เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ แบบพกพา

(THE PORTABLE AIR PURIFIER)

นาย ประกรณ์ วิไล

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาครุศาสตร์ศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชา ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

เลขหมู่ ว ๗๑๒ ค ๒๕๓๓
เลขทะเบียน 687
วัน เดือน ปี 15 พ.ย. 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์เรื่อง...เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ แบบพกพา.....
ชื่อนักศึกษา.....นาย ประกรณ์ วิไล.....
อาจารย์ที่ปรึกษา...รศ.ดร.ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์.....
...นาย อุดมศักดิ์ สาริบุตร.....
...นาย ถนอม จันทร์หมื่นไวย์.....

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ ได้ตรวจพิจารณาและเห็นชอบแล้วจึงอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ประจำปีการศึกษา 2533

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คุณหญิง วนิดา ฐปเตมีย์)
คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

สภาพสังคมเมืองในปัจจุบันต่างมุ่งสนใจในเรื่องของวิทยาการและเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อสนองตอบความต้องการของมนุษย์อย่างไม่มีวันสิ้นสุด สิ่งที่มนุษย์ได้สร้างสรรค์ขึ้นนั้นล้วนแล้วแต่มุ่งเน้นสร้างความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้ จนอาจเกิดข้อผิดพลาดในเรื่องของผลกระทบต่อธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสิ่งที่มนุษย์ไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ นอกจากการรักษาไว้ให้คงสภาพเดิมให้เหมาะแก่การใช้ประโยชน์สำหรับทุกคน

ปัจจุบันทั่วโลกได้ตระหนักถึงการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการให้คำจำกัดความว่า " มลภาวะสิ่งแวดล้อม " อันได้แก่ มลภาวะทางน้ำ มลภาวะทางดิน มลภาวะทางอากาศและเสียง เป็นต้น

ในวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ.2531 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงพระราชทานพระราชดำรัสเนื่องในวันเฉลิมพระชนม์พรรษา มีใจความเน้นในเรื่องปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหามลภาวะอากาศ เป็นผลให้มีองค์การ หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชน ได้ให้ความสนใจและรณรงค์เพื่อลดปัญหามลภาวะดังกล่าว เช่น การจัดตั้งปีสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์ธรรมชาติ การแก้ปัญหาการปล่อยไอเสียจากรถยนต์โดยการควบคุมตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยกองวิศวกรรมยานยนต์กรุงเทพมหานคร กองจราจรกลาง กรมตำรวจ และสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ฝ่ายภาคเอกชนก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงสินค้าที่เป็นต้นเหตุของมลภาวะอากาศ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ประสิทธิภาพในการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์ รวมทั้งการนำสินค้าประเภทเครื่องฟอก และเครื่องกรองอากาศมาจำหน่ายแก่ประชาชน เพื่อบรรเทาปัญหาที่ตกอยู่กับประชาชนทั่วไป

ในฐานะของนักศึกษาที่มีความรู้ทางด้านการออกแบบสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพการใช้งาน และช่วยเหลือในการลดปัญหาแก่ผู้บริโภค จึงเห็นความสำคัญของปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ภายในบริเวณย่านชุมชนที่มีการจราจรคับคั่ง และติดขัด โดยเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จึงได้กำหนดแนวทางเพื่อแก้ปัญหามลภาวะอากาศดังกล่าว ด้วยการคิดค้นเพื่อประดิษฐ์เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์สำหรับพกพาติดตัว ในลักษณะของงานวิทยานิพนธ์เพื่อช่วยเหลือผู้ที่ต้องเผชิญกับมลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ ในกลุ่มของผู้โดยสารรถประจำทาง และประชาชนทั่วไปในย่านดังกล่าว ซึ่งเป็นผู้ที่ประสบกับมลภาวะอากาศโดยตรง โดยได้กำหนดแนวทางที่จะศึกษาวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

1. รวบรวมปัญหาเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ และปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์เดิมที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

แก้ปัญหามลภาวะอากาศประเภทเครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศ

2. ตีปัญหาเพื่อกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

3. กำหนดขอบเขตของการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่จะสร้างใหม่

4. กำหนดขอบเขตการศึกษาวิจัย เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่

5. วิเคราะห์ข้อมูลที่ทำการศึกษาอยู่ เพื่อสรุปเลือกใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสม เช่น วิธีการใช้งานกระบวนการผลิต วัสดุ และส่วนประกอบ เป็นต้น

6. กลั่นกรองข้อมูลที่สรุปแล้ว เพื่อสร้างเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องให้อากาศ ได้แก่ การจัดระบบความต่อเนื่องของชิ้นส่วนวงจรเพื่อการทำงาน การกำหนดรูปแบบของผลิตภัณฑ์

7. สรุปผลการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ สำหรับพกพาในรูปของการสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่สามารถแก้ปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ แก่ผู้ใช้ในกลุ่มผู้โดยสารรถประจำทาง และประชาชนทั่วไป

8. เสนอผลงานสำเร็จแก่คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ เพื่อชี้แนะข้อบกพร่องและประเมินผลการปฏิบัติงานวิจัยดังกล่าว ด้วยแบบร่าง แบบเพื่อการพัฒนา และหุ่นจำลอง

ถึงแม้ว่า การแก้ปัญหามลภาวะอากาศจะไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร แต่ก็เป็นการช่วยเหลือเพื่อบรรเทาปัญหาแก่ผู้ที่ต้องประสบกับมลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ในบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

รายงานภาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม " **เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ แบบพกพา** " ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการศึกษาวิชา การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 8 (32531) จำนวน 8 หน่วยกิจ ภาควิชาครุศาสตร์ศิลปอุตสาหกรรม คณะวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ชั้นปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2533

เพื่อช่วยให้เข้าใจในการทำโครงการวิจัย และการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว ซึ่งได้รวบรวมเนื้อหาข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้ตลอดจน การวิเคราะห์ต่างๆ ซึ่งเป็นที่มาของการออกแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าว และสามารถนำไปผลิตจริงด้วยระบบอุตสาหกรรมได้

ผู้จัดทำโครงการวิจัยนี้หวังว่ารายงานภาวิจัยฉบับนี้ คงมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และได้ศึกษาไม่มากก็น้อย

(นายประกรณ์ วิไล)
ผู้จัดทำ

วันที่ 29 มิถุนายน 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม " เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ แบบพกพา (THE PORTABLE AIR PURIFINE) "

การทำโครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว สำเร็จด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่ให้ความอุปถัมภ์ให้ข้อมูล และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงาน ตลอดจนผู้ให้กำลังใจในการดำเนินงาน

- รองศาสตราจารย์ ดร. เมธี ปิลันธนานนท์
- รองศาสตราจารย์ ดร.ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์
- อาจารย์ โกศล สุวรรณภูฏ (ศิลปากร)
- อาจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร
- อาจารย์ ถนอม จันทร์หมื่นไวย
- อาจารย์ มนตรี เลากิตติศักดิ์ (ราชมงคล, วขพ.)
- อาจารย์ กิตติพงศ์ มะโน
- คุณพ่อ ศรีพันธ์ และ นาย ประยูร วิไล
- นาย นฤพนธ์ แสงอรุณ
- นางสาว อภิญญา สิงห์ทองวรรณ์
- นางสาว สุนิตรา อรุณจักร์

แหล่งข้อมูล

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- สำนักหอสมุดแห่งชาติ กรุงเทพฯ
- สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัย เชียงใหม่
- สำนักหอสมุดแห่งชาติ รัชมังคลาภิเษก เชียงใหม่
- สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคภาคพายัพ
- สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเพาะช่าง
- สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัย ศิลปากร กรุงเทพฯ
- หอสมุดวิทยาลัยครูเชียงใหม่ สหวิทยาลัยครูล้านนา
- สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน
- ฝ่ายโยธาธิการ กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดโครงการ

ผู้รับผิดชอบโครงการ

- นายประกรณ์ วิไล

ชื่อโครงการ

- เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ แบบพกพา

  THE PORTABEL AIR PURIFINE

ลักษณะของโครงการ

- เป็นโครงการประเภทเสนอใหม่
- เป็นโครงการลักษณะ ปรับปรุง และพัฒนาทางการออกแบบ
- เป็นโครงการชนิด วิจัยและปฏิบัติการ เพื่อเสนอแนะ

ความสำคัญ และที่มา

- เพื่อพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ในการใช้งาน

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- ออกแบบเครื่องให้อากาศให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน
- ออกแบบเครื่องให้อากาศให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน
- ออกแบบให้เกิดความประหยัดในการซื้อและใช้งาน
- ออกแบบเครื่องให้อากาศให้น่าใช้ยิ่งขึ้น

ระยะเวลาดำเนินการ

- เริ่ม วันที่ 10 มิถุนายน 2533
- ถึง วันที่ 8 มีนาคม 2534

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

- รองศาสตราจารย์ ดร. ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์
- อาจารย์ อุดมศักดิ์ สาริบุตร
- อาจารย์ ถนอม จันทร์หมื่นไวย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

คำนำ

กิตติกรรมประกาศ

รายละเอียดการทำวิทยานิพนธ์

สารบัญ

สารบัญภาพ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 ที่มาของการเสนอโครงการ 1

วัตถุประสงค์ของโครงการ 2

ปัญหาที่เกิดขึ้น

แนวทางการแก้ปัญหา 4

ขอบเขตของการออกแบบ 5

ขอบเขตของการศึกษาข้อมูล

ผลที่คาดว่าได้รับจากการออกแบบ 6

บทที่ 2 ข้อมูลเบื้องต้น 7

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ 9

2.2 วิธีการตรวจวัดมลภาวะอากาศ และมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร 43

2.3 วิธีการควบคุมมลภาวะอากาศ 71

2.4 เครื่องฟอก และเครื่องกรองอากาศ 80

2.5 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้าที่จำเป็น 126

2.6 สภาวะ และสิ่งแวดล้อม 213

2.7 พฤติกรรมผู้ใช้ 219

2.8 วัสดุ และกรรมวิธีการผลิต 289

บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล 336

3.1 การวิเคราะห์ลักษณะการหายใจจากเครื่องให้อากาศที่เหมาะสม 337

3.1ก การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งพกพาและการใช้งานเครื่องให้อากาศกับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์การเลือกใช้วัสดุ 339
3.3 การวิเคราะห์การเลือกใช้ชนิดของวัสดุพลาสติก 341
3.4 การวิเคราะห์การเลือกใช้สีกับผลิตภัณฑ์ 343
3.5 การวิเคราะห์การเลือกใช้รูปทรง 345
3.6 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งสวิทช์ที่เหมาะสม 346
3.7 การวิเคราะห์เลือกใช้สวิทช์ 347
3.8 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของมอเตอร์ 348
3.9 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของพัดลมดูดอากาศ 349
3.10 การวิเคราะห์ตำแหน่งช่องปล่อยอากาศบริสุทธิ์ออก 351
3.11 การวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบช่องอากาศออก 352
3.12 การวิเคราะห์ตำแหน่งช่องอากาศเข้า 354
3.13 การวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบแบตเตอรี่ 355
3.14 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดเครื่องหมายการค้า 356
3.15 การวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบของที่ยึดเกี่ยวเข็มขัด 357
3.16 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของสายคล้องแขน 358
3.16ก การวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุและวิธีการต่อสายคล้องแขน 359
3.17 การวิเคราะห์เลือกใช้จุดยึดต่อสายคล้องแขน 360
3.18 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของแผ่นกรองอากาศ 361
3.19 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า 363
สรุปผลการวิเคราะห์ 369
บทที่ 4 การออกแบบ 370
4.1 การสังเคราะห์ข้อมูล
4.2 การจัดระบบความต่อเนื่องของเครื่องให้อากาศ 371
4.3 การลำดับขั้นตอนการใช้งานเครื่องให้อากาศ 373
4.4 ความคิดสร้างสรรค์เบื้องต้นในการออกแบบ 374
4.5 การพัฒนารูปแบบ 375
4.6 การตกลงใจในการออกแบบ 379
4.7 แบบเพื่อการผลิต 385

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 391

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อบกพร่องในการออกแบบ 394

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะจากการทำวิทยานิพนธ์ 395

5.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เบื้องต้นในการออกแบบ

5.2 การพัฒนารูปแบบ

บรรณานุกรม 397

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

บทที่ 2	หน้า
ภาพที่ 1.1-1.7 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ	13 - 42
ภาพที่ 2.1-2.17 วิธีการตรวจวัดมลภาวะอากาศ	43 - 65
ภาพที่ 4.1-4.39 เครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศชนิดต่าง ๆ	80 -124
ภาพที่ 5.1-5.108 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	128 -212
ภาพที่ 6.1 รถโดยสารประจำทางของ ขสมก.	218
ภาพที่ 7.1-7.36 พฤติกรรมผู้ใช้	226 -289
ภาพที่ 8.1-8.2 วัสดุและกรรมวิธีการผลิตพลาสติค	314 -315
บทที่ 4	
ภาพที่ 4.1-4.8 แสดงการออกแบบ	372 -378
ภาพที่ 4.9-4.19 การนำเสนอการออกแบบ	379 -384
ภาพที่ 4.20-4.26 แบบเพื่อการผลิต	385 -388
ภาพที่ 4.27-4.30 แสดงภาพถ่ายหุ่นจำลอง	389 -390

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

บทที่ 2 หน้า

ตารางที่ 1.1-1.12 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ 14 - 32

ตารางที่ 2.1-2.5 วิธีการตรวจวัดและมาตราฐานคุณภาพอากาศ 46 - 70

ตารางที่ 3.1-3.5 วิธีการควบคุมมลภาวะอากาศ 72 - 79

ตารางที่ 4.1-4.5 เครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศชนิดต่าง ๆ 80 -103

ตารางที่ 5.1-5.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า 140 -210

ตารางที่ 6.1 ประชากรของประเทศไทย และกรุงเทพฯ 218

ตารางที่ 7.1-7.3 การหายใจ 239 -251

บทที่ 3

ตารางที่ 3.1 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง 338

ตารางที่ 3.2 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุ 340

ตารางที่ 3.3 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุพลาสติค 342

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้สี 344

ตารางที่ 3.5 แสดงการวิเคราะห์รูปทรง 345

ตารางที่ 3.6 แสดงการวิเคราะห์เลือกตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ 346

ตารางที่ 3.7 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้สวิทช์ 347

ตารางที่ 3.8 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของมอเตอร์ 348

ตารางที่ 3.9 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของพัดลมดูดอากาศ 350

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออก 351

ตารางที่ 3.11 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบช่องอากาศออก 352

ตารางที่ 3.11ก แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ลักษณะทิศทางการเปิดฝาครอบ 353

ตารางที่ 3.12 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งช่องอากาศเข้า 354

ตารางที่ 3.13 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบแบตเตอรี่ 355

ตารางที่ 3.14 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งติดเครื่องหมายการค้า 356

ตารางที่ 3.15 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบที่ยึดเกี่ยวเข็มขัด 357

ตารางที่ 3.16 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของสายคล้องแขน 358

ตารางที่ 3.16ก แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุและวิธีการยึดต่อสายคล้องแขน 359

ตารางที่ 3.17 แสดงการวิเคราะห์เลือดใช้จุดยึดต่อสายคล้องแขน 360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

ตารางที่ 3.18 แสดงการวิเคราะห์ชนิดของแผ่นกรองอากาศ 362
ตารางที่ 3.19 แสดงการวิเคราะห์หน้าที่ใช้สอยของส่วนประกอบ 364
ตารางที่ 3.19ก แสดงการประเมินความสำคัญของหน้าที่หลัก 366
ตารางที่ 3.19ข แสดงการวิเคราะห์ความสำคัญของหน้าที่ใช้สอย 367
ตารางที่ 3.19ค แสดงผลการวิเคราะห์ความสำคัญของหน้าที่ใช้สอย 368

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของการเสนอโครงการ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3 ปัญหาที่เกิดขึ้น

1.4 แนวทางการแก้ปัญหา

1.5 ขอบเขตของการออกแบบ

1.6 ขอบเขตของการศึกษาข้อมูล

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.8 ผลที่ได้รับจากการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ที่มาของการเสนอโครงการ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ที่พยายามจะพัฒนาตนเองสู่ความเป็นประเทศอุตสาหกรรม จึงทำให้ความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว จนทำให้ศูนย์กลางของประเทศคือกรุงเทพมหานคร ต้องรับภาระหนักจากการหลั่งไหลของผู้เข้ามาอาศัยประกอบกิจการอาชีพมากขึ้น และอยู่กันอย่างแออัด ชีวิตที่ต้องผูกพันธ์กับการเดินทาง ไม่ว่าจะเดินทางไปทำงาน ไปโรงเรียน ไปเที่ยว ฯลฯ เป็นผลให้ยานพาหนะต่างๆ เพิ่มขึ้นจนเกิดปัญหาการจราจรที่แออัดและติดขัด ทำให้มีปริมาณฝุ่นละออง และกาซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเป็นสารมลพิษจากไอเสียรถยนต์ในอากาศอยู่ในระดับที่สูงจากมาตรฐานที่กำหนดและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้

แม้ว่าจะมีมาตรการควบคุมคุณภาพอากาศในบรรยากาศก็ตามแต่ก็ไม่เข้มงวดเพียงพอที่จะควบคุมมลพิษดังกล่าวได้ ฉะนั้นส่วนหนึ่งของผู้คนจึงต้องมายืนสูดอากาศที่ไม่บริสุทธิ์และเป็นพิษตามข้างถนน ป้ายรถเมล์ หรือบนยานยนต์พาหนะต่างๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะผู้ที่ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง การที่ต้องยืนโหนโดยสารบนรถประจำทางอย่างเบียดเสียด ย่อมทำให้อากาศไม่เพียงพอแก่การหายใจ ไม่ใอากาศถ่ายเท และเป็นอากาศที่ปะปนกับมลสาร ฝุ่นละออง ต่าง ๆ และการที่ต้องมายืนคอยรถโดยสารประจำทางสายที่ตนเองจะโดยสารนั้น ต้องพบกับฝุ่นควันจากไอเสียของรถโดยสารคันอื่นที่วิ่งเข้าจอดตามป้ายจอดทุกคัน อันตรายจะยิ่งเพิ่มขึ้นหากจุดที่พักผู้โดยสารนั้นอยู่ในย่านชุมชนที่มีรถโดยสารวิ่งผ่านหลายสาย และสภาพพื้นที่เป็นที่อับลม และย่อมมีผู้ใช้บริการจำนวนมาก เช่น ย่านวงเวียนอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สถานีขนส่งสายเหนือตลาดหมอชิต เป็นต้น ตลอดจนประชาชนที่ต้องการจับจ่ายซื้อของตามร้านค้าริมถนนในย่านชุมชน ที่ต้องแย่งอากาศกันหายใจ โอกาสที่จะทำให้ผู้คนเหล่านั้นเกิดภาวะขาดอากาศหายใจหรือขาดออกซิเจนย่อมมี เช่น การเป็นลมอ่อนเพลีย หายใจไม่ออก เมารถ เวียนศีรษะ เป็นต้น

ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงได้ตั้งขึ้น เพื่อทำการศึกษา ค้นคว้า วิจัย และพัฒนาปรับปรุง **" เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ แบบพกพาติดตัว สำหรับผู้โดยสารรถประจำทางและประชาชนทั่วไปในย่านที่มีการจราจรแออัด ของกรุงเทพมหานคร (THE AIR PURIFINE) "** ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถแก้ปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ให้แก่ผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง และประชาชนบริเวณใกล้เคียง แต่ก็เป็นการช่วยเหลือผู้ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศหรือผู้ที่ต้องการอากาศบริสุทธิ์บางส่วนตามกำลังความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

จากสภาพปัญหามลภาวะอากาศจากฝุ่นละออง และควันจากท่อไอเสียของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ดังกล่าว ทำให้โครงการนี้ได้วางวัตถุประสงค์ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาและปรับปรุง ผลิตภัณฑ์เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ ให้สามารถใช้งานได้สะดวก เหมาะสมกับการหายใจที่ถูกวิธี ปลอดภัย ประหยัด น่าใช้ยิ่งขึ้น และมีคุณภาพ

2. เพื่อพัฒนาระบบและรูปแบบ ให้เหมาะสมกับการใช้งานตามจุดต่างๆที่ประสบปัญหามลภาวะอากาศ เช่น ย่านชุมชน ที่รอพักผู้โดยสารรถประจำทาง หรือบนรถโดยสาร

3. เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์เดิม

4. เพื่อปรับปรุงต้นทุนการผลิต และลดค่าบำรุงรักษา ให้สามารถจำหน่ายได้ในราคาที่สามารถแก่การซื้อตามสภาพทางเศรษฐกิจปัจจุบัน

5. เพื่อให้บริการที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน และสังคม

ปัญหาที่เกิดขึ้น

ที่มาของปัญหา (PROBLEM STATEMENT)

1. สาเหตุจากการใช้งาน (COURSES FUNCTION)

1.1 ไม่มีเครื่องให้อากาศ เพื่อช่วยเหลือผู้ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ และรถจักรยานยนต์

1.2 เครื่องฟอกอากาศที่มีใช้กันในปัจจุบัน จะใช้เฉพาะในรถยนต์ส่วนตัวบางคันเท่านั้นย่อมไม่เป็นการแก้ปัญหาแก่ส่วนรวม หรือผู้ใช้บริการรถโดยสารประจำทาง

1.3 การแก้ปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ด้วยการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศ และการตรวจวัดควันจากท่อไอเสีย ยังไม่เข้มงวดพอ

1.4 การช่วยเหลือตนเองของผู้ประสบกับมลภาวะอากาศ จากไอเสียรถยนต์ที่พบอยู่ได้แก่ การใช้หน้ากากกรองฝุ่นควัน ซึ่งทำให้รู้สึกร้อนอึดอัด เนื่องจากการถ่ายเทหมุนเวียนของอากาศมีน้อยและการใช้สารหอมระเหยหรือยาดมเพื่อบรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะนั้นไม่สามารถลดปริมาณมลสารที่หายใจเข้าไปแต่ช่วยให้สดชื่นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความจำเป็น (NEED)

2.1 ผู้ที่รอรถโดยสารประจำทางในย่านชุมชนที่มีการจราจรแออัด และผู้ที่โดยสารบนรถประจำทาง ส่วนมากไม่สามารถทนการสูดอากาศที่ไม่บริสุทธิ์เพื่อการหายใจได้เป็นเวลานาน ๆ เพราะจะทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ หรือเป็นลม การช่วยเหลือตนเองเพียงใช้ยาดมที่มีสารระเหย เช่น แอมโมเนีย ยูคาลิปตัส หรือการพัดให้อากาศเข้าหาตัวบริเวณใบหน้าเพื่อช่วยบรรเทาอาการดังกล่าว

3. ผลกระทบ (EFFECTS)

3.1 มลภาวะอากาศเป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ และมีผลแทรกซ้อน เช่น โรคมะเร็งปอด โรคผิวหนัง เป็นต้น

3.2 การใช้เครื่องปรับอากาศ เป็นผลให้เกิดกาซฟรีออน ซึ่งเป็นกาซพิษที่ใช้ในระบบทำความเย็นอาจเป็นอันตรายถ้าไม่มีการควบคุมตรวจสอบที่ดี และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

3.3 การใช้เครื่องฟอกอากาศระบบประจุไฟฟ้าสถิตย์ (ไอออนไนเซอร์) ที่ไม่พอดีกับขนาดพื้นที่ หรือมีความเข้มของประจุไฟฟ้าสูงมากเกินไป อาจทำให้เกิดกาซโอโซน ซึ่งเป็นอันตรายต่อผิวหนัง และแสบตา หากมีปริมาณที่มาก

4. เกณฑ์ (DATA)

4.1 กำลังความสามารถในการฟอกอากาศ ของเครื่องฟอกอากาศสำหรับในบ้านหรือห้องที่มีอากาศนิ่ง ไม่สามารถฟอกอากาศในที่โล่งกลางแจ้งได้

4.2 ปริมาณออกซิเจนในอากาศที่มีมลภาวะไม่เพียงพอแก่การหายใจ และบุคคลที่ได้รับอันตรายจากมลภาวะอากาศย่อมต้องการการปฐมพยาบาลที่ถูกวิธี

4.3 วัสดุที่ใช้ทำ BODY ที่เป็นพลาสติก บางชนิดไม่ทนต่อสภาวะดินฟ้าอากาศ เช่น ทนแดด ทนฝนหรือความชื้น และวัสดุเหล็กแผ่น มักเป็นสนิม

5. พฤติกรรมผู้ใช้ (BACK GROUND)

5.1 การยืนรอและการโดยสารรถประจำทาง ทำให้การหายใจรับอากาศที่เป็นพิษจากไอเสียรถยนต์มากกว่าบุคคลทั่วไป

5.2 ในสภาพที่มีมลภาวะอากาศจะพบอากาศที่บริสุทธิ์ภายในบ้านหรือในอาคารเท่านั้น

5.3 บุคคลต่างๆ อาจไม่เห็นความสำคัญของเครื่องให้อากาศ

6. เศรษฐศาสตร์ (ECONOMICS)

6.1 เครื่องฟอกอากาศที่มีคุณภาพดี มีกมีราคาแพง ลงทุนสูง

6.2 อะไหล่และการซ่อมบำรุงหายากและมีราคาแพง เนื่องจากเป็นเครื่องฟอกอากาศจากต่างประเทศ

6.3 โดยมากแล้วเครื่องฟอกอากาศ มักจะสิ้นเปลืองพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางการแก้ปัญหา

การตีปัญหาเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบ (PROBLEM IDENTIFICATION)

1. สาเหตุจากการใช้งาน (COURSES FUNCTION)

- ออกแบบเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ สำหรับผู้ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ ในย่านชุมชน

2. ความจำเป็น (NEED)

- การใช้เครื่องให้อากาศสำหรับผู้ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศ เป็นการช่วยปฐมพยาบาลเบื้องต้น โดยได้รับอากาศบริสุทธิ์ที่เพียงพอแก่การหายใจ และอาจมีสารระเหยบางชนิดที่ช่วยบรรเทาอาการเวียนศีรษะ หรือเป็นลมปนอยู่ด้วยหากต้องการ

3. ผลกระทบ (EFFECTS)

- เลือกใช้เครื่องกรองอากาศที่มีระบบไอออนไนเซอร์ เพราะสามารถกรองฝุ่นควันและเพิ่มประจุไฟฟ้าลบ (e^-) ในอากาศ ช่วยลดปริมาณกาซคาร์บอนมอนอกไซด์ และช่วยในการหายใจ

4. หลักเกณฑ์ (DATA)

- วิเคราะห์ความต้องการอากาศสำหรับการหายใจที่ดีที่สุด เพื่อกำหนดปริมาณการให้อากาศของเครื่องให้อากาศ

- วิเคราะห์เลือกใช้วัสดุทำตัวเรือน (BODY) ที่เหมาะสม ให้สามารถทนต่อสภาวะดินฟ้าอากาศ สามารถป้องกันชิ้นส่วนภายในได้ และไม่เป็นอันตราย เช่น เป็นสื่อไฟฟ้าหากเกิดไฟฟ้ารั่ว หรือมีสารพิษเจือปนหรือตกค้าง

5. พฤติกรรมผู้ใช้ (BACK GROUND)

- วิเคราะห์พฤติกรรมการพกพาและการใช้งานที่ถูกต้องและเหมาะสม ในลักษณะช่องการหายใจที่ถูกวิธี

6. เศรษฐศาสตร์ (ECONOMICS)

-เป็นสินค้าสำหรับผู้บริโภค สำหรับใช้ส่วนตัว ซึ่งคาดว่าจากสภาพปัญหามลภาวะอากาศดังกล่าวย่อมทำให้เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์มีประโยชน์แก่ผู้ใช้ จึงเชื่อว่าจะมีผู้ใช้สินค้าหรือใช้บริการในอนาคต

- เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐาน ช่วยลดการซ่อมบำรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของการออกแบบ

เพื่อให้โครงการวิจัยดังกล่าว สามารถดำเนินการ ศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์ และออกแบบ ให้เป็นผลสำเร็จ บรรลุตามที่ได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้นั้น

จึงได้กำหนดขอบเขตของการออกแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไว้ดังต่อไปนี้

1. เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องให้อากาศจากเครื่องกรองอากาศที่มีระบบไปประจุไฟฟ้า (IONIZER) สำหรับการหายใจ
2. เป็นผลิตภัณฑ์ เครื่องให้อากาศสะอาดแก่ผู้ที่ต้องการอากาศบริสุทธิ์
3. เป็นเครื่องให้อากาศ สำหรับผู้โดยสารรถประจำทางและประชาชนทั่วไป ที่ต้องการอากาศบริสุทธิ์ หรือผู้ที่ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศ
4. เป็นเครื่องให้อากาศ สำหรับแพทย์ติดตัว
5. เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องให้อากาศ สำหรับจำหน่ายเป็นสินค้า

ขอบเขตของการศึกษาข้อมูล

ข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นต้องศึกษา เพื่อสนับสนุนการออกแบบผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรมให้สามารถบรรลุผลสำเร็จ และใช้อ้างอิง ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ
2. ศึกษาวิธีการวัดมลภาวะอากาศ และมาตรฐานอากาศ
3. ศึกษาวิธีการควบคุมมลภาวะอากาศระบบไฟฟ้า
4. ศึกษาชนิด ประเภท ลักษณะ ส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องฟอกอากาศหรือเครื่องกรองอากาศที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
5. ศึกษาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าที่จำเป็น
6. ศึกษาสภาวะและสิ่งแวดล้อม หรือพื้นที่การใช้งาน
7. ศึกษาพฤติกรรมผู้ใช้
8. ศึกษาวัสดุ และกรรมวิธีการผลิต
9. ศึกษาระบบ หรือวิธีการต่างๆที่น่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปด้วยความถูกต้องและรวดเร็ว จึงได้กำหนดแนวทางการดำเนินการวิจัยเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ขั้นรวบรวมปัญหา (Problem Statement)
2. ขั้นตีปัญหา (Problem Identification)
3. ความคิดสร้างสรรค์เบื้องต้น (Preliminary Ideas)
4. ขั้นวิเคราะห์ทางการออกแบบ (Design Analysis)
5. ขั้นกลั่นกรองทางการออกแบบ (Design Refinement)
6. ขั้นตกลงใจในการออกแบบ (Design Decision)
7. ขั้นเสนอการออกแบบ (Implementation)

ผลที่ได้รับจากการออกแบบ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เมื่อสามารถดำเนินการตามที่ได้กำหนดไว้สำเร็จได้แก่

1. สามารถออกแบบเครื่องให้อากาศ ให้เกิดความเหมาะสมกับการหายใจที่ถูกวิธี สะดวก ปลอดภัย ประหยัด ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพและมีคุณภาพ
2. สามารถพัฒนาระบบ และรูปแบบ ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานบนรถโดยสารประจำทาง และย่านชุมชนที่มีการจราจรแออัด
3. สามารถออกแบบเพื่อลดปัญหาจากการใช้งานของผลิตภัณฑ์เดิมที่เกิดขึ้น
4. สามารถออกแบบ เพื่อปรับปรุงต้นทุนการผลิต และลดค่าบำรุงรักษา
5. เพื่อให้บริการที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน และสังคม หากผลิตจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ข้อมูลเบื้องต้น

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ

1.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตรวจวัดและควบคุมมลภาวะอากาศ

1.2 มลภาวะอากาศ

1.3 อิทธิพลของมลภาวะอากาศ

1.4 รายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ของกรุงเทพมหานคร

2. วิธีการตรวจวัดมลภาวะอากาศ และมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

2.1 วิธีการตรวจวัดและเก็บตัวอย่างมลสารในอากาศ

2.2 การวัดมลสารในอากาศแต่ละชนิด

2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

3. วิธีการควบคุมมลภาวะอากาศ

3.1 แนวความคิดการควบคุมการลดมลสารในอากาศ

3.2 การเก็บรวบรวมและการกำจัดมลสาร

4. ชนิด ประเภท ลักษณะ ส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศ ที่ให้อากาศบริสุทธิ์

- การวางแผนการบำบัดฝุ่น
- เครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศชนิดต่างๆ ที่ให้อากาศที่บริสุทธิ์

4.1 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง

4.2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย

4.3 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง

4.4 เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์(แบบเปียก)

4.5 เครื่องเก็บฝุ่นแบบกรอง

4.6 เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

- เครื่องฟอกอากาศไอออนไนเซอร์

5. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้าที่จำเป็น

5.1 ความหมายของไฟฟ้า

- คุณสมบัติของไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งกำเนิดของไฟฟ้า

5.2 ผลของกระแสไฟฟ้า

- การใช้งานของไฟฟ้า
- อันตรายจากการใช้ไฟฟ้า

5.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญและเกี่ยวข้อง

6. สภาวะและสิ่งแวดล้อม

6.1 สภาพเมืองและประชากรจังหวัดกรุงเทพมหานคร

6.2 การขนส่งมวลชนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

7. พฤติกรรมผู้ใช้

7.1 ข้อมูลทั่วไป

- พฤติกรรมการโดยสารรถประจำทาง
- การหายใจ
- อาการของผู้ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศ
- การปฐมพยาบาลผู้ประสพอันตรายจากมลภาวะอากาศ

7.2 จิตวิทยา

- ความรู้สึกทางอารมณ์
- การรับรู้ทางวัตถุ ความรู้สึกต่อสี และสัญลักษณ์

7.3 กายวิภาคศาสตร์

- ขนาดสัดส่วนมาตรฐานคนไทย

8. วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

8.1 แผ่นเหล็กพ่นสี

8.2 อลูมิเนียม

8.3 พลาสติก

8.4 ไฟเบอร์กลาส

9. ระบบและวิธีการต่างๆที่น่าสนใจ

9.1 วัสดุยึดต่อ

9.2 อุปกรณ์เสริมต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 1
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ

1.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตรวจวัดและควบคุมมลภาวะอากาศ

1.2 มลภาวะอากาศ

1.3 อิทธิพลของมลภาวะอากาศ

1.4 รายงานการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ของกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยงานที่รับผิดชอบ [1]

RESPONSIBLE AGENCIES

หน่วยงานที่รับผิดชอบในการควบคุม และแก้ไขจัดการปัญหามลภาวะทางอากาศของกรุงเทพมหานคร ได้แก่

1. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ.2518 และมีหน้าที่ในการกำหนดนโยบายและวางแผนควบคุมป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศโดยการประสานงานกับหน่วยงานอื่นๆสำนักคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศในกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 สถานี และทำการตรวจวัดในต่างจังหวัดเป็นประจำ เพื่อศึกษาและประเมินสถานการณ์ของมลพิษทางอากาศ และได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ สำหรับมลภาวะที่สำคัญและพบทั่วไป เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สารตะกั่ว เป็นต้น

2. กรมโรงงานอุตสาหกรรม

มีหน้าที่ที่สำคัญในการออกหรือต่อใบอนุญาตให้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมรวมทั้งรับผิดชอบในการควบคุมปัญหามลพิษทางอากาศจากกิจการอุตสาหกรรมโดยตรงนอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการตรวจสอบปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกจากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม และมีอำนาจหน้าที่ในการสั่งพักใช้ใบอนุญาตและเพิกถอนใบอนุญาตการประกอบกิจการอุตสาหกรรมได้หากปรากฏว่าโรงงานไม่ปฏิบัติตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติโรงงานซึ่งรวมถึงเรื่องมลพิษด้วย

3. กรมตำรวจ

เป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการควบคุมมลพิษทางอากาศได้แก่ กองทะเบียนยานพาหนะ และกองบังคับการตำรวจจราจร หน้าที่สำคัญของกองทะเบียนฯได้แก่การตรวจสอบสภาพรถยนต์ โดยตรวจสอบเรื่องความปลอดภัยซึ่งรวมทั้งการระบายมลภาวะจากท่อไอเสียรถยนต์จากรถยนต์ที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 1,600 กิโลกรัม ส่วนหน้าที่ที่สำคัญของกองบังคับการตำรวจจราจร ก็คือ การควบคุมการจราจร รวมทั้งการตรวจจับรถยนต์ที่ระบายสารมลภาวะจากท่อไอเสียรถยนต์ที่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดขณะนำมาใช้งานบนถนน

---

[1] สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ รายงานคุณภาพอากาศไทย2527 หน้า2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กรมการขนส่งทางบก

มีหน้าที่คือการตรวจสอบทะเบียนรถยนต์ สภาพทั่วไปของรถยนต์ในด้านความปลอดภัย รวมทั้งการตรวจวัดการระบายอากาศเสียจากท่อไอเสียรถยนต์ขนาดใหญ่ เช่นรถเมล์ รถบรรทุก รถสองแถว หรือรถยนต์ที่มีน้ำหนักเกิน 1,600 กิโลกรัมขึ้นไป

5. กรมแรงงาน

โดยทั่วไปจะมีหน้าที่ในด้าน การตรวจสอบสภาพแวดล้อมในการทำงานของคนงานในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งกรมแรงงานได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานให้แก่คนงานซึ่งรวมถึงคุณภาพอากาศ หรือปริมาณของสารมลพิษที่ยอมให้มีได้ในสถานประกอบการและมาตรฐานทางกายภาพ-เคมีอื่น ๆ

6. กรมอนามัย

มีหน้าที่สำคัญคือส่วนที่เกี่ยวข้องในพระราชบัญญัติสาธารณสุข เพื่อการควบคุมป้องกันมิให้ประชาชนได้รับอันตรายอันจะเกิดต่อสุขภาพจากปัญหาสารมลพิษทางอากาศทางน้ำ ทางเสียง และสารเป็นพิษ เป็นต้น ในด้านการตรวจสอบคุณภาพอากาศ กรมอนามัยร่วมกับองค์การอนามัยโลกก็ได้ทำการตรวจสอบ โดยมีสถานีตรวจวัดอยู่ที่สำโรง และลาดพร้าว

7. กรุงเทพมหานคร

มีหน้าที่สำคัญที่เกี่ยวข้องคือการควบคุมแก้ไขปัญหามลพิษทางด้านต่างๆ ได้แก่ มลภาวะทางอากาศ ทางเสียง ทางน้ำ ฯลฯ ที่เกิดจากการประกอบอุตสาหกรรมหรือกิจกรรมอื่นๆ ภายในเขตกรุงเทพมหานคร และยังมีหน้าที่ในการตราเทศบัญญัติสำหรับควบคุมแก้ไขปัญหามลพิษต่างๆ ภายในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้ยังได้ดำเนินการตรวจวัดกาซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบางจุดตามเส้นทางการจราจรเป็นครั้งคราว

8. หน่วยงานส่วนท้องถิ่น

หน่วยงานส่วนท้องถิ่น ได้แก่ จังหวัด เทศบาล หรือสุขาภิบาล มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแก้ไขปัญหามลพิษต่างๆรวมทั้งปัญหามลพิษทางอากาศในเขตพื้นที่จังหวัดหรือหน่วยงานนั้นๆ ในลักษณะเช่นเดียวกันกับหน้าที่ของกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มลภาวะอากาศ

ลักษณะและแหล่งของมลภาวะอากาศ

1. นิยามของสิ่งรบกวนต่อสาธารณะและมลภาวะสิ่งแวดล้อม [1]

คำว่า "สิ่งรบกวนต่อสาธารณะ (public nuisance)" หรือ"มลภาวะสิ่งแวดล้อม (environmental pollution)" มักใช้กันบ่อย แต่การนิยามความหมายของคำเหล่านี้ในแง่ของกฎหมายหรือแง่ของวิทยาศาสตร์ยังไม่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

ในประเทศญี่ปุ่น คำว่า "สิ่งรบกวนต่อสาธารณะ"หมายถึง สิ่งใด ๆ ที่มีผลกระทบในทางลบต่อสาธารณะประโยชน์ รวมทั้งมลภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นผลของกิจกรรมของมนุษย์และมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น มลภาวะอากาศ มลภาวะน้ำ เสียงรบกวน การสั่นสะเทือน การทรุดตัวของพื้นดิน กลิ่นเหม็น เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่มีผลกระทบต่อสุขภาพและชีวิตของมนุษย์โดยทางอ้อมและทีละน้อย

ในประเทศอังกฤษ คำนิยามของ "สิ่งรบกวนต่อสาธารณะ"หมายถึงสิ่งทั้งหมดที่ถือว่ามีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของสาธารณะชน และสิ่งใด ๆ ที่มีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของบุคคลใดๆ โดยเฉพาะ จะถือว่าเป็นสิ่งรบกวนต่อเอกชน

ในประเทศเยอรมัน แนวความคิดของ "การละเมิดสิทธิ" ได้ถูกใช้เป็นแนวความคิดหลักสำหรับการควบคุมสิ่งรบกวน ดังนั้นสิ่งรบกวนต่าง ๆ เช่น มลภาวะอากาศ เสียงรบกวน การสั่นสะเทือน การใช้สิทธิในทางที่ผิด จะอยู่ภายใต้การควบคุมของกฎหมายแพ่งและกฎหมายควบคุมหน่วยธุรกิจ

ในประเทศฝรั่งเศส สิ่งที่ถือว่าเป็นสิ่งรบกวนต่อสาธารณะหรือมลภาวะสิ่งแวดล้อมจะมีนิยามเป็น มลภาวะสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งรบกวนต่อความเป็นอยู่ของสาธารณชน ซึ่งเกิดจากกิจกรรมในเมืองและกิจกรรมอุตสาหกรรมของผู้คน

ในสหรัฐอเมริกา การควบคุมสิ่งรบกวนต่อสาธารณะหรือมลภาวะสิ่งแวดล้อมมีประวัติที่ยาวนานแต่กฎหมายก็ไม่ให้คำนิยาม การที่ยอมรับกันทั่วไป จะแบ่งสิ่งรบกวนเป็นสามหมวด คือ สิ่งรบกวนต่อสาธารณะ สิ่งรบกวนต่อเอกชน และสิ่งรบกวนผสม

---

1. ชิคาโอะ คานาโอกะ ดร. และ วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ดร. "ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ" มลภาวะอากาศ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) 2528 หน้า 1- 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารที่ยื่นต่อสภาเศรษฐกิจและสังคมของสหประชาชาติ (UNESCO) ในปี 1965 ได้นิยามมลภาวะสิ่งแวดล้อมไว้ดังนี้ : "สิ่งแวดล้อมจะถือว่าเกิดมลภาวะเมื่อองค์ประกอบและเงื่อนไขของสิ่งแวดล้อมนั้น ได้ถูกเปลี่ยนแปลงโดยการกระทำของมนุษย์ ซึ่งมีผลทำให้สิ่งแวดล้อมนั้นด้อยความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์

คำนิยามนี้ไม่ระบุเงื่อนไขที่ถือว่าเป็น "สิ่งรบกวนหรือมลภาวะสิ่งแวดล้อม" แต่การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในลักษณะที่ไม่พึงประสงค์โดยคนสามารถถือได้ว่าเป็นมลภาวะของสภาวะแวดล้อม ดังนั้น มลภาวะอากาศ มลภาวะน้ำ เสียงรบกวน มลภาวะดิน มลภาวะจากยาฆ่าแมลง-ยาฆ่าวัชพืช และมลภาวะเชิงความร้อน(thermal pollution) จะอยู่ในขอบข่ายของมลภาวะสิ่งแวดล้อมซึ่งสหประชาชาติได้ให้นิยามไว้

2. แหล่งของมลภาวะอากาศ

มีมลสารในอากาศหลายชนิดที่มีผลร้ายต่อสุขภาพของมนุษย์ พืช และสัตว์ และทำลายสภาวะแวดล้อมธรรมชาติ สารตัวที่มีบทบาทสำคัญจะแปรเปลี่ยนจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง มลสารที่ก่อปัญหาในพื้นที่กว้างขวางได้แก่ ควันที่เกิดจากการสันดาป ซึ่งมีส่วนประกอบมีพิษ เช่น SO_x ,NO_x ,CO_x และสารอนุภาคแขวนลอย (เช่น ฝุ่นละออง) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่เกิดจากการใช้น้ำมัน สารมีพิษจากกระบวนการเคมีต่างๆ ที่กฎหมายระบุไว้ อนุภาคโลหะหนักที่เกิดจากการถลุงโลหะ และสารกลิ่นเหม็นที่เกี่ยวกับการแปรรูปอาหาร

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว มลสารทุติยะ (secondary pollutants) ที่เกิดจากการทำปฏิกริยาระหว่างสารข้างต้นในอากาศ ได้แก่ photochemical smog ซึ่งเกิดจาก NO_x และ HC ในไอเสียรถยนต์เมื่อถูกแสงแดดจ้า เช่นที่เมืองลอสแองเจลีส สหรัฐอเมริกา

2.1 การเกิดและการกำจัดมลสารในอากาศ

มลสารในอากาศมาจากแหล่งมนุษย์สร้างและแหล่งธรรมชาติ ในบางกรณีมลสารจากแหล่งมนุษย์สร้างจะถูกเปลี่ยนรูปในอากาศเป็นทุติยะ ดังเช่น photochemical smog แหล่งของมลสารเช่นนี้อาจถือได้ว่าเป็นแหล่งเชิงซ้อน (complex source)

มลสารอากาศมีอยู่ได้สองรูปแบบ คือ กาซ และแอโรโซล (aerosol) ในบางกรณีสารในรูปกาซจะเปลี่ยนเป็นแอโรโซลโดยกระบวนการเคมีและ/หรือกายภาพ

1) แหล่งมนุษย์สร้าง

แหล่งที่เกี่ยวข้องกับการสันดาป : หม้อไอน้ำ เตาต่างๆในอุตสาหกรรม เครื่องยนต์สันดาปภายใน การเผาไม้และพืช เป็นต้น อุปกรณ์ให้ความร้อนหุงต้ม ไฟไหม้และการระเบิด

แหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผสม การทำผง และการเสียดถู : strip - miningของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่านหินและหินปูน งานวิศวกรรมโยธา และการจราจรบนถนน

แหล่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการแปรรูป : heat treatment ของโลหะ การกลั่น การถลุง และกระบวนการผลิตต่าง ๆ

แหล่งที่เกี่ยวข้องกับการระเหยและการรั่ว : การรั่ว หรือการระเหยของถังเก็บน้ำมัน สถานที่ทาสี โรงงานเคมี เป็นต้น

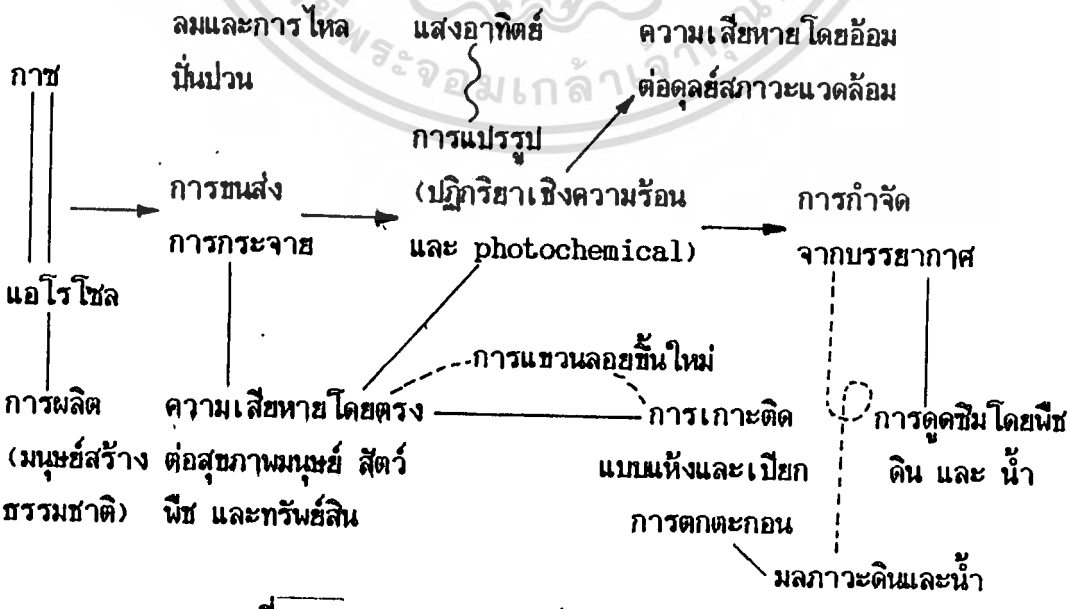
2) แหล่งธรรมชาติ

กิจกรรมของภูเขาไฟ การมีพิษในธรรมชาติ ไฟไหม้ป่า การเน่าเปื่อยและการหมักการปลิวกระจายของดิน การระเหยของยางพืช การปลิวกระจายของเมล็ดพืชและสปอร์พืช

3) แหล่งทุติยะ

Photochemical smog อนุภาคซัลเฟต และไนเตรต acid rain (ฝนกรด) และการแขวนลอยใหม่ของสารพิษจากผิวดิน

มลสารในรูปก๊าซและแอโรโซลที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งเหล่านี้สู่อากาศจะถูกพาและแพร่กระจายโดยลมในระหว่างการเคลื่อนที่เช่นนี้ มลสารอาจจะเปลี่ยนคุณสมบัติของมันโดยกระบวนการทางเคมี และ Photochemical เมื่อเวลาผ่านไป มันอาจถูกกำจัดจากอากาศโดยกระบวนการดังต่อไปนี้ : ถูกชะล้างโดยน้ำฝน เกาะเปียกติดกับฝน (wet-deposition to rain) ถูกดูดกลืน (absorption)ใน ดูดซับใน และ จับเกาะบนพื้นดิน น้ำหรือพืช และการตกตัว (settling) ถึงแม้มลสารจะหายไปในอากาศ แต่มันอาจทำให้ดิน และน้ำมีมลทิน และทำความเสียหายต่อพืช



ภาพที่ 1.1 รูปแผนของวัฏจักรชีวิตของมลสารในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 มลสารทั่วไปและแหล่งกำเนิด

1) กำมะถันออกไซด์ (SO_x)

กำมะถันออกไซด์เกิดจากการสันดาปหรือเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือวัสดุที่มีกำมะถัน เช่น ถ่านหินและน้ำมัน กำมะถันออกไซด์ที่ปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดจะเป็น SO_2 และบางส่วนเป็น SO_3 ภายในครึ่งวันถึงสองวัน SO_2 จะถูกออกซิไดส์เป็น SO_3 เมื่อถูกแสงอาทิตย์ SO_3 จะถูกดูดกลืนอย่างรวดเร็วอย่างรวดเร็วโดยฝนหรือเมฆ และกลายเป็น H_2SO_4 ดังนั้น ก่อให้เกิดหมอกน้ำค้าง (mist) ของกรดกำมะถัน

แหล่งของกำมะถันออกไซด์ มีทั้งหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เตาให้ความร้อน เตาเผาสินเร่เหล็ก เตาถ่านโค๊ก (Coke Oven) เตาเผาขยะ และเครื่องยนต์ดีเซลของเรือและรถยนต์ ความเข้มข้นของกำมะถันออกไซด์ในไอเสียจากสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิงนั้น

ตาราง 1.1 ค่าประมาณของกำมะถันออกไซด์ที่ปล่อยออก (สหรัฐอเมริกา)
ปี 1940-1970 (ล้านตัน/ปี)

2) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)

ไนโตรเจนออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศคือ N_2O, NO_3, N_2O_4, N_2O_5, NO และ NO_2 สารสองตัวสุดท้ายเป็นมลสารที่มนุษย์สร้างขึ้น ค่ารวมของความเข้มข้นของสารสองตัวดังกล่าวจะแสดงในรูป NO_x นั่นคือ $(NO + NO_2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO_x เกิดขึ้นเมื่อมีการเผาถ่านหินหรือน้ำมัน NO_x ยังแบ่งจำพวกได้เป็น NO_x จากเชื้อเพลิง (Fuel NO_x) ซึ่งมากจากสารประกอบไนโตรเจนในเชื้อเพลิง และ NO_x เชิงความร้อน (Thermal NO_x) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ N_2 ในอากาศถูกออกซิไดส์ที่อุณหภูมิสูง NO_x ส่วนใหญ่ในไอเสีย (ก๊าซทิ้ง) อุณหภูมิสูงจะอยู่ในรูป NO NO จะถูกออกซิไดส์เป็น NO_2 อย่างรวมเร็วเมื่อไอเสียถูกปล่อยสู่อากาศ เมื่อ NO_x และไฮโดรคาร์บอนผสมกันและได้รับแสงรังสีเหนือม่วง (Ultrayiolet Rays) ในแสงอาทิตย์มันจะทำปฏิกิริยา Photochemical ที่ซับซ้อน และกลายเป็น Photochemical Oxidants (OX)

NO_2 จะรวมตัวกับน้ำในอากาศเป็น HNO_3 (กรดดินประสิว) ซึ่งอยู่ในรูปหมอกน้ำค้างไนเตรต (Nitrate Mist) หรือทำปฏิกิริยากับเกลือของโลหะไปเป็นอนุภาคของไนเตรต อนุภาคเหล่านี้มีพิษภัย

แหล่ง NO_x มีทั้งหมอไอน้ำที่ใช้ถ่านหินและน้ำมัน อุปกรณ์และเตาเผาต่าง ๆ เครื่องยนต์ของรถ เรือ และเตาให้ความอบอุ่นในบ้านเรือน นั่นคือ แหล่งของ NO_x จะครอบคลุมอุปกรณ์และเครื่องใช้จำนวนมากที่เกี่ยวข้องกระบวนการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังมีแหล่งพิเศษ เช่น กระบวนการผลิตกรดดินประสิวและสารประกอบของมัน

อัตราการผลิต NO_x จะขึ้นกับอุณหภูมิของการสันดาป และปริมาณ NO_x ที่ปล่อยออกจะขึ้นกับกระบวนการและเงื่อนไขปฏิบัติการ

ตาราง 1.2 ค่าปริมาณของไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ที่ปล่อยออก (สหรัฐอเมริกา) ปี 1940-1970 (ล้านตัน/ปี)

ประเภทของแหล่ง	1940	1950	1960	1968	1969	1970
การสันดาปเชื้อเพลิงของแหล่งอยู่นิ่ง	3.5	4.3	5.2	9.7	10.2	10.0
การขนส่ง	3.2	5.2	8.0	10.6	11.2	11.7
การกำจัดของทิ้งของแข็ง	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4
ปริมาณสูญหายจากกระบวนการอุตสาหกรรม	neg	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
การเผาทางเกษตรกรรม	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
จิปาถะ	0.8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1
ยอดรวม	7.9	10.4	14.0	21.3	22.5	22.6
ยอดรวมที่ควบคุมได้	7.1	10.0	13.8	21.1	22.3	22.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นผลผลิตของการสันดาปอย่างไม่สมบูรณ์ของคาร์บอนและสารประกอบคาร์บอนในอากาศ คาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกจากแหล่งของการสันดาปเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) จะมีปริมาณมากกว่าที่ปล่อยออกมาจากแหล่งอื่น ๆ ทั้งหมดรวมกัน ตาราง 1.3 รวบรวมค่าปริมาณของปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออกในสหรัฐอเมริกา รถยนต์เป็นแหล่งปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์แหล่งเดียวที่เหนือแหล่งอื่น ๆ มาก

ตาราง 1.3 ค่าประมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออก (สหรัฐอเมริกา) ปี 1940-1970 (ล้านตัน/ปี)

ประเภทของแหล่ง	1940	1950	1960	1968	1969	1970
การสันดาปเชื้อเพลิงของแหล่งอยู่นิ่ง	6.2	5.6	2.6	2.0	1.8	0.8
การขนส่ง	34.9	55.4	83.5	113.0	112.0	111.0
การกำจัดของทิ้งของแข็ง	1.8	2.6	5.1	8.0	7.9	7.2
ปริมาณสูญหายจากกระบวนการอุตสาหกรรม	14.4	18.9	17.7	8.5	12.0	11.4
การเผาทางเกษตรกรรม	9.1	10.4	12.4	13.9	13.8	13.8
จิปาถะ	19.0	10.0	6.4	5.0	6.3	3.0
ยอดรวม	85.4	103.0	128.0	150.0	154.0	147.0
ยอดรวมที่ควบคุมได้	66.4	92.9	121.0	145.0	148.0	144.0

4) สารอนุภาค (PM)

มลสารในรูปสารอนุภาค (Particulate Matter) รวมทั้งฝุ่น (Fume) หมอกน้ำค้าง (Mist) และควัน (Smoke) ที่เกิดพร้อมกับกระบวนการสันดาปหรือให้ความร้อนและฝุ่นละอองที่เกิดจากกระบวนการผลิต ขนส่ง และจัดการวัสดุผง สารอนุภาคมีรูปแบบต่าง ๆ ส่วนใหญ่ของสารอนุภาพที่มีอยู่ในอากาศจะมาจากแหล่งธรรมชาติ ซึ่งรวมทั้งพื้นดิน มหาสมุทร และภูเขาไฟ (ดูตาราง 1.4) อย่างไรก็ดี ในเขตตัวเมืองมีแหล่งสารอนุภาคที่มนุษย์สร้างในจำนวนมากและอนุภาคที่มีภัยจำนวนมากจะเกิดจากแหล่งมนุษย์สร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1.4 ค่าประมาณของอัตราการผลิต แอโรโซลในชั้นบรรยากาศ Troposphere (ล้านตัน/วัน)

แหล่ง	อัตราการผลิต	เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก
ก.แหล่งธรรมชาติ		
ชั้นปฐม		
ฝุ่นที่ลมพัดมา	0.02 to 1	9.3
สเปรย์ของน้ำทะเล	3	28
ภูเขาไฟ	0.03	0.09
ไฟไหม้ป่า	0.4	3.8
ชั้นทุติยะ		
พืชผัก	0.5 to 3	28
วัฏจักรของกำมะถัน	0.1 to 1	9.3
วัฏจักรของไนโตรเจน	2	14.8
ภูเขาไฟ (ก๊าซ)	0.001	0.009
ยอดรวมย่อย	10	94
ข.แหล่งมนุษย์สร้าง		
ชั้นปฐม		
การสันดาปและกระบวนการอุตสาหกรรม	0.1 to 0.3	2.8
ฝุ่นจากการเพาะปลูก	0.0001 to 0.001	0.009
ชั้นทุติยะ		
ไอของไฮโดรคาร์บอน	0.007	0.065
ซัลเฟต	0.2	2.8
ไนเตรต	0.6	5.6
แอมโมเนีย	0.003	0.028
ยอดรวมย่อย	0.67	6
ยอดรวม	10.7	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน จะเรียกว่า สารอนุภาคแขวนลอย (Suspended Particulate Matter) (PS) สารแขวนลอยจะตกลงบนพื้นจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงอย่างช้า ๆ และลอยอยู่ในอากาศเป็นเวลาค่อนข้างนาน

ตาราง 1.5 ตัวอย่างของอุปกรณ์ที่เกิดฟูม ควัน และฝุ่น

อุปกรณ์	ประเภทของที่ปล่อยออก
หม้อไอน้ำ	ถ่านไฟ ขี้นเถ้าบิน (Fly ash) ฟูม และควัน
เตาเผาซีเมนต์	ฝุ่นคลิงเกอร์ (Clinker dust) ฝุ่น
เตาเผาสินแร่	ออกไซด์ของโลหะ ขี้นเถ้าบิน ผงแร่ธาตุ ฟูม ฝุ่น
Blast Furance	ผงแร่ธาตุ ผงโค้ก ฝุ่นขี้เหล็ก (Slag dust) ฝุ่น
เตาโลหะผสมของเหล็ก	ฝุ่น SiO_2 ฝุ่น
Open-Furnace สำหรับผลิต	ออกไซด์ของเหล็ก ฝุ่น
เหล็กกล้า	
เตาเผาเซรามิก	ขี้เถ้าบิน ฝุ่น
Steel Converter	ฝุ่น
Cupola	ฝุ่น
เตาอบโค้ก (Coke Oven)	ผง ฝุ่น
เตาโลหะซิลิคอน	ฝุ่น SiO_2
เตาคาร์บอนแบลค	ฝุ่น
เตาเผาขยะ	ฝุ่น ขี้เถ้าบิน
Coal Carbonization	Tar Mist
Furnace	
โรงงานกรดกำมะถัน	หมอกน้ำค้างของกรดกำมะถัน
การชุบสังกะสี	สังกะสีออกไซด์ ฟูมของแอมโมเนีย
อุปกรณ์บดผงแร่ธาตุ ร่อนขนาด	ฝุ่น ฝุ่นของผง
กำจัดผล และขนส่ง	
เตากำจัด วัสดุลาดถนน	ฝุ่น ฝุ่น SiO_2 Tar Mist

ตาราง 1.5 รวบรวมแหล่งสารอนุภาคหลัก ซึ่งรวมทั้งโรงงานในประเทศญี่ปุ่น เครื่องเก็บฝุ่น (Dust Collector) มีใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน ดังนั้นปริมาณสารอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ปล่อยออกบรรยากาศจึงมีจำนวนจำกัดในเขตตัวเมือง SP ที่ปล่อยออกโดยรถยนโดยเฉพาะรถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล ควรจะได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ในปัจจุบันการควบคุม SP จะใช้ความเข้มข้นเชิงน้ำหนักเป็นเกณฑ์ โดยไม่คำนึงถึงองค์ประกอบของ SP อย่างไรก็ดี SP ประกอบด้วยองค์ประกอบเคมีหลายชนิด และระดับของผลกระทบต่อสุขภาพคนจะขึ้นกับองค์ประกอบแต่ละตัว ดังนั้น หัวข้อสำคัญที่ควรศึกษาในอนาคตคือการทำความเข้าใจแหล่ง SP ตามองค์ประกอบเคมีที่เกิดขึ้น

5) ไฮโดรคาร์บอน (HC)

ในอากาศมีไฮโดรคาร์บอนหลายประเภท รวมทั้งสารพาราฟิน (Parafins) สารแนฟธีน (Naphthenes) สารโอเลฟิน (Olefins) และสารอโรมาติก (Aromatic Compounds) สารเหล่านี้ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นต่ำ และไม่มีพิษภัย อย่างไรก็ดีการสำรวจบางอันได้พบว่าไฮโดรคาร์บอนบางตัว เช่น 1, 2, 5, 6,-Dibenzathracene, 3, 4-Benzpyrene, Methylcholanthrene เป็นสารก่อโรคมะเร็ง (Carcinogens) นอกจากนี้ เมื่อสารโอเลฟิน ผสมกับ NO_x จะสามารถทำปฏิกิริยาภายใต้รังสีเหนือม่วง เป็น Photochemical Oxidants OX.

แหล่งของไฮโดรคาร์บอนมีทั้งรถยนต์ สถานที่กักตุน กลั่นน้ำมัน และกระบวนการพ่นสี โดยเฉพาะในเขตตัวเมือง รถยนต์จะเป็นแหล่งปัญหาสำคัญ ตาราง 1.6 แสดงค่าประมาณของไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออกในสหรัฐอเมริกา

ตาราง 1.6 ค่าประมาณของไฮโดรคาร์บอนที่ปล่อยออก (สหรัฐอเมริกา) ปี 1940-1970 (ล้านตัน/ต่อปี)

ประเภทของแหล่ง	1940	1950	1960	1968	1969	1970
การสันดาปเชื้อเพลิงของแหล่งอยู่นิ่ง	1.4	1.3	1.0	1.0	0.9	0.6
การขนส่ง	7.5	11.8	18.0	20.2	19.8	19.5
การกำจัดของทิ้งของแข็ง	0.7	0.9	1.3	2.0	2.0	2.0
ปริมาณสูญหายจากกระบวนการอุตสาหกรรม	3.3	5.2	4.3	2.8	2.8	2.8
การเผาทางเกษตรกรรม	1.9	2.1	2.5	2.8	2.9	2.8
จิปาถะ	4.5	4.2	4.4	4.9	5.0	4.5
ยอดรวม	19.1	25.6	31.6	35.2	35.2	34.7
ยอดรวมที่ควบคุมได้	14.7	21.4	27.2	30.3	30.2	30.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) คลอรีน (Cl_2) และไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl)

คลอรีนจำนวนมหาศาลมีอยู่ในทะเลในสภาพของอิออน Cl^- แต่อย่างไรก็ดี แหล่งมนุษย์สร้างก็ช่วยแพร่กระจายคลอรีนและไฮโดรเจนคลอดไรด์ด้วย เช่น โรงงานผลิตคลอรีน เตาเผาขยะในเขตตัวเมืองและโรงงานแก้น้ำเสีย

7) โลหะหนักและสารประกอบของโลหะหนัก

โลหะหนักรวมทั้งแคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) โครเมียม (Cr) และสารประกอบของมันใน ถูกปล่อยออกบรรยากาศ ส่วนใหญ่ในรูปของอนุภาค และจะตกตัวในน้ำ และดิน โดยการเกาะติดแบบแห้งและเปียก (Dry and wet depositions) และก่อให้เกิดปัญหาน้ำและดินมีมลทิน (Contamination) แคดเมียมมาจากโรงงานถลุงสังกะสี โรงงานผลิตรงควัตถุแคดเมียม (Cadmium pigment) เป็นต้น ตะกั่วถูกปล่อยออกจากโรงงานถลุงตะกั่ว แหล่งโครเมี่ยมได้แก่โรงงานผลิตรงควัตถุโครเมียม (Chromium pigment)

8) ฟลูออไรด์

ไฮโดรฟลูออไรด์ (HF) และซิลิคอนฟลูออไรด์ (SiF) ทำความเสียหายต่อพืช และมีพิษภัยต่อปศุสัตว์ที่กินพืชเหล่านั้น แหล่งของฟลูออไรด์มีทั้งโรงงานถลุงอะลูมิเนียม โรงงานเซรามิก (Ceramic plants) สำหรับเครื่องชามและแก้ว ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (Super phosphate Fetilizers) กระบวนการจัดการผิวโลหะ(Metal surface treatment) และโรงงานผลิตฟรีออนและยางสังเคราะห์ฟลูออไรด์ (Fluoride Resins)

9) กลิ่นเหม็น

สารหอินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจนและกำมะถัน เช่น แอมโมเนีย Methyl Mercaptan และไฮโดรเจนซัลไฟด์ มักจะส่งกลิ่นเหม็น (Offensive Odors) กลิ่นเหม็นมาจากปาร์มเลี้ยงสัตว์ โรงงานแปรรูปอาหาร โรงงานฟอกหนังสัตว์ และโรงงานเคมีอื่น ๆ

10) มลสารเฉพาะชนิด

ตาราง 1.7 มลสารเฉพาะชนิด และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อของสาร	สูตรเคมี	อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง
ไฮโดรเจนฟลูออไรด์	HF	อุตสาหกรรมปุ๋ย อุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมอลูมิเนียม
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	H_2S	โรงกลั่นน้ำมัน อุตสาหกรรมก๊าซ อุตสาหกรรมแอมโมเนีย โรงงานเยื่อกระดาษ
Selenium dioxide	SeO_2	โรงถลุงโลหะ อุตสาหกรรมเคมี
ไฮโดรเจนคลอไรด์	HCl	อุตสาหกรรมโซดาไฟ กระบวนการพลาสติก
ไนโตรเจนไดออกไซด์	NO_2	การผลิตกรดดินประสิว อุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีการสันดาป
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	SO_2	การผลิตกรดกำมะถัน อุตสาหกรรมใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง อุตสาหกรรมโลหะ โรงงานเยื่อกระดาษ
คลอรีน	Cl_2	อุตสาหกรรมโซดาไฟ อุตสาหกรรมเคมีอื่น ๆ
ซิลิคอนฟลูออไรด์	SiF_4	อุตสาหกรรมปุ๋ย
ฟอสจีน (phosgene)	$COCl_2$	อุตสาหกรรมย้อมสี การสังเคราะห์สารอินทรีย์
คาร์บอนไดซัลไฟด์	CS_2	การผลิตคาร์บอนไดซัลไฟด์ ตัวทำละลาย การฆ่าเชื้อของพืช (plant fumigation)
ไฮโดรเจนไซยาไนด์	HCN	การผลิตกรด hydrocyanic การผลิตเหล็ก อุตสาหกรรมก๊าซ อุตสาหกรรมเคมี
แอมโมเนีย	NH_3	ปุ๋ย การชุบโลหะ เวชภัณฑ์อินทรีย์ และอนินทรีย์ พิมพ์เขียว
ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์	PCl_3	การผลิตเวชภัณฑ์ ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์
ฟอสฟอรัสเพนตะคลอไรด์	PCl_5	ฟอสฟอรัสไตรคลอไรด์ ฟอสฟอรัสไดออกไซด์
ฟอสฟอรัสเหลือง	P_4	การถลุงฟอสฟอรัส การผลิตสารประกอบฟอสฟอรัส
Chlorosulfonic	HSO_3Cl	การผลิตเวชภัณฑ์ การผลิตสีย้อม Chlorosulfonic acid
ฟอร์มาลดีไฮด์	HCHO	การผลิตฟอร์มาลิน พลาสติกสังเคราะห์
Acrolein	CH_2CHCHO	การผลิต acrylic acid ยางสังเคราะห์ การผลิตวาร์นิช (varnish)
ไฮโดรเจนฟอสไฟด์	PH_3	การผลิตกรดฟอสฟอริก การผลิตปุ๋ยกรดฟอสฟอริก
เบนซีน	C_6H_6	โรงกลั่นน้ำมัน การผลิตฟอร์มาลิน อุตสาหกรรมสี ตัวทำละลายอินทรีย์
เมธานอล	CH_3OH	การผลิตเมธานอล การผลิตฟอร์มาลิน อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยางสังเคราะห์
นิกเกิลคาร์บอนิก	$Ni(CO)_4$	อุตสาหกรรมปิโตรเคมี โรงถลุงนิกเกิล
กรดกำมะถัน (มี SO_3)	H_2SO_4	การผลิตกรดกำมะถัน อุตสาหกรรมปุ๋ย โรงงานสารอินทรีย์
โบรมีน	Br_2	สีย้อม เวชภัณฑ์ สารเคมีเกษตร
คาร์บอนมอนอกไซด์	CO	อุตสาหกรรมก๊าซ การถลุงโลหะ การสันดาปภายใน
ฟีนอล	C_6H_5OH	อุตสาหกรรม tar ยาเคมี อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยางสังเคราะห์
Pyridine	C_5H_5N	อุตสาหกรรมเกลือ เคมี เป็นต้น
Mercaptan	C_2H_5SH	น้ำมัน ปิโตรเลียม เกลือ

สารที่มีรายชื่ออยู่ในตาราง 1.7 เป็นสารที่กฎหมายในประเทศญี่ปุ่นกำหนดเป็นมลสารพิษเฉพาะชนิด. ในตารางนี้ได้ระบุอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) แอสเบสตอส

แสเบสตอสจำนวนมากถูกใช้เป็นวัสดุทนไฟ (Refractory Material) แอสเบสตอสยังใช้เป็นวัสดุบุเบรก (Lining material of brakes) ของรถยนต์ อนุภาคของแอสเบสตอสจะก่อให้เกิดโรค Asbestosis ซึ่งอาจลุกลามเป็นมะเร็งของปอด (Pulmonary Cancer)

12) ฮาโลคาร์บอน

ฮาโลคาร์บอน (Halocarbons) เช่น $CFCl_3$, CF_2Cl_2, Flon Gases เป็นต้น ไม่มีพิษภัย แต่มีเสถียรภาพสูงและอยู่ในอากาศเป็นเวลานาน เมื่อสารเหล่านี้ลอยขึ้นถึงชั้น Stratosphere มันจะถูกสลายตัวโดยรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet Rays) แสงอาทิตย์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะทำลายโอโซนที่มีอยู่ในธรรมชาติ ผลก็คือ รังสีเหนือม่วงที่ตกลงถึงพื้นดินจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น และเป็นสาเหตุให้เกิดมะเร็งผิวหนังง่ายขึ้น Flon Gases มีใช้กันแพร่หลายในตู้เย็น กระป๋องสเปรย์ เป็นต้น

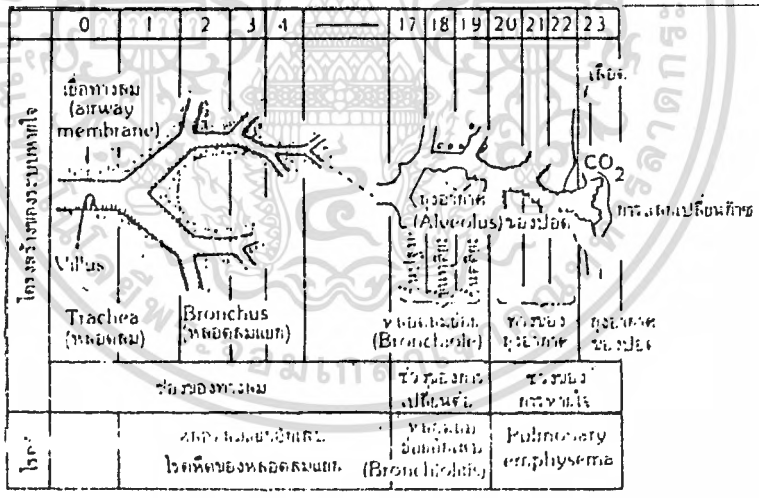
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของมลภาวะอากาศ

1. อิทธิพลต่อร่างกายมนุษย์

มวลสารในอากาศรอบ ๆ สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้หลายทาง และมีผลกระทบเป็นพิเศษต่อระบบหายใจ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะคนเราหายใจเอาอากาศเข้าและออกจากปอดวันละสองหมื่นถึงหลายหมื่นครั้ง หรือคิดเป็นอากาศประมาณวันละ 10 ลูกบาศก์เมตร

เมื่อเลือดไหลวนในเส้นเลือดฝอย (Capillary Vessels) ของถุงอากาศของปอด คาร์บอนไดออกไซด์จะออกจากเลือดเข้าไปในถุงอากาศ ในขณะเดียวกัน ออกซิเจนที่มีอยู่ในอากาศจะละลายเข้าไปในเลือด เลือดที่ได้รับออกซิเจนนี้จะไหลกลับไปที่หัวใจ และหัวใจจะสูบเลือดนี้ผ่านเส้นเลือดแดงใหญ่ (Aorta) ไปหล่อเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ด้วยเหตุนี้ ถ้าอากาศมีมลสารอยู่สารเหล่านี้จะมีผลร้ายต่อหลอดลมแยก (Bronchi) และถุงอากาศ ซึ่งอาจนำไปสู่โรคหลอดลมแยกอักเสบ (Bronchitis) หรือ Pulmonary Emphysema (ดูรูป 1.2)

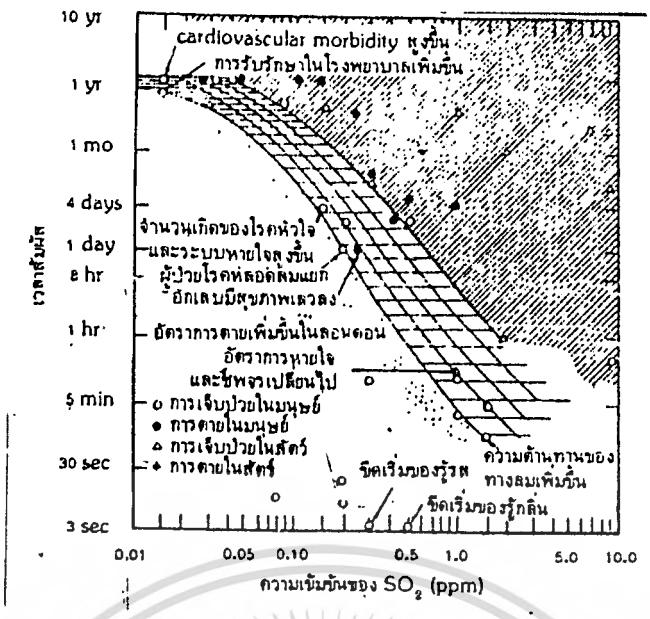


รูป 1.2 โครงสร้างของระบบหายใจ และความสัมพันธ์กับโรคระบบหายใจ

1.1 ผลของมลสารชนิดต่าง ๆ

ในจำนวนมลสารที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ตัวที่สำคัญมากได้แก่ กำมะถันออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์ และสารอนุภาคแขวนลอย ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในทางเดินหายใจจะสูงเกือบ 100% เนื่องจาก SO_2 และ H_2SO_4 สามารถละลายน้ำได้ดี สารเหล่านี้ส่วนใหญ่จะซึมผ่านผลนังของส่วนบนของทางเดินหายใจ นั่นคือ โพรงจมูก คอ และลิ้นไก่ ผลก็คือสารเหล่านี้จะมีผลร้ายต่อส่วนบนของทางเดินหายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.3 ผลของมลสารกำมะถันออกไซด์ต่อสุขภาพ (ย่านแลเงาแสดงช่วงของความเข้มข้นและเวลาสัมผัสที่มีรายงานของการตายมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ปกติ ย่านตะแกรงแสดงช่วงความเข้มข้นและเวลาสัมผัสที่มีรายงานของผลกระทบสำคัญต่อสุขภาพ ย่ายจุด ๆ แสดงช่วงของความเข้มข้น และเวลาสัมผัสที่สงสัยว่าจะมีผลต่อสุขภาพ - จาก "Air Quality Criteria for Sulfur Oxides" National Center for Air Pollution Control, 1967, U.S.Department of Health, Education and Welfare)

ตาราง 1.8 ระดับและอิทธิพลของไนโตรเจนไดออกไซด์

ระดับ NO_2 (ppm)	อิทธิพล
0.11	ระดับต่ำสุดที่ดมกลิ่นออก
0.5	การลดขนาดของ mitochondria ใน alveocells และการเปลี่ยนแปลงใน mastocells ของหนูที่สัมผัสกับมลสารเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เกิด pulmonary emphysema ในหนูที่สัมผัสกับมลสารเป็นเวลา 3-4 เดือน หนูที่สัมผัสกับมลสารเป็นเวลา 12 เดือน ติดเชื้อโรค (infection) ได้ง่ายขึ้น และมีความสามารถน้อยลงในการทำจัดแบคทีเรียที่สูดหายใจเข้า
0.8	เกิด epitherial hypertrophy ของหลอดลมย่อย (bronchiole) ในหนูที่สัมผัสกับมลสาร 3 เดือน
1.0	ชักนำให้เกิด lipid peroxide ในปอดของหนูที่สัมผัสกับมลสาร 4 ชั่วโมง
1.6 -2.0	ความต้านทานต่อการไหลผ่านของอากาศเพิ่มขึ้นในคนไข้โรคหลอดลมแยกอักเสบเรื้อรัง ที่สัมผัสกับมลสารนาน 15 นาที
5.0	ความต้านทานต่อการไหลผ่านทางลมเพิ่มขึ้น และความดันย่อย (partial pressure) ของออกซิเจนในเลือดแดงลดลงในคนสุขภาพแข็งแรง ที่ถูกสัมผัสกับมลสารนาน 2 ชั่วโมง โดยมีการเคลื่อนไหวเป็นครั้งคราว
13	เกิดการกระตุ้นของตาและจมูก และมีความรู้สึกว่าไม่สบายในหน้าอก
25 - 75	เกิดโรคหลอดลมแยกอักเสบ และโรคปอดบวม ในตัวทดลองที่สัมผัสกับมลภาวะน้อยกว่า 1 ชั่วโมง
80	เกิดความรู้สึกหายใจไม่ออก (choked) ในหน้ายกของตัวทดลองที่สัมผัสกับมลสาร นาน 3-5 นาที
300 - 500	เกิดโรคหลอดลมแยกอักเสบ หรือ pulmonary oedema ในตัวทดลองที่สัมผัสกับมลสารเป็นเวลาหลายนาที และนำไปถึงความตายของตัวทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง 1.9 ระดับและอิทธิพลของโอโซน

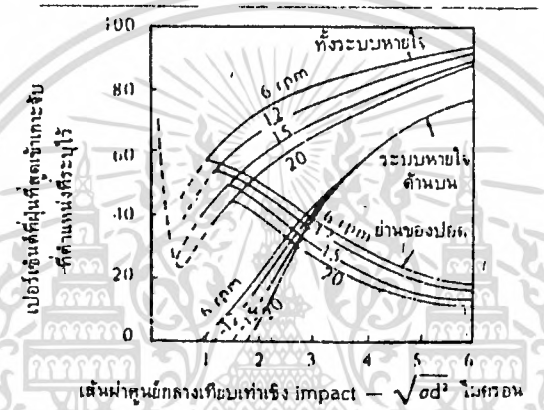
ระดับ O_3 (ppm)	อิทธิพล
0.02 - 0.05	มีกลิ่น
0.08 - 0.3	หนูที่สัมผัสกับมลสาร นาน 3 ชั่วโมงติดเชื้อไวรัส (infection) ได้ง่ายขึ้น
0.3 - 0.5	ความต้านทานของทางหายใจเพิ่มขึ้นในคนสุขภาพสมบูรณ์ที่สัมผัสกับมลสาร 2 ชั่วโมง และเคลื่อนไหวเป็นครั้งคราว
0.4 - 0.7	เกิด lipid peroxide ในปอดของหนูที่สัมผัสกับมลสาร นาน 4 ชั่วโมง
2.0	ไอรุนแรง และความสามารถที่สำคัญ (vital capacity) ลดลงในตัวทดลองที่สัมผัสกับมลสารนาน 2 ชั่วโมง
10	ชักนำให้หายใจลำบากและเกิด pulmonary oedema ในตัวทดลองที่สัมผัสกับมลสารหลายนาที

ในทางตรงข้าม NO_2 หรือ O_3 (โอโซน) ละลายน้ำได้ในอัตราที่ช้ามาก จึงสามารถล่วงล้ำถึงส่วนลึกของทางหายใจได้ง่าย และมีผลกระทบต่อส่วนล่วงของทางเดินหายใจ ซึ่งรวมหลอดลมเล็ก (Bronchioles) และถุงอากาศของปอด รูป 1.3, ตาราง 1.8 และตาราง 1.9 แสดงความเข้มข้นและผลกระทบของ SO_2, NO_2 และ O_3 ตามลำดับ ที่มีความเข้มข้นเท่ากัน O_3 จะมีผลร้ายเหนือ SO_2 และ NO_3 มาก

เมื่อมลสารในรูปก๊าซและอนุภาคอยู่ร่วมกัน มันจะมีผลกระทบที่ร้ายแรงเมื่อถูกหายใจเข้าในรูปของผสมมากกว่าในรูปก๊าซและอนุภาคแยกกัน นั่นคือ มลสารสองชนิดสามารถเพิ่มความรุนแรงของผลร้ายของแต่ละตัว ผลกระทบของสารอนุภาคต่อร่างกายมนุษย์ จะขึ้นกับขนาดของอนุภาค ตลอดจนความเข้มข้นและองค์ประกอบเคมีของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในรูป 1.4 อนุภาคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 5 ไมครอน ส่วนใหญ่จะถูกจับที่ส่วนบนของทางหายใจและเกาะติดอยู่ที่นั่น ในทางตรงข้าม อนุภาคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ไมครอน จะเกาะติดที่ส่วนล่างของทางหายใจได้ง่ายกว่าที่ส่วนบน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อนุภาคขนาดประมาณ 1 ไมครอน จะเกาะที่ส่วนล่างของทางหายใจได้ง่ายมาก อย่างไรก็ดี เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดเล็กลงอีก ระดับการเกาะติดในทางเดินหายใจจะลดน้อยลง จนกระทั่งถึงขนาดเล็กอันหนึ่ง เมื่อเลยขนาดนี้ลงไปอีกระดับการเกาะติดจะกลับเพิ่มขึ้นอีก อนุภาคที่เกาะติดบนผนังของทางหายใจจะถูกขับออกไปที่คอโดยการเคลื่อนโบกของกเส้นขน (Cilia) บนผนัง แล้วรวมตัวเป็นเสมหะ (Sputum)



รูป 1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคและความถี่ที่หายใจ (RPM) กับอัตราส่วนและตำแหน่งที่จับอนุภาค (เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าเชิง Impact (Equivalent Impact Diameter) เท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลม ความหนาแน่นเป็นหนึ่ง ในกรณีที่ความหนาแน่นของทรงกลมไม่ใช่หนึ่ง แต่เป็น จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าเชิง Impact)

อนุภาคที่เกาะติดในถุงอากาศ ซึ่งไม่มีเส้นขน จะบุกรุกเยื่อของปอดและบางครั้งก่อให้เกิดโรค Pneumoconiosis

เนื่องจากคาร์บอนมอนอกไซด์มีคุณสมบัติยึดแน่นมากกับเฮโมโกลบินในเลือด ทำให้เฮโมโกลบินนั้น ไม่สามารถทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนไปยังเยื่อที่มีชีวิต ดังนั้น จึงมีผลมากต่อระบบประสาทกลาง ซึ่งอ่อนแอต่อการขาดออกซิเจนมากที่สุด เมื่อผลคูณของความเข้มข้นของ CO (ppm) กับชั่วโมงที่สูดมัน มีค่าเท่ากับ 1.500 คนที่สูดอาจถึงแก่ความตายได้

1.2 การประเมินผลของมลสารต่อร่างกายมนุษย์และมาตรฐานของสภาวะแวดล้อม

ก่อนทำการประเมินอิทธิพลของมลสารต่อสุขภาพของมนุษย์ในทางวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นที่จะทำการศึกษาเชิงระบาดวิทยา (Epidemiological) เพื่อค้นหาเหตุภาพ (Causality) ของสความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของมลภาวะอากาศ (ความเข้มข้น x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่สัมผัส) กับภัยต่อสุขภาพ จากข้อมูลบันทึกที่หาได้

องค์การ WHO (World Health Organization) ได้แบ่งคุณภาพของอากาศเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 มลสารที่มีอยู่ในอากาศ มีน้อยมาก (ต่ำกว่าค่า ๆ หนึ่งที่ระบุ) จนไม่มีผลกระทบโดยตรงหรือโดยอ้อม

ระดับ 2 มลสารที่มีอากาศ กระตุ้นอวัยวะการสึก (Sensory Organs) มีอิทธิพลในแง่พิษภัยต่อพืช ลดทัศนวิสัย และมีผลร้ายอื่น ๆ ต่อสิ่งแวดล้อม

ระดับ 3 มลสารที่มีในอากาศ ก่อให้เกิดโรคเรื้อรัง หรือทำให้ช่วงชีวิตสั้นลง

ระดับ 4 มลสารที่มีในอากาศก่อให้เกิดโรคเฉียบพลัน และฆ่าบางคนของกลุ่มคนที่มีความรู้สึกไวมากต่อสารนั้น

ในทันทีที่ได้พบความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ชัดเจนระหว่างปริมาณของมลสารและภัยต่อสุขภาพ ก้าวต่อไปคือการกำหนดความเข้มข้นที่ยอมได้ของมลสารแต่ละตัว และการตั้งมาตรฐานของสภาวะแวดล้อมเพื่อประยุกต์ใช้ ในการทำเช่นนี้ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องรู้ค่าขีดเริ่ม (Threshold Valua) ของมลสารเฉพาะตัว นั่นคือปริมาณที่สิ่งมีชีวิตเริ่มมีปฏิกิริยาต่อมลสาร

ความเข้มข้นที่ยอมได้ คือค่าความเข้มข้นที่ไม่อาจเกินได้ โดยที่คนงานแทนทั้งหมดที่ไร้มลสารนั้น จะคงอยู่ได้โดยปราศจากผลกระทบ ในทางตรงข้าม มาตรฐานของสภาวะแวดล้อมคือความเข้มข้นที่ต่ำพอที่จะคงการพิทักษ์สุขภาพของมนุษย์อย่างดี และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมที่มีชีวิต

แม้ว่าความเข้มข้นที่ยอมได้จะคล้ายคลึงกับมาตรฐานสภาวะแวดล้อมในแง่ที่ว่า ทั้งสองสิ่งถูกกำหนดขึ้นปกป้องสุขภาพ แต่มันก็มีความหมายแตกต่างกัน เพราะประเภทของคนระดับที่ได้รับมลสาร และเวลาที่ได้รับ จะกำหนดไว้ไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปค่าความเข้มข้นที่ยอมได้ จะสูงกว่าค่ามาตรฐานสภาวะแวดล้อม และค่ามาตรฐานสภาวะแวดล้อมจะสูงกว่าค่าขีดเริ่ม

การกำหนดค่ามาตรฐานสภาวะแวดล้อมควรกระทำอย่างถูกหลักวิทยาศาสตร์ แต่ก็มีความจำเป็นต้องคำนึงถึงแง่ปัญหาทางการเมือง เศรษฐกิจ และ/หรือสังคมด้วย ดังนั้น จึงเป็นธรรมดาที่ค่ามาตรฐานของมลสารตัวหนึ่ง ๆ ในแต่ละประเทศย่อมแตกต่างกันได้

2. อิทธิพลต่อพืช

ในจำนวนมลสารที่มีผลกระทบต่อพืช ตัวสำคัญคือ SO_2, ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF), O_3, PAN (Peroxy Acityl Nitrate), SO_2 ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรองมาคือ HF ในระยะหลังที่มีการเกิด Photochemical Smog ความเสียหายที่เกิดจาก O_3 หรือ PAN เริ่มปรากฏมากขึ้น

2.1 กลไกของการเกิดความเสียหายต่อพืช

SO_2 ถูกดูดซึมผ่านรูหายใจเข้าไปในพืช และทำปฏิกิริยากับแอลดีไฮด์ (Aldehyde) ในพืชเกิดเป็น Hydroxysulfuric Acid นอกจากนี้ SO_2 บางส่วนก็ถูกออกซิไดส์เป็นกรดกำมะถัน ซึ่งทำลายเซลล์ของพืช HF เกือบทั้งหมดก็ถูกดูดซึมผ่าน Stomata เข้าไปในพืช และกลายเป็น Hydroacid Fluoride ซึ่งทำปฏิกิริยาเป็น Silicic Acid และก่อให้เกิดความเสียหาย รูหายใจของพืชจะเปิดออกเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ และเปิดกว้างขึ้นเมื่อความชื้นในอากาศมีสูงขึ้น ดังนั้น ความเสียหายจึงมักเกิดขึ้นทันทีหลังจากฝนตกในเวลากลางวัน

2.2 ลักษณะสมบัติของความเสียหาย

SO_2 มีแนวโน้มที่ก่อความเสียหายต่อใบเขียวที่เจริญเต็มที่ แต่ผลกระทบต่อใบอ่อนหรือใบแก่ จะมีน้อยมากเว้นแต่กรณีที่ความเข้มข้นของ SO_2 มีค่าสูงมาก เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะใบที่เจริญเต็มที่จะผลิตแอลดีไฮด์ปริมาณมาก และรูหายใจของใบก็ทำงานว่องไว แต้มควัน (Smoke Specks) ที่เกิดจาก SO_2 จะมีสีขาวหรือสีทองสัมฤทธิ์ และรูปกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปอื่น ๆ

HF ก่อความเสียหายต่อพืชรุนแรงกกว่า SO_2 มาก ผิดกับ SO_2 HF จะทำความเสียหายต่อใบอ่อนด้วย แต่ความเสียหายจะเกิดที่ยอดหรือขอบรอบของใบ

O_3 ก่อให้เกิดแต้มสีขาว หรือสีขาวแกมเหลืองบนใบ PAN ก่อให้เกิดแต้มสีเงินหรือสีทองสัมฤทธิ์บนใบ ตาราง 1.10 แสดงความถี่ของการเกิดแต้มประเภทต่าง ๆ บนใบ ซึ่งเกิดจากมลสารในอากาศชนิดต่าง ๆ

ตาราง 1.10 ความถี่ของการเกิดของแต้มควันต่าง ๆ บนใบ ตามประเภทของก๊าซมลภาวะ

	แต้มควันบนขอบและยอดใบ	แต้มควันระหว่างเส้นใบ (inter-vein)	แต้ม (speck) เป็นรูปทั่วใบ	แต้มเป็นรูปบนขอบและระใบ	สีซีด (chlorosis) บนทั่วใบ	สีซีดบนขอบและปลายใบ
SO_2	?	-	+	?	+	+
H_2SO_4 mist	+	+	+	+	+	?
Cl_2	-	+	+	+	+	+
HCl	+			+		
HF	-	?	?	?	+	+
O_3		+	-	+	+	?
PAN		+				
NO_2	+	-	+			

(หมายเหตุ) ความถี่ของความเสียหาย : + ปานกลาง + ถึง + ค่อนข้างมาก ? ไม่แน่ใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศ [1]

โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

AMBIENT AIR QUALITY MONITORING BY OFFICE OF THE NATIONAL ENVIRONMENT BOARD

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้เริ่มโครงการจัดสร้างสถานี ตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวรขึ้น จำนวน 8 สถานี ในปี พ.ศ. 2524

สถานที่ตั้งของสถานีตรวจวัดซึ่งจะแบ่งออกตามลักษณะการใช้ที่ดิน แสดงไว้ในตารางที่ 1.11 และได้จัดตั้งสถานีตรวจวัดแบบชั่วคราว และนำรถตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบเคลื่อนที่ไปทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศตามเมืองหลักใหญ่ ๆ เช่น เชียงใหม่ หาดใหญ่ มุกดาหาร และในเขตพื้นที่พัฒนาตามโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ณ บริเวณจังหวัดระยอง เป็นต้น

การตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์และเหตุผลดังนี้

1. เพื่อติดตามและศึกษาแนวโน้มของปัญหามลพิษทางอากาศในเขตพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อวิเคราะห์และศึกษาความรุนแรงของปัญหามลพิษทางอากาศ และนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประกอบการกำหนดมาตรการในการลดปัญหามลพิษทางอากาศ

3. เพื่อประเมินผลการควบคุมคุณภาพอากาศที่ได้ดำเนินการไป โดยใช้ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศที่กำหนดไว้เป็นเกณฑ์สำคัญในการพิจารณา

บริเวณที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ มีทั้งพื้นที่ ที่เป็นย่านที่อยู่อาศัย ย่านธุรกิจการค้าและที่อยู่อาศัยปะปนกัน และย่านที่มีการจราจรแออัด ประเภทของสารมลพิษที่ตรวจวัดได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน ไฮโดรคาร์บอน ฝุ่นละออง และตะกั่ว

เครื่องมือที่ใช้วัด เป็นเครื่องมือที่อ่านค่าได้อย่างอัตโนมัติ และเป็นการตรวจวัดที่ต่อเนื่องกันตลอด 24 ชั่วโมง ยกเว้นการตรวจวัดตะกั่วซึ่งจะตรวจวัดจากกระดาษกรองที่ใช้เก็บฝุ่นละอองซึ่งหลังจากการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองแล้วจะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วที่ปะปนอยู่กับฝุ่นละออง โดยวิธีทางเคมีในห้องปฏิบัติการ วิธีการตรวจวัดและเครื่องมือที่ใช้แสดงในตารางที่ 2

---

[1] คณะกรรมการฯ รายงานคุณภาพอากาศไทย2526-2527 ลด.(2529) หน้า 4-24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.11 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศซึ่งตรวจวัดโดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เริ่มในปี พ.ศ. 2526

เลขที่สถานี	ประเภทของที่ตั้ง	สารมลพิษที่ตรวจวัด
สถานีสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	ย่านที่อยู่อาศัยในเมือง	ฝุ่นละออง(SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์(CO.) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2) โอโซน(O_3) ไฮโดรคาร์บอน(HC.) ตะกั่ว(Pb)
สถานี วค.จันทร์เกษม	ย่านที่อยู่อาศัยในเขตชานเมือง	ฝุ่นละออง (SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ตะกั่ว (Pb.)
สถานี วค.บ้านสมเด็จฯ	ย่านธุรกิจการค้าและที่อยู่อาศัย	ฝุ่นละออง (SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ตะกั่ว (Pb.)
สถานีไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ	ย่านอุตสาหกรรม	ฝุ่นละออง (SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ตะกั่ว (Pb.)
สถานีสถานเสาวภา	ย่านธุรกิจการค้า	ฝุ่นละออง (SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ตะกั่ว (Pb.)

มีต่อหน้าถัดไป >

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขที่สถานี	ประเภทของที่ตั้ง	สารมลพิษที่ตรวจวัด
สถานีกรมอุตุนิยม วิทยา สุขุมวิท	ย่านที่อยู่อาศัยในเมือง	ฝุ่นละออง (SPM.) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ตะกั่ว (Pb.)
สถานีกรมอุตุนิยม วิทยา บางนา	ย่านอุตสาหกรรม	ฝุ่นละออง (SPM.) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ตะกั่ว (Pb.)
สถานีวิทยาเขต ลาดกระบัง	ย่านชานเมือง	ฝุ่นละออง (SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2) ตะกั่ว (Pb.)
สถานีตรวจวัดคุณภาพ อากาศแบบเคลื่อนที่	ตามสถานที่ต่างๆ	ฝุ่นละออง (SPM.) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO.) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2) ไฮโดรคาร์บอน (HC.) ตะกั่ว (Pb.) โอโซน (O_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.12 ประเภทของสารมลพิษและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด

สารมลพิษ pollutants	วิธีการตรวจวัด methods of measurement	เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด Instrument used by ONEB
Carbon monoxide (CO.)	Non-dispersive infrared detection	Backman CO Analyser Model 866
Nitrogen dioxide (NO_2)	Chemiluminescence	Backman NO_x Analyser Model 952 A
Sulfer dioxie (SO_2)	Pararosaniline/ Fluorescent	Backman Fluorescent SO_2 Analyser Model 953
ฝุ่นละออง (SPM)	Gravimetic-High Volume	GMW High Volume Air Sempler Model GMWL-2000 H
Ozone โอโซน (O_3)	Chemiluminescence	Ozone Analyser Backman Model 950 A Monitor Labs
Lead ตะกั่ว (Pb)	Wet ashing-Atomic Absorption	Perkins-Elmer Atomic Absorption

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ [1]

โดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

RESULTS OF AMBIENT AIR QUALITY MONOTORING

ฝุ่นละออง

Suspended Particulate Matter (SPM)

ฝุ่นละอองมีอยู่ทั่วไปและอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น ฝุ่นดินทราย หรือเกิดจากควันดำจากท่อไอเสียรถยนต์ และการจราจร การอุตสาหกรรม ฝุ่นที่ถูกสูดเข้าไปในระบบทางเดินหายใจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ และยังรบกวนการมองเห็น และทำให้สิ่งต่าง ๆ สกปรกเสียหายได้

จากผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองตามสถานีตรวจวัดในปี 2526-2529 พบว่ามีแนวโน้มคงที่เป็นส่วนมาก โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดปีแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของฝุ่นละอองที่สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมกำหนดไว้คือ 0.10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ของค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของการเก็บตัวอย่างตลอดปี พบว่าทุกสถานีมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน หรือใกล้เคียงมาตรฐานมาก นับว่าปัญหาฝุ่นละอองเป็นมลพิษเพียงชนิดเดียว ในขณะนี้ที่มีค่าสูงเกินมาตรฐานเป็นบริเวณกว้างทั่วกรุงเทพมหานคร ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดปัญหาด้านความเสื่อมโทรมของทัศนวิสัย (การมองเห็น) โรคทางเดินหายใจ และความสกปรกจากฝุ่นละออง

ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองโดยใช้เครื่องวัดรายชั่วโมง พบว่าปริมาณฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร จะมีค่าสูงสุดในตอนเช้า เมื่อมีการจราจรคับคั่งและอากาศยังคงนิ่งไม่ค่อยมีลมพัดทำให้เกิดการสะสมควันจากไอเสียรถยนต์ นอกจากนั้นกิจกรรมที่มีการเผาไหม้เป็นจำนวนมาก ๆ ก็ทำให้เกิดควัน เช่น ในวันลอยกระทง พบว่าปริมาณฝุ่นสูงกว่าปกติอย่างเห็นได้ชัด

ในการตรวจสอบเรื่องราวร้องทุกข์ พบว่ากิจการขนส่งหรือผลิตผลมันสำปะหลังก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นละอองมากที่สุด นอกจากนั้นก็มีโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท เช่นการถลุงเหล็ก การผสมวัสดุก่อสร้าง บริเวณที่มีปัญหามากคือ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา ระยอง และชลบุรี ซึ่งมีกิจการเหล่านี้มาก

---

[1] สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. รายงานคุณภาพอากาศในประเทศไทย 2530. กรุงเทพ: 2530 หน้า 8 - 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกั่ว

Lead

สารตะกั่วในบรรยากาศมาจากสารตะกั่วที่ใช้ผสมน้ำมันเบนซิน เพื่อช่วยในการจุดระเบิดของน้ำมัน เมื่อน้ำมันแผาไหม้ในรถยนต์สารตะกั่วก็จะออกมากับไอเสียและสารตะกั่วมีพิษมากโดยเฉพาะในเด็กซึ่งอาจทำให้สมองพิการ ในผู้ใหญ่มีผลต่อระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท การเก็บตัวอย่างตะกั่วนั้น เก็บ 24 ชั่วโมงติดต่อกัน เช่นเดียวกับการเก็บฝุ่นละออง

ผลการตรวจวัดปริมาณตะกั่วที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในแต่ละสถานี ระหว่าง 2526-2529 พบว่ามีปริมาณตะกั่วที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 0.1-1.0 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในระหว่าง 0.19 ถึง 0.66 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยังคงมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทย ซึ่งกำหนดไว้ 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

แนวโน้มของปริมาณตะกั่วในบรรยากาศของกรุงเทพมหานครลดลงในปี 2527-2528 เนื่องจากการที่ได้มีการลดสารตะกั่วในน้ำมันเบนซินจากไม่เกิน 0.84 กรัม/ลิตร เป็นไม่เกิน 0.45 กรัม/ลิตร ในปี 2527 นอกจากนั้นการที่ประชาชนนิยมใช้น้ำมันดีเซลและก๊าซในรถยนต์กันมาก ทำให้การใช้น้ำมันเบนซินซึ่งมีสารตะกั่วเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เพียง 10% ในรอบ 4 ปีที่ผ่านมา ในขณะที่การใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นถึง 31%

ไนโตรเจนไดออกไซด์

Nitrogen Dioxide

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง ๆ จนเกิดการรวมตัวระหว่างออกซิเจนและไนโตรเจนในอากาศ เป็นออกไซด์ของไนโตรเจนขึ้น ซึ่งตัวที่สำคัญคือไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งนอกจากจะมีฤทธิ์เป็นกรดและเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจแล้วยังเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดโอโซนนี้ขึ้นอีกด้วย ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดจากรถยนต์ และอุตสาหกรรม ซึ่งจะสังเกตได้จากสีน้ำตาลแดงของก๊าซนี้

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ทำการติดตั้งเครื่องวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ที่ทำการของสำนักงานฯ และพบว่าปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่วัดได้ใน 1 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ซึ่งกำหนดไว้สำหรับก๊าซนี้ไม่เกิน 0.32 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อวัดใน 1 ชั่วโมงเช่นกัน ส่วนในเมืองอื่น ๆ ไม่พบในระดับที่สามารถตรวจวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอโซน

Ozone

โอโซนเป็นก๊าซที่เกิดจากปฏิกริยาของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอนซึ่งมีกำเนิดจากรถยนต์และอุตสาหกรรม โดยมีพลังงานจากแสงแดดก่อให้เกิดก๊าซโอโซนและสารประกอบโฟโตเคมิคัลออกซิแดนท์ ซึ่งสารเหล่านี้ทำให้มีอาการแสบตา และระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และมีผลทำลายพืชบางชนิดด้วย ในต่างประเทศมีปัญหาเรื่องนี้มากในนครใหญ่ ๆ ของโลก เช่น นครลอสแองเจลีส และกรุงโตเกียว

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ทำการตรวจวัดก๊าซโอโซนที่สถานีที่ทำการสำนักงานฯ พบว่าความเข้มข้นที่วัดได้ในบรรยากาศมีค่าในฤดูร้อนสูงกว่าในฤดูอื่นโดยมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม ถึงพฤษภาคม (ซึ่งมีแสงแดดมากที่สุดในรอบปี) ประมาณ 0.15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ประมาณตอนเที่ยงวันและในฤดูฝนจะลดเหลือเพียงประมาณ 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากแสงแดดซึ่งให้พลังงานต่อการเกิดก๊าซโอโซนมีน้อย

โอโซนจะมีค่าเพิ่มจากศูนย์ในเวลาเช้าและสูงสุดประมาณเที่ยงวัน และจะลดลงเมื่อแสงแดดน้อยลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของลม เป็นที่สังเกตได้ว่าเมื่ออากาศนิ่งและแดดจัด จะทำให้ปริมาณโอโซนและฝุ่นละอองสูงขึ้นอย่างมากกว่าปกติ

ปริมาณโอโซนที่พบยังไม่เคยเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทย ซึ่งกำหนดไว้ 0.20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ย 1 ชม.) แต่เมื่อเทียบกับปี 2526 ซึ่งแทบจะวัดไม่พบเลยนั้น จะเห็นได้ว่าโอโซนเริ่มเป็นมลพิษที่มีแนวโน้มจะก่อให้เกิดปัญหาต่อไปในอนาคต เนื่องจากปริมาณรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก อย่างไรก็ตามกรุงเทพมหานครมีที่ตั้งซึ่งลมพัดถ่ายเทอากาศได้ดีโดยเฉพาะเวลากลางวัน ซึ่งมีลมฝ่ายใต้พัดจากทิศใต้ไปทางเหนือระหว่างกุมภาพันธ์-กันยายน และลมฝ่ายเหนือในทิศทางกลับกัน ระหว่างพฤศจิกายน-มกราคม ส่วนในฤดูฝนแสงแดดมีน้อยตามธรรมชาติ จึงทำให้โอกาสที่ก๊าซโอโซนจะเกิดและสะสมอยู่ในเมืองเป็นไปได้น้อย

ในเมืองอื่น ๆ เช่น เชียงใหม่ หาดใหญ่ ขอนแก่น ไม่พบก๊าซโอโซนในระดับที่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Sulfur Dioxide

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน หรือการเผากำมะถันเพื่อทำน้ำกรด ซึ่งสารกำมะถันเหล่านี้จะเกิดปฏิกริยากับอากาศกลายเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งมีกลิ่นฉุนแสบจมูก มีคุณสมบัติฟอกสีได้ และมีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งจะทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เยื่อบุทางเดินหายใจและปอด นอกจากนั้นยังมีรายงานของต่างประเทศว่าก๊าซนี้ทำให้เกิดฝนตกลงมามีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งทำลายป่าไม้ แหล่งน้ำและสัตว์ต่าง ๆ รวมทั้งกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีกด้วย

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ทำการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สถานีบ้านสมเด็จ, สุขุมวิท, บางนา และที่ทำการกลางสำนักงานฯ ในปี พ.ศ.2526 และวัดเป็นครั้งคราวในปีต่อ ๆ มา พบว่าปริมาณปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศของทุกสถานีมีค่าต่ำมาก เมื่อเก็บตัวอย่างทุก 24 ชั่วโมง มีค่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่าเฉลี่ยตลอดปี) ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของก๊าซนี้กำหนดไว้ไม่เกิน 0.30 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมงเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าโดยทั่วไปแล้วซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังอยู่ในพิกัดของมาตรฐาน ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะอุตสาหกรรมในกรุงเทพใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและถ่านหินน้อยกว่าในต่างประเทศ และการใช้เชื้อเพลิงในครัวเรือนก็มิได้ใช้น้ำมันแต่ใช้ก๊าซซึ่งเกือบไม่มีสารกำมะถันอยู่เลย จึงไม่ประสบปัญหาเช่นกับประเทศในเขตหนาวซึ่งใช้น้ำมันและถ่านหินในการหุงต้ม ให้ความร้อน และอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตาม ในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงานใหญ่ ๆ ที่ใช้น้ำมันเป็นจำนวนมากและโรงงานผลิตกรดกำมะถัน ก็มีการร้องเรียนเกี่ยวกับก๊าซนี้อยู่บ้าง จึงควรมีการติดตามควบคุมการปล่อยก๊าซนี้สู่บรรยากาศจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อป้องกันปัญหาจากก๊าซนี้ในอนาคต

คาร์บอนมอนอกไซด์
Carbon Monoxide

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แหล่งกำเนิดที่สำคัญคือรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน ก๊าซนี้ไม่มีสี กลิ่น และรส สามารถจับกับเฮโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน ทำให้เม็ดเลือดไม่สามารถนำออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกายและถ้าได้รับก๊าซนี้มากจะเกิดอาการวิงเวียนหมดสติได้ เนื่องจากก๊าซนี้มีพิษอย่างเฉียบพลันและเกิดในช่วยที่มีการจราจรหนาแน่น จึงได้มีค่ามาตรฐานสำหรับก๊าซนี้ในบรรยากาศในช่วงสั้น ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเมื่อเก็บตัวอย่าง 1 ชั่วโมง และช่วงยาวซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง

จากผลการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในปี 2526-2529 ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานครของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ทั้ง 7 สถานี พบว่าไม่มีสถานีใดที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เกินกว่าค่ามาตรฐานเลย ค่าเฉลี่ยของค่า 1 ชั่วโมงสูงสุด ในปี 2528 และ 2529 ที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยมี 3 แห่งคือ ที่สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านสมเด็จ ราษฎร์บรณะ และ สุขุมวิท ส่วนที่เหลือมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย หรือคงที่ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงฤดูหนาวในเดือน ตุลาคม-มกราคม ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะสูงกว่าในช่วงฤดูอื่น ๆ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาวที่อากาศจะนิ่งกว่าช่วงอื่นทำให้เกิดการสะสมของมลพิษขึ้น สาเหตุที่ปริมาณของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เปลี่ยนแปลงมากในช่วง 4 ปี เนื่องจากก๊าซนี้เกิดจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นส่วนใหญ่ แต่ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินทั่วประเทศในรอบ 2526-2529 เพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 10% เนื่องจากมีการหันไปใช้น้ำมันดีเซล (เพิ่มขึ้น 31%) และก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ซึ่งเชื้อเพลิงสองชนิดหลังก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์น้อยมาก

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศริมทางจราจรในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด

Results of Curbside Monitoring of Ambient Air Quality

จากการตรวจวัดในปี 2526-2530 พบว่าปริมาณสารมลพิษในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานครยังอยู่ในระดับที่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด แต่ปริมาณฝุ่นละอองและคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าค่อนข้างสูง และสารมลพิษดังกล่าวมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นปัญหาจากรถยนต์ ซึ่งเป็นแหล่งผลิตมลพิษดังกล่าวโดยตรง

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงได้ทำการตรวจวัดมลพิษที่มีแหล่งกำเนิดจากรถยนต์เป็นการชั่วคราว บริเวณริมถนนเพื่อศึกษาปริมาณสารพิษต่างๆ ทั้งในกรุงเทพมหานครและต่างจังหวัด ดังต่อไปนี้

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง และตะกั่ว บริเวณริมเส้นทางจราจรสำคัญ ๆ ในกรุงเทพมหานคร รวม 10 แห่ง ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม 2527 เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพอากาศในช่วงก่อนและหลังการเดินรถทางเดียว ซึ่งผลปรากฏว่าพบปริมาณ คาร์บอนมอนอกไซด์เกินค่ามาตรฐานเป็นบางแห่ง และทุกแห่งตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

ในปี 2528 ได้ทำการตรวจวัดในกรุงเทพฯ เพิ่มเติมอีก 4 แห่ง ในปี 2529 และ 2530 อีกปีละ 2 แห่ง ซึ่งผลการตรวจวัดพบว่า ที่บริเวณวงเวียนใหญ่มีปริมาณฝุ่นละอองและคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนได้

ส่วนผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในต่างจังหวัดได้ดำเนินการในปี 2526-2530 ที่เมืองหาดใหญ่พบว่า โดยทั่วไปค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ และฝุ่นละออง ยังอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตราย ที่จังหวัดเชียงใหม่ตรวจพบว่าปริมาณฝุ่นละอองสูงในระดับที่เป็นอันตรายถึง 4 แห่ง

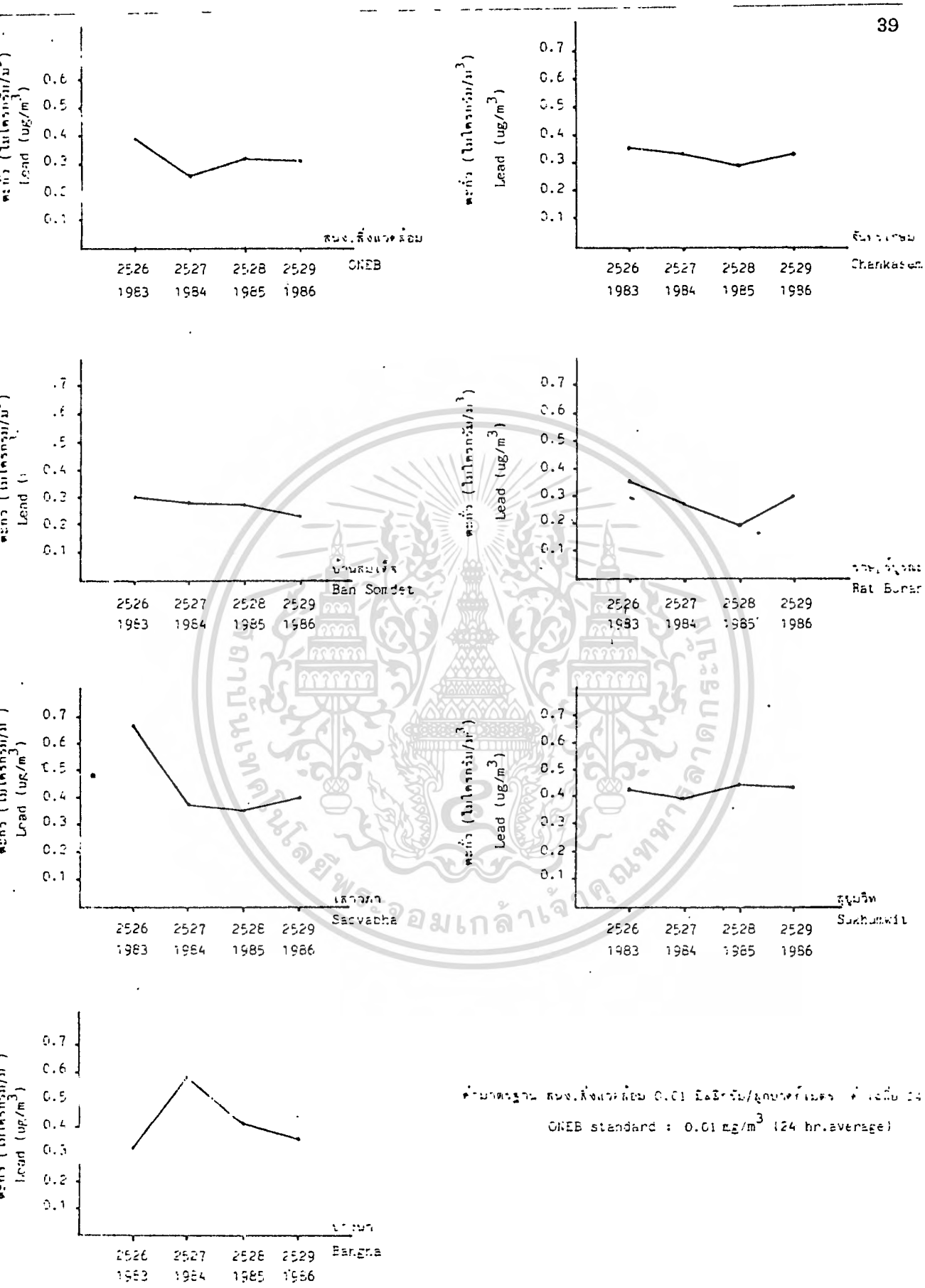
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่จังหวัดขอนแก่นตรวจพบว่ามีปริมาณฝุ่นเกินค่ามาตรฐานที่บริเวณ สถานีขนส่งจังหวัด และที่จังหวัดภูเก็ตพบว่า คุณภาพอากาศอยู่ในระดับที่ดี ไม่พบว่ามีฝุ่นละออง คาร์บอนมอนอกไซด์เกินค่ามาตรฐานเลย

สำหรับปริมาณตะกั่วนั้นพบว่า บริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานคร ในปี 2527 ค่าเฉลี่ยทั่วไปไม่เกิน 6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในปี 2528-2530 โดยทั่วไปไม่เกิน 3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนในต่างจังหวัดพบว่า ที่จังหวัดเชียงใหม่ค่าเฉลี่ยทั่วไปไม่เกิน 3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่จังหวัดขอนแก่นไม่เกิน 2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และที่จังหวัดภูเก็ตไม่เกิน 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งน้อยกว่ามาตรฐานทุกครั้ง

ผลการตรวจวัดสารมลพิษตัวอื่น ๆ โดยทั่วไป เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ายานพาหนะเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศในบริเวณริมเส้นทางจราจร ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



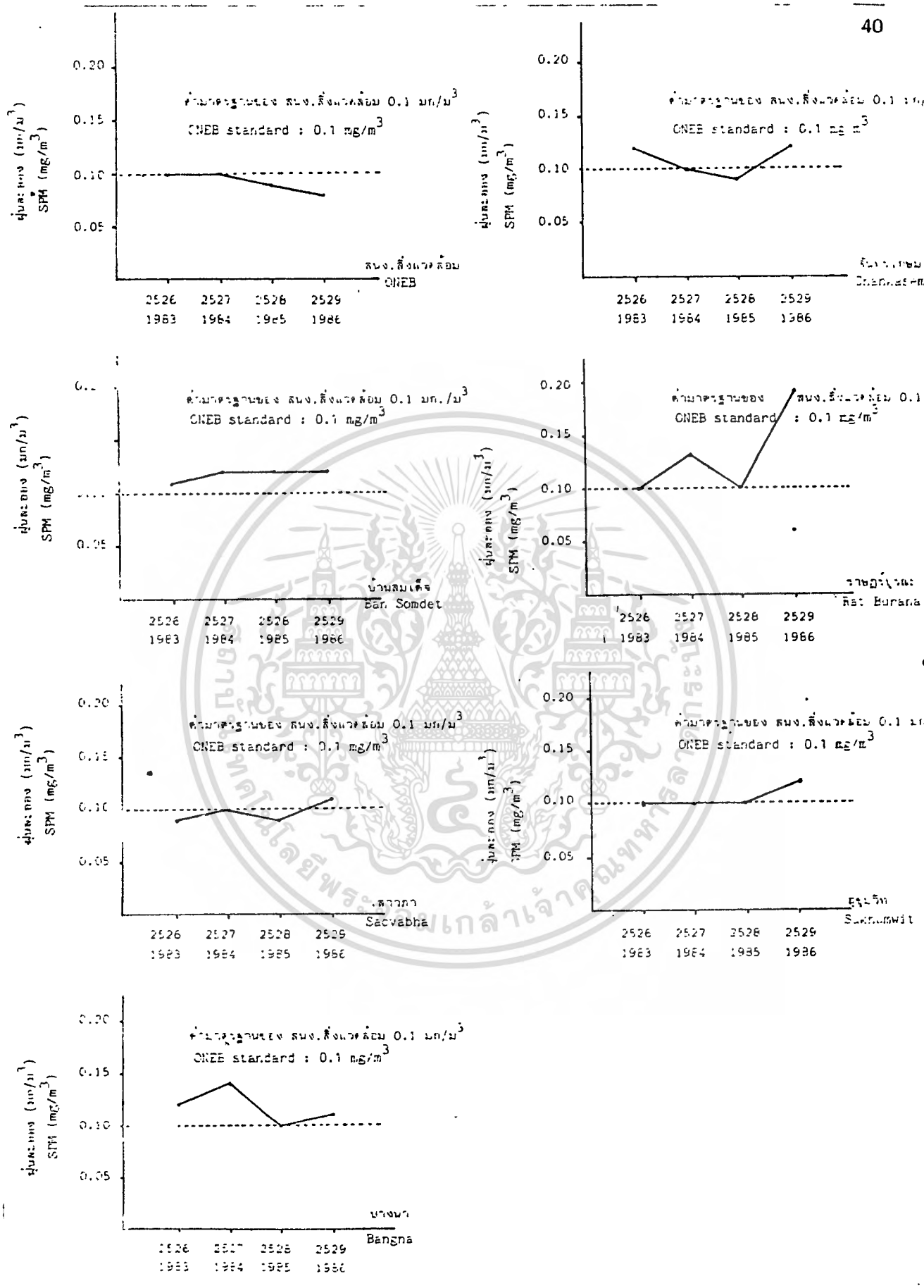
ค่ามาตรฐาน สนง.สิ่งแวดล้อม 0.01 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 24 ชั่ว

ONEB standard : 0.01 mg/m^3 (24 hr.average)

ภาพที่ 1.5 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต 3 ปี ของปริมาณตะกั่วในบรรยากาศ ณ บริเวณตรวจวัด ปี 2526-2529

Figure 3 Yearly arithmetic average of Pb at monitoring stations in Bangkok 1983-1986

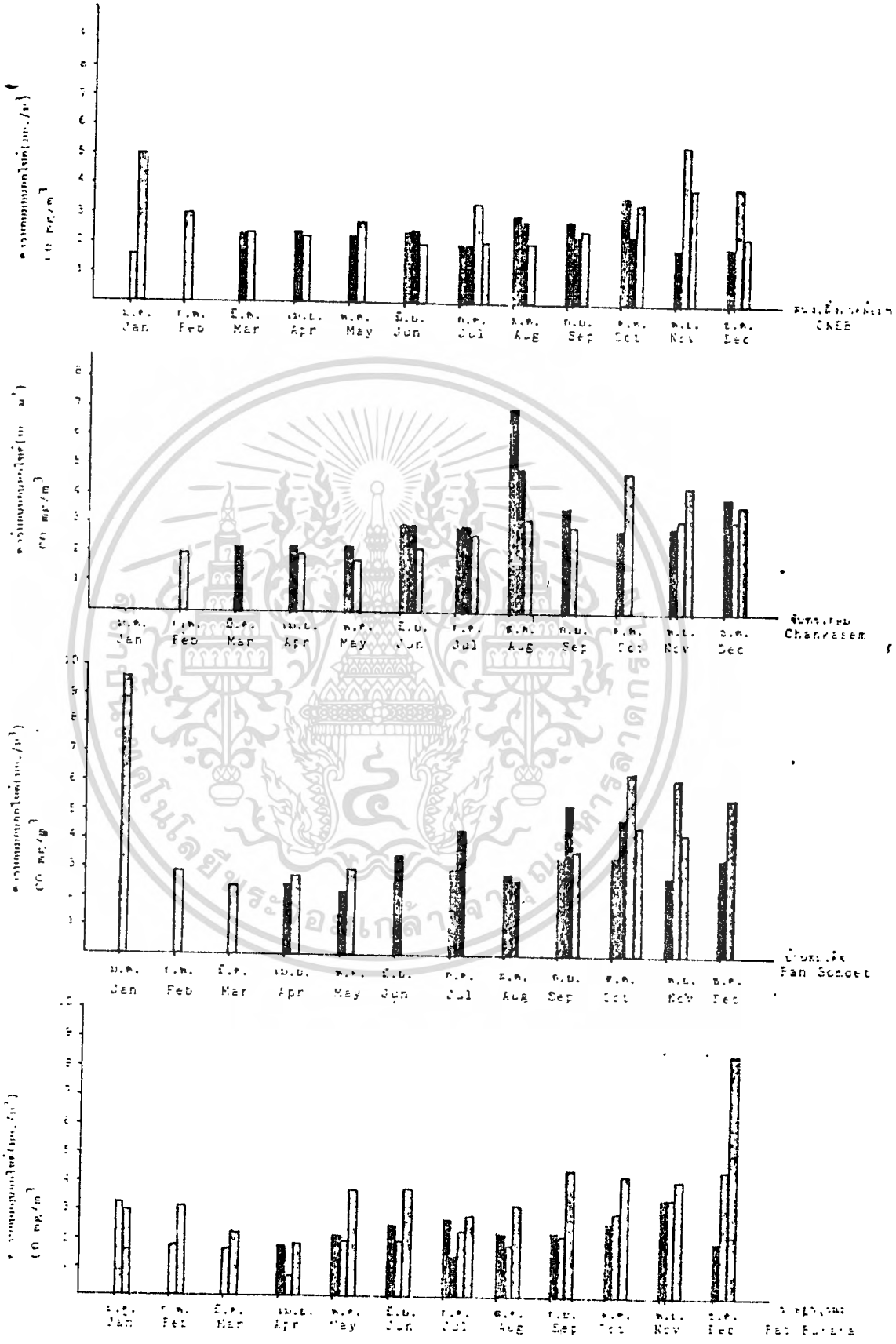
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



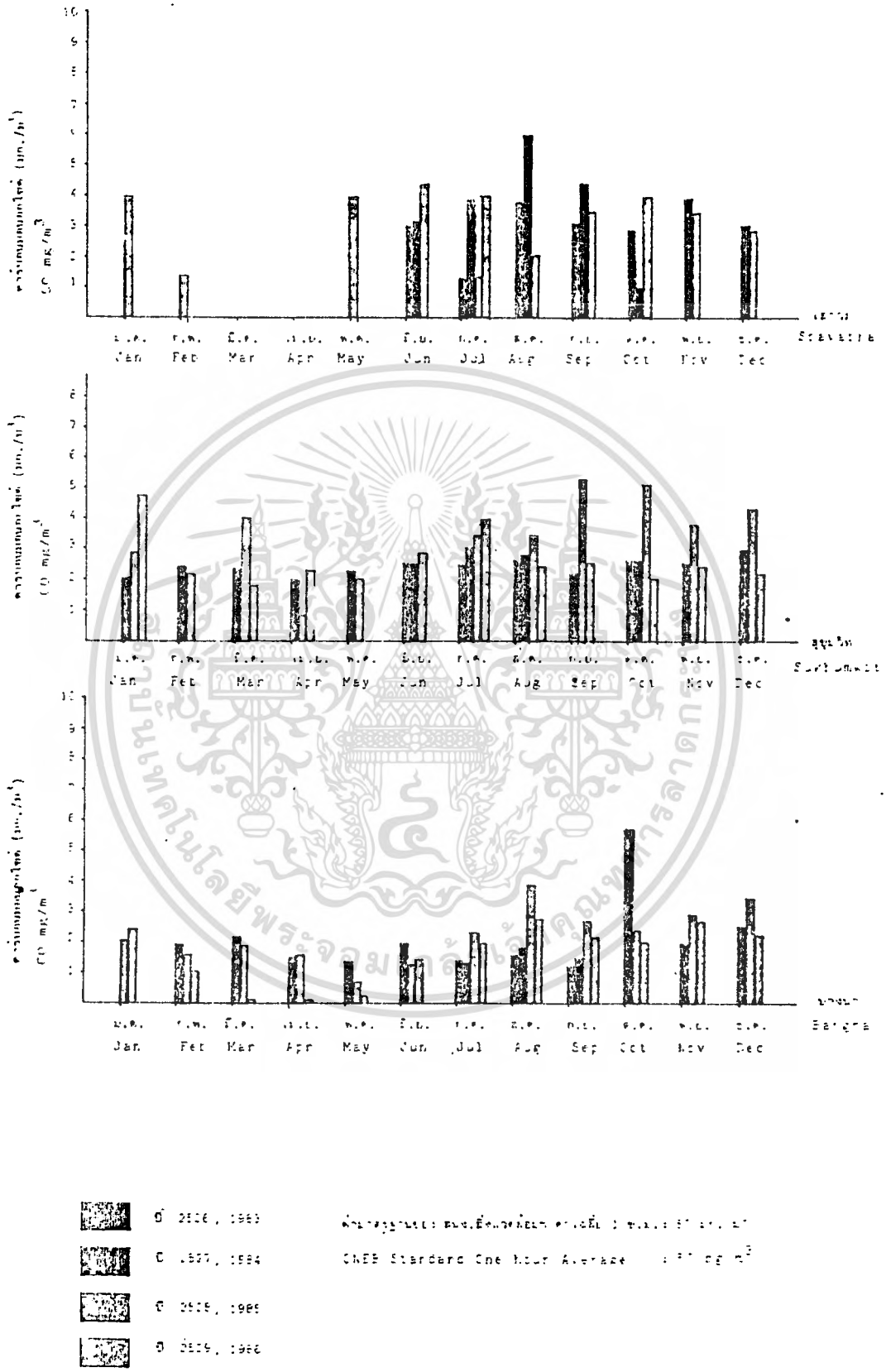
ภาพที่ 1.6 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 1 ปี ของปริมาณฝุ่นละอองตามสถานีต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร ปี 2526-2529

Figure 2 yearly geometric mean of SPM at monitoring stations in Bangkok 1983-1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าเฉลี่ยสูงสุดใน 8 ชั่วโมงของคาร์บอนมอนอกไซด์ก่อนและระหว่างโครงการเดินรถทางเดียว ณ สถานีตรวจวัด 10 แห่ง

ภาพที่ 1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 2

วิธีการตรวจวัดมลภาวะอากาศ และมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

2.1 วิธีการตรวจวัดและจัดเก็บตัวอย่างมลสารในอากาศ

2.2 การวัดมลสารในอากาศแต่ละชนิด

2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวัดและเก็บตัวอย่างมลสารในอากาศ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ประเทศต่าง ๆ มีระบบกฎหมายและกฎระเบียบของตัวเองทางด้านมลสาร เพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน และเพื่ออนุรักษ์สภาวะแวดล้อมที่ใช้อยู่อาศัย เพื่อให้กฎหมายและกฎระเบียบเหล่านี้ทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิผล เป็นการจำเป็นที่จะต้องติดตามวัดผลความเข้มข้นของมลสารในอากาศที่ออกจากแหล่งปล่อย และที่มีอยู่ในบรรยากาศ โดยวิธีวัดที่แม่นยำและดีพอ

การเก็บตัวอย่างที่แม่นยำและดีพอจากตัวกลางที่เป็นก๊าซ (Gaseous Medium) จะเกี่ยวพันกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ก้าวสำคัญก้าวแรกในโปรแกรมการประเมินและควบคุมมลภาวะอากาศ คือ การปฏิบัติตามสถานการณ์เหล่านี้ เพื่อให้สามารถเก็บตัวอย่างที่ดีที่สุดที่ทำได้ การวิเคราะห์และการคำนวณถัดไปเป็นสิ่งสำคัญ แต่ว่าถ้าตัวอย่างที่เก็บได้ไม่เป็นตัวแทนที่ถูกต้องแล้ว ผลที่ได้ในที่สุดจะมีคุณค่าน้อยมากหรือไม่มีเลย

1. การเก็บตัวอย่างสารอนุภาคในอากาศ

1.1 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่าง

ขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นในการวิเคราะห์หาปริมาณของมลสารในบรรยากาศ คือ

ก. การเก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีและเครื่องมือที่เหมาะสมกับมลสารที่สนใจ

ข. การจัดการหรือกลั่นกรองพิเศษสำหรับตัวอย่างที่เก็บ

ค. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ง. การประเมินหาปริมาณของมลสารในตัวอย่างที่เก็บ

1) ปริมาณของตัวอย่าง

ตัวอย่างที่เก็บต้องมีปริมาณมากพอสำหรับวิธีการวิเคราะห์ที่จะใช้ ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องลองเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณต่าง ๆ เช่น 1, 5, 10 ลูกบาศก์เมตร หรือมากกว่า เพื่อให้ได้มลสารมากพอสำหรับการวิเคราะห์ในครั้งอื่น ๆ ปริมาตร 1 ถึง 10 ลิตร อาจเพียงพอแล้ว ปริมาณที่จำเป็นต้องใช้จะแปรผกผันกับความไว (Sensitivity) ของวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ (ยิ่งไว ต้องการปริมาณยิ่งน้อย)

2) อัตราการเก็บตัวอย่าง

อัตราการเก็บตัวอย่างจะถูกกำหนดโดยอุปกรณ์ที่ใช้กับตัวอย่าง อุปกรณ์บางประเภทถูกออกแบบให้เก็บตัวอย่างในปริมาณมิลลิลิตรต่อนาที ส่วนประเภทอื่นอาจเก็บตัวอย่างในปริมาณหลายลูกบาศก์เมตรต่อนาที การเลือกเครื่องมือและอัตราการเก็บตัวอย่างต้องกระทำให้ตรงกับจุดมุ่งหมายของโปรแกรมที่ต้องการดำเนินการเกณฑ์สุดท้ายในการเลือก

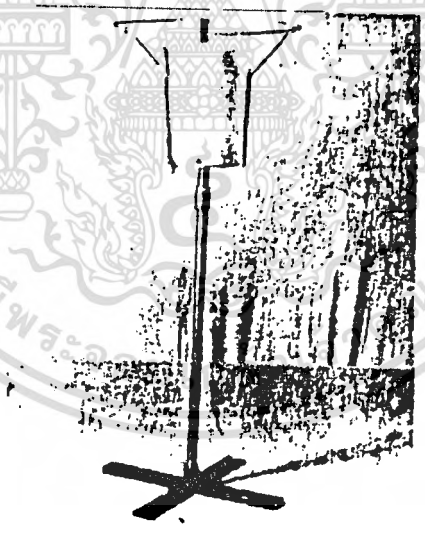
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการเก็บตัวอย่างคือ ประสิทธิภาพของการเก็บที่อัตราที่ต้องการเก็บโดยมีจุดประสงค์ให้ได้ขนาดของตัวอย่างที่เพียงพอ

1.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่างและการประเมินผล

1) การตกตัว

การเก็บตัวอย่างมลสารอนุภาคโดยใช้เทคนิคเชิงกราวิเมตริก (Gravimetric) หรือการตกตะกอน (Sedimentation) เป็นการเก็บรวบรวมอนุภาคที่มีมวลเพียงพอที่จะตกออกจากบรรยากาศโดยแรงโน้มถ่วงของโลก หลักการของการเก็บรวบรวมก็คือว่าอนุภาคที่ตกผ่านมัชฌิม (ตัวกลาง) จะมีความเร็วเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง หลังจากที่ได้เกิดสมดุลย์ระหว่างความต้านทานโมเลกุลของมัชฌิมกับแรงโน้มถ่วง วิธีเก็บตัวอย่างนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งสูญญากาศ หรือระบบตวงวัดปริมาณการไหล การเก็บรวบรวมสามารถกระทำโดยใช้ภาชนะเก็บฝุ่นตก (Dist-fall Container) (รูป 2.1) แผ่นของสไลด์แก้ว จานหรือถาด ซึ่งอาจมีหรือไม่มีระบบช่วยเก็บสงวนอนุภาคในลักษณะชั้นทาของยางเหนียวหรือจาระบี วิธีนี้เหมาะสำหรับอนุภาคขนาดยักษ์ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุด 20-50 ไมครอน เนื่องจากไม่มีการดูดอากาศหรือวัดปริมาณอากาศ วิธีนี้ไม่สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้มข้นเชิงปริมาตรของมลสารอนุภาค



ภาพที่ 2.1 ภาพถ่ายของภาชนะเก็บฝุ่นตก

2) การกรอง

วิธีการเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศหลายวิธีนี้ ใช้ตัวกรอง (Filter) เป็นตัวกลางสำหรับเก็บรวบรวมอนุภาค ตัวกรองที่มีองค์ประกอบและขนาดที่เหมาะสมอาจใช้ทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณของอนุภาค การชี้ตัว (Identification) อนุภาค และการแบ่งขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนทำการเลือกตัวกลางใช้กรอง จะต้องมีการศึกษาอย่างละเอียดเกี่ยวกับลักษณะสมบัติและขีดจำกัดของตัวกลางและความสัมพันธ์กับเงื่อนไขของการเก็บตัวอย่าง ตัวกลางใช้กรองเกือบทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับงานอื่น ๆ ยกตัวอย่างเช่น กระดาษเซลลูโลสที่มีปริมาณขี้เถ้าน้อยและความบริสุทธิ์สูง ได้ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับงานเคมีที่เปียก (Wet Chemistry) กระดาษกรองเหล่านี้มีข้อเสียในด้านที่มีประสิทธิภาพในการจับอนุภาคขนาดเล็กต่ำ ความต้านทานการไหลสูง และความไวสูงต่อความชื้น

ตัวกลางใช้กรองส่วนใหญ่ที่นิยมใช้เก็บรวบรวมสารอนุภาคแขวนลอยในบรรยากาศ ได้แก่ กระดาษที่ทำด้วยเส้นใยแก้ว กระดาษกรองที่ทำด้วยโพลีสไตรีน และแผ่นเยื่อกรอง (Membrance Filter)

กระดาษกรองทำด้วยเส้นใยแก้วจะมีสารประกอบ Borosilicate เป็นองค์ประกอบหลัก มีประสิทธิภาพในการจับอนุภาคควัน DOP (Dioctyl Phthalate) ขนาด 0.3 ไมครอนได้มากกว่า 99% และมีความต้านทานการไหลผ่านของอากาศค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงเป็นวัสดุกรองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเก็บรวบรวมสารอนุภาคแขวนลอย แต่จะไม่เหมาะกับกรณีที่ต้องการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารอนุภาค เพราะนอกจากส่วนประกอบหลักคือ Si และ B แล้ว ยังมี Al, Mg, Ca, Ni และ K เป็นต้น อยู่ในปริมาณค่อนข้างมาก

กระดาษกรองที่ทำด้วยโพลีสไตรีนก็ใช้งานได้ดีเหมือนของที่ทำด้วยเส้นใยแก้ว แต่ไม่สามารถใช้กับการวิเคราะห์มลสารที่ละลายได้ในเบนซิน เพราะตัววัสดุกรองเป็นสารอินทรีย์ ข้อดีคือมีปริมาณโลหะต่าง ๆ ผสมอยู่น้อย

แผ่นเยื่อกรองจะทำด้วยสารอนุพันธ์ (Derivative) ของเซลลูโลส เช่น ไนโตรเซลลูโลส หรือเซลลูโลสเอสเตอร์ และมีโครงสร้างเนื้อพรุน คุณสมบัติเชิงเคมีของแผ่นเยื่อกรองจะแตกต่างกันตามชนิดของสารอนุพันธ์ เยื่อกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างสารอนุภาคแขวนลอย จะมีขนาดของรูประมาณ 0.8-3 ไมครอน และทุกขนาดดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการจับอนุภาคควัน DOP ขนาด 0.3 ไมครอน ได้ถึง 99.9% โดยอาศัยผลเชิงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Effect) แต่ถ้าผลเชิงไฟฟ้าสถิตมีแรงเกินไป เวลาใช้มือจับแผ่นกรองก็จะมีฝุ่นธุลีที่นอกเหนือจากการกรอง เกาะติดเยื่อกรอง นอกจากนี้แผ่นเยื่อกรองนี้จะมีคุณสมบัติดูดความชื้นมากกว่ากระดาษกรองทำด้วยเส้นใยแก้ว ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในเวลาชั่งน้ำหนักได้ง่าย

สรุปแล้ว ตัวกรองมีหน้าที่แยกและเก็บสงวนอนุภาคแขวนลอยจากกระแสอากาศ กลไกหลักที่ใช้ในการแยก จะเป็นอันใดอันหนึ่งหรือหลายอัน ดังต่อไปนี้ : การร่อนขนาด (Sieving) อิมแพคชัน (Impaction) และการแพร่ (Diffusion)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้ว ตัวกรองจะไม่อาศัยเพียงกลไกสามอย่างข้างต้น แต่ในบางครั้งจะอาศัยผลเชิงไฟฟ้าสถิตด้วย (ดังในกรณีของแผ่นกรองข้างต้น)

ในการร่อนขนาด อนุภาคที่มีขนาดโตกว่าช่องเปิดของตัวกรอง จะถูกกีดขวางและติดอยู่บนผิวของตัวกรองหรือตะแกรง อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าช่องเปิดจะวิ่งทะลุผิวหน้าแต่อาจถูกจับไว้ภายในตัวกรองได้ การเก็บรวบรวมโดยอิมแพคชั่น จะเกิดขึ้นเมื่อกระแสการไหลของอนุภาคมีการไหลรอบสิ่งกีดขวาง หรือถูกทำให้เปลี่ยนทิศทางอย่างกระทันหัน กลไกการเก็บรวบรวมนี้จะเกิดขึ้นภายในโครงสร้างของชั้นกรอง และมีผลชะงัดต่ออนุภาคที่มีความหนาแน่นมากและความเร็วสูง ส่วนการเก็บรวบรวมโดยการแพร่จะมีความสำคัญมากในกรณีของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่ารูเปิดของแผ่นกรอง

ตาราง 2.1 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้ตัวกลางใช้กรองประเภทต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สารอนุภาคในบรรยากาศ

ตาราง 2.1 คุณสมบัติของตัวกลางใช้กรองกับการทดสอบต่าง ๆ เกี่ยวกับการวิเคราะห์อากาศแวดล้อม

จุดประสงค์ของการทดสอบ	ประเภทของแผ่นกรอง: กระดาษเซลลูโลส	เส้นใยแก้วประสิทธิภาพสูง	เยื่อเอสเตอร์เซลลูโลส	หมายเหตุ
มวลของฝุ่นในอากาศ				1. ไวมากต่อความชื้น ประสิทธิภาพในการกรองต่ำ
วิธีกราวิเมตริก	X	2	3	2. มีเสถียรภาพต่อความชื้น ทนต่ออุณหภูมิ
จุดของฝุ่น	4	4	7	3. ไวต่อความชื้น ความต้านทานการไหลสูง
วิธีกระจายแสง	X	5	5, 7	4. กระดาษส่วนใหญ่อยู่ในรูปเทป
การนับจำนวนด้วยกล้องจุลทรรศน์และการกระจายตามขนาด	X	X	8, 9	5. ใช้ทำความสะอาดอากาศที่ใช้อ้างอิง 6. ประสิทธิภาพในการกรองต่ำ 7. ความต้านทานการไหลสูง
การชี้ตัวอนุภาค	X	X	8, 9	8. มีการกระจายของอนุภาคดีบนผิวบน
การวิเคราะห์ทางเคมี				9. เลือกขนาดรู (pore size) ที่เหมาะสม
วิธีเปียก	10	11	12	10. ใช้เกรดงานเคมี (chemical grades) และชี้แจ้งต่ำถ้าจำเป็น
วิธีเครื่องวิเคราะห์	10	11	12	11. สารรบกวนอาจถูกสกัดออกจากแผ่นกรอง
การทดสอบทางชีววิทยา (biological assay)	X	X	13	12. เป็นไปได้ที่มีสารรบกวนในแผ่นกรอง
การทดสอบทางรังสีวิทยา	14	14	3, 8, 15	13. แผ่นกรองมาตรฐานของงานนี้
การวิเคราะห์ทีซอง์ประกอบ	X	16	16	14. ไม่สามารถประยุกต์กับการนับจำนวนครั้งเดียว 15. เหมาะกับการนับจำนวนทั้งหมด 16. อันตรายจากการเกิดปฏิกิริยา หรือดูดกลืน ดูดซับทีซ องค์ประกอบในตัวอย่างอากาศ X. ไม่ควรใช้งาน

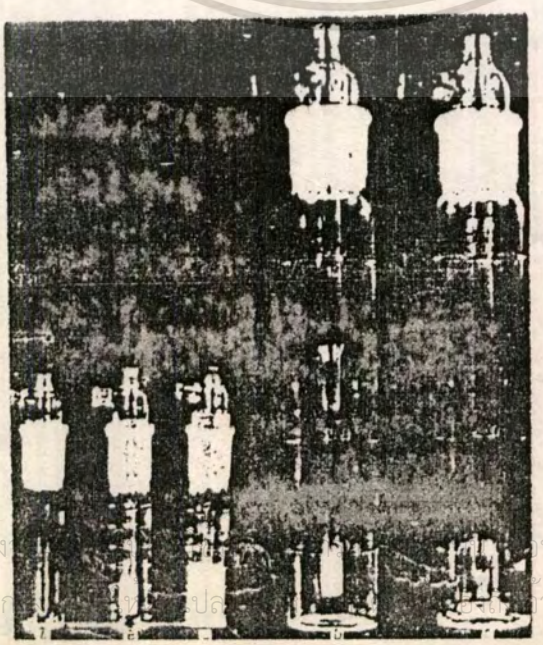
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ 2.2 เป็นภาพถ่ายของเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง (High Volume Sampler) ซึ่งใช้กันกว้างขวางทั่วโลก มอเตอร์เป่าลม (Blower Motor) จะดูดอากาศปริมาณมาก (1.0 - 1.5 m^2/min) ผ่านแผ่นกรอง ซึ่งทำหน้าที่กรองจับอนุภาคแขวนในภาระแสอากาศ แผ่นกรองที่ใช้ต้องมีประสิทธิภาพในการจับอนุภาคควัน DOP ขนาด 0.3 ไมครอน ได้มากกว่า 99%

ภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายของเครื่องเก็บตัวอย่างปริมาตรสูง

3) การเก็บรวบรวมแบบอิมพินจ์เมนต์ (แบบเปียก) หรือเชิงเฉื่อย

อิมพินจ์เมนต์แบบเปียก เป็นวิธีที่ใช้ทั่วไปสำหรับการเก็บรวบรวมสารอนุภาคของแข็ง ภาพที่ 2.3 เป็นภาพถ่ายของเครื่องอิมพินเจอร์ วิธีนี้ได้ถูกกำหนดเป็นวิธีมาตรฐานมานาน สำหรับการเก็บรวบรวมฝุ่นซิลิกา และฝุ่นอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดโรค Pneumoconiosis (โรคปอดที่เกิดจากการสูดมลสารอนุภาค เช่น ผงถ่านหิน เส้นใยแอสเบสตอส) เพื่อทำการประเมินโดยการนับจำนวน



ภาพที่ 2.3

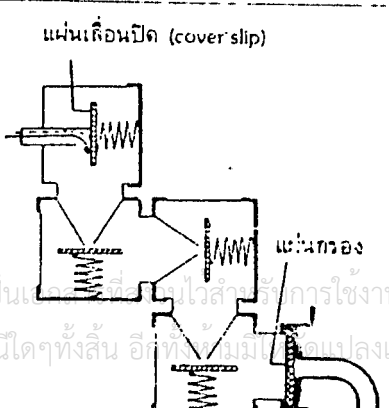
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.3 ภาพถ่ายของเครื่องอิมพินเจอร์แบบเปียก (A) อิมพินเจอร์ขนาดย่อ (รูเปิดของก้าน 1 mm.) (B) ขวดอิมพินเจอร์ขนาดย่อ (Fritted Bubbler Stem) (C) ขวดอิมพินเจอร์ขนาดย่อ (ลูกแก้วเล็ก) (D) ขวดอิมพินเจอร์แบบ Greenburg-Smith (fritted Bubbler) (E) อิมพินเจอร์แบบ Greenburg Smith

การเก็บรวบรวมเกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนทิศทางและความเร็วอย่างฉับพลันของอนุภาคและของกระแสก๊าซที่นำพาอนุภาคซึ่งฉีดพุ่งออกจากรูขนาดเล็กด้วยความเร็วสูงไปกระทบแผ่นกั้นแบนภายในของเหลว ผลก็คืออนุภาคจะถูกจับไว้ในของเหลวในขวดเก็บรวบรวม เครื่องอิมพินเจอร์มาตรฐานจะฉีดก๊าซตัวอย่างออกจากรู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.3 มม. ไปบนแผ่นแบนที่วางอยู่ห่าง 5 มม. ความเร็วที่ฉีดออกจากรูจะประมาณ 110 m/sec. และลดค่าลงอย่างมากในขวดเก็บรวบรวมซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50-55 มม. ความเร็วฉีดออกที่สูงมากนี้อาจทำให้อนุภาคขนาดโตแตกกระจุยได้ และลักษณะสมบัติของขนาดอนุภาคในก๊าซตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไป อัตราการดึงก๊าซตัวอย่างจะประมาณ 0.75 ถึง 1.5 ft^3/min (21.2 ถึง 42.5 l/min) ประสิทธิภาพของการเก็บรวบรวมจะเกือบ 100% สำหรับอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเชิงแอโรไดนามิก เล็กถึง 1 ไมครอน ที่ความเร็วของการดึงตัวอย่างก๊าซที่เหมาะสมที่สุด (ประมาณ 1 ft^3/min)

5) อิมแพคชัน (อิมพินจ์เมนต์แบบแห้ง)

เมื่อกระแสก๊าซที่มีสารอนุภาคของแข็งอยู่ถูกเบนทิศทางการไหล ความเฉื่อยของอนุภาคของแข็งจะก่อให้อนุภาพมีเส้นทางการไหลที่เบี่ยงเบนจากเส้นทางการไหลของก๊าซ ผลก็คืออนุภาคที่มีความเฉื่อยมากจะชนกับผิวขวางกั้นที่ใช้เบนทิศทางของก๊าซ และเกาะติดบนผิวนั้น ภาพ 2.4 แสดงไออะแกรมของเครื่องอิมแพคเตอร์ (Impactor) ผิวที่ใช้เก็บอนุภาคนี้มีชื่อเรียกว่า "ผิวอิมแพคชัน (Impaction Surface)" และอนุภาคที่ถูกเก็บบนผิวจะเรียกว่า ถูกอิมแพคต์ (Imacted) อนุภาคที่มีขนาดโตกว่าขนาดหนึ่งจะถูกจับบนผิวอิมแพคชัน ส่วนอนุภาคที่เล็กกว่าจะเหลืออยู่ในกระแสก๊าซที่ไหลหนีจากผิวอิมแพคชัน ช่วงของขนาดอนุภาคที่ถูกจับบนผิวอิมแพคชั่น จะเป็นฟังก์ชันของความเร็วของก๊าซ เรขาคณิต (Geometry) ของการไหล ความหนืดของก๊าซ ระยะทางอิสระเฉลี่ย (Mean free path) ของก๊าซ รูปร่างและความหนาแน่นของอนุภาค



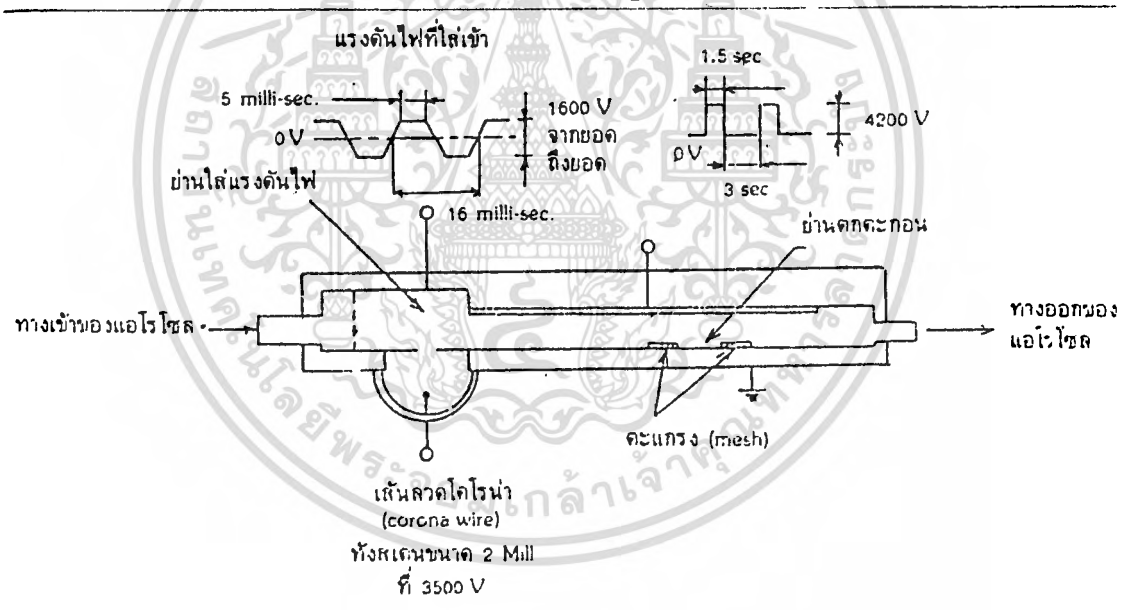
ภาพ 2.4 ไดอะแกรมของเครื่องอิมแพคเตอร์ 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องอิมแพคเตอร์แบบแห้งซึ่งมีดครงสร้างแบบวางเรียงผิวอิมแพคชันอนุกรมกัน มีใช้กันกว้างขวางสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศแวดล้อม เครื่องอิมแพคเตอร์เหล่านี้จะคัดจับอนุภาคตามขนาดเชิงแอโรไดนามิก ดังนั้นจึงทำให้ประเมินมวลของอนุภาคที่มีขนาดในช่วงต่าง ๆ กันได้ เครื่องเก็บตัวอย่างแบบอิมแพคชันที่มีรูปร่างและจำนวนขั้นอิมแพคชันต่างๆ กัน ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจุดประสงค์ดังกล่าวข้างต้น

5) การตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

การตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต หรือการอิมแพคชันเชิงไฟฟ้าสถิต เป็นเทคนิคที่ใช้กันในเครื่องมือชนิดต่าง ๆ ภาพ 2.5 แสดงไดอะแกรมของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตทั่วไป ผลต่างของศักย์ไฟฟ้าสูงที่ใส่ไว้ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง จะก่อให้เกิดการไหลของกระแสไฟ ความต่างศักย์ที่ใช้จะมีตั้งแต่ 12,000 ถึง 45,000 V dc (กระแสตรง) ผลก็คืออิออนจำนวนมากจะถูกสร้างขึ้น และคงสภาพไว้ในย่านใกล้เคียงขั้วไฟฟ้า อนุภาคจะถูกจับไว้ที่ผิวด้านในของทรงกระบอกที่ ขั้วไฟฟ้า และอาจถูกล้างหรือแหรงออกเพื่อนำไปวิเคราะห์

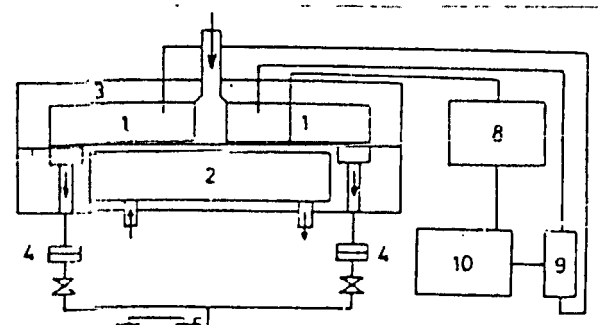


ภาพ 2.5 เครื่องเก็บตัวอย่าง แอโรโซลเชิงไฟฟ้าสถิต

6) การตกตะกอนเชิงความร้อน

การเก็บรวบรวมของอนุภาคโดยการตกตะกอนเชิงความร้อน ใช้หลักการที่ว่า อนุภาคขนาดเล็กภายใต้อิทธิพลของผลต่างของอุณหภูมิ จะเคลื่อนตัวไปยังด้านอุณหภูมิต่ำกว่า ภาพ 2.6 แสดงไดอะแกรมของเครื่องตกตะกอนเชิงความร้อน ปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันมานานพอสมควร แต่ยังไม่ถูกประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางกับการเก็บตัวอย่างอากาศแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1 : ตัวให้ความร้อน
2 : ตัวทำความเย็น
3 : ฉนวนความร้อน
4 : แผ่นกรอง
5 : เครื่องวัดการไหล
6 : ถังเสอร์จ (surge tank)
7 : ปั๊มสุญญากาศ
8 : เครื่องตรวจจับความร้อน (thermo-detector)
9 : เครื่องปรับดุลความร้อน (thermo-balancer)
10 : เครื่องควบคุมความร้อน (thermo-controller)

ภาพที่ 2.6 เครื่องตกตะกอนเชิงความร้อน

แรงเชิงความร้อน (Thermal Forces) ที่กระทำต่ออนุภาคฝุ่นมีค่าค่อนข้างน้อย ดังนั้น การตกตะกอนอย่างมีประสิทธิผล ต้องใช้เกรเดียนท์ (Gradient) ของอุณหภูมิค่อนข้างมาก การเก็บรวบรวมจะทำได้ผลมากที่สุดกับอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และมีประสิทธิภาพประมาณ 100% สำหรับอนุภาคในช่วงขนาด 0.01 ถึง 1.0 ไมครอน

โดยทั่วไปเครื่องเก็บตัวอย่างแบบนี้จะใช้ช่องผ่าหรือช่องเปิดยาวแคบ สำหรับนำส่งก๊าซที่อมฝุ่นเข้าไปในช่องระหว่างเส้นลวด (หรือแผ่น) ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า กับผิวแก้วเย็นที่ใช้เก็บอนุภาค ความเร็วของก๊าซที่ไหลผ่านเครื่องจะต่ำและปริมาตรของก๊าซตัวอย่างก็น้อยด้วย เกรเดียนท์ของอุณหภูมิอาจมีค่าประมาณ 500 'C/min และอัตราการไหลของก๊าซตัวอย่างอาจเป็น 5 - 10 ml./min ในกรณีของเส้นลวดให้ความร้อน และ 2,000 ml./min ในกรณีของแผ่นให้ความร้อน การชักอากาศให้ไหลผ่านเครื่องอาจใช้วิธีแอสพิเรชัน (Aspiation) ด้วยน้ำ อนุภาคขนาดโตส่วนใหญ่จะไม่ถูกจับ เพราะการเกาะติดผิวเก็บมีประสิทธิภาพต่ำและเกิดการหลุดลอยใหม่ (Reentrainment) ได้ง่าย เนื่องจากแรงตกตะกอนมีค่าน้อย

2. การวัดมลสารในอากาศแต่ละตัว

2.1 สายและแผ่นโฟลต์เก็บตัวอย่าง

การเสื่อมสภาพของตัวอย่างอาจเกิดจากการทำอัตรกริยา (Ineraction) ระหว่างสมลสารที่สนใจกับวัสดุของสายเก็บตัวอย่าง เช่น การสลายตัว การดูดซับ และการแพร่ ความสูญหายของอนุภาคในบรรยากาศจะเกิดจากการเกาะติดกับผนังในของสายเก็บตัวอย่าง ส่วนมลสารในอากาศที่ไวต่อปฏิกิริยา เช่น โอโซน ไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะสูยหายได้ง่ายโดยการเสื่อมสภาพ ข้อต่อและส่วนปิดผนึกทั้งหมดของระบบเก็บตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างต้องมิชิดอากาศ เพื่อป้องกันการซึมของอากาศในห้องเข้าไปในระบบเก็บตัวอย่าง และทำให้ตัวอย่างอากาศข้างนอกที่ต้องการเก็บเจือจางลง

หัวข้อสรุปโดยทั่วไปนี้สามารถใช้กับระบบเก็บตัวอย่าง

ก. การออกแบบแมนิโฟลด์ต้องคำนึงให้เกิดความสูญหายของมลสารที่ผนังในน้อยที่สุด

ข. อัตราการไหลในแมนิโฟลด์ควรมีปริมาณสูงมาก ๆ กว่าอัตรารวมที่ดึงออกจากแมนิโฟลด์ไปเข้าเครื่องวิเคราะห์ต่าง ๆ

ค. ความดันภายในแมนิโฟลด์ ควรใกล้กับความดันบรรยากาศ

ง. โครงสร้างของระบบควรเป็นแบบหลีกเลี่ยงการรั่วได้สมบูรณ์

จ. วัสดุและโครงสร้างควรสะดวกต่อการทำความสะอาด

ฉ. ทางเข้าของตัวอย่างก๊าซสู่แมนิโฟลด์ ควรออกแบบให้หลีกเลี่ยงการตกตะกอนเข้าโดยตรง

2.2 การวัด SO_x อย่างต่อเนื่อง (วิธีคอนดักโตเมตริก)

เมื่อผสมตัวอย่างอากาศซึ่งมี SO_2 และ SO_3 อยู่กับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีกรดกำมะถันอยู่ด้วย (สารละลายทำปฏิกิริยา) SO_2 จะทำปฏิกิริยากับ H_2O_2 ส่วน SO_3 จะทำกับน้ำ กลายเป็นกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ทั้งคู่ ความเข้มข้นของกำมะถันออกไซด์ (SO_x) ในตัวอย่างอากาศสามารถหาได้โดยการวัดความนำไฟฟ้าจำเพาะของสานละลายทำปฏิกิริยา ซึ่งจะแปรผันค่าเป็นสัดส่วนกับปริมาณของกรดกำมะถันที่เกิดขึ้น ดังเห็นได้จากข้างต้น วิธีคอนดักโตรเมตริก (วิธีวัดความนำไฟฟ้า) จะให้ความเข้มข้นรวมของ SO_2 และSO_3 ในอากาศ แต่โดยทั่วไปการแสดงผลจะแสดงเป็นความเข้มข้นของ SO_2

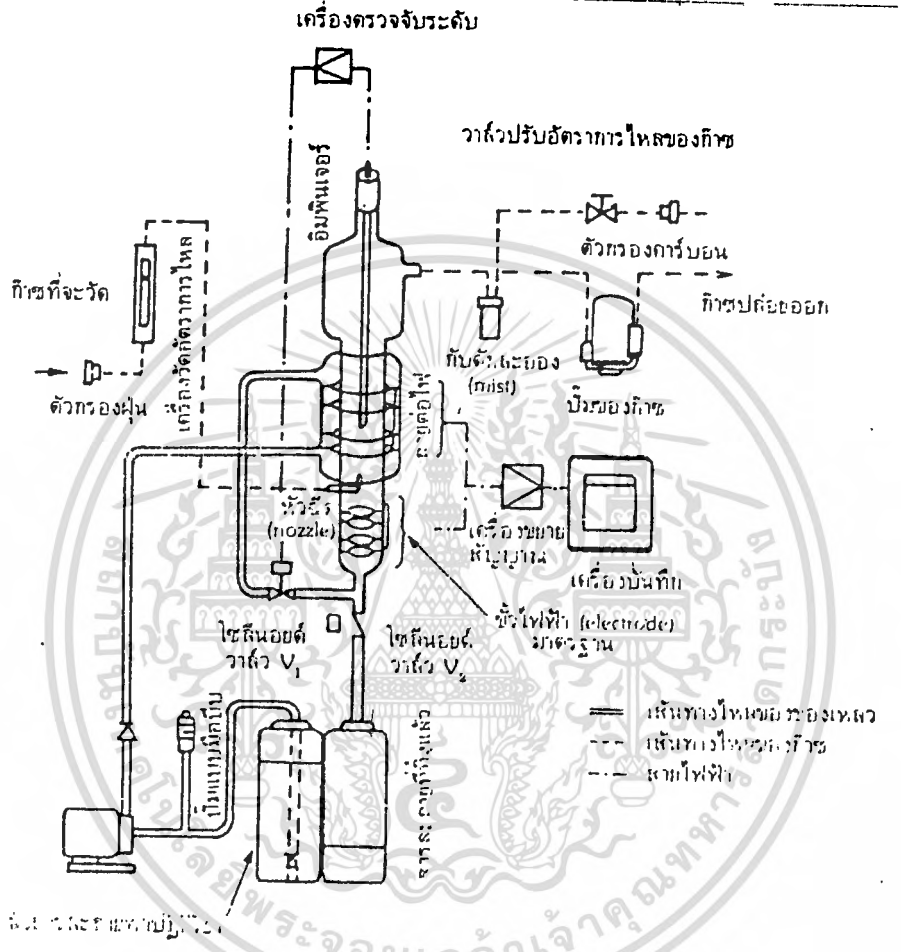
ในเครื่องวิเคราะห์แบบหนึ่ง ตัวอย่างอากาศและสารละลายทำปฏิกิริยาต่างถูกป้อนด้วยปั๊มวัดปริมาณเข้าผสมกัน เพื่อวัดความเข้มข้นของ SO_x (นั่นคือ $SO_2 + SO_3$) อย่างต่อเนื่อง แต่ว่าในประเทศญี่ปุ่นจะใช้เครื่องวิเคราะห์แบบวัดเป็นคาบ ซึ่งมีความไวสูงกว่า

ในกรณีของเครื่องวิเคราะห์แบบวัดเป็นคาบ สารละลายทำปฏิกิริยาจำนวนหนึ่งจะถูกใส่ไว้ในขวดอิมพินเจอร์ แล้วตัวอย่างอากาศจะถูกป้อนเข้าในอัตราคงที่ภายในคาบเวลาที่แน่นอน ในขณะเดียวกับที่ทำการวัดความนำไฟฟ้าจำเพาะที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องภายในคาบเวลานั้น คาบเวลาที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ 1 ชั่วโมง นั่นคือ จะทำการวัดอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลา 28 ถึง 59 นาทีแรก แล้วใช้เวลาที่เหลือหนึ่งถึงสองนาทีในการทำขั้นตอนตามลำดับอย่างอัตโนมัติ ซึ่งรวมทั้งการถ่ายออกของสารละลายทำปฏิกิริยาที่ใช้แล้ว การทำความสะอาดขวดอิมพินเจอร์ด้วยสารละลายทำปฏิกิริยาใหม่ และการตกวงปริมาณของสารละลายทำปฏิกิริยาสำหรับการวิเคราะห์รอบต่อไป

การตวงสารละลายทำปฏิกิริยาจะใช้ขั้วไฟฟ้าตรวจระดับ ส่วนอัตราการไหลของตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างอากาศจะควบคุมโดยใช้วาล์วแบบเข็ม ภาพ 2.7 แสดงไดอะแกรมของเครื่องวิเคราะห์ดังกล่าว ช่วงวัดค่าสามารถเปลี่ยนอย่างอัตโนมัติในสามช่วง 0-0.2 ppm. 0-0.5 ppm. และ 0-1.0 ppm.



