

# CLEANROOM ห้องสะอาด สำหรับอุตสาหกรรมและพาณิชย์กรรม

## สารบัญ

หน้า

<b>บทที่ 1</b>	<b>แนะนำสู่ระบบห้องสะอาด</b>	5
1.1	เทคโนโลยีห้องสะอาดคืออะไร	5
1.2	ความต้องการห้องสะอาดในอุตสาหกรรมต่างๆ	7
1.3	อนุภาคแขวนลอยในอากาศ	8
1.4	การควบคุมขนาดของอนุภาค	11
1.5	มาตรฐานการควบคุมความสะอาด	12
1.6	รูปแบบการไหลของอากาศสำหรับห้องสะอาด	15
1.7	ระบบห้องสะอาด	18
1.8	ระบบควบคุมอากาศ	23
1.9	สภาวะต่างๆ ภายในห้องสะอาด	25
1.10	วัสดุสำหรับก่อสร้างห้องสะอาด	26
1.11	ชุดปฏิบัติการภายในห้องสะอาด	26
<b>บทที่ 2</b>	<b>การปลดปล่อยอนุภาคสิ่งปนเปื้อนจากผู้ปฏิบัติการและอุปกรณ์</b>	27
2.1	อนุภาคสิ่งปนเปื้อน	27
2.2	การปลดปล่อยอนุภาคจากผู้ปฏิบัติงาน	28
2.3	Austin Contamination Index	29
2.4	การปลดปล่อยอนุภาคเชิงชีวภาค	30
2.5	การปลดปล่อยอนุภาคจากชุดที่สวมใส่ปกติ	30
2.6	อนุภาคสิ่งมีชีวิตเล็กๆ	30
2.7	อนุภาคที่เปลี่ยนรูปร่างได้	31
2.8	อนุภาคไฟฟ้าสถิต	32
2.9	อนุภาคสนิมเหล็ก	32
2.10	อนุภาคพลาสติก	32
2.11	อนุภาคโลหะ	33
2.12	อนุภาคเส้นใยแก้ว	33
2.13	อนุภาคเส้นใยสังเคราะห์	34
2.14	อนุภาคยาสูบหรืออนุหรี	34
2.15	อนุภาคเครื่องสำอาง	34
2.16	อนุภาคที่เกิดจากการปฏิบัติงาน	35
2.17	สมบัติของสิ่งปนเปื้อน	36
2.18	สมบัติทางเคมีและกายภาพของสิ่งปนเปื้อน	37
2.19	Eye See White	37

<b>บทที่ 3</b>	<b>ห้องสะอาดจำแนกตามลักษณะการไหลของอากาศ</b>	
3.1	ห้องสะอาดที่มีการไหลของอากาศแบบปั่นป่วน	39
3.2	ห้องสะอาดที่มีการไหลของอากาศแบบราบเรียบ	39
3.2.1	ห้องสะอาดที่มีการไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวระดับ	46
3.2.2	ห้องสะอาดที่มีการไหลของอากาศแบบราบเรียบในแนวตั้ง	55
<b>บทที่ 4</b>	<b>การออกแบบห้องสะอาด</b>	<b>60</b>
4.1	การพิจารณาเลือกใช้ระดับความสะอาดในห้องสะอาด	62
4.2	แบบจำลองห้องสะอาด	64
4.3	ระบบ HVAC สำหรับห้องสะอาด	66
4.4	การออกแบบห้องสะอาดและการดำเนินการ	67
4.4.1	ห้องสะอาดระดับ M7.25 (Class 500,000 CLEANROOM)	67
4.4.2	ห้องสะอาดระดับ M6.5 (Class 100,000 CLEANROOM)	73
4.4.3	ห้องสะอาดระดับ M5.5 (Class 10,000 CLEANROOM)	82
4.4.4	ห้องสะอาดระดับ M4.5 (Class 1,000 CLEANROOM)	89
4.4.5	ห้องสะอาดระดับ M3.5 (Class 100 CLEANROOM)	92
4.4.6	ห้องสะอาดระดับ M2.5 (Class 10 CLEANROOM)	96
4.4.7	ห้องสะอาดระดับ M1.5 (Class 1 CLEANROOM)	100
4.4.8	ห้องสะอาดที่มีความสะอาดมากกว่าระดับ M1.5 (Cleaner Than Class 1)	103
4.5	การปฏิบัติงานและจัดการสำหรับห้องสะอาด	107
4.6	การเลือกทำเลที่ตั้งและการก่อสร้างห้องสะอาด	130
4.7	สรุปหลักในการออกแบบห้องสะอาดตามประเภทการไหลของอากาศ	136
<b>บทที่ 5</b>	<b>ตัวกรองอากาศสำหรับห้องสะอาด</b>	<b>140</b>
5.1	ทฤษฎีการกรองอากาศขั้นพื้นฐาน	140
5.2	ตัวกรองอากาศแบบ HEPA และ ULPA	142
5.3	โครงสร้างของตัวกรองอากาศแบบ HEPA และ ULPA	145
5.4	วิธีการดักจับอนุภาคของตัวกรองอากาศแบบ HEPA และ ULPA	150
5.5	ลักษณะเฉพาะของตัวกรองอากาศ	153
5.6	ปัญหาที่พบในการใช้งาน	159
5.7	รอยรั่วที่พบในตัวกรองอากาศแบบ HEPA หรือ ULPA	160
5.8	การทดสอบตัวกรองอากาศ	162
5.9	วิธีทดสอบมาตรฐานสำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบกรองอากาศประสิทธิภาพสูง	181
5.10	วิธีมาตรฐานสำหรับทดสอบความต้านทานการไหลของแก๊สกรองอากาศ	189
<b>บทที่ 6</b>	<b>อุปกรณ์เสริมที่ใช้ในห้องสะอาด</b>	<b>204</b>
6.1	ฝักบัวอากาศ (Air Shower)	204

