไม่ (Permissible exposure) ถ้าหากอยู่ในระดับที่เกินค่าที่กำหนดก็จำเป็นต้องลดปริมาณฝุ่นฝ้ายที่แหล่งกำเนิดให้อยู่ในระดับต่ำสุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือมิฉะนั้นจะต้องควบคุมทางผ่านหรือ

การควบคุมที่บุคคลเพื่อป้องกันมิให้คนงานได้รับอันตรายจากฝุ่นฝ้าย ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายนั้นยังสามารถนำข้อมูลนี้ไปศึกษาทางระบาดวิทยาเพื่อกำหนดค่า Permissible exposure level ที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดโรคในกลุ่มคนที่สัมผัสกับฝุ่นฝ้ายด้วย จากการศึกษาของ วิลาวรรณและคณะ (7) พบว่าในการตรวจสุขภาพเพื่อการเฝ้าระวังทางสุขภาพในการควบคุมการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายนั้นควรมีการตรวจสุขภาพ ก่อนการทำงาน 1 ครั้งและตรวจอีกครั้งภายหลังจากคนงานทำงานไปแล้ว 2-4 ชั่วโมง ถ้าการตรวจครั้งที่ 2 เป็นการตรวจหลังเลิกงานจะมีผลทำให้การแปลผลคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้ นอกจากนั้นผลจากการตรวจวัดฝุ่นฝ้ายในสิ่งแวดล้อมการทำงานยังพบว่าแผ่นกสางใยมีปริมาณฝุ่นมากและพบ gram negative bacteria มากด้วยเช่นกัน หากจะเปรียบเทียบกับแผ่นปั่นด้ายแล้วมีความแตกต่างกันอย่างมาก และจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นกับผู้ที่สงสัยว่าจะป่วยเป็นโรคที่ทำงานบริเวณต่างๆ แล้วพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน และพบจำนวนผู้สงสัยว่าจะป่วยเป็นโรคมมากในแผ่นปั่นด้าย นอกจากนั้นได้เสนอแนะว่าควรมีการศึกษาถึงการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่แผ่นเสี่ยงต่างๆด้วยเพื่อหาความสัมพันธ์ของการเกิดโรค

2.10 แหล่งที่พบฝุ่นฝ้าย

ฝุ่นฝ้ายสามารถพบได้ตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวตลอดจนกิจกรรมที่อยู่ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ทั้งการปั่นฝ้าย การปั่นด้าย และการทอผ้า

การเพาะปลูกฝ้าย เป็นแหล่งที่ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสฝุ่นฝ้าย ขณะที่ฝ้ายกำลังเติบโตจะมีกลุ่ม Saprophytic และ Parasitic Bacteria เกิดขึ้นที่ผิวต้นฝ้าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ การเกิดโรคพืชและแมลงระบาดในต้นพืช การปลูกฝ้ายในพื้นที่ที่มีฝนตกชุกจะทำให้มีปริมาณแบคทีเรียในฝ้ายสูงกว่าเมื่อปลูกในที่แล้ง ต้นฝ้ายที่ปลูกในที่ที่มีฝนตกชุก จะมีปริมาณแบคทีเรียสูงถึง 10⁶ – 10⁸ CFU ต่อฝ้าย 1 กรัม และระดับปริมาณฝุ่นฝ้ายในอากาศก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในฝ้าย (3)



แผนภูมิที่ 2 แสดงแหล่งที่ผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสสัมผัสฝุ่นฝ้าย

ต้นฝ้ายที่ปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์เป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของฝ้าย โดยต้นฝ้ายจะสร้างสารชนิดหนึ่งขึ้นมาเรียกว่า Phytoalexin ซึ่งทำให้พืชต้านทานต่อโรค Phytoalexin ที่ถูกสร้างขึ้นในต้นฝ้าย ก็เพื่อให้เกิดการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีผลต่อการตอบสนองทางสรีรวิทยาของผู้ที่สัมผัสฝ้ายด้วย

วิธีการเก็บเกี่ยวฝ้าย (เช่นการใช้แรงคน เครื่องจักร) การใช้สารเคมีในการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บฝ้ายหลังเก็บเกี่ยวแล้ว ทั้งหมดมีผลต่อฝุ่นที่อยู่ในฝ้ายทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ การเก็บเกี่ยวฝ้ายโดยเครื่องจักรจะก่อให้เกิดปริมาณฝุ่นมากกว่าการเก็บเกี่ยวโดยใช้มือคน อย่างไรก็ตามปริมาณฝุ่นที่มากเกินไปนี้สามารถกำจัดได้โดยใช้เครื่องดักกรองฝุ่น ข้อดีของการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องจักรคือให้ประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวมากกว่าแต่จะทำให้มีปริมาณฝุ่นมากกว่าด้วยเช่นกัน

ฝ้ายที่เก็บเกี่ยวแล้ว หากเก็บไว้ในลานเก็บภายนอก และถูกฝนหรือได้รับความชื้นจะเกิดเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ซึ่งทำให้ฝ้ายมีคุณภาพต่ำและมีปริมาณฝุ่นมาก

การปั่นฝ้าย ฝ้ายที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะถูกนำเข้าเครื่องปั่นฝ้าย (Gin) เพื่อกำจัดเมล็ดฝ้ายออกโดยกระบวนการจะมีการกำจัดสิ่งที่ไม่ปะปนมาด้วย เช่น ใบ และส่วนของลำต้น เส้นใยที่ได้จะถูกนำมาอัดเป็นก้อน เรียกว่า ห่อเส้นใย (bale)



แผนภูมิที่ 3 แสดงการอัดเบลของเส้นใยฝ้าย

การปั่นด้าย ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

- การเปิดห่อเส้นใย (Opening) ห่อฝ้ายที่ถูกอัดเป็น Bale จะถูกแกะออก และฉีกฝ้ายด้วยมือลำเลียงสู่ conveyor
- การเป่าและผสม (Blowing and Scutching) ฝ้ายจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องเป่าและผสมเพื่อผสมเส้นใยต่างชนิดกัน และเพื่อให้ได้คุณภาพของเส้นด้ายตามที่ต้องการ
- การสาว (Carding) เป็นขั้นตอนที่นำเส้นใยที่ผ่านการเป่าและผสมมาทำให้แยกเส้นใยออกเป็นอิสระแก่กัน โดยแยกวัสดุเจือปนและเส้นใยสั้นๆออก จัดทำให้เส้นใยเรียงขนาดซึ่งกันและกัน

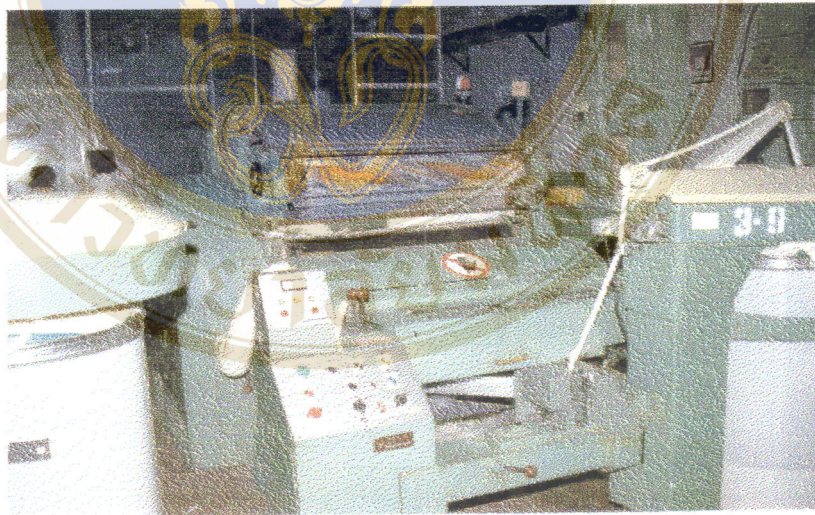
- การรีด (Drawing) เป็นขั้นตอนการรีดเส้นใย จะได้ใยยาวและเป็นนุ่ย
- การปั่นด้าย (Spinning and Roving) เป็นขั้นตอนการปั่นด้ายเพื่อให้ด้ายมีความเหนียว แข็งแรง และมีขนาดเล็กลงตามที่ต้องการ
- การตีเกลียว (Twisting) เป็นขั้นตอนเพื่อดัด รีด และจัดขนาดเส้นใยให้ได้เกลียวตามที่เหมาะสม เพื่อให้เส้นด้ายแข็งแรงและนำไปใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการ
- การกรอ (Winding) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการปั่นด้าย เพื่อม้วนเส้นด้ายใส่หลอดที่มีขนาดต่างๆ และนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การทอ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

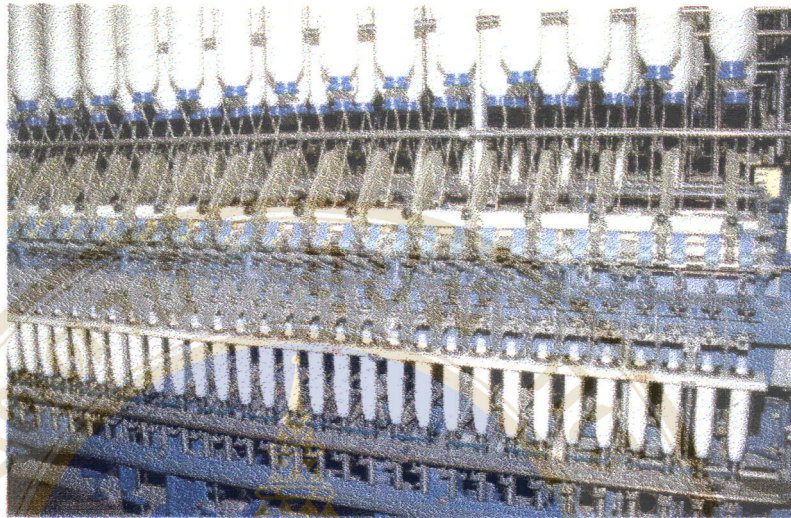
- การทอผ้า (Weaving) ด้ายที่มาจากกระบวนการปั่นด้ายจะถูกนำมากรอเข้าหลอดใหม่เพื่อเป็นการเตรียมเส้นด้ายในการทอผ้า ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมเส้นด้ายยืน และการเตรียมเส้นด้ายพุ่ง เครื่องทอจะทำหน้าที่ซัดด้ายทั้งสองชนิดเข้ากันให้เป็นผืนผ้าตามลายต่างๆ ที่ต้องการ ผ้าที่ได้เรียกผ้าดิบ
- การเอาแป้งออก (Desizing) เนื่องจากเส้นด้ายยืนจะมีสารที่ทำให้เส้นด้ายแข็งอยู่ด้วย จึงเป็นอุปสรรคต่อการฟอก จึงต้องมีการกำจัดสารนี้ออก สารที่ใช้เป็น Polyvinyl alcohol และ Polyacrylic acid การกำจัดสารนี้ทำได้โดยนำผ้าแช่ในน้ำร้อน และควบคุมอุณหภูมิ
- การผ่านกรด (Souring) เพื่อให้ผ้าขาวและให้สีสามารถซึมทะลุเข้าไปในเส้นใยได้มาก ทำได้โดยนำผ้าไปผ่านสารละลายกรดกำมะถันเจือจาง
- การทำความสะอาด (Scouring) เพื่อขจัดไขมันและโปรตีน ช่วยให้สีซึมทะลุเข้าไปในเส้นใยมากขึ้น
- การฟอกขาว (Bleaching) เพื่อให้สีและวัสดุอื่นที่เจือปนอยู่ในผ้าสลายตัวหรือลดน้อยลง
- การชุบมัน (Mercerizing) เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผิวเส้นใยเรียบขึ้นมีความเงามันเพิ่มขึ้น
- การย้อมหรือพิมพ์สี (Dyeing) ขั้นตอนนี้จะทำให้มีโอกาสดำรับสารเคมีที่เป็นอันตรายมากมาย ไม่ว่าจะเป็นคราม ละอองน้ำมัน H_2S SO_2 biphenyl,o-phenylphenol และp-phenylenediamine (PPDA)
- การตกแต่ง (Finishing)



ภาพที่ 1 แสดงแผนกผสมในโรงงานปั่นด้าย



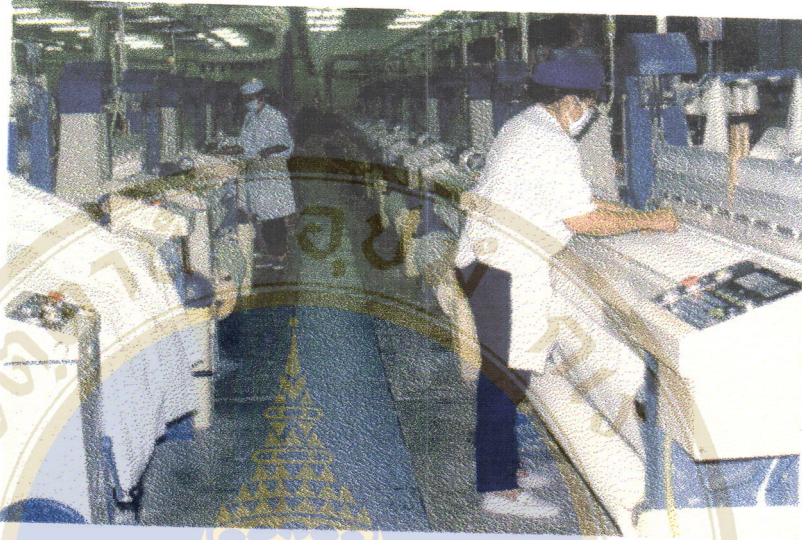
ภาพที่ 2 แสดงแผนกสางใยในโรงงานปั่นด้าย



ภาพที่ 3 แสดงแผนกปั่นในโรงงานปั่นด้าย



ภาพที่ 4 แสดงแผนกกรอในโรงงานทอผ้า



ภาพที่ 5 แสดงแผนกทอในโรงงานทอผ้า

2.11 มาตรฐานฝุ่นฝ้ายในอากาศ

มาตรฐานของ OSHA (Occupational Safety and Health Administration)(8) กำหนดให้ ความเข้มข้นของฝุ่นฝ้ายในบรรยากาศตลอดเวลาการปกติ ไม่เกินค่า 0.2 mg/m^3 และกำหนด Action Level ไว้ที่ 0.1 mg/m^3

มาตรฐานของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม(9) ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เพื่อความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) กำหนดให้ความเข้มข้นของฝุ่นฝ้าย ในอากาศตลอดเวลาการทำงานปกติ เฉลี่ย 8 ชั่วโมง ไม่เกิน 1 mg/m^3

สำหรับการศึกษานี้จะใช้มาตรฐานเช่นเดียวกับกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขโดยจะ ใช้มาตรฐานตาม OSHAเพื่อการเฝ้าระวังทางอาชีวอนามัย

2.12 การประเมินฝุ่นฝ้ายในอากาศ (10)

2.12.1 หลักการและส่วนประกอบของเครื่องมือ เครื่องมือที่ใช้ตาม NIOSH Method กำหนดให้ใช้ Vertical Elutriator เป็นห้องแยกฝุ่นรูปกรวยออกแบบโดยอาศัยหลักการของแรงโน้มถ่วงของโลก โดยที่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะทำอันตรายต่อทางเดินหายใจ จะถูกดูดผ่านไป ด้วยกันและถูกคัดแยกออก เนื่องจากมีมวลมาก ไม่สามารถไหลวนในห้องแยกฝุ่นนี้ได้ ส่วนอนุภาค ขนาดเล็กที่สามารถหายใจและทำอันตรายต่อทางเดินหายใจได้ที่มีขนาดเล็กกว่า 15 ไมโครเมตร จะไหลวนเป็นเกลียวcyclone และถูกกรองไว้ด้วยกระดาษกรองที่ติดตั้งอยู่ทางช่องอากาศออก โดยสรุปแล้วประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 Vertical Elutriator มีรูปร่างเป็นกรวย และมีสัดส่วนดังแสดงในภาพที่ 1 กระแสอากาศที่ไหลผ่านจะต้องไหลอย่างราบเรียบ (laminar flow) และมีความเร็ว 1.332 ฟุตต่อวินาที

ส่วนที่ 2 Vacuum Pump เป็นเครื่องดูดอากาศ ที่ถูกควบคุมให้มีอัตราการไหลของอากาศที่ 7.4 ± 0.2 ลิตรต่อวินาที โดยใช้ Orifice เป็นตัวควบคุม

ส่วนที่ 3 Critical Orifice เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของอากาศให้มีปริมาณคงที่ ในอัตรา 7.4 ± 0.2 ลิตรต่อวินาที ที่ความดัน 406 มิลลิเมตรปรอท

ส่วนที่ 4 ตลับและกระดาษกรอง ตลับที่ใช้คือขนาด 37 มิลลิเมตรชนิด 3 ตอน กระดาษกรองที่ใช้เป็นชนิด PVC (Polyvinyl chloride)

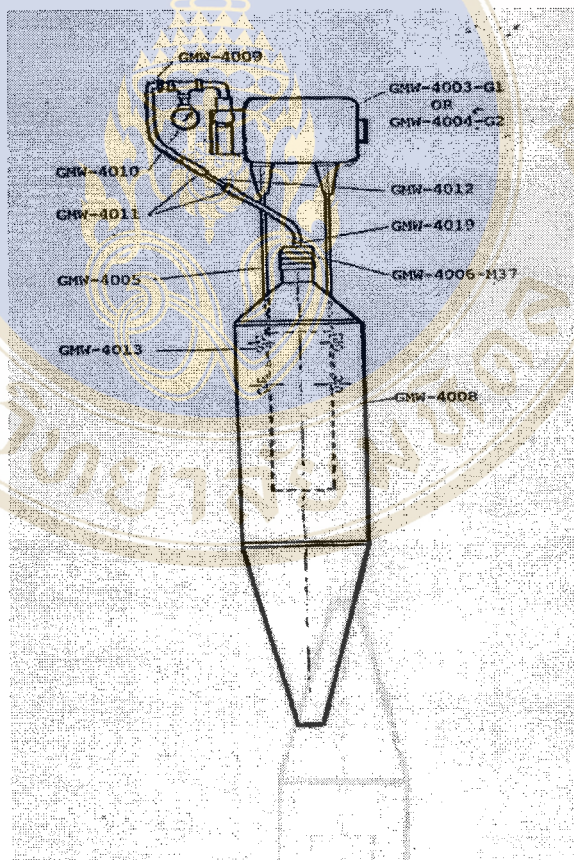
2.12.2 การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นฝ้ายในอากาศและการแปลผล

การวิเคราะห์ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักฝุ่น โดยที่ต้องมีการดูความชื้นของ กระดาษกรองทั้งก่อนและหลังทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อหาความแตกต่างของน้ำหนักกระดาษกรอง ก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง และนำมาคำนวณเป็นอัตราส่วนกับปริมาตรอากาศทั้งหมดซึ่ง คำนวณได้จากปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ถูกดูดผ่านvacuum pump ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการเก็บ ตัวอย่าง สูตรการคำนวณแสดงได้ดังสมการ

$$\text{ปริมาณฝุ่นฝ้ายในอากาศ} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง} - \text{น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง}}{\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด}}$$

$$\text{ปริมาตรอากาศทั้งหมด} = \text{อัตราการไหลของอากาศ} \times \text{เวลาที่เก็บตัวอย่าง}$$

การแปลผล สามารถนำมาเทียบกับมาตรฐานตาม OSHA (8) ซึ่งให้ความสำคัญสูงในแง่ของการป้องกันมาตรฐานของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมจะใช้ตามประกาศกระทรวงมหาดไทยซึ่งอยู่ระหว่างการปรับปรุงตามมาตรฐานของ OSHA การศึกษาของสถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงาน (11) โดยใช้เครื่องมือ Vertical Elutriator พบว่าแผ่นกึ่งามีปริมาณฝุ่นมากที่สุดสอดคล้องกับการศึกษาของวิลาว์นซ์และคณะ(7) กล่าวคือ การศึกษาของสถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงาน (11) พบว่า แผ่นกึ่งามีปริมาณฝุ่นคัตขนาด $15\ \mu\text{m}$ สูงสุดถึง $1.96\ \text{mg}/\text{m}^3$ ส่วนการศึกษาของวิลาว์นซ์และคณะ (7) พบว่าแผ่นกึ่งามีปริมาณฝุ่นคัตขนาด $15\ \mu\text{m}$ สูงสุดถึง $1.287\ \text{mg}/\text{m}^3$ นอกจากนี้ยังพบว่าแผ่นกึ่งที่มีปริมาณฝุ่นมากกรองลงมาได้แก่แผ่น ทอ ผสม กรอ ปั่น ตามลำดับ ทั้งนี้ได้จัดรายการแผนกงานที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายไว้ดังนี้คือแผ่นกึ่ง ผสม กึ่ง ปั่น กรอ ทอ ริดเส้นฝ้าย โกดัง อัดฝ้ายเข้าเบล และเย็บปากกระสอบ