ภาพที่ 2.7 เครื่องติดตามวัด SO_x (วิธีคอนดักโตรเมตริก)

ดังที่เห็นได้จากหลักการวิเคราะห์ Cl_2, HCl และ NO ในตัวอย่างอากาศจะก่อให้เกิดความผิดพลาดในทางบอก (ให้ค่าวัดของ SO_x ที่สูงกว่าความจริง) แต่ผลกระทบนี้มีค่อนข้างน้อย ในทางตรงกันข้าม แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันกลายเป็นแอมโมเนียซัลเฟต ซึ่งมีความนำไฟฟ้าจำเพาะน้อยกว่าของกรดกำมะถัน นั่นคือก่อให้เกิดความผิดพลาดในทางลบ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องกำจัดแอมโมเนียอย่างสิ้นเชิงจากตัวอย่างอากาศ โดยการปล่อยให้ไหลผ่านกับดักซึ่งบรรจุอัดเม็ดของกรดออกซาลิก

ข้อดีของวิธีคอนดักโตรเมตริกนี้ได้แก่

ก. เครื่องวิเคราะห์มีโครงสร้างค่อนข้างง่าย ราคาแพงน้อยกว่า และไม่ต้องการความชำนาญพิเศษในการใช้เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การวิเคราะห์ความเข้มข้นของ SO_x ในก๊าซที่มีหลายองค์ประกอบ ทำได้ดีพอสมควร ดังกล่าวข้างต้น เพราะระบบนี้ใช้ปฏิกิริยาเคมีในการละลายก๊าซองค์ประกอบลงในสารละลายทำปฏิกิริยา

ค. สามารถเพิ่มความไวของการวัดโดยการเพิ่มอัตราส่วนผสมระหว่างตัวอย่างอากาศและสารละลายทำปฏิกิริยา

2.3 การวัด NO_x อย่างต่อเนื่อง

1) วิธี Saltzman

ในจำนวนสารออกไซด์ทั้งหลายของไนโตรเจน NO และ NO_2 เท่านั้นที่เป็นตัวต้องสนใจในฐานะมลสารในอากาศ ความเข้มข้นของสองตัวนี้จะวัดโดยวิธีดูดกลืนแสง ซึ่งใช้สารรีเอเยนต์ Saltzman (Reagent = สารร่วมปฏิกิริยา)

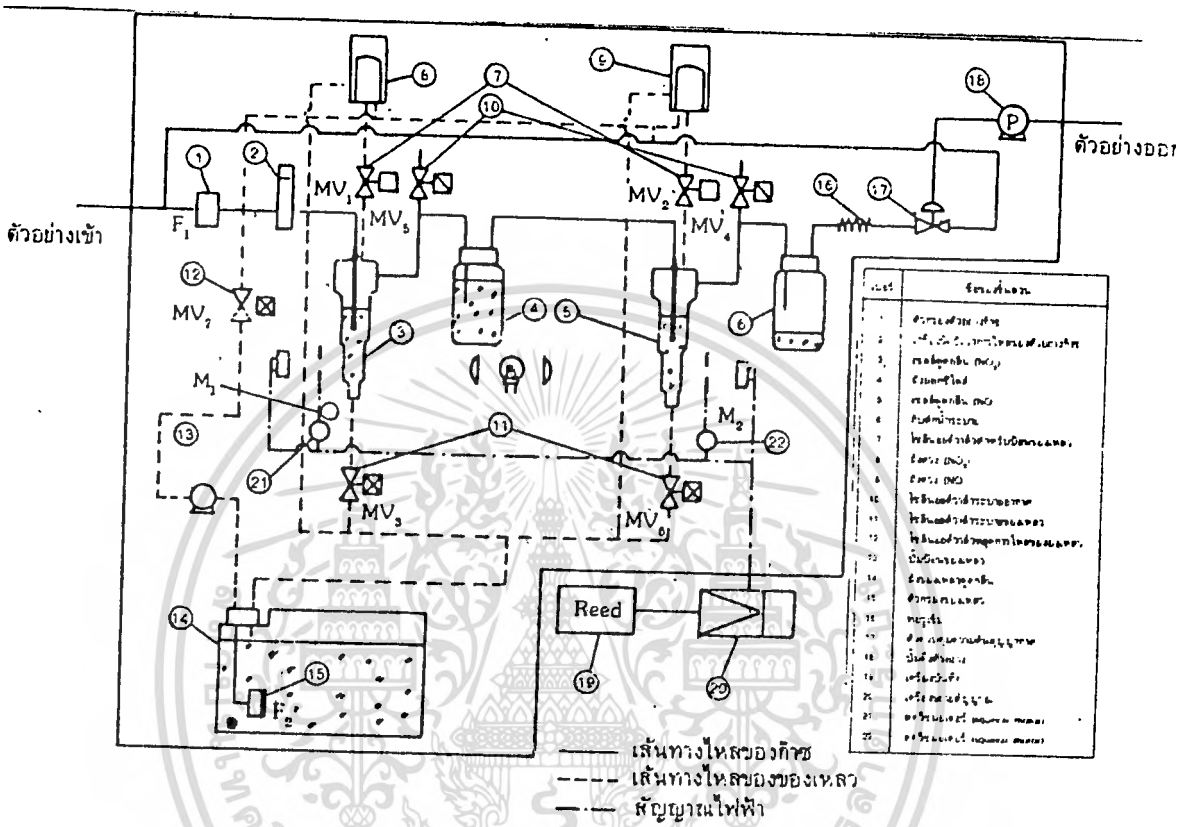
ไนโตรเจนไดออกไซด์จะกลายเป็นไนไตรต์อิออนเมื่อละลายในน้ำ แล้วทำปฏิกิริยากับสารรีเอเยนต์ Saltzman ให้สารย้อมสีอาโซ (Azo dye) ซึ่งมีสีกุหลาบแดง การวัดความเข้มข้นของสีนี้ในสารละลายจะทำโดยวิธีสเปกโทรเมตริก การวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนมอนอกไซด์ในตัวอย่างอากาศ ก็ใช้วิธีเดียวกันแต่หลังจากที่ออกซิไดส์ NO ให้เป็น NO_2 โดยสารละลายกรดกำมะถันและโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

สารรีเอเยนต์ Saltzmanเป็นสารละลายของกรดซัลฟานิลิก(Sulfanilic acid), N-(1-Naphthyl) Ethylenediamine และกรดอะซีติก (Glacial acitic water) ในน้ำ เมื่อใส่ไนไตรต์อิออนเข้าในสารละลายนี้ ไนไตรต์อิออนจะทำปฏิกิริยาควบคู่ แล้วเกิดสารย้อมสีอาโซ ซึ่งมีสีกุหลาบแดง อัตรส่วนของแสงที่ถูกดูดกลืนในสารละลายทำปฏิกิริยานี้จะแปรผันเป็นสัดส่วนกับปริมาณสารย้อมสีอาโซที่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงวัดความเข้มข้นของ NO_2 ในอากาศได้จากการหาอัตราดูดกลืนแสง ถ้ารักษาอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและสารละลายให้คงที่

ภาพที่ 2.8 แสดงไดอะแกรมของเครื่องวัด NO_x แบบเป็นคาบ ปริมาณที่แน่นอนของสารละลายทำปฏิกิริยาจะถูกใส่ไว้ในขวดอิมพินเจอร์สองขวดแล้วปล่อยให้ตัวอย่างอากาศไหลผ่านขวดทั้งสองในอัตราคงที่ภายในคาบเวลาที่แน่นอน ไนโตรเจนไดออกไซด์จะถูกดูดกลืนในขวดอิมพินเจอร์แรก ส่วนไนโตรเจนมอนอกไซด์ซึ่งไม่ถูกดูดกลืนในขวดแรกจะถูกออกซิไดส์ให้เป็น NO_2 ก่อน ในสารละลายของกรดกำมะถันและโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ซึ่งอยู่ในเครื่องออกซิไดเซอร์ แล้วจึงถูกดูดกลืนในขวดอิมพินเจอร์ที่สอง การดูดกลืนของ NO_2 ในสารละลายทำปฏิกิริยาจะไม่รวดเร็วเท่ากับการละลายของ SO_x ในสารละลายของกรดกำมะถัน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเครื่องวิเคราะห์ SO_2 ด้วยเหตุนี้จึงต้องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซให้คงที่(ประมาณ 100-300 ml/min.) ต่อสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำปฏิกิริยา 30-50 ml. และต้องใช้อิมพินเจอร์ที่ออกแบบพิเศษให้มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนสูงขึ้น



ภาพที่ 2.8 เครื่องติดตามวัด NO_x (วิธี Saltzman)

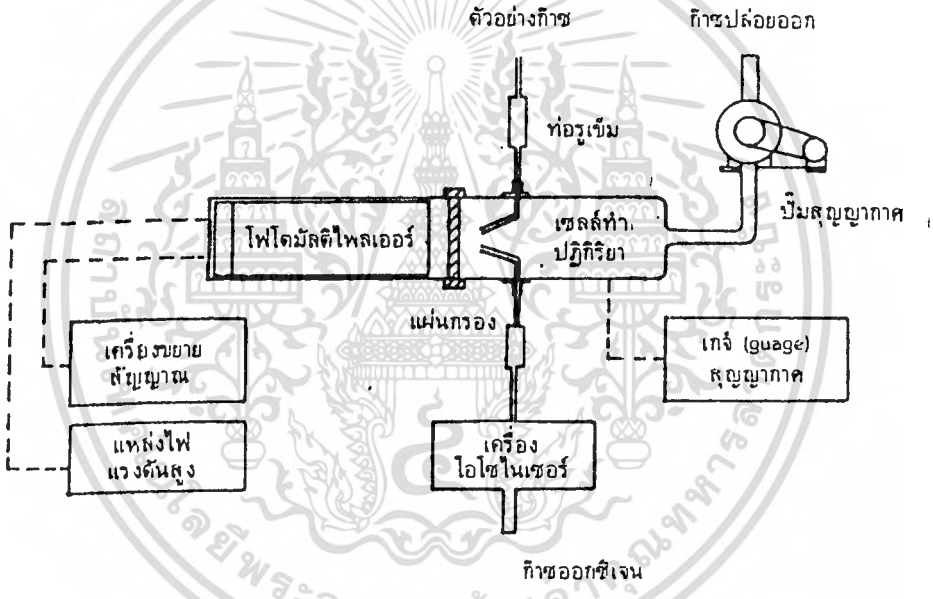
อัตราส่วนของแสงที่ถูกดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 540-550 mm.(Nanometer) จะถูกวัดอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาวิเคราะห์ที่กำหนดไว้ ช่วงวัดค่ามีให้เลือกสองช่วงคือ 0 - 0,5 และ 0 - 1 ppm. ระบบวิเคราะห์นี้ยังไม่มีสารรบกวนที่สำคัญ อย่างไรก็ดีเพื่อให้แน่ใจว่าการวัดเชิงสเปกโทรเมตริกมีความแม่นยำสูงตลอดระยะเวลาที่ยาวนาน เครื่องวิเคราะห์แบบนี้ต้องมีอุปกรณ์ปรับจุดศูนย์อย่างอัตโนมัติติดมาด้วย เพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนดูดกลืนแสง ซึ่งอาจเกิดจากการแปรเปลี่ยนของความเข้มของแหล่งแสงและการติดสีเล็กน้อยของสารละลายทำปฏิกิริยา

2) วิธี Chemiluminescence

ในระยะหลังนี้เครื่องวิเคราะห์NO_x ที่ใช้ปรากฏการณ์Chemiluminescence (แสงสว่างจากปฏิกิริยาเคมี) เริ่มเป็นที่นิยมกว่ากระบวนการเปียกซึ่งใช้สารรีเอเยนต์ Saltzman ข้างต้น จุดเด่นของเครื่องวิเคราะห์แบบใหม่นี้คือ มีเวลาตอบสนองสั้น (3-5 วินาที) และความแม่นยำสูง ($\pm$1%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในภาพที่ 2.9 เครื่องวิเคราะห์นี้ประกอบด้วยส่วนวัดและส่วนระบบไฟฟ้า อัตราการไหลของตัวอย่างก๊าซซึ่งดูดเข้าโดยปั๊มเก็บตัวอย่างจะถูกควบคุมโดยท่อรูเข็ม ก๊าซนี้จะไหลเข้าเซลล์ทำปฏิกิริยาในเวลาเดียวกัน ออกซิเจนจะถูกออกซิไดส์เป็นโอโซนในเครื่องโอโซนไนเซอร์แล้วไหลเข้าเซลล์ทำปฏิกิริยาเพื่อทำปฏิกิริยากับ NO และ NO_2 ปั๊มสูญญากาศจะรักษาความดันภายในเซลล์ทำปฏิกิริยาไว้ปริมาณ 1 - 5 torr(mmHg) แสงสว่างที่เกิดขึ้นจะตรวจจับโดยเครื่องโฟโต้มัลติไพลเออร์ สัญญาณที่ออกจากเครื่องตรวจจับจะถูกส่งผ่านเครื่องขยายสัญญาณ และแสดงค่าออกเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า อนึ่ง เครื่องโอโซนไนเซอร์จะเป็นแบบปล่อยไฟฟ้าเงียบ หรือแบบระดมด้วยรังสีเหนือม่วง



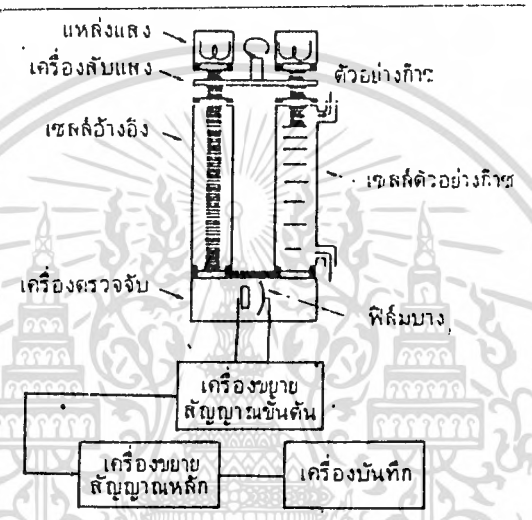
ภาพที่ 2.9 ไดอะแกรมของเครื่องติดตามวัด NO_x (วิธี Chemiluminescence

2.4 การวัด CO อย่างต่อเนื่อง (วิธี NDIR)

วิธีดูดกลืนแสงอินฟาเรดแบบ Nondispersive (Non-Dispersive Infra-Red Absorption Methld) เป็นวิธีที่ใช้กันกว้างขวางที่สุดในการวัด CO ในอากาศแวดล้อมและในก๊าซไอเสีย เครื่องวิเคราะห์อินฟราเรดแบบนี้ได้รับการออกแบบให้วัดองค์ประกอบ CO ในตัวอย่างก๊าซที่มีหลายองค์ประกอบ โดยการใช้องค์ประกอบที่จะวัดเป็นตัวกรองสำหรับปลีกแยกแบนด์ดูดกลืน (Absorption Bands) ซึ่งเป็นคุณสมบัติขององค์ประกอบนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.10 แสดงไดอะแกรมของเครื่องวัด CO อย่างต่อเนื่องแบบ NDIR แสงอินฟราเรดที่ปล่อยออกแหล่งแสง จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแสงขาดช่วง (Intermittent Light) โดยเครื่องสับแสง (Chopper) แล้วถูกส่งผ่านเซลล์ก๊าซตัวอย่างและเซลล์อ้างอิงไปยังเครื่องตรวจจับแต่ละตัว ในเครื่องตรวจจับแต่ละตัว จะใส่ก๊าซที่มีองค์ประกอบตัวเดียวกับที่จะวัด (ในที่นี้คือ CO) ที่ความดันย่อยที่เหมาะสมโดยการทำเช่นนี้ เครื่องตรวจจับจะเลือกดูดกลืนแสงอินฟราเรดที่เข้ามา เฉพาะภายในช่วงความยาวคลื่นที่องค์ประกอบนั้น(CO) ดูดกลืน



ภาพที่ 2.10 ไดอะแกรมของเครื่องติดตามวัด CO (วิธี NDIR)

ก่อนอื่น แสงอินฟราเรดที่ผ่านเซลล์ก๊าซตัวอย่างจะถูกดูดกลืนในระดับที่เป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นขององค์ประกอบที่ต้องการวัด ส่วนแสงอินฟราเรดที่ผ่านเซลล์อ้างอิงซึ่งบรรจุก๊าซที่เฉื่อยต่อแสงอินฟราเรดจะไม่ถูกดูดกลืน ดังนั้น ปริมาณของแสงอินฟราเรดที่ออกจากเซลล์ทั้งสองเข้าเครื่องตรวจจับจะไม่เท่ากัน และก๊าซที่บรรจุในเครื่องตรวจจับจะดูดกลืนแสงอินฟราเรดได้ในปริมาณที่ต่างกัน (ทั้ง ๆ ที่เปอร์เซ็นต์ที่ดูดกลืนมีเท่ากัน) และมีอุณหภูมิสูงขึ้นต่างกัน ผลก็คือ ความดันของก๊าซในเครื่องตรวจจับจะต่างกัน และทำให้เกิดการกระจัด (Displacement) ของแผ่นไดอาแฟรมที่กั้นระหว่างก๊าซทั้งสอง การกระจัดของแผ่นไดอาแฟรมจะตรวจจับในรูปของการเปลี่ยนแปลงของความจุไฟฟ้า ซึ่งถูกแปรเป็นสัญญาณไฟฟ้าในสัดส่วนเดียวกันอีกทีหนึ่ง

เนื่องจากหลักการทำงานเป็นแบบกายภาพ (เชิงฟิสิกส์) ล้วน ๆ ดังนั้นเครื่องวิเคราะห์แบบนี้จึงไม่ต้องใช้สารเคมีเป็นรีเอเยนต์ เช่น สารละลายดูดกลืน หรือสารละลายทำปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังมีการตอบสนองค่าที่เร็วและมีการเลือกวัดเฉพาะองค์ประกอบได้ดี อย่างไรก็ตาม อากาศแวดล้อมจะมี CO_2 และ H_2O ในปริมาณที่มาก ๆ กว่า CO ซึ่งมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นน้อยกว่า 1 ppm ในย่านที่พักอาศัย และ 10-20 ppm ที่สี่แยกที่มีการจราจรหนาแน่นมาก เนื่องจากสารเหล่านี้มีช่วงของการดูดกลืนแสงที่ส่วนหนึ่งซ้อนทับกันของ CO ดังนั้นมีความจำเป็นต้องพยายามลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการซ้อนทับนี้ โดยวิธีที่เหมาะสม ในการกำจัดการรบกวนเช่นนี้ จาก CO_2 และ H_2O เครื่องวิเคราะห์แบบนี้จะใช้ตัวกรองแสงที่เป็นของแข็ง ซึ่งมีคุณสมบัติในการตัดแสงได้คมและปล่อยให้แสงอินฟราเรดเฉพาะในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการผ่าน

2.5 การวัดไฮโดรคาร์บอนอย่างต่อเนื่อง (วิธีก๊าซโครมาโตกราฟ)

จุดประสงค์ของการวัดความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนในอากาศแวดล้อมคือ การติดตามพฤติกรรมในฐานะมลสารปฐมภูมิ ซึ่งร่วมทำปฏิกิริยากับ NO_x แล้วเกิดเป็น Photochemical Smog อย่างไรก็ตามอากาศแวดล้อมจะมีมีเธนที่เกิดจากธรรมชาติประมาณ 1 ppm เสมอ ซึ่งไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา Photochemical ดังนั้นจะต้องหักลบปริมาณของมีเธนออกจากความเข้มข้นรวมเพื่อให้ได้ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ใช่มีเธน (Non-Methane Hydrocarbons หรือ NMHC) ด้วยเหตุนี้ ตัวอย่างอากาศจะถูกแบ่งเป็นสองสาย สายหนึ่งส่งตรงเข้าเครื่องตรวจจับการอิออไนเซชันในเปลว (Flame Ionization Detector หรือ FID) เพื่อวัดความเข้มข้นรวมของไฮโดรคาร์บอน(Total Hydrocarbon หรือ THC) ส่วนอีกสายหนึ่งจะส่งเข้าคอลัมน์ของเครื่องโครมาโตกราฟ Chromatograph Column) เพื่อแยกมีเธนออกจาก NMHC แล้วจึงวัดความเข้มข้นของมีเธนที่แยกได้โดยใช้ FID ผลต่างระหว่างความาเข้มข้นของ THC และของมีเธน ก็คือความเข้มข้นของ NMHC ซึ่งจะแสดงเป็นค่าสมมูลของโพรเพน (Propane Equivalent) ในหน่วย ppm ของคาร์บอน (ppm C)

FID สามารถตรวจวัดความเข้มข้นของ THC และของมีเธนในช่วง 0-1 ppm อย่างไรก็ตาม ช่วงที่นิยมใช้ในการวัดอากาศแวดล้อมคือ ช่วง 0-5ppm หรือ 0-10 ppm

2.6 การวัดออกซิแดนต์อย่างต่อเนื่อง (วิธีโพแทสเซียมไอโอไดด์เป็นกลาง)

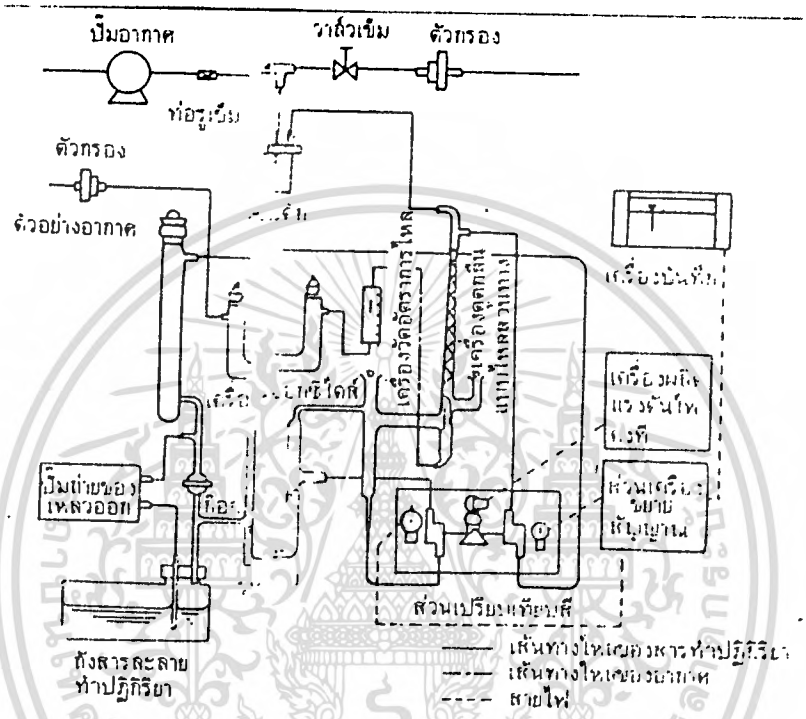
วิธีหนึ่งที่ใช้วัดความเข้มข้นของออกซิแดนต์ (Oxidant) ในอากาศอย่างต่อเนื่องคือ วิธีดูดกลืนแสง ซึ่งใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เป็นกลาง โอโซนและสารออกซิไดส์อื่น ๆ ที่มีอยู่ในอากาศจะทำปฏิกิริยากับอิออนของไอโอไดด์แล้วปลดปล่อยเป็นไอโอดีน ดังสมการต่อไปนี้

$$2KI + H_2O + O_3 \text{ --------> } 2KOH + O_2 + I_2$$

ความเข้มของสีเหลืองของไอโอดีนในสารละลายทำปฏิกิริยาจะวัดโดยใช้ลำแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 365 nm แล้วหาอัตราส่วนที่ลำแสงนี้ถูกดูดกลืนโดยสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีอยู่ในอากาศจะลดปริมาณไอโอดีน ที่เกิดจากปฏิกิริยาข้างต้น ทำให้ค่าของออกซิแดนต์ที่วัดได้ค่าน้อยกว่าความเป็นจริง ดังนั้นจึงต้องกำจัดออกล่วงหน้า โดยการส่งตัวอย่างอากาศผ่านสารออกซิไดส์ เช่น แผ่นกรองที่ฝังหรืออม (Impregnate) โครมิคออกไซด์ (Chromic Oxide)



ภาพที่ 2.11 ไดอะแกรมของเครื่องติดตามวัดไฮโดรคาร์บอน

ในกรณีเครื่องวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องที่แสดงในภาพที่ 2.11 ตัวอย่างอากาศและสารละลายทำปฏิกิริยาจะถูกส่งสวนทางไปสัมผัสกันในเครื่องดูดกลืนในอัตราที่คงที่ โดยอาศัยปั๊มของแต่ละตัว เครื่องดูดกลืนแบบไหลสวนทางทำด้วยท่อแก้วเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 100 mm. ซึ่งภายในบรรจุหลอดแก้วเล็กที่ขดไว้ประมาณ 100 รอบ

สารละลายทำปฏิกิริยาที่ติดสีจะไหลเข้าเซลล์วัดเพื่อวัดความเข้มของสี โดยใช้ลำแสงความยาวคลื่น 365 nm สารละลายทำปฏิกิริยาที่ใช้แล้ว จะไหลผ่านชั้นกรองของแอกติเวตด์คาร์บอน (Activated Carbon) เพื่อกำจัดไอโอดีนออก สารละลายที่ไล่ไอโอดีนออกแล้วจะถูกส่งกลับไปใช้งานใหม่อย่างต่อเนื่อง สารละลายทำปฏิกิริยาที่เตรียมขึ้นใหม่จะสามารถใช้ในการวัดอย่างต่อเนื่องได้นานประมาณ 1 เดือน ช่วงวัดค่าที่ใช้คือ 0-0.5 ppm เมื่ออัตราการไหลของตัวอย่างอากาศเท่ากับ 3 l/min และของสารละลายทำปฏิกิริยาเท่ากับ 3 ml/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การวัดสารอนุภาคแขวนลอยอย่างต่อเนื่อง

ฝุ่นในอากาศสามารถจำแนกกว้าง ๆ เป็นสองประเภทคือ สารอนุภาคแขวนลอย (suspended particulate matter) และฝุ่นตก (dust fall) ฝุ่นตกประกอบด้วยอนุภาคหยาบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตกออกจากอากาศได้ง่าย ส่วนสารอนุภาคแขวนลอยจะประกอบด้วยอนุภาคละเอียด (fine particles) เป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีแนวโน้มที่จะลอยว่อนในอากาศเป็นเวลานาน และเป็นมลสารในอากาศที่สำคัญมากที่สุดตัวหนึ่งร่วมกับ SO_2 ปริมาณของสารอนุภาคแขวนลอยในอากาศจะแสดงในหน่วยน้ำหนัก(มวล) ต่อปริมาตรอากาศ แต่น้ำหนักของสารอนุภาคแขวนลอยมีน้อยเกินกว่าที่จะชั่งวัดได้โดยตรง ดังนั้นการวัดอย่างต่อเนื่องจะใช้คุณสมบัติหรือปริมาณเชิงกายภาพอย่างอื่นแทนการชั่งน้ำหนักโดยตรง อย่างไรก็ดีในระยะหลัง ได้มีการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ น้ำหนักเชิงปิเอโซอิเล็กตริก (pie-electric) เพื่อหาน้ำหนักจำนวนน้อยมาก ๆ ได้

หลักการวัดสารอนุภาคแขวนลอยในอากาศอย่างต่อเนื่องมี 2 วิธีคือ

ก. การวัดความหนาแน่นเชิงแสงของจุด (spot optical density measurement)

สารอนุภาคแขวนลอยจะถูกเก็บรวบรวมบนกระดาษกรองหรือของทำนองเดียวกันแล้ววัดความหนาแน่นเชิงแสงของจุดของสารอนุภาคที่เกิดขึ้นบนกระดาษกรองโดยการวัดลดความสว่างของแสงที่ส่องผ่านจุดและกระดาษกรอง เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบเทป (tape air sampler) จะวัดน้ำหนักรวมของสารอนุภาคแขวนลอย ทั้งหมดส่วนเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบตัวกรองอิมแพคเตอร์(impactor filter air sampler)จะวัดเฉพาะน้ำหนักรวมของอนุภาคที่ละเอียดกว่า 10 ไมครอน

ข. โฟโต้เมตรีของการกระจายแสง (light-soattering photometry)

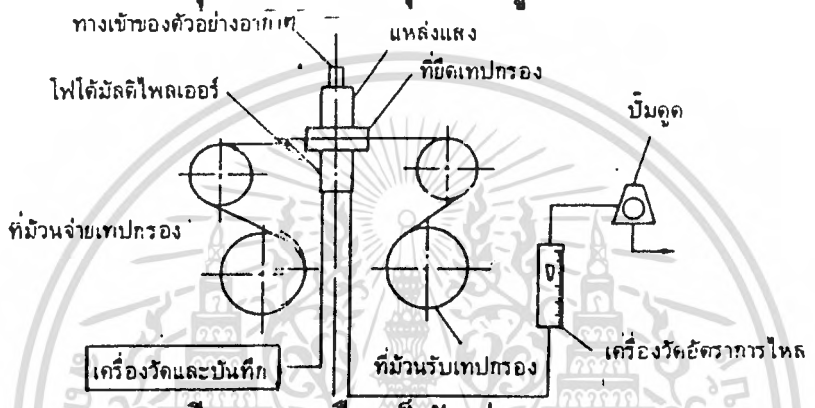
ลำแสงจะส่องไปที่ตัวอย่างอากาศที่ไหลอยู่ เพื่อวัดปริมาณของสารอนุภาคแขวนลอยโดยการวัดความเข้มของแสงที่ถูกกระจาย โดยอนุภาคแขวนลอยที่มีอยู่ในอากาศ เครื่องวิเคราะห์แบบนี้มีชื่อว่าเครื่องวิเคราะห์ฝุ่น โดยการกระจายแสง (light-scattering dust analyzer)

การทำงานของเครื่องวัดสารอนุภาคแขวนลอยอย่างต่อเนื่องที่กล่าวถึงข้างต้น และของเครื่องตรวจวัดมวลเชิงปิเอโซอิเลคตริก ซึ่งเป็นของที่พัฒนาขึ้นใหม่ สำหรับน้ำหนักปริมาณน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบเทป

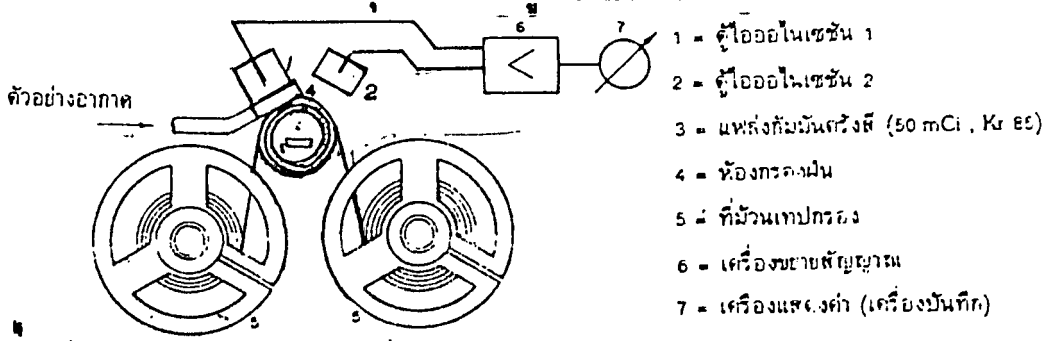
ภาพที่ 2.12 แสดงไดอะแกรมของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบเทป ตัวอย่างอากาศจะไหลผ่านเทปที่ทำจากกระดาษกรองในอัตราการไหล 10 l/min และฝุ่นทั้งหมดในอากาศจะถูกจับไว้บนเทปกรอง จุดของฝุ่นบนเทปกรองจะถูกส่งด้วยลำแสงเพื่อวัด ปริมาณของแสงที่ส่องทะลุโดยใช้เครื่องโฟโต้มัลติไพลเออร์ (photomultiplier) ปริมาณแสงที่ส่องทะลุจะสัมพันธ์กับความหนาแน่น เชิงแสงของจุดบนกระดาษกรอง ซึ่งจะแปรเปลี่ยนตามความเข้มข้น ของสารอนุภาคแขวนลอย (ฝุ่น) ที่มีอยู่ในตัวอย่างอากาศ



ภาพที่ 4.14 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบเทป

สิ่งที่ควรจำไว้คือ ความหนาแน่นเชิงแสง(optical density)ของจุดจะไม่ผันแปรเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของเชิงมวลสารของอนุภาคแขวนลอย ถ้าขนาด รูปร่าง สี และลักษณะผิวของอนุภาคเหล่านี้ไม่เหมือนกับของอนุภาคที่ใช้สอบเทียบ (calibrate) ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเชิงแสงกับความเข้มข้นของสารอนุภาค ด้วยเหตุนี้ในระยะหลังจึงได้มีการพัฒนาวิธีที่ประเมินมวลของสารอนุภาคที่กรองยากได้ดีกว่าโดยใช้รังสี (เบต้า)

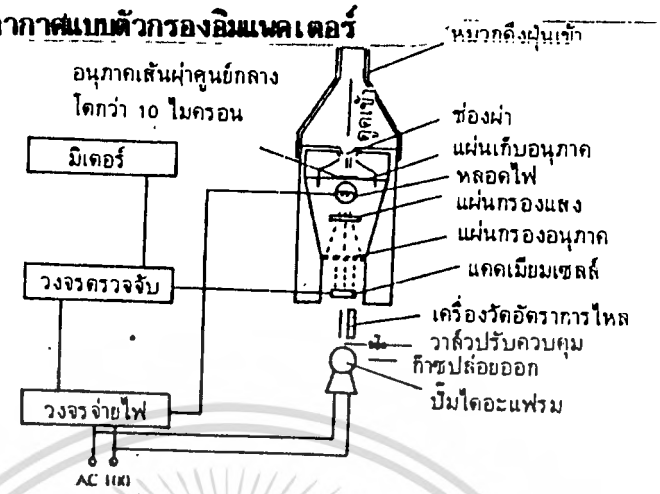
ภาพที่ 2.13 แสดงไดอะแกรมของเครื่องเก็บตัวอย่าง อากาศแบบเทปซึ่งใช้รังสีในการวิเคราะห์มวลที่เทปกรองจับได้ ในเครื่องแบบนี้ แหล่งรังสี จะอยู่ด้านหนึ่งของเทปกรองส่วนเครื่องตรวจจับรังสีจะอยู่อีกด้านหนึ่งปริมาณรังสี ที่ลดน้อยลงหลังจากวิ่งผ่านจุดบนเทป จะแปรผันตามมวลของสารอนุภาคที่เกาะอยู่บนเทปกรอง



ภาพที่ 2.13 ไดอะแกรมของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบเทป (วัดด้วยรังสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบตัวกรองอิมแพคเตอร์



ภาพที่ 2.14 ไดอะแกรมของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แบบไส้กรองอิมแพคเตอร์

เครื่องวิเคราะห์แบบนี้ ซึ่งแสดงไดอะแกรมอยู่ในภาพที่2.14จะใช้ระบบอิมแพคเตอร์เพื่อคัดแยกอนุภาคฝุ่นในอากาศที่ละเอียดกว่า 10 ไมตรอน ออกจากอนุภาคใหญ่กว่า เพราะอนุภาคละเอียดกว่า 10 ไมครอนเป็นสิ่งที่ควบคุมมาตรฐานสิ่งแวดล้อมในประเทศญี่ปุ่นปัจจุบัน หลักการของอิมแพคเตอร์ คือการเก็บฝุ่นเชิงแรงเฉื่อย(inertial dust collection) ตัวอย่างอากาศจะถูกดูดผ่านช่องผ่า(slit) เพื่อจัดทิศทางการไหลแล้วพุ่งไปชนแผ่นเก็บรวบรวมอนุภาคหยาบ ซึ่งวางตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศ อนุภาคหยาบกว่า 10ไมครอนจะถูกคัดแยกออกจากกระแสอากาศเพราะมีความเฉื่อยมากกว่าอนุภาคละเอียด จากนั้นอนุภาคละเอียดจะไหลลงพร้อมกับก๊าซ และถูกกรองออกที่เทปกรอง ซึ่งวางอยู่ใต้แผ่นเก็บอนุภาคหยาบ ความหนาแน่นเชิงแสงของจุดบนเทปกรองสามารถวัด ได้โดยวิธีเดียวกับกรณีของเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศออกเทป

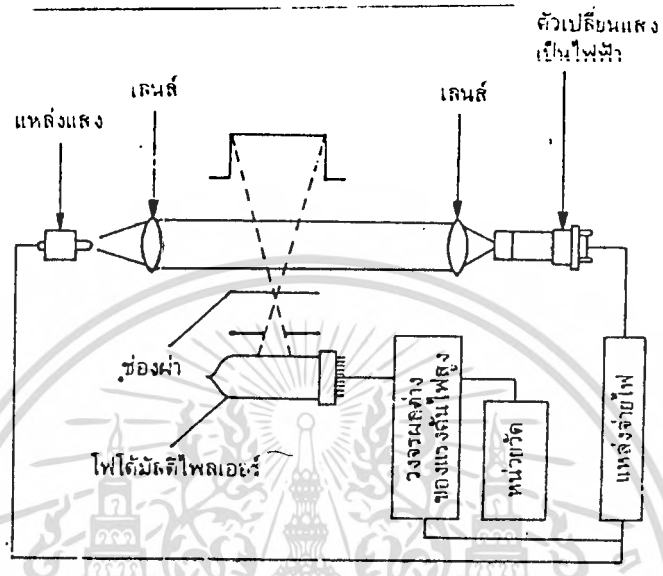
3) เครื่องวิเคราะห์ฝุ่นแบบกระจายแสง

หลักการทำงานของเครื่องวิเคราะห์แบบนี้คือ ปริมาณของแสงที่กระจายโดยอนุภาคฝุ่นจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับปริมาณของฝุ่น ถ้าคุณสมบัติเชิงกายภาพของฝุ่น (คุณสมบัติสะท้อนแสง (reflectivity) ขนาด รูปร่าง ความถ่วงจำเพาะ สี และอื่น ๆ) เหมือนกัน

ภาพที่ 2.15 แสดงไดอะแกรมของเครื่องวิเคราะห์ฝุ่น แบบกระจายแสงส่วนหนึ่งของตัวอย่างอากาศ ที่ถูกดูดเข้าโดยพัดลมจะไหลผ่านช่องเก็บตัวอย่างเข้าห้องมืด ภายในเครื่องตรวจจับภายในห้องมืดตัวอย่างอากาศนั้น จะถูกส่องด้วยลำแสงเพื่อวัดปริมาณของแสงที่ถูกกระจายโดยอนุภาคในอากาศ โดยการวัดกระแสโฟโต้อิเลคตริก (photoelectric

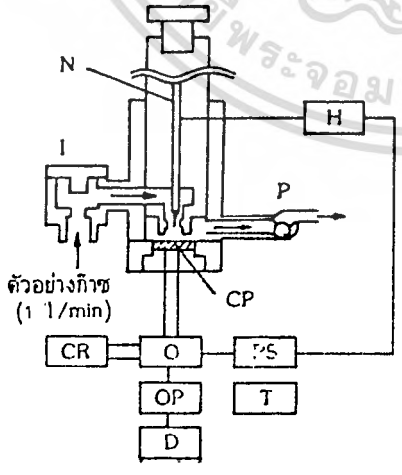
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

current) ที่เกิดขึ้นใน phototube ปริมาณของกระแสโฟโต้อิเลคตริกที่เกิดขึ้นจะแปรผันเป็นสัดส่วนกับปริมาณแสงที่ถูกกระจาย ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นในอากาศ



ภาพที่ 2.15 ไดอะแกรมของเครื่องวิเคราะห์ฝุ่นแบบกระจายแสง

4) เครื่องตรวจวัดมวลแบบปิเอโซอิเล็กตริก



I : อิมแพคเตอร์
N : ขั้วไฟฟ้า (electrode) รูปเข็ม
CP: ผลึกควอร์ตซ์ปฐมภูมิ
CR: ผลึกควอร์ตซ์อ้างอิง
H : แหล่งแรงดันสูง
O : เครื่องกวัดแกว่ง - เครื่องผสม
OP: วงจร Op. Amp.
D : วงจรดิจิทัล
PS: แหล่งจ่ายไฟ
T : เครื่องจับเวลา (timer)

ภาพที่ 2.16 ไดอะแกรมของเครื่องตรวจวัดมวลแบบปิเอโซอิเล็คตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.16 แสดงไดอะแกรมของเครื่องวิเคราะห์มวลแบบปิเอโซอิเล็กตริก ในเครื่องวิเคราะห์แบบนี้ อนุภาคแขวนลอยในกระแสอากาศที่เก็บตัวอย่างจะเกาะติดบนแผ่นผลึกควอร์ตซ์ที่แกว่งกวัด (oscillating quartz crystall) ซึ่งเคลือบด้วยฟิล์มบางๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมและคงสงวนอนุภาค ความถี่เรโซแนนต์ (resonant frequency) ของแผ่นผลึกนี้จะลดลงเป็นเส้นตรง กับมวลของวัสดุที่เกาะอยู่บนแผ่นผลึก ค่าความถี่เรโซแนนต์ที่เปลี่ยนไปนี้สามารถวัดได้โดยวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะส่งสัญญาณออกเป็นสัดส่วนกับปริมาณมวลที่เกาะอยู่

ในปัจจุบัน ยังมีข้อจำกัดในแง่ที่ว่ามีความจำเป็นต้องทำความสะอาดแผ่นผลึก เมื่อมวลที่เกาะติดมีมากกว่าปริมาณหนึ่ง ในประเทศญี่ปุ่น เครื่องวิเคราะห์แบบนี้ได้รับอนุมัติ ให้เป็นเครื่องวัดมาตรฐานสำหรับสารอนุภาคในอากาศแวดล้อม เนื่องจากมีขนาดกระทัดรัดและมีความสามารถตอบสนองค่าได้รวดเร็วเครื่องวัดแบบนี้ได้ถูกติดตั้งบนเครื่องบินเพื่อตรวจสอบวัดสารอนุภาคในลำควันจากปล่อง(plume)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

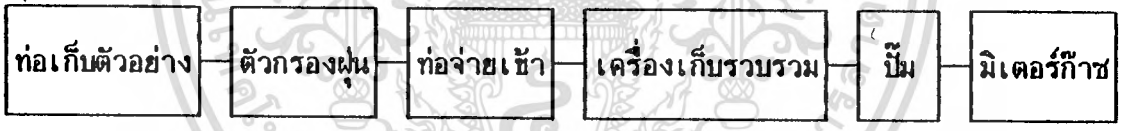
การวัดที่แหล่งเกิดมลภาวะ

วิธีเก็บตัวอย่างก๊าซ

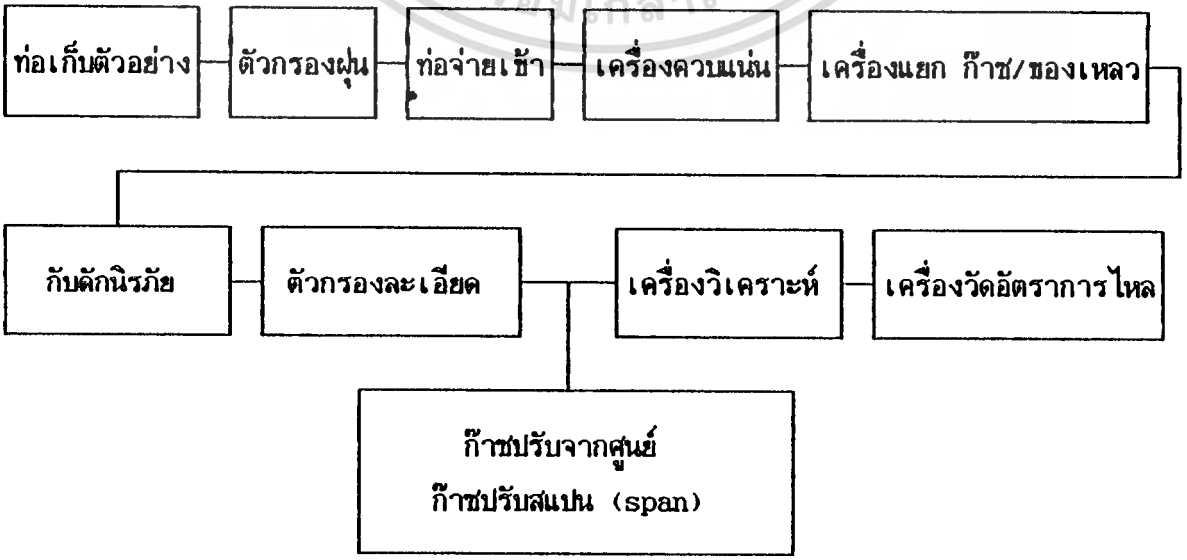
มลสารก๊าซในอากาศ ซึ่งปล่อยออกจากกระบวนการผลิต และอุปกรณ์สันดาปเชื้อเพลิงมีประเภทต่างๆมากมายและมีความเข้มข้นในช่วงกว้างมาก ตั้งแต่จากหลายเปอร์เซนต์จนถึงระดับ ppm.(parts per million) นอกจากนี้องค์ประกอบและความเข้มข้นของมลสารก๊าซเหล่านี้ ยังแปรเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็วตามเวลา โดยขึ้นกับเงื่อนไขของการปฏิบัติการ ในบางกรณีมลสารก๊าซเหล่านี้จะถูกปล่อยทิ้งรวมกันออกจากปล่องควันหรือปล่องระบาย และในกรณีอื่นจะแพร่กระจายอย่างไม่มีกฎเกณฑ์ ออกจากช่องเปิดด้านบนของตัวอาคาร ดังนั้นจึงต้องคิดหามาตรการเก็บตัวอย่างที่เหมาะสมกับแต่ละกรณีโดยพยายามให้ตัวอย่างอากาศที่เก็บได้เป็นตัวแทน ที่ถูกต้องของแหล่งเกิดมลสารนั้น

อนึ่ง ในกรณีของอาคารที่ถ่ายเทอากาศอย่างธรรมชาติ จะต้องวางเรียงจุดเก็บตัวอย่างหลายจุดตลอดความยาวทั้งหมดของอาคาร จุดเหล่านี้ต้องได้รับการปกป้องจากสภาวะดินฟ้าอากาศด้วย

(i) ในกรณีที่ใช้ลวดดูดกลืน



(ii) ในกรณีที่ใช้เครื่องวิเคราะห์อย่างต่อเนื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ A: ท่อเก็บตัวอย่างก๊าซ(ยาว 1,000 ถึง 2,000 mm. เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 mm.)

B: ตัวอะแดปเตอร์ (adapter)

C: วัสดุกรอง

D: ฉนวนความร้อน

E: ขวดดูดกลืน (มีแผ่นกรองด้านบน G_2 : ปริมาตร 150 ถึง 250 ml.)

F: ใยแก้วกรอง (G_4)

G: หอทำก๊าซแห้ง (อนุภาคซิลิก้า เจล)

H: ก๊อกปรับอัตราการไหล

I: ปั๊มดูดเข้าที่วางในที่ปิด (5 /min.)

J: เทอร์โมมิเตอร์

K: เกจ์วัดความดัน

H: มิเตอร์ก๊าซแบบเปียก (แบบหมุน)

M: ก๊อกสามทาง

N: ขวดล้างเวลาไหลลัดผ่าน (เหมือนกับ E)

O: ท่อยางซิลิโคน

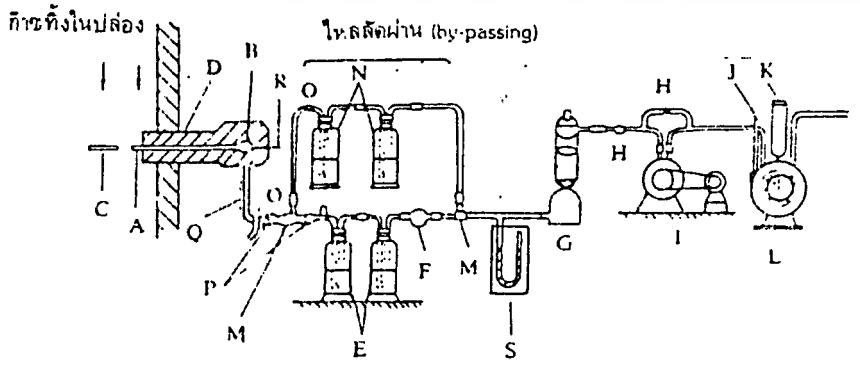
P: ท่อต่อแก้วทรงกลม

Q: เครื่องทำให้ร้อน

R: เทอร์โมมิเตอร์

S: มาโนมิเตอร์ปรอท

ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างของแผนผังของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างก๊าซ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ดังที่ระบุไว้ใน "กฎหมายพื้นฐาน" มาตรฐานของคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีตั้งแต่ไว้เพื่อปกป้องสุขภาพและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ประชาชนอยู่อาศัย และเพื่อเป็นเป้าหมายที่การบริหารสภาวะแวดล้อมควรบรรลุ

มลสาร	เงื่อนไข		ระยะเวลาที่บรรลุเป้า	วิธีการวัด	หมายเหตุ
	สัมฤทธิ์	ค่ามาตรฐาน			
SO_2	ค่าของหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 0.1 ppm.	โดยหลักการ ภายใน 5 ปี	วิธีวัดความนำไฟฟ้าของสารละลาย	
	ค่าเฉลี่ยประจำวันของค่าหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 0.04 ppm.			
CO	ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมงของค่าหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 20 ppm.	บรรลุเป้าให้เร็วที่สุดที่ทำได้	Non-dispersive infrared analyzer	
	ค่าเฉลี่ยประจำวันของค่าหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 10 ppm.			
สารอนุภาคแขวนลอย	ค่าหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 0.20 mg/m^3	บรรลุเป้าให้เร็วที่สุดที่จะทำได้	วิธีหาน้ำหนักและความเข้มข้นโดยการเก็บด้วยไส้กรอง หรือวิธีกระจายแสง (light-scattering) ซึ่งให้ค่าวัดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับวิธีแรก	สารอนุภาคแขวนลอย หมายถึง อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน
	ค่าเฉลี่ยประจำวันของค่าหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 0.10 mg/m^3			
NO_2	ค่าเฉลี่ยประจำวันของค่าหนึ่งชั่วโมง	0.04 - 0.06 ppm.	(1) เขตใด ๆ ที่มีค่ามาตรฐานสูงกว่า 0.06 ppm. ควรบรรลุค่าคุณภาพมาตรฐานของอากาศรอบ ๆ ภายใน 7 ปี (2) เขตที่มีค่ามาตรฐาน 0.04 - 0.06 ppm. ควรรักษาสภาพปัจจุบันหรือสภาพที่ไม่เลวร้ายกว่าสภาพปัจจุบันไว้	วิธีดูดกลืนแสง (light absorption) โดย Saltzman reagent	
Photochemical oxidant	ค่าหนึ่งชั่วโมง	ต่ำกว่า 0.06 ppm.		วิธีดูดกลืนแสงไอโอดีนโดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์เป็นตัวกลาง หรือ coulometric method	Photochemical oxidant หมายถึง สารอนุพันธ์ของออกซิเจนที่เกิดจากปฏิกิริยา photochemical (ในรวม NO_2 ในกรณีที่ใช้ปริมาณ KI ที่ระบุไว้ในวิธีวัดมาตรฐานของ KI เป็นตัวกลาง)

นั่นคือ มาตรฐานนี้เป็นรากฐานของค่าการควบคุมที่กำหนดโดยกฎหมายป้องกันมลภาวะต่าง ๆ ตาราง 2.2 รวบรวมคุณภาพอากาศรอบ ๆ ของประเทศญี่ปุ่น ตาราง 2.3 รวบรวมคุณภาพมาตรฐานของคุณภาพอากาศของประเทศอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3 มาตรฐานของคุณภาพอากาศรอบ ๆ ในประเทศต่าง ๆ

SO_2 (ppm)

ประเทศ	1 ชั่วโมง	1 วัน	1 ปี
แคนาดา		0.06	
ฝรั่งเศส		0.06	
อิตาลี		0.15	
ญี่ปุ่น		0.04	(0.02)
เกาหลีใต้	0.15		0.05
ฟิลิปปินส์	0.30	0.14	
สวีเดน		0.25	
ไต้หวัน	0.3(0.5)*	0.1(0.15)*	0.05(0.075)*
ไทย		0.105**	0.035**
สหรัฐอเมริกา	(0.5)***	0.14	0.03
เยอรมนีตะวันตก			0.05

NO_2 (ppm)

ประเทศ	1 ชั่วโมง	1 วัน	1 ปี
แคนาดา		0.1	
ฟินแลนด์		0.1	
ญี่ปุ่น		0.04-0.06	(0.02-0.03)
ฟิลิปปินส์	0.1		
ไต้หวัน		0.05(0.1)*	
ไทย	0.15**		
สหรัฐอเมริกา			0.05
เยอรมนีตะวันตก			0.05

อนุภาคแขวนลอย ($\mu g/m^3$)

ประเทศ	1 ชั่วโมง	1 วัน	1 ปี
แคนาดา		120	
ฟินแลนด์		150	
ฝรั่งเศส		350	
อิตาลี		300	
ญี่ปุ่น	200	100	
ฟิลิปปินส์	250	180	
ไต้หวัน			140(160)*
ไทย			100**
สหรัฐอเมริกา		260****	75

* ตัวเลขในวงเล็บ สำหรับเขตอุตสาหกรรม

** ตัวเลขที่เสนอขึ้น

*** ค่าเฉลี่ยของ 3 ชั่วโมง สำหรับมาตรฐานทุติยะ

**** 150 สำหรับมาตรฐานทุติยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎหมายควบคุมมลภาวะอากาศของประเทศไทย

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2518 ได้กำหนดให้มีคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ซึ่งมีอำนาจหน้าที่ต่าง ๆ เกี่ยวกับการส่งเสริมและอนุรักษ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น การกำหนดมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ในด้านมลภาวะอากาศสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และกระทรวงทบวงกรมที่รับผิดชอบ ได้ดำเนินการเกี่ยวกับมาตรฐานคุณภาพอากาศต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

ตาราง 2.4 รวบรวมค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทยซึ่งมีประกาศไว้ในราชกิจจานุเบกษา ตอนที่ 197 (1 ธ.ค. 2524) หน้า 4322-4323 อนึ่ง ราชกิจจานุเบกษา ฉบับเดียวกัน (หน้า 4297-4300) ยังได้กำหนดวิธีการวัดคุณภาพอากาศซึ่งอ้างอิงไว้ในตาราง 2.4 ด้วย

ตาราง 2.4 พิกัดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (ธันวาคม 2524)

ชนิดของมลสาร	ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ชม. ไม่เกิน	ค่าเฉลี่ยในเวลา 8 ชม. ไม่เกิน	ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชม. ไม่เกิน	ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี ไม่เกิน	วิธีการวัด
	หน่วย mg/Nm^3				
คาร์บอนมอนอกไซด์	50	20	—	—	Non-dispersive infrared detection.
ไนโตรเจนออกไซด์	0.32	—	—	—	Gas phase chemiluminescence
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	—	—	0.30	0.10*	Pararosaniline
อนุภาคแขวนลอยรวม	—	—	0.33	0.10*	Gravimetric
Photochemical oxidants (Ozone)	0.20	—	—	—	Chemiluminescence
ตะกั่ว	—	—	0.01	—	Wet ashing

* ค่าเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (geometric mean)

2. มาตรฐานอากาศเสียจากยานยนต์

ในปี 2523 กรมตำรวจได้ออกประกาศเจ้าพนักงานจราจรทั่วราชอาณาจักร เรื่อง การใช้เครื่องวัดควันและเสียงดังของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ลงวันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2523 ซึ่งสรุปใจความได้ว่า เมื่อรถหยุดกับที่และเมื่อเร่งเครื่องพอสมควร ควันที่ออกมาจากท่อไอเสียของรถต้องมีค่าทดสอบเฮม่าไม่เกินร้อยละ 40 ของเครื่องวัดควันระบบบ๊อช (Bosch Smoke Meter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนึ่ง สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ปรับปรุงมาตรฐานและวิธีการวัดอากาศเสียจากรถยนต์ โดยปรับปรุงวิธีการวัดค่าควันดำ และเพิ่มการกำหนดค่ามาตรฐานและวิธีการวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังนี้

ก. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานค่าควันดำและค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ยินยอมให้ระบายออกจากท่อไอเสียของรถยนต์ (ประกาศ ณ วันที่ 14 ธันวาคม 2522 ลงในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 97 ตอนที่ 35 ลงวันที่ 4 มีนาคม 2523 หน้า 736-737) ได้กำหนดว่าค่าควันดำของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลต้องไม่เกินร้อยละ 40 ของเครื่องวัดระบบบ๊อช หรือไม่เกินร้อยละ 52 ของเครื่องวัดระบบฮาร์ทริดจ์ (Hartridge) และว่าค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินต้องไม่เกินร้อยละ 6 ของเครื่องวัดระบบ Non-Dispersive Infrared Detection

ข. ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน เรื่องกำหนดวิธีการวัดไอเสียจากท่อไอเสียของรถยนต์ (ประกาศ ณ วันที่ 14 ธันวาคม 2522 ลงในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 97 ตอนที่ 35 ลงวันที่ 4 มีนาคม 2523 หน้า 715-719) ได้กำหนดวิธีการตรวจสอบควันดำ และวิธีการวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียของรถยนต์เมื่อรถยนต์จอดอยู่กับที่ และเมื่อแล่นอยู่บนเส้นทางเดินรถ เพื่อเป็นแนวทางในการยึดถือปฏิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.5 มาตรฐานค่าควันดำและค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ยินยอมให้ระบายออกจากท่อไอเสียของรถยนต์ (๒๕๒๓)

Black Smoke and Carbon Monoxide Emission Standards from Motor Vehicle (1980)

สารมลพิษ Pollutants	ระบบเครื่องมือ Measuring System	ค่ามาตรฐาน Emission Standard	สรุปวิธีการตรวจวัด Summary of Measuring method	หมายเหตุ Remarks
ควันดำ Black Smoke	บอช Bosch หรือ or	40%	๑. ขณะรถไม่มีภาระ เร่งเครื่องให้มีความเร็วสามในสี่ส่วนของความเร็วรอบสูงสุด 1. No-load acceleration at 3/4 of the maximum rotating speed.	๑. ใช้ค่าสูงสุดของการวัด ๒ ครั้ง 1. Maximum value of the two measurements
	ฮาร์ทริดจ์ Hartridge	52%	๒. หากตรวจวัดบนเครื่องทดสอบเครื่องยนต์ อยู่ในสภาพภาระสูงสุด เร่งเครื่อง ๖๐% ความเร็วรอบสูงสุด 2. On test bench, running with full-load at 60% of the maximum rotating speed	๒. ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัดสองครั้ง 2. Averaged value of the two measurements
คาร์บอนมอนอกไซด์ Carbon Monoxide	นันดีสเปอร์ซีพ อินฟราเรด ดีเทคชั่น Non-dispersive infrared detection	6%	เดินเบาอยู่กับที่ Idling	ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัด ๒ ครั้ง Averaged value of the two measurements

หมายเหตุ ในปี ๒๕๓๑ มาตรฐานค่าควันดำสำหรับระบบเครื่องมือบอชเปลี่ยนเป็น ๕๐% ตรวจวัดขณะกดคันเร่งอย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง

Remark In 1988, the emission standard for Bosch measuring system will be changed to 50% at rapid acceleration under no-load condition to maximum rotating speed.

ภาคที่ 3

วิธีการควบคุมมลภาวะอากาศ

3.1 แนวความคิดการควบคุมการลดมลสารในอากาศ

3.2 การเก็บรวบรวมและการกำจัดมลสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวคิดของการควบคุม

การควบคุมมลภาวะมีสองลักษณะ คือ

1. การลดการผลิตมลสารให้น้อยที่สุด และ

2. การกำจัดมลสารที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก โดยทั่วไปควรให้ความสำคัญต่อลักษณะแรกมากกว่า การควบคุมในลักษณะที่สองควรทำเมื่อการควบคุมในลักษณะแรกดีไม่เพียงพอ

การเก็บรวบรวมและการกำจัดมลสาร

โดยทั่วไปการบำบัดก๊าซสันดาปจากเตา และก๊าซทิ้งจากเครื่องจากปฏิกรณ์ กระทำได้ค่อนข้างง่ายเพราะก๊าซเหล่านี้ จะไหลไปยังปล่องโดยผ่านท่อ (ducts) ในทางตรงกันข้าม การกำจัดฝุ่นที่เกิดจากการขน (load) หรือถ่าย (unload) วัสดุผงและผลิตภัณฑ์ผง หรือการบำบัดก๊าซที่หนีเล็ดลอดออกจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำได้ลำบากเพราะก่อนอื่นต้องทำการเก็บรวบรวมก่อนด้วยวิธีที่เหมาะสม ในการนี้วิธีที่มักใช้กันคือการดูดเข้าฮูด (hood) ที่ติดตั้งไว้สำหรับอุปกรณ์แต่ละชิ้น ในบางครั้งก๊าซทิ้งหมดจากทั้งตัว อาคารจะถูกดูดรวบรวม แต่ประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมนี้ โดยทั่วไปจะต่ำ

วิธีการกำจัดมลสารในอากาศอาจแบ่งคร่าว ๆ ได้เป็น 2 ประเภทคือ กระบวนการแห้ง และกระบวนการเปียก ในกรณีของกระบวนการเปียก น้ำหรือสารละลาย ของน้ำที่เหมาะสมจะถูกใช้ในการดักจับอนุภาคหรือดูดกลืนก๊าซอันตราย หน่วยที่ใช้ดูดกลืนมักเป็นสครับเบอร์แบบต่าง ๆ เช่น packed towers (หอที่ใส่ชั้นวัสดุไว้) และสครับเบอร์แบบเวนทูรี (venturi scrubber) ยกตัวอย่างเช่น 90 ถึง 95% ของขี้เถ้าบิน และ SO_2 ที่มีอยู่ในก๊าซทิ้ง จากหม้อไอน้ำที่เผาถ่านหิน สามารถกำจัดออกโดย การสครับด้วยมลสาร (slurry) ของปูนขาว หรือของหินปูน

ในทางตรงกันข้าม ในกรณีของกระบวนการแห้งการบำบัดก๊าซทิ้งจะกระทำโดยไม่ใช้น้ำ ตาราง 3.1 แสดงตัวอย่างทั่วไปของกระบวนการแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.1 ตัวอย่างของกระบวนการแห้ง

มลสาร	อุปกรณ์ / วิธีกำจัด
สารอนุภาค	ไซโคลน เครื่องถุงกรอง เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต
SO_2	การดูดซับบนคาร์บอน
HF	การดูดซับด้วย CaO(หรือ Al_2O_3)
NOx	การรีดิวส์ด้วยตัวเร่งปฏิกริยา (catalytic reduction
กลิ่นเหม็น	การออกซิเดชัน

โดยทั่วไปจะนิยมใช้กระบวนการแห้ง ถ้าต้องการกำจัดเพียงมลสารอนุภาค อนุภาคค่อนข้างหยาบสามารถแยกออกได้โดยใช้ไซโคลน (cyclone) ในขณะเดียวกัน 99% หรือมากกว่าของอนุภาคละเอียดที่เหลือ สามารถกำจัดได้โดยใช้เครื่องถุงกรอง (bag house) หรือเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต

โดยปกติการกำจัดมลสารก๊าซ เช่น SO_2 , H_2S และ NH_3 สามารถทำได้ผลดีกว่าด้วยกระบวนการเปียก อย่างไรก็ตาม ในกรณีนี้ มลสารจะสะสมอยู่ในสารละลายที่ใช้กำจัดมลสารก๊าซทำให้มีความจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำทิ้ง นอกจากนี้ควรมีการติดตั้งเครื่องกำจัดหมอกน้ำค้าง (demister) เพื่อกำจัดหมอกน้ำค้าง และหยดละเอียดของความเหลวที่ออกมาจากเครื่องสครับเบอร์ หลังจากผ่านกระบวนการเปียก อุณหภูมิของก๊าซทิ้งจะลดลงเหลือ 50 ถึง 60

ก๊าซที่บำบัดแล้ว ให้ร้อนขึ้นถึงอีก 80 ถึง 100

กระจาย

กระบวนการเปียก ไม่สามารถกำจัดก๊าซกลิ่นเหม็น ที่เป็นสารประกอบอินทรีย์และก๊าซ NO_x ได้ดีพอ ดังนั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้กระบวนการแห้ง เพื่อทำลายก๊าซเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรวบรวมฝุ่น

1. การวางแผนระบบบำบัดฝุ่น

เมื่อปริมาณของฝุ่น (มลสารอนุภาค) ที่เกิดจากแหล่งผลิตมีค่าเกินกว่า ระดับที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ปล่อยออกเรามีความจำเป็นต้องประยุกต์ใช้วิธีเก็บฝุ่นที่เหมาะสม การเลือกระบบเก็บรวบรวมฝุ่นที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงปัจจัยต่อไปนี้

ก. กระบวนการเก็บรวบรวมฝุ่น

ข. ความต้องการด้านอุปกรณ์

ค. ค่าใช้จ่ายของกระบวนการ

สำหรับหัวข้อ ก. สิ่งที่ต้องศึกษาคือคุณสมบัติ ของฝุ่นที่จะเก็บและลักษณะสมบัติการไหลของก๊าซทิ้ง คุณสมบัติของฝุ่นได้แก่ การกระจายตามขนาดอนุภาค ความหนาแน่น (หรือความถ่วงจำเพาะ) ที่แท้จริงของอนุภาค รูปร่างของอนุภาค คุณสมบัติการติดเกาะ การรวมก้อน (agglomeration) การเสียดสี (abrasion) และคุณสมบัติเชิงไฟฟ้าสถิต คุณสมบัติดูดความชื้น (hygroscopicity) อุณหภูมิติดไฟ และความเข้มข้นในก๊าซ ลักษณะสมบัติของการไหลของก๊าซที่ต้องตรวจสอบในการเลือกเครื่องเก็บฝุ่น คือ อัตราการไหล อุณหภูมิ ความชื้น ฤทธิ์กัดกร่อนกลิ่น ความหนืด คุณสมบัติระเบิดและอื่น ๆ

ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการติดตั้งเครื่องเก็บฝุ่นได้แก่การมีน้ำกระบวนการ(process water)ให้ใช้ในกระบวนการเก็บแบบเปียกหรือไม่ การเก็บความร้อนทิ้งกลับมาใช้การกำจัด (dispose) ฝุ่นที่เก็บรวบรวมได้ การเก็บฝุ่นเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ (by products)และขีดจำกัดด้านตำแหน่งที่ตั้ง หรือพื้นที่ติดตั้ง

ค่าใช้จ่ายของกระบวนการควรรวมทั้งค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าจำกัดของทิ้ง ค่าน้ำกระบวนการ ค่าวัสดุ ค่าบำบัดก๊าซที่เข้าล่วงหน้า ค่าแรงงาน ค่าเบี้ยประกัน และค่าเสื่อมราคา นอกจากนี้ ต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการศึกษาถึงวิศวกรรม ค่าออกแบบหน่วยหลักและหน่วยห่วง ค่างานก่อสร้างและงานวิศวกรรมโยธา ตลอดจนค่าทดสอบการทำงาน ในการประเมินระบบทำความสะอาดก๊าซที่ประหยัดที่สุดและในการเลือกเครื่องเก็บฝุ่นที่เหมาะสมที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.2 การแบ่งประเภทเครื่องเก็บฝุ่น และลักษณะสมบัติ

ประเภทของเครื่องเก็บฝุ่น	อนุภาคขนาดเล็กที่สุดแยกเก็บได้	ความดันสูญเสีย (mmH_2O)	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (°C)	ความเข้มข้นที่ทางเข้า	หมายเหตุ
แบบแรงโน้มถ่วง	20	~15	1,000	~10	ใช้ติดตั้งหน้าเครื่องแบบยื่น
แบบแรงเฉื่อย	20	~50	1,000	~10	ใช้ติดตั้งหน้าเครื่องแบบยื่น
ไซโคลน	1	~200	1,000	~5	โครงสร้างง่ายดาย
แบบถุงกรอง	0.01	~200	250	0.1 ~ 20	ใช้กับก๊าซควบแน่นไม่ได้
แบบชั้นของวัสดุเม็ด	0.1	~300	1,000	0.1 ~ 20	กำลังวิจัยพัฒนาอยู่
แบบสครับเบอร์	0.2	~2,000	-	1 ~100	ต้องมีอุปกรณ์บำบัดน้ำทิ้ง
แบบไฟฟ้าสถิต	0.02	~30	1,000	1 ~ 50	ห้ามใช้กับก๊าซที่ระเบิดได้

เครื่องเก็บฝุ่นที่มีใช้กันในปัจจุบัน สามารถแบ่งประเภทตามกลไก ของการแยกฝุ่นตามตารางที่ 3.2 ในแง่ของสมรรถนะของการเก็บฝุ่นแล้ว เครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter) จะดีเลิศที่สุด แต่เนื่องจากความเร็วของก๊าซ ที่ไหลผ่านถุงกรองต้องมีค่าต่ำมากคือประมาณ 1m/min ดังนั้นเครื่องแบบนี้จึงต้องมีขนาดโตมหึมา ถ้าต้องการบำบัดก๊าซในปริมาณมาก ๆ นอกจากนี้ ก็ยังมีจุดอ่อนเรื่องสู้ก๊าซอุณหภูมิความชื้นสูงไม่ได้ด้วย ด้วยเหตุนี้ปัจจุบันจึงนิยมใช้เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต(electrostatic precipitator) กันมากที่สุดเพราะสามารถบำบัดก๊าซความเร็วสูงและก๊าซอุณหภูมิได้ด้วย ถึงแม้ว่าจะมีลักษณะสมบัติในการเก็บฝุ่นด้อยกว่าเครื่องแบบถุงกรองเล็กน้อย อนึ่งเครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์บางชนิดก็มีสมรรถนะในการเก็บฝุ่นดีเลิศ แต่ในกรณีเช่นนี้ ความดันสูญเสียจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมาก และยังก่อปัญหาเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งหลังจากการเก็บฝุ่นด้วย ดังนั้นในปัจจุบันจึงไม่ค่อยใช้เครื่องแบบนี้ เพื่อจุดประสงค์เก็บฝุ่นเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.3 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ

ประเภท	ข้อดี	ข้อเสีย
เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง	ความดันสูญเสียมีน้อย โครงสร้างง่าย ๆ รักษาง่าย ๆ	ใช้พื้นที่ติดตั้งมาก ประสิทธิภาพต่ำ
เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง	โครงสร้างง่ายบำรุงรักษาง่าย ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อยปล่อยฝุ่นที่เก็บได้ออกอย่างต่อเนื่อง ความดันสูญเสียไม่สูงนักเหมาะกับการเก็บอนุภาคหยาบเหมาะกับก๊าซที่มีภาระของฝุ่นสูงด้วยมีผลกระทบน้อยจากอุณหภูมิของก๊าซ	จำเป็นต้องมีห้องเข้าของก๊าซหลายห้อง ประสิทธิภาพต่ำในการเก็บฝุ่นละเอียดไวต่อการแปรเปลี่ยนของภาระของฝุ่นและอัตราการไหล
เครื่องสครับเบอร์	ดูดกลืนก๊าซและเก็บฝุ่นได้ในขั้นตอนเดียว สามารถลดอุณหภูมิและชะล้างก๊าซอุณหภูมิสูงความชื้นสูงเหมาะกับการกำจัดและทำให้เป็นกลาง(neutralization)ของก๊าซฤทธิ์กัดกร่อนและหมอกน้ำค้าง(mist)มีอันตรายน้อยจากการระเบิดของฝุ่น สามารถควบคุมประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น	มีปัญหาการผุกร่อนและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการกำจัดน้ำทิ้งและการฟื้นสภาพ (regenerrate) ของเหลวที่ใช้บำบัดอันตรายของการแข็งตัวในเขตหนาวจัดแรงลอยตัวของก๊าซลดลงและกำลังของการลอยขึ้นและการกระจายตัวของก๊าซลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำมองเห็นควันขาวของไอน้ำในสภาวะบรรยากาศบางเงื่อนไข
เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต	สามารถบรรลุประสิทธิภาพ99%หรือสูงกว่าเก็บอนุภาคละเอียดได้ประยุกต์ใช้ได้กับกระบวนการแห้งและเปียก ความดันสูงเสียน้อยกว่าและใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องเก็บฝุ่นประสิทธิภาพอื่นต้องการการบำรุงรักษาปานปานกลาง ยกเว้นเวลาบำบัดฝุ่นฤทธิ์กัดกร่อนหรือเหนียวเหนะ มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่าสามารถบำบัดก๊าซอุณหภูมิสูงได้	ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มสูงไวต่อการแปรเปลี่ยนของภาระ ของฝุ่นและอัตราการไหลมีความคุ้มครองทางเศรษฐกิจน้อยกว่าในกรณีของฝุ่นบางประเภทที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูงต้องมีวิธีป้องกันสำหรับไฟฟ้าความดันสูงประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นมีแนวโน้มลดลงทีละนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.3 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ

ประเภท	ข้อดี	ข้อเสีย
ถุงกรอง	เป็นกระบวนการแห้ง ตรวจสอบการทำงานผิดปกติได้ง่ายเก็บอนุภาคละเอียดได้มีประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นสูง	รับผลกระทบมากจากความเร็วในการกรองต้องลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนให้เหลือ 90 ถึง 280 รับผลของความชื้น(เกิดการรวมก้อนของฝุ่นในก๊าซชื้น)
เครื่องเผาภายหลัง (after burner)	กำจัดก๊าซกลิ่นเหม็นได้กำจัดก๊าซติดไฟ และฝุ่นได้พร้อมกันใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย โครงสร้างง่าย ๆ บำรุงรักษาง่ายลดภัยอันตรายจากอัคคีภัย	ค่าใช้จ่ายเดินเครื่องสูง อันตรายจากอัคคีภัย มีประสิทธิผลเฉพาะก๊าซติดไฟและฝุ่น ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มสูง(กระบวนการตัวเร่งปฏิกริยา)ตัวเร่งปฏิกริยาที่ใช้อาจให้ภัยของมลภาวะ จำเป็นต้องฟื้นสภาพตัวเร่งปฏิกริยา

ตาราง 3.3 รวบรวมข้อดีและข้อเสียของเครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะขึ้นกับประเภทของเครื่องที่ใช้ ตารางข้างล่างแสดงค่าประสิทธิภาพทั่วไปที่มักพบเห็น

เครื่องเก็บฝุ่นแบบกรอง	95 ~ 99%
เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต	80 ~ 99.5%
เครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียก	75 ~ 99%
เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง	50 ~ 95%
เครื่องเผาภายหลัง (after burner)	50 ~ 99%

ประสิทธิภาพการเก็บฝุ่นยังขึ้นกับภาระเกิน(over load) ที่ใช้กับเครื่องเก็บฝุ่นและขึ้นกับว่าการบำรุงรักษาทำไว้ดีหรือไม่ตัวเลขที่ให้ไว้ข้างบนควรถือว่าเป็นค่าบอกอย่างหยาบๆ ของประสิทธิภาพแรกเริ่มในการเก็บฝุ่นเมื่อเดินเครื่องเก็บฝุ่นเหล่านี้ในสภาวะปกติ อายุใช้งานของเครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่างๆ คือ 11ปีสำหรับแบบเปียก 15ปีสำหรับแบบมัลติไซโคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(multi-cyclone) 9 ปีสำหรับแบบสครับเบอร์ และ 9 ปีสำหรับเครื่องกรองแบบเส้นใย อย่างไรก็ตาม ในภาคปฏิบัติจริงมักพบกรณีที่อายุใช้งานมีสั้นกว่าที่กล่าวมามาก ดังนั้นเป็นข้อเสนอแนะนำที่ดีที่จะคิดว่าระยะเวลาในภาคปฏิบัติที่แน่ใจได้ว่า ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะน่าพอใจ คือประมาณ 1/2 หรือ 1/3 ของตัวเลขอายุใช้งานข้างต้น สิ่งสำคัญที่ควรจำไว้ให้ดีก็คือ สมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นจะแตกต่างกันได้มากขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นก่อนที่จะตัดสินใจซื้อเครื่องแบบไหนควรตรวจสอบเงื่อนไขการบริการ(ซ่อมแซม)อย่างละเอียดของบริษัทต่ออุปกรณ์ที่คล้ายคลึงกัน

ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษา เครื่องเก็บฝุ่นอาจแปรตามประเภทและเงื่อนไขปฏิบัติการของเครื่องเก็บฝุ่น ตารางที่ 3.4 แสดงสูตรคำนวนค่าใช้จ่ายเหล่านี้ ซึ่งมีเผยแพร่ในสหรัฐอเมริกา ตารางที่ 3.5 แสดงค่าประเมินอย่างคร่าว ๆ ของค่าลงทุนติดตั้งเครื่องเก็บฝุ่นแบบต่าง ๆ ตามปริมาตรของก๊าซที่บำบัด

ตารางที่ ... สูตรคำนวณทั่วไปสำหรับค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษาเครื่องเก็บฝุ่น

ประเภท	สูตรคำนวณทั่วไป
เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง	$G = S\left[\frac{0.7457\ PHK}{6356\ E} + M\right]$
เครื่องสครับเบอร์	$G = S\left[0.7457\ HK\ \left(Z + \frac{Qh}{1980}\right) + WHL + M\right]$
เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต	$G = S\left[JHK + M\right]$
เครื่องเก็บฝุ่นแบบกรอง	$G = S\left[\frac{0.7457\ PHK}{6356\ E} + M\right]$
เครื่องเผาภายหลัง	$G = S\left[\frac{0.7457\ PHK}{6356\ E} + F + M\right]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าในสูตร

G = ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่อง/บำรุงรักษาต่อปี (dollars)

S = ความจุที่ออกแบบของเครื่อง(ปริมาตรจริงของก๊าซ cfm นั่นคือ ลบ.ฟุต/นาที)

P = ความดันสูญเสีย (inch H_2O)

H = ชั่วโมงเดินเครื่องต่อปี (hr)

K = อัตราค่าไฟ (dollars/kW-hr)

E = ประสิทธิภาพของพัดลม (ค่าจริง) (-)

M = ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อปี (dollars/cfm)

F = ค่าเชื้อเพลิงต่อปี (dollars/cfm)

W = ปริมาณของเหลวที่ใส่เข้า

L = ราคาของเหลวที่ใส่เข้า (dollars/gallon)

Z = ประสิทธิภาพในการทำความสะอาด(กำลังทั้งหมดที่ใช้ซึ่งขึ้นกับแรงม้าต่อcfm)

J = ปริมาณการใช้กำลังไฟ (kW/cfm)

h = ระดับน้ำที่ยกขึ้นโดยปั๊มน้ำของเครื่องเก็บฝุ่น (ft)

Q = ปริมาณหมุนเวียนของน้ำ (gallon/cfm)

กระทรวงสาธารณสุขของสหรัฐ ฯ , 1969 , เทคนิคการควบคุมมลสารอนุภาคในอากาศ (เบอร์ 51)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.5 ค่าใช้จ่ายแรกเริ่ม (เงินลงทุน) ของเครื่องเก็บฝุ่น

ประเภท	ค่าใช้จ่ายแรกเริ่ม(หน่วย : 1,000 ดอลลาร์)						
	ปริมาตรของก๊าซที่ต้องการบำบัด (หน่วย : t/min,ปริมาตรที่สภาวะปกติ)						
	2	5	10	15	100	300	500
เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง	0.5	1.2	2.6	15	28	-	-
เครื่องเก็บฝุ่นเชิงกล	-	-	4	13	23	80	-
เครื่องสครับเบอร์	-	7.5	10	30	55	150	-
เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต แบบความดันไฟสูง	-	-	-	85	120	265	415
เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต แบบความดันไฟฟ้าต่ำ	-	1.3	24	105	200	-	-
ผ้ากรอง (อุณหภูมิสูง:280° C)	-	-	30	88	155	430	270
ผ้ากรอง (อุณหภูมิต่ำ:120° C)	-	-	15	45	82	225	375
เครื่องเผาภายหลัง(เปลวไฟตรง)	8.2	12	18	-	-	-	-
ตัวเร่งปฏิกริยา	16	20	29	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 4

ชนิด ประเภท ลักษณะ ส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศ

- การวางแผนการบำบัดฝุ่น
- เครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศชนิดต่าง ๆ
  - 4.1 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง
  - 4.2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย
  - 4.3 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง
  - 4.4 เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์ (แบบเปียก)
  - 4.5 เครื่องเก็บฝุ่นแบบกรอง
  - 4.6 เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

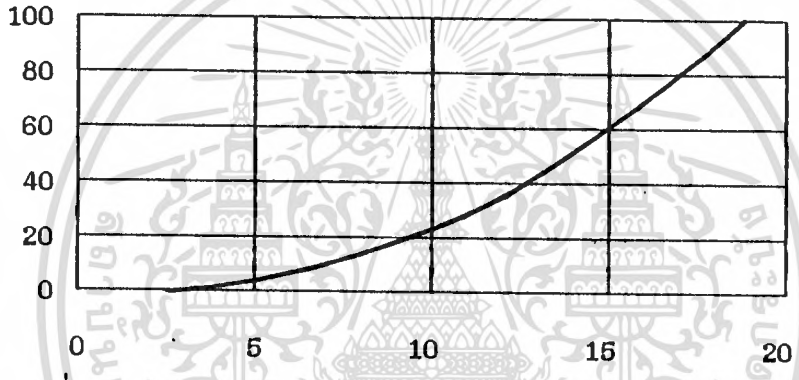
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องฟอกและเครื่องกรองอากาศ ชนิดต่าง ๆ ที่ให้อากาศบริสุทธิ์

4.1 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง

1.กลไกของการเก็บฝุ่น

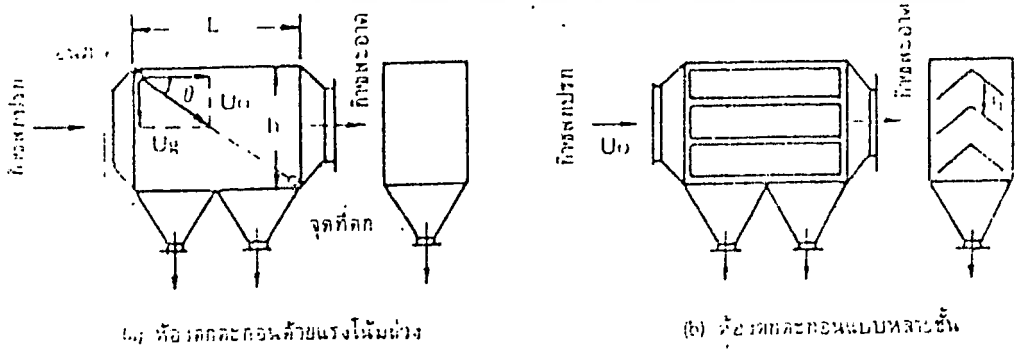
เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง (gravtational dust collector) เป็นอุปกรณ์สำหรับแยกและเก็บอนุภาคฝุ่น โดยอาศัยการตกตัวอย่างธรรมชาติของอนุภาค เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพย่อยกับขนาดอนุภาคสำหรับห้องตกตะกอนแบบผนังขนานด้วยแรงโน้มถ่วง

2.ประเภทโครงสร้าง และหน้าที่

ดังในภาพ 4.2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วงแบ่งออกได้เป็นประเภทห้องตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วง (gravity settling chamber) และประเภทห้องตกตะกอนแบบหลายชั้น (muilti - stage settling chamber) เป็นต้น



(a) ห้องตกตะกอนด้วยแรงโน้มถ่วง (b) ห้องตกตะกอนแบบหลายชั้น

ภาพที่ 4.2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสมบัติของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วงมีดังต่อไปนี้

ก. ถ้าความเร็วของก๊าซยิ่งช้า จะเก็บอนุภาคที่ละเอียดขึ้นได้

ข. ถ้าห้องตกตะกอน ยิ่งยาวและยิ่งสูง ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นยิ่งจะสูง

ค. ถ้าการไหลของก๊าซภายในห้องตกตะกอนยิ่งมีความเร็วสม่ำเสมอ ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นยิ่งจะสูง นั่นคือประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อเกิดการผสมของก๊าซระหว่างที่ไหลอยู่

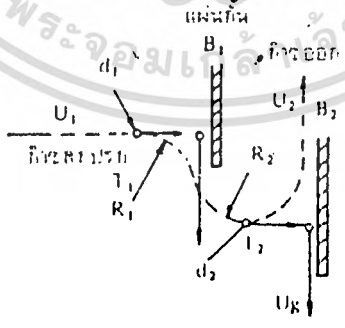
โดยทั่วไป ความเร็วก๊าซที่ใช้จะเป็น 1-2 m/sec ดังนั้น ขนาดของอนุภาคที่จับได้ในภาคปฏิบัติจะโตกว่า 10 ไมครอน และความดันสูญเสียในเครื่องประมาณ 5-10 mm H_2O

4.2 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย

1. กลไกของการเก็บฝุ่น

เมื่อกระแสก๊าซเกิดการเปลี่ยนทิศทางการไหลผ่านอย่างกระทันหัน อนุภาคที่มีความเฉื่อยมากจะไม่สามารถเปลี่ยนเส้นโคจรตามเส้นการไหลของก๊าซได้ทัน เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย(inertial dust collector) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยหลักการนี้ในการเก็บฝุ่น

ภาพที่ 4.3 แสดงกลไกของการแยกอนุภาคเมื่อก๊าซสกปรกไหลตั้งฉากกับแผ่นกั้น (baffle plates) สองแผ่น ในการเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย

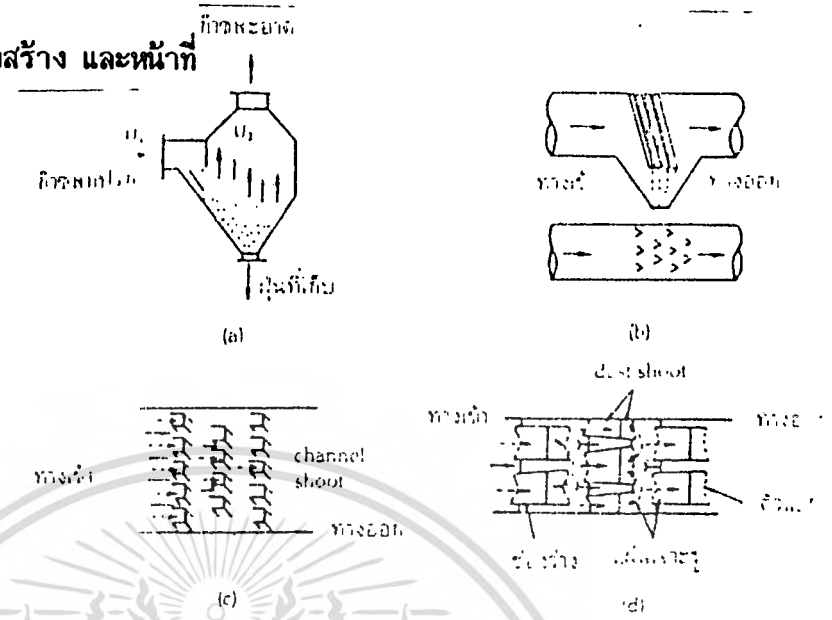


ภาพที่ 4.3 กลไกการแยกอนุภาคโดยการชนและการเปลี่ยนทิศทางการไหลของก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ประเภท โครงสร้าง และหน้าที่

1) ชนิดไหลกระทบ

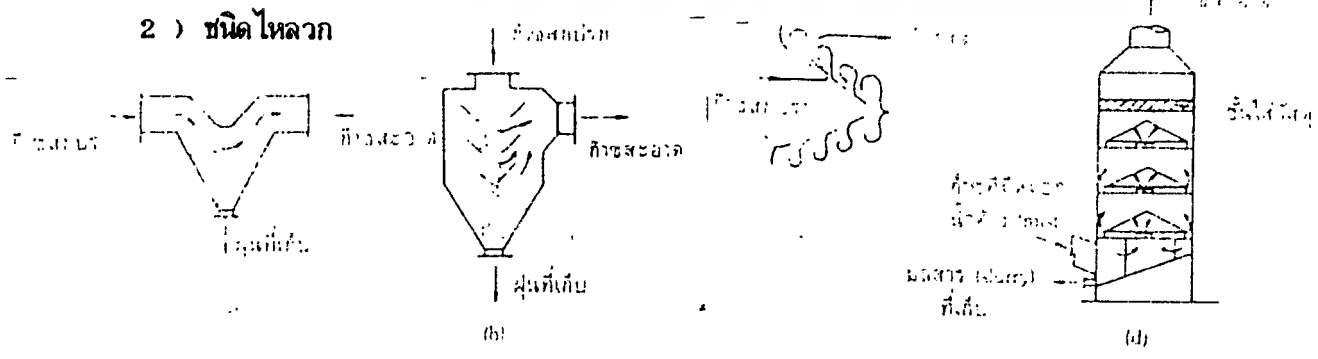


ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อยชนิดไหลกระทบ

ภาพที่ 4.4 แสดงตัวอย่างของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อยชนิดไหลกระทบ(impact type) ในภาพที่ 4.4 แผ่นกั้นของแบบชั้นเดียว(single-stage) (a) และของแบบหลายชั้น (multi-stage) (b) แชนเนล (channel) ของแบบ (c) และหัวฉีด (nozzle) ของแบบ (d) ซึ่งมีการเรียกแบบ (random) ต่างก็ถูกวางเยื้องกัน(zigzag) ในทางผ่านของก๊าซ เมื่อก๊าซไหลปะทะกับแผ่นกั้นแชนเนล หรือหัวฉีดเหล่านี้ฝุ่นที่มีอยู่ในกระแสก๊าซจะถูกแยกออกโดยทั่วไปความดันสูญเสียของแบบหลายชั้นและของแบบแรนดอม จะมีค่าสูงกว่าแบบชั้นเดียว อนึ่งถ้าความดันสูญเสียมีค่ายิ่งมาก ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นยิ่งจะมาก ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นยิ่งจะสูง

ในกรณีที่ใช้แบบแรนดอมในการกำจัดเขม่าและควัน เครื่องเก็บฝุ่นมีแนวโน้มที่จะเต็มไปด้วยขี้เถ้าเนื่องจากการเกาะติดบนผิวเก็บฝุ่น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำจัดฝุ่นที่เกาะออกโดยการเคาะหรือการใช้มาตรการทำนองเดียวกัน

2) ชนิดไหลวก



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อย ชนิดไหลวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 แสดงตัวอย่างของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อยชนิดไหลวก (Reverse type) เช่นแบบท่องอ (a) แบบบานเกล็ด (Louver type) (b) แบบกระเป๋า(Packet type) และแบบหลายแผ่นกั้น (Multi-baffle type) ในสามแบบแรก ทิศทางการไหลของก๊าซจะวกเปลี่ยนเพื่อแยกอนุภาคที่มีความเฉื่อยสูง ส่วนแบบ (d) ซึ่งมีแผ่นกั้นรูปตัว V หลายชั้นภายในหอว่างเปล่า จะใช้จับหมอกน้ำค้าง(mist) เป็นส่วนใหญ่ในกรณีที่ต้องการจับหมอกน้ำค้างละเอียด ซึ่งมีขนาดของหยดเท่ากับ 1 ไมครอน หรือเล็กกว่า โดยปกติจะติดตั้งชั้นวัสดุ (Packed layer) ไว้หน้าทางออกของก๊าซสะอาด

ลักษณะสมบัติทั่วไปของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อยมีดังนี้

ก. ในกรณีของชนิดไหลกระทบ ความเร็วของก๊าซก่อนหน้าการชนผอดี จะมีค่าสูงมาก ถ้าความเร็วของก๊าซที่ทางออกของเครื่องมีค่ายิ่งน้อย ปริมาณของฝุ่นที่หนีตามออกไปจะยิ่งน้อย และประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะยิ่งสูง

ข. ในกรณีชนิดไหลวกถ้ารัศมีของการไหลวกของก๊าซที่แผ่นเบนของทิศทางมีค่ายิ่งน้อย จะเก็บฝุ่นได้ขนาดละเอียดขึ้น อนึ่งถ้าจำนวนแผ่นเบนของทิศทางมีค่ายิ่งมาก ความดันสูญเสียจะยิ่งมาก และประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะยิ่งสูง

เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อยมีโครงสร้างที่ง่ายๆ และสามารถใช้บำบัดก๊าซอุณหภูมิสูงได้ ความเร็วของก๊าซก็สามารถตั้งค่าสูงถึง 10 m/sec หรือมากกว่า ดังนั้นจึงสามารถติดตั้งในควันปล่องได้

โดยทั่วไปเส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤต (Critical Particle Diameter)นั่นคือขนาดเล็กสุดของอนุภาคที่จับได้ 100 % ในภาคปฏิบัติคือ 20 ถึง 30 ไมครอน และค่าความดันสูญเสียสูงสุดประมาณ 100 mm H_2O ดังนั้น จึงมักใช้เครื่องแบบนี้ เป็นเครื่องปฐมภูมิสำหรับกำจัดอนุภาคหยาบออกล่วงหน้า

แต่ในกรณีของเครื่องแบบหลายแผ่นกั้นที่ใช้เก็บหมอกน้ำค้าง เส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคจะประมาณหลายไมครอน และความดันสูญเสียจะประมาณ 20 ถึง 30 mm H_2O ถ้ามีการติดตั้งชั้นวัสดุด้วยความดันสูญเสียจะสูงเป็น 150 mm H_2O แต่เส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตจะประมาณ 1 ไมครอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง

1.กลไกของการเก็บฝุ่น

อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในก๊าซจะมีความเฉื่อยและโมเมนตัม และได้รับแรงกระทำจากแรงโน้มถ่วงของโลก คุณสมบัติเหล่านี้จะก่อให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) ขึ้นกับอนุภาคเมื่อมีการบังคับให้กระแสก๊าซไหลหมุนวน แรงหนีศูนย์กลางเป็นกลไกหลักในการเก็บอนุภาคของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal dust collectors)และยังของเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงเฉื่อยส่วนใหญ่ด้วยอนึ่งแรงเฉื่อยของอนุภาคและแรงหนีศูนย์กลางยังมีบทบาทส่วนหนึ่งในการกรอง การสครับ (scrubbing) และวิธีทำความสะอาดก๊าซอื่น ๆ ด้วยแต่ว่ากลไกอื่นก็มีความสำคัญในอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ด้วย

ก๊าซสกปรกจะถูกทำให้เกิดการไหลหมุนวนในเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลางเพื่อแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง ที่กระทำต่ออนุภาคหรือเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลางสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แบบไซโคลน (Cyclone type) และแบบหมุน (rotary type) โดยทั่วไป จะนิยมใช้แบบ ไซโคลน

ลักษณะของการไหลแบบไซโคลน

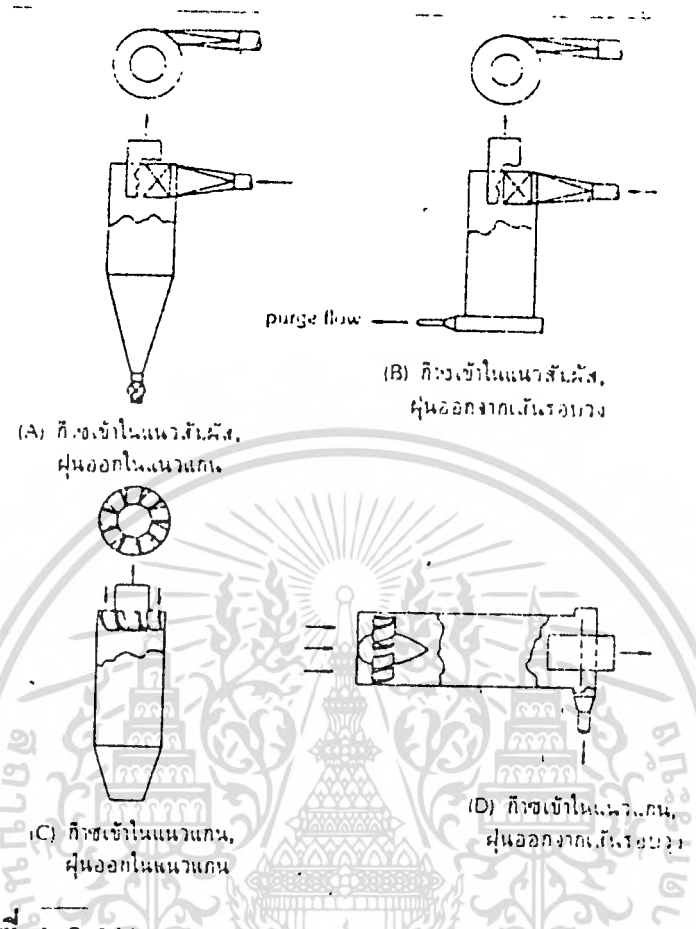
ชิ้นส่วนสำคัญของโครงสร้างของไซโคลน คือทางเข้าของก๊าซที่ช่วยก่อให้เกิดวอร์เทคซ์ (vortex), ทางออกในแนวนอน (axial outlet) ของก๊าซสะอาด และช่องเปิดสำหรับปล่อยฝุ่นออก ภาพ 4.6 แสดงวิธีต่าง ๆ สำหรับจัดวางทางเข้าของก๊าซและช่องปล่อยฝุ่นออก

4.4 เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์ (แบบเปียก)

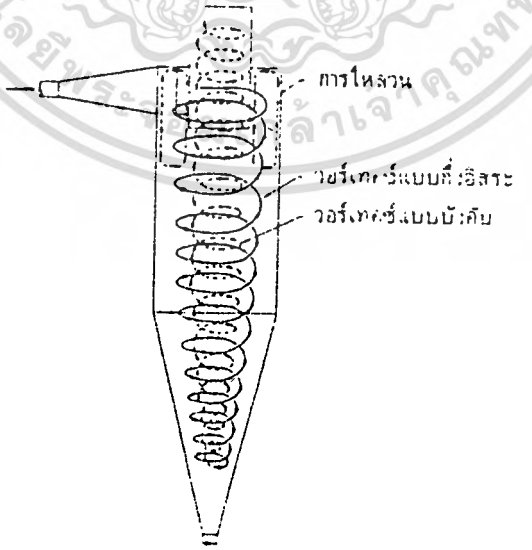
การควบคุมมลภาวะที่แหล่งเกิดโดยวิธีสครับด้วยของเหลว (liquid scrubbing) เป็นการกำจัดมลสารทั้งในสภาวะก๊าซ ไอ และ / หรืออนุภาคออกจากก๊าซทิ้งโดยอาศัยหยดของเหลว สิ่งที่แตกต่างกับวิธีเก็บฝุ่นวิธีอื่นๆ ในแง่ที่ว่าการทำงานจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือการเก็บมลสารด้วยของเหลวที่ได้สครับ และการแยกของเหล่วที่ใช้สครับออกจากกระแสก๊าซออก เนื่องจากใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการเก็บมลสาร จึงสามารถใช้บำบัดก๊าซทิ้งอุณหภูมิสูงได้

กลไกที่มีบทบาทในการจับสารอนุภาคในเครื่องสครับเบอร์มีตั้งแต่ของแรงเฉื่อย แรงโน้มถ่วง การสกัดกั้น (Interception) การแพร่ (Diffusion), และแรงไฟฟ้าสถิต ส่วนกลไกของการถ่ายเทมวลระหว่างมลสารก๊าซและของเหลว ก็คือการแพร่ของมลสารก๊าซจากที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยังที่ที่มีความเข้มข้นต่ำ มลสารก๊าซที่แพร่ไปถึงหยด หรือฟิล์มของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 วิธีต่าง ๆ สำหรับจัดวางทางเข้าของก๊าซ และช่องเปลี่ยนฝุ่นออก



ภาพที่ 4.7 ลักษณะทั่วไปของวอร์เทกซ์ และการไหลวน (eddy flow) ภายในไซโคลนธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหลวจะถูกดูดกลืน เชิงเคมีโดยของเหลวอย่างรวดเร็ว ถ้าเลือกใช้ของเหลวที่เหมาะสมกับมลสารก๊าซที่ต้องการกำจัด ดังนั้นกลไกของการแพร่จึงเป็น ปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารก๊าซในเครื่องสครับเบอร์

การถ่ายเทความร้อนอาจหรืออาจไม่สำคัญสำหรับเครื่องสครับเบอร์ แต่การถ่ายเทมวลและการถ่ายเทโมเมนตั้ม จะมีความสำคัญเสมอ อัตราการถ่ายเทมวลจะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพ ในการเก็บมลสาร ส่วนอัตราการถ่ายเทโมเมนตั้ม จะกำหนดค่าความสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน และค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องใช้

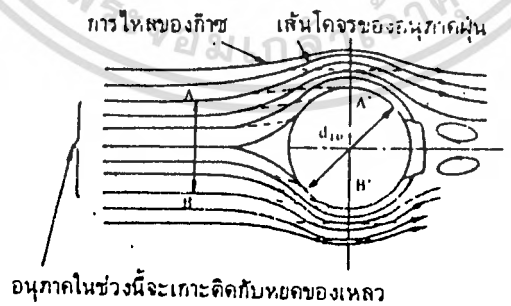
ความสามารถ (capacity) ของเครื่องสครับเบอร์จะถูกกำหนดโดยอัตราการไหลสูงสุด ที่เครื่องสครับเบอร์ไม่อาจทำงานได้ เพราะเกิดการพาของเหลวหนีโดยก๊าซโดยในปริมาณมากเกินไป หรือจนหมด หรือเพราะความดันสูญเสียมีค่ามากเกินไป กฎทั่วไปคือความสูงหรือ (ความยาว) ของเส้นทางที่ใช้สครับก๊าซจะต้องเพิ่มขึ้นถ้าต้องการประสิทธิภาพสูงขึ้น ส่วนพื้นที่หน้าตัดของเครื่องจะต้องใช้โตขึ้น ถ้าต้องการความสามารถ (capacity) สูงขึ้น

1.กลไกในการเก็บมลสาร

ในที่นี้จะอธิบายถึงกลไกที่เกี่ยวข้องกับ การกระทบด้วยแรงเฉื่อย (Impact by inertial) การแพร่ (Diffusion) การสกัดกั้น (Interception) เป็นหลัก ส่วนกลไกที่เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงและ แรงไฟฟ้าสถิตจะไม่กล่าวถึงมากในที่นี้ เพราะโดยทั่วไปมีบทบาทไม่มากในเครื่องในเครื่องสครับเบอร์

1) การกระทบด้วยแรงเฉื่อย

ในกรณีที่อนุภาคฝุ่นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ไมครอน หรือโตกว่า การกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะมีผลอย่างชัดเจนที่สุดต่อประสิทธิภาพ ในการเก็บฝุ่นของเครื่องสครับเบอร์



ภาพที่ 4.8 การเกาะติดของฝุ่นบนหยดของของเหลวเนื่องจากการชนโดยแรงเฉื่อย

ภาพ 4.8 แสดงหลักการที่ฝุ่นในกระแสก๊าซสกปรกชนและเกาะติดกับหยดของเหลว เนื่องจากมีแรงเฉื่อยถ้าอนุภาคฝุ่นมีขนาดยิ่งโต ความหนาแน่นยิ่งมาก และความเร็วสัมพันธ์เมื่อเทียบกับหยดของเหลวยิ่งสูง ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นโดยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

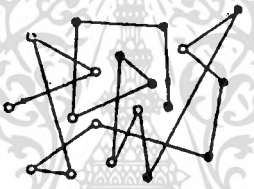
มีค่ายิ่งมาก

ตัวเลขไร้มิติที่นิยมใช้แสดงความมากน้อยของแรงเฉื่อย มีชื่อเรียกว่า พารามิเตอร์แรงเฉื่อย (inetia paramiter) Ψ ซึ่งมีนิยามดังนี้

$$\Psi = \frac{D_p^2 u_p}{36 r}$$

ในที่นี้ r คือรัศมีของหยดของเหลว ส่วน u คือความเร็วสัมพัทธ์ของหยดของเหลวกับอนุภาค นั่นคือกับก๊าซสรุปแล้ว ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะมีค่ายิ่งสูงเมื่อมีค่ายิ่งมาก

2) การแพร่



ภาพที่ 4.9 อนุภาคที่เคลื่อนไหวแบบราวเนียน

อนุภาคละเอียดในก๊าซสกปรก จะเคลื่อนไหวแบบราวเนียน (Brownian motion) เพราะถูกชนถี่โดยโมเลกุลของก๊าซที่อยู่รอบ ๆ ภาพ 4.9 แสดงปรากฏการณ์นี้ การเคลื่อนที่แบบราวเนียนของอนุภาคละเอียดมาก เปรียบเสมือนได้รับการแพร่ของโมเลกุล ของก๊าซชนิดหนึ่ง (ก๊าซมลสารที่สนใจ) ในก๊าซผสม (ก๊าซทิ้ง) เพื่อมลสารอนุภาคละเอียด หรือมลสารแพร่ไปพบกับผิวกีดขวาง เช่นฟิล์มหรือหยดของเหลว ก็จะเกาะติด (ถูกจับโดย) ผิวนั้น การแพร่มีบทบาทสำคัญมากในการจับอนุภาคละเอียดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.1 ไมครอน หรือเล็กกว่า และในการดูดกลืนมลสารก๊าซ

ความเร็วที่อนุภาคเกาะติดผิวโดยการแพร่ จะแปรผันโดยตรงกับสัมประสิทธิ์การแพร่ (diffusion coeffcient) ของอนุภาคนั้น ดังเห็นได้จากตาราง 4.1 สัมประสิทธิ์การแพร่จะมีค่าสูงขึ้น นั่นคือความเร็วของการเกาะติดผิวจะสูงขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลง (ละเอียดขึ้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

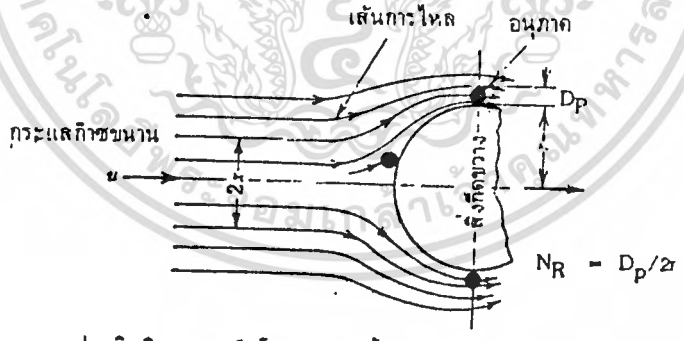
ตาราง 4.1 สัมประสิทธิ์การแพร่ของอนุภาค

ขนาดอนุภาค (μ)	สัมประสิทธิ์การแพร่ D(cm^2/sec)
0.5	$6.4x10^{-7}$
0.1	$6.5x10^{-6}$
0.01	$4.4x10^{-4}$
0.001	$4.1x10^{-2}$
โมเลกุลของ SO_2	$11.8x10^{-2}$

ปริมาณที่อนุภาคที่เกาะติดผิวจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณฝุ่นในก๊าซ ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างอนุภาค(นั่นคือก๊าซ) กับผิว(เช่นหยดของเหลว) และสัมประสิทธิ์การแพร่ของอนุภาค แต่จะแปรผกผันกับความหนืดของก๊าซ

ถ้าอนุภาคฝุ่นมีขนาดเหมือนกันปริมาณที่อนุภาคฝุ่นเกาะติดหยดของเหลวโดยกลไกการแพร่จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดศูนย์กลางของหยด และความเร็วของก๊าซมีค่าน้อยลง และเมื่อความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างอนุภาค (ก๊าซ) และหยดของเหลวมีค่าสูงขึ้น

3) การสกัดกั้น



ประสิทธิภาพการเก็บโดยการสกัดกั้น $\eta_i = (x/r) \times 100\%$

ภาพที่ 4.10 การเก็บอนุภาคโดยการสกัดกั้นอย่างเดียว

กลไกของการสกัดกั้นจะช่วยเสริมประสิทธิภาพ ในการเก็บฝุ่นของเครื่องสครับเบอร์ ไม่ว่าจะโดยกลไกการแพร่ หรือกระทบด้วยแรงเฉื่อย ถ้าอนุภาคฝุ่นมีขนาดไม่เล็ก จนเป็นจุดเมื่อเทียบกับขนาดของสิ่งกีดขวาง (เช่นหยดของเหลว) ภาพ 4.10 แสดงลักษณะที่อนุภาคสัมผัสและเกาะติดกับสิ่งกีดขวางโดยกลไกของการสกัดกั้นแต่อย่างเดียว ตัวเลขไร้มิติที่ใช้แสดงผลของการสกัดกั้น มีชื่อเรียกว่า **พารามิเตอร์การสกัดกั้น** (interception parameter) N_R ซึ่งมีนิยามดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_R = Dp/2r

โดยที่ r คือรัศมีของหยดของเหลว (หรือรัศมีของสิ่งกีดขวางทรงกระบอก เป็นต้น)

2. ประเภท โครงสร้าง และหน้าที่

เครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์สามารถแบ่งออกได้กว้าง ๆ เป็น

ก. ประเภทชักนำสเปรย์ขึ้นเอง (Self - Induced Spray type) เช่นเครื่องสครับเบอร์แบบโรโตคอน N

ข. ประเภทความดันน้ำ (Water Pressure type) เช่น เครื่องเวนทูรี่สครับเบอร์ เครื่องเจ็ตสครับเบอร์ (เครื่องอินเจคเตอร์สครับเบอร์) หอสเปรย์ เครื่องไซโคลนสครับเบอร์ เป็นต้น

ค. ประเภทหอใส่วัสดุ (Packed Tower type)

ง. ประเภทฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed type)

จ. ประเภทหมุน (Rotary type) เช่น Theisen washer, เครื่องสครับเบอร์ แบบอิมพัลซ์ (หรือจานหมุน) เป็นต้น

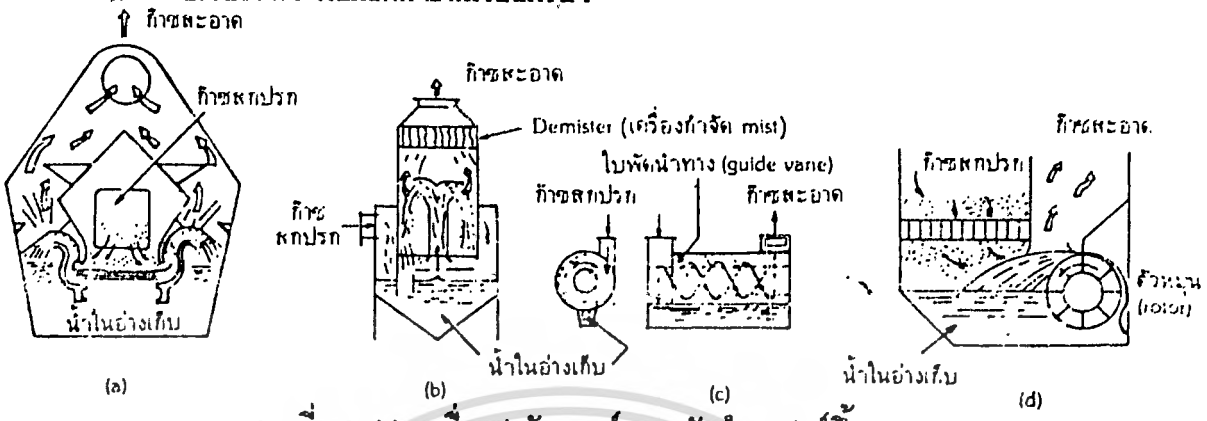
ฉ. ประเภทอิมพินเจอร์ (Impinger type) เช่น Peabody scrubber

ตาราง 4.2 ลักษณะประจำตัวของเครื่องเก็บฝุ่น แบบสครับเบอร์ ประเภทต่าง ๆ

ชื่อของเครื่อง	ความเร็วท่อ (ในทิศไหลผ่าน) (m/sec)	อัตราการไหลสูงสุดของท่อ (m^3/min)	ความดันสูญเสีย (mm H_2O)	ปริมาณน้ำที่ใช้ (l น้ำ/m^3 ท่อ)	ความดันของน้ำ	ขนาดอนุภาคเล็กสุดที่เก็บได้ (μ)	หมายเหตุ
หอสเปรย์	0.5~2	10,000	5~50	0.05~1	สูง	3~5	ประหยัดและใช้กับความดันสูงได้ ใช้ได้ทั้งการไหลแบบสวนทางและแบบขนาน
หอใส่วัสดุ	1~2	300	100~300	1~10	ต่ำ	1~2	ได้เฉพาะการไหลสวนทาง, มีปัญหาอุดตัน, ความดันสูญเสีย 50 mm H_2O/m ความสูง
ไซโคลนสครับเบอร์	1~2	5,000	50~150	0.5~5	ปานกลาง	1	ทำงานภายใต้ความดันบรรยากาศ
Theisen Washer	1~2	1,000	200~400	0.5~2	ต่ำ	0.2	ประมาณ 1,000 rpm ใช้กำลังม้ามาก พื้นที่ติดตั้งน้อย
สครับเบอร์แบบอิมพินเจอร์	5~100	5,000	50~200	1~5	ต่ำ	0.3	ใช้ได้ทั้งสุญญากาศและความดันสูง
เจ็ตสครับเบอร์	5~20	1,000	0~200	5~50	สูง	0.5~1	ค่าใช้จ่ายเดินเครื่องสูง พื้นที่ติดตั้งน้อย
โรโตคอน N	10~30	1,000	50~150	0.1~0.2	ต่ำ	0.5~1	มีปัญหาถ้าเกิดฟองอากาศขึ้น ประหยัด ง่าย ๆ
เวนทูรีสครับเบอร์	30~150	1,500	300~2,000	0.5~2	ปานกลาง	0.1~0.3	ค่าใช้จ่ายเดินเครื่องสูง สมรรถนะสูงสุด พื้นที่ติดตั้งน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) เครื่องสครับเบอร์ แบบฉีดน้ำเสปรย์ขึ้นเอง



ภาพที่ 4.11 เครื่องสครับเบอร์ แบบฉีดน้ำเสปรย์ขึ้นเอง

ดังแสดงในภาพ 4.11 เครื่องสคับเบอร์แบบฉีดน้ำสเปรย์ขึ้นเองใส่ของเหลวปริมาณหนึ่งในตู้ (Chamber) และส่งก๊าซสกปรกผ่านด้วยความเร็วสูง ก๊าซสกปรกจะถูกชะล้างให้สะอาดโดยหยดน้ำและฟิล์มของน้ำที่เกิดขึ้นในตู้

ลักษณะเด่นของเครื่องแบบนี้คือ สามารถใช้ปริมาณน้ำน้อยในการชะล้างฝุ่น โดยการหมุนเวียนน้ำที่ใช้โดยทั่วไป เส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่เก็บได้ 50 % คือประมาณ 1 ไมครอน และความดันสูญเสียประมาณ 150 mm.H_2O

โดยทั่วไป ถ้าความเร็วก๊าซยิ่งสูง จำนวนของหยดน้ำละเอียดจะยิ่งมากและประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะยิ่งสูงขึ้นด้วย แต่ในขณะเดียวกัน ปริมาณของหมอกน้ำค้าง (mist) ที่ติดออกไปกับก๊าซสะอาดจะเพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงมักต้องติดตั้ง เครื่องกำจัดหมอกน้ำค้าง (demister) ที่ทางออกของก๊าซสะอาด

2) เครื่องเวนทูรีสคับเบอร์

ในจำพวกเครื่องเก็บฝุ่นแบบสคับเบอร์ทั้งหมด เครื่องเวนทูรีสคับเบอร์ (Venturi scrubber) มีประสิทธิภาพสูงสุด เส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่เก็บได้ 50 % คือประมาณ 1 ไมครอน

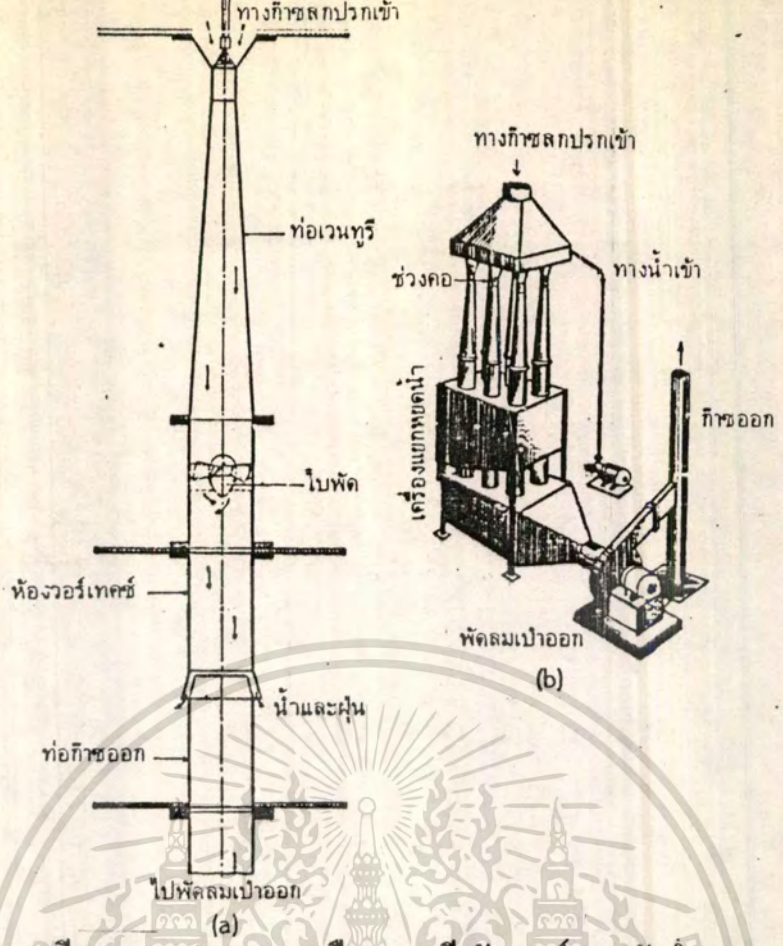
น้ำที่ป้อนเข้าตรงคอของเครื่องเวนทูรีสครับเบอร์ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นหยดละเอียดโดยการไหลความเร็วสูงของก๊าซและฟุ้งกระจายไปสัมผัสกับฝุ่นในก๊าซเมื่อความเร็วของก๊าซลดลงในท่อที่ขยายโตขึ้น หยดน้ำที่ถูกเร่งจนมีความเร็วสูงจะสัมผัสกับก๊าซ เมื่อความเร็วของก๊าซลดลงในท่อที่ขยายโตขึ้น หยดน้ำที่ถูกเร่งจนมีความเร็วสูงจะสัมผัสกับก๊าซที่ป้อนลงเพื่อเก็บฝุ่นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13 แสดงตัวอย่างของเครื่องเวนทูรีสครับเบอร์ เครื่องสครับเบอร์แบบจานไหลล้น (Overflow Disc type) ในภาพที่ 4.12 มีประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นทัดเทียมกับเครื่องเวนทูรีสครับเบอร์ที่มีความดันสูญเสียเท่ากันแต่เนื่องจากสามารถปรับพื้นที่เปิดรูปวงแหวนในช่องคอ ให้กว้างขึ้นหรือแคบลงโดยการเลื่อนจานกลมขึ้นหรือลง จึงสามารถปรับตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซได้ และป้องกันการลดลงของประสิทธิภาพในการเก็บ ภาพที่ 4.13 เป็นเครื่องเวนทูรีสครับเบอร์ความดันต่ำ

ภาพที่ 4.12 เครื่องสครับเบอร์แบบจานไหลล้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

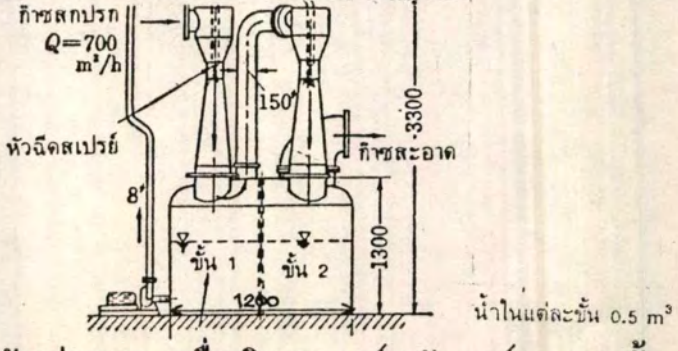


ภาพที่ 4.13 รูปแบบของเครื่องเวนทูรีสคับเบอร์ความดันต่ำ

3) เครื่องเจ็ตสครับเบอร์

ดังแสดงในภาพ 4.14 (a) น้ำชะล้างของเครื่องเจ็ตสครับเบอร์ (jet scrubber) หรือเครื่องอินเจคเตอร์สครับเบอร์ (injector scrubber) ถูกฉีดพ่นเป็นเจ็ตไหลวนความเร็วสูงออกจากหัวฉีดเจ็ตที่มีใบมีดติดอยู่ เจ็ตของน้ำนี้จะช่วยดูดกลืน ฝุ่นในก๊าซสกปรกซึ่งไหลด้วย ความเร็วสูงในช่องคอของเครื่อง เมื่อก๊าซไหลเข้าช่องท่อที่ขยายโตขึ้น ความเร็วของก๊าซจะลดลง ทำให้การผสมขึ้นอีกระหว่างก๊าซและของเหลวซึ่งมีความเร็วต่างกัน และการเก็บจับเพิ่มขึ้นของอนุภาคฝุ่นโดยกลไกการปะทะด้วยแรงเฉื่อย กลไกการแพร่เป็นต้น

อัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซจะประมาณ 10 ถึง 50 l/m^3 และเส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่เก็บได้ 50 % คือประมาณ 0.2 ไมครอน

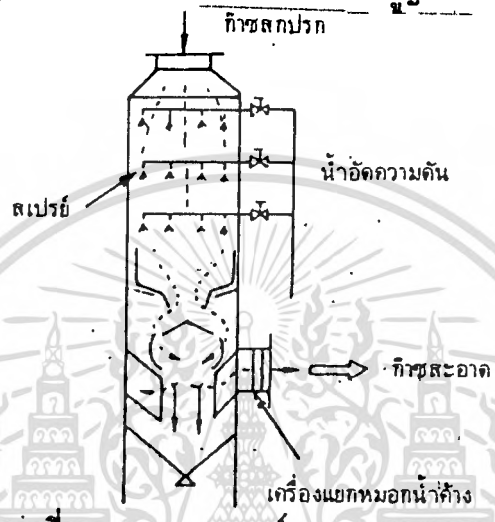


ภาพที่ 4.14 แสดงตัวอย่างของ เครื่องอินเจคเตอร์สครับเบอร์ แบบ 2 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

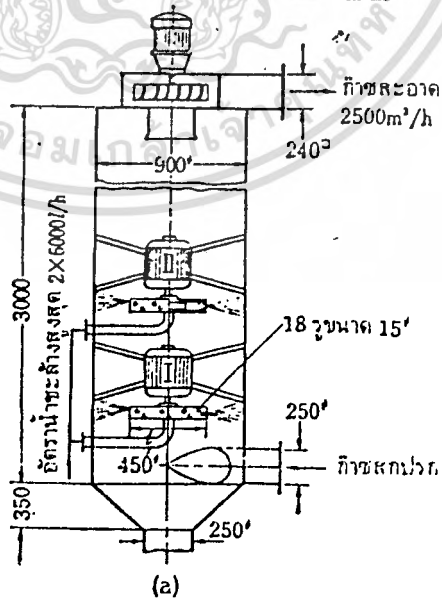
4) หอสเปรย์

ดังแสดงในภาพที่ 4.15 หอเสปรย์ (spray tower) โดยทั่วไปจะมีชั้นของสเปรย์ 3 ถึง 4 ชั้น ภายในหอที่กลวงเพื่อให้ก๊าซสกปรกมีเวลาอยู่ในหอนานพอ ที่จะสัมผัสกับหยดน้ำ ลักษณะเด่นของหอสเปรย์ คือมีโครงสร้างง่ายดายทำให้สามารถประหยัดแรงงานและเวลา นอกจากนั้น ก็ยังไม่มีปัญหาเรื่องของการเพิ่มของความดันสูญเสียเนื่องจาก การเกาะติดของอนุภาคบนผนังใน



ภาพที่ 4.15 หอสเปรย์ (spary tower)

โดยทั่วไปอัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซมีค่าประมาณ 2 ถึง 3 l/m^3 และความดันสูญเสียประมาณ 30 mm H_2O ระบบหอสเปรย์นี้มักใช้เป็นเครื่องเก็บฝุ่น ขั้นต้นและทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของก๊าซทิ้งด้วย



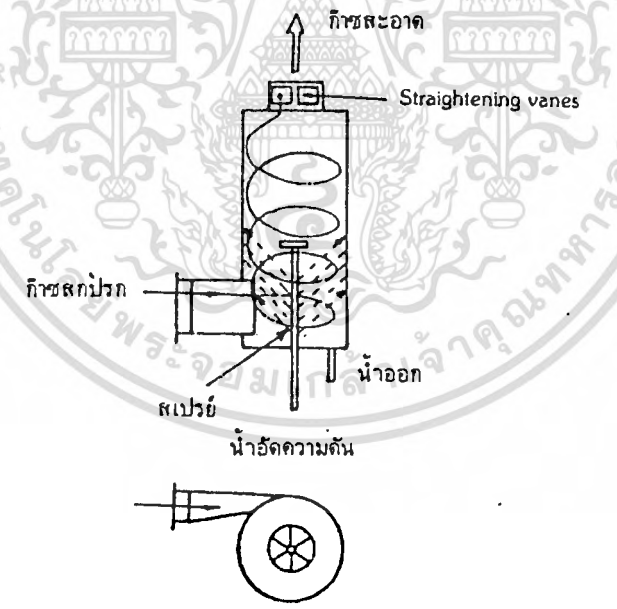
ภาพที่ 4.16 แสดงตัวอย่างของหอสเปรย์แบบหมุนทำสเปรย์ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Disintegrator scrubber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เครื่องไซโคลนสครับเบอร์

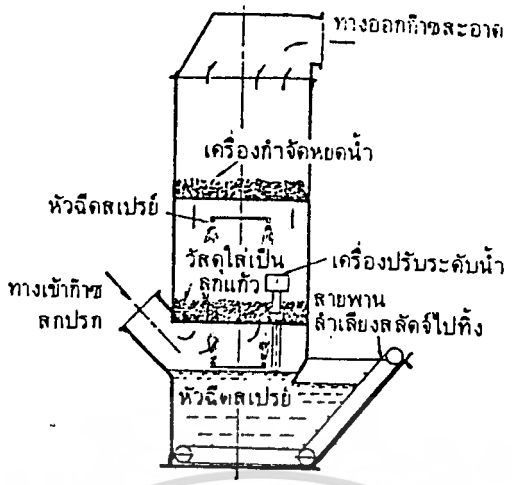
ดังแสดงในภาพที่ 4.17 เครื่องไซโคลนสครับเบอร์ (Cyclone scrubber) มีท่อฉีดเจ็ต ซึ่งติดหัวฉีดสเปรย์จำนวนมาก อยู่ที่ใจกลางด้านล่างของเครื่อง ส่วนก๊าซสกปรกจะไหลในแนวเส้นสัมผัสคล้ายกับของไซโคลนทั่วไป ในขณะที่ก๊าซสกปรก ไหลวนขึ้นภายในเครื่องหยดน้ำที่สเปรย์ออกจากหัวฉีดจะชะล้างฝุ่นสกปรกออก ทั้งอนุภาคฝุ่นหรือหมอกน้ำค้าง (mist) ที่เกาะติดกับหยดน้ำจะถูกแยกไปยังผนังในของเครื่อง โดยแรงหนีศูนย์กลางซึ่งเกิดจากการไหลวนของก๊าซ

โดยทั่วไปอัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซมีค่าประมาณ 1l/m^3 และความดันสูญเสียประมาณ 120 mm.H_2O ระบบนี้ทำงานได้ผลดีระบบเก็บฝุ่นที่ละลายน้ำได้หรือหมอกน้ำค้าง



ภาพที่ 4.17 เครื่องเก็บฝุ่นแบบหอใส่วัสดุ(สเปรย์สวนทาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 เครื่องเก็บฝุ่นแบบหอใส่วัสดุ(สเปรย์ขนานและสวนทาง)

