

หน่วยที่ 13 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

ตอนที่ 13.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

เรื่องที่ 13.1.1. ความหมาย ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

13.1.2 วัตถุประสงค์และหลักการเลือกใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

13.1.3 ชนิดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

ตอนที่ 13.2 อุปกรณ์การตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีแบบอ่านค่าโดยตรง

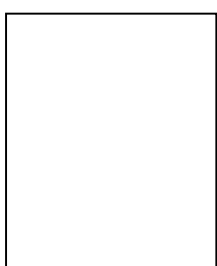
เรื่องที่ 13.2.1 หลักการทำงานพื้นฐาน และการเลือกใช้อุปกรณ์แบบอ่านค่าโดยตรง

13.2.2 ประเภทของเครื่องมืออ่านค่าตรง

หน่วยที่ 13

เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

อาจารย์สุมิตรา ตันติศิลากุล



ชื่อ อาจารย์สุมิตรา ตันติศิลากุล
วุฒิ วท.บ. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)
วท.ม. (สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย)
ตำแหน่ง บริษัท สตาร์รีไฟลิ่ง
หน่วยที่เขียน หน่วยที่ 13

แผนการสอนประจำหน่วย

ชุดวิชา สุขศาสตร์อุตสาหกรรม : การประเมิน

หน่วยที่ 13 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

ตอนที่

13.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

13.2 อุปกรณ์การตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีแบบ อ่านค่าโดยตรง

แนวคิด

1. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง เป็นเครื่องมือที่รวมเอาการเก็บตัวอย่างอากาศ วิเคราะห์
แปลผลได้ในเครื่องมือเดียวกันและ

ประมวลผลการตรวจและแสดงให้เห็นได้ทันทีที่ทำการตรวจวัดระบุค่าความ
เข้มข้นของสารที่ตรวจวัดได้ชัดเจนและตรงกับความเป็นจริง ชนิดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง
สามารถแบ่งได้ตามลักษณะทางกายภาพของสารที่ตรวจวัดได้

แบ่งตามประเภทของป็นป็นที่ต้องการตรวจวัด และแบ่งตามหลักการทำงานของเครื่อง

2. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง มีหลักการทำงานพื้นฐาน คือ การนำอากาศตัวอย่างส่งเข้าไปยังส่วนรับรู้
(Sensor) โดยมีเครื่องดูดอากาศ (Active sampling) หรือ โดยการแพร่กระจายเข้าไปเอง (Passive sampling)
แล้วถูกวิเคราะห์ โดยเครื่องมือ (Meter) ชนิดต่างๆ

การเลือกใช้อุปกรณ์อ่านค่าโดยตรงให้เหมาะสมกับก๊าซและไอหรืออนุภาคที่ทำการตรวจวัดและ
เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดต่างๆ ตลอดจนระบบความปลอดภัยของเครื่องมือและวิธีการสอบ
เทียบเครื่องมือ เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงที่มีความสำคัญในงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม คือ หลอดตรวจวัด
เครื่องวัดก๊าซไวไฟชนิดต่างๆ วัดออกซิเจน และก๊าซพิษต่างๆ เครื่องวัดที่ใช้หลักการ Photo ionization
และ Flame ionization

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาหน่วยที่ 13 แล้ว นักศึกษาสามารถ

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนหน่วยที่ 13
2. ศึกษาเอกสารการสอนตอนที่ 13.1-13.2
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมายในเอกสารการสอน
4. ชมวีซีดีประจำชุดวิชา
5. ทำแบบประเมินผลตนเองหลังเรียนหน่วยที่ 13

สื่อการสอน

1. เอกสารการสอน
2. แบบฝึกปฏิบัติ
3. วีซีดีประจำชุดวิชา

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากกิจกรรมและแนวตอบท้ายเรื่อง
3. ประเมินผลจากการสอบไล่ประจำภาคการศึกษา

เมื่ออ่านแผนการสอนแล้ว ขอให้ทำแบบประเมินผลตนเองก่อนเรียน
หน่วยที่ 13 ในแบบฝึกปฏิบัติ แล้วจึงศึกษาเอกสารการสอนต่อไป

ตอนที่ 13.1

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 13.1 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

- 13.1.1. ความหมาย ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง
- 13.1.2 วัตถุประสงค์และหลักการเลือกใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง
- 13.1.3 ชนิดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

แนวคิด

1. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง หมายถึง เครื่องมือที่รวมเอา การเก็บตัวอย่างอากาศ นำไปวิเคราะห์ และสามารถแปลผลได้ในเครื่องมือเดียวกันและยังสามารถประมวลผลการตรวจและเพื่อแสดงให้เห็น ได้ทันทีที่ทำการตรวจวัดระบุค่าความเข้มข้นของสารที่ตรวจวัดได้ชัดเจนและตรงกับความเป็นจริง เครื่องมือนี้มีข้อดีหลายประการ แต่ก็มีข้อจำกัดหลายอย่างเช่นกัน
2. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันขึ้นกับลักษณะและวัตถุประสงค์ในการสร้างเครื่องมือเพื่อทำการตรวจวัดฉะนั้นควรเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะงานและข้อจำกัดในสภาพการทำงาน
3. การแบ่งชนิดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงแบ่งตามลักษณะทางกายภาพของสารที่ตรวจวัดได้ 2 ประเภทก็คือ ใช้วัดอนุภาค และประเภทที่ใช้วัด ไอและก๊าซ หรือแบ่งตามประเภทของปณเปื้อนที่ต้องการตรวจวัด และแบ่งตามหลักการทำงานของเครื่อง

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 13.1 แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายความหมายและประโยชน์ของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงได้
2. อธิบายรายละเอียดวัตถุประสงค์ และหลักการใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงได้
3. อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับประเภทของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงประเภทต่างๆ ได้

เรื่องที่ 13.1.1

ความหมาย ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

ความหมายของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง (Direct Reading Instrument) หรือ เครื่องมืออ่านค่าที่เวลาตรวจวัดจริง (Real-Time Measurement Instrument) เป็นเครื่องมือที่รวมเอาการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างไว้ด้วยกันในเครื่องมือชิ้นๆ ซึ่งสามารถอ่านค่าจากการตรวจวัดได้ โดยตรงและทันทีหรือใกล้เคียงกับเวลาที่ทำการตรวจวัด ผลจากการตรวจวัดอาจอยู่ในรูปการอ่