ภาพที่ 6 แสดงสัดส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ประเมินฝุ่นฝ้ายในอากาศ

2.13 การประเมินการกระจายขนาดของฝุ่นด้วยเครื่อง Andersen Cascade Impactor (12)

2.13.1 หลักการทำงาน

การทำงานของเครื่อง Andersen Cascade impactor Sampler อาศัยหลักการกระแทกของอากาศ อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่อชนกับสิ่งกีดขวาง อากาศจะเบี่ยงทิศทางการเคลื่อนที่ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศซึ่งมีความเฉื่อยอยู่แล้วเนื่องจากมวลสารจะเคลื่อนที่พุ่งชนวัตถุที่กีดขวางอยู่และสะสมติดอยู่ที่ผิววัตถุกีดขวางนั้น วัตถุที่นำมาใช้กีดขวางทางไหลของอากาศจะมีลักษณะเป็นชั้นๆ คล้ายปิ่นโต ทำจากวัสดุอลูมิเนียม แต่ละชั้นจะเจาะรูเป็นช่องเปิดไว้เพื่อคัดขนาดอนุภาค จำนวนชั้นและขนาดของช่องเปิด มีหลายแบบตามแต่ชนิด ชั้นสุดท้ายจะมีกระดากกรองรองรับการกรองอนุภาค แต่ละชั้นจะถูกยึดไว้ให้แน่นด้วย สกรูหรือลวดสปริง และมีวงแหวน (O-ring) สำหรับยึดให้แน่น เครื่องมือชนิดนี้มีจุดประสงค์เพื่อคัดขนาดของอนุภาคและใช้ประโยชน์อย่างมากในงานด้านการศึกษาวิจัย เพื่อประเมินการกระจายขนาดของอนุภาคและเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ รวมทั้งเพื่อการเลือกการจัดการควบคุมมลพิษที่เหมาะสมอีกด้วย การคัดขนาดของอนุภาคโดยอาศัยหลักการกระแทกนี้ จะเป็นการคัดขนาดอนุภาคโดยไม่คำนึงถึงคุณลักษณะทางด้านรูปร่าง คุณสมบัติทางฟิสิกส์ หรือความหนาแน่นของมวลอนุภาค แต่จะสามารถคัดขนาดที่เป็น aerodynamic size ซึ่งเป็นขนาดอ้างอิง กับวัตถุทรงกลม ที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และมีความเร็วปั่นป่วนเท่ากัน

2.13.2 ส่วนประกอบของเครื่องมือ มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 Andersen cascade impactor เครื่องมือประกอบด้วยชั้นสแตนเลสจำนวน 8 ชั้น วางเรียงต่อกันและยึดด้วยลวดสปริง โดยมีปะเก็นที่ทำจากยางเป็นรูปวงแหวนเพื่อป้องกันการกระแทกและช่วยให้แนบสนิท แต่ละชั้นจะเจาะรูไว้โดยมีขนาดต่างๆ กัน อนุภาคฝุ่นจะถูกดูดผ่านเข้ามาจากด้านล่าง ฝุ่นขนาดใหญ่จะถูกกรองในชั้นบนๆ ฝุ่นที่ขนาดเล็กกว่า จะลอดผ่านช่องเปิดลงมาในชั้นถัดไป ชั้นล่างสุดจะมีกระดากกรองไว้รองรับฝุ่นขนาดเล็กกว่าช่องเปิดในชั้นกรองสุดท้าย

ส่วนที่ 2 Vacuum pump เป็นเครื่องดูดอากาศ ที่มีอัตราการดูดกลืนที่ 28.3 ลิตรต่อวินาที กำลังดูดทำงานโดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.13.3 วิเคราะห์และการแปลผล

การวิเคราะห์ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักฝุ่นที่เกาะติดอยู่ที่จานรอง โดยที่ต้องมีการชั่งน้ำหนัก จานรองทั้งก่อนและหลังทำการเก็บตัวอย่าง เพื่อหาความแตกต่างของน้ำหนักก่อนเก็บและหลังเก็บ ตัวอย่าง สำหรับชั้นสุดท้ายที่เป็นกระดาษกรอง จะต้องนำกระดาษกรองไปดูความชื้นเสียก่อนทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง สามารถหาการกระจายขนาดของฝุ่นในทุกจานรอง โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักฝุ่นทั้งหมด การทำเช่นนี้จะทำให้ทราบว่าแผ่นใดมีการกระจายขนาดของฝุ่นเป็นเท่าใด แผ่นใดเสี่ยงที่จะเกิดการสะสมฝุ่นในปอดที่ส่วนใดของทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงาน



ภาพที่ 7 แสดงเครื่องมือ Andersen Cascade Impactor

2.14 อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ

2.14.1 ความหมายของอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ (Respiratory Protective device) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าหน้ากาก หมายถึงอุปกรณ์ที่ใช้สวมศีรษะหรือครอบปากและจมูก ที่มีขนาดและรูปแบบแตกต่างกันตามแต่จุดประสงค์ในการใช้งานเพื่อป้องกันผู้ปฏิบัติงาน มิให้ได้รับอันตรายจากมลสารในสิ่งแวดล้อมการทำงานจนอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (13)

2.14.2 ประเภทของอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ การแบ่งประเภทขึ้นอยู่กับว่าจะใช้อะไรเป็นเกณฑ์ ส่วนใหญ่จะแบ่งตามวิธีการป้องกัน ในกรณีที่แบ่งตามชนิดมลสารที่ต้องการป้องกัน จะแยกย่อยออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ได้แก่ dust fume กลุ่มที่ 2 ได้แก่ gas vapor กลุ่ม 3 เป็นลูกผสมของกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ในกรณีที่แบ่งตามการใช้แหล่งพลังงาน จะแยกออกเป็น 2 อย่างได้แก่ ไม่ใช้แหล่งพลังงาน และใช้แหล่งพลังงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานจากแบตเตอรี่ ในกรณีที่แบ่งตามวิธีป้องกัน จะแยกออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีกำจัดสิ่งปนเปื้อนทำให้อากาศสะอาด (Air purify) และวิธีปิดกั้นไม่ให้ได้รับมลสาร แต่จัดส่งอากาศให้แทน (Air Supply) กรณีแบ่งตามลักษณะปิดคลุม จะแยกออกเป็น 2 อย่างได้แก่ ปิดคลุมแบบแนบสนิทกับใบหน้า (Tight Fitting) และปิดคลุมแบบมีช่องอากาศผ่านออกไม่แนบสนิทกับใบหน้า (Loose Fitting) ในกรณีแบ่งตามขนาดครอบ จะแยกเป็น 3 ขนาดได้แก่ ขนาด ¼ ใบหน้า ขนาด ½ ใบหน้า ขนาดเต็มหน้า นอกจากนี้ยังมีการแบ่งแบบอื่นอีก เช่น ประเภทใช้แล้วทิ้งไป ประเภทเปลี่ยนไส้กรองได้ (14)

2.14.3 มาตรฐานความปลอดภัยด้านความสามารถในการกรอง ตามร่างคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุขเรื่องมาตรการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของแรงงานในเรื่องอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจในสถานประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทกิจการที่เกี่ยวข้องกับฝ้าย นั้นได้มีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยด้านความสามารถในการกรองไว้ โดยอ้างอิงมาตรฐานจากอเมริกา (NIOSH) ยุโรป (CEN)(15) ออสเตรเลีย/นิวซีแลนด์ (AS/NZS) หรือสถาบันอื่นที่มีมาตรฐานเทียบเท่าหรือผ่านการรับรองจากรมอนามัยซึ่งกำหนดความสามารถไว้ว่าต้องสามารถกรองอนุภาคขนาด $0.3 \mu\text{m}$ โดยมีประสิทธิภาพการกรองขึ้นกับชั้นคุณภาพ การพิจารณาเลือกขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็กเช่นนี้เป็นเพราะพฤติกรรมของอนุภาคขนาด $0.3 \mu\text{m}$ นี้ มีความสามารถแทรกผ่านไส้ได้ดีหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ามีประสิทธิภาพในการกรองต่ำ การเลือกอนุภาคขนาดนี้ในการทดสอบจะเป็นการเพิ่มความมั่นใจต่อความปลอดภัย (มี safety factor สูง) แต่ข้อเสียก็คือ

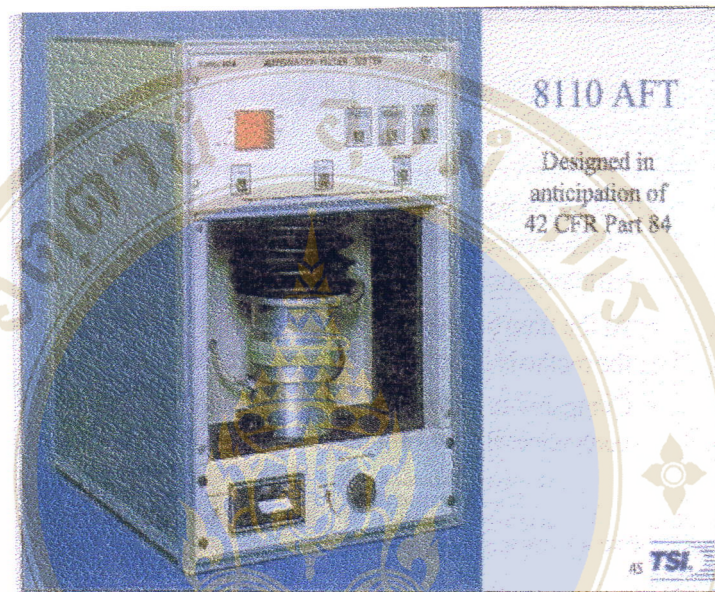
ผู้สวมใส่อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ จะรู้สึกอึดอัดเพราะเกิดแรงต้านทานการหายใจสูง อย่างไรก็ตามการใช้วัสดุที่เหมาะสม ประกอบกับการพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ๆช่วยเช่นการเพิ่มอำนาจการดูดซับด้วยแรงดูดไฟฟ้าสถิตย์ จะสามารถทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาวัสดุตัวกรองที่สามารถป้องกันอันตรายจากมลสาร ขณะเดียวกันก็ไม่เกิดแรงต้านทานการหายใจที่มากเกินไปด้วย (16)

2.15 การประเมินความสามารถในการกรองฝุ่น ด้วยเครื่องมือ Automated Filter Tester (AFT)

2.15.1 หลักการทำงานของเครื่อง AFT (17) เครื่องมือชนิดนี้ออกแบบเพื่อใช้ทดสอบหาอัตราการแทรกผ่าน (Penetration Rate) การต้านทานการหายใจในรูปของความดันสูญเสียของไส้กรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ การทำงานจะใช้เครื่องอัดอากาศเป็นตัวสร้างละอองขนาดเล็กๆ ในรูปของแข็งหรือของเหลว ละอองที่ถูกสร้างขึ้นจะส่งผ่านไปยังห้องทดสอบ (chamber) และพัดตรงไปยังแท่นที่วางไส้กรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ซึ่งจะมีการวัดความดันสูญเสียด้วย การตรวจจับจะใช้ Photometer วัดทั้ง upstream และ downstream ส่วนการวัด pressure drop จะใช้ pressure transducers เมื่อทดสอบเสร็จแล้ว เครื่องจะพิมพ์ผลออกมาด้วย

2.15.2 การประเมินคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ(18) มาตรฐานความปลอดภัยของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ มีข้อกำหนดไว้จำนวนมาก อาทิ ความต้านทานต่อเปลวไฟ การต้านทานการหายใจ การรั่วสู่ภายใน การรั่วของวาล์วหายใจออก ความทนทานสำหรับการใช้งานหนัก ประสิทธิภาพการกรองเป็นต้น แต่มาตรฐานที่สำคัญที่จะชี้บ่งถึงความปลอดภัยด้านประสิทธิภาพการกรองควบคู่กับความสบายในการใช้งานจริง จะมีอยู่ 2 ประการเท่านั้น อันได้แก่ อัตราการแทรกผ่าน (Penetration Rate) และความต้านทานต่อการหายใจ (Resistant) โดยกรมอนามัยได้ศึกษาจากประเทศทางแถบเอเชียซึ่งมีภูมิอากาศใกล้เคียงกับไทยคือประเทศสิงคโปร์ ซึ่งใช้มาตรฐานเช่นเดียวกับ NIOSH CEN AS/NZS คือ กำหนดไส้กรองสำหรับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ไม่มีส่วนจ่ายกำลังที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ทั้งชนิดที่ใช้แล้วทิ้งและชนิดเปลี่ยนไส้กรองได้ จะต้องสามารถกรองฝุ่นขนาด $0.3\ \mu\text{m}$ โดยมีประสิทธิภาพการกรองไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และมีความต้านทานการหายใจเข้าสู่สูงสุดที่อัตรา 30 ± 1 ลิตรต่อนาทีได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตรน้ำ หรือมีความต้านทานการหายใจเข้าสู่สูงสุดที่อัตรา 95 ± 2 ลิตรต่อนาที ได้ไม่เกิน 21 มิลลิเมตรน้ำ ในกรณีที่เป็นไส้กรองประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter) จะต้องมีประสิทธิภาพการกรองไม่ต่ำกว่าร้อยละ 99.95 และมีความต้านทานการหายใจเข้าสู่สูงสุดที่อัตรา 30 ± 1 ลิตรต่อนาทีได้ไม่เกิน 12

มิลลิตรน้ำ หรือความต้านทานการหายใจเข้าสูงสุดที่อัตรา 95 ± 2 ลิตรต่อนาทีได้ไม่เกิน 42 มิลลิตรน้ำ ในกรณีที่ เป็นไส้กรองที่จะใช้กับส่วนจ่ายกำลังที่ใช้พลังงานต่อเนื่องจากแบตเตอรี่จะต้องปิดผนึกมิดชิด ใช้งานได้ไม่ต่ำกว่า 4 ชั่วโมง ในการรักษาความดันบวกภายในอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ



ภาพที่ 8 แสดงเครื่องมือ Automated Filter Tester

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการศึกษา

3.1 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ในแผนก ผสม สาง ปั่น กรอ และทอ โดยการใช้เครื่องมือ Vertical Elutriator ซึ่งต้องทำการศึกษาในโรงงาน 6 โรงงาน

ส่วนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้าย ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ในแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ โดยการใช้เครื่องมือ Andersen Cascade Impactor ซึ่งต้องทำการศึกษาในโรงงาน

ส่วนที่ 3 การศึกษาคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ที่มีขายและใช้กันอยู่ในประเทศไทย ด้าน penetration test และ resistant test โดยการใช้เครื่องมือ Automated Filter Tester ซึ่งต้องทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.2 แผนกที่ศึกษาและจำนวนตัวอย่าง

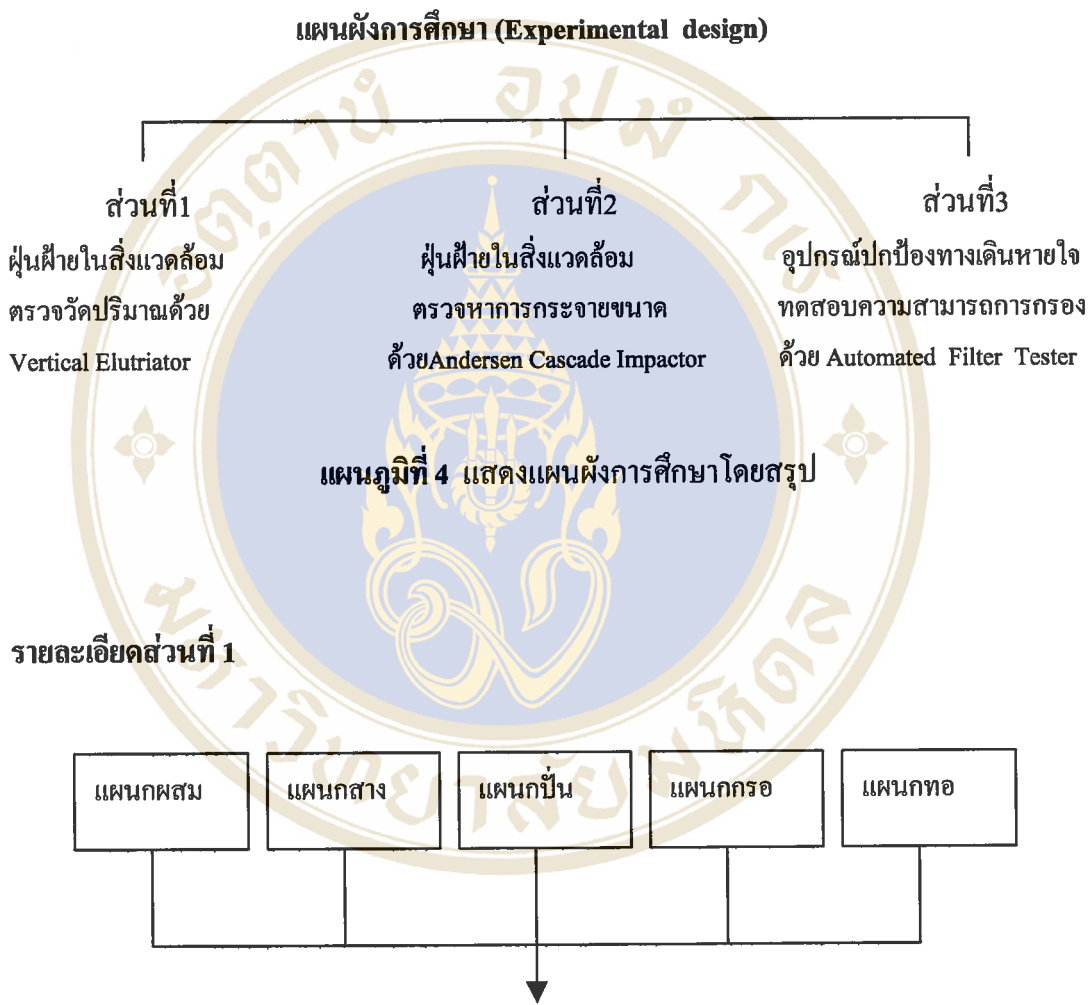
ส่วนที่ 1 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ รวม 5 แผนกแต่ละแผนกเก็บตัวอย่าง 1 แห่ง ในแต่ละแห่งจะเก็บตัวอย่างซ้ำ 3 ตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในแผนก ผสม สาง ปั่น กรอ และทอ รวม 5 แผนก แต่ละแผนกเก็บตัวอย่าง 1 แห่ง (เครื่องมือมีเครื่องเดียว)

ส่วนที่ 3 ทำการทดสอบไส้กรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจทั้งสิ้น 20 แบบ แต่ละแบบจะใช้ไส้กรองทดสอบ 2 ชุด แต่ละชุดทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง

- ชุดที่ 1 ใช้ทดสอบอัตราการไหลของอากาศที่ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที
- ชุดที่ 2 ใช้ทดสอบอัตราการไหลของอากาศที่ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที

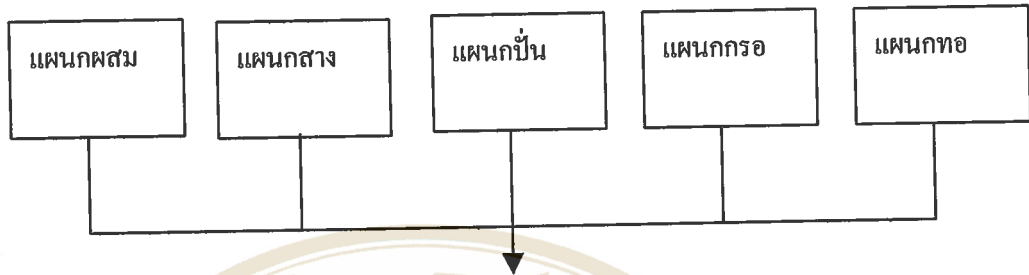
ในแต่ละชุด จะใช้ตัวอย่างทดสอบ 2 ชิ้น โดยแต่ละชิ้น จะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง