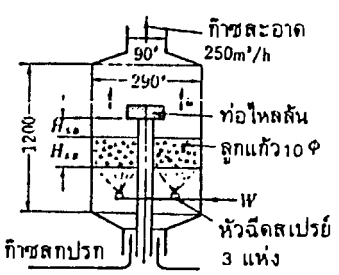
6) หอใส่วัสดุ

ดังแสดงในภาพ 4.17 ก๊าซจะไหลเข้าเครื่องสครับเบอร์แบบหอใส่วัสดุ(packed tower scrubber)จากด้านล่างและผ่านชั้นชั้นวัสดุนิ่ง(fixed packings) ฝุ่นในก๊าซจะถูกชะล้างออกโดยสเปรย์ ซึ่งอาจไหลในสวนทางและ / หรือไหลขนานกับก๊าซ

อัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซในหอใส่วัสดุมีค่าประมาณ 2 ถึง 3 l/m^3 และความเร็วของก๊าซประมาณ 1 m/sec ความดันสูญเสียในเครื่องแบบนี้มีค่าแตกต่างกันได้มาก ขึ้นอยู่กับประเภทวัสดุที่ใช้ และการติดหรือไม่ติดเครื่องกำจัดหมอกน้ำค้าง(demister)ความดันสูญเสียต่ำ สุดจะมีค่าประมาณ 100 $mm.H_2O$

เม็ดวัสดุที่ใช้ควรมีพื้นที่ผิวมากเพื่อสร้างฟิล์มของน้ำได้ง่าย และควรมีความต้านทานน้อยต่อการไหลของก๊าซนอกจากนี้ การไหลกระจายของน้ำควรสม่ำเสมอและปริมาณที่ไหลลันควรมีน้อย เม็ดวัสดุควรมีความแข็งแรง และน้ำหนักเบาด้วย

เครื่องสครับเบอร์แบบหอใส่วัสดุมักใช้เก็บอนุภาคฝุ่นและกำจัดก๊าซอันตรายพร้อมๆกัน



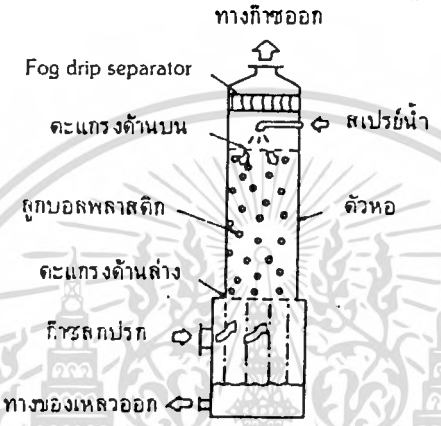
ภาพที่ 4.19 แสดงตัวอย่างของ เครื่องสครับเบอร์แบบหอใส่วัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ฟลูอิไดซ์เบด

ดังแสดงในภาพที่ 4.20 เครื่องสครับเบอร์แบบฟลูอิไดซ์เบด (fluidized bed) มีลูกพลาสติกกลวงจำนวนมากลอยว่อนอยู่ระหว่างตะแกรงด้านบนและด้านล่างของฟลูอิไดซ์เบด ฝุ่นในก๊าซสกปรกจะถูกชะล้างออกโดยฟิล์มของน้ำที่เกิดอยู่บนผิวของลูกพลาสติก

เครื่องสครับเบอร์แบบฟลูอิไดซ์เบด มักใช้กำจัดอนุภาคละเอียดและก๊าซอันตรายออกพร้อมกัน เส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่เก็บได้ 50 % คือประมาณ 1 ไมครอน



ภาพที่ 4.20 เครื่องสครับเบอร์แบบฟลูอิไดซ์เบด

8) Theisen Washer

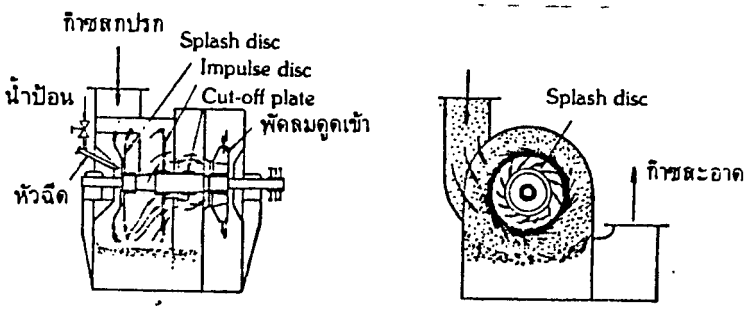
Theisen washer ผลิตหยดน้ำโดยการหมุนแผ่นที่ติดท่อนกลมจำนวนมาก เป็นแถววงกลมที่มีรัศมีต่าง ๆ กันรอบแผ่นอยู่นิ่งที่ติดท่อนกลม ไว้เป็นแถววงกลมในลักษณะสลับแถวกับของแผ่นหมุน น้ำที่ฉีดออกจากบริเวณใจกลางของแผ่นจะถูกตีให้เป็นหยดเล็ก ๆ เพื่อเก็บอนุภาคฝุ่นในก๊าซ

อัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซจะประมาณ 0.7 ถึง 2 l/m^3 และเส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาค ที่เก็บได้ 50 % คือประมาณ 0.2 ไมครอน

9) เครื่องสครับเบอร์แบบอิมพัลส์

ดังแสดงในภาพที่ 4.21 เครื่องสครับเบอร์แบบอิมพัลส์ (impulse scrubber) ผลิตหยดน้ำโดยใช้จานหมุน (rotary discs) ความเร็วสูง หยดน้ำที่เกิดขึ้นจะเก็บฝุ่นออกจากก๊าซสกปรก

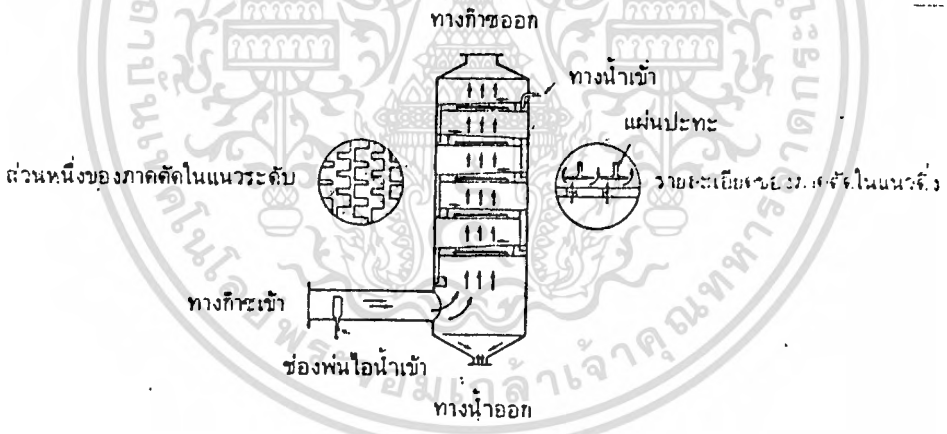
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.21 เครื่องสครับเบอร์แบบอิมพัลส์

อัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซที่ใช้จะน้อยกว่าของ Theisen washer คือประมาณ 0.3 l/m^3 แต่เส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่เก็บได้ 50 % จะโตกว่าของ Theisen washer เล็กน้อย กำลังไฟที่ต้องใช้จะประมาณ 0.1 kW/m^3 ของก๊าซและเครื่องแบบนี้มักจะใช้กับกระบวนการหรือโรงงานขนาดเล็ก

10) เครื่องสครับเบอร์แบบอิมพิงเจอร์



ภาพที่ 4.22 เครื่องสครับเบอร์ของ Peabody

ส่วนภาพที่ 4.22 แสดงตัวอย่างของ Peabody scrubber ซึ่งใช้กลไกของการปะทะด้วยแรงเฉื่อยในการเก็บอนุภาคฝุ่นอัตราส่วนระหว่างของเหลวและน้ำที่ใช้มีค่าประมาณ 2 ถึง 5 l/m^3 ความดันสูญเสียประมาณ 200 $mm.H_2O$ และเส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่จับได้ 50 % ประมาณ 0.3 ไมครอน

3. ลักษณะทั่วไปของเครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์

ในกรณีของเครื่องแบบชักนำสเปรย์ขึ้นเอง ก๊าซสกปรกเป็นตัวพัดพาน้ำขึ้นข้างบน ดังนั้นถ้าความเร็วของก๊าซที่ตำแหน่งเกิดฟิล์มมีค่าสูงหยดน้ำที่ได้จะละเอียดขึ้นและประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะสูงขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของเครื่องเวนทูรีสครับเบอร์ หรือเครื่องเจ็ตสครับเบอร์ ซึ่งเป็นแบบความดันน้ำ ถ้าความเร็วของก๊าซในช่วงคอมีค่ายิ่งสูง หยดน้ำที่ได้จะละเอียดขึ้น และประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะสูงขึ้นด้วย

ในกรณีของเครื่องสครับเบอร์แบบหอสเปรย์ และเครื่องไซโคลนสครับเบอร์ ถ้าความเร็วปรากฏ(apparent velocity) ของก๊าซในหอยิ่งต่ำ นั่นคือ เวลาสัมผัสก๊าซกับหยดน้ำมียิ่งนาน และถ้าอัตราส่วนระหว่างของเหลว และก๊าซมีค่ายิ่งสูง และประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะยิ่งสูงขึ้นด้วย เมื่อความดันของน้ำที่ฉีดสเปรย์มีค่ายิ่งสูง และหยดน้ำที่ได้ยิ่งละเอียด อนุภาคฝุ่นที่เก็บได้จะละเอียดขึ้นด้วย

ในกรณีของเครื่องสครับเบอร์แบบหอใส่วัสดุ ถ้าความเร็วปรากฏของก๊าซในหอ มียิ่งน้อยและเวลาที่ก๊าซสกปรกไหลอยู่ในชั้นวัสดุยิ่งนานประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นจะยิ่งสูงขึ้นด้วย

ในกรณีของเครื่องสครับเบอร์แบบหมุน ถ้าความเร็วของการหมุนยิ่งสูง และอัตราส่วนระหว่างของเหลวและก๊าซยิ่งมาก ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นและไฟฟ้าจะยิ่งมากด้วย

โดยทั่วไป ถ้าเครื่องแยกก๊าซ และของเหลวที่ทางออกของเครื่องสครับเบอร์มีประสิทธิภาพในการเก็บหยดน้ำยิ่งสูง ประสิทธิภาพรวมของเครื่องเก็บฝุ่น แบบสครับเบอร์จะยิ่งสูงตามไปด้วย อนึ่ง ความเข้มข้นของฝุ่นที่มีอยู่ในก๊าซสกปรกที่เข้าเครื่องเก็บฝุ่นแบบสครับเบอร์ทั่วไป ควรมีน้อยกว่า 10 g/Mm^3 ของก๊าซ

4.5 เครื่องเก็บฝุ่นแบบกรอง (ตอน 1): ถุงกรอง

1. คำนำทั่วไป

การกรองเป็นวิธีกำจัดสารอนุภาคออกจากก๊าซที่มีประสิทธิภาพ ความไว้ใจได้และความคุ้มทางเศรษฐกิจสูงสุดวิธีหนึ่ง การกรองยังเป็นวิธีหนึ่งในจำนวนเพียงไม่กี่วิธีที่สามารถบรรลุมาตรฐานปล่อยออกที่ล่าสุดของสารอนุภาคด้วย

ในแง่ควบคุมมลภาวะอากาศในอุตสาหกรรม เครื่องกรองก๊าซสามารถแบ่งออก ได้เป็นสองประเภทใหญ่ คือ

ก. เครื่องกรองแบบผ้า (fabric or cloth filters)

ข. เครื่องกรองแบบเนื้อลึกหรือชั้น (in-depth or bed filters)

ตัวแทนที่พบเห็นโดยทั่วไป ของเครื่องกรองแบบแรกคือ ถุงกรอง (bag filter) หรือบ้านถุงกรอง (bag house) ส่วนตัวแทนของเครื่องกรองแบบที่สองที่พบเห็นกันบ่อยคือ ชั้นเส้นใย กระดาษกรอง และในบางครั้ง ชั้นหนาของก้อนวัสดุ

เครื่องกรองแบบผ้าโดยทั่วไปจะใช้บำบัดก๊าซ หรืออากาศสกปรกที่มีความเข้มข้นของฝุ่นในย่าน 1 g/m^3 ส่วนชั้นเส้นใยกระดาษกรอง และชั้นใส่วัสดุจะใช้กับความเข้มข้นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคที่มีค่าน้อยกว่าเป็นหลายร้อยหรือพันเท่า คือในย่าน 1mg/m^3 ตาราง 4.3 เปรียบเทียบลักษณะสมบัติของถุงกรอง และชั้นกรองอากาศ (air filter) (ชั้นเส้นใยและกระดาษกรอง)

ตาราง 4.3 การเปรียบเทียบลักษณะสมบัติของถุงกรอง และชั้นกรองอากาศ

รูปแบบ	ถุงกรอง	ชั้นกรองอากาศ
วัสดุใช้กรอง	ผ้าทอหรือสักหลาด	ชั้นเส้นใยวัสดุกรองที่รูพรุน กระดาษกรอง ผ้าไม่ได้ทอ
วัฏจักร (cycle)	เขย่าชั้นฝุ่นออกแล้วใช้ใหม่	ทิ้งวัสดุกรองแล้วเปลี่ยนใหม่
ความเข้มข้นของฝุ่นในก๊าซ	0.1 ~ 50g/m^3	0.1 ~ 100mg/m^3
ความดันสูญเสีย	100 ~ 200 mm H_2O	10 ~ 100 mm H_2O
ความเร็วของการกรอง	0.5 ~ 5m/min(1~10cm/sec)	0.1 ~ 3 m/sec
ประสิทธิภาพการเก็บ	90 ~ 9.99%	20 ~ 9.99%
ค่าใช้จ่ายลงทุน	ราคาสูง	ราคาถูก
ค่าใช้จ่ายการเปลี่ยนวัสดุกรองต่อปี	ไม่แพงนัก	ค่อนข้างแพง
การใช้งาน	กระบวนการในอุตสาหกรรม สภาวะแวดล้อมในโรงงาน	สภาวะแวดล้อมในห้องclean room โรงไฟฟ้านิวเคลีย
การวิเคราะห์เชิงทฤษฎี (การประเมินสมรรถนะ)	เกือบเป็นไปไม่ได้	เป็นไปได้(การไหล 2 มิติรอบทรงกระบอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

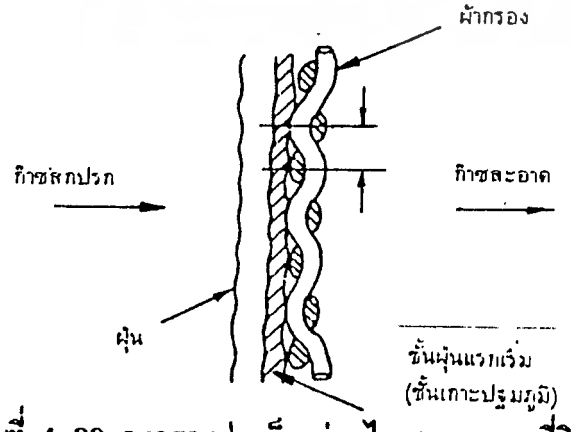
เกณฑ์ตัดสินสมรรถนะของเครื่องกรองมี 3 อย่างคือ ความดันสูญเสีย ประสิทธิภาพในการเก็บ และอายุการใช้งาน โดยทั่วไป จะแสดงค่าความดันสูญเสียในหน่วยมิลลิเมตรของน้ำ (mm H_2O) กำลังม้าของพัดลมหรือ เครื่องเป่าลม (blower) และพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้จะแปรผันโดยตรงกับค่าความดันสูญเสียนี้ ดังนั้นความดันสูญเสียจึงเป็นดรรชนีสำคัญในการบ่ง ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องของระบบกรอง

ประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น คงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด ในการประเมินสมรรถนะของเครื่องกรอง โดยทั่วไปจะประเมินประสิทธิภาพในรูปของเปอร์เซนต์ของมวลของฝุ่นที่เครื่องกรองเก็บได้ แต่ในบางครั้งอาจอาศัยการวัดความหนาแน่นเชิงแสง(optical density) ของปริมาณฝุ่นที่เกาะอยู่บนแผ่นกรอง

อายุการใช้งาน (lifetime)ของเครื่องกรองมีความสำคัญมากในแง่เศรษฐศาสตร์ เพราะราคาของวัสดุ (ตัวกลาง) ที่ใช้กรองจะเป็นสัดส่วนใหญ่อันหนึ่งของค่าลงทุนครั้งแรก และของค่าใช้จ่ายเดินเครื่องในระยะยาวด้วย

ตัวกลางที่ใช้กรองก๊าซจะทำจากเส้นใย สารรวมก้อน หรือสารเนื้อพรุน ผ้าทอ สักหลาด(felt) ชั้นใยร่วนและกระดาษกรอง ล้วนทำมาจากเส้นใยทั้งสิ้น ชั้นอัดวัสดุแน่นทำจากการอัดเศษหรือชิ้นเล็ก ๆ จำนวนมากเพื่อกรองก๊าซอมฝุ่นที่ไหลผ่านชั้นอัดวัสดุ มีโครงสร้างแข็งแน่นหรือกึ่งแข็งแน่น ซึ่งภายในมีทางทะลุผ่านจำนวนมหาศาล วัสดุกรองมีทั้งที่หาได้จากธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้น การเลือกใช้วัสดุกรองสำหรับงานกรองแต่ละงานต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่าย (เศรษฐศาสตร์) และลักษณะสมบัติในการเก็บอนุภาค วัสดุที่นิยมกันมากที่สุดคือ ผ้าทอโพลีเอสเตอร์ หรือผ้าแก้วสำหรับเครื่องกรองแบบผ้า และเส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยแก้ว สำหรับเครื่องกรองแบบแผง ชั้นอัดวัสดุหนาอาจทำด้วยหินหรืออิฐบดตระแกรงลวด หรือเส้นใยประเภทต่าง ๆ ในลักษณะเนื้อเดียวหรือผสมกัน

2. กลไกและประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของถุงกรอง



ภาพที่ 4.23 ถุงกรองฝุ่นเก็บอย่างไร (การกรองที่ผิว)

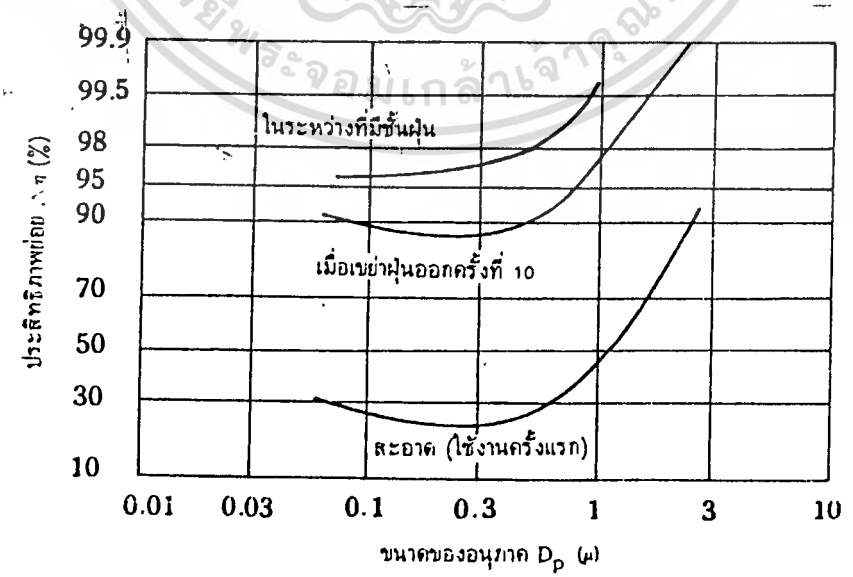
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังแสดงในภาพ 4.23 ถุงกรองอาศัยผ้ารูปทรงกระบอก หรือแผ่นราบในการกรอง ชั้นของฝุ่นที่เกาะครั้งแรกบนผิวของผ้ากรองจะทำหน้าที่เป็นชั้นกรอง ซึ่งมีความพรุนสูงและจับอนุภาคได้ดีมาก ถุงกรองและเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตมีใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมในฐานะเครื่องเก็บฝุ่นสมรรถนะสูง

ถุงกรองจะทำจากผ้าทอที่มีขนาดเมช (mesh) ตั้งแต่ 50 ถึง 100 ไมครอน โดยทั่วไป จะเลือกใช้เมชโตกับผ้าทอเส้นใยธรรมชาติ และเมชเล็กกับผ้าทอเส้นใยสังเคราะห์ ในปัจจุบัน ผ้าทอเส้นใยสังเคราะห์ขนาดเมชประมาณ 10 ไมครอน จะมีใช้กันมากที่สุด

ในระหว่างที่ผ้ากรองยังไม่สะอาด อนุภาคฝุ่นจะหนีทะลุตาผ้าได้ง่าย ดังนั้นประสิทธิภาพในช่วงนี้จะค่อนข้างต่ำ แต่ในภาคปฏิบัติการกรองจะเกิดบนผ้ากรองในสภาพที่มีฝุ่นเกาะอยู่ในปริมาณพอสมควร ดังนั้นโดยทั่วไปจึงคาดหวังประสิทธิภาพเกิน 99 % ได้เมื่อผ้ายังสะอาด อนุภาคฝุ่นจะเริ่มเกาะติดบนเส้นด้ายและเพิ่มขึ้นจนกลายเป็นสะพานฝุ่นเชื่อมระหว่างเส้นด้าย ชั้นของฝุ่นที่เกิดขึ้นนี้ มีชื่อเรียกว่า "ชั้นฝุ่นปฐมภูมิ" หรือ "ชั้นฝุ่นแรกเริ่ม" ชั้นฝุ่นนี้มีรูเล็กและซับซ้อนจำนวนมาก ความพรุน (porosity) ของผ้าทอมีค่า 30 ถึง 40 % แต่ความพรุนของชั้นฝุ่น ปฐมภูมิอาจสูงถึง 85 ถึง 90 %

ภาพที่ 4.24 แสดงตัวอย่างของผลการทดลองวัดเปอร์เซนต์ของอนุภาคขนาดของต่างๆ ที่ถุงกรองเก็บได้ที่สภาพการกรองต่าง ๆ จะเห็นได้ชัดเจนว่าประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคละเอียดของผ้ากรองในสภาพที่สะอาด จะต่ำมากแต่หลังจากที่เกิดชั้นฝุ่นกรองขึ้นแล้ว การเก็บอนุภาคละเอียดจะมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น เพราะการกรองเกิดที่รูเล็กละเอียดของชั้นปฐมภูมิ



ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างประสิทธิภาพย่อยของถุงกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของฝุ่นที่กรองได้ต่อพื้นที่หนึ่งหน่วยของผ้ากรองมีชื่อเรียกว่า"ภาระของฝุ่น" ซึ่งมีหน่วยเป็น g/cm^2 หรือ kg/m^2 ค่าภาระของฝุ่นนี้จะเพิ่มขึ้นตามเวลาเดินเครื่อง และทำให้ความดันสูญเสียเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นมีความจำเป็นต้องเขย่าฝุ่นที่เกาะติดออกเมื่อความดันสูญเสียสูงถึงค่า ๆ หนึ่ง

3. คุณสมบัติของผ้ากรอง

ตาราง 4.4 ลักษณะสมบัติ และอัตราส่วนของราคาของผ้ากรองทั่วไป

ลักษณะสมบัติ / ประเภทวัสดุ	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด (°C)	ความทนกรด	ความทนด่าง	ความแข็งแรง	คุณสมบัติดูดกลืนความร้อน	อัตราส่วนของราคา
ฝ้าย	80	เลว	พอใช้	1	8	1
ขนแกะ	80	พอใช้	เลว	0.4	1.6	6
Polyvinylidene chloride fiber (Saran)	80	พอใช้	เลว	0.6	0	4
Polyvinyl chloride fiber (Teviron)	95	ดี	ดี	1	0.04	2.2
Polyvinyl alcohol fiber (Vinylon)	100	ดี	ดี	1.5	5	1.5
Polyacrylonitrile fiber (Kanekalon)	100	ดี	ดี	1.1	0.5	
Polyacrylonitrile fiber (Orlon)	150	ดี	เลว	1.6	0.4	6
Polyamide fiber (Nylon)	110	พอใช้	ดี	2.5	4	4.2
Polyester fiber (Nylon)	150	ดี	เลว	1.6	0.4	6.5
Polyester fiber (Tetoron)	150	ดี	เลว	1.6	0.4	6.5
เส้นใยแก้ว	250	ดี	เลว	1	0	7
เส้นใยคาร์บอน	250	พอใช้	ดี	1	10	7

ตาราง 4.4 แสดงลักษณะสมบัติและราคาของผ้ากรองที่ทำจากวัสดุต่าง ๆ วัสดุที่ทำผ้ากรองจำเป็นต้องมีความแข็งแรงเชิงกล (เพื่อว่าจะไม่เกิดความเสียหายในเวลาเก็บฝุ่นและเวลาเขย่าฝุ่นออก) ตลอดจนต้องมีความทนต่อความร้อน ความทนกรด และความชอบน้ำ (hygroscopicity) ซึ่งเหมาะกับคุณสมบัติของเขม่าและควันที่ต้องการบำบัด

โดยทั่วไปจะใช้ผ้าทอจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ถ้าอุณหภูมิของก๊าซต่ำกว่า 150° C และต้องการความทนกรด และชอบความชื้น และความคงทน ถ้าอุณหภูมิของก๊าซสูงถึง 250° C ผ้าทอจากเส้นใยแก้ว

ในระยะหลังได้มีการใช้เส้นใยแกรไฟต์ เพื่อทำให้ผ้ากรองมีความทนต่อความร้อนและด่าง นอกจากนี้ได้มีการใช้ผ้ากรองที่ทำให้เป็นแกรไฟต์ (graphitized) หรือผ้าที่ผังเส้นใยสเตนเลส เพื่อกำจัดอนุภาคฝุ่นที่มีประจุไฟฟ้าสถิต

4. ประเภท โครงสร้าง และวิธีเขย่าฝุ่นออก

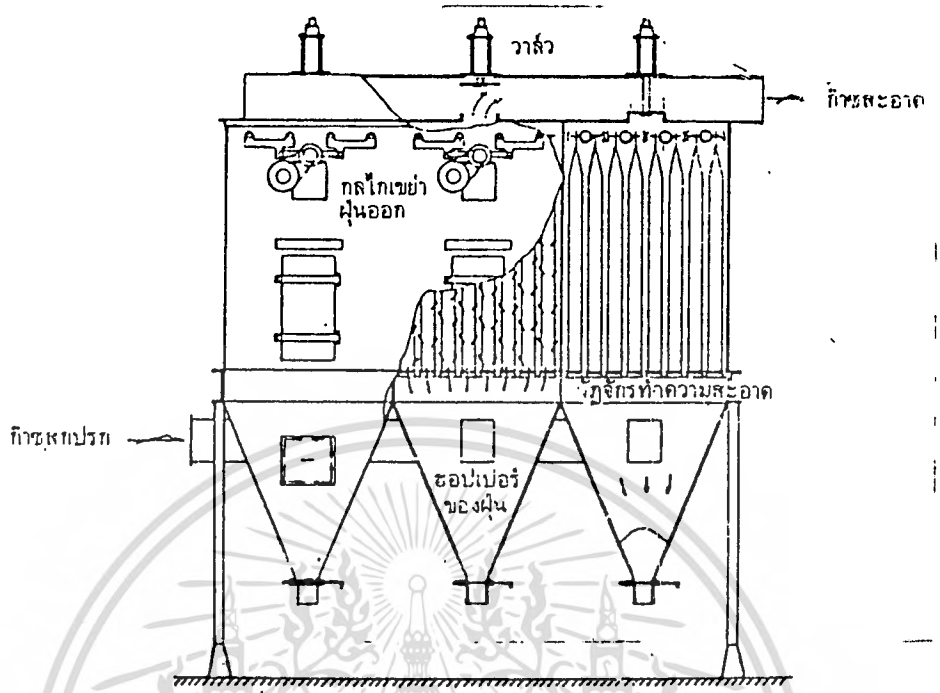
รูปร่างและถุงกรองที่ใช้ในอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมมี 2 แบบคือ รูปทรงกระบอก และรูปทรงแผ่นราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

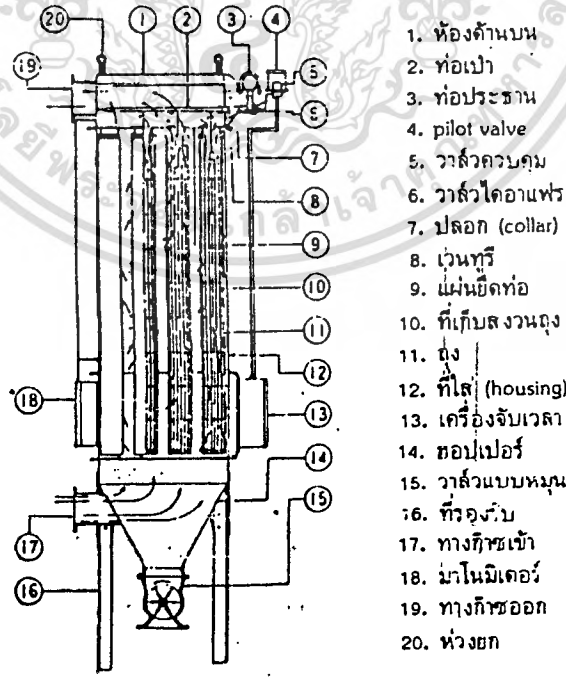
ตาราง 4.5 วิธีเขย่าฝุ่นออกแบบต่าง ๆ

วิธีเขย่าฝุ่นออก	วิธีการทำงาน	ลักษณะสมบัติ
การสั่นโดยเครื่องจักร (ทีละห้อง)	การสั่นในแนวระดับมีมากกว่าการสั่นขึ้นลง มีทั้งแบบขับเคลื่อนด้านบนและแบบขับเคลื่อนตรงกลาง	ถ้าไม่ใช้ร่วมกับการไหลย้อนของก๊าซ อาจไม่ดีพอหรือทำให้ผ้าเสียหาย
การไหลย้อนก๊าซ (ทีละห้อง)	มีทั้งแบบดูดอากาศเข้า และแบบเป่าลมเข้า, ถ้าทำซ้ำซากจะได้ผลมากแบบที่หยุดแต่การไหลของก๊าซสกปรกเพื่ออัดให้หยุดก็มี	จำต้องเปิดปิด damper, สามารถใช้กับรูปถุงรูปแผ่นราบด้วย
การไหลย้อนของก๊าซเฉพาะแห่ง	มีทั้งแบบพ่นก๊าซเฉพาะแห่ง จากด้านนอกเข้าด้านในถุงโดยการเคลื่อนขึ้นหรือลงของหัวฉีดรูปวงแหวนและแบบใส่กระแสอากาศที่สั่น(vibrating flow)ให้ครั้งละ 1 ถึงหลายถุง	สลับซับซ้อนขึ้น, ปริมาณก๊าซที่บำบัดมากขึ้น, กรองได้อย่างต่อเนื่อง
ฉีดพ่นย้อนแบบพัลส์ (pulse jet)	ในระหว่างที่กรองฉีดพ่นอากาศแบบพัลส์เป็นห้วงๆจาด้านบนภายในเครื่องในทิศทางจากด้านบนเข้าด้านในของถุง	ใช้กับสักหลาด, ปริมาณก๊าซที่บำบัดมาก, สลับซับซ้อนขึ้นอาจเสียหายโดยกรอบของผ้ากรอง, กรองได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

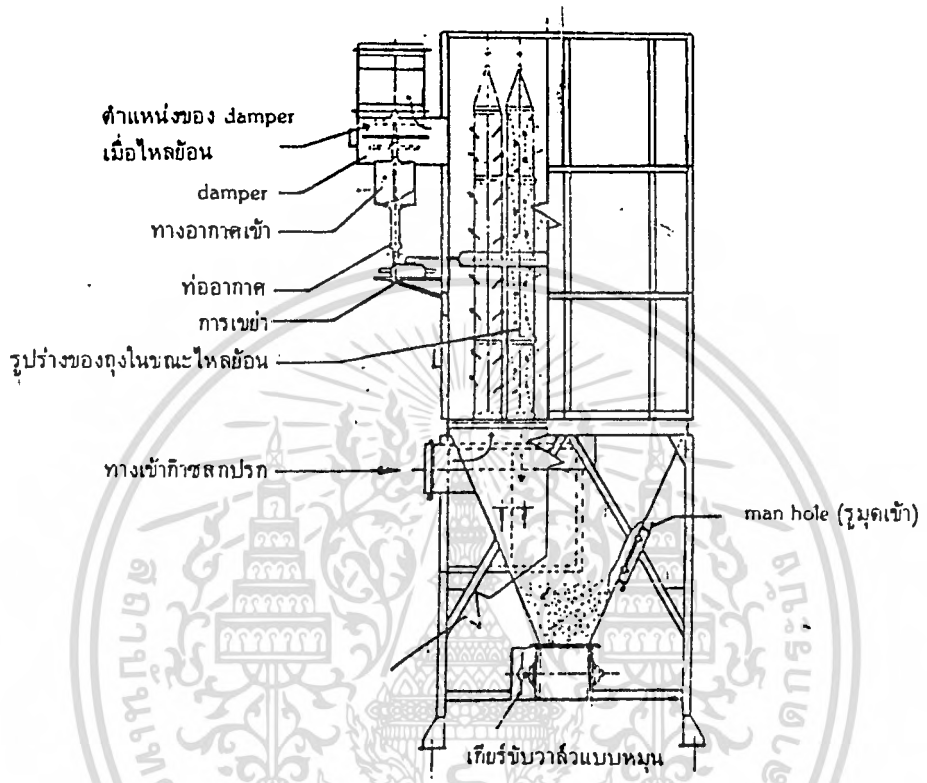


ภาพที่ 4.25 โครงสร้างแบบถุงกรองที่ใช้ทั่วไป



ภาพที่ 4.26 ถุงกรองแบบ pulse jet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

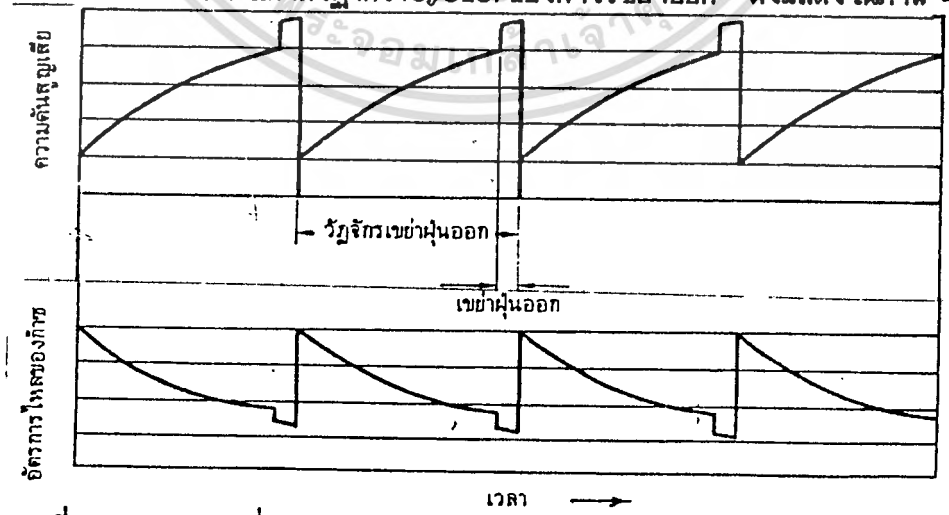


ภาพที่ 4.27 ถุงกรองแบบเขย่าฝุ่นออกโดยการสั่นวงแหวนที่อยู่ช่วงกลางของถุงด้วยแรงกล และส่งอากาศไหลย้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.5 แสดงการแบ่งประเภทของวิธีเขย่าฝุ่นออกที่นิยมใช้กัน วิธีเขย่าฝุ่นออกจะเป็นลักษณะประจำตัวของเครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรองที่ผลิตขาย ภาพ 4.25 แสดงโครงสร้างของถุงกรองที่ใช้กันทั่วไป ส่วนภาพ 4.26 แสดงถุงกรองแบบ pulse - jet ทั้งสองแบบนี้ใช้ถุงกรองรูปทรงกระบอกเหมือนกันแต่มีทิศทางการไหลของอากาศสกปรกผ่านถุงในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือจากด้านในของถุงออกด้านนอกในกรณีของภาพ 4.26 นอกจากนั้นในกรณีแรกวิธีเขย่าฝุ่นออกจะอาศัยการสั่นถุงกรองและส่งอากาศผ่านถุงย้อนทางปกติ ส่วนในกรณีหลังจากเขย่าฝุ่นออกโดยการฉีดเจ็ตของอากาศ จากด้านในของถุงออกด้านนอก(ย้อนทางของก๊าซสกปรก) ในกรณีแรกของการเขย่าฝุ่นออกจะทำได้ก็ต่อเมื่อ หยุดการกรองก๊าซสกปรกชั่วคราว แต่ในกรณีหลัง สามารถทำได้เป็นระยะ ๆ โดยไม่ต้องหยุดการกรองชั่วคราว ข้อเสียของกรณีหลัง ก็คือไม่สามารถใช้ถุงกรองที่มีขนาดโตมากได้ มิฉะนั้นการเขย่าฝุ่นออกจะได้ผลไม่ดี แต่มีข้อดีคือสามารถกรองก๊าซ ด้วยความเร็วเป็น 2 ถึง 5 เท่าของกรณีแรก ดังนั้นจึงสามารถบำบัดก๊าซได้ในอัตราเล็กมากทั้งที่มีขนาดเล็กกว่า อนึ่งภาพ 4.27 เป็นโครงสร้างของถุงกรองที่เขย่าฝุ่นออกโดยการสั่นวงแหวน ที่อยู่ช่องกลางของถุงด้วยแรงกลและส่งอากาศไหลย้อน

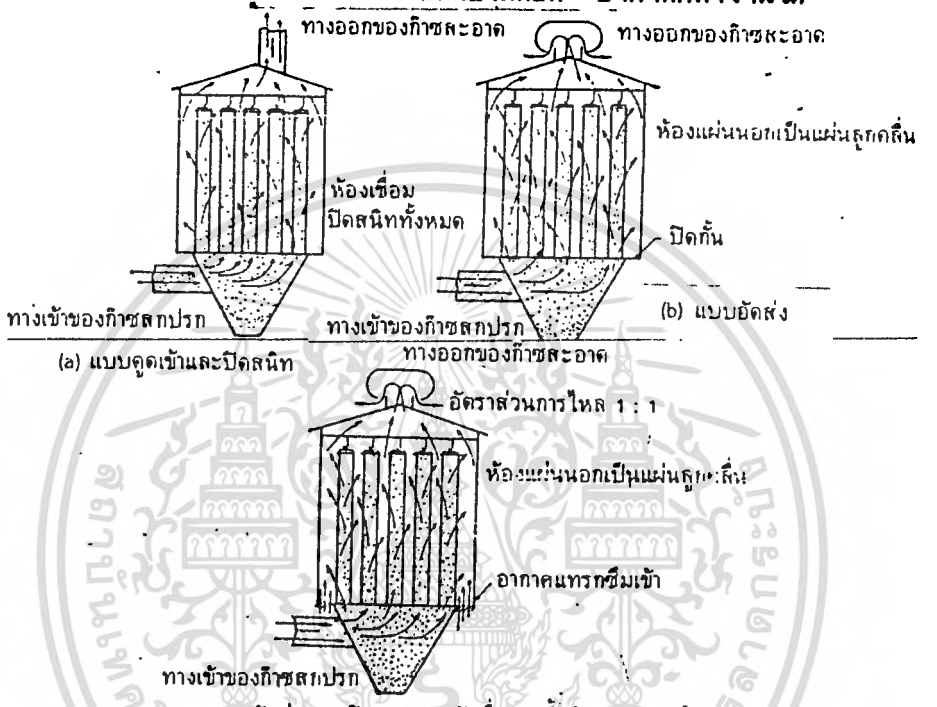
สรุปแล้ว วิธีเขย่าฝุ่นสามารถแบ่งออกกว้าง ๆ เป็น 2 รูปแบบ คือ วิธีที่เขย่าออกอย่างถี่และอย่างรุนแรง เพื่อให้ได้ถุงกรองในสภาพที่สะอาด มากและสามารถใช้ความเร็วของการกรองที่สูงและวิธีที่เขย่าชั้นฝุ่นของถุงกรองออกไม่สมบูรณ์ เพื่อทำการกรองด้วยชั้นฝุ่นที่คงเหลืออยู่ อนึ่งในกรณีของวิธีหลัง การเขย่าฝุ่นออกจะทำผลัดกันทีละห้องของเครื่องที่แบ่งออกเป็นหลายห้อง ดังนั้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความดันสูญเสียและอัตราการไหลของก๊าซของทั้งเครื่องจะเป็นไปตามวัฏจักร(cycle)ของการเขย่าออก ดังแสดงในภาพ 4.28



ภาพที่ 4.28 การเปลี่ยนแปลงของความดันสูญเสียและอัตราการไหลของก๊าซตามวัฏจักรการเขย่าฝุ่นออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแง่ของโครงสร้าง ถ้าไม่จำเป็นต้องสร้างบ้านถุงกรอง (bag house) ให้มิดชิดอากาศ (air tight) ค่าก่อสร้างจะถูกลง 20 ถึง 30% เมื่อเทียบกับบ้านถุงกรองที่มิดชิดอากาศ ดังนั้นถ้าลักษณะสมบัติของฝุ่น และสภาวะของก๊าซสกปรก อนุโลมให้สามารถติดตั้งเครื่องเป่าลมไว้ก่อนหน้าถุงกรอง ก็ควรใช้วิธีอัดส่งก๊าซดังในภาพที่ 4.29 (b) และ (c) เพราะในกรณีเช่นนี้ บ้านถุงกรองไม่จำเป็นต้องมิดชิด อากาศก็ทำงานได้



5. ลักษณะสมบัติทั่วไปของเครื่องเก็บฝุ่นแบบถุงกรอง

1) ความเร็วปรากฏของการกรองและประสิทธิภาพของการเก็บฝุ่น

ความเร็วปรากฏของการกรอง (apparent filtering velocity) คำนวณได้จาก

$$V = (Q / A) \times 100$$

ในที่นี้ V คือความเร็วปรากฏของการกรอง (cm/sec)

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตรของก๊าซ (m^3 /sec)

A คือ พื้นที่รวมเชิงประสิทธิผลของผ้ากรอง (m^2)

ความเร็วปรากฏของการกรองจะมีผลกระทบสูงสุดต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของถุงกรอง ดูภาพที่ 7.48 เป็นตัวอย่างความเร็วที่เหมาะสมนี้จะขึ้นกับคุณสมบัติของฝุ่นและโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีเขย่าฝุ่นออก โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.3 ถึง 10 cm/sec ความเร็วนี้จะมีค่าสูงในกรณีของผ้าทอและค่าต่ำ ในกรณีของผ้ากรองอื่น ๆ ในกรณีที่ต้องการเก็บอนุภาคละเอียดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 ไมครอน ความเร็วนี้ควรใช้ค่าประมาณ 1 ถึง 2 cm/sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวิกฤตของอนุภาคที่เก็บได้ 50 % โดยถุงกรอง ประมาณ 0.1 ไมครอนค่าวิกฤตนี้จะขึ้นกับประเภทของฝุ่น และการออกแบบถุงกรอง หลังจากที่เกิดชั้นฝุ่นปฐมภูมิเรียบร้อยแล้ว ภาระของฝุ่นจะแทบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของถุงกรอง

2) สรุปลักษณะการทำงานของถุงกรอง

ถุงกรองมีลักษณะในการทำงานต่อไปนี้

ก. ถ้าความเร็วปรากฏของการกรอง มีค่าขึ้งน้อย รูเปิดของชั้นฝุ่นปฐมภูมิจะยิ่งเล็ก ทำให้สามารถจับฝุ่นที่ละเอียดขึ้นได้

ข. วิธีเขย่าฝุ่นออกอย่างไม่หมด สมบูรณ์เหมาะกับกรณีที่ต้องการประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นสูงมาก ส่วนวิธีเขย่าออกจนสะอาดซึ่งทำได้โดยไม่ต้องหยุดก๊าซชั่วคราวเหมาะกับกรณีที่ก๊าซมีฝุ่นหนาแน่นและฝุ่นนั้นมีคุณสมบัติเกาะติดเก่ง

ค. ผ้ากรองที่ทอจากเส้นใยที่ทำจากฟิลาเมนต์ (filament) มีความแข็งแรงและผิวราบเรียบ ดังนั้นจึงเขย่าฝุ่นออกได้ง่าย แต่มีข้อเสียคืออุดตันและความดันสูญเสีย เพิ่มสูงได้ง่าย ส่วนผ้าที่ทอจากเส้นใยสั้น (staple span)จะมีเส้นขนเล็กอยู่บนผิว และประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นสูง แต่ไม่อาจเขย่าฝุ่นออกได้ดีเหมือนกับกรณีแรก ดังนั้นจึงใช้กับการจับฝุ่นที่มีคุณสมบัติเกาะติดด้อยกว่า

ง. ในกรณีที่ต้องการเก็บฝุ่นที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง (เป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว) ด้วยผ้ากรองที่ทอจากเส้นใยโลหะลงในผ้ากรอง หรือทำแกรไฟต์ไตเซชั่น (graphitization) ให้กับผ้า

4.5 เครื่องเก็บฝุ่นแบบกรอง (ตอน2): ชั้นเส้นใยกรองและแบบอื่น ๆ

ชั้นเส้นใยกรอง (fibrous mat filters) เป็นเครื่องกรองประเภทที่ลักษณะสมบัติการทำงานที่เข้าใจกันดีที่สุด การศึกษาชั้นเส้นใยกรองได้เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 และกระทำกันอย่างกว้างขวาง ทั้งที่คำนึง และไม่คำนึง อิทธิพลของประจุไฟฟ้าสถิต และแรงโน้มถ่วงของโลก ได้มีการศึกษาผลที่รูปร่างของเส้นใยมีต่อสมรรถนะการกรองทั้งในแง่ความยาวของเส้นใย ความกลม(curcularity) อย่างไรก็ตาม การประมาณสมรรถนะของการกรองที่เก็บสะสมฝุ่นไว้แล้ว โดยการคำนวณทางทฤษฎี ก็ยังทำได้ลำบากในปัจจุบัน

1. กลไกและประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นของชั้นเส้นใยกรอง

กลไกสำคัญในการเก็บสารอนุภาคละเอียดที่ไม่มีประจุไฟฟ้า และแขวนลอยอยู่ในกระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสก๊าซ โดยใช้ชั้นเส้นใยกรอง ได้แก่ ผลของแรงเฉื่อย การสกัดกั้นโดยตรง การแพร่เชื้อ (การเคลื่อนที่แบบราวเนียน) แรงโน้มถ่วงจะมีผลต่อการเก็บอนุภาค ค่อนข้างโตเท่านั้น ผลของแรงเฉื่อยมีความสำคัญ เมื่อทำให้อนุภาคมีเส้นโคจร ที่เบี่ยงเบนไปจากเส้นทางไหลเดิมในก๊าซ ในขณะที่เข้าใกล้สิ่งกีดขวาง แม้ว่าอนุภาคจะเบี่ยงเบนออกจากเส้นการไหลของก๊าซ อนุภาคนั้นก็อาจหรือไม่อาจสัมผัสกับสิ่งกีดขวาง ขนาดและแรงเฉื่อยของอนุภาค และตำแหน่งของอนุภาคเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งกีดขวางในขณะที่เข้าใกล้ แรงเฉื่อยจะมีความสำคัญน้อยต่อการเก็บอนุภาคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 1 ไมครอนแต่จะมีความสำคัญเพิ่มขึ้น เมื่อขนาดของอนุภาคโตขึ้น

การเก็บอนุภาคโดยการสกัดกั้นโดยตรง (direct interception) มีความสำคัญสูงสุดสำหรับอนุภาคขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 ถึง 1 ไมครอน แม้ว่าอนุภาคเหล่านี้จะไม่ถึงกับไร้แรงเฉื่อย แต่แรงเฉื่อยที่มีจะค่อนข้างไม่สำคัญ อนุภาคขนาด 0.2 ถึง 1 ไมครอน มีแนวโน้มที่จะวิ่งตามการไหลของก๊าซอ้อมรอบสิ่งกีดขวาง และจะสัมผัสกับสิ่งกีดขวาง ก็ต่อเมื่อการไหลนั้นอยู่ใกล้กับสิ่งกีดขวางอย่างเพียงพอ

อนุภาคขนาดเล็กมาก (เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.2 ไมครอน) จะไม่วิ่งตามเส้นการไหลของก๊าซเพราะการชนกันกับโมเลกุลแต่ละโมเลกุล ของก๊าซรอบ ๆ จะทำให้อนุภาคกระเด็นไปมา ผลที่เกิดขึ้นก็คือการเคลื่อนไหว แบบราวเนียน (Brownian motion) การเคลื่อนไหวตัวอย่างไม่มีกฎเกณฑ์ (random) นี้จะเพิ่มโอกาสที่อนุภาคจะสัมผัสกับผิวเก็บและเป็นกลไกการเก็บที่เด่นมาก สำหรับอนุภาคขนาดเล็กมาก กลไกต่าง ๆ ที่กล่าวมาอาจกระทำร่วมกันต่ออนุภาคได้ ซึ่งจะพิจารณาเพิ่มเติมในภายหลัง

ประสิทธิภาพในการเก็บอนุภาคของชั้นเส้นใย

ประสิทธิภาพของชั้นเส้นใยสามารถคำนวณได้ โดยการพิจารณาประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคทรงกลม โดยเส้นใยทรงกระบอกเพียงเส้นเดียว แล้วรวมหาจำนวนอนุภาคคำนวณทั้งหมดที่เส้นใยทั้งหมดจับได้ นั่นคือประสิทธิภาพแรกเริ่มของชั้นกรอง (ประสิทธิภาพเมื่อเริ่มใช้งาน) จะหาได้ยาก ซึ่งมีชื่อเรียกว่า กฎการวิ่งทะลุเชิงล็อก(log-penetration law)

ในที่นี้ คือประสิทธิภาพแรกเริ่มของชั้นกรอง (ชั้นเส้นใย) (-)
คือประสิทธิภาพแรกเริ่มของเส้นใยเดี่ยว (-)
คืออัตราส่วนของชั้นเส้นใยที่เป็นช่องว่าง (porosity)(-)
คือความหนาของชั้นกรอง (m)
คือเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยในชั้นกรอง (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพแรกเริ่มของเส้นใยเดี่ยวในสมการ ควรเป็นของกรณีที่คำนึงถึงผลกระทบกับเส้นใยข้างเคียงด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ ในการเก็บแรกเริ่มของเส้นใยโดดเดี่ยว (นั่นคือประสิทธิภาพในกรณีที่ไม่มีผลกระทบจากเส้นใยข้างเคียง) กับประสิทธิภาพของเส้นใยเดี่ยว ข้างต้น เป็นดังนี้

ในที่นี้ พารามิเตอร์ มีค่าระหว่าง 5 และ 20 ถ้าผลของแรงเฉื่อยมีความสำคัญกว่าเพื่อน

อย่างไรก็ดี ไม่ใช่ว่าอนุภาคทุกชิ้นที่สัมผัสกับเส้นใยจะเกาะติดเสมอ การเกาะติดหรือไม่เกาะติดของอนุภาค เมื่อเกิดการกระทบกับเส้นใย ย่อมขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ รวมทั้งมุมของการกระทบ การหลุดลอยหนีใหม่ (reentrainment) ของอนุภาคที่เกาะติดอยู่จะเกิดมากอย่างสำคัญ หลังจากที่ภาระของฝุ่นได้เพิ่มสะสมจนถึงค่า ค่าหนึ่ง ในชั้นกรองเงื่อนไขแน่นอนที่เกิดปรากฏการณ์ ย่อมขึ้นโดยหลักใหญ่กับตัวกลางที่ใช้กรอง อนุภาค และความเร็วของก๊าซในปัจจุบันยังไม่สามารถทำนายเงื่อนไข ดังกล่าวได้ดี ในบางครั้งการรั่วไหลรอบ ๆ ตัวกลางที่ใช้กรองเป็นสาเหตุของการเลวลงของประสิทธิภาพรวมในการกรอง

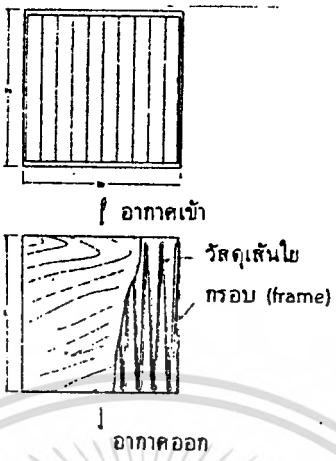
2. ประเภท โครงสร้าง และหน้าที่

เครื่องกรองแบบเส้นใยเป็นเครื่องกรองอากาศแบบหนึ่ง ที่ใช้กันกว้างขวางมากและเหมาะยิ่งสำหรับกรณีที่ความเข้มข้นของฝุ่นมีน้อย การบำรุงรักษา เครื่องกรองแบบเส้นใยทำได้ง่ายเพราะมีโครงสร้างที่ง่าย ๆ เครื่องกรองแบบเส้นใยอาจแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ประเภทแรกคือ แบบโยนแผงทิ้ง (throwaway panel type) ซึ่งเป็นแบบที่ใส่วัสดุไว้ในกรอบและจะเปลี่ยนทั้งกรอบและวัสดุกรองที่ใช้ไประยะเวลาหนึ่ง ประเภทที่สองคือแบบการเปลี่ยนเฉพาะวัสดุกรองโดยปฏิบัติการเปลี่ยนใหม่ (renewal operation) ส่วนประเภทที่ 3 คือ เครื่องกรองที่มีกลไกทำความสะอาด ตัวเอง (self - cleaning type)

เครื่องกรองแบบโยนแผงทิ้ง

โดยทั่วไป เครื่องกรองแบบนี้จะสร้างโดยการบรรจุเส้นใยโลหะ แก้ว หรือพลาสติกลงอย่างหลวมๆ ในกรอบ ซึ่งโดยปกติมีพื้นที่ประมาณ 50 ตร.ซม และความหนา 2 ถึง 5 ซม. ความเร็วผิวเผิน (superficial velocity) ที่ใช้งานกับแผงกรองเหล่านี้ จะมีค่าจาก 0.3 ถึง 2 m/sec และความดันสูญเสียมีค่าตั้งแต่ 5 ถึง 50 mmH_2O ภาพ 4.30 แสดงตัวอย่างการกรองแบบโยนฝุ่นทิ้ง มักติดตั้งในลักษณะคดเคี้ยวไปมา (zigzag) เมื่อเพิ่มพื้นที่กรองให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

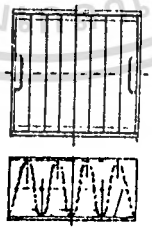


ภาพที่ 4.30 เครื่องกรองแบบโยนแผงทิ้ง

อนึ่งวัสดุกรองที่ทำด้วยใยเซรามิคเส้นใยแร่หรือเส้นใยที่ทำเป็นโลหะ(metalized) ก็มีใช้สำหรับกรณีสำหรับอุณหภูมิก๊าซสูง ๆ แต่มีขีดจำกัดในการใช้เพราะราคาแพง

เครื่องกรองแบบเปลี่ยนวัสดุกรองได้

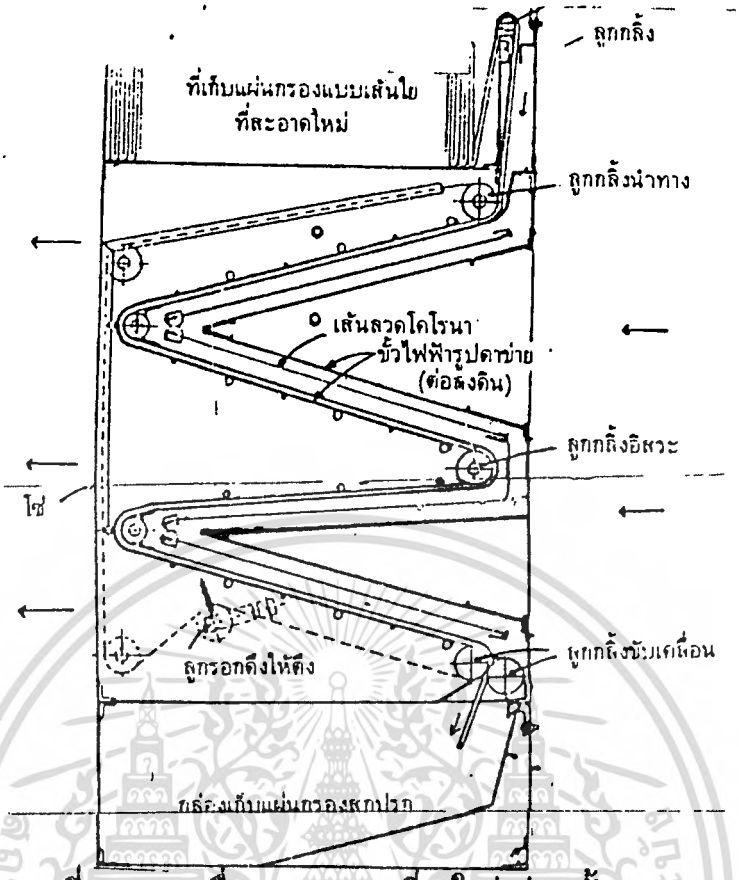
เครื่องกรองแบบนี้ จะใช้วัสดุที่ทำเป็นม้วนหรือห่อ และการเปลี่ยนวัสดุกรองจะทำเป็นระยะ ๆ อย่างอัตโนมัติ ในกรณี ของแบบที่เปลี่ยนใหม่ อย่างครั้งคราวส่วนหนึ่งของวัสดุกรอง ในย่านการกรองจะถูกเปลี่ยน ด้วยวัสดุใหม่อย่างไม่ต่อเนื่อง หลังจากใช้งานไปพักหนึ่ง ส่วนในกรณีของแบบที่เปลี่ยนใหม่ อย่างต่อเนื่องวัสดุกรอง จะถูกเปลี่ยนใหม่อย่างต่อเนื่องในอัตราความเร็วที่ตั้งไว้ (ดูภาพที่ 4.31)



ภาพที่ 4.31 เครื่องกรองแบบเปลี่ยนวัสดุกรองได้

อนึ่งวิธีที่ใช้กำหนดจังหวะการเปลี่ยนใหม่อย่างครั้งคราว ก็มีสองวิธีคือ วิธีที่ใช้สวิทช์ความดัน (pressure switch) และวิธีใช้เครื่องตั้งเวลา (timer) ภาพที่ 4.32 แสดงตัวอย่างของการเปลี่ยนใหม่อย่างครั้งคราวซึ่งใช้ชั้นเส้นใยของไดอิเลคตริก (dielectric fibrous mat) และมีการปล่อยประจุโคโลนา (corona discharge) ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.32 เครื่องกรองแบบเปลี่ยนใหม่อย่างครั้งคราว
(เส้นใยเชิงไดอิเล็คตริกและปล่อยโคโรนา)

ในแง่ของเศรษฐศาสตร์ ที่เกี่ยวกับการประหยัดวัสดุกรองและในแง่การลดการแปรค่าขึ้น ลงบนความดันสูญเสีย และของอัตราการไหลให้น้อยลงแล้ว ทั้งเครื่องกรองแบบใหม่อย่างครั้งคราว และอย่างต่อเนื่องจะดีกว่าแบบโยนแผงทิ้งมาก ได้มีรายงานผลการทดลองที่น่าสนใจว่าเครื่องกรองแบบเปลี่ยนใหม่อย่างชั่วครั้งชั่วคราวนั้น ซึ่งควบคุมการเปลี่ยนโดยสวิทช์ความดัน สามารถปรับภาระของฝุ่นได้ในปริมาณสองเท่าของแบบเปลี่ยนใหม่อย่างต่อเนื่อง และแบบโยนแผงทิ้ง การวิเคราะห์เชิงทฤษฎีของเครื่องกรองเปลี่ยนใหม่ อย่างครั้งคราวและอย่างต่อเนื่องก็สนับสนุนผลการทดลองข้างต้น

เครื่องกรองแบบทำความสะอาดตัวเอง

ในรูปแบบหนึ่งของเครื่องกรองแบบทำความสะอาดตัวเอง ชั้นเส้นใยจะถูกติดตั้งในลักษณะที่สามารถฉีดน้ำใส่โดยตรงเพื่อทำความสะอาด น้ำล้างที่ไหลน้ำลงมาจะถูกเก็บรวบรวมไว้ในอ่าง (basin) ถ้าภาระของฝุ่นมีค่าค่อนข้างน้อย และทำการเปลี่ยนน้ำเป็นระยะๆ เครื่องกรองแบบนี้จะใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน โดยไม่ต้องเปลี่ยนวัสดุกรอง

ในอีกแบบหนึ่ง ของเครื่องกรองแบบทำความสะอาดตัวเอง แผงกรอง (filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

panels) ซึ่งต่อกันด้วยบานพับ และวางซ้อนกันจะถูกติดตั้ง ในลักษณะที่เป็นคล้ายม่านในแนวดิ่ง ม่านนี้จะเคลื่อนที่ตามโซ่ ซึ่งเกี่ยวติดกับเฟืองล้อที่อยู่ด้านบนและด้านล่าง แผงแต่ละแผงจะเคลื่อนที่ครบรอบ ในเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ก๊าซที่ต้องการกรองจะไหลผ่านแผง สองชั้น ที่วางซ้อนกัน แผงด้านที่เคลื่อนลงจะจุ่มลง ในอ่างน้ำมันที่มีการกวนเมื่อเคลื่อนลงถึงจุดตัดของรอบหมุนเพื่อชะล้าง ฝุ่นที่ติดสะสมอยู่ หลังจากล้างสะอาด และทำให้เปียกน้ำมันอีกครั้งแล้ว แผงดังกล่าวจะเคลื่อนตัว ขึ้นเพื่อกลับไปยังตำแหน่ง ที่วางซ้อนกัน เพื่อทำหน้าที่เป็นม่านกรองอีกครั้ง

3. การกรองแบบอื่น ๆ

เครื่องกรอง HEPA

เครื่องกรอง HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) เป็นเครื่องกรองแบบเส้นใยที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการเก็บแม้แต่อนุภาคขนาดเล็กมาก (เล็กกว่า 1 ไมครอน) ข้อแตกต่างระหว่างเครื่องกรอง เส้นใยในอดีตก็คือ เส้นใยกรองแบบ HEPA จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่ามาก (ประมาณ 1.0 ไมครอนหรือเล็กกว่าในขณะที่เส้นใยทั่วไป มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ถึง 20 ไมครอน)ดังนั้นกลไกของการสกัดกั้นจึงมีบทบาทสำคัญในการเก็บอนุภาคขนาดเล็กมากโดยเครื่องกรอง HEPA อนึ่ง ชั้นกรองของแบบ HEPA จะมีความพรุนสูงกว่า คือตั้งแต่ 90 ถึง 98 % แต่ก็มีข้อเสียตรงที่ความดันสูญเสียก็สูงกว่า

เครื่องกรองแบบอัดชั้นวัสดุ

เครื่องกรองแบบอัดชั้นวัสดุ (packed bed filter) โดยเฉพาะแบบชั้นอัดเม็ด (granular packed) กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในงานประยุกต์บางอย่าง เช่นในการกำจัดฝุ่นกัมมันตรังสี หรืออนุภาคแบคทีเรีย อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก ๆ และในการกำจัดฝุ่นละเอียดออกจากก๊าซสันดาปอุณหภูมิสูง (โดยไม่ต้องทำก๊าซให้เย็นก่อน)เพื่อลดปริมาณความร้อนสูญเสียจากก๊าซร้อน

ภาพที่ 4.33 แสดงไดอะแกรมของเครื่องกรองแบบชั้นอัดเม็ด เม็ดวัสดุกรองจะถูกใส่ไว้ระหว่างชั้นของตาข่ายโลหะพิเศษ โดยป้อนจากด้านบนออกด้านล่างเพื่อเก็บฝุ่น เม็ดวัสดุที่จับอนุภาคแล้ว จะถูกเอาออกจากก้นของฮอปเปอร์ แล้วส่งกลับไปใช้งานใหม่หลังจากกำจัดฝุ่นที่เกาะอยู่ออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเริ่มต้นเหล่านี้ การใช้ประโยชน์เครื่องใช้ตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต ได้แพร่ขยายกว้างไปรวมตั้งแต่ปัญหาพิเศษเกี่ยวกับการเก็บโลหะมีค่าถึงจนการเก็บขี้เถ้าบิน (fly ash) ที่ออกจากหม้อไอน้ำที่เผาถ่านหินของโรงงานผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันการใช้งานหลักของเครื่องใช้ตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตคือ การทำความสะอาดก๊าซ (gas cleaning) ซึ่งต้องมีประสิทธิภาพสูงในการเก็บอนุภาคละเอียดที่ออกจากกระบวนการที่ปล่อยก๊าซทิ้งในปริมาตรสูง

เนื่องจากแรงแยกเก็บอนุภาคในเครื่องใช้ตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต จะกระทำต่อตัวอนุภาคนั่นเอง พลังงานที่ต้องใช้ในการทำความสะอาดก๊าซจึงน้อยกว่าในกรณีของอุปกรณ์เก็บฝุ่นแบบอื่นๆ ซึ่งใส่พลังงานให้กับกระแสก๊าซสกปรกทั้งหมด เอกลักษณ์ของเครื่องใช้ตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตมีผลทำให้ความสูญเสียของก๊าซมีค่าต่ำ และค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำกว่าของวิธีทำความสะอาดก๊าซวิธีอื่น

กระบวนการตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตประกอบด้วย

ก. การใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาค

ข. การสร้างสนามไฟฟ้า

ค. การไล่อนุภาคที่เก็บได้ออกจากเครื่องตกตะกอน

กระบวนการใส่ประจุไฟฟ้าเป็นการใส่อิเลคตรอน ให้กับหรือดึงอิเลคตรอนออกจากอนุภาคโดยการสัมผัสกับอิออนของโมเลกุลก๊าซ อนุภาคเล็ก ๆ เกือบทั้งหมดในธรรมชาติจะได้รับประจุจำนวนหนึ่งในการแผ่รังสี การเสียดสีในระหว่างที่ไหลในท่อ การไอออไนเซชันของเหลว หรือกระบวนการอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างธรรมชาติ แต่โดยทั่วไปประจุเหล่านี้จะมีน้อยเกินกว่า ที่จะก่อให้เกิดการตกตะกอน อย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือ การใส่ประจุของเครื่องตกตะกอนในอุตสาหกรรม จะกระทำโดยการเติมประจุไฟฟ้าที่เกิดจากโคโรนาไฟฟ้า (electrical corona) ให้กับอนุภาค

สนามไฟฟ้าของเครื่องตกตะกอนในอุตสาหกรรมจะสร้างขึ้น โดยการใส่ไฟฟ้าแรงสูงแบบกระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องฟอกอากาศ

A I R I O N I Z E R

เครื่องทำให้อากาศสะอาด ลดควัน และสร้างโอโซน

1. ประวัติความเป็นมา

การแตกตัวเป็นไอออนในอากาศ ไม่ใช่สิ่งที่เพิ่งค้นพบใหม่ เมื่อปี ค.ศ.1748 ชาวฝรั่งเศสชื่อ L' Abbe Nollet พบว่าพืชที่ปลูกบริเวณที่ทำให้อากาศแตกตัวด้วยเครื่องมือที่มีขั้วไฟฟ้านี้เจริญเติบโตเร็วกว่าปกติ

ยี่สิบปีต่อมา Father Gian Battesta Baccaria แห่งมหาวิทยาลัยทูริน อิตาลี ได้เสนอบทความไว้ว่า "เป็นที่ประจักษ์แล้วว่า ธรรมชาติสร้างบรรยากาศของสนามไฟฟ้าเพื่อการขยายพันธุ์ของพฤกษชาติ และเราได้ศึกษาจากการทดลองแล้วให้ผลเช่นกัน"

อย่างไรก็ตามในศตวรรษที่ 19 Elster และ Geitel ชาวเยอรมันและTompson ชาวอังกฤษได้เสนอความคิดเห็นส่วนตัวว่า **ผลของไฟฟ้าในอากาศที่จริงแล้วคือ อณูของกาซในรูปประจุไฟฟ้าหรือไอออนนั่นเอง**

งานวิจัยรุ่นใหม่เกี่ยวกับไอออนในอากาศ และผลของมันได้เริ่มกันจริงจังเมื่อเร็ว ๆ นี้ โดยเป็นงานบุกเบิกของ Dr.Sulman ในอิสราเอลและ Dr.Aibeert Krueger ในสหรัฐอเมริกา

2. ธรรมชาติของไอออนในอากาศ

ไอออนในอากาศนั้นมีอยู่แล้วตามธรรมชาติ อันเนื่องมาจากปรากฏการณ์บนพื้นโลก ธรรมชาติรักษาสภาพของภาวะอากาศบริสุทธิ์ด้วยผลของกระแสลม และคลื่นในทะเล ฟ้าแลบ น้ำตก พฤกษชาติรังสีคอสมิก และพลังงานจากดวงอาทิตย์รวมทั้งกัมมันตรังสีบนพื้นโลก

ไอออนในอากาศคือโมเลกุล(อณู)ของกาซซึ่งมีอีเล็คตรอน (ประจุไฟฟ้าลบ)มากกว่าหรือน้อยกว่าสภาพสมดุลย์ตามธรรมชาติของตัวมัน อณูของกาซที่รับอีเล็คตรอนเพิ่มมากกว่าปกติ เราเรียกว่า ไอออนลบ และอณูของกาซที่สูญเสียอีเล็คตรอนหรือพร่องอีเล็คตรอนเราเรียกว่า ไอออนบวก

อากาศบริสุทธิ์บริเวณโล่งแจ้ง จะมีปริมาณความหนาแน่นของไอออนบวก และไอออนลบประมาณ 1,000-4,000 ไอออนต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความอึดอัดของมนุษย์จะเกิดขึ้นทันทีเมื่อผนัง 4 ด้านของที่อยู่อาศัยล้อมรอบตัว เนื่องจากปริมาณของไอออนที่ประจุในอากาศของห้องลดลงเหลือ 80 ไอออนต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้เพราะไอออนลบสูญเสียอีเล็คตรอนส่วนเกินได้ง่ายให้แก่ผนังที่อยู่อาศัยและวัสดุอื่นทำให้อัตราส่วนของไอออนบวกต่อไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลบกลายเป็น 4:1 สภาวะเช่นนี้เรียกว่า"เกิดการไม่สมดุลย์ของไอออน"หรือ"บริเวณพร่องไอออน"เป็นเหตุให้เกิดปัญหาต่างๆ แก่มนุษย์ ปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้ด้วยการกำเนิดปริมาณไอออนในระดับที่เหมาะสมขึ้น

เครื่องกำเนิดไอออน (หรือเครื่องกำเนิดไอออนในอากาศ)รู้จักกันมา 20 ปีมาแล้วในการแพทย์ใช้แก้ปัญหาเรื่องสุขภาพคนไข้ โดยเฉพาะบริเวณของพื้นโลกในส่วนที่มีสภาพอากาศวิปริตและเกิดสภาวะไม่สมดุลย์ของไอออน

บนความเจริญก้าวหน้าของมนุษย์ประดิษฐกรรมใหม่ทางสิ่งปลูกสร้าง และควันจากไอเสียรถยนต์เป็นบ่อเกิดของสภาวะที่ไม่สมดุลย์ทางไอออน และปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไอออนในอากาศ

3. เครื่องไอออนไนเซอร์ทำงานได้อย่างไร

เครื่องไอออนไนเซอร์ หรือเครื่องกำเนิดไอออนในอากาศ ทำงานโดยอาศัยแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 โวลท์ นำไปสร้างศักดาไฟฟ้าแรงสูงด้วยวงจรภายในเครื่องในช่วง 8,500-9,500 โวลท์ ศักดาไฟฟ้าแรงสูงนี้ต่อเข้ากับแท่งโลหะปลายเข็ม 4 แท่งที่ด้านหน้าเครื่องแม้ว่าศักดาไฟฟ้าที่ใช้จะสูงมาก แต่กระแสไฟฟ้าที่ใช้นั้นต่ำมาก ดังนั้นอันตรายจากไฟฟ้าดูดจึงเป็นไปได้ยาก

ผลของศักดาไฟฟ้าแรงสูง ทำหน้าที่เหนี่ยวนำหรือบังคับให้กลุ่มของอีเล็คตรอนบริเวณขั้วตรงปลายเข็มอีเล็คตรอนเหล่านี้จะจับเข้ากับอณูของกาซ ในอากาศบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นอณูของกาซที่ได้รับประจุไฟฟ้าลบเพิ่มขึ้นหรือไอออนลบนั่นเอง

ไอออนที่เกิดขึ้นนี้จะผลักกันด้วยแรงของประจุไฟฟ้ากระจายไปทั่วห้องในเวลาอันสั้น (ประมาณ 2-5 นาที) จากนั้นภายในห้องจะมีสภาพสมดุลย์ของไอออนเกิดขึ้นเหมือนกับอากาศโล่งแจ้ง (ซึ่งมีปริมาณไอออน 1,000 ไอออนต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือมากกว่านั้น)

แม้ว่าจะมีวิธีการอีกหลายวิธีที่จะทำให้เกิดการแตกตัวของอากาศ แต่วิธีนี้เป็นวิธีที่พบมานานปี ให้ประสิทธิภาพสูงมากอีกทั้งปลอดภัยและมั่นใจได้ รู้จักกันในหลักการของ"โคโรนาดิสชาร์ท" หรือประกายไฟฟ้าจากการคลายประจุไฟฟ้าแรงสูงที่ขั้วปลายเข็ม

ถ้าหยุดเครื่องไอออนไนเซอร์ที่ติดตั้งไว้ อากาศภายในบริเวณห้องนั้นจะกลับสู่สภาวะไม่สมดุลย์ทางไอออนดังเดิมทันที ทั้งนี้เพราะว่าไอออนลบจะสูญเสียอีเล็คตรอนส่วนเกิน เพื่อสู่สภาวะที่สมดุลย์ของอณูทันทีให้กับผนังของห้อง เพดาน พื้นและวัสดุอื่นๆ

4. ประโยชน์ของการแตกตัวเป็นไอออนในอากาศ

ตำราหลายเล่มได้เขียนเกี่ยวกับผลของไอออนในอากาศ ในสภาวะแวดล้อมหลายเล่มเขียนไปในทางวิชาการ(The Controversy & Dr.Charles Wallach)

ประโยชน์จากการนำมาใช้ได้แก่**การป้องกันมิให้เกิดประจุไฟฟ้าสถิตย์ในอุตสาหกรรม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอผ้า และ การขยายพันธุ์พืชโดยใช้เมล็ดในการเกษตรกรรม

4.1 ด้านสุขภาพ

- สามารถช่วยบรรเทาเรื่อง น้ำเหลือง ขนอ่อนในโพรงจมูก [1]
- สามารถขจัดเชื้อโรคบางชนิดที่ปะปนอยู่ในอากาศ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหลอดลมอักเสบ โรคหืด และอาการอักเสบทางผิวหนัง [2]
- สามารถขจัดฝุ่นละออง ควัน ไอเสีย ช่วยให้คลายเครียดหายอ่อนเพลีย สมองปลอดโปร่ง สมองไวไม่เฉื่อยชา ปอดสะอาดช่วยทำให้ระบบหายใจไม่ติดขัด [3]
- บรรเทาอาการเวียนศีรษะ หรือเมารถจากการหายใจเอา ฝุ่นควัน ไอเสีย กาซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไป [4]

4.2 อากาศบริสุทธิ์

สามารถขจัดฝุ่นละออง ควัน ไอเสีย ไอเชื้อเพลิง และเชื้อโรคบางชนิดได้ จึงช่วยให้อากาศบริสุทธิ์เหมาะแก่การหายใจ ซึ่งจากผลการทดลองโดยการพ่นควันบุหรี่ขณะเปิดเครื่อง ปรากฏว่าควันหายหมด เมื่อใช้มืออังที่ปลายเข็มจะรู้สึกว่ามีการเคลื่อนไหว และใช้ไขควงที่มีหลอดไฟสำหรับจี้ตรวจไฟดูว่ามีศักย์ไฟ จี้ห่างปลายเข็ม จะปรากฏว่าหลอดไฟสว่างขึ้น

สรุปหลักการทำงานของไอออนไนเซอร์ก็คือ ปลายเข็มโลหะจะมีประจุประมาณ 8,000 โวลท์ จะเป็นตัวทำให้ออกซิเจนในอากาศวิ่งกระทบกันและแตกตัวออกซิเจนจะมีประจุลบบริเวณปลายเข็ม จึงเกิดการเคลื่อนไหวช้าโดยจะเป็นตัวกำจัดฝุ่นละออง ควัน ไอเสียได้อย่างเพียงพอ

---

[1] NASTRAN IONIZERS

[2] IMARFLEX SWEET AIR (DIAMOND MARKETING CO.,LTD.)

[3] AIRONIC HIGH EFFUCIENCY AIR CREANER AND IONIZER (TOPMASTER MARKETING CO.,LTD.)

[4] AIR-PURIFIER (NIPPONDENSO THAILAND SALES CO.,LTD.)

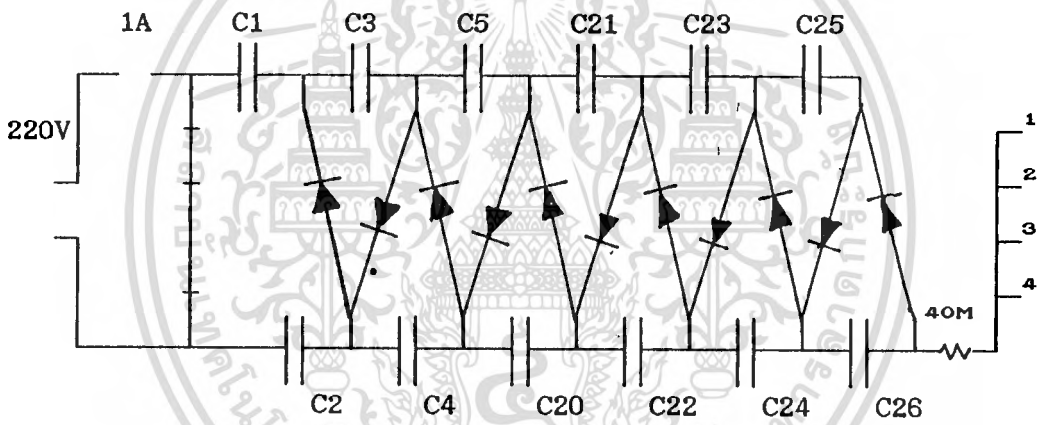
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หลักการทำงานของวงจรไอออนไนเซอร์

จากภาพ จะเห็นว่าวงจรไอออนไนเซอร์ก็คือ **วงจรดับเบลล์** (Doubler) โดยการเพิ่มศักย์ทางไฟฟ้าจาก 220 โวลท์ 50 ไซเคิล โดยวงจรโวลท์เตชดับเบลล์ผลที่ปลายเข็มสแตนเลส(Staunless)จะมีสักย์ทางไฟฟ้าสูงถึง 8,000 โวลท์ ส่วนในเรื่องของอันตรายของไฟฟ้าดูดที่ปลายเข็มแม้จะสัมผัสจับต้องจะไม่มี ทั้งนี้เพราะกระแสน้อยมาก ดังสมการ

$$\text{กระแสสูงสุด} = \frac{V}{R} = \frac{8,000}{40 \times 10^{6}} = 200 \times 10^{-6} \text{ แอมป์}$$

ความต้านทาน R คือ 40 เม็กกะโอห์มที่ต่อระหว่างโวลท์เตชดับเบลล์กับเข็มซึ่งจะเห็นว่ากระแสสูงสุดเพียง 0.2 มิลลิแอมป์



ภาพที่ 4.34 วงจรไอออนไนเซอร์

ธรรมชาติของประจุไฟฟ้าจะชอบมาเบียดเสียดยัดเยียดกันที่ปลายแหลมของเข็มทำให้ความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าและความเข้มของสนามพลังไฟฟ้าบริเวณปลายเข็มมีค่าสูง เมื่อโมเลกุลของอากาศโดยเฉพาะออกซิเจนมากระทบปลายเข็มแหลมนี้เข้า ก็จะเกิดการแตกตัว (IONIZED) เป็นอะตอมเดี่ยวๆ ซึ่งมีประจุลบตามสมการ

$$O_2 \rightarrow 2O^{-}$$

อะตอมเดี่ยวของออกซิเจนซึ่งมีประจุลบนี้ จะถูกผลักดันจากปลายเข็มซึ่งมีศักย์ลบเช่นกัน ทำให้อะตอมของออกซิเจนเคลื่อนที่หนีห่างจากปลายเข็มออกไปด้วยแรงผลักดันของสนามไฟฟ้าสถิตย์ โมเลกุลอื่น ๆ ของออกซิเจนจะเคลื่อนเข้ามาแทนที่, แตกตัว และพุ่งหนีออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง ผลพลอยได้จากการแตกตัวของออกซิเจนจะได้กาซชนิดหนึ่งซึ่งมีกลิ่นคล้ายคาวปลาคือ **กาซโอโซน** (O_3 ; จากสมการ $O_2 + O^- \rightarrow O_3$) โอโซนเป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidiser) ที่ดีมากมันจะทำปฏิกิริยากับกาซบางชนิดในอากาศ เช่น กาซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นพิษต่อระบบหายใจของมนุษย์ ให้เปลี่ยนเป็นกาซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งไม่เป็นอันตราย แต่ถ้าปริมาณของโอโซนมีมากเกินไปจะเป็นอันตรายต่ออวัยวะของระบบหายใจ เช่น เนื้อเยื่อในช่องจมูกโดยเฉพาะคนที่เป็นโรคหอบหืด ถ้าสูดโอโซนเข้าไปมาก ๆ อาการจะเลวร้ายลงไปอีก

นอกจากกาซต่าง ๆ ในอากาศแล้วพวกฝุ่น ควัน เชื้อโรคต่าง ๆ ที่ลอยอยู่ในอากาศจะถูกผลักดันโดยแรงจากสนามไฟฟ้าสถิตย์ให้พุ่งตกสู่พื้นอย่างรวดเร็วผลก็คืออากาศที่เราหายใจเข้าไปจะบริสุทธิ์สดชื่น เนื่องจากปริมาณฝุ่น ควัน และเชื้อโรคในอากาศลดน้อยลง

แรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดที่ประมาณ 7-8 กิโลโวลท์ เพราะทำให้เกิดโอโซนในปริมาณน้อยไม่เป็นอันตรายต่อระบบหายใจ

จากรูปที่ 4.6 วงจรดับเบลร์ (Doubler) เป็นวงจรทวีแรงดันไฟฟ้า (Voltage Mutiplier) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **"คอครอฟ - วอลตัน"** (Cockroft - Wolton arrangement) ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลท์ ที่ใช้ในบ้านเป็นตัวขับดันขาออกจะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและมีศักย์ลบ แรงดันไฟฟ้าขาออกคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$V_{out} = V_m \times \text{จำนวนของตัวเก็บประจุ (หรือไดโอด)}$$

โดยที่ V_{out} คือ แรงดันไฟฟ้าขาออกหน่วยเป็นโวลท์

V_m คือ แรงดันยอดคลื่นสูงสุดถ้าใช้กับไฟบ้าน 220 โวลท์

V_m คือ $\sqrt{2} \times 220 = 310$ โวลท์

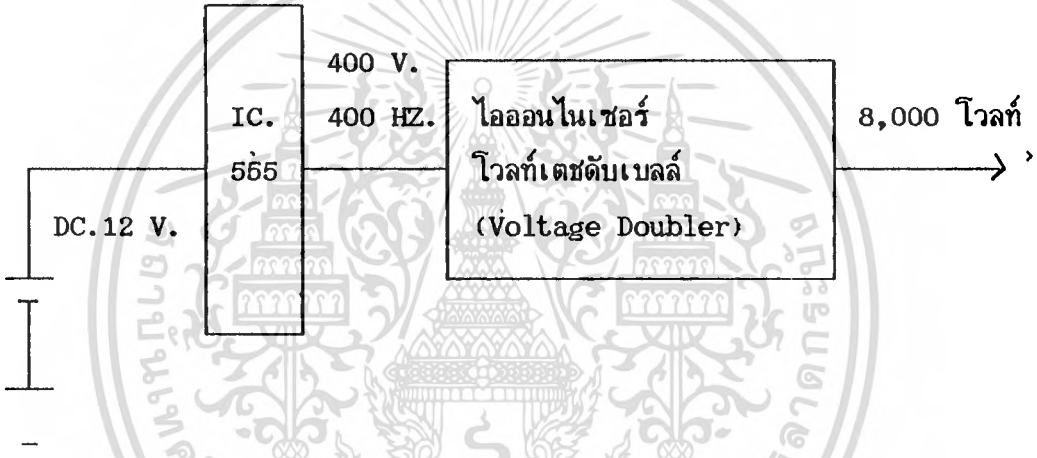
$V_{out} = 310 \times 26 = 8{,}000$ โวลท์ (ไดโอด 26 ตัว)

สุเทพ ธีระกุล "เครื่องกำจัดฝุ่นควันในอากาศ" เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็คโทรนิคส์ ฉบับที่61 ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2527 หน้า 128 - 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องไอออนไนเซอร์สำหรับรถยนต์ [1]

โดยที่ว่ารถยนต์ปัจจุบันติดเครื่องปรับอากาศมาก ในต่างประเทศกล้วมากเรื่องก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ จะรั่วเข้าภายในตัวรถทำให้คนนั่งภายในรถเกิดภาวะโลหิตแข็งตัวเป็นผลให้หมดสติและเสียชีวิต และโดยหลักการที่ว่าไอออนไนเซอร์สามารถสลายคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ จึงได้มีผู้ทำไอออนไนเซอร์สำหรับรถยนต์ขึ้น หลักการคงเดิมคือใช้โวลท์เตช-ดับเบลล์ แต่ใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่รถยนต์ 12 โวลท์ จากที่จุดบุหรี่โดยใช้ไอซี 555 แปลงไฟ 12 โวลท์ เป็น 400 โวลท์ ที่ 400 ไซเคิล ก่อนเข้าสู่ระบบโวลท์เตชดับเบลล์



ภาพที่ 4.35 แสดงหลักการทำงานของเครื่องไอออนไนเซอร์สำหรับรถยนต์

ภาพ4.36 แสดงเครื่องไอออนไนเซอร์สำหรับรถยนต์

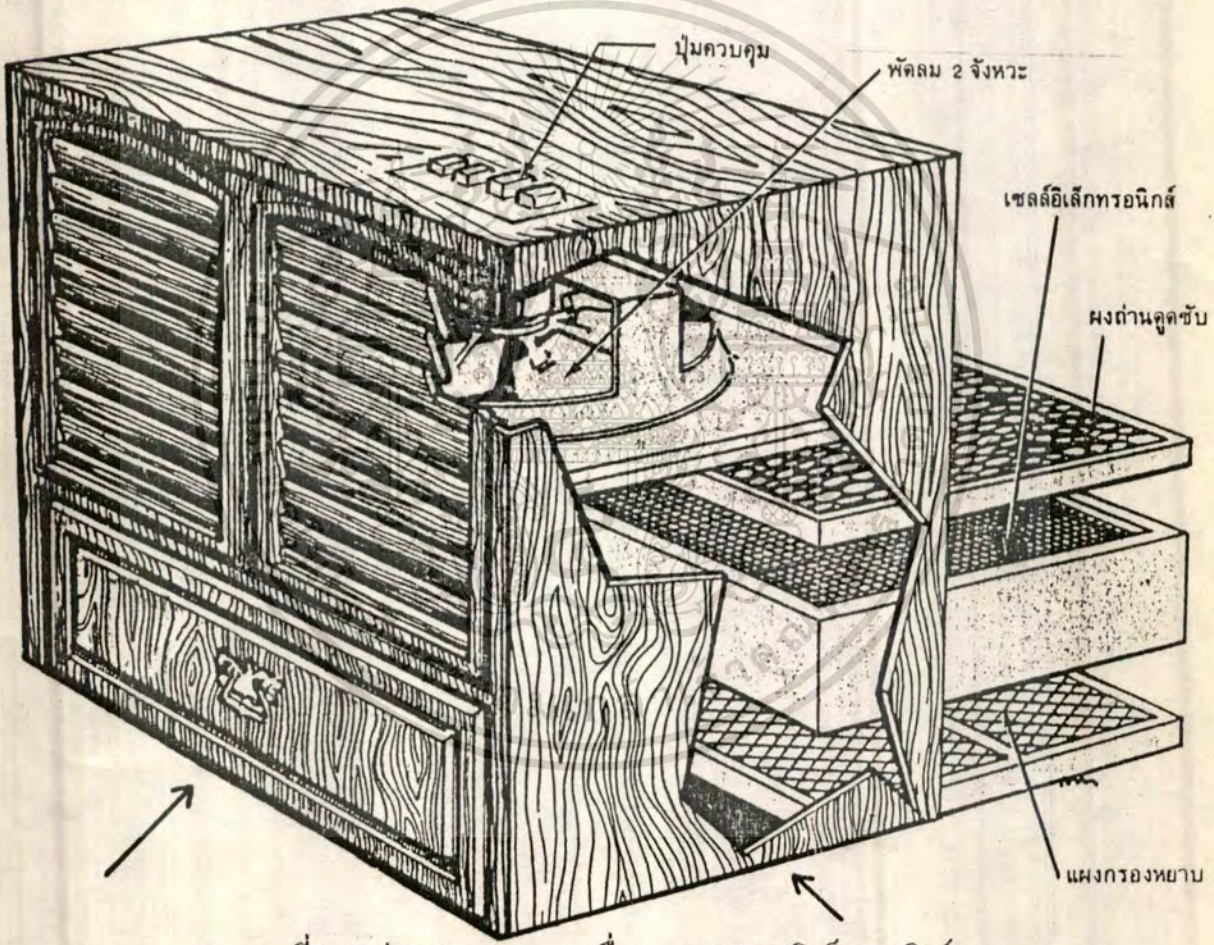
---

[1] ชิดชัย สุทธาศวิน. "โครงงานที่ 8" 22 โครงงานอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ : ศรีสุทธา, 2528 หน้า 39 - 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์ [1]

ในวันหนึ่ง ๆ คนเราจะหายใจเอาอากาศผ่านเข้าปอดประมาณ 25 ปอนด์ อากาศที่หายใจมักจะมีฝุ่นละอองและกลิ่นต่าง ๆ ปะปนอยู่ เครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์สามารถปรับปรุงคุณภาพของอากาศให้ดีขึ้นได้มาก เพราะสามารถกรองสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกได้ถึงประมาณ 95 % ซึ่งรวมถึงอนุภาคขนาดเล็กจำนวนมากด้วย เนื่องจากแผงกรองอากาศของเตาทำความร้อน และเครื่องปรับอากาศธรรมดาสามารถกรองอนุภาคต่าง ๆ ออกได้เพียง 8 % เท่านั้น ดังนั้นเครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์จึงเป็นอุปกรณ์ที่มีคุณประโยชน์สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับคนที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบหายใจ



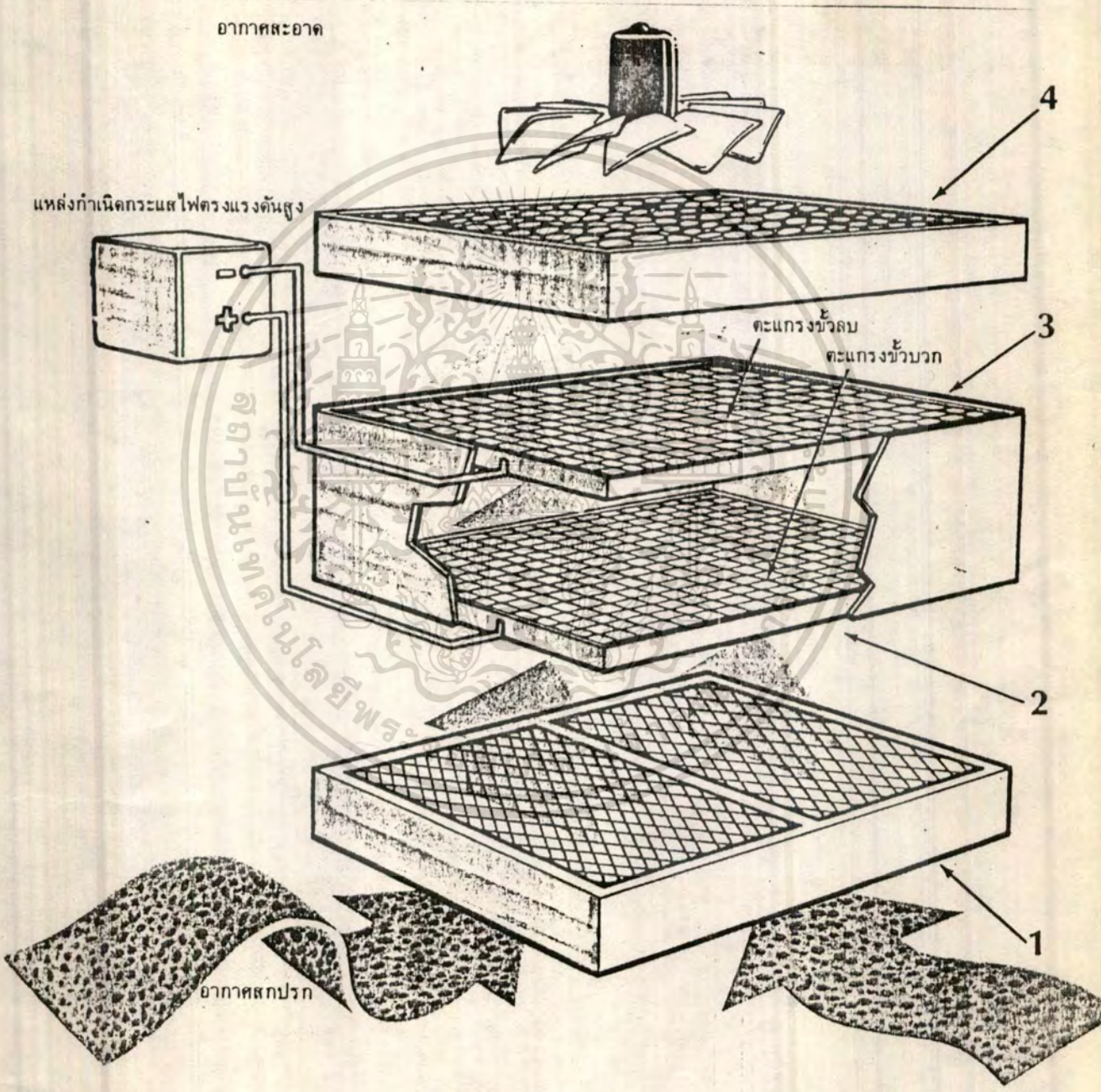
ภาพที่4.37ส่วนประกอบของเครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์

---

[1] Rodof F. Graf and George J. Whalen. How it warks Illustrated. and How things work in Your Home. แปลโดย ชีระยุทธ สุวรรณประทีป. และคนอื่น ๆ " เครื่องกรองอากาศอีเล็กทรอนิกส์ " เทคนิคกลไก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพ: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532 หน้า 42 - 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวใจสำคัญของเครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์คือเซลล์อิเล็คทรอนิคส์ ซึ่งมีหน้าที่ทำความสะอาดอากาศที่ผ่านเข้าไป เซลล์นี้ประกอบด้วยตะแกรงขั้วบวกและตะแกรงขั้วลบ ซึ่งถูกประจุด้วยกระแสไฟฟ้าสลับที่ใช้ในบ้าน ภาพที่



ภาพที่ 4.38 การทำงานของเครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของเครื่องกรองอากาศอิเล็คทรอนิคส์

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องกรองอากาศอิเล็กทรอนิคส์มีดังต่อไปนี้

1. อากาศถูกดูดเข้าเครื่องผ่านแผงกรองหยาบ ซึ่งจะกรองเอาอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากอากาศ

2. จากนั้นอากาศจะผ่านขึ้นไปที่ตะแกรงขั้วบวก ทำให้อนุภาคขนาดเล็กในอากาศได้รับประจุบวก กระบวนการนี้เรียกว่า ไอโอไนเซชั่น (ionization)

3. อนุภาคที่มีประจุบวกผ่านขึ้นไปที่ตะแกรงขั้วลบ ซึ่งจะดูดอนุภาคประจุบวกไว้

4. จากนั้นอากาศจะผ่านชั้นถ่านซึ่งเป็นชั้นสำหรับดูดกลิ่นในอากาศ แล้วออกจากเครื่องกลับเข้าห้องตามเดิม ดังนั้นอนุภาคประมาณ 95 % ตลอดจนกลิ่นที่ปะปนมาด้วยจะถูกดูดออกจากอากาศด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 5
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า

5.1 ไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า

5.2 ผลของกระแสไฟฟ้า

5.3 อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า

5.1 ไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า

1. ประโยชน์และความสำคัญของไฟฟ้า [1]

ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญที่สุดพลังงานหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของคนเราทั้งในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้เพราะเราสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานรูปอื่นได้เกือบทุกรูปแบบ จึงทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับความสะดวกสบายเป็นอย่างมากไม่ว่าจะใช้เป็นแสงสว่างเวลากลางคืน ความร้อนในการหุงต้ม กำลังงานจากการหมุนของมอเตอร์ การติดต่อสื่อสาร และอื่น ๆ อีกมากมาย ในด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนยิ่งนับว่าไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการทำงานของกลไกต่าง ๆ เช่น เครื่องฉายต้องอาศัยไฟฟ้าป้อนเข้าหลอดฉายให้เกิดแสงสว่างสำหรับฉายภาพให้ปรากฏบนจอ ป้อนเข้ามอเตอร์ให้เกิดการหมุนแบะการเคลื่อนที่ของฟิล์ม เครื่องเสียง วิทยุ โทรทัศน์ รวมทั้งคอมพิวเตอร์ก็จำเป็นต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าเข้าไปทำให้ทุก ๆ ส่วนทำงาน ผลที่ได้ก็คือเกิดเป็นสัญญาณเสียง สัญญาณภาพ สามารถจดจำและคิดแทนคนได้ จะเห็นได้ว่าไฟฟ้าเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับทุกสิ่งทุกอย่าง นักศึกษาจึงควรทำความเข้าใจและเรียนรู้เรื่องราวของไฟฟ้าเพื่อจะได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

2. ไฟฟ้าคืออะไร

ตามทฤษฎีอิเล็กตรอนกล่าวว่า " การสำแดงผลทางไฟฟ้าและอิเลคทรอนิคส์เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากที่แห่งหนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่ง หรือถือว่าในที่เฉพาะแห่งหนึ่งมีอิเล็กตรอนมากหรือน้อยเกินไป "

จึงกล่าวได้ว่าไฟฟ้าคือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือเกิดจากการเกินการขาดของอิเล็กตรอนในวัสดุนั้น ๆ

3. อิเล็กตรอนคืออะไร

ก่อนที่จะเข้าใจว่าอิเล็กตรอนคืออะไร จะต้องเข้าใจถึงโครงสร้างของสสารเสียก่อน ในที่นี้ขอยกเอาโครงสร้างของน้ำมาเป็นตัวอย่าง ถ้าเรานำเอาหยดน้ำมาหยดหนึ่งแล้ว

---

[1] ประทีน คล้ายนาค. " ไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดของไฟฟ้า." ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ โอเดียนสโตร์, 2529 หน้า 1-18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบ่งแยกหยดน้ำนั้นออกเป็นหยดเล็ก ๆ จนในที่สุดไม่สามารถแบ่งแยกอีกต่อไปได้ ถ้าแบ่งต่อไปจะไม่ใช่น้ำสิ่งนั้นเราเรียกว่า " โมเลกุลของน้ำ " ถ้าเรามีกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายมาก ๆ ส่องดูที่โมเลกุลนี้จะเห็นว่าประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วนคือ เป็นอะตอมของไฮโดรเจน 2 ส่วน และอะตอมของออกซิเจน 1 ส่วน หรือเขียนเป็นสูตรทางเคมีของน้ำได้ว่า H_2O

4. ประวัติความเป็นมาของสาขาวิชาชีพอิเลคทรอนิคส์

การมีพลังงานไฟฟ้าใช้อย่างมากมายทั่วโลก ทำให้เกิดเครื่องเครื่องจักรและอุปกร์ใหม่ ๆ เกิดขึ้นมาอย่างมากมาย เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเช่นเครื่องปรับอากาศ เครื่องยนต์แบบใหม่ ๆ เครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ เครื่องอำนวยความสะดวกต่าง ๆ นั้นจะต้องถูกควบคุมให้ทำงานได้ตามต้องการหรือทำงานโดยอัตโนมัติและปลอดภัยนั้นทำได้โดยใช้อิเล็คทรอนิคส์ความคุมเป็นส่วนใหญ่ โดยจะเห็นได้ชัดเจนว่าเครื่องจักรใหญ่ ๆ ในทุกรูปแบบจะถูกควบคุมให้ทำงานโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ โรงงานผลิตทุกชนิดทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นโรงงานทอผ้า โรงงานผลิตยา รถยนต์จะใช้อิเล็คทรอนิคส์ความคุมทั้งสิ้น

อิเล็คทรอนิคส์ปัจจุบันไม่เพียงแต่เข้าไปยุ่งกับอุตสาหกรรมใหญ่ ๆ วงการศึกษา วงการอาวุธหรือด้านทหาร ด้านสื่อสารติดต่อตั้งแต่โทรศัพท์ถึงดาวเทียม ด้านการบันเทิงตลอดจนถึงชีวิตประจำวัน เช่น โทรทัศน์ ทีวีเกม และในอนาคตจะถึงหุ่นยนต์ ซึ่งปัจจุบันมีการนำมาใช้ในโรงงานและบ้านเรือน ทั้งนี้เพราะอิเล็คทรอนิคส์เป็นกลไกที่มีทั้งสมองจำและสมองที่สามารถวินิจฉัยและตัดสินใจได้ด้วยข้อมูล วิชาอิเล็คทรอนิคส์จึงเสมือนสมองของคนที่จะสั่งส่วนต่าง ๆ ของร่างกายหรือทั้งระบบให้ทำงานได้ตามต้องการอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

สาขาวิชาอิเล็คทรอนิคส์จัดว่าเป็นสาขาใหม่สุด คือมีอายุเพียงไม่เกิด 150 ปี ซึ่งถ้าเทียบกับสาขาอื่น ๆ เช่นสาขาการก่อสร้าง ซึ่งมีอายุเป็น 4000 ปี โดยสาขาอิเล็คทรอนิคส์ครั้งแรกเริ่มต้นจากนายโทมัส เอดิสัน ค้นพบหลอดไฟฟ้า และต่อมาเฟรมมิ่งทำหลอดวิทยุที่สามารถควบคุมโดยกริดได้ และในปี ค.ศ. 1874 ถึง 1938 นายมาร์โคนี่ได้สามารถเริ่มการสื่อสารคนแรกของโลก โดยการใช้อุปกรณ์หลอดอิเล็คทรอนิคส์ติดต่อสื่อสารข้ามทวีปยุโรปและอเมริกาได้ และในปี 1920 เริ่มเกิดมีเครื่องรับและเครื่องส่งมากมาย จนถึงปี 1937 บริษัทบีบีซีได้ริ่มทดลองส่งโทรทัศน์ และด้วยเหตุของการขยายตัวของอุตสาหกรรมอิเล็คทรอนิคส์ในด้านสื่อสารและการควบคุมในงานสงคราม เป็นแรงผลักดันให้มีการค้นคว้าและค้นพบอุปกรณ์โซลิดสเตรตขึ้นในปี 1948 โดยวิศวกรบริษัทเบลเทลเลโฟน (Bell Telephone) ค้นพบทรานซิสเตอร์ โดยวิศวร 2 ท่าน คือมิสเตอร์ -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจบราดีนและดับบลิวบราเทน

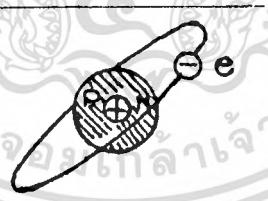
ปัจจุบันมีอุปกรณ์โซลิดสเตทมากมาย มีทั้ง ทรานซิสเตอร์ไดโอด ไอซี เอสซีอาร์ ไทรแอค และอื่น ๆ ที่มีทั้งประสิทธิภาพและคุณภาพสูง และขณะปัจจุบันก็ยังคงมีการค้นคว้าและผลิตอุปกรณ์ใหม่ ๆ ในทางด้านโซลิดสเตทและอุปกรณ์ควบคู่ทางด้านนี้อีกมากมาย อันเป็นผลให้เกิดเครื่องใช้เครื่องมือใหม่ ๆ อีกมากมาย เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ ระบบสื่อสารแบบใหม่ ๆ ไฟเอร์ออปติค ดาวเทียม เรเซอร์และเครื่องจักรที่ควบคู่ที่ยุ่งยากตลอดจนถึงหุ่นยนต์และ เครื่องมือทางการแพทย์สมัยใหม่ ๆ อีกมากมาย

5. โครงสร้างของอะตอม

สมัยก่อนเราทราบแต่เพียงว่า ส่วนที่เล็กที่สุดของสสารคือ อะตอม แต่ที่จริงแล้วอะตอมยังมีส่วนประกอบที่เล็กลงไปอีก 2 ส่วน คือ

1. นิวเคลียส (Neucleus) เป็นก้อนสารอยู่ตรงกลางของอะตอม ภายในนิวเคลียสยังประกอบด้วยอนุภาคที่สำคัญ 2 ชนิด คือ โปรตอน (Proton) มีประจุทางไฟฟ้าเป็นบวก และนิวตรอน (Neutron) ไม่มีประจุทางไฟฟ้าคือเป็นกลาง โปรตอนและนิวตรอนจะเกาะอยู่ด้วยกัน

2. อิเล็กตรอน (Electron) มีประจุทางไฟฟ้าเป็นลบ วิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส ดังภาพข้างล่างเป็นอะตอมของไฮโดรเจน ซึ่งมีโปรตอนและนิวตรอนอย่างละหนึ่งตัวเกาะกันอยู่ตรงกลาง



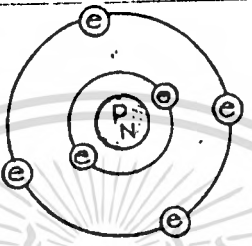
ภาพที่ 5.1 แสดงอะตอมของไฮโดรเจน

และมีอิเล็กตรอนอีหนึ่งตัววิ่งอยู่รอบ ๆ ตามปกติอะตอมของธาตุต่าง ๆ จะมีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เท่ากัน เช่น อะตอมของไฮโดรเจนมีอิเล็กตรอน 1 ตัว อะตอมของทองแดงมีอิเล็กตรอน 29 ตัว อะตอมของคาร์บอนมีอิเล็กตรอน 6 ตัว เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม จำนวนของอิเล็กตรอนที่วิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสของธาตุต่าง ๆ จะมีจำนวนเท่ากับจำนวนโปรตรอนเสมอ และจำนวนของนิวตรอนก็เท่ากับจำนวนของโปรตรอนเช่นกัน

อิเล็กตรอนที่วิ่งอยู่รอบนอกจะถูกแรงดึงดูดจากนิวเคลียสน้อยกว่าอิเล็กตรอนที่วิ่งอยู่ใกล้นิวเคลียส ซึ่งเราไม่สามารถบังคับให้หลุดออกไปจากวงโคจรได้ มีชื่อเรียกว่า " บอนด์อิเล็กตรอน " (Bond Electron) ส่วนอิเล็กตรอนที่วิ่งโคจรอยู่รอบนอก มีชื่อเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

" วาเลน์อิเล็กตรอน " (Valence Electron) ในวาเลนซ์อิเล็กตรอนนี้จะมีอิเล็กตรอนจำนวนหนึ่งที่หลุดออกไปจากวงโคจรได้ง่าย มีชื่อเรียกว่า " อิเล็กตรอนอิสระ " (Free Electron) ซึ่งเราสามารถบังคับให้หยุดออกไปจากวงโคจรได้ง่าย โดยเฉพาะถ้าอิเล็กตรอนวงนอกยิ่งมีจำนวนน้อยตัวเท่าใด ยิ่งทำให้หลุดออกไปได้ง่ายกว่าอิเล็กตรอนจำนวนมากตัว ยกตัวอย่าง เช่น อะตอมของคาร์บอนมีอิเล็กตรอน 6 ตัววงโคจรของอิเล็กตรอนชั้นในสุดจะมีอิเล็กตรอนวิ่ง 2 ตัว ชั้นถัดออกมามี 4 ตัว ดังภาพ



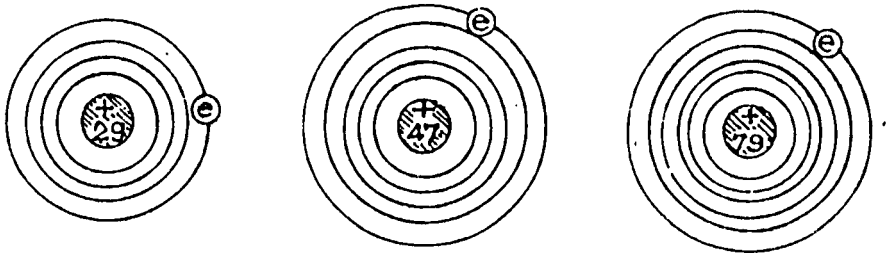
ภาพที่ 5.2 แสดงอะตอมของคาร์บอน

ส่วนตัวอย่างอีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่อะตอมของทองแดง จะมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสจำนวน 29 ตัว โดยจัดชั้นโคจรคือชั้นในสุด หรือชั้นที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุดมีอิเล็กตรอน 2 ตัวชั้นถัดไปมีอิเล็กตรอน 8 ตัว ชั้นที่สามมีอิเล็กตรอน 18 ตัว ส่วนชั้นนอกสุดเป็นอิเล็กตรอนอิสระ 1 ตัว รวมอิเล็กตรอนทั้งหมด 29 ตัว เมื่อเปรียบเทียบอิเล็กตรอนวงนอกสุดระหว่างอะตอมของคาร์บอนกับอะตอมของทองแดงแล้วจะเห็นว่าอิเล็กตรอนของคาร์บอนมีโอกาสหลุดออกไปจากวงโคจรได้ยากกว่าเพราะมีจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกถึง 4 ตัว แต่อิเล็กตรอนวงนอกสุดของทองแดงมีเพียง 1 ตัว จึงมีอิสระที่จะหลุดออกไปจากวงโคจรได้ง่ายกว่าเนื่องจากมีแรงดึงดูดหรือแรงยึดเหนี่ยวจากนิวเคลียสน้อยกว่าดังกล่าวแล้ว

6. ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ

ตัวนำ (Conductor) ได้แก่สารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ง่าย เช่น ทองแดง เหล็ก ตะกั่ว เงิน สังกะสี ฯลฯ หากจะกล่าวในแง่การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะได้ว่า สารใดที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด หรืออิเล็กตรอนอิสระมีจำนวนน้อยตัว โอกาสที่อิเล็กตรอนจะหลุดหรือถูกแรงใดแรงหนึ่งมาบังคับให้ออกไปจากวงโคจรได้ง่ายแล้วสารนั้นจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จากรูปที่ 5.3 เป็นอะตอมของ ทองแดง เงิน และทอง จะเห็นว่าแต่ละธาตุมีอิเล็กตรอนอิสระเพียง 1 ตัว ทั้งสิ้นจึงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี เงินเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุดรองลงมาคือ ทองแดงจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ทำสายไฟ แต่สายไฟทั่วไปมักทำจากทองแดงหรืออลูมิเนียมเพราะทองแดงและอลูมิเนียมมีราคาถูกกว่า

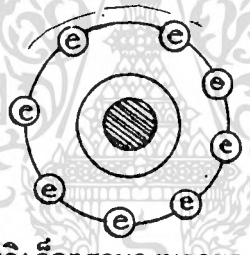
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทองแดง เงิน ทอง

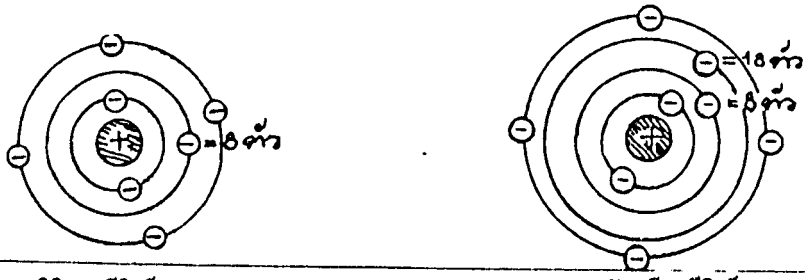
ภาพที่ 5.3 แสดงอะตอมของทองแดง เงิน และทอง

ฉนวน (Isulator) คือสารที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หรือผ่านไปได้ยาก เช่น พลาสติก ยาง แบคคาไลท์ แก้ว ไมก้า ฯลฯ สารที่เป็นฉนวนไฟฟ้าจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี เพราะฉนวนประกอบด้วยอะตอมของสสารที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับตัวนำ คือ จำนวนของอิเล็กตรอนวงนอกมีมากตัว จึงมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอิเล็กตรอนและนิวเคลียสแน่นเหนียวมาก โอกาสที่จะหลุดออกไปจากวงโคจรได้ยาก ดังรูป



ภาพที่ 5.4 แสดงอิเล็กตรอนวงนอกของฉนวนมีจำนวนมาก

สารกึ่งาตัวนำ (Semiconductor) คือสารที่ไม่เป็นทั้งตัวนำที่ดีและฉนวนที่ดี แต่สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งตัวนำและฉนวน ตัวอย่างของสารกึ่งตัวนำได้แก่ เยอรมันเนียม และซิลิกอน สารพวกนี้ขณะที่อุณหภูมต่ำแรงจับตัวระหว่างนิวเคลียสและอิเล็คตรอนค่อนข้างเหนียวแน่นจึงไม่มีอิเล็กตรอนอิสระที่จะหลุดออกไปจากวงโคจรได้ง่าย จึงมีสภาวะเป็นฉนวน แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นแรงจับตัวน้อยลงไม่เหนียวแน่นจะมีอิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนที่ได้ง่ายแต่เคลื่อนที่ได้น้อยกว่าตัวนำ สภาวะเช่นนี้จึงดูเสมือนเป็นตัวนำ



อะตอมของซิลิกอนมีอิเล็กตรอน 14 ตัว อะตอมของเยอรมันเนียมมีอิเล็กตรอน 32 ตัว

ภาพที่ 5.5 แสดงอะตอมของซิลิกอน และ เยอรมันเนียมซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แหล่งกำเนิดของพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าจัดได้ว่าเป็นพลังงานที่ได้รับการนิยมใช้มากที่สุด ในชีวิตประจำวันนั้นแทบจะหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้ามิได้เลย ตัวอย่างเช่น พัดลม เตารีดไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น แสงสว่าง วิทยุ เครื่องขยาย ทีวี เทป วีดีโอเทป คอมพิวเตอร์ เครื่องซักผ้า ฯลฯ

พลังงานไฟฟ้านิยมใช้อย่างสูงสุดมากกว่าพลังงานในรูปอื่น ๆ เพราะคุณสมบัติที่ดีเด่น 4 ประการ คือ มีประสิทธิภาพดีกว่า มีการส่งถ่ายพลังงานจากจุดกำเนิดไปยังที่ต่าง ๆ ได้ไกลดีและมีประสิทธิภาพสูง มีความคล่องตัวในการใช้งานได้ดีกว่าและประการสุดท้ายคือสามารถเปลี่ยนเป็นพลังง่านในรูปอื่น ๆ เช่น พลังงานกล พลังงานความร้อน พลังงานแสงสว่างและกอื่น ๆ ได้อย่างง่ายและไม่ยุ่งยาก

แหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้าจัดได้เป็น

1. พลังงานแสงอาทิตย์
2. พลังงานจากปฏิกริยาเคมี
3. พลังงานจากแรงกดจัดหรือยืดหดตัว
4. พลังงานความร้อน
5. พลังงานจากแม่เหล็ก

ภาพที่ 5.6 แสดงแผงโซลาร์เซลล์

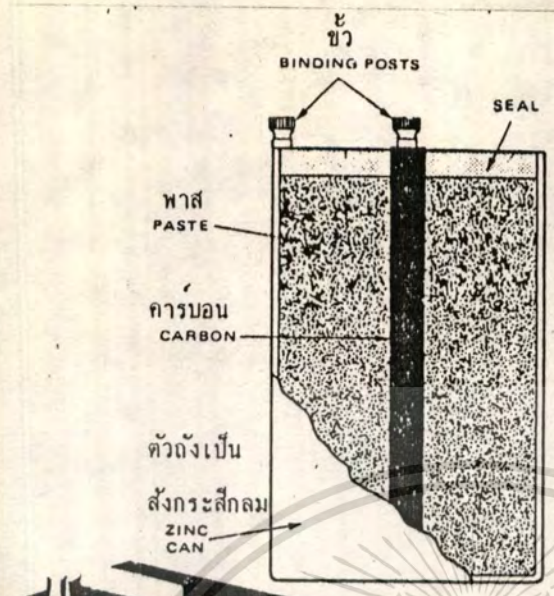
พลังงานแสงอาทิตย์

ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าแหล่งพลังงานรูปนี้อย่างมากมาย โดยการใช้เซมิคอนดัคเตอร์เป็นตัวแปลงพลังงานโฟตอนจากดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้าชนิดนี้กำลังได้รับการนิยมทั้งนี้เนื่องจากไม่ส่วนเคลื่อนที่นั้นเอง และมีอายุใช้งานนานเป็นห้าสิบปีถึงร้อยปี แต่มีข้อเสียตรงราคาสูงมากเท่านั้น ภาพที่ 5.6 จะเห็นว่าดาวเทียมเทลสตาร์จะใช้แผงโซลาร์เซลล์สำหรับผลิตพลังงานอย่างไม่รู้จักหมดสิ้นในอวกาศเพื่อส่งสัญญาณและใช้เป็นดาวเทียมสื่อสารสำคัญยิ่ง

พลังงานจากปฏิกริยาเคมี

พลังงานจากปฏิกริยาเคมีนี้จะเกิดขึ้นจากผลของการเกิดปฏิกริยาเคมีของธาตุหนึ่งกับอีกธาตุหนึ่งและเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้า ภาพ 5.7 เป็นโครงสร้างของแบตเตอรี่แห้ง โดยมีแท่งคาร์บอนเป็นแกนกลางและตัวถังกลมเป็นสังกะสี โดยระหว่างถังโลหะสังกระสีและแท่งคาร์บอนซึ่งเป็นแกนกลาง จะเติมสารเคมีซึ่งเป็นสารผสมระหว่างสาลามโมนียก (slsmomoniac) และแมงกานีสไดอ็อกไซด์และผงคาร์บอนกับน้ำ เรียกสารผสมนี้ว่าพาส (Paste) สารผสมดังกล่าวจะเป็นตัวทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า โดยตัวถังของสังกระสีจะค่อย ๆ ถูกกัดกร่อนในที่สุดเซลแบตเตอรี่จะแห้งและหมดในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



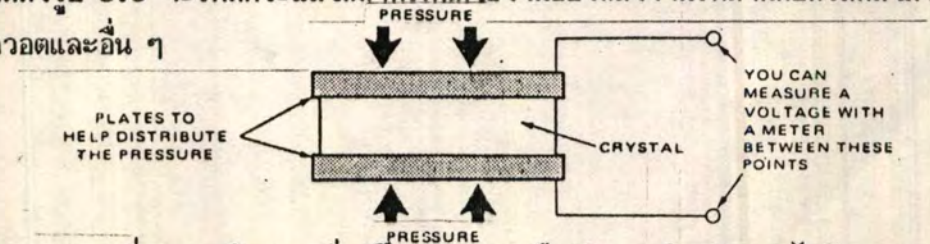
ภาพที่ 5.7 โครงสร้างของแบตเตอรี่แห้ง

ภาพที่ 5.8 แสดงภายในของแบตเตอรี่ที่สามารถเก็บประจุได้

นอกจากแบตเตอรี่แห้งดังภาพ 5.7 แล้วยังมีแบตเตอรี่น้ำ ซึ่งไม่สามารถผลิตแรงเคลื่อนได้แต่สารถเก็บประจุหรือสามารถชำจแรงไฟเป็นจำนวนมากไว้ได้ ดังเช่นแบตเตอรี่รถยนต์เป็นต้น โดยจะเห็นภาพที่ 5.8 (ก) ว่ามีแผ่นตะกั่วเรียงกันแต่ละช่อง ตัวอย่าง 6 ช่อง โดยมีกรดเป็นตัวสารคล้ายตัวสารละลายแบบพาส (Paste)

พลังงานไฟฟ้าจากแรงกดหรือยืดตัว

สารพิโซอีเล็คติคซิตี้ (Piezo electricity) เป็นสารประเภทที่เมื่อเกิดแรงกดหรือวัดดังรูป 5.9 จะเกิดกระแสไฟฟ้าที่เห็นที่ใช้งานของพลังงานเหล่านี้คือคริสตัสไม่โครโฟน ผลึกควอตและอื่น ๆ

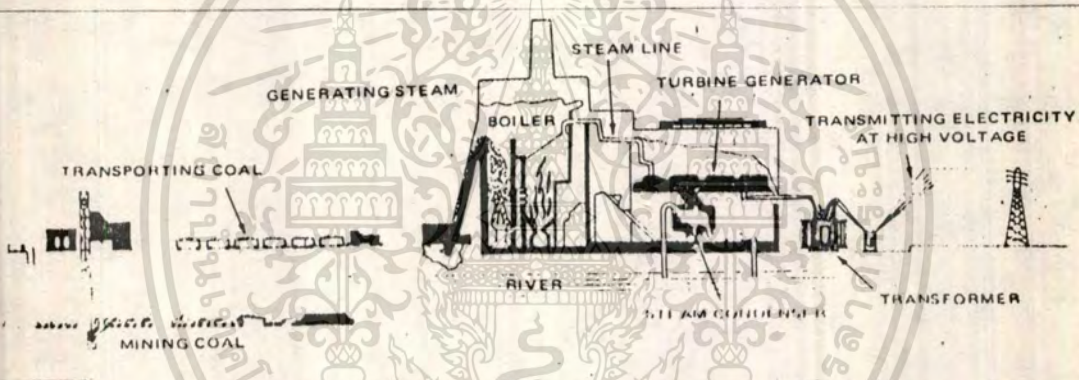


ภาพที่ 5.9 ผลึกควอตซึ่งเมื่อถูกแรงกดหรือ ยืดจะเกิดพลังงานไฟฟ้า

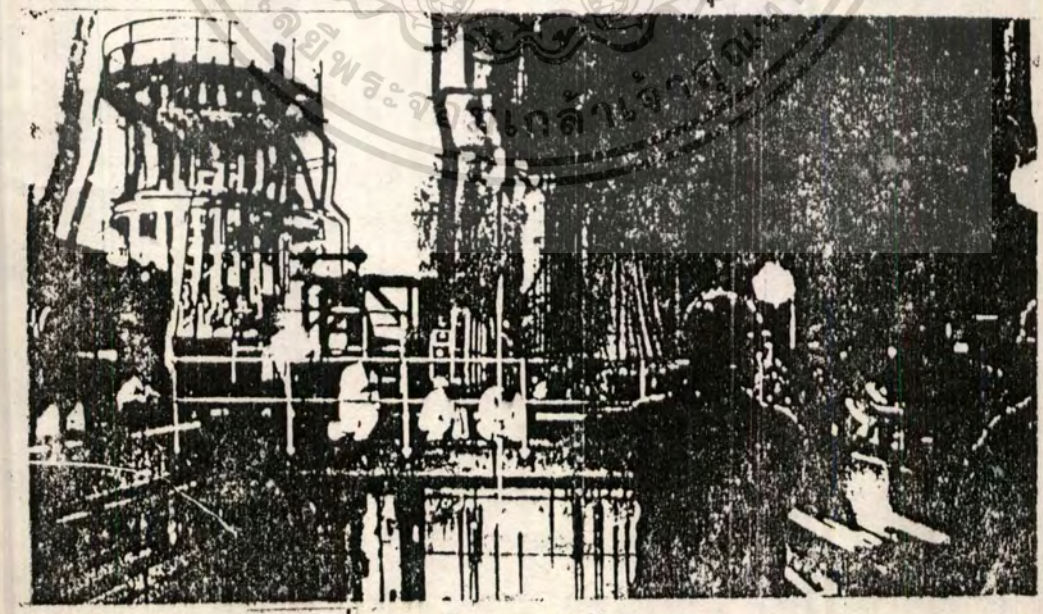
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานไฟฟ้าที่มาจากความร้อน

พลังงานความร้อนสามารถนำไปผเผาน้ำจนเป็นไอและจากนั้นสามารถนำมาปั่นไฟฟ้าได้เป็นปริมาณมาก ๆ ขบวนการขช้างต้นเป็นขบวนการทางอ้อม กล่าวคือต้องผ่านตัวกลางคือน้ำแล้วจึงนำพลังงานของไอน้ำผลักเครื่องกำเนิดไฟฟ้าใหญ่ ๆ เช่นเดียวกันกับการนำน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติหรือถ่านหินมาใช้กับเครื่องยนต์ เพื่อนำพลังงานความร้อนหรือการระเบิดของน้ำมันในกระบอกสูบ และเกิดพลังงานกลขับเครื่องจักรหรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ ๆ ดังรูป 5.10 ซึ่งเป็นโรงงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ หรือในภาพ 5.11 ซึ่งเป็นโรงงานกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้นิวเคลียขนาดใหญ่ โดยใช้กำลังความร้อนจากการแตกตัวของอะตอมของธาตุหรือการเปลี่ยนสถาพของธาตุจากธาตุหนึ่งไปอีกธาตุหนึ่งและพลังงานความร้อนมหาศาล โดยความร้อนนี้ก็จะนำไปเผาน้ำให้กลายเป็นไอและไปขับเทอร์ไบน์ ดังรูป 5.10

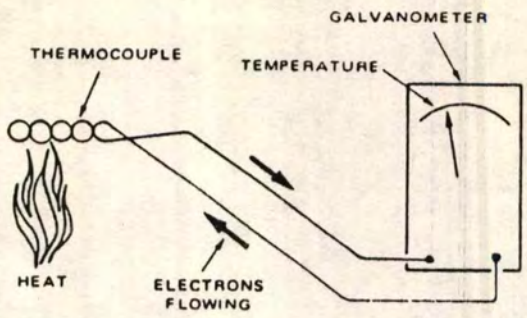


ภาพที่ 5.10 การนำถ่านหินหรือน้ำมันเผาน้ำจนเป็นไอแล้วหมุนเทอร์ไบน์เพื่อกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ 5.11 โรงงานผลิตไฟฟ้าจากปรมณู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

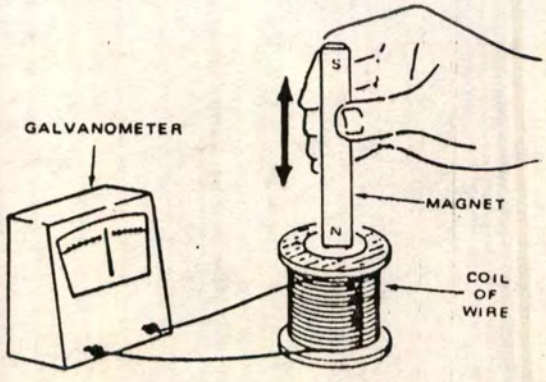


ภาพที่ 5.12 ขบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงจากความร้อน

ปัจจุบันได้มีการค้นคว้างกันอย่างมากมายในการที่จะผลิตไฟฟ้าโดยตรงจากความร้อน ทั้งนี้เพราะขบวนการผลิตไฟฟ้าทางอ้อมข้างต้นมีประสิทธิภาพต่ำมาก กล่าวคือมีการสูญเสียพลังงานสูงมากเช่นสูญเสียในช่วงนำพลังงานความร้อนเผาหม้อน้ำประเภทบอลเลอร์ และสูญเสียครั้งที่สองในเทอร์ไบน์และสูญเสียลำดับสุดท้ายคือในตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเอง ภาพที่ 5.12 เป็นขบวนการผลิตไฟฟ้าโดยตรงวงจรเบื้องต้นที่สุด คือแบบเทอร์โมคอปเปอร์ โดยใช้ลวดพนไฟสองเส้นที่ไม่เหมือนกัน ตัวอย่างอาจจะใช้ลวดเหล็กกับทองแดงต่อเชื่อมปลายหนึ่งและใช้พลังงานความร้อนเผา ผลถ้าเอามิเตอร์ไปวัดที่อีกปลายหนึ่งจะเกิดกระแสไฟฟ้าได้

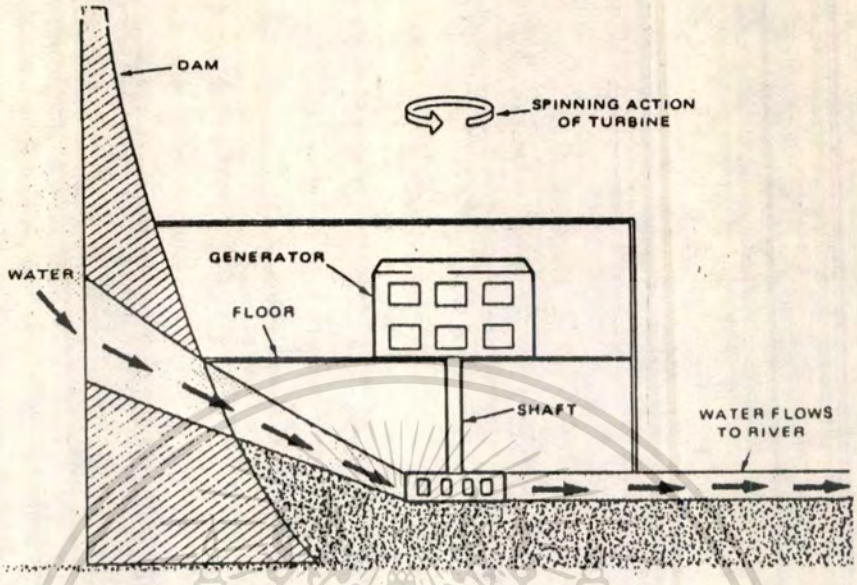
พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากแม่เหล็ก

อาศัยหลักการค้นพบของนายฟาราเดย์ โดยการนำตัวนำไปตัดเส้นแรงแม่เหล็กและผลจะเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในลวดตัวนำ ดยการจะสามารถนำขดลวดตัวนำผ่านตัดเส้นแรงแม่เหล็กได้จะต้องใช้พลังงานกลหรือแรงมาก นั้นหมายถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยสนามแม่เหล็กนั้นเอง การทดลองภาพ 5.13 จะเป็นการอธิบายอย่างชัดเจนเกี่ยวกับการกำเนิดของพลังงานไฟฟ้าโดยสนามแม่เหล็กโดยทุกครั้งที่ในแม่เหล็กลงในขดลวดกัลวานอมิเตอร์จะชี้ให้เห็นว่าเกิดพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 5.13 การเกิดกระแสไฟฟ้าโดยการตัดเส้นแรงแม่เหล็กของตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.14 เป็นการแสดงถึงการนำพลังน้ำมาขับกังหันซึ่งติดอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ภาพที่ 5.14 เป็นการใช้พลังงานน้ำจากระดับสูงเหนือเขื่อนไหลลงสู่ระดับต่ำและขับกังหันซึ่งติดอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ประกอบด้วยลวดตัวนำวิ่งตัดสนามแม่เหล็ก ภาพ 5.15 เป็นรูปร่างของเขื่อนและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในเขื่อน โดยการผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำจะเป็นการผลิตที่ไม่เกิดมลภาวะใด ๆ ดังไฟฟ้าที่ผลิตจากเครื่องเทอร์โบน์หรือเชื้อเพลิงอื่น ๆ

ภาพที่ 5.15 เขื่อนผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในตัวเขื่อน

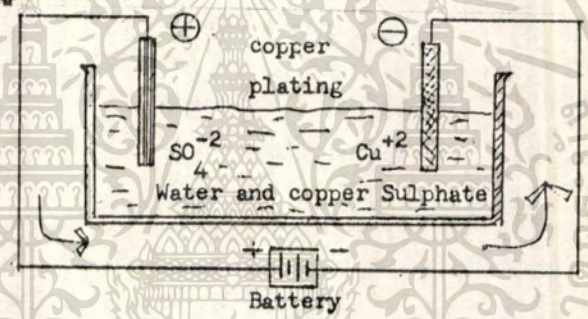
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลของกระแสไฟฟ้า

1. ไฟฟ้าทำให้เกิดพลังงานรูปต่าง ๆ

1.1 ไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี

ถ้าเราทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายประเภทอิเล็กโตรไลท์ ได้แก่ กรด ด่าง เกลือ แล้วกระแสไฟฟ้าจะทำให้สารละลายดังกล่าวเกิดการแยกตัว หรือเกิดปฏิกริยาทางเคมี ที่เรียกว่า Electrolysis ได้ อิออนบวก (Positive Ion) เกาะที่แท่งโลหะซึ่งต่อกับขั้วลบของแบตเตอรี่ และ อิออนลบ (Negative Ion) เกาะที่แท่งโลหะซึ่งต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ แท่งโลหะทั้งสองที่จุ่มอยู่ในสารละลายเรียกว่า อิเล็กโทรด (Electrode) ดังรูป



ภาพที่ 5.16 แสดงไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี

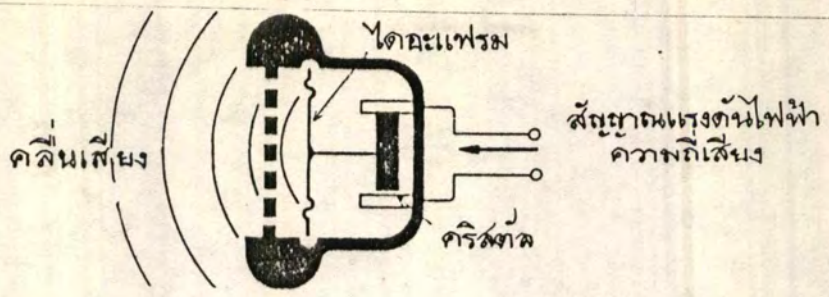
ประโยชน์ที่เราสามารถนำไปใช้งาน ได้แก่

1. ใช้ในการชุบโลหะ เช่น ชุบโครเมี่ยม ชุบทอง
2. ใช้ในการทำบล็อกพิมพ์
3. ใช้ในการทำให้โลหะบริสุทธิ์
4. ใช้ในการถลุงโลหะ

1.2 ไฟฟ้าทำให้เกิดแรงกดดัน

ได้แก่ หูฟังแบบคริสตัลที่ติดมากับเครื่องเทปบันทึกเสียง หรือวิทยุ จากรูปข้างล่าง ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าซึ่งอยู่ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงให้แก่คริสตัลที่อยู่ภายในหูฟัง คริสตัลจะเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้า ให้เป็นแรงผลักดันให้ไดอะแฟรมเกิดการสั่นตามความถี่ของสัญญาณเสียง เกิดเป็นคลื่นเสียงให้เราได้ยิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.17 แสดงส่วนประกอบภายในของหูฟัง

ตัวอย่างอื่นที่ไฟฟ้าสามารถเปลี่ยนเป็นแรงกดดันก็คือหัวเซาะร่องของแผ่นเสียง ถ้าเราป้อนแรงดันไฟฟ้าความถี่เสียงเข้าไปในคริสตัล จะเกิดการสั่นและดัสให้หัวเข็มส่ายและเซาะร่องไปตามสัญญาณเสียง สามารถเก็บหรือบันทึกเสียงให้อยู่ในรูปของร่องเสียงบนแผ่นเสียงได้

ภาพที่ 5.18 เครื่องบันทึกสัญญาณความถี่เสียงลงแผ่นเสียง

1.3 ไฟฟ้าทำให้เกิดความร้อน

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดความต้านทานจะเกิดความร้อนขึ้น กรณีที่เส้นลวดเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี หรือมีความต้านทานน้อยก็จะเกิดความร้อนน้อย และเส้นลวดที่มีความต้านทานค่อนข้างสูงหรือเป็นตัวนำที่ไม่ดีนัก เช่นลวดนิโครมจะให้ความร้อนได้มาก ปัจจุบันเราสามารถนำเอาความร้อนที่ได้มาจากกระแสไฟฟ้า มาใช้เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกได้อย่างมากมาย เช่น เตารีดไฟฟ้า เตาอบ กาต้มน้ำ หม้อหุงข้าว เครื่องเป่าผม เครื่องทำความร้อน เครื่องปิ้งขนมปัง เป็นต้น

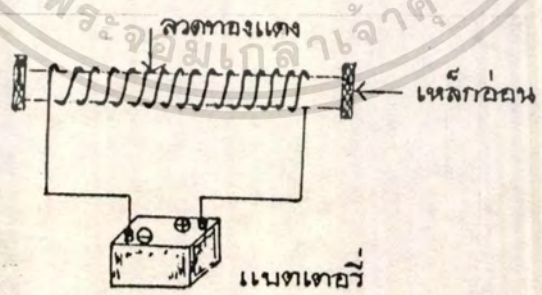
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ไฟฟ้าทำให้เกิดแสงสว่าง

ลวดตัวนำบางชนิด เมื่อทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน นอกจากจะให้ความร้อนแล้วยังให้พลังงานออกมาในรูปของแสงสว่างได้ดีพอ ๆ กับความร้อนอีกด้วย ตัวอย่างเช่น ไส้หลอดชนิดอินแคนเดสเซนต์ (Imcandescent lamp) จะให้ทั้งความร้อนและแสงสว่าง แต่หลอดบางชนิดเมื่อติดสว่างและ ให้แสงสว่างมากกว่าความร้อน จะเกิดความร้อนบ้างก็เพียงเล็กน้อย เนื่องจากอาศัยการเปล่งแสงของสารเรืองแสงซึ่งฉาบไว้ภายในหลอด หลอดประเภทนี้ได้แก่ หลอดนีออน หลอดแสงจันทร์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

1.5 ไฟฟ้าทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก

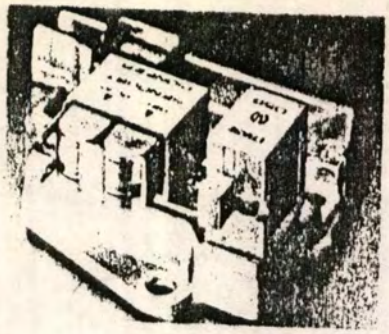
อำนาจแม่เหล็กเราสามารถทำขึ้นได้ด้วยการใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่าแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro - magenetism) วิธีทดลองที่ทำได้ง่าย ๆ ก็คือ นำเส้นลวดทองแดงไปพันรอบแกนเหล็ก เช่น ตะปูให้ได้หลาย ๆ รอบ แล้วต่อขั้วบวกและขั้วลบของถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่เข้ากับปลายทั้งสองของลวดทองแดง จะพบว่าตะปูซึ่งเป็นเหล็กอ่อนธรรมดานสามารถดูดผงเหล็ก หรือเศษเหล็กด้วยกันได้ แต่ถ้าเราปลดหรือตัดไฟออกจากวงจรตะปู ก็จะเป็นเหล็กธรรมดาไม่มีอำนาจแม่เหล็กหลงเหลืออยู่เลย นั่นแสดงให้เห็นว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดทองแดงจะทำให้เกิดกอำนาจแม่เหล็กขึ้นที่ตะปู แต่เป็นแม่เหล็กชั่วคราว



ภาพที่ 5.19 แสดงการทำแม่เหล็กด้วยไฟฟ้า

ในเครื่องบันทึกเสียงนักศึกษาจะเห็นว่า หัวบันทึก หัวลบ และหัวฟัง ต้องอาศัยแม่แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นส่วนสำคัญในการทำงานทั้งสิ้น นอกจากนี้ ไมโครโฟนบางชนิดและลำโพงทุกชนิดก็จำเป็นต้องใช้แม่เหล็กไฟฟ้าด้วย

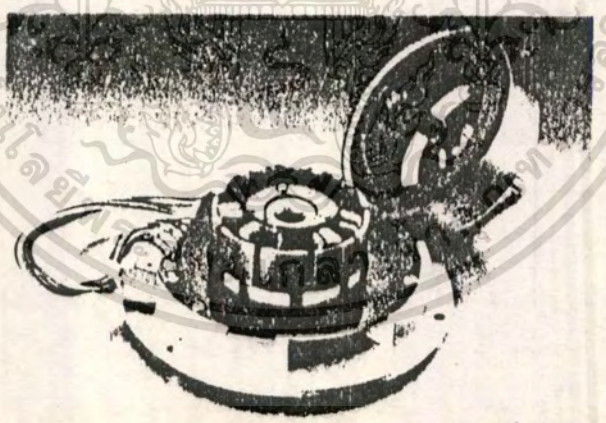
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.20 แดงอุปกรณ์ภายในเครื่องเสียงจำเป็นต้องอาศัย
แม่เหล็กไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบของการทำงาน

1.6 ไฟฟ้าทำให้เกิดพลังงานกล

ไฟฟ้าให้ประโยชน์แก่มวลมนุษย์อย่างมหาศาล นอกเหนือไปจากที่กล่าวแล้วก็คือให้ประโยชน์ในด้านกำลังงาน คงรู้จักคำว่า เครื่องยนต์ไฟฟ้า หรือมอเตอร์(motor) อุปกรณ์ดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยไฟฟ้าป้อนเข้าไปเพื่อให้เกิดการทำงาน หรือเกิดการหมุนและจะได้นำเอาพลังการหมุนนั้นไปทำงานแทนคน คือ เครื่องจักรกลต่าง ๆ ในเครื่องมือและอุปกรณ์โสตทัศนศึกษาที่เห็นได้ชัดเจน คือมอเตอร์พัดลมในเครื่องฉายต่าง ๆ มอเตอร์ขับเคลื่อนกลไกและฟิล์มในเครื่องฉายภาพยนตร์ ตลอดทั้งกลไกในเครื่องฉายสไลด์แบบอัตโนมัติก็มีมอเตอร์เป็นส่วนประกอบทั้งสิ้น



ภาพที่ 5.21 มอเตอร์ให้กำลังงานในเครื่องจักรกล

2. อันตรายจากกระแสไฟฟ้า

ไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ให้ประโยชน์อย่างอนันต์แก่ชีวิตมนุษย์ และในขณะเดียวกันไฟฟ้าอาจทำให้เกิดโทษอย่างมหันต์ได้เช่นเดียวกัน โทษที่ว่านี้เป็นโทษที่รุนแรงถึงแก่ทำให้คนเราเสียชีวิตได้ ดังนั้นจึงควรเรียนรู้และศึกษาถึงเรื่องอันตรายเกี่ยวกับไฟฟ้าไว้บ้าง เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติความต้านทานโดยเฉลี่ยของร่างกายมนุษย์ขณะผิวหนังแห้งอยู่ระหว่าง 100,000 - 600,000 โอห์ม ผู้หญิงมักมีความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่าผู้ชายอาจเนื่องมาจากผิวหนังมีความละเอียดและชุ่มชื้นมากกว่า ส่วนตอนที่ผิวหนังเปียกความต้านทานจะลดลงเหลือเพียง 1,000 โอห์มเท่านั้น ยิ่งเมื่อถูกกระแสไฟฟ้าผ่านทะลุผิวหนังลงไปได้ความต้านทานยิ่งลดน้อยลง อันตรายจากไฟดูดซึ่งอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้มี 5 ประการ คือ

1. กล้ามเนื้อแข็งตัว ปอดหยุดทำงานร่างกายขาดอ๊อกซิเจน

2. เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าหัวใจ หัวใจจะเต้นเร็วและอ่อนลง หรือหยุดทำงานทำให้การสูบฉีดโลหิตชงัก

3. ระบบประสาทและสมองไม่ทำงาน

4. เนื้อเยื่อและเซลใต้ผิวหนังในร่างกายถูกทำลาย เมื่อได้รับความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

5. ในกรณีที่ผู้ช่วยเหลือคนถูกไฟฟ้าดูดรู้เท่าไม่ถึงการณ์ หรือช่วยได้ไม่ทันท่วงที

ความรุนแรงของไฟดูดขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสไฟฟ้า ความถี่ แรงดันไฟฟ้า และระยะเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกาย จากคู่มือมาตรฐานความปลอดภัยของการไฟฟ้ากำหนดผลของกระแสไฟฟ้าที่มีต่อร่างกายมนุษย์ไว้ดังนี้ 5.1

ผลต่อร่างกาย	จำนวนกระแสเป็นมิลิแอมป์			
	กระแสตรง		กระแสสลับ	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1. รู้สึกเล็กน้อยเมื่อสัมผัสด้วยมือ	1	0.6	0.4	0.3
2. รู้สึกว่าไฟดูด	5.2	3.5	1.1	0.7
3. กระตุกไม่เจ็บยังควบคุมกล้ามเนื้อได้	9	6	1.8	1.2
4. กระตุกเจ็บปวดยังควบคุมกล้ามเนื้อได้	62	41	9	6
5. กระตุกเจ็บปวดควบคุมกล้ามเนื้อไม่ได้	76	51	16	0.5
6. กระตุกเจ็บปวดและกล้ามเนื้อแข็งตัวหายใจลำบาก	90	60	23	15
7. กระตุกเมื่อถูกไฟดูด 3 วินาทีหัวใจเต้นเร็วเกินไปอาจเสียชีวิตได้	500	500	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะเป็นอันตรายแก่ชีวิตแล้ว ไฟฟ้ายังเป็นต้นเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดไฟไหม้ขึ้น ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากสายไฟหมดอายุ และอุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุดไม่ได้รับการดูแลเท่าที่ควร ผลที่ตามมาก็คือเกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินอย่างมหาศาลตามที่เราได้ยินข่าวอยู่บ่อย ๆ จึงควรรู้วิธีป้องกันอันตรายจากการใช้ไฟฟ้า ดังนี้

1. ควรตรวจอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น สายไฟ ปลั๊ก เต้าเสียบ และเครื่องใช้ไฟฟ้าให้อยู่ในสภาพเรียบร้อยเสมอ

2. ไม่ควรใช้เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าขณะที่ผู้ใช้อยู่บนที่เปียกชื้น เพราะหากไปสัมผัสส่วนที่มีกระแสไฟฟ้ารั่ว กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกาย และอาจได้รับอันตรายถึงชีวิต

3. ไม่ควรเดินสายไฟ้าใกล้กับของที่ร้อน ๆ เช่น เตา เพราะความร้อนอาจทำให้สายไฟส่วนที่เป็นฉนวนเกิดละลาย หรือเสื่อมคุณภาพเกิดลัดวงจรได้

4. ไม่ควรใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหลาย ๆ เครื่องซึ่งต่อจากเต้าเสียบจุดเดียวกัน เช่นใช้ปลั๊กสามตาหลาย ๆ ตัวต่อด้วยกัน เพราะถ้าสายเมนมีขนาดเล็กจุกระแสได้น้อยกว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าต้องการสายเมนก็จะร้อนจัดจนเกิดไฟไหม้ขึ้น

5. เมื่อจะถอดปลั๊กแล้วดึงออกจากเต้าเสียบ ไม่ควรดึงสายแล้วกระชากอาจทำให้สายไฟขาดหรือหลุดจากปลั๊กเกิดไฟลัดวงจร

6. กรณีที่ต้องการต่อสายไฟไปใช้งานซึ่งอยู่ห่างจากเต้าเสียบ ควรจะใช้สายไฟที่ปลายข้างหนึ่งเป็นปลั๊กตัวผู้ อีกข้างหนึ่งเป็นเต้าเสียบหรือปลั๊กตัวเมีย ส่วนที่ใช้งานหรือต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้าจะต้องเป็นเต้าเสียบเสมอ

7. อย่าให้ของหนัก ๆ เช่น ขาโต๊ะ เก้าอี้ ทับสายไฟและไม่ควรพาดสายไฟไว้บนขอบหน้าต่างจะทำให้ฉนวนชำรุดเกิดไฟลัดวงจรได้

8. ควรทำสิ่งกีดขวางไม่ให้ผู้ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง เข้าใกล้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางอย่างที่เห็นว่าอาจจะเกิดอันตรายได้ง่าย

9. ไม่ควรแก้ไขเครื่องใช้ไฟฟ้าเองถ้าไม่มีความรู้พอ

10. ก่อนต่อไฟหควรยกดัทเอ้าท์ตัดวงจรทุกครั้ง

11. ห้ามใช้ลวดหรือสายไฟใส่แทนฟิวส์หรือใช้ฟิวส์โตเกิดพิกัดกระแส เพราะถ้าเกิดไฟฟ้าลัดวงจรฟิวส์หรือเส้นลวดดังกล่าวอาจไม่ขาด ทำให้สายร้อนจัดเกิดลุกไหม้ได้

12. หากชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ปลั๊ก เต้าเสียบ สวิตซ์และสายไฟชำรุดควรจัดการเปลี่ยนเสียใหม่

13. ควรมีไขควงทดสอบไฟติดประจำตัวไว้เสมอ เพื่อทดสอบดูว่าเกิดไฟรั่วค้างที่ใด

14. อย่าใช้ไฟฟ้าจับปลาเพราะจะเป็นอันตรายแก่ผู้จับเสียเอง

15. ควรต่อโครงของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโลหะลงดินเพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์

1. ความสำคัญของอิเล็คทรอนิคส์

อิเล็คทรอนิคส์เป็นวิชาการที่วิวัฒนาการต่อเนื่องมาจากไฟฟ้า อันที่จริงวิชาอิเล็คทรอนิคส์เป็นสิ่งที่มีมานานแล้ว เริ่มตั้งแต่สมัยที่มาร์โคนี่คิดเครื่องส่งวิทยุขึ้น แต่เพิ่งจะได้รับการพัฒนากันอย่างจริงจังเมื่อไม่นานมานี้จนคนเราเข้าใจกันว่าเป็นของใหม่ ในปัจจุบันอิเล็คทรอนิคส์ยิ่งเข้ามามีบทบาทต่อมวลมนุษย์มากขึ้นทุกวัน ๆ จนไม่สามารถแยกออกจากชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้ ตัวอย่างที่อิเล็คทรอนิคส์เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้อง คือ

1. วงการอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะใช้อิเล็คทรอนิคส์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร คุมจำนวนและคุณภาพของสินค้า จะเห็นว่าสมัยก่อนโรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้คนงานจำนวนมากในการคุมเครื่องจักรให้ทำงาน แต่ปัจจุบันมีคอมพิวเตอร์คุมแทนคน ทำให้คนงานลดน้อยลง และผลผลิตกลับมากขึ้นตลอดทั้งมาตรฐานก็ดีขึ้น

2. การสื่อสาร การติดต่อสื่อสารของมนุษย์เป็นสิ่งสำคัญที่สุดประการหนึ่ง เพราะมนุษย์เป็นสัตว์สังคมต้องติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกัน สมัยก่อนการสื่อสารใช้วิธีการให้สัญญาณด้วยควันหรือแสงหรือไม่ก็ใช้คนและสัตว์เป็นผู้นำข่าวสารไปยังที่อีกแห่งหนึ่ง ซึ่งไม่สะดวกและเป็นการเสียเวลามาก ในปัจจุบันการสื่อสารนับว่าทำได้สะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากได้นำอิเล็คทรอนิคส์เข้ามาช่วย เช่น โทรทัศน์ วิทยุ โทรศัพท์ โทรเลข เป็นต้น

3. ในแง่ของความบันเทิง ได้แก่ วิทยุ โทรทัศน์ วีดีโอเทป ตลอดจนเครื่องเล่นแผ่นเสียงและเทปบันทึกเสียง จึงนับว่าอิเล็คทรอนิคส์เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นทั้งสิ้น

นอกจากนี้อิเล็คทรอนิคส์ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับวงการแพทย์ วงการทหาร การขนส่ง การธนาคาร การเกษตร ฯลฯ จึงควรทราบถึงความเจริญก้าวหน้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนประกอบและการทำงานขั้นพื้นฐานของวิชาอิเล็คทรอนิคส์

2. ความหมายของอิเล็คทรอนิคส์

อิเล็คทรอนิคส์เป็นเรื่องเกี่ยวกับสัญญาณทางไฟฟ้าไม่เหมือนกับลักษณะของวิชาไฟฟ้าซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ เช่น ความร้อน แสงสว่าง กำลังงาน ฯลฯ เมื่อเราฟังวิทยุ ดูโทรทัศน์ หรือเปิดเครื่องเล่นแผ่นเสียง สิ่งที่เราได้ยินไม่ใช่ความร้อนหรือแสงโดยตรง แต่เป็นภาพเป็นเสียงที่ส่งจากสถานีมายังเครื่องรับ ทั้ง ๆ ที่สิ่งเหล่านี้ต่ออยู่กับเต้าเสียบเหมือนกับเตารีด หรือพัดลม จึงเห็นได้ว่าอิเล็คทรอนิคส์เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องที่จะต้องนำเอาสัญญาณไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้องทั้งสิ้น การเกิดและการบังคับสัญญาณจะต้องอาศัยอุปกรณ์ทางอิเล็คทรอนิคส์ เช่น ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ คอยล์ หลอดสญญากาศ ทรานิสเตอร์และอื่น ๆ เป็นส่วนประกอบมากมายของวงจร ส่วนประกอบเหล่านี้จะทำหน้าที่ปรับแรงดัน และกระแสไฟฟ้าให้พอเหมาะพอดีที่จะทำให้วงจรทำงานได้

3. ตัวต้านทาน (RESISTORS)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำหน้าที่จำกัดกระแสและแรงเคลื่อนให้พอเหมาะกับความต้องการของวงจร ความต้านทานเป็นอุปสรรคต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า คือ ถ้าในวงจรมีความต้านทานมากกระแสก็จะไหลได้น้อยและถ้าความต้านทานน้อยกระแสก็จะไหลได้มาก ความต้านทานดังกล่าวนั้นอาจเป็นความต้านทานของขดลวด เช่น ไส้หลอดไฟ ไส้เตารีดไฟฟ้า เป็นต้น ตัวต้านทานจะมีรูปร่างลักษณะและขนาดต่าง ๆ บางตัวมีค่าความต้านทานน้อยบางตัวก็มาก ตลอดจนอัตราการทนทานต่อการไหลของกระแสก็ทนได้ต่างกัน

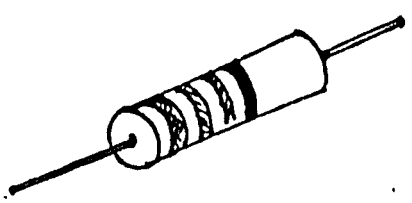
ตัวต้านทานทั่ว ๆ ไปทำจากวัสดุจำนวกผลถ่าน โลหะอ่อกไซด์ และขดลวดความต้านทาน พวกหลังมีอัตราการทนไฟค่อนข้างสูง คือยอมให้กระไฟฟ้าไหลผ่านได้มากโดยที่ไม่เกิดความเสียหายแก่ตัวต้านทาน ในแง่ของการนำไปใช้งานเคราแบ่งตัวต้านทานออกเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

3.1 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ (Fixed Resistor) มีสัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรหลายแบบ คือ

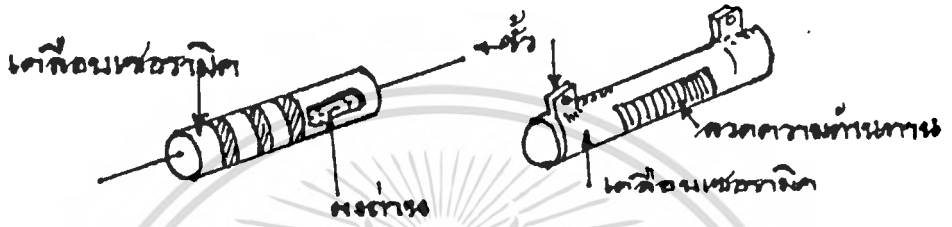
ก. ข. ค.