6.2	แอร์ล็อก (Air Lock)	213
6.3	กล่องส่งผ่าน (Pass-thru Box)	214
6.4	โต๊ะทำงานสะอาด (Clean Bench)	216
6.5	โต๊ะสำหรับใช้งานทั่วไป	219
6.6	เก้าอี้	222
6.7	ชั้นวางของ	223
6.8	รถเข็นขนของ	224
6.9	ตู้เก็บของ	225
6.10	กล่องบรรจุ	226
6.11	ระบบดูดฝุ่นและเครื่องดูดฝุ่น	227
6.12	เครื่องทำความสะอาดรองเท้า	229
6.13	อ่างล้างมือ	230
6.14	เครื่องทำความสะอาดมือและถุงมือ	231
6.15	ม้านั่งสำหรับใส่รองเท้า	231
6.16	กระดาษสำหรับใช้ในห้องสะอาด	231
6.17	อุปกรณ์สำหรับทำความสะอาด	232

## **บทที่ 7 ชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาด** 238

7.1	หลักการพิจารณาเลือกชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาด	239
7.2	การออกแบบชุดปฏิบัติการสำหรับห้องสะอาด	241
7.3	เส้นใยที่ใช้สำหรับทำชุดปฏิบัติการ	241
7.4	เส้นใยตัวนำไฟฟ้า	243
7.5	ชุดป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต	243
7.6	ชุดปฏิบัติการแบบไทเวค	243
7.7	ชุดปฏิบัติการแบบเมมเบรน	245
7.8	ชุดปฏิบัติการแบบซีเวอร์เทค	246
7.9	โครงสร้างของเส้นใยผ้า	247
7.10	การกำหนดสีของชุดปฏิบัติการ	248
7.11	รองเท้าสำหรับปฏิบัติงานในห้องสะอาด	248
7.12	ชุดควบคุมการกระจายอนุภาค	249
7.13	ถุงมือ	250
7.14	หน้ากาก	251
7.15	ระยะเวลาในการใช้งานชุดปฏิบัติการ	252
7.16	การสูมตัวอย่างทดสอบ	253

## **บทที่ 8 การฝึกอบรมผู้ปฏิบัติการในห้องสะอาด** 254

8.1	การฝึกอบรมโดยใช้หนังสือคู่มือ	254
8.2	การฝึกอบรมโดยใช้สไลด์และเทปบันทึกเสียง	255
8.3	การฝึกอบรมโดยใช้วิดีโอ	256
8.4	ปัจจัยทางด้านจิตวิทยา	258
8.5	กฎสำหรับการปฏิบัติงานของผู้ที่ทำงานในห้องสะอาด	260

บทที่ 9	ห้องสะอาดตามลักษณะการใช้งาน	261
1.1	ระบบห้องสะอาดสำหรับโรงพยาบาลที่ทันสมัย	261
9.2	พื้นที่สะอาดสำหรับการผลิตยาและพื้นที่ปลอดเชื้อ	269
9.3	ห้องสะอาดสำหรับสารกึ่งตัวนำและอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์	281

---