ทุกแผนกเลือกจุดที่เป็นตัวแทน 1 จุด และเก็บตัวอย่างอากาศ 3 ตัวอย่างด้วยเครื่องมือ Vertical Elutriator นำผลการเก็บตัวอย่างจาก 3 ตัวอย่างมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนปริมาณฝุ่นในแต่ละแผนก มีหน่วยเป็น mg / m^3

แผนภูมิที่ 5 แสดงรายละเอียดการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ ฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรม สิ่งทอในแผนกต่างๆ

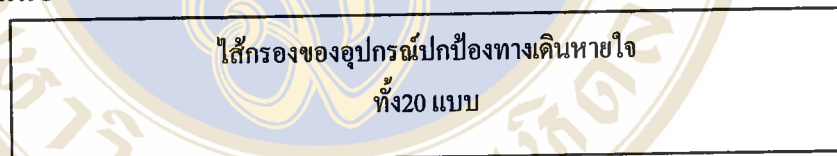
รายละเอียดส่วนที่ 2



ทุกแผนกเลือกจุดที่เป็นตัวแทน 1 จุด และเก็บตัวอย่างอากาศ 1 ตัวอย่างด้วยเครื่องมือ Andersen cascade impactor ซึ่งน้ำหนักหาปริมาณฝุ่นของแต่ละขนาดชั้นกรอง คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฝุ่นในแต่ละชั้น โดยคิดค่าน้ำหนักของฝุ่นในชั้นนั้น ๆ ต่อน้ำหนักของฝุ่นรวมทุกชั้น คิดเป็นเปอร์เซ็นต์

แผนภูมิที่ 6 แสดงรายละเอียดการศึกษาเปรียบเทียบการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ในแผนกต่างๆ

รายละเอียดส่วนที่ 3



นำไส้กรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจทั้ง 20 แบบมาทดสอบอัตราการแทรกผ่านและทดสอบการต้านการหายใจ ด้วยเครื่องมือ Automated Filter Tester โดยนำมาทดสอบแบบละ 4 ชิ้น ทำการทดสอบ 2 ชุด ชุดที่ 1 ทดสอบที่อัตราการไหลของอากาศ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที ชุดที่ 2 ทดสอบที่อัตราไหลของอากาศ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที ในแต่ละชุดจะใช้ตัวอย่างทดสอบ 2 ชิ้น และแต่ละชิ้น จะทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นค่าแสดงความสามารถในการกรองซึ่งแสดงในรูปของอัตราการแทรกผ่าน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ความต้านทานการหายใจ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรน้ำ

แผนภูมิที่ 7 แสดงรายละเอียดการศึกษาความสามารถในการกรองฝุ่นของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ด้าน penetration test และ resistant test

3.3 เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 ชุดเครื่องมือสำหรับการศึกษาส่วนที่ 1 ได้แก่

3.3.1.1 Vertical Elutriator ขนาดมาตรฐาน

3.3.1.2 Vacuum pump ที่มี Critical Orifice เป็นตัวควบคุมการไหลของอากาศ

โดยมี อัตราไหล 7.4 ± 0.2 ลิตร/นาทีก

3.3.1.3 ชุดดักเก็บตัวอย่างอากาศ

- ดักเก็บตัวอย่างเป็นชนิด polystyrene cassette ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร มี 3 ชั้น
- แผ่นรองกระดาษกรอง พร้อมกระดาษกรองชนิด polyvinyl chloride (PVC) pore size $5 \mu\text{m}$ เส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร
- จุกปิดทางเข้าออกของดักเก็บตัวอย่างอากาศ และเทปกาวที่ใช้

label ดักเก็บตัวอย่าง

3.3.1.4 ตัววัดความชื้นที่บรรจุสาร alumina gel ที่พร้อมใช้งาน

3.3.1.5 เครื่องชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 5

3.3.1.6 Flow Calibrator



ภาพที่ 9 แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่องมือ Vertical Elutriator

3.3.2 ชุดเครื่องมือสำหรับการศึกษาคส่วนที่ 2 ได้แก่

3.3.2.1 Andersen Cascade Impactor Model 20-830 SERIES ขนาด 8 ชั้นกรอง
คัดขนาดที่พิสัย 0.4 – 10.0 μm พร้อม preseparator

3.3.2.2 Vacuum pump ที่อัตราไหล 28.3 ± 0.3 ลิตร/นาที

3.3.2.3 กระดาษกรองชนิด glass fiber สำหรับชั้นสุดท้าย ขนาด 81 มิลลิเมตร
และมี pore size 0.4 μm

3.3.2.4 ตัวดูดความชื้น ที่บรรจุสาร alumina gel ที่พร้อมใช้งาน

3.3.2.5 เครื่องชั่งละเอียด สามารถชั่งได้ละเอียดถึง ทศนิยมตำแหน่ง

3.3.2.6 Flow calibrator



ภาพที่ 10 แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเครื่องมือ Andersen Cascade Impactor

3.3.3 ชุดเครื่องมือสำหรับการศึกษาคส่วนที่ 3 ได้แก่

3.3.3.1 ไล์กรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ 20แบบแบบละ 4ชิ้น

3.3.3.2 Automated Filter Tester



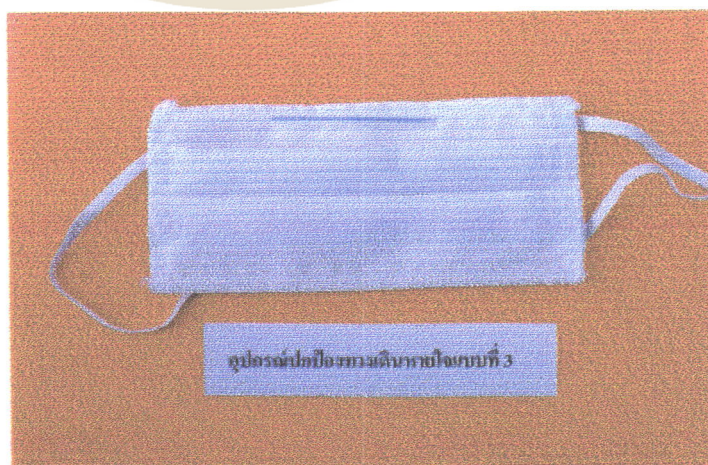
อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 1

ภาพที่ 11 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 1



อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 2

ภาพที่ 12 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 2



อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 3

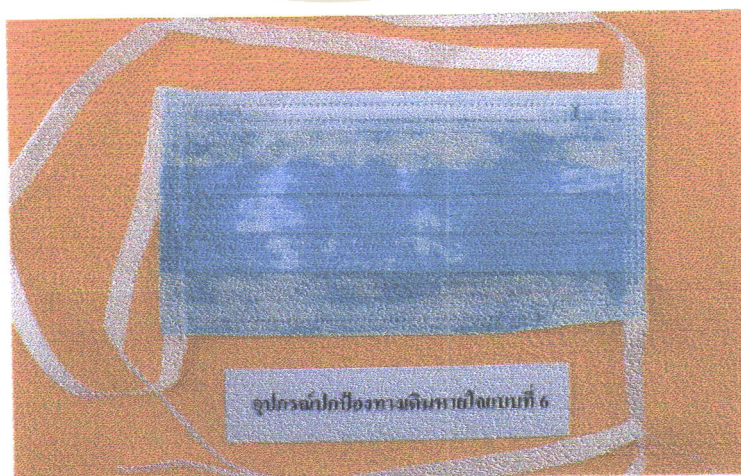
ภาพที่ 13 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 3



ภาพที่ 14 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 4



ภาพที่ 15 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 5



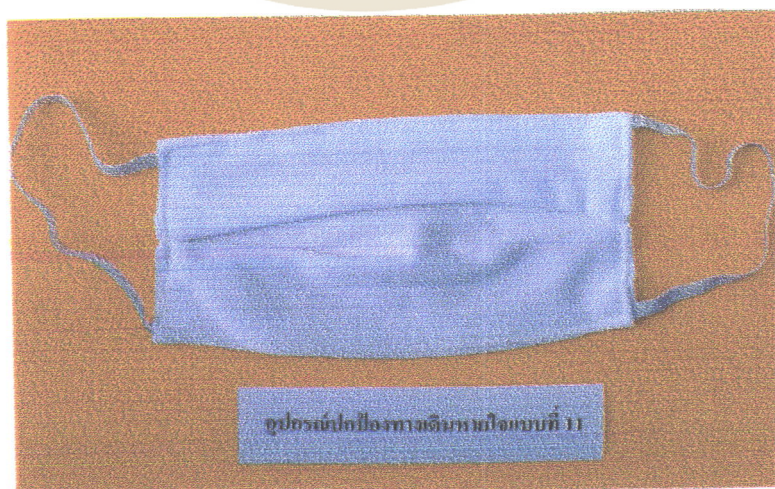
ภาพที่ 16 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 6



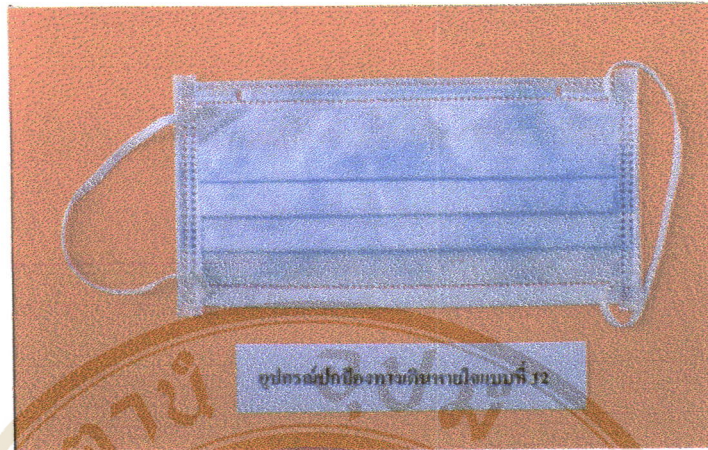
ภาพที่ 17 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 7



ภาพที่ 18 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 8 - 10



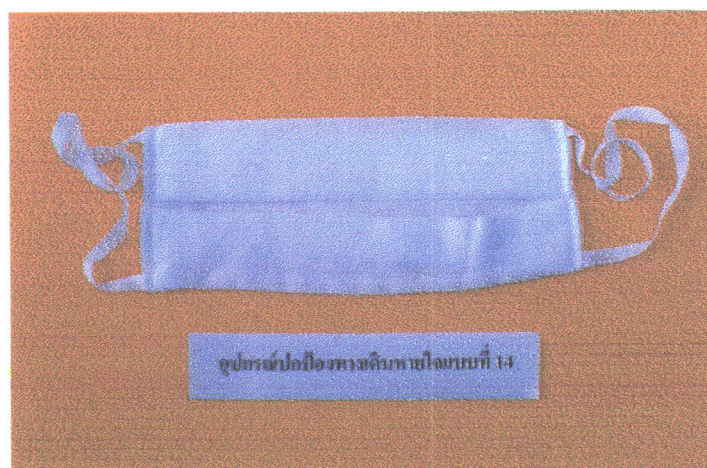
ภาพที่ 19 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 11



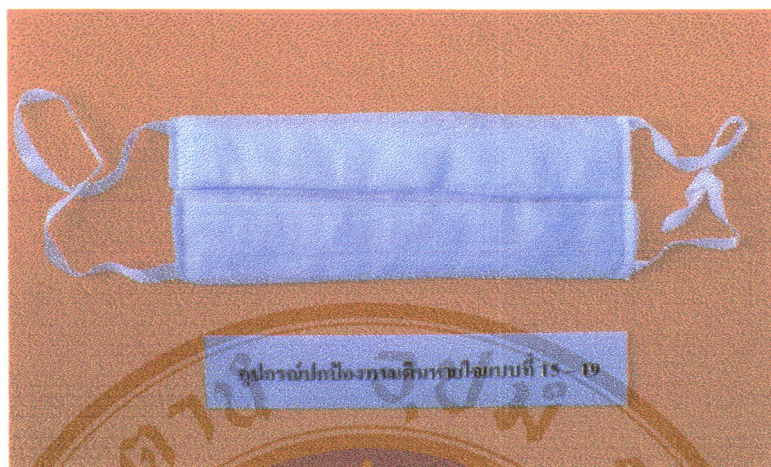
ภาพที่ 20 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 12



ภาพที่ 21 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 13



ภาพที่ 22 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 14



ภาพที่ 23 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 15 - 19



ภาพที่ 24 แสดงอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 20

3.4 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาตามส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 จะทำในวันเดียวกัน เพื่อลดความแตกต่างที่อาจเกิดขึ้นจากกำดั่งการผลิตและสภาวะแวดล้อมตามเงื่อนไขต่างๆ และยังเป็นการควบคุมคุณภาพการเก็บตัวอย่างอากาศไปด้วยในตัว

3.4.1 ขั้นตอนการศึกษาตามส่วนที่ 1

- สอบเทียบความถูกต้องของเครื่องดูดอากาศ โดยใช้ Flow Calibrator ทำการสอบเทียบที่อัตราไหลเดียวกันอย่างน้อย 3 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยอัตราการไหลที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 7.4 ± 0.2 ลิตรต่อนาที ถ้าค่าที่อ่านได้ไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับ ควรนำ

orifice ไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง Ultrasonic Cleaner และสอบเทียบซ้ำ จนกว่าจะอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และหากจำเป็นอาจต้องเปลี่ยนใหม่ ถ้าหากยังมีค่าความผิดพลาดเกินขอบเขตที่ยอมรับได้

- เตรียมชุดเก็บตัวอย่างอากาศ โดยนำแผ่นกระดาษกรองชนิด PVC ที่มี pore size ขนาด 5 μm เส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ไปใส่ในตู้ดูดความชื้นตั้งทิ้งไว้ จนกว่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ดูดความชื้นคงที่ ในกรณีไม่มีเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ให้ใส่ไว้ในตู้ประมาณ 1 คืน (ไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง) จากนั้นนำแผ่นกระดาษกรองที่ผ่านการดูดความชื้นแล้วไปทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า บันทึกน้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (pre-weight) ใช้ลูกยางหรือใช้แปรงปัดฝุ่นที่อาจติดค้างอยู่ในตลับยัดกระดาษกรอง แล้วใช้ forcep คีบแผ่นรองกระดาษกรองวางลงในตลับยัดกระดาษกรอง จากนั้นคีบกระดาษกรองที่ทำ pre-weight แล้วซ้อนทับแผ่นรองกระดาษกรองอีกทีหนึ่ง สวมต่อชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ของตลับยัดกระดาษกรองตามด้วยการปิดจุกทั้งทางเข้าและทางออกของอากาศ กดเบาๆ ให้ชิ้นส่วนทั้งหมดสวมต่อกันแน่น และใช้เทปกาวยึดรอบตลับ ลงรหัสตัวอย่างเพื่อกันความสับสน การเตรียมชุดตลับเก็บตัวอย่างอากาศนี้ จะต้องเตรียมส่วนหนึ่งเก็บไว้เป็น blank sample ด้วย

- การเก็บตัวอย่างอากาศ ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ 2 ช่วงเวลา คือช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยรวมเวลาเก็บตัวอย่างทั้งวันประมาณ 5-6 ชั่วโมง และเปลี่ยนตลับกระดาษกรองในช่วงบ่าย เพื่อป้องกันความผิดพลาดจาก pressure drop นับเวลาเริ่มต้น และเวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่าง หลังสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างให้ถอดตลับกระดาษกรองออกจาก Vertical Elutriator และหงายตลับป้องกันไม่ให้ฝุ่นร่วงหล่นจากกระดาษกรอง ใช้เทปกาวยึดรอบตลับและปิดจุกทางเข้าออกของอากาศ ทำความสะอาด Vertical Elutriator และ vacuum pump โดยใช้พัดลมเป่าและผ้าสะอาดเช็ด นำตลับตัวอย่างไปเข้าตู้ดูดความชื้นอีกครั้ง โดยถอดจุกอากาศเข้าและออกตั้งทิ้งไว้ เช่นเดียวกับการทำ pre-weight เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำกระดาษกรองที่ผ่านการการเก็บตัวอย่างอากาศมาแล้วมาทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เป็นน้ำหนักกระดาษกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (Post-weight)

- การวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นฝ้าย คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความเข้มข้น} = \frac{(\text{post} - \text{weight}) - (\text{pre} - \text{weight})}{\text{ปริมาตรอากาศ}}$$

ปริมาตรอากาศ = อัตราการไหลของอากาศ x เวลาที่เก็บตัวอย่าง

หน่วยที่นิยมใช้ คือ mg / m^3

3.4.2 ขั้นตอนการศึกษาตามส่วนที่ 2

- สอบเทียบความถูกต้องของเครื่องดูดอากาศ โดยใช้ Flow Calibrator ทำการสอบเทียบอัตราการไหลอย่างน้อย 3 ครั้ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตโดยอัตราไหลที่ยอมรับได้จะอยู่ในช่วง 28.3 ± 0.3 ลิตรต่อนาที ถ้าค่าที่สอบเทียบยังไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ให้ปรับที่ Flow adjustment สอบเทียบใหม่จนกว่าจะได้ช่วงที่ยอมรับได้ และล็อก Flow adjustment เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน

- เตรียมชุดเก็บตัวอย่างอากาศ Andersen Cascade Impactor โดยให้นำไปล้างทำความสะอาดด้วยเครื่อง ultrasonic และผึ่งลมหรือเช็ดแห้งด้วยผ้าหรือกระดาษที่ไม่มีขุย ใช้ forceps ทุกครั้งที่จะหยิบจับจานรอง (Collecting Plate) ในกรณี que เก็บตัวอย่างแล้ว การใช้ forceps อาจทำได้เนื่องจาก forceps จะไปสัมผัสถูกฝุ่นและทำให้ผลคลาดเคลื่อน ในกรณีนี้ให้จับที่ขอบจานเพื่อป้องกันไขมันจากมือที่จะไปสัมผัสและปนเปื้อนกับจานรอง นำจานรองที่วางอยู่ใต้ชั้นกรองทั้ง 7 ไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า บันทึกน้ำหนักจานรองก่อนเก็บตัวอย่าง (pre- weight) ส่วนกระดาษกรองในชั้นสุดท้ายให้ใช้กระดาษกรองชนิด glass fiber ที่มี pore size ขนาด $0.4 \mu\text{m}$ มีเส้นผ่าศูนย์กลางกระดาษกรอง 81 มิลลิเมตร ทำการดูความชื้น และชั่งน้ำหนักเช่นเดียวกับวิธีการศึกษา ในส่วนที่ 1

- การเก็บตัวอย่างอากาศ ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ทั้งวันประมาณ 5-6 ชั่วโมง บันทึกเวลาเริ่มต้น และเวลาสิ้นสุด หลังสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างให้ใช้ผ้าสะอาดเช็ดโดยรอบเครื่องมือ ห้ามใช้ลมเป่า ปิดจุกทางเข้าและทางออกของอากาศ ระวังมิให้เครื่องมือได้รับความกระทบกระเทือนโดยต้องตั้งในแนวตั้งเท่านั้น เมื่อจะชั่งน้ำหนักหลังเก็บตัวอย่าง จะต้องระวังมิให้จานที่ใช้เก็บฝุ่นเลื่อนหลุด หรือเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งในขณะที่ทำการเก็บฝุ่น มิฉะนั้นจะสูญเสียฝุ่นไปและทำให้เกิดความผิดพลาดในการชั่งน้ำหนักฝุ่นได้

- วิเคราะห์การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้าย โดยการคัดขนาดด้วย Andersen Cascade Impactor คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฝุ่นในแต่ละชั้น คำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ ฝุ่นในแต่ละชั้น} = \frac{\text{น้ำหนักฝุ่นรวมใน ชั้นนั้น} \times 100}{\text{น้ำหนักฝุ่นรวมทั้ง 8 ชั้น}}$$