แบบที่นิยมใช้เป็นสัญลักษณ์ของตัวต้านทานในวงจรอิเล็คทรอนิคส์มากที่สุดคือแบบ ก. ส่วนแบบ ข. กับแบบ ค.นิยมาใช้ในวงจรเครื่องมือทางอุตสาหกรรม ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ค่าของความต้านทานจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่บางครั้งอาจเปลี่ยนแปลงความความต้านทานได้บ้างเนื่องจากแรงดันหรือกระแสสูง ๆ ไหลผ่าน การอ่านค่าของความต้านทานนิยมใช้โค้ดสีซึ่งติดอยู่ที่ตุวต้านทานทุกตัวโดยเฉพาะตัวต้านทานที่มีขนาดเล็กตั้งแต่ 2 วัตต์ลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ตัวอย่างของตัวต้านทานค่าคงที่

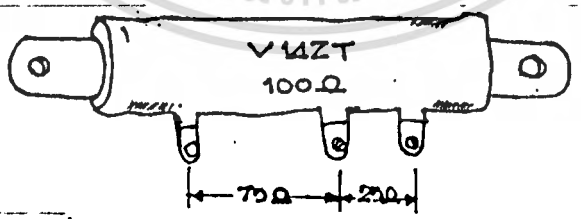


ข. แสดงลักษณะภายในของตัวต้านทานแบบคาร์บอนและแบบลวดพัน

ภาพที่ 5.22 ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่และโครงสร้างภายใน

3.2 **ตัวต้านทานชนิดเลือกค่าได้** (Tapped Resistor) แบบนี้มีสัญลักษณ์คือ

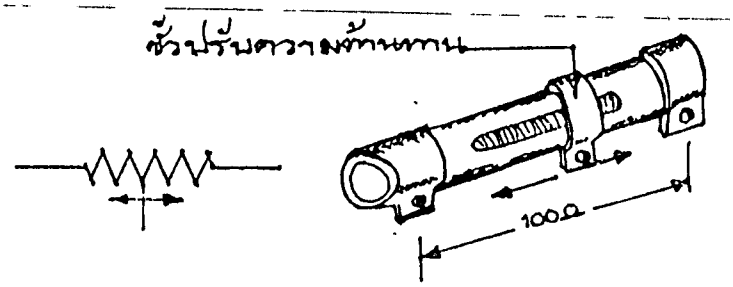
ข้อสังเกตสำหรับตัวต้านทานแบบเลือกค่าได้ก็คือ ตัวต้านทานมักมีขนาดใหญ่และมีขั้วหลายขั้วยื่นออกมากจากตัวต้านทานนอกเหนือจากหัวและท้าย ค่าของความต้านทานและอัตราการทนไฟ (วัตต์)



ภาพที่ 5.23 ลักษณะของตัวต้านทานชนิดเลือกค่าได้

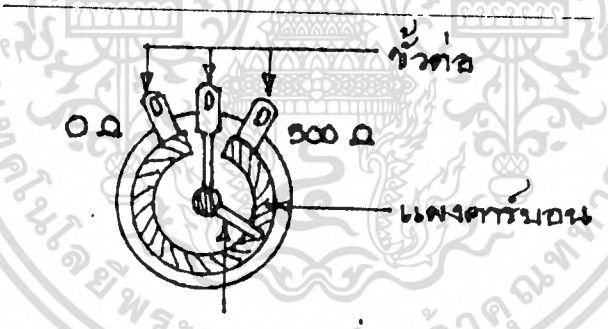
3.3 **ตัวต้านชนิดปรับค่าได้** (Adjustable Resistor) มีรูปร่างและลักษณะคล้าย ๆ กับตัวต้านทานชนิดเลือกค่าได้ แต่ที่แตกต่างกันก็คือจะกลมและมีลวดพันโดยบางส่วนไม่เคลือบเซรามิค และตรงส่วนกลางระหว่างขั้วหัวท้ายจะมีขั้วและหน้าคอนแทคสำหรับเลื่อนไปมา สามารถปรับเป็นค่าความต้านทานขนาดต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



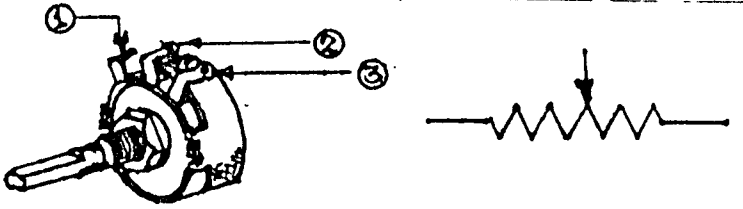
ภาพที่ 5.24 ลักษณะของตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้และสัญลักษณ์

3.4 ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistor) บางทีเราเรียกตัวต้านทานแบบนี้ว่า วอลลุ่ม (Volume) จะพบได้ตามเครื่องรับวิทยุ เครื่องขยายเสียงและเครื่องรับโทรทัศน์ทั่วไป ซึ่งใช้สำหรับปรับให้เสียงดัง - ค่อย หรือทุ้ม - แหลม ทำงานได้โดยมีแกนยื่นออกมาภายนอกตัวต้านทาน แกนนี้จะต่อกับหน้าคอนแทคซึ่งหมุนกวาดไปบนแผงความต้านทาน ดังนั้นค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดแผงนี้ เช่นค่าความต้านทานทั้งหมดจากปลายถึงปลายแผงเป็น 500 โอห์ม เราก็สามารถปรับค่าของความต้านทานได้ตั้งแต่ 0 - 500 โอห์ม ดังรูป 5.25 ก.



คอนแทคสัมผัสกับแผงคาร์บอนเปลี่ยนความ
ต้านทานตงแต่ 0 - 500 โอห์ม

ก. แสดงลักษณะภายใน



ข. ลักษณะภายนอก และ สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

ภาพที่ 5.25 แสดงโครงสร้าง สัญลักษณ์ และลักษณะของตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

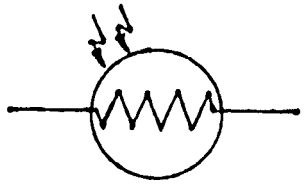
จากรูป 5.25 ข. เวลานำไปต่อเข้ากับวงจรให้หัสแกนของวอลลุ่มเข้าหาตัว ขาขวาสุด (หมายเลข 3) จะต่อลงกราวน์ ขากลาง (หมายเลข 2) เป็นสัญญาณขาออก (OUP PUT) และขาซ้าย (หมายเลข 1) ต่อสัญญาณเข้า

3.5 ตัวต้านทานชนิดอื่น ๆ ได้แก่

ก. **เทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)** เป็นตัวต้านทานที่ไวต่อความร้อนและค่าของความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิสูงความต้านทานของเทอร์-มิสเตอร์จะลดต่ำลง และถ้าอุณหภูมิต่ำความตานทานกลังสูงขึ้น จึงเป็นตัวต้านทานที่ใช้กับเครื่องวัดอุณหภูมิอิเล็คทรอนิคส์ ในวงจรภาคขยายกำลังก็ใช้ตัวต้านทานเทอร์มิสเตอร์มาก มีสัญลักษณ์ดังรูปข้างล่าง

ข. **วาริสเตอร์ (Varistor)** ตัวต้านทานแบบนี้มีผลต่อแรงดันไฟฟ้า คือ ถ้าแรงดันตกคร่อมตัวมันมากค่าของความต้านทานจะลดต่ำลง และความต้านทานจะสูงขึ้นเมื่อแรงดันตกคร่อมมีน้อย จึงนำไปใช้กับวงจรซึ่งมีแรงดันไม่แน่นอน มีสัญลักษณ์ดังรูป

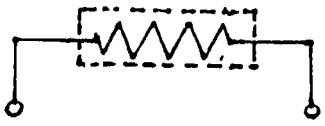
ค. **ตัวต้านทานไวแสง (Light Decreasing Resistor)** หรือที่เราเรียกว่า LDR ตัวต้านทานแบบนี้ไวต่อแสง คือค่าของความต้านทานจะเปลี่ยนไปตามความเข้มของแสงสว่าง ถ้ามีแสงสว่างมากระทบมากค่าของความต้านทานจะลดต่ำลง สัญลักษณ์ที่ใช้ในวงจรคือ



ง. **ตัวต้านทานซึ่งทำหน้าที่เป็นฟิวส์** เป็นตัวต้านทานชนิดค่าคงที่ จะทำงานเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมันมากเกินไปหรืออาจทำให้อุปกรณ์อื่น ๆ ภายในวงจรเกิดการเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาย เราจึงใช้ตัวต้านทานเป็นตัวจำกัดปริมาณของกระแส หรือ ทำหน้าที่เป็นฟิวส์คอยตัดวงจรไม่ให้กระแสไหล มีสัญลักษณ์ดังภาพ



4. คาปาซิเตอร์ (CAPACITORS หรือ C)[1]

คาปาซิเตอร์หรือคอนเด็นเซอร์เป็นอุปกรณ์ประเภทที่ไม่มีอัตราการขยายอีกชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณสมบัติในการประจุหรือคายประจุโดยจะอยู่ในรูปของสนามไฟฟ้า คาปาซิเตอร์จะเก็บประจุเมื่อแรงดันไฟฟ้าคล่อมคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้น และเรียกการเก็บประจุนี้ว่าการชาร์จ (Charge) และเมื่อแรงดันไฟฟ้าคล่อมคาปาซิเตอร์ลดลง คาปาซิเตอร์จะคายประจุเรียกว่าการดีสชาร์จ (Discharge)

ค่าความจุของคาปาซิเตอร์มีหน่วยเป็นฟาราด (Farad) โดยปกติค่าความจุของคาปาซิเตอร์ที่ใช้งานทั่ว ๆ ไปมีค่าน้อยมากจะมีหน่วยเป็นไมโครฟาราด (Micro farad ตัวย่อ UF) และพิกโกฟาราด (Picofarad หรือ pF) และนาโนฟาราด (nF)

1 UF (ไมโครฟาราด) = $\frac{1}{1,000,000}$ หรือ $\frac{1}{10^6}$ ฟาราด = 10^{-6} ฟารัด

1 nF (นาโนฟาราด) = $\frac{1}{\text{พันล้าน}}$ หรือ $\frac{1}{10^9}$ ฟาราด = 10^{-9} ฟาราด

1 pF (พิกโกฟาราด) = $\frac{1}{\text{ล้านล้าน}}$ หรือ $\frac{1}{10^{12}} = 10^{-12}$

โครงสร้างและสัญลักษณ์ของคาปาซิเตอร์

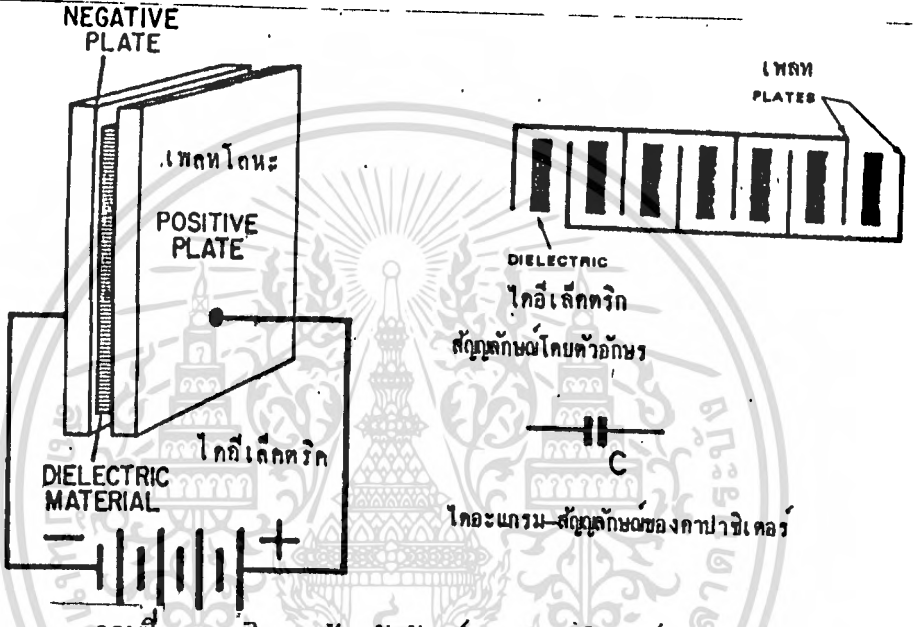
ค่าคาปาซิเตอร์จะมีขนาดมากน้อยขึ้นอยู่อับพื้นที่ผิวของเพลทโลหะและค่าไดอิเล็คตริกของฉนวนที่กั้นระหว่างเพลทโลหะทั้งสอง และสุดท้ายขึ้นอยู่กับระยะของเพลททั้งสอง รูปที่ 5.26 จะเป็นโครงสร้างและสัญลักษณ์โดยทั่วไปของคาปาซิเตอร์ ซึ่งมีหลักเกณฑ์ที่ว่าจะมีไดอิเล็คตริกขั้นตรงเพลททั้งสอง คาปาซิเตอร์แบ่งออกได้เป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ คาปาซิเตอร์แบบคงที่และแบบปรับค่าได้ ซึ่งคาปาซิเตอร์ทั้งสองแบบมีหลักเกณฑ์การสร้างเหมือนกัน คือมีไดอิเล็คตริกหรือฉนวนกั้นระหว่างเพลทโลหะทั้งสอง และมีที่ใช้งานกล่าวได้ว่าทุกจุด

---

[1] ชิดชัย สุทธาศวิน. " อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์พื้นฐาน " อิเล็คทรอนิคทั่วไป. กรุงเทพฯ ศรีสุทธา, 2524 หน้า 17 - 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของงานอิเล็คทรอนิคส์โดยต่อรวมกับรีซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ ไอซี เป็นวงจรทำงานต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ใช้เป็นตัวกำเนิดความถี่แบบซายน์เวฟโดยต่อขนานระหว่างคอยล์กับคอนเด็นเซอร์หรือเป็นตัวกั้นไฟตรงมิให้ผ่านแต่จะยอมให้ไฟสลับผ่านซึ่งหน้าที่นี้เรียกว่าคับปลิงค์คาปาซิเตอร์ ซึ่งต่อระหว่างภาคหนึ่งไปยังภาคหนึ่งของทรานซิสเตอร์ หรือบายพาสคาปาซิเตอร์ ซึ่งใช้ในการให้จุดที่ต้องการให้มีสัญญาณไฟสลับลงกราวน์



ภาพที่ 5.26 โครงสร้างสัญลักษณ์ของคาปาซิเตอร์

ค่าความจุของคาปาซิเตอร์คือ ความสามารถของคาปาซิเตอร์แต่ละตัวที่จะสามารถประจุอิเล็กตรอนไว้ในตัว มีหน่วยเป็นคูลอมป์ซึ่งใช้ตัวย่อเป็น Q โดยโวลท์หรือความต่างศักดิ์ระหว่างเพลทโลหะทั้งสอง จะเป็นตัวอัดหรือดันประจุให้เข้าในตัวคาปาซิเตอร์นั้น ๆ โดยค่าคาปาซิแต็นซ์ (Capacitance) ของคาปาซิเตอร์ตัวหนึ่ง ๆ ซึ่งใช้ตัวย่อเป็น (C) และมีหน่วยเป็นฟาราด (F) ซึ่งจะมีค่าความสัมพันธ์หรือค่าจำกัดความเป็น

ค่าคาปาซิแต็นซ์ (C) ของคาปาซิเตอร์หนึ่งฟาราด ก็คือความสามารถของคาปาซิเตอร์นั้น ๆ ที่จะเก็บประจุได้ในตัวถึง 1 คูลอมป์ (Coulomb) ณ ค่าแรงดันที่คล่อมคาปาซิเตอร์ 1 โวลท์ หรือจะเขียนสมการคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$C = Q/V$$

โดยค่า Q คือประจุมีหน่วยเป็นคูลอมป์ / V เป็นโวลท์ / และ C คือค่าหรือหน่วยของคาปาซิเตอร์ (หน่วยเป็นฟาราด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาปาซิแต็นซ์ของคอนเด็นเซอร์ จะมีค่ามากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของคอนเด็นเซอร์โดยคาปาซิเตอร์จะมีค่าคาปาซิแต็นซ์มาก ก็จะขึ้นอยู่ตรงพื้นที่ผิวของแผ่นโลหะ และความห่างระหว่างเพลทโลหะทั้งสอง กล่าวคือถ้าความห่าง (d) ยิ่งน้อยค่าความจุก็ยะยิ่งมากตาม และค่าสุดท้ายคือค่าไดอีเล็คตริคคอนสแต็นท์ (Dielectric constant) กล่าวคือ ถ้าค่าได้อีเล็คตริคยิ่งมากความจุก็จะยิ่งมากตาม ดังสมการ

$C = k$

โดยค่า C เป็นค่าคาปาซิแต็นซ์มีหน่วยเป็นฟาราด

A คือพื้นที่ผิวของเพลทโลหะเป็นตารางนิ้ว

d คือค่าความห่างระหว่างเพลทโลหะทั้งสองเป็นนิ้ว

และ k คือค่าไดอีเล็คตริคคอนสแต็นซ์ของฉนวนที่อยู่ระหว่างเพลททั้งสอง

ค่าไดอีเล็คตริคคอนสแต็นซ์ (k) ของฉนวนจะแตกต่างกันไปตามชนิดของฉนวน โดยยึดหรือเปรียบเทียบกับความต้านทานของอากาศ ดังนั้นค่าไดอีเล็คตริคคอนสแต็นซ์ของอากาศกำหนดเป็น 1 ยางแข็งจะมีค่าไดอีเล็คตริคคอนสแต็นซ์สูงกว่าอากาศถึง 4.5-7 เท่า และซีรามิคส์ (Ceramic) จะมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงถึง 10-4000 เท่าของอากาศ

คาปาซิเตอร์มีที่ใช้งานมากมาย และมีมากมายหลายแบบแบ่งเป็นหมวดหมู่ใหญ่ ๆ ได้สองประเภทคาปาซิเตอร์แบบคงที่ (Fix Capacitor) และอีกแบบหนึ่งคือแบบปรับค่าได้ (Variable Capacitor) โดยมีสัญญาลักษณ์ดังรูปที่ 5.27 ดังนี้

(ก) คาปาซิเตอร์แบบคงที่ (ข) คาปาซิเตอร์แบบปรับค่าได้

ภาพที่ 5.27 สัญลักษณ์ของคาปาซิเตอร์

4.1 ชนิดของคาปาซิเตอร์แบบคงที่ (Fix Capacitors)

คาปาซิเตอร์แบบค่าคงที่สามารถแบ่งออกได้หลายชนิดตามวัสดุที่ใช้ทำคาปาซิเตอร์ซึ่งพอจำแนกออกได้เป็น 6 ชนิด คือ เพเปอร์คาปาซิเตอร์ (Paper Capacitor) ซีรามิค-คอนเด็นเซอร์ (Ceramic Condanser) ไมก้าคอนเดนเซอร์ (Mica Condanser) พลาสติกคอนเด็นเซอร์ (Plasticcondenser) แทนทาลัมคาปาซิเตอร์ (Tamttalum Capacitor) และอีเล็คโทรลีคคาปาซิเตอร์ (Electrolytic Capacitor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เพเปอร์คาปาซิเตอร์

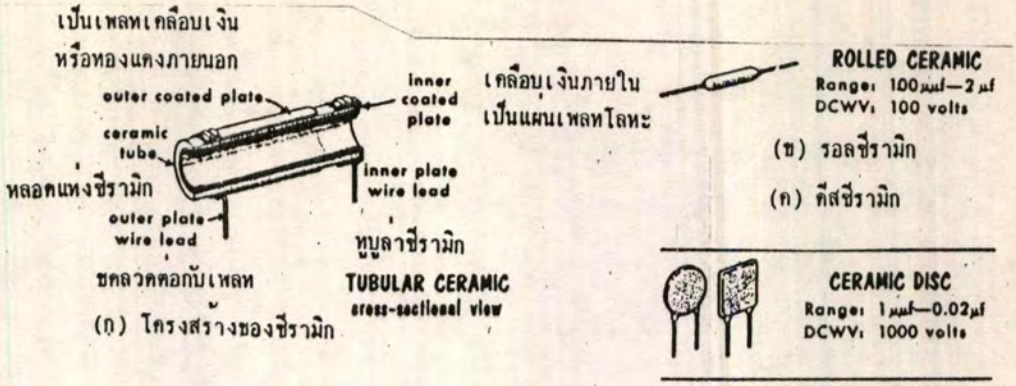
เป็นชื่อในท้องตลาดเมื่อต้องการจะซื้อหรือขายโครงสร้างของเพเปอร์คอนเด็นเซอร์ เป็นโครงสร้างที่ง่ายที่สุดตามภาพที่5.28 โดยการใช้แผ่นโลหะบาง ๆ ประกบแผ่นกระดาษที่เคลือบสารประเภทฉนวนเช่นน้ำมันหรือไขหรือพลาสติกแล้วนำมาม้วนดังรูป และปลายข้างหนึ่งของแผ่นโลหะบาง ๆ ทั้งสองตัดเว้าขยักปลายไว้ เพื่อสำหรับปิดท้ายและติดกับลวดภายนอกสำหรับต่อไปใช้งาน

ในกรณีที่ต้องการให้เพเปอร์คาปาซิเตอร์สามารถใช้ได้กับไฟสูง ๆ ก็โดยการเพิ่มกระดาษที่เคลือบฉนวนให้มากชั้นหรือความหนา ตลอดจนชนิดของฉนวนที่ชุบกับแผ่นกระดาษ เพเปอร์คาปาซิเตอร์จะระบุไว้เสมอที่ตัวของมัน นอกจากค่าคาปาซิแต็นซ์แล้วยังจะบอกขนาดของโวลท์เตชที่ใช้เป็น DCWV ซึ่งย่อมาจากคำว่าแรงไฟตรงขณะทำงาน (D.C Working Voltage)

เพเปอร์คาปาซิเตอร์จะมีลักษณะภายนอกทั่วไป 3 แบบ คือ ตัวหุ้มเป็นแบบกระดาษดังภาพที่ 5.28 (ก) และแบบตัวหุ้มเป็นแบบโลหะ (อะลูมิเนียมบาง ๆ) รูป (ข) แบบบาททับ (Bath Tube) ดังรูป (ค) โดยมีขนาดความจุและโวลท์เตชขณะใช้งานกำกับไว้แต่ละชนิดในภาพที่ 5.28 และจะมีเครื่องหมายเป็นขีดวงกลมรอบ ๆ ที่ปลายข้างหนึ่งของตัวคอนเซอร์แสดงถึงด้านที่เป็นโลหะแผ่นบางภายนอก

ภาพที่ 5.28 ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปของเพเปอร์คาปาซิเตอร์

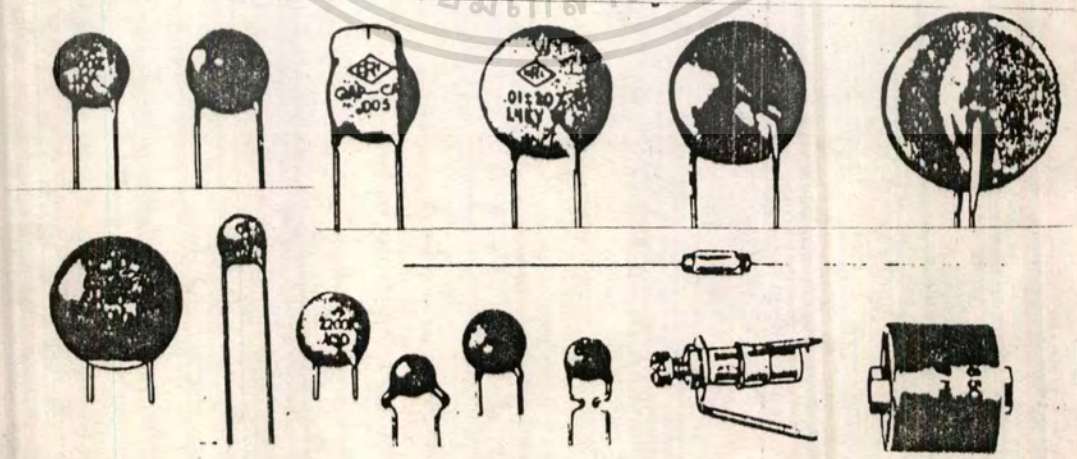
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.29 ซีรามิคคอนเด็นเซอร์

4.3 ซีรามิกคาปาซิเตอร์ (Ceramic Capacitor)

โครงสร้างซีรามิกคาปาซิเตอร์ประกอบด้วยแท่งซีรามิกหรือแผ่นกลม ภาพที่ 5.29 เปลือกนอกและภายในเคลือบด้วยเงินหรือทองแดง และโดยการต่อลวดเข้ากับโลหะที่เคลือบกับผิวนอกและในจะได้ซีรามิกคอนเด็นเซอร์ซึ่งมีความจุตั้งแต่ 1 ไมโคร-ไมโครฟาราดจนถึง 0.02 ไมโครฟาราด โดยมีโวลท์เตชชและใช้งานสูงถึง 1000 โวลท์ ภาพ (ค) ซึ่งเป็นรูปกลมหรือเหลี่ยมแบบแบนหรือแบบกลม (ข) โดยใช้พลาสติกหรือซีรามิกหุ้มเพื่อป้องกันความชื้นทั้งไม่เปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิตลอดจนสามารถใช้กับศักย์ไฟได้สูง ๆ และทั้งขนาดความจุจะไม่แปรกับความโต เพียงแต่เลือกค่าไดอีเล็คตริคคอนเด็นเซอร์ค่าต่าง ๆ กันไป เช่น สเตียไทด์ซีรามิก(Steatite Ceramic) จะมีค่าไดอีเล็คตริคคอนเด็นเซอร์สูงเพียง 6 และค่าเม็กนีเซียมทิทาเนตมีค่าอยู่ในช่วง 16 จนถึงค่าเบเรียมทิทาเนต (Barium Titamate) มีค่าไดอีเล็คตริคสูงถึง 1200 เท่า



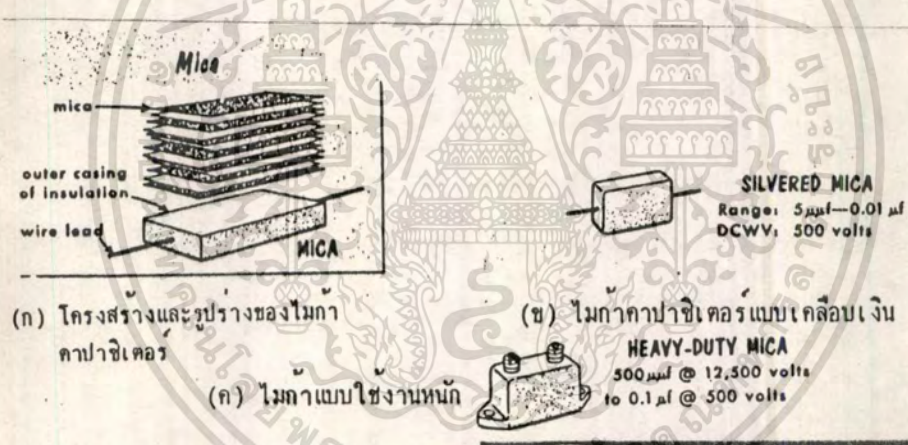
ภาพที่ 5.30 รูปร่างของซีรามิกคาปาซิเตอร์ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างของซีรามิกคาปาซิเตอร์ที่พบและซื้อขายกันในปัจจุบันจะพบดังรูป 5.30 ซึ่งจะเห็นว่าเป็นตัวแบบนแลมขนาดเล็ก บอกค่าเป็นระหัสตัวเลขข้าง ๆ สำหรับค่าความจุเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดและโวลท์ขณะใช้งาน

4.4 ไมก้าคาปาซิเตอร์ (Mica Capacitors)

ไมก้าคาปาซิเตอร์ประกอบขึ้นจากแผ่นบาง ๆ ของฟอยล์โลหะ วางทาบประกบกับแผ่นไมก้าโดยแผ่นฟอยล์ตัวนำทำหน้าที่เป็นเพลทของคาปาซิเตอร์และไมก้าทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นที่เรียกว่าไดอีเล็คตริค โดยการสลับเพลทและเชื่อมติดกันเป็นอิเล็คโทรดแต่ละข้างและต่อเชื่อมขาลวดเข้ากับอิเล็คโทรไฟล่ออกมาทางปลายทั้งสองข้าง จากนั้นก็หุ้มด้วยพลาสติกหรือฉนวนดังภาพ 5.31 (ก) ซึ่งมีขนาดความจุอยู่ในช่วงระหว่าง 0.01 ไมโครฟาราด (UF) ถึงความจุ 5 ไมโครฟาราด (UF) และใช้งานที่ไฟตรงหรือเรียกว่าดีซีดับบลัววี (DCWV) ที่ 500 โวลท์ เป็นต้น



(ก) โครงสร้างและรูปร่างของไมก้าคาปาซิเตอร์ (ข) ไมก้าคาปาซิเตอร์แบบเคลือบเงิน

(ค) ไมก้าแบบใช้งานหนัก

ภาพที่ 5.31 ไมก้าคาปาซิเตอร์แบบต่าง ๆ

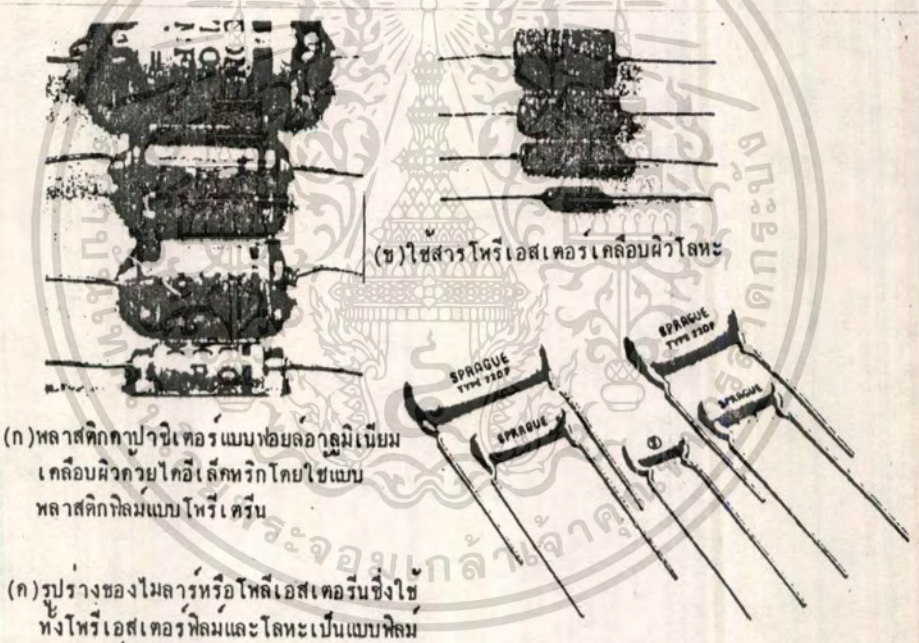
ไมก้าคาปาซิเตอร์อีประเภทหนึ่งคือ ซิลเวอร์ไมก้าดังภาพที่ 5.31 (ข) โดยไมก้าประเภทนี้จะเคลือบเงินขาวบนข้างหนึ่งของไมก้าและโดยการวางซ้อนกันดังเช่น โครงสร้างในภาพ (ก) และโดยการต่อเชื่อมเพลทเงินเว้นสลับทุกเพลทและเชื่อมต่อปลายลวดทั้งสองข้างเข้ากับเพลทเงิน จะได้ไมก้าคาปาซิเตอร์ซึ่งมีความจุใกล้เคียงกัน ไมก้าที่ใช้แผ่นโลหะฟอยล์สลับกับไมก้าและในภาพ (ค) เป็นแบบไมก้าชนิดใช้งานหนักและมีขนาดโตกว่าและใช้กับโวลท์สูงถึง 12,500 โวลท์ ที่ 500 ไมโครฟาราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 พลาสติกคาปาซิเตอร์ (Plastic Capacitors)

โครงสร้างภายในของพลาสติกคาปาซิเตอร์เหมือนกับของเพเปอร์คาปาซิเตอร์ทุกประการ ผิดกันแต่ตรงใช้พลาสติกบาง ๆ เคลือบไว้แทน พลาสติกบาง ๆ ที่เคลือบไว้สำหรับเป็นไดอีเล็คทริค โดยพลาสติกข้างต้นที่กล่าวคือสารประเภทโพรี่เอสเตอร์หรือโพรี่เอส-ทีรีน และโพรี่คาร์บอรเนตหรือไมล่าร์

ค่าความจุของพลาสติกหรือไมล่าร์คาปาซิเตอร์มีขนาดใกล้เคียงกันกับแบบเพเปอร์-คาปาซิเตอร์จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบแผ่นอลูมิเนียมบาง ๆ หรือแบบฟอยล์ (Foils) หรืออีกแบบเป็นแบบเคลือบโลหะแบบเม็ททอลฟิล์ม (Metal Film) ซึ่งแสดงไว้ในภาพ5.32 (ค) และภาพ (ก) เป็นแบบอลูมิเนียมฟอยล์เคลือบด้วยผิวฟิล์มของโพรีสเตรีนและภาพ (ข) ใช้โพรีเอสเตอร์ฟิล์มเคลือบแผ่นฟอยล์อลูมิเนียม



(ข)ใช้สารโพรีเอสเตอร์เคลือบผิวโลหะ

(ก)พลาสติกคาปาซิเตอร์แบบฟอยล์อลูมิเนียมเคลือบผิวด้วยไดอีเล็คทริกโดยใช้แบบพลาสติกฟิล์มแบบโพรีเตรีน

(ค)รูปร่างของไมลาร์หรือโพลีเอสเตอรีนซึ่งใช้ทั้งโพรี่เอสเตอร์ฟิล์มและโลหะเป็นแบบฟิล์มเคลือบเช่นกัน

ภาพที่5.32 รูปร่างลักษณะภายนอกของพลาสติกคาปาซิเตอร์

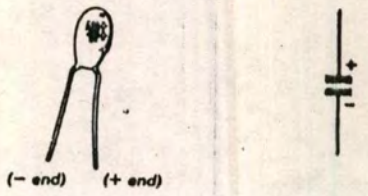
4.6 เทนทลัมคาปาซิเตอร์ (Tantalum Capacitors)

จัดเป็นคาปาซิเตอร์ชนิดหนึ่งที่มีความจุมากกว่าคาปาซิเตอร์ชนิดอื่น ๆ เมื่อเทียบขนาดความโตที่เท่ากัน สามารถใช้แทนอีเล็กโทรลีติกคาปาซิเตอร์ได้ และมีชั้วเหมือนกับอิเล็กโทรลีทิกคาปาซิเตอร์ มีความจุตั้งแต่ 0.1 ไมโครฟาราดจนถึง 100 ไมโครฟาราด เทนทาลัมคาปาซิเตอร์เหมาะสำหรับใช้กับงนอิเล็คโทรนิคส์โดยเฉพาะใช้ในงานบนแผ่นปริ้นส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะมีขนาดเล็กกว่าหลายสิบเท่าเมื่อเทียบกับอิเล็คโทรลีทิกคาปาซิเตอร์เมื่อเทียบโวลท์และความจุที่เท่ากัน

ภาพที่ 5.33 เทนทาลัมคาปาซิเตอร์

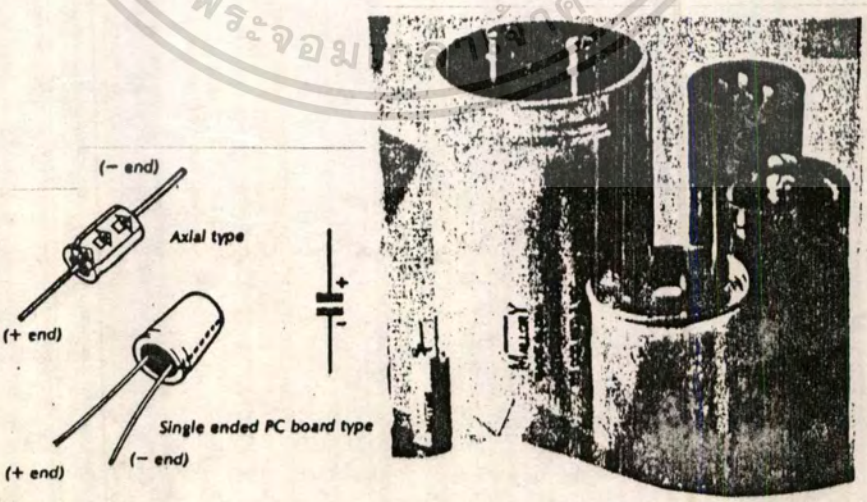


4.7 อิเล็คโทรลีทิกคาปาซิเตอร์ (Electrolytic Capacitor)

อิเล็คโทรลีทิกคาปาซิเตอร์จัดว่าเป็นคาปาซิเตอร์แบบมีขั้วบวกหรือลบ มีขนาดความจุตั้งแต่ 0.5 ไมโครจนถึง 10,000 ไมโครฟาราดจัดได้ว่าเป็นคาปาซิเตอร์ที่มีขนาดความจุสูงสุดกว่าชนิดอื่น ๆ

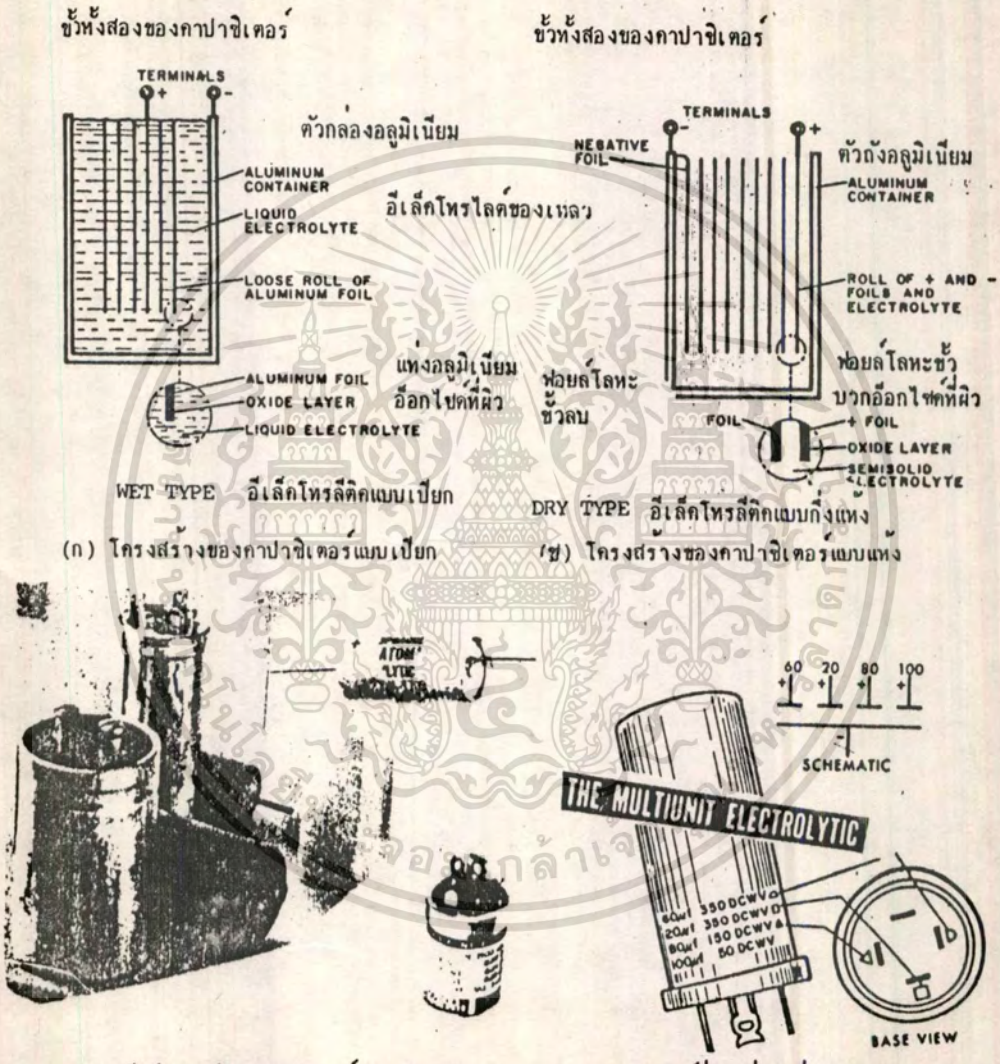
อิเล็คโทรทิกแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบเปียกและแบบแห้ง แบบเปียก ดังรูป 5.34 ซึ่งจะเห็นว่าตัวคาปาซิเตอร์เองเป็นกล่องอลูมิเนียมเป็นขั้วลบ และแผ่นอลูมิเนียมบาง ๆ แช่อยู่ในอิเล็คโทรไลต์เหลว ๆ เช่นเดียวกับแบบแห้ง ซึ่งเป็นแบบอลูมิเนียมภายนอกและเป็นอิเล็คโทรไลต์แบบกึ่งแห้ง ดังภาพ5.35 (ข) และในภาพ(ค) และ (ง) เป็นแบบต่าง ๆ ของคาปาซิเตอร์แบบอิเล็คโทรไลทิก

ภาพที่ 5.34 อิเล็คโทรลีทิกคาปาซิเตอร์รูปร่าง
และสัญลักษณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของอิเล็คโทรลีทิกคาปาซิเตอร์
ELECTROLYTIC CAPACITOR CONSTRUCTION



(ก) อีเล็คโทรลีทิกคาปาซิเตอร์ขนาดโตสุดในรูปไดถึง 8000 ไมโครฟาราด

(ง) คาปาซิเตอร์สี่ตัวอยู่ในกล่องเดียวกันโดยมีคอมมอนขั้วลบรวมกัน และรูปรางลักษณะภายนอก

ภาพที่ 5.35 โครงสร้างของคาปาซิเตอร์แบบน้ำ (ก) และแบบแห้ง (ข) และรูป (ง) เป็นแบบมัลติยูนิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ตัวเหนี่ยวนำ [1] (Inductor)

ตัวเหนี่ยวนำหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า คอยล์ (Coil) คือ ขดลวดทองแดงพันรอบแกนเหล็ก หรือแกนอากาศก็ได้ ซึ่งพบในวงจรอิเล็คทรอนิคส์ทั่วไป เช่น ลำโพงคอยล์อากาศ ออสซิเลเตอร์คอยล์ ไอเอ็ฟทรานสฟอร์เมอร์ หม้อแปลง ฯลฯ ซึ่งถ้าอุปกรณ์นั้นเป็นขดลวดพันรอบแกนแล้วจะเรียกว่าตัวเหนี่ยวนำทั้งสิ้น แต่ชื่อที่ใช้เรียกอาจแตกต่างกันไปตามหน้าที่และการใช้งานในแต่ละวงจร

หลักการของตัวเหนี่วนำที่สามารถทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ หรือถ่ายทอดกำลังได้คือ ถ้าเราพันขดลวดทองแดงจำนวนหลาย ๆ รอบให้อยู่ด้วยกันบนแกนและปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดแล้ว มันจะแสดงอำนาจทางไฟฟ้าออกมาในรูปของสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ขดลวดนั้น ซึ่งเรียกว่าแม่เหล็กไฟฟ้า สามารถดึงดูดสารจำพวกเหล็กได้เช่นเดียวกับแม่เหล็กถาวร ยิ่งถ้าเป็นขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กแล้วอำนวยความเป็นแม่เหล็กจะยิ่งสูงกว่าแกนอื่น ๆ ดังรูป 5.36

ภาพที่ 5.36 แสดงแม่เหล็กไฟฟ้า

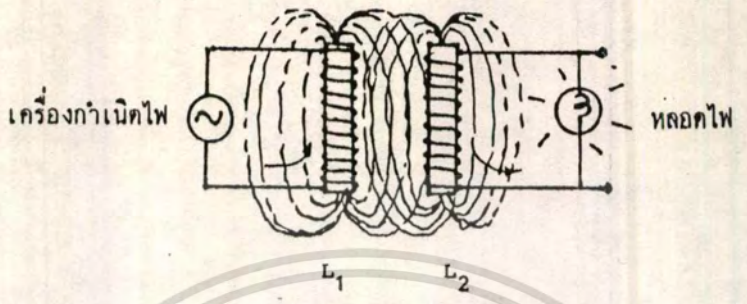
ถ้านำขดลวดอีกหนึ่งชุดมาวางไว้ใกล้ ๆ หรือพันซ้อนทับบนแกนเดียวกัน สนามแม่เหล็กจากขดลวดชุดแรกจะตัดกับขดลวดชุดที่สอง ทำให้เกิดแรงดันและกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดชุดที่สอง ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ขดลวดเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น แต่มีข้อแม้ว่าไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดชุดแรกต้องเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือกระแสตรงชนิดกระเพื่อมเท่านั้นจะเป็นไฟตรงชนิดเรียบไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการยุบตัวพองตัวของสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำหรือการถ่ายทอดพลังงานไฟฟ้าไปยังขดลวดชุดที่ สอง ดังภาพที่ 5.37 ขดลวด L_1 กับ L_2 วางอยู่ใกล้ ๆ กัน เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้า L_1 จะเกิดการยุบตัวพองตัว

---

[1] ประทิน คล้ายนาค. " อุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์ " ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: โอเดียนสโตร์, 2529 หน้า 112-123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสนามแม่เหล็กรอบๆ L_1 และไปตัดกับขดลวด L_2 เหนี่ยวนำให้ L_2 มีไฟฟ้าเกิดขึ้น ขอให้สังเกตว่าทิศทางการไหลของกระแสกลับทิศทางกันหรือสวนทางกัน

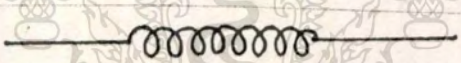


ภาพที่ 5.37 แสดงการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจาก L_1 ไป L_2

5.1 ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ในงานอิเล็คทรอนิคส์แบ่งตามชนิดของแกนได้ 3 ชนิด คือ

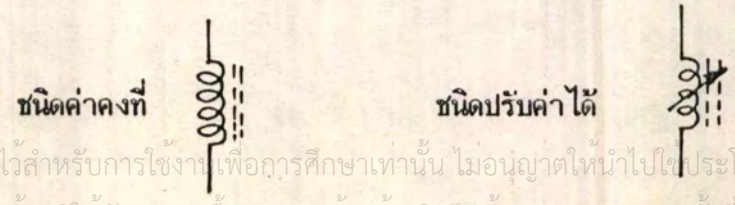
1. **ตัวเหนี่ยวนำแกนอากาศ** คือตัวเหนี่ยวนำที่ใช้ขดลวดทองแดงพันบนกระดาษแข็ง ไฟเบอร์ แบคคาไลท์ พลาสติก หรือวัตถุที่เป็นฉนวนอื่น ๆ ซึ่งไม่มีผลทางไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำแกนอากาศมักใช้งานทางด้านความถี่สูง เช่น ในภาครับวิทยุ และภาคออสซิเลเตอร์ที่เรียกว่า Antenna coil และ Oscillator เป็นต้น



สัญลักษณ์ของคอยล์แกนอากาศ

ภาพที่ 5.38 แสดงสัญลักษณ์และลักษณะของคอยล์แกนอากาศ

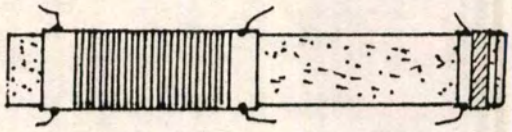
2. **ตัวเหนี่ยวนำแกนผงเหล็ก หรือเฟอไรท์** แบบนี้แกนที่ใช้เป็นผงเหล็กมีทั้งชนิดค่าอินดักแตนท์คงที่กับชนิดปรับค่าได้ มีสัญลักษณ์ คือ



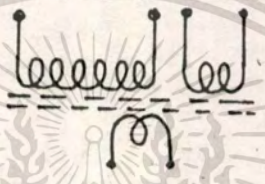
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของตัวเหนี่ยวนำชนิดแกนผลเหล็ก ได้แก่

ก. คอยล์อากาศแกนเฟอไรท์ (Amtenna coil) จะพบได้จากภาครับคลื่นวิทยุของเครื่องรับวิทยุทั่วไป โดเฉพาะเครื่องรับประเภทใช้ทรานซิสเตอร์ ภาพที่ 5.39



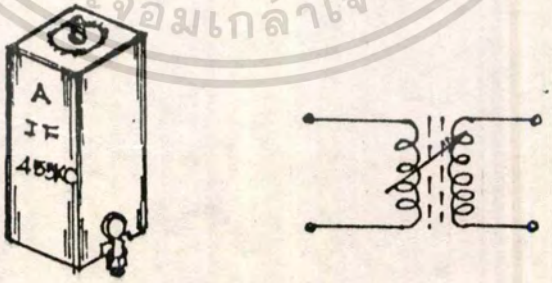
ก. ลักษณะของคอยล์อากาศ



ข. สัญลักษณ์ของคอยล์อากาศ

ข. ไอเอ็ฟคอยล์ หรือไอเอ็ฟทราบสฟอร์เมอร์ (I.F. trabsfirmer) และออสซิเลเตอร์คอยล์ พวกนี้จะเป็นแกนผงเหล็กชนิดปรับค่าได้ ดังภาพที่ 5.40

ก. ไอเอ็ฟคอยล์และออสซิเลเตอร์คอยล์ในเครื่องรับวิทยุทรานซิสเตอร์



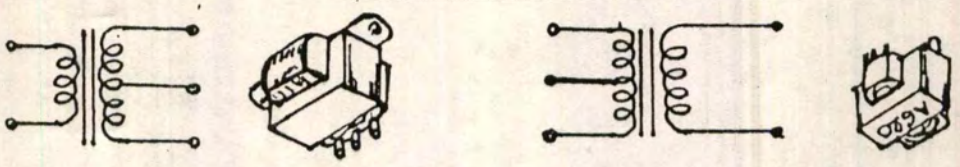
ข. ไอเอ็ฟคอยล์ในเครื่องรับวิทยุประเภทใช้หลอดสูญญากาศ และสัญลักษณ์

ภาพที่ 5.40 แสดงลักษณะของไอเอ็ฟคอยล์แบบต่าง ๆ พร้อมทั้งสัญลักษณ์

3. **ตัวเหนี่ยวนำแกนเหล็ก** ได้แก่อุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ที่ใช้ขดลวดทองแดงพันบนแกนเหล็กซึ่งใช้ในวงจรความถี่ต่ำ และภาคจ่ายไฟ (Power supply) ทั่วไปได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. อินพุทและเอาท์พุททรานสฟอร์เมอร์ (Input and Output Transformer) ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณความถี่ต่ำในภาคขยายเสียง มีสัญลักษณ์และรูปร่างลักษณะคือ



อินพุททรานสฟอร์เมอร์ เอาท์พุททรานสฟอร์เมอร์

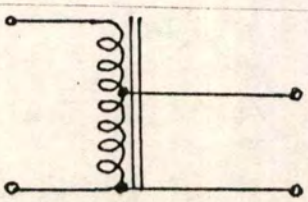
ภาพที่ 5.41 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ของอินพุทกับเอาท์พุททรานสฟอร์เมอร์

ข. โช้ค (Choke) ใช้ในวงจรกรองกระแสทำหน้าที่ร่วมกับคาปาซิเตอร์ในการกรองกระแสไฟให้เรียบ

ภาพที่ 5.42 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ของโช้ค

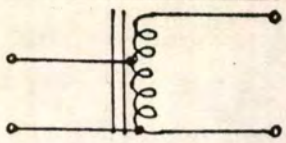
ค. หม้อแปลง (Transformer) เรื่องของหม้อแปลงได้กล่าวไว้บ้างแล้วในงานไฟฟ้า ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะหม้อแปลงที่ใช้ในงานอิเล็คทรอนิคส์ซึ่งแบ่งออกได้หลายชนิดเช่น ไอเอ็ฟทรานสฟอร์เมอร์ อินพุททรานสฟอร์เมอร์ เอาท์พุททรานสฟอร์เมอร์ ดังที่กล่าวแล้ว นอกจากนี้ยังมีหม้อแปลงซึ่งใช้กันมากในภาคจ่ายไฟอีก 2 ชนิด คือ

1. ออโต้ทรานสฟอร์เมอร์ (Auto Transformer) เป็นหม้อแปลงที่มีขดลวดพันรอบแกนเหล็กเพียงชุดเดียว จะเป็นหม้อแปลงลงหรือแปลงขึ้นย่อมแล้วแต่การแท็ป (tap) ปลายสายออกไปใช้งาน ส่วนมากใช้แปลงได้เฉพาะแรงดันเท่านั้นแปลงกระแสไม่ได้เนื่องจากมีขดลวดเพียงชุดเดียวนั่นเอง



ก. สัญลักษณ์ของหม้อแปลงลงจะแท็ปสายซึ่งมีจำนวนรอบน้อยไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

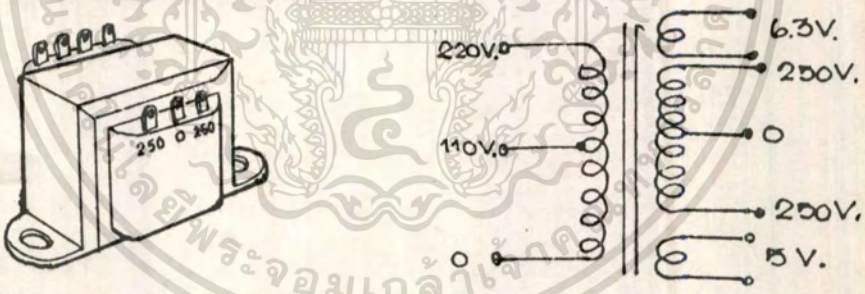


ข. สัญลักษณ์ของหม้อแปลงขึ้นจำนวนรอบของขดลวดที่นำไปใช้งานมากกว่าขดลวดทางด้านไฟเข้า

ภาพที่ 5.43 แสดงสัญลักษณ์ของหม้อแปลงออโต้ทรานสฟอร์เมอร์

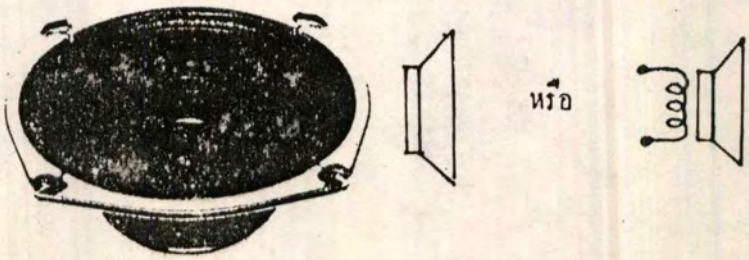
2. เพาเวอร์ทรานสฟอร์เมอร์ (Power Transformer) คือหม้อแปลงกำลังที่สามารถแปลงได้ทั้งกระแสและแรงดันอยู่ในตัวเดียวกัน ถ้าเส้นลวดทางขดทุติยภูมิโตกว่าเส้นลวดทางขดปฐมภูมิจะเป็นหม้อแปลงกระแส คือได้กระแสสูงขึ้น ส่วนการแปลงแรงดัน ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวด ถ้าจำนวนรอบทางขดทุติยภูมิมากกว่าจำนวนรอบทางขดปฐมภูมิแล้ว จะเป็นหม้อแปลงขึ้นได้แรงดันสูงขึ้น

หม้อแปลงกำลังนี้นิยมใช้กันมากในภาคจ่ายไฟของเครื่องขยายเสียง วิทยุ โทรทัศน์ และเครื่องเสียงทั่ว ๆ ไป เพราะสามารถเลือกใช้กระแสและแรงดันไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ตามที่ต้องการจากหม้อแปลงตัวเดียวกันได้



ภาพที่ 5.44 ลักษณะของหม้อแปลงกำลังและสัญลักษณ์

ง. ลำโพง (Loud speaker) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าความถี่เสียงให้เป็นสัญญาณเสียง สัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียงจะมีแรงดันทำให้ไดอะแฟรมหรือกรวยกระดาษเกิดการสั่นสะเทือน พร้อมกันนั้นก็ทำให้อากาศที่อยู่ด้านหน้าเกิดการสั่นตามไปด้วยเป็นเสียงให้เราได้ยิน



ภาพที่ 5.45 ลักษณะและสัญลักษณ์ของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อุปกรณ์ประเภทแปลงไฟและขยายสัญญาณ

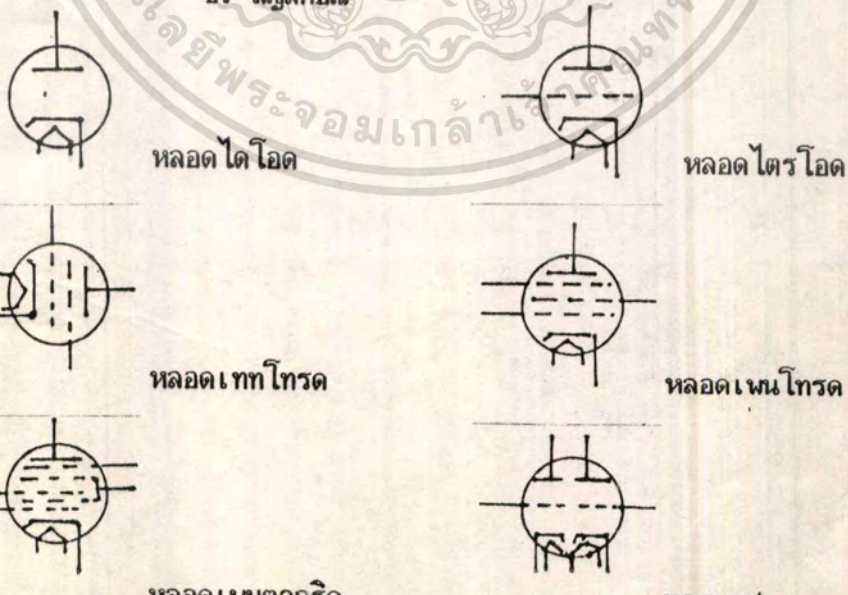
ดังที่ได้ทราบถึงอุปกรณ์หลักในงานอิเล็คทรอนิคส์ซึ่งได้แก่ ตัวต้านทาน (Resistor) คาปาซิเตอร์ (Capacitor) และตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) หรือที่เรียกกันย่อ ๆ ว่า อุปกรณ์ RCL นอกจากอุปกรณ์จำพวก RCL แล้วยังงมีอุปกรณ์และสัญลักษณ์ประเภทที่ใช้แปลงไฟกับขยายสัญญาณที่เราควรรู้จักเป็นพื้นฐาน ได้แก่

1. หลอดสูญญากาศ (Vacuum tube)

เป็นอุปกรณ์ที่มีมาแรกเริ่มสำหรับงานอิเล็กทรอนิคส์ ปัจจุบันแม้จะไม่ค่อยนิยมใช้หรือเป็นสิ่งที่ล้าสมัยแล้วก็ตาม ก็ควรได้ศึกษาถึงชนิดและการทำงานของมัน เพื่อเป็นหลักฐานที่ดีต่อการศึกษาวิชานี้ต่อไป นอกจากนี้วงจรที่ต้องการขยายกำลังมาก ๆ เช่น เครื่องขยายเสียงและเครื่องส่งวิทยุก็ยังมีความจำเป็นที่จะต้องใช้หลอดสูญญากาศอยู่ตลอดเวลา หลอดสูญญากาศมีอยู่หลายชนิดมีรูปร่างและสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

ก. ลักษณะของหลอดสูญญากาศ

ข. สัญลักษณ์

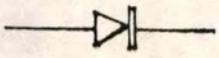


ภาพที่ 5.46 ลักษณะและสัญลักษณ์ของหลอดสูญญากาศชนิดต่าง ๆ

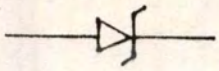
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไดโอด (Diode)

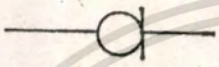
เป็นอุปกรณ์ประเภททำจากสารกึ่งตัวนำ ส่วนมากใช้ในวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง นอกจากนี้ยังมีไดโอดประเภทอื่น ดังสัญลักษณ์



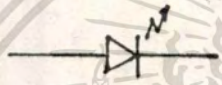
ไดโอดแปลงไฟธรรมดา



ซีเนอร์ไดโอด



ทันแนลไดโอด



ไดโอดเปล่งแสง (LED)

3. ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำเช่นเดียวกับไดโอด แต่สามารถนำมาใช้งานได้กว้างขวางกว่า เช่น ใช้แทนหลอดสูญญากาศในการขยายสัญญาณ ผสมสัญญาณ ฯลฯ ในปัจจุบันทรานซิสเตอร์เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในวงจรอิเล็คทรอนิคส์ ทรานซิสเตอร์แบบธรรมดา (Bipolar Transistor) มีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิด PNP กับชนิด NPN ข้อสังเกตในการเรียกชื่อทรานซิสเตอร์ก็คือ หัวลูกศรจะชี้เข้ากับชี้ออก ดังสัญลักษณ์

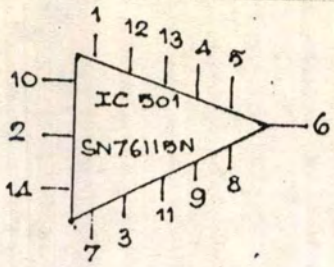
ชนิด PNP

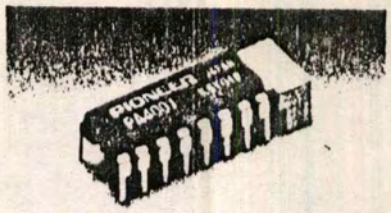
ชนิด NPN

4. ไอซี (Integrated Circuit)

เป็นอุปกรณ์ที่รวมเอาอุปกรณ์อื่น ๆ ทางอิเล็คทรอนิคส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน ฯลฯ ไว้ในตัวเดียวกัน และจะมีขายื่นออกมาภายนอกเพื่อต่อไปใช้งาน ไอซีแต่ละตัวจะมีหน้าที่และการทำงานแตกต่างกัน แล้วแต่บริษัทผู้ผลิตจะกำหนดมีสัญลักษณ์เป็นรูปสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมก็ได้แต่จะบอกหรือกำหนดหมายเลขหรือโค้ดเอาไว้บนตัวไอซี เพื่อให้ผู้ใช้ต่อกับวงจรอื่นได้ถูกต้อง ดังภาพ 5.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



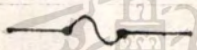


ภาพที่ 5.47 ลักษณะและสัญลักษณ์ของไอซี

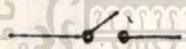
5. อุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่น ๆ เช่น พวกไดโอดชนิดพิเศษดังสัญลักษณ์ต่อไปนี้

ไดแอค (Diac) ไตรแอค Triac) เอสซีอาร์ (SCR)

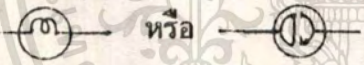
6. อุปรณ์อื่น ๆ พร้อมสัญลักษณ์ที่ควรรู้จัก ได้แก่



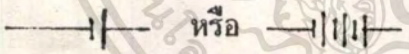
ฟิวส์



สวิตช์

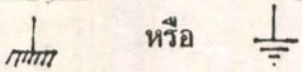


หรือ หลอดไฟ



หรือ แบตเตอรี่

ไมโครโฟน

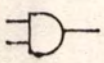


หรือ แท่นและสายดิน (Ground)

สายไฟต่อกัน

สายไฟข้ามกัน

สายอากาศ

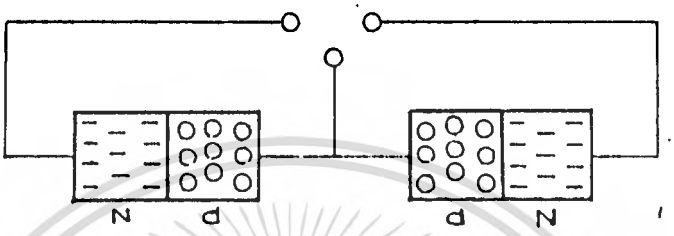


ปลั๊กเอซี

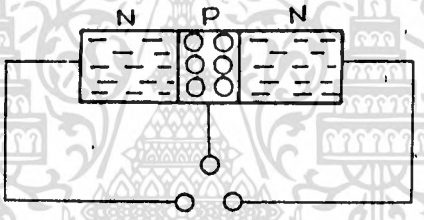
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทรานซิสเตอร์ [1] (Transistor)

ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของทรานซิสเตอร์ คล้ายกับใช้ไดโอดสองตัวมาเชื่อมต่อกันหรือการนำเอาสารกึ่งตัวนำชนิด PN สองชุดมาต่อกัน ดังรูป 5.48 แล้วต่อขั้วออกมาใช้งานได้เป็น 3 ขั้ว



ก. ลักษณะการนำเอาสารกึ่งตัวนำ PN 2 ชุดมาต่อกัน



ข. เมื่อเชื่อมต่อกันจะได้ขั้วต่อกับวงจรภายนอก 3 ขั้ว

ภาพที่ 5.48 แสดงการเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด P-type และ N-type สองชุด เหมือนกับนำตัวไดโอดสองตัวมาต่อกัน

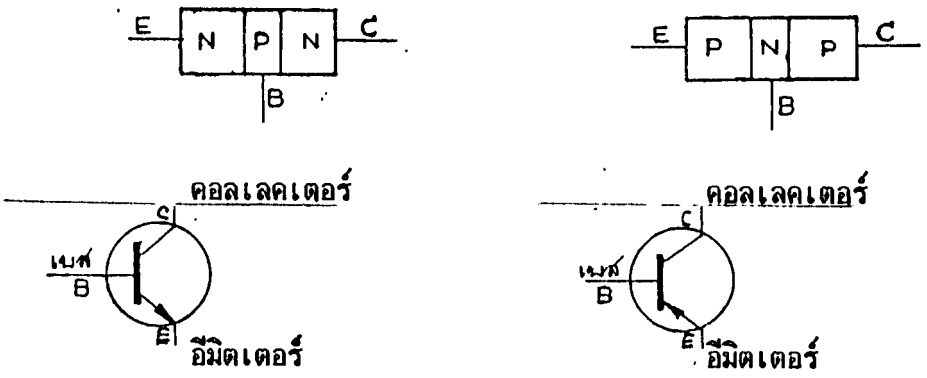
ถ้าเป็นแบบที่มีสารกึ่งตัวนำชนิด N-type อยู่หัวท้ายและมีชนิด P-type อยู่ตรงกลางเรียกว่าทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ในทำนองเดียวกันถ้ากลับเอาสารกึ่งตัวนำชนิด N-type ไปไว้ตรงกลางและมีชนิด P-type อยู่หัวท้ายเรียกทรานซิสเตอร์ชนิดนี้ว่า PNP

ทรานซิสเตอร์มีขาสำหรับต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ในวงจร 3 ขา คือ อีมิตเตอร์ (Emitter) ใช้ตัวย่อ E เบส (Base) ใช้ตัวย่อ B และคอลเลคเตอร์ (Collector) ใช้ตัวย่อ C เมื่อเขียนเป็นสัญลักษณ์และโครงสร้างจะได้ดังนี้

---

[1] ประทิน คล้าย. รด. หน้า 189-207

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชนิด NPN ชนิด PNP

ภาพที่ 5.49 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์
ชนิด NPN และ PNP

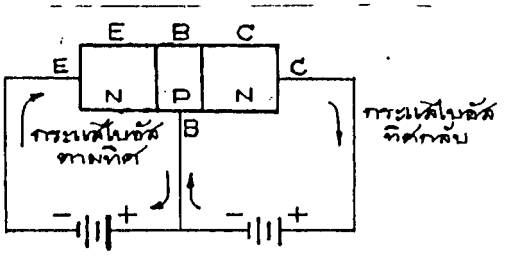
ในวงจรทรานซิสเตอร์การอ่านสัญลักษณ์ว่าเป็นทรานซิสเตอร์ชนิดใดขอให้สังเกตทิศทางของหัวลูกศร ถ้าหัวลูกศรชี้ออกจากเบส (Base) แสดงว่าเป็นชนิด NPN หรือจำง่าย ๆ ว่า not point และถ้าหัวลูกศรชี้เข้าหาเบสจะเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP คือ point

สำหรับความหมายของหัวลูกศรและทิศทางการชี้จริง ๆ ก็คือ หัวลูกศรจะแสดงทิศทางการไหลของกระแสโฮล (hole current) ซึ่งตรงกันข้ามกับกระแสอิเล็คตรอน

6.1 การทำงานของทรานซิสเตอร์

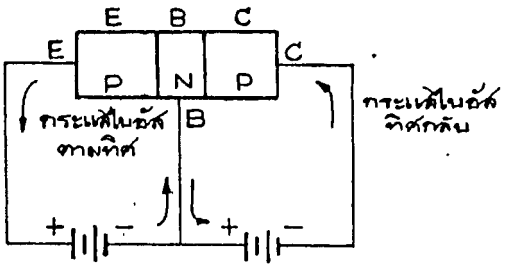
ทรานซิสเตอร์จะทำงานได้หรือสามารถนำให้เกิดการไหลของอิเล็คตรอนหรือโฮลได้จะต้องได้รับไฟไบอัส (bias) ที่ถูกต้อง การไบอัสคือ การทำให้สิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็คทรอนิคส์อยู่ในสภาพที่พร้อมจะทำงานได้ โดยการป้อนแรงดันให้กับขาต่าง ๆ อย่างเหมาะสมและอยู่ในช่วงที่มันจะทำงานได้เต็มที่

สำหรับทรานซิสเตอร์จะให้มันทำงานได้ต้องได้รับไฟไบอัสตามทิศ (forward bias) ระหว่างขาอีมิตเตอร์กับเบสจึงจะเกิดการไหลของกระแสระหว่างขาเบสกับอีมิตเตอร์ ส่วนคอลเลคเตอร์กับเบสต้องให้ไฟไบอัสทิศกลับ (reverse bias) ดังภาพที่ 5.50



ก. การจ่ายไฟไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

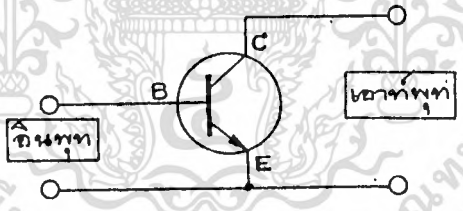
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. การจ่ายไฟไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

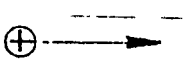
ภาพที่ 5.50 แสดงการจ่ายไฟไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ PNP

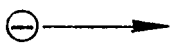
การที่ต้องจ่ายไฟไบอัสตามทิศให้แก่อีมิตเตอร์กับเบส และจ่ายไฟไบอัสทิศกลับให้แก่คอลเลคเตอร์กับเบสก็เพราะว่าระหว่างเบสกับอีมิตเตอร์เป็นทางสัญญาณเข้า หรืออินพุท (In put) ส่วนคอลเลคเตอร์กับเบสเป็นทางสัญญาณออก หรือเอาท์พุท (Out put) กระแสที่ไหลในวงจรอินพุทจะต้องแปรเปลี่ยนไปตามสัญญาณเข้า (In put signal) ทางอินพุทจึงต้องได้รับไฟไบอัสตามทิศ ส่วนกระแสทางด้านเอาท์พุทเราต้องการให้ถูกควบคุมด้วยกระแสทางอินพุท จึงไม่ให้กระแสทางเอาท์พุทขึ้นอยู่กับแรงดันเอาท์พุทของวงจร เมื่อเป็นเช่นนี้จึงต้องจัดให้ทางเอาท์พุทได้รับไฟไบอัสทิศกลับ (reverse bias)



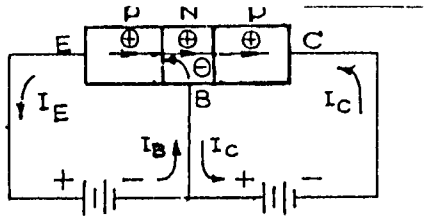
ภาพที่ 5.51 แสดงทางเข้าและออกของสัญญาณเมื่อผ่านตัวทรานซิสเตอร์

เมื่อต่อวงจรให้กับเบส อิมิตเตอร์ และคอลเลคเตอร์ด้วยวิธีดังกล่าวแล้วจะเกิดกระแสไหลในวงจร 3 ส่วน คือ กระแสอีมิตเตอร์ (I_E) กระแสเบส (I_B) และกระแสคอลเล็คเตอร์ (I_C) ดังภาพ


แทนการไหลของกระแสโฮล

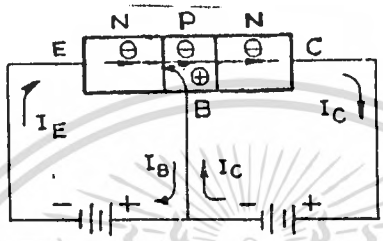

แทนการไหลของกระแสอิเล็คตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$I_B = I_E - I_C$$

ก. การไหลของกระแสในทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

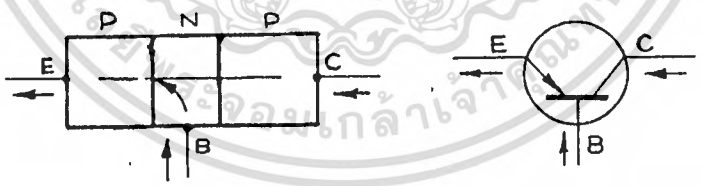


$$I_B = I_E - I_C$$

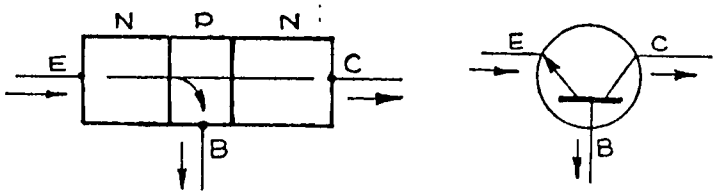
ข. การไหลของกระแสในทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ภาพที่ 5.52 แสดงการจ่ายไฟไบอัสและทิศทางการไหลของกระแสในวงจรทรานซิเตอร์ชนิด PNP กับ NPN

เมื่อนำมาเขียนเป็นรูปโครงสร้างและสัญลักษณ์เสียใหม่เพื่อให้ดูง่ายเข้า จะเห็นทิศทางการไหลของกระแสอิเล็คตรอนดังนี้



ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP



ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่ากระแสที่ไหลผ่านอีมิตเตอร์ I_E เป็นผลรวมของกระแสเบส I_B กับกระแสคอลเลคเตอร์ I_C เมื่อเขียนเป็นสูตรจะได้ว่า

$$I_E = I_B + I_C$$

ดังนั้นถ้าต้องการหากระแสเบสหรือกระแสคอลเลคเตอร์จะได้ดังนี้

$$I_B = I_E + I_C$$

$$I_C = I_E + I_B$$

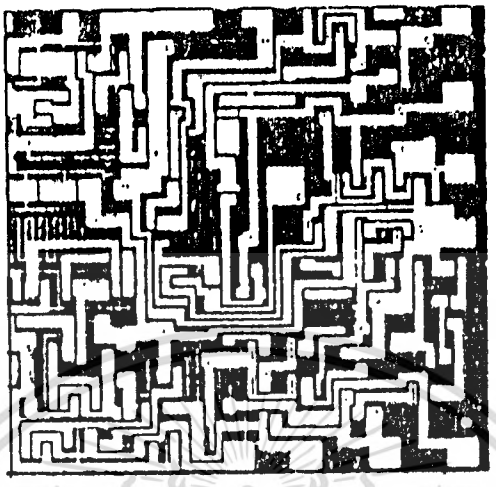
7. ไอซี [1] (Integrated Circuit)

ทรานซิสเตอร์เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อวงการอิเล็คทรอนิคส์ เนื่องจากนำไปใช้งานได้หลายอย่าง มีขนาดเล็ก และมีความน่าเชื่อถือสูงกว่าหลอดสูญญากาศ จึงทำให้หลอดสูญญากาศถูกเลิกใช้ โดยเฉพาะเมื่อนำเทคโนโลยีการทำวงจรพิมพ์เข้ามาใช้ แต่ปัจจุบันปรากฏว่ามีสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็คทรอนิคส์ที่เรียกว่าไอซี (IC = Integrated circuit) ซึ่งมีคุณสมบัติในการใช้งานเหนือกว่าทรานซิสเตอร์มากมาย ไอซีเพียงตัวเดียวสามารถรวมเอาวงจรซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ ตัวเหนี่ยวนำ และสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็คทรอนิคส์อื่น ๆ ปลายตัวบรรจุไว้ในแผ่นสารกึ่งตัวนำเล็ก ๆ เรียกว่าชิพ (Chip) ย่อมหมายความว่าไอซีเป็นวงจรรวมที่สามารถประหยัดเนื้อที่ในการใช้งาน สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องมือเครื่องใช้ทางไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิคส์อื่น ๆ ได้อย่างมาก ทำให้เครื่องมีขนาดเล็กลง และในการสร้างไอซีบนแผ่นเวเฟอร์ (Wafer) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิกอนก็สามารถทำได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ไอซีราคาถูกมีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากเป็นวงจรรวมสำเร็จที่มีส่วนประกอบภายในเหมือน ๆ กันและสร้างด้วยกรรมวิธีอย่างเดียวกัน จึงเข้าไปเป็นส่วนประกอบของวงจรอิเล็คทรอนิคส์ทั่วไป

---

[1] ประทีน คล้ายนาค รด. หน้า 341-364

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.53 ภาพขยายด้านบนของไอซีวงจรหนึ่งขนาด 75 ตารางมิลลิเมตร ประกอบด้วยอุปกรณ์ 65 ชิ้น ได้แก่ทรานซิสเตอร์ ไดโอด และตัวต้านทาน

7.1 ข้อดีของไอซี

1. เนื่องจากไอซีมีขนาดเล็กจึงประหยัดเนื้อที่ได้มากกว่า

2. น้ำหนักเบาทั้ง ๆ ที่รวมเอาอุปกรณ์ทางอิเล็คทรอนิคส์หลายอย่างไว้ในตัวเดียวกัน

3. สะดวกสบายต่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษา เมื่อเป็นส่วนประกอบของวงจรในเครื่องมือเครื่องใช้ ถ้าเกิดการชำรุดก็สามารถเปลี่ยนได้ง่ายเพราะเพียงแต่ถอดตัวไอซีออกจากขา (socket) และนำเอาตัวใหม่ใส่แทนก็ก็เป็นอันใช้ได้

4. ต้นทุนการผลิตต่ำเนื่องจากสิ้นเปลืองวัสดุน้อยกว่า สามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมากด้วยกรรมวิธีการผลิตอย่างเดียวกัน

5. มีความน่าเชื่อถือสูงกว่าวงจรชนิดแยกส่วน เช่นวงจรพิมพ์ เพราะการต่อวงจรภายในระยะสั้น ๆ ค่าต่าง ๆ จะผิดพลาดน้อย

6. สามารถตอบสนองต่อสัญญาณได้ดีและรวดเร็วกว่าวงจรแยกส่วน ตัวอย่างเช่นในวงจรความถี่สูงจำเป็นต้องย่นย่อระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณให้สั้นที่สุดหรือในเครื่องคอมพิวเตอร์การรับสัญญาณจากแป้นพิมพ์เพื่อส่งเข้าหน่วยความจำ และการเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำมาใช้ก็จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาเร็วที่สุด เป็นต้น

7. สิ้นเปลืองกำลังไฟน้อยกว่า

8. สามารถประยุกต์และนำไปใช้งานในวงจรอิเล็คทรอนิคส์ได้อย่างกว้างขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ชนิดของไอซี

ไอซีแบ่งออกตามกระบวนการสร้างได้ 2 ชนิด คือชนิดโมโนลิทิค (Monolithic) กับชนิดไฮบริด (Hybrid) ไอซีชนิดไฮบริดยังแบ่งออกเป็นชนิด Thick film กับ Thim film ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการผลิตไอซีชนิดโมโนทิคเท่านั้น เนื่องจากเป็นที่นิยมกันทั่วไป นอกจากนี้ยังอาจแบ่งออกตามประโยชน์ในการนำไปใช้งานอีก 2 ชนิด คือ

1. ลิเนียร์ไอซี (Linear Integrated circuit) มักนำไปใช้กับวงจรขยายสัญญาณ วงจรควบคุม วงจรสื่อสารและใช้ในเครื่องรับวิทยุ เครื่องรับโทรทัศน์ทั่วไป

2. ดิจิตอลไอซี (Digital Ingegrated circuit) ใช้กับเครื่องคิดเลข คอมพิวเตอร์ และนาฬิกาอิเล็คทรอนิคส์

8. วงจรพิมพ์ [1] (Printed circuit)

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ที่เรียกว่าโซลิดสเตท อันประกอบด้วย ทรานซิสเตอร์ ไดโอด และอุปกรณ์อื่น ๆ ได้แก่ ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ และคอยล์ จะบรรจุรวมกันไว้บนแผ่นฉนวนและอุปกรณ์แต่ละตัวจะต่อถึงกันด้วยวงจรสำเร็จที่เป็นโลหะประเภทเงิน ทองแดง หรือทองเหลือง โดยใช้น้ำยากัดให้เป็นลายเส้นของวงจร เรียกว่าวงจรพิมพ์ (Printed circuit) เมื่อนำไปใช้งานหรือให้ทำงานร่วมกับวงจรอื่น ๆ ก็เพียงแต่ยึดติดกับแท่นเครื่องแล้วบัดกรีสายบางส่วนวงจรก็จะต่อถึงกันและทำงานร่วมกันได้ ดั้งนั้นเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์และเครื่องขยายเสียงต่าง ๆ จึงนิยมใช้วงจรพิมพ์เป็นส่วนประกอบภายในทั้งสิ้น สำหรับการประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์บนแผ่นพิมพ์ก็ทำได้โดยง่าย เนื่องจากวงจรพิมพ์ได้รับการออกแบบและเจาะรูให้พอเหมาะพอดีกับการวางตัวอุปกรณ์จำพวกทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทานและคาปาซิเตอร์อยู่แล้ว ผู้ประกอบจึงเพียงแต่เสียบขาของอุปกรณ์เข้ากับรูที่เจาะไว้แล้วบัดกรีให้ขาของอุปกรณ์ติดแน่นกับวงจรพิมพ์ก็จะได้หน่วยวงจรที่เรียกว่าโมดุล (Module) ที่มีลักษณะเรียบร้อย สวยงาม สามารถผลิตได้จำนวนมากมีขนาดและรูปร่างเหมือนกัน

8.1 ข้อดีของวงจรพิมพ์

วงจรพิมพ์เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจาก

1. วงจรพิมพ์ช่วยลดส่วนกลไกต่าง ๆ ในการจับยึดและลดการประกอบอุปกรณ์ภายในเครื่องได้มาก

---

[1] ประทิน คล้ายนาค รด. หน้า 327-340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้วงจรพิมพ์ทำให้ช่วยลดแรงงานการเดินสายภายในเครื่องและเกิดความผิดพลาดน้อย

3. ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นทางไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิคส์ที่สร้างด้วยวงจรพิมพ์สามารถวางอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระเบียบและเหมือนกันหมดทุกเครื่อง เมื่อใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่ออกแบบมาเหมือนกัน

4. จากการวางอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบบนแผ่นวงจรพิมพ์ การประกอบส่วนต่าง ๆ ย่อมทำได้มากขึ้นและประหยัดเนื้อที่ แต่ละโมดุลจะวางตามแนวตั้งหรือแนวนอนก็ได้เมื่อประกอบเข้าเครื่องรวมกับโมดุลอื่น ๆ

5. การประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ทำได้ง่าย แม้ผู้ประกอบจะไม่มีความรู้ในเรื่องการทำงานของวงจรเลยก็สามารถทำได้

6. สะดวกต่อการแก้ไขตรวจซ่อมเมื่อเกิดการชำรุด เนื่องจากวงจรพิมพ์แต่และแผ่นจะถูกออกแบบให้ใช้เฉพาะหน่วยเป็นโมดุลแยกจากวงจรรวมทั้งหมด ดังนั้นเมื่อส่วนใดชำรุดก็สามารถถอดออกมาตรวจเช็คได้ง่าย

7. วงจรพิมพ์มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา โดยเฉพาะเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีการคิดค้นวงจรพิมพ์แบบไอซี (Integrated circuit) จึงสะดวกต่อการนำไปใช้งานเป็นอย่างมาก

8. การบัดกรีรอยต่อระหว่างวงจรด้วยกันหรือระหว่างวงจรพิมพ์กับอุปกรณ์ทำได้สะดวกรวดเร็ว หรือกรณีที่ต้องการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตเครื่องรับวิทยุ โทรทัศน์ เมื่อเสียบขาของอุปกรณ์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ครบจำนวนเรียบร้อยแล้วนำไปจุ่มกับตะกั่วบัดกรีซึ่งบรรจุในภาชนะที่ให้ความร้อนจนตะกั่วละลายเป็นของเหลว ตะกั่วก็จะเกาะติดกับวงจรพิมพ์ ได้ผลงานการบัดกรีที่มีลักษณะสวยงาม

8.2 ชนิดของวงจรพิมพ์

วงจรพิมพ์ที่นำมาใช้กันอยู่ในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

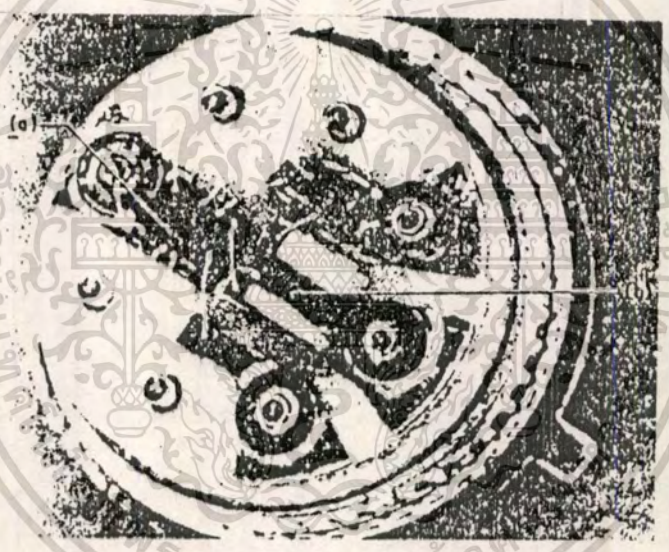
1. วงจรพิมพ์แบบไวร์ริ่ง (Printed wiring circuit) คือวงจรพิมพ์ที่ประกอบด้วยแผ่นฉนวนและลายเส้นของวงจรเดินติดต่ออยู่บนแผ่นฉนวนแทนสายไฟ เพื่อเชื่อมให้วงจรต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์นี้ วงจรพิมพ์ชนิดนี้นิยมใช้กันมาก ซึ่งเราจะพบได้จากเครื่องใช้ทางอิเล็คทรอนิคส์ในปัจจุบัน

ภาพที่ 5.54 แสดงวงจรพิมพ์ชนิดไวร์ริ่ง ด้านที่มีลายวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

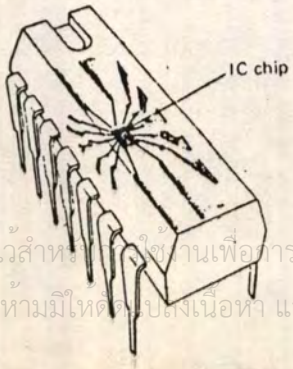
ภาพที่ 5.55 แสดงด้านที่ใช้ประกอบหรือติดตั้งอุปกรณ์

2. วงจรพิมพ์แบบ Thick film และ Thin film เป็นวงจรพิมพ์ที่ประกอบเป็นส่วนต่าง ๆ ของวงจรเช่นพวกตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์ ขดลวดหรืออินดัคเตอร์ หรือทำเป็นวงจรสำเร็จเป็นชุด มีขาต่อออกมาภายนอกสำหรับนไปต่อกับวงจรอื่น ๆ ได้ทันที วงจรพิมพ์แบบนี้นำไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 5.56 แสดงวงจรพิมพ์แบบ Thin film

3. วงจรพิมพ์แบบไอซี (Integrated circuit) เป็นวงจรพิมพ์อีกแบบหนึ่งซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้กันมากและมีบทบาทอย่างสูงต่อเครื่องมือเครื่องใช้ทางไฟฟ้าและอิเล็คทรอนิคส์ มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาแต่ภายในประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน คาปาซิเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ อีกมาก

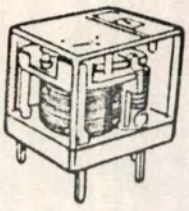


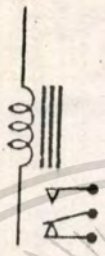
ภาพที่ 5.57 ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

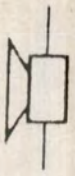
9. รีเลย์ [1] (Relay)

จัดเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าซึ่งอาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดูดสปริงค์ (Spring) ทำให้หน้าสัมผัสไฟฟ้าเปิดปิดด้วยเวลาอันรวดเร็ว ผลก็คือสามารถควบคุมการไหลของกระแสในเครื่องปรับอากาศ เครื่องดูดฝุ่นและอื่น ๆ ให้ทำงานได้อย่างถูกต้อง หลักการทำงานสามารถเปิดปิดสวิทช์ขนาดเล็ก โดยสวิทช์ขนาดเล็กจะเปิดปิดความดันไฟและกระแสต่ำ





ภาพที่ 5.58 รีเลย์และสัญลักษณ์



ภาพที่ 5.59 ลำโพงฮอนแบบเหล็ก

ลำโพงฮอน (Horn type Loudspeaker)

มีหลักการทำงานเหมือนลำโพงทั่วไปต่างกันตรงที่ตัวลำโพงเป็นเหล็กมีคอยล์ภายในเป็นตัวขับ ลำโพงจะออกแบบให้เป็นชนิดแบบปิด ลักษณะของการเคลื่อนที่เสียงเป็นแบบสะท้อนกลับ (Reflect type) ลำโพงชนิดนี้มีลักษณะเด่นคือประสิทธิภาพสูง แต่ช่วงตอบสนองความถี่ไม่กว้าง ซึ่งตรงกันข้ามกับลำโพงกระดาษที่ใช้ในบ้าน ลำโพงฮอนจะใช้นอกอาคาร ใช้งานสนามหรือในห้องประชุมใหญ่หรือสนามกีฬา เป็นต้น

10. ลำโพง (Loudsspeaker)

ลำโพงกระดาษจัดเป็นลำโพงที่ให้เสียงใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุดดีกว่าลำโพงฮอนมากแต่มีประสิทธิภาพต่ำ กล่าวคือจะใช้พลังงานไฟฟ้าเข้าไปขับมาก แต่กำลังงานเสียงออกมาต่ำ จัดเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดหนึ่ง (transducer) ลำโพงกระดาษในรูป 5.60 จะมีแม่เหล็กถาวรตรงกลางและมีคอยล์ติดกับกรวยกระดาษเคลื่อนไหวติดสนามแม่เหล็กของแท่งแม่เหล็กถาวร

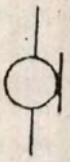
---

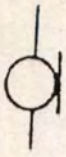
[1] ชิดชัย สุทธาศวิน. "ความรู้ทั่วไปของงานอีเล็กทรอนิกส์" 22 โครงงานอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพ: ศรีสุทธา, 2528 หน้า 4 - 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครโฟน

Microphone Symbol

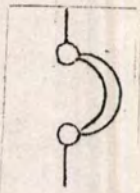




ลำโพงทำหน้าที่เป็นไมค์

ภาพที่ 5.60

หูฟัง



Earphone Symbol

ภาพที่ 5.61 หูฟัง

11. หูฟัง (Earphone) และไมโครโฟน (Microphone)

หูฟังจัดเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นเสียง และไมโครโฟนจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ภาพที่ 5.60 ลำโพงเมื่อต่อกับออดิโอ-ทรานฟอร์เมอร์ก็สามารถใช้งานเป็นไมโครโฟนได้ ที่ใช้งานในอินเตอร์คอม เป็นต้น สัญลักษณ์ของหูฟังและไมโครโฟนเปรียบเทียบดังภาพที่ 5.60

12. แบตเตอรี่แห้ง (Dry Cell or Battery)

แบตเตอรี่คือแหล่งจ่ายไฟฟ้า ที่เกิดจากขบวนการเกิดปฏิกริยาเคมี มีสองประเภทคือ แลตเตอรี่แห้งและแบตเตอรี่น้ำ แบตเตอรี่แห้งจะเป็นปฏิกริยาเคมีที่เกิดจากการนำปฏิกริยาเคมีที่เกิดจากการนำปฏิกริยาระหว่างสังกะสีกับแท่งคาร์บอน โดยมีทั้งแบบชำจไม่ได้และชำจได้ ซึ่งแบบชำจได้จะเป็นตัวเก็บประจุ ส่วนมากเป็นพวกนิเกิลแค็ดเมียมหรืออื่น ๆ

ข้อสำคัญของการใช้ก็คืออย่าเสียบกลับขั้วโดยเด็ดขาด การเก็บรักษาควรเก็บไว้ในอุณหภูมิไม่ร้อนจัดนัก และไม่ควรใช้โหลดมาก ๆ ติดต่อกันไปจะทำให้แบตเตอรี่หมดเร็ว ส่วนใหญ่แบตเตอรี่แห้งจะใช้ ใหรับเป็นตัวเก็บไฟไว้ใช้กับเครื่องมือในช่วงเวลาที่ไฟฟ้าบ้านดับเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันแบตเตอรี่มีมากมายมีทั้งแบบชาจได้ เช่นไนแค็ท (Ni Cd) หรืออื่น ๆ สำหรับงานถ่ายรูปหรืองานในเครื่องควบคุม แบตเตอรี่น้ำกรดหรือด่าง แบบทั้งใช้ในรถยนต์ มอเตอร์ไซด์หรือโทรศัพท์และอื่น ๆ อีกมากมาย

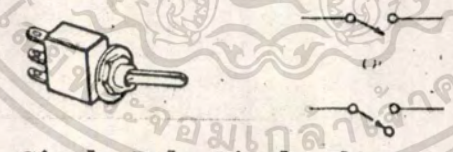
แบตเตอรี่คลิป

ภาพที่ 5.62 แบตเตอรี่

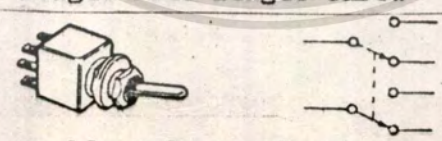
13. สวิทช์ (Switch)

จัดเป็นอุปกรณ์ทางกลสำหรับทำหน้าที่เปิดปิดวงจร หรือสำหรับหยุดการไหลของกระแสจากแหล่งจ่ายไฟไปยังวงจรหรืออุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ตัวอื่น ๆ

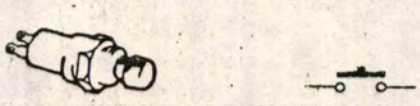
สวิทช์มีหลายแบบหลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งาน รูปร่างก็เช่นกันมีหลายแบบ สวิทช์ทางอิเล็คทรอนิคส์จะเป็นดังรูป 5.63 คือสวิทช์แบบโพลเดียว (single pole) สวิทช์แบบดับเบิลโพล ดับเบิลโทล (Double pole Double trow) และแบบสุดท้ายคือสวิทช์กด (push button)



Single Pole Single Throw



Double Pole Double Throw



Push Button

ภาพที่ 5.63 สวิทช์แบบต่าง ๆ พร้อมสัญลักษณ์

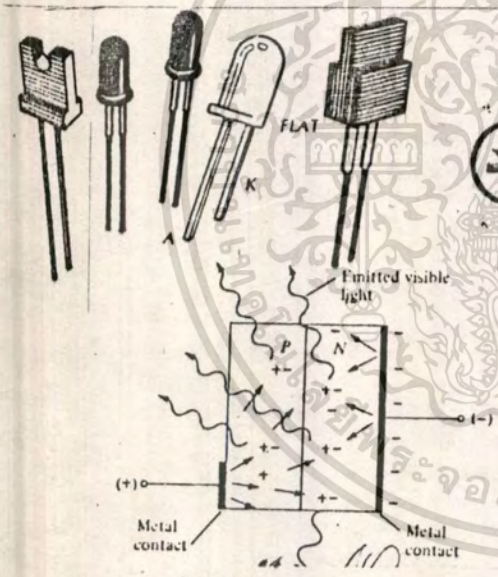
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. แอลอีดี (LED)

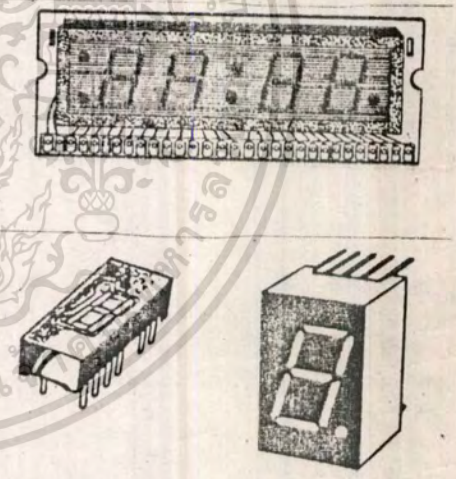
ชื่อเต็มคือ Light Emitting Diode จัดเป็นไดโอดชนิดหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากการนำเอาแท่งพีไทพ์ต่อประกบกับแท่งเอ็นไทพ์ แต่ทั้งพีไทพ์และเอ็นไทพ์จะทำขึ้นจากสารพวกแกลเลี่ยมอาร์เซ็นไนด์ ซึ่งเมื่อใส่พลังงานไฟฟ้าเข้าไปในไดโอดประเภทนี้ผลจะได้แสงสว่างออกมาจากรอยต่อพีและเอ็นไทพ์ แสงที่ได้จากแอลอีดีนี้เป็นแสงเดียว (monochrome) ไม่มีความร้อนออกมา จึงเป็นการเปลี่ยนพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด และจัดว่ามีอายุการใช้งานสูงสุดเป็น 100,000 ชม. เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดมีไส้อายุการใช้งานเพียง 3,000 ชม. แอลอีดีจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายมากในยุคปัจจุบัน

ตัวเลข 7 แถบแอลอีดี (7 Segmend LED)

โดยการนำเอาแอลอีดี 7 ตัวใส่ในช่องตัวเลขดังรูป 5.65 ผลของการเปิดปิดแอลอีดีแต่ละตัวจะทำให้ได้เลขตั้งแต่ 0,1,2,3 จนถึงเลข 9 โดยตัวเลขแอลอีดีนี้จะนิยมใช้กับไอซีทีทีแอลและซีมอส (SN7447 หรือ CD4511) ตัวเลขแอลอีดีจัดเป็นประเภทได้สองประเภทคือ คอมมอนอะโนดและคอมมอนคาโธด



ภาพที่ 5.64 แอลอีดี



ภาพที่ 5.65 ตัวเลขแอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

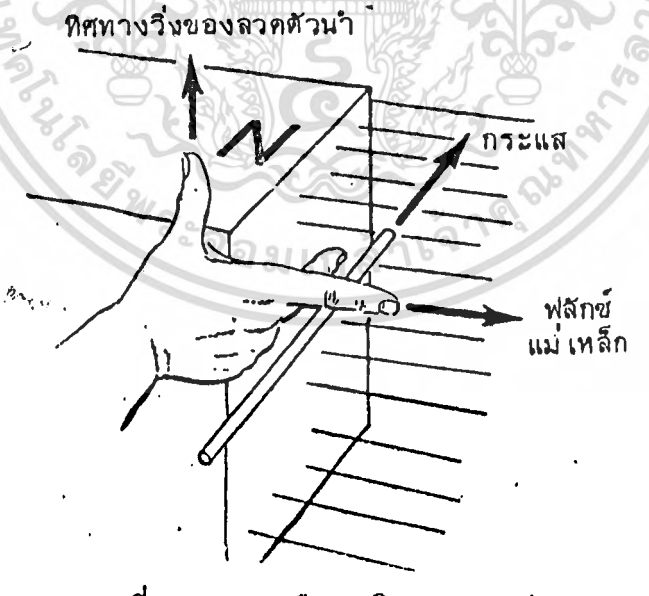
15. มอเตอร์ไฟตรง [1]

หลักการทำงาน

เมื่อมีลวดตัวนำหมุนตัดเส้นแรงสนามแม่เหล็ก จะเกิดมีแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นในลวดเส้นนั้น และทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำเมื่อมีวงจรครบ จะไหลในทิศทางที่จะต้านการหมุนของลวดตัวนำนั้นเอง กฎเรื่องทิศทางไหลเช่นนี้เรียกว่า **กฎของเลนซ์** ใช้ได้กับกระแสเหนี่ยวนำทุกสถานที่ ดังที่เราเคยเรียนมาแล้ว

เซอร์เฟลมมิงนั้นได้คนพบวิธีพิจารณาว่ามอเตอร์จะหมุนไปในทางใด หากทราบทิศทางไหลของกระแส กล่าวคือได้พบความสัมพันธ์ที่เป็นเรื่องแน่นอนเสมอว่า หากทราบทิศทางสนามแม่เหล็ก และทราบทิศทางไหลของกระแสในลวดตัวนำแล้ว จะทำให้ทราบทิศทางหมุนของลวดตัวนำได้ทันที อันนี้คือ **กฎมือขวาใช้กับมอเตอร์**

เริ่มจากการใช้มือขวาด้วยนิ้วมือ 3 นิ้ว นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ให้กางนิ้วทั้งสามออกได้แต่ละนิ้วตั้งฉากต่อกันและกันตามลักษณะธรรมชาติ ให้นิ้วชี้ชี้ไปในทิศทางแล่นของเส้นแรงฟลักซ์แม่เหล็ก นิ้วหัวแม่มือชี้ในทิศทางแล่นของลวดตัวนำ นิ้วกลางจะชี้ไปในทิศทางที่กระแสไหลผ่านลวดตัวนำนั้น คล้ายกัน หากทิศทางแล่นของสนามแม่เหล็กไม่ทราบแต่ทรงรูปทิศทางแล่นของลวดตัวนำกับกระแสที่แล่นในตัวนำ นิ้วชี้จะชี้ไปในทิศทางแล่นของเส้นแรงฟลักซ์แม่เหล็กโดยใช้กฎมือขวาเดียวกันนี้เอง



ภาพที่ 5.66 กฎมือขวาใช้กับมอเตอร์

---

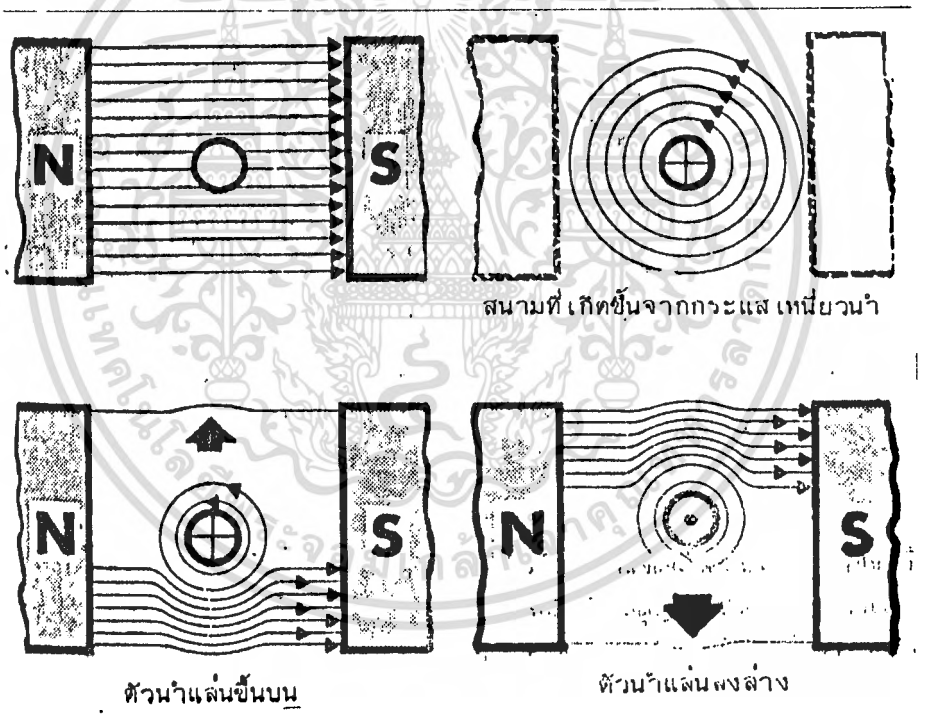
[1] บุญศักดิ์ ใจจงกิจ, ศ.จ. ไฟฟ้าเบื้องต้น. กรุงเทพ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524 หน้า 43 - 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์เฟลมมิงเป็นบุคคลแรกที่เสนอให้ใช้มือช่วยกำหนดทิศทางแล่นของแรงดันเหนี่ยวนำไฟฟ้าในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อตอนแรกที่เสนอให้ใช้ข้อนี้ ขณะนั้นในวงจรไฟฟ้ายังใช้สมมุติฐานการไหลของไฟฟ้าฉบับโบราณอยู่ ดังนั้นหากบากครงเราไปอ่านหนังสือบางเล่มเข้าที่ยังใช้สมมุติฐานการไหลไฟฟ้าแบบเก่า จะพบว่าหนังสือเหล่านั้นจะใช้กฎมือขวาของเฟรมมิ่งกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และใช้มือซ้ายกับมอเตอร์

ดังที่ทราบมาแล้ว ลวดตัวนำที่มีกระแสแล่นผ่านจะทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ลวดเส้นนั้น ดังนั้นถ้าลวดตัวนำนั้นเผอิญอยู่ในสนามแม่เหล็กอันอื่นด้วย สนามแม่เหล็กทั้งสองจะมีปฏิกิริยาต่อกันทันที

โดยที่เส้นแรงแม่เหล็กนั้นตัดกันไม่ได้ เส้นแรงต่าง ๆ ที่ด้านหนึ่งจะจุกอยู่ด้วยกันแน่น และอีกข้างจะแล่นหนีจากกันจนห่าง ผลคือจะมีสนามแม่เหล็กหรือฟิลด์ที่แรงข้างหนึ่งและอ่อนอีกข้างหนึ่ง ตามลำดับ



ภาพที่ 5.67 แรงปฏิกิริยาระหว่างสนามแม่เหล็กสองสนาม

จำไว้ว่า เส้นแรงฟลักซ์แม่เหล็กมีความพยายามที่จะผลักตนเองออกห่างเส้นอื่นเสมอ ดังนั้นเส้นแรงจากตัวนำที่เขียนในไดอาแกรมข้างบนนี้ จะพยายามผลักเส้นแรงเส้นอื่นให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนีออก จะทำให้ผลักลวดตัวนำให้แล่นขึ้นบน และถ้ากระแสในลวดตัวนำแล่นแล้วแรงก็จะพยายามผลักลดตัวนำให้กลับแล่นลงล่างแทนด้วย

การที่ลวดตัวนำต้องแล่นเครื่องที่นี้จะต้องแล่นตัดสนามแม่เหล็กของแม่เหล็ก ทำให้มีแรงดันเหนี่ยวนำจำนวนหนึ่งเกิดขึ้นตามกฎของเลนซ์ภายในลวดตัวนำเส้นนั้น ทิศทางที่เกิดขึ้นจะต้องไปต้านกับการเคลื่อนที่ที่ทำให้ลวดตัวนำนั้นหมุน จึงกล่าวได้ว่าแรงดันเหนี่ยวนำจะขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันที่จ่ายจากภายนอกเข้าไปในลวดตัวนำนั้นแรงดัน เหนี่ยวนำใหม่ที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า แรงดันวกกลับ (Back emf)

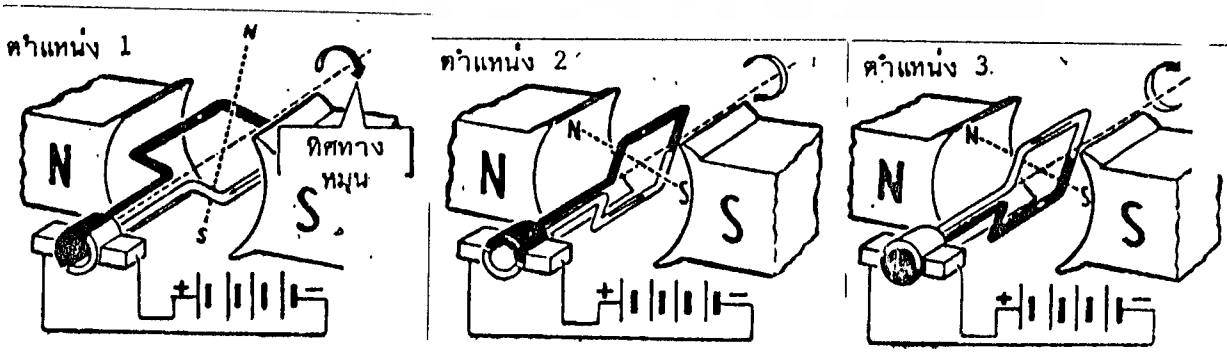
ค่าของแรงดันวกกลับนี้ไม่มีวันโตเท่าแรงดันป้อนไฟเข้า ค่าของผลต่างระหว่างแรงดันป้อนกับแรงดันวกกลับ จะมีค่าเท่ากับสิ่งที่ทำให้กระแสไหลผ่านลวดตัวนำทำให้ลวดนั้นหมุนได้เสมอ

มอเตอร์ไฟตรงอย่างง่ายนั้น คล้ายกันกับเครื่องกำเนิดไฟตรงอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยขดลวดที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กปลายลวดทั้งสองข้าง ต่อเข้ากับเซกเมนต์คอมมิวเตเตอร์คนละแห่ง ซึ่งก็จะมีแปรงต่อเข้าไว้ แปรงมีลวดสายไฟต่อออกไปสู่แหล่งไฟตรงภายนอก

ลวดตัวนำของมอเตอร์นั้นต้องหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อขดลวดอยู่ ณ ตำแหน่งที่ 1 ดังภาพกระแสแล่นผ่านขดลวดทำให้ด้านบนของขดลวดเป็นขั้วเหนือ และด้านล่างเป็นขั้วใต้ตามกฎมือซ้าย ขั้วแม่เหล็กของขดลวดเองจะถูกดูดหรือถูกผลักสุดแต่ว่าเป็นขั้วเหมือนกันหรือต่างกัน ทำให้ขดลวดหมุนได้ตามนาฬิกาซึ่งนับว่าเท่ากับเป็นความพยายามที่จะทำให้ขั้วต่างกันเข้ามาหากัน

ต่อมา เมื่อขดลวดหมุนมาอยู่ ณ 90° ณ ตำแหน่งที่ 2 ขณะนั้นจะมีการต่อคอมมิวเตเตอร์เกิดขึ้นกระแสที่แล่นผ่านขดลวดจะวิ่งกลับทาง ทำให้สนามแม่เหล็กที่กำเนิดด้วยเส้นลวดกลับขั้ว ฉะนั้นตอนนี้จะกลายเป็นขั้วเหมือนกันผลักกัน ลวดตัวนำก็จะหมุนเลยต่อไปอีก ซึ่งนับว่าหมุนได้เพราะขั้วเหมือนกันผลักกัน

คราวนี้ขดลวดหมุนไปได้ครบ 180° ณ ตำแหน่งที่ 3 ปฏิกิริยาอย่างเดียวกันขณะอยู่ ณ ตำแหน่ง 2 บังเกิดขึ้นใหม่อีกครั้ง คือมีการต่อคอมมิวเตเตอร์ กระแสในขดลวดแล่นกลับทาง ขั้วแม่เหล็กกลายเป็นขั้วต่างกันผลักออกจากกันอีก ผลคือมอเตอร์จะหมุนได้ตลอดเวลา



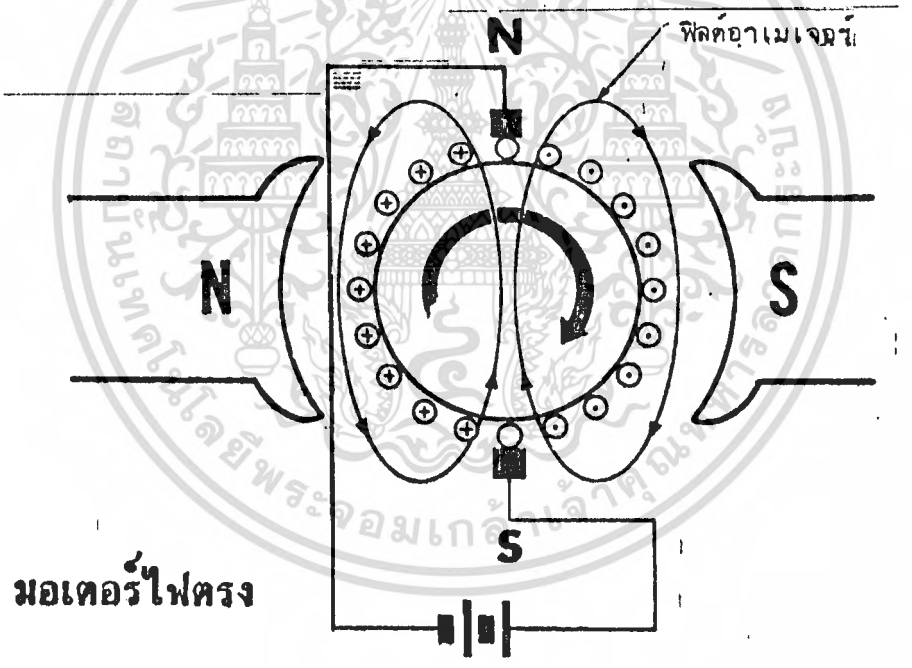
ภาพที่ 5.68 แสดงการหมุนของแกนมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อคอมมิเตเตอร์ของมอเตอร์ไฟตรง

คอมมิวเตเตอร์มีบทบาทกับมอเตอร์ไฟตรง ทำให้กระแสที่เล่นเข้าขดลวดกลับทางได้ทันทีที่ขั้วแม่เหล็กที่ต่างกันกำลังเผชิญหน้ากัน เมื่อกลับทางไหลก็จะทำให้ขั้วของฟิลด์สนามแม่เหล็กที่อาเมเจอร์เปลี่ยน ให้ผลักจากกันต่อ มอเตอร์ก็จะหมุนได้ตลอดเวลา

อาเมเจอร์ที่ใช้คอยล์หลายชุด แต่ละชุดจะปฏิบัติตนเสมอคอยล์หรือขดลวด 1 ชุดในขณะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจากฟิลด์ ซึ่งจะมีขั้วดังแสดงในภาพ 5.69 ขั้วเหนือของฟิลด์อาเมเจอร์จะดูดเข้าหาขั้วใต้ของฟิลด์หลัก แรงดึงดูดกันค่านี้ทำให้มีแรงผลักหมุนที่อาเมเจอร์ทำให้หมุนได้ตามนาฬิกา เกิดเป็นทอคหรือแรงบิดที่สม่ำเสมอราบเรียบไม่กระตุกใช้เป็นแรงขับหมุนได้ดีเพราะมีขดลวดหลาย ๆ ชุดที่อยู่ติด ๆ กันผลัดกันทำงานทีละชุดตามลำดับกัน การที่มีขดลวดหลาย ๆ ชุดเช่นนี้ จึงทำให้เกิดฟิลด์อาเมเจอร์ ผลลัพธ์ขั้นค่าหนึ่งซึ่งดูเผิน ๆ จะเสมือนเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งด้วย



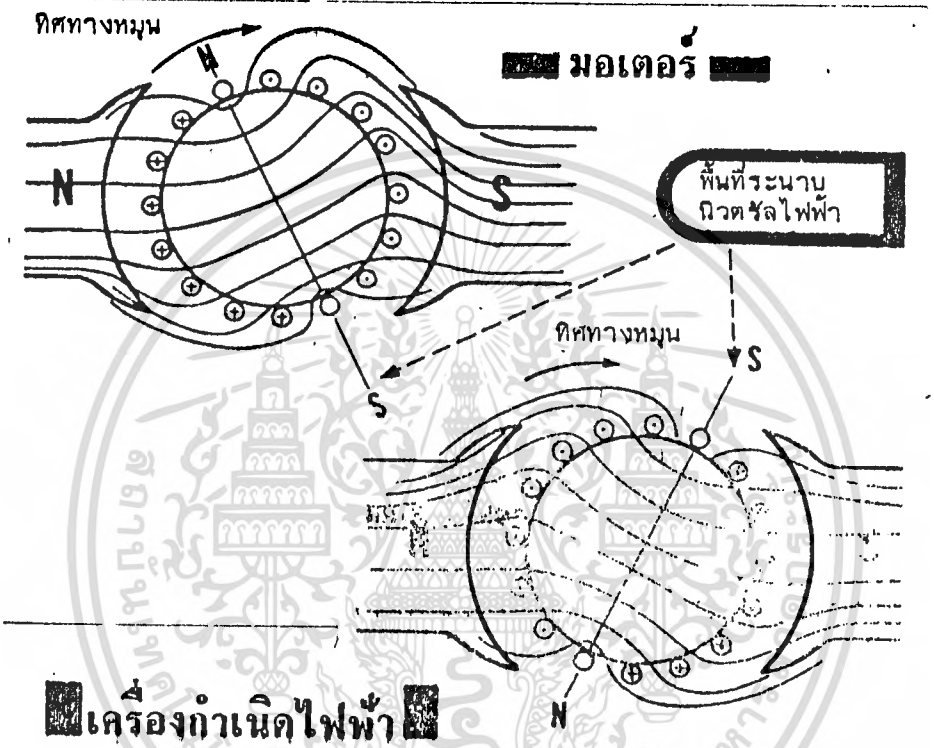
ภาพที่ 5.69 ฟิลด์อาเมเจอร์จะยืนนิ่งกับที่ขณะที่อาเมเจอร์หมุนอยู่

ขอให้สังเกตว่าในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อคอมมิวเตเตอร์กับคอยล์อาเมเจอร์ชุดใดเมื่อใด เมื่อนั้นแรงดันเหนี่ยวนำในขดลวดชุดนั้นจะมีค่าเป็นศูนย์ สำหรับมอเตอร์ไฟตรงการต่อคอมมิวเตเตอร์จะมีทุกครั้งที่ขดลวดอยู่ตั้งฉากกับฟิลด์ และ ณ จุดนั้นฟิลด์อาเมเจอร์จะต้องสลับกลับทางทำให้ค่าทอคสุทธิไม่เปลี่ยนแปลง เพราะคอยล์อาเมเจอร์อยู่ในสภาพสมมาตรกับฟิลด์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาอาเมเจอร์

โดยที่ขณะใช้งาน จะต้องมีกระแสแล่ยผ่านขดลวดในอาเมเจอร์ จึงทำให้มีนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ขดลวดเหล่านั้น เป็นสนามแม่เหล็กหรือฟิลด์ของอาเมเจอร์ที่เรียกว่า **ปฏิกิริยาอาเมเจอร์** ต่อสนามแม่เหล็กหลักของมอเตอร์นั้น ๆ ในลักษณะเช่นเดียวกับที่เกิดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า อย่างไรก็ตามทิศทางของสนามแม่เหล็กอาเมเจอร์ที่จะทำให้สนามหลักต้องเพี้ยนไปนี้จะทำตรงข้ามกับที่เกิดขึ้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กล่าวคือ กรณีมอเตอร์ ปฏิกิริยาอาเมเจอร์จะผลักพื้นระนาบนิวตรัลให้หมุนสวนเข้าหาทิศทางหมุนของมอเตอร์นั้น



ภาพที่ 5.70 ปฏิกิริยาอาเมเจอร์ที่เกิดขึ้นในมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

วิธีชดเชยหรือแก้ไขปฏิกิริยาอาเมเจอร์ของมอเตอร์ ให้เลื่อนแปรงออกไปทางข้างหลังจนกระทั่งสปาร์คเกิดขึ้นได้น้อยที่สุด ณ จุดนั้น คอยล์หรือขดลวดอาเมเจอร์จะถูกแปรงลัดวงจรในขณะที่อยู่ในพื้นระนาบนิตรัล ไม่มีแรงดันเหนี่ยวนำเกิดขึ้นเลย วิธีแก้ไขอีกวิธีหนึ่งคือใช้ขดลวดชดเชยกับใช้แทรกระหว่างขั้ว (Compensating Winding and Interpoles) ในลักษณะเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อทำให้พื้นระนาบนิวตรัลอยู่ตรงตำแหน่งระหว่างขั้วแม่เหล็กหรือขั้วฟิลด์หลัก และเมื่อปรับได้ตำแหน่งแล้วจะไม่ต้องเลื่อนตำแหน่งแปรงกันอีก

ทอคมอเตอร์ไตรง

ดังที่กล่าวมาแล้ว แรงที่กระทำบนลดตัวนำต่อหนึ่งขดในลักษณะที่มีกระแสแล่นผ่านนั้นเป็นสัดส่วนกับจำนวนแระแสความเข้มสนามแม่เหล็ก และความยาวทำงานจริง ๆ ของลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวนำนั้น แรง F คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$F = B \cdot L \cdot I_a$$

แรง F นั้นวัดเป็นนิวตัน N;B เป็นความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กเทสลา (T) และ I_a เป็นกระแสอาเมเจอร์ แอมแปร์ (A) ในสูตรนี้สนามแม่เหล็กมีค่าคงที่และมีความยามลวดตัวนำคงที่ แรงผลักจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาเมเจอร์แต่อย่างเดียว

ตัวอย่าง

หากขดลวดตัวนำยาว 250 mm. มี I_a = 30 A ไหลผ่านอาเมเจอร์และ B = 24 T จงคำนวณแรงที่กระทำบนลวดตัวนำนั้น

$$F = B \cdot L \cdot I_a$$
$$= 24\ V_s/m^2 \times 0.250\ mm. \times 30\ A$$
$$= 180\ (Vs \cdot A)/m$$
$$= 180\ Ws/m \quad (\text{แต่ } 1\ W = 1\ Nm/s)$$
$$= 180\ N$$

แต่โดยที่ลวดตัวนำนั้นพันอยู่รอบ ๆ อาเมเจอร์ ดังนั้นต้องมีแรงอีก 180 N ปรากฏที่อีกข้างหนึ่งของขดลวดทำให้เกิดแรงสุทธิเป็น 360 N

ทอค T เป็นมาตรการวัดแรงบิดขับมอเตอร์ และมีค่าเป็นสัดส่วนกับผลคูณของแรงกับจำนวนลวดตัวนำ N และคูณด้วยระยะห่างที่วัดจากจุดศูนย์กลางสู่ศูนย์กลางหมุนของตัวนั้น ๆ R ทอคนี้มีหน่วยเป็น Nm (นิวตันเมตร) ดังนั้นหากรัศมีของอาเมเจอร์ยาวเท่ากับ 0.45 m. ลวดตัวนำเส้นหนึ่ง ๆ จะให้ทอคเท่ากับ

$$T = N \cdot F \cdot R$$
$$= 1 \times 180\ N \times 0.45\ m$$
$$= 81\ Nm$$

ดังนั้นขดลวดตัวนำคู่หนึ่ง ๆ ซึ่งมีขดลวด 2 ข้าง จะให้ทอครวมเท่ากับ 162 Nm ค่าทอคเฉลี่ย ให้คำนวณค่ารัศมี 0.637 ค่าทอคจริง ๆ ที่ได้จากมอเตอร์จะมีค่าเป็นสัดส่วนกับความเข้มสนามแม่เหล็ก กระแสอาเมเจอร์ และรัศมีหวังผลของอาเมเจอร์หรือ $T = K \cdot \varnothing \cdot I_a$ ซึ่ง K เป็นค่าคงที่ที่รวมจำนวนขดลวดทั้งหมด จำนวนเส้นทางเดินทั้งหมด รัศมีอาเมเจอร์และอื่น ๆ อีกไว้ ส่วน I_a และ นั้นเหมือนเดิมทุกประการ

หมายเหตุ

1. ความเข้มสนามแม่เหล็ก H มีหน่วยวัดเป็นโอเออร์สเตต (Oersted) (Oe) และ 1 Oe = 0.8 A/Cm

2. เส้นแรงแม่เหล็ก วัดเป็นจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วยวัดเป็นเวเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Weber) (Wb) และ 1 Wb = 1 Vs (โวลท์เซกัน หรือ โวลท์ - วินาที)

3. ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก B วัดเป็นจำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งหน่วยตารางพื้นที่ หรือ 1 Wb/m^2 = 1 Vs/m^2 = 1 Tesla (T)

Tesla จึงเป็นหน่วยจริง ๆ ของความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก

4. หน่วยที่กล่าวมาเป็นหน่วย SI-Unit ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

กำลังมอเตอร์ไฟตรงและประสิทธิภาพ

งานกล (Work) วัดได้เป็นผลคูณของแรงที่กระทำกับระยะทางที่วัตถุแล่นไปได้เพราะถูกแรงกระทำหน่วยของงานกล วัดเป็นนิวตันเมตร (Nm) กำลังกลคืออัตราทำงานกลต่อหนึ่งหน่วยเวลา วัดเป็นวัตต์ Watts, W หรือกิโลวัตต์ kW (ในหน่วยอังกฤษวัดเป็นกำลังม้า) 1 W = 1 Nm/s ดังนั้นกำลัง 1 kW จะเท่ากับ 1000 W และเท่ากับ 1 kNm/s หมายถึงอัตราที่ทำงาน 1 kNm ต่อ 1 วินาที หรือเท่ากับกำลังที่ใช้ยกน้ำหนัก 1 kN ขึ้นระยะทาง 1 m ภายในระยะเวลา 1 วินาที

หมายเหตุ สมัยนี้ทั่วโลกกำลังหันไปใช้ SI-Unit กันหมดแล้ว หน่วยกำลังม้าจะไม่ใช้อีกต่อไป

จุดบนผิวอาเมเจอร์หรือโตเตอร์ของมอเตอร์ขณะหมุนจะต้องแล่นในรอบหนึ่ง ๆ เท่ากับความยาวเส้นรอบวงของโรเตอร์นั้น ๆ หากความเร็วที่วัดในแนวเส้นตรง คือ V (m/min) ดังนั้น

$$V = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n \ (m/min)$$

R เป็นค่ารัศมีของโรเตอร์วัดเป็น n เป็นความเร็วรอบของโรเตอร์, รอบต่อนาที ดังนั้นค่ากำลังมอเตอร์ไฟฟ้า P จะเท่ากับ

$$P = (F \cdot V)/60 = (Nm/min)/(s/min) = Nm/s = W$$
$$= (F \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot N)/60 \ (W)$$

หมายเหตุ หากแรง F หากวัดเป็น N กำลัง P จะมีค่าเป็น W
และหากแรง F วัดเป็น kN กำลัง P จะมีค่าเป็น W
และโดยที่ทราบมาแล้วว่า $T = R \cdot F$
ดังนั้น $P = (2 \cdot \pi \cdot T \cdot n)/60$
$= (T \cdot n)/214.286$

หากมอเตอร์นี้หมุนด้วยความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที (n = 100) และค่าของทอคคำนวณได้เท่ากับที่ได้คำนวณมาแล้วคือ 81 Nm และมอเตอร์นี้มีลวดตัวนำทั้งสิ้น 200 เส้น ดังนั้นค่าทอครวมจะเท่ากับ 81 Nm x 200 = 16200 Nm หรือ 16.2 kNm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะสามารถคำนวณกำลังมอเตอร์ P ได้ดังนี้

$$P = \frac{T \cdot n}{214.286}$$

$$= \frac{16.2 \times 100}{214.286}$$

$$= 7.56 \text{ kW}$$

จะเห็นว่าค่ากำลังมอเตอร์นั้นขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและทอค มอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ ที่หมุนรอบช้าจะให้ทอคค่าสูงกว่า ส่วนมอเตอร์ขนาดเล็กที่หมุนรอบสูง จะให้ทอคค่าต่ำกว่า

ประสิทธิภาพของมอเตอร์วัดเป็นร้อยละของอัตราส่วน กำลังผลออก (P_{output}) ต่อกำลังที่ป้อนเข้า (P_{input}) คือ

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

ตัวอย่าง

มอเตอร์เครื่องหนึ่งป้อนไฟ 10 A 120 V เข้ามอเตอร์ ให้กำลังผลออก 746 W จะมีประสิทธิภาพ คือ

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

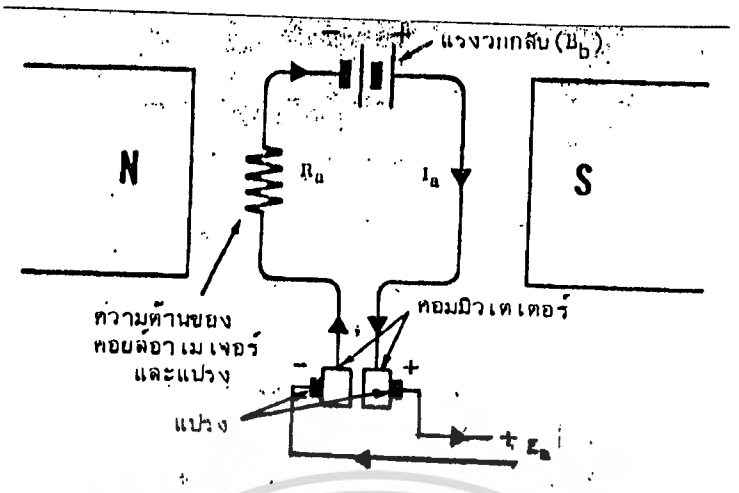
$$= \frac{746}{10 \times 120} \times 100$$

$$= 62 \%$$

แรงดันวกกลับ (Back FMF, Counter EMF)

จำไว้เสมอว่า ในมอเตอร์ไฟตรงนั้น ขณะที่อาเมเจอร์หมุนคอยล์อาเมเจอร์ต้องแล่นตัดสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นในคอยล์ เป็นแรงดันที่คอยต้านแรงดันที่ป้อนไฟเข้ามอเตอร์ เรียกว่า **แรงดันวกกลับ หรือ แรงดันต้าน** ขนาดของแรงดันวกกลับนี้ขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์ต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในขณะกำเนิดแรงดันในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งได้แก่ความเร็วรอบทิศทางหมุน และความเข้มของสนามแม่เหล็กนั้น ๆ หากสนามแม่เหล็กยิ่งแรงและรอบยิ่งสูง แรงดันวกกลับจะมีค่ามากขึ้นตามแต่ขนาดของแรงดันวกกลับนี้จะต้องน้อยกว่าค่าแรงดันไฟป้อนขับมอเตอร์เสมอเพราะจะต้องมีศักย์ลดที่ภายใน อันเนื่องมาจากความต้านทานของคอยล์อาเมเจอร์นั้นเอง ภาพที่ 5.61 นี้แสดงแรงดันวกกลับเป็นชุดแบตเตอรี่ในความกดดันซึ่งต้านกับแรงดันป้อนเข้ามอเตอร์ และค่าความต้านทานของอาเมเจอร์ทั้งหมดเขียนแทนด้วยตัวต้านทานตัวใหญ่ตัวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.71 แรงดันป้อน = ศักย์ที่ลดในอาเมเจอร์ + แรงดันกลับ

$$E_a = I_a R_a + E_b$$

แรงดันที่ขับกระแสผ่านคอยล์อาเมเจอร์จริง ๆ จะมีค่าเท่ากับ ผลลบระหว่างแรงดันที่ป้อนเข้าขับมอเตอร์ E_a กับค่าแรงดันวกกลับ E_b คือเท่ากับ $E_a - E_b$ อันเป็นแรงดันหวังผลที่กระทำ ณ อาเมเจอร์ และเป็นค่าแรงดันที่ให้ค่ากระแสอาเมเจอร์จริง ๆ โดยที่ $I = E/R$ (กฎของโอมห์) และในกรณีมอเตอร์ไฟตรงนี้ $I_a = E_a - E_b / R_a$ และด้วยกฎของเคอร์ชอฟกฎที่ 2 ได้กำหนดว่า ผลบวกของค่าศักย์ลดต่าง ๆ ในวงจรปิดวงจรใดวงจรหนึ่ง จะต้องเท่ากับผลบวกของแรงดันที่ป้อนเข้า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ นั่นคือ

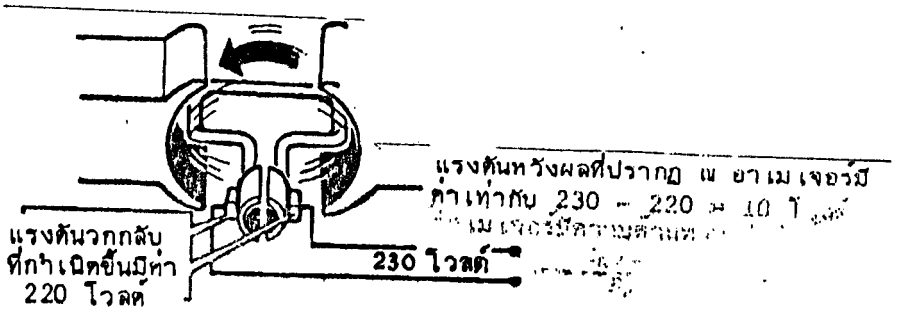
$$E_a = E_b + I_a R_a$$

ความต้านทานภายในของอาเมเจอร์ในมอเตอร์ไฟตรงนั้นปกติมีค่าต่ำ น้อยกว่า 1 โอมห์ หากจะใช้ค่าความต้านทานเพียงค่านี้ กระแสอาเมเจอร์จะสูงมาก ตัวอย่างเช่นหากความต้านทานอาเมเจอร์มีค่า 1 โอมห์ ใช้กับไฟ 230 โวลท์ กระแสอาเมเจอร์จะเท่ากับ $I_a = E_a/R_a = 230/1 = 230$ แอมแปร์ หากปล่อยกระแสจำนวนนี้เข้าอาเมเจอร์ อาเมเจอร์จะไหม้หมด

อย่างไรก็ตาม โดยที่มีแรงดันวกกลับในทิศทางต้านกับแรงดันที่ป้อนไฟเข้า หากแรงดันวกกลับนี้มีค่า 220 โวลท์ ค่าแรงดันหลังผลจริงๆ ที่มอเตอร์จะมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างแรงดันทั้งสองคือ เท่ากับ 230 - 220 = 10 โวลท์ กรณีนี้กระแสอาเมเจอร์จะมีค่าเพียง 10 แอมแปร์

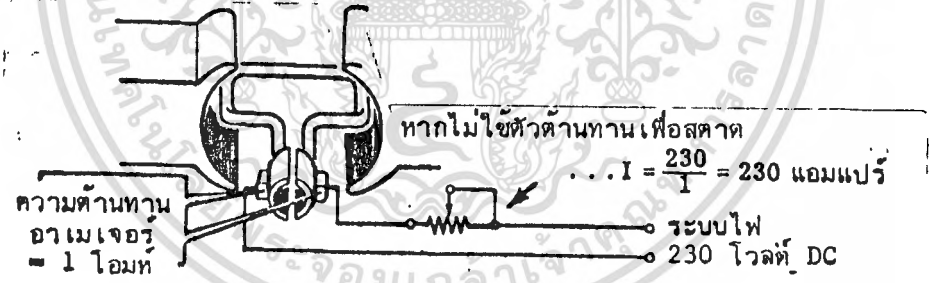
$$I_a = (E_a - E_b)R_a = 10/1 = 10 \text{ แอมแปร์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.72 อาเมเจอร์ขณะหมุนจะให้กำเนิดแรงดันวกกลับต้านกระแสไหลในอาเมเจอร์ให้ลดน้อยลง

ในขณะที่มอเตอร์เริ่มหมุน ค่าแรงดันวกกลับจะยังคงมีค่าน้อยอยู่ทำให้ต้านกระแสอาเมเจอร์ไว้ไม่ได้มาก จึงจำเป็นต้องใช้ **ตัวต้านทานเพื่อสตาต** (Starting Resistance) เข้ามาช่วยไว้ก่อนโดยต่อเป็นอนุกรมเข้ากับอาเมเจอร์เพื่อช่วยให้กระแสอาเมเจอร์มีค่าอยู่ในพิกัดที่ปลอดภัย ทันทีที่มอเตอร์หมุนเร็วขึ้น ๆ แรงดันวกกลับจะค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น สามารถค่อย ๆ ลดค่าความต้านทานขณะสตาตลงได้ตามลำดับ ยิ่งลดลงมากรอบก็จะยิ่งหมุนเร็วขึ้น และแรงดันวกกลับสูงมากขึ้นตามขึ้นมาด้วย กระทั่งถึงความเร็วรอบปกติใช้งานจึงจะลัดเอาตัวต้านทานเพื่อสตาตนั้นออกจากวงจรไปหมด



ภาพที่ 5.73 ขณะอาเมเจอร์ยังไม่หมุน จะยังไม่มีแรงดันวกกลับกำเนิดขึ้นแต่อย่างไร

ชั้นมอเตอร์

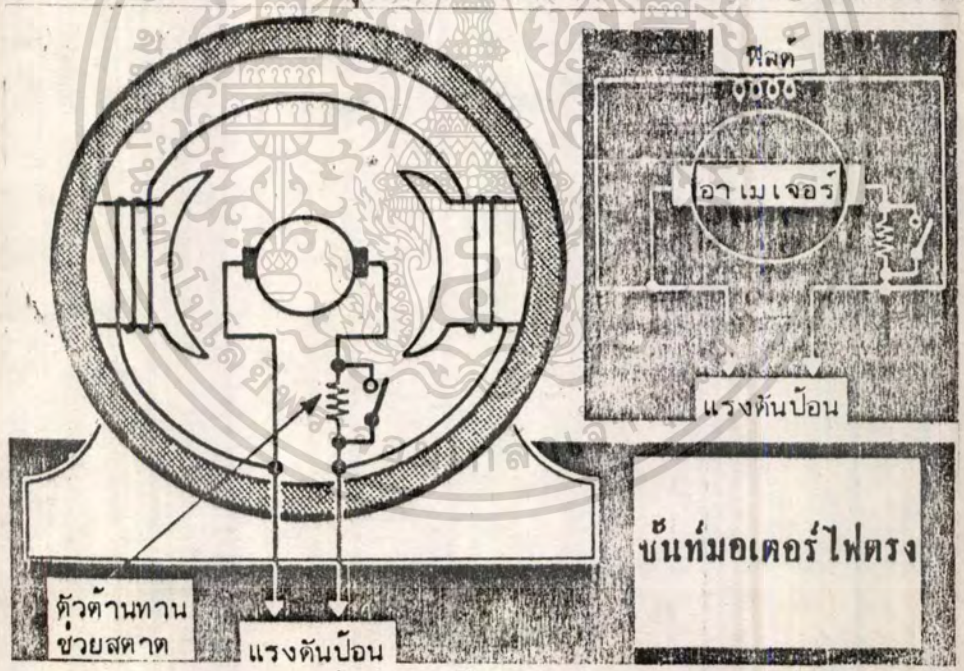
ในทำนองเดียวกับลักษณะสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฟิลด์ของมอเตอร์จะต่อได้ทั้งขนานอนุกรมและคอมเปานด์ เช่นกันทอคมอเตอร์กำเนิดขึ้นจะเกิดจากแรงลัพท์ที่สนามแม่เหล็กหน้ากับสนามแม่เหล็กจากการที่ลวดตัวนำอาเมเจอร์มีกระแสไหลเล่นผ่าน จำนวนทอคที่เกิดขึ้นแปรตามความเข้มของสนามแม่เหล็กและกระแสอาเมเจอร์

กรณีเป็นชั้นมอเตอร์ หรือมอเตอร์ที่ต่อฟิลด์ขนาน แรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์จะกระทำเป็นศักย์คล่อมฟิลด์นั้นไว้ตลอดเวลา ไม่ว่าโหลดจริงจะมากหรือน้อยอย่างไร และกระแสอาเมเจอร์จะมากหรือน้อยอย่างไรด้วย ทอคที่เกิดขึ้นจะแปรโดยตรงกับกระแสอาเมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากโหลดของมอเตอร์นั้นสูงขึ้น มอเตอร์จะหมุนช้าลง ลดค่าแรงดันวกกลับลงด้วยเช่นกัน (จะลดลงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของมอเตอร์ และความเข้มสนามแม่เหล็กของฟิลด์นั้นเอง) การที่ค่าแรงดันมากลดลง ทำให้ค่ากระแสอาเมเจอร์สูงขึ้น ทำให้เกิดทอคสูงขึ้นพอใช้ขับโหลดที่สูงขึ้นมานั้นได้ หากโหลดลดลงมอเตอร์จะเร่งรอบสูงขึ้น เมื่อค่าแรงดันวกกลับ ผลคือกระแสอาเมเจอร์จะลดลงทอคก็จะลดตาม ดังนั้นเมื่อใดที่ปรากฏว่าโหลดเปลี่ยนความเร็วรอบของมอเตอร์ก็จะเปลี่ยนตามจนกระทั่งเกิดสมดุลย์ไฟฟ้าขึ้นใหม่ ซึ่งในขณะนั้นเท่ากับว่า $E_b+I_aR_a = I_a$ อีกครั้งหนึ่ง กรณีชั้นท์มอเตอร์ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของมอเตอร์จากขณะไร้โหลดถึงกรณีโหลดปกติหรือฟลูโหลดจะอยู่ภายใน 10 % ของค่าความเร็วรอบขณะไร้โหลดเท่านั้น ชั้นท์มอเตอร์จึงถือได้ว่าเป็นมอเตอร์ความเร็วรอบคงที่

ขณะที่เริ่มสตาตชั้นมอเตอร์ กระแสขณะสตาตจะมีค่าต่ำเพราะมีตัวต้านทานเพื่อช่วยสตาตต่อเข้าไว้ ทำให้ทอคขณะเริ่มสตาตมีค่าต่ำด้วย ชั้นมอเตอร์ปกติใช้กับงานที่ต้องการความเร็วรอบคงที่แม้ว่าโหลดจะเปลี่ยน และจะต้องสามารถสตาตมอเตอร์ในขณะที่มีโหลดน้อยหรือไร้โหลดได้เท่านั้น วิธีควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์จะได้บรรยายในโอกาสหลัง



ภาพที่ 5.74 ชั้นมอเตอร์ไฟตรง

มอเตอร์อนุกรม

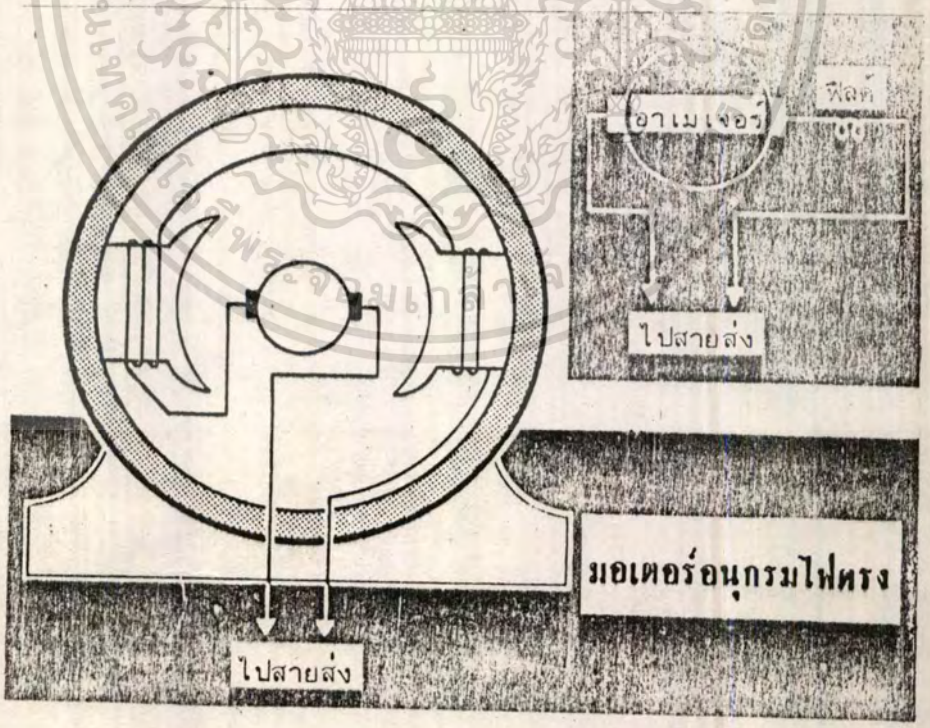
มอเตอร์อนุกรมนั้นต่อฟิลด์เป็นอนุกรมกับอาเมเจอร์และกับโหลด ดังแสดงในภาพ ขั้วฟิลด์คอยล์นั้นใช้ลวดเส้นโตพันไว้สองสามชดให้กระแสอาเมเจอร์ทั้งหมดแล่นผ่าน ความเข้มของฟิลด์จะแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาเมเจอร์ ทันทีที่โหลดเพิ่มมากขึ้น มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหมุนช้าลงทำให้แรงดันวกกลับลดค่าลงด้วย ผลสืบเนื่องต่อมาคือกระแสจะเพิ่มมากขึ้น ให้ทอคมากขึ้นเพราะทั้งกระแสอาเมเจอร์มีมากขึ้นประการหนึ่ง และความเข้มของฟิลด์ก็มากขึ้นด้วยอีกประการหนึ่งตามกัน

มอเตอร์อนุกรมนี้ขณะรับโหลดสูง ๆ จะหมุนได้ไม่เร็ว แต่ขณะไร้โหลดจะหมุนได้เร็วมาก หากไม่มีโหลดเลยจะหมุนรอบเร็วจัดเกินไปและจะหลุดออกเป็นชิ้นๆ ได้นับเป็นอันตรายมาก เพราะขณะไร้โหลดหรือไม่มีโหลดเลยกระแสจะไหลน้อยฟิลด์มีความเข้มต่ำ ทำให้มอเตอร์แหากหมุนช้าจะไม่สามารถให้กำเนิดแรงดันวกกลับโตพอทำสมดุลย์มอเตอร์นั้นจึงต้องหมุนเร็วขึ้น ๆ โดยอัตโนมัติ ดังนั้นมอเตอร์อนุกรมจึงห้ามใช้งานกับสภาพไร้โหลด จริง ๆ แล้วที่ใช้งานมอเตอร์อนุกรมมีน้อยมากและจะไม่ใช้กับชุดสายพานใด ๆ เลย เพราะบางครั้งอาจเผลอเอาสายพานออกไปโดยไม่ตั้งใจ มอเตอร์จะชำรุดเสียหายได้อย่างรู้เท่าไม่ถึงการทีเดียว

จะเห็นว่ามอเตอร์อนุกรมนี้เป็นมอเตอร์ปรับความเร็วรอบต่าง ๆ ได้ดี ค่าความเร็วรอบต่าง ๆ จะเปลี่ยนไปได้มากตามโหลด ด้วยเหตุนี้มอเตอร์อนุกรมจึงห้ามมิให้ใช้กับงานขับที่ต้องใช้ความเร็วรอบคงที่ และมิให้ใช้กับโหลดที่เปิด ๆ ปิด ๆ หรือโหลดที่ขณะมอเตอร์หมุนเดี๋ยวมีโหลดเดี๋ยวไม่มีโหลดจะใช้กับมอเตอร์อนุกรมนี้ไม่ได้



ภาพที่ 5.75 มอเตอร์อนุกรมไฟตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทอคเป็นแรงหมุนขับทอคที่ได้จากมอเตอร์ไฟตรงนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนกระแสอาเมเจอร์และความเข้มของฟิลด์ เฉพาะมอเตอร์ไฟตรงนี้ความเข้มของฟิลด์ขึ้นอยู่กับกระแสอาเมเจอร์อย่างจริงจังถึงสองชั้น เมื่อรอบหมุนต่ำ แรงดันวกกลับจะมีค่าต่ำ แต่กระแสอาเมเจอร์สูง ข้อนี้หมายความว่าทอคจะสูงมากขณะมอเตอร์หมุนรอบต่ำหรือรอบเป็นศูนย์ ตัวอย่างเช่นขณะเริ่มสตาตมอเตอร์ให้หมุน

ดังนั้น มอเตอร์อนุกรมจึงให้ทอคสตาตสูงมาก และเพราะเหตุนี้เองจึงห้ามมิให้ใช้มอเตอร์อนุกรมหมุนสตาตโดยไม่มีโหลดเป็นอันขาด เพราะหากขณะสตาตถ้าไม่มีทอคโหลดต้านไว้มอเตอร์จะเร่งรอบตัวเองอย่างรวดเร็วจนรอบสูงจัดเป็นอันตรายหรืออาเมเจอร์อาจชำรุดหรือแตกออกเป็นเสี่ยง ๆ และทั้งคอยล์ก็ดี คอมมิเตเตอร์เซกเมนต์ก็ดีจะหลุดออกและบินออกมาเป็นอันตรายได้

งานที่ต้องใช้ทอคสตาตสูง ๆ แต่ต้องเร่งรอบขึ้นสูงได้ด้วยนั้น มีอยู่และเป็นงานพิเศษ คือใช้กับเครน รอกไฟฟ้า รถไฟฟ้า รถยนต์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์สตาตสำหรับรถยนต์และรถบัส มอเตอร์ที่ใช้งานเหล่านี้เป็นมอเตอร์อนุกรมปกติซึ่งต้องสตาตด้วยโหลดสูงในตอนแรก และต่อมาเมื่อเครื่องหมุนแล้วโหลดจะลดลง

มอเตอร์คอมเปานด์

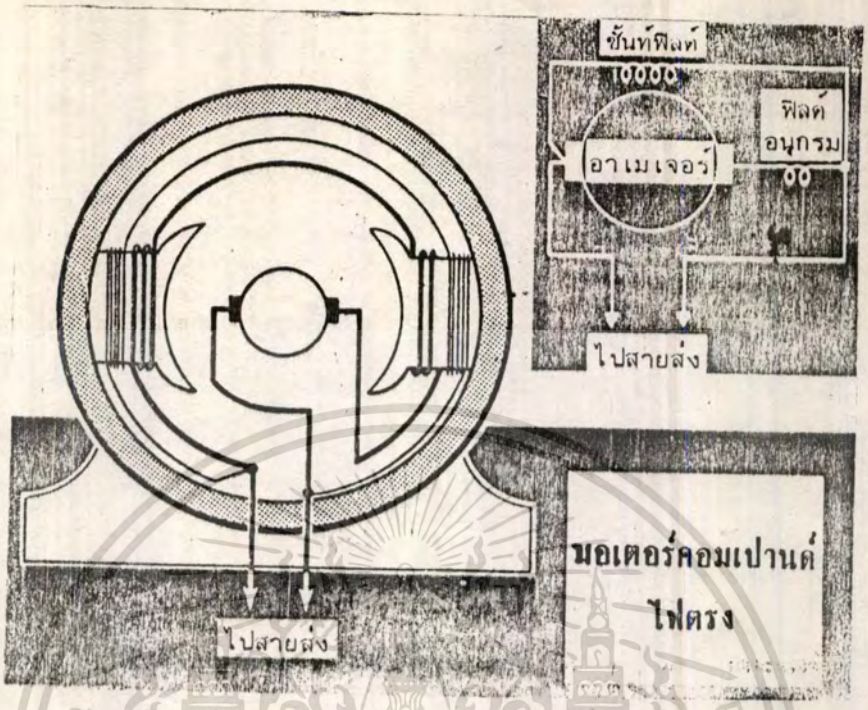
มอเตอร์คอมเปานด์หรือมอเตอร์ประสมคือ มอเตอร์ที่ติดต่อฟิลด์ทั้งอนุกรมและขนานประสมกัน ฟิลด์นั้นจะมี 2 คอยล์หรือมี 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นคอยล์ลวดเล็กพันรอบมาก ๆ ต่อขั้นหรือขนานกับอาเมเจอร์ คอยล์อีกชุดหนึ่งใช้ลวดโตพันรอบน้อยรอบต่ออนุกรมกับอาเมเจอร์

ลักษณะทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะรวมคุณสมบัติของมอเตอร์อนุกรมและชั้นท์มอเตอร์ไว้ด้วยกัน คอยทั้ง 2 ชุดนั้นจะช่วยงานและประสานต่อกันและกัน ใช้งานได้ดี มอเตอร์ที่ฟิลด์คอยล์ทั้งสองส่งเสริมกัน เมื่อโหลดเพิ่มมากขึ้น ความเร็วรอบจะลดลง ทำให้ทอคเพิ่มขึ้นมาก ทอคขณะสตาตก็มีค่าสูงด้วยเช่นกัน

มอเตอร์คอมเปานด์ที่คอยล์ส่งเสริมกันนั้นเป็นมอเตอร์ความเร็วรอบคงที่ มีกำลังขับและแรงขับดีมากใช้ได้ดีทั้งขณะฟูลโหลด และมีทอคสตาตสูงด้วย

ส่วนมอเตอร์คอมเปานด์ที่คอยล์ลบล้างกัน คอยล์อนุกรมจะพยายามต้านชั้นท์คอยล์อยู่ตลอดเวลาทำให้ฟิลด์ค่ารวมอ่อนแอลดค่าลงมากเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น ผลคือความเร็วรอบจะเร็วขึ้นเมื่อโหลดเพิ่มขึ้นกระทั่งถึงจุด ๆ หนึ่ง และเมื่อเลยจุดนั้นไปจะไม่ปลอดภัยเลย ทอคสตาตจะมีค่าต่ำ มอเตอร์คอมเปานด์ที่คอยล์ลบล้างกันนี้มีที่ใช้งานน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



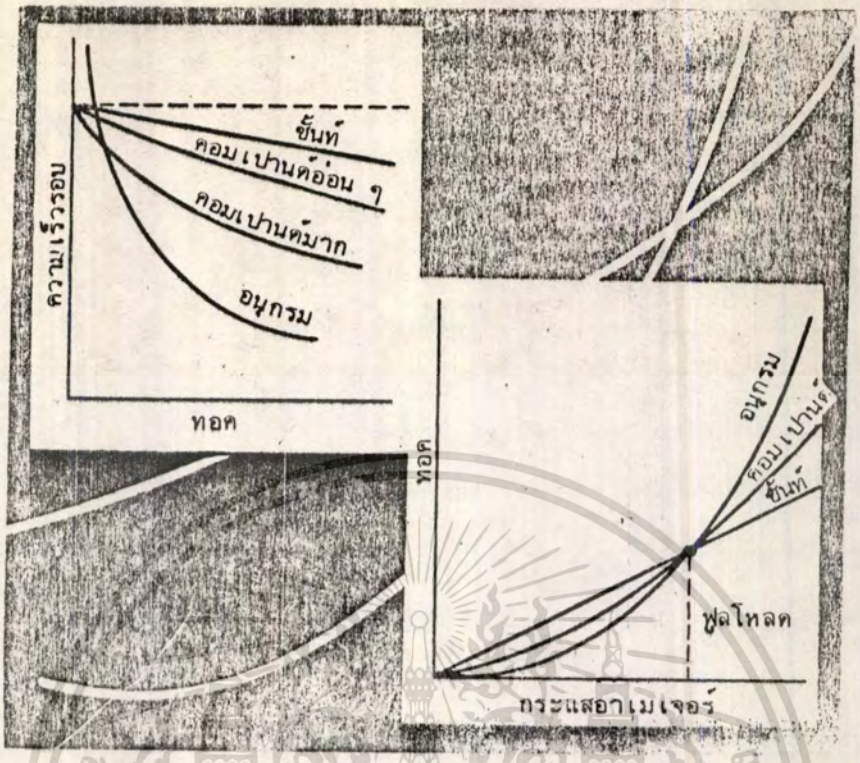
ภาพที่ 5.76 มอเตอร์คอมเปานด์ไฟตรง

ข้อเปรียบเทียบคุณสมบัติของมอเตอร์ไฟตรงชนิดต่าง ๆ – ความสามารถควบคุมรอบ

มอเตอร์ไฟตรงชนิดต่าง ๆ นั้นมีคุณสมบัติการใช้งานแตกต่างกัน กล่าวโดยสรุปจะสามารถเขียนเป็นกราฟสมรรถนะได้ดังแสดงในภาพข้างล่างว่า ความเร็วรอบจะแปรไปกับทอคหรือกับโหลดของมอเตอร์นั้น ๆ อย่างไร ขอให้สังเกตว่าความเร็วรอบของชั้นท์มอเตอร์นั้นแปรตามทอคน้อยที่สุด หรือเปลี่ยนค่าน้อยกว่าทอคเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น หรือความเร็วรอบเปลี่ยนค่าไปน้อยกว่าค่าที่ทอคเปลี่ยน ตรงข้ามกับมอเตอร์อนุกรม ซึ่งความเร็วรอบจะลดลงมากหากทอคเพิ่มมากขึ้น มอเตอร์คอมเปานด์ที่ฟิลด์ส่งเสริมกันมีกราฟสมรรถนะอยู่ระหว่างมอเตอร์อนุกรมกับชั้นท์มอเตอร์ มอเตอร์คอมเปานด์ที่ส่งเสริมกันมาก (มีฟิลด์อนุกรมมากกว่าชั้นท์ฟิลด์) จะอยู่ใกล้กับมอเตอร์อนุกรมมากกว่า ดังนี้เป็นต้น

กราฟชุดที่สองแสดงทอคกับกระแสอาเมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ แต่เป็นขนาดกำลังเท่ากัน ทอคของชั้นท์มอเตอร์เป็นเส้นตรงเพราะฟิลด์นั้นคงที่เสมอ ทอคซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาเมเจอร์จึงได้กราฟลิเนียร์ ส่วนมอเตอร์อนุกรมกับมอเตอร์คอมเปานด์ ณ จุดสูงกว่าฟูลโหลดหรือจุดใช้งานปกติ จะให้ทอคมากกว่าชั้นท์มอเตอร์ แต่ ณ จุดต่ำกว่าจุดกระแสฟูลโหลดโดยที่ความเข้มของฟิลด์มอเตอร์อนุกรม และชั้นมอเตอร์ยังไม่ชั้นถึงจุดเต็มตัวทอคที่เกิดขึ้นจึงน้อยกว่าชั้นมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.77 กราฟลักษณะใช้งานของมอเตอร์ไฟตรง

ความสามารถควบคุมรอบของมอเตอร์ คำนวณได้ในลักษณะคล้ายกันกับการคำนวณการคงค่าแรงดันไฟฟ้าที่บรรยายมาแล้ว คือ คำนวณได้เป็นร้อยละของความเร็วรอบ ณ ฟูลโหลด ดังนี้

ร้อยละของความสามารถควบคุมรอบ=$\frac{\text{ความเร็วขณะไร้โหลด-ความเร็วรอบ ณ ฟูลโหลด}}{\text{ความเร็วรอบ ณ ฟูลโหลด}}$x100

ตัวอย่าง

มอเตอร์ไฟตรงเครื่องหนึ่งขณะไร้โหลดหมุนได้ด้วยความเร็ว 1600 รอบต่อนาที ขณะฟูลโหลด 1500 รอบต่อนาที ความสามารถควบคุมรอบของมอเตอร์เครื่องนี้เท่ากับ

$$\frac{1600 - 1500}{1500} \times 100 = 6.6\ \%$$

วิธีกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์

ทิศทางหมุนของมอาเตอร์ไฟตรงนั้นขึ้นอยู่กับ ทิศทางของฟิลด์หรือสนามแม่เหล็กและทิศทางที่ทางที่กระแสไหลในอาเมเจอร์โดยที่ขณะมีกระแสแล่นผ่านตัวนำ จะต้องมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น ทิศทางไหลของกระแสจะเป็นตัวกำหนดทิศทางของสนามแม่

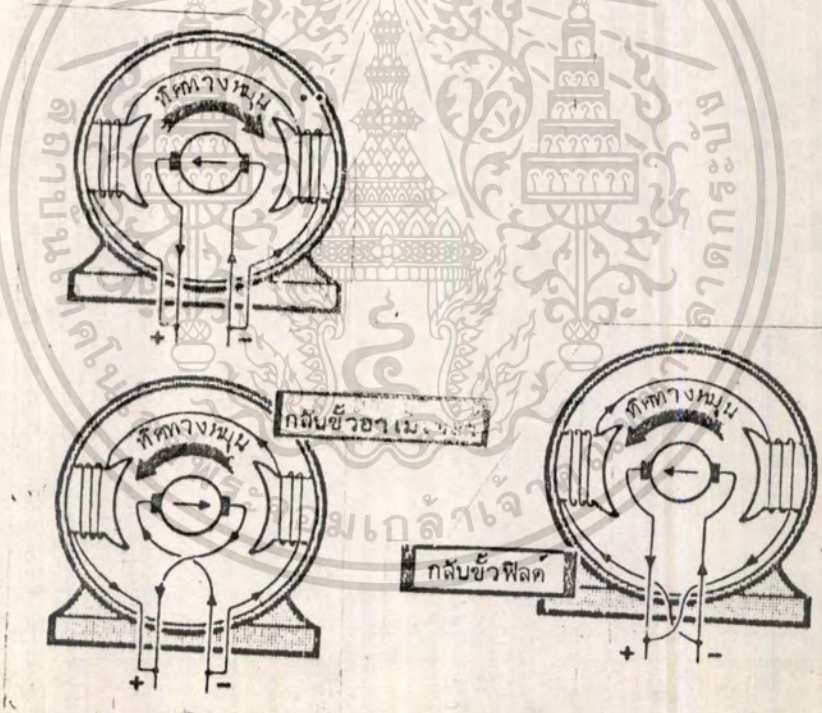
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็ก หากวางตัวนำนั้นไว้ในสนามแม่เหล็กแห่งหนึ่ง แรงแม่เหล็กจากสนามแม่เหล็กแห่งนั้นกับสนามแม่เหล็กที่กระแสแล่นผ่านตัวนำจะกระทำต่อกันและกัน แรงนี้มีผลทำให้อาเมเจอร์หมุนได้ไปในทิศทางหนึ่งตามขั้วฟิลด์ต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ

คราวนี้หากสามารถกลับทิศทางของสนามแม่เหล็กได้ ไม่ที่ฟิลด์หรือที่ทิศทางไหลของกระแสผ่านอาเมเจอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง ทิศทางหมุนของมอเตอร์ก็จะกลับทิศทางด้วย แต่ถ้าเรากลับทางทั้งสองแฟคเตอร์ มอเตอร์จะยังคงหมุนดังเดิมไม่เปลี่ยนทิศทางแต่อย่างไร

ปกติมอเตอร์นั้นมีภาระกิจเฉพาะ จะต้องหมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง หากด้วยเหตุผลบางประการจำเป็นต้องกลับทิศทางหมุนบ้างเป็นครั้งคราว เราก็จะกระทำได้ง่าย ๆ โดยกลับขั้วต่ออาเมเจอร์ หรือขั้วฟิลด์อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ไม่ใช่ทั้งสองอย่างพร้อมกัน

เครื่องจักไฟฟ้าขนาดใหญ่ ๆ บริษัทผู้ผลิตจะสร้างให้ผู้ใช้สามารถกลับขั้วฟิลด์ได้ง่ายๆ ไว้ให้



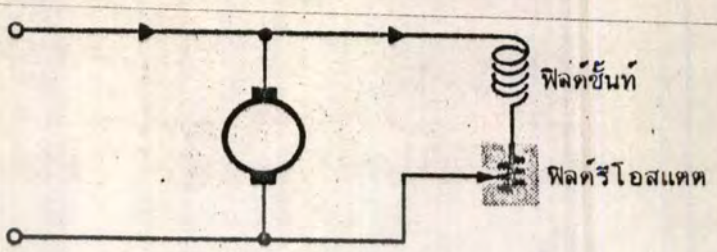
ภาพที่ 5.78 วิธีกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟตรง

วิธีควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟตรง

โดยที่ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟตรงนั้น ขึ้นอยู่กับกำลังหรือความเข้มของสนามแม่เหล็กกับแรงดันที่ป้อนเข้าอาเมเจอร์และกับโหลด วิธีควบคุมความเร็วจึงสามารถกระทำได้โดยวิธีเปลี่ยนค่ากระแสฟิลด์อย่างหนึ่ง หรือเปลี่ยนแรงดันไฟป้อนเข้าอาเมเจอร์อีกอย่างหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

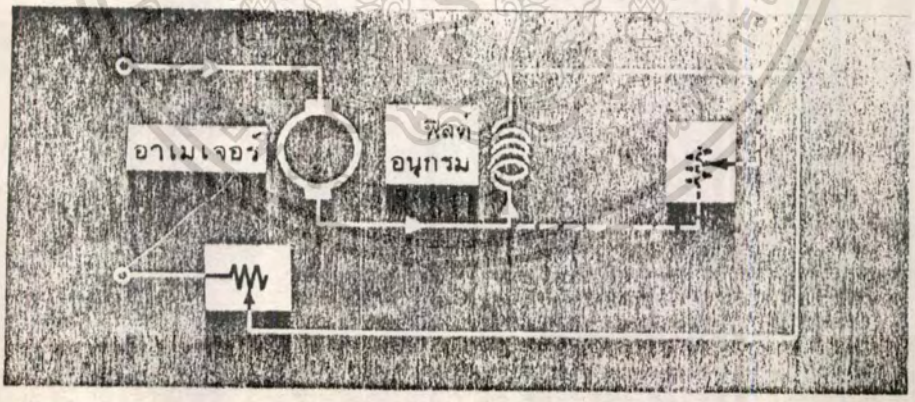
ในกรณีที่ลดแรงดันป้อนเข้าอาเมเจอร์ (ความเร็วรอบมอเตอร์ก็จะลดลงด้วย) จะกระทำได้โดยเพิ่มค่าความต้านทานของวงจรอาเมเจอร์ให้มากขึ้น แต่วิธีนี้เราไม่นิยมเพราะจะต้องใช้รีโอสแตตขนาดใหญ่มาก และทอคสตาตก็จะลดลงด้วย ซึ่งเราไม่ต้องการ



ภาพที่ 5.79

สำหรับชั้นท์มอเตอร์ วิธีควรคุมความเร็วรอบให้กระทำโดยต่อรีโอสแตตเป็นอนุกรมเข้ากับฟิลด์ชั้นท์ การที่มีความต้านทานมาต่อเป็นอนุกรมไว้กับฟิลด์ จะทำให้กระแสฟิลด์ลดลงและสนามแม่เหล็กจะอ่อนลง เมื่อสนามแม่เหล็กอ่อนลง มอเตอร์ก็จะต้องหมุนรอบเร็วขึ้นเพื่อที่จะคงค่าแรงดันวกกลับไว้ให้สามารถคงสมการ $E_a = I_a \cdot R_a + E_b$ ไว้

สำหรับมอเตอร์อนุกรม วิธีควบคุมความเร็วรอบให้กระทำโดยต่อรีโอสแตตขนานเข้ากับฟิลด์อนุกรม รีโอสแตตตัวนี้เรียกชื่อว่า **ตัวแบ่ง** (Diverter) การที่มีตัวต้านทานมาขนานกับฟิลด์ กระแสไหลผ่านฟิลด์มากขึ้นกว่าเดิม ทำให้สนามแม่เหล็กแรงขึ้น มอเตอร์ก็จะต้องหมุนรอบช้าลงมาเองเพื่อที่จะคงค่าแรงดันวกกลับค่าเดิมไว้



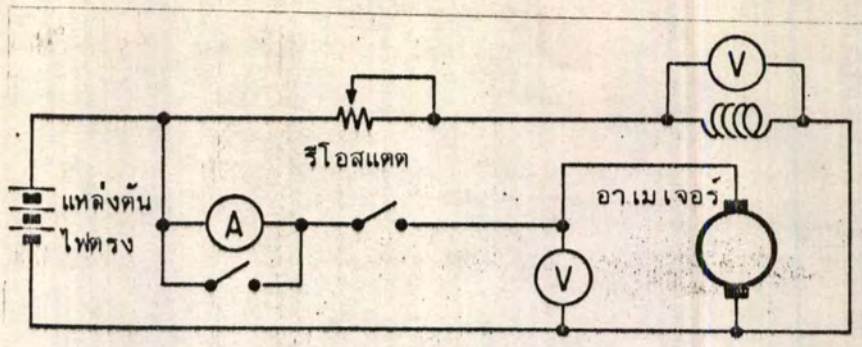
ภาพที่ 5.80

โดยปกติมอเตอร์ที่ปรับความเร็วรอบได้หลาย ๆ ค่ามักต้องเป็นชนิดฟิลด์ชั้นท์ เพราะควบคุมรอบได้ง่ายกว่า ในตอนหลัง ๆ จะได้บรรยายวิธีควบคุมความเร็วรอบอัตโนมัติต่อไป

การทดลอง/ลักษณะใช้งาน-วิธีควบคุมรอบมอเตอร์ไฟตรง-แรงดันวกกลับ

การที่จะให้เข้าใจบทบาทของรีโอสแตตที่ต่อไว้กับวงจรในมอเตอร์ไฟตรงให้ศึกษาได้จากภาพ 5.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

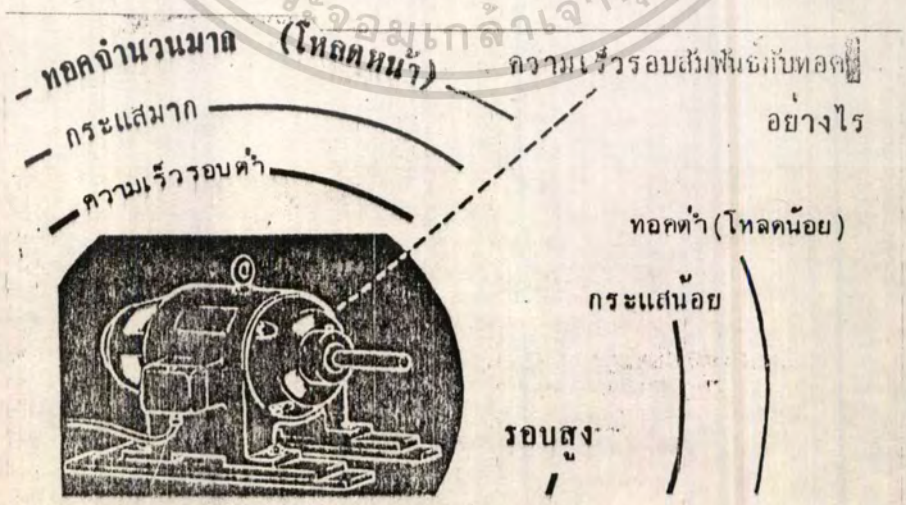


ภาพที่ 5.81

ในขณะสตาตมอเตอร์ให้ปิดสวิตที่ต่อคร่อมแอมมิเตอร์นั้นเสียด้วย มิฉะนั้นแอมมิเตอร์อาจชำรุดได้เพราะขณะสตาตมีกระแสจำนวนมากไหลผ่าน ปกติสวิตตัวที่ต่อเป็นอนุกรมไว้กับอาเมเจอร์จะต้องปิดอยู่เสมอ

ขณะที่หมุนปรับรีโอสแตต ให้สังเกตว่าแรงดันหรือศักย์ที่ฟิลด์เปลี่ยนและความเร็วรอบก็เปลี่ยนค่าด้วย กล่าวคือหากลดศักย์ที่ฟิลด์ ความเร็วรอบจะเร็วขึ้น ทำให้เห็นได้ว่าเมื่อกระแสอาเมเจอร์ลดลง ความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น และเมื่อกระแสอาเมเจอร์เพิ่มขึ้น ความเร็วรอบจะลดลง (กรณีโหลดของมอเตอร์คงที่)

ขณะนี้อาจอนุมานค่าแรงดันวกกลับได้โดยเปิดสวิตสักครู่ แล้วรีบอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ที่ต่อขนานกับขดลวดอาเมเจอร์นั่นดู โวลต์มิเตอร์จะอ่านได้ค่าแรงดันวกกลับ จะเห็นว่าเมื่อความเร็วรอบเร็วขึ้น แรงดันวกกลับจะสูงขึ้นตาม แต่โดยที่กระแสอาเมเจอร์นั้นขึ้นอยู่กับผลต่างระหว่างแรงดันที่ป้อนเข้ามอเตอร์กับแรงดันวกกลับ ผลการทดลองก็จะยืนยันได้ทันทีว่า ทันทีที่กระแสอาเมเจอร์ลดค่าลง ค่าแรงดันวกกลับจะต้องเพิ่มค่าขึ้น



ภาพที่ 5.82

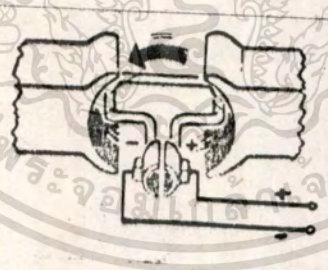
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปมอเตอร์ไฟตรง

1. หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟตรง กระแสในขณะที่ไหลผ่านคอยล์อาเมเจอร์จะทำให้อาเมเจอร์นั้นมีอำนาจสนามแม่เหล็กใหม่เกิดขึ้น ขั้วของอาเมเจอร์กับขั้วแม่เหล็กของฟิลด์ที่เป็นขั้วต่างกันจะดูดกันและกัน ผลคืออาเมเจอร์จะต้องหมุน ต่อมาคอมมิวเตเตอร์จะกลับทางไหลของกระแสอาเมเจอร์ ทำให้ขั้วต่างกันดูดกันแต่เดิมกลายเป็นขั้วเหมือนกันผลักกันออกไปซึ่งเป็นการกลับขั้วสนามแม่เหล็กให้อาเมเจอร์หมุนต่อไปได้อีก ทำเช่นนี้สลับกันเรื่อยไปมอเตอร์จึงหมุนได้ตลอดเวลา

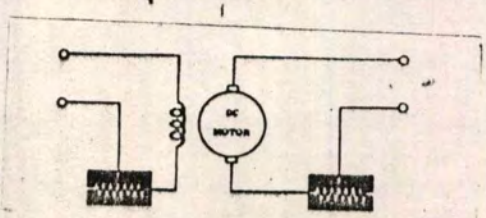
ภาพที่ 5.83

2. แรงดันวกกลับในมอเตอร์ไฟตรง ในขณะที่คอยล์อาเมเจอร์หมุนอยู่จะให้กำเนิดแรงดันไฟฟ้า ที่เรียกว่า แรงดันวกกลับในลักษณะที่เป็นแรงดันที่ต้านกับแรงดันป้อนเข้าขับมอเตอร์ แรงดันวกกลับนี้ทำให้สามารถจำกัดกระแสอาเมเจอร์ได้



ภาพที่ 5.84

3. วิธีควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟตรง ควบคุมได้โดยปรับค่าความเข้มของฟิลด์ โดยนำความต้านทานมาต่อเป็นอนุกรมไว้กับชั้นท์คอยล์ของฟิลด์ เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานของวงจรชั้นท์ฟิลด์ ระบบหมุนของมอเตอร์ก็จะเร็วมากขึ้น



ภาพที่ 5.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) กำลังเพลาเป็นสัดส่วนตรงกับความเร็วรอบของพัดลมกำลังสาม

$$L_2 = L_1 \times \left[\frac{N_2}{N_1}\right]^3$$

4) เมื่อทั้งความเร็วรองของพัดลมและอัตราการไหลของลมคงที่ ทั้งความดันลมและกำลังเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นของอากาศ

$$P_2 = P_1 \times \left[\frac{p_1}{p_2}\right]$$

$$L_2 = L_1 \times \left[\frac{p_2}{p_1}\right]$$

เมื่อ Q_1 = อัตราการไหลของลมก่อนเปลี่ยน : m^3/min

N_1 = ความเร็วรอบของพัดลมก่อนเปลี่ยน : rpm

P_1 = ความดันก่อนเปลี่ยน : mm H_2O

L_1 = กำลังเพลาก่อนเปลี่ยน : kW

p_1 = ความหนาแน่นของอากาศก่อนเปลี่ยน : kg/m^3

Q_2 = อัตราการไหลของลมภายหลังเปลี่ยน : m^3/min

N_2 = ความเร็วรอบของพัดลมภายหลังเปลี่ยน : rpm

P_2 = ความดันลมภายหลังเปลี่ยน : mm H_2O

L_2 = กำลังเพลาหภายหลังเปลี่ยน : kW

p_2 = ความหนาแน่นของอากาศภายหลังเปลี่ยน : kg/m^3

ตัวอย่าง

พัดลมทำงานที่ 400 m^3/min ถ้าต้องการให้อัตราการไหลของลมเป็น 500 m^3/min จะต้องเพิ่มความเร็วรอบและกำลังเพลาเท่าไร

วิธีทำ จากสมการ $Q_2 = Q_1 \times \frac{N_2}{N_1}$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{500}{400} = 1.25 \text{ เท่า}$$

$$L_2 = L_1 \times \left[\frac{N_2}{N_1}\right]^3$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \left[\frac{N_2}{N_1}\right]^3 = (1.25)^3 = 1.95 \text{ เท่า}$$

นั่นคือ ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น 25% และกำลังเพลาเพิ่มขึ้น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **ปฏิกิริยาอาเมเจอร์** สนามแม่เหล็กใหม่ที่เกิดจากกระแสไหลในอาเมเจอร์ทำให้สนามแม่เหล็กของฟิลด์หลักอันเดิมต้องมีอันเป็นไป กล่าวคือแนวระนาบนิวตรัลจะต้องเลื่อนเปลี่ยนตำแหน่งไปในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางหมุนของอาเมเจอร์ วิธีลดปฏิกิริยาอาเมเจอร์ กระทำได้โดยใช้ขั้วแม่เหล็กเล็กวางระหว่างขั้วเดิม หรือใช้วิธีขดลวดชดเชย หรือใช้ขั้วฟิลด์ที่มีร่อง

ภาพที่ 5.86

5. **มอเตอร์อนุกรม** ฟิลด์ของมอเตอร์ชนิดนี้ต่อเป็นอนุกรมกับอาเมเจอร์ ความเข้มของฟิลด์เปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาเมเจอร์ ในขณะที่ความเร็วรอบลงลงเพราะมีโหลดน้อย มอเตอร์อนุกรมจะยิ่งให้ทอคขับสูงมากกว่ามอเตอร์ชนิดอื่น

ภาพที่ 5.87

6. **ชั้นท์มอเตอร์** ฟิลด์ของมอเตอร์ชนิดนี้ต่อขนานกับคอยล์อาเมเจอร์ ทำให้ความเข้มของฟิลด์หลักเป็นอิสระต่อกระแสอาเมเจอร์ ความเร็วรอบของชั้นท์มอเตอร์จึงค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากตามโหลด ทอคสตาตน้อยกว่ามอเตอร์ไฟตรงชนิดอื่น

ภาพที่ 5.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **คอมเปานด์มอเตอร์** มอเตอร์ชนิดนี้มีขดฟิลด์สองชุด ชุดหนึ่งต่อเป็นอนุกรมกับอาเมเจอร์ และอีกชุดหนึ่งต่อขนานไว้ ทั้งความเร็วรอบและคุณสมบัติใช้งานต่าง ๆ ปรับได้จากชุดของฟิลด์ทั้งสอง ให้ช่วยกันและกันหรือต้านกัน

ภาพที่ 5.89

8. **วิธีกลับรอบมอเตอร์** มอเตอร์ไฟตรงกลับทางหมุนของรอบได้โดยกลับขั้วฟิลด์หรือกลับขั้วต่ออาเมเจอร์อย่างใดอย่างหนึ่ง ไม่ใช่กลับทั้งสองอย่างพร้อม ๆ กัน

ภาพที่ 5.90

16. พัดลมและเครื่องเป่าลม (Fans and Blowers)

พัดลมและเครื่องเป่าลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานต่าง ๆ มากมาย พัดลมอาจแบ่งออกได้เป็นประเภทดังนี้

1. การแบ่งประเภทโดยความดันอากาศ

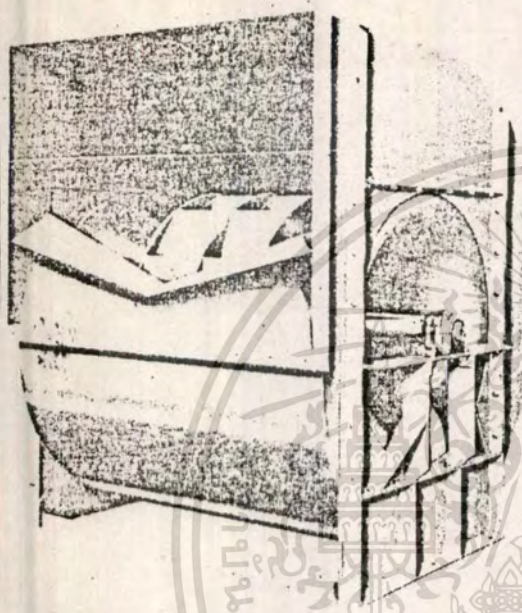
พัดลมความดันต่ำ : ดูดอากาศจากภายนอก การเพิ่มความดันเกือบเป็น 0 mm H_2O

พัดลมความดันปานกลาง : ดูดอากาศจากภายนอก การเพิ่มความดันไม่เกิน 1000 mm H_2O

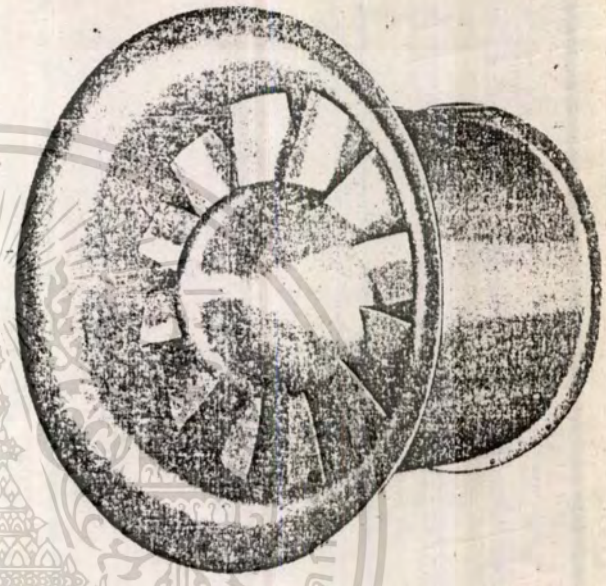
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.1 ชนิดของพัดลม [1]

พัดลมที่ใช้ในงานปรับอากาศ แบ่งออกเป็นสองชนิดคือ พัดลมแบบแรงเหวี่ยงและพัดลมแบบแอ็ลเซียล การเคลื่อนที่ของลมในพัมลมแบบแรงเหวี่ยงจะเคลื่อนที่แนวรัศมีตั้งฉากกับเพลา ส่วนการเคลื่อนที่ของลมในพัดลมแบบแอ็กเซียลจะเคลื่อนที่ในแนวขนานกับเพลา



ภาพที่ 5.91 พัดลมแบบแรงเหวี่ยง



ภาพที่ 5.92 พัดลมแบบแอ็กเซียล

1. **พัดลมแบบแรงเหวี่ยง** ในงานจริงลมแบบแรงเหวี่ยง ยังแบ่งย่อยออกไปอีกหลายอย่างแต่ทุกแบบยังใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกัน พัดลมแบบแรงเหวี่ยงที่ใช้ในงานปรับอากาศแบ่งเป็น แบบใบพัดโค้งเอียงไปข้างหน้า ใบพัดเอียงไปข้างหลังชนิดใบตรงและใบพัดเอียงไปข้างหลังชนิดแอร์ฟอยล์

---

[1] ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. การทำความเย็นและปรับอากาศ. กรุงเทพ : ก.วิวรรธน์, 2523 หน้า 326 - 330

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพัดลมที่ใช้ในระบบเครื่องทำความเย็น และระบบเครื่องปรับอากาศนั้น การเพิ่มความดันจะไม่สูงเกิน 300 mm H_2O

2. การแบ่งประเภทโดยการทำงานของใบพัด ดังตารางแสดง

ตารางที่ 5.2 แบบต่าง ๆ ของพัดลมและคุณลักษณะ

แบบ	พัดลมแบบหลายใบ (multi - blade fan)	พัดลมการจำกัด (limit - load fan)	พัดลมกังหัน (turbo - fan)	พัดลมใบปีกบาง (vane type fan)	พัดลมไหลขวางทาง (cross flow fan)	พัดลมแบบใบพัด (propeller fan)	พัดลมไหลแนวแกน (axial flow fan)	
							พัดลมไหลแนวแกนทั้งมีและไม่มีปีกนำ (axial fan with and without guide)	
คุณลักษณะของใบ (shape of blade)								
คุณลักษณะ								
การปรับเทียบ	ขนาด	2	3	5	2	ต่ำสุด 1	ต่ำสุด 1	
	ประสิทธิภาพ	5	4	5	ต่ำสุด 8	ต่ำสุด 8 (สำหรับใบพัดแกน)	3	
	เสียง	3	4	5	1	3	3	
ความต้องการ	ปริมาตรอากาศ (m^3/min)	10 - 2000	20 - 2500	60 - 800	3 - 80	10 - 80 (สำหรับใบพัดแกน)	15 - 1000	
	ความดันสถิตย์ (mmH_2O)	10 - 125	125 - 250	125 - 250	0 - 8	0 - 8	0 - 25	
ประสิทธิภาพ (%)		45 - 80	60 - 85	75 - 85	70 - 85	60 - 80	80 - 90 (ไม่มีใบพัด) 90 - 95 (มีใบพัด)	
เสียงรบกวน (decibel)		40	45	40	35	50	50	
ลักษณะพิเศษ (feature)		การปรับแต่งปริมาตรอากาศและการปรับแต่งเกลียดำหัวต่อน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องประสิทธิภาพสูงสุด	การปรับแต่งปริมาตรอากาศและการหัวต่อน้ำมันมาก	เช่นเดียวกับพัดลมกังหัน	การออกแบบประสิทธิภาพน้ำหนักบันปีกพัดลมมีน้ำหนักเบาและทนต่อการสั่นสะเทือน	การเปลี่ยนความต้องการเปลี่ยนความดันเป็นการลดต่ำจึงไปทางด้าน	การเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศและความดันในขณะสูง	
งานที่ใช้	เครื่องปรับอากาศที่ใช้ท่อความเร็วต่ำ	เครื่องปรับอากาศที่ใช้ท่อความเร็วต่ำ (ขนาดกลางหรือขนาดใหญ่)	เครื่องปรับอากาศที่ใช้ท่อความเร็วสูง	เช่นเดียวกับพัดลมกังหัน	เครื่องพ่นฝอยล้างอากาศ	เครื่องทำความเย็นเครื่องทำความร้อนโดยการแลกเปลี่ยนอากาศ พัดลมระบายอากาศ พัดลมใช้ในห้องครัวขนาดใหญ่ (ขนาดใหญ่ใช้ใบพัดแบบปรับมุมได้)	พัดลมใช้ระบายอากาศในอาคารที่มีการแลกเปลี่ยนอากาศ ห้องทำความสะอาด	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

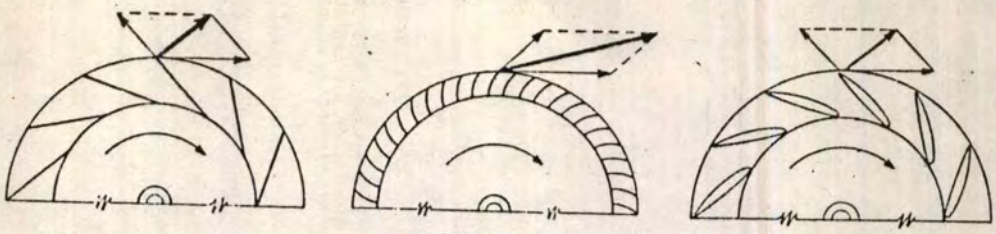
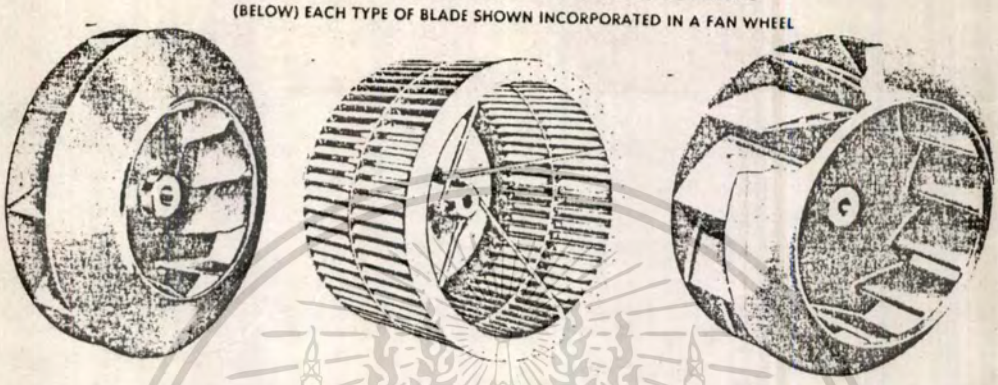


FIGURE 9-M
(ABOVE) DIRECTION OF AIR LEAVING VARIOUS FAN BLADE DESIGNS
(BELOW) EACH TYPE OF BLADE SHOWN INCORPORATED IN A FAN WHEEL



ใบพัดเอียงไปข้างหลังชนิดใบตรง ใบพัดเอียงไปข้างหน้า ใบพัดเอียงไปข้างหลังชนิดแอร์ฟอยล์

ภาพที่ 5.93 พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดต่าง ๆ แสดงถึงทิศทางของลมที่ออกจากที่ออกจากใบพัดและรูปร่างของใบพัด

พัดลมแบบใบพัดโค้งเอียงไปข้างหน้า (ภาพกลาง) หมายถึงพัดลมที่มีใบพัดโค้งโดยที่ปลายของใบพัดอยู่ด้านหน้าเมื่อเทียบกับทิศทางการหมุน

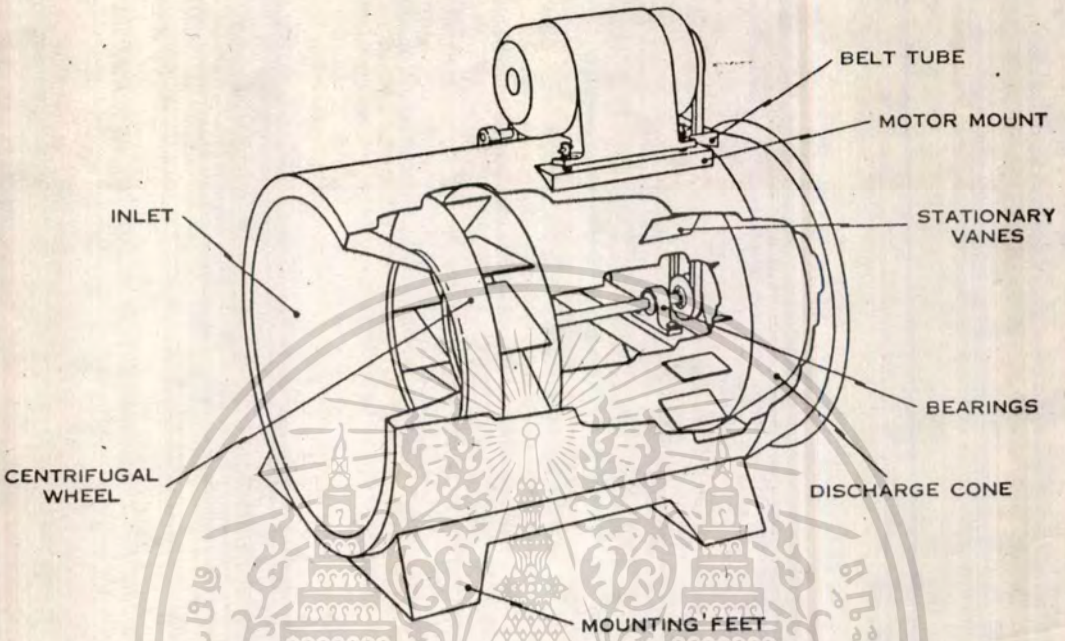
พัดลมแบบใบพัดเอียงไปข้างหลังชนิดใบพัดตรง (ภาพซ้าย) หมายถึงพัดลมที่มีใบพัดเป็นแผ่นราบและปลายของใบพัดอยู่ด้านหลังเมื่อเทียบกับทิศทางการหมุน

พัดลมแบบใบพัดเอียงไปข้างหลังชนิดแอร์ฟอยล์ หมายถึงพัดลมที่ปลายของใบพัดอยู่ด้านหลัง เมื่อเทียบกับทิศทางการหมุนเช่นเดียวกัน และลักษณะของใบพัดมีความโค้งคล้ายกับความโค้งของปีกเครื่องบิน พัดลมแบบดังกล่าวสามารถลดความปั่นป่วนของกระแสลมภายในพัดลม จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและลดเสียงดังได้ด้วย

ในงานปรับอากาศโดยทั่วไปจะใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงทั้งสามแบบ พัดลมแบบใบพัดเอียงไปข้างหลังทั้งชนิดใบพัดตรงและใบพัดชนิดแอร์ฟอยล์ นิยมใช้กับพัดลมขนาดใหญ่ คือ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกิน 24 นิ้วขึ้นไป ทั้งนี้เพราะพัดลมแบบดังกล่าวใช้กำลังงานในการขับเคลื่อนน้อยและมีเสียงที่เกิดขึ้นเบากว่าแบบใบพัดเอียงไปข้างหน้า ในทางกลับกันพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบใบพัดเอียงไปข้างหน้านิยมใช้กับพัดลมขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะสามารถใช้ความเร็วรอบต่ำได้ ขณะเดียวกันยังสามารถใช้พัดลมหลาย ๆ ตัวร่วมบนเพลาเดียวกันได้



ภาพที่ 5.94 พัดลมแบบแยกแรงเหวี่ยงชนิดทิวบูล่า

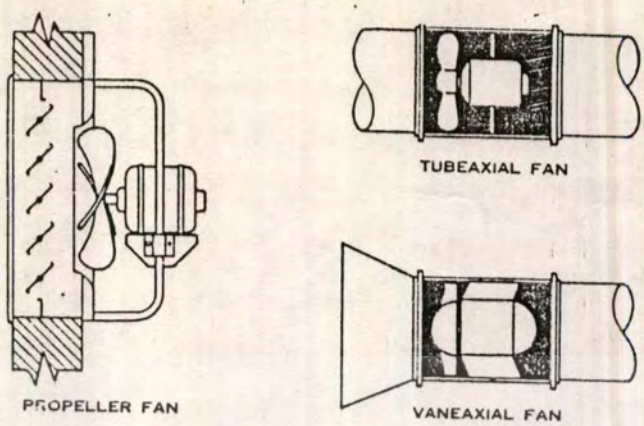
ในงานปรับอากาศ บางครั้งมีความจำเป็นที่จะต้องประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้งพัดลมเป็นอย่างมาก ไม่มีเนื้อที่พอที่จะติดตั้งพัดลมแบบแรงเหวี่ยง ชนิดธรรมดาที่มีการส่งลมออกทางแนวรัศมีหรือตั้งฉากกับเพลาของพัดลม จะสามารถทำได้ก็แต่เพียงส่งลมออกในแนวเพลาของพัดลมหรือในกรณีที่ใช้ท่อลมแบบกลม ในกรณีดังกล่าวนี้จึงต้องใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดทิวบูล่า

พัดลมแบบแรงเหวี่ยงชนิดทิวบูล่า เป็นพัดลมที่ออกแบบให้ดูดและจ่ายลมในแนวเดียวกับเพลาโดยการดัดเปลงและติดตั้งพัดลมแบบแรงเหวี่ยงภายในตัวเรือนพัดลม ซึ่งมีครีบสำหรับปรับทิศทางลมที่ออกจากพัดลม จากแนวตั้งฉากกับเพลาเป็นขนานกับเพลา (สังเกตจากภาพที่ 5.94)

2. **พัดลมแอ็กเชียล** หมายถึง พัดลมที่มีทิศทางดูดและเป่าลมขนานกับเพลาโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อย่างอื่นช่วยในการปรับทิศทาง แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ โพรเพลเลอร์ทิวแอ็กเชียล และเวนแอ็กเชียล ดังแสดงในภาพที่ 5.95

พัดลมโพรเพลเลอร์ เป็นพัดลมที่ให้ความดันต่ำ ปริมาณลมออกมาก ปรกติใช้ในงานที่ต้องการความดันสแตติคส์ไม่เกิน 3/4 นิ้ว (ความสูงของน้ำ) การส่งกำลังขับพัดลมชนิดดังกล่าวมีทั้งต่อเข้าโดยตรงกับเพลาของมอเตอร์หรือใช้สายพานตัววี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.95 พัดลมแบบแอ็กเซียล

คุณสมบัติของความต้องการกำลังงานขับพัดลมโพรเพลเลอร์ จะตรงกันข้ามกับพัดลมแบบแรงเหวี่ยง กล่าวคือพัดลมโพรเพลเลอร์ต้องการกำลังงานขับน้อยที่สุดเมื่อพัดลมส่งจ่ายลมในปริมาณที่มากที่สุด ซึ่งถ้าเป็นพัดลมแบบแรงเหวี่ยงแล้วจะไม่ต้องการกำลังงานในการขับเมื่อไม่ต้องส่งลมเลย เมื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะในการใช้งานของพัดลมโพรเพลเลอร์และพัดลมแบบแรงเหวี่ยงจะปรากฏว่า ในงานที่ต้องการปริมาณลมมากและความดันต่ำ พัดลมโพรเพลเลอร์จะใช้กำลังงานในการขับน้อยกว่าพัดลมแบบแรงเหวี่ยง

พัดลมทิวแอ็กเซียล เป็นพัดลมที่ติดตั้งอยู่ระหว่างท่อลมเพื่อเพิ่มกำลังลมในท่อลม แต่ในความเป็นจริงแล้วการใช้งพัดลมโพรเพลเลอร์หรือพัดลมทิวแอ็กเซียล เพื่อส่งลมไปตามท่อลมเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้องนัก ทั้งนี้เพราะลมที่ออกจากพัดลมจะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนเป็นรูปเกลียว ลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้จะทำให้ความเสียดทานในท่อลมมากกว่าการเคลื่อนที่แบบเป็นเส้นตรง พัดลมทิวแอ็คเซียลใช้งานที่ต้องการความดันไม่เกิน 2.5 หรือ 3 นิ้ว (ความสูงของน้ำ) และต้องเป็นงานที่ไม่คำนึงถึงเสียงรบกวนที่เกิดจากพัดลม

พัดลมเวนแอ็กเซียล เป็นพัดลมที่ปรับปรุงมาจากพัดลมทิวแอ็กเซียลโดยการเพิ่มครีบนำลมติดอยู่ในด้านทางออกของลม เพื่อปรับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมที่ออกจากพัดลมในรูปเกลียวให้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ทั้งนี้เป็นการเพิ่มความดันสแตติคน์ ลดความเสียดทานในท่อลมและลดเสียงดังด้วย

พัดลมเวนแอ็กซียลและทิวแอ็กเซียล ใช้กับงานที่ต้องการประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง ดังนั้นส่วนใหญ่จึงใช้ในยานพาหนะ เช่น รถยนต์ รถไฟ และเรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.2 ลักษณะของพัดลมและเครื่องเป่าลม [1]

(1) พัดลมเซอร์รอคโค (Sirrocco Fan)

พัดลมแบบนี้เป็นแบบที่นิยมใช้ในเครื่องปรับอากาศมากที่สุด พัดลมจะรวมอยู่ในภายในเครื่องปรับอากาศ อาทิในเครื่องปรับอากาศแบบชุดและเครื่องขดทอพัดลม

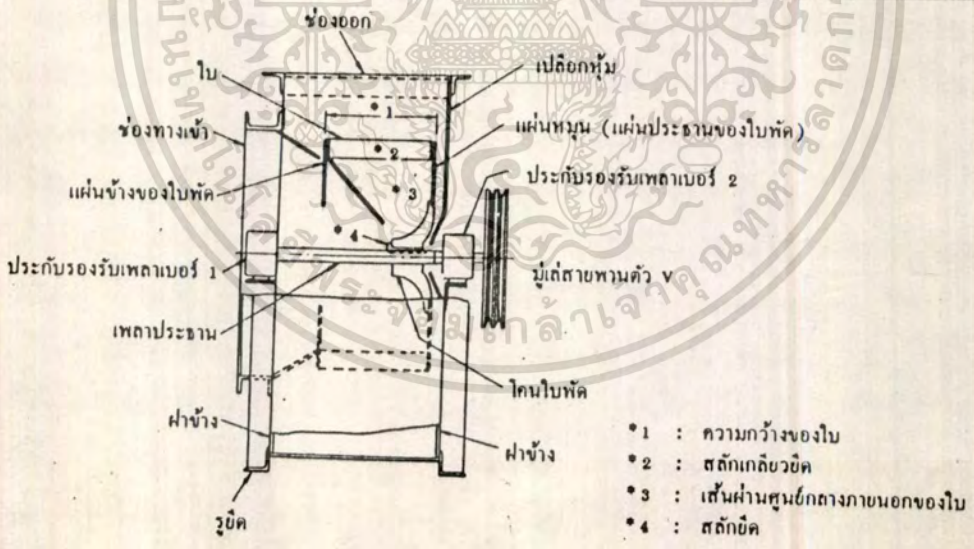
พัดลมเซอร์รอคโคมีทั้งแบบพัดลมดูดและพัดลมส่งสำหรับการถ่ายเทอากาศ

พัดลมและเครื่องเป่าลมมีลักษณะโครงสร้างหลายอย่างเหมือนกัน ภาพที่ 5.96 แสดงโครงสร้างทั่ว ๆ ไปของพัดลมเซอร์รอคโคแบบดูด การออกแบบและการเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ เหมือนกับของพัดลมแบบหอยโข่ง ยกเว้นการออกแบบของใบพัด

ใบพัดของพัดลมเซอร์รอคโคจะเป็นจะเป็นใบแคบๆ เอียงไปข้างหน้าในทิศทางที่หมุน (ดูภาพที่ 5.97) ใบพัดเป็นแผ่นเหล็กหรือแผ่นอลูมิเนียมโค้งเชื่อม หรือใช้หมุดยึดที่ขอบระหว่างแผ่นจานที่หมุนและแผ่นด้านรูปแหวน

เปลือกหุ้มของพัดลมเป็นแผ่นเหล็กม้วนเป็นเกลียวมีนขนาดเล็กกว่าของพัดลมกังหังหัน (Turbo Fan) และของพัดลมภาระจำกัด (Limit load Fan)

ที่ทางด้านออกของเปลือกหุ้มจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ และความเร็วลมที่ทางออกสูง

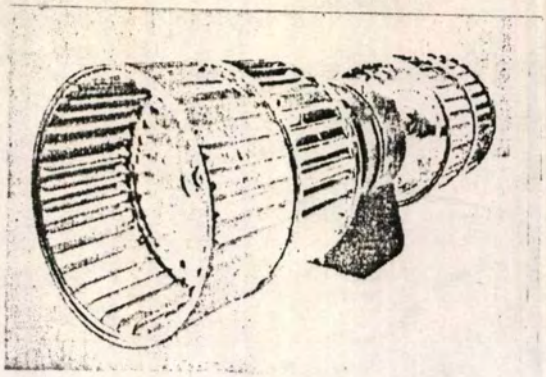


ภาพที่ 5.96 โครงสร้างของพัดลมหลายใบ (แบบรองรับทั้งสองด้านมีทางดูดด้านเดียว)

---

[1] ไพบูลย์ หัวสพฤกษ์, ดร. และเฮอิโซ ไซโต, ดร. การปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพ : ดวงกมล, 2524 หน้า 324 - 334

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.97 ใบพัดของพัดลมแบบหลายใบ

(2) พัดลมภาระจำกัด

การใช้

พัดลมนี้เป็นพัดลมที่อยู่ระหว่างพัดลมเซอร์รอคโคและพัดลมกังหัน และใช้งานอยู่ในระหว่างพัดลมดังกล่าวด้วย

พัดลมแบบนี้ใช้ในอุปกรณ์การปรับอากาศทุกขนาด ที่ความดันสถิตย์ค่อนข้างน้อย และในเครื่องปรับอากาศแบบชุด เครื่องปรับและเครื่องเป่าลมที่ใช้กับอุปกรณ์ดังกล่าว

การสร้าง

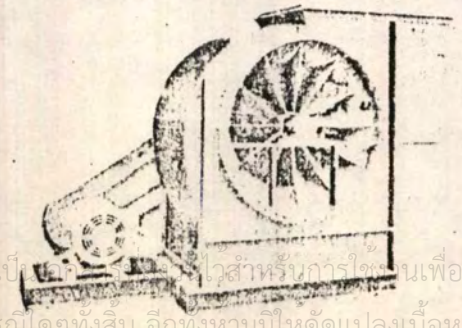
พัดลมภาระจำกัดมีใบพัดเป็นรูปอักษร S และมีปลายโค้งมาทางด้านหลังเช่นเดียวกับของพัดลมกังหัน

ใบพัดทำด้วยแผ่นเหล็กและมีขนาดสั้นลงไปทางด้านปากแหวน(จากแผ่นหมุน) รูปร่างเป็นภรวย

เปลือกหุ้มมีลักษณะคล้ายกับของพัดลมเซอร์รอคโค มีขนาดค่อนข้างใหญ่สำหรับปริมาตรการไหลของลมที่กำหนด

ที่ด้านทางเข้าจะมีใบครีบนำทาง (Guide Vane) 10 ถึง 12 ใบ เพื่อให้อากาศที่เข้าไปหมุนในทิศทางที่ใบพัดหมุน ทำให้ได้คุณลักษณะภาระจำกัด ซึ่งเป็นภาระจำกัดด้านสูงของกำลังที่ต้องการ ดังนั้นกำลังเพลาสูงสุดจะได้ที่ที่ประสิทธิภาพสูงสุด

ภาพที่ 5.98 แสดงช่องทางเข้าของพัดลมภาระจำกัด และใบครีบนำทาง



ภาพที่ 5.98 พัดลมภาระจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) พัดลมแบบจาน (Plate Fan หรือ Tadial Fan)

พัดลมแบบนี้มีใบของใบพัดแบนและจัดเรียงเป็นรัศมีวงกลม ใบของใบพัดมีโครงสร้างง่าย ๆ แข็งแรงและทนทานต่อทรายหรืออากาศที่มีฝุ่นมาก ๆ

(4) พัดลมกังหัน (Terbo Fan)

ความต้องการพัดลมที่ให้ความดันสถิตย์สูงและระดับเสียงต่ำมีมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อใช้ส่งลมในท่อลมของเครื่องปรับอากาศด้วยความเร็วสูง โดยเฉพาะสำหรับส่งลมปฐมภูมิในระบบเครื่องดูดลม พัดลมกังหันเป็นพัดลมที่มีคุณลักษณะดังกล่าว

พัดลมนี้เป็นแบบหอยโข่งมีใบของใบพัดโค้งในทิศทางที่ใบพัดหมุน ใบของใบพัดทำด้วยแผ่นเหล็กแคบ ๆ มีความหนาสม่ำเสมอ มีความโค้ง 1 ต่อ 2 และเอียงไปทางด้านหลัง ใบของใบพัดจะเชื่อมหรือใช้หมุดย้ำติดบนจานหมุน ใบพัดจะมั่นคงแข็งแรงทนทานต่อการหมุนที่ความเร็วรอบสูงได้ เปลือกหุ้มของพัดลมนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าของพัดลมเซอร์รอคโค และพัดลมภาระจำกัด

(5) พัดลมแบบใบพัดเครื่องบิน (Aerofoil Fan)

พัดลมนี้เป็นแบบหนึ่งของพัดลมกังหันสำหรับใช้ที่ความดันสถิตย์สูงและปริมาตรการไหลของลมจำนวนมาก เป็นพัดลมที่ให้ประสิทธิภาพสูงและระดับเสียงต่ำ

ใบของใบพัดเป็นเหล็ก หรืออลูมิเนียมที่โค้งเหมือนใบพัดเครื่องบิน มีจำนวน 8 ถึง 16 ใบ (ดูภาพที่ 5.99)

เปลือกหุ้มมีลักษณะคล้ายกับของพัดลมกังหัน ช่องทางเข้าเป็นแบบปากระฆัง ซึ่งจะลดความต้านทานการไหลลงได้มาก และทำให้การไหลเข้าเป็นไปโดยราบเรียบ

(6) พัดลมแบบไหลขวาง (Crossflow Fan)

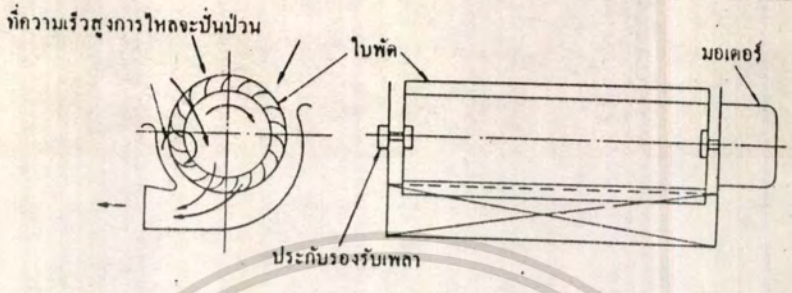
ใบพัดลมแบบนี้มีด้านข้างยาวกว่าของแบบพัดลมเซอร์รอคโคและเอียงไปทางข้างหน้า

ทั้งสองด้านของใบพัดมีฝาข้างของเปลือกหุ้ม ฝาหนึ่งต่อกับแบริ่งและอีกฝาหนึ่งมีเพลาผ่านแบริ่งไปต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้า

ภาพที่ 5.99 ใบพัดของพัดลมแบบครีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไหลของของลมจะเป็นแนวกว้างดังแสดงในภาพที่ 5.100 พัดลมนี้เหมาะสำหรับช่องทางออกแคบ ๆ และงานที่ต้องการความดันสถิตย์ต่ำ อาทิ อ่านอากาศ และเครื่องขดท่อพัดลม



ภาพที่ 5.100 พัดลมแบบไหลตรง (Straight - Flow Fan)

(7) พัดลมใบพัด (Fropeller Fan)

พัดลมนี้เป็นพัดลมส่งลมแนวแกน (Axial Fan) ที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด (ดูภาพที่ 5.101)

ใบพัดของพัดลมนี้ มีตั้งแต่ขนาดค่อนข้างกว้างจนขนาดแคบ ๆ (ดูภาพที่ 5.101) และมีจำนวนตั้งแต่ 2 ถึง 8 ใบ

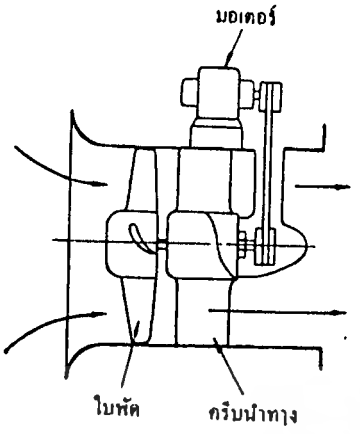
โดยทั่วไปแล้วใบพัดจะมีแหวนนำ (Ring Guide) แนวเส้นรอบวงเพื่อให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

ภาพที่ 5.101 พัดลมแบบใบพัดหลายใบ

(8) พัดลมแนวแกน (Axial Fan)

ใบของพัดทำจากแผ่นเหล็กแผ่นเดียว หรือโดยอลูมิเนียมหล่อและใบพัดจะมี 4 ถึง 12 ใบ ใบพัดจะหมุนอยู่ในเปลือกหุ้มทรงกระบอก พัดลมแนวแกนอาจเป็นแบบที่มีครีบนำทางที่ช่วยให้การไหลในแนวแกนเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ หรือเป็นแบบที่ไม่มีครีบนำทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.102 พัดลมแบบไหลแนวแกน

พัดลมแบบนี้อาจมีมอเตอร์ไฟฟ้าติดตั้งดังรูปที่ 5.102 และขับด้วยสายพานหรือต่อตรงกับเพลาของพัดลมลย

46.3 คุณลักษณะของพัดลม

(1) ความดัน

พัดลมทำงานเพิ่มความดันสถิตย์ให้กับอากาศ เพื่อเอาชนะความต้านทานในท่อและความดันไดนามิคเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่

ถ้าเจาะรูเล็ก ๆ ตรงด้านข้างท่อ (ดูภาพที่ 5.103 (a)) แล้วสอดท่อเข้าไปในรูโดยให้ท่อตั้งฉากกับแนวที่อากาศไหล จากนั้นให้ต่อมาโนมิเตอร์ท่อรูปอักษร U เข้ากับท่อความแตกต่างความดันที่ปรากฏและความดันของบรรยากาศคือค่าความดันสถิตย์ นั่นคือความดันในท่อที่อากาศไหลโดยแรงดันของพัดลมจะสูงกว่าความดันของบรรยากาศ

ในภาพที่ 5.103 (b) สอดท่อรูปอักษร L ที่มีรูเล็ก ๆ ที่ปลายท่อเข้าไปในท่อลมให้ปลายท่ออยู่ในแนวที่อากาศไหล แล้วต่อเข้ากับมาโนมิเตอร์ ความแตกต่างของระดับน้ำในมาโนมิเตอร์จะเป็นค่าความดันสถิตย์ภายในท่อบวกกับความดันเนื่องจากความเร็วของลม นั่นคือ ความดันไดนามิค ความดันที่อ่านจากมาโนมิเตอร์ในกรณีนี้เรียกว่า ความดันรวม

ในภาพที่ 5.103 (c) ต่อท่อรูปอักษร L เข้ากับปลายด้านหนึ่งของมาโนมิเตอร์ท่อรูปอักษร U แล้วต่อปลายอีกด้านหนึ่งเป็นมุมฉากกับผนังของท่อลม ความแตกต่างระหว่างระดับน้ำในมาโนมิเตอร์เป็นความดันรวมที่กดบนน้ำด้านหนึ่ง ลบด้วย ความดันสถิตย์ที่กดบนน้ำอีกด้านหนึ่ง ค่าความแตกต่างที่อ่านได้จึงเป็นความดันไดนามิค ฉะนั้น

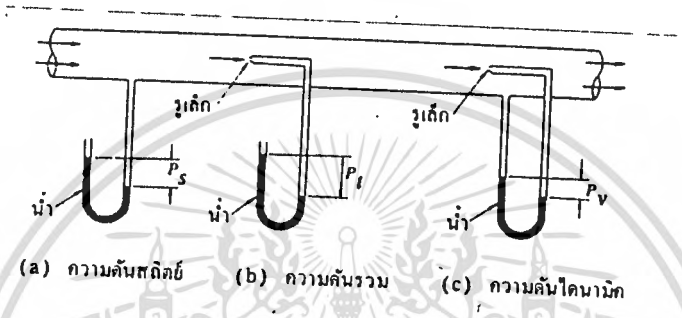
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันรวม mm H_2O = ความดันสถิตย์ mm H_2O + ความดันไดนามิค mm H_2O

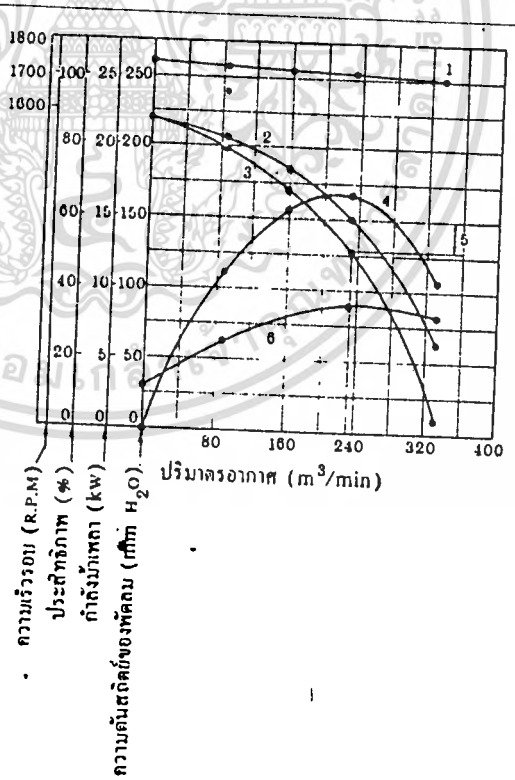
ความดันไดนามิค mmH_2O = $\frac{(\text{ความเร็วลม, m/s})^2 \times (\text{ความถ่วงจำเพาะของอากาศ kg/m}^3)}{(2 \times \text{ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก, } 9.8 \text{ m/s}^2)}$

$= \frac{(\text{ความเร็วลม, m/s})^2}{16.33}$

ความเร็วลม m/s = 4.04 $\sqrt{}$(ความดันไดนามิค, mm H_2O)



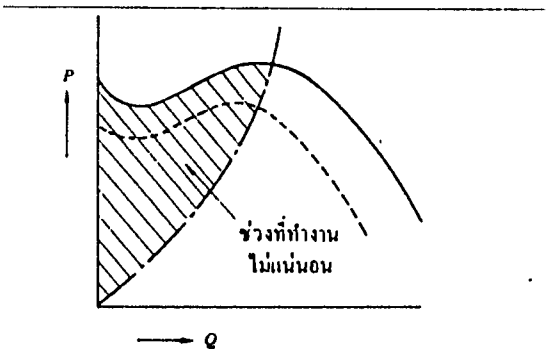
ภาพที่ 5.103 ความดันอากาศ



(1) ความเร็วรอบ R.P.M.
(2) ความดันรวมของพัดลม
(3) ความดันสถิตย์ของพัดลม
(4) ประสิทธิภาพของพัดลม
(5) ความดันไดนามิค
(6) กำลังม้าเพลา (S.H.P.)

ภาพที่ 5.104 แผนภูมสมรรถนะการทำงานของพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.105 คุณลักษณะการทำงานของพัดลมหลายใบ
พร้อมด้วยช่วงที่ทำงานไม่แน่นอน

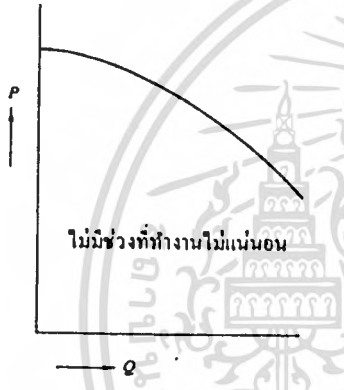
ตารางที่ 5.3 ความดันไดนามิค (ความดันความเร็ว) และความเร็วลม

ความเร็วลม (m/s)	ความดันไดนามิคของลม (mmH_2O)
1.0	0.062
2.0	0.225
3.0	0.542
4.0	0.980
5.0	1.533
6.0	2.205
7.0	3.002
8.0	3.920
9.0	4.962
10.0	6.126
11.0	7.412
12.0	8.821
13.0	10.352
14.0	12.006
15.0	13.783
16.0	15.682

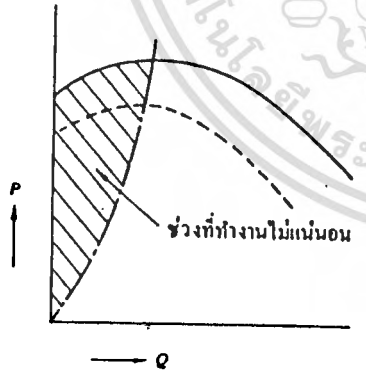
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วลม (m/s)	ความดันไดนามิคของลม (mm H_2O)
17.0	17.70
18.0	19.847
19.0	22.114
20.0	24.503

(ความถ่วงจำเพาะของอากาศ : 120 kg/m^3)



ภาพที่ 5.106 คุณลักษณะการทำงานของพัดลมภาระจำกัด (ไม่มีช่วงที่ทำงานไม่แน่นอน)



ภาพที่ 5.107 คุณลักษณะการทำงานของพัดลมแบบกังหัน (มีช่วงที่ทำงานไม่แน่นอน)

(2) กำลังที่ต้องการสำหรับพัดลม

เมื่ออากาศถูกส่งในอัตรา 1 m^3/min ที่ความดันอากาศ 1 mm H_2O (1 kg/m^2) จะต้องการกำลัง 1 kg.m/min

สำหรับการส่งอากาศต่อเนื่องกันโดยพัดลมที่มีประสิทธิภาพ 100% พัดลมจะต้องการกำลัง 1 kW ในการส่งอากาศในอัตรา 6120 m^3/min ที่ความดันรวม 1 mm H_2O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังเชิงทฤษฎี (กำลังม้าอากาศ) ที่ต้องการในการส่งอากาศจำนวน Q m^3/min ที่ความดัน P_t mm H_2O จะเป็น

$$\text{กำลังม้าอากาศ} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศที่ไหล x ความดันรวม}}{6120} \quad (kW) \quad (1)$$

ถ้าประสิทธิภาพของพัดลมเป็น η

$$\text{กำลังม้าที่ต้องการจริง} = \frac{\text{ปริมาตรอากาศที่ไหล x ความดันรวม}}{6120 \times \text{ประสิทธิภาพ}} \quad (kW) \quad (2)$$

ประสิทธิภาพของพัดลมขึ้นอยู่กับแบบและขนาดของพัดลม ตารางที่ 3.24 แสดงค่าปานกลางเพื่อเป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ

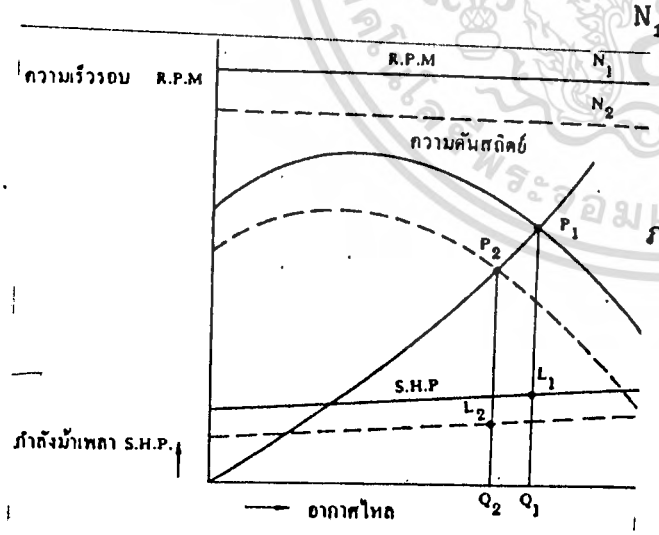
16.4 กฎพัดลม (Fan Law)

คุณลักษณะของพัดลมขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของพัดลม ในช่วง $\pm$ 20 % คุณลักษณะของพัดลมจะเป็นไปตามกลุ่มที่เรียกว่ากฎพัดลม

หัวข้อสำคัญมีดังต่อไปนี้ (ดูภาพที่ 5.108)

1) อัตราการไหลของอากาศเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วรอบของพัดลม

$$Q_2 = Q_1 \times \frac{N_2}{N_1}$$



ภาพที่ 5.108 คุณลักษณะการทำงานเป็นฟังค์ชั่นของความเปรียบเทียบ

2) ความดันลม (ความดันรวม ความดันสถิตย์ และความดันไดนามิค) เป็นสัดส่วนตรงกับความเร็วรอบของพัดลมกำลังสอง

$$P_2 = P_1 \times \left[\frac{N_2}{N_1}\right]^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 6

สภาวะและสิ่งแวดล้อม

6.1 สภาพเมืองและประชากรจังหวัดกรุงเทพมหานคร

6.2 การขนส่งมวลชน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะและสิ่งแวดล้อม

6.1 สภาพเมืองและประชากรจังหวัดกรุงเทพมหานคร [1]

เนื่องจากกรุงเทพมหานครเป็นศูนย์รวมของประเทศทั้งในทางการเมือง การเศรษฐกิจและสังคม มีความก้าวหน้าทางด้านวิชาการและเทคโนโลยีสูง ผู้คนจึงหลั่งไหลเข้ามาอยู่อาศัยประกอบกิจการอาชีพมากขึ้น โดยรัฐบาลและกรุงเทพมหานครยังไม่มีมาตรการที่จะยับยั้งการหลั่งไหลเข้ามาอยู่อาศัยในกรุงเทพมหานคร จึงทำให้ประชากรในเขตกรุงเทพมหานครเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและอยู่กันอย่างแออัดสาธารณูปโภคขยายไม่เพียงพอ เป็นผลให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นต้น ซึ่งนับวันจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาเหล่านี้ให้ทันกับความเจริญเติบโตของท้องถิ่น ซึ่งนอกจากจะแก้ไขเฉพาะหน้าแล้ว ยังจำเป็นต้องวางแผนล่วงหน้าเพื่อลดความรุนแรงของปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้น โดยกรุงเทพมหานครได้กำหนดแนวทางการพัฒนาด้านต่างๆ ดังกล่าวนี้ไว้ในแผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2520-2524) และฉบับที่ 2 (พ.ศ.2525-2529) และฉบับที่ 3 (พ.ศ.2530-2534) เพื่อพัฒนาด้านต่างๆ อย่างต่อเนื่อง

ความเป็นมาของเมืองและการขยายตัวของเมือง [2]

เมื่อพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกทรงสถาปนากรุงเทพมหานครขึ้นเป็นราชธานีเมื่อ พ.ศ.2325 นั้น กรุงเทพมหานครก็มีลักษณะเป็นเมือง โดยสมบูรณ์แต่เป็นรูปเมืองป้อมมีเนื้อที่ 2,589 ไร่ (4.14 ตารางกิโลเมตร) จำนวนประชากรไม่มีหลักฐานชัดเจน ประชาชนอาศัยอยู่ในเขตกำแพงพระนครและริมแม่น้ำลำคลองใกล้เคียงกับกำแพงเมือง นอกจากนั้นก็เป็นที่ลุ่มเป็นป่ารกร้างว่างเปล่า ต่อมาในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ประชากรในเขตกำแพงพระนครคับคั่งมากขึ้น จึงโปรดให้ขยายเมืองออกไปอีกชั้นหนึ่งด้วยการขุดคลองผดุงกรุงเกษมเป็นคูเมืองชั้นนอก มีป้อมปีกกาตั้งอยู่เป็นระยะ ประชาชนจึงแผ่ขยายสร้างบ้านเรือนออกมา มีหลักฐานว่า พ.ศ. 2443 มีประชากรประมาณ 600,000 คนในเนื้อที่ 8,330 ไร่และในรัชกาลสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวนี้ทรงขยายเมืองออก

---

[1] สำนักนโยบายและแผนพัฒนากรุงเทพมหานคร. สำนักพัฒนากรุงเทพมหาคร. ฉบับที่ 3. (พ.ศ.2530-2534) หน้า 89-91

[2] นโยบายและแผนพัฒนากรุงเทพมหานคร, สำนัก. กรุงเทพมหานคร 2527. กรุงเทพ : เอ็มไอซี ครีเอชั่น, 2527 หน้า 1-18, 44-78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยการสร้างพระราชวังดุสิตขึ้นที่ชายสวนต่อกับปลายนาของทุ่งพญาไท มีการตัดถนน วางผังเมืองออกอย่างเป็นระเบียบ จากนั้นประชากรของกรุงเทพมหานครก็เพิ่มจำนวนขึ้นตามลำดับ คือ พ.ศ.2472 เป็น 739,638 คน พ.ศ.2480 เป็น 890,453 คน พ.ศ.2490 เป็น 1,178,881 คน พ.ศ.2500 เป็น 1,831,007 คน พ.ศ.2510 เป็น 3,123,602 คน พ.ศ.2520 เป็น 4,742,774 คน และ พ.ศ.2525 เป็น 5,468,200 คน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าจำนวนประชากรกรุงเทพมหานครเพิ่มจาก 1ล้านคนแรกเป็น 2 ล้านคนในเวลาประมาณ 10 ปี จาก 2 ล้านคนเป็น 3 ล้านคนในเวลาประมาณ 8 ปี จาก 3 ล้านคนเป็น 4 ล้านคนในเวลาประมาณ 7 ปี และจาก 4 ล้านคนเป็น 5 ล้านคนในเวลาประมาณ 5 ปีเท่านั้น ทั้ง ๆ ที่อัตราการเพิ่มสุทธิของประชากรจะลดลงคือจากอัตราเพิ่มร้อยละ 7.06 ต่อปีในระยะ พ.ศ.2500-2510 ลงมาเหลือเพียงร้อยละ 3.1 ในระยะปี 2520-2524

การขยายตัวของเมืองนั้นอาจพิจารณาในแง่ของความหนาแน่น ก็จะเห็นความเติบโตของกรุงเทพมหานครอย่างชัดเจน คือ พ.ศ.2517 มีประชากรหนาแน่น 2,632 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร พ.ศ.2524 มีประชากรหนาแน่น 3,398 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร ความหนาแน่นของประชากรที่เพิ่มขึ้นนี้ ได้สะท้อนถึงการขยายตัวของเมืองในเขตชานเมืองและเขตต่อเมืองอย่างมาก และการขยายตัวของกรุงเทพมหานครอย่างรวดเร็วดังกล่าวส่วนหนึ่งเนื่องมาจากอพยพย้ายถิ่นของประชากร ถ้าพิจารณาจากข้อมูลทะเบียนราษฎรในความหมายอย่างหยาบ ๆ แล้ว จะพบว่าอัตราการย้ายเข้าเฉลี่ยต่อปีในระหว่าง พ.ศ.2517 - 2524 มีถึงร้อยละ 9.27 ในขณะที่อัตราการย้ายออกมีร้อยละ 8.71 โดยเฉลี่ยต่อปี เมื่อรวมกับการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติด้วยแล้ว ประชากรในกรุงเทพมหานครเพิ่มขึ้นเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.62 ต่อปี ในระยะ 8 ปีที่ผ่านมา

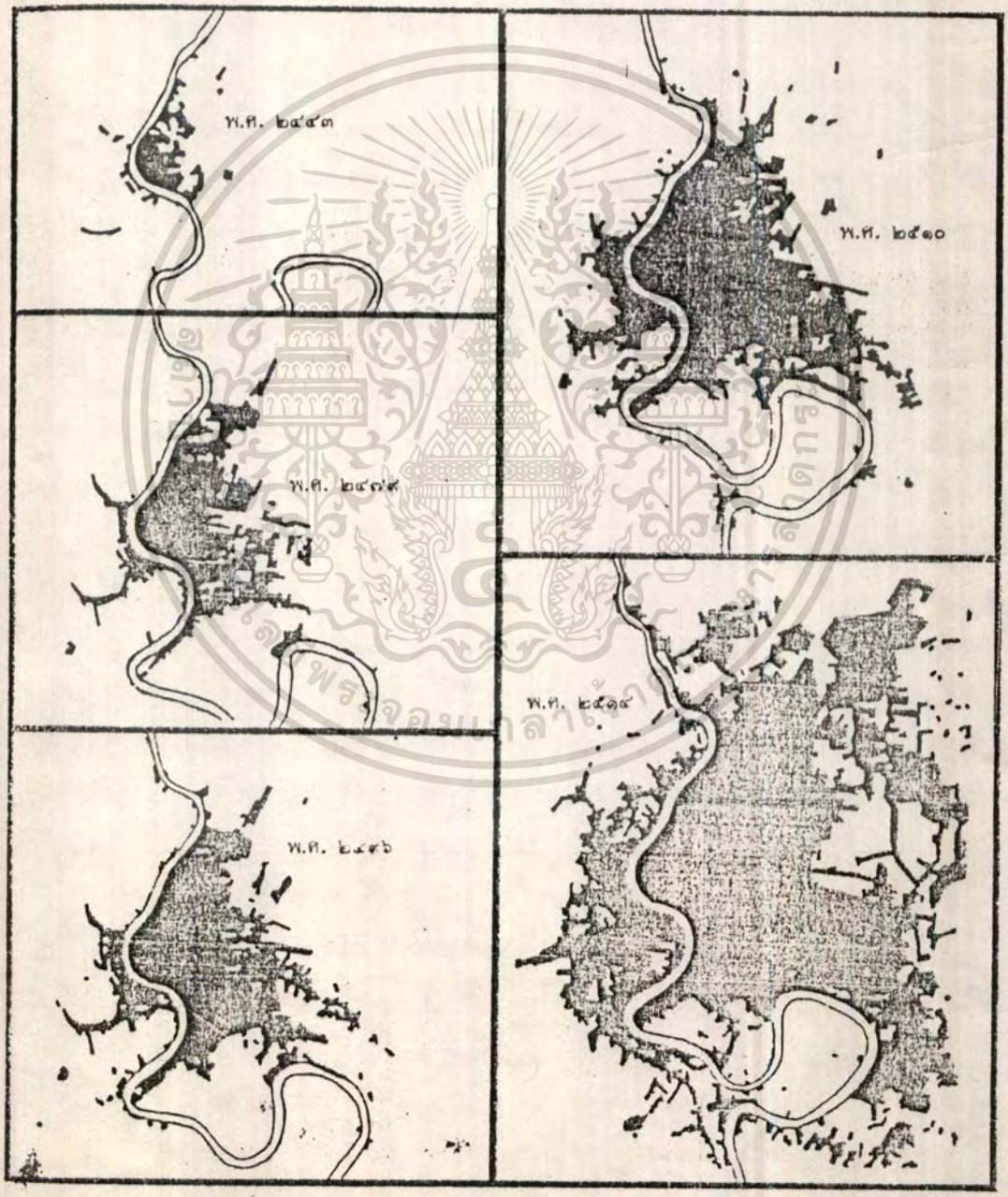
ประชากรของกรุงเทพมหานคร

ประชากรกรุงเทพมหานครในเชิงมหภาค เช่น ด้านการเจริญพันธุ์ เนื่องจากบริการทางแพทย์และสาธารณสุขดีขึ้น การเกิดไร้ชีพจึงลดลงอย่างมาก อัตราการเกิดไร้ชีพต่อประชากร 1,000 คน ได้ลดลงจาก 10.61 ในการเกิดมีชีพก็ลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากผลของการวางแผนครอบครัว คืออัตราการเกิดมีชีพลดลงจาก 26.85 ต่อ 1,000 ใน พ.ศ.2517 เหลือเพียง 20.40 ต่อ 1,000 ใน พ.ศ.2523 ในแง่การตายของทารกแม้มีการผันแปรอยู่บ้างในบางปี แต่ก็มีแนวโน้มว่าลดลงเช่นกัน โดยอัตราการตายของทารกใน พ.ศ.2523 มีเพียง 4.52 ต่อ 1,000 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนของประชากรระหว่างเพศอยู่ในเกณฑ์ปกติและสม่ำเสมอ โดยมีประชากรเพศชายมากกว่าประชากรเพศหญิงเล็กน้อย คืออัตราส่วนเพศของประชากรกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2523 มีค่า 102.9 (ชาย 102.9 คนต่อหญิง 100 คน)

ในขณะที่ประชากรเพิ่มจำนวนบ้านก็เพิ่มด้วย แต่จำนวนคนเฉลี่ยต่อบ้านลดลงไม่น้อย คือจาก 7 คนต่อบ้านใน พ.ศ.2517 เหลือ 6.3 คนต่อบ้านใน พ.ศ.2524 โดยจำแนกออกได้ดังนี้ จำนวนคนต่อบ้านในเขตเมือง 7.4 คน ในเขตชานเมือง 6 คน และเขตต่อเมือง 5.4 คน



แผนที่ ... แสดงการขยายตัวของกรุงเทพมหานครในระยะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การขนส่งมวลชน [1]

ระบบการขนส่งมวลชนเป็นงานสาธารณูปโภคที่สำคัญยิ่งของชาวเมือง ที่จะทำให้ประชากรมีการเดินทางไปประกอบกิจการงานโดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันในเขตกรุงเทพมหานครมีระบบขนส่งมวลชนอยู่เพียง 2 อย่าง คือ รถยนต์โดยสารประจำทาง และเรือโดยสารในแม่น้ำเจ้าพระยา และเรือโดยสารข้ามฝั่งแม่น้ำ กิจการเรือโดยสารยังมีไม่มาก และเรือข้ามฝั่งแม่น้ำซึ่งมีประโยชน์มากเท่ากับเป็นเส้นลัดในการเดินทาง ก็ยังไม่มีผู้รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลไว้เป็นเรื่องราว จึงขอผ่านไปกล่าวถึงแต่เรื่องรถยนต์โดยสารประจำทาง

จากเอกสารซึ่งจัดทำเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ.2525 เรื่อง แผนงานแก้ไขปรับปรุงการบริหารงานขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ เพื่อเสนอต่อคณะรัฐมนตรีเก็บความได้ว่า การประกอบกิจการรถยนต์โดยสารประจำทางเดิมดำเนินการโดยบริษัทเอกชน 24 บริษัท รัฐบาลขณะนั้นจึงได้พิจารณาว่าการประกอบการดังกล่าวเป็นงานสาธารณูปโภคไม่ควรมุ่งผลกำไร แต่ควรสร้างความสะดวก ปลอดภัย ประหยัด และมีระเบียบ รัฐบาลจึงได้รวมกิจการรถยนต์โดยสารประจำทางของเอกชนทั้งหมดเป็นบริษัทเดียว คือ บริษัทมหานครขนส่ง จำกัด เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2518 เป็นรัฐวิสาหกิจในรูปบริษัทจำกัด ต่อมาอีก 1 ปี จึงมีพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ พ.ศ.2519 (ขสมก.) รับโอนกิจการจากบริษัทเดิมมาดำเนินการ

ภารกิจของ ขสมก. มีอยู่ 2 ประการ คือ ประกอบการขนส่งบุคคลในกรุงเทพมหานคร และระหว่างกรุงเทพมหานครกับจังหวัดนครปฐม จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร กับประกอบการอื่นที่เกี่ยวกับหรือต่อเนื่องกับการประกอบการขนส่งบุคคล ในแต่ละวันจะมีผู้ใช้บริการขององค์การประมาณ 2.56 ล้านคนหรือประมาณ 5.13 ล้านเที่ยว

ผลการดำเนินงานในปัจจุบัน จำนวนรถยนต์โดยสาร เป็นรถธรรมดา 4,912 คัน แต่ออกวิ่งประจำวันเฉลี่ย 3,632 คัน หรือร้อยละ 73.94 รถปรับอากาศ 662 คัน ออกวิ่งประจำวันเฉลี่ย 429 คัน หรือร้อยละ 64.80 รวมมีรถ 5,574 คัน ออกวิ่งประจำวันเฉลี่ย 4,061 คัน หรือร้อยละ 72.86 รถจำนวนดังกล่าวเป็นรถขององค์การเอง 3,314 คัน เช่ามาวิ่ง 1,640 คัน และเป็นรถเอกชนวิ่งร่วมบริการ 620 คัน โดยพนักงานขับรถเป็นของเอกชน พนักงานอื่น ๆ เป็นขององค์การ

---

[1] นโยบายและแผน, สำนัก. กรุงเทพมหานคร 2527. รด. หน้า 15-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์การมีเส้นทางเดินรถในกรุงเทพมหานครและกับจังหวัดใกล้เคียง 5 จังหวัดดังกล่าวรวม 135 สาย การบังคับบัญชาแบ่งความรับผิดชอบออกเป็น 11 เขตการเดินรถ มีสำนักงานใหญ่เป็นผู้ควบคุมการปฏิบัติการเดินรถ 3 กอง และมีเส้นทางเดินรถในความรับผิดชอบประมาณเขตละ 10 สาย

ปัญหาการจราจร [1]

ประชาชนในกรุงเทพมหานครประสบปัญหาการจราจรติดขัดคับคั่งแออัดแทบทุกบริเวณในเมือง เนื่องจากแหล่งงานส่วนใหญ่อยู่ในเมือง ในขณะที่บริเวณที่อยู่อาศัยอยู่นอกเมือง นอกจากนี้การขยายตัวออกจากศูนย์กลางยังมีลักษณะไม่สมดุลย์ คือแหล่งที่อยู่อาศัยของประชากรส่วนใหญ่ พัฒนาไปตามแนวถนนหลักทางทิศตะวันออก และทิศเหนือเส้นทางการเข้ามาทำงานที่สะดวกตามถนนจึงมีระยะยาว และใช้เวลามากปัญหาการจราจรที่ร้ายแรงที่สุดคือปัญหาการจราจรติดขัด บริเวณหลักที่มีปัญหารถติดคือบริเวณที่ล้อมรอบด้วย ถนนกรุงเกษม ถนนเพชรบุรี ถนนวิทยุ ถนนสาธรใต้ไปจรดถนนเรียบฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา นอกจากนี้คือถนนสายหลักที่พุ่งกระจายออก ได้แก่ ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ ถนนสุขุมวิท ถนนพระรามสี่ พหลโยธิน วิภาวดีรังสิต ประชาธิปก ตากสิน เพชรเกษม และจรัญสนิทวงศ์ ระบบถนนและปริมาณการจราจรของกรุงเทพ มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่สมดุลย์กัน คือถนนเพิ่มขึ้นน้อยมาก และปัจจุบันถนนในกรุงเทพฯ มีความยาวประมาณ 2,785 กิโลเมตร ในขณะที่รถยนต์ส่วนบุคคลเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 35,000 คัน ซึ่งคาดว่าในปี พ.ศ. 2534 จะมีรถยนต์ส่วนบุคคลประมาณ 669,000 คันทำให้การจราจรติดขัดในบริเวณศูนย์กลางธุรกิจของกรุงเทพมหานครอัตราความเร็วของรถเหลือเพียง 13-15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่านั้น

ปัญหาการขนส่งมวลชน

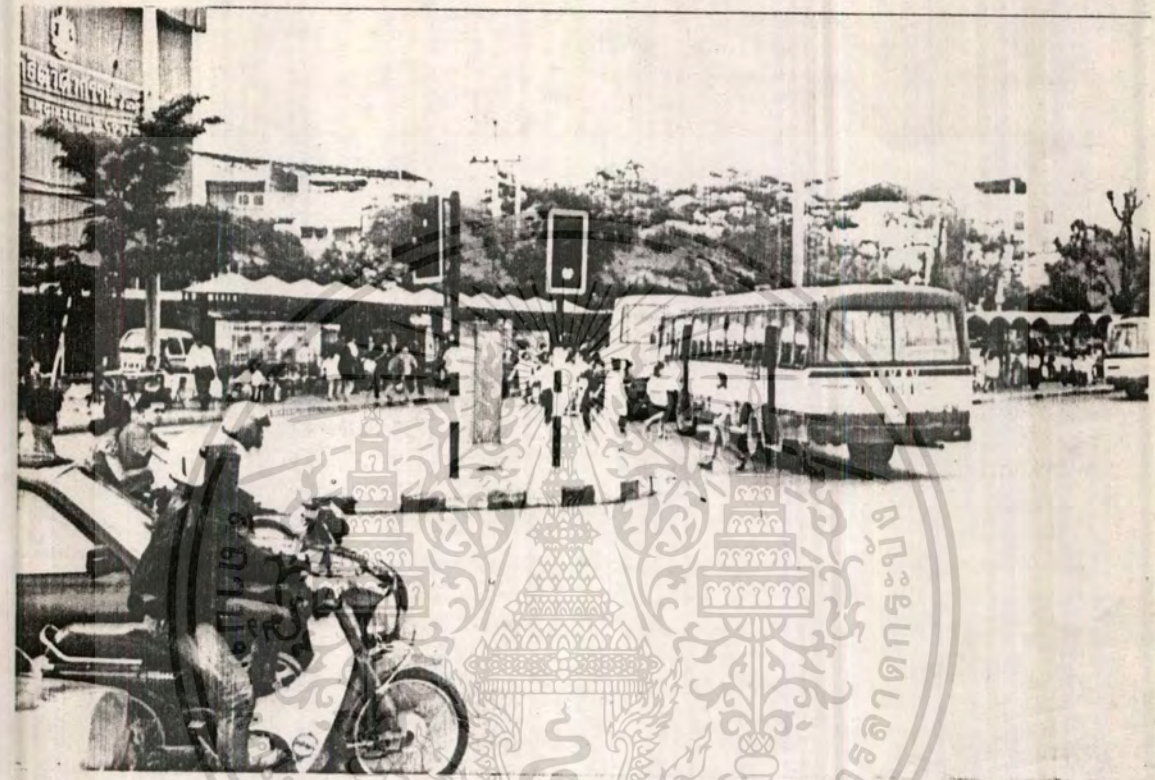
เป็นปัญหาที่เกี่ยวพันกับการจราจรอีกอย่างหนึ่งของกรุงเทพมหานคร ประชากรประมาณ 80 % ใช้บริการรถสาธารณะ และ 60 % ใช้บริการรถ ขสมก. ยังมีปริมาณไม่เพียงพอและมีอัตราการเพิ่มคุณภาพและปริมาณของการบริการไม่รวดเร็วเท่ากับการเพิ่มของประชากรผู้ใช้บริการ ทำให้ผู้ใช้บริการรถประจำทาง ต้องใช้เวลายืนคอยรถประจำทางมากพอสมควร และยังต้องโดยสาร

---

[1] นโยบายและแผนพัฒนากรุงเทพมหานคร, สำนัก. แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร. ฉบับที่ 3. รด. หน้า 89-91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถประจำทางอย่างอืดอัดยัดเยียด แย่งอากาศหายใจที่ไม่บริสุทธิ์จากปัญหารถติด ซึ่งหากยังไม่มีการแก้ไขแล้ว คาดว่ามีแนวโน้มที่ทำให้ประชากรหันไปใช้รถส่วนตัวกันมากขึ้น ซึ่งล้วนแต่จะเป็นภาระต่อการจราจรมากทวียิ่งขึ้น แต่การพัฒนากิจการขนส่งมวลชนขณะนี้อยู่นอกเหนือหน้าที่ของกรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 6.1 รถโดยสารประจำทางของ ขสมก.

เปรียบเทียบจำนวนประชากร ความหนาแน่น อัตราการเพิ่มตามธรรมชาติ และการย้ายถิ่นสุทธิ ระหว่างประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร พ.ศ. ๒๓๒๕-๒๕๒๘

ตารางที่ 6.1

พ.ศ.	ประเทศไทย					กรุงเทพมหานคร				
	จำนวน (คน)	ความหนาแน่นของประชากร คน/ตร.กม.	อัตราการเพิ่มของประชากร (%) เปรียบเทียบกับปีที่ผ่านขึ้นไป	อัตราการเพิ่มตามธรรมชาติ (%)	การย้ายถิ่นสุทธิ (%)	จำนวน (คน)	ความหนาแน่นของประชากร คน/ตร.กม.	อัตราการเพิ่มของประชากร (%) เปรียบเทียบกับปีที่ผ่านขึ้นไป	อัตราการเพิ่มตามธรรมชาติ (%)	การย้ายถิ่นสุทธิ (%)
๒๓๒๕	๔,๓๐๐,๐๐๐	๘	–	–	–	๑๘๕,๐๐๐	๑๑๗	–	–	–
๒๔๒๕	๖,๗๐๐,๐๐๐	๑๓	๐.๔๖	–	–	๒๔๐,๐๐๐	๒๑๗	๐.๖๑	–	–
๒๔๕๓	๗,๑๔๔,๔๘๗	๑๖	๐.๖๕	–	–	๔๔๐,๐๐๐	๒๗๐	๐.๘๓	–	–
๒๔๖๒	๙,๒๐๗,๑๔๕	๑๗	๑.๙๗	–	–	๕๐๔,๗๘๖	๓๒๔	๒.๐	–	–
๒๔๗๒	๑๑,๕๐๖,๒๐๗	๒๒	๒.๒	๒.๒	๐	๗๑๓,๑๔๔	๔๕๕	๓.๔๔	๒.๒	๑.๒๔
๒๔๘๐	๑๔,๕๖๔,๑๐๕	๒๗	๒.๔	๒.๖๒	๐.๒๗	๗๔๐,๔๕๓	๕๖๗	๒.๘๑	๑.๙๔	๐.๘๗
๒๔๙๐	๑๗,๔๔๒,๖๘๔	๑๔	๑.๔	๒.๔๗	-๐.๔๗	๑,๑๗๔,๘๘๑	๗๕๖	๒.๘๕	๑.๗๒	๑.๑๓
๒๕๐๓	๒๖,๒๕๗,๙๑๖	๕๑	๓.๒	๓.๐๙	๐.๑๑	๒,๑๑๖,๔๓๕	๑,๓๖๒	๔.๖๔	๓.๔๗	๐.๗๑
๒๕๑๓	๑๙,๑๗๗,๑๗๔	๖๗	๒.๗	๒.๖๑	๐.๐๙	๓,๐๗๗,๙๖๑	๑,๙๖๒	๓.๗๒	๓.๙๗	๐.๒๕
๒๕๒๓	๔๔,๒๗๔,๐๐๐	๘๖	๒.๕๖	๒.๕	๐.๐๖	๔,๗๑๑,๐๐๐	๓,๐๐๓	๔.๑๕	๓.๕	๐.๙๕
*๒๕๒๘	๕๗,๖๙๗,๔๘๑	๙๓	๑.๕	๑.๕	๐	๕,๕๖๑,๑๔๐	๓,๔๘๑	๑.๐	๑.๕	๑.๕

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 7
พฤติกรรมผู้ใช้

7.1 ข้อมูลทั่วไป

7.2 จิตวิทยา

7.3 กายวิภาคศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

7.1 ข้อมูลทั่วไป
พฤติกรรมการโดยสารรถประจำทาง

จำนวนผู้โดยสารรถประจำทางจะมีความหนาแน่นสูงในช่วงเช้าและเย็น อัตราเฉลี่ยผู้โดยสารยืน 4 คนต่อผู้โดยสารนั่ง 1 คน ในกลุ่มผู้โดยสารยืนจะมีการยืนแบ่งเป็น 3 แถว ในส่วนกลางรถโดยสาร ช่วงหน้ารถและประตูหน้าส่วนใหญ่เป็นผู้โดยสารหญิง ส่วนช่วงท้ายรถและประตูหลังส่วนใหญ่จะเป็นผู้โดยสารชาย ช่วงที่เกิดการเบียดเสียดยัดเยียดมากที่สุดคือขณะที่มีผู้โดยสารส่วนกลางรถจะลงจากรถโดยสารคันดังกล่าว การโหนรถประจำทาง จะใช้มือโหนราวที่ติดหลังคารถหรือจับราวหลังพนักพิงเบาะนั่ง ในกรณีที่ผู้โดยสารมีความสูงน้อยหรือผู้หญิงและเด็ก ส่วนมือข้างที่เหลืออาจจะถือของ ประคองกระเป๋า หรือโหนราวทั้ง 2 มือ กรณีที่เกิดมลภาวะมากที่สุดคือ ขณะที่รถติด หรือติดไฟแดง เป็นผลให้อากาศไม่เข้าตามช่องอากาศกลางหลังคา และหน้าต่าง ซึ่งระดับหน้าต่างจะต่ำกว่าระดับจมูก คือ อยู่ระดับขาถึงหน้าอกของผู้โดยสารยืน ทำให้อากาศหมุนเวียนไม่เพียงพอ และกรณีที่รถติดขัดหรือตามทางแยกจะมีรถยู่จำนวนมากซึ่งจะพ่นไอเสียออกมามาก ในช่วงรถติด เพราะมีการเครื่องเป็นจังหวะเพื่อให้รถเลื่อนไปตามจังหวะของการขยับรถของคันที่อยู่ข้างหน้า ซึ่งจะไปอย่างช้า ๆ แต่พ่นไอเสียออกมามาก และในกรณีรถทางแนวตัดถนนที่ปล่อยจากสัญญาณไฟเขียวจะทำการเร่งเครื่องเพื่อออกจากจุดที่จอดรอสัญญาณ เป็นผลให้มีการปล่อยไอเสียมากเช่นกัน จึงเกิดภาวะมลพิษจากไอเสียจำนวนค่อนข้างมาก และไม่มีการถ่ายเทอากาศเท่าที่ควร ประกอบกับสภาพความเบียดเสียดกันภายในรถโดยสาร ก่อให้เกิดความร้อนอบอ้าวและเหงื่อไคล ก่อความรำคาญแก่ผู้โดยสาร และหากมีกลิ่นตัว และกลิ่นน้ำมันผสมเข้าด้วยอีกทาง ส่วนผู้โดยสารนั่งส่วนใหญ่จะหลับเนื่องจากความมืนงงและอ่อนเพลียจากการได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอและรับเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าไป

สภาพการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าของผู้โดยสาร ในกลุ่มผู้โดยสารที่มีการเตรียมพร้อมจะใช้ยาดม หรือสารหอมระเหยสำหรับสูดดม เพื่อกระตุ้นระบบประสาทให้ตื่นตัว ให้รู้สึกสดชื่นและดับกลิ่นเหม็นต่าง ๆ หรือผู้โดยสารบางคนอาจใช้ผ้าเช็ดหน้าปิดปากและจมูกเพื่อกรองฝุ่นควันที่โชยเข้ามาในรถโดยสาร ส่วนผู้โดยสารที่ไม่ได้เตรียมพร้อมพบว่า มีการใช้กระดาษหรือวัสดุแผ่น พัดอากาศให้เคลื่อนที่หมุนเวียน และทำให้รู้สึกเย็นบ้าง และบางคนอาจมีการชโงกหน้าออกไปทางหน้าต่างเพื่อรับอากาศนอกตัวรถโดยสาร แต่อากาศภายนอกก็มีส่วนผสมของฝุ่นควันอยู่มากเช่นกัน

กรณีการโดยสารรถโดยสารประจำทางในฤดูฝนหรือขณะฝนตก ซึ่งปริมาณของมลสารในอากาศจะลดลง เนื่องจากการชะล้างของน้ำฝน แต่ปัญหาที่ตามมาคือการปิดประตูหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถโดยสารเพื่อป้องกันฝนสาดเข้ามา เป็นผลให้อากาศไม่พอหายใจ และเกิดความร้อนอบอ้าวเป็นอย่างมาก

ในกลุ่มผู้โดยสารรถประจำทางแบบปรับอากาศ ซึ่งจะหลีกเลี่ยงปัญหาฝุ่นควันไอเสียรถยนต์ และความร้อนอบอ้าวจากจำนวนผู้โดยสารที่แออัด แต่ในห้องผู้โดยสารรถปรับอากาศนั้นอากาศภายในห้องจะเป็นอากาศเดิมที่มีการหมุนเวียนผ่านเครื่องทำความเย็นเป็นส่วนมาก จึงทำให้รู้สึกหายใจฝืด แน่นหน้าอก เนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่ใช้หายใจมีไม่เพียงพอในกรณีที่มีผู้โดยสารแออัด

การแก้ปัญหาอากาศไม่มีการถ่ายเทนั้น ทางองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ ได้มีการติดตั้งพัดลมขนาดเล็กบนรถโดยสารประจำทางประเภทสีแดงนั้น จุดที่ช่วยได้บ้างนั้นก็คือ จุดใกล้กับพัดลมเท่านั้น และเป็นการทำให้อากาศหมุนเวียนแต่มิได้เพิ่มปริมาณของออกซิเจนเพื่อการหายใจ อีกทั้งการติดตั้งพัดลมดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เพราะเริ่มมีการชำรุดหรือเสื่อมสมรรถภาพหลังจากติดตั้งได้ไม่นาน

สรุปได้ว่า สภาวะการขาดออกซิเจนหรือพร่องออกซิเจนจะเกิดขึ้นบนรถโดยสารประจำทาง เนื่องจากการถ่ายเทอากาศมีน้อย เพราะมีจำนวนผู้โดยสารที่แออัด สภาวะการปล่อยควันเสียของรถยนต์โดยรอบขณะรถหยุดหรือเคลื่อนไหวช้า ๆ และการปิดหน้าต่าง ประตูและช่องอากาศในช่วงฤดูฝน หรือภายในรถปรับอากาศ กลุ่มผู้โดยสารที่ช่วยเหลือตนเองได้น้อยและประสบปัญหามากที่สุดคือผู้โดยสารยืนในสภาพที่มีผู้โดยสารแออัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหายใจ

RESPIRATION

การหายใจคืออะไร [1] การหายใจหมายถึงการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิตซึ่งอาจเป็นสัตว์หรือพืชก็ได้ แต่ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะการหายใจในสัตว์เท่านั้น

เซลล์ของสัตว์ทุกชนิดมีความต้องการก๊าซ O_2 ในการสันดาปอาหารเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานที่จะนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ขณะเดียวกันปฏิกิริยาสันดาปอาหารจะก่อให้เกิดก๊าซ CO_2 ออกมา ซึ่งเป็นก๊าซที่ไม่มีประโยชน์ต่อเซลล์และจำเป็นต้องถูกกำจัดทิ้ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเวลาที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่เซลล์จะต้องรับ O_2 และถ่ายเท CO_2 ออกสู่สิ่งแวดล้อม สำหรับสัตว์เซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ที่มีโครงสร้างอย่างง่าย ๆ การแลกเปลี่ยน O_2 และ CO_2 ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมสามารถเกิดขึ้นได้โดยตรงด้วยกระบวนการแพร่ธรรมดา (Simple diffusion) ส่วนสัตว์ชั้นสูงรวมทั้งมนุษย์มีจำนวนเซลล์มากมายและมีโครงสร้างสลับซับซ้อนจำเป็นต้องมีวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการนำส่ง O_2 และ CO_2 ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมโดยมีการพัฒนาอวัยวะส่วนหนึ่งขึ้นมาทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ เช่น เหงือกสำหรับสัตว์น้ำ และปอดสำหรับสัตว์บก นอกจากนี้การหายใจยังต้องอาศัยการทำงานของระบบกล้ามเนื้อเพื่อช่วยในการถ่ายเทของน้ำผ่านเหงือกหรือการถ่ายเทอากาศเข้าและออกจากปอด ระบบไหลเวียนของโลหิตเพื่อช่วยขนส่ง O_2 จากปอดไปยังเซลล์และ CO_2 จากเซลล์มายังปอด และระบบประสาทซึ่งช่วยในการควบคุมการหายใจให้สอดคล้องกับความต้องการของร่างกายในสภาวะต่าง ๆ

การหายใจ [2] คือ การแลกเปลี่ยนอากาศที่ถ่ายเทออกมากับอากาศภายนอกที่มีอยู่รอบตัว จำนวนของอากาศออกจากปอดและเข้าสู่ปอดขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดันภายในปอดและความดันของอากาศภายนอก

External respitation หมายถึงการแลกเปลี่ยนของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดอ็อกไซด์ ในถุงลมของปอด และในกระแสโลหิต

---

[1] ชุมพล ผลประมูล, ดร. และคณะ. " ระบบหายใจ " วิทยาศาสตร์ชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ: บริษัท นวกนก จำกัด, 2528 หน้า 118-156

[2] เกศินี เห็นพิทักษ์. " การหายใจ " หลักการพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ: ไทยเกษม, 2523 หน้า166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Internal respiration คือการแลกเปลี่ยนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในกระแสโลหิตและในเซลล์ของร่างกาย

การหายใจมีสองชนิดใหญ่ ๆ คือ

Thoracic respiration คือการหายใจที่ใช้กล้ามเนื้อของช่องอกเป็นส่วนใหญ่

Abdominal respiration คือการหายใจที่ใช้กล้ามเนื้อหน้าท้องช่วย

กระบวนการหายใจในปอด [1]

วัตถุประสงค์ของการหายใจคือการนำก๊าซ O_2 จากบรรยากาศไปยังเซลล์ต่าง ๆ และกำจัดก๊าซ CO_2 จากเซลล์ออกสู่บรรยากาศ อากาศในถุงลมจึงจำเป็นต้องมีการถ่ายเทหลังจากการแลกเปลี่ยนก๊าซกับโลหิตแล้ว เพื่อนำเอาอากาศบริสุทธิ์ที่มีความดันย่อยของ O_2 สูงออกมา การหายใจประกอบด้วยจังหวะของการหายใจเข้า (inspiration) และจังหวะของการหายใจออก (Expiration) เกิดสลับต่อเนื่องกันไป ปกติเราจะหายใจประมาณ 10-12 ครั้งต่อนาที ด้วยปริมาณของอากาศประมาณ 0.4-0.5 ลิตร ซึ่งเท่ากับการเกิดการถ่ายเทของอากาศในปอดประมาณ 4-6 ลิตรต่อนาที ต่อไปนี้จะมาวิเคราะห์ถึงกลไกและองค์ประกอบต่าง ๆ ทางกลศาสตร์ในการเกิดการถ่ายเทอากาศในปอด

กลไกของการหายใจ

เนื่องจากอากาศมีสมบัติคล้ายน้ำอยู่ประการหนึ่งคือไหลจากบริเวณที่มีความดันสูงไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำ ดังนั้นอากาศจะเข้าสู่ปอดได้ก็ต่อเมื่อความดันภายในปอดต่ำกว่าความดันภายนอก ในทางตรงกันข้ามอากาศจะออกจากปอดได้ก็ต่อเมื่อภายในปอดจะต้องมีความดันสูงกว่าภายนอก อากาศอาจเข้าสู่ปอดได้โดย 2 วิธี คือ

1. ทำให้ความดันภายในปอดต่ำกว่าความดันภายนอก ซึ่งเป็นวิธีที่เกิดขึ้นจริง ๆ ตามธรรมชาติในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมทั่วไป เราอาจเรียกวิธีการหายใจแบบนี้ว่า **การหายใจแบบความดันลบ** (Negative Pressure Breathing) เครื่องช่วยหายใจที่ใช้หลักการนี้ได้แก่ปอดเหล็กซึ่งปัจจุบันเลิกนิยมใช้กันแล้ว

---

[1] ชุมพล ผลประมูล, ดร. และคณะ. " ระบบหายใจ " วิทยาศาสตร์ชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ บริษัท นวกนก จำกัด, 2528 หน้า 124-127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำให้ความดันภายนอกสูงกว่าความดันบรรยากาศและสูงกว่าความดันภายในปอดขณะพัก วิธีนี้เราเรียกว่า **การหายใจแบบความดันบวก** (Positive Pressure Breathing) เช่นในกรณีที่เราใช้เครื่องสูบอัดอากาศเข้าไปในปอด ในปัจจุบันเครื่องช่วยหายใจส่วนใหญ่ใช้หลักการนี้ทั้งนั้น

การทำงานของระบบหายใจ [1]

ระบบหายใจ เป็นระบบหนึ่งที่สำคัญของร่างกาย ทำหน้าที่เพื่อให้ร่างกายดำรงไว้ซึ่งความสมดุลโดยทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ นำก๊าซจากบรรยากาศซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกายที่มีออกซิเจนสู่ภายในร่างกาย เพื่อทำปฏิกิริยาสันดาปกับอาหารให้พลังงาน สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกาย และนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาดังกล่าวขับออกจากร่างกายสู่บรรกาศ นอกจากนี้ระบบหายใจยังช่วยรักษาสมดุลของร่างกายโดยช่วยควบคุมภาวะความเป็นกรดด่างของร่างกายให้อยู่ในระดับปกติด้วย

การทำงานของระบบหายใจ จะสัมพันธ์เกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด เพื่อนำออกซิเจนไปสู่เนื้อเยื่อ และนำคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อสู่ถุงลม และเกี่ยวข้องกับระบบประสาทที่ควบคุมการหายใจ ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ รวมทั้งช่องทรวงอก ดังนั้นถ้ามีความผิดปกติที่ระบบหายใจและระบบดังกล่าว จะเป็นสาเหตุนำไปสู่ภาวะการหายใจวายเฉียบพลันได้ เพื่อให้เข้าใจภาวะการหายใจวายอย่างเฉียบพลันและการพยาบาลผู้ป่วยได้ดีขึ้นควรทราบกลไกการทำหน้าที่ของระบบหายใจเป็นพื้นฐานก่อนระบบหายใจ

ระบบหายใจ ทำหน้าที่หายใจหรือระบายอากาศ (Ventilation) โดยการหายใจเข้านำอากาศจากบรรยากาศเข้าสู่ปอด และการหายใจออกขับคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศและทำหน้าที่เกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Gas Exchange) ระหว่างปอดกับเลือด คือ ให้ออกซิเจนแก่เลือดเพื่อไปเลี้ยงเนื้อเยื่อ ใช้ในการเผาผลาญและรับคาร์บอนไดออกไซด์จากเลือดสู่ถุงและขับออกโดยการหายใจออก

การหายใจหรือการระบายอากาศ จะนำอากาศจากบรรยากาศผ่านทางเดินหายใจเข้าสู่ปอด ซึ่งเป็นส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซโดยผ่านระบบทางนำอากาศ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ทางเดินหายใจส่วนบน และทางเดินหายใจส่วนล่าง ทางเดินหายใจส่วน

---

[1] อรสา พันธ์ภักดี. และคณะ. " การทำงานของระบบหายใจ " กรณีเลือกสรรการพยาบาลฉุกเฉินและวิกฤต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ หจก.น่ำกังการพิมพ์, 2529 หน้า 240-252

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนประกอบด้วย จมูก ฟาริงซ์ (Pharynx) ลาริงซ์ (Larynx) และอีปีกลอตตีส (Epiglot tis) หน้าที่ของทางเดินหายใจส่วนบน จะนำอากาศไปสู่ทางเดินหายใจส่วนล่าง ป้องกันทางเดินหายใจส่วนล่างจากสิ่งแปลกปลอมที่จะตกเข้าไป และทำให้อากาศที่หายใจเข้าไปอุ่น ได้รับการกรองและมีความชื้น ดังนั้น ผู้ป่วยที่ใส่ท่อหลอดลม หรือเจาะคอเพื่อใส่ท่ออากาศผ่านตามท่อจะขาดความอุ่น การกรองและความชื้น เยื่อบุทางเดินหายใจจึงแห้ง การกำจัดเชื้อโรคลดลงทำให้เกิดการติดเชื้อได้ง่าย ส่วนทางเดินหายใจส่วนล่างหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Trwacheobroncheal tree ประกอบด้วย หลอดคอ (Trachea) แขนงใหญ่ของหลอดลมปอด (Main Stem of Bronchus) ถึงแขนงย่อยของหลอดลมปอดส่วนปลาย (Terminal of Bronchiole) ซึ่งจะติดต่อกับถุงลม เป็นเนื้อปอด (Lung Parenchyma) ส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ ถุงลมมีพื้นที่ผิวทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซกว้างมากประมาณ 70 - 80 ตารางเมตร แต่ละหน่วยของถุงลมจะมีหลอดเลือดฝอยมาเลี้ยง เพื่อทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างหลอดเลือดกับถุงลม หน้าที่สำคัญของทางเดินหายใจส่วนล่างคือ การนำอากาศผ่านหลอดลมต่าง ๆ เข้าสู่ถุงลม จะเห็นว่าหลอดลมมีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ และแยกออกเป็นแขนงย่อย ๆ มีเส้นประสาท ระบบน้ำเหลือง หลอดเลือดแดงมาเลี้ยงรอบ หลอดลม นอกจากนี้ทางเดินหายใจส่วนล่างจะมีระบบป้องกันตนเองคือ มี Mucous Blanket ซึ่งสร้างโดย Globlet ที่คาดอยู่ที่ทางเดินหายส่วนล่าง จะหลั่งสารมูกออกมาคอยจับกับสิ่งแปลกปลอมที่ตกเข้ามาในทางเดินหายใจส่วนล่าง และมี Cilia โบกพัดขึ้นมาข้างบนถึงปาก แล้วไอออกมาหรือกลืนลงท้อง ปกติจะหลั่งสารมูกประมาณ 100 มิลลิลิตรต่อวัน ถ้ามีการระคายเคือง เช่นคนที่สูบบุหรี่ มีหลอดลมอักเสบเรื้อรัง Globlet cell จะถูกกระตุ้น หลั่งสารมูกออกมามากกว่าปกติ และถูกกำจัดออกโดยการไอ จึงพบว่าผู้ป่วยหลอดลมอักเสบมีอาการไอเรื้อรัง นอกจากนี้ยังมี Mucociliary จะคอยกำจัดสิ่งแปลกปลอมโดยการโบกพัดขับสิ่งแปลกปลอมออกจากทางเดินหายใจส่วนล่างด้วย ถ้ามีภาวะเลือดขาดออกซิเจน (Hypoxemia) ขาดน้ำ หรือสูบบุหรี่และควันพิษ จะทำให้หน้าที่ของ Cilia เสียไป ซึ่งจะมี Macrophage ทำหน้าที่ช่วยจับกินเชื้อโรคได้อีกทางหนึ่ง และหน้าที่สำคัญของทางเดินหายใจส่วนล่างคือ การสร้าง Surfactant ที่ช่วยลดแรงตึงผิวของน้ำที่คาดอยู่ในถุงลมทำให้ถุงลมไม่แฟบเวลาหายใจออก ถ้าขาดสาร surfactant ปอดจะยืดขยายได้มาก จะต้องใช้แรงดันมากขึ้นที่จะทำให้ถุงลมขยาย(Compliance ลดลง)

การทำหน้าที่ของระบบหายใจ

การทำหน้าที่ของระบบหายใจมี 3 ลักษณะ คือ การระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนก๊าซและการรักษาดุลกรดด่างของร่างกาย

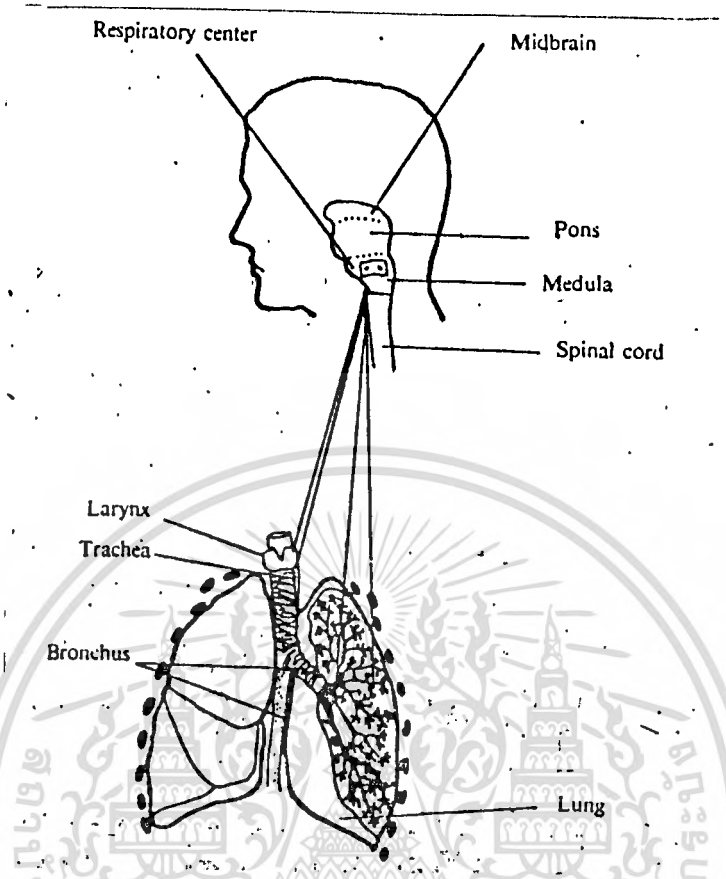
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายอากาศ เป็นกลไกการหายใจที่ประกอบด้วย การหายใจเข้าและการหายใจออก ซึ่งมีปัจจัยที่ควบคุมการหายใจอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น (Hyprcapnic Drive) ความเป็นกรดด่างในเลือด (พีเอช) ระดับออกซิเจนที่ต่ำ (Hypoxic Drive) และอื่น ๆ เช่น การออกกำลังกาย อุณหภูมิ อารมณ์ และความเจ็บปวด เป็นต้น

การหายใจเข้า เป็นการทำงานประสานกันระหว่างระบบประสาท และกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการหายใจคือ เมื่อมีสารเคมีในร่างกายที่สำคัญคือ **คาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดสูงขึ้น** ทำให้พีเอชเป็นกรดและน้ำหล่อไขสันหลัง (CSF) เป็นกรดด้วย ความเป็นกรดนี้จะไปกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจใน medulla (ดังภาพที่ 7.1) ซึ่งเป็น Central Chemoreceptor ที่มีศูนย์ควบคุมการหายใจเข้าและศูนย์ควบคุมการหายใจออก ศูนย์ควบคุมการหายใจเข้าถูกกระตุ้น จะส่งคลื่นกระแสประสาทไปตาม Phrenic Nerve ที่ควบคุมการหดรัดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อยึดซี่โครงด้านนอกจะหดตัว ทำให้ปริมาตรช่องทรวงอกขยายตัวตามยาวและขยายออกทางด้านหน้า ทำให้ความดันในปอดเป็นลบและต่ำกว่าความดันของบรรยากาศ อากาศจากบรรยากาศจึงผ่านเข้าสู่ปอด ปอดขยาย เป็นการหายใจเข้า จนกว่าความแตกต่างของความดันในปอดและบรรยากาศจะเท่ากันจึงจะหยุดการหายใจเข้า

การหายใจออก จะเกิดเมื่อสิ้นสุดการหายใจเข้า ศูนย์ควบคุมการหายใจออกจะส่งคลื่นกระแสประสาทไปที่กล้ามเนื้อยึดซี่โครงด้านในหดตัว กล้ามเนื้อหน้าท้องหดตัว และกล้ามเนื้อกระบังลมคลายตัวร่วมกับปอดมีคุณสมบัติยืดหยุ่น เมื่อขยายตัวแล้วจะมี Hering-Breuer reflex ป้องกันไม่ให้ปอดขยายมากเกินไป ปอดจึงหดตัว ทำให้ปริมาตรในปอดลดลง ความดันในปอดสูงกว่าบรรยากาศดันอากาศจากปอดเป็นการหายใจออก เป็นการสิ้นสุดการหายใจออก จนความดันในปอดลดลงเท่ากับบรรยากาศจึงหยุดการหายใจออก เป็นการสิ้นสุดการหายใจออก เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น จะกระตุ้นให้เกิดการหายใจเข้าอีก เป็นจังหวะสลับกันไปเป็นจังหวะสม่ำเสมอ ถ้ามีความผิดปกติของระบบประสาทศูนย์ที่ควบคุมการหายใจ จังหวะการหายใจผิดปกติได้เร็วหรือช้า หรือไม่เป็นจังหวะก็ได้

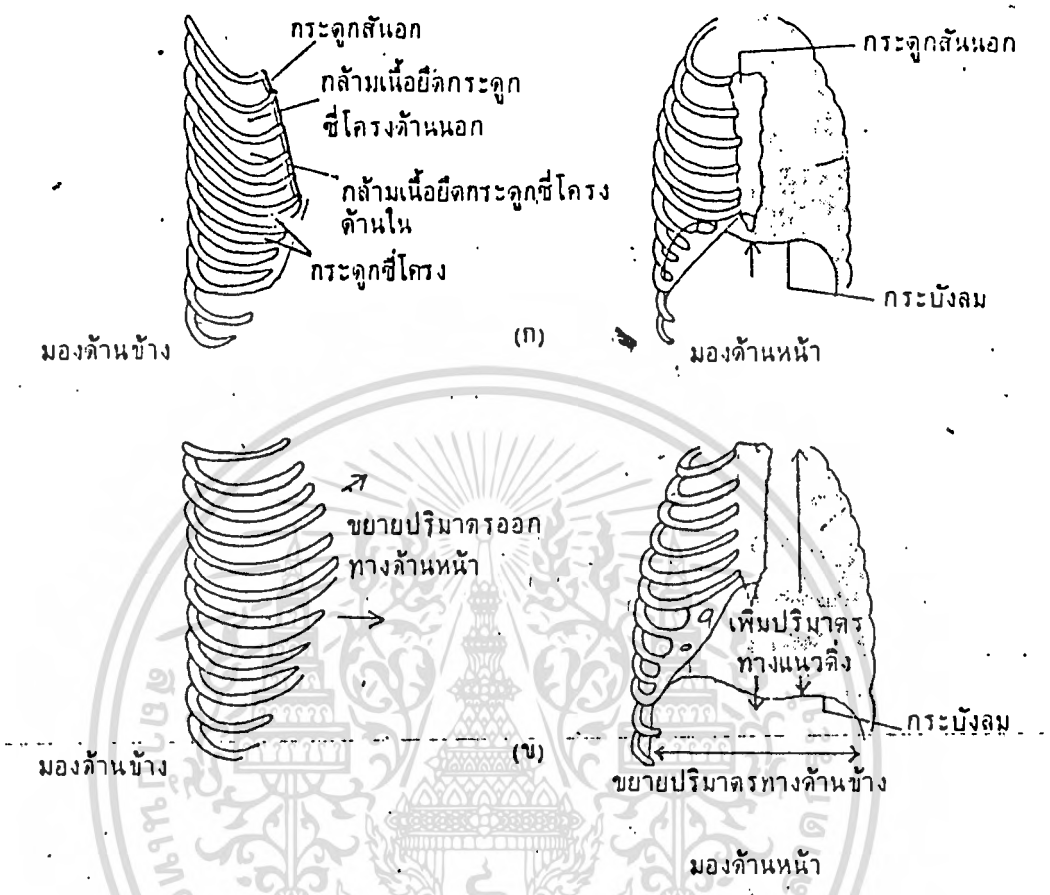
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7.1 แสดงศูนย์ควบคุมการหายใจ

นอกจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงขึ้นกระตุ้นให้เกิดการหายใจแล้ว ระดับความเป็นกรดด่างในร่างกาย ยังกระตุ้นการหายใจอีก คือ เมื่อร่างกายเป็นกรด มีพีเอชต่ำเนื่องจากมีไฮโดรเจนไอออนมาก จากสมการคาร์บอนไดออกไซด์ รวมกับน้ำ จะได้กรดคาร์บอนิคและแตกตัวเป็นไฮโดรเจน ไอออน และไบคาร์บอเนต ซึ่งถ้ามีไฮโดรเจนไอออนเพิ่มมากขึ้นจะกระตุ้นให้มีการหายใจเร็วและลึกได้ เพื่อลดคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะลดไฮโดรเจนไอออนและความเป็นกรดของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของช่องอก (ก) ขณะหายใจออก และ (ข) ขณะหายใจเข้า

ภาวะเลือดขาดออกซิเจน จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการหายใจ โดยไปกระตุ้น Pheripheral Chemorceptor ที่ Carotid Bodies ตรงบริเวณคอ และใน Arotic arch ภาวะเลือดขาดออกซิเจนจะมีความสำคัญในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ซึ่งผู้ป่วยพวกนี้จะมีคาร์บอนไดออกไซด์คั่งอยู่นาน ทำให้ศูนย์การหายใจไม่ไวต่อสารเคมีดังกล่าวเหมือนคนปกติ การหายใจจึงถูกกระตุ้นด้วยภาวะเลือดขาดออกซิเจน ดังนั้น การให้ออกซิเจนในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังต้องให้อย่างระมัดระวัง โดยเฉพาะผู้ป่วยที่โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เกิน 60 มิลลิเมตรปรอทและมี Pulmonare Hypertension การให้ออกซิเจนมาก อาจไปเพิ่ม PaO_2 ทำให้ร่างกายขาดตัวกระตุ้นการหายใจ ผู้ป่วยหยุดหายใจ คาร์บอนไดออกไซด์คั่งได้ แต่อย่างไรก็ตามผู้ป่วยนี้มีภาวะเลือดขาดออกซิเจนอยู่มาก จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นต้องให้ออกซิเจนให้เพียงพอที่จะแก้ภาวะออกซิเจนต่ำ มิฉะนั้น ถ้ากลัวแต่ผู้ป่วยจะหยุดหายใจจากการให้ออกซิเจน อาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตจากภาวะเลือดขาดออกซิเจนได้ ดังนั้น การให้ออกซิเจนผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังจึงต้องค่อย ๆ เพิ่มขนาดและเฝ้าดูอาการตอบสนองต่อการให้ออกซิเจนอย่างใกล้ชิด

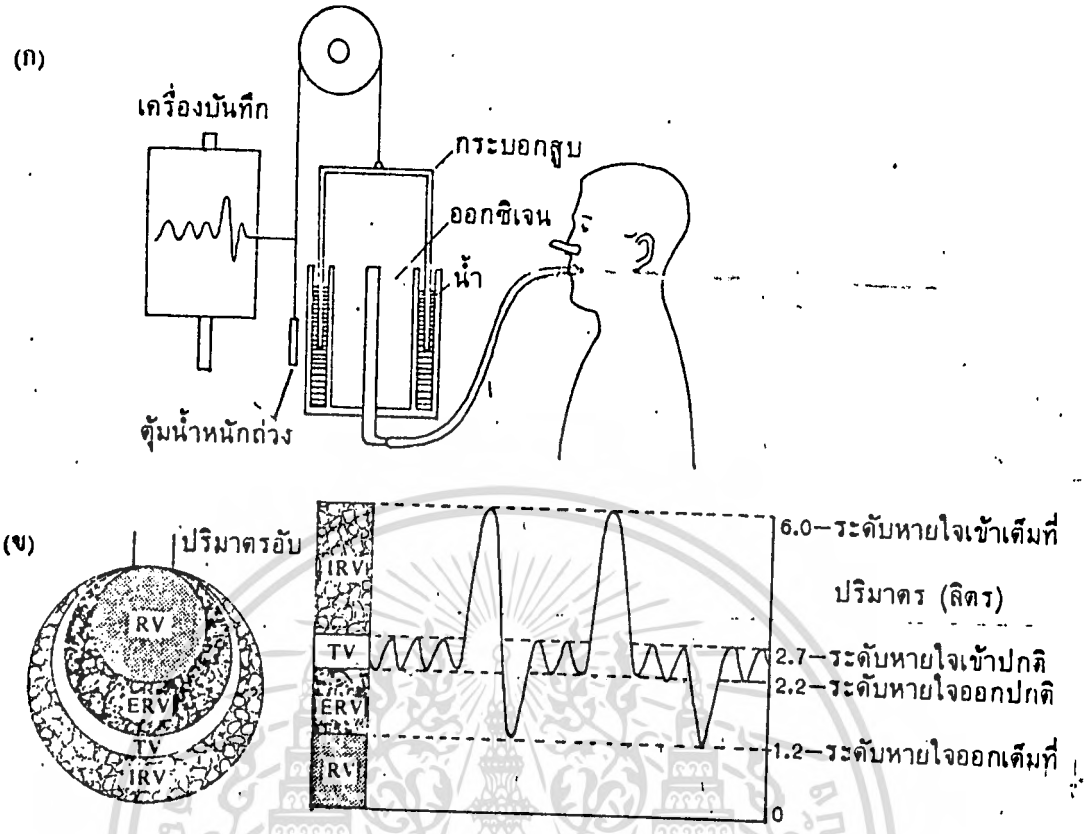
นอกจากนี้ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการหายใจ ยังได้แก่ การออกกำลังกาย อุณหภูมิของร่างกาย อารมณ์ และความเจ็บปวด เป็นต้น ที่จะทำให้มีการหายใจเร็ว หรือช้า การออกกำลังกายสามารถเพิ่มอัตราการหายใจเร็วและลึกได้ตามกำลังงานที่ใช้ในการออกกำลังกาย เชื่อว่า เอพิเนฟรินอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น หรือคลื่นประสาทจากเซลล์รับสัมผัสตามบริเวณข้อต่อของกระดูกขณะออกกำลังกายมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มอัตราการหายใจ

จะเห็นว่าการหายใจเข้าและหายใจออกไม่ต้องใช้กำลังงานมาก คือ ขณะหายใจเข้าจะมีการใช้กำลังงานในการหดรัดตัวของกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มปริมาตรของช่องทรวงอกและเอาชนะแรงต้านทานภายในปอดกับผนังทรวงอก ซึ่งตามปกติ แรงต้านนี้จะต่ำ การหายใจเข้าตามปกติจึงไม่ต้องใช้กำลังงานมาก แต่จะออกแรงมากขึ้นถ้าแรงต้านทานภายในทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นหรือการยืดหยุ่นของปอดเสียไป ทำให้ต้องออกแรง และใช้กำลังงานมาก เพื่อเอาชนะแรงต้าน จะมีการใช้กล้ามเนื้อพิเศษ (Accessory Muscle) ช่วยเสริมการทำงาน เช่น ผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหืด จะมีแรงต้านในทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น จะเห็นกล้ามเนื้อคอ กล้ามเนื้อกระดูกไหปลาร้า กล้ามเนื้อกระดูกสะบักทำงาน มีการหดรัดตัวของกล้ามเนื้อดังกล่าวมาก

ปริมาตรความจุของปอดและแรงต้านของทางเดินหายใจ เนื่องจากการระบายอากาศเกี่ยวข้องกับการยืดหยุ่นของปอด แรงต้านของทางเดินหายใจ มีผลต่อการระบายอากาศและการใช้แรงงานในการหายใจ ดังนั้น จึงมีการทราบถึงปริมาตรความจุของปอดและแรงต้านของทางเดินหายใจเพื่อประเมินความสามารถในการระบายอากาศ ซึ่งสามารถทำการวัดได้โดย วัด Static Lung Volume และ Dynamic Lung Volume