3.4.3 ขั้นตอนการศึกษาตามส่วนที่ 3

- สร้างละอองเกลือด้วยเครื่อง Aerosol generator โดยการละลายเกลือแอมโมเนียม reagent grade ในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 1 % และให้มีปริมาณเพียงพออยู่ในขอบเขตที่กำหนด โดยต้องอยู่ในระดับต่ำกว่าเส้นสีแดง แต่ต้องไม่ต่ำกว่าระดับเส้นสีเขียวของภาชนะบรรจุสารละลายเกลือ ทั้งนี้สภาวะการทดสอบให้เป็นไปตาม BS4400 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

- นำอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจมาวางบนแท่นทดสอบซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ในกรณีที่อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจนั้นมีรูปทรงในการใช้งานเป็นเช่นใด ก็ให้ประยุกต์การทดสอบตามรูปทรงที่ใช้จริง เช่น ผ้าผืนจุกที่มีการพับซ้อนกันในการบรรจุหีบห่อ ขณะใช้งานจริง ส่วนที่พับซ้อนกันนี้จะถูกเคลื่อนตามรูปทรงของใบหน้า เวลาทดสอบก็ต้องใช้กรรไกรตัดมุมที่เย็บตรงไว้เพื่อทำให้ผืนผ้าเคลื่อน ในแนวราบบนแท่นทดสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว และต้องวางให้แนบสนิทกับแท่นทดสอบโดยไม่ให้มีริ้ว ซึ่งอาจใช้เทปกระดาษกาวตรึงไว้ให้แนบสนิทได้ พยายามใช้กระดาษกาวในการตรึงให้น้อยที่สุด เพื่อลดความผิดพลาดในการทดสอบ

- กดปุ่มบนเครื่องพร้อมกัน 2 ปุ่ม เครื่องมือนี้ได้ออกแบบเพื่อความปลอดภัย โดยต้องใช้มือกดทั้ง 2 ปุ่มพร้อมกัน เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนหนึ่ง ส่วนใดของมือถูกกระแทกจากส่วนที่ปิดคลุมแท่นทดสอบ เพื่อส่งผ่านละอองเกลือที่ใช้ทดสอบ ขณะนี้ส่วนที่ปิดคลุมจะเคลื่อนตัวลงมาปิดทับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจพอดี ต้องสังเกตดูด้วยว่ามีริ้วหรือไม่ เพราะขณะที่ส่วนปิดคลุมนี้เคลื่อนตัวลง แรงกระแทกอาจทำให้เทปกระดาษกาวติดตัวหลุดออกและกิดรอยร้าว ซึ่งจะทำให้การทดสอบผิดพลาดไปอย่างมาก ในกรณีเช่นนี้ จะต้องกดปุ่ม เพื่อยกส่วนปิดคลุมขึ้นก่อน แล้วขยับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจให้เข้าที่ ตรึงด้วยเทปกระดาษกาวใหม่อีกครั้ง แล้วจึงกดปุ่มอีกครั้งเพื่อเริ่มใหม่

- ดูที่หน้าจอบ่งชี้อัตราการไหลของอากาศเป็นไปตามสภาวะทดสอบที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ แต่ละแบบจะมีการทดสอบ 2 ชุด ชุดที่ 1 ทดสอบที่อัตราการไหล 30 ± 1 ลิตรต่อนาที และชุดที่ 2 ทดสอบที่อัตราการไหล 95 ± 2 ลิตรต่อนาที ในกรณีที่อัตราการไหลไม่เป็นไปตามสภาวะการทดสอบจะต้องทำการปรับอัตราการไหลให้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ เมื่อปรับอัตราการไหลได้เรียบร้อยแล้ว จึงทดสอบอีกครั้ง และอ่านค่าที่ทดสอบได้ 2 ค่า ได้แก่ค่าร้อยละของการแทรกผ่าน และค่าความต้านทานการหายใจ บันทึกผลหรือเปิดเครื่องพิมพ์ผลออกมาได้เลยในแต่ละครั้งของการทดสอบ การทดสอบแต่ละชุด จะใช้ 2 ชิ้น และแต่ละชิ้นจะทดสอบ 3 ครั้ง ดังนั้นในแต่ละชุด จะมีข้อมูลทดสอบอยู่ 6 แผ่นข้อมูล เพื่อป้องกันความสับสนหรือผิดพลาด ในการพิมพ์แผ่นข้อมูล จึงควรระบุแบบ ชิ้นที่ ครั้งที่ ด้วยทุกครั้ง

- ทำการทดสอบเช่นนี้ให้ครบทั้ง 20 แบบ ขณะทดสอบต้องคอยสังเกตปริมาณสารละลายเกลือแกงด้วยว่าอยู่ในระดับที่ต้องการหรือไม่ หากไม่อยู่ในระดับที่ต้องการ ต้องหยุดเครื่องและเติมสารละลายให้มีปริมาณเพียงพอตามที่กำหนดไว้
- สำหรับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจบางแบบที่มีขนาดเล็กกว่าแทนทดสอบเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ผู้ทดสอบสามารถเปลี่ยนแทนทดสอบได้ตามที่ต้องการ (Accessory ที่มีพร้อมกับเครื่องทดสอบ) แต่จะต้องปรับอัตราการไหลใหม่ โดยใช้สูตร $Q = VA$ ซึ่งดูได้จากตารางที่แนบมากับคู่มือการใช้งานเครื่อง AFT ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข สำหรับการทดสอบตามการศึกษานี้จะใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 15 ± 0.5 ลิตรต่อนาที แทนอัตราการไหลของอากาศที่ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที และใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 47 ± 2 ลิตรต่อนาที แทนอัตราการไหลของอากาศที่ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที เนื่องจากการปรับเปลี่ยน Accessory เพื่อให้ได้ขนาดพอดีกับอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ
- การวิเคราะห์คุณภาพ คุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ที่สำคัญมี 2 ดัชนี คือ การแทรกผ่านและความต้านทานการหายใจ ซึ่งสามารถอ่านผลได้ทันทีหลังการทดสอบ ผลการทดสอบการแทรกผ่านจะมีหน่วยเป็นร้อยละ ส่วนผลการทดสอบความต้านทานการหายใจจะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรน้ำ

3.5 การวิเคราะห์ผลการศึกษา (19)

3.5.1 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้ายในการแต่ละแผนกทั้งในโรงงานเดียวกันและต่างโรงงาน วิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance = ANOVA)

3.5.2 การศึกษาการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้าย ในแต่ละแผนกของโรงงานเดียวกัน วิเคราะห์โดยใช้ Friedman Two way ANOVA

3.5.3 การศึกษาคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาในส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้าย

การศึกษาในส่วนที่ 1 เพื่อตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานปั่นด้ายและทอผ้าที่แผนก ผสม สาง ปั่น กรอ และทอ โดยใช้เครื่องมือ Vertical Elutriator โรงงานที่ทำการศึกษเป็น โรงงานปั่นด้ายที่มีการทอผ้าด้วย 5 โรงงาน และเป็นโรงงานที่มีการปั่นด้ายโดยไม่มีการทอผ้า 1 โรงงาน (โรงงานที่ 4 เป็นโรงงานที่ไม่มีการทอผ้า) ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 1 2 3 4 5 และ 6 มีค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แยกตามแผนกดังรายละเอียด ตารางที่ 1 2 3 4 5 และ 6 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 1 แยกตามแผนก

แผนก	ปริมาณฝุ่นฝ้าย (mg/m ³)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ผสม	0.5140	0.2179	0.2935	0.3418*	0.1538
สาง	0.5888	0.4966	0.5221	0.5358*	0.0476
ปั่น	0.4212	0.3537	0.3599	0.3783*	0.0373
กรอ	0.4957	0.4287	0.6255	0.5166*	0.1000
ทอ	0.5067	0.4910	0.5027	0.5001*	0.0081
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก				0.4545*	0.1095

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 2 แยกตามแผนก

แผนก	ปริมาณฝุ่นฝ้าย (mg/m ³)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ผสม	0.4121	0.4552	0.4384	0.4352*	0.0217
สาว	0.2049	0.1743	0.2185	0.1992	0.0226
ปั่น	0.1481	0.1667	0.1824	0.1657	0.0171
กรอ	0.3287	0.2138	0.1806	0.2410*	0.0777
ทอ	0.2710	0.1751	0.2350	0.2270*	0.0484
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก				0.2537*	0.1045

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 3 แยกตามแผนก

แผนก	ปริมาณฝุ่นฝ้าย (mg/m ³)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ผสม	1.4206	0.2553	0.2874	0.6544*	0.6637
สาว	0.3122	0.2983	0.3542	0.3216*	0.0291
ปั่น	0.1226	0.2018	0.3783	0.2342*	0.1309
กรอ	0.1931	0.1320	0.1819	0.1690	0.0325
ทอ	0.8723	0.6092	1.0091	0.8302*	0.2032
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก				0.4419*	0.3766

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

ตารางที่ 4 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 4 แยกตามแผนก

แผนก	ปริมาณฝุ่นฝ้าย (mg/m ³)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ผสม	0.4456	0.4446	0.3710	0.4204*	0.0427
สาว	0.4862	0.5006	0.4839	0.4902*	0.0091
ปั่น	0.0797	0.1013	0.0680	0.0830	0.0169
กรอ	0.1117	0.1840	0.1354	0.1437	0.0369
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก				0.2843*	0.1836

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 5 แยกตามแผนก

แผนก	ปริมาณฝุ่นฝ้าย (mg/m ³)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ผสม	0.1843	0.1341	0.1290	0.1491	0.0306
สาว	0.0966	0.1392	0.0900	0.1086	0.0267
ปั่น	0.1818	0.0906	0.1401	0.1375	0.0457
กรอ	0.0976	0.1172	0.1314	0.1154	0.0169
ทอ	1.5553	1.7334	0.8029	1.3639**	0.4939
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก				0.3749*	0.5455

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

** ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดตามกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม (1 mg / m³)

ตารางที่ 6 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานที่ 6 แยกตามแผนก

แผนก	ปริมาณฝุ่นฝ้าย (mg/m ³)			ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3		
ผสม	0.7480	0.4887	0.6421	0.6263*	0.1303
สาว	0.6388	0.6708	0.5840	0.6312*	0.0439
ปั่น	0.2877	0.3369	0.2983	0.3076*	0.0259
กรอ	0.4571	0.3382	0.4383	0.4112*	0.0639
ทอ	0.7379	0.7448	0.7035	0.7287*	0.0221
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก				0.5410*	0.1720

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยรวมทุกแผนกแยกตามโรงงานจะพบว่าโรงงานที่มีปริมาณฝุ่นมากที่สุด คือ โรงงานที่ 6 รองลงมาได้แก่โรงงานที่ 1 3 5 4 และ 2 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3954 mg/m³ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3072 mg/m³ ดังรายละเอียด ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยรวมทุกแผนกแยกตามโรงงานเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

โรงงานที่	ปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ย (mg/m ³)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mg/m ³)
6	0.5410 *	0.1720
1	0.4545 *	0.1095
3	0.4419 *	0.3766
5	0.3749 *	0.5455
4	0.2843 *	0.1836
2	0.2537 *	0.1045
ค่าเฉลี่ยทุกโรงงาน	0.3954 *	0.3072

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

ส่วนการเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยในทุกโรงงานแยกตามแผนก จะพบว่าแผนกที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายมากที่สุดคือ แผนก ทอ รองลงมาได้แก่แผนก ผสม สาง กรอ และ ปั่น ตามลำดับ ดังรายละเอียดตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยทุกโรงงานแยกตามแผนกเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

แผนก	ปริมาณฝุ่นเฉลี่ย (mg/m ³)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mg/m ³)
ทอ	0.7299 *	0.4415
ผสม	0.4378 *	0.2965
สาง	0.3811 *	0.1941
กรอ	0.2661 *	0.1609
ปั่น	0.2177 *	0.1158
ค่าเฉลี่ยทุกแผนก	0.3954 *	0.3072

หมายเหตุ* ค่าเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA (0.2 mg / m³)

ในการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) พบว่า ปริมาณฝุ่นในแต่ละแผนกในโรงงานเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \text{ value} = 0.000$) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณฝุ่นในแผนกเดียวกันแต่ต่างโรงงานกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน ($P \text{ value} = 0.001$) โดยผลการทดสอบมี 2-way interactions แผนกในโรงงานเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \text{ value} = 0.000$) จึงต้องมีการทดสอบโดยละเอียดต่อไปนี้

- ในแต่ละโรงงาน แผนกใดที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายโดยเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน
- ในแต่ละโรงงาน แผนกใดที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายโดยเฉลี่ยแตกต่างกัน และแตกต่างกัน

อย่างไร

- ในแต่ละแผนก โรงงานใดที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน
- ในแต่ละแผนก โรงงานใดที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยแตกต่างกันและแตกต่างกันอย่างไร

ผลการทดสอบเพิ่มเติมพบว่าโรงงานที่1 และโรงงานที่3 มีปริมาณฝุ่นฝ้ายโดยเฉลี่ยของแต่ละแผนกไม่แตกต่างกัน ส่วนโรงงานที่ 2 4 5 และ 6 ให้ผลตรงข้าม

ในโรงงานที่ 2 แผนกผสมจะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนแผนกอื่นๆมีปริมาณฝุ่นใกล้เคียงกัน

ในโรงงานที่ 4 แผนกผสมและสาจะจะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยมากกว่าแผนกปั่นและกรอ

ในโรงงานที่ 5 แผนกทอจะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยมากที่สุด ส่วนแผนกอื่นๆมีปริมาณใกล้เคียงกัน

ในโรงงานที่6 แผนกปั่นและกรอจะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายน้อยกว่าแผนกอื่นๆ

การทดสอบทางสถิติสามารถจัดกลุ่มแผนกที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยการจัดกลุ่มจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยใกล้เคียงกัน กลุ่มที่ 1 จะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 ดังรายละเอียดตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA ทดสอบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นฝ้าย โดยเฉลี่ยในแต่ละแผนกของโรงงานเดียวกัน

โรงงาน	P value	แผนกที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายใกล้เคียงกันเรียงลำดับจากน้อยไปมาก	
		กลุ่มที่1	กลุ่มที่2
1*	0.0660	-	-
2	0.0002	ปั้น สาง กรอ ทอ	ผสม
3*	0.1136	-	-
4	0.0000	ปั้น กรอ	ผสม สาง
5	0.0001	สาง กรอ ปั้น ผสม	ทอ
6	0.0001	ปั้น กรอ	ผสม สาง ทอ

*หมายเหตุ ในโรงงานที่1 และ3 ไม่มีการจัดกลุ่มเนื่องจากการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยของแต่ละแผนกไม่แตกต่างกัน

สำหรับการทดสอบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยในแผนกเดียวกันของทุกโรงงานพบว่า แผนกผสมมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยของแผนกอื่นๆของทุกโรงงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยที่แผนกสาางในโรงงานที่ 5 และ 2 จะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยน้อยกว่าโรงงานอื่นๆ แผนกปั่นและแผนกกกรอบในโรงงานที่ 6 และ 1 จะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยมากกว่าโรงงานอื่นๆ แผนกทอในโรงงานที่ 5 จะมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยมากกว่าโรงงานอื่นๆ ดังรายละเอียดตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA ทดสอบความแตกต่างของปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยในแต่ละแผนกของทุกโรงงาน

แผนก	P value	โรงงานที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายใกล้เคียงกันเรียงลำดับจากน้อยไปมาก	
		กลุ่มที่1	กลุ่มที่2
ผสม	0.3259	-	-
สาาง	0.0000	โรงงานที่ 5 และ 2	โรงงานที่3 4 1 และ 6
ปั่น	0.0006	โรงงานที่ 4 5 2 และ 3	โรงงานที่ 6 และ 1
กรอบ	0.0000	โรงงานที่ 5 4 3 และ 2	โรงงานที่ 6 และ 1
ทอ	0.0021	โรงงานที่ 2 1 6 และ 3	โรงงานที่ 5

หมายเหตุ แผนกผสมไม่มีการจัดกลุ่มโรงงานเนื่องจากปริมาณฝุ่นฝ้ายโดยเฉลี่ยของแต่ละโรงงานไม่แตกต่างกัน

4.2 การศึกษาในส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบการกระจายขนาดฝุ่น

การศึกษาในส่วนที่ 2 คือการศึกษาที่ดูลักษณะการกระจายขนาดของฝุ่นในโรงงานปั่นฝ้ายและทอผ้า ที่แผนกผสม สาาง ปั่น กรอบ และทอ เครื่องมือที่ใช้ศึกษา คือ Andersen Cascade Impactor การศึกษาในส่วนนี้ต้องการทราบ 3 ประเด็น ดังนี้

- ประเด็นที่ 1 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในแต่ละโรงงานแยกตามแผนกมีฝุ่นฝ้ายขนาดต่างๆ ช่วงพิสัยใดและมีอยู่ในปริมาณเท่าใด
- ประเด็นที่ 2 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในแผนกต่าง ๆ ในโรงงานเดียวกัน มีรูปแบบการกระจายแบบเดียวกันหรือไม่
- ประเด็นที่ 3 ในภาพรวมโดยเฉลี่ย แต่ละโรงงาน จะมีฝุ่นฝ้ายแต่ละขนาดช่วงพิสัยใดและมีอยู่ในปริมาณเท่าใด

ผลการศึกษาประเด็นที่ 1 พบว่าขนาดฝุ่นที่ช่วงพิสัยต่าง ๆ มีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันไป นอกจากนี้ฝุ่นฝ้ายขนาดที่เล็กกว่า 0.4 μm ยังมีอยู่ในปริมาณเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 0.17 ถึง 40.99 ดังรายละเอียดในตารางที่ 11-16

ตารางที่ 11 ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรองของโรงงานที่ 1 แยกตามแผนก

stage	Andersen size range (μm)	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้าย				
		แผนกผสม	แผนกสาง	แผนกปั่น	แผนกกรอ	แผนกทอ
0	9.0-10.00	33.83	16.23	26.52	16.75	13.81
1	5.8-8.99	20.70	15.81	12.46	14.68	9.64
2	4.7-5.79	9.61	9.59	3.35	6.22	4.50
3	3.3-4.69	12.57	14.80	9.58	5.87	6.21
4	2.1-3.29	5.36	12.78	5.11	4.49	9.74
5	1.1-2.09	3.70	10.85	6.55	7.43	19.81
6	0.65-1.09	7.95	12.70	22.36	25.39	21.52
7	0.4-0.64	4.16	6.56	13.74	19.00	12.53
Filter	0-0.39	2.13	0.67	0.32	0.17	2.25

ตารางที่ 12 ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรองของโรงงานที่ 2 แยกตามแผนก

stage	Andersen size range (μm)	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้าย				
		แผนกผสม	แผนกสาง	แผนกปั่น	แผนกกרו	แผนกทอ
0	9.0-10.00	12.87	11.60	13.88	10.53	21.68
1	5.8-8.99	14.57	12.57	14.25	12.31	16.01
2	4.7-5.79	11.73	11.31	12.60	10.91	12.01
3	3.3-4.69	11.07	11.21	13.06	11.76	9.34
4	2.1-3.29	11.45	13.65	3.84	12.62	9.42
5	1.1-2.09	9.74	12.67	3.01	11.07	7.42
6	0.65-1.09	14.66	17.06	17.08	14.16	13.59
7	0.4-0.64	9.46	6.34	15.16	12.77	9.67
Filter	0-0.39	4.45	3.61	7.12	3.87	0.83

ตารางที่ 13 ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรองของโรงงานที่ 3 แยกตามแผนก

stage	Andersen size range (μm)	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้าย				
		แผนกผสม	แผนกสาง	แผนกปั่น	แผนกกרו	แผนกทอ
0	9.0-10.00	11.43	5.93	12.45	38.05	20.89
1	5.8-8.99	11.71	11.95	13.42	19.47	24.34
2	4.7-5.79	10.50	12.05	10.62	9.44	12.70
3	3.3-4.69	11.07	12.52	10.81	8.26	9.92
4	2.1-3.29	11.79	13.77	12.26	6.78	8.34
5	1.1-2.09	13.93	17.40	9.65	6.78	7.29
6	0.65-1.09	16.07	12.43	16.51	2.06	5.79
7	0.4-0.64	12.36	13.19	13.61	5.31	5.71
Filter	0-0.39	1.14	0.76	0.68	3.83	5.03