การวัด Static Lung Volume เป็นการวัดปริมาตรและความจุของปอด ได้แก่ การวัดปริมาตรของ Tidal Volume (V_T) Inspiratory Volume (IRV), Expiratory Reserve Volume (ERV), Residual Volume (RV), และวัดความจุของ Inspiratory Capacity (IC), Functional Residual Capacity (RC), Vital Capacity (VC) และ Total lung Capacity (TLC) ดังแสดงในภาพที่ 7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.3 (ก) เครื่องสไปโรมิเตอร์สำหรับวัดปริมาตรและความจุของปอด
(ข) ปริมาตรของปอดขณะต่าง ๆ ที่วัดได้จากเครื่องสไปโรมิเตอร์
IRV = ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง TV = ปริมาตรหายใจเข้าออกปกติ
ERV = ปริมาตรหายใจออกสำรอง RV = ปริมาตรค้าง

การวัดปริมาตรและความจุต่าง ๆ ของปอดที่แสดงในรูปที่ 7.3 ข. คือ

การวัดปริมาตร

Tidal Volume (V_t) ปริมาตรไทดัล คือ ปริมาตรของก๊าซที่หายใจเข้าออกตามปกติ ในแต่ละครั้งปกติมีค่าประมาณ 7-10 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เช่น น้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม จะมี Tidal Volume ประมาณ 350-500 มิลลิลิตร ถ้า Tidal Volume น้อยกว่า 300 มิลลิลิตร จะทำให้มีการระบายอากาศน้อยหรือถ้ามากเกิน 700 มิลลิลิตร จะทำให้การระบายอากาศมาก

Inspiratory Reserve Volume (IRV) ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง คือ ปริมาตรก๊าซที่หายใจเข้าเต็มที่ หลังจากหายใจเข้าธรรมดา IRV เป็นปริมาตรสำรองขณะออกกำลังกายขนาดน้อยถึงปานกลางมีปริมาตรประมาณ 2.4-3 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Expiratory Reserve Volume (ERV) ปริมาตรหายใจออกสำรอง คือ ปริมาตรก๊าซที่หายใจเข้าเต็มที่ หลังจากหายใจเข้าธรรมดา ERV เป็นปริมาตรสำรองขณะออกกำลังกายหนัก ๆ มีปริมาตรประมาณ 1.2 ลิตร

Residual Volume (RV) ปริมาตรตกค้าง คือปริมาตรก๊าซที่เหลืออยู่ในปอดหลังหายใจออกเต็มที่ ปกติมีปริมาตร 1.2 ลิตร

การวัดความจุ

Inspiratory Capacity (IC) ความจุของการหายใจเข้า คือปริมาตรของก๊าซที่หายใจเข้าเต็มที่หลังจากหายใจออกธรรมดา ปริมาตรเท่ากับ V_t บวกกับ IRV มีค่าประมาณ 3-3.6 ลิตร

Functional Residual Capacity (FRC) ความจุตกค้างแฝง คือปริมาตรของก๊าซในปอดหลังจากหายใจออกธรรมดา ปริมาตรเท่ากับ EVR บวกกับ RV มีค่าประมาณ 2.4 ลิตร

Vital Capacity (VC) ความจุไวทอล คือปริมาตรก๊าซที่หายใจออกได้เต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ปริมาตรเท่ากับ ผลรวมของ IRV, V_t และ ERV ค่าปกติประมาณ 3-5 ลิตร เฉลี่ย 4.8 ลิตร ถ้า VC มีน้อยกว่าร้อยละ 80 ของปกติ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ถ้า VC น้อย (ต่ำกว่า 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เมื่อออกแรงจะเหนื่อยง่าย ไม่สามารถจะไอได้อย่างมีประสิทธิภาพและอาจไม่เพียงพอที่จะดำรงภาวะการระบายอากาศได้ VC ต่ำอาจมีสามเหตุจากกลามเนื้ออ่อนแรง หรือเป็นอัมพาต เช่น พวก Myasthenic Gravis, โปลิโอ หรือมีพยาธิสภาพที่เยื่อหุ้มปอด เช่น อากาศในทรวงอก (preumothorax) หรือมีพยาธิสภาพในปอดเอง เช่น Interstitial Pulmonary Fibrosis Pulmonary Edema เป็นต้น

Total Lung Capacity (TLC) ความจุเบ็ดเสร็จของปอด คือปริมาตรของก๊าซในปอดเมื่อหายใจเข้าเต็มที่ที่ปอดสามารถขยายได้ ปกติมีค่าประมาณ 4-7 ลิตร หรือเฉลี่ย 6.0 ลิตร

การวัดปริมาตรและความจุของ Static ช่วยให้ทราบเกี่ยวกับ Compliance ของปอด คือ ปริมาตรของปอดที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยความดันในเยื่อหุ้มปอด คือปริมาตรของปอดที่เพิ่มขึ้นต่อหนึ่งหน่วยของความดันในเยื่อหุ้มปอดที่เปลี่ยนไป เมื่อความดันช่องเยื่อหุ้มปอดต่ำกว่าบรรยากาศมากขึ้น ปอดจะขยายตัวมากขึ้น บุคคลที่มี Compliance ลดลงจะวัดค่าของ Static Volume C]tcapacity ลดลง เช่น ผู้ป่วย Atelectasis, Pneumonia, Diffuse Pulmonary และอากาศในทรวงอก เป็นต้น ส่วนผู้ป่วยที่มีการอุดกั้นของหลอดลมมีการขยายของถุงลมมาก เช่น Pulmonary Emphysema จะมีค่า TLC, FRC และ RV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น คือ มี Compliance เพิ่มขึ้น

การวัด Dynamic Lung Volume เป็นการวัดปริมาตรที่จะช่วยบอกแรงต้านในทางเดินหายใจ และกำลังงานที่ใช้ในการหายใจ ได้แก่ การนับอัตราการหายใจ วัด Minute Volume, Physiologic Dead Space, Alveolar Ventilation, Forced Expiratory Volume (FEV) และ Forced Vital Capacity (FVC) เป็นต้น

อัตราการหายใจ (RR) คือ จำนวนครั้งของการหายใจเข้าออก ในเวลา 1 นาที ในขณะพักจะมีอัตราการหายใจ 15 ครั้งต่อนาที

Minute Volume (MV) หรือ Minute Ventilation (V_E) เป็นปริมาตรของก๊าซที่หายใจเข้า-ออกใน 1 นาที อาจคำนวนได้จากสูตร V_t x RR ค่าปกติประมาณ 7.5 ลิตร ถ้า MV มากเกินปกติจะทำให้กำลังสำรองในการหายใจเหลือน้อย เนื่องจากผู้ป่วยจะใช้กำลังในการหายใจมากขึ้น

Physiologic Dead space (V_D) คือปริมาตรของอากาศที่ค้างอยู่ในหลอดลมแขนงของหลอดลมต่าง ๆ ที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ เรียก Anatomical Dead Space มีปริมาตรประมาณ 150 มิลลิลิตร

Forced Vital Capacity (FVC) คือ ปริมาตรอากาศที่วัดได้เมื่อหายใจเข้าเต็มที่แล้วหายใจออกให้หมดเต็มที่ปริมาตรของ FVC จะมีค่าเท่ากับ VC

ลักษณะต่าง ๆ ของการหายใจ [1]

- ไฮเปอร์เวนติเลชั่น (Hyperventilation) หรือ เอิพเนีย (Eupnea) เป็นการหายใจเร็ว ลึก ซึ่งพบได้ในคนปกติภายหลังการออกกำลังกาย
- ไฮโปเวนติเลชั่น (Hypoventilation) เป็นการหายใจช้าตื้น
- โปลีเนีย (Polynea) หมายถึงการหายใจเร็วกว่า 30 ครั้งต่อนาที
- แอปเนีย (Apnea) หมายถึงการหยุดหายใจชั่วคราวขณะหายใจออก จากศูนย์หายใจขาดตัวกระตุ้น ดังกราฟ 7.4

— แอปเนียสิส (Apneasis) หมายถึงการหยุดหายใจชั่วคราวขณะหายใจเข้า ดังกราฟ

[1] วิทยาลัยพยาบาล, คณาจารย์. การพยาบาลอายุรศาสตร์และศัลยศาสตร์. เล่มที่ 1. กรุงเทพ: 2524 หน้า 491-492

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดิสพ์เนีย (Dyspnea) หมายถึงการหายใจเข้าออกด้วยความลำบาก เนื่องจากมีสิ่งรบกวนการเต้นของหัวใจ มีสิ่งอุดตันทางเดินหายใจ หรือภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ในในโลหิตเพิ่มขึ้น

- ไฮเปอร์พเนีย (Hyperpnea) หมายถึงการหายใจเข้าออกเร็ว มักพบในระยะต้นต้นของดิสพ์เนีย

- ชีน สโตรค เรสไปเรชั่น (Cheyne Strokes Respiration) หมายถึงการหายใจเป็นชุด ๆ เริ่มต้นจากการหายใจเบา ๆ แล้วต่อมาจะแรงขึ้นเรื่อย ๆ จนหายใจแรงเต็มที่ แล้วก็จะค่อย ๆ ลดลงจนหยุด แล้วต่อมาจะเริ่มหายใจใหม่อีก พบในภาวะที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับสมอง ไต หัวใจ และอาจพบในคนนอนหลับ

- ออทอปเนีย (Orthopnea) หมายถึงการหายใจลำบากขณะนอนราบ เนื่องจากกระบังลมดันเนื้อที่ปอดให้เล็กลงทำให้ต้องลุกขึ้นนั่งขณะหายใจ มักพบในโรคหัวใจในระยะหัวใจล้มเหลว (Congestive Heart Failure)

- แอสฟีเซีย (Asphysia) หมายถึง ความผิดปกติของการหายใจเข้าหรือออก ทำให้การหายใจลำบากต่อมาจะกายใจช้าและตื้นจนหยุดหายใจในที่สุด ทำให้ผู้ป่วยมีผิวหนังคล้ำเขียว ถ้าได้รับการผายปอดอาการต่าง ๆ จะดีขึ้น

การแลกเปลี่ยนก๊าซ การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศกับเลือด ที่ปลายสุดของทางเดินหายใจที่ติดต่อกันระหว่างถุงลมและหลอดเลือดฝอยที่มาล้อมรอบถุงลม เรียกว่า Alveolar Capillary System นั้นเป็นกระบวนการอันหนึ่งของการหายใจ การแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 และ O_2 ระหว่างถุงลมกับเลือดถือว่าเป็นการหายใจภายนอกและการแลกเปลี่ยนก๊าซ CO_2 และ O_2 ในระดับเนื้อเยื่อและเซลล์เรียกว่าการหายใจภายใน ดังนั้นในขณะหายใจจะมีการให้ออกซิเจนแก่เนื้อเยื่อเพื่อใช้ในการเผาผลาญและรับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลจากการเผาผลาญออกจากเนื้อเยื่อสู่บรรยากาศ การหายใจตามปกติจะประกอบไปด้วยระดับออกซิเจนในถุงลมที่เข้มข้นเพียงพอ มีเฮโมโกลบินในกระแสโลหิตเพียงพอที่จะจับกับออกซิเจนจากถุงลมความเข้มข้นของออกซิเจนจากปอดเพียงพอที่จะซึมผ่านเข้ากระแสโลหิต ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนที่จับอยู่กับเฮโมโกลบินไปสู่เนื้อเยื่อที่ต้องการออกซิเจน แจะมีการใช้ออกซิเจนในเซลล์ต่าง ๆ

การแลกเปลี่ยนก๊าซที่ถุงลมกับเลือดหรือการหายใจภายนอก ขึ้นอยู่กับสัดส่วนสัมพันธ์ของก๊าซและเลือดในการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Ventilation Perfusion Balance) และการซึมผ่านของก๊าซ Diffusion)

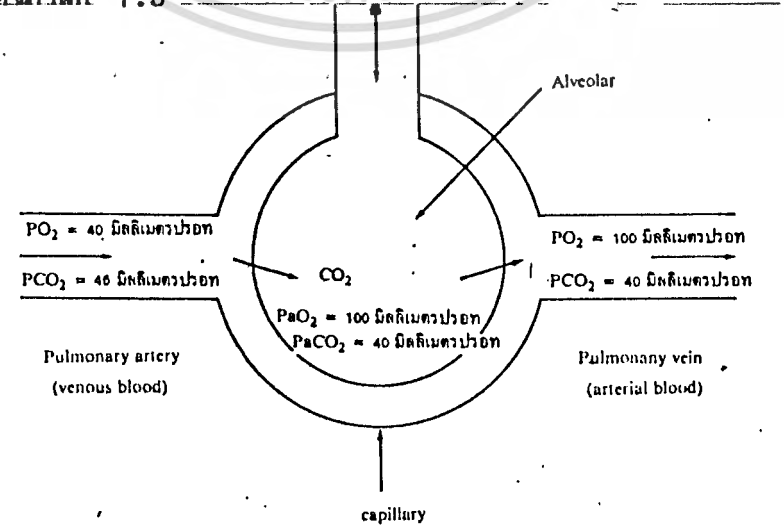
สัดส่วนสัมพันธ์ของก๊าซและเลือดในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ในคนปกติจะมีก๊าซในถุงลมทั้งหมดเพียงพอ และมีการกระจายของก๊าซในถุงลมสม่ำเสมอ คืออากาศที่ผ่านเข้าออกถุงลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Ventilation) มีประมาณ 4 ลิตรต่อนาที เช่นเดียวกับมีปริมาณเลือดที่ไหลเวียนในหลอดเลือดฝอยที่ผ่านปอด Perfusion, Q จะมีสัดส่วนสมดุลระหว่างอากาศที่หายใจผ่านเข้าออกถุงลมมีประมาณ 5 ลิตรต่อนาที ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง Ventilation ต่อ perfusion V/Q = - = 0.8 ถือว่าเป็น V/Q ปกติ ซึ่งร่างกายจะพยายามปรับให้อัตราส่วนของ Ventilation และ Perfusion มีอัตราส่วนใกล้เคียงกับปกติ เมื่อใดที่อัตราส่วนนี้ไม่สมดุลกันจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับก๊าซในเลือด

การซึมผ่านของก๊าซ (Diffusion) คือความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซในปอด เป็นจำนวนก๊าซที่ซึมผ่านเมมเบรนของถุงลมปอดต่อหนึ่งหน่วยความดันที่แตกต่างกัน ระหว่างก๊าซในถุงลมกับในหลอดเลือดฝอยของปอดต่อหน่วยเวลา การซึมผ่านนี้มี 2 ตอน คือ ตอนหนึ่งผ่านเยื่อบุถุงลมของผนังหลอดเลือดฝอย และอีกตอนหนึ่งที่ผ่านเข้าเม็ดเลือดแดง

การซึมผ่านของก๊าซที่เยื่อบุถุงลมและผนังหลอดเลือดฝอย (Alveolar Capillary Membrane) เนื่องจากเยื่อบุถุงลมเป็นผนังที่บางมาก หนา 0.2-0.4 ไมครอน และมีพื้นที่ผิวที่กว้างซึ่งทำให้ก๊าซผ่านเยื่อบุถุงลมได้ในเวลาอันสั้น การแลกเปลี่ยนก๊าซที่เยื่อบุถุงลมกับหลอดเลือดฝอยนั้นอาศัยการซึมผ่านหรือการแพร่จากก๊าซที่มีความดันย่อยสูงไปสู่ก๊าซที่มีความดันย่อยต่ำกว่า ออกซิเจนจากบรรยากาศมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 20 เมื่อถุงลมจะมีความเข้มข้นเหลือร้อยละ 13.6 และความดันลดจาก 160 มิลลิเมตรปรอท เหลือประมาณ 100 มิลลิเมตรปรอทและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีความเข้มข้นร้อยละ 0.04 ในถุงลมจะมีความเข้มข้นขณะที่ในเลือดฝอยที่เป็นด้านเลือดดำ มีความดันย่อยของออกซิเจนต่ำกว่าในถุงลม คือ 40 มิลลิเมตรปรอท ออกซิเจนจากถุงลมซึ่งแพร่ผ่านเยื่อบุถุงลมเข้าสู่หลอดเลือดแดง ทำให้ความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง เมื่อรับออกซิเจน (PaO_2) แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 100 มิลลิเมตรปรอทและคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดดำ จะมีความดันย่อยสูงกว่าในถุงลมคือ 46 มิลลิเมตรปรอท ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงซึมผ่านจากหลอดเลือดสู่ถุงลมความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงที่ผ่านถุงลมแล้ว ($PaCo_2$) จึงลดเหลือ 40 มิลลิเมตรปรอด ดังภาพที่ 7.5



ภาพที่ 7.5 การแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์อากาศในถุงลมกับหลอดเลือดฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การซึมผ่านของก๊าซเข้าสู่เม็ดเลือดแดง ในคนปรกติเฮโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงจะรวมกับออกซิเจนได้เต็มที่ ใช้เวลาเพียง 0.25 วินาทีก็พอ แต่เวลาที่เม็ดเลือดผ่านถุงลมแต่ละถุงลมนาน 0.75 วินาที

ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการซึมผ่านของก๊าซ ได้แก่

1. ผลต่างของความดันย่อย ก๊าซที่มีความดันย่อยสูงกว่า จะแพร่ได้เร็วกว่า

2. ความหนาของเยื่อบุถุงลมและผนังหลอดเลือดฝอย ถ้าชั้นต่าง ๆ ระหว่างเยื่อบุถุงลมและผนังหลอดเลือดฝอยหนาขึ้น เช่น มีน้ำท่วมปอด หรือ pnenmonia จะทำให้การซึมผ่านของก๊าซโดยเฉพาะออกซิเจนลดลง

3. พื้นที่ผิวสำหรับการแพร่ ถ้ามี Ventilation Perfusion ไม่สมดุลย์ นั่นคือพื้นที่ผิวสำหรับการซึมผ่านของก๊าซลดลง ทำให้ออกซิเจนในเลือดแดงลดลงและคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น

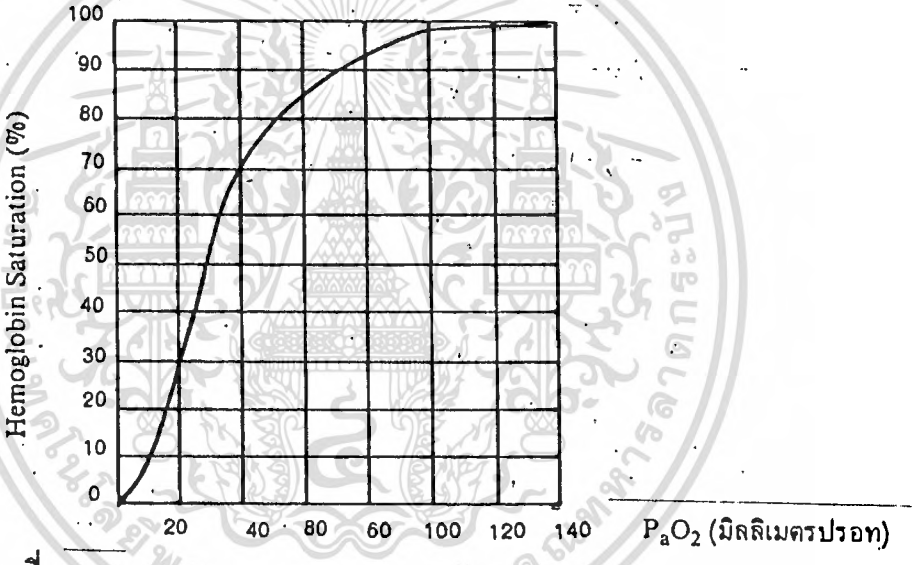
4. สัมประสิทธิ์การซึมผ่านหรือการแพร่ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายน้ำ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถละลายน้ำได้เร็วกว่าออกซิเจน 20 เท่า ดังนั้นจะเห็นว่าถ้ามีความผิดปกติในการแลกเปลี่ยนก๊าซ จะมีความผิดปกติของออกซิเจนเกิดขึ้นด้วย

5. ความสามารถของก๊าซที่จะร่วมกับเฮโมโกลบินได้มากเพียงใด เช่นภาวะที่ได้รับสารพิษไซยาไนด์ จะเข้าไปแย่งจับเฮโมโกลบินแทนออกซิเจน ทำให้เนื้อเยื่อขาดออกซิเจนหรือในคนที่มีความผิดปกติในการขนส่งก๊าซเมื่อออกกำลังเวลาที่เม็ดเลือดแดงผ่านถุงลมเร็วเกินกว่าที่เฮโมโกลบินกับออกซิเจนจะรวมตัวได้เต็มที่ มีผลทำให้ภาวะออกซิเจนในเลือดแดงลดลง

การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนระดับเนื้อเยื่อและเซลล์หรือการหายใจภายใน ในการเผาผลาญภายในเซลล์ต้องการปัจจัยที่สำคัญคือ การนำออกซิเจนจากบรรยากาศมาสู่เนื้อเยื่อตลอดเวลาและนำคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดตามาจากการเผาผลาญของร่างกาย ที่เนื้อเยื่อไปสู่อากาศโดยผ่านปอด ดังนั้น การนำออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างถุงลมกับเซลล์เนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย จึงมีความสำคัญ การนำคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน อาศัยระบบการไหลเวียนของเลือด โดยจำนวนออกซิเจนที่อยู่ในเลือดจะละลายอยู่ในเลือดเป็นส่วนน้อย ส่วนใหญ่ออกซิเจนจะรวมกับเฮโมโกลบิน โดยเฮโมโกลบิน 1 กรัม จะรวมกับออกซิเจนได้อิ่มตัวเต็มที่ 1.34 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในคนปกติมีเฮโมโกลบิน 15 g % จะรวมกับออกซิเจนได้ 1.34 x 15 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อเลือด 100 มิลลิลิตร เรียก O_2 Capacity หรืออาจคำนวณปริมาณของออกซิเจนที่จับกับเฮโมโกลบินในรูปของเปอร์เซนต์ของเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจน (Saturation of Hemoglobin) คือดูความสัมพันธ์ของปริมาณของออกซิเจนที่จับเฮโมโกลบิน ที่ความดันย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของออกซิเจนที่ระดับต่าง ๆ จะมีลักษณะเป็นรูปตัวเอส หรือ Sigmoid Curve คือความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง (PaO_2) ต่ำ ๆ เปอร์เซนต์ของเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจนจะลดลง และออกซิเจนจะจับกับเฮโมโกลบิน (Oxygen Affinity) ไม่ค่อยแน่น คือมีการปล่อยออกซิเจนให้เนื้อเยื่อดีขึ้น และที่ความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดงสูงขึ้น เปอร์เซนต์ของเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจนจะเพิ่มขึ้น และออกซิเจนจะจับกับเฮโมโกลบินแน่นขึ้น คือปล่อยออกซิเจนให้เนื้อเยื่อลดลง แต่เมื่อถึงจุดที่ความดันของออกซิเจนในเลือดแดงตั้งแต่ 80 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป เฮโมโกลบินจะจับออกซิเจนไม่เพิ่มมากขึ้น แม้ความดันของออกซิเจนจะมากขึ้น ซึ่งเห็นในช่วงปลายของกราฟเกือบเป็นเส้นตรง ความสัมพันธ์ระหว่างออกซิเจนที่จับเฮโมโกลบินและความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง เรียกว่า กราฟการแยกตัวของออกซีเฮโมโกลบิน (Oxyhemoglobin Dissociation Curve) ดังภาพที่ 7.6



ภาพที่ 7.6 แสดง Oxyhemoglobin Dissociation Curve

จากรูปกราฟการแยกตัวของออกซีเฮโมโกลบินนี้จะเห็นว่า ที่ PaO_2 80 มิลลิเมตรปรอทขึ้นไป ค่าเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจนร้อยละ 95 ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อ PaO_2 60 มิลลิเมตรปรอท ค่าเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 90 เริ่มจากภาวะออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายและที่ PaO_2 20 มิลลิเมตรปรอท ค่าเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจนร้อยละ 30 ภาวะออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้

นอกจากความดันย่อยของออกซิเจนในเลือดแดง มีผลต่อการจับออกซิเจนของเฮโมโกลบิน ได้แก่ ความดันย่อยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ การสังเคราะห์สาร 2,3 Diphosphoglycerate (2,3 DPG) ภาวะความเป็นกรดด่าง คือ การปล่อยจากออกซิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจนออกซีเฮโมโกลบินจะง่ายขึ้น ในภาวะเป็นกรด คาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และความเข้มข้นของ 2,3 DPG เพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์ของเฮโมโกลบินที่อิ่มตัวด้วยออกซิเจนจึงลดลง ในทางกลับกัน ถ้ามีภาวะเป็นด่าง ความดันย่อยของคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิและความเข้มข้นของ 2,3 DPG ลดลง การปล่อยออกซิเจนออกจากออกซีเฮโมโกลบินยากขึ้น ความสามารถในการจับออกซิเจนแน่นขึ้น ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการแลกเปลี่ยนออกซิเจนที่ระดับเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ

การรักษาดุลกรดด่าง เมื่อเซลล์เนื้อเยื่อได้รับออกซิเจนแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาการเผาผลาญภายในเซลล์ ได้พลังงาน น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขนส่งออกสู่บรรยากาศโดยการหายใจออก ซึ่งมีผลในการรักษาดุลกรดด่าง เนื่องจากถ้าร่างกายมีภาวะเป็นกรดจากเมตาบอลิค ระบบหายใจจะปรับโดยการหายใจเร็วขึ้น เพื่อขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกมากขึ้น และถ้าร่างกายเป็นด่างก็จะลดการขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกโดยการหายใจช้าลง

ก่อนการขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกในรูปของการหายใจนั้น คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกขนส่งด้วยวิธี

1. **ละลายในพลาสมา** โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะรวมกับน้ำได้กรดคาร์บอนิก และแตกตัวเป็น H^+ กับ ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) แล้ว H^+ ถูก Buffer โดย Plasma Protein ทำให้ลดความเป็นกรด ปฏิกิริยาที่คาร์บอนไดออกไซด์ละลายในพลาสมาจะเป็นปฏิกิริยาที่ช้า ดังนั้นจึงมีเพียงประมาณ 5% ที่ขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ออกทางพลาสมาในรูปของ HCO_3^-

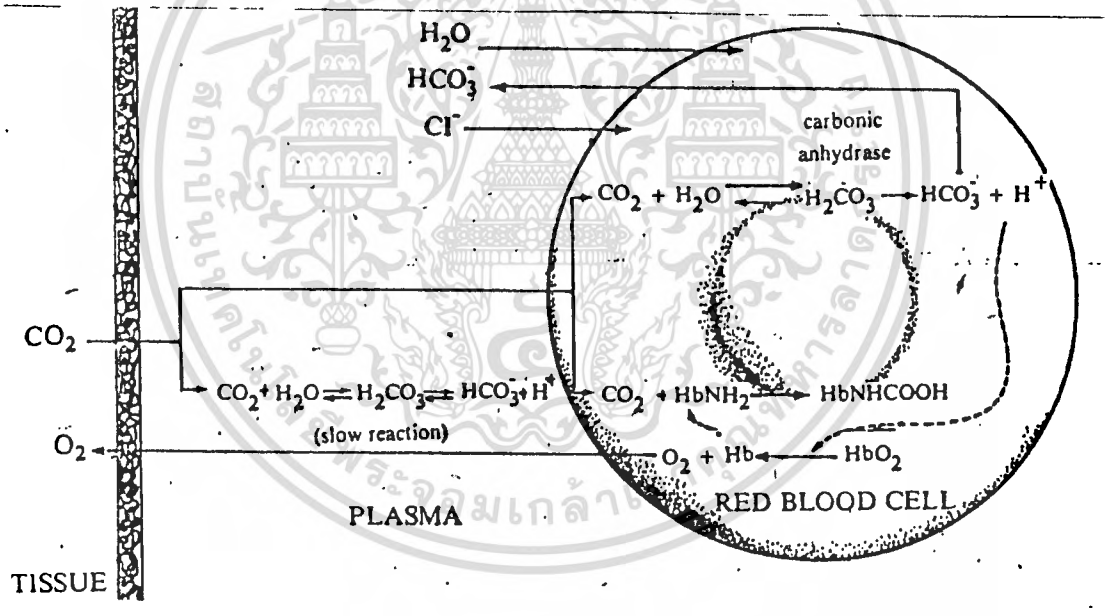
2. **คาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในเม็ดเลือดแดง** ซึ่งจะมีปฏิกิริยา 2 ชนิดที่เกิดขึ้นเพื่อนำคาร์บอนไดออกไซด์ออก ดังแสดงที่ภาพ คือ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปเม็ดเลือดแดงจะรวมกับน้ำอย่างรวดเร็วโดยมี เอนไซม์ (Carbornic Anhydrase) ช่วยทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก แล้วแตกตัวได้ H^+ และ HCO_3^- ซึ่ง HCO_3^- จะถูกดึงเข้าสู่ Plasma เนื่องจาก HCO_3^- ใน Plasma ลดลง ขณะเดียวกับที่ประจุคลอไรด์ (Cl) ถูกดึงเข้าเซลล์เม็ดเลือดแดง เพื่อให้ประจุสมดุล เรียก Chloride Shift ดังนั้น จะเห็นคาร์บอนได้ออกไซด์ถูกขนส่งออกในรูปของ Ionic นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยา Amine Group ของเฮโมโกลบินได้ Carbamino Hemoglobin เมื่อเฮโมโกลบินปล่อยออกซิเจนให้แก่เนื้อเยื่อแล้ว จะส่งเสริมการนำคาร์บอนไดออกไซด์ออกโดยคาร์บอนไดออกไซด์จับกับเฮโมโกลบินดังสมการ

$$HbNH_2 + CO_2 \quad HbNHCOOH \quad HbNHCOO^- + H^+$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมาถึง pulmonary capillary ปฏิกิริยาจะกลับตรงกันข้าม คือ Chloide จะย้ายออกจากเม็ดเลือดแดงทำให้ HCO_3^- จากพลาสมาเข้าสู่เม็ดเลือดแดง รวมกับ H^+ ได้กรดคาร์บอนิก แล้วเอนไซม์ Carbonic anhydrase จะทำให้กรดคาร์บอนิกแตกตัวเป็น CO_2 กับน้ำ และ Carbamino hemoglobin ก็จะแยกตัวปล่อย CO_2 เพื่อให้เฮโมโกลบินรับออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์จะซึมผ่านหลอดเลือดสู่ถุงลมอย่างรวมเร็วแล้วขับออกกับลมหายใจออก

การประเมินภาวะการระบายอากาศ การแลกเปลี่ยนก๊าซและดุลกรดด่างของร่างกายสามารถวัดได้จากการตรวจค่าก๊าซในเลือดแดง (Artirial Blood Gas)



ภาพที่ 7.7 การแลกเปลี่ยนออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการของผู้ประสบอันตรายจากมลภาวะอากาศ

1. ภาวะการได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ (Oxygen Insufficiency)[1]

1.1 **นิยาม** หมายถึงภาวะที่ร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้ระดับออกซิเจนในเม็ดโลหิตแดงต่ำกว่าปกติซึ่งจะทำให้คาร์บอนได้ออกไซด์ (CO_2) ในเม็ดโลหิตแดงสูงขึ้นหรือไม่ก็ตาม ปกติระดับอาร์เทอเลียนออกซิเจนเทนชั่น (Arterial Oxygen tension) (Pa O_2) มีค่าประมาณ 80-100 มิลลิเมตรปรอท และอาร์เทอเลียนคาร์บอนไดออกไซด์-เทนชั่น (Arterial Carbondioxide Tension) (Pa CO_2) มีค่าประมาณ 35 - 45 มิลลิเมตรปรอท จากภาวะได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอนั้น ถ้าหากว่าเป็าการขาดออกซิเจนอย่างรวดเร็วโดยทันทีเซลล์ของร่างกายทำงานไม่ได้ และถึงแก่ความตายภายในเวลาไม่กี่นาที ถ้าขาดออกซิเจนปานกลางอย่างช้า มีผลต่อร่งกายหลายระบบด้วยกัน คือ ถ้าความดันออกซิเจนในโลหิตลดลง เช่น จาก 100 เป็น 70 มิลลิเมตรปรอท จะทำให้มองไม่เห็นในเวลากลางคืน เพราะการทำงานของโรดเซลล์ (Rod cell) เป็นไปไม่ได้ดีถ้าลดลงเหลือเพียง 65 มิลลิเมตรปรอท จะเริ่มกระตุ้นการหายใจ ทำให้การหายใจมากขึ้น นอกจากนั้นยังมีอาการง่วงนอนปวดศีรษะ และอ่อนเพลีย เพราะการทำงานของสมองและกล้ามเนื้อเลวลง แต่ถ้าความดันลดลงถึง 40 มิลลิเมตรปรอท การหายใจกลับลดน้อยลง มีอาการกล้ามเนื้อกระตุกและหมดสติ ในระยะสุดท้ายศูนย์หายใจถูกกดจนหยุดทำงาน

ถ้าการขาดออกซิเจนน้อยและค่อยเป็นค่อยไป เช่นการขึ้นไปที่สูงที่ละน้อยร่างกายมีการปรับตัว คือการหายใจจะเพิ่มขึ้นเพื่อแก้ไขให้เพียงพอ รวมทั้งการเพิ่มเม็ดโลหิตจนเกิดภาวะ Polycythemia ได้

แต่ถ้าคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายลดลง ซึ่งอาจจะเกิดจากการหายใจแรงขึ้นคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปมากอาจตั้งใจทำให้เกิดขึ้นโดยพยายามหายใจแรงๆ หรือเป็นการทำงานนอกเหนืออำนาจจิตใจ (Involuntary) ก็ได้ เช่น สาเหตุทางจิตใจมีการส่งพลังประสาทจากสมองส่วนบนลงมายังศูนย์หายใจ เมื่อร่างกายขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จะทำให้ดุลกรดด่างของร่างกายเปลี่ยนไป คือเกิดภาวะเป็นด่าง (Alkalosis) และชักกระตุกได้

---

[1] วิทยาลัยพยาบาล, คณาจารย์. การพยาบาลอายุรศาสตร์และศัลยศาสตร์. เล่ม 1. กรุงเทพ: 2524 หน้า 96 - 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 สรีรวิทยาของการหายใจ

การแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดเป็นไปโดยการแพร่กระจาย (Diffusion) ของก๊าซผ่านผนังบาง ๆ ของถุงลม (Alveolar sac) และผนังเส้นโลหิตฝอย (Capillary) ซึ่งแนบติดกันอยู่เยื่อผนังบางๆ ของถุงลมและหลอดโลหิตฝอยนั้นเป็น สแควมาส อีพิเทอเรียม (Squamous Epithelium) ชั้นเดียวบาง ๆ และรวมเรียกว่า พลาโมนารี เมนเบรน (Pulmonary Membrene) , ก๊าซจะแพร่ผ่านโดยอาศัยความแตกต่าง ๆ ใน แพททิล เพสเจอร์ (Partial Pressure) โดยการแพร่กระจายจากด้านที่มี แพททิลเพสเจอร์สูงกว่าไปสู่ด้านที่มี แพททิล เพสเจอร์ต่ำกว่า

ตารางที่ 7.1

เพททิล เพสเจอร์ ในอากาศในถุงลม (Alveolar air) เปรียบกับอากาศธรรมดา

ก๊าซ ความดันในบรรยากาศ (Atmospheric air)		ความดันในถุงลม	
ไนโตรเจน (N_2)	597.0 mm.Hg	(78.62 Vol%)	572.0 mm.Hg (75.3 Vol%)
ออกซิเจน (O_2)	159.0 mm.Hg	(20.84 Vol%)	101.0 mm.Hg (13.2 Vol%)
คาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)	3.0 mm.Hg	(0.04 Vol%)	40.0 mm.Hg (5.3 Vol%)
น้ำ (H_2O)	7.3 mm.Hg	(0.5 Vol%)	47.0 mm.Hg (6.2 Vol%)
Total Pressure	760 mm.Hg		760.0 mm.Hg

หมายเหตุ P = Pressure หมายถึง ความดันทั่วไป

Pa = Arterial Pressure Tension หมายถึง ความดันบางส่วนในหลอดโลหิตแดง

จาก Luckemann Med-surg Nursing, 1974 หน้า 870

จะสังเกตเห็นว่า เพลทิลเพสเจอร์ ของไนโตรเจน (PaN_2) ในถุงลมต่ำกว่าในอากาศธรรมดา ทั้งที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ในปอดเลย ทั้งนี้เพราะความชื้นในถุงลมสูงกว่าภายนอกจึงช่วยเจือจางอากาศในถุงลมลงไปมาก

ความดันของคาร์บอนไดออกไซด์ในถุงลมสูงกว่าในอากาศธรรมดา เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมาจากส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่ผ่านขบวนการใช้มาแล้วจะมีคาร์บอนไดออกไซด์เข้ามาเพิ่มในถุงลมเร็วกว่าการถ่ายเทคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากถุงลม

ความดันของออกซิเจนในถุงลมต่ำกว่าในอากาศธรรมดา เพราะออกซิเจนแพร่เข้าสู่โลหิตเร็วกว่าการหมุนเวียนของออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ถุงลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.2

เพลทิล เพสเจอร์ ของ Alveolar air เปรียบเทียบกับโลหิต

ก๊าซ	ความดันในถุงลม (Alveolar air)	ความดันในโลหิตดำ (Unaerated blood)	ความดันโลหิตแดง (Aerated blood)
ออกซิเจน	101 mm.Hg	40 mm.Hg	100 mm.Hg
คาร์บอนไดออกไซด์	40 mm.Hg	45 mm.Hg	40 mm.Hg
ไนโตรเจน	572 mm.Hg	572 mm.Hg	572 mm.Hg

จะเห็นว่าความดันของออกซิเจนในถุงลมสูงกว่าโลหิตดำ และความดันของออกซิเจนในโลหิตดำสูงกว่าในถุงลม เราเรียกค่าผลต่างของความดันว่า " ความดันลาดต่ำ " (Pressure Gradient) เป็นแรงสุทธิที่ดันได้จริง

ออกซิเจนแพร่กระจายจากถุงลมเข้าสู่โลหิตด้วยความดันลาดต่ำ 61 มม.ปรอท และคาร์บอนไดออกไซด์แพร่จากโลหิตเข้ามาในถุงลมด้วยความดันลาดต่ำ 5 มม.ปรอท แต่คาร์บอนไดออกไซด์ สามารถแพร่ได้เร็วกว่าออกซิเจนถึง 20 เท่าตัว ด้วยความดันที่เท่ากันนั้น แม้จะมีความดันลาดต่ำน้อย แต่ก็ยังแพร่กระจายผ่านในปอดได้เร็วกกว่าออกซิเจน

ความดันในโลหิตดำ เป็นเส้นโลหิตดำ ที่ได้จ่ายออกซิเจนให้แก่เนื้อเยื่อและรับเอาคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อมาแล้ว จะเข้ามาในเส้นโลหิตฝอยในปอด (Lung Capillaries)

ความดันในโลหิตแดง เป็นโลหิตที่ผ่านเส้นโลหิตฝอยในปอดซึ่งถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ให้ถุงลมและรับออกซิเจนจากถุงลมแล้ว ส่งไปเลี้ยงเนื้อเยื่อต่อไป ในการหายใจปกติโลหิตแดงเกือบจะอิ่มตัวด้วยออกซิเจน เมื่อความดันออกซิเจนในโลหิตสูงถึง 100 มม.ปรอท หรือฮีโมโกลบินราว 97%

ร่างกายขนส่งออกซิเจนไปให้เซลล์ได้ 2 ทาง คือ การรวมกับฮีโมโกลบิน และการละลายในพลาสมา การรวมกับฮีโมโกลบินมีบทบาทสำคัญที่สุด เพราะนำออกซิเจนไปได้มากกว่าการละลายในพลาสมาถึง 30 - 100 เท่า หมายความว่าถ้าไม่มีฮีโมโกลบิน ร่างกายจะต้องมีโลหิตเพิ่มขึ้นอีก 30 - 100 เท่าจึงจะพอใช้ ฮีโมโกลบินนำออกซิเจนไปประมาณร้อยละ 97 ที่เหลือประมาณร้อยละ 3 เท่า ที่ละลายในพลาสมา ปกติการจับและปล่อยออกซิเจนของฮีโมโกลบินขึ้นอยู่กับความดันออกซิเจนในโลหิต เมื่อความดันนี้สูง ฮีโมโกลบินจะจับออกซิเจนไว้ได้มาก แต่ถ้าความดันต่ำ ฮีโมโกลบินจะปล่อยออกซิเจนออกมา ผลเช่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นรากฐานของการขนส่งออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อ เพราะความดันออกซิเจนจากปอดมากกว่าเนื้อเยื่อ

1.3 พยาธิสรีรวิทยา

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลิตผลจากการเผาผลาญในร่างกาย และส่วนใหญ่จะถูกขับออกจากร่างกายทางลมหายใจเนื่องจากก๊าซนี้มีอัตราการละลาย (Solubility) สูง และซึมผ่านเยื่อบุผนังของเส้นโลหิตฝอยในถุงลม (Alveolar Capillary Membrane) ได้ดี จึงทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ ในถุงลมและในส่วนปลายของเส้นโลหิตดำในปอด (end capillary pulmonary venous blood) เกือบเท่ากัน ฉะนั้นถ้าพบมีระดับคาร์บอนไดออกไซด์คั่งในโลหิตเกินกว่าปกติ ก็แสดงว่าการระบายอากาศ (Ventilation) โดยเฉพาะส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซต่ำกว่าปกติ (Alveolar Hypo-ventilation) ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ออกซิเจนเข้าไปในถุงลมได้น้อย

ส่วนออกซิเจนนั้นได้จากลมหายใจเข้า สาเหตุที่ทำให้ระดับออกซิเจนในโลหิตผิดปกติ นอกจากภาวะการแลกเปลี่ยนก๊าซต่ำกว่าปกติ แล้วยังมีสาเหตุอื่นที่เกี่ยวข้องอีกหลายประการ ได้แก่ ความผิดปกติในอัตราส่วนของการระบายอากาศซึมผ่าน (Perfusion) การซึมผ่านเยื่อบุผนังของเส้นโลหิตฝอยในถุงลม และผ่านทางอื่น (shunt) ในปอด เป็นกลไกที่ทำให้โลหิตผ่านปอดน้อยเพราะต้องผ่านทางใหม่ไปทางอื่น

โรค หรือ ภาวะที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะการหายใจล้มเหลว อาจแบ่งตามตำแหน่งกายวิภาคและสรีรวิทยาได้ ดังนี้

1.3.1 **ความผิดปกติที่ระบบประสาทส่วนปลาย** (Central Nervous System = CNS)

ก. จากยาซึ่งกดระบบประสาทกลาง เช่น ยาระงับประสาท (Sedative) ยาระงับปวด (Analgesics) ยากล่อมประสาท (Trangilizers) ก๊าซระงับความรู้สึก (Anaesthelic gas)

ข. ความผิดปกติในก้านสมอง (Brain Stem) จากความผิดปกติในหลอดโลหิตหรือโลหิตที่ไปเลี้ยงสมอง การติดเชื้อที่สมอง หรือสมองได้รับความกระทบกระเทือนอย่างมาก เช่น โลหิตออกในก้านสมอง (Brain Stem Haemorrhage) เนื้อสมองตายจากการขาดโลหิตไปเลี้ยง (Brain Stem Infarction) ช็อค (Shock) สมองอักเสบ (Encephalitis), Bulbar Poliomyelitis, ความดันในกระโหลกศีรษะสูง (Inereased Intracranial Pressurde)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 **ความผิดปกติที่ระบบประสาทส่วนปลาย** (peripheral Nervous System) มักเกิดพยาธิสภาพที่

ก. แอนเทอเรียฮอร์นเซลล์ (Anterior Horn Cell) และประสาทส่วนปลาย (Peripheral Nerve) เช่น ไข้ไขสันหลังอักเสบ (poliomyelitis), กลุ่มอาการที่เกิดจากเส้นประสาทส่วนปลายอักเสบอย่างเฉียบพลัน (Gullain Borre Syndrome)

ข. รอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อและประสาท (Myoneural Junction) เช่น ไมเอสทีเนีย (Myasthenia gravis), บาททะยัก, ยาฆ่าแมลง, ยาปฏิชีวนะบางชนิด เช่น คานาไมซิน (Kanamycin)

1.3.3 **ความผิดปกติที่กล้ามเนื้อเกี่ยวกับการหายใจ** ได้แก่ มัสคูล่า ดีสทรอฟี (Mascular dystrophy) ไมโอโทเนีย (Myotonia) โพลีไมโอไซติส(Polymyositis)

1.3.4 **ความผิดปกติของผนังทรวงอกและเยื่อหุ้มปอด** เช่น หลังโกง กระดูกซี่โครงหักหลายซี่ หลังได้รับการผ่าตัดช่องอก มีน้ำในช่องเยื่อหุ้มปอด มีอากาศในช่องเยื้อหุ้มปอด

1.3.5 **ความผิดปกติที่ปอด**

ก. ความผิดปกติในหลอดลม สิ่งแปลกปลอมตกเข้าไปอุดกั้นในหลอดลม เอปิกลอสทีสอักเสบเฉียบพลัน กล่องเสียงอักเสบ การสูดดมควันไฟมาก ๆ หรือก๊าซพิษ หลอดลมเล็กอักเสบในเด็ก

ข. ความผิดปกติที่ถุงลมและช่องระหว่างเนื้อเยื่อ เช่น ปอดบวมน้ำ ปอดอักเสบ

ค. ความผิดปกติเกี่ยวกับหลอดโลหิตที่ไปเลี้ยงปอด เช่น มีการอุดกั้นเส้นโลหิตที่ในปอด เส้นโลหิตที่อักเสบ

1.3.6 **ความผิดปกติอื่น ๆ ที่ทำให้การเคลื่อนไหวของกระบังลมลดลง** เช่น ท้องมาน เยื่อบุช่องท้องอักเสบ ได้รับการผ่าตัดช่องท้อง และการอ้วนมาก ๆ

ความผิดปกติของ CNS หรือระบบประสาทส่วนปลาย จะทำให้อัตราการหายใจและปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้งลดลง ทำให้ปริมาตรของอากาศที่หายใจแต่ละนาทีลดลง นั่นคือมีการระบายอากาศในถุงลมลดลง จะทำให้เกิดการคั่งของคาร์บอนไดออกไซด์

โรค หรือความผิดปกติของผนังทรวงอก และเยื่อหุ้มปอดจะทำให้การขยายตัวของปอดไม่เต็มที่ ร่างกายจะชดเชยการที่ปริมาตรของอากาศที่หายใจเข้าออกแต่ละครั้งลดลง โดยหายใจเร็วขึ้นแต่ตื้น กล้ามเนื้อช่วยในการหายใจทำงานมากขึ้น ทำให้คาร์บอนไดออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซด์เกิดมากขึ้นและใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น ก็ทำให้เกิดภาวะคาร์บอนไดออกไซด์สูงในโลหิต และภาวะออกซิจนในโลหิตต่ำมากยิ่งขึ้น

สาเหตุทางระบบประสาท ทรวงอก และเยื่อหุ้มปอดดังกล่าวเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ของการระบายอากาศล้มเหลว

โรคที่หลอดลมถุงลม หรือ ช่องระหว่างเนื้อเยื่อของปอดจะทำให้อัตราส่วนของการระบายอากาศ การซึมผ่านของปอดไม่สม่ำเสมออาจเนื่องจากผนังหลอดลมบวมขยายใหญ่ขึ้น หลอดลมหดเกร็ง และเสมหะที่คั่งค้างในหลอดลมทำให้การกระจายของลมหายใจเข้าไปสู่ปอดไม่สม่ำเสมอ หรือ จากการทำลายผนังถุงลมและความกว้างของรอยต่อระหว่างหลอดโลหิตฝอยแดงและดำในปอด ทำให้ความผิดปกติเกี่ยวกับโลหิตที่มาสู่ถุงลม

ผลจากความผิดปกติของหลอดลมทำให้ถุงลมบางส่วนมีการระบายอากาศน้อยหรือไม่มี แต่การซึมผ่านยังดีอยู่ ฉะนั้นจะทำให้โลหิตที่ไหลไปสู่ถุงลมส่วนนั้นไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซหรือได้รับออกซิเจนไม่เต็มที่ โลหิตที่ไปจากถุงลมส่วนนั้นจะมีออกซิเจนต่ำไหลเข้าสู่เส้นโลหิตแดงทำให้เกิดภาวะออกซิเจนในโลหิตต่ำ ในทางตรงข้ามถ้าเส้นโลหิตฝอยในปอดผิดปกติหรือถูกทำลายจะทำให้ถุงลมส่วนนั้นการระบายอากาศแต่การซึมผ่านลดลงหรือไม่มี ทำให้อากาศที่หายใจเข้าไปสู่ปอดส่วนนั้นไม่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซหรือมีการแลกเปลี่ยนได้น้อย เป็นการเพิ่มเนื้อที่สูญเปล่าทางสรีร ถ้าถุงลมส่วนอื่นไม่สามารถทำงานชดเชยการขับถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพียงพอโดยมีการระบายอากาศมากขึ้น ก็จะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์คั่ง

ในพวกที่มีดีฟิวส์อินทีลเทรตีปดิซิส์ (Diffuse Intiltrative Disease) ส่วนถุงลมและช่องระหว่างเนื้อเยื่ออาจมีการบวมอักเสบหรือมีเนื้องอก เข้าไปแทรกอยู่ทำให้มีความผิดปกติในการซึมผ่านของก๊าซ ทำให้เกิดภาวะการใช้ออกซิเจนล้มเหลว แต่ในทางคลีนิค จะไม่พบว่าการแพร่กระจายผิดปกติเพียงอย่างเดียว มักพบมีการระบายอากาศ การซึมผ่านผิดปกติด้วยเสมอ

โรคของปอดถ้าเป็นเฉพาะแห่ง จะไม่ทำให้เกิดภาวะการหายใจล้มเหลว โดยมากจะพบในรายที่เป็นทั่ว ๆ ไปทั้งปอด

ปอดเป็นอวัยวะที่ยืดหดได้เมื่อหายใจเอาอากาศเข้าออก ทรวงอกอันเป็นประตูจผนังล้อมรอบปอดรวมทั้งกระบังลม ก็จะมีการยืดหดเพื่อเพิ่มหรือลดความจุของปอด อากาศจะผ่านเข้าปอดได้ทางหลอดลมคอทางเดียวเท่านั้น เมื่อทรวงอกขยายเพิ่มขึ้นหมายความว่าความดันภายในลดน้อยลง อากาศภายนอกจะถูกดันเข้าไปโดยผ่านทางหลอดลมคอ หลอดลมปอดและปอดก็จะพองขึ้น เมื่อปริมาตรของทรวงอกยุบลงปอดก็จะแฟบตามลงไปด้วย มีผลทำให้อากาศถูกขับออกมาจากการระบายอากาศของปอดเช่นนี้ เมื่อเวลาหายใจเข้าถุงลมทั้งหมดจะได้รับอากาศใหม่เข้าไป และขับออกเมื่อมีการหายใจออก ผิวด้านนอกของปอดห่อหุ้มด้วยเยื่อเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และลื่นเรียกว่าเยื่อหุ้มปอด ซึ่งมี 2 ชั้น โดยจะคาดครอบผลนังด้านในของช่องอกและผิวส่วนบนของกระบังลมด้วย เยื่อหุ้มปอดจะชุ่มด้วยน้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เยื่อส่วนที่คาดผนังด้านในของช่องอกติดกับเยื่อส่วนที่หุ้มปอด และทำให้เยื่อเหล่านี้ไม่เสียดสีกันและไม่รู้สึกเจ็บปวดเวลาที่มีการหายใจเข้าออก

1.4 อาการและอาการแสดง

อาการและอาการแสดงที่เกิดขึ้นทันทีเมื่อขาดออกซิเจน หรือได้รับออกซิเจนไม่พอเพียงนั้นจะสังเกตได้ คือ ชีพจรเร็วมีอาการคล้ายคนง่วงนอน หรือจะกระสับกระส่าย และอาจพบอาการทางสมองโดยมีความคิดสับสน แขนขาไม่มีแรง ปวดศรีษะ เวียนศรีษะมึนงง หอบ หรืออาจปรากฏภาวะผิวกายเขียวขึ้นในขณะนั้น ถ้าขาดออกซิเจนมาก ๆ จะเพ้อไม่รู้สึกตัว ชีพจรเร็วมาก ความดันโลหิตต่ำ เขียว และหอบมาก

การที่คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ก็อาจจะไม่ทำให้เกิดอาการแสดงใด ๆ ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เกิดว่านานแค่ไหน และปริมาณความด่างของร่างกายมากน้อยเพียงใด ในรายที่เกิดมีการเพิ่มของคาร์บอนไดออกไซด์มาก และโลหิตมีภาวะเป็นกรด pH มีค่าต่ำกว่า 7.35 อาการที่แสดงให้เห็นได้เด่นชัดในระยะเริ่มแรกก็คือ การหายใจเร็วและลึก นอกจากนี้จะมีอาการมืออุ่นกว่าปกติ ปวดศรีษะ ม่านตาแคบลง ความดันโลหิตสูงขึ้น ถ้าเป็นมากจะมีอาการง่วงนอน พูดไม่รู้เรื่อง ชีพจรเร็ว มือสั่น และกล้ามเนื้อกระตุก จนกระทั่งหมดสติ การสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเวลานานมากอาจมีผลไปกระตุ้นศูนย์ประสาทการหายใจน้อยลง หรือไม่กระตุ้นเลย

เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากที่กล่าวมาแล้ว สมองจะถูกกดเริ่มด้วยการกระตุ้นศูนย์บีบหลอดโลหิต ทำให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น ถ้าคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอีก จะมีผลต่อหลอดโลหิตโดยการทำให้ขยายตัว หัวใจอ่อนแรง อัตราการเต้นของหัวใจช้าลง ผลเช่นนี้ทำให้ความดันโลหิตลดลงด้วย ศูนย์ต่าง ๆ ในสมองจะถูกกด ผู้ป่วยจะหมดสติ และถึงแก่กรรมได้

1.5 อาการเมื่อร่างการขาดออกซิเจน

1. กระวนกระวาย
2. อารมณ์ไม่ปกติเปลี่ยนแปลงง่าย และการตัดสินใจอยู่ในสภาพเสื่อมลง
3. มีอาการปวดศรีษะตั้งแต่น้อยไปจนถึงมาก
4. เจ็บหน้าอกบริเวณหัวใจ
5. รู้สึกอ่อนเพลีย
6. มีอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ ขย้อน อาเจียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 อาการแสดงเมื่อขาดออกซิเจน

1. หายใจเกินปกติ (Hyperpnea) ซึ่งต้องใช้งานการหายใจ (Work of Breathing) มาก

2. หัวใจเต้นเร็ว

3. ความดันโลหิตไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนมีนัยสำคัญ อาจมีการเพิ่ม Systolic, Diastolic, Pressure ถ้ามีภาวะการขาดออกซิเจนปานกลาง (Moderate Hypoxia)

4. ไม่มีการประสานงานกันระหว่างกล้ามเนื้อมัดต่าง ๆ ของร่างกาย และเกิดการกระตุกของกล้ามเนื้อ เริ่มจากเป็นจุด ๆ และกระตุกมากขึ้นจนถึงชัก

5. มีอาการเขียว (Cyanosis) เมื่อ reduced Hb ต่อ 100 มิลลิลิตร ของ Capillary Blood ตั้งแต่ 5 กรัมขึ้นไป

2. การหมดสติ (Coma)

2.1 บทนำ

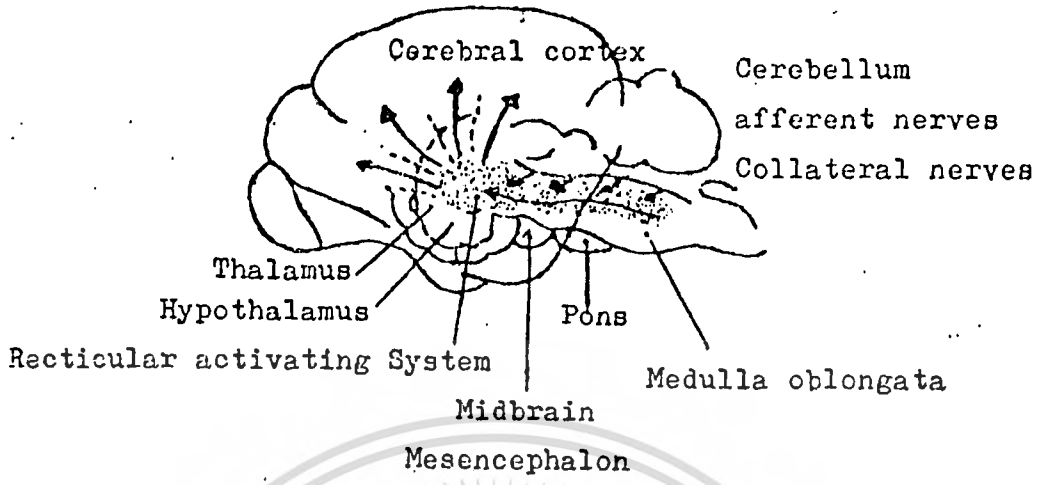
การหมดสติหรือไม่รู้สึกตัวเป็นภาวะหนึ่งที่การทำงานของสมองถูกกด ผู้ป่วยจะมีอาการเสมือนหนึ่งนอนหลับ และร่างกายจะไม่มีปฏิกริยาตอบสนองต่อสิ่งเร้าใด ๆ ไม่ว่าสิ่งเร้านั้นจะมีความรุนแรงหรือก่อให้เกิดความเจ็บปวดมากเพียงใดก็ตาม

2.2 สรีรวิทยาของการนอนหลับ

การนอนหลับเป็นกิจกรรมของสมอง ไม่ใช่เกิดเนื่องจากเหน็ดเหนื่อยหรืออ่อนเพลียเท่านั้น ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันว่า เรติคูลาร์นิวคลิไอ (Recticular noclei) ของมิดเบรน อินทราลามินาร์ (Mid Brain Intralaminar) ที่รวมเรียกว่า แอสเซนดิ้ง เรติคูลาร์ แอกติเวติ้ง ซีสเทม (Ascending Recticular Activating System) หรือเรติคูลาร์ปลุกฤทธิ์ เป็นส่วนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้

ระบบเรติคูลาร์ปลุกฤทธิ์ มีหน้าที่ควบคุมกิจกรรมทั้งหลายของระบบประสาทส่วนกลางรวมทั้งการหลับและการตื่น นอกจากนั้นยังสามารถอำนวยจิตที่รู้สึกสำนึกให้สนใจในสิ่งหนึ่งสิ่งใดโดยเฉพาะอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7.8 แสดงระบบเรติคูลาร์ปลุกฤทธิ์

ในปี 1959 จากการศึกษาของบาทินี (Batini) ร่วมกับโมรุสซี่ (Moruzzi) และคณะได้ตัดก้านสมองแมวนำมาทดลอง พบว่าตำแหน่งที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการตื่นจะอยู่ในเรติคูลาร์ฟอร์มเมชั่น (Reticular formation) ของเมสเซ็นเซฟฟาลอน (Mesencephalon) และไดเอ็นเซฟฟาลอน (Diencephalon) ส่วนตำแหน่งที่หลับนั้นอยู่ในแทร็คตัสโซลิตาริอัส (Tractus Solitarius) ในตำแหน่งเมดุลล่าโอบลองกาต้า (Medulla Oblongata)

บริเวณที่ควบคุมการหลับและตื่นนั้นไม่ได้ปฏิบัติงานประสานกันแต่จะขัดแย้งกันอยู่เสมอ คือถ้าบริเวณที่ควบคุมให้หลับใน แทร็คตัสโซตาริอัสกำลังออกฤทธิ์ ขณะเดียวกันบริเวณที่บังคับให้ตื่นที่สมองกลางก็จะถูกกดไว้ไม่ให้ออกฤทธิ์ นอกจากนี้ร่างกายยังมีจังหวะการหลับและการตื่นโดยมีปัจจัยภายนอกที่สำคัญหลายอย่างควบคุมอยู่ คือ กลางวันกลางคืนการเปลี่ยนจากสว่างเป็นมืด จากเสียงอึกทึกเป็นเสียงเงียบสงบ จังหวะการหลับและตื่นดังกล่าวเกิดขึ้นจากสมองส่วนเมสโซไดเอ็นเซฟฟาลอน (Mesodiencephalon) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีนิวเคลียสของระบบประสาทออโทโนมิคมากมาย ระบบประสาทออโทโนมิคนั้น ประกอบด้วยประสาทย่อย 2 ระบบ คือ ระบบซิมพัทเธ็ทติค (Sympathetic) และพาราซิมพัทเธ็ทติค (Parasympathetic) ในเวลาหลับร่างกายอยู่ภายใต้อิทธิพลของประสาทพาราซิมพัทเธ็ทติคเป็นส่วนใหญ่ จึงปรากฏว่าม่านตาเล็กลง หัวใจเต้นช้าลง แรงดันเลือดต่ำลง เหงื่อออกน้อยลง และความตึงตัวของกล้ามเนื้อก็ลดลง ส่วนเวลาตื่นร่างกายจะอยู่ภายใต้อิทธิพลของประสาทซิมพัทเธ็ทติค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรักษาพยาบาลภาวะการได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ

1. การรักษาทางพยาบาล [1]

หลักใหญ่ ๆ ของการรักษาพยาบาลมีอยู่ 2 ประการ คือ

1. พยายามรักษาโรคซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการหายใจ เช่น การติดเชื้อ หัวใจวาย ปอดบวม เป็นต้น

2. พยายามแก้ไขโดยพยายามดูผลการตรวจแก๊สในเม็ดโลหิตแดง (Arterial Blood Gas) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาวะความเป็นกรดและด่างให้กลับสู่เกณฑ์ปกติ (7.4± 0.04) โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด ส่วนระดับออกซิเจนในเลือดแดงนั้น ถ้าอยู่ระหว่าง 50 - 70 มม.ปรอท ก็มากเพียงพอแล้ว ถ้าทำให้มีระดับสูงกว่านี้อาจจะเกิดอันตรายจากออกซิเจนได้

การปฏิบัติการรักษา ควรทำตามลำดับดังนี้

1.1 การรักษาอาการอย่างรีบด่วน ประกอบด้วย

(1) ช่วยให้ผู้ป่วยหายใจสะดวก

(2) ให้ออกซิเจน

(3) ให้ความชื้น (Humidification) และการบำบัดด้วยการพ่นอากาศ (Areosol Therapy)

(4) กายภาพบำบัดทรวงอก

(5) การบำบัดเพื่อช่วยการระบายอากาศ

1.2 รักษาโรค ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะออกซิเจนไม่เพียงพอ

1.1 การรักษาอย่างรีบด่วน

(1) **ช่วยผู้ป่วยให้หายใจสะดวก** การหายใจไม่สะดวกส่วนใหญ่เกิดจากมีเสมหะมากแก้ไขได้หลายวิธีโดยให้ผู้ป่วยไอ จะช่วยขับเสมหะได้ ถ้าผู้ป่วยมีบาดเจ็บบริเวณหน้าอก หรือท้องจะไม่กล้าไอแรงเพราะเจ็บ พยาบาลช่วยผู้ป่วยได้โดยกดหน้าอก หรือท้องอย่าให้เคลื่อนไหวขณะไอ อาจใช้วิธีใส่ท่อโดยผ่านทางปากหรือจมูกก็ได้ เพื่อดูดเสมหะออก และใช้ระยะสั้นในรายที่มีเสมหะมากและเหนียว หรือมีสิ่งแปลกปลอมในหลอดลมอาจทำการส่อง

---

[1] วิทยาลัยพยาบาล, คณาจารย์. การพยาบาลอายุรศาสตร์และศัลยศาสตร์. เล่ม 1. กรุงเทพ: 2524 หน้า 102 - 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูหลอดลม เพื่อดูดเสมหะ หรือสิ่งแปลกปลอมออกได้ ถ้าวิธีเหล่านี้ไม่ได้ผลควรใส่ท่อยางเข้าหลอดลม (Endotracheal tube)

วัตถุประสงค์ในการใส่ท่อยางเข้าหลอดลม คือ

ก. เพื่อให้ผู้ป่วยหายใจสะดวก
ข. เพื่อใช้ดูดเสมหะที่อยู่ในหลอดลมลึก ๆ
ค. เพื่อให้ต่อกับเครื่องช่วยหายใจ
ง. ป้องกันไม่ให้สำลักเอาน้ำเข้าสู่หลอดลม

ภาวะแทรกซ้อนซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เมื่อใส่ท่อยางเข้าหลอดลม

ก. ถ้าใส่ท่อผิดที่และให้ออกซิเจนด้วยจะมีผลตาม เช่น เข้าไปในหลอดอาหารจะทำให้ท้องอืด หรือใส่ลึกเกินไปเข้าในหลอดลมข้างใดข้างหนึ่ง จะทำให้ปอดอีกข้างหนึ่งแฟบ
ข. กล่องเสียง หรือสายเสียง หรือหลอดลมยอมหลังจากเอาท่อออก
ค. หลอดลมคอ เกิดเป็นแผล อาจตีบหรือทะลุได้ในรายที่เป่าลมเข้าไปใน cuff
ง. เกิดการอุดตันจากเสมหะ หรือท่อบิดงอ ถ้าใช้ท่อขนาดเล็กเกินไปส่วนใหญ่จะเป็นท่อชนิดผ่านทางจมูก

เมื่อช่วยผู้ป่วยด้วยวิธีดังกล่าวมาแล้วข้างต้นไม่ได้ผล แพทย์อาจใช้วิธีการเจาะคอ (Tracheostomy)

การเจาะคอจะทำในกรณีต่อไปนี้

ก. มีเสมหะมากจนดูดออกด้วยวิธีอื่นไม่สำเร็จ
ข. ถ้าจำเป็นต้องใส่ท่อยางเข้าหลอดลม เกิน 48 ชั่วโมง เพื่อป้องกันภาวะแทรกซ้อน
ค. ผู้ป่วยทนต่อการใส่ท่อยางเข้าหลอดลมไม่ได้
ง. ระบบทางเดินหายใจส่วนบนอุดตันเช่นจากการเป็นเนื้องอก หรือสิ่งแปลกปลอม หรือหลอดลมบวม จนไม่สามารถใส่ท่อยางเข้าหลอดลมได้
จ. เมื่อต้องใช้ต่อกับเครื่องช่วยหายใจ เช่น ในรายที่ผู้ป่วยมีภาวะการหายใจล้มเหลวกล้ามเนื้อหัวใจอ่อนแรง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะแทรกซ้อนจากการเจาะคอ

ก. เกิดขึ้นขณะผ่าตัดเจาะคอ เช่น มีรูทะลุถึงหลอดอาหารมีโลหิตออกมาก การหยุดหายใจ การมีลมเข้าไปใต้ผิวหนัง หรือในถุงเยื่อหุ้มปอด ตลอดจนการใช้เครื่องมือไม่สะอาด ทำให้เกิดการติดเชื้อ เป็นต้น เกิดการอุดตันในหลอดโลหิตจากฟองอากาศ (Air Embolism) ทำให้หัวใจหยุดเต้นซึ่งอาจเกิดร่วมกับภาวะออกซิเจนในโลหิตต่ำก็ได้

ข. เกิดขึ้นภายหลัง โดยเฉพาะในระยะที่ใส่ท่อยางเข้าหลอดลม ชนิดที่มีถุงลม (cuff) เป็นเหตุให้หลอดลม หรือกล่องเสียงตีบ เกิดรูทะลุหรือเกิดหลอดลมคออ่อนแอ

(2) **ให้ออกซิเจน** พยาบาลต้องมีความรู้ในการสังเกตอาการที่เกิดขึ้นเนื่องจากภาวะการขาดออกซิเจน เพื่อให้การช่วยเหลือได้ทันท่วงที

2. วัตถุประสงค์ของการให้ออกซิเจน

2.1 เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของออกซิเจน ในภาระแส์โลหิตของผู้ป่วยที่ขาดออกซิเจนเนื่องจาก

ก. อากาศที่หายใจเข้าไปมีออกซิเจนน้อย

ข. ศูนย์ควบคุมการหายใจถูกกด เนื่องจากมีความดันในภาระโหลกศรีษะเพิ่มขึ้นทำให้เวียนศรีษะหรือได้รับยานอนหลับมากเกินไป เช่น มอร์ฟีน, Barbiturate

ค. มีการอุดตันของทางเดินหายใจ

ง. การแลกเปลี่ยนก๊าซในปอดไม่เพียงพอ เนื่องจากการทำงานของหัวใจและปอดหย่อยสมรรถภาพ เช่น นิวโมเนีย ปอดแฟบ หัวใจทำงานล้มเหลว ช็อค เป็นต้น

จ. ความสามารถในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์ของเม็ดเลือดแดงต่ำเนื่องจากซีดมาก หรือ Carbonmonoxide poisining

2.2 เพื่อให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วยขณะนำผ่าตัดในรายที่ให้ general anaesthesia

ข้อบ่งชี้ (Indication) ให้เมื่อผู้ป่วยมี Hypoxemia ซึ่งเกิดได้จาก

1. ภาวะการหายใจไม่พอ (Hypoventilation) การให้ออกซิเจนจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของออกซิเจนในถุงลมปอด แต่จะไม่ช่วยลดคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งสูงขึ้น ผู้ป่วยจะหายจาก Hypoxemia แต่ต้องหาทางลดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการให้ Mechaical Ventilation ต่อไป ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Asthma
- Emphysema
- CNS depression จากยาต่าง ๆ
- Plural effusion

2. Alveolar wall block เช่น

- Pulmonary fibrosis

3. การไม่สมดุลย์กันระหว่าง ventilation และ perfusion (ventilation/Perfusion Abnormality) ทำให้เกิด Hypoxemia ได้เช่น

- Atelectasis
- Right to left shunt

4. ช่วยลดอาการท้องอืดภายหลังผ่าตัด (Congel, Burgess, 1939) และช่วยเร่ง Absorption ของก๊าซใน Pneumothorax (North field, 1971) ออกซิเจนจะช่วยเจือจาง partial pressure ของไนโตรเจนในเลือดให้ต่ำลง ดังนั้นไนโตรเจนที่เหลือค้างอยู่ตามช่องหรือโพรงต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น กระเพาะ ลำไส้ หรือช่องปอดที่มี Pneumothorax ก็จะมี Partial Pressure สูงกว่าไนโตรเจนในเลือด, ไนโตรเจนตามที่ต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วก็จะซึมกลับเข้าหลอดเลือดและถูกขับออกทางปอด จึงทำให้ลดอาการแน่นท้องหลังผ่าตัดและช่วยเร่งการดูดซึมของก๊าซใน Pneumothorax

การให้ออกซิเจนสูดดมหลังทำ Pneumothorax Encephalodgraphy ก็จะลดอาการปวดศีรษะหลังทำลงได้โดยโดยเหตุผลเช่นเดียวกัน

5. รักษาภาวะ Carbon monoxide Piosoning ให้ออกซิเจนเข้มข้นสูงเพื่อเพิ่ม Dissociation ของ Carboxyhaemoglobin และเพื่อลด hypoxemia โดยเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายในพลาสม่า

6. ใช้รักษาการติดเชื้อ Anaerobic เช่น Gas gangrene โดยใช้เครื่องให้ออกซิเจนความดันสูง (hyperbaric oxygenation) โดยมากใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ไม่เกิน 3 ATA วันละ 3 ครั้ง ๆ ละไม่เกิน 2 ชั่วโมง

หลักเกณฑ์ที่จะบอกว่า เมื่อไรจึงจะให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วยดูได้จากอาการและอาการแสดงเมื่อร่างกายขาดออกซิเจน

3. การให้ออกซิเจน

การให้ออกซิเจนมีหลายวิธี เช่น ให้สายยางใส่ทางจมูก (Nasal Catheter) ใช้แคนนูลาใส่ทางจมูก (Nasal Cannula) แบบหน้ากาก (Venturi mask) เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยหายใจ (Ventilator) เป็นต้น ดังตาราง 7.3

เครื่องมือ	อัตราการให้ (ลิตร/นาที)	ความเข้มข้น (ร้อยละ)	หมายเหตุ
Nasal catheter	6 - 8	30 - 50	ไม่ควรใช้สำหรับผู้ป่วยซึ่งหายใจทางปาก การใส่สายยางลึกเกินไปจะทำให้กระเพาะอาหารพองจากอากาศที่กลืนเข้าไป
Nasal Cannula	4 - 6	30 - 40	ไม่ควรใช้สำหรับผู้ป่วยซึ่งหายใจทางปาก บางครั้งทำให้เกิดบาดเจ็บต่อช่องจมูกได้
	1	24	
	2	28	
Mask with bag	6	40 - 50	ขนาดของ Mask หายากที่จะเหมาะกับผู้ป่วยอย่างแท้จริงและมีโอกาสเกิดคาร์บอนไดออกไซด์คั่งเมื่ออัตราที่ใช้ออกซิเจนต่ำ
	8	50 - 60	
	8 - 12	70 - 90	
Mask without bag	6 - 8	35 - 44	
	10	45 - 54	
	10 - 12	55 - 65	
Venturi Mask	4	24	เป็นวิธีที่ผู้ป่วยส่วนมากทนได้โดยไม่ลำบาก
	6	28	
	8	35	

นอกจากนี้การให้ออกซิเจนวิธีอื่น ๆ มีการให้ออกซิจนโดยการผ่านทางเครื่องช่วยหายใจ ซึ่งสามารถกำหนดเปอร์เซนต์ของออกซิเจนได้ สำหรับผู้ป่วยที่เจาะคอไว้การให้ออกซิเจนอาจจะให้หน้ากากครอบที่เจาะคอ (Tracheotomy mask) หรือสายยางทางสาย T-tube หรือแบบหน้ากากเปิด (Open face mask) ต่อเข้ากับเครื่องพ่นอากาศ (Nebulizer) ชนิดใดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 หลักการทั่วไปของการให้ออกซิเจน

ก. ผู้ป่วยที่เป็นโรคซึ่งทำให้ระดับออกซิเจนลดต่ำอย่างเฉียบพลัน การให้ออกซิเจนมีหลักดังนี้

1. ผู้ป่วยที่ควบคุมการหายใจปกติ หรือเกือบปกติ เมื่อเกิดระดับออกซิเจนลดลงอย่างเฉียบพลันระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดจะปกติหรือต่ำก็ได้ อาการหอบจะเกิดขึ้นเมื่อระดับออกซิเจนในเลือดต่ำกว่า 6.5 มม.ปรอท ถ้าเป็นไม่รุนแรงไม่จำเป็นจะต้องเจาะเลือดตรวจหาระดับออกซิเจน การให้ออกซิเจนก็ไม่จำเป็นต้องควบคุมมากนัก ให้ปริมาณออกซิเจนเพียง 30 - 60 % ก็พอ และไม่จำเป็นจะต้องให้จนกระทั่งระดับออกซิเจนในเลือดสูงกว่า 100 มม.ปรอท อันตรายจากการให้ออกซิเจนมากเกินไปอาจเกิดขึ้นได้ แต่ถ้าผู้ป่วยมีอาการรุนแรงมาก จำเป็นจะต้องตรวจหาระดับออกซิเจนในเลือดด้วยเสมอไป

2. ผู้ป่วยที่การควบคุมการหายใจผิดปกติ เช่น โรคซึ่งมีสาเหตุจากภายนอกปอด หรือโรคที่ทำให้การระบายอากาศในถุงลมน้อยกว่าปกติ โดยเฉพาะโรคที่ทำให้เกิดภาวะหลอดลมอุดตันเรื้อรัง โรคพวกนี้จะทำให้ระดับออกซิเจนต่ำ รวมทั้งเกิดระดับคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นด้วย และการควบคุมการหายใจขึ้นอยู่กับระดับออกซิเจนในโลหิต ตามปกติผู้ป่วยประเภทนี้หายใจเร็วและลึก แต่ถ้าให้ออกซิเจนมากเกินไปจะขาดปัจจัยกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจ ทำให้การหายใจช้าลง เป็นเหตุให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตสูงยิ่งขึ้น ทำให้ ผู้ป่วยหมดสติและอาจตายได้ ด้วยเหตุนี้การให้ออกซิเจน สำหรับผู้ป่วยประเภทนี้ต้องควบคุมอย่าให้มากเกินไป ดังนั้นการให้ออกซิเจนควรจะประมาณ 1-2 ลิตรต่อนาที

สำหรับผู้ป่วยซึ่งเป็นโรคปอดเรื้อรัง มีการให้ออกซิเจน ดังนี้

ก. ภาวะขาดออกซิเจนน้อย (ระดับออกซิเจนในโลหิตแดงสูงกว่า 50 มม.ปรอท และคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตต่ำกว่า 50 มม.ปรอท) ในกรณีนี้ไม่จำเป็นต้องให้ออกซิเจน แต่ถ้าจะช่วยให้ผู้ป่วยรู้สึกสบายขึ้น หอบน้อยลง ก็ให้ออกซิเจนได้ ไม่มีอันตรายแต่อย่างใด ถ้าให้ในอัตราต่ำ

ข. ภาวะขาดออกซิเจนปานกลาง (ระดับออกซิเจนในโลหิตแดงอยู่ระหว่าง 50 มม.ปรอท หรือออกซิเจนอิ่มตัวประมาณ 60-80 %) ควรจะให้ออกซิเจนเพียงที่จะช่วยให้ระดับในโลหิตอยู่ระหว่าง 50 - 70 มม.ปรอท ก็พอ ถ้าระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตสูงกว่า 55 มม.ปรอท ควรจะให้ออกซิเจนด้วยปริมาณไม่เกิน 28 %

ค. ภาวะขาดออกซิเจนมาก (ระดับออกซิเจนในโลหิตแดงต่ำกว่า 30 มม.ปรอท หรือออกซิเจนอิ่มตัวน้อยกว่า 60 %) ในกรณีนี้จำเป็นต้องให้ออกซิเจน ถ้าไม่ให้อาจตายได้ เมื่อไม่มีภาวะคาร์บอนไดออกไซด์คั่งอาจจะให้ออกซิเจนปริมาณมาก ๆ ได้ แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีคาร์บอนไดออกไซด์คั่งมาก และผู้ป่วยไม่รู้สึกตัว ต้องใส่ท่อหายใจแล้วต่อด้วยเครื่องช่วยหายใจ

3.2 ข้อควรระวังอันตรายจากการให้ออกซิเจน

1. ผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับถุงลมระบายอากาศออกได้น้อยกว่าปกติ ถ้าให้ออกซิเจนปริมาณมากเกินไป อาจจะเกิดภาวะคาร์บอนไดออกไซด์กดศูนย์ควบคุมการหายใจ ทำให้หมดสติได้

2. ในรายที่ออกซิเจนต่ำมาก โดยเฉพาะในรายที่ทางเดินหายใจถูกกด ซึ่งมักพบในผู้ใหญ่ ออกซิเจนที่จะให้ต้องสูงมาก อันตรมยจากการให้ออกซิเจนก็เพิ่มขึ้น บางครั้งต้องให้โดยผ่านเครื่องช่วยหายใจ ในกรณีที่ให้ออกซิเจนมากกว่า 70 % เครื่องหายใจชนิดที่มีลิ้นพิเศษ ต้องตั้งความดันไว้ประมาณ 15 - 20 ซม.น้ำ จะสามารถลดเปอร์เซนต์ออกซิเจนให้ลงได้ แต่ระดับออกซิเจนในโลหิตแดงควรควบคุมให้อยู่ตะหว่าง 50 - 70 มม.ปรอท

3.3 พิษของออกซิเจน

การให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วยนั้น มีจุดมุ่งหมายที่จะแก้ไขภาวะเลือดพร่องออกซิเจนซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากความผิดปกติของส่วนที่เกี่ยวกับการระบายอากาศ (Ventilation) หรือกำซาบเลือด (Perfusion) ก็ได้ ดังนั้น ในการให้ออกซิเจนจึงควรพิกจารณาถึงเทคนิคการให้ออกซิเจน ตลอดจนความเข้มข้นและปริมาตรของออกซิเจนที่ใช้ซึ่งแตกต่างกันไปในผู้ป่วยแต่ละราย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าออกซิเจนจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการดำรงอยู่ของชีวิต แต่ผู้ให้ก็ควรจะให้ด้วยความระมัดระวัง และคำนึงถึงผลกเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการให้ออกซิเจน

การเกิดพิษของออกซิเจนนั้น เกี่ยวข้องกับปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่ให้และระยะเวลาที่ได้รับออกซิเจน การให้ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 50 % จะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อปอด แต่ถ้าให้ในปริมาณและความเข้มข้นที่สูง และเป็นเวลานาน เช่นให้ออกซิเจน 80 - 100 % นาน 8 ชั่วโมง หรือออกซิเจน 60 % นาน 36 ชั่วโมง จะทำให้เกิดพิษได้แม้ในคนปกติ โดยจะมีอาการคัดจมูกและไอเป็นพัก ๆ อย่างควบคุมไม่ได้ เจ็บหน้าอกโดยจะรู้สึกเจ็บเมื่อหายใจเข้า มีอาการเหนื่อย หายใจหอบ ซึ่งอาการเหล่านี้จะไม่หายไป เมื่อให้ยาระงับประสาท (Sedative) การเกิดพิษของออกซิเจนขึ้นกับความดันของออกซิเจนด้วยเหมือนกัน เช่น ให้ออกซิเจนในผู้ใหญ่ 100 % ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ (760 มม.ปรอท) จะไม่พบอาการผิดปกติ ถ้าหากให้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60 % ภายใต้ความดันที่สูงกว่านี้ จะทำให้เกิดการกระตุกของกล้ามเนื้อ มีเสียงกริ่งในหู มึนงง อาจจะชัก จะไม่รู้สึกตัวได้ จากการทดลองโดยให้ออกซิเจน 50 % ภายใต้ความดัน 4 บรรยากาศ จะพบว่าผู้ทดลองเกิดอาการดังกล่าวมาแล้วภายใน 30 นาที และถ้าให้ออกซิเจน 50 % ภายใต้ความดัน 6 บรรกาศ ผู้ถูกทดลองจะเกิดอาการชักได้ใน 2-3 นาที เป็นต้น

3.4 พิษของออกซิเจนต่อการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะต่าง ๆ

ที่พบในทางการแพทย์มีดังนี้

1. ปอดและทางเดินหายใจ ไม่พบว่าเกิดพิษต่อปอดเมื่อให้ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 60 % ซึ่งหากให้ออกซิเจนความเข้มข้นมากกว่า 60 % แล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของทางผ่านอากาศและปอด

1.1 ทำลายขน (Cilia) ที่ทำหน้าที่พัดโบกในทางผ่านของอากาศ เพื่อให้ออกซิเจน 100 % นานถึง 6 ชั่วโมง ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบได้ ซึ่งในเด็กเล็กจะทำให้การขับเสมหะออกได้ลำบากยิ่งขึ้น

1.2 ทำลายสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ซึ่งคาดอยู่ภายในถุงลม หากสารนี้ถูกทำลายจะทำให้เกิดปอดแฟบ ภาวะปอดแฟบอาจจะเกิดจากการขาดสารลดแรงตึงผิวและอาจเกิดการที่มีการระบายอากาศน้อย เลือดที่ไปเลี้ยงในถุงลมยังคงมีอยู่ แต่ไม่สามารถทำการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ เรียกภาวะนี้ว่า Intra Pulmonary Shunting ซึ่งทำให้เกิดภาวะพร่องออกซิเจนในเลือดได้

1.3 ทำให้เยื่อหุ้มถุงลมหนาตัวขึ้น จากการที่สารน้ำที่ออกจากหลอดเลือดฝอยบริเวณรอบ ๆ ถุงลม นอกจากนี้จะหนาตัวจากการมี Cellular Proliferation และ Collagen Deposition ซึ่งจะเกิดได้เมื่อได้รับออกซิเจนเป็นเวลานานหลายสัปดาห์

1.4 ความสามารถของ Alveolar Macrophage เช่นการทำลายเชื้อ Klebsiella Pneumonia, Proteus Mirabilis และ Staphylococeus Aureus เป็นต้น

1.5 Vital Capacity (VC) จะลดลงได้อย่างมากในคนปกติ ซึ่งหายใจเอาออกซิเจน 100 % นาน 10 ชั่วโมง ซึ่งเป็นผลจากการที่ออกซิเจนแทนที่ไนโตรเจนในถุงลมทำให้เกิดปอดแฟบ ดังนั้นการป้องกันคือ ควรผสมก๊าซไนโตรเจน 5 % ในออกซิเจนที่ให้ และแนะนำให้ผู้ป่วยหายใจลึก ๆ

1.6 Diffusing Capacity จะลดลงถึง 19 % หลังจากการหายใจเอาออกซิเจน 100 % นาน 30 - 40 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตา การให้ออกซิเจนแก่ทารกคลอดก่อนกำหนดที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ และหากระดับของความดันออกซิเจนในเลือดแดงมากกว่า 100 มม.ปรอท จะทำให้เกิด Retrolental Fibroplasia ได้จากการที่ภาวะออกซิเจนในเลือดสูง จะทำให้เกิดหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงส่วนหลังเลนส์ตีบ ทำให้เกิดการขาดเลือดไปเลี้ยง และเกิดพังผืดขึ้น ทำให้แสงไม่สามารถผ่านไปยังจอรับภาพของตา (Retina) ได้ และอาจพบอาการนี้ในทารกคลอดปกติ ถ้าออกซิเจนในเลือดแดงสูงเกิน 150 มม.ปรอท เป็นเวลานานกว่า 3 - 4 ชั่วโมง

3. เม็ดเลือดแดง ออกซิเจนความเข้มข้นสูง ๆ จะทำให้จำนวนเม็ดเลือดแดงลดลงทั้งเม็ดเลือดแดงอ่อนและแก่ ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในเม็ดเลือดแดง การได้รับสารตะกั่ว (Lead) และแนวโน้มที่จะเกิดพิษของออกซิเจนในแต่ละบุคคล

4. ระบบประสาท ในภาวะที่ได้รับออกซิเจนในปริมาณมากและนานนั้นจะทำให้เลือดไปเลี้ยงสมองลดลงถึง 30 % หรือมากกว่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการหดตัวของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงสมองทำให้เกิดอาการกระสับกระส่าย มึนงง ความจำเสื่อม คลื่นไส้อาเจียน หากให้ก๊าซออกซิเจน 100 % ที่ระดับความดัน 3 บรรยากาศ จะทำให้เกิดอาการชักได้ใน 3 ชั่วโมง

3.5 อันตรายต่าง ๆ ที่เกิดจากพิษของออกซิเจนทางอ้อม

1. การติดเชื้อ (Infection) การติดเชื้ออาจเกิดจากการใช้เครื่องมือเครื่องใช้ในการให้ออกซิเจนไม่สะอาด เช่น ท่อนำออกซิเจน ขวด และน้ำที่ให้ความชื้นหน้ากากให้ออกซิเจน สายยางในการให้ออกซิเจน ตลอดจนสายดูดเสมหะ เป็นต้น เชื้อที่มักจะพบได้แก่ Peudomonas Aeruginosa ซึ่งเป็นเชื้อที่ทำลายได้ยาก ดังนั้นจึงควรป้องกันไม่ให้เกิดการติดเชื้อ เครื่องมือจะต้องทำให้สะอาดปราศจากเชื้อ และผู้ให้การพยาบาลผู้ป่วยควรให้การพยาบาลโดย Aseptic Technique ด้วย

2. อาจเกิดการลุกไหม้ได้ ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซไม่ติดไฟ แต่ส่งเสริมให้มีการติดไฟได้อย่างรวดเร็ว ในบริเวณที่ให้ออกซิเจนนั้นจะมีปริมาณออกซิเจนปนออกมาในบรรยากาศด้วย ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันอันตรายอันอาจเกิดขึ้น พยาบาลควรต้องดูแลสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ควบคู่ไปด้วย คือ

1. อธิบายให้ญาติผู้ป่วยเข้าใจถึงประโยชน์ของการให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วย และรู้ถึงอันตรายอาจเกิดขึ้น และแนวทางป้องกัน เช่น ห้ามสูบบุหรี่ในบริเวณที่มีการให้ออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปลั๊กไฟและเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ควรมีสายดิน
3. ไม่ควรใช้เครื่องไฟฟ้าอื่น ๆ ขณะให้ออกซิเจน
4. ไม่ควรใช้น้ำมันต่างๆ เช่น น้ำมันใส่ผม น้ำมันทาผิว ตลอดจนสารพวกแอลกอฮอล์, อีเทอร์ หากจำเป็นต้องใช้น้ำมันหรือสารหล่อลื่นควรใช้พวก K-Y Jelly
5. ป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต เช่นไม่ควรใช้ผ้าขนสัตว์ในขณะให้ออกซิเจน

3. Secretion แห้ง หากให้ออกซิเจนโดยไม่ผ่านความชื้นจะเกิดการระคายต่อหลอดลมภายใน 24 - 48 ชั่วโมง เมื่อใช้ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูง

3.6 การรักษาภาวะพิษของออกซิเจน

เมื่อเกิดพิษจากการใช้ออกซิเจนไม่มีการรักษาเฉพาะ ดังนั้นการให้ออกซิเจนความเข้มข้นสูงในผู้ป่วยควรจะหยุดให้เป็นระยะ ๆ แต่ในผู้ป่วยหนักก็ยากที่จะทำได้ จึงควรวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศหายใจเข้าทุก 6 ชั่วโมง และควรวัดทุกครั้งที่ตั้งเครื่องช่วยหายใจใหม่ในผู้ป่วยโรคปอดอาจต้องให้ออกซิเจนที่มีความเข้มข้นสูงถึง 60 % การป้องกันการเกิดพิษของออกซิเจนจึงมีความสำคัญมากโดยเฉพาะในทารกคลอดก่อนกำหนด การให้ออกซิเจนควรพยาบาลให้ออกซิเจนในเลือดแดงอยู่ระหว่าง 60 - 80 มม.ปรอท โดยจะต้องมีการวัดค่าของความเข้มข้นโดยใช้เครื่องมือวัด และเจาะเลือดหาระดับความดันออกซิเจนในเลือดแดง และในการป้องกันการเกิดปอดแฟบ ให้ผู้ป่วยหายใจเข้าลึก ๆ แล้วกลั้นหายใจสักระยะจึงหายใจออก

3.7 การให้ความชื้นและการบำบัดด้วยการพ่นอากาศ

เครื่องทำความชื้นจะช่วยทำให้อากาศซึ่งหายใจเข้าไปไม่แห้ง อาจใช้เครื่องพ่น (Nebulizer) ช่วยทำให้เป็นละอองเล็ก ๆ เมื่อหายใจเข้าไปจะช่วยให้เสมหะใสขึ้น นอกจากนี้ยังอาจใส่ยาละลายเสมหะ ยาปฏิชีวนะ หรือยาขยายหลอดลมเข้าไปด้วยได้แล้วแต่การรักษาของแพทย์

3.8 กายภาพบำบัดทรวงอก

จุดประสงค์สำคัญของการทำกายภาพบำบัดต่อทรวงอก คือ ช่วยเพิ่มสมรรถภาพของปอด และป้องกันโรคแทรกซ้อนต่อระบบทางเดินหายใจ วิธีปฏิบัติ คือ

ก. Postural drainage จุดประสงค์เพื่อให้ใช้ขับเสมหะได้มาก ใช้วิธีนอนท่าต่าง ๆ เพื่อให้เสมหะไหลออกมาได้สะดวก อาจจะใช้วิธีเคาะ หรือการทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดการสั่นสะเทือนบริเวณส่วนที่มีพยาธิสภาพช่วยด้วยก็ได้

ข. สอนให้หายใจถูกวิธี เช่น สอนให้รู้จักหายใจด้วยกระบังลม หรือกล้ามเนื้อหน้าท้อง เป็นต้น

ค. ฝึกให้ผู้ป่วยได้ออกกำลังกายตั้งแต่แรกเริ่มทุเลา เพื่อช่วยให้ร่างการคืนสู่สภาพปกติเร็วขึ้น

ข้อบ่งชี้ในการฝึกการการหายใจ

ก. ผู้ป่วยทางอายุรกรรม

1. ผู้ป่วยซึ่งเป็นโรคของระบบทางเดินหายใจอุดตันเรื้อรัง เช่น หืด ถุงลมพอง หลอดลมอักเสบเรื้อรัง หลอดลมพอง เป็นต้น

2. โรคซึ่งทำให้ปอดขยายตัวไม่ได้ เช่นมีน้ำในช่องปอด พังผืดในปอด เยื่อหุ้มปอดหนา

ข. ผู้ป่วยทางศัลยกรรม

ได้แก่ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดปอด หัวใจ ช่องท้องส่วนบนหรือได้รับอุบัติเหตุบริเวณทรวงอก ผู้ป่วยเหล่านี้ความเจ็บปวดเป็นสาเหตุสำคัญทำให้หายใจตื้นและไม่กล้าไอ

บทสรุป

ผู้ป่วยที่เกิดภาวะขาดออกซิเจนจนเกิดหัวใจวายอย่างเฉียบพลัน ในปัจจุบันนี้มีมากขึ้นและมักมีโรคหลายระบบเกิดร่วมมือแทรกซ้อนด้วย จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการดูแลจากแพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่ร่วมงานที่มีความชำนาญเกี่ยวกับการรักษาโรคนี้โดยเฉพาะ พร้อมทั้งมีเครื่องมือที่จะช่วยวินิจฉัย และรักษาที่มีประสิทธิภาพดี จะสามารถลดอัตราตายลงได้มาก

4. การรักษาพยาบาลผู้หมดสติ

4.1 หลักเกณฑ์การรักษาพยาบาลผู้ป่วยหมดสติที่สำคัญ คือ

1. รักษาสาเหตุ ต้องรีบค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดการหมดสตินั้นว่าเนื่องมาจากอะไร แล้วหาทางขจัดสาเหตุนั้นโดยเร็ว

2. รักษาเพื่อป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ได้แก่

ก. ทางเดินหายใจ ต้องดูแลให้โล่งอยู่เสมอ รวมทั้งดูแลความสะอาดในช่องปากเป็นประจำ หมั่นพลิกตัวให้ผู้ป่วยบ่อย ๆ เพื่อป้องกันโรคปอดบวม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายที่ผู้ป่วยต้องเจาะคอและใส่ท่อค้างไว้ (Tracheotomy) เพื่อช่วยหายใจ การระวัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษาความสะอาดและการป้องกันการอุดตันของท่อทางเดินหายใจเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง จะต้องดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด

ข. การขับถ่าย ต้องให้การขับถ่ายเป็นไปโดยสะดวกในรายที่ต้องใส่สายสวนปัสสาวะค้างไว้นาน ๆ เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยปัสสาวะรดที่นอนอันเป็นเหตุให้เกิดแผลและเกิดการติดเชื้อขึ้นได้ ต้องดูแลความสะอาดของสายยางที่สวนควรเปลี่ยนทุก 7 วัน หรือตามความเหมาะสมและมีการตรวจปัสสาวะเสมอ ถ้าพบว่าเกิดการติดเชื้อต้องรีบทำการรักษา ในรายที่มีอาการท้องผูกอาจจะต้องสวนให้ทุก 3 - 4 วัน

ค. ความสมดุลย์ของเกลือแร่ในโลหิตและสารที่ร่างกายไม่ต้องการ เช่น ยูเรีย (Urea) คริอาตินิน (Creatinin) ยูริค แอซิด (Uric acid) ว่ามีระดับสูงต่ำหรือไม่เพียงใดอยู่เสมอ เพราะผู้ป่วยที่หมดสตินาน ๆ อาจทำให้ความสมดุลย์ของเกลือแร่และภาวะความเป็นกรดด่างของร่างกายเปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นต้องบันทึกปริมาณของน้ำที่ที่ได้รับและที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวันให้ละเอียด เพราะกลไกการกระหายน้ำหรือกลไกการตอบสนองต่อปริมาณของโซเดียมต่ำในโลหิตของผู้ป่วยพวกนี้อาจเสียไป

4.2 การพยาบาลทางการแพทย์

ผู้ป่วยที่ไม่รู้สึกตัว ความรู้สึกในการรับรู้ และการตอบสนองต่าง ๆ อาจจะเสียไปทั้งหมด หรือเสียไปเพียงบางส่วนเท่านั้น ผู้ป่วยเหล่านี้เมื่อมีปัญหาหรือความต้องการจะไม่สามารถบอกหรือแสดงความต้องการอย่างชัดเจนได้ และถ้าเจ็บป่วยเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้มีความคับข้องในในปัญหาต่าง ๆ ทั้งด้านส่วนตัวและครอบครัวอย่างมาก ฉะนั้นการให้การพยาบาลต้องคำนึงถึงด้านร่างกายและจิตใจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ป่วยคืนสู่สภาพเดิมมากที่สุด และสามารถปฏิบัติกิจวัตรต่าง ๆ ได้ รวมทั้งป้องกันภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ป่วยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์เหล่านี้ เราจึงควรให้การพยาบาลต่อไปนี้คือ

1. การหายใจ ระวังไม่ให้เกิดการอุดตันของทางเดินหายใจ โดย

- จัดให้ผู้ป่วยนอนในท่าตะแคงกึ่งคว่ำ เพื่อไม่ให้ลิ้นตกไปอุดตันทางเดินหายใจ และเพื่อให้สิ่งขับหลั่ง (Secretion) ไหลออกได้สะดวก
- ใส่ oral airway ไว้เพื่อช่วยป้องกันมิให้ลิ้นตกและช่วยใช้การดูดสิ่งขับหลังออกจากปากและคอได้ง่ายขึ้น
- ถอดฟันปลอมออกให้หมด
- เตรียมเครื่องช่วยหายใจ เช่น ถังออกซิเจนพร้อมสายยางให้ ถ้าผู้ป่วยหายใจลำบากจะได้ช่วยเหลือได้ทันที บางรายแพทย์อาจเจาะคอเพื่อช่วยหายใจ ซึ่งเราต้องเอาใจใส่ดูแลเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ระบบไหลเวียนโลหิต ผู้ป่วยนอนท่าเดียวนาน ๆ จะทำให้การไหลเวียนของโลหิตไม่สะดวก ผิวหนังเป็นผื่นแดงเพราะถูกกดทับ ฉะนั้นควรพลิกตัวผู้ป่วยบ่อย ๆ 1-2 ชั่วโมง การพลิกตัวบ่อย การนวดหลังและการออกกำลังกาย นอกจากจะช่วยการไหลเวียนของโลหิต ซึ่งเป็นตัวนำอาหารและออกซิเจนมาสู่กล้ามเนื้อแล้วยังช่วยป้องกันภาวะแทรกซ้อนอื่น ๆ เช่น แผลกดทับ ปอดบวม เนื่องจากการนอนนาน ๆ และปอดแฟบได้อีกด้วย นอกจากนี้ข้อต่อต่าง ๆ จะเคลื่อนไหวได้อย่างคล่องแคล่วและป้องกันภาวะอุดตันของหลอดโลหิตจากทรอมบัส (Thrombus) เนื่องจากการไหลเวียนของโลหิต

3. อนามัยส่วนบุคคล ได้แก่ ความสะอาดของร่างกายทั่วไป กล่าวคือความสะอาดของผิวหนัง ปาก ฟัน หู ตา จมูก เล็บ ผม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสะอาดความสะอาดของปากจะต้องดูแลเป็นพิเศษ โดยเช็ดทำความสะอาดปากบ่อย ๆ เพื่อให้ปากชุ่มชื้น ริมฝีปากป้ายด้วยกลีเซอร์รีน โบแรกซ์ (Glycerine Borax) เพื่อป้องกันปากแห้งแตก ถ้ารักษาความสะอาดปากเป็นอย่างดีจะช่วยป้องกันโรคแทรกซ้อนที่จะตามมาภายหลังได้ เช่น เจ็บคอ ต่อมน้ำลายอักเสบ เป็นต้น

4. อาหารและน้ำ ผู้ป่วยหมดสติไม่สามารถให้อาหารและน้ำทางปากเพราะกลืนไม่ได้เหมือนปกติโดยมากมักให้น้ำทางหลอดโลหิตดำ และให้อาหารทางสายยาง (Nasogastric feeding) โดยให้อาหารเหลวแคลอรี่สูง ๆ จำนวนที่ให้ครั้งละ 100 - 200 ม.ล. ทุก 2 - 3 ชั่วโมง ถ้าอาเจียนก็ควรลดจำนวนลง แต่ให้บ่อยครั้งขึ้น สายยางที่ให้อาหารต้องเปลี่ยนทุก 5 วัน หรือตามความเหมาะสม เพราะถ้าทิ้งไว้หลาย ๆ วัน อาจเกิดการอุดตันของสิ่งสกปรก เมื่อผู้ป่วยอาการดีขึ้นจนกลืนอาหารได้ อาจเริ่มให้อาหารเหลวทางปากช้า ๆ ขณะเดียวกันต้องเตรียมเครื่องมือดูดเสมหะให้พร้อม เพราะถ้าผู้ป่วยสำลักจะได้ช่วยเหลือได้ทันที

5. การขับถ่าย ผู้ป่วยมักถ่ายอุจจาระปัสสาวะเลอะเทอะ จึงจำเป็นต้องใส่สายสวนปัสสาวะค้างไว้ ต้องระวังรักษาผิวหนังให้แห้งและสะอาด เพื่อป้องกันเกิดแผลกดทับ หรือเกิดความไม่สุขสบายต่าง ๆ พร้อมทั้งบันทึกจำนวนน้ำที่เข้าและออกจากร่างกายแต่ละวันโดยละเอียด ถ้าท้องผูกมีอุจจาระแข็งควรช่วยล้วงออก หรืออาจสวนอุจาระทุก 2-3 วัน หรือให้ยาเหน็บตามความเหมาะสม

6. การสังเกตอาการ สังเกตอาการผิดปกติต่าง ๆ ของระบบไหลเวียนและระบบหายใจอย่างใกล้ชิด วัดอุณหภูมิทุก 2-4 ชั่วโมง (ห้ามวัดทางปาก) จับชีพจรโดยสังเกตอัตราและจังหวะการเต้นของชีพจร พร้อมทั้งสังเกตการหายใจของผู้ป่วยด้วย วัดความดันโลหิตบ่อย ๆ ทุก 15 นาที หรือ 1/2 - 1 ชั่วโมง ทั้งนี้แล้วแต่อาการของผู้ป่วย นอกจากนี้ความผิดปกติอื่น ๆ ที่จะต้องสังเกตและบันทึกไว้คือ มีอาการคอแข็ง แขนขาไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรง รูม่านตามีปฏิกิริยาต่อแสง ชักหรือไม่ ลักษณะการชักนานเท่าใด

สังเกตระดับความรู้สึกของผู้ป่วย อาจทำโดยการทดลองบีบเนื้อบริเวณต้นขาหรือต้นแขนเรียกชื่อผู้ป่วย ถามเวลา สถานที่ บุคคล การบันทึกระดับความรู้สึกนั้น ต้องเขียนอธิบายให้ชัดเจน เช่น

- รู้สึกตัวดี
- ซึมหลับ ปลุกตื่น ทำตามคำสั่งได้
- หลับ ปลุกไม่ตื่น แต่เวลาบีบเนื้อเอามือปัดหรือขยับเขยื้อนได้
- ไม่รู้สึกตัว ไม่ตอบสนองต่อการกระตุ้น

8. **ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น** เช่น การใช้กระเป๋าน้ำร้อนต้องระมัดระวังพิเศษใช้ผ้าห่อให้เรียบร้อยและเปลี่ยนที่วางบ่อย ๆ นอกจากนี้ระวังการกัดลิ้นถ้ามีชักเตรียมไม้กดลิ้นไว้ข้างเตียงผู้ป่วยเพื่อหยิบใช้ได้ทันที ใส่ไม้กั้นเตียงไว้เพื่อป้องกันตกเตียง หรือถ้าจำเป็นผู้ป่วยดิ้นมากอาจต้องผูกมัดไว้ เพราะระยะที่ผู้ป่วยเริ่มฟื้นอาจผลุนผันพลิกตัวลุกจากเตียงได้

เมื่อผู้ป่วยอาการดีขึ้นพอจะลุกนั่งได้ ควรประคองลงนั่งบนเก้าอี้วันละประมาณ 2 ครั้ง ป้องกันโรคแทรกซ้อนของระบบทางเดินหายใจและระบบไหลเวียน ต้องระวังผู้ป่วยตกเก้าอี้ ควรหาสายวัดคาดตัวติดกับเก้าอี้และหาผ้าหรือหมอนหนุนให้นั่งอยู่ในท่าที่สบายที่สุดและไม่ทิ้งผู้ป่วยไว้ตามลำพัง

9. **สิ่งแวดล้อม** ห้องต้องมีอากาศถ่ายเทสะดวก สงบเงียบ สะอาด แสงสว่างพอสมควร การจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้ป่วยได้เหมาะสม

10. **การปฏิบัติต่อญาติผู้ป่วย** โดยปกติญาติจะมีความรู้สึกกังวลมาก ถ้าเขาได้ได้เห็นผู้ป่วยอยู่ในสภาพที่สุขสบาย ญาติจะคลายกังวลเรื่องความเป็นอยู่ของผู้ป่วยได้ เกี่ยวกับการตอบคำถามของญาติต้องระมัดระวัง บางคำถามควรแนะนำให้พบแพทย์ผู้ทำการรักษา

11. **ระยะพักฟื้น** ผู้ป่วยบางรายอาจใช้เวลานานหลายสัปดาห์จึงจะมีสติสัมปชัญญะคืนเดิมได้ เมื่อเริ่มรู้สึกตัวใหม่ ๆ ยังมึนงง ควรแนะนำญาติเพื่อฝูง หรือคนที่เคยรู้จักกับผู้ป่วยมาเยี่ยมบ่อย ๆ จะช่วยกระตุ้นความทรงจำของผู้ป่วยกลับคืนมาได้เร็วขึ้น การรับรู้ต่า ๆ ก็จะดีขึ้นตามลำดับ

พร้อมกันนี้ถ้าผู้ป่วยยังมีพยาธิสภาพที่ต้องการความช่วยเหลือทางด้านกายภาพบำบัดเป็นหน้าที่ของพยาบาลจะต้องแนะนำและสอนญาติผู้ป่วยให้เข้าใจ และยอมรับสภาพของผู้ป่วยทั้งด้านจิตใจเพื่อให้การช่วยเหลือผู้ป่วยได้ถูกต้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การพยาบาลผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับการหายใจ [1]

มนุษย์จะอยู่โดยปราศจากออกซิเจนไม่ได้ ในเซลล์ของร่างกายจำเป็นต้องมีออกซิเจนมาเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากร่างกายไม่สามารถจะเก็บออกซิเจนไว้ใช้ได้เหมือนอาหาร ดังนั้น การหายใจจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับสิ่งที่มีชีวิตในทุกวินาที

ในอากาศที่หายใจ จะมีออกซิเจนประมาณ 20.94% ไนโตรเจน 79.02% คาร์บอนไดออกไซด์ 0.04% เซลล์ของ Cerebral cortex จะเป็นอันตราย ถ้าขาดออกซิเจนประมาณ 30 นาที และ Medulla จะเป็นอันตรายภายหลังขาดออกซิเจนนาน 30 นาที เนื้อเยื่อของร่างกายจะมีสภาพการทนทานต่อการขาดออกซิเจนแตกต่างกัน กล้ามเนื้อหัวใจและไตก็เช่นกัน จะถูกทำลายเมื่อขาดออกซิเจน โดยทั่วไปสมองทนต่อการขาดออกซิเจนได้นาน 4 - 6 นาที เท่านั้น

ปกติการหายใจจะเงียบและเป็นไปอย่างสะดวก เมื่อประสบปัญหาเกี่ยวกับการหายใจจะมีอาการหายใจลำบากจมูกบาน ถ้าเป็นมาก ๆ หน้าจะเขียวคล้ำ มีรอยย่นซึ่งเกิดจากความพยายามที่จะหายใจ พยาบาลจึงจำเป็นต้องจัดท่าให้สะดวกในการหายใจคือท่า Fowler's position

ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับการหายใจ เนื่องจากร่างกายได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอกับความต้องการ จะมีอาการกระวนกระวาย เพราะการหายใจไม่ได้นั้นก่อให้เกิดความตื่นตกใจ พยาบาลจะต้องให้ความเอาใจใส่เป็นพิเศษ เพื่อให้ผู้ป่วยเกิดความเชื่อมั่นและอบอุ่นใจในความปลอดภัย

5.1 ลักษณะต่าง ๆ ของการหายใจ

Dyspnea หมายถึงการหายใจลำบาก ผู้ป่วยจะกระสับกระส่ายกระวนกระวาย เพื่อจะควบคุมการหายใจให้ได้ดี อาการนี้จะแสดงให้เห็นเด่นชัดว่าการหายใจเปลี่ยนแปลงไปทั้งลักษณะและอัตรา เช่น หายใจลึก ตื้น เร็วหรือช้า

Orthopnea ผู้ป่วยหายใจไม่สะดวกยกเว้นในขณะที่อยู่ในท่านั่ง อาจเป็นร่วมกับ dyspnea

Cyanosis ผิวหนังและเยื่อบุจะเป็นสีเขียวคล้ำปรากฏขึ้นแสดงให้เห็นว่ามีการหายใจขัด และมีของเสียมากขึ้นในกระแสโลหิต. Cyanosis ผิวหนังทั่วไปอาจปรากฏเป็นสี

---

[1] เกศินี เห็นพิทักษ์. " การหายใจ " หลักการพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพ: ไทยเกษม, 2523 หน้า 166 - 191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คล้ำ ๆ สังเกตได้จากริมฝีปากมีสีม่วง ใบหูและเล็บมือเล็บเท้าเขียว ผู้ป่วยที่มีผิวหนังซีดหรือแดงจากสาเหตุใดก็ตามอาการ Cyanosis อาจไม่ปรากฏชัด จะสังเกตอาการ Cyanosis ของผู้ที่มีผิลคล้ำโดยดูสี Muscous Memgrane ที่ปากจะมีสีเขียวคล้ำอาการที่ร่วมกับ Cyanosis ที่อาจมี คือ Hypxemia

Hypoxemia คือ สภาพที่จำนวนออกซิเจนในกระแสโลหิตลดลง

Hypoxia คือ สภาพที่จำนวนออกซิเจนในเนื้อเยื่อลดลง

Asphyxia คือ การที่จำนวนออกซิเจนในเนื้อเยื่อทั่วร่างกายลดลงและจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตเพิ่มขึ้น ผู้ป่วยจะมีประสบการและความรู้สึกของการกลั้นหายใจ

Acapnia คือ การเว้นระยะการหายใจขณะหนึ่ง เนื่องจากจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตลดลง

Hemoptysis คือ การไอที่มีโลหิตออกมาด้วย หรือเสมหะที่มีโลหิตปน

Hypercapnea คือ การมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นในเลือด

5.2 สมุฏฐานของปัญหาเกี่ยวกับทางเดินหายใจ

เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี เช่น การมีคาร์บอนไดออกไซด์ และ Hydrogen ion สูงในเส้นโลหิตแดงจะมีผลต่อศูนย์กลางการหายใจใน Medulla การผิดปกติของสิ่งเหล่านี้จะยังผลให้เกิดการหายใจลึกอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่เห็นปรากฏอยู่คือ Hyperventilation ซึ่งเป็นลักษณะของการหายใจของผู้ป่วยที่มีภาวะทาง Metabolic Acidosis ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแหลงทางเคมีอีกอันหนึ่งซึ่งมีผลเกี่ยวกับการหายใจ คือ การขาดออกซิเจนในโลหิตแดง ซึ่งเนื่องจากความเข้มข้นของออกซิเจนในถุงลมลดลง มักจะเกิดกับผู้ที่ขึ้นไปในที่สูงหรือเกิดขึ้นเมื่อบุคคลนั้นเป็นปอดบวม หรือโรคบางอย่างที่ทำให้จำนวนออกซิเจนในถุงลมลดลง ในสภาวะเช่นนี้ระบบการหายใจจะถูกกระตุ้นเนื่องจากการขาดออกซิเจน กลไกสำหรับการกระตุ้นนี้เรียก Chemorecptor system ซึ่งประกอบไปด้วย Aortic และ Carotid bodies เล็ก ๆ ซึ่งติดอยู่กับเส้นโลหิต Aorta และ Carotid ในทรวงอกและที่คอ ทั้ง Aortic และ Carotid bodies มีโลหิตมาเลี้ยงมาก และมีปุ่มประสาทที่เรียก Chemoreceptor ซึ่งไวต่อสภาพที่ออกซิเจนลดลงเมื่อถูกกระตุ้น Receptors เหล่านี้จะส่งความรู้สึกผ่าน Vagus และ Glossopharyngeal nerve ไปสู่ Medulla เพื่อกระตุ้นศูนย์กลางการหายใจ ยาบางชนิด เช่น Morphine และยาสลบบางชนิดก็สามารถที่จะกดศูนย์กลางการหายใจ ซึ่งจะมีผลทำให้การหายใจลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางผ่านของออกซิเจนจากภายนอกไปจนถึงถุงลมในปอด และทางผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์ จากถุงลมในปอดมาภายนอก จะต้องปราศจากสิ่งกีดขวาง ถ้ามีสิ่งมากีดขวางทางเดินของการหายใจ จะทำให้การทำงานของทางเดินหายใจผิดไป ปกติการไอเป็นกลไกของการทำให้ทางเดินหายใจปราศจากสิ่งกีดขวางโดยธรรมชาติ ถ้ามีการอุดตันของทางเดินหายใจไม่ว่าจะเป็นไปใน Pharynx, Larynx, Tracxhea และ Bronchi จะกระตุ้นให้เกิดการไอขึ้น

ผู้ป่วยบางคนมีความยุ่งยากเกี่ยวกับการไอเอาเสมหะออก บางทีอาจเป็นเพราะว่ารู้สึกเจ็บมากในขณะที่ไอ หรือไม่มีแรงจะเอาเสมหะออกมาได้ หรือไม่รู้สึกตัว อย่างไรก็ดีจะมีเสมหะสะสมอยู่ และต้องการความช่วยเหลือจากพยาบาลในการเอาออก การให้ผู้ป่วยนานพักนาน ๆ ในท่านอนหงายราบหรือนอนคว่ำราบ เป็นการส่งเสริมปัญหานี้เพราะจำกัดการขยายตัวของทรวงอก และการหมุนเวียนของอากาศในถุงลม นอกจากนี้การให้ยาบางชนิดและโรคบางอย่างเกี่ยวกับระบบประสาท จะทำให้การควบคุมกล้ามเนื้อและการรักษาความสะอาดของระบบการหายใจตามปกติเกิดการขัดข้องได้

การแลกเปลี่ยนออกซิเนและคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายจะเกิดขึ้นได้โดยก๊าซต้องผ่านเยื่อบุระหว่างถุงลมและกระแสโลหิต สภาพซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับความความสมดุลย์ของการแลกเปลี่ยนก๊าซนี้ อาจเกิดจากโรคของทางเดินหายใจ เช่น เป็นหืด อากาศที่หายใจออกจะอุดตันอยู่ใน Bronchioles และในสภาพใด ๆ ก็ตามที่ทำให้ความยืดหยุ่นของเนื้อปอดลดน้อยลง จะทำให้การหายใจเสื่อม ตัวอย่างเช่น ในผู้ป่วยด้วยโรค Emphysema (มีลมในเนื้อปอด) จะต้องพยายามอย่างมากที่จะให้ปอดขับไล่อากาศออกไปได้ ทั้งนี้เพราะเนื้อปอดขาดความยืดหยุ่น

การเป็นอัมพาต (Paralysis) ของกล้ามเนื้อช่วยการหายใจ จะทำให้การถ่ายเทของอากาศในปอดลดลงเช่นเมื่อกระบังลมและกล้ามเนื้อหน้าท้องเป็นอัมพาตเนื่องจากโรค Poliomyelitis เป็นต้น

มีสาเหตุมากมายซึ่งกีดขวางการเดินทางของออกซิเจนจากปอดไปสู่เซลล์ เพราะเฮโมโกลบินเป็นตัวนำออกซิเจนในกระแสโลหิต ดังนั้นการลดจำนวนของเฮโมโกลบินจะมีผลให้จำนวนออกซิเจนที่จะถูกนำไปยังเซลล์ลดลงด้วย ความขัดข้องเกี่ยวกับการไหลเวียนของดลหิตจะมีผลต่อความต้องการออกซิเจนทั่วร่างกาย เช่น โรคเกี่ยวกับหัวใจ หรือโรคเกี่ยวกับเส้นโลหิต เป็นตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจน

อาการ และอาการแสดงการหายใจผิดปกติ

เมื่อผู้ป่วยได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอแก่ความต้องการของร่างกาย ผู้ป่วยจะบอกได้ว่ารู้สึกหายใจไม่สะดวกหรือคล้ายกับหายใจไม่ออก ผู้ป่วยจะกระสับกระส่ายนอนพักไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้และจะมีการอ่อนกำลังของกล้ามเนื้อร่วมด้วย จะรู้สึกอ่อนเพลียขาดความว่องไว อาการของ Dyspnea, Orthopnea และ Cyanosis อาจจะมีปรากฏร่วมด้วย หรือไม่มีก็ได้

ใน Hypxia มีการเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ ในการหายใจ อัตราความลึกของการหายใจจะเพิ่มขึ้น เพื่อจะได้มีการถ่ายเทอากาศมากขึ้น ในราย dyspnea จะปรากฏมีอาการกังวลและตื่นเต้น อาการนี้จะเพิ่มความต้องการออกซิเจนมากขึ้นเพราะการเผาผลาญเพิ่มขึ้น ทั้งหมดที่เกิดขึ้นนี้เนื่องจากการกระตุ้นฮอร์โมนของต่อมไม่มีท่อ

เมื่อมีเหตุการณ์ที่ทำให้การหายใจถูกกด จะเปลี่ยนการทำงานของการหายใจเข้าและหายใจออก ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าอกและกล้ามเนื้อหน้าท้อง

5.3 หลักการพิจารณาปัญหาการหายใจ

ในการประเมินความต้องการของผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับการหายใจ ถือหลักใหญ่ 4 ประการ เพื่อใช้เป็นแนวในการให้การพยาบาลที่ถูกต้อง ได้แก่

1. สังเกตดูว่าผู้ป่วยหายใจได้พอกับความต้องการหรือไม่
2. ความสะดวกในการถ่ายเทของออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ในท่อทางเดินอากาศ (ความสะดวกในการผ่านเข้าออกของออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ในทางเดินหายใจของร่างกาย)
3. การลดจำนวนความต้องการออกซิเจนของผู้ป่วย
4. ช่วยเหลือผู้ป่วยให้มีความรู้สึกสบายและปลอดภัย

อัตราการหายใจของคนปกติมีดังนี้

อัตราการหายใจ

อายุ	อัตราเร็ว
เด็กคลอดก่อนกำหนด	40 - 90 ครั้ง/นาที
เด็กแรกเกิด	30 - 80 ครั้ง/นาที
1 ปี	20 - 40 ครั้ง/นาที
2 - 3 ปี	20 - 30 ครั้ง/นาที
5 ปี	20 - 25 ครั้ง/นาที
10 ปี	17 - 22 ครั้ง/นาที
15 ปี	15 - 20 ครั้ง/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการเฉพาะของ hypoxia คือมีอาการหนาวสั่น ชีด บางทีมีอาการ cyanosis อาจมีอารเจ็บแปลบปลายตามผิวหนัง ถ้า Hypoxia ปรากฏที่สมองจะพบว่ามีอาการหน้ามืดวิงเวียนศรีษะ ใจคอหงุดหงิดและเป็นลม Hypoxia ที่เกิดตามบริเวณเนื้อเยื่อ ตัวอย่างเช่นการเพิ่มความดันสูงสุดจากการวัดความดันโลหิตหรือจากผ้าพันที่รัดไว้แน่น และจากโรคที่เกี่ยวกับระบบไหลเวียน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิด Hypoxia ได้เสมอ ๆ โดยทั่ว ๆ ไป แล้ว Hypoxia มีผลสืบเนื่องมาจากสาเหตุมากมาย ส่วนสาเหตุที่มาจากการอุดตันของทางเดินอากาศ มีอาการที่พบบ่อยคือ Dyspnea เหนื่อย กระสับส่ายและบางทีอาการ Cyanosis จะสังเกตเห็นได้ชัดก่อนหน้าที่ Dyspnea จะปรากฏจะต้องมีจำนวนของเฮโมโกลบินลดต่ำลงในกระแสโลหิต ดังนั้นผู้ป่วยที่เป็นโรคโลหิตจางซึ่งมีเฮโมโกลบินต่ำจึงอาจเป็น Hypoxemia แต่ยังไม่แสดงอาการ อาการของ Cyanosis จะเห็นได้ชัดหรือไม่ขึ้นอยู่กับสีผิวของผู้ป่วย ในคนดำจะเห็นได้ยาก

Dyspnea โดยทั่ว ๆ ไป เป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงสภาวะของโรค อย่างไรก็ตามระดับการทำงานซึ่งทำให้เกิด Dyspnea แตกต่างกันในแต่ละละบุคคล อายุ เพศ สภาพของร่างกาย ขนาด รูปร่างและอารมณ์ จะมีผลต่ออาการของ Dyspnea ทั้งสิ้น ดังนั้น Dyspnea จึงเป็นเครื่องชี้ถึงอาการของโรคเท่านั้น

5.4 ความสะดวกในการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในทางเดินหายใจของร่างกาย

ปกติการไอและจามเป็นการป้องกันร่างกายโดยธรรมชาติ พบว่าเมื่อมีการอุดตันขึ้นในทางเดินหายใจ มักจะไอหรือจามเพื่อให้ทางเดินหายใจสะดวก และขับไล่สิ่งแปลกปลอม ถ้าผู้ป่วยไม่สามารถจะไอเองได้ พยาบาลจะช่วยได้หลายวิธีด้วยกัน ต้องระมัดระวังไม่ให้ลิ้นตกลงไปใน Pharynx จะช่วยได้โดยจัดให้นอนในท่า Sim's position ซึ่งจะช่วยให้การไหลออกของน้ำลายดีขึ้น และช่วยโดยใช้เครื่องดูด ดูดพวกเสมหะหรือสิ่งแปลกปลอมหรือ Mucous ที่ติดอยู่เป็นก้อนออกมา อาจใช้รวมด้วยไอน้ำซึ่งช่วยให้เสมหะอ่อนตัวและลดการบวมของเยื่อบุในทางเดินหายใจด้วย

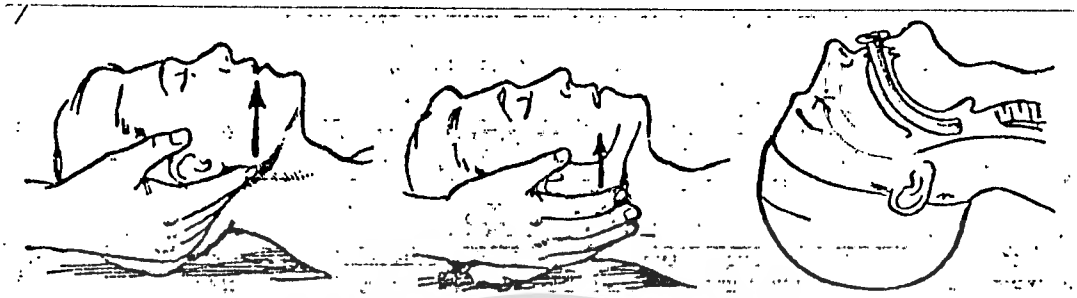
5.5 วิธีช่วยผู้ป่วยที่มีปัญหาการหายใจขัดข้อง

1. การเปาลมเข้าปอด

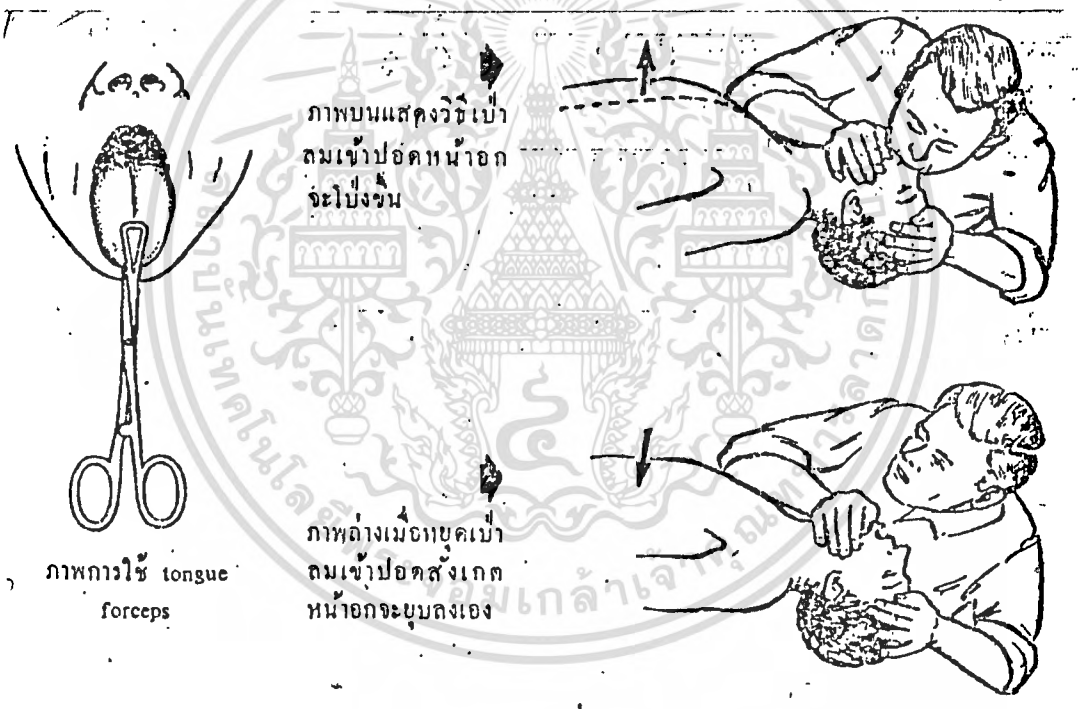
เมื่อได้ช่วยเหลือผู้ป่วยที่มีการหายใจขัดข้อง ในขั้นแรกโดยการดูดเอาสิ่งอุดตันทางเดินหายใจออกหมดแล้ว ขั้นต่อมาถ้าหากผู้ป่วยยังหายใจเองไม่ได้พยาบาลจะต้องรีบช่วยเหลือด้วยวิธีหนึ่งวิธีใดทันทีเพื่อป้องกันการขาดออกซิเจนนานเกินควร เมื่ออยู่ในสถาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การณ์ที่จัดหาออกซิเจนมาไม่ได้ทันท่วงที ก็ให้ใช้วิธีเป่าลมเข้าปาก Mouth to mouth breathing หรือ เป่าลมเข้าจมูก Mouth to nose breathing



ภาพแสดงวิธีการจัดท่าผู้ป่วย สังเกตการใช้นิ้วดันขากรรไกรให้หน้าแหงนขึ้นเพื่อให้ทางเดินหายใจเปิด 7.9



การเป่าลมเข้าปอดผู้ป่วยจะกระทำต่อเนื่องกันไปจนกว่าผู้ป่วยจะหายใจเองได้หรือมีเครื่องช่วยหายใจมาแทน เช่น เครื่องให้ออกซิเจน เป็นต้น

2. การให้ออกซิเจนผู้ป่วย

การให้ออกซิเจนรักษาผู้ป่วยที่มีอาการขาดออกซิเจน ด้วยการเพิ่มจำนวนของออกซิเจนเข้าสู่อากาศที่ใช้หายใจ เพื่อจะให้กระแสไหลเวียนของโลหิตได้มีจำนวนออกซิเจนมากขึ้นเพียงพอแก่ความต้องการของเนื้อเยื่อ ในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับปอด เช่น โรคปอดอักเสบ การทำงานของเนื้อปอดน้อยลง ก็จะทำให้ออกซิเจนช่วยการหายใจ ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับการไหลเวียนของโลหิต เช่น หัวใจวาย มีอาการคั่งของเลือดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปอด ซึ่งจะทำให้ร่างกายขาดออกซิเจนได้ หรือผู้ป่วยซีด ขาดออกซิเจนเพราะว่ามีเฮโมโกลบินในเลือดน้อย ออกซิเจนไปสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ ได้น้อยด้วย

การให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วยในบางแห่งจะมีเจ้าหน้าที่ Inhalation Therapist ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำในการให้ออกซิเจนทสุกประเภท แต่โรงพยาบาลทั่ว ๆ ไปส่วนใหญ่พยาบาลจะเป็นผู้ทำหน้าที่นี้โดยตรง โดยมีแพทย์เป็นผู้วินิจฉัยว่า ควรจะให้ด้วยวิธีใด ให้กี่ลิตรต่อนาทีและให้นานเท่าไร สำหรับในรายปัจจุบันทันด่วนแพทย์มาไม่ทันพยาบาลจะต้องเป็นผู้วินิจฉัยเองและตัดสินใจให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วย

การจ่ายออกซิเจน ปกติออกซิเจนที่ให้แก่ผู้ป่วยมีได้ 2 ทาง คือ การจ่ายจากถัง (tank) โดยตรง และจ่ายมาตามท่อซึ่งฝังอยู่ในผนังตึก โดยมีศูนย์จ่ายกลางออกซิเจนซึ่งโรงพยาบาลทันสมัยมักจะจ่ายออกซิเจนไปตามตึกด้วยวิธีนี้

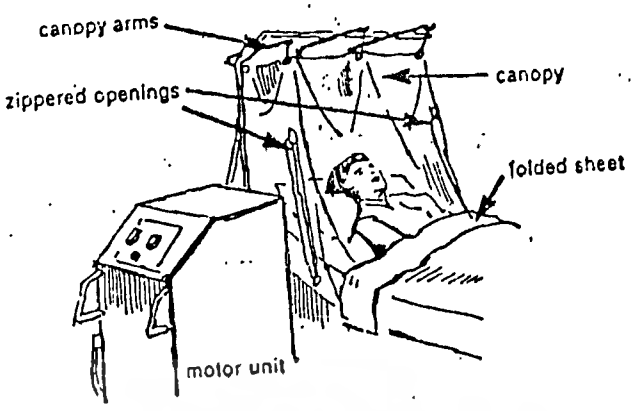
ออกซิเจนบรรจุอยู่ในถังเหล็กกลม ๆ ภายในมีความดันมากกว่า 2,200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถังออกซิเจนมีหลายขนาดขนาดใหญ่ที่สุดบรรจุได้ 224 ตารางฟุต ขนาดเล็กบรรจุได้พอใช้ได้ เคลื่อนย้ายสะดวก บนปากถังแต่ละอันมีท่อเปิดสำหรับปล่อยออกซิเจนออกมา ปกติจะมีฝาเหล็กกล้าครอบขันเกลียวแน่น เพื่อป้องกันมิให้ลิ้นที่ปิดเปิดเป็นอันตรายเมื่อไม่ได้ใช้

สารออกซิไดส์ (Oxidising substance) ความบริสุทธิ์ร้อยละโดยปริมาตรไม่น้อยกว่า 99.0 คาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 300 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อลูกบาศก์เดซิเมตร คาร์บอนมอนนอกไซด์ 5 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ไม่มีน้ำปะปนและไม่มีกลิ่น

วิธีการให้ออกซิเจนมี 4 วิธีคือ

1. ออกซิเจนเต้นท์ (Tent) ปัจจุบันใช้พลาสติกทำเป็นกระโจมแบบต่าง ๆ มีมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยถ่ายเทอากาศภายในเต้นท์ทำให้อากาศมีความชื้น และอุณหภูมิตามต้องการ ผู้ป่วยที่อยู่ในออกซิเจนเต้นท์ จะรู้สึกสบายกว่าการให้ออกซิเจนด้วยวิธีอื่นเพราะเคลื่อนไหวได้ ไม่ระคายเคือง การให้วิธีนี้ผู้ป่วยจะได้รับออกซิเจนประมาณ 50 - 60 เปอร์เซนต์ ข้อเสียของการให้วิธีนี้ คือ จะต้องคอยระวังไม่ให้กระโจมมีรอยรั่วหรือเหิดกว้างทิ้งไว้จำนวนออกซิเจนจะสูญหายไป จะต้องวัดจำนวนออกซิเจนจาก Oxygen analyzer ทุก 4 ชั่วโมง ปกติจะให้ออกซิเจนเข้าสู่กระโจม 12 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิประมาณ 68 - 70 องศาฟาเรนไฮท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



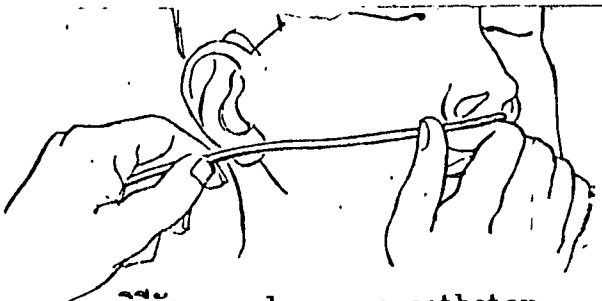
ภาพที่ 7.10 แสดงลักษณะของออกซิเจนเต้นท์

การใช้ออกซิเจนเต้นท์จะต้องคอยสังเกตดูผู้ป่วยว่ากระสับกระส่าย บ่นว่าร้อนหรือมีฝ้าไอน้ำจับอยู่มาก ซึ่งเป็นเครื่องแสดงว่าการหมุนเวียนอากาศภายในเต้นท์ไม่ดี มอเตอร์เสีย ซึ่งจะต้องรีบเปิด Canopy ออกทันที

ผู้ป่วยที่อยู่ในออกซิเจนเต้นท์ รู้สึกว่าตนเองถูกแยกจากผู้อื่น ต้องระลึกไว้เสมอว่าผู้ป่วยต้องการติดต่อกับคนอื่น ๆ เต้นท์ในปัจจุบันเป็นเครื่องที่เงียบไม่มีเสียงดัง ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยสามารถได้ยินคนพูด หรือเสียงที่อยู่นอกเต้นท์ได้ และคนข้างนอกก็สามารถฟังเสียงผู้ป่วยพูดได้เช่นเดียวกัน

สำหรับเด็กแรกเกิดร่างกายอ่อนแอจะให้ออกซิเจนในตู้อบ (Incubator) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิความชื้นและจำนวนออกซิเจนได้ตามต้องการ

2. ออกซิเจนแคทีเตอร์ (nasal catheter) การให้ออกซิเจนด้วยสายยางโดยมากเป็นสายที่ทำด้วยพลาสติก ซึ่งปลายข้างหนึ่งจะมีช่องให้ออกซิเจนผ่านประมาณ 6-8 ช่อง และยาวประมาณ 16 นิ้ว ปกติผู้ใหญ่ใช้สายยางเบอร์ 14 french การให้ออกซิเจนโดยวิธีนี้ ผู้ป่วยจะได้ออกซิเจนประมาณ 50 % ให้ประมาณ 3 - 5 ลิตรต่อนาที สะดวกแก่การสังเกตดูผู้ป่วยและง่ายต่อการให้การพยาบาลด้านอื่น ๆ ผู้ป่วยสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้สะดวก ผลเสียก็คือ สายยางจะระคายเคืองเยื่อบุจมูกทำให้มีเสมหะน้ำมูกมาก

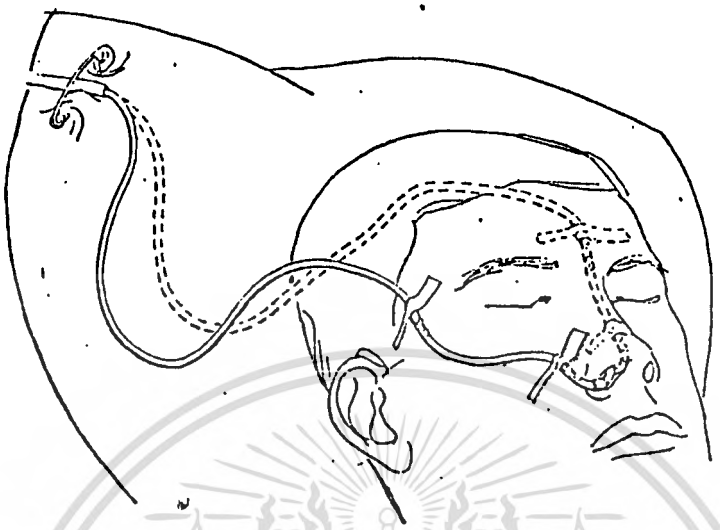


วิธีวัด nasal oxygen catheter

ตำแหน่งปลายสายยางในปาก

ภาพที่ 7.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพ 7.12 แสดงถึงวิธีการตรึง nasal oxygen catheter ให้อยู่กับที่

3. ออกซิเจนแบบหน้ากาก (Face masks) การให้ออกซิเจนด้วยการใช้เครื่องให้แบบหน้ากากนั้น จะให้กับผู้ป่วยที่ต้องการออกซิเจนมาก ๆ ทันทีทันใด ซึ่งจะได้ออกซิเจนประมาณเกือบ 100 % โดยให้ประมาณ 8 ลิตรต่อนาที

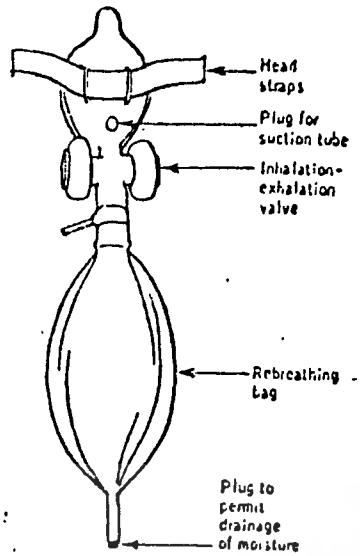
ชนิดของหน้ากากมี 4 แบบ คือ

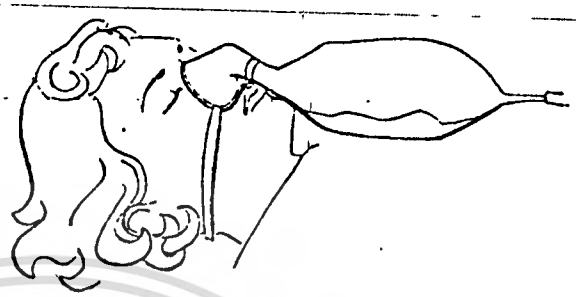
ก. Face Tent หรือ Open-top mask ด้านศรีษะเปิดออกใช้หลักที่ว่าออกซิเจนหนักกว่าอากาศจึงอยู่ในหน้ากากได้ และคาร์บอนไดออกไซด์หนักกว่าออกซิเจนจะให้ประมาณ 6 - 8 ลิตรต่อนาที

ข. Partial rebreathing mask มีหลายแบบ อากาศที่หายใจออกจะเก็บไว้ในถุง ซึ่งอยู่ต่ำใต้คางผู้ป่วย ส่วนออกซิเจนจะผ่านเข้าทางตอนบนและคาร์บอนไดออกไซด์จะออกมาตามช่องเปิดซึ่งอยู่บริเวณใกล้ ๆ กับปากหรือจมูก การหายใจเข้าจะได้อากาศซึ่งยังมีออกซิเจนค้างเหลืออยู่ในถุงกลับเข้าไปอีก การเลือกใช้หน้ากากจะต้องเลือให้เหมาะสมพอดีกับใบหน้าผู้ป่วย เริ่มให้จะต้องปรับออกซิเจนออกมา 14 - 15 ลิตรต่อนาที เพราะการใช้หน้ากากระยะแรกผู้ป่วยจะหายใจลึกและเร็ว ถ้ามีออกซิเจนไม่พอผู้ป่วยจะรู้สึกอึดอัด เมื่อสวมหน้ากากเข้าที่ดีแล้วจึงปรับให้ออกซิเจนออกมา 8 - 10 ลิตรต่อนาที การให้ควรจะสังเกตดูผู้ป่วย คือหลังจากให้แล้ว 10 - 15 นาที อาการ Anoxia ควรจะลดลง

ตามหลักไม่ต้องใช้เครื่องช่วยความชื้นในอากาศที่หายใจ เพราะปกติลมหายใจออกของผู้ป่วยความชื้นอยู่ในหน้ากากจะมีมากพอเพียงอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



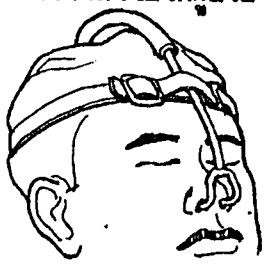


ภาพ 7.13 แสดงลักษณะ Partial rebreathing mask

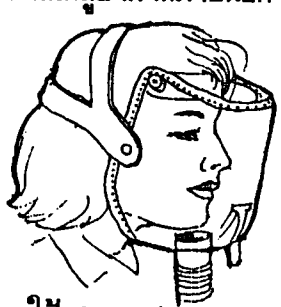
ภาพการใช้ Partial rebreathing mask

ค. Positive pressure mask (IPPB therapy = Intermittent Plsitive Pressure Breathing Therapy) เป็นการให้ผู้ป่วยหายใจในหน้ากาก ซึ่งมีแรงต้านกับการหายใจเข้า หายใจออก หรือช่วงระหว่างหายใจเข้าหายใจออก โดยใช้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ กัน เป็นการรักษาระบบทางเดินหายใจ โดยป้องกันการสะสม Exudation ใน Alveoli ทำให้กระแสไหลเวียนลดน้อยลง ทำให้ช่องหลอดลมเล็กไม่ตีบ เช่น ใช้ในรายเป็นโรค Pulmonary edema, Atelectasis, Pulmonary in farction โรคแทรกทางปอดภายหลังผ่าตัด เป็นต้น ลักษณะของเครื่องใช้เหมือนกับของ Rebreathing mask นอกจากจะมี Meter valve อยู่ในส่วนที่เปิดออกเวลาหายใจออก (Exhalation valve)

ง. Meter mask หรือ Non Rebreathing type mask มีการใช้งานแบบเดียวกับ Rebreathing mask การปล่อยออกซิเจนออกจะบังคับโดยเครื่องมือ (Concentration meter) ซึ่งมีลักษณะคล้าย ๆ รูปกลองเล็ก ๆ ซึ่งผสมออกซิเจนกับอากาศในห้องแล้วจึงส่งไปให้ผู้ป่วย ลมหายใจที่ออกมาจะออกสู่อากาศภายนอก



7.14 ภาพการใช้ Nasal Canula



7.15 ภาพการใช้ Open-top Fece Tent

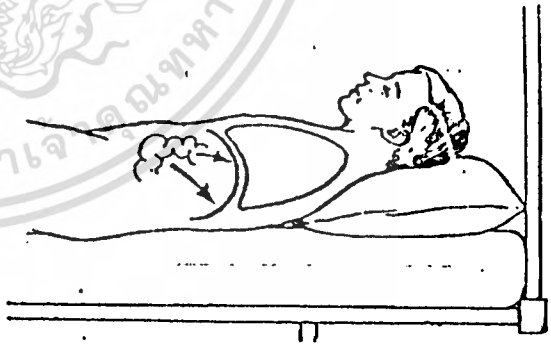
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การดมออกซิเจน (Nasoinhalers หรือ Nasal Canula) เป็นการเพิ่มออกซิเจนในลมหายใจเข้าให้ผู้ป่วยเป็นจำนวนน้อยประมาณ 35 % เครื่องที่ใช้มีลักษณะเป็นท่อสายบางหรือพลาสติกด้านปลายแยกออกเป็น 2 ท่อ สั้น ๆ ยาว 1/4 - 1/2 นิ้ว สำหรับใส่เข้ารูจมูกทั้งสองของผู้ป่วย และจะมีสายคาดท่อพลาสติกนี้ไว้ให้ติดอยู่กับตัวผู้ป่วยโดยมากคาดศีรษะไว้ การให้ออกซิเจนโดยวิธีนี้จะต้องให้ออกซิเจนผ่านน้ำเสียก่อนเช่นเดียวกับการให้โดยสาย Catheter

การช่วยผู้ป่วยหายใจหอบ

ผู้ป่วยที่มีอาการเหนื่อยหอบ จะรู้สึกไม่สุขสบายเมื่อนอนราบ จะต้องลุกขึ้นนั่งเพราะท่านอนจะทำให้อวัยวะในช่องท้องดันกะบังลมขึ้นมา ทำให้กล้ามเนื้อช่วยในการหายใจทำงานไม่เต็มที่ ถ้าพยาบาลไม่สามารถจัดหาเตียงที่ยกศีรษะผู้ป่วยให้สูงขึ้นได้ เช่น เตียง Fowler's พยาบาลจะต้องแก้ปัญหาให้ได้ โดยการใช้หมอนหลายใบซ้อนกันหนุนหลังผู้ป่วยให้ผู้ป่วยนอนหัวสูงหรืออยู่ในท่านั่งได้

7.16 ภาพเมื่อนั่งอวัยวะในช่องท้องและกะบังลมจะลดต่ำ

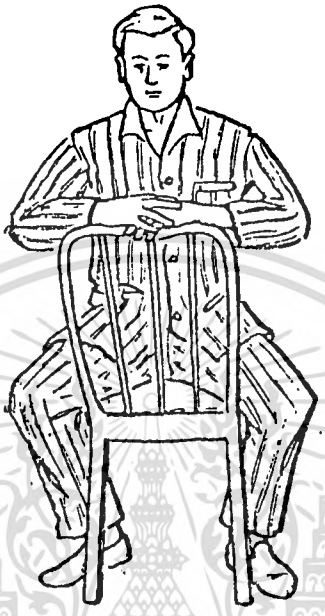


7.17 ภาพเมื่อนอนราบอวัยวะในช่องท้องจะดันกะบังลมให้สูงขึ้นไปยังช่องทรวงอก

ผู้ป่วยมีอาการหายใจหอบเนื่องจากเป็นโรคหืดจะนอนราบไม่ได้เลย จะต้องอยู่ในท่านั่งและมือกอดหมอนหรือนั่งบนเก้าอี้ มือทั้งสองจะต้องเกาะพนักเก้าอี้ไว้ ไหล่งุ้มไปข้างหน้า และการหายใจจะต้องใช้กล้ามเนื้อทรวงอกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ป่วยที่มีปัญหาการหายใจขัดข้อง ปากจะแห้ง จะต้องระวังรักษาความสะอาดปากฟันอยู่เสมอ การให้จิบน้ำหรือน้ำผลไม้จะทำให้ผู้ป่วยประเภทนี้รู้สึกสดชื่น ถ้าผู้ป่วยที่ต้องจำกัดจำนวนน้ำดื่ม พยาบาลก็ควรจัดหาน้ำยาบ้วนปากให้ ริมฝีปากก็ควรทาด้วยกรีเซอรีนบอแร็กซ์บ่อย ๆ



ท่านั่งที่ผู้ป่วยหายใจหอบโรคหืดมักใช้กันโดยทั่วไป

ภาพที่ 7.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้สึกทางอารมณ์

อารมณ์เป็นสิ่งที่แต้มสีสรรให้กับชีวิต เรามีความสุขจะมองสิ่งแวดล้อมรอบตัวด้วยความสดชื่น ดอกไม้สวยงาม ผู้คนน่าพบปะสมาคมด้วย แต่ถ้าเราอยู่ในสภาพวะที่มีอารมณ์ไม่ดี ผิดหวังจากสิ่งอื่น ทำให้เกิดความรู้สึกเศร้า ทำอะไรอย่างขาดเหตุผล ขาดความรอบคอบและบางทีก็ทำร้ายตนเองและคนอื่นได้

อารมณ์ (Emotion) หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายใน เช่น รู้สึกดีใจ เสียใจ ตื่นเต้น ตกใจ เกลียด รัก ชื่นชม รังเกียจ เป็นต้น อารมณ์เกิดขึ้นได้ทุกเวลาและเกิดกับคนทุกคน อารมณ์เมื่อเกิดขึ้นแล้ว เราสามารถจะรู้ได้ด้วยตัวเอง ส่วนอารมณ์ของผู้อื่นเราจะสังได้จากพฤติกรรมภายนอกที่แสดงออกมา ส่วนพฤติกรรมภายในนั้นต้องอาศัยเครื่องมือในการวัดจึงจะสังเกตได้

1. การสังเกตพฤติกรรมทางอารมณ์ [1]

1. อารมณ์ของตนเอง เป็นการรู้สึกตัวของเราเอง เพราะเรารู้ตัวของตัวเองแล้ว เช่น เราโกรธเราก็รู้ ดีใจก็รู้ อารมณ์นั้นเกิดจากการทำงานของร่างกายในขณะเกิดอารมณ์ เช่น เมื่อตื่นเต้นหัวใจจะเต้นเร็ว เมื่อตกใจเหงื่อจะออกท่วมตัว มือไม้สั่น เกิดการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายควบคู่ไปกับความรู้สึก การเกิดอารมณ์จึงอยู่ในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงทั้งความรู้สึกและการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย นอกจากนั้นการเกิดอารมณ์ของตนเองยังขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและผู้อื่นด้วย เช่น ในขณะที่ดูภาพยนต์ที่เป็นชีวิตเศร้า ตัวละครในเรื่องไปได้ความทุกข์ยากแสนสาหัส ผู้คนดูอื่น ๆ ที่อยู่รอบตัวก็ร้องไห้ ก็พลอยให้เราเกิดอารมณ์เศร้าไปด้วย จะสังเกตเห็นได้ว่า เมื่อไปงานศพ ถ้าบรรยากาศของงานเต็มไปด้วยความหดหู่ เศร้าสลด เราก็พลอยเกิดอารมณ์เช่นนั้นขึ้น ส่วนไปงานฉลอง สนุกสนานเราก็พลอยมีอารมณ์คึกคักไปด้วย

2. อารมณ์ของผู้อื่น การจะเข้าถึงความรู้สึกของอีกคนหนึ่ง ต้องอาศัยการสังเกตพฤติกรรมภายนอกของเรา เพราะไม่มีใครสามารถล่วงรู้ความในใจของคนหนึ่งนอกจากตัวเขาเอง บางครั้งคนเราก็ยังไม่ล่วงรู้หรือรู้จักตนเองได้หมด โดยทั่วไปการแสดงออกของอารมณ์จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เช่น เสียใจจะร้องไห้ น้ำตาไหล ดีใจก็หัวเราะหน้าตา

---

[1] ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, รศ. จิตวิทยาการศึกษา. 2527 หน้า 81-86 (โครงการตำรา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบิกบาน โดยสังเกตได้ว่าเราสามารถจะดูการแสดงออกของอารมณ์ได้จากภาพยนต์ แม้จะฟังพูดไม่เข้าใจ แต่ท่าทีของตัวแสดงเราก็สามารถล่วงรู้ได้ว่าเขากำลังอยู่ในอารมณ์อย่างไร

แม้ว่าการรับรู้อารมณ์จะเข้าใจกันได้ แต่ก็เป็นอารมณ์ที่อยู่ในขั้นพื้นฐาน คือ อารมณ์โกรธ เสียใจ ดีใจ กลัว แปลกใจ และรังเกียจ ส่วนอารมณ์อื่น ๆ ที่มีรายละเอียดปลีกย่อยก็จะสังเกตและตีความได้ยาก วัฒนธรรมขนบธรรมเนียมให้คนระงับอารมณ์ไม่แสดงออกมาให้ปรากฏเด่นชัด คนอื่นก็จะเห็นได้ยากและเดาไม่ถูก อย่างไรก็ตามถ้าเป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นในใจก็สามารถใช้เครื่องวัดได้ เช่น การวัดการเต้นของหัวใจ เครื่องจับเท็จ เป็นต้น

2. การแสดงออกของอารมณ์

การแสดงออกของอารมณ์ในแต่ละคนจะมีระดับต่างกันและสาเหตุต่างกัน สาเหตุหนึ่งอาจทำให้คนหนึ่งแสดงออกอย่างหนึ่ง อารมณ์จะรุนแรงหรือไม่จึงขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้

1. ทัศนคติของบุคคล หากผู้ที่แสดงออกของอารมณ์เป็นคนที่เรารักใคร่ชอบพอ แม้เขาจะแสดงกริยาไม่ดี เราก็ไม่โกรธมาก และอารมณ์อาจไม่รุนแรง แต่ถ้าเป็นบุคคลที่เราไม่ชอบเป็นผู้แสดงกริยาแบบเดียวกัน เราอาจเกิดอารมณ์รุนแรงได้

2. สิ่งเร้าอารมณ์ สถานภาพต่างกันอาจทำให้ความรุนแรงต่างกันหรือเท่ากันก็ได้ เช่น น้องยั่วให้โกรธ ถ้าเป็นก่อนกินข้าว จะโกรธง่ายกว่าหลังกินข้าวแล้ว

3. สภาพทางร่างกาย ร่างกายแข็งแรง การแสดงออกของอารมณ์จะไม่รุนแรงมากเท่าเมื่อมีสภาพทางร่างกายไม่ปรกติ

4. สภาพทางจิตใจ สภาพจิตไม่ปรกติ กำลังผิดหวังท้อแท้ เมื่อมีเหตุมากระทบการแสดงออกของอารมณ์จะรุนแรง กว่าคนที่สภาพจิตดี

3. การเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเกิดอารมณ์

ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดอารมณ์ การเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับอารมณ์ชนิดใดและมีความรุนแรงมากน้อยเพียงไร

1. การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าบนผิวหนัง ซึ่งเราสารถจะวัดได้ในเวลาเกิดความโกรธ ผิวหนังจะมีความเย็นและร้อนเกิดขึ้น

2. ความดันโลหิต ความดันโลหิตจะสูงขึ้น เช่นหน้าแดง เวลาดีใจ

3. ส่วนผสมของโลหิต ส่วนผสมของโลหิตเปลี่ยนไปเพราะต่อมไร้ท่อผลิตฮอร์โมนเข้าสู่เส้นโลหิต ทำให้น้ำตาลในโลหิตเปลี่ยนไป ทำให้ร่างกายมีกำลังวังชาเพิ่มขึ้นผิดปรกติ เช่น สามารถยกของที่ปรกติยกไม่ได้ ในขณะเกิดไฟไหม้หรือตกใจ

4. อัตราการเต้นของหัวใจ ขณะเกิดอารมณ์ การเต้นของหัวใจอาจเพิ่ม หรือลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงบางครั้งก็เต้นแรงและเร็ว บางครั้งก็ช้าและอ่อน จนเกิดการช็อคได้

5. การหายใจ การหายใจจะผิดปรกติอาจถี่และแรง แต่บางครั้งก็กลั้นกายใจก็ได้

6. การขยายของม่านตา ขณะเกิดอารมณ์ ม่านตาอาจขยาย เช่น ตกใจ บางทีก็อาจจะหรี่เล็กลง เช่น เสียใจ

7. การหลั่งน้ำลาย ต่อมที่ผลิตน้ำลายน้อยลงกว่าปรกติ จนทำให้เกิดความรู้สึกคอแห้ง ปากแห้ง ลิ้นแห้ง

8. ขนลุก อารมณ์บางอย่างทำให้เกิดอาการขนลุก เช่น ในขณะตกใจกลัวหรือตื่นเต้น

9. การเกร็งของกล้ามเนื้อ เป็นอาการสั่นเทา กำมือ อาการเกร็งกล้ามเนื้อมักเกิดขึ้นเวลาเกิดอารมณ์รุนแรง เช่นโกรธจัด

10. การหลั่งน้ำย่อยของกระเพาะ เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระเพาะอาหาร น้ำย่อยหยุดไหล ทำให้อาหารไม่ย่อย อาจท้องผูกหรือเป็นโรคแผลในกระเพาะอาหารได้ เกิดความไม่อยากอาหาร

4.ผลของอารมณ์

การเกิดอารมณ์นั้นมีทั้งผลดีและผลเสียเกิดขึ้น ผลดีของอารมณ์มีดังนี้

1. ผู้ที่มีอารมณ์ดี จะเป็นคนสนุกสนานเป็นที่ต้องการคบหาสมาคมของเพื่อนและบุคคลที่อยู่รอบข้าง มีความสามารถไปเข้ากับผู้อื่นได้ และทำให้ผู้อื่นพลอยมีอารมณ์ดีด้วย

2. อารมณ์ที่ไม่ย่อท้อ ทำให้คนทำงานได้มากขึ้น เรียนได้ดีขึ้น เช่น ต้องการจะสอบเข้ามหาวิทยาลัยก็เกิดความกลัวว่าจะเข้าไม่ได้ พ่อแม่จะตำหนิ ตนจะขาดการยอมรับจากเพื่อน ทำให้มุมานะพยายามที่จะสอบให้ได้

3. อารมณ์ที่เกิดขึ้นขณะตกใจ เป็นการเพิ่มพลังทางกายในบางครั้ง เราสามารถจะหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันได้ เช่น ไฟไหม้ ร่างกายจะมีพลังเพิ่มขึ้นขณะตกใจ ทำให้สามารถป้องกันคนร้ายที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าในยามปรกติ มีความสามารถในการพยายามเอาชนะอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อความอยู่รอดของตน

โทษของอารมณ์นำผลเสียมาสู่ตัวเราดังนี้

1. การมีอารมณ์ที่ไม่แน่นอน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายตลอดเวลา เช่น มือไม้สั่น กระเพาะบีบตัว ความดันสูง เป็นผลให้ร่างกายสูญเสียพลังร่างกายอ่อนเพลีย

2. อารมณ์ค้าง ทำให้เกิดการคิดมาก นอนไม่หลับ กระสับกระส่าย ทำงานไม่ได้ และเกิดโรงคทางจิตขึ้น เช่น โรคประสาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อารมณ์รุนแรงที่เกิดขึ้น ถ้าหากไม่สามารถจะยับยั้งได้ก็จะเกิดการทำร้ายสิ่งของ ทำร้ายร่างกายผู้อื่น บางครั้งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากอารมณ์ชั่ววูบ แต่มีผลให้เสียใจตลอดชีวิต เช่น การทำร้ายร่างกายคนอื่นถึงตาย เป็นต้น

5. การแบ่งประเภทของอารมณ์

คนเราเกิดอารมณ์ได้ตลอดเวลาและแตกต่างกันไป แล้วแต่เวลาและสถานการณ์ที่ทำให้เกิดอารมณ์ เราสามารถแบ่งอารมณ์เป็น 3 ประเภทโดยดูจากลักษณะของการเกิดอารมณ์ คือ

1. อารมณ์ประเภทก้าวร้าว รุนแรง เช่น โกรธ อิจฉา เกลียดชัง การแสดงออกของอารมณ์ประเภทนี้จะเห็นได้จากหลายอย่าง อาจเป็นทางตรงและทางอ้อม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในร่างกายก็จะมีลักษณะ มือสั่น เท้าสั่น หน้าแดง หายใจถี่ทำให้มีการแสดงออกในลักษณะหุนหันพลันแล่น ขาดสติยั้งคิด อาจทำร้ายตนเอง ทำร้ายผู้อื่น ทำลายข้าวของเสียหาย บางครั้งก็ร้องไห้ ตีอกชกตัว ดึงทึ้งผมเผ้าของตัวเอง พร้อมกับส่งเสียงดัง ด่า แต่บางคนก็อาจจะมีกริยาตรงกันข้าม คือ เริ่มขรึม เก็บตัว ครุ่นคิดไม่พูดจากับใคร

2. อารมณ์ประเภทเก็บกด เช่นความกลัว วิตกกังวล เสียใจ เศร้าใจ หดหู่ ซึมเซา อารมณ์ประเภทนี้จะเกิดขึ้นได้กับคนทุกวัยและสถานการณ์ที่แตกต่างกันไป มักเกิดขึ้นเมื่อรู้สึกถึงความไม่ปลอดภัย หรือเก็บเรื่องต่าง ๆ มาเป็นกังวล เมื่อเกิดความผิดหวังขึ้น ความกลัวของคนเรามีหลายอย่าง เช่น กลัวว่าจะปรับตัวไม่ได้ กลัวคนอื่นจะไม่เข้าใจเรา เป็นความกลัวที่อาจจะเกิดเหตุการณ์ขึ้นแล้วหรือยังไม่เกิดเหตุการณ์ขึ้น แต่วิตกกังวลไปก่อนก็ได้ เช่น กังวลการสอบ กลัวความยากจน กลัวว่าเขาจะไม่รัก ส่วนอารมณ์เศร้าโศรกเสียใจมักเกิดจากความผิดหวัง การจากไปของคนที่เรารัก เป็นต้น

3. อารมณ์สนุก เช่น รัก สุข สดชื่น สบายกายสบายใจ สังเกตได้จากการที่ตนได้รับความสมหวัง สำเร็จในสิ่งที่ตนพอใจ ได้พบปะกับสิ่งที่ตนเองต้องการ เช่น สำเร็จการศึกษาได้เข้ามหาวิทยาลัย มีคนรักตอบ ได้เงินเดือนหรือตแหน่งสูงขึ้น จะแสดงออกในลักษณะร่าเริง ยิ้ม ดีใจ หัวเราะ กระโดดโลดเต้น เป็นต้น

6. การรักษาอารมณ์

การรู้จักรักษาอารมณ์ให้คงที่เป็นเรื่องสำคัญ ชีวิตคนเราจะมีความสุขสบายขึ้นเมื่อต่างก็อยู่ร่วมกันอย่างเข้าใจ ไม่ยั่วให้โกรธหรือทำให้อีกฝ่ายหนึ่งเกิดอารมณ์ขึ้น แนวทางต่อไปนี้จะมีส่วนช่วยในการรักษาอารมณ์ได้ คือ

1. เรียนรู้เรื่องของอารมณ์ เช่น เกิดขึ้นได้อย่างไร อารมณ์อย่างไรจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์และดีต่ออีกฝ่ายและพยายามให้มีอารมณ์นั้น

2. พยายามเลี่ยงสถานการณ์ที่เร้าอารมณ์ เช่น การทะเลาวิวาท การด่าทอ ความน่ากลัว จะทำให้ร่างกายไม่ผิดปรกติ

3. พยายามหาทางที่จะให้มีจิตใจสงบ หัดระงับอารมณ์ให้เป็น เช่น การนั่งสมาธิ รู้จักบังคับใจตนเอง

4. มีอารมณ์ดีขึ้น มองโลกในแง่ดี พร้อมจะสนุกสนาน หัวเราะได้เสมอ

5. มีงานทำ งานจะช่วยให้เพลิดเพลิน ไม่คิดมาก จิตใจสงบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับรู้

1. การรับรู้ทางวัตถุ [1]

การที่เราต้องพบกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเรา เราไม่ได้รับรู้ทุกอย่าง เรารับรู้เฉพาะบางอย่างเท่านั้น ธรรมชาติในการรับรู้วัตถุจึงมีลักษณะดังนี้

1. เลือกสิ่งที่รับรู้ โดยเรามีธรรมชาติที่จะเลือกสิ่งต่อไปนี้

ก. สิ่งที่เป็นที่สนใจของตน เรากำลังหิวก็ย่อมจะมองเห็นร้านอาหารและดูว่าจะเข้าร้านไหนดี ซึ่งย่อมจะรับรู้ได้ดีกว่าคนที่กำลังอิ่ม

ข. สิ่งที่เด่นและแปลกสดุดตา ในลักษณะที่แตกต่างจากผู้อื่น ย่อมจะทำให้เรารับรู้และอดสนใจไม่ได้

2. การรับกลุ่มสิ่งเร้า รวบรวมสิ่งที่มีลักษณะรอบด้านเข้าด้วยกัน โดยมีลักษณะดังนี้คือ

ก. ความเด่นชัดของสิ่งเร้า เช่น สีแดง สีเขียว เสียงที่เด่นชัด ดัง สามารถทำให้คนมีความรู้สึกได้ไว แบบที่มีขนาดใหญ่ก็แสดงความเด่นชัดได้ การโฆษณาจึงนิยมใช้สีเด่นชัด สดใส เพื่อดึงดูดความสนใจของคน เช่น การโฆษณาที่ใหญ่ มีสีสวยสด ป้ายคณะป้ายร้านค้าที่มีตัวอักษรชัดเจน

ข. ความถี่เป็นลักษณะซ้ำ ๆ ของสิ่งเร้า การพูดทบทวนบ่อย ๆ ก็ทำให้จำได้นานและแม่นยำขึ้น การไปมาหาสู่กันบ่อยก็ย่อมเพิ่มความสนิทสนมมาก การย้ำคำโฆษณาบ่อย ๆ ก็จะเกิดความรู้สึกคล้อยตามและนึกคิดเมื่อจำเป็นต้องใช้

ค. ความหนักแน่น เป็นลักษณะการย้ำด้วยความเชื่อมั่น มั่นคง แน่ใจ เสียงตะโกนดัง ๆ ย่อมมีอิทธิพลต่อการรับรู้มากกว่าเสียงแผ่วเบา การพูดคำชัดและย้ำด้วยความหนักแน่น ทำให้เกิดความคล้อยตามได้

ง. การเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลง เสียงและระบบจอโทรทัศน์ที่มีการเปลี่ยนแปลงย่อมดึงดูดความสนใจได้ดีกว่าระบบหนึ่ง รถยนต์ที่แล่นด้วยความรวดเร็วและเสียงดังก็ย่อมหันความสนใจของคนมากกว่ารถยนต์ที่จอดไว้ ในการโฆษณาสินค้าก็ดี การหาเสียงก็ดี มักจะใช้สิ่งที่มีการเคลื่อนไหว เพื่อดึงดูดความสนใจของบุคคล เสียงที่สลับระหว่างเสียงสูงเสียงต่ำ ภาพที่มีสีมันสลับสวยงาม ก็มีอิทธิพลต่อการรับรู้ได้ดีกว่า

---

[1] ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, รศ. เล่มเดียวกัน หน้า 76-77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การรับรู้ทางการมอง [1]

Hilgard ได้ให้หลักเกณฑ์ในการจัดระเบียบของการรับรู้ (Organization of Perception) ไว้ดังนี้

1. การแยกรูปออกจากพื้นที่ (Figure-Ground Organization) การที่เรามองสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นรูปขึ้นมาได้นั้น ก็เพราะเส้นต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นรูปนั้นมาตัดกับพื้นหรืออาจจะเป็นสีตัดกันก็ได้

ภาพที่ 7.19 แสดงตัวอย่างการรับรู้ภาพและพื้นอย่างง่าย ๆ ในรู้ที่มองเห็นภาพกากบาทสีขาวลอยเด่นอยู่บนพื้นสีดำ รูปกากบาทเป็นภาพและเงาสีดำที่ล้อมรอบเป็นพื้น

ในการรับรู้ของคน บางครั้งผู้รับจะมองเห็นเด่นชัดว่าสิ่งใดเป็นภาพสิ่งใดเป็นพื้นแต่ในบางครั้งผู้รับรู้อาจมองเห็นภาพและพื้นสลับกันได้ เรียกว่า Reversible figure and ground กล่าวคือ ส่วนที่เป็นภาพมองเห็นเป็นพื้น และส่วนที่เป็นพื้นมองเห็นเป็นภาพ เช่น

ภาพที่7.20แสดงการรับรู้ภาพและพื้นสลับกัน (Reversible figure and ground)

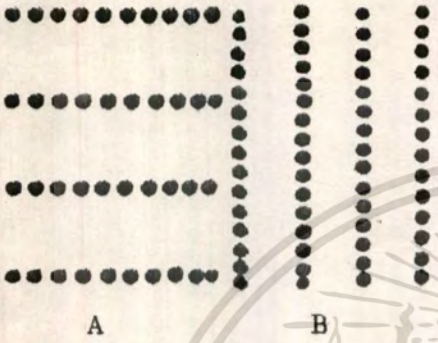
---

[1] สมศักดิ์ ภู่วิภาดาวรรธน์, ผส.ดร. จิตวิทยาทั่วไป. 2531 หน้า 5/24-5/35 (โครงการตำรา คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูเชียงใหม่ สหวิทยาลัยครูล้านนา 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจัดหมวดหมู่และสร้างแบบ (Grouping and Patterning) คนเรามีแนวโน้มที่จะจัดสิ่งต่าง ๆ ที่เขามองเห็นออกเป็นกลุ่มหรือเป็นหมู่จากหลักการต่าง ๆ ดังนี้

1. กฎแห่งความใกล้ชิด (Law of Proximity or Neaness) คนเรามีแนวโน้มที่จะรับรู้สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ชิดกันให้เป็นภาพเดียวกัน หรือหมวดหมู่เดียวกัน

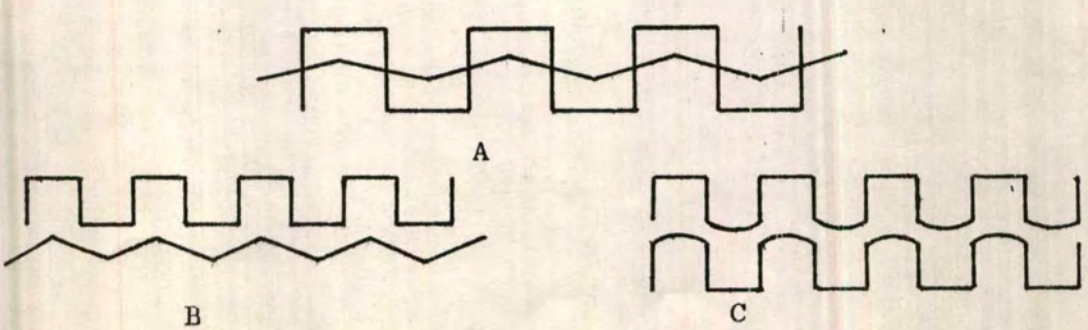


ภาพที่ 7.21 รูปต่าง ๆ ในแถว A และแถว B ต่างก็อยู่ใกล้ชิดกัน ทำให้มองดูเหมือนเป็นของกันและกันในหมวดหมู่เดียวกัน ดังนั้นจุดดำในแถว A จะมองเป็นเส้นขนานกันตามแนวนอน ส่วนจุดดำในแถว B จะมองเห็นเป็นเส้นขนานตามแนวตั้ง

2. กฎแห่งความคล้ายคลึงกัน (Law of Similarity) คนมักจะมีแนวโน้มรับรู้ภาพของเส้นหรือจุดที่คล้ายคลึงกัน หรือเหมือนกันเข้าเป็นพวกเดียวกัน

ภาพที่ 7.22 แม้ว่าจุดวงกลมและจุดดำทุก ๆ จุดมองเห็นอยู่ในระยะห่างเท่า ๆ กัน อิทธิพลของของความคล้ายกัน ทำให้เรามองเห็นเป็นแถวของจุดวงกลมและแถวของจุดดำและมองเห็นจุดต่าง ๆ เรียงกันตามแนวนอน

3. กฎแห่งความต่อเนื่องกัน (Law of Continuity) ความต่อเนื่องกันของสิ่งเร้าในทิศทางเดียวกัน มักก่อให้เกิดภาพได้ง่ายกว่าสิ่งเร้าที่ขาดการต่อเนื่อง ทั้งนี้เพราะคนเรามีแนวโน้มที่จะรวมกลุ่มของภาพ ที่สิ่งเร้าไปในทางเดียวกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7.23 รูป A เป็นเส้นหักมุม และมีเส้นคดทับอยู่มองเห็นติดต่อกันไปจากซ้ายไปขวาในทิศทางเดียวกัน

รูป B แยกเส้นคดออกจากเส้นหักมุมของรูป A ทำให้มองเห็นแตกต่างจากรูป A แต่เส้นทั้งสองยังคงมองเห็นติดต่อกัน

รูป C เป็นเส้นหักมุมยาว 2 เส้นสลับกันมองเห็นต่อเนื่องกันไปตามแนวทางเดียวกัน

4. กฎแห่งความสมบูรณ์ (Law of Closure) ภาพที่ใกล้จะสมบูรณ์หรือขาดความสมบูรณ์ไปเพียงเล็กน้อย เรามีแนวโน้มที่จะต่อเติมส่วนที่ขาดหายไปของภาพให้เกิดเป็นภาพสมบูรณ์ได้

ภาพที่ 7.24 คนเราจะรับรู้ภาพของวงกลมโดยการต่อเติมรอยขาดของวงกลม ไม่ว่าวงกลมนั้นจะมีรอยขาดมากน้อยเพียงใดก็ตาม มากกว่ารับรู้ว่าเป็นเส้นโค้ง

3. คุณลักษณะของผู้รับรู้ การรับรู้สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรานั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับการจัดหมวดหมู่ของวัตถุที่เป็นสิ่งเร้าแล้ว ยังขึ้นอยู่กับคุณลักษณะผู้รับอีกด้วย อิทธิพลที่ทำให้คุณลักษณะของผู้รับรู้แตกต่างกันออกไป ได้แก่

3.1 ประสบการณ์ (Experience) ประสบการณ์เดิมของบุคคล จะทำให้บุคคลรับรู้ภาพหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ หรือรูปที่จะรับรู้ได้เป็นสองแง่สองมุม

ได้ทำการทดลองเพื่อแสดงว่า ประสบการณ์เดิมมีอิทธิพลต่อการรับรู้ภาพหรือพื้น โดยใช้ภาพ 3 ภาพ ภาพ B เป็นภาพหญิงสาว ภาพ C เป็นภาพหญิงชราและภาพ A เป็นภาพที่ดูได้ 2 นัย (Ambiguous) ซึ่งอาจมองเป็นภาพหญิงสาวหรือหญิงชราก็ได้ ดังภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A B C

ภาพที่7.25 สรุปว่า การรับรู้ภาพ A นั้นมีผลมาจากประสบการณ์ ประสบการณ์เดิมนั้นมีอิทธิพลต่อการรับรู้ภาพและพื้น

3.2 ความตั้งใจ (Attention) ในการรับรู้ของคนเราเป็นการเลือกเฟ้นสิ่งเร้า กล่าวคือ เราจะไม่รับรู้สิ่งทั้งหมดที่เข้ามากระตุ้นเราโดยผ่านอวัยวะสัมผัสพร้อม ๆ กัน เช่น การตั้งใจอ่านหนังสือ จะไม่รู้ว่าคนกลุ่มหนึ่งที่นั่งอยู่ใกล้ ๆ เขาคุยเรื่องอะไรกัน ได้ยินแต่เสียงเท่านั้น ในการรับรู้สิ่งใด ๆ ก็ตาม ถ้าหากมีความตั้งใจหรือใส่ใจที่จะรับรู้ เรามักจะเห็นหรือได้ยินสิ่งนั้นก่อนเสมอ และมักจะไม่เห็นหรือได้ยินสิ่งนั้นก่อนเสมอ และมักจะไม่เห็นหรือได้ยินสิ่งอื่นใดที่แวดล้อมสิ่งนั้น เช่น ผู้หญิงที่เดินไปเป็นกลุ่ม มักจะเห็นคนที่สวยที่สุดหรือแต่งตัวเด่นกว่าคนอื่น

มายา (Illusion)

มีปัจจัยหลายอย่างที่อาจทำให้บุคคลเกิดการรับรู้ที่ผิดพลาดได้ ลักษณะเช่นนี้ เรียกว่า Illusion ซึ่งอาจเกิดจากการปฏิบัติงานของอวัยวะสัมผัส (Sensory Organ) อันใดอันหนึ่งก็ได้ กล่าวคือ ถ้าเป็นความมาผิดพลาดที่เนื่องมาจากการมองเห็น เรียกว่า ทัศนมายา ถ้าเป็นความผิดพลาดจากการได้ยิน เรียกว่า โสตมายา ถ้าเป็นความผิดพลาดจากการได้กลิ่นเรียกว่า นาสิกมายา ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะทัศมายาเท่านั้น

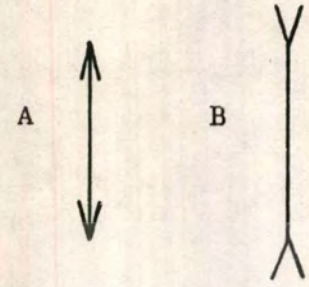
ทัศนมายา (Visual illusion)

ทัศนมายา หมายถึงการรับรู้สิ่งต่าง ๆ ผิดพลาด อันเนื่องมาจากคุณสมบัติของสิ่งเร้าหรือสิ่งประกอบปรุงแต่งต่าง ๆ หรือความคิดความเชื่อที่บุคคลมีอยู่ในการรับรู้สิ่งหนึ่งสิ่งใด อิทธิพลที่ก่อให้เกิดทัศนมายา ได้แก่

1. การเพิ่มเติมสิ่งหนึ่งสิ่งใด (Illusions based on embeddedness of line) คือการเติมสิ่งหนึ่งสิ่งใดลงไป ทำให้ภาพที่มองเห็นผิดไปจากความเป็นจริง ได้แก่

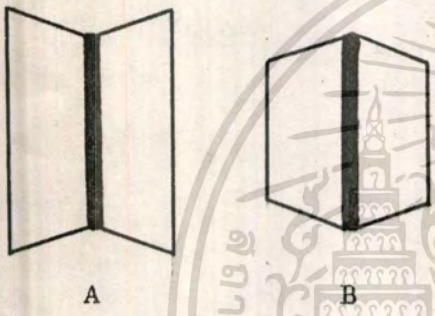
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทัศนมายาของ Mueller Lyer ซึ่งเราเติมลูกศรในลักษณะที่ต่างกันเข้ากับเส้นตรงทั้งสองที่เท่ากัน ทำให้ผู้ดูเกิดความรู้สึกว่าเส้นตรงทั้งสองยาวไม่เท่ากัน



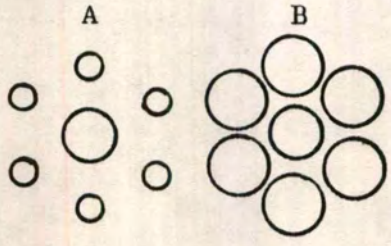
ภาพที่ 7.26 เส้น B มองดูยาวกว่าเส้น A ทั้ง ๆ ที่ความจริง เส้น A = เส้น B

Mueller Lyer illusion



ภาพที่ 7.27 สันหนังสือ A มองดูยาวกว่าสันหนังสือ B ความจริง A = B

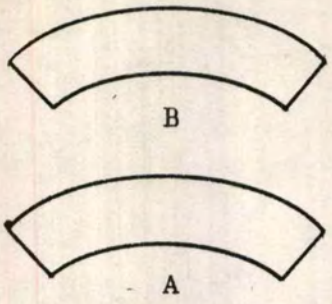
2. ทัศมายาที่เกิดจากขนาดสัมพันธ์กัน (Illusions based on relative size) การมีขนาดรูปร่างสัมพันธ์กันของวัตถุ อาจจะเป็นเหตุทำให้การตัดสินของ ของวัตถุผิดไปจากความเป็นจริงได้ เช่น วงกลมภายใน A และวงกลมภายในรูป B มีขนาดเท่ากัน แต่เมื่อยู่ท่ามกลางวงกลมที่มีขนาดเล็กกับใหญ่ ทำให้เกิดความรู้สึกว่าวงกลมภายในรูป A มีขนาดเท่ากัน แต่เมื่ออยู่ท่ามกลางวงกลมที่มีขนาดเล็กใหญ่ ทำให้เกิดความรู้สึกว่าวงกลมภายในรูปทั้งสองไม่เท่ากัน



ภาพที่ 7.28 วงกลมภายในรูป A และรูป B มีขนาดเท่ากัน แต่ผู้ดูรับรู้วงกลมภายในรูป A ใหญ่กว่าวงกลมภายในรูป B

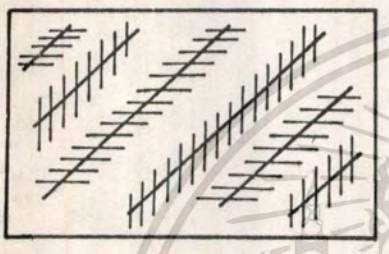
Wundt Illusion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Jastrow Illusion

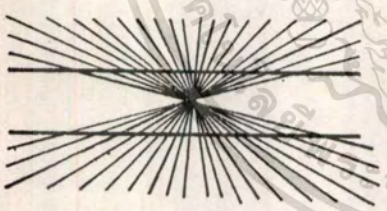
ภาพที่ 7.29 ภาพ A และภาพ B มีขนาดเท่ากัน แต่ภาพ B มองดูเล็กกว่าภาพ A



Zollner Illusion

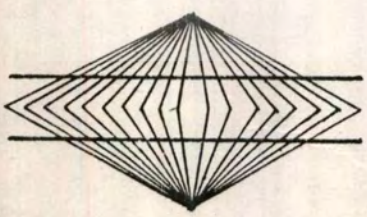
ภาพที่ 7.30 เส้นตรงต่าง ๆ ในภาพนี้มองดูไม่เป็นเส้นขนาน ทั้งที่ความจริงเส้นตรงทุกเส้นขนานกัน

3. ทัศนมายาที่เกิดจากการตัดกันของเส้น (Illusions based on intersecting lines) การตัดกันของเส้นตรงหรือการเกิดมุมต่าง ๆ ของเส้นที่นำมาประกอบกัน อาจทำให้การรับรู้ผิดไปจากความจริงได้



Hering Illusion

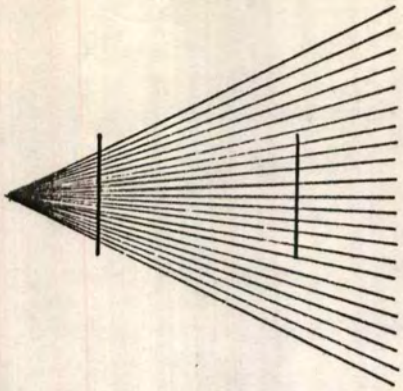
ภาพที่ 7.31 เส้นตรง 2 เส้น ความจริงขนานกัน แต่ผู้ดูรับรู้ไม่เหมือนกัน และตรงกลางของเส้นทั้งสองพูนออก



ภาพที่ 7.32 เส้นตรงสองเส้น มองดูไม่ขนานกัน และตรงกลางของเส้นทั้งสองแฟบเข้าหากันทั้งที่ความจริงเป็นเส้นคู่ขนานกัน

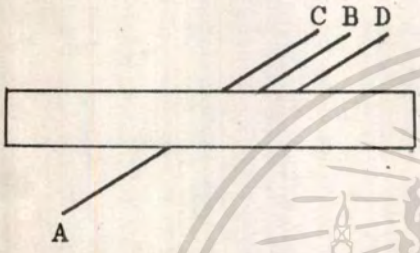
ภาพที่ 7.33 วงกลมในรูปมองดูมีลักษณะเบี้ยว ความจริงแล้วมีลักษณะเป็นวงกลมทุกประการ คือมีจุดศูนย์กลาง และเส้นรอบวง

เอกสารนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7.34 เส้น B มองดูยาวกว่าเส้น A ความจริงเส้น A = เส้น B เป็นเพราะในความรู้สึกของผู้ดูรู้สึกว่า เส้น A อยู่ใกล้กับทางรวมจุดของเส้นต่าง ๆ จึงมองดูยาวกว่า

Ponze Illusion



ภาพที่ 7.35 เส้นตรงที่มาตัดเส้นคู่ขนานแล้วแบ่งเส้นตรงนั้นออกเป็น 2 ส่วนเท่ากัน คือ เส้น A และ B

Pog gendorf Illusion

3. จิตวิทยาของสี [1]

นักออกแบบผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องเรียรู้ทฤษฎีของสีเป็นอย่างดี จึงจะสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในขั้นปฏิบัติได้อย่างดีและเหมาะสมกับงานนั้น ๆ เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าบรรดาสีทั้งหลายที่มีอยู่ในโลกนี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับมนุษย์ตั้งแต่เกิดและจำความได้ สีมีอิทธิพลต่อมนุษย์เป็นอย่างมากและได้มีนักวิชาการพยายามที่จะวิเคราะห์เรื่องของสีที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกของมนุษย์ในรูปแบบต่าง ๆ ดังที่จะกล่าวรายละเอียดในตอนต่อไปนี้

ความหมายของสี สี หมายถึง ลักษณะความเข้มของแสงสว่างที่ปรากฏต่อสายตา สีมีอิทธิพลต่อจิตใจของมนุษย์ สีแต่ละสีให้ความรู้สึกไม่เหมือนกันซึ่งบางครั้งทำให้เกิดความรู้สึกสงบ บางทีทำให้เกิดความรู้สึกตื่นเต้นร้อนแรง ในการใช้สีให้มีอิทธิพลต่อจิตใจมนุษย์นั้นจำเป็นต้องใช้ให้เหมาะสมกับอิทธิพลของสีแต่ละสีตลอดทั้งเวลาและโอกาส วัฒนธรรมประเพณี สภาพดินฟ้าอากาศและความเป็นอยู่

---

[1] สาคร คันธโชติ. " จิตวิทยาของสี " การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: โอเดียนสโตร์, 2528 หน้า 50-53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมัยนิยมเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อให้เกิดรสนิยมในเรื่องสี ซึ่งอาจจะแตกต่างกันไปตามนิสัยหรือการศึกษา ตัวอย่างชาวชนบทย่อมจะชอบใช้สีสดใสเป็นผลสืบเนื่องมาจากอิทธิพลทางธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางวัฒนธรรมประเพณี สภาพดินฟ้าอากาศหรืออื่น ๆ สียังให้ความรู้สึกสงบเยือกเย็นและสบายใจ

ประโยชน์ของสี สีมีประโยชน์ในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ ช่วยทำให้เกิดความสวยงามและป้องกันการกัดกร่อน นอกจากนี้แล้วสีทำให้เกิดความรู้สึกต่าง ๆ เช่น ขนาดของผลิตภัณฑ์ทำให้ดูใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง น้ำหนักทำให้รู้สึกว่าหนักขึ้นหรือเบาลง ความแข็งแรงทำให้เกิดความรู้สึกว่าแข็งแรงมากหรือแข็งแรงน้อย อุณหภูมิทำให้รู้สึกว่าร้อนหรือเย็น ความสะอาดทำให้เกิดความรู้สึกว่าสะอาดน่าใช้ ความสง่างามของผลิตภัณฑ์เพื่อดึงดูดความสนใจแก่ลูกค้าเป็นต้น สียังใช้ประโยชน์ในการผลิตสิ่งต่าง ๆ ได้อีกมากมาย เช่น ผลิตแผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ ภาพโฆษณา การประดิษฐ์อักษร การวาดภาพ เป็นต้น เพื่อเป็นสื่อความหมายและจิตวิทยา

อิทธิพลของสีที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์

1. สีแดง เป็นสีแห่งความกล้าหาญ รุนแรง ตื่นเต้น มั่งมี มีอำนาจ ตามหลักสากลถือว่าเป็นสีบ่งบอกถึงอันตราย
2. สีเขียว ให้ความรู้สึกสบาย เป็นสีแห่งพลังวังชา
3. สีส้ม ให้ความรู้สึกสนุกสนานร่าเริง
4. สีม่วง ให้ความรู้สึกผิดหวัง เศร้า และแสดงความภักดี
5. สีขาว ให้ความรู้สึกบริสุทธิ์ ใหม่ สดใส และให้ความรู้สึกว้าเหว่
6. สีดำ ให้ความรู้สึกหดหู่และเศร้าใจ เป็นสีแห่งความลึกลับ
7. สีฟ้า ให้ความรู้สึกสงบเสงี่ยมเรียบร้อย
8. สีเทา ให้ความรู้สึกอ่อนโยน เศร้าสงบ
9. สีชมพู ให้ความรู้สึกนุ่มนวลน่ารัก
10. สีเหลืองอ่อน ให้ความรู้สึกอ่อนเพลียละเหี่ยใจ
11. สีเหลืองแก่ ก่อให้เกิดพลังวังชา ความเป็นหนุ่มเป็นสาว ความร่าเริง
12. สีตองอ่อน ก่อให้เกิดความรู้สึกเย็น ๆ แต่ตื่นเต้น
13. สีน้ำเงิน ให้ความรู้สึกเย็น ๆ เฉย ๆ สงบ
14. อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรรณะของสีมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์ สีอุ่นจะให้ความรู้สึกตื่นเต้นก่อให้เกิดพลังวังชา สีเย็นจะให้ความรู้สึกสงบเยือกเย็นและสบายใจ สีอุ่นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ง่ายกว่าสีเย็น

4. จิตวิทยาของเส้น รูปทรง และสัญลักษณ์

ดังได้กล่าวมาแล้วในทัศนมายา การมองดูเส้น รูปทรง หรือสัญลักษณ์นั้นอาจมีการรับรู้ที่แตกต่างกัน และยังมีอิทธิพลต่อความรู้สึกนึกคิดของผู้ที่มองนั้นตามลักษณะของความแตกต่าง

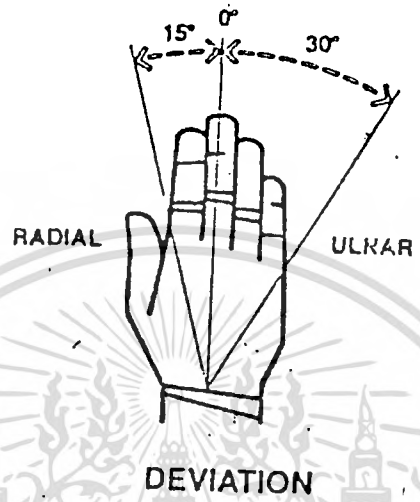
อิทธิพลของเส้นที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์

1. เส้นนอน ให้ความรู้สึก สงบ นิ่ง หนักแน่น จริงจัง มั่นคง ปลอดภัย
2. เส้นตั้ง ให้ความรู้สึก สูง สง่า เที่ยงตรง เชื่อมั่น เจริญก้าวหน้า
3. เส้นเฉียง ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหว รวดเร็ว ไม่มั่นคง
4. เส้นหยัก ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหว จังหวะ ดำเนินต่อไป อันตราย
5. เส้นคลื่น ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหว อ่อนโยน พริ้ว สบาย โลดโผน ตื่นเต้น
6. เส้นโค้ง ให้ความรู้สึก อ่อนละมุน กาเดินทาง อ่อนแอ ไม่มั่นคง
7. เส้นขนานกัน ให้ความรู้สึก กลมกลืน ความร่วมมือ ไปด้วยกัน
8. เส้นตัดกัน ให้ความรู้สึก ขัดแย้ง ขวางกั้น

อิทธิพลของรูปทรงที่มีผลต่อความรู้สึกของมนุษย์

1. รูปทรงสี่เหลี่ยม ให้ความรู้สึก หนักแน่น แข็งแกร่ง จำกัด
2. รูปทรงสามเหลี่ยม ให้ความรู้สึก แคบ อันตราย
3. รูปทรงหลายเหลี่ยม ให้ความรู้สึก จริงจัง ซับซ้อน
4. รูปทรงกลม ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหว สมบูรณ์ ไม่มีอันตราย ศูนย์รวม
5. รูปทรงรี ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหว อ่อนโยน สบาย
6. รูปทรงอิสระ ให้ความรู้สึก เครื่อนไหว เปลี่ยนแปลง เจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7.36 แสดงขนาดสัดส่วนของมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคที่ 8

วัสดุและวิธีการผลิต

8.1 แผ่นเหล็กพ่นสี

8.2 อลูมิเนียม

8.3 พลาสติก

8.4 ไฟเบอร์กลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

วัสดุคือ สิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราตลอดเวลา ซึ่งเรามักจะใช้วัสดุเกือบทั้งวันไม่ว่าในงานด้านอาชีพหรืองานอดิเรก การที่จะนำเอาวัสดุไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยให้เหมาะสมคุ้มค่า จึงจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ คุณสมบัติ และกระบวนการที่เกี่ยวกับวัสดุ

จากการศึกษาทางปูเาะวัติศาสตร์พบกันว่าสมัยก่อนนั้นได้ดแบ่งออกเป็น 3 ยุค คือยุคหิน ยุคบรอนซ์ และยุคเหล็ก แต่ในศตวรรษที่ 20 ไม่ม่การแบ่งยุคตามวัสดุชนิดชนิดหนึ่งหรือไม่ขึ้นอยู่กับวัสดุเพียงชนิดเดียว จะรวมวัสดุที่ค้นพบโดยอาศัยหลักทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมที่เจริญ วัสดุในยุคนี้จะเป็นพวกเหล็ก ไม้ ทองแดง ตะกั่ว แก้ว เครื่องเคลือบดิน เผา ยาง ต่อมาก็เริ่มมีการพัฒนาวัสดุพลาสติคขึ้นใช้ หลังจากนั้นก็มีวัสดุใหม่ ๆเกิดขึ้น เช่น โลหะใหม่ ๆ โลหะผสม ยาง เป็นต้น

ปัจจุบันมีวัสดุเกิดขึ้นใหม่หลายร้อยเท่าของปี ค.ศ. 1900 และประมาณว่าวัสดุมีองค์ประกอบและเกรดต่าง ๆ ให้เลือกใช้ระหว่าง 50,000 ถึง 70,000 ชนิด ถึงแม้ว่าวัสดุจะมีให้เลือกใช้หลายชนิดก็ยังมีการวิจัยค้นหาวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าเดิม มีความปลอดภัยและราคาถูก เพราะอย่างน้อยที่สุด 40% ของกรรมวิธีการผลิตก็คือราคาวัสดุ

ธรรมชาติและคุณสมบัติของวัสดุ

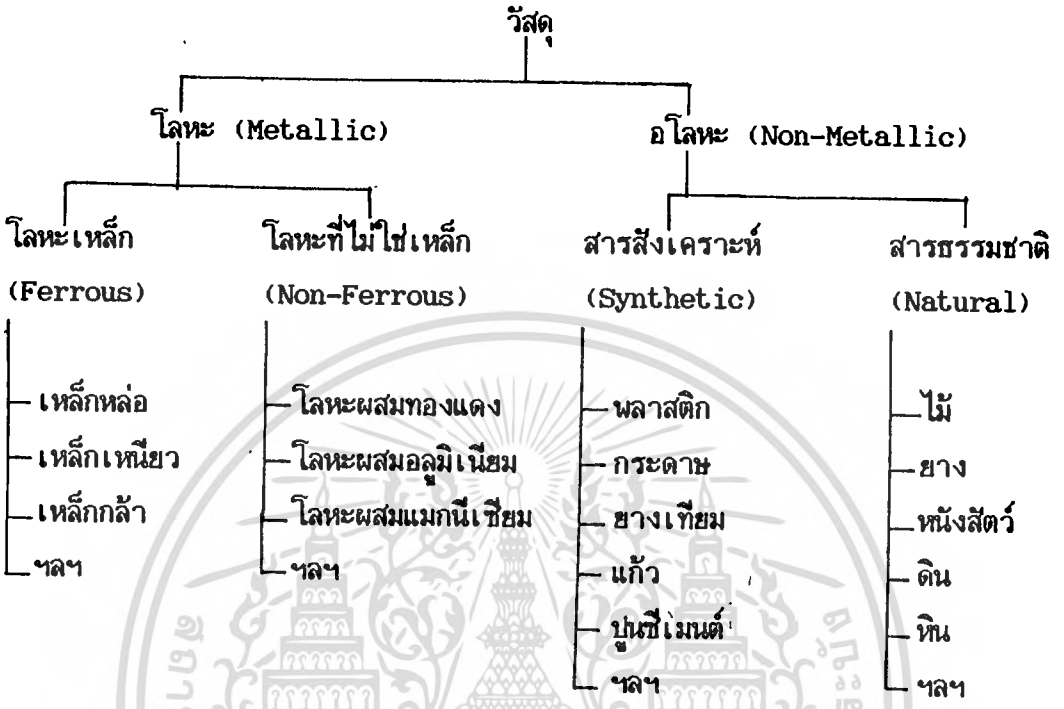
วัสดุจะมีการกำหนดคุณสมบัติไว้เป็นมาตรฐาน เช่น การกำหนดขนาด น้ำหนัก และพิกัดความเผื่ออื่น ๆ แล้วแต่สถาบันทางอุตสาหกรรมของแต่ละประเทศจะตกลงใช้เป็นมาตรฐานตามกฎของประเทศอื่นหรือบัญญัติใช้เองในประเทศ

การกำหนดคุณสมบัติมาตรฐานของวัสดุ

1. มาตรฐานเบื้องต้น ได้แก่ การกำหนดขนาดและรูปหน้าตัด
2. มาตรฐานวัสดุ ได้แก่ การกำหนดคุณสมบัติทางกายภาพ ส่วนผสมและวิธีการทดสอบวัสดุ
3. มาตรฐานกำหนดขนาด ได้แก่ การกำหนดพิกัดช่วงวัดของรูปทรงวัสดุ ชิ้นส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการจำแนกวัสดุ



หมายเหตุ ความแตกต่างของโลหะกับอโลหะ ที่การเรียงตัวของอะตอม โลหะเป็นอย่างไร มีระเบียบและเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไป มีโครงสร้างภายในเป็นผลึก

คุณสมบัติของวัสดุ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Propertics) สี ความหนาแน่น ถ่วงจำเพาะ

2. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Propertics) สึกกร่อน ทนกรด่าง ชุมเคลือบผิว

3. คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Propertics) ความเค้นแรงดึ แรงอัด แรงเฉือน

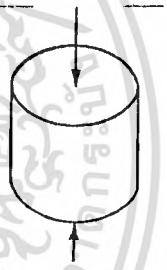
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้งานนั้นควรพิจารณาดังนี้ [1]

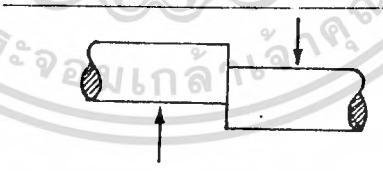
1. ความแข็งแรง (Strenght) คือสามารถในการรับแรงได้โดยไม่ทำให้วัสดุแตกหักหรือเกิดการเสียหาย ความแข็งแรงนี้สามารถแยกออกเป็น

1.1 ความาแข็งแรงในการรับแรงดึง (Tensile Strenght) คือความสามารถของวัสดุที่จะต้านทานการแตกหักเมื่อได้รับแรงดึงสองข้างออกจากกัน คุณลักษณะนี้สำคัญสำหรับวัสดุโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เช่น พลาสติกสามารถรับแรงดึงสูงสุดประมาณ 1/2 เท่าของอลูมิเนียม เป็นต้น

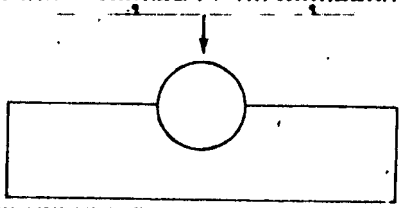
1.2 ความแข็งแรงในการรับแรงอัด (Compressive Stringth) คือความสามารถของวัสดุที่จะต้องต้านทานการปริแตกเมื่อถูกแรงอัด เช่น เหล็กหล่อเป็นวัสดุที่สามารถรับแรงอัดได้สูง แต่สามารถรับแรงดึงได้ต่ำ เป็นต้น



1.3 ความแข็งแรงในการรับเฉือน (Shearing Strength) คือโลหะถูกกรรไกรตัดไม่ฉีกขาดเมื่อถูกแรงเฉือน เช่น เมื่อแผ่นโลหะถูกกรรไกรตัดไม่ฉีกขาดออกจากกัน เป็นต้น



2. ความแข็งของผิว (Hardness) คือคุณสมบัติของวัสดุในการต้านทานต่อการสึกหรอหรือการขีดข่วนหรือแรงกด วัสดุที่แข็งจะกดวัสดุที่อ่อนกว่าให้เป็นรอย



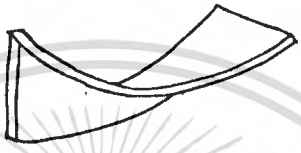
---

[1] สาคร คันธโชติ. " วัสดุ " การออกแบบและกากรพัฒนาผลิตภัณฑ์, พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: โอเดียนสโตร์, 2528 หน้า 54-56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความเปราะ (Brittleness) เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ เมื่อนำวัสดุมางอหรือทุบกระแทก วัสดุนั้นแตกหักเป็นเสี่ยง ๆ ง่ายแทนที่จะโค้งงอเรียกว่าเป็นวัสดุเปราะ

4. ความสามารถในการยืดตัว (Ductility) คือคุณสมบัติของวัสดุสามารถที่ดึงหรืออัดให้ยืดตัวออกได้ง่าย โดยไม่แตกหักหรือขาดออกจากกัน เช่น อลูมิเนียม ทองแดง เหล็กกล้า ทองเหลือง และพลาสติก เป็นต้น



5. ความสามารถในการบิดงอและรีดขึ้นรูปได้ (Malleability) คือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถบิดงอและอัดขึ้นรูปได้ไม่แตกหัก คล้ายกับความสามารถในการยืดตัว เช่น โลหะอ่อนสามารถบิดงอได้ดีกว่าโลหะแข็ง เป็นต้น

6. ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว (Elasticity) คือคุณสมบัติในการคืนตัวสู่ที่เก่าภายหลังจากถูกแรงดึงหรืออัด เช่น แท่งยางเมื่อเราดึงออกจากกันเมื่อปล่อยมือแท่งยางจะหดคืนที่เดิม เป็นต้น

7. ความสามารถในการนำหรือเป็นฉนวนไฟฟ้า (Electrical Conductivity) คือวัสดุที่ยอมให้ไฟฟ้าไหลได้ดี เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น และวัสดุที่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เช่น ยาง พลาสติก เป็นต้น

8. ความสามารถในการนำความร้อน (Heat Conductivity) คือวัสดุบางอย่างสามารถทำให้ความร้อนไหลผ่านได้ดี เช่น ทองแดง อลูมิเนียม เป็นต้น และวัสดุบางอย่างไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านได้ง่าย เช่น กระดาษ ชานอ้อย ไม้และใยแก้วเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎในการเลือกใช้วัสดุ

1. Formabilty หมายถึงความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นเป็นงานสำเร็จรูปได้ง่าย
2. Machinability หมายถึง ความสามารถที่จะทำให้วัสดุนั้นสำเร็จรูปได้ต้องอาศัยเครื่องจักรกลได้ง่าย
3. Machanical Stability หมายถึง คุณสมบัติทางกลในขณะใช้งานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
4. Electrical Behaviours หมายถึง คุณสมบัติทางไฟฟ้าต้องเหมาะสมกับงาน
5. Cost ราคาพอสมควร

ข้อคำนึงในการใช้วัสดุ

1. ใช้วัสดุอะไรบ้างและมีข้อกำหนดเกี่ยวกับวัสดุอย่างไร
2. ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันได้หรือไม่
3. สั่งซื้อวัตถุดิบในรูปหรือลักษณะอื่นได้หรือไม่
4. เลือกซื้อขนาดและปริมาณวัตถุดิบเพื่อลดความสิ้นเปลืองได้หรือไม่
5. วัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติเหมาะสมหรือไม่
6. มีวัสดุที่ถูกกว่าหรือสามารถใช้ได้ดีพอกันหรือไม่
7. ใช้วัสดุที่ดีกว่า เพื่อลดความสิ้นเปลืองและเวลาการผลิตได้หรือไม่
8. ใช้วัสดุที่เสียให้เป็นประโยชน์ได้หรือไม่
9. ซื้อชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากที่อื่นได้หรือไม่
10. การขนส่งวัตถุดิบมีวิธีอื่นหรือไม่
11. มีแหล่งวัตถุดิบหรือแหล่งสั่งซื้อวัสดุและชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่อื่นหรือไม่
12. ราคา
13. อื่น ๆ

ลักษณะรูปร่างของวัสดุที่นำไปใช้ประโยชน์ แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะดังนี้

1. เศษหรือชิ้น เป็นลักษณะของวัสดุต่าง ๆ นำไปหล่อหลอมเทหรือฉีดเข้าไปในแบบแม่พิมพ์เพื่อให้ได้รูปร่างที่ต้องการ

2. แผ่น ส่วนมากวัสดุที่ผลิตออกมาจำหน่ายจะมีความหนาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ความหนาที่บางสุดซึ่งสามารถพับงอได้ด้วยมือไปจนถึงความหนา 1/2 นิ้วหรือมากกว่านั้น การนำไปใช้ส่วนใหญ่เป็นลักษณะการปั้นขึ้นรูป การเคาะขึ้นรูป การหมุนขึ้นรูป การประกอบขึ้นรูป

3. โครงสร้างเป็นวัสดุที่มีรูปหน้าตัดคงที่แบบต่าง ๆ กัน เช่น เป็นรูปตัว C และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปร่างอื่น ๆ นำไปใช้กับโครงสร้าง

4. แท่งหรือท่อน วัสดุลักษณะนี้อาจได้จากการรีดให้มีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น ตะปู เกลียว สลัก หมุดย้ำ เป็นต้น

ลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัสดุ

1. ผิว วัสดุต่างชนิดกันจะไม่เหมือนกัน เช่น เหล็กกล้ามีผิวเรียบมีสีเทาน้ำเงิน เมื่อเคาะดูมีเสียงกังวาน เมื่อลองหักดูแล้วจะเห็นเม็ดเกรนละเอียดอยู่แน่น สีเทาขาวทึบ สำหรับเหล็กท่อ ผิวจะหยาบ ขรุขระ เม็ดเกรนละเอียดอยู่แน่น มีสีเทาขาวทึบ สำหรับเหล็กหล่อ ผิวจะหยาบ ขรุขระ มีสีเทาหรือสีเทาดำ เมื่อทดลองหักดูจะเห็นเม็ดเกรนโตสีเทา

2. ลักษณะใช้งาน ชิ้นงานทุกชิ้นสร้างจากวัสดุในลักษณะต่าง ๆ กัน โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุนั้น ๆ เป็นเกณฑ์ กล่าวคือ

2.1 จากความหนาแน่น คิดจากน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของวัสดุ วัสดุแต่ละชนิดจะมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน

2.2 ความแข็งแรง งานที่มีความเค้นสูงในลักษณะต่าง ๆ เช่น สลักเกลียวและน๊อต จะเห็นว่าเมื่อขันแน่นแล้ว จะมีความเค้นแรงดึงอยู่ในลำตัว ข้อนเมื่อตีลงบนผิวงานในเนื้อเนื้อข้อนจะปรากฏเป็นความเค้นแรงอัด หมุดย้ำที่ย้ำแผ่นโลหะอยู่จะต้องได้รับแรงเฉือน วัสดุของสลักเกลียวก็ดี หัวข้อนหรือหมุดย้ำก็ดี จะสามารถทนรับแรงเค้นต่าง ๆ ได้ค่าสูงสุดเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น เมื่อเลยค่าสูงสุดนั้นไปวัสดุจะชำรุดหรือขาด ไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ ฉะนั้นจะต้องรู้จักเลือกใช้วัสดุและขนาดของวัสดุนั้น ๆ ให้ถูกต้อง

2.3 ความแข็งของผิว คือความสามารถในการต้านทานการถูกแทงทะลุ ความแข็งของผิวงานสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือซึ่งมีอยู่ 3 ระบบคือ วิธีบริเนล วิธีรอคเวล และวิธีวิคเกอร์

2.4 ความเปราะ เป็นคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์ เว้นแต่วัสดุนั้นจะมีคุณสมบัติพิเศษด้านอื่น เช่น เหล็กหล่อเปราะแต่เรายังนิยมใช้เพราะหลอมหล่อเทแบบขึ้นรูปได้ง่าย

2.5 ความสามารถในการอัดขึ้นรูป คุณสมบัตินี้เป็นคุณสมบัติพิเศษของวัสดุซึ่งเป็นลักษณะที่ดีและสะดวกต่อการทำงาน สามารถดัดรีดหรือโค้งขึ้นรูปได้โดยวัสดุนั้นไม่หัก

2.6 ความแข็งแกร่งและการหยุ่นตัว วัสดุที่แข็งแกร่งคือทนต่อความเครียดในลำตัวได้สูง เช่น เหล็กเมื่อถูกดึงยืดตัวออกและภายในเนื้อเหล็กจะเกิดความเครียดขึ้นก็ตาม แต่เหล็กก็ยังคงตัวอยู่ได้ หากแรงดึงนั้นยังอยู่ในพิกัดความแข็งแรงของเหล็ก

เมื่อได้วิเคราะห์หน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก่อนที่จะดำเนินงานขั้นต่อไปควรจะได้ทำการศึกษาสิ่งต่าง ๆ ดังหัวข้อต่อไปนี้เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ศึกษาเรื่องกรรมวิธีการผลิตและชนิดของวัสดุที่จะใช้

ข. ศึกษาอุปกรณ์เครื่องจักรเครื่องมือต่าง ๆ ที่มีใช้อยู่ในโรงงาน

ค. ประเมินค่าใช้จ่ายต่าง ๆ

นักออกแบบต้องทำความคุ้นเคยกับเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ในโรงงานของลูกค้า พร้อมทั้งต้องรู้ชนิดของวัสดุ แต่ไม่จำเป็นต้องรู้ซึ้งถึงกรรมวิธีการผลิต เพียงแต่ให้เข้าใจวิธีการและขีดจำกัดในการทำงานก็พอ

จากการที่ได้ไปคลุกคลีกับวิศวกรฝ่ายผลิตหรือผู้ชำนาญการผลิต นักออกแบบจะได้ความรู้และประสบการณ์อีกมาก พร้อมกับจะนึกถึงภาพผลิตภัณฑ์ที่จะออกแบบว่าควรจะทำด้วยกรรมวิธีใดดี และควรมีชิ้นส่วนประกอบอย่างไรได้ดียิ่งขึ้นด้วย

บางครั้งอาจจะเป็นอันตรายสำหรับนักออกแบบที่รู้เรื่องเกี่ยวกับกรรมวิธีการผลิตทุกอย่างในโรงงาน เพราะเมื่อทำงานมาหลาย ๆ ปี เจ้าของโรงงานจะเห็นว่านักออกแบบไม่มีความคิดใหม่ ๆ ทั้งนี้เพราะนักออกแบบได้แก้ปัญหาในการออกแบบจนหมดสิ้นแล้ว หรือหมายความว่างานที่ออกแบบไม่มีปัญหาเรื่องการผลิตเลยเพราะนักออกแบบรู้เรื่องหมด

เป็นที่แน่นอนที่ว่าเราไม่อาจจะทราบราคาขั้นสุดท้ายได้ ยิ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการแข่งขันกันมากในตลาดด้วยแล้ว เราจะทราบได้ต่อเมื่องานด้านออกแบบและงานทางวิศวกรรจะได้ดำเนินต่อไปด้วยดีแล้ว เมื่อการประเมินราคาได้สูงมากเกินขีดกำหนด งานอาจจะต้องหยุดลงเพื่อพิจารณาทบทวนใหม่ หรือถ้าหากลูกค้าผู้ว่าจ้างเห็นชอบด้วยว่างานที่เสนอไปมีประโยชน์ใช้สอยดีกว่า (Functional Advantages) สามารถที่จะครองตลาดได้ แม้ราคาจะแพงกว่าเล็กน้อยงานก็จะดำเนินไปได้

ชนิดของวัสดุ [1]

1. โลหะ

โดยทั่วไปนักออกแบบจะเกี่ยวข้องกับโลหะมากกว่าวัสดุประเภทอื่น ๆ นอกจากจะเป็นผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบพลาสติกหรือยางโดยเฉพาะ โลหะนับว่าเป็นวัสดุที่มีความสำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้ ก่อนที่จะกล่าวถึงโลหะแต่ละประเภท เราควรทราบถึงรูปร่างลักษณะของโลหะเสียก่อน มี 4 ลักษณะ ดังนี้

---

[1] บริการอุตสาหกรรม, กอง. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2528 หน้า 29-33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 เศษหรือชิ้น (BULK OR MAKE-UP MATERIALS)

1.2 แผ่น (SHEETS, PLATES AND STRIP)

1.3 โครงสร้าง (STRUCTURAL SHAPES)

1.4 แท่งหรือท่อน (ROD AND BAR STOCK)

1.1 เศษหรือชิ้น

เป็นลักษณะของโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก สังกะสี ทองเหลือง อลูมิเนียม ก่อนที่จะนำมาหลอมและเทหรือฉีดอัดเข้าไปในแบบ (Mould หรือ DIE) เพื่อเปลี่ยนเป็นรูปร่างตามต้องการ นักออกแบบมีอิสระในการออกแบบชิ้นส่วนที่ผลิตโดยวิธีหล่อทุกวิธีซึ่งได้แก่

ก. การหล่อแบบทราย (Sand Casting) เทโลหะที่หลอมละลายแล้วลงไปในแบบทรายซึ่งได้เอาแบบไม้หรือแบบโลหะออกจากทรายแล้ว โดยให้โครงแบบมีรูปร่างใกล้เคียงกับชิ้นส่วนงานหล่อที่ต้องการ ทิ้งไว้ให้โลหะแข็งตัวในแบบแล้วเอาออกจากแบบทราย ปัจจุบันนี้การหล่อแบบทรายไม่ค่อยนิยมให้กว้างขวางเหมือนแต่ก่อน แต่ก็ยังใช้อยู่มากสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล็กหล่อ (Cast Iron) ที่ได้จากการหล่อโดยวิธีนี้นิยมใช้ในการทำชิ้นส่วนเครื่องจักรเนื่องจากรับแรงได้ดีและมีขนาดพอเหมาะ

ข. การหล่อแบบโลหะ (Permanent Mould Casting) วิธีการเหมือนกับการหล่อทรายแตกต่างกันที่แบบหล่อทำด้วยโลหะและใช้ได้เป็นการถาวร การหล่อโดยวิธีนี้ใช้กับสินค้าเครื่องใช้ในบ้านและสินค้าสำหรับบริการ การหล่อวิธีนี้ทำได้เร็วกว่าการหล่อแบบทรายและเหมาะที่จะใช้เมื่อจำนวนการผลิตไม่มากพอที่จะลงทุนทำแม่แบบเพื่อใช้หล่อโดยวิธีดายคาสติ้ง

ค. ดายคาสติ้ง (Die Casting) วิธีนี้ทำโดยอัด โดยใช้แรงอัดทางกล (Mechanical) แรงอัดจากของเหลว (Hydraulic) หรือแรงอัดจากอากาศ (Pneumatic) โลหะที่หลอมเหลวเข้าไปในแม่แบบ (DIE) ที่ทำด้วยเหล็กกล้า วิธีนี้สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากและรวดเร็ว ได้ชิ้นส่วนที่มีขนาดแน่นอนถูกต้อง ทำให้ลดการตกแต่งภายหลังการหล่อลงไปมากหรือไม่ต้องทำเลย โดยวิธีนี้อาจใช้หล่องานที่ละเอียดแม้แต่ตัวอักษร ใช้สำหรับสินค้าใช้ในบ้าน สินค้าสำหรับบริการ แต่ไม่ค่อยใช้กับสินค้าเครื่องจักรกล

ง. สลัชโมลด์คาสติ้ง (Slush Mould Casting) การหล่อวิธีนี้ทำโดยเทโลหะหลอมเหลวลงไปในแม่แบบแล้วปล่อยให้โลหะส่วนที่ติดกับแม่แบบเย็นจนแข็งตัว เทโลหะส่วนที่ยังเหลวอยู่ออกจะทำให้เหลือแต่เปลือกโลหะแข็ง วิธีนี้นำมาใช้เมื่อมีการผลิตเป็นจำนวนน้อย และใช้กับชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็ก เช่น ให้ทำโคมไฟฟ้า (Lighting Fixture) ตุ๊กตา ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การรีด (Extrusion) โดยมากใช้กับอลูมิเนียม โลหะที่หลอมเหลวจะถูกอัดโดยแรงดันให้ผ่านแม่แบบ (Extrusion Die) เป็นรูปร่างหน้าตัดตามต้องการและทิ้งไว้ให้แข็งตัว โดยมากใช้กับงานสถาปัตยกรรม เช่นให้ทำลูกบิดและใช้กับผลิตภัณฑ์บางอย่าง

1.2 แผ่น

โลหะส่วนมากเป็นรูปแผ่นมีความหนาต่าง ๆ กัน ตั้งแต่บางที่สุดซึ่งสามารถงอได้โดยใช้มือไปจนถึงหนา 1/2 นิ้วหรือมากกว่านั้น วิธีแปรรูปโลหะแผ่นไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีดังนี้

ก. การประกอบขึ้นรูป (Fabrication) อาจกล่าวได้ว่าเป็นวิธีกึ่งใช้แรงงาน คือใช้มือช่วย (Semimanual) โดยใช้เครื่องจักรง่าย ๆ ซึ่งทำงานโดยแรงคนหรือแรงเครื่องจักร ได้แก่ การขึ้นรูปโลหะโดยใช้เครื่องตัด เครื่องพับ เครื่องม้วน และเครื่องมือขนาดเล็กต่าง ๆ กัน เช่นค้อน เมื่อขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ แล้วก็นำมายึดติดกันโดยวิธีต่าง ๆ เช่น ย้ำ ใช้สลักยึด ใช้ตะปูเกลียวและเชื่อมโดยวิธีต่าง ๆ วิธีนี้ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะ 3 ประการคือ จำนวนการผลิตน้อย หรือมีรูปลักษณะเฉพาะ หรือผลิตภัณฑ์ที่ไม่คุ้มกับการลงทุนทำแบบ

ข. การปั๊ม (Stamping) เป็นการปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่นอีกวิธีหนึ่งที่แตกต่างกับวิธีแรก โดยใช้แรงอัดโลหะแผ่นให้มีรูปร่างตามแบบ เป็นวิธีอัตโนมัติทำงานเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งติดต่อกันเพื่อให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ ปัจจุบันเทคนิคการทำโดยวิธี Stamping ก้าวหน้าไปมากทำให้นักออกแบบมีอิสระในการออกแบบรูปทรงต่าง ๆ วิธีนี้เหมาะกับผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้สอยและของบริการของบริการมักไม่ค่อยใช้กับสินค้าจักรกล

ค. การปั่นขึ้นรูป (Spinning) วิธีนี้ยังไม่แพร่หลายสำหรับการผลิตจำนวนมาก ๆ เพราะเป็นวิธีกึ่งแรงงาน ทำโลหะแผ่นให้เป็นรูปต่าง ๆ เหมาะสำหรับการผลิตจำนวนน้อยซึ่งไม่คุ้มกับการทำแบบแม่พิมพ์ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคทางด้านนี้ไปมากจนเกือบสามารถทำได้โดยอัตโนมัติ

ง. การเคาะขึ้นรูป (Swaging) คือวิธีการขึ้นรูปโดยวิธีเคาะ (Hammering) ใช้กับโลหะแผ่นหรือโลหะรูปอื่น ๆ ก็ได้ ในการผลิตมักจะใช้เป็นกรรมวิธีประกอบการผลิตอย่างอื่น ๆ

1.3 โครงสร้าง

เป็นโลหะที่มีรูปตัดคงที่แบบต่าง ๆ กัน เช่น ฉาก รูปตัว T,H,I,Z และรูปอื่น ๆ ที่มีขนาดและน้ำหนักมาตรฐาน อาจใช้เป็นโครงสร้างหรือโครงของเครื่องมือซึ่งมองไม่เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แท่งหรือท่อน

โลหะประเภทนี้ได้จากการรีดให้มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน จากรูปร่างลักษณะเดิมนี้เปลี่ยนไปเป็นของที่เคยเห็นบ่อย ๆ เช่น ตะปูเกลียว สลัก หมุด ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ทำได้โดยการตี (Forging) แล้วนำมาทำโดยวิธีเคาะขึ้นรูปและรีด ทำให้ได้โครงสร้างภายในที่แข็งแรง ส่วนมากมักไม่ค่อยใช้เป็นชิ้นส่วนภายนอก แต่ในอนาคตอาจนำมาใช้เป็นชิ้นส่วนภายนอกก็ได้

โลหะเหล็ก

เหล็กได้เกิดการผลิตมาตั้งแต่ ก่อน ค.ศ. 1,200 ปีมาแล้ว และมีการใช้ในอุตสาหกรรมกันมากขึ้นเรื่อย ๆ และที่ใช้ทางอุตสาหกรรมจะแบ่งเหล็กออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ เหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียว สามารถดึงออกเป็นเส้นและตีขึ้นรูปได้ และเหล็กหล่อ ตีขึ้นรูปไม่ได้แต่หลอมแล้วเทหล่อในแม่แบบได้ แยกประเภทโลหะเหล็กที่สำคัญได้ดังนี้

เหล็กอ่อน (Wrought Iron) ในการผลิตจะมีคาร์บอนน้อยกว่า 0.03 % ซิลิคอน 0.13 % กำมะถันน้อยกว่า 0.02 % ฟอสฟรัส 0.18 % แมงกานีสน้อยกว่า 0.1 % การใช้ประโยชน์จะเป็นโลหะตัน ใช้ในงานผลิตท่อที่ต้องการเคลือบผิว เช่น ต่อเรือ

เหล็กกล้า (Steel) เกิดจากการผสมของเหล็กคาร์บอนและธาตุอื่น ๆ จะมีความมาแข็งมากเมื่อผ่านการอบ ชุบ ไม่มีขี้ตะกรันผสมอยู่เลย แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ

1. เหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon Steels) แบ่งออกเป็น 3 ชนิด

- เหล็กกล้าผสมคาร์บอนต่ำ ได้แก่ เหล็กกล้าอ่อน เหล็กกล้าเหนียว มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.1-0.3 ทำผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ สกรู น็อต สลักเกลียว ฯลฯ
- เหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลาง มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.3-0.6 ใช้ผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร
- เหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.6-1.3 ใช้ผลิตเครื่องมือขนาดเล็ก แข็ง ทนต่ออุณหภูมิสูง ทำสว่านดอก ทำเกลียว มีด เป็นต้น

2. เหล็กกล้าผสม (Alloy Steels) ใช้กับงานที่ต้องการคุณลักษณะพิเศษโดยการเพิ่มส่วนผสมให้เกิดความเหมาะสมกับงานนำไปใช้ ได้แก่ นิเกิล โครเมียม แมงกานีส ซิลิคอน ทังสเตน โมลิบดินั่ม วาเนเดียม ซึ่งจะนำไปใช้กับงานเฉพาะอย่างไป

ประโยชน์ - เมื่อผสมธาตุอื่น ๆ

- เหล็กกล้าที่มีแอลลอยผสมต่ำและทนแรงดันสูง
- เหล็กกล้าที่ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักร
- เหล็กกล้าทำเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหล็กสแตนเลส
- เหล็กทนความร้อน
- เหล็กใช้ทำอุปกรณ์ไฟฟ้า

เหล็กหล่อ (Cast Iron) เป็นเหล็กคาร์บอนและซิลิคอนผสมกัน ธาตุอื่นมีน้อย แยกเหล็กหล่อออกเป็น 4 ชนิด

1. เหล็กหล่อสีเทา เนื้อเหล็กจะเป็นสีเทาเพราะแกรไฟต์รวมตัวอยู่เป็นกลุ่ม มีความเหนียวน้อย มีความเค้นแรงอัดสูง ใช้ทำเครื่องจักร

2. เหล็กหล่อสีขาว เนื้อจะมีรอยแตกแยกสีขาว คาร์บอนอยู่ในรูปของคาร์ไบด์ ผิวแข็ง ทนต่อการสึกกร่อน เช่น ขอบล้อเหล็กลูกกลิ้ง ฟันบดต่าง ๆ

3. เหล็กหล่อเหนียว ทำมาจากเหล็กสีขาว มีความคงทนต่อแรงกระแทก ใช้ในการทำรางรถไฟ

4. เหล็กหล่อผสม เนื้อเหล็กมีความแข็งแรงและมีความเหนียวมาก ใช้ทำข้อเหวี่ยง ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลต่าง ๆ

2. อลูมิเนียม (ALUMINIUM)

อลูมิเนียมมีส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมปัจจุบันเป็นอย่างมากพอ ๆ กับเหล็กกล้าเนื่องจากมีน้ำหนักเบาและทำงานง่าย จึงนิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและอาหารบางประเภท ที่ยิมใช้มากคือใช้เป็นโครงสร้างและใช้ในอุตสาหกรรมขนส่ง แต่ไม่ใช้ทำเครื่องจักรกลขนาดหนักเนื่องจากอ่อนและรับน้ำหนักได้น้อย

อลูมิเนียมมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น เป็นแผ่น เป็นท่อนรูปตัดต่าง ๆ ใช้ผสมกับโลหะอื่นได้โลหะผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะกับกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ กัน เนื่องจากมีความเหนียวมาก จึงสามารถขึ้นรูปจากโลหะแผ่นได้โดยง่าย ค่าทำแบบสำหรับแม่แบบไม่แพงนักจึงสามารถทำรูปร่างต่าง ๆ ได้โดยไม่ต้องลงทุนมากนัก

ปัจจุบันนี้การทาสี พ่นสีอลูมิเนียมทำได้โดยสามารถทำให้สียึดเกาะกับอลูมิเนียมเช่นเดียวกับสียึดเหล็ก การขัดอลูมิเนียมทำได้หลายอย่างตั้งแต่ขัดมันไปจนถึงขัดหยาบมากโดยวิธีฝนด้วยทราย (Sandlasting) นอกจากนั้นสามารถ อะโนไดซ์ (Anodize) ทำให้ผิวคงทนต่อการสึกกร่อนและย้อมเป็นสีต่าง ๆ ได้

ข้อดี
1. ไม่ขึ้นสนิม
2. มีความสวยงามอยู่ในตัวเอง
3. ทนต่อรอยขีดข่วนได้ดีกว่าและไม่ต้องเคลือบสีผิวก็ทนต่อกรดต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. น้ำหนักเบา สะดวกในการขนส่ง ไม่ต้องระวังในการแตกหัก มีทุกขนาด
5. สามารถทำให้เป็นมุมต่าง ๆ ได้ตามต้องการ
6. เจาะหรือกลึงได้ง่ายกว่าโลหะจำพวกเหล็กและสแตนเลส

ข้อเสีย 1. ราคาแพง
2. อ่อน ไม่แข็งแรงมากถ้าเปรียบกับโลหะอื่น
3. เป็นวัสดุที่ทำเป็นสีตามต้องการไม่ได้
4. ทนต่อแรงดึงและแรงดันได้น้อย

3. วัสดุและกรรมวิธีการผลิตพลาสติก

3.1 งานฉีดพลาสติก (injection Moulding) [1]

การแปรรูปพลาสติกโดยการฉีดนั้น จะทำจากสารพลาสติกที่เป็นเม็ดหรือเป็นผง ซึ่งอาจเป็น Thermoplastics Thermosettings หรือ Elastomers ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเครื่องฉีดที่จะดัดแปลงให้เกมาะสมกับพลาสติกชนิดต่าง ๆ เนื่องจากคุณสมบัติของพลาสติกขึ้นอยู่กับอิทธิพลหลายอย่าง เช่น ความแข็งแรงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ลักษณะการรับภาพและระยะเวลาในการรับภาระ นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลจากสารเคมี ความชื้น รังสี เช่น แสงอาทิตย์ และอิทธิพลจากกรรมวิธีการผลิต ดังนั้นก่อนที่จะทำการแปรรูปพลาสติกเอาไปใช้งานควรจะต้องรู้คุณสมบัติของพลาสติกนั้น ๆ ให้แน่ชัดเสียก่อน

คุณสมบัติที่ดีของพลาสติกก็คือ มีน้ำหนักน้อย เป็นฉนวนไฟฟ้าและความร้อน ทนทานต่อสารเคมีและแปรรูปง่าย ข้อเสียได้แก่ มีความแกร่งน้อย ใช้ได้ขนาดจำกัด ขยายตัวมากเมื่อได้รับความร้อน งานฉีดนั้นจะทำต่อเมื่อต้องการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีดระหว่าง 150-300 องศาเซลเซียส

เพื่อให้พลาสติกมีความแข็งแรงสูงขึ้น คงตัวมากขึ้น และคงขนาดยิ่งขึ้น จะต้องผสมสารเสริมความแข็งแรงเข้าไปด้วย เช่น ใยแก้ว เม็ดแก้ว และเศษผ้า ในอัตราเฉลี่ยประมาณ 30 % และนอกจากนี้ยังต้องมีการผสมสีตามความต้องการของลูกค้าและเพื่อให้พลาสติกไหลได้ดีจะมีการเติมสารทำให้อ่อน สารนำร่อง นอกจากนี้เพื่อป้องกันพลาสติก แม่แบบยังต้องมีการเติมขี้ผึ้งกันติดแบบไว้ด้วย

---

[1] บรรเลง ศรนิล, รศ. " งานฉีดพลาสติก " เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 5 . สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). 2531 หน้า 69 - 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเลือกใช้พลาสติก

โดยปกติบริษัทผู้ผลิตจะสามารถให้ข้อมูลในการเลือกใช้พลาสติกแก่ลูกค้าได้เป็นอย่างดีและยังสามารถแนะนำเทคนิคการทำงานต่าง ๆ เช่น การควบคุมอุณหภูมิในกระบอกสูบหลอมพลาสติก ความดันอัดฉีดพลาสติกที่สัมพันธ์กับความหนืดของพลาสติก การควบคุมอุณหภูมิในแม่แบบเพื่อให้การทำงานได้ผลดียิ่งขึ้น

พลาสติกที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ผลิตเรือนหรือส่วนประกอบในอุปกรณ์ไฟฟ้าในตระกูลเทอร์โมพลาสติกที่สำคัญและนิยมใช้มากได้แก่

1. Celluloseacetate (CA)

ชื่อทางการค้า : Ecaron} Cellidor A

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ด ผสมสารทำให้อ่อนในปริมาณแตกต่างกัน มีแบบใสเหมือนแก้ว และย้อมสีได้ทุกสี

คุณสมบัติทั่วไปของผลผลิต : เหนียวมาก เหมาะสำหรับฉีดหุ้มโลหะ จับถือได้ทนการขีดข่วนและไม่ลื่นเมื่อถูกเหงื่อ ผิวมัน ฝุ่นไม่จับ ทึกเสียง การคงรูปจะถูกจำกัดด้วยอิทธิพลของความร้อนและความชื้น

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด) : ใช้ทำกระดุม หวี เครื่องประดับกรอบแว่นตา ด้ามมีด ด้ามช้อนส้อม ส่วนประกอบของเฟอร์นิเจอร์ ของเด็กเล่น สันรองเท้าสตรี อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องเขียน เครื่องใช้ในบ้าน เช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องซักผ้า วิทยุโทรทัศน์ และโทรศัพท์ ฯลฯ

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นระยะเวลานาน ๆ : max 60 - 85 ' C

การทนต่อสารเคมี : ทนต่อเบนซิน น้ำมันเครื่อง ไขมัน ทนต่อแอลกอฮอล์และเบนโซนได้จำกัด ไม่ทนต่อกรด ด่าง Ester , Ketone, Ether และสาร Chlorinated hydrocarbon

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจากจุด เปลวสีเขียว-เหลือง แตกประกายและหยด กลิ่นคล้ายกรดน้ำส้ม (กัดจมูก) และคล้ายกระดาษไหม้ไฟ

ความหนาแน่น (P) ที่อุณหภูมิ 20 'C เท่ากับ 1.3 g/cm^3

ระยะเวลาอบแห้ง (ก่อนนำเข้าเครื่องฉีด) 1.5-2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 80 'C

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.5-0.7 %

---

[1] บรรเลง ศรนิล, รศ. เทคโนโลยีพลาสติก. รด. หน้า 70 - 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Celluloseacetobutyrate (CAB)

ชื่อทางการค้า : ellidor B

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดใสและย้อมสีได้ทุกสี

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : ความแข็งแรงทางกลดี ทนต่อความร้อนและความชื้น ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ ผิวเรียบดี ไม่มีแนวโน้มที่จะทำให้แตกร้าวง่าย เหมาะสำหรับฉีดหุ้มโลหะ ชิ้นส่วนโต ๆ ทึบเสียง เกิดประจุไฟฟ้าสถิตย์น้อย (ไม่ดูดฝุ่นมาติดได้ง่าย)

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): พวงมาลัยรถยนต์ หรือหุ้มพวงมาลัยรถยนต์ ชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์ มือถือของกระเป๋า จอโทรทัศน์ ด้ามจับเครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้า แผงสวิทช์ไฟฟ้า

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max 70 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดอ่อน ด่างอ่อน เบนซิน น้ำมันเครื่อง และไขมัน

ทนต่อแอลกอฮอลได้ไม่ดี

ไม่ทนต่อกรดแก่ ด่างแก่ Ester Chlorinated hydrocarbon และเบนโซน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจากจุด เปลวไฟสีเหลืองจ้า หยดเป็นหยด

กลิ่น : เหมือนกรดเนย และกระดาษไหม้

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 1.18 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.7 %

3. Ethylcellulose (EC)

ชื่อทางการค้า : Trolit AE

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดย้อมสี โปร่งแสง และสีเข้ม

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : มีความเหนียวเป็นพิเศษ แต่ทนความร้อนได้ไม่มาก

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): หลอดปั่นด้าย หุ้มพวงมาลัยรถยนต์ หูโทรศัพท์ ฯลฯ

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 60 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดอ่อน และด่างอ่อน ทนต่อแอลกอฮอล์ได้ไม่ดี

ไม่ทนต่อกรดแก่, ด่างแก่, Ester, เบนซิน และเบนโซล

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : จะติดไฟต่อไปหลังจากจุด เปลวสีเหลืองจ้า

กลิ่น : คล้ายกระดาษไหม้

อัตราการหดอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.7 %

4. Polystyrene แบบธรรมดา (PS_1)

ชื่อทางการค้า : Polystyrene III, VT, EF, Vestyron D, LO

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดลักษณะต่าง ๆ เช่น ทรงกระบอก ทรงเหลี่ยมหรือเม็ดคล้ายไขมุก ใสเหมือนแก้ว ย้อมสีตั้งแต่สีจางจนถึงสีเข้ม

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : มีความแข็งมาก คงขนาด มีค่า dilectricity ดี ทนต่อความชื้นและน้ำ ไม่มีรสและไม่กลิ่น มีแนวโน้มที่จะแตกร้าวได้ง่าย

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): ชิ้นส่วนก่อสร้าง ฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและโทรคมนาคมที่ไม่ได้รับการกระทบกระแทกมาก เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องเขียน ชิ้นส่วนสำหรับโฆษณา เครื่องประดับ ขวดโหล และภาชนะขนาดเล็ก

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 60 - 70 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรด ด่าง แอลกอฮอล์ และน้ำมันแร่

ทนต่อน้ำมันสัตว์และพืชได้จำกัด

ไม่ทนต่อ Ester, Ketone, Ether, Chlorinated hydrocarbon, Benzol และเบนซิน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : ติดไฟต่อไปหลังจากจุด เปลวจ้า มีเขม่ามาก

กลิ่น : คล้ายของหวาน

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 1.05 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.6 %

5. Polystyrene ชนิดทนความร้อน (PS_2)

ชื่อทางการค้า : Polystyrene 51, EH; Vestyren N, S

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : ใสเหมือนแก้วและย้อมสีทุกสี (สีธรรม-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชาติ ในออกเหลืองเล็กน้อย)

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : ทนความร้อนสูงคงรูป และทนต่อความชื้น มีค่า dielectricity ดี มีแนวโน้มที่จะร้าวได้ง่าย ไม่มีสีและกลิ่น

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): เครื่องมือในครัวที่ต้องถูกกับความร้อนบ้าง เช่น ช้อนส้อม มีด หลอดดูด ช้อนสลัด กล่องเก็บของในตู้เย็น ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า สินค้าเสริมสวย

อุณภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 70 - 95 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนกรดและด่างอ่อน เบนซิน น้ำมันและไขมัน

ทนด่างแก่ แอลกอฮอล์ Esterได้จำกัด

ไม่ทนต่อกรดแก่, Ester, Kentone, Chlorinated hyfrocarbon, Benzol

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวจะยังติดต่อไป หลังจากจุด เปลวจ้า และมีเขม่ามาก

กลิ่น : คล้ายของหวาน หรือยาง

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.5 - 0.6 %

6. Polystyrene ชนิดทนแรงกระแทก (PS_6)

ชื่อทางการค้า : Polystyrene EF, Vestyron 540, 550, 551, 560, 570, 571

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เม็ดย้อมสี

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : แข็ง คงรูปดี มีค่า dielectricity ดี ทนแรงกระแทก แข็งและเหนียว ไม่มีรสและกลิ่น

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): เรือนโทรทัศน์ วิทยุ โทรศัพท์ ประตูตู้เย็น ใช้เป็นสวิตช์ไฟเครื่องใช้ในครัว ของเด็กเล่น ใช้หีบห่อ

อุณภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 60 -70 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนกรดอ่อน และด่างอ่อน

ทนต่อกรดแก่ ด่างแก่ แอลกอฮอล์ น้ำมัน และไขมันได้จำกัด

ไม่ทนต่อ Ester, Ether, Ketone, Chlorinatred hydrocarbon,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Benzol และเบนซิน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : ติดไฟต่อไปหลังจุดเปลวจ้า มีเขม่ามาก

กลิ่น : คล้ายของหวานหรือคล้ายยาง ดันจมูก

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.6 %

7. Styrene — Acrylnitrile Copolymerisate (SAN)

ชื่อทางการค้า : Luran; Vestoran

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดเหมือนใสเหมือนแก้ว ย้อมสีชนิดโปร่งแสงจนถึงทึบแสง

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : แข็ง เหนียว ทนต่อการขีดข่วนและเสียดสี ทนต่อดินฟ้าอากาศดีมาก

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): เรือนและส่วนประกอบเครื่องใช้สำหรับรักษาความสะอาดบ้านเรือนและสำนักงาน วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องใช้ในบ้านและเครื่องครัวที่มีคุณภาพสูง

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 85 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนน้ำร้อน สารละลายของสารอินทรีย์ เช่น กรด และด่างอ่อน น้ำมันเครื่องและไขมัน

ไม่ทนต่อกรดแก่, Chlorinated hydrocarbon, Ester, Ether

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวจะติดต่อไปหลังจากจุดมีเขม่ามาก

กลิ่น : กัดจมูก คล้ายยางธรรมชาติ

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.6 %

8. Acrylnitrile — Butadien — Styrene (ABS)

ชื่อทางการค้า : Novodur W, W20, H; Lustran, estodur

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดย้อมสี (สีธรรมชาติออกเหลืองน้ำตาล)

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : เหนียว ทนการกระแทก มีความแข็งแรงสูง ทึบเสียง ทนต่อดินฟ้าอากาศ และไม่เสื่อมสภาพ มีค่า dielectricity ดี ไม่มีสิ่งเป็นพิษ-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกค้าง

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): ส่วนประกอบภายในรถยนต์ เรือน และส่วนประกอบของเครื่องใช้สำนักงาน โทรศัพท์ เครื่องใช้ในบ้านและในครัว ถังสำหรับขนส่งของเหลว เรือนและส่วนประกอบที่สำคัญของวิทยุ โทรทัศน์ เทปอัดเสียง และของเด็กเล่น

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 60 -80 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อด่างและกรดอ่อน เบนซิน น้ำมันเครื่อง ไขมัน

ไม่ทนต่อกรดแก่, Chlorinated hydrocarbon, Ester, Ketone, Ether

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวจะติดต่อไปหลังจุด เปลวจ้าและมีเขม่ามาก

กลิ่น : คล้ายของหวาน หรือคล้ายยาง กัดจมูก

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.6 %

9. Polymethylmethacrylate (PMMA)

ชื่อทางการค้า : Plexigum, Plexiglas, Resarit

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดใส และผสมได้ทุกสี

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : มีความแข็งแรงเชิงกลสูง ผิวแข็ง ทนต่อดิน ฟ้าอากาศ มีความใสมาก

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด) : ชิ้นส่วนของแว่นตา และเทคนิคการส่องสว่าง (เช่น เลนส์ โคมไฟต่าง ๆ) ปากกา ชิ้นส่วนทางเทคนิคและเสริมสวย หน้าปัดนาฬิกา ปุ่มจับหมุนของเครื่องพิมพ์ดีดและเครื่องดนตรี ฝาครอบเครื่องบิน หน้าปัดเครื่องมือวัดต่าง ๆ

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max 70 - 90 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดอ่อน, ด่างอ่อน, เบนโซน, น้ำมันเครื่อง และไขมัน

ทนต่อแอลกอฮอล์ได้จำกัด

ไม่ทนต่อกรดแก่, ด่างแก่, Ester, Ketone, Ether, Chlorinated hydrocarbon, เบนซิน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวจะติดต่อไปหลังจากจุดเปลวจ้าแตกประกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่น : คล้ายผลไม้

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 1.18 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.6 -0.7 %

10. Polyvinylcarbazol (PVZ)

ชื่อทางการค้า : Luvican Ml 70

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ด โดยปกตินำออกจำหน่ายในลักษณะสีธรรมชาติ เป็นสีเทาเขียวโอลีฟ

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต :ทนความร้อนได้สูงมาก ค่าdielectricity ดีเยี่ยม แข็งเปราะ

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด) : ใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า ตำแหน่งที่มีความร้อนสูง ในงานใช้ไฟแรงสูง

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 170 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรด ด่าง แอลกอฮอล์ Ester และเบนซิน

ไม่ทนต่อ Benzol

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.6 %

11. Polycarbonate (PC)

ชื่อทางการค้า : Makrolon, Lexan

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ด สีธรรมชาติ (ใส ไม่มีสีจนถึงออกเหลืองอ่อน) และย้อมสีได้ทุกสี

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : ความแข็งแรงเชิงกลในช่วงอุณหภูมิสูง คงขนาดและทนความร้อนได้ดี มีค่า dielectricity ดี ไม่เสื่อมคุณภาพง่าย ดูดซึมน้ำน้อยมาก

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): ฝาครอบและฉนวนดวงไฟสว่างที่ต้องการความแข็งแรงในช่วงอุณหภูมิสูง ใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและรถยนต์ ใช้เป็นส่วนประกอบของอุปกรณ์ฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน (ทางการแพทย์) หมวกกันน็อค อุปกรณ์ในครัวที่ต้องรับการกระทบกระแทกมาก ใช้ทำเลนส์ เรือนเครื่องมือ ฝาครอบกล่องสวิทช์ไฟฟ้า ฯลฯ

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 110 - 135 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดอ่อน แอลกอฮอล์ เบนซิน น้ำมันเครื่อง และไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทนต่อกรดแก่ และด่างอ่อนได้จำกัด

ไม่ทนต่อด่างแก่ม Ketone, Ether, Chlorinated hydrocarbon, Benzol รับ load ได้น้อยในน้ำร้อน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เมื่อจ่ออยู่ในเปลวไฟติดแต่เมื่อดึงออกจากเปลวไฟจะดับและมีเถ้าดำ เปลวจ้า และมีเขม่า

กลิ่น : กลิ่นเหมือน Phenolic

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 1.2 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.8 %

12. Polyvinylchloride; PVC-hard (PVC_h)

ชื่อทางการค้า : TROSIPLAST, Vestolit, Vinofles, Hostalit

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นผงละเอียดหรือเป็นเม็ด โปร่งแสงหรือย้อมสีทึบให้ทุกสี

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : มีความแข็งแรงสูง แข็งและเหนียว ไม่สึกกร่อน มีค่า dielectricity ดี ติดไฟยาก

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): อุปกรณ์ท่อ (Fittings) ชิ้นส่วนปั๊ม แผ่นเสียง ประเก็น ฉนวนไฟฟ้า ชิ้นส่วนเครื่องใช้ในบ้าน และในสำนักงาน

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 60 - 70 %

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดและด่าง แอลกอฮอล์ เบนซิน น้ำมันเครื่อง และไขมัน

ไม่ทนต่อ Ester, Ketone, Ether, Chlorinate hydrocarbon, Benzol

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เมื่อจ่ออยู่ในเปลวไฟติด เมื่อดึงออกจากเปลวไฟ ไฟจะดับ มีเถ้ามาก เปลวมีสีเขียวหรี่ ประทุ

กลิ่น : กลิ่นกรดเกลือ (กัดเยื่อจมูก)

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 1.4 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 0.4 - 0.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Polyvinylchloride; PVC-soft (PVC_)

ชื่อทางการค้า ; TROSIPLAST, Coloplast, Vestolit

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : แผ่นกลมหรือทรงลูกเต๋า (ประมาณ 3 mm.) สีมีทั้งโปร่งแสง และย้อมสีโปร่งแสงจนถึงสีทึบ

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : ยืดหยุ่นดีมาก มีลักษณะคล้ายยาง เนื่องจากมีสารทำให้อ่อนเจือปนอยู่มากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ห่อหุ้มอาหาร

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): ทำประเก็นต่าง ๆ ของเด็กเล่น รองเท้ากันน้ำ รองเท้าหนังเทียม ส่วนที่ได้รับกระแทกของวิทยุ โทรศัพท์ ส่วนขาของอุปรณ์ต่าง ๆ สันรองเท้า ปุ่มและมือจับต่าง ๆ ภายในรถยนต์

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 40 - 70 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดและด่างอ่อน

ทนต่อกรดและด่างแก่ น้ำมันเครื่อง และไขมันได้จำกัด

ไม่ทนต่อแอลกอฮอล์, Ester, Ketone, Ether, Chlotinate hydrocarbon, Benzol, และเบนซิน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวติดต่อไปหลังจากจุด ติดดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับส่วนผสมของสารทำให้อ่อน มีเปลวจ้า

กลิ่น : กลิ่นกรดเกลือ (กัดจมูก) กลิ่นสารทำให้อ่อน

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 1.5 - 3.0 %

14. Polyamide (PA)

ชื่อทางการค้า : Ultramid A,B,BM,S; Durethane BK; TROGAMID-T, Vestamid

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ด สีธรรมชาติออกขาวนมออกเหลือง และย้อมสีต่าง ๆ

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : เหนียวและขยายตัวได้มาก มีค่าความยืดหยุ่นต่ำ ทนต่อการขัดสี ทนต่อความร้อน ดูดซึมน้ำได้มาก มีแนวโน้มที่จะเกิดไอได้ง่าย จะเปราะเมื่ออบแห้ง

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): ชิ้นส่วนทางเทคนิคทุกชนิด (เรือน เครื่อง ใบพัดเรือ ใบพัดลม ชิ้นส่วนงานท่อ ถังขนส่งของเหลว มือจับเปิด-ปิดประตู) เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือนแบริ่ง กรอบบังคับลูกปืนแบริ่ง ชิ้นส่วนข้อต่อ (coupling) หมวกกันน็อค เครื่องมือแพทย์

อุณภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 90 -110 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อด่างอ่อน, แอลกอฮอล์, Ester, Ether, Chlorinated hydrocarbon, Benzol เบนซิน น้ำมันเครื่อง และไขมัน

ไม่ทนต่อ กรด ด่างแก่ และ Ketone

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจากจุด เปลวไฟสีออกน้ำเงินขอบเหลือง หยดเป็นฟอง ยืดเป็นเส้นใย

กลิ่น : คล้ายเขาสัตว์ไหม้

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 1.13 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 1.0 - 2.5 %

15. Polyurethane (PUR)

ชื่อทางการค้า : Durethane U ; Ultramid U.

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดสีธรรมชาติ ขาวทึบแสง และผสมสีได้ทุกสี

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : ความแข็งแรงสูง คงขนาด ทนต่อการดึง การขัดสี การขีดข่วน มีค่า dielectricity ดี ดูดซึมน้ำได้น้อย

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): ชิ้นส่วนใช้งานทั่วไปและชิ้นส่วนทางเทคนิคที่ต้องการความแข็งแรงและการคงรูปสูง ชิ้นส่วนเครื่องซักล้าง ฉนวนไฟฟ้า ชิ้นส่วนเครื่องดูดฝุ่น ชิ้นส่วนแบริ่งที่ทนการเสียดสีสูง เฟือง ของเด็กเล่น และประเกนต่าง ๆ

อุณภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 88 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อด่าง, กรดอ่อน, Ester, Ether, Benzol, เบนซิน, น้ำมันเครื่อง และไขมัน

ทนต่อแอลกอฮอล์, Ketone, Chlorinated hydrocarbon ได้จำกัด

ไม่ทนต่อกรดแก่

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจากจุด เปลวไฟสีออกน้ำเงินขอบเหลือง หยดเป็นฟอง และเป็นเส้นใย

กลิ่น : กลิ่นกัดจมูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. Low Pressure Polyethylene; high density (PE_{hd})

ชื่อทางการค้า : Hostalen; Vestolen A

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : ทำเป็นเม็ด สีทึบแสง(สีนม) และอาจผสมสีอ่อนโปร่งแสงจนถึงสีเข้ม

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : มีความแข็งแรงสูง ทนอุณหภูมิสูงและคงรูปผิวแข็ง และมีค่า dielectricity ดีมาก ไม่มีรสและกลิ่น ต้มฆ่าเชื้อได้

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): เครื่องใช้ในบ้าน (เช่น กระจาด ถัง อ่าง ตระกร้า) ของเด็กเล่น ถังใส่ของเหลว ขวด ชิ้นส่วนใช้กับไฟฟ้าแรงสูง เครื่องมือแพทย์ ชิ้นส่วนทางเทคนิค เรือนเครื่อง และกล่องต่าง ๆ

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 105 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรด, ด่าง และแอลกอฮอล์

ทนต่อ Ester, Ketone, Ether, น้ำมันเครื่อง และไขมันได้น้อย

ไม่ทนต่อเบนซิน, Benzol, Chlorinated hydrocarbon

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจุด เปลวไฟจ้ามีแกนเปลวสีน้ำเงิน และหยด

กลิ่น : กลิ่นคล้ายพาราฟิน หรือเทียนไข

ความหนาแน่น (p) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 0.94 - 0.96 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 2.0 -4.0 %

17. High Pressure Polyethylene ; low density (PE_{ld})

ชื่อทางการค้า : Lupolen H; Trolen 200

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด :เป็นเม็ด ไม่มีสี(ขาวนม) และโปร่งแสง

คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต : โก่งตัวได้มาก ทนความร้อนสูง ผิวไม่แข็ง มีค่า dielectricity ดีมาก ไม่มีรสและกลิ่น

ตัวอย่างการใช้งาน (จากกรรมวิธีฉีด): เครื่องใช้ในบ้าน (เช่น กระจาด ถัง เป็นต้น) ของเด็กเล่น ดอกไม้เทียม หีบห่อของ ขวด เครื่องมือแพทย์ ชิ้นส่วนใช้กับไฟแรงสูง

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 85 -95 C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรด ด่าง และแอลกอฮอล์

ทนต่อ Ester, Ketone, Ether, น้ำมันเครื่อง และไขมันได้จำกัด

ไม่ทนต่อ Chlorinated hydrocarbon, Benzol และเบนซิน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดหลังจากจุดต่อไป เปลวไฟจ้าและมีแกนเปลวสีน้ำเงินและหยด

กลิ่น : คล้ายพาราฟินหรือเทียนไข

ความหนาแน่น (P) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 0.92 - 0.94 g/cm^3

ข้อควรระวัง : ถังที่ใช้ PE_{ld} ของเหลวจะซึมออกได้เล็กน้อย

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 1.5 - 3.0 %

18. Polytrifluorchlorethylene (PTFCE)

ชื่อทางการค้า : Hostaflon C

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : ทำเป็นเม็ดผสมสีโปร่งแสงและทึบแสง

คุณสมบัติทั่วไปของผลผลิต : ทนความร้อนและทนสารเคมีได้สูงเป็นพิเศษ มีความแข็งแรงและความแข็งแกร่งสูง ลื่นดีเป็นพิเศษ มีค่า dielectricity ดีมาก ไม่มีสิ่งเป็นพิษและไม่ติดไฟ

ตัวอย่างการใช้งาน(จากกรรมวิธีฉีด) : ชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ใช้กับสารเคมี ใช้ทำก๊อก วาล์ว แบริ่ง แผ่นรองเลื่อน เฟือง แหวนลูกสูบประเก็น ส่วนประกอบในเครื่องใช้ไฟฟ้า

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 190 - 200 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อสารเคมีได้ทุกชนิดเป็นอย่างดี

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : ไม่ติดไฟและไม่มีเถ้าถ่าน

กลิ่น : เมื่อร้อนแดง จะมีกลิ่นกรดเกลือ (กัดเยื่อจมูก)

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 1.0 - 2.0 %

19. Polypropylene (PP)

ชื่อทางการค้า : Hostalen PP, Luparen, Vestolen P

สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด : เป็นเม็ดและผสมสีโปร่งแสงจนถึงทึบแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติทั่วไปของผลผลิต : ทนต่อการแปรรูปด้วยความร้อน ทนต่อแรงดึง ทนแรงกระแทก และทรงตัวดี ผิวแข็ง ไม่มีแนวโน้มของการสึกกร่อน ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120C ได้ ไม่ดูดซึมน้ำ จะเปราะที่อุณหภูมิ 0 C

ตัวอย่างการใช้งาน(จากกรรมวิธีฉีด) : ใช้ทำเครื่องใช้ภายในบ้าน (เช่น ถัง กระจาด อ่าง ตระกร้า ขวด ฯลฯ) ของเด็กเล่น ชิ้นส่วนงานละเอียดและชิ้นส่วนทางไฟฟ้า หมวกกันน็อค ส้นรองเท้าสตรี

อุณหภูมิที่ใช้งานได้เป็นเวลานาน ๆ : max. 120 - 130 C

การทนต่อสารเคมี :

ทนต่อกรดอ่อน, ด่างอ่อน

ทนต่อแอลกอฮอล์, Ketone, Ether, Ester, น้ำมันเครื่อง และไขมัน ได้จำกัด

ไม่ทนต่อ กรดแก่, ด่างแก่, Chlorinated hydrocarbon, Benzol และเบนซิน

สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ : เปลวไฟจะติดต่อไปหลังจากจุด เปลวจ้ามีแกนสีน้ำเงินและหยด

กลิ่น : คล้ายพาราฟินอ่อน ๆ

ความหนาแน่น (P) ที่อุณหภูมิ 20 C เท่ากับ 0.91 g/cm^3

อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง 1.2 - 2.6 % ถ้าเป็นแบบไหลง่าย และ 2 - 3 % ถ้าเป็นแบบไหลยาก

3.3 เครื่องฉีดพลาสติก [1]

ในการทำงานฉีดพลาสติกโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทอร์โมพลาสติกนั้น มีบริษัทที่ผลิตเครื่องฉีดออกมามากมายหลายรูปแบบ ในหลักการแล้วเครื่องฉีดพลาสติกทั้งหลายจะแตกต่างกันเฉพาะรูปแบบ วัสดุที่ใช้ ระบบส่งกำลัง ส่วนจุดมุ่งหมายในการทำงานนั้นคล้ายกันมาก เครื่องฉีดพลาสติกแบ่งตามลักษณะของทิศทางการฉีดได้ 4 แบบ ดังภาพที่

แบบที่มีใช้มากที่สุดคือแบบ A โดยมีชุดฉีดและหน่วยปิด-เปิดแบบอยู่ในทิศทางเดียวกัน

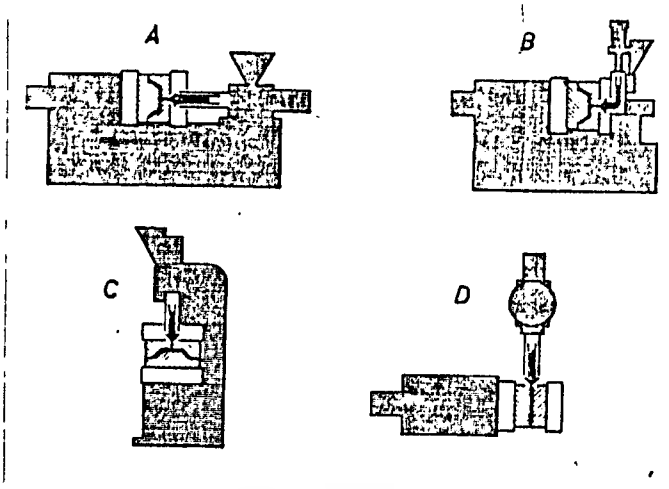
เครื่องฉีดแบบแนวดิ่งแบบ C และ D โดยปกติจะออกแบบไว้สำหรับการฉีดหุ้มชิ้นส่วนโลหะ เช่น ด้ามมีด ด้ามไขควงและด้ามเครื่องมือ เป็นต้น

ส่วนแบบ B เป็นการออกแบบพิเศษในกรณีที่ทำงานปกติไม่สะดวก

---

[1] บรรเลง ศรนิล,รศ. รด. หน้า 77 - 155

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8.1 ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกแบ่งตามทิศทางการฉีด

แบบ A ทำงานตามแนวนอน พลาสติกไหลเข้าแบบเป็นเส้นตรงตามแนวนอน ตั้งฉากกับระนาบของแม่แบบ

แบบ B แบบหัวฉีดอยู่ในแนวตั้ง แต่พลาสติกไหลเข้าแบบในแนวนอน โดยพลาสติกเหลวที่ออกมาจากกระบอกสูบในแนวดิ่งแล้วจะเปลี่ยนทิศทางไป 90 องศา ไปอยู่ในแนวนอน และไหลเข้าแบบในแนวตั้งฉากกับระนาบของแม่แบบ เช่นเดียวกับแบบ A

แบบ C ชุดฉีดทำงานในแนวดิ่ง โดยพลาสติกเหลวจะถูกฉีดลงในแนวดิ่งเข้าแม่แบบในแนวตั้งฉากกับระนาบเปิด ปิดแม่แบบ

แบบ D แบบหัวฉีดในแนวดิ่ง พลาสติกเหลวไหลเข้าแม่แบบในแนวตั้งฉากกับทิศทางเปิด ปิดแม่แบบ หรืออยู่ในแนวเดียวกับระนาบของแม่แบบ

3.4 กรรมวิธีการฉีดพลาสติก

ดังภาพที่ ช่วงแรก (a) พลาสติกซึ่งอาจเป็นเม็ดหรือเป็นผงในกรวยเติมจะถูกเกลียวหนอนหมุนส่งไปยังด้านหน้าของกระบอกสูบ ซึ่งมีแผ่นความร้อนหรือน้ำมันร้อนหุ้มอยู่ จะทำให้พลาสติกหลอมเหลว หลังจากนั้นตัวหนอนจะเคลื่อนที่ดันพลาสติกเหลวผ่านหัวฉีดไปเข้าแม่แบบซึ่งปิดอยู่ ดังแสดงในภาพ (b) จากนั้นแม่แบบซึ่งหล่อเย็นอย่างดีจะทำให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัวสามารถถอดออกจากแม่แบบได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังภาพ (c)

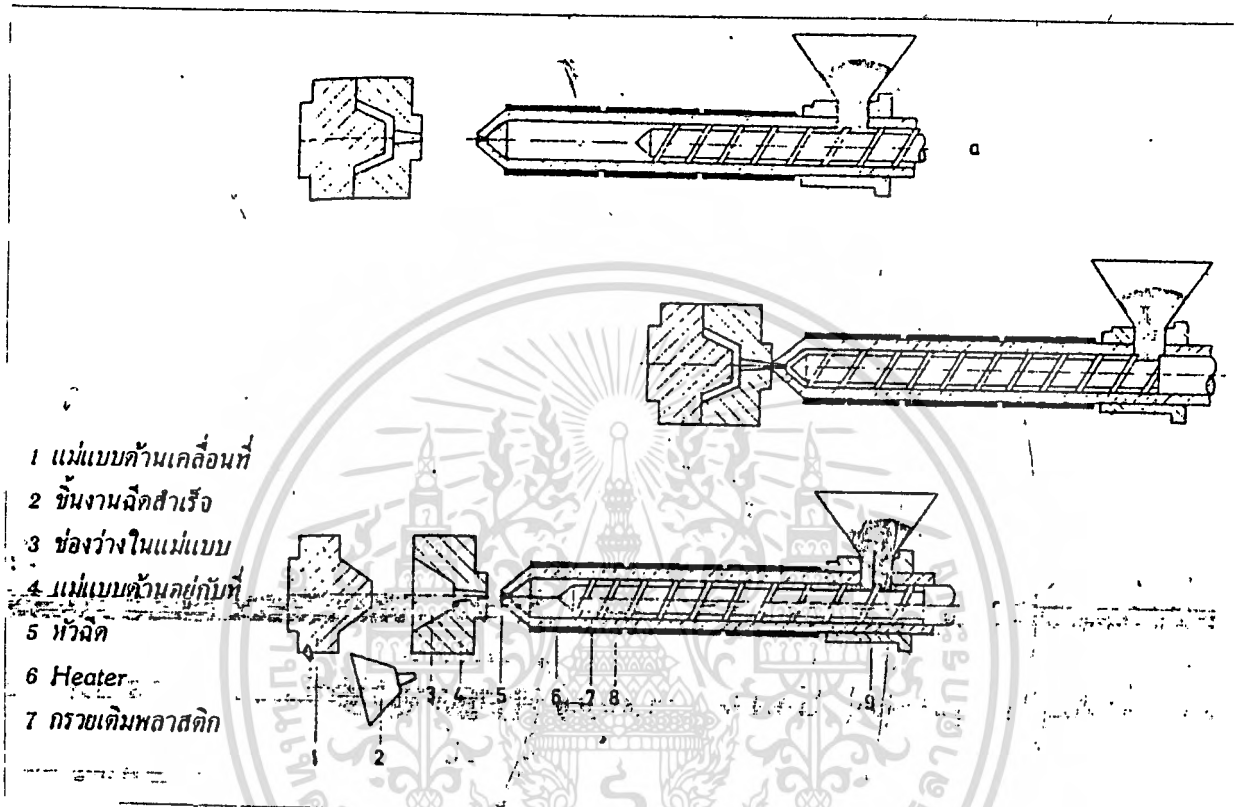
ในการผลิตชิ้นงานจะต้องพิจารณาตัวประกอบสำคัญ 3 อย่าง คือ

- อุณหภูมิที่ใช้หลอมวัตถุดิบพลาสติก
- ระยะเวลาในการฉีดและเปิดแม่แบบ
- ความดันในการฉีดพลาสติกเข้าแม่แบบ

ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจังหวะการทำงานทั้งสามขั้นตอนคือ หลอมพลาสติก ฉีด หล่อเย็น

เครื่องฉีดพลาสติกประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ชุดฉีด และชุดเปิด-ปิดแม่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8.2 กรรมวิธีการผลิตด้วยระบบฉีดในแม่พิมพ์ (Injection Moulding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโปลีเอสเตอร์เรซิ่นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความชื้นของอากาศสถานที่ที่กำลังทำงานการผลิตเป็นต้นว่า ทำภายนอกหรือภายในโรงงาน ทำบนพื้นดินหรือใต้พื้นดิน

ความผิดพลาดโดยทั่ว ๆ ไป เกิดขึ้นเพราะโปลีเอสเตอร์เรซิ่นไม่แข็งตัวเลย หรือแข็งตัวช้าเกินไปทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา เช่น เกิดฟองอากาศมากหรือสีเจลโค๊ตที่ผ่นไว้พองลอกหลุดออกมาจากแม่แบบ ทำให้เกิดความเสียหายทางด้านความสวยงาม บางทีเรซิ่นแข็งตัวแต่ไม่ยอมแห้งสนิท เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพและคุณภาพของไฟเบอร์กล๊าสด้อยลงไป ทำให้แข็งแรงหรือความงดงามคงทนต่าง ๆ ไม่ดีเท่าที่ควร

ความผิดพลาดต่าง ๆ นี้สามารถจะแก้ไขได้โดยอาศัยความรอบรู้ โดยพื้นฐานวิชาการและประสบการณ์ แต่จะเป็นการดีกว่าถ้าความผิดพลาดเหล่านี้จะถูกป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นทั้งนี้เพราะคำอุทาหรณ์ที่ว่า "ผิดเป็นครู" นั้น บางครั้งอาจจะ "แพง" มากสำหรับกิจการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส

4.2 ข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นได้ในการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส

1. ข้อผิดพลาดในการเตรียมงานก่อนเริ่มลงมือทำงาน
2. ข้อผิดพลาดในขณะลงมือทำงาน
3. ข้อผิดพลาดในระหว่างรอให้เรซิ่นแข็งตัว
4. ข้อผิดพลาดในการถอดแบบ
5. ข้อผิดพลาดหลังจากถอดแบบแล้ว
6. ข้อผิดพลาดในการออกแบบและเสริมกำลัง

1. ข้อผิดพลาดในการเตรียมงานหรือก่อนจะลงมือทำงาน ในการเตรียมงานหรือก่อนจะเริ่มลงมือทำงานนั้น สิ่งที่เราจะต้องคำนึงถึงก็คือ

1.1 สภาพของสถานที่ เป็นต้นว่า ถ้าต้องทำงานภายนอก ก็ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของอากาศ ถ้าร้อนมากเรซิ่นก็จะแข็งตัวเร็ว ถ้าหนาวจัดจะแข็งตัวช้า ถ้าฝนตกจะต้องเลิกทำหรือไม่ก็ต้องหาสิ่งป้องกันฝนได้ดีถึง 100 %

1.2 เครื่องมือจะต้องเตรียมไว้ให้ครบถ้วน และอยู่ใกล้มือเพราะเมื่อลงมือทำงานแล้วจะไม่มีเวลาพอที่จะเสาะหาเครื่องมือที่ไม่ได้เตรียมเอาไว้ให้ครบ เพราะเรซิ่นจะแข็งตัวเสียก่อน

1.3 ใยแก้ว จะต้องตัดขนาดของใยแก้วให้เท่ากับขนาดของชิ้นส่วนที่จะทำเสียก่อน แล้วเรียงหรือพับไว้ให้ดีในที่ ๆ หยิบฉวยได้ง่าย และปลอดภัยต่อสิ่งที่คาดฝันบนพื้นที่สกปรกเป็นดินหรือทราย

1.4 เรซิ่น จะต้องเตรียมเรซิ่นใส่ภาชนะที่เทได้สะดวกและผสมได้ง่าย จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของโปลีเอสเตอร์เรซิ่นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นของอากาศสถานที่ที่กำลังทำงานการผลิตเป็นต้นว่า ทำภายนอกหรือภายในโรงงาน ทำบนพื้นดินหรือใต้พื้นดิน

ความผิดพลาดโดยทั่ว ๆ ไป เกิดขึ้นเพราะโปลีเอสเตอร์เรซิ่นไม่แข็งตัวเลย หรือแข็งตัวช้าเกินไปทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมา เช่น เกิดฟองอากาศมากหรือสีเจลโค๊ตที่น่นไว้พองลอกหลุดออกมาจากแม่แบบ ทำให้เกิดความเสียหายทางด้านความสวยงาม บางทีเรซิ่นแข็งตัวแต่ไม่ยอมแห้งสนิท เป็นเหตุให้ประสิทธิภาพและคุณภาพของไฟเบอร์กล๊าสด้อยลงไป ทำให้แข็งแรงหรือความงดงามคงทนต่าง ๆ ไม่ดีเท่าที่ควร

ความผิดพลาดต่าง ๆ นี้สามารถจะแก้ไขได้โดยอาศัยความรอบรู้ โดยพื้นฐานวิชาการและประสบการณ์ แต่จะเป็นการดีกว่าถ้าความผิดพลาดเหล่านี้จะถูกป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นทั้งนี้เพราะคำอุทหรณ์ที่ว่า "ผิดเป็นครู" นั้น บางครั้งอาจจะ "แพง" มากสำหรับกิจการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส

4.2 ข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นได้ในการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส

1. ข้อผิดพลาดในการเตรียมงานก่อนเริ่มลงมือทำงาน
2. ข้อผิดพลาดในขณะลงมือทำงาน
3. ข้อผิดพลาดในระหว่างรอให้เรซิ่นแข็งตัว
4. ข้อผิดพลาดในการถอดแบบ
5. ข้อผิดพลาดหลังจากถอดแบบแล้ว
6. ข้อผิดพลาดในการออกแบบและเสริมกำลัง

1. ข้อผิดพลาดในการเตรียมงานหรือก่อนจะลงมือทำงาน ในการเตรียมงานหรือก่อนจะเริ่มลงมือทำงานนั้น สิ่งที่เราจะต้องคำนึงถึงก็คือ

1.1 สภาพของสถานที่ เป็นต้นว่า ถ้าต้องทำงานภายนอก ก็ต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของอากาศ ถ้าร้อนมากเรซิ่นก็จะแข็งตัวเร็ว ถ้าหนาวจัดจะแข็งตัวช้า ถ้าฝนตกจะต้องเลิกทำหรือไม่ก็ต้องหาสิ่งป้องกันฝนได้ดีถึง 100 %

1.2 เครื่องมือจะต้องเตรียมไว้ให้ครบถ้วน และอยู่ใกล้มือเพราะเมื่อลงมือทำงานแล้วจะไม่มีเวลาพอที่จะเสาะหาเครื่องมือที่ไม่ได้เตรียมเอาไว้ให้ครบ เพราะเรซิ่นจะแข็งตัวเสียก่อน

1.3 ใยแก้ว จะต้องตัดขนาดของใยแก้วให้เท่ากับขนาดของชิ้นส่วนที่จะทำเสียก่อน แล้วเรียงหรือพับไว้ให้ดีในที่ ๆ หยิบฉวยได้ง่าย และปลอดภัยต่อสิ่งที่คาดฝันบนพื้นที่สกปรกเป็นดินหรือทราย

1.4 เรซิ่น จะต้องเตรียมเรซิ่นใส่ภาชนะที่เทได้สะดวกและผสมได้ง่าย จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องมีเครื่องตวงหรือวัดสำหรับตัวปฏิกิริยาเพื่อผสมให้ถูกส่วนและจะต้องเตรียมภาชนะสำหรับล้างมือและเครื่องมือไว้ให้พร้อม

1.5 แม่แบบ จะต้องอยู่ในสภาพที่ใช้การได้ดี ถ้าเสียหายจะต้องซ่อมแซมเสียก่อน เพราะถ้าทำออกมาแล้วจะต้องแก้ไขส่วนที่เสียหายนั้นกับชิ้นส่วนที่พิมพ์ออกมาเหมือนกับแม่แบบทุกครั้งไป

2. ข้อผิดพลาดในขณะลงมือทำงาน

2.1 จะต้องกะเวลาทำงานของช่วงงานแต่ละช่วงให้พอเหมาะกับระยะเวลาที่มีอยู่คือ กะเวลาในการทำงานให้ทันการแข็งตัวของเรซิ่น

2.2 เมื่อเวลาลงมือทำงาน จะต้องลำดับช่วงของงานให้เป็นไปตามที่ควรจะเป็น เป็นต้นว่าทาน้ำยาเรซิ่นจากที่สูงลงมาที่ต่ำ เพื่อไม่ให้น้ำยาเรซิ่นไหลไปกองอยู่ด้านหนึ่งไปหาอีกด้านหนึ่งซึ่งจะได้รีดฟองอากาศได้สดวก

2.3 จะต้องกะส่วนให้มีอัตราพอดีกับงานคือ มีเวลาทำงานได้ทันกับการแข็งตัวของเรซิ่น

2.4 จะต้องพิถีพิถันกับการไล่ฟองอากาศออกจากส่วนผสมในเส้นใยแก้วทั้งหมด

2.5 จะต้องระมัดระวังความปลอดภัยเป็นต้นว่า ในเครื่องป้องกันไม่ให้เรซิ่นกระเด็นเข้าตา

2.6 ในการล้างมือและเครื่องมือ จะต้องทำให้สะอาดปราศจากความเหนียวเหนอะของเรซิ่นที่ติดอยู่ เพราะมิฉะนั้นแล้วเรซิ่นจะแข็งตัวทำให้เครื่องมือเครื่องใช้เสียหายใช้ไม่ได้

3. ข้อผิดพลาดในระหว่างรอให้เรซิ่นแข็งตัว

3.1 ถ้ามีการขยับแม่แบบหรือจะถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบแล้วอาจจะทำให้เรซิ่นไม่เกาะกับใยแก้ว ทำให้เกิดกรอยย่นสีขาวและชิ้นงานนั้นจะเสียกำลัง และจะไม่คงทนต่อดินฟ้าอากาศหรือสิ่งที่กัดกร่อนอื่น ๆ เช่น แสงอุลตร้าไวโอเล็ต กรดและด่าง เป็นต้น

3.2 ในระยะนี้เมื่อเรซิ่นเริ่มแข็งตัวได้ที่พอสมควรแล้ว จึงจะใช้มีดคม ๆ ตัดของที่ยื่นออกไปจากแม่แบบหรือของที่ไม่ใช้แล้ว แต่ถ้าเรซิ่นยังแข็งตัวไม่พอ จะทำให้เกิดการล่อนของชิ้นงานออกจากแม่แบบได้ ทำให้ชิ้นงานเบี้ยวหรือเสียรูปทรงได้

3.3 ในระยะที่เรซินยังไม่แข็งตัวดีนี้ ถ้าวางแม่แบบไม่ได้ลักษณะเบี้ยวหรือเอียงหรือบิดแล้ว ชิ้นงานซึ่งจะแข็งตัวไว้ไม่ได้ที่ดังที่กล่าวแล้ว

3.4 ในระหว่างเวลาที่รอให้เรซิ่นแข็วตัวนี้ ถ้าเกิดมีอากาศแปรปรวนเกิดขึ้น เช่น ฝนตก หรือเกิดอุณหภูมิลดลงอย่างฉับพลัน จะต้องรีบแก้ไขโดยด่วน ทางที่ดีที่สุดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร่งปฏิกิริยาโดยให้ความร้อนเพิ่ม เพราะการจะเร่งปฏิกิริยาโดยเติมตัวทำปฏิกิริยาหรือเร่งให้มากขึ้นย่อมทำไม่ได้แล้ว

4. ข้อผิดพลาดในการออกแบบ

4.1 ในระยะที่ชิ้นงานที่หล่อยังไม่แข็งตัวเต็มที่นั้น ถ้ารีบถอดออกจากแม่แบบแล้วชิ้นงานนั้นอาจจะเสียรูปทรงได้ตามแต่จะวางไว้ในลักษณะใด และเมื่อหมดปฏิกิริยาแล้วชิ้นงานนั้นจะไม่คืนรูปอีกต่อไปนั่นคือการเสียรูปทรงไปเลย

4.2 ถ้ารีบถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบ โดยไม่รอให้แข็งตัวเต็มที่แล้วการหดตัวของเนื้อไฟเบอร์กล๊าส (6 - 8 %) จะทำให้ชิ้นงานนั้นเสียรูปทรงได้

4.3 ในการออกแบบจะต้องงัดชิ้นงานออกจากแบบ และจะต้องเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างผิดแม่แบบและผิวชิ้นงานให้ได้จึงถอดแบบออกได้ ถ้าใช้กำลังในการงัดหรือเคาะอย่างแรงในบริเวณเดียวกัน อาจจะทำให้ชิ้นงานหรือแม่แบบชำรุดเสียหายได้ วิธีถอดแบบที่นิ่มนวนที่สุดคือ การใช้น้ำอัดเข้าไปให้มีกำลังดันแยกชิ้นงานขึ้นจากแม่แบบ

5. ข้อผิดพลาดหลังจากถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบแล้ว

จะต้องวางชิ้นงานไว้ในที่ที่เหมาะสม เช่น ในที่โล่งที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี และมีความร้อนมากพอสมควร ทั้งนี้เพราะเนื้อของชิ้นงานที่ถอดออกจากแบบนั้นยังไม่หมดปฏิกิริยา และเมื่อยังไม่หมดปฏิกิริยาชิ้นงานนั้นก็ยังสามารถที่จะเปลี่ยนรูปไปตามสิ่งที่รองรับที่บังคับอยู่ด้วย

6. ข้อผิดพลาดในการออกแบบและส่งเสริมกำลัง

6.1 การออกแบบ จะต้องคำนึงถึงความง่ายและสะดวกในการทำงาน เพื่อความเรียบร้อยและสวยงาม เช่น สันและขอบต่าง ๆ จะต้องมนให้พอ

6.2 การออกแบบ จะต้องคำนึงถึงลักษณะความยากง่ายของชิ้นงานในการที่จะถอดออกจากแบบ เช่น จะต้องไม่มีส่วนสอบเข้าทำให้ติดถอดออกไม่ได้ และจะต้องเป็นมุมเฉียงพอสมควร

6.3 การออกแบบจะต้องคำนึงถึงการใช้รูปทรงของชิ้นงานให้เป็นประโยชน์เพื่อความสวยงามและแข็งแรง เช่น ทำให้มีสันเกิดขึ้น หรือทำให้เกิดเป็นลอน

6.4 การออกแบบ จะต้องคำนึงถึงความประหยัด หมายถึง ถ้าเป็นไปได้ควรจะใช้วัสดุอื่นที่มีความแข็งแรงเท่าหรือมากกว่า แต่ถูกกว่านำมาใช้กับไฟเบอร์กล๊าส เช่น โครงสร้างแบบแซนด์วิช

6.5 การออกแบบ จะต้องระวังเรื่องคุณสมบัติของไฟเบอร์กล๊าสในด้านความแข็งแร็ง และความเหมาะสมกับหน้าที่ในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส

1. **โปลีเอสเตอร์เรซิ่น** (Polyester Resin) เป็นพลาสติกเหลวที่นำมาใช้เป็นเนื้อผลิตภัณฑ์ที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาถูกกว่าอย่างอื่นและมีคุณสมบัติที่เหมาะจะนำมาใช้งาน เช่น มีความแข็งเป็นพิเศษ ง่ายต่อการนำมาใช้หล่อ ฯลฯ ศัพท์เทคนิคที่ถูกต้องเรียกว่า Unsaturated Polyester Resin เมื่ออยู่ในสภาพที่ยังใช้งานไม่ได้ (ยังเป็นวัตถุดิบอยู่) จะมีสภาพเป็นของเหลวข้นใส และเมื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้วจะเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสติกแข็งใสเหลืองหรือแดง

โปลีเอสเตอร์เรซิ่นมีหลายชนิดแล้วแต่การใช้งาน เช่น ใสทนความร้อนเป็นพิเศษ ทนกรด่างเป็นพิเศษ และแบบธรรมดา ดังนั้นเมื่อจะซื้อให้บอกผู้ขายว่าจะนำไปใช้ทำอะไร ทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส ผลิตภัณฑ์พลาสติกหล่อ ผลิตภัณฑ์แก้วเทียมหรือทำกระดุม

2. **โมโนสไตรีน** (Monostyrene) เป็นตัว Monomer ซึ่งผสมอยู่ใน Unsaturated Polyester โดยทั่ว ๆ ไปแล้วใช้ Styrene ซึ่งสกัดจาก Benzol และ Ethylene มาทำให้เหลว (Solvent) และขณะเดียวกันก็เป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาแบบที่เรียกว่า Copolymerisation เกิดขึ้น เราจึงเรียกโมโนสไตรีนว่าเป็นตัวละลายที่เสริมปฏิกิริยา (Active Solvent)

3. **ตัวทำปฏิกิริยา** (Catalyst หรือ Hardenver) ในการทำให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสภาพจากพลาสติกเหลวเป็นพลาสติกแข็ง Unsaturaed Polyester Resin นั้น จะต้องมีตัว Activator หรือศัพท์ทางเทคนิคใช้คำว่า Radical เป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี โดยเปลี่ยนสภาพโมเลกุลของ Unsaturated Polyster และ Styrenemonomer ในรูปของ Copolymerisation ทำให้การเปลี่ยนรูปจากของเหลวเป็นของแข็งซึ่งในระหว่างเกิดปฏิกิริยาทางเคมีนั้น จะเกิดความร้อนสูงถึง 200 'C แล้วแต่ชนิดและอัตราส่วนผสมของโปลีเอสเตอร์และตัวทำปฏิกิริยา โดยปกติแล้วใช้ Oganic Peroxide เป็นตัวทำปฏิกิริยา ซึ่งชนิดที่นิยมใช้คือ MEKP หรือ Mathyl Ethyl Ketone Peroxide และ Cyclonox หรือ Cyclohexanone Peroxide ซึ่งเป็นของเหลวใสไม่มีสี

4. **ตัวเร่งปฏิกิริยา** (Acceleratoe หรือ Promotor) ในการทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีโดยเปลี่ยนแปลงจากพลาสติกเหลวเป็นพลาสติกแข็งแรงของ Unsaturated Polyester Resin โดยใช้ตัวทำปฏิกิริยานั้น สามารถทำได้โดยใช้ความร้อนตามธรรมชาติ (20 - 30 'C) แต่ในภาคปฏิบัติใช้ตัวเร่งปฏิกิริยามาช่วยปรับให้เกิดการแข็งตัวของพลาสติกเหลวเร็วขึ้น ฉะนั้นการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาผสมกับตัวทำปฏิกิริยาซึ่งให้ความร้อนมาก เพราะจะเกิดโดยตรงจึงมีอันตรายมาก เพราะจะเกิดปฏิกิริยาซึ่งให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อนอย่างมาก เพราะจะเกิดปฏิกิริยาให้ความร้อนอย่างรุนแรงและฉับพลัน ทำให้เกิดเพลิงไหม้หรือเกิดระเบิดได้ ดังนั้นในทางปฏิบัติเขาเอาตัวเร่งผสมเข้ากับโปลีเอสเตอร์เรซิ่นก่อน และกวนให้เข้ากันดีและเมื่อจะเริ่มทำการหล่อ หรือใช้งานจึงผสมตัวทำปฏิกิริยาลงไปและกวนให้เข้ากัน ตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้กันคือ Cobalt Accelerator ซึ่งอยู่ในรูปของเหลวสีม่วงก่อน ถ้ามีความเข้มข้นมากจะกลายเป็นสีม่วงแก่ โดยปกติแล้วจะมีส่วนที่เป็นโลหะคือ โคบอลท์ อยู่ไม่เกิน 1 %

5. ใยแก้ว (Glass fiber) เป็นตัวเพิ่มความแข็งแรงให้กับโปลีเอสเตอร์เรซิ่นในทางรับแรง (Mechanical Strength) โดยมีรูปเป็นเส้นยาว (Continuous Strand) เส้นสั้น (Chopped Strand) แบบรีดเป็นผืน (Cloth) และแบบถักเป็นผืน (Mat) เส้นใยแก้วเหล่านี้จะต้องมีน้ำยาอาบผิว เช่น ชนิดที่เรียกว่า Silan finish หรือ Chrome finish เป็นต้น และมีคุณสมบัติในการทำให้ปฏิกิริยาการแข็งตัวของโปลีเอสเตอร์เรซิ่นเกิดขึ้นเร็วหรือช้าแตกต่างกัน

6. เจลโค๊ต (Gel coat) คือส่วนที่ปิดผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส ซึ่งสามารถผสมแม่สี (Pigments) ให้สีต่าง ๆ ได้ ความสำคัญของเจลโค๊ต นอกจากใช้เป็นผิวที่เรียบมันและมีสีสวยแล้วยังใช้เป็นเครื่องปกปิดไม่ให้เห็นรอยเส้นใย (Fiberglass Texture) และฟองอากาศ (Air bubbles) ในใยแก้วซึ่งยังไล่ออกไม่หมด เนื่องจากเจลโค๊ตก็คือโปลีเอสเตอร์เรซิ่นนั่นเอง แต่มีส่วนผสมพิเศษ ผงไทโซปปิด (Tixotropic) หรือผงเบาทำให้มีลักษณะข้นและเหนียวกว่าโปลีเอสเตอร์เรซิ่นธรรมดา มีคุณสมบัติในการเกาะยึดเข้ากับผิวของแม่แบบ (Mold) เมื่อเวลาพ่นหรือทาบาง ๆ และจะไม่ไหลมากองอยู่ส่วนล่างของแม่แบบ ส่วนผสมสารเคมีต่าง ๆ ในการใช้งานนั้น ก็เป็นเช่นเดียวกับโปลีเอสเตอร์เรซิ่น

7. ผงเบา (Thixotopic Powder) มีไว้สำหรับผสมกับโปลีเอสเตอร์เรซิ่น เพื่อให้เหนียวตัวหรือข้นขึ้น โดยที่ไม่ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางด้านปฏิกิริยาเคมีใด ๆ กับโปลีเอสเตอร์เรซิ่น แต่จะดูดเอาตัวเร่งเข้าไปไว้ในตัวของมัน ทำให้เมื่อผสมโปลีเอสเตอร์เรซิ่นเข้ากับตัวทำปฏิกิริยาแล้ว จะทำให้เกิดปฏิกิริยาช้าลง เพราะฉะนั้นเมื่อเวลาผสมเจลโค๊ตกับทำปฏิกิริยา จึงควรเพิ่มขนาดส่วนผสมตัวเร่งขึ้น

8. แม่สี (Pigments) มีความสำคัญต่อการทำปฏิกิริยาของโปลีเอสเตอร์เรซิ่นเพราะสิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดปฏิกิริยา (Polymerisation) โดยเร่งขึ้น (Accelerate) หรือช้าลง (Decelerate) ได้

9. ตัวละลาย (Sovent) ตามชื่อที่เรียกกันว่า ตัวละลาย หมายถึงสารซึ่งทำให้โปลีเอสเตอร์เรซิ่นละลาย ซึ่งอาจจะหมายถึงล้างออกหรือทำให้เหลวก็ได้ สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวละลายซึ่งมีคุณสมบัติทำลายหรือป้องกันการแข็งตัวของปฏิกิริยาของโปลีเอสเตอร์เรซิ่น คือ สารจำพวก แอลกอฮอล์ ทินเนอร์ เมทานอล อาซีโทน เมทิลีนคลอไรด์ คลอโรฟอร์มตรีคลอเอทีลีน ฯลฯ ตัวละลายที่นิยมใช้มากที่สุดคือ อาซีโทน (Acetone) ส่วนตัวละลายซึ่งมีคุณสมบัติในการทำให้เหลวแต่ไม่ใช้เป็นตัวทำละลาย เช่น โมโนสไตรี ดังได้กล่าวข้างต้นไปแล้ว

10. ตัวถอดแบบ (Release Adhesion) เนื่องจากผิวที่เรียบของแม่แบบและชิ้นส่วนทำให้เกิดแรงเกาะตัวหรือดูดผิว (Surface Adhesion) ที่สูงมากเพราะฉะนั้นการถอแม่แบบจึงทำได้ยากมากและบางทีอาจจะทำไม่ได้เลย ดังนั้นเราจึงต้องใช้ถอดแบบทาแม่แบบเสียก่อนที่จะลงมือทำชิ้นงานไฟเบอร์กล๊าส ตัวถอดแบบนี้มีใช้ในลักษณะเป็นของเหลวซึ่งทาบาง ๆ และจะระเหยไปกลายเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ซึ่งเมื่อถูกน้ำจะละลายทันที แต่ไม่ละลายใน Sovent หรือโปลีเอสเตอร์เรซิ่น ตัวถอแบบชนิดนี้คือ Polyvinyl Alcohol (PVA) หรือ Acetylcellulose นอกจากนี้ตัวถอแบบอีชนิดหนึ่งยังมีใช้ในลักษณะเป็นขี้ผึ้ง ซึ่งใช้ทาบาง ๆ และจะต้องขัดผิวแม่แบบให้ขึ้นเงา จึงจะถอแบบได้ง่ายขึ้น วัสดุอีกอย่างที่ใช้เป็นตัวถอดแบบได้ดี คือ แผ่นพลาสติกบางใส เช่น แผ่นไมล่าร์ (Mylar) หรือแผ่นใสจำพวกโปลีไวนีลฟลูออกไรด์ (Polyvinyl Fluorioe) หรือเซลโลเฟน (Cellophane) เป็นต้น

น้ำเป็นสิ่งที่ควรระวังมากในการหล่อไฟเบอร์กล๊าส ไม่ว่าจะเป็นโดยตรงหรือโดยอ้อม โดยตรงเป็นต้นว่า ฝนตกรั่วใส่ภาชนะที่กำลังทำการหล่อไฟเบอร์กล๊าส ทางอ้อมคือ เมื่อเวลาฝนตกอากาศจะมีความชื้นสูง การที่มีน้ำแม้แต่จำนวนเพียงหนึ่งส่วนในร้อยเข้าไปปนอยู่ในโปลีเอสเตอร์เรซิ่น ในขณะกำลังทำปฏิกิริยา จะทำให้เวลาในการแข็งตัวและแห้งสนิทหมดปฏิกิริยา (Gel time and curing time) ของส่วนผสมผิดไปหลายเท่าตัว แม้แต่อากาศที่ชื้นก็ทำให้เวลาแข็งตัวผิดไปได้เช่นกัน ฉะนั้นเมื่อเวลาฝนตกจะต้องเพิ่มอัตราส่วนตัวเร่งและตัวทำปฏิกิริยาให้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการออกแบบ

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับมลภาวะอากาศ

1.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการตรวจวัดและควบคุมมลภาวะอากาศที่สำคัญได้แก่ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน เป็นผู้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศ และทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศในจุดต่าง ๆ ของกรุงเทพมหานคร กองวิศวกรรมยานยนต์กรุงเทพมหานครและกองบังคับการตำรวจจราจรกลาง กรมตำรวจ เป็นผู้ตรวจสอบสภาพรถยนต์ที่ปล่อยควันเสียเกินมาตรฐานที่กำหนดและดำเนินคดี

1.2 มลภาวะอากาศ คือสิ่งรบกวนต่อสาธารณะทางอากาศที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปโดยการกระทำของคน ซึ่งมีผลให้สิ่งแวดล้อมนั้นด้อยความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์โดยคน มลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ที่มีผลต่อมนุษย์ ได้แก่

- สารอนุภาค หรือฝุ่น และเขม่าควัน ถ้ามีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เรียกว่า สารแขวนลอย จะตกสู่พื้นอย่างช้า ๆ โดยธรรมชาติ
- คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ของคาร์บอนและสารประกอบคาร์บอนในอากาศ
- กำมะถันออกไซด์ (SO_x) เกิดจากการสันดาปเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นสารประกอบ ซึ่งจะถูกออกซิไดส์เป็น SO_3 และถูกดูดกลืนโดยเมฆฝนกลายเป็น H_2SO_4 ก่อให้เกิดหมอกน้ำค้างของกรดกำมะถัน
- ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เกิดจากสารประกอบไนโตรเจนในเชื้อเพลิง ไอเสียที่ปล่อยจะอยู่ในรูป NO จะถูกออกซิไดส์เป็น NO_2 และผสมกับไฮโดรคาร์บอนและได้รับแสงรังสีอุลตร้าไวโอเลทในแสงอาทิตย์ จะทำปฏิกิริยา Photochemical เป็น Photochemical Oxidents (OX) NO_2 จะรวมตัวกับน้ำเป็นกรดดินประสิว HNO_3 ในรูปหมอกน้ำค้าง
- ไฮโดรคาร์บอน (HC) ได้แก่ สารพาราฟิน สารแนฟธีน สารโอเลฟีน และสารอโรมาติก เป็นสารก่อโรคมะเร็ง
- โลหะหนักและสารประกอบโลหะ ได้แก่ โครเมี่ยม แคดเมี่ยม ตะกั่วและสารประกอบ เป็นส่วนประกอบในน้ำมัน มีผลต่อระบบสมอง ระบบทางเดินอาหาร และระบบประสาท
- โอโซน (O_3) เกิดจากปฏิกิริยาของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ไฮโดรคาร์-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอนจากไอเสียรถยนต์ เป็นก๊าซโอโซนและสารประกอบ Photochemical Oxidents ทำให้แสบตา ระคายเคืองต่อระบบประสาททางเดินหายใจ และมีผลทำลายพืชบางชนิด

1.3 อิทธิพลของมลภาวะอากาศ

- อิทธิพลต่อร่างกายมนุษย์ มีผลต่อระบบหายใจ เช่น โรคปลอดลมอักเสบ การติดเชื้อโรค กระตุ้นความรู้สึกไม่สบายในหน้าอก แสบตา และจมูกและรู้สึกหายใจไม่ออก เกิดการไอ สำลัก มีผลต่อระบบประสาท เคลียด มึนงง สมองเฉื่อยชา และอ่อนเพลีย

- อิทธิพลต่อพืช เกิดแต้มควันตามใบและใบชีด

- อิทธิพลต่อวัสดุ เกิดปฏิกิริยาออกซิไดส์กับโลหะ ทำให้สึกกร่อน เกิดความสกปรก และเป็นพิษ

1.4 รายงานคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2529

ตารางที่ ค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณฝุ่นละอองและสารตะกั่วในบรรยากาศของกรุงเทพมหานคร

พ.ศ.	ปริมาณฝุ่นละออง (มิลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
	สถานี 1	สถานี 2	สถานี 3	สถานี 4	สถานี 5	สถานี 6	สถานี 7
2526	0.10	0.12	0.11	0.10	0.09	0.10	0.12
2527	0.10	0.10	0.12	0.13	0.10	0.10	0.14
2528	0.09	0.09	0.12	0.10	0.09	0.10	0.10
2529	0.08	0.12	0.12	0.19	0.11	0.12	0.11

หมายเหตุ

1. สถานี 1 คือ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
   สถานี 2 คือ วิทยาลัยครูจันทรเกษม
   สถานี 3 คือ วิทยาลัยครูบ้านสมเด็จ
   สถานี 4 คือ ที่ทำการไปรษณีย์ราษฎร์บูรณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานี 5 คือ สถานเสาวภา

สถานี 6 คือ กรมอุตุนิยมวิทยา

สถานี 7 คือ สถานีตรวจอากาศบางนา

2. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศสำหรับประเทศไทย

ฝุ่นละออง - ไม่เกิน 0.33 มก./ม^3 ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชม.

- ไม่เกิน 0.10 มก./ม^3 ค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี

สารตะกั่ว - ไม่เกิน 10.0 ไมโครกรัม/ม^3 ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชม.