ตารางที่ 14 ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรองของโรงงานที่ 4 แยกตามแผนก

stage	Andersen size range (μm)	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้าย				
		แผนกผสม	แผนกสาง	แผนกปั่น	แผนกกรอ	แผนกทอ
0	9.0-10.00	8.26	6.95	15.84	11.57	20.89
1	5.8-8.99	18.38	18.10	13.71	10.28	24.34
2	4.7-5.79	12.06	10.60	12.53	11.57	12.70
3	3.3-4.69	14.84	14.53	11.58	12.85	9.92
4	2.1-3.29	10.79	14.44	12.06	12.85	8.34
5	1.1-2.09	10.62	12.07	8.27	11.57	7.29
6	0.65-1.09	10.03	9.32	8.98	10.28	5.79
7	0.4-0.64	7.50	7.40	8.27	10.28	5.71
Filter	0-0.39	7.50	6.58	8.75	8.74	5.09

ตารางที่ 15 ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรองของโรงงานที่ 5 แยกตามแผนก

stage	Andersen size range (μm)	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้าย				
		แผนกผสม	แผนกสาง	แผนกปั่น	แผนกกรอ	แผนกทอ
0	9.0-10.00	8.50	14.63	21.44	9.13	6.02
1	5.8-8.99	8.50	14.63	11.70	11.62	7.11
2	4.7-5.79	8.50	13.58	9.75	10.79	6.02
3	3.3-4.69	11.33	15.67	11.70	10.79	18.05
4	2.1-3.29	14.16	15.67	11.70	10.79	28.45
5	1.1-2.09	19.83	8.36	9.75	11.62	22.98
6	0.65-1.09	8.50	11.49	11.70	11.62	7.11
7	0.4-0.64	11.33	5.22	5.85	12.45	1.09
Filter	0-0.39	9.35	0.73	6.43	11.20	3.17

ตารางที่ 16 ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้ายในแต่ละชั้นกรองของโรงงานที่ 6 แยกตามแผนก

stage	Andersen size range (μm)	ร้อยละของปริมาณฝุ่นฝ้าย				
		แผนกผสม	แผนกสาง	แผนกปั่น	แผนกกรอ	แผนกทอ
0	9.0-10.00	15.17	10.13	20.65	14.85	12.28
1	5.8-8.99	10.48	14.77	11.68	10.92	7.81
2	4.7-5.79	9.38	6.33	8.97	9.17	3.83
3	3.3-4.69	12.69	19.83	9.78	6.11	8.45
4	2.1-3.29	14.48	9.28	8.70	8.52	8.93
5	1.1-2.09	18.07	11.39	7.34	10.48	4.94
6	0.65-1.09	9.93	5.06	7.31	7.86	5.42
7	0.4-0.64	7.03	7.59	5.43	5.46	7.34
Filter	0-0.39	2.76	15.61	20.11	26.64	40.99

ผลศึกษาประเด็นที่ 2 คือ การศึกษาการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในแผนกต่าง ๆ ใน โรงงานเดียวกัน เพื่อดูว่าจะมีรูปแบบการกระจายขนาดแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยการวิเคราะห์ทาง สถิติโดยใช้ Friedman Two-Way ANOVA พบว่า การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในแผนกต่าง ๆ ใน โรงงานเดียวกันทุกโรงงาน จะมีรูปแบบการกระจายขนาดที่ไม่แตกต่างกัน ($p\text{ value}>0.05$) ดังราย ละเอียดในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การทดสอบทางสถิติด้านการกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายของแผนกต่างๆในโรงงานเดียวกัน

โรงงานที่	P value
1	0.8247
2	0.5541
3	0.3825
4	0.6308
5	0.7276
6	0.3825

ผลการศึกษาประเด็นที่ 3 คือการศึกษาในภาพรวม เพื่อดูว่าแต่ละโรงงานจะมีฝุ่นฝ้ายขนาดต่าง ๆ อยู่ในปริมาณเท่าใด โดยใช้ค่าเฉลี่ยร้อยละของแผนกต่าง ๆ แยกตามช่วงพิสัยขนาดของฝุ่นตามชั้นกรอง พบดังนี้

:โรงงานที่ 1 มีฝุ่นขนาด 9.0-10 μm อยู่ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ฝุ่น 0.65-1.09 μm และขนาด 5.8-8.99 μm โดยมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 21.43 17.98 และ 14.66 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่ช่วงพิสัยต่างๆในโรงงานที่ 1 แยกตามแผนก

Andersen size range (μm)	ร้อยละปริมาณฝุ่นในแผนก						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ผสม	สาบ	ปั่น	กรอ	ทอ	ค่าเฉลี่ย	
9.0 - 10.0	33.83	16.23	26.52	16.75	13.81	21.43	8.47
5.8 – 8.99	20.70	15.81	12.46	14.68	9.64	14.66	4.12
4.7 - 5.79	9.61	9.59	3.35	6.22	4.50	6.65	2.88
3.3 – 4.69	12.57	14.80	9.58	5.87	6.21	9.81	3.91
2.1 – 3.29	5.36	12.78	5.11	4.49	9.74	7.50	3.61
1.1 – 2.09	3.70	10.85	6.55	7.43	19.81	9.67	6.22
0.65 – 1.09	7.95	12.70	22.36	25.39	21.52	17.98	7.33
0.4 – 0.64	4.16	6.56	13.74	19.00	12.53	11.20	5.92
0 – 0.39	2.13	.67	.32	.17	2.25	1.11	1.01

:โรงงานที่ 2 มีฝุ่นขนาด 0.65 – 1.09 μm อยู่ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ฝุ่นขนาด 9.0-10 μm และขนาด 5.8-8.99 μm โดยมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 15.31 14.11 และ 13.94 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายที่ช่วงพิสัยต่างๆในโรงงานที่ 2 แยกตามแผนก

Andersen size range (μm)	ร้อยละปริมาณฝุ่นในแผนก						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ผสม	ล้าง	ปั่น	กรอ	ทอ	ค่าเฉลี่ย	
9.0 - 10.0	12.87	11.60	13.88	10.53	21.68	14.11	4.42
5.8 – 8.99	14.57	12.57	14.25	12.31	16.01	13.94	1.53
4.7 - 5.79	11.73	11.31	12.60	10.91	12.01	11.71	.65
3.3 – 4.69	11.07	11.21	13.06	11.76	9.31	11.29	1.34
2.1 – 3.29	11.45	13.65	3.84	12.62	9.42	10.20	3.89
1.1 – 2.09	9.74	12.67	3.01	11.07	7.42	8.78	3.76
0.65 – 1.09	14.66	17.06	17.08	14.16	13.59	15.31	1.65
0.4 – 0.64	9.46	6.34	15.16	12.77	9.67	10.68	3.38
0 – 0.39	4.45	3.61	7.12	3.87	.83	3.98	2.24

:โรงงานที่ 3 มีฝุ่นขนาด9.0-10 μ m อยู่ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ฝุ่นขนาด 5.8-8.99 μ m และขนาด 4.7-5.79 μ m โดยมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 17.75 16.18 และ 11.06 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในช่วงพิสัยต่างๆใน โรงงานที่ 3 แยกตามแผนก

Andersen size range (μ m)	ร้อยละปริมาณฝุ่นในแผนก						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ผสม	สาว	ปั่น	กรอ	ทอ	ค่าเฉลี่ย	
9.0 - 10.0	11.43	5.93	12.45	38.05	20.89	17.75	12.55
5.8 – 8.99	11.71	11.95	13.42	19.47	24.34	16.18	5.54
4.7 - 5.79	10.50	12.05	10.62	9.44	12.70	11.06	1.30
3.3 – 4.69	11.07	12.52	10.81	8.26	9.92	10.52	1.57
2.1 – 3.29	11.79	13.77	12.26	6.78	8.34	10.59	2.91
1.1 – 2.09	13.93	17.40	9.65	6.78	7.29	11.01	4.55
0.65 – 1.09	16.07	12.43	16.51	2.06	5.79	10.57	6.41
0.4 – 0.64	12.36	13.19	13.61	5.31	5.71	10.04	4.16
0 – 0.39	1.14	.76	.68	3.83	5.03	2.29	2.01

: โรงงานที่ 4 มีฝุ่นขนาด 5.8-8.99 μm อยู่ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ฝุ่นขนาด 3.3-4.69 μm และขนาด 9.0-10.0 μm โดยมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 16.96 12.74 และ 12.70 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในช่วงพิสัยต่างๆในโรงงานที่ 4 แยกตามแผนก

Andersen size range (μm)	ร้อยละปริมาณฝุ่นในแผนก						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ผสม	ล้าง	ปั่น	กรอ	ทอ	ค่าเฉลี่ย	
9.0 - 10.0	8.26	6.95	15.84	11.57	20.89	12.70	5.72
5.8 - 8.99	18.36	18.10	13.71	10.28	24.34	16.96	5.31
4.7 - 5.79	12.06	10.60	12.53	11.57	12.70	11.89	.85
3.3 - 4.69	14.84	14.53	11.58	12.85	9.92	12.74	2.06
2.1 - 3.29	10.79	14.44	12.06	12.85	8.34	11.70	2.30
1.1 - 2.09	10.62	12.07	8.27	11.57	7.29	9.96	2.09
0.65 - 1.09	10.03	9.32	8.98	10.28	5.79	8.88	1.81
0.4 - 0.64	7.50	7.40	8.27	10.28	5.71	7.83	1.66
0 - 0.39	7.50	6.58	8.75	8.74	5.09	7.33	1.55

: โรงงานที่ 5 มีฝุ่นขนาด 2.1-3.29 μm อยู่ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ฝุ่นขนาด 1.1-2.09 μm และขนาด 3.3-4.69 μm โดยมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 16.15 14.51 และ 13.51 ตามลำดับ ดังรายละเอียดตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในช่วงพิสัยต่างๆในโรงงานที่ 5 แยกตามแผนก

Andersen size range (μm)	ร้อยละปริมาณฝุ่นในแผนก						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ผสม	สาว	ปั่น	กรอ	ทอ	ค่าเฉลี่ย	
9.0 - 10.0	8.50	14.63	21.44	9.13	6.02	11.94	6.17
5.8 - 8.99	8.50	14.63	11.70	11.62	7.11	10.71	2.96
4.7 - 5.79	8.50	13.58	9.75	10.79	6.02	9.73	2.79
3.3 - 4.69	11.33	15.67	11.70	10.79	18.05	13.51	3.19
2.1 - 3.29	14.16	15.67	11.70	10.79	28.45	16.15	7.14
1.1 - 2.09	19.83	8.36	9.75	11.62	22.98	14.51	6.50
0.65 - 1.09	8.50	11.49	11.70	11.62	7.11	10.08	2.14
0.4 - 0.64	11.33	5.22	5.85	12.45	1.09	7.19	4.68
0 - 0.39	9.35	.73	6.43	11.20	3.17	6.18	4.30

:โรงงานที่ 6 มีฝุ่นขนาด 0-0.39 μm อยู่ในปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ฝุ่นขนาด 9.0-10.0 μm และขนาด 3.3-4.69 μm โดยมีอยู่ในปริมาณร้อยละ 21.22 14.62 และ 11.37 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การกระจายขนาดของฝุ่นฝ้ายในช่วงพิสัยต่างๆในโรงงานที่ 6 แยกตามแผนก

Andersen size range (μm)	ร้อยละปริมาณฝุ่นในแผนก						ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	ผสม	ล้าง	ปั้น	กรอ	ทอ	ค่าเฉลี่ย	
9.0 - 10.0	15.17	10.13	20.65	14.85	12.28	14.62	3.95
5.8 - 9.0	10.48	14.77	11.68	10.92	7.81	11.13	2.50
4.7 - 5.8	9.38	6.33	8.97	9.17	3.83	7.54	2.41
3.3 - 4.7	12.69	19.83	9.78	6.11	8.45	11.37	5.29
2.1 - 3.3	14.48	9.28	8.70	8.52	8.93	9.98	2.53
1.1 - 2.1	18.07	11.39	7.34	10.48	4.94	10.44	4.97
0.65 - 1.1	9.93	5.06	7.34	7.86	5.42	7.12	1.98
0.4 - 6.5	7.03	7.59	5.43	5.46	7.34	6.57	1.05
0 - 0.4	2.76	15.61	20.11	26.64	40.99	21.22	14.09

4.3 การศึกษาในส่วนที่ 3 คุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ

การศึกษาในส่วนที่ 3 คือการทดสอบคุณภาพของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ที่มีขายและใช้กันอยู่ในประเทศไทย ในด้าน penetration test และ resistant test โดยใช้อนุภาคเกลือแกงขนาด $0.1 \mu\text{m}$ ในการทดสอบ ตัวอย่างที่นำมาใช้ทดสอบมีทั้งสิ้น 20 แบบ แบบละ 4 ชิ้น การทดสอบมี 2 ชุด ชุดที่ 1 อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 3 และ 6-19 ใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที ทดสอบ 2 ชิ้น อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 1 2 4 5 และ 20 ใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 15 ± 0.5 ลิตรต่อนาที ทดสอบ 2 ชิ้น ชุดที่ 2 อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 3 และ 6-19 ใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที ทดสอบ 2 ชิ้น อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 1 2 4 5 และ 20 ใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 47 ± 2 ลิตรต่อนาที ทดสอบ 2 ชิ้น ส่วนเกณฑ์ในการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ยอมรับได้และถือว่าอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจมีคุณภาพ จะต้องมีการทดสอบอยู่ในระดับชั้นคุณภาพ P 1 ซึ่งถือว่าเป็นชั้นคุณภาพต่ำสุด คือมีความสามารถในการกรองอนุภาคขนาด $0.3 \mu\text{m}$ ได้ ยอมให้มีการแทรกผ่านได้ไม่มากกว่าร้อยละ 20 และยอมให้มีความต้านทานการหายใจเข้าสูงสุดที่อัตราการไหลของอากาศ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที ได้ไม่เกิน 6 มิลลิเมตรน้ำ หรือมีความต้านทานการหายใจเข้าสูงสุดที่อัตราการไหลของอากาศ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที ได้ไม่เกิน 21 มิลลิเมตรน้ำ

ผลการทดสอบด้านการแทรกผ่าน จากการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 1 2 4 5 และ 20 ที่อัตราการไหลของอากาศ 15 ± 0.5 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของร้อยละการแทรกผ่านมีค่าตั้งแต่ 55.0 % - 96.7% โดยแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านต่ำสุด คือแบบ 5 และแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านสูงสุด คือ แบบ 1 ซึ่งถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านการแทรกผ่านทุกแบบ ส่วนการทดสอบที่อัตราการไหลของอากาศ 47 ± 2 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของร้อยละการแทรกผ่านมีค่าตั้งแต่ 79.7 % - 99.3% โดยแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านต่ำสุดคือแบบ 5 และแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านสูงสุด คือ แบบ 1 ซึ่งถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านการแทรกผ่านทุกแบบ ดังตารางละเอียดตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบด้านการแทรกผ่านเฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 1
2 4 5 และ 20

อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่	อัตราการทดสอบที่ 15 ± 0.5 ลิตร/นาที		อัตราการทดสอบที่ 47 ± 2 ลิตร/นาที	
	ร้อยละการแทรกผ่าน	สรุปผล*	ร้อยละการแทรกผ่าน	สรุปผล*
1	96.7	ไม่ผ่านเกณฑ์	99.3	ไม่ผ่านเกณฑ์
2	79.7	ไม่ผ่านเกณฑ์	91.2	ไม่ผ่านเกณฑ์
4	61.8	ไม่ผ่านเกณฑ์	80.0	ไม่ผ่านเกณฑ์
5	55.0	ไม่ผ่านเกณฑ์	79.7	ไม่ผ่านเกณฑ์
20	88.0	ไม่ผ่านเกณฑ์	93.2	ไม่ผ่านเกณฑ์

* เกณฑ์ดังกล่าวจะต้องไม่มากกว่าร้อยละ 20

ผลการทดสอบด้านการแทรกผ่าน จากการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 3 และ 6-19 ที่อัตราการไหลของอากาศ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของร้อยละการแทรกผ่านมีค่าตั้งแต่ 24.0%-94.9% โดยแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านต่ำสุด คือ แบบ 12 และ แบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านสูงสุดคือ แบบ 15 ซึ่งถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านการแทรกผ่านทุกแบบ ส่วนการทดสอบที่อัตราการไหลของอากาศ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของ ร้อยละการแทรกผ่านมีค่าตั้งแต่ 38.0%- 92.6% โดยแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านต่ำสุด คือ แบบ 12 และแบบที่มีร้อยละการแทรกผ่านสูงสุดคือแบบ 7 ซึ่งถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านการแทรกผ่านทุกแบบ ดังรายละเอียดตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบด้านการแทรกผ่านเฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ
แบบที่ 3 และ 6-19

อุปกรณ์ปกป้องทาง เดินหายใจ	อัตราการทดสอบที่ 30 ± 1 ลิตร/นาที		อัตราการทดสอบที่ 95 ± 2 ลิตร/นาที	
	ร้อยละการแทรกผ่าน	สรุปผล*	ร้อยละการแทรกผ่าน	สรุปผล*
3	63.5	ไม่ผ่านเกณฑ์	79.1	ไม่ผ่านเกณฑ์
6	52.5	ไม่ผ่านเกณฑ์	48.9	ไม่ผ่านเกณฑ์
7	85.1	ไม่ผ่านเกณฑ์	92.6	ไม่ผ่านเกณฑ์
8	59.9	ไม่ผ่านเกณฑ์	81.3	ไม่ผ่านเกณฑ์
9	47.4	ไม่ผ่านเกณฑ์	77.6	ไม่ผ่านเกณฑ์
10	69.8	ไม่ผ่านเกณฑ์	89.3	ไม่ผ่านเกณฑ์
11	94.5	ไม่ผ่านเกณฑ์	91.9	ไม่ผ่านเกณฑ์
12	24.0	ไม่ผ่านเกณฑ์	38.0	ไม่ผ่านเกณฑ์
13	62.8	ไม่ผ่านเกณฑ์	85.7	ไม่ผ่านเกณฑ์
14	54.9	ไม่ผ่านเกณฑ์	68.9	ไม่ผ่านเกณฑ์
15	94.9	ไม่ผ่านเกณฑ์	90.8	ไม่ผ่านเกณฑ์
16	94.3	ไม่ผ่านเกณฑ์	91.7	ไม่ผ่านเกณฑ์
17	93.6	ไม่ผ่านเกณฑ์	88.3	ไม่ผ่านเกณฑ์
18	92.4	ไม่ผ่านเกณฑ์	90.5	ไม่ผ่านเกณฑ์
19	90.3	ไม่ผ่านเกณฑ์	89.3	ไม่ผ่านเกณฑ์

*เกณฑ์ดังกล่าวจะต้องไม่มากกว่าร้อยละ 20

ผลการทดสอบด้านความต้านทานการหายใจ จากการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่ 1 2 4 5 และ 20 ที่อัตราการไหลของอากาศ 15 ± 0.5 ลิตรต่อนาที พบว่า ค่าพิสัยของความต้านทานการหายใจ มีค่าตั้งแต่ 0.0-2.8 มิลลิเมตรน้ำ โดยแบบที่มีความต้านทานการหายใจต่ำสุดคือ แบบ 1 และแบบที่มีความต้านทานการหายใจสูงสุด คือ แบบ 4 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านความต้านทานการหายใจทุกแบบ ส่วนการทดสอบที่อัตราการไหลของอากาศ 47 ± 2 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของความต้านทานการหายใจ มีค่าตั้งแต่ 0.1-9.8 มิลลิเมตรน้ำ โดยแบบที่มีความต้านทานการหายใจต่ำสุด คือ แบบ 1 และแบบที่มีความต้านทานการหายใจสูงสุด



คือ แบบ 4 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านความต้านทานการหายใจทุกแบบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ผลการทดสอบด้านความต้านทานการหายใจ เฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 1 2 4 5 และ 20

อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบที่	อัตราการทดสอบที่ 15 ± 0.5 ลิตร/นาที		อัตราการทดสอบที่ 47 ± 2 ลิตร/นาที	
	ความต้านทานการหายใจ (มิลลิเมตรน้ำ)	สรุปผล*	ความต้านทานการหายใจ (มิลลิเมตรน้ำ)	สรุปผล**
1	0.0	ผ่านเกณฑ์	0.1	ผ่านเกณฑ์
2	0.7	ผ่านเกณฑ์	2.5	ผ่านเกณฑ์
4	2.8	ผ่านเกณฑ์	9.8	ผ่านเกณฑ์
5	2.4	ผ่านเกณฑ์	8.4	ผ่านเกณฑ์
20	0.3	ผ่านเกณฑ์	1.8	ผ่านเกณฑ์

* เกณฑ์ดังกล่าวจะต้องไม่มากกว่า 6 มิลลิเมตรน้ำ

** เกณฑ์ดังกล่าวจะต้องไม่มากกว่า 21 มิลลิเมตรน้ำ

ผลการทดสอบด้านความต้านทานการหายใจ จากการทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ แบบที่ 3 และ 6-19 ที่อัตราการไหลของอากาศ 30 ± 1 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของความต้านทานการหายใจ มีค่าตั้งแต่ 0.0-3.2 มิลลิเมตรน้ำ โดยแบบที่มีความต้านทานการหายใจต่ำสุดคือ แบบ 11 และแบบที่มีความต้านทานการหายใจสูงสุด คือ แบบ 6 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านความต้านทานการหายใจทุกแบบ ส่วนการทดสอบที่อัตราการไหลของอากาศ 95 ± 2 ลิตรต่อนาที พบว่าค่าพิสัยของความต้านทานการหายใจ มีค่าตั้งแต่ 0.7-10.9 มิลลิเมตรน้ำ โดยแบบที่มีความต้านทานการหายใจต่ำสุด มี 2 แบบ คือ แบบ 7 และ 11 และแบบที่มีความต้านทานการหายใจสูงสุด คือ แบบ 6 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านความต้านทานการหายใจทุกแบบ ดังรายละเอียดตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ผลการทดสอบด้านความต้านทานการหายใจ เฉพาะอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ
แบบที่ 3 และ 6-19

อุปกรณ์ปกป้องทาง ทางเดินหายใจ	อัตราการทดสอบที่ 30 ± 1 ลิตร/นาที		อัตราการทดสอบที่ 95 ± 2 ลิตร/นาที	
	ความต้านทานการหายใจ (มิลลิเมตรน้ำ)	สรุปผล*	ความต้านทานการหายใจ (มิลลิเมตรน้ำ)	สรุปผล**
3	1.1	ผ่านเกณฑ์	3.5	ผ่านเกณฑ์
6	3.2	ผ่านเกณฑ์	10.9	ผ่านเกณฑ์
7	0.2	ผ่านเกณฑ์	0.7	ผ่านเกณฑ์
8	0.7	ผ่านเกณฑ์	3.1	ผ่านเกณฑ์
9	0.8	ผ่านเกณฑ์	3.8	ผ่านเกณฑ์
10	1.0	ผ่านเกณฑ์	3.1	ผ่านเกณฑ์
11	0.0	ผ่านเกณฑ์	0.7	ผ่านเกณฑ์
12	2.9	ผ่านเกณฑ์	9.3	ผ่านเกณฑ์
13	0.9	ผ่านเกณฑ์	1.3	ผ่านเกณฑ์
14	2.6	ผ่านเกณฑ์	2.6	ผ่านเกณฑ์
15	0.3	ผ่านเกณฑ์	1.3	ผ่านเกณฑ์
16	0.5	ผ่านเกณฑ์	1.4	ผ่านเกณฑ์
17	0.5	ผ่านเกณฑ์	2.0	ผ่านเกณฑ์
18	0.6	ผ่านเกณฑ์	1.9	ผ่านเกณฑ์
19	0.6	ผ่านเกณฑ์	2.6	ผ่านเกณฑ์

* เกณฑ์ดังกล่าวจะต้องไม่มากกว่า 6 มิลลิเมตรน้ำ

** เกณฑ์ดังกล่าวจะต้องไม่มากกว่า 21 มิลลิเมตรน้ำ

บทที่ 5

อภิปรายผล

5.1 การอภิปรายผลการศึกษาใน ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2

สำหรับการศึกษาในส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาเพื่อประเมินสภาพแวดล้อมในการทำงาน โดยตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงาน ส่วนการศึกษาในส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาคุณลักษณะฝุ่นในด้านขนาดที่กระจายอยู่ตามแผนกต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสนับสนุนว่า ปริมาณฝุ่นที่ศึกษาในส่วนที่ 1 นั้น มีองค์ประกอบของฝุ่นขนาดต่าง ๆ เป็นอย่างไร โดยผลที่ได้จากการศึกษาทั้งในส่วนที่ 1 และ 2 นี้จะเป็นปัจจัยที่ชี้ให้เห็นว่าคนงานมีโอกาสเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคปอดฝุ่นฝ้ายจากการทำงานมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นอีกที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเสี่ยงของสุขภาพต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคปอดฝุ่นฝ้าย อันได้แก่ อายุงาน ความต้านทานของแต่ละบุคคล วิธีปฏิบัติงาน พฤติกรรมอนามัยอื่น ๆ เช่น การรับประทานอาหาร การดื่มน้ำ การสูบบุหรี่ การสวมอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในสิ่งแวดล้อมการทำงานสามารถใช้เป็นเครื่องชี้วัดแนวโน้มของความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยได้ ดังที่ได้มีการกำหนดให้ผู้ประกอบการจะต้องจัดให้มีการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมการทำงาน เพื่อประเมินว่ามีปริมาณฝุ่นเกินกว่ามาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดไว้หรือไม่ และหากเกินก็จะต้องหาทางควบคุมป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการตรวจวัดปริมาณโดยใช้เครื่องมือ Vertical Elutriator นั้น ผลการศึกษาพบว่า จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นทั้งสิ้น 87 ตัวอย่าง มีตัวอย่างที่มีปริมาณฝุ่นเกินมาตรฐานความปลอดภัย 28 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 32.18 และหากดูค่าเฉลี่ยจะพบว่าทุกโรงงานมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยเกินมาตรฐานความปลอดภัย โดยมีพิสัยตั้งแต่ $0.2537 \text{ mg} / \text{m}^3$ จนถึง $0.5410 \text{ mg} / \text{m}^3$ (มาตรฐาน OSHA ต้องไม่มากกว่า $0.2 \text{ mg} / \text{m}^3$) นั้นย่อมแสดงว่าคนงานย่อมมีโอกาสเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคปอดฝุ่นฝ้ายค่อนข้างสูง นอกจากนั้นปริมาณฝุ่นในแผนกต่าง ๆ ได้แก่ แผนกผสมยาง ปั่น กรอ และทอในโรงงานเดียวกัน จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน อีกทั้งยังพบว่าฝุ่นในแต่ละ

แผนจะมีรูปแบบการกระจายที่ไม่แตกต่างกัน เหตุผลที่อาจเป็นไปได้คือใยฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติ ขนาดของเส้นใยจะถูกทำให้เล็กลงเป็นขนาดใดขึ้นกับแรงกลที่กระทำต่อเส้นใย ซึ่ง หมายถึงขึ้นกับผลของแรงอันเกิดขึ้นจากการกระทำจากแรงคนหรือเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังนั้นแผนงานต่าง ๆ ที่มีลักษณะงานที่แตกต่างกัน ใช้เครื่องจักรต่างชนิดต่างรุ่น ต่างความเร็วรอบจึงน่าจะส่งผลทั้งต่อขนาดและปริมาณฝุ่นด้วยกันทั้งสิ้น

ในทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมการประเมินเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น จะใช้การชั่งน้ำหนักฝุ่นแทนการตรวจนับจำนวนและวัดขนาด ทั้งนี้เนื่องจากการชั่งน้ำหนักทำได้ง่ายกว่า นอกจากนี้เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดนี้ก็สามารถคัดขนาดฝุ่นที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ด้วย สำหรับเครื่องมือ Vertical Elutriator นี้ จะคัดขนาดฝุ่นที่ต่ำกว่า $15\ \mu\text{m}$ แม้ว่าการคัดขนาดนี้จะมีฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า $10\ \mu\text{m}$ ไปจนถึง $15\ \mu\text{m}$ อยู่บ้างก็ตาม นักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมเชื่อว่าฝุ่นฝ้ายขนาดที่ใหญ่กว่า $10\ \mu\text{m}$ ไปจนถึง $15\ \mu\text{m}$ นี้ ถึงแม้จะมีโอกาสที่จะสะสมอยู่กับทางเดินหายใจได้น้อยมากก็ตาม แต่ยังไม่สามารถทราบแน่ชัดเกี่ยวกับกลไกการก่อโรค เป็นไปได้ที่ใยฝ้ายขนาดนี้จะเป็นตัวกลางที่จะให้จุลินทรีย์อาศัยอยู่ และสร้างสารก่อโรคจนทำให้คนสร้างสารต้านทานสารก่อโรคนี้ด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันจึงถือว่าฝุ่นฝ้ายที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ควรจะตรวจวัดกันที่ขนาดตั้งแต่ $15\ \mu\text{m}$ ลงไป

นอกจากนี้กระบวนการผลิตในแต่ละแผนกที่แตกต่างกันจะมีผลต่อปริมาณฝุ่นด้วย ตัวอย่างเช่น

: แผนกผสม ในเกือบทุกโรงงานจะมีการปฏิบัติงานไม่ถึง 8 ชั่วโมงต่อวัน และก็มีได้ปฏิบัติทุกวันด้วย ผู้ศึกษาจึงต้องมีการวางแผนการเก็บตัวอย่างให้ดี มิฉะนั้นก็จะไม่ได้ตัวแทนที่ดี ขั้นตอนการผสมนี้ จะนำวัตถุดิบใยฝ้ายที่ห่ออัดเป็นเบล มาทำการฉีกตึง ซึ่งอาจจะใช้แรงคน หรือใช้เครื่องจักรผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ แล้วแต่ชนิดผลิตภัณฑ์ว่าต้องการฝ้ายกี่เปอร์เซ็นต์ ขั้นตอนนี้ในโรงงานที่ใช้แรงคน ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับฝุ่นในปริมาณมาก และเป็นเส้นใยขนาดใหญ่ ๆ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่จากการศึกษาโดยการคัดขนาดฝุ่นด้วยเครื่องมือ Andersen Cascade Impactor พบว่าฝุ่นขนาดเล็กก็มีในปริมาณมากเช่นกัน

: แผนกสาง จะเป็นเครื่องจักรที่มีลักษณะคล้ายแปรงหวีผมทำการแยกเส้นใยสั้น ๆ ออก และจัดทำให้เส้นใยเรียงขนาดซึ่งกันและกัน แผนกนี้จะมีเครื่องจักรหลายประเภท มีทั้งชนิดที่สามารถสร้างเป็นห้องปิดล้อม (enclosure) ได้ด้วย ซึ่งจะทำให้มีฝุ่นเล็ดลอดออกมาได้น้อยมากด้วย หากดูด้วยตาเปล่า ถ้าใช้เครื่องจักรชนิดเปิด โล่งจะพบฝุ่นเกือบทุกขนาด โดยเฉพาะฝุ่นขนาดเล็กที่ติดอยู่ตามซอกเครื่องจักร ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมักใช้เครื่องเป่าลม หรือไม้กวาดปิดทำให้เกิดการ

ฟุ้งกระจายตลอดเวลา จากการศึกษาด้วย Andersen Cascade Impactor ก็พบว่ามียุ้งฝุ่นขนาดใหญ่และเล็กในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

: แผนกปั้น ผู้ศึกษาได้เลือกแผนกปั้น 3 ของทุกโรงงานซึ่งเป็นขั้นตอนการปั้นด้วยเพื่อเตรียมเส้นด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน ทำให้ความเร็วรอบของการปั้นต่างกัน ถ้าดูด้วยตาเปล่า ฝุ่นในแผนกนี้จะเป็นฝุ่นขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ และฟุ้งกระจายมาก แต่จากการคัดขนาดด้วย Andersen Cascade Impactor ก็พบว่ามียุ้งฝุ่นขนาดใหญ่และเล็กในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

: แผนกกรอ แผนกนี้จะนำด้วยที่ปั่นครั้งสุดท้ายกรอเข้าสู่หลอดเพื่อเตรียมสู่การทอดต่อไป ถ้าดูด้วยตาเปล่า ฝุ่นในแผนกนี้มีน้อย แต่จากการคัดขนาดด้วย Andersen Cascade Impactor ก็พบว่ามียุ้งฝุ่นขนาดใหญ่และเล็กในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

: แผนกทอด แผนกนี้ในบางโรงงานจะมีการเคลือบแป้งด้วย ดังนั้นฝุ่นที่เกิดขึ้น จึงอาจเป็นฝุ่นแป้งด้วย และสังเกตเห็นได้ว่า มีฝุ่นขนาดเล็กมาก ๆ ฟุ้งกระจายและตกอยู่ตามพื้น จากการคัดขนาดด้วย Andersen Cascade Impactor ก็พบว่ามียุ้งฝุ่นขนาดใหญ่และเล็ก แต่เป็นฝุ่นขนาดใหญ่มากกว่า

ความจริงแล้วการมองดูการฟุ้งกระจายของฝุ่นด้วยตาเปล่า ประเมินได้ยากกว่าฝุ่นส่วนใหญ่มีขนาดเท่าใด แต่ผู้คนส่วนใหญ่ก็มักใช้เกณฑ์การมองด้วยตาเปล่าเป็นเกณฑ์ง่าย ๆ ในการประเมินว่ามีฝุ่นฟุ้งมากน้อยเพียงใด ผลการคัดด้วยเครื่องคัดขนาดฝุ่น บอกได้ชัดเจนว่าการมองด้วยตาเปล่ายังเป็นวิธีที่หยาบมาก ยิ่งจะบอกว่ามีโอกาสที่จะเป็นอันตรายมากน้อยเท่าใด ก็ขึ้นกับว่ามีฝุ่นขนาดเท่าใดบ้าง ในปริมาณเท่าใด เพราะฝุ่นขนาดต่างกัน มีโอกาสสะสมอยู่บริเวณต่างกัน ของทางเดินหายใจ การใช้การมองด้วยตาเปล่า อาจนำมาซึ่งความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ คิดว่าบางแผนกไม่ค่อยมีฝุ่นและละเลยการสวมอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ

ผู้ศึกษาสังเกตว่าโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับสิ่งทอ ส่วนใหญ่จะไม่ได้แยกห้องออกเป็นสัดส่วนชัดเจน ประกอบกับการทำความสะอาด ก็มักใช้การกวาด การปิด การเป่าลม ซึ่งทำให้ฝุ่นที่สะสมอยู่ตามพื้นหรือตามเครื่องจักรกลับฟุ้งกระจายขึ้นอีกตลอดเวลา จึงอาจบอกได้ไม่ชัดเจนว่าแผนกใดมีฝุ่นขนาดเท่าใดเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้การขาดการดูแลรักษาระบบดักเก็บฝุ่น (ถุงกรอง) ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดฝุ่นละอองลดลงอย่างมาก และทำให้ปริมาณฝุ่นในแผนกเดียวกัน แต่ต่างโรงงาน แตกต่างกันอย่างมากระหว่าง นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลให้ปริมาณฝุ่นแตกต่างกัน ยังขึ้นกับการควบคุมด้านความชื้น อุณหภูมิ เกรดผลิตภัณฑ์ ความถี่ในการทำทำความสะอาด ระบบควบคุมฝุ่น สารเคมีอื่น ๆ ที่ใช้ฟอก ย้อมผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

ในการเปรียบเทียบผลการศึกษาในส่วนที่ 1 กับการศึกษาของสถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงาน (11) พบว่า การศึกษาของสถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงานมีปริมาณฝุ่นเฉลี่ยมากกว่าปริมาณฝุ่นเฉลี่ยของการศึกษาในส่วนที่ 1 แต่การเรียงลำดับแผนกที่มีปริมาณฝุ่นฟุ้งกระจายจากมากไปน้อยใกล้เคียงกัน การศึกษาของสถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงานจะมีปริมาณฝุ่นฟุ้งกระจายจากมากไปน้อยโดยเรียงลำดับได้ดังนี้ แผนกสาง ทอ ผสม กรอ และปั่น โดยมีปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 1.96 1.84 1.46 0.48 และ 0.28 mg/m^3 ตามลำดับ ส่วนการศึกษานี้ ส่วนที่ 1 ปริมาณฝุ่นเฉลี่ยเรียงลำดับแผนกที่มีปริมาณฝุ่นฟุ้งกระจายจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ แผนกทอ ผสม สาง กรอ และปั่น โดยมีปริมาณฝุ่นเฉลี่ย 0.73 0.44 0.38 0.27 และ 0.22 mg/m^3 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาค่อนข้างสอดคล้องกัน จะมีแผนกสางเท่านั้นที่ต่างลำดับที่กัน เป็นที่น่าสังเกตว่าในการเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายนั้น ผู้ศึกษาได้เลือกจุดเก็บตัวอย่างเพียงจุดเดียว แต่จะเก็บตัวอย่างถึง 3 ตัวอย่างในจุดเก็บตัวอย่างเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้ทั้ง 3 ตัวอย่างได้ยืนยันผลที่แน่ชัดขึ้น เป็นการลดความคลาดเคลื่อนจากจุดเก็บที่ต่างกันได้ อย่างไรก็ตามผลการเก็บตัวอย่างฝุ่นก็ยังพบปริมาณฝุ่นที่แตกต่างกันอย่างมากอยู่บ้าง ซึ่งอาจเกิดจากขณะเก็บตัวอย่างอากาศ ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานจะมีการใช้เครื่องเป่าลม เป่าทำความสะอาดฝุ่นที่ติดอยู่ตามซอกเครื่องจักร หรือบางครั้งจะมีการใช้มือตบถุงกรองเพื่อมิให้เส้นใยขนาดใหญ่ติดอยู่ภายนอกถุงกรอง การกระทำเช่นนี้ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง หากฝุ่นที่ฟุ้งขึ้นนี้ลอยไปอยู่ในรัศมีของกำลังดูดเครื่องดูดอากาศพอดีก็จะถูกดูดเข้าไปยังตลับเก็บฝุ่นได้ ทำให้บางตลับมีฝุ่นแปรปรวนมากกว่าตลับอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องเช่น ความจำกัดด้านเครื่องมือและงบประมาณทำให้มีจำนวนตัวอย่างที่ใช้ศึกษาน้อย รวมถึงปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

ก. ชนิดวัตถุดิบ ผู้ศึกษาได้พยายามคัดเลือกสถานประกอบการที่ใช้ฝ้ายเป็นวัตถุดิบบริสุทธิ์ 100% เนื่องจากวิธีมาตรฐานที่ใช้ประเมินหาความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายเป็นเครื่องมือชนิด Vertical Elutriator และค่ามาตรฐานความปลอดภัยก็เป็นค่ามาตรฐานความปลอดภัยเฉพาะฝุ่นฝ้ายเท่านั้น ดังนั้นหากผลิตภัณฑ์ของสถานประกอบการมีองค์ประกอบอื่นที่มีใช้ฝุ่นฝ้าย เช่น มีเรยอน เดครอน ผสมอยู่ด้วย การตรวจวัดปริมาณฝุ่น ก็มีอาจบอกได้ว่าเป็นฝุ่นฝ้ายในปริมาณเท่าใด เป็นฝุ่นเรยอน เดครอนในปริมาณเท่าใด เนื่องจากเครื่องมือ Vertical Elutriator ก็ไม่สามารถคัดแยกได้ว่าเป็นฝุ่นชนิดใด นอกจากนั้น การประเมินอันตรายจากฝุ่นเหล่านี้ก็ไม่มีค่ามาตรฐานความปลอดภัยให้เปรียบเทียบอีกด้วย ทั้งนี้ชนิดวัตถุดิบที่เป็นฝ้ายบริสุทธิ์ 100% เองก็ยังมี ความแตกต่างกันในแง่ของชั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์อีกด้วย จากการสอบถามผู้ประกอบการพบว่า ฝ้ายบริสุทธิ์ 100% ที่ผลิตจากสหรัฐอเมริกา จะมีคุณภาพดีกว่าฝ้ายบริสุทธิ์ที่ผลิตจากประเทศอื่น