ปริมาณตะกั่ว (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)							
พ.ศ.	สถานี 1	สถานี 2	สถานี 3	สถานี 4	สถานี 5	สถานี 6	สถานี 7
2526	0.39	0.35	0.30	0.35	0.66	0.42	0.32
2527	0.26	0.33	0.28	0.27	0.37	0.39	0.58
2528	0.32	0.29	0.27	0.19	0.35	0.44	0.41
2529	0.31	0.33	0.23	0.29	0.40	0.43	0.35

2. วิธีการตรวจวัดมลภาวะอากาศและมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

2.1 วิธีการตรวจวัดและเก็บตัวอย่างมลสารในอากาศ

- การตกโดยใช้ภาชนะเก็บฝุ่นตก เหมาะสำหรับอนุภาคขนาด 20 - 50 ไมครอน
- การกรองโดยใช้วัสดุกรอง เหมาะสำหรับอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอน
- การเก็บรวบรวมแบบอิมพินจ์เมนต์ หรือเชิงเฉื่อย เหมาะสำหรับอนุภาคขนาด 1 ไมครอน
- อิมแพคชั่น(อิมพินจ์เมนต์แบบแห้ง) เหมาะสำหรับอนุภาคขนาด 1 ไมครอน
- การตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์ ใช้ศักย์ไฟฟ้า DC 12,000 - 45,000 โวลท์
- การตกตะกอนเชิงความร้อน เหมาะสำหรับอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

2.2 การวัดมลสารในอากาศแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของสารมลพิษและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด

สารมลพิษ Pollutants	วิธีการตรวจวัด Methods of Measurement	เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด Instrument used by ONEB
- Carbon monoxide (CO)	Non-dispersive infrared detection	Backman CO Analyser Model 886
- Nitrogen dioxide (NO_2)	Chemiluminescene	Backman NO_x Analyser Model 952 A
- Sulfer dioxide (SO_2)	Pararosaniline /	Backman Fluorescent SO_2 Analyser Model 953
- ฝุ่นละออง (SPM)	Gravimetic-High Volume	GMW High Volume Air Sempler Model GMWL-2000 H
- Ozone (โอโซน) (O_3)	Chemiluminescene	Ozone Analyser Backman Model 950 A Monotor Labs
- Lead (ตะกั่ว) (Pb)	Wet Ashing-Atomic Absorption	Perkins-Elmer Atomic Absorption

2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

ชนิดของมลสาร	ระยะเวลา (ชม.)	ค่ามาตรฐาน (mg/m^3)	วิธีการวัด
คาร์บอนไดออกไซด์	1	50	นันดิสเปอร์ซีฟอินฟราเรดดีเทคชั่น
	8	20	
ไนโตรเจนไดออกไซด์	1	0.32	เคมีลูมิเนสเซน
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	24	0.30	พาราโรซานิลีน
	1 ปี	0.10*	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของมลสาร	ระยะเวลา (ชม.)	ค่ามาตรฐาน (mg/m^3)	วิธีการวัด
ฝุ่นละออง	24	0.33	กราวิเมตริก ไฮโวลุม
	1 ปี	0.10*	
โอโซน	1	0.20	เคมีลูมิเนสเซน
ตะกั่ว	24	0.01	อะตอมมิคแอบซอบชั่น สเปคโตร มิเตอร์

* ค่าเฉลี่ยทางเรขาคณิต

มาตรฐานค่าควันดำและค่าก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ยินยอมให้ระบายออกจากท่อไอเสียของรถยนต์ (2523)

สารมลพิษ	ระบบเครื่อง	ค่ามาตรฐาน	สรุปวิธีการตรวจวัด	หมายเหตุ
ควันดำ	บอช หรือ ฮาร์ทริดจ์	50% 52%	1. ขณะรถไม่มีภาระเร่งเครื่องให้มีความเร็วสามในสี่ส่วนของความเร็วรอบสูงสุด 2. หากตรวจวัดบนเครื่องทดสอบเครื่องยนต์อยู่ในสภาพภาระสูงสุด เร่งเครื่อง 60% ความเร็วรอบสูงสุด	1. ใช้ค่าสูงสุดของการวัด 2 ครั้ง 2. ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัด 2 ครั้ง
คาร์บอนมอนนอกไซด์	นันดีสเปอร์ ซีพ อินฟรา เรด ดีเทคชั่น	6%	เดินเบาอยู่กับที่	ใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัด 2 ครั้ง

3. วิธีการควบคุมมลภาวะอากาศ

3.1 แนวความคิดในการควบคุมการลดการผลิตมลสารในอากาศมี 2 ลักษณะคือ ลดการผลิตมลสารให้น้อยที่สุด และการกำลัดมลสารที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเก็บรวบรวมและกำลัดมลสาร ในทางอุตสาหกรรมการผลิตจะมีการเก็บรวบรวมมลสารโดยการดูดเข้าฮูดก่อนที่จะถูกปล่อยออกมา และใช้วิธีกำจัดมลสารด้วยกระบวนการเปียกด้วยน้ำหรือสารละลาย และกระบวนการแห้งโดยการกรอง ดูดซับ ตกตะกอนรีดิวซ์ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา และการออกซิเดชั่น

4. ชนิด ประเภท ลักษณะส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องกรองอากาศ

ประเภทของเครื่องเก็บฝุ่น	อนุภาคขนาดเล็กสุดที่แยกเก็บได้ (ไมครอน)	ความดันสูญเสีย (mmH_2O)	อุณหภูมิใช้งานสูงสุด ($^{\circ}C$)	ความเข้มข้นที่ทางเข้า (g/m^3)	หมายเหตุ
แบบแรงโน้มถ่วง	20	~15	1,000	~10	ใช้ติดตั้งหน้าเครื่องแบบอื่น
แบบแรงเฉื่อย	20	~50	1,000	~10	ใช้ติดตั้งหน้าเครื่องแบบอื่น
ไซโคลน	1	~200	1,000	~5	โครงสร้างง่ายดาย
แบบถุงกรอง	0.01	~200	250	0.1~20	ใช้กับก๊าซควบแน่นไม่ได้
แบบชั้นของวัสดุเม็ด	0.1	~300	1,000	0.1~20	กำลังวิจัยพัฒนาอยู่
แบบสครับเบอร์	0.2	~2,000	-	1~100	ต้องมีอุปกรณ์บำบัดน้ำทิ้ง
แบบไฟฟ้าสถิตย์	0.02	~30	1,000	1~50	ห้ามใช้กับก๊าซที่ระเบิดได้

ข้อดีและข้อเสียของเครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ

1. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง

ข้อดี : ความดันสูญเสียมีน้อย โครงสร้างง่าย ๆ และบำรุงรักษาง่าย

ข้อเสีย : ใช้พื้นที่ติดตั้งมาก ประสิทธิภาพต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง

ข้อดี : โครงสร้างง่าย บำรุงรักษาง่ายและใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย ปล่อยฝุ่นที่เก็บได้ออกอย่างต่อเนื่อง ความดันสูญเสียไม่สูงนัก เหมาะกับการเก็บอนุภาคหยาบ เหมาะกับก๊าซที่มีภาระของฝุ่นสูงด้วย มีผลกระทบน้อยจากอุณหภูมิของก๊าซ

ข้อเสีย : จำเป็นต้องมีห้องทางเข้าของก๊าซหลายห้อง ประสิทธิภาพต่ำในการเก็บฝุ่นละเอียด ไวต่อการแปรเปลี่ยนของภาระของฝุ่นและอัตรการไหล

3. เครื่องสครับเบอร์

ข้อดี : ดูดกลืนก๊าซและเก็บฝุ่นได้ในขั้นตอนเดียว สามารถลดอุณหภูมิและชะล้างก๊าซอุณหภูมิสูงความชื้นสูง เหมาะกับการกำจัดและทำเป็นกลาง (Neutralization) ของก๊าซฤทธิ์กัดกร่อนและหมอกน้ำค้าง มีอันตรายน้อยจากการระเบิดของฝุ่น สามารถควบคุมประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น

ข้อเสีย : มีปัญหาการผุกร่อนและสึกหรอ เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการกำจัดน้ำทิ้งและการฟื้นสภาพ (Regenerate) ของเหลวที่ใช้บำบัด อันตรายของการแข็งตัวในเขตหนาวจัด แรงลอยตัวของก๊าซลดลง และกำลังของการลอยขึ้นและการกระจายตัวของก๊าซลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ มองเห็นควันขาวของไอน้ำในสภาวะบรรยากาศบางเงื่อนไข

4. เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตย์

ข้อดี : สามารถบรรลุประสิทธิภาพ 99% หรือสูงกว่า เก็บอนุภาคละเอียดได้ ประยุกต์ใช้ได้กับทั้งกระบวนการแห้งและเปียก ความดันสูงเสียน้อยกว่าและใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องเก็บฝุ่นประสิทธิภาพสูงประเภทอื่น ต้องการการบำรุงรักษาปานกลาง ยกเว้นเวลาบำบัดฝุ่นฤทธิ์กัดกร่อนหรือเหนียวเหนอะ มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่า สามารถบำบัดก๊าซอุณหภูมิสูงได้

ข้อเสีย : ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มสูง ไวต่อการแปรเปลี่ยนของภาระของฝุ่นและอัตราการไหล มีความคุ้มทางเศรษฐศาสตร์น้อยกว่า ในกรณีของฝุ่นบางประเภทที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ต้องมีวิธีป้องกันสำหรับไฟฟ้าความดันสูง ประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นมีแนวโน้มลดลงที่ละนิด

5. ถุงกรอง

ข้อดี : เป็นกระบวนการแห้ง ตรวจสอบการทำงานผิดปกติได้ง่าย เก็บอนุภาคละเอียดได้ง่าย มีประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นสูง

ข้อเสีย : รับผลกระทบมากจากความเร็วในการกรอง ต้องลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนให้เหลือ 90 ถึง 280°C ก่อนที่จะบำบัด รับผลกระทบจากความชื้น (เกิดการรวมของฝุ่นในก๊าซชื้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องเผาภายหลัง

ข้อดี : กำจัดก๊าซกลิ่นเหม็นได้ กำจัดก๊าซติดไฟ และฝุ่นได้พร้อมกัน ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย โครงสร้างง่าย ๆ บำรุงรักษาง่าย ลดภัยอันตรายจากอัคคีภัย

ข้อเสีย : ค่าใช้จ่ายเดินเครื่องสูง อันตรายจากอัคคีภัย มีประสิทธิภาพเฉพาะก๊าซติดไฟและฝุ่น ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มสูง (กระบวนการตัวเร่งปฏิกิริยา) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้อาจให้ภัยของมลภาวะ จำเป็นต้องฟื้นสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา

เครื่องฟออากาศไอออนไนเซอร์ ในหลักการเปลี่ยนศักย์ทางไฟฟ้าให้สูงถึง 8,000 โวลท์กระแสตรง เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนอิเล็คตรอนลบที่ใช้ในการหายใจ และออกซิไดส์ก๊าซมลสาร เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อการหายใจของมนุษย์ และยังทำให้อนุภาคเกิดการตกตะกอนเร็วขึ้น

5. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้าที่จำเป็น

5.1 ไฟฟ้า คือการเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอนจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือเกิดจากการขาดอิเล็คตรอนในวัสดุนั้น ๆ ก่อให้เกิดพลังงานสำหรับใช้งานในรูปต่าง ๆ ไฟฟ้าที่ใช้งานมากที่สุดคือไฟฟ้ากระแสสลับ ใช้ตามบ้านเรือน และไฟฟ้ากระแสตรง ได้แก่แบตเตอรี่

5.2 ผลของกระแสไฟฟ้า

ก. การใช้งานของไฟฟ้า

- ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ใช้ชุบโลหะ กัดแม่พิมพ์ ทำความสะอาดโลหะและถลุงโลหะ
- ทำให้เกิดแรงกดดัน ได้แก่ หูฟัง หัวเซาะร่องแผ่นเสียงสำหรับบันทึก
- ทำให้เกิดความร้อน เช่น ลวดนิโคร ใช้ในการหุงต้ม
- ทำให้เกิดแสงสว่าง เช่น หลอดไฟ
- ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก เช่น ลำโพง ไมโครโฟน
- ทำให้เกิดพลังงานกล เช่น มอเตอร์

ข. อันตรายจากการใช้ไฟฟ้า

- กล้ามเนื้อแข็งตัว ปอดหยุดการทำงาน ร่างกายขาดออกซิเจน
- เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าหัวใจ ทำให้หัวใจเต้นเร็วและอ่อนลง หรือหยุดการทำงาน
- ระบบประสาทและสมองไม่ทำงาน
- เนื้อเยื่อและเซลใต้ผิวหนังถูกทำลาย
- อาจถึงตายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญและเกี่ยวข้อง

- ตัวต้านทาน ทำหน้าที่จำกัดกระแสแรงเคลื่อนให้พอเหมาะ
- คาปาซิเตอร์ ทำหน้าที่เก็บประจุหรือคายประจุไฟฟ้าในรูปของสนามไฟฟ้า
- ตัวเหนี่ยวนำหรืออินดักเตอร์ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำหรือถ่ายทอกำลังไฟฟ้า เช่น ทรานฟอร์เมอร์หรือหม้อแปลง ลำโพง หลอดสูญญากาศ ไดโอด ทรานซิสเตอร์
- ทรานซิสเตอร์ ส่วนมากใช้ในวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง
- ไอซี ให้งานแทนทรานซิสเตอร์ได้ดีกว่า เป็นการรวมเอาวงจรซึ่งมีส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันไว้บนแผ่นสารกึ่งตัวนำขนาดเล็ก
- วงจรพิมพ์ ทำหน้าที่ยึดต่อวงจรของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันให้เกิดการทำงาน
- รีเลย์ ใช้ควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วยระบบสนามแม่เหล็กปิด-เปิด
- ลำโพง ทำหน้าที่ให้เป็นพลังงานเสียง
- หูฟังและไมโครโฟน หูฟัง ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเสียงและมีขนาดเล็กกว่าลำโพง และไมโครโฟน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงาน เสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า
- แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เก็บพลังงานและเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า เพื่อให้งานโดยโดยกระบวนการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี
- สวิทช์ ทำหน้าที่ปิด-เปิดการทำงานของวงจร มีลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ แบบเลื่อน แบบกด แบบกระดก และแบบโยก
- LED. หรือหลอดสัญญาณ เป็นไดโอดชนิดเปล่งแสง เพื่อแสดงการทำงานของวงจร
- มอเตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล มีทั้งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง มอเตอร์กระแสตรงได้แก่ มอเตอร์อนุกรม ชั้นท์มอเตอร์ และคอมเปานด์มอเตอร์
- พัดลม ในงานเป่าอากาศเพื่อหายใจ เช่น พัดลมในเครื่องปรับอากาศ ได้แก่ พัดลมแบบหลายใบ พัดลมภาระจำกัด พัดลมกังหัน พัดลมแบบใบครีบ พัดลมแบบแรงเหวี่ยงไหลสวนทาง พัดลมแบบใบพัด และพัดลมแบบไหลแนวแกน คุณสมบัติของพัดลมต้องมีประสิทธิภาพ ได้ปริมาตรอากาศตามต้องการ เสียงไม่ดังรบกวนและมีขนาดตามต้องการ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สภาวะและสิ่งแวดล้อม

6.1 สภาพเมืองและประชากรจังหวัดกรุงเทพมหานคร

- จำนวนประชากรและพื้นที่การขยายตัวของเมืองของกรุงเทพมหานคร ในแง่ของความหนาแน่นประชากร พ.ศ.2527 มีประชากร 2,632 คนต่อ 1 ตร.กม. พ.ศ. 2524 มีประชากร 3,398 คนต่อ 1 ตร.กม. และ พ.ศ.2528 มีประชากร 3,481 คนต่อ 1 ตร.กม. แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มจำนวนของประชากรในกรุงเทพมหานครที่มีการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

6.2 การขนส่งมวลชน ในกรุงเทพมหานครได้มีระบบการขนส่งมวลชนเป็นรัฐวิสาหกิจโดยองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ มีผู้ใช้บริการวันละประมาณ 2.56 ล้านคนต่อวัน มีรถโดยสารแบบธรรมดา 4,912 คัน รถปรับอากาศ 662 คัน รวม 5,74 คัน

- สภาพปัญหาการจราจร ปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณหลักได้แก่ บริเวณล้อมรอบด้วยถนนกรุงเกษม เพชรบุรี วิทยุ สาธรใต้จรดเรียบฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ สุขุมวิท พระรามสี่ พหลโยธิน วิภาวดีรังสิต ประชาธิปก ตากสิน เพชรเกษมและจรัลสนิทวงศ์ ปัจจุบันมีถนนในกรุงเทพมหานครยาวประมาณ 2,785 กิโลเมตร จำนวนรถยนต์เพิ่มขึ้นประมาณปีละ 35,000 คัน และคาดว่าจะมีรถยนต์ส่วนบุคคล 669,000 คัน ในปี พ.ศ.2534 อัตราความเร็วของรถที่วิ่งเหลือเพียง 13 - 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเท่านั้น

7. พฤติกรรมผู้ใช้

7.1 ข้อมูลทั่วไป

- จำนวนผู้โดยสารรถประจำทางที่มีความหนาแน่นสูงในช่วงเช้าและช่วงเย็น เฉลี่ยอัตราส่วนผู้โดยสารนั่ง 1 คนต่อผู้โดยสารยืน 4 คน ในกลุ่มผู้โดยสารยืนจะใช้มือโหนราวและมือข้างหนึ่งที่เหลือจะถือหิ้วของ หรือประคองกระเป๋าหรือสิ่งของของตน หรือโหนทั้งสองมือ ซึ่งจะไม่สามารถช่วยเหลือตนเองได้เต็มที่เมื่อประสบกับมลภาวะอากาศ ทำให้อ่อนเพลีย มึนงง ร้อนอบตัว เหม็นกลิ่นเหงื่อไคล น้ำมัน ไอเสีย และหายใจไม่ออก เนื่องจากภาวะพร่องออกซิเจนบนรถโดยสาร เนื่องจากการถ่ายเทอากาศมีน้อย เพราะมีผู้โดยสารจำนวนมากที่แออัด สภาวะการปล่อยควันไอเสียของรถยนต์โดยรอบขณะรถหยุดหรือเคลื่อนที่ไปช้า ๆ และการปิดช่องหน้าต่าง ประตู และช่องอากาศในช่วงฤดูฝน หรือภายในรถโดยสารปรับอากาศ

- การหายใจ หมายถึง การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อนำไปฟอกโลหิตแดง กับอากาศภายนอกเพื่อการดำรงชีวิต โดยการหายใจเข้าและออกอย่างมีจังหวะ และปริมาตรของก๊าซที่หายใจเข้าออกตามปกติแต่ละครั้งมีค่าประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7-8 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 350-500 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม และปอดจะมีความจุอากาศที่หายใจเข้าเต็มที่ประมาณ 3-3.6 ลิตร แต่ปริมาตรที่แท้จริงของปอดเมื่อหายใจเข้าเต็มที่จะมีความจุก๊าซ 4-7 ลิตร อัตราการหายใจคนปกติเท่ากับ 15 ครั้งต่อนาที มีการแลกเปลี่ยนก๊าซเข้าออกประมาณ 7.5 ลิตร

- อาการของผู้ประสบอันตรายจากมลภาวะอากาศ ได้แก่ การเกิดภาวะได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้ระดับออกซิเจนในเม็ดโลหิตแดงต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในโลหิตสูง อาการที่แสดงออกได้แก่ กระวนกระวาย อารมณ์ไม่ปกติ ปวดศีรษะ เจ็บหน้าอกบริเวณหัวใจ อ่อนเพลีย และมีอาการทางระบบทางเดินอาหาร เช่น คลื่นไส้ อาเจียน หายใจเร็ว หัวใจเต้นเร็ว กล้ามเนื้อกระตุกหรือชัก ง่วงซึม หมดสติ เป็นต้น

- การปฐมพยาบาลผู้ประสบอัตรายจากมลภาวะ

การรักษาพยาบาลอย่างรีบด่วน ได้แก่ ช่วยให้ผู้ป่วยหายใจได้สะดวก ให้ออกซิเจน ให้ความชื้น และการบำบัดด้วยการพ่นอากาศ เพิ่มปริมาณของออกซิเจนที่หายใจ การช่วยเหลือผู้ป่วยที่มีปัญหาการหายใจขัดข้อง ได้แก่ การผายปอด และการให้ออกซิเจน ได้แก่ การให้ออกซิเจนแบบเต้นท์ การให้ออกซิเจนแบบแคทธีเตอร์ หรือทางสายยางเสียบเข้าจมูก การให้ออกซิเจนแบบหน้ากาก และการดมออกซิเจน

7.2 จิตวิทยา

- ความรู้สึกทางอารมณ์

อารมณ์ หมายถึง ความรู้สึกที่เกิดขึ้นภายใน เช่น ดีใจ เสียใจ ตื่นเต้น เศร้าหมอง เป็นต้น สังเกตการแสดงออกของอารมณ์ได้จากความเปลี่ยนแปลงของร่างกาย เช่น มือสั่น หน้าแดง เหงื่อออก หรือจากการแสดงออก เช่น ร้องไห้ อารมณ์พื้นฐานได้แก่ อารมณ์โกรธ เสียใจ ดีใจ กลัว แปลกใจ และรังเกียจ หรือแบ่งอารมณ์ก้าวร้าว อารมณ์เก็บกด และอารมณ์สนุก สาเหตุของการเกิดอารมณ์มาจากทัศนคติของบุคคล เช่น รัก ชอบ เกลียด จากสิ่งเร้าอารมณ์ เช่น ความหิว อยากได้ จากสภาพทางร่างกาย และสภาพจิตใจ และจะมีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายเมื่อเกิดอารมณ์ตามความรุนแรง ได้แก่ ความรู้สึกร้อนหรือเย็นที่ผิวหนัง หน้าแดงเนื่องจากความดันโลหิตสูงขึ้น เกิดพละกำลัง หัวใจเต้นเร็วหรือช้ากว่าปกติ หายใจแรงและถี่ ม่านตาขยาย น้ำลายน้อยลง ขนลุก กล้ามเนื้อเกร็ง และทำให้เกิดการหลั่งน้ำย่อยในกระเพาะอาหารมากขึ้น ซึ่งอารมณ์จะมีผลต่อร่างกายและจิตใจทั้งผลดีและผลเสีย ผลดีได้แก่ ทำให้เข้ากับคนอื่นได้ดี จิตใจแจ่มใส ไม่ย่อท้อ เกิดความเชื่อมั่น เพียรพยายามและป้องกันตนเองจากอันตรายเมื่อตกใจจะก่อให้เกิดพละกำลังเพื่อเอาตัวรอด

- การรับรู้

การรับรู้ทางวัตถุ มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกสิ่งที่รับรู้ ได้แก่เป็นสิ่งที่ตนเองสนใจ หรือมีความเด่นสดุดตา

- การรับรู้กลุ่มสิ่งเร้า ได้แก่ ความเด่นชัดของสิ่งเร้า ความถี่ซ้ำ ๆ กัน ความหนักแน่น และการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลง โดยอาศัยกฎแห่งความใกล้ชิด ความคล้ายคลึง ความต่อเนื่องและความสมบูร์ทางวัตถุในการจัดหมวดหมู่ หรือแยกกลุ่ม โดยผู้รับรู้จะรับรู้ได้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความตั้งใจของผู้มอง และมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้การรับรู้บิดเบือนจากความเป็นจริง ได้แก่ ทัศนมายา เช่น การเพิ่มเติมสิ่งหนึ่งสิ่งใด ความสัมพันธ์ของขนาด การตัดกันของเส้น เป็นต้น

- จิตวิทยาของสี

ความรู้สึกที่ดีต่อการใช้สีในวัตถุที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ตกแต่งเครื่องให้อากาศได้แก่ ความเด่นสดุดตา รู้สึกเงียบ หนักแน่น ไม่เป็นอันตราย เป็นกลาง สะอาด ไม่สกปรกง่าย และช่วยเน้นความเด่นชัด สีที่ให้ความรู้สึกดังกล่าวได้แก่ สีแดง น้ำเงิน น้ำตาล ดำ เทา บรอนซ์ และขาว

7.3 กายวิภาคศาสตร์

- ขนาดสัดส่วนมาตรฐานคนไทย

8. วัสดุและกรรมวิธีการผลิต

คุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น ความแข็งแรง คุณสมบัติทางเคมี เช่น ความคงทนต่อการสึกกร่อน ทนกรด ทนด่าง และสารเคมี คุณสมบัติเชิงกล เช่น ความเค้น แรงดึง แรงอัด แรงเฉือน คุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ได้แก่ มีความแข็งแรง ทนแรงกระแทกได้ดี คงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ แสงแดด และความชื้น ทนต่อแรงกัดกร่อนของสารเคมี ผิวทนต่อการขีดขูด ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ฝุ่นไม่จับผิว ขึ้นรูปได้ง่าย ตกแต่งง่าย

วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่

1. เหล็กแผ่น มีใช้อยู่ 2 ลักษณะคือ โลหะแผ่นเคลือบและโลหะเปลือย
2. อลูมิเนียม มีคุณสมบัติไม่เป็นสนิม น้ำหนักเบา ขึ้นรูปง่าย
3. พลาสติก
4. ไฟเบอร์กลาส มีคุณสมบัติแข็งแรง คงทน

พลาสติกมีคุณสมบัติ มีความแข็งแรงทนต่อแรงกระแทก ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ แสงแดด ความร้อน และความชื้น ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ฝุ่นไม่จับผิว ผิวทนต่อการขูดขีด ราคาถูก และมีคุณค่าทางความงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาสติกที่มีคุณสมบัติดังกล่าวได้แก่

- เซลลูโลสอาซิเตท
- เซลลูโลสอาซิเตทบัททีเรต
- โปลีสไตรีน ชนิดทนแรงกระแทก
- SAN
- ABS
- โปลีคาร์บอน
- โปลีไวนีลคลอไรด์
- ไฮเดนซิตี้ โปลีเอททีลีน
- โปลีโปรปีลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆเพื่อเลือกใช้ในการออกแบบให้เกิดความเหมาะสม

3.1 การวิเคราะห์ลักษณะการหายใจจากเครื่องให้อากาศที่เหมาะสม

จากลักษณะทางกายวิภาคเชิงกลและสรีรวิทยาของคนปกติ ประกอบกับวิธีการให้ออกซิเจนทางการแพทย์ที่ถูกต้อง พบว่าลักษณะการหายใจเพื่อรับอากาศบริสุทธิจากแหล่งกำเนิดที่รู้สึกสบายที่สุดคือ การหายใจรับอากาศที่มีการเคลื่อนไหวและถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา และจมูกจะสูดรับอากาศได้มากที่สุดคือ อากาศที่พุ่งเข้าหาใบหน้าจากส่วนล่างตามแนวเฉียงของรูจมูก ซึ่งมีลักษณะที่เหมือนกับการให้ออกซิเจนทางการแพทย์แบบหน้ากาก ที่มีแนวพ่นออกซิเจนเข้าจมูกตามแนวของโพรงจมูก และวิธีการให้ออกซิเจนที่ทำให้รู้สึกสบายที่สุด คือ การให้ออกซิเจนแบบเต้นท์เพราะเป็นการสร้างพื้นที่อากาศบริสุทธิ์สำหรับการหายใจซึ่งจะไม่ทำให้ผู้รับออกซิเจนรู้สึกระคายเคืองหรืออึดอัด สามารถเคลื่อนไหวได้ และยังมีสภาพใกล้เคียงกับการหายใจปกติมากที่สุด วิการสร้างพื้นที่อากาศบริสุทธิ์ที่นอกเหนือจากการใช้เต้นท์การสร้างห้องกั้นแล้ว วิธีที่นิยมมากอีกอย่างหนึ่งได้แก่ การใช้ม่านอากาศ เช่น ตามประตูทางเข้าห้างสรรพสินค้า หรือประตูทางเข้าห้องปรับอากาศ ซึ่งจะใช้การพ่นอากาศดีกั้นแนวอากาศเสียหรือฝุ่นละอองเข้ามาปะปน ส่วนการให้ออกซิเจนทางการแพทย์แบบหน้ากากและการใช้ท่อยางส่งอากาศ จะเป็นการให้ออกซิเจนแก่ผู้ป่วยที่ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองหรือไม่สามารถหายใจด้วยตนเองได้อย่างปกติ มีลักษณะเหมือนกับการผายปอด ส่วนหน้ากากแบบ Open-top Face Tent จะใช้กับผู้ป่วยที่สามารถหายใจด้วยตนเองได้ โดยจะพ่นออกซิเจนขึ้นจากด้านล่างตามแนวเฉียงของจมูก และมีหน้ากากกั้นไม่ให้อากาศภายนอกเข้ามาปะปนและเปิดด้านบนเพื่อระบายอากาศที่หายใจออก ซึ่งก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความคล้ายคลึงกับการหายใจปกติ เป็นการสร้างพื้นที่อากาศบริสุทธิ์โดยการใช้หน้ากากกั้น นอกจากนี้การหายใจรับอากาศบริสุทธิ์ด้วยวิธีการใช้หน้ากากกรองก็เป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับคนปกติ โดยจะปิดครอบจมูกปาก หรือทั้งใบหน้า เพื่อกรองมิให้อนุภาค สิ่งสกปรก ฝุ่น และมลสารเข้าไปในการหายใจ ซึ่งพื้นที่ภายในหน้ากากกรองจะมีเพียงอากาศที่สะอาด ผ่านการกรองเข้า ใช้สำหรับหายใจ แต่จากการศึกษาพบว่า การใช้หน้ากากกรองอากาศก่อให้เกิดความอึดอัด จากความร้อนของลมหายใจ รู้สึกเปียกชื้นจากไอน้ำของลมหายใจ หายใจฝืดเนื่องจากอากาศเข้ามาได้น้อยจากการกรอง และถึงแม้ว่าจะมีช่องระบายอากาศที่หายใจออก แต่อากาศส่วนหนึ่งก็ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วนเวียนอยู่ภายในหน้ากาก ทำให้อัตราส่วนของอากาศบริสุทธิ์ลดลง ส่วนในแง่ของพฤติกรรมการใช้หน้ากากกรองอากาศส่วนใหญ่จะให้เหตุผลคือ **"เหมือนยืมจมูกคนอื่นหายใจ"**

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการหายใจที่ดีที่สุด คือ การหายใจรับอากาศบริสุทธิ์ที่มีการเคลื่อนไหวถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา และหายใจสะดวกที่สุด คือ การหายใจรับอากาศที่พ่นขึ้นตามแนวเฉียงของโพรงจมูก โดยพื้นที่นั้นจะต้องมีอากาศที่บริสุทธิ์อยู่ตลอดเวลา และการหายใจที่รู้สึกสบายที่สุด คือ การหายใจตามปกติที่ไร้พันธนาการใด ๆ ที่ทำให้รู้สึกอึดอัด ระคายเคือง จึงเป็นการเหมาะสมที่จะกำหนดการใช้งานเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ โดยให้พ่นอากาศเข้าใบหน้าผู้ใช้ตามแนวเฉียงของโพรงจมูก จะอยู่ในตำแหน่งระดับอกถึงคอ ห่างจากลำตัวประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร และสร้างพื้นที่อากาศบริสุทธิ์ด้วยวิธีม่านอากาศจากการพ่นอากาศดังกล่าว ซึ่งเป็นลักษณะการหายใจตามปกติที่รู้สึกสบายที่สุด และได้รับอากาศที่บริสุทธิ์กว่าอากาศทั่วไป

3.1 ก. การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้งพกพาและการใช้งานเครื่องให้อากาศกับผู้ใช้

คุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์

- สะดวกต่อการพกพา
- สะดวกต่อการใช้
- เป็นวิธีการหายใจที่ถูกต้องและเหมาะสม
- ครอบคลุมพื้นที่การหายใจ
- ต่อเนื่องกับการใช้งาน
- ไม่เกะกะ ประหยัดพื้นที่การใช้งาน
- ไม่รบกวนการทำงานของมือ

ตำแหน่งการพกพาที่นำมาวิเคราะห์

1- หิ้ว ถือ
2- แขวน สะพาย
3- พกติดเข็มขัด หรือคาดเอว
4- ใส่กระเป๋าเสื้อ กางเกง หรือกระโปรง
5- ใส่กระเป๋าถือ

วิธีการใช้งาน

1- หิ้ว ถือ
2- แขวน สะพาย
3- ครอบจมูก
4- ใส่กระเป๋าเสื้อ
5- แขนยื่นคล้องคอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งการติดตั้ง

คุณสมบัติ	ตำแหน่งการพกพา					วิธีการใช้งาน				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
สะดวกต่อการพกพา	1	3	5	2	4					
สะดวกต่อการใช้	3	5	4	1	2	5	1	4	2	3
หายใจถูกวิธีและเหมาะสม						5	2	3	1	4
ครอบคลุมพื้นที่						4	1	5	2	3
ต่อเนื่องกับการใช้งาน	5	4	3	1	2	5	2	1	3	4
ไม่เกะกะ ประหยัดพื้นที่	1	2	5	3	4	3	4	2	5	1
ไม่รบกวนการทำงานของมือ	1	2	5	4	3	1	4	3	5	2
รวมคะแนน	11	16	22	11	15	23	14	18	18	17

เกณฑ์ความเหมาะสมอันดับที่

5 ดีมาก
4 ดี
3 ปานกลาง
2 พอใช้
1 ไม่เหมาะสม

สรุป เลือกตำแหน่งการพกพาแบบติดเข็มขัด หรือคาดเอว ใช้งานโดยใช้มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุ

คุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุในการนำมาวิเคราะห์

- มีความแข็งแรง
- ทนแรงกระแทกได้ดี
- คงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ แสงแดด และความชื้นได้ดี
- ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี
- ผิวทนต่อการขูดขีด
- ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า
- ฝุ่นไม่จับผิว
- ขึ้นรูปง่าย
- ตกแต่งง่าย

วัสดุที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่

- เหล็กแผ่น
- อลูมิเนียม
- พลาสติก
- ไฟเบอร์กลาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุ

คุณสมบัติ	ความสำคัญ CREDITE	ชนิดวัสดุ			
		เหล็กแผ่น	อลูมิเนียม	พลาสติก	ไฟเบอร์
ความแข็งแรง	2	3	2	1	2
ทนแรงกระแทก	2	2	2	1	3
คงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ	3	1	3	2	3
ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี	2	1	3	3	2
ผิวทนการขูดขีด	2	1	1	2	3
ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า	3	1	1	3	2
ฝุ่นไม่จับผิว	2	1	2	3	2
ขึ้นรูปง่าย	3	2	2	3	1
ตกแต่งง่าย	2	1	2	3	2
รวมคะแนน		30	40	50	46

สรุป เลือกใช้ วัสดุพลาสติก

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของวัสดุพลาสติก

คุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์

- มีความแข็งแรง
- ทนต่อแรงกระแทก
- ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ ความร้อน แสงแดด และความชื้น
- ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี
- ผิวทนต่อการขูดขีด
- ฝุ่นไม่จับผิว
- ราคาถูก
- คุณค่าทางความงาม

วัสดุพลาสติกที่นำมาวิเคราะห์

- เซลลูโลส อาซิเตท CA
- เซลลูโลส อาซิเตท บัททีเรต CAB
- โปลีสไตรีน ชนิดทนแรงกระแทก PS_a
- SAN
- ABS
- โปลีคาร์บอน PC
- โปลีไวนิล คลอไรด์ PVC
- ไฮเดนซิตี้ โปลีเอททีลีน PE_{hd}
- โปลีโปรปิลีน PP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดวัสดุพลาสติก

คุณสมบัติ	ความสำคัญ CREDITE	ชนิดวัสดุพลาสติก								
		CA	CAB	PS_G	SAN	ABS	PC	PVC	PE_{hd}	PP
แข็งแรง	3	2	3	3	3	3	3	3	3	2
ทนแรงกระแทก	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2
คงสภาพ	3	1	3	2	3	3	3	3	3	3
ทนสารเคมี	1	2	1	1	2	3	2	3	2	3
ผิวทนการขูดขีด	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3
ฝุ่นไม่จับผิว	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3
ราคาถูก	2	2	2	1	1	1	2	3	2	3
ความงาม	3	2	2	1	2	3	2	1	1	3
รวมคะแนน		43	50	39	52	65	51	51	49	55

สรุป เลือกใช้วัสดุพลาสติก โปลีไวนีลคลอไรด์ PVC

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์เลือกใช้สีกับผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติที่เหมาะสมของสีในการนำมาวิเคราะห์

- ให้ความสดุดตา
- ให้ความรู้สึกเงียบ
- ให้ความรู้สึกหนักแน่น
- ให้ความรู้สึกที่ไม่เป็นอันตราย
- ให้ความรู้สึกเป็นกลางเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี
- สะอาด
- ไม่สกปรกง่าย
- ช่วยเน้นผลิตภัณฑ์

สีที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่

- สีแดง
- สีน้ำเงิน
- สีน้ำตาล
- สีดำ
- สีเทา
- สีบรอนซ์
- สีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้สีกับผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติ / สี	แดง	น้ำเงิน	น้ำตาล	ดำ	เทา	บรอนซ์	ขาว
สดุดตา	7	3	1	6	2	4	5
เงียบ	1	5	4	7	6	2	3
หนักแน่น	2	4	5	7	6	3	1
ไม่เป็นอันตราย	1	5	6	3	4	2	7
เป็นกลาง	1	2	4	5	6	3	7
สะอาด	1	3	4	5	6	2	7
ไม่สกปรกง่าย	3	4	5	6	7	2	1
ช่วยเน้น	6	2	1	7	5	4	3
รวมคะแนน	22	28	29	47	41	23	34

เกณฑ์ความเหมาะสมอันดับที่

7 ดีมากที่สุด
6 ดีมาก
5 ดี
4 ปานกลาง
3 พอใช้
2 พอใช้บ้าง
1 ไม่เหมาะสม

สรุป เลือกใช้สี ดำ และเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์รูปทรง

คุณสมบัติที่เหมาะสมของรูปทรงที่นำมาวิเคราะห์

- แข็งแรง
- ขึ้นรูปง่าย
- สัมพันธ์กับภายใน
- ปลอดภัย
- มีความต่อเนื่องกับสภาพแวดล้อม
- ใช้งานได้เต็มที่
- สะดวกต่อการใช้งาน

รูปทรงที่นำมาวิเคราะห์ได้แก่

- รูปสี่เหลี่ยม
- รูปสามเหลี่ยม
- รูปทรงกลม
- รูปทรงกระบอก
- รูปครึ่งทรงกระบอก

ตารางที่ 3.6 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปทรงผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติ / รูปทรง	สี่เหลี่ยม	สามเหลี่ยม	ทรงกลม	กระบอก	ครึ่งทรงกระบอก
แข็งแรง	**5**	4	3	2	1
ขึ้นรูปง่าย	2	1	**5**	4	3
สัมพันธ์กับภายใน	**5**	1	2	3	4
ปลอดภัย	2	1	**5**	4	3
ต่อเนื่อง	**5**	4	1	2	3
ใช้งานได้เต็มที่	**5**	1	2	4	3
สะดวกต่อการใช้งาน	4	1	3	**5**	2
รวมคะแนน	**29**	13	21	24	19

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

5	ดีมาก	2	พอใช้
4	ดี	1	ไม่เหมาะสม
3	ปานกลาง		

สรุป เลือกใช้รูปทรงสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวิเคราะห์ตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ที่เหมาะสม

คุณสมบัติที่เหมาะสมของตำแหน่งติดตั้งสวิทช์
- ใช้สะดวก
- ประกอบง่าย
- ปลอดภัยจากการใช้งาน
- ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน

ตำแหน่งติดตั้งสวิทช์ที่นำมาวิเคราะห์
- ด้านบน
- ด้านหน้า
- ด้านข้าง
- ด้านล่าง
- ด้านหลัง
- ด้านใน

ตารางที่ 3.6 แสดงการวิเคราะห์เลือกตำแหน่งติดตั้งสวิทช์

คุณสมบัติ / ตำแหน่ง	บน	หน้า	ข้าง	ล่าง	หลัง	ใน
ใช้สะดวก	4	5	**6**	3	2	1
ประกอบง่าย	3	2	**6**	3	1	5
ปลอดภัยจากการใช้งาน	3	5	**6**	2	1	4
ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน	2	3	5	4	1	**6**
รวมคะแนน	12	15	**23**	12	5	16

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

6 ดีมากที่สุด
5 ดีมาก
4 ดี
3 ปานกลาง
2 พอใช้
1 ไม่เหมาะสม

สรุป เลือกตำแน่งการติดตั้งสวิทช์ด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การวิเคราะห์เลือกใช้สวิทช์

คุณสมบัติที่เหมาะสมของสวิทช์

- ทนทาน
- ใช้สะดวก
- ราคาถูก
- ประกอบง่าย
- มีประสิทธิภาพ

สวิทช์แบบต่างๆที่นำมาวิเคราะห์

- แบบกด
- แบบเลื่อน
- แบบกระดก
- แบบโยก
- แบบหมุน

ตารางที่ 3.7 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้สวิทช์

คุณสมบัติ / ชนิด	กด	เลื่อน	กระดก	โยก	หมุน
ทนทาน	3	**5**	2	4	1
ใช้สะดวก	4	2	**5**	3	1
ราคาถูก	4	**5**	3	1	2
ประกอบง่าย	1	4	**5**	1	1
มีประสิทธิภาพ	3	**5**	2	4	1
รวมคะแนน	15	**21**	17	13	6

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

5 ดีมาก
4 ดี
3 ปานกลาง
2 พอใช้
1 ไม่เหมาะสม

สรุป เลือกใช้สวิทช์แบบเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของมอเตอร์

คุณสมบัติของมอเตอร์ที่เหมาะสม

- เป็นมอเตอร์กระแสตรง เพราะใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แห้ง ซึ่งสะดวกแก่การพกพา
- มีขนาดแรงเคลื่อนต่ำ
- มีขนาดเล็ก
- มีความเร็วรอบคงที่
- ใช้กระแสต่ำ
- ไม่มีเสียง
- มีกำลังคงที่
- มีความปลอดภัยจากความเร็วรอบ

ชนิดของมอเตอร์ที่นำมาวิเคราะห์

- มอเตอร์อนุกรม
- ชั้นท์มอเตอร์ หรือมอเตอร์แบบขนาน
- คอมปาวน์มอเตอร์ หรือมอเตอร์แบบผสม

ตารางที่ 3.8 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของมอเตอร์

คุณสมบัติ / ชนิดมอเตอร์	อนุกรม	ชั้นท์	คอมปาวน์
มีขนาดแรงเคลื่อนต่ำ	1	3	2
มีขนาดเล็ก	1	3	2
ความเร็วรอบคงที่	1	3	2
สิ้นเปลืองกระแสต่ำ	1	3	2
ไม่มีเสียงดังรบกวน	1	3	2
มีกำลังคงที่	1	3	2
ปลอดภัยจากความเร็วรอบ	2	3	1
รวมคะแนน	8	21	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป เลือกใช้มอเตอร์แบบขนาน หรือชั้นทมอเตอร์

เกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

3.9 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของพัดลมดูดอากาศ

คุณสมบัติของพัดลมดูดอากาศที่เหมาะสม

- การลดประสิทธิภาพเมื่อใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อย
- มีขนาดเล็ก
- ไม่มีเสียงรบกวน
- ประหยัดพื้นที่การติดตั้ง
- ให้ปริมาตรอากาศมากพอ
- มีประสิทธิภาพสูง

ชนิดของพัดลมดูดอากาศที่นำมาวิเคราะห์

1. พัดลมแบบหลายใบ
2. พัดลมภาระจำกัด
3. พัดลมกังหัน
4. พัดลมแบบใบครีบ
5. พัดลมไหลสวนทาง
6. พัดลมแบบใบพัด
7. พัดลมไหลแนวแกนทั้งมีและไม่มีตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของพัดลมดูดอากาศ

คุณสมบัติ / ชนิดพัดลม	1	2	3	4	5	6	7
ลดประสิทธิภาพเมื่อมีขนาดเล็ก	1	2	1	1	3	2	3
มีขนาดเล็ก	3	2	1	1	3	3	3
ไม่มีเสียงดังรบกวน	2	2	2	3	3	1	1
ประหยัดพื้นที่การติดตั้ง	2	2	2	2	3	1	1
ให้ปริมาตรอากาศมากพอ	3	3	2	2	1	1	3
มีประสิทธิภาพสูง	2	2	3	3	1	1	2
รวมคะแนน	13	13	11	12	14	9	13

สรุป เลือกใช้พัดลมแบบไหลสวนทาง

เกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การวิเคราะห์ตำแหน่งช่องปล่อยอากาศบริสุทธิ์ออก

คุณสมบัติที่เหมาะสมของตำแหน่งช่องปล่อยอากาศบริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองและฟอกออกมา

- ครอบคลุมพื้นที่
- ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน
- ต่อเนื่องกับวงจร
- ประกอบง่าย

ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยอากาศบริสุทธิ์ออกมา

- ด้านบน
- ด้านหน้าบน
- ด้านหน้ากลาง
- ด้านหน้าล่าง
- ด้านล่าง

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์เลือกตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยอากาศออก

คุณสมบัติ / ตำแหน่ง	บน	หน้าบน	หน้ากลาง	หน้าล่าง	ด้านล่าง
ครอบคลุมพื้นที่	4	**5**	3	2	1
ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน	1	4	2	3	**5**
ต่อเนื่องกับวงจร	4	**5**	3	2	1
ประกอบง่าย	**5**	4	2	3	1
รวมคะแนน	14	**18**	10	10	8

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

5 ดีมาก
4 ดี
3 ปานกลาง
2 พอใช้
1 ไม่เหมาะสม

สรุป เลือกใช้ตำแหน่งช่องอากาศด้านหน้าบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 การวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบช่องอากาศ

คุณสมบัติที่เหมาะสมของฝาครอบช่องอากาศ

- ปิดได้มิดชิด
- ทนทานไม่ชำรุดง่าย
- เปิดใช้สะดวก
- ไม่สูญหาย
- ประกอบง่าย

ฝาครอบรูปแบบต่างๆที่นำมาวิเคราะห์

- ฝาเลื่อน
- ฝาบานพับ
- ฝาสวมล็อค
- ฝาเกลียว

ตารางที่ 3.11 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบช่องอากาศ

คุณสมบัติ / รูปแบบ	ฝาเลื่อน	ฝาบานพับ	ฝาสวมล็อก	ฝาเกลียว
ปิดมิดชิด	3	2	1	**4**
ทนทานไม่ชำรุดง่าย	2	3	1	**4**
เปิดใช้สะดวก	3	**4**	2	1
ไม่สูญหาย	1	**4**	1	1
ประกอบง่าย	**4**	3	1	1
รวมคะแนน	13	**16**	6	11

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

4 ดีมาก
3 ดี
2 ปานกลาง
1 พอใช้

สรุป เลือกใช้ฝาปิดครอบช่องอากาศแบบบานพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.11 ก. การวิเคราะห์ลักษณะทิศทางการเปิดฝาครอบบานพับ

คุณสมบัติที่เหมาะสมของลักษณะทิศทางการเปิดฝาครอบบานพับ

- ปิดแน่น
- เปิดใช้สะดวก
- ไม่เกะกะเปลืองพื้นที่
- ปลอดภัยจากการทำลายหรือรบกวน
- ต่อเนื่องกับการใช้งาน

ลักษณะทิศทางการเปิดฝาครอบที่นำมาวิเคราะห์

- เปิดขึ้นบน
- เปิดออกข้าง
- เปิดลงล่าง

ตารางที่ 3.11 ก. แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ลักษณะทิศทางการเปิดฝาครอบ

คุณสมบัติ / ลักษณะ	เปิดขึ้นบน	เปิดออกข้าง	เปิดลงล่าง
ปิดแน่น	**3**	2	1
เปิดใช้สะดวก	1	2	**3**
ไม่เกะกะเปลืองพื้นที่	**3**	1	2
ปลอดภัยจากการทำลาย รบกวน	**3**	2	1
ต่อเนื่องกับการใช้งาน	**3**	2	1
รวมคะแนน	**13**	9	8

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

สรุป เลือกใช้ฝาครอบบานพับลักษณะเปิดขึ้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 การวิเคราะห์ตำแหน่งช่องอากาศเข้า

คุณสมบัติที่เหมาะสมของช่องรับอากาศเข้าเพื่อผ่านกระบวนการกรองและฟอก

- ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน
- ป้องกันอนุภาคฝุ่น น้ำ และอื่น ๆ ตกเข้าไปได้ง่าย
- ต่อเนื่องกับกระบวนการกรองและฟอกอากาศ
- ประกอบง่าย

ตำแหน่งการติดตั้งช่องรับอากาศเข้า

- ด้านบน
- ด้านหน้า
- ด้านหลัง
- ด้านข้าง
- ด้านล่าง

ตารางที่ 3.12 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งช่องอากาศเข้า

คุณสมบัติ / ตำแหน่ง	ด้านบน	ด้านหน้า	ด้านหลัง	ด้านข้าง	ด้านล่าง
ปลอดภัยจากสิ่งรบกวน	1	1	2	2	3
ป้องกันอนุภาคฝุ่น น้ำและอื่นๆ ตกเข้า	1	2	2	2	3
ต่อเนื่องกับกระบวนการกรองและฟอก	1	1	1	2	3
ประกอบง่าย	2	1	1	2	3
รวมคะแนน	5	5	6	8	**12**

สรุป เลือกใช้ตำแหน่งช่องอากาศเข้าด้านล่าง

เกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.13 การวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบแบตเตอรี่

คุณสมบัติที่เหมาะสมของฝาครอบแบตเตอรี่

- ปิดได้มิดชิด
- ทนทานไม่ชำรุดง่าย
- เปิดใช้สะดวก
- ไม่สูญหาย
- ประกอบง่าย

ฝาครอบรูปแบบต่าง ๆที่นำมาวิเคราะห์

- ฝาเลื่อน
- ฝาบานพับ
- ฝาสวมล็อค
- ฝาเกลียว

ตารางที่ 3.13 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบฝาปิดครอบแบตเตอรี่

คุณสมบัติ / รูปแบบ	ความสำคัญ	ฝาเลื่อน	ฝาบานพับ	ฝาสวมล็อค	ฝาเกลียว
ปิดได้มิดชิด	3	3	2	1	3
ทนทานไม่ชำรุดง่าย	2	2	2	1	3
เปิดใช้สะดวก	3	3	3	2	1
ไม่สูญหาย	1	1	3	1	1
ประกอบง่าย	3	3	2	2	1
รวมคะแนน		32	28	18	22

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี
2 ปานกลาง
1 พอใช้

สรุป เลือกใช้ฝาปิดครอบแบตเตอรี่ฝาเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.14 การวิเคราะห์ตำแหน่งการติดเครื่องหมายการค้า LOGO

คุณสมบัติที่เหมาะสมของตำแหน่งการติดเครื่องหมายการค้า

- เด่นสดุดตา
- ช่วยเน้นผลิตภัณฑ์
- มีความสมดุลย์
- มีความกลมกลืนกับรูปทรง
- สื่อความหมายของส่วนทำงาน

ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องหมายการค้าที่นำมาวิเคราะห์

- ด้านหน้ามุมบน
- ด้านหน้ากลางบน
- ด้านหน้ากลางล่าง
- ด้านหน้ามุมล่าง

ตารางที่ 3.14 แสดงการวิเคราะห์เลือกตำแหน่งการติดเครื่องหมายการค้า

คุณสมบัติ / ตำแหน่ง	มุมบน	กลางบน	กลางล่าง	มุมล่าง
เด่นสดุดตา	4	3	2	1
ช่วยเน้นผลิตภัณฑ์	4	1	2	3
ความสมดุลย์	1	3	3	2
กลมกลืนกับรูปทรง	2	3	3	2
สื่อความหมายของการทำงาน	4	3	2	1
รวมคะแนน	**15**	13	12	9

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

4 ดีมาก
3 ดี
2 ปานกลาง
1 พอใช้

สรุป เลือกตำแหน่งติดเครื่องหมายการค้าด้านมุมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.15 การวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบของที่ยึดเกี่ยวเข็มขัด

คุณสมบัติที่เหมาะสมในการยึดเกี่ยวเครื่องให้อากาศกับเข็มขัด

- สะดวกต่อการยึดเกี่ยว
- ยึดติดแน่น มั่นคง
- ไม่เกะกะเปลืองเนื้อที่
- สะดวกต่อการหยิบใช้
- ประกอบง่าย
- อะไหล่และการบำรุงรักษา
- สวยงาม

รูปแบบของที่ยึดเกี่ยวเข็มขัดที่นำมาวิเคราะห์

1 – แบบเหล็กสปริง
2 – แบบชิ้นเดียวกับตัวเรือน
3 – แบบแยกชิ้นกับตัวเรือนระบบล็อค
4 – แบบแยกชิ้นกับตัวเรือนระบบสปริง (ตัวหนีบ)
5 – แบบแยกชิ้นกับตัวเรือนยึดด้วยสกรู

ตารางที่ 3.15 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้รูปแบบที่ยึดเกี่ยวเข็มขัด

คุณสมบัติ / รูปแบบ	ความสำคัญ	1	2	3	4	5
สะดวกต่อการยึดเกี่ยว	3	3	3	3	2	3
ยึดติดแน่น มั่นคง	2	2	1	2	3	2
ไม่เกะกะเปลืองเนื้อที่	3	3	3	3	2	3
สะดวกต่อการหยิบใช้	3	3	3	3	2	3
ประกอบง่าย	3	2	3	3	1	2
อะไหล่และการบำรุง	2	3	1	3	2	3
สวยงาม	2	1	2	3	2	1
รวมคะแนน		45	44	52	35	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

3 ดีมาก

2 ดี

1 พอใช้

สรุป เลือกใช้ที่ยึดเกี่ยวเข็มขัดแบบแยกชิ้นกับตัวเรือน ระบบล็อคประกอบ

3.16 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของสายคล้องแขน

คุณสมบัติที่เหมาะสมของสายคล้องแขน

- มีความทนทาน
- รับน้ำหนักได้ดี
- ประกอบง่าย
- ใช้สะดวก
- ไม่สกปรกง่าย

ชนิดวัสดุของสายคล้องแขนที่นำมาวิเคราะห์

- สายผ้าไนล่อน
- สายหนัง
- สายหนังเทียม
- สายพลาสติก

ตารางที่ 3.16 แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของสายคล้องแขน

คุณสมบัติ / ชนิด	ไนล่อน	หนัง	หนังเทียม	พลาสติก
มีความทนทาน	**4**	3	1	2
รับน้ำหนักได้ดี	**4**	2	1	3
ประกอบง่าย	3	1	2	**4**
ใช้สะดวก	3	2	1	**4**
ไม่สกปรกง่าย	1	2	3	**4**
รวมคะแนน	**15**	**10**	**8**	**17**

เกณฑ์การให้คะแนน

4 ดีมาก

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

สรุป เลือกใช้สายคล้องแขนชนิดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.16 ก. การวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุและวิธีการต่อสายคล้องแขน

คุณสมบัติของวัสดุและวิธีการยึดต่อสายคล้องแขน

- มีความแข็งแรง
- มีความทนทาน
- รับน้ำหนักได้ดี
- ประกอบง่าย
- ปรับเปลี่ยนขนาดของสายได้ตามต้องการ
- สะดวกต่อการซ่อมแซมหากชำรุด
- สะดวกต่อการผลิตและการตกแต่ง

วัสดุและวิธีการยึดต่อสายคล้องแขนที่นำมาวิเคราะห์

1 - หมุดย้ำโลหะ
2 - หมุดย้ำล็อคแบบพลาสติก
3 - ด้ายเย็บ
4 - ตัวล็อคโลหะ
5 - ตัวล็อคพลาสติก
6 - คลิปหนีบ

3.16 ก. แสดงการวิเคราะห์เลือกใช้วัสดุและวิธีการยึดต่อสายคล้องแขน

คุณสมบัติ	ความสำคัญ	วัสดุและวิธีการยึดต่อสายคล้องแขน					
		1	2	3	4	5	6
มีความแข็งแรง	3	3	2	1	3	2	2
มีความทนทาน	3	2	1	1	3	3	2
รับน้ำหนักได้ดี	3	2	1	2	3	3	2
ประกอบง่าย	2	2	3	1	3	3	2
ปรับขนาดสายได้	2	1	2	1	3	3	1
สะดวกต่อการซ่อมแซม	2	1	2	1	2	3	1
การผลิตและตกแต่ง	2	2	1	2	2	3	2
รวมคะแนน		27	28	22	47	48	28

เกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี
2 ปานกลาง
1 พอใช้

สรุป เลือกใช้วัสดุและวิธีการยึดต่อสายแบบตัวล็อคพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.17 การวิเคราะห์เลือกใช้จุดยึดต่อสายคล้องแขน

คุณสมบัติที่เหมาะสมของจุดยึดต่อสายคล้องแขน

- ใช้สะดวก
- มีความแข็งแรง
- มีความทนทาน
- รับน้ำหนักได้ดี
- ประกอบง่าย
- ไม่เกะกะเปลืองเนื้อที่
- ปรับเปลี่ยนทิศทางของสายได้

จุดยึดต่อสายคล้องแขนที่นำมาวิเคราะห์

1 - จุดหมุน
2 - ห่วงร้อยสาย
3 - คานร้อยสาย
4 - แบบเจาะรูร้อยสายที่ตัวเรือน
5 - แบบห่วงร้อยสายชิ้นเดียวกับตัวเรือน

ตารางที่ 3.17 การวิเคราะห์เลือกใช้จุดยึดสายคล้องแขน

คุณสมบัติ / ชนิดจุดยึดต่อ	1	2	3	4	5
สะดวกต่อการใช้	3	2	2	1	2
มีความแข็งแรง	3	2	3	2	2
มีความทนทาน	3	2	3	2	1
รับน้ำหนักได้ดี	2	2	3	2	2
ประกอบง่าย	3	2	3	3	3
ไม่เกะกะเปลืองเนื้อที่	3	2	3	3	2
ปรับเปลี่ยนทิศทางของสายได้	3	2	1	1	1
รวมคะแนน	**20**	**14**	**18**	**14**	**13**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.18 การวิเคราะห์เลือกใช้ชนิดของแผ่นกรองอากาศ

คุณสมบัติที่เหมาะสมของวัสดุกรองอากาศ

- มีความแข็งแรง
- มีความทนต่อกรด
- มีความทนต่อด่าง
- ทำความสะอาดง่าย
- ราคาถูก

วัสดุกรองอากาศที่นำมาวิเคราะห์

1 - ฝ้าย
2 - ขนแกะ
3 - Polyvinylidene chloride fiber (Saran)
4 - Polyvinyl chloride fiber (Teviron)
5 - Polyvinyl alcohol fiber (Vinylon)
6 - Polyacrylonitrile fiber (Kanekalon)
7 - Polyacrylonitrile fiber (Orlon)
8 - Polyamide fiber (Nylon)
9 - Polyester fiber (Nylon)
10 - Polyester fiber (Tetoron)
11 - เส้นใยแก้ว
12 - เส้นใยคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 แสดงการวิเคราะห์ชนิดของแผ่นกรองอากาศ

คุณสมบัติ / วัสดุ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
มีความแข็งแรง	2	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	2
ทนกรด	1	2	2	3	3	3	3	2	3	3	3	2
ทนด่าง	2	1	1	3	3	3	1	3	1	1	1	3
ทำความสะอาด	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2
ราคาถูก	3	1	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1
รวมคะแนน	9	6	9	14	14	12	10	13	10	10	9	10

วัสดุกรองอากาศที่เหมาะสมได้แก่

Polyvinyl chloride fiber (Tevilon)

Polyvinyl alcohol fiber (Vinylon)

สรุป เลือกใช้วัสดุกรองอากาศ Polyvinyl chloride fiber (Tevilon) เพราะเป็นที่นิยมใช้มากกว่า หาซื้อได้สะดวก

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปเลือกใช้จุดชิดต่อสายแบบจุดหมุน

เกณฑ์การให้คะแนน

3 ดี

2 ปานกลาง

1 พอใช้

3.19 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า

การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า คือ การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงความสำคัญของหน้าที่ชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบต่างๆ ที่มีความจำเป็นและไม่มีความจำเป็น ในกรณีที่ส่วนประกอบนั้นมีความสำคัญมากย่อมเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องมี หรือให้ความสนใจในการใช้หรือประกอบ และส่วนประกอบที่ไม่มีความสำคัญมากนักอาจถูกตัดออกจากเครื่องได้ซึ่งอาจจะทดแทนด้วยสิ่งอื่นที่ดีกว่า ตัวอย่างเช่น สัญญาณแสดงการทำงานของเครื่องที่แสดงด้วยหลอด LED. หากไม่มีความจำเป็นก็ตัดออกแล้วใช้สัญญาณอื่นทดแทน เช่นการเปลี่ยนตำแหน่งของปุ่มสวิทช์ การเลื่อน การกระดก หรือการยื่นยุบของปุ่มสวิทช์เป็นต้น ซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตได้พอสมควร

ส่วนประกอบของเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์

- แผ่นกรอง FILTER
- เข็มฟอกอากาศ IONIZER
- ที่ปล่อยสารหอมระเหย INHALEN
- พัดลมดูดอากาศ FAN
- แผงวงจรทำงาน IONIZER CURCUIT
- มอเตอร์ MOTOR
- สวิทช์ SWITCH
- หลอดสัญญาณ LED.
- แบตเตอรี่ BATTERY
- ตัวเรือน BODY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 แสดงการวิเคราะห์หน้าที่ใช้สอยของส่วนประกอบ

ชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน		หน้าที่	
	กริยา	นาม	หลัก	รอง
แผ่นกรอง FILTER	กรอง	อนุภาค, ฝุ่น	/	
	กรอง	อากาศ		/
	ส่งผ่าน	อากาศ		/
เข็มฟอกอากาศ IONIZER	แยก	อนุภาค, ฝุ่น	/	
	เพิ่ม	ประจุอิออนลบ		/
ที่ปล่อยสารหอมระเหย INHALEN	ดับ,กลบ	กลิ่น		/
	บรรเทา	อาการวิงเวียน	/	
พัดลม FAN	ดูด	อากาศ		/
	ส่งผ่าน	อากาศ	/	
แผงวงจร CURCUIT	ควบคุม	การทำงาน	/	
	ส่งผ่าน	พลังงาน		/
	แปลง	กระแส		/
มอเตอร์ MOTOR	เปลี่ยน	พลังงาน		/
	ขับ	ใบพัด	/	
สวิทช์ SWITCH	เปิด-ปิด	การทำงาน	/	
	ส่งผ่าน	กระแส		/
	ตัด	กระแส		/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 แสดงการวิเคราะห์หน้าที่ใช้สอยของส่วนประกอบ

ชิ้นส่วน	หน้าที่ชิ้นส่วน		หน้าที่	
	กริยา	นาม	หลัก	รอง
หลอดสัญญาณ LED.	ช่วย	การมองเห็น		/
	บอก	การทำงาน	/	
	แสดง	ตำแหน่ง		/
แบตเตอรี่ BATTERY	ให้	พลังงาน	/	
	เก็บ	พลังงาน		/
ตัวเรือน BODY	ป้องกัน	เครื่อง	/	
	เพิ่ม	ความงาม		/
	ติดตั้ง	ส่วนประกอบ		/
	ยึด	ส่วนประกอบ		/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 ก. แสดงการประเมินความสำคัญของหน้าที่หลัก

หน้าที่ใช้สอยหลักของชิ้นส่วน	แทนค่า
1. กรองอนุภาค, ฝุ่น	A
2. แยกอนุภาค, ฝุ่น, ก๊าซ	B
3. บรรเทาอาการวิงเวียน	C
4, ส่งผ่านอากาศ	D
5. ควบคุมการทำงาน	E
6. ซับใบมีด	F
7. เปิด-ปิดการทำงาน	G
8. ช่วยบอกการทำงาน	H
9. ให้พลังงาน	I
10. ป้องกันเครื่อง	J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 ข. แสดงการวิเคราะห์ความสำคัญของหน้าที่ใช้สอย

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	B_1	A_2	D_2	E_3	F_1	A_2	A_3	I_3	A_2
B		B_3	B_2	E_3	B_3	B_2	B_3	B_2	B_2
	C		D_2	E_3	C_2	C_2	C_3	C_2	C_2
		D		D_1	F_1	D_2	D_3	D_2	D_2
			E		E_2	E_3	E_3	E_2	E_2
				F		F_1	F_3	I_3	F_2
					G		G_3	I_2	G_2
						H		I_3	J_3
							I		I_2

หลักเกณฑ์การให้คะแนน

1 สำคัญน้อยกว่า

2 สำคัญปานกลาง

3 สำคัญมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 ค. แสดงผลการวิเคราะห์ความสำคัญของหน้าที่ใช้สอย

หน้าที่ใช้สอยหลักของชิ้นส่วน	คะแนนความสำคัญ	ความสำคัญอันดับที่
กรองอนุภาค, ฝุ่น, ควัน	9	6
แยกอนุภาค, ฝุ่น, กาซ	18	2
บรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะ	11	4
ส่งผ่านอากาศ	12	3
ควบคุมการทำงาน	21	1
ซับใบพัด	8	7
เปิด-ปิดการทำงาน	5	8
ช่วยบอกการทำงาน	0	10
ให้พลังงาน	11	4
ป้องกันเครื่อง	3	9

สรุป เน้นความสำคัญที่ระบบควบคุมการทำงานฝอกอากาศ ซึ่งได้แก่ระบบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิเคราะห์

3.1 เป็นเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ สำหรับพกพาติดตัว โดยคาดเอวหรือติดเข็มขัด

3.2 ใช้วัสดุทำตัวเรือน BODY ด้วย พลาสติก

3.3 ใช้วัสดุทำตัวเรือน BODY ด้วยพลาสติกชนิด ABS.

3.4 เป็นเครื่องให้อากาศที่ตกแต่งด้วยสี ดำ และ สีเทา ในชิ้นส่วนตัวเรือนBODY

3.5 เป็นเครื่องให้อากาศที่มีรูปทรงลักษณะสี่เหลี่ยมเป็นหลัก

3.6 การติดตั้งสวิทช์ควบคุม ติดตั้งในตำแหน่งด้านข้าง เพื่อให้สะดวกต่อกลไกการทำงานของนิ้วหัวแม่มือ

3.7 สวิทช์ควบคุมการทำงาน เปิด ปิดเครื่อง ใช้สวิทช์แบบเลื่อน

3.8 เลือกใช้มอเตอร์แบบขนาน หรือชั้นท์มอเตอร์ ขนาด 3 โวท์ กระแสตรง

3.9 เลือกใช้พัดลมดูดอากาศออกแบบแรงเหวี่ยง (Blower)
หรือแบบไหลตรง (Straight Flow Fan)

3.10 ช่องปล่อยอากาศบริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองและฟอกออกมา จะอยู่ในตำแหน่งด้านหน้าบน เพื่อให้สัมพันธ์กับการใช้งาน

3.11 ฝาครอบช่องปล่อยอากาศออก จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกเข้าไปในช่องอากาศ โดยจะเป็นแบบฝาบานพับ เปิดขึ้นด้านบน

3.12 ตำแหน่งช่องรับอากาศเข้าอยู่ด้านล่าง

3.13 ฝาปิดครอบช่องใส่แบตเตอรี่ เป็นแบบบานพับ ปิดด้วยวิธีเลื่อนล็อค

3.14 การติดเครื่องหมายการค้า LOGO จะติดตั้งในตำแหน่งด้านหน้าส่วนมุมบน

3.15 ใช้ที่ยึดรูปแบบที่ยึดเกี่ยวเข็มขัดแบบแยกชิ้นกับตัวเรือนระบบล็อคประกอบ

3.16 ใช้สายคล้องแขนชนิดพลาสติก, ยึดต่อกันด้วยวิธีการยึดต่อสายแบบตัวล็อคพลาสติก

3.17 ใช้จุดยึดต่อสายคล้องแขนแบบจุดหมุน

3.18 ใช้แผ่นกรองอากาศชนิดผ้าทอเส้นใยโปลีไวนีลคลอไรด์ ไฟเบอร์ ขนาด 10 ไมครอน

3.19 เน้นการทำงานฟอกอากาศเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบ

4.1 การสังเคราะห์ข้อมูล

4.2 การจัดระบบความต่อเนื่องการทำงานของเครื่องให้อากาศ

4.3 ลำดับขั้นตอนการใช้งานเครื่องให้อากาศ

4.4 ความคิดสร้างสรรค์เบื้องต้นเพื่อการออกแบบ

4.5 การพัฒนารูปแบบ

4.6 การตกลงใจในแบบ

4.6 แบบเพื่อการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบ

4.1 การสังเคราะห์ข้อมูล

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงการออกแบบเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ จึงสรุปได้ว่า ในการแก้ปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ โดยเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร บริเวณย่านชุมชน ย่านธุรกิจ และบริเวณที่มีการจราจรแออัด ถึงแม้ว่าจะไม่เน้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุโดยตรง แต่ก็เป็นการบรรเทาและป้องกันภัยจากมลภาวะอากาศในกลุ่มประชาชนที่อาศัยอยู่ในย่านดังกล่าว และผู้โดยสารรถประจำทางที่ต้องเผชิญกับปัญหามลภาวะอากาศโดยตรง

ส่วนประกอบและหลักการทำงานที่สำคัญ

1. แผ่นกรอง ทำหน้าที่กรองอนุภาค ฝุ่น และเขม่าควันจากไอเสียรถยนต์ขนาดหยาบ

2. เข็มปล่อยประจุไฟฟ้าลบ หรือไอออนไนเซอร์ ทำหน้าที่เพิ่มศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลท์ เป็น 8,000 โวลท์ เพื่อเพิ่มปริมาณไอออนหรืออิเล็คตรอนประจุลบให้กับออกซิเจน เพื่อแตกตัว O_2 ให้เป็นอะตอมเดี่ยว $2O^-$ ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้ในการหายใจและได้ก๊าซโอโซน O_3 จากสมการ $O_2 + O^- \text{ ------> } O_3$ ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีในการทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ซึ่งเป็นพิษต่อระบบหายใจของมนุษย์ ให้เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งไม่เป็นอันตราย และยังสามารถผลักดันอนุภาคฝุ่น ควัน เชื้อโรคบางชนิด ให้ตกตะกอนสู่พื้น เป็นผลให้อากาศที่ได้มีการความบริสุทธิ์มากกว่าอากาศปกติ

3. วงจรควบคุมการทำงาน เป็นหลักสำคัญของขบวนการทำงานฟอกอากาศ ทำหน้าที่เปลี่ยนศักย์ทางไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลท์ เป็น 8,000 โวลท์ กระแส 0.2 มิลลิแอมป์

4. ที่ปล่อยสารหอมระเหย ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยเปลี่ยนกลิ่นอากาศให้มีความหอมและกลบกลิ่นควัน น้ำมัน และกลิ่นอับของเหงื่อ ช่วยให้รู้สึกสดชื่น

5. ใบพัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Blower) จะทำหน้าที่ดูดอากาศเข้ามากรองและฟอกในเครื่อง แล้วผลักดันให้ออกตามช่องปล่อยอากาศออกเพื่อใช้ในการหายใจ

6. มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนใบพัดลมดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แบตเตอรี่ ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบวงจรควบคุมการทำงาน และมอเตอร์

8. สวิทช์ ทำหน้าที่ ปิด-เปิดวงจร และระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่องฟอกอากาศ

9. หลอดสัญญาณ ทำหน้าที่แสดงผลให้ทราบถึงการทำงานของเครื่องให้อากาศว่าทำงานหรือไม่ โดยระบบทำงานหลอดสัญญาณก็จะสว่างขึ้นเพื่อบอกให้ทราบ แต่ถ้าระบบหยุดทำงาน หลอดสัญญาณก็จะไม่เปล่งแสงออกมา

ส่วนประกอบย่อย ที่ให้ความสะดวกในการใช้งาน

1. ตัวเรือน ทำหน้าที่ยึดชิ้นส่วน ส่วนประกอบต่าง ๆ กำหนดทิศทางการทำงาน ป้องกันชิ้นส่วนภายใน และเป็นมือจับ

2. ฝาครอบช่องอากาศออก ทำหน้าที่ป้องกันฝุ่น ควัน และสิ่งปกปรกเข้าไปในช่องปล่อยอากาศบริสุทธิ์ออก

3. ฝาครอบแบตเตอรี่ ทำหน้าที่ยึดและปิดครอบแบตเตอรี่

4. ปุ่มปรับและปุ่มสวิทช์ ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนตำแหน่งและช่องปล่อยสารหอมระเหย

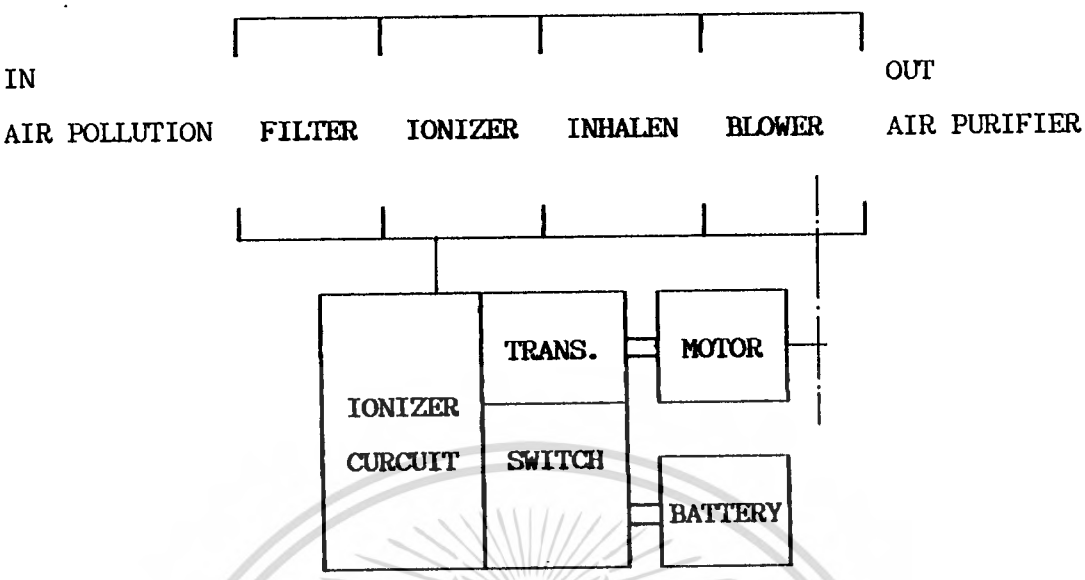
5. ชุดที่หนีบติดติดเข็มขัด ทำหน้าที่ยึดเกาะเครื่องติดเข็มขัดขณะพกพา

6. ชุดสายคล้องแขน ทำหน้าที่ยึดเกี่ยวแขนขณะใช้งาน หรือห้วพกพาเพื่อป้องกันการหลุดมือตก

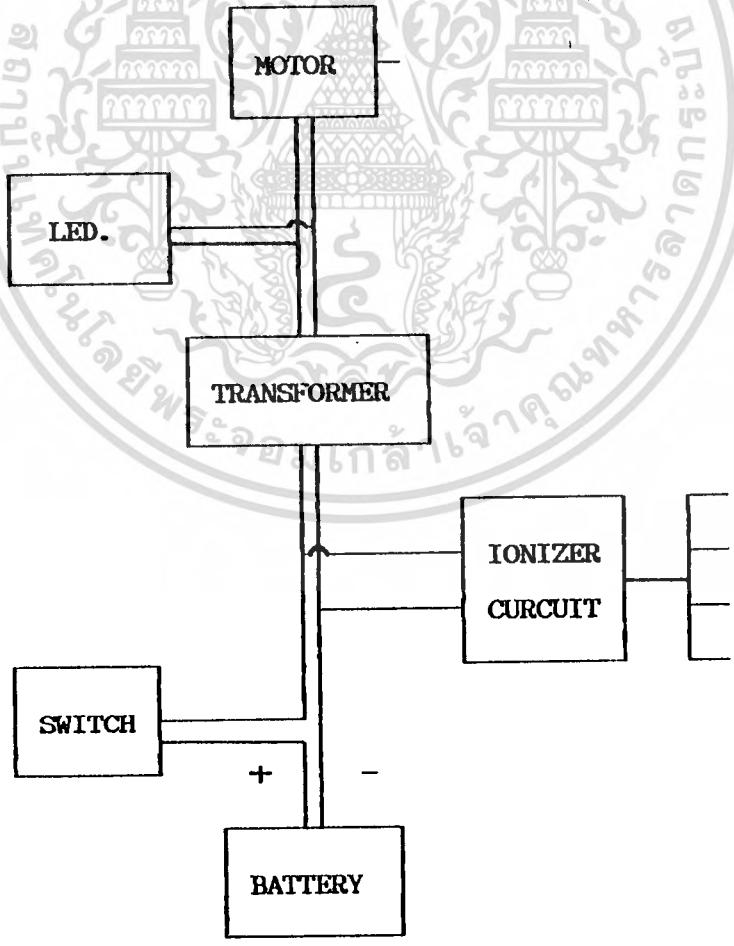
4.2 การจัดระบบความต่อเนื่องการทำงานเครื่องให้อากาศ

จากส่วนประกอบภายในที่ทำให้เกิดการทำงานของเครื่องให้อากาศดังกล่าว โดยในกระบวนการทำงานนั้น จะมีความต่อเนื่องและสัมพันธ์โดยเริ่มจากการจ่ายพลังงานจากแบตเตอรี่ โดยมีสวิทช์เป็นตัวปิดเปิดวงจร (Senser) ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังแผงควบคุมการทำงานของไอออนไนเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เพิ่มศักย์ไฟฟ้า 12 โวลท์ เป็น 8,000 โวลท์ เพื่อส่งไปยังเข็มฟอกอากาศ และส่วนหนึ่งของวงจรจะแปลงกระแสให้เป็น 3 โวลท์เพื่อส่งผ่านไปขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยมีหลอดสัญญาณอยู่ระหว่างกลางเพื่อแสดงผลการทำงานของวงจรดังกล่าว และเมื่อมอเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้า 3 โวลท์ ก็จะหมุนขับใบพัดลมเพื่อทำการดูดอากาศให้เข้ามาในระบบกรองและฟอกด้วยไอออนไนเซอร์ แล้วจึงผ่านจุดปล่อยสารหอมระเหยเพื่อกลบกลิ่นเดิมและสร้างกลิ่นหอมทำให้สดชื่น แล้วผ่านพัดลมที่ทำการผลักอากาศขับออกมาตามช่องปล่อยอากาศออกโดยเปิดฝาครอบช่องอากาศออกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แสดงระบบกระบวนการทำงานของเครื่องให้อากาศ



ภาพที่ 4.2 แสดงระบบความต่อเนื่องของวงจรการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การลำดับขั้นตอนการใช้งานเครื่องให้อากาศ

1. สอดมือเข้าสายคล้องแขน
2. จับตัวเครื่องแล้วดึงขึ้น ให้ตัวหนีบหลุดออกจากเข็มขัด
3. ยกขึ้นถือกระดับออกถึงคอ ห่างจากตัวประมาณ 15 - 20 ซม.
4. เปิดฝาครอบช่องอากาศออก โดยเลื่อนขึ้นบนให้หมุนไปอยู่ด้านหลัง
5. เปิดสวิทช์เพื่อทำงาน โดยเลื่อนสวิทช์ขึ้นบนด้วยหัวแม่มือ
6. ถ้าต้องการกลิ่นหอมจากสารหอมละเหย ให้เลื่อนปุ่มบังคุบให้คันโยกหมุนเลื่อนขึ้น เพื่อให้กลไกภายในเปิดช่องปล่องสารหอมละเหยออกจากภายใน
7. เมื่อเลิกใช้งาน ให้เลื่อนคันโยกปล่อยสารหอมละเหยลง เพื่อปิดช่องปล่อย เพื่อเป็นการประหยัดสารหอมระเหย
8. ปิดสวิทช์เพื่อเลิกการทำงาน โดยเลื่อนปุ่มลง
9. ปิดฝาครอบช่องให้อากาศออก
10. เกี่ยวติดเข็มขัดเพื่อการนำพาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ความคิดสร้างสรรค์เบื้องต้นในการออกแบบ

จากการจัดระบบความต่อเนื่องของเครื่องภายใน จึงทำการสร้างตัวเรือนครอบซึ่งมีลักษณะไปทางรูปทรงสี่เหลี่ยม ตามลักษณะของอุปกรณ์ภายใน และได้กำหนดให้มีตำแหน่งช่องอากาศออกบริเวณด้านหน้าส่วนบนตามที่ได้จากการวิเคราะห์การทำงาน ตำแหน่งสวิทช์ควบคุมการทำงานจะอยู่ด้านข้าง ลักษณะเลื่อนขึ้นเพื่อเปิด เลื่อนลงเพื่อปิดการทำงาน ช่องแบตเตอรี่อยู่ด้านล่างสุด ตามลักษณะความต่อเนื่องของวงจร และมีช่องอากาศเข้าด้านล่างเพื่อส่งผ่านระบบกรองแล้วออกด้านบน ซึ่งจะมีฝาครอบปิดกั้นอยู่หรือป้องกันสิ่งสกปรกเข้าไปในเครื่องและทำการเปิดฝาครอบขึ้นบนโดยจะหมุนไปอยู่ตำแหน่งด้านหลังตามลักษณะของจุดหมุนบานพับ ดังภาพที่แสดง

ภาพที่ 4.3 แสดงการออกแบบตามแนวความคิดสร้างสรรค์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การพัฒนารูปแบบ

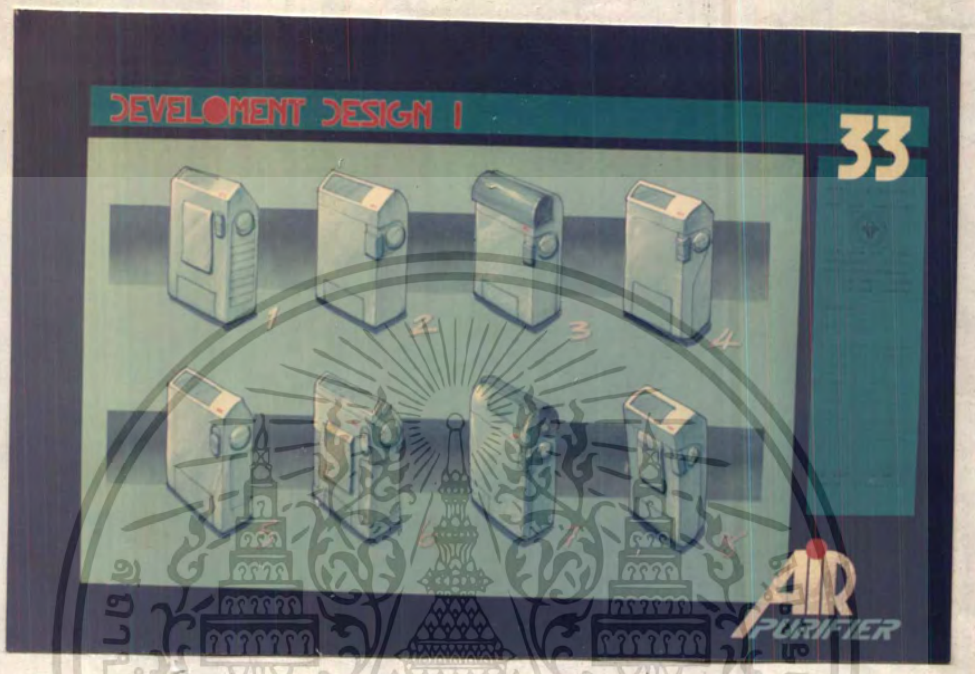
เพื่อให้การออกแบบเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์มีความสมบูรณ์ทุกด้าน ทั้งด้านประโยชน์ใช้สอยที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน สะดวกต่อการใช้และพกพก ประหยัดค่าใช้จ่าย และปลอดภัยจากการใช้งาน ตลอดจนผลิตได้ง่าย เพื่อลดต้นทุนให้สามารถจำหน่ายได้ในราคาพอสมควรและน่าใช้ด้วยคุณค่าทางความงาม จึงต้องดำเนินการวิเคราะห์เพื่อกลั่นกรองรูปแบบจนกว่าจะสมบูรณ์ไม่พบปัญหาและข้อบกพร่อง ดังที่ได้แสดงรูปแบบที่ทำการกลั่นกรองต่อไปนี้

แบบร่างที่ 1

เป็นแบบร่างที่ได้จากการจัดระบบการทำงานและตำแหน่งการจัดวางของอุปกรณ์ภายในและมีสัดส่วนที่ได้จากขนาดสัดส่วนภายใน ตลอดจนลักณะการใช้งานรูปแบบที่ได้จะมีลักษณะเน้นไปทางสี่เหลี่ยมตามลักษณะของแผงวงจรภายใน จึงพบว่าไม่เหมาะสมกับลักษณะการจับถือ และมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เนื่องจากขนาดของแผงวงจรภายในมีขนาดใหญ่ จึงทำให้ดูเทอะทะ

ภาพที่ 4.4 แสดงแบบร่างที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

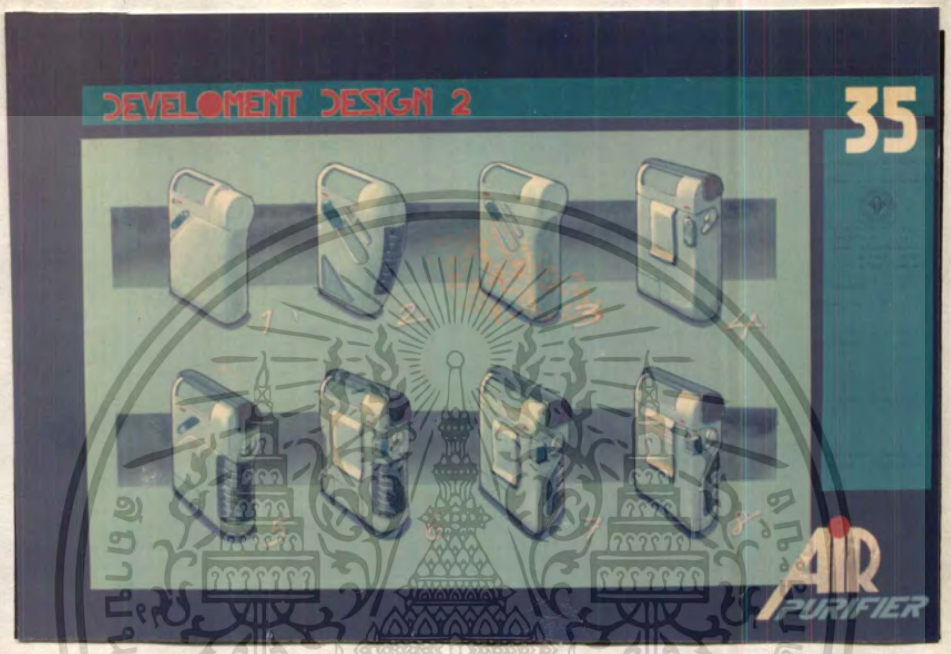


ภาพที่ 4.5 แสดงการพัฒนารูปแบบครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบร่างที่ 2

พัฒนามาจากแบบที่ 1 โดยปรับปรุงรูปทรงให้เหมาะกับการจับถือโดยมีส่วนหลังเป็นผิวโค้งตามลักษณะการจบของฝ่ามือและนิ้ว และลดขนาดให้เล็กลงโดยปรับเปลี่ยนแผงวงจรภายในใหม่



ภาพที่ 4.6 แสดงการพัฒนารูปแบบครั้งที่ 2

ภาพที่ 4.7 แสดงแบบร่างที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การตกลงใจในการออกแบบ

ภาพที่ 4.9 แสดงทัศนียภาพ

ภาพที่ 4.10 แสดงภาพด้านต่าง ๆ

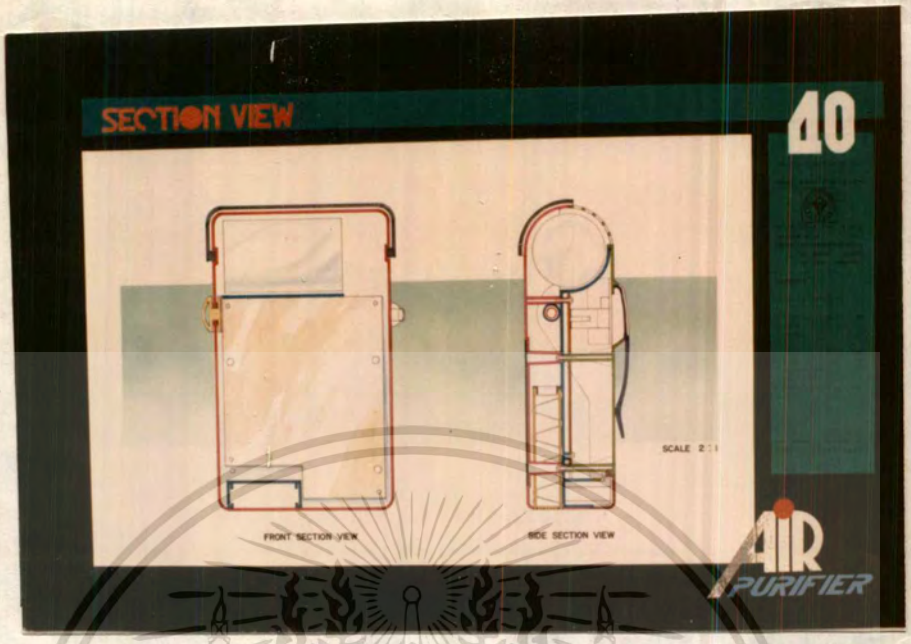
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบร่างที่ 3

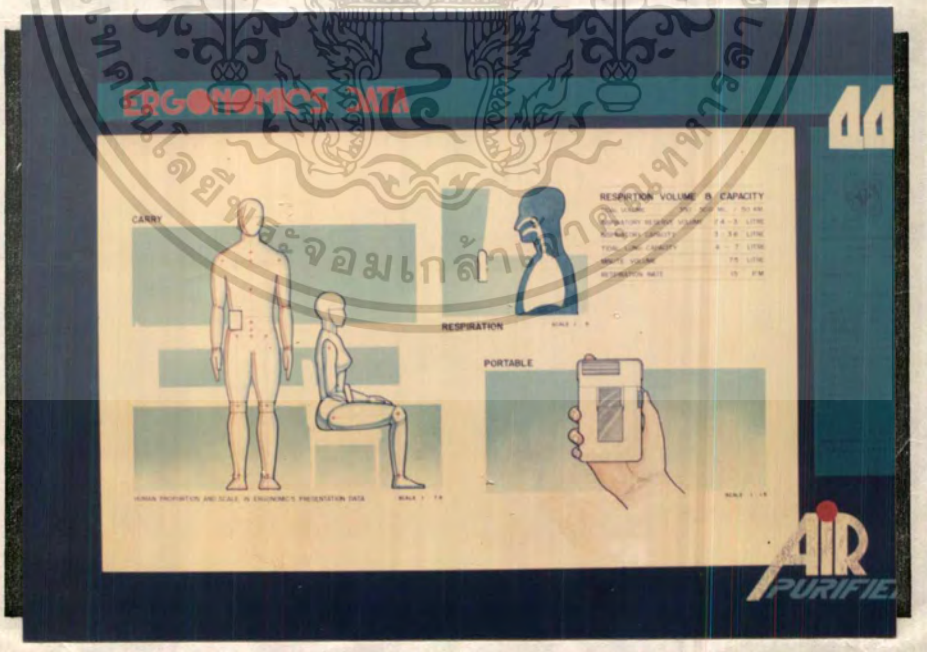
เพิ่มส่วนประกอบสายคล้องแขนกรณีที่ถือใช้งานเครื่องให้อากาศหรือถือหิ้วเมื่อไม่ต้องการพกติดเข็มขัดเพื่อป้องกันการหลุดมือตก ก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องให้อากาศ และเน้นการออกแบบของส่วนยึดติดเข็มขัดหรือตัวหนีบติดเข็มขัดให้เกิดความเหมาะสมยิ่งขึ้น

ภาพที่ 4.8 แสดงแบบร่างและการพัฒนารูปแบบครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 แสดงส่วนประกอบภายในด้วยภาพตัด



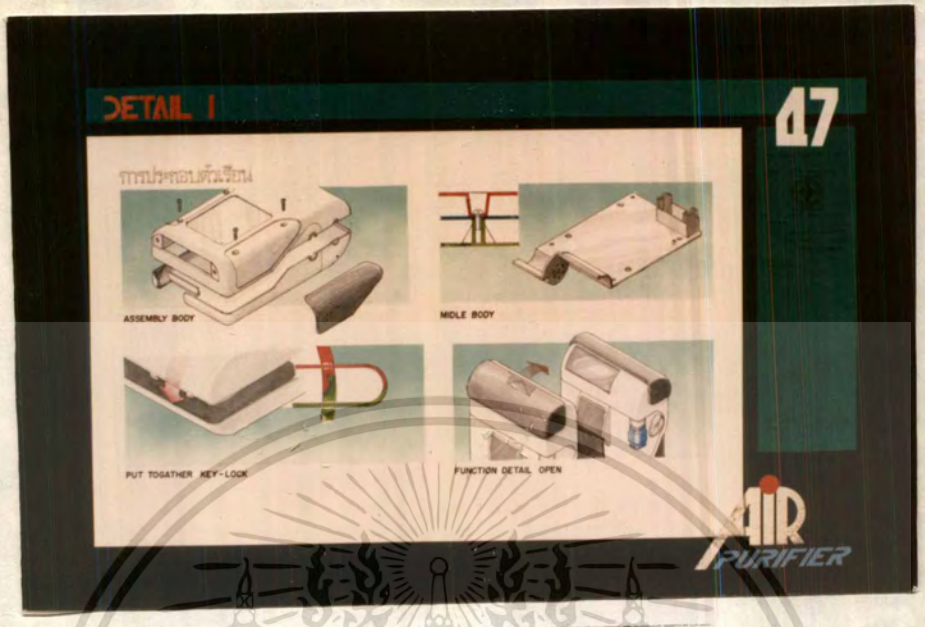
ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์กับกายวิภาคเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

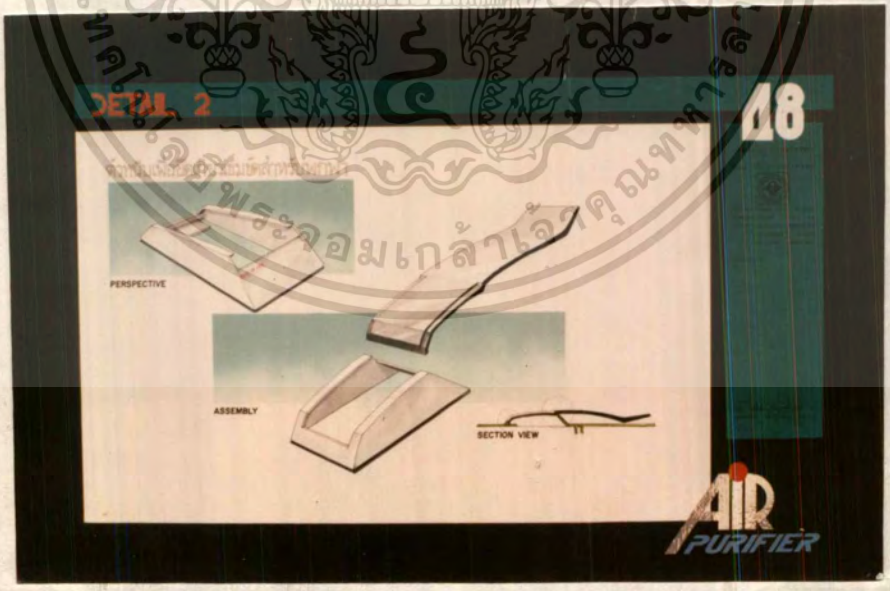
ภาพที่ 4.13 แสดงลักษณะการใช้งาน

ภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะการพกพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

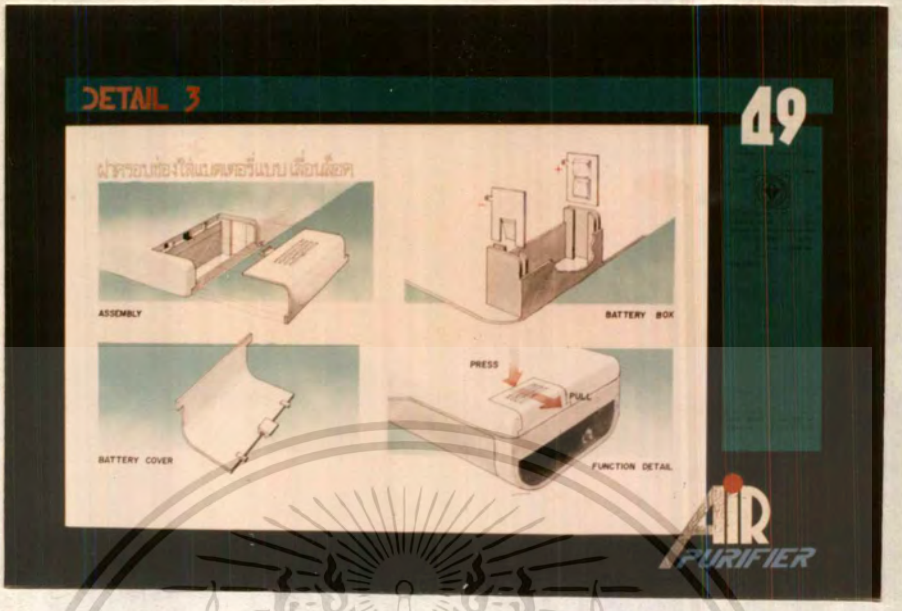


ภาพที่ 4.15 แสดงการประกอบตัวเรือน

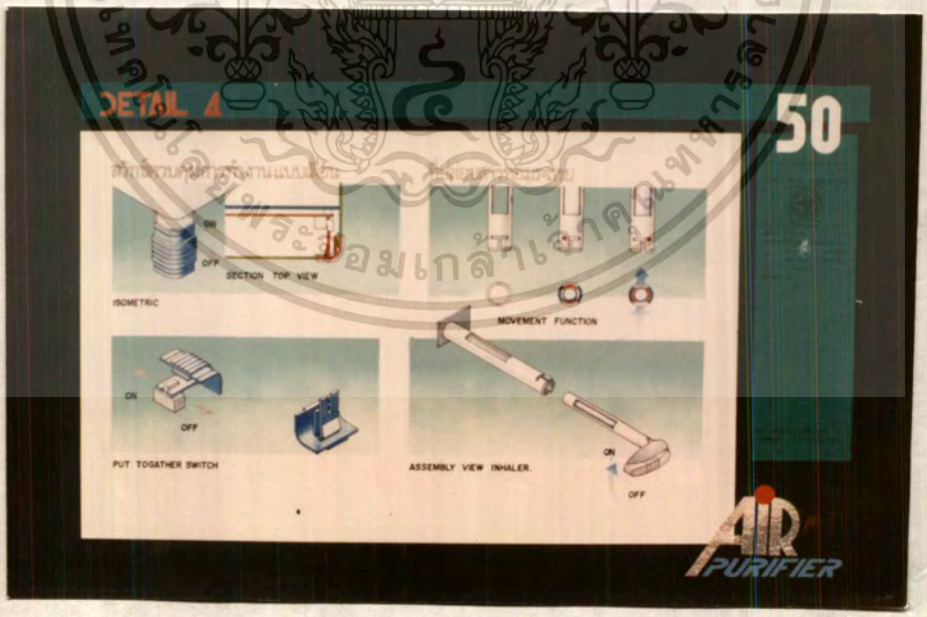


ภาพที่ 4.16 แสดงตัวหนีบเพื่อยึดเกี่ยวเข็มขัดสำหรับผภผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

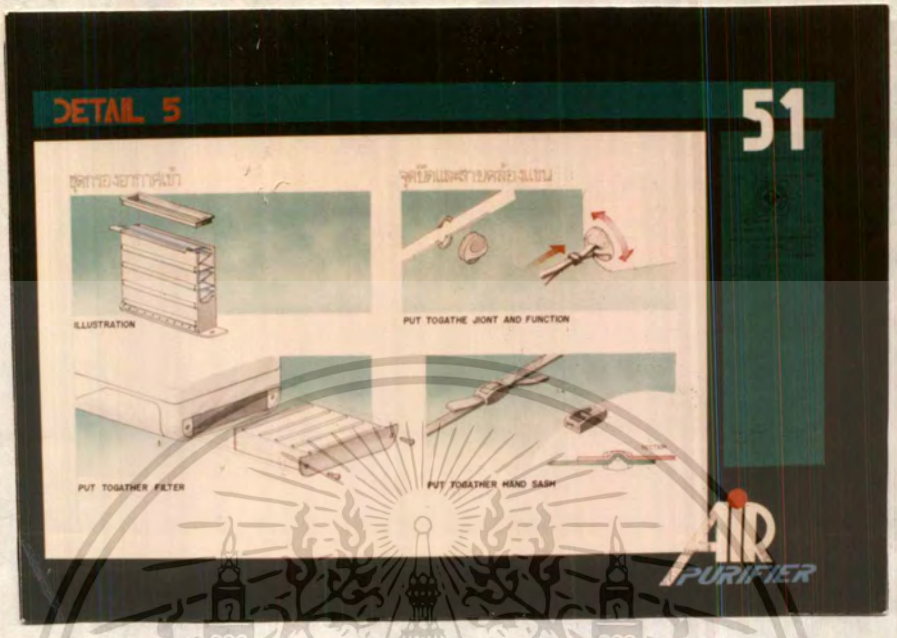


ภาพที่ 4.17 แสดงช่องใส่และฝาครอบแบตเตอรี่แบบเลื่อนล็อค



ภาพที่ 4.18 แสดงสวิทช์ควบคุมการทำงาน และที่ปล่อยสารหอมระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

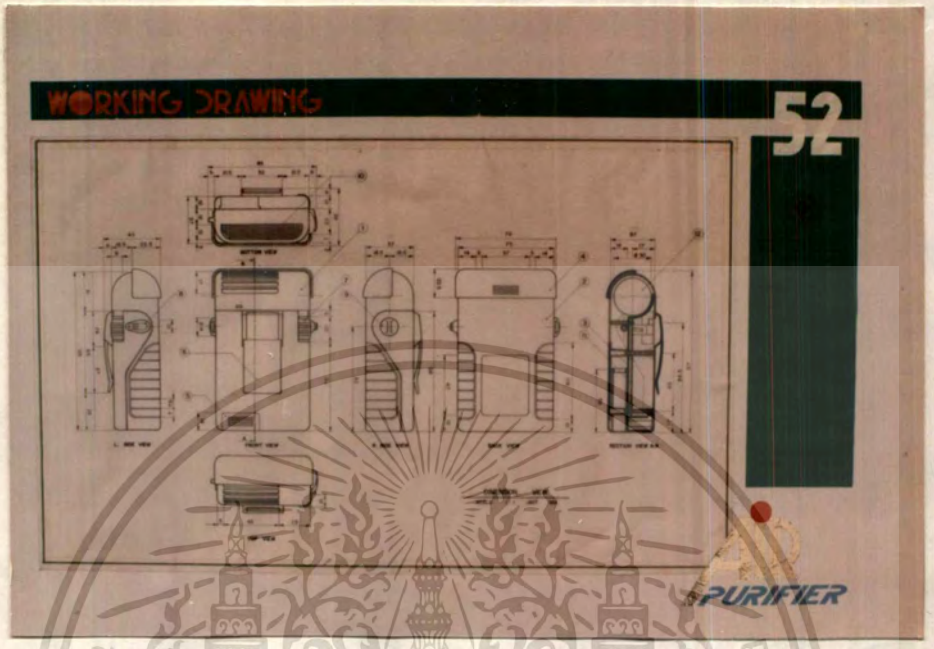


ภาพที่ 4.19 แสดงชุดกรองอากาศเข้า และจุดพร้อมสายคล้องแขน

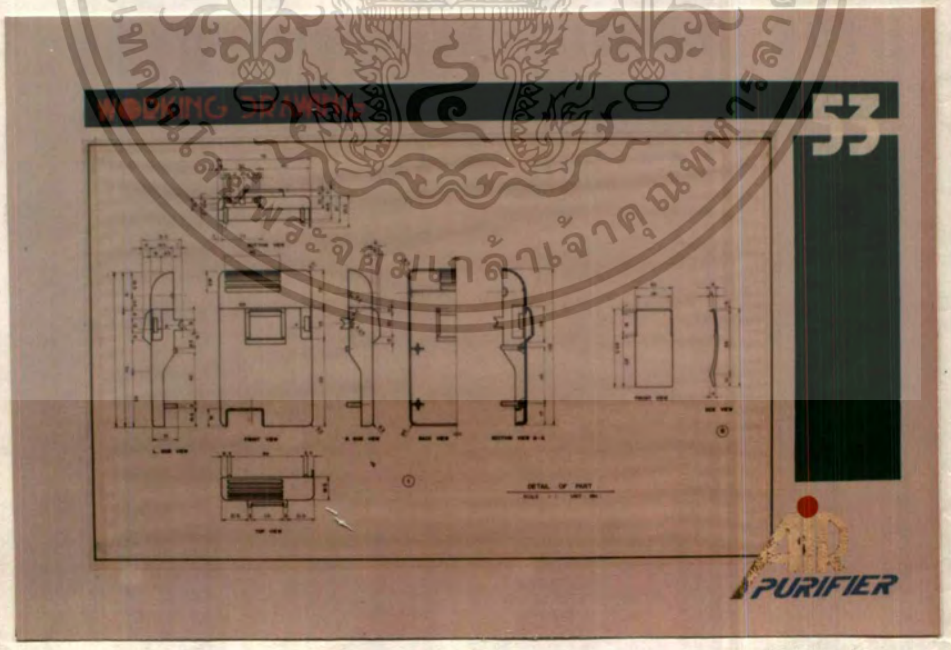
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 แบบเพื่อการผลิต

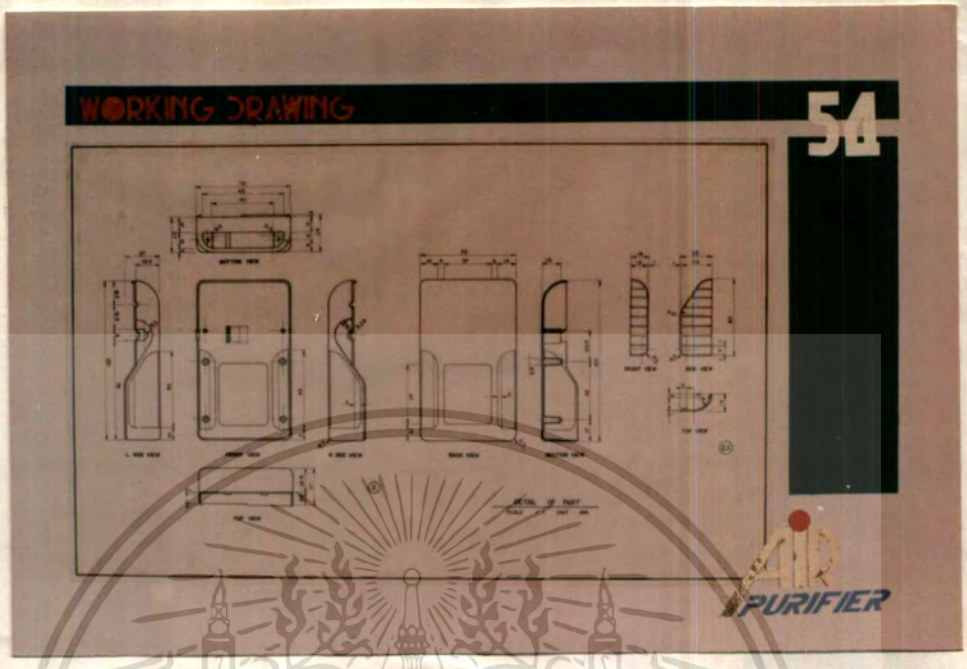


ภาพที่ 4.20 แสดงภาพด้าน และขนาดสัดส่วน

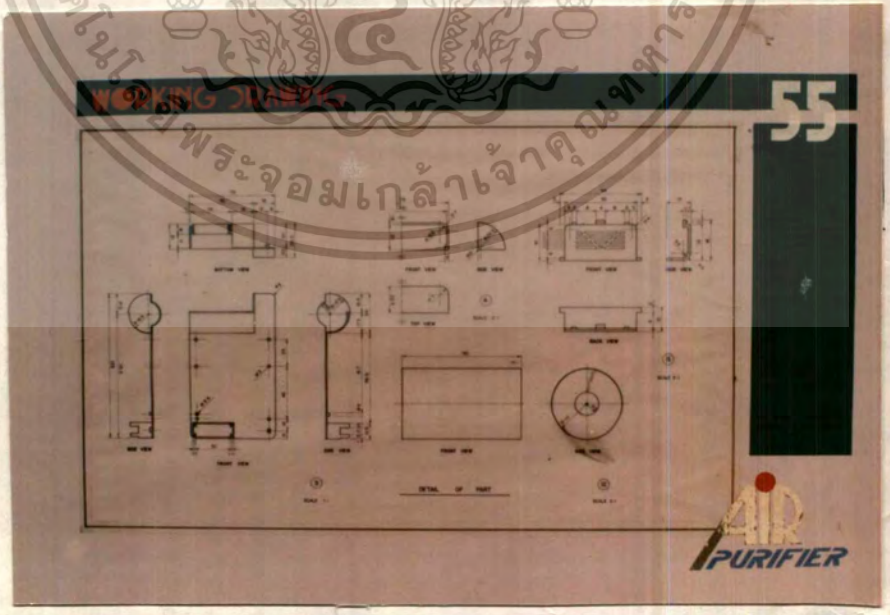


ภาพที่ 4.21 แสดงขนาดสัดส่วนของตัวเรือนชิ้นหน้า และตัวยึดเกี่ยวเข็มขัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

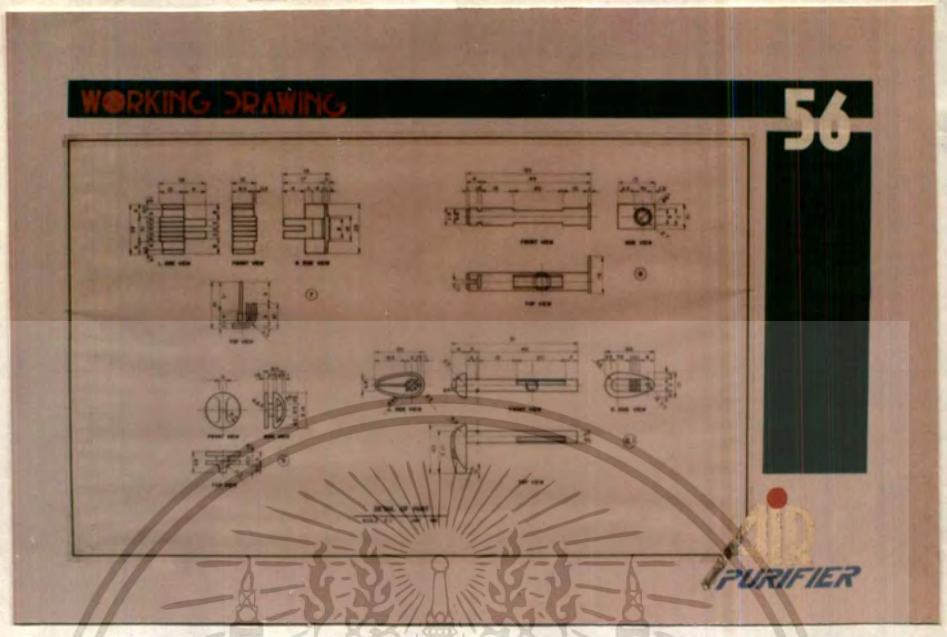


ภาพที่ 4.22 แสดงขนาดสัดส่วนของตัวเรือนด้านหลัง และส่วนรองมือจับ

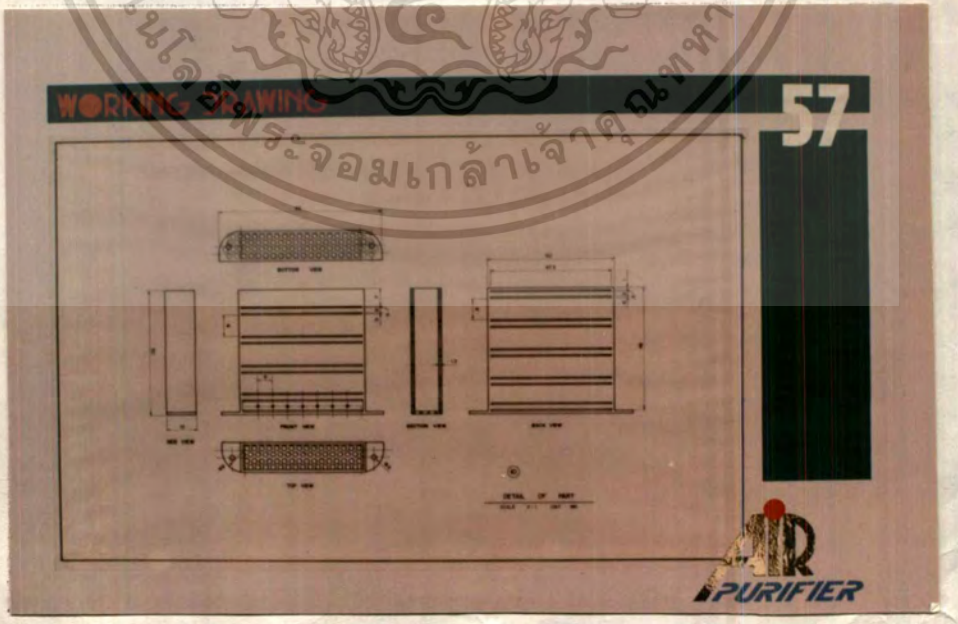


ภาพที่ 4.23 แสดงขนาดสัดส่วนของตัวเรือนชั้นกลาง ฝาครอบช่องอากาศออก
ฝาครอบแบตเตอรี่ และพัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

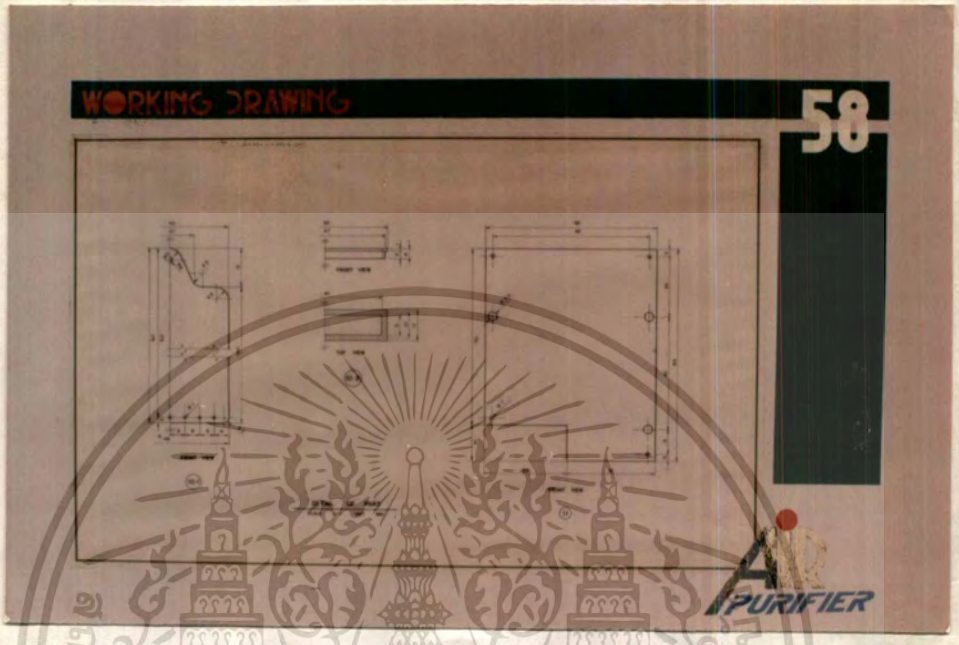


ภาพที่ 4.24 แสดงขนาดสัดส่วนของสวิทช์ ชุดให้สารหอมระเหย และจุดหมุนยึดสายคล้องแขน



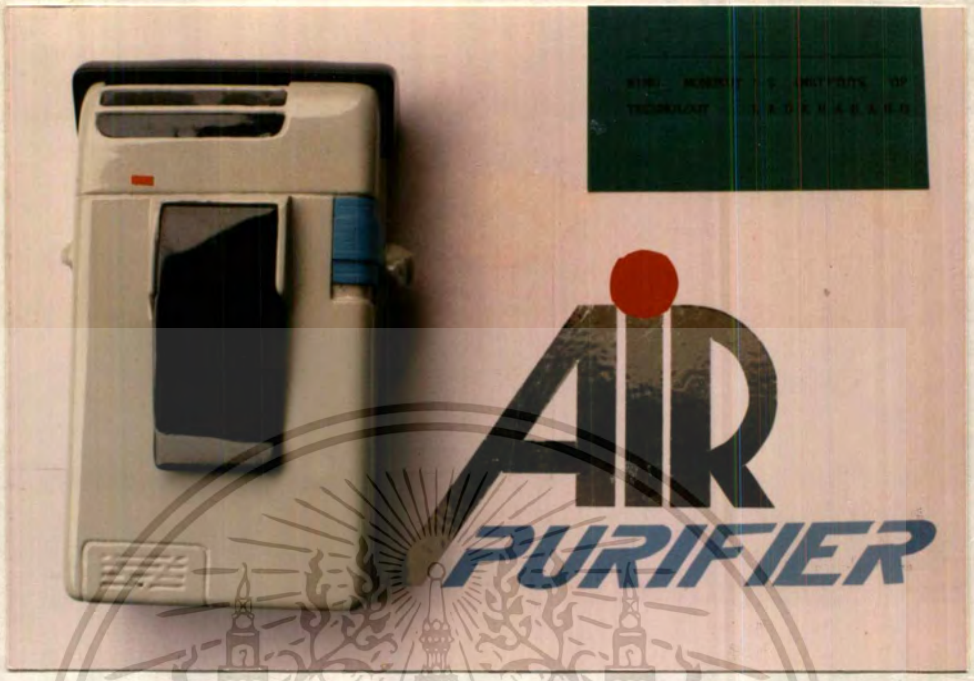
ภาพที่ 4.25 แสดงขนาดสัดส่วนของชุดกรองอากาศเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.26 แสดงขนาดสัดส่วนของวัสดุกรองอากาศ ฝาครอบช่องกรองอากาศ และแผ่นวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.27 แสดงภาพถ่ายหุ่นจำลอง

ภาพที่ 4.28 แสดงภาพถ่ายหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.29 แสดงภาพถ่ายหุ่นจำลอง

ภาพที่ 4.30 แสดงภาพถ่ายหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อบกพร่องในการออกแบบ

5.3 ปัญหา และข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในสภาวะที่ผู้คนต้องประสบกับปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ และฝุ่นละออง ตามท้องถนน โดยเฉพาะผู้โดยสารรถประจำทาง ซึ่งพบว่า ส่วนใหญ่จะเกิดอาการอ่อนเพลีย ง่วงนอน มึนงง วิงเวียนศีรษะ และอาจถึงขั้นอาเจียน หรือหมดสติในผู้ที่ประสบมลภาวะอากาศอย่างรุนแรงหรือเป็นเวลานาน ในสภาพแออัดบนรถประจำทาง หรือตามป้ายที่พักผู้โดยสารที่ประสบปัญหาการจราจรติดขัดชำช้อน เป็นผลให้อากาศไม่พอแก่การหายใจ ไม่มีการถ่ายเท และมีปริมาณของออกซิเจนในอากาศน้อยและยังปะปนกับมลสารต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว เป็นต้น

วิธีการที่ผู้ประสบมลภาวะอากาศดังกล่าวจะช่วยเหลือตนเองเพื่อบรรเทาอาการที่เกิดขึ้น คือ การใช้ยาดม ซึ่งเป็นที่รู้จักและเรียกขานของคนทั่วไป ยาดม (Inhalen) จะประกอบด้วยสารหอมระเหย อาทิเช่น น้ำมันยูคาลิปตัส กานพลู หรือน้ำมันที่สกัดจากใบพืชบางชนิด เช่น ใบมะนาว จะให้ผลกระตุ้นระบบประสาทให้ตื่นตัวรู้สึกสดชื่น ช่วยขับลม ช่วยให้ระบบหายใจทำงานดีขึ้น (โล่งจมูก โล่งคอ) ส่วนทางการแพทย์จะใช้สารระเหยที่ช่วยระบบการหายใจ คือ แอมโมเนีย (Amonia) จะมีผลต่อการกระตุ้นให้หายใจแรงขึ้น เมื่อสูดดมเข้าไป เป็นผลให้ปอดรับออกซิเจนจากการหายใจได้มากขึ้น

ส่วนผู้ที่ขับขี่รถจักรยานยนต์ และตำรวจจราจร เป็นผู้ที่ประสบมลภาวะอากาศจากการจราจรโดยตรงแต่อยู่ในสภาพพื้นที่โล่ง พบว่ามีการป้องกันตนเองจากมลภาวะอากาศที่ประสบอยู่โดยการสวมหน้ากากกรองฝุ่นละอองและควันเสียจากรถยนต์ในบางส่วน

จากสภาพปัญหาดังกล่าวพบว่าการแก้ปัญหานั้นยังไม่ถูกต้องและเหมาะสมเพียงพอ ในความเป็นจริงแล้วการแก้ปัญหามลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์ ควรแก้ที่ต้นเหตุคือ การควบคุมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้มีปริมาณไอเสียที่ปล่อยออกมาอยู่ในระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้ คือ ควันดำไม่เกิน 40 % ตามเครื่องวัดระบบบอช และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่เกิน 6 % ตามเครื่องวัด Non-dispersive infrared detection แต่การควบคุมนั้นไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร แม้ว่าจะเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุก็ตาม การสร้างเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์จึงมีความจำเป็นต่อสภาวะมลภาวะอากาศดังกล่าว จึงได้ดำเนินการตามจุดประสงค์และขอบเขตของโครงการเพื่อช่วยบรรเทาปัญหามลภาวะอากาศแก่กลุ่มผู้ที่ต้องเผชิญต่อปัญหาดังกล่าว โดยได้ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ให้อากาศบริสุทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ สำหรับพกพาติดตัวโดยคาดเอวหรือติดเข็มขัด

จากการสำรวจและค้นคว้าพบว่า ปัญหามลภาวอากาศจากไอเสียรถยนต์ มีผลต่อสุขภาพของประชาชนทั่วไป โดยเฉพาะผู้ที่ต้องเผชิญต่อสภาวะดังกล่าวในย่านชุมชนที่มีการจราจรแออัดของกรุงเทพมหานคร ซึ่งการแก้ปัญหามลภาวะอากาศนั้นทางหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาล และภาคเอกชน ได้พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าว อาทิเช่น สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน กรมการขนส่งทางบก กองวิศวกรรมยานยนต์กรุงเทพมหานคร กองจราจรกลาง กรมตำรวจ ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศตามเส้นทางการจราจร และควบคุมตรวจสอบปริมาณไอเสียจากรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่ปล่อยออกมาแต่ก็ยังไม่เข้มงวดเพียงพอ ทางฝ่ายเอกชนก็ได้พยายามสร้างเครื่องฟอกอากาศเพื่อจำหน่ายให้แก่ประชาชนทั่วไป มีทั้งแบบใช้ภายในบ้าน และแบบติดรถยนต์ แต่ก็ยังไม่มีใช้สำหรับประชาชนผู้สัญจร อีกทั้งยังมีราคาแพง และได้มีบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งได้เป็นตัวแทนจำหน่าย ออกซิเจนสำหรับการหายใจแบบกระป๋องจากต่างประเทศ แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้เพราะมีราคาแพงและใช้ได้ครั้งเดียวก็ต้องทิ้งไป

โครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม" เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์แบบพกพา " จึงได้กำหนดแนวทางการออกแบบไว้ดังนี้

1. เป็นเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์ที่ผ่านการกรองอนุภาค, ฝุ่น, เขม่าควัน ด้วยแผ่นกรอง Polyvinyl Chloride fiber (Tevision) แล้วผ่านเข้าระบบแยกอนุภาคฝุ่นควันก๊าซด้วยไฟฟ้าสถิตย์เพิ่มอิออนลบให้ออกซิเจนเพื่อให้เหมาะสมกับการหายใจ และมีระบบจ่ายสารหอมละเหย (Inhalen) สำหรับสูดดมบรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะช่วยให้สดชื่น เมื่อต้องการส่งผ่านอากาศด้วยพัดลมดูดอากาศแบบแรงเหวี่ยง ที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด DC 2.5 โวลท์ โดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่แห้งขนาด DC 12 โวลท์ ควบคุมการทำงานด้วยสวิทช์แบบเลื่อน

2. ลักษณะการหายใจ โดยผู้ใช้จะถือเครื่องให้อากาศไว้ที่ระดับคอและห่างจากตัวประมาณ 15 - 20 ซม. โดยเครื่องให้อากาศจะพ่นอากาศออกด้านหน้าบน เข้าหาใบหน้าของผู้ใช้ลักษณะพ่นอากาศขึ้นบนแนวเฉียงตามแนวของรูจมูกของผู้ใช้

3. การพกพา จะพกพาติดตัวโดยคาดเอวหรือเกี่ยวติดเข็มขัด เพราะเป็นตำแหน่งที่หยิบใช้ง่ายที่สุด และไม่เกะกะพื้นที่การใช้งาน เพื่อนำติดตัวไปใช้ในสภาวะที่ต้องประสบกับมลภาวะอากาศจากไอเสียรถยนต์

4. วัสดุที่ใช้ทำตัวเรือน (BODY)

4.1 เป็นวัสดุพลาสติก ABS เพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ได้แก่มีความแข็งแรง ทนแรงกระแทกขณะพกพา ทนต่อดินฟ้าอากาศเพราะใช้งานนอกสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวทนการขูดขีดเสียดสีจากเสื้อผ้าที่สวมใส่ขณะพกพา ไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ฝุ่นไม่จับ และมีคุณค่าทางความงาม เป็นต้น

4.2 ใช้กรรมวิธีการผลิตด้วยระบบฉีดในแม่พิมพ์ (Injection Moulding) เพราะเป็นวิธีการผลิตที่สามารถขึ้นรูปได้เกือบทุกรูปทรง มีรายละเอียดสูง สามารถผลิตได้ในจำนวนมากในระบบอุตสาหกรรมและเหมาะสมกับชนิดของวัสดุดังกล่าว

5. การตกแต่งและการใช้ เป็นเครื่องให้อากาศที่ใช้สีที่เป็นกลาง (Tone) ได้แก่ สีเทา และสีดำ เพื่อให้กลมกลืนกับสภาพการใช้งาน ไม่หกปรกง่าย และให้ความรู้สึกเน้นความจริงจังหนักแน่น น่าเชื่อถือ ในคุณลักษณะการใช้งานให้อากาศบริสุทธิ์

6. ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องให้อากาศ

6.1 แผ่นกรอง (Filter) เป็นแบบผ้ากรอง วัสดุ Polyvinyl chlorid fiber เนื่องจากสามารถกรองอนุภาคฝุ่น ควัน ขนาด 0.2 ถึง 1 ไมครอน กรองอนุภาคฝุ่นความเข้ม ตั้งแต่ 0.1 - 50 g/m^3 อุณหภูมิที่ใช้ถึง 95 C ทนกรด ทนด่าง มีความแข็งแรง 1

6.2 เข็มฟอกอากาศและวงจรควบคุม Ionizer เป็นแบบวงจรดับเบลล์ (Doubler) ทำหน้าที่เพิ่มศักดิ์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลท์ เป็น 8,000 โวลท์ กระแส 0.2 มิลลิแอมป์ เพิ่มปริมาณไอออนให้อากาศ 1,000 ไอออน เพื่อทำการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนมอนไซด์ (CO) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อระบบการหายใจ และเพิ่มออกซิเจนไอออนลบที่ใช้ในการหายใจ และชดเชยส่วนที่สูญเสียไอออนให้กับสภาพแวดล้อม

- เข็มฟอกอากาศจะเป็นเข็มโลหะสแตนเลส จำนวน 4 เข็ม ต่อ 1 เครื่อง
- แผงวงจรควบคุมเป็นแผงวงจรพิมพ์แบบไวร์ริง (Printed wiring circuit)

6.3 ส่วนให้สารหอมระเหย (Inhalen) เพื่อช่วยบรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะ ช่วยให้รู้สึกสดชื่น ดับกลิ่นควันและน้ำมัน จะใช้แบบสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด โดยภายในส่วนให้สารหอมระเหย จะมีสำลีเพื่อหยดสารหอมระเหยแบบน้ำลงไปและเมื่อต้องการก็จะเลื่อนปุ่มบังคับ หรือเปิดช่องให้อากาศผัดผ่านเอาสารหอมระเหยออกมาด้วย และปิดช่องดังกล่าวเมื่อไม่ต้องการใช้เพื่อเป็นการประหยัด

6.4 พัดลม จะเป็นพัดลมแบบแรงเหวี่ยงทรงกระบอกเพราะมีคุณสมบัติในการดูดอากาศและพ่นออกมาในแนวขวางกับแกนใบพัด ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดพื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศออก ซึ่งปกติจะใช้ในระบบของเครื่องปรับอากาศ

6.5 มอเตอร์ (Moter) จะเป็นมอเตอร์กระแสตรงแบบชั้นท์ หรือขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 2.5โวลท์ เพื่อขับใบพัดให้ทำงานดูดและส่งผ่านอากาศ

6.6 สวิทช์ (Switch) เป็นสวิทช์แบบเลื่อน เพราะเหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน มีความทนทาน ใช้สะดวก ประกอบง่าย มีประสิทธิภาพ และมีราคาถูก

6.7 หลอดสัญญาณ LED เลือกใช้แบบสี่เหลี่ยมสีเขียว เพื่อแสดงการทำงานของเครื่องให้อากาศ

6.8 แบตเตอรี่ (Battery) เป็นแบบแบตเตอรี่แห้ง (Dry cell) ขนาด 12 โวลท์ ตามขนาดการใช้งานของวงจร Ionizer

6.9 ตัวเรือน เป็นวัสดุพลาสติก ABS สีเทา แยกส่วนตัวเรือนย่อย ได้แก่

- ฝาครอบช่องอากาศออก เป็นพลาสติก ABS. สีดำโปร่งแสงและผิวเรียบมันเพื่อให้ดูดสะดาด ฝุ่นไม่เกาะจับง่าย ปิดเปิดแบบบานพับเลื่อนขึ้นบน

- ส่วนรองมือจับ เป็นพลาสติก ABS สีดำทึบแสง เพื่อกลบร่องรอยคราบสกปรกจากเหงื่อไคล พื้นผิวมี Textere เพื่อป้องกันการลื่นหลุด

- ฝาครอบแบตเตอรี่ เป็นพลาสติก ABS. สีเทาเหมือนกับตัวเรือน ปิดเปิดด้วยบานพับล็อคแบบรางเลื่อน

- สายคล้องแขน เป็นพลาสติก PVC. สีดำ ยึดต่อด้วยตัวล็อคพลาสติกแบบเลื่อนเพื่อปรับขนาดความยาวของสายได้ตามต้องการ และยึดประกอบติดกับตัวเรือนด้วยจุดยึดต่อแบบจุดหมุน เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนทิศทางของสายได้สะดวก

- จุดยึดต่อสายคล้องแขน เป็นพลาสติก ABS.สีเทาเหมือนกับตัวเรือน เรือน มีลักษณะเป็นจุดหมุนที่สามารถเคลื่อนไหวได้ 2 ทิศทาง คือ หมุนตามแนวแกน และหมุนตามหูเกี่ยวยึดสายคล้องแขน

5.2 ข้อบกพร่องในการออกแบบ

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้น เป็นที่แน่นอนว่า ไม่มีผลิตภัณฑ์ใดจะลงตัวสมบูรณ์แบบ 100 % และโครงการนี้หากมีผู้สนใจที่จะนำไปศึกษาวิจัยต่อ หรือเพื่อนำไปพัฒนาปรับปรุงเพื่อการผลิตจริง จึงขอชี้แจงจุดบกพร่องที่พบในการออกแบบผลิตภัณฑ์เครื่องให้อากาศบริสุทธิ์แบบพกพาเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาปรับปรุงให้สามารถลดข้อบกพร่องดังกล่าว

รายละเอียดของส่วนประกอบ

1. ชุดกรองอากาศเข้า(Filter) เป็นแบบตลับผ้ากรองโปลีไวนีลคลอไรด์ไฟเบอร์ ซึ่งอาจมีชุดกรองอากาศแบบอื่นที่อาจให้ความสะดวกในแง่ของอะไหล่สำเร็จรูป กรรมวิธีการผลิตที่ง่ายกว่า รวมทั้งการประกอบและการดูแลรักษาความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จุดให้สารหอมระเหย(Inhaler) ที่ช่วยดับกลิ่นจากไอเสียและให้กลิ่นหอมสดชื่น การประกอบจุดนี้อาจยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร เป็นแบบยึดติดชิ้นส่วนชั้นในที่เป็นส่วนเก็บสำลีกับสารหอมระเหย ให้ติดกับปลอกปิดบังเพื่อไม่ให้อากาศผ่านสารหอมระเหย โดยการสวม และมีเดือยติดกับชิ้นส่วนชั้นใน ผ่านร่องเพื่อเลื่อนปรับเปิดปิด จะมีร่องแคบลงในส่วนกลางเพื่อป้องกันชิ้นส่วนชั้นในหลุดกลับออกมา แต่ก็สามารถถอดออกมาได้ง่ายเพื่อเติมสารหอมระเหยโดยการดึงออกมาตรง ๆ

3. แบตเตอรี่ เป็นแหล่งให้พลังงานไฟฟ้า เลือกใช้แบบ 12 โวลท์ ที่มีรูปร่างขนาดเล็ก และมีราคาค่อนข้างสูง แต่มีความเหมาะสมกับกำลังไฟฟ้าที่ต้องการ ประหยัดเนื้อที่ น้ำหนักเบา และมีอายุการใช้งานนานพอสมควร ซึ่งอาจมีแบตเตอรี่ชนิดอื่น ที่สามารถทดแทนได้ เพื่อความสะดวกในการหาซื้อเพื่อเปลี่ยน เมื่อแบตเตอรี่เก่าหมดอายุการใช้งาน

ลักษณะการใช้งาน

ใช้งานด้วยมือถือ เพราะสามารถกำหนดตำแหน่งและทิศทางการถือ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการโดยสารรถประจำทางและความต้องการ แต่อาจรบกวนการใช้งานของมือ ในกรณีที่ผู้ใช้หิ้วถือของและต้องโหนราวบนรถ ซึ่งในความเป็นจริงกรณีที่ผู้ประสบมลภาวะอากาศ เกิดความต้องการอากาศบริสุทธิ์ หรือสารหอมระเหยเพื่อบรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะ ก็จำเป็นต้องวางของที่ถืออยู่ แล้วหยิบเอาเครื่องให้อากาศขึ้นมาช่วยการหายใจ ย่อมจะดีกว่าจะทนยืนถือของในสภาพวิงเวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หายใจไม่พอ

ลักษณะการพกพา

พกพาโดยการเกี่ยวติดกับเข็มขัดและหิ้วถือด้วยสายคล้องแขน แต่อาจพบปัญหาการพกพาในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ได้ใส่เข็มขัด หรือสวมเสื้อผ้าที่เป็นชุดเสื้อกับกางเกงหรือกระโปงติดกัน จึงไม่มีแนวเกี่ยวติดเข็มขัด จึงต้องพกพาตามความเหมาะสมของแต่ละสภาพ เช่น เกี่ยวติดขอบกระโปรงหรือขอบกางเกง หิ้วถือ หรือใส่ไว้ในกระเป๋าถือ เป็นต้น

5.3 ปัญหาและข้อเสนอแนะจากการทำวิทยานิพนธ์

ปัญหาที่พบจากการทำวิทยานิพนธ์

1. ปัญหาด้านระยะการทำวิจัย

เนื่องจากช่วงการดำเนินการวิจัยได้ซ้ำซ้อนกับการปฏิบัติการฝึกสอน จึงทำให้การนัดหมายเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ไม่สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัญหาด้านความรู้พื้นฐาน

เนื่องจากพื้นฐานการศึกษาของผู้ทำวิจัยคือวิชาศิลป จึงเป็นการยากที่จะทำการออกแบบและประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออิเลคทรอนิคส์ ซึ่งต้องขอความช่วยเหลือจากผู้รู้ด้านอิเลคทรอนิคส์อยู่มาก

3. ปัญหาด้านทุนทรัพย์

เนื่องจากปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทมากในการทำวิจัย จึงเพิ่มต้นทุนในการซื้อหรือเช่า ตลอดจนการว่าจ้างการทำงานด้านคอมพิวเตอร์

4. ปัญหาด้านการออกแบบ

อุปกรณ์ที่ทำการศึกษานั้น บางส่วนไม่สามารถศึกษาได้จากของจริง จึงเป็นการยากที่จะเข้าใจได้อย่างลึกซึ้งส่งผลให้แนวความคิดในการออกแบบขาดความรัดกุมในเรื่องของการผลิต ผลกระทบตลอดจนการใช้งาน เช่น ส่วนของฟิลเตอร์กรองอากาศเข้าเครื่อง จุดให้สารหอมระเหย อาจทำให้ดูล้าสมัย หรือเป็นไปไม่ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ด้านระยะเวลาการทำวิจัย

ควรจัดช่วงเวลาการปฏิบัติการฝึกสอนให้อยู่ในภาคเรียนที่ 1 และดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 เพื่อให้สามารถดำเนินการวิจัยได้เต็มประสิทธิภาพ

2. ด้านความรู้พื้นฐาน

ควรได้มีโอกาสประสานหลักสูตรการเรียนการสอนให้ร่วมกับคณะวิชาที่เกี่ยวข้อง เช่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ หรือสาขาที่เกี่ยวข้องกับอิเลคทรอนิคส์ อาทิเช่น การกำหนดให้ทำโครงการร่วมกัน โดยฝ่ายวิศวกรรม เป็นผู้ออกแบบและสร้างระบบการทำงาน ฝ่ายศิลปอุตสาหกรรม เป็นผู้ออกแบบและสร้างรูปร่างลักษณะ ให้เหมาะสมกับการใช้งาน และความงาม

3. ด้านทุนทรัพย์

ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้การใช้คอมพิวเตอร์และมีเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

4. ด้านการออกแบบ

ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสศึกษาข้อมูลวิจัยจากของจริง อาทิเช่นการเยี่ยมชมโรงงาน มีหนังสือด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์สมัยใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับรู้แนวทางการออกแบบ และเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

เกศินี เห็นพิทักษ์. หลักการพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : ไทยเขษม, 2523

โกศล เพ็ชร์สุวรรณ์, ดร. (แปลเรียบเรียง) วัสดุ ตัวเลข ตัวนำ ตารางสำหรับช่างไฟฟ้า. กรุงเทพ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2525

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. รายงานคุณภาพอากาศในประเทศไทย 2526 - 2527. กรุงเทพมหานคร : แสงรวี, 2529

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, สำนักงาน. รายงานคุณภาพอากาศในประเทศไทย 2530. กรุงเทพมหานคร : แสงรวี, 2531

ชิคาโอะ คานาโอกะ, ดร. และ วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ดร. มลภาวะอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2528

ชิตชัย สุทธาศวิน. 22โครงงานอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพมหานคร : 2529

ชิตชัย สุทธาศวิน. อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป. กรุงเทพฯ : ศรีสุทธา, 2524

ชุมพล ผลประมูล, ดร. และคณะ. วิทยาศาสตร์ชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : นวกนก, 2528

ชีระยุทธ สุวรรณประทีป, และคณะ. เทคนิคกลไก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2532

นโยบายและแผน กรุงเทพมหานคร, สำนัก. กรุงเทพมหานคร 2527. กรุงเทพ : เอ็มไอซี ครีเอชั่น, 2527

นโยบายและแผน กรุงเทพมหานคร, สำนัก. แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร. ฉบับที่ 3. (พศ.2532 - 2534) กรุงเทพมหานคร : 2530

บรรเลง ศรนิล, รศ. เทคโนโลยีพลาสติก. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 2531

บริการอุตสาหกรรม, กอง. การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2528

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ, ศจ. ไฟฟ้าเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ, 2524

ประทิน คล้ายนาค. ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์, 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, รศ. จิตวิทยาการศึกษา. 2527 (โครงการตำรา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ. วัสดุก่อสร้าง. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521 หน้า 268 - 277

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. ไฟเบอร์กลาส. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์, 2523

ไพบูลย์ หังสฤกษ์, ดร. และ เฮอิโช ไซโต, ดร. การปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ดวงกมล, 2524

ฤทธิ์ ธีระโกเมน. "มาตรฐานใหม่สำหรับความปลอดภัยในระบบไฟฟ้า" เซมิคอนดักเตอร์อีเล็คโทรนิคส์. ฉบับที่ 50. (เมษายน - พฤษภาคม) : 2525

วรรณวิไล จันทราภา, ดร. และคณะ. การสาธารณสุข1. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ป.สัมพันธ์พาณิชย์, 2529

วิจัยสภาวะแวดล้อม, สถาบัน. กรุงเทพฯ2545. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526

วิจิตรา จงวิศาล, ดร. สรุปผลการฝึกอบรมเรื่องการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2525

วิทยาลัยพยาบาล, คณาจารย์. การพยาบาลอายุรศาสตร์และศัลยศาสตร์. เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : 2524

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรธน์, ผส.ดร. จิตวิทยาทั่วไป. 2531 (โครงการตำรา คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูเชียงใหม่ สหวิทยาลัยครูล้านนา)

สหรุ่งโรจน์. "สวิทช์" เซมิคอนดักเตอร์ อีเล็คโทรนิคส์. ฉบับที่ 72. (สิงหาคม - กันยายน) : 2529

สาคร คันธโชติ. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์, 2528

สุเทพ ธีระกุล. "เครื่องกำจัดฝุ่นควันในอากาศ" เซมิคอนดักเตอร์ อีเล็คโทรนิคส์. ฉบับที่ 61. (กรกฎาคม - กันยายน 2527) : 128 - 134

สุวิมล สุวณิชย์. "แผงกรองอากาศ" 30 เรื่องน่ารู้เทคนิคการปรับอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : เอ็มแอนด์อี, 2530

อรสา พันธ์ภักดี, และคณะ. กรณีเลือกสรรการพยาบาลฉุกเฉินและวิกฤต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : น่ำกังการพิมพ์, 2529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้ทำวิทยานิพนธ์

นาย ประกาศ วิไล

เกิด 25 ธันวาคม 2511

สถานที่เกิด จังหวัด เชียงใหม่

ที่อยู่ปัจจุบัน 109/1 หมู่ 2 ต.สันพระเนตร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

ชื่อบิดา นาย ศรีพันธ์ วิไล

ชื่อมารดา นาง ไพฑูรย์ จอมมูล (นามสกุลเดิม)

มีพี่น้อง 4 คน เป็นบุตรคนที่ 4

คนที่ 1 นาง อุราพร สิงห์เห อาชีพ พยาบาล

คนที่ 2 นาย ประเสริฐ วิไล อาชีพ ช่างเขียนแบบสถาปัตยกรรม

คนที่ 3 นาย ประยูร วิไล อาชีพ ฝ่ายธุรการ สถานีวิทยุ อ.ส.ม.ท. เชียงใหม่

การศึกษาทั่วไป

พ.ศ.2518 รร. บ้านแม่ดาว จบชั้นประถมปีที่ 4 ด้วยผลการเรียนร้อยละ 90.00

พ.ศ.2522 รร. คำเที่ยงอนุสสรณ์ จบชั้น ประถมปีที่ 6

พ.ศ.2524 รร. เมตตาศึกษา จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยผลการเรียน 3.03

การศึกษาด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ.2527 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ แผนกวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ป.ว.ช.) ด้วยผลการเรียน 3.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

พ.ศ.2530 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ แผนกวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิชาโท เครื่องปั้นดินเผา และเครื่องประดับ จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) ด้วยผลการเรียน 3.13

พ.ศ.2532 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชา ครุศาสตร์ศิลปอุตสาหกรรม วิชาโท ออกแบบเครื่องปั้นดินเผา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ผลการเรียนสะสม 2.96 (3 ภาคเรียน)

ผลงานดีเด่น

พ.ศ.2526 รองชนะเลิศการประกวดวาดเขียน ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัด เชียงใหม่

พ.ศ.2530 ชนะเลิศการประกวดการออกแบบขบวนรถกระทง ประจำอำเภอสันทราย จังหวัด เชียงใหม่

พ.ศ.2530 เขียนภาพพระบรมฉายาลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวันเฉลิมพระชนม์พรรษา ให้แก่หมู่บ้านแม่คาว จังหวัด เชียงใหม่

พ.ศ.2531 ร่วมงานกับเพื่อนนักศึกษา จัดและแสดงผลงานนิทรรศการด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ให้กับแผนก ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ

[redacted]533 เขียนภาพพระบรมฉายาลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในวันเฉลิมพระชนม์พรรษา ให้กับ รร.สุรศักดิ์มนตรี กรุงเทพมหานคร

ผลงานด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ได้แก่ ผลงานด้านการออกแบบและประดิษฐ์เครื่องประดับ ผลงานด้านการออกแบบและผลิตเครื่องปั้นดินเผา ผลงานด้านการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เสริมทักษะสำหรับเด็กวัยอนุบาล เครื่องดูดควันจากการเชื่อมโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ช่วยออกกำลังกายในร่ม อุปกรณ์เสริมทักษะสำหรับเด็กก่อนวัยเรียน ชั้นวางตลับเทปเพลง โคมไฟฟ้าสำหรับที่จอดรถของบ้านพักอาศัยแบบทาวน์เฮาส์ เครื่องคนสีสำหรับเขียนลวดลายตกแต่งเครื่องปั้นดินเผาในโรงงานหัตถอุตสาหกรรม เครื่องฟอกอากาศสำหรับที่พักผู้โดยสารรถประจำทาง อุปกรณ์ของเด็กเล่นสำหรับเด็กอายุ 6-8 ปี และเครื่องให้อากาศบริสุทธิ์แบบพกพาสำหรับผู้โดยสารรถประจำทางและประชาชนทั่วไปในย่านชุมชนที่มีการจราจรแออัดของจังหวัดกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้ยังมีผลงานด้านการศึกษาได้แก่ การประดิษฐ์อุปกรณ์ประกอบ[illegible]น และทำประมวลการสอนวิชา การออกแบบ 2 (ศ.014) ให้แก่ รร.สุรศักดิ์มนตรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้