คือมีความชื้นต่ำ ซึ่งปัจจัยในเรื่องความชื้นนี้เองเป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความรวดเร็วในการเจริญเติบโตของเชื้อโรคต่าง ๆ ที่คาดว่าจะทำให้เกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย ดังนั้นโรงงานที่ต่างกันใช้วัตถุดิบจากแหล่งผลิตที่ต่างกันด้วย ก็น่าจะส่งผลต่อความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างกันด้วย

ข. ระบบบำบัดมลพิษอากาศ ในบางโรงงานมีระบบดูดอากาศที่เป็นระบบดูดอากาศเฉพาะที่ เพื่อควบคุมปริมาณฝุ่น รวมทั้งระบบดูดอากาศทั่วไป เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้น สำหรับคุณภาพผลิตภัณฑ์ ในบางโรงงานจะมีเฉพาะระบบดูดอากาศทั่วไป และในบางโรงงานก็ไม่มีระบบบำบัดมลพิษอากาศเลย การควบคุมตัวแปรให้อยู่ในเงื่อนไขเดียวกัน จึงทำไม่ได้

ค. วิธีการทำความสะอาดและความถี่ในการทำความสะอาด โรงงานส่วนใหญ่ ยังใช้การทำความสะอาดโดยวิธีการปัดกวาดด้วยไม้กวาด หรือใช้ลมเป่า ทำให้ฝุ่นที่ตกสะสมอยู่ตามพื้นหรือตามซอกมุมเครื่องจักรต่าง ๆ กลับฟุ้งขึ้นมาอีกครั้ง และในขณะที่ฟุ้งกระจายนี้เอง หากอยู่ในรัศมีแรงดูดอากาศจากเครื่องดูดอากาศ เพื่อเก็บตัวอย่างก็จะถูกดูดเข้าไป ทำให้บางตัวอย่าง มีปริมาณฝุ่นที่สูงมากผิดจากตัวอย่างอื่นที่เก็บ ณ จุดเก็บตัวอย่างที่เดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อควบคุมความชื้นด้วย ทำให้มีฝุ่นฟุ้งกระจายอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งความถี่ในการทำความสะอาด บางโรงงานก็ทำความสะอาดบ่อยตลอดทั้งวัน บางโรงงานก็จะทำเพียงสัปดาห์ละครั้ง ในช่วงเวลาของการศึกษาถ้าตรงกับช่วงที่โรงงานทำความสะอาดด้วยวิธีที่ไม่ถูกต้องด้วย ก็จะทำให้ฝุ่นฟุ้งอย่างมาก นอกจากนี้ยังมีวิธีการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง เช่น การใช้มือตบถุงกรองอากาศ ทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้บางตัวอย่างมีปริมาณฝุ่นสูงมาก

ง. ชนิดของเครื่องจักร สังเกตได้ว่าเครื่องจักรที่ต่างชนิดกันรวมทั้งต่างรุ่นกัน แม้จะเป็นลักษณะงานเดียวกัน ก็ทำให้เกิดปริมาณฝุ่นที่แตกต่างกันด้วย โดยเฉพาะเครื่องจักรรุ่นเก่าส่วนใหญ่ทำให้เกิดปริมาณฝุ่นมากกว่าเครื่องจักรรุ่นใหม่

จ. กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน อันเนื่องมาจากชั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่างกัน บางโรงงานจะมีกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนเพิ่มเติมมากขึ้นตามที่ถูกคำสั่งให้ผลิต แต่การเก็บตัวอย่างของผู้ศึกษา จะศึกษาเฉพาะแผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ ปริมาณฝุ่นที่มาจากขั้นตอนอื่น ๆ ก็ส่งผลปริมาณฝุ่นในแผนกที่ผู้ศึกษาเก็บตัวอย่างด้วยเช่นกัน ซึ่งอาจจะทำให้ลดลงหรือมากขึ้นได้

สำหรับการศึกษาในส่วนที่ 2 ยังไม่พบว่ามีผู้ใดได้ทำการศึกษาไว้ จึงไม่สามารถเปรียบเทียบผลได้ แต่จากการศึกษาในด้านขนาดของฝุ่นด้วยวิธีทางสถิติ ก็พบว่าฝุ่นในแต่ละแผนกมีรูปแบบการกระจายที่ไม่แตกต่างกัน แต่หากดูจากเปอร์เซ็นต์ฝุ่นแต่ละขนาดแล้ว จะไม่สามารถบอกได้ว่าฝุ่นแต่ละแผนกมีรูปแบบการกระจายที่ไม่แตกต่างกันแต่ผู้ศึกษามีข้อจำกัดในด้านเครื่องมือทำ

ให้แต่ละแผนกสามารถเก็บตัวอย่างศึกษาได้เพียง 1 ตัวอย่าง หากมีเครื่องมือมากขึ้นคาดว่าผลการศึกษาอาจจะบอกได้มั่นใจมากกว่านี้ได้ อย่างไรก็ตามจากการดูเปอร์เซ็นต์ฝุ่นแต่ละขนาดสามารถบอกได้ว่า การคาดการณ์เกี่ยวกับขนาดฝุ่นไม่สามารถบอกได้ด้วยตาเปล่า และหากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นพบว่ามีค่าเกินกว่ามาตรฐานความปลอดภัย ก็หมายความว่าพบฝุ่นได้ในเกือบทุกขนาด เพราะฝุ่นที่ฟุ้งกระจายอยู่ตามแผนกงานต่าง ๆ นั้นจะมีขนาดฝุ่นในทุกช่วงพิสัย และพบได้แม้ในขนาดที่เล็กกว่า $0.4\mu\text{m}$ และบริเวณใดที่มีปริมาณฝุ่นเกินมาตรฐานความปลอดภัยก็ควรจะมีการควบคุมป้องกันที่มีประสิทธิภาพควบคู่กับการกำหนดให้ต้องมีการสวมใส่อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ได้มาตรฐานด้วย ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่เป็นมาตรฐานสากลว่าต้องสามารถกรองฝุ่นขนาด $0.3\mu\text{m}$ ได้ จึงยังคงใช้ได้เหมาะสมกับความเป็นจริงและนั่นย่อมหมายความว่ามาตรฐานของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่เป็นที่ยอมรับของออสเตรเลีย/นิวซีแลนด์ (AS/NZS) เหมาะสมที่จะเป็นมาตรฐานความปลอดภัยของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทยด้วย

การศึกษาในส่วนที่ 2 นี้ผู้ศึกษาไม่สามารถบอกได้ว่าแผนกต่างๆ ส่วนใหญ่จะมีขนาดฝุ่นอยู่ในช่วงพิสัยใด ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นส่วนใหญ่เป็นเรื่องของเทคนิคการวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักฝุ่น ซึ่งปัญหาความไม่พร้อมของเครื่องมือ คือ มีจำนวนไม่เพียงพอ ทำให้ต้องใช้เทคนิคประยุกต์โดยการตัดกระดาษกรองให้มีขนาดเท่า collecting plate (จานรองรับฝุ่น) ซึ่งจะต้องมีการนำเข้าสู่ตู้ดูดความชื้นทั้งก่อนและหลังเก็บตัวอย่าง ซึ่งกระดาษกรองที่ใช้แทนจานรองรับฝุ่นจะมีขนาดใหญ่และเปลืองเนื้อที่ในตู้ดูดความชื้นมาก จำเป็นต้องมีการวางทับซ้อนกัน ทำให้วัสดุเส้นใยจากกระดาษกรองมีโอกาสสึกขาดและหลุดออกจากการเสียดสีกัน เวลาชั่งน้ำหนักค่าน้ำหนักจะมีค่าความแปรปรวนค่อนข้างมาก ซึ่งอาจไม่ใช่ค่าน้ำหนักฝุ่นจริง แต่เป็นน้ำหนักของวัสดุเส้นใยกรองรวมอยู่ด้วย ทำให้เกิดความผิดพลาดได้มาก อย่างไรก็ตามผู้ศึกษาได้พยายามแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ โดยพยายามใช้ปากคีมที่เล็กที่สุด เพื่อให้ผิวสัมผัสของปากคีมมีโอกาสทำลายวัสดุเส้นใยกรองให้น้อยที่สุด ทั้งนี้ก็เพื่อให้ผลการศึกษาใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

5.1 การอภิปรายผล การศึกษาในส่วนที่ 3

สำหรับการศึกษาในส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาที่กำหนดไว้แล้วว่ามาตรฐานอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่เป็นที่ยอมรับของ AS/NZS เหมาะสมจะเป็นมาตรฐานความปลอดภัยของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย และใช้เกณฑ์มาตรฐาน

การตรวจสอบนี้ไปตรวจสอบอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่มีขายและใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผู้ศึกษาได้คัดเลือกมาทั้งสิ้น 20 แบบ สำหรับการทดสอบโดยใช้ละอองเกลือจะใช้ขนาด $0.1\ \mu\text{m}$ ตามข้อจำกัดของเครื่องมือทดสอบ ผลการทดสอบนี้จะได้นำไปขึ้นทะเบียนไว้ใช้ เผยแพร่ต่อไปจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจทั้ง 20 แบบ ไม่ผ่านเกณฑ์ด้านการแทรกผ่าน แต่ผ่านเกณฑ์ด้านความต้านทานการหายใจ ซึ่งกำหนดสำหรับมาตรฐานต่ำสุดไว้ คือ มีร้อยละการแทรกผ่านสูงสุดไม่เกิน 20% โดยแบบที่มีโอกาสพัฒนาให้ได้ใกล้เคียงมาตรฐานมากที่สุดคือ แบบที่ 12 ซึ่งเป็นแบบที่มีตัวแทนจำหน่ายส่งขายและใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม

แบบที่ 1 และ 2 มีรูปทรงคล้ายกัน ลักษณะคล้ายฟองน้ำมีรูละเอียด ต่างกันที่แบบ 2 มีการบรรจุถ่านกัมมันต์เพิ่มความสามารถในการดูดซับกลิ่นจำพวกสารทำละลาย ไว้ด้วย ผลการทดสอบพบว่า แบบที่ 2 ยังมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบที่ 1 แต่ยังไม่ถือว่าปลอดภัยสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ

แบบที่ 4 และ 5 ซึ่งเป็นแบบที่ได้รับการยอมรับจากการศึกษาเรื่องการทดสอบเพื่อเลือกอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจสำหรับผู้ปฏิบัติงานในโรงโม่หิน (6) นั้น ผลการทดสอบพบว่า ยังไม่ถือว่าปลอดภัยสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ

แบบที่ 6 มีรูปลักษณะคล้ายแบบที่ 7 แต่ผลการทดสอบยังมีประสิทธิภาพสูงกว่า แบบที่ 7 ซึ่งเป็นแบบที่มีการจำหน่ายโดยองค์การเกษตรกรรม

แบบที่ 7 ก็มีผลการทดสอบยังไม่ถือว่าปลอดภัยสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอ

แบบที่ 8 9 และ 10 ซึ่งเป็นแบบที่ผลิตขึ้นใช้เองในประเทศมีโอกาสที่จะพัฒนาให้ดีขึ้นได้ เนื่องจากในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นไปมาก สามารถนำสารมาเคลือบเส้นใยกรอง เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดูดซับอนุภาคได้ดีขึ้น ถ้าสามารถพัฒนาโดยเพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับอนุภาคควบคู่ไปกับการบรรจุเส้นใยกรองให้เรียงตัวหนาแน่นขึ้นแต่เพิ่มความต้านทานการหายใจขึ้นเล็กน้อยให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงมีโอกาที่จะพัฒนาได้เป็นที่ยอมรับของกรมอนามัยได้

แบบที่ 15-19 ซึ่งเป็นแบบที่สมาคมอุตสาหกรรมสิ่งทอได้ทดลองผลิตขึ้นใช้กันเองในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอ จัดว่าไม่เหมาะสม ถึงแม้ว่าราคาต่อหน่วยจะต่ำ แต่เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพการกรองแล้ว ถือว่าไม่คุ้มค่า

แบบที่ 20 ซึ่งเป็นแบบที่ผู้ผลิตได้คิดฉลาดไว้ที่บรรจุถ่านไว้เพื่อป้องกันลมหายใจออก ที่จะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ ห้ามใช้เพื่อการปกป้องทางเดินหายใจ ผลการทดสอบสรุปว่าไม่เหมาะสมในการใช้งานกับอุตสาหกรรมสิ่งทอ นับว่าผู้ผลิตซื้อสัตว์ต่อผู้บริโภคที่ได้แสดงฉลากคุณภาพที่แท้จริง

ส่วนแบบอื่น ๆ ที่มีลักษณะภายนอกคล้ายคลึงกันมาก คือมีลักษณะเป็นผ้ายืดหรือผ้าใยสังเคราะห์ ผ้าสำลี ผ้าป่าน หรือผ้าอื่น ๆ ที่พบพบกัน 2 ชั้น มีผลการทดสอบที่แตกต่างกันมาก

อาจสรุปได้ว่า การพิจารณาภายนอกไม่สามารถบอกความแตกต่างได้ ต้องทดสอบทางห้องปฏิบัติการเท่านั้น ดังนั้นอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งมีอยู่มากมายหลายยี่ห้อนั้น จะได้มาตรฐานความปลอดภัยหรือไม่ก็ต้องผ่านการทดสอบทางห้องปฏิบัติการด้วยเช่นกัน ซึ่งหน่วยราชการที่เกี่ยวข้องทั้งกรมอนามัย และสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมจะต้องมีหน่วยงานรองรับเพื่อทดสอบอุปกรณ์ดังกล่าวด้วย หากมีการกำหนดมาตรฐานขึ้นในระดับประเทศแล้ว

หมายเหตุ การทดสอบนี้เป็นเพียงการทดสอบวัสดุเท่านั้น มิได้ทดสอบในสภาพการใช้งานจริง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับรูปทรง ความกระชับ ความแนบสนิทด้วย และปัจจุบันยังไม่มีหน่วยงานราชการใดที่มีเครื่องมือที่ใช้ทดสอบตามการศึกษาดังกล่าว

สำหรับปัญหาความคลาดเคลื่อนหรือข้อผิดพลาดในการทดสอบมีโอกาสดังเกิดขึ้นน้อยมาก ยกเว้นอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบ 20 เท่านั้น ที่อาจผิดพลาดบ้าง เนื่องจากมีรูปทรงที่เป็นส่วนโค้งงอ เป็น 3 มิติ เวลาที่นำมาวางบนแท่นทดสอบ อาจเกิดรูรั่วบ้าง แต่ผู้ศึกษาก็พยายามหาเทปกระดาษปิดรอยรั่วแล้ว ผลที่ได้จากการศึกษาอาจคลาดเคลื่อนได้ จากเทปกระดาษกาวที่ปิดรอยรั่วนั้น เพราะจะเป็นการเพิ่มแรงต้านทานอากาศเข้าออก ทำให้อ่านค่าความต้านทานได้มากเกินไปจนความเป็นจริงได้ นอกจากนั้นอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบอื่น ๆ ที่นำมาทดสอบก็มีจำนวนจำกัด ทำให้ไม่สามารถใช้ชิ้นใหม่ได้ทุกครั้งทดสอบ ดังนั้น ในการทดสอบ 1 ชิ้น ซึ่งต้องทดสอบทั้ง 3 ครั้ง การอ่านผลในครั้งที่ 2 และ 3 ก็อาจคลาดเคลื่อนไปเนื่องจาก ละเอียดจะถูกรองไว้ที่วัสดุใยกรองในครั้งที่ 1 แล้ว หรือกล่าวได้ว่าเสียพื้นที่ในการกรองไปส่วนหนึ่ง แต่ในสภาพเป็นจริง การผลิตวัสดุใยกรองก็มีความผันแปรได้จากความไม่สม่ำเสมอของการเรียงตัวของใยกรองได้อยู่แล้ว ดังนั้น ความผิดพลาดจากการทดสอบ 3 ครั้ง ในอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจชิ้นเดียวกัน จึงน่าจะอยู่ในการยอมรับได้ว่าไม่แตกต่างกัน

เหตุผลที่สามารถนำมาสนับสนุนการยอมรับการใช้อนุภาคเกลือแกงขนาด $0.1\ \mu\text{m}$ ในการทดสอบแทนอนุภาคขนาด $0.3\ \mu\text{m}$ ก็คือ อนุภาคขนาด $0.1\ \mu\text{m}$ นี้ยังเป็นขนาดอนุภาคที่อยู่ใน size range ที่กำหนดตามมาตรฐานของ AS/NZS กล่าวคือในการทดสอบตามมาตรฐานของ AS/NZS กำหนดให้อนุภาคที่ใช้ทดสอบควรมี size range ที่เป็น equivalent diameter อยู่ในช่วง $0.02\ \mu\text{m}$ ถึง $2\ \mu\text{m}$ และเหตุผลที่สำคัญที่กำหนดให้ร้อยละของการแทรกผ่านของอนุภาคขนาด $0.3\ \mu\text{m}$ ตามมาตรฐาน P1 คือไม่เกินกว่าร้อยละ 20 ก็คือ อนุภาคขนาด $0.3\ \mu\text{m}$ เป็นขนาดที่ถือว่าไส้กรองของอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจจะกรองได้ยากที่สุด ดังนั้นจึงถือว่ามีความปลอดภัยค่อนข้างสูง ทั้งนี้กลไกในการกรองอนุภาคของไส้กรองจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ประการ ได้แก่ (6)

- Diffusion อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า $0.1 \mu\text{m}$ และมีความเร็วต่ำจะเคลื่อนที่ในลักษณะของ brownian movement และถูกกรองด้วยกลไกนี้เป็นส่วนมาก
- Interception เกิดขึ้นเมื่อรัศมีของอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าระยะห่างจากกระแสอากาศถึงผิวของเส้นใยกรอง กลไกนี้จะเกิดขึ้นมากก็ต่อเมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่กว่ารูบนกระดาษกรอง มักเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า $0.1 \mu\text{m}$
- Inertial impaction เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางของอากาศอย่างกะทันหันในขณะที่อนุภาคซึ่งมีมวลมากกว่ายังคงอยู่ในทิศทางเดิมของมัน กลไกนี้เกิดขึ้นมากในกรณีที่อากาศมีความเร็วสูง อนุภาคมีขนาดใหญ่และเส้นใยกรองมีความหนาแน่นมาก มักเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า $0.2 \mu\text{m}$
- Electrostatic deposition กลไกนี้มีประสิทธิภาพสูงเมื่ออนุภาคหรือเส้นใยกรองมีประจุไฟฟ้า ซึ่งการไหลของอากาศสามารถทำให้เส้นใยกรองเกิดประจุไฟฟ้าได้

บทที่ 6

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล การศึกษาในส่วนที่ 1

ในการศึกษาในส่วนที่ 1 คือ การศึกษาเพื่อตรวจวัดปริมาณฝุ่นฝ้ายในโรงงานปั่นด้ายและทอผ้า ที่แผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ โดยใช้เครื่องมือ Vertical Elutriator ซึ่งคัดขนาดฝุ่นที่จะมีผลต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายที่ขนาดเล็กกว่า $15 \mu\text{m}$ วิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ปริมาณฝุ่นฝ้ายในแผนกต่าง ๆ ในโรงงานเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนั้น ปริมาณฝุ่นฝ้ายในแผนกเดียวกันแต่ต่างโรงงานกัน ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน โดยพบว่า แผนกที่มีปริมาณฝุ่นฝ้ายเฉลี่ยสูงสุดคือแผนกทอ ($0.7299 \text{ mg} / \text{m}^3$) รองลงมาได้แก่ แผนกผสม ($0.4378 \text{ mg} / \text{m}^3$) สางใย ($0.3811 \text{ mg} / \text{m}^3$) กรอ ($0.266 \text{ mg} / \text{m}^3$) ปั่น ($0.2177 \text{ mg} / \text{m}^3$) ตามลำดับ ทั้งนี้ทุกแผนกมีปริมาณฝุ่นฝ้ายเกินมาตรฐานความปลอดภัยที่กำหนดโดย OSHA ทั้งสิ้น ($0.2 \text{ mg} / \text{m}^3$) ร่างมาตรฐานของกระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคมฉบับปัจจุบันก็กำหนดเท่ากับของ OSHA ส่วนกระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้การเฝ้าคุม / เฝ้าระวังโรคปอดฝุ่นฝ้ายต้องเป็นไปตามมาตรฐานของ OSHA แสดงว่าคนงานทุกแผนกมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายจากการทำงาน และคนงานแต่ละแผนกก็มีความเสี่ยงแตกต่างกันด้วย

6.2 สรุปผลการศึกษาในส่วนที่ 2

ในการศึกษาในส่วนที่ 2 คือ การศึกษาเพื่อดูการกระจายขนาดฝุ่น ทั้งในโรงงานปั่นด้ายและทอผ้าที่แผนกผสม สาง ปั่น กรอ และทอ โดยใช้เครื่องมือ Andersen Cascade Impactor ในการคัดขนาดฝุ่นตามขั้นรูกรอง ซึ่งสามารถคัดขนาดฝุ่นในช่วงพิสัยต่าง ๆ จำลองแบบโอกาสของการสะสมที่ทางเดินหายใจ แบ่งออกเป็น 8 ช่วงพิสัย แต่คัดขนาดฝุ่นที่เล็กกว่า $10 \mu\text{m}$ วิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก ผลการศึกษารูปได้ว่า ที่แผนกต่าง ๆ จะมีฝุ่นฟุ้งกระจายในทุกช่วงพิสัย แตกต่าง

กันไปนอกจากนั้นการฟุ้งกระจายของฝุ่นในแต่ละแผนกในโรงงานเดียวกัน จะมีรูปแบบการกระจายขนาดที่ไม่แตกต่างกัน และไม่สามารถบอกได้ว่าพบฝุ่นขนาดใดมากที่สุด ดังนั้นแผนกใดที่มีปริมาณฝุ่นเกินมาตรฐานความปลอดภัย ก็จะพบฝุ่นทุกขนาดด้วยจึงควรมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่ได้มาตรฐานความปลอดภัยควบคู่กับมาตรการดูแลสุขภาพและการควบคุมปัญหาฝุ่นด้วย

6.3 สรุปผลการศึกษาในส่วนที่ 3

ในการศึกษาในส่วนที่ 3 คือ การศึกษาคุณภาพของอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่มีขายและใช้กันอยู่ในประเทศไทย ซึ่งศึกษาเฉพาะด้านการแทรกผ่านและความต้านทานการหายใจ โดยใช้เครื่องมือ Automated Filter tester ภายใต้การยอมรับวิธีการทดสอบที่กำหนดโดย AS/NZS ผลการศึกษาสรุปได้ว่าอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจทั้ง 20 แบบ ที่นำมาศึกษามีคุณภาพไม่เพียงพอที่จะใช้เพื่อคุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในการป้องกันอันตรายจากฝุ่นฝ้ายในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ถึงแม้ว่าบางแบบจะเป็นที่ยอมรับในการป้องกันอันตรายจากฝุ่นทรายตามการศึกษาของวันทนีและคณะ (6) ก็ตาม

6.4 ข้อเสนอแนะทั่วไป

6.4.1 จากการศึกษาพบว่าผู้ทำงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอยังมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคฝุ่นฝ้ายจากการทำงาน ผู้มีหน้าที่รับผิดชอบอาชีพอนามัยและความปลอดภัยของแรงงานควรมีการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมการทำงาน และมีมาตรการเพื่อการควบคุมป้องกันอันตรายจากฝุ่นฝ้าย โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของคณะกรรมการสาธารณสุข เรื่อง มาตรการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของแรงงานในเรื่องอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจในสถานประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทกิจการที่เกี่ยวข้องกับฝ้าย

6.4.2 จากการศึกษาสรุปได้ว่า มาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจที่ใช้เพื่อการปกป้องสุขภาพคนงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอควร มีความสามารถในการกรองฝุ่นขนาด $0.3 \mu\text{m}$ ได้ ซึ่งถือเป็นการยอมรับมาตรฐาน AS/NZS ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้อ้างอิงเพื่อการปกป้องคนงานได้ ทั้งกรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กรมอนามัย ตลอดจนสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมสามารถนำไปกำหนดเป็นคุณลักษณะที่

ต้องการเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคต่อไป ผู้ศึกษาขอเสนอแนะว่าควรมีการศึกษาว่ามาตรฐานดังกล่าวจะใช้เพื่อป้องกันอนุภาคอื่นได้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมอื่นๆด้วยหรือไม่

6.4.3 ปัจจุบันยังไม่มีหน่วยงานใดหรือองค์กรใดที่สามารถทดสอบอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจในรูปของส่วนประกอบชุดอุปกรณ์ (Assembled respirator) การศึกษานี้เป็นเพียงการทดสอบวัสดุตัวกรอง (filter material) เท่านั้น แต่วิธีการทดสอบมาตรฐานตามAS/NZS จะต้องทดสอบทั้ง 2 เงื่อนไข คือ ทดสอบทั้งวัสดุตัวกรอง และทดสอบชุดอุปกรณ์ ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องบริหารจัดการให้มีอุปกรณ์ทดสอบตามเงื่อนไขดังกล่าว หากต้องการบังคับใช้ตามกฎหมายได้จริง

6.5 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป

6.5.1 ศึกษาพบว่าผู้ทำงานในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ยังมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้ายจากการทำงาน โดยนำผลจากปริมาณฝุ่นฝ้ายที่ตรวจพบได้ในสิ่งแวดล้อมการทำงานที่เกินมาตรฐานความปลอดภัย และการใช้อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจที่ยังไม่ได้มาตรฐานเพียงพอต่อการปกป้องสุขภาพ ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาคือต่อไปมีดังนี้

6.5.2 การศึกษาในส่วนที่ 1 ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างโรงงานที่จะศึกษาให้มากขึ้น เก็บตัวอย่างหลาย ๆ จุดในแผนกเดียวกัน และในแต่ละจุดให้เก็บตัวอย่างเพื่อการควบคุมคุณภาพหลายตัวอย่าง หลีกเลี่ยงหรือพยายามลดปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการศึกษาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

6.5.3 การศึกษาในส่วนที่ 2 ควรใช้จานรองแทนการใช้กระดาษกรอง และควรเป็นชนิดที่มีน้ำหนักเบา คีบได้สะดวกไม่ดูดความชื้น เช่น ใช้จานพลาสติกที่เป็น glass fiber

6.5.4 การศึกษาในส่วนที่ 3 หากมีอุปกรณ์ประกอบอื่น (accessory) ที่สามารถยึดใส่กรอง อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ เพื่อใช้ทดสอบจะทำให้สามารถทดสอบอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจแบบอื่น ๆ ได้อีกมากมาย ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้น้อยที่สุด และสรุปได้อย่างมั่นใจ ซึ่งขณะนี้ยังไม่มีในหน่วยงานที่รองรับการทดสอบอุปกรณ์เหล่านี้ (ราคาประมาณ 12 ล้านบาท)

6.5.5 ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดฝุ่นฝ้าย กับอุตสาหกรรมที่ใช้วัสดุอื่น เช่น เรยอน เครอน โพลีเอสเตอร์ ฯลฯ เป็นองค์ประกอบด้วย เนื่องจากกลไกการเกิดโรคยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด รวมทั้งศึกษาเปรียบเทียบผลกับสมรรถภาพปอด และความผิดปกติเกี่ยวกับทางเดินหายใจร่วมด้วย

6.5.6 ควรมีการศึกษาคูณภาพอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจหลาย ๆ แบบ นอกจากนั้น ควรศึกษาถึงค่าความต้านทานการหายใจที่เหมาะสมสำหรับคนไทย รวมทั้งรูปทรงที่เหมาะสม สำหรับคนไทย เพื่อส่งเสริมการผลิตขึ้นใช้ในประเทศ

6.5.7 ควรมีการพัฒนาประสิทธิภาพด้านความสามารถในการกรองของอุปกรณ์ เช่น การใส่สารเพิ่มศักย์ไฟฟ้าในการดักจับฝุ่น การเพิ่มความหนาของใยกรอง การจัดการเรียงตัวของเส้นใยกรอง เป็นต้น



รายการอ้างอิง

1. ศูนย์สารสนเทศ กรมโรงงานอุตสาหกรรม. สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการตามพ.ร.บ. พ.ศ. 2535 แยกตามจังหวัด รายประเภท ณ.สิ้นปี 2541 [CD-ROM]. กรุงเทพฯ : 2541.
2. สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม. รายงานประจำปี 2536-537. สำนักงานประกันสังคม : โอเอสพริ้นติ้ง , 2537.
3. กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. แนวทางการดำเนินงานเฝ้าคุมโรคปัสติโนสิส (ปอดฝุ่นฝ้าย). นนทบุรี : 2541.
4. ร่างคำแนะนำคณะกรรมการสาธารณสุข เรื่องมาตรการป้องกันอันตรายต่อสุขภาพของคนงานในเรื่องอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ในสถานประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพประเภทกิจการที่เกี่ยวข้องกับฝ้าย (2545).
5. สติธร เทพตระการพรและคณะ. โครงการศึกษาการยอมรับและความเป็นไปได้ในการใช้อุปกรณ์ปกป้องระบบทางเดินหายใจตามมาตรฐานกรมอนามัยในอุตสาหกรรมสิ่งทอ. อยู่ระหว่างการจัดพิมพ์เผยแพร่.
6. วันที พันธุ์ประสิทธิ์, สร้อยสุดา เกสรทอง ,วรุจน์ ภูมิพิว ,ธรณพงศ์ จันทรวงศ์. รายงานการวิจัยเรื่องการทดสอบเพื่อเลือกอุปกรณ์ปกป้องระบบหายใจสำหรับผู้ปฏิบัติงานในโรงโม่หิน. นนทบุรี : กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2540.
7. Wilawan Juengprasert, Viroj Jaemjarasrangsri, Wichai Aekplakorn, et al. A Study of Model Development for Byssinosis Monitoring Program in Thailand. Nonthaburi : 1996.
8. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. NIOSH : Ohio,1994.
9. กองตรวจความปลอดภัยและสถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงมหาดไทย. รวมกฎหมายความปลอดภัยในการทำงานและสิ่งแวดลอม 2536. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย). 2536.

10. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Manual of Analytical Methods 4th edition. NIOSH : Ohio,1994.
11. ฝ่ายสิ่งแวดล้อมการทำงาน สถาบันวิจัยความปลอดภัยในการทำงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงมหาดไทย. รายงานการศึกษาเรื่องสถานการณ์การเสี่ยงภัยจากฝุ่นฝ้ายในโรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงมหาดไทย, 2535.
12. Graseby Andersen. 1 Acfm Non-Viable Ambient Particle Sizing Sampler Operating Manual. Georgia : 1980.
13. สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. เอกสารการสอนชุดวิชา หลักความปลอดภัยในการทำงาน หน่วยที่ 6-10 .นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช,2534.
14. มาลี พงษ์โสภณ . เอกสารประกอบการสอนเรื่องอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ [แผ่นโปรงใส]. นนทบุรี : กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2543.
15. Pinnagoda J. Respiratory Protection Performance Standards : Particulates. In 3M Thailand. Respirator Standard and Regulation Seminar ; 1999 Aug 16 ; Delta Grand Pacific Hotel. Bangkok : 3M Thailand, 1999 : 1-3.
16. Han DH. Performance of Respirator Filters Using Quality Factor in Korea. Industrial Health 2000 ; 38 : 380-4
17. TSI Incorporated Particle Instruments. Features and Specification for Model 8110 Automated Filter Tester. TSI Incorporated,1990.
18. Australian / New Zealand Standard. Respiratory Protective Devices. Standard Australia : New South Wales, 1994.
19. ดุสิต สุจิรารัตน์. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for windows เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เจริญดีการพิมพ์, 2539.



ภาคผนวก ก

สภาวะการทดสอบที่กำหนดตาม BS4400

ในการทดสอบอุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ ตามวิธีทดสอบที่กำหนดไว้โดย AS/NZS ระบุให้การทดสอบอัตราการแทรกผ่านด้วยละอองเกลือแกง จะต้องจัดสภาวะการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานอังกฤษ หมายเลข 4400 (BS 4400) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความเข้มข้นของสารละลายเกลือแกงเท่ากับ 1%
2. อัตราการไหลของอากาศไปยังเครื่องทำละออง (flow rate to atomizer) อยู่ในช่วง 12.75 ± 0.25 ลิตรต่อนาที
3. แรงดันอากาศไปยังเครื่องทำละออง (Air pressure to atomizer) อยู่ในช่วง 345 ± 14 KPa
4. ความชื้นสัมพัทธ์ของละออง / ส่วนผสมของอากาศ ที่เจือจาง (relative humidity of aerosol / diluted air mixture) ต้องน้อยกว่า 60%
5. อุณหภูมิอากาศ (Temperature of air) อยู่ในช่วง $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$



ภาคผนวก ข
AFT 8110 – conversion (metric)

L/min	Face = Velo cm/s				
	100cm ²	50 cm ²	D=2.24 นิ้ว	D=1.87 นิ้ว	D=0.98 นิ้ว
10	1.7	3.4	6.7	9.6	34.8
11	1.9	3.7	7.3	10.5	38.3
12	2.0	4.1	8.0	11.5	41.8
13	2.2	4.4	8.7	12.4	45.2
14	2.4	4.7	9.3	13.4	48.7
15	2.5	5.1	10.0	14.3	52.2
16	2.7	5.4	10.7	15.3	55.7
17	2.9	5.8	11.3	16.2	59.2
18	3.0	6.1	12.0	17.2	62.6
19	3.2	6.4	12.7	18.2	66.1
20	3.4	6.8	13.3	19.1	69.6
21	3.6	7.1	14.0	20.1	73.1
22	3.7	7.5	14.7	21.0	76.6
23	3.9	7.8	15.3	22.0	80.0
24	4.1	8.1	16.0	22.9	83.5
25	4.2	8.5	16.7	23.9	87.0
26	4.4	8.8	17.3	24.9	90.5
27	4.6	9.1	18.0	25.8	94.0
28	4.7	9.5	18.7	26.8	97.4
29	4.9	9.8	19.3	27.7	100.9
30	5.1	10.2	20.0	28.7	104.4
31	5.3	10.5	20.7	29.6	107.9
32	5.4	10.8	21.3	30.6	111.4
33	5.6	11.2	22.0	31.5	114.9
34	5.8	11.5	22.6	32.5	118.3

AFT 8110 – conversion (metric)

L/min	Face = Velo cm/s				
	100cm ²	50 cm ²	D=2.24 นิ้ว	D=1.87 นิ้ว	D=0.98 นิ้ว
35	5.9	11.9	23.3	33.5	121.8
36	6.1	12.2	24.0	34.4	125.3
37	6.3	12.5	24.6	35.4	128.8
38	6.4	12.9	25.3	36.3	132.3
39	6.6	13.2	26.0	37.3	135.7
40	6.8	13.5	26.6	38.2	139.2
41	6.9	13.9	27.3	39.2	142.7
42	7.1	14.2	28.0	40.1	146.2
43	7.3	14.6	28.6	41.1	149.7
44	7.5	14.9	29.3	42.1	153.1
45	7.6	15.2	30.0	43.0	156.6
46	7.8	15.6	30.6	44.0	160.1
47	8.0	15.9	31.3	44.9	163.6
48	8.1	16.3	32.0	45.9	167.1
49	8.3	16.6	32.6	46.8	170.5
50	8.5	16.9	33.3	47.8	174.0
51	8.6	17.3	34.0	48.7	177.5
52	8.8	17.6	34.6	49.7	181.0
53	9.0	18.0	35.3	50.7	184.5
54	9.1	18.3	36.0	51.6	187.9
55	9.3	18.6	36.6	52.6	191.4
56	9.5	19.0	37.3	53.5	194.9
57	9.7	19.3	38.0	54.5	198.4
58	9.8	19.6	38.6	55.4	201.9
59	10.0	20.0	39.3	56.4	205.3
60	10.2	20.3	40.0	57.4	208.8

AFT 8110 – conversion (metric)

L/min	Face = Velo cm/s				
	100cm ²	50 cm ²	D=2.24 นิ้ว	D=1.87 นิ้ว	D=0.98 นิ้ว
61	10.3	20.7	40.6	58.3	212.3
62	10.5	21.0	41.3	59.3	215.8
63	10.7	21.3	42.0	60.2	219.3
64	10.8	21.7	42.6	61.2	222.7
65	11.0	22.0	43.3	62.1	226.2
66	11.2	22.4	44.0	63.1	229.7
67	11.3	22.7	44.6	64.0	233.2
68	11.5	23.0	45.3	65.0	236.7
69	11.7	23.4	46.0	66.0	240.1
70	11.9	23.7	46.6	66.9	243.6
71	12.0	24.1	47.3	67.9	247.1
72	12.2	24.4	48.0	68.8	250.6
73	12.4	24.7	48.6	69.8	254.1
74	12.5	25.1	49.3	70.7	257.5
75	12.7	25.4	50.0	71.7	261.0
76	12.9	25.7	50.6	72.6	264.5
77	13.0	26.1	51.3	73.6	268.0
78	13.2	26.4	52.0	74.6	271.5
79	13.4	26.8	52.6	75.5	274.9
80	13.5	27.1	53.3	76.5	278.4
81	13.7	27.4	54.0	77.4	281.9
82	13.9	27.8	54.6	78.4	285.4
83	14.1	28.1	55.3	79.3	288.9
84	14.2	28.5	56.0	80.3	292.3
85	14.4	28.8	56.6	81.2	295.8

AFT 8110 – conversion (metric)

L/min	Face = Velo cm/s				
	100cm ²	50 cm ²	D=2.24 นิ้ว	D=1.87 นิ้ว	D=0.98 นิ้ว
86	14.6	29.1	57.3	82.2	299.3
87	14.7	29.5	58.0	83.2	302.8
88	14.9	29.8	58.6	84.1	306.3
89	15.1	30.1	59.3	85.1	309.7
90	15.2	30.5	60.0	86.0	313.2
91	15.4	30.8	60.6	87.0	316.7
92	15.6	31.2	61.3	87.9	320.2
93	15.8	31.5	62.0	88.9	323.7
94	15.9	31.8	62.6	89.8	327.2
95	16.1	32.2	63.3	90.8	330.6
96	16.3	32.5	64.0	91.8	334.1
97	16.4	32.9	64.6	92.7	337.6
98	16.6	33.2	65.3	93.7	341.1
99	16.8	33.5	65.9	94.6	344.6
100	16.9	33.9	66.6	95.6	348.0
101	17.1	34.2	67.3	96.5	351.5
102	17.3	34.6	67.9	97.5	355.0
103	17.4	34.9	68.6	98.5	358.5
104	17.6	35.2	69.3	99.4	362.0
105	17.8	35.6	69.9	100.4	365.4
106	18.0	35.9	70.6	101.3	368.9
107	18.1	36.2	71.3	102.3	372.4
108	18.3	36.6	71.9	103.2	375.9
109	18.5	36.9	72.6	104.2	379.4
110	18.6	37.3	73.3	105.1	382.8

AFT 8110 – conversion (metric)

L/min	Face = Velo cm/s				
	100cm ²	50 cm ²	D=2.24 นิ้ว	D=1.87 นิ้ว	D=0.98 นิ้ว
111	18.8	37.6	73.9	106.1	386.3
112	19.0	37.9	74.6	107.1	389.8
113	19.1	38.3	75.3	108.0	393.3
114	19.3	38.6	75.9	109.0	396.8
115	19.5	39.0	76.6	109.9	400.2
116	19.6	39.3	77.3	110.9	403.7
117	19.8	39.6	77.9	111.8	407.2
118	20.0	40.0	78.6	112.8	410.7
119	20.2	40.3	79.3	113.7	414.2
120	20.3	40.6	79.9	114.7	417.6

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ นางมาลี พงษ์โสภณ

วันเดือนปีเกิด 20 กันยายน 2502

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2522-2526
วิทยาศาสตรบัณฑิต (อาชีวอนามัย)
มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2540-2545
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน นักวิชาการสาธารณสุข 7
กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ที่อยู่ปัจจุบัน 162/296 หมู่บ้านป.ผาสุกนิเวศน์ ถนนตลิ่งชัน-สุพรรณบุรี
บางบัวทอง นนทบุรี โทร 02-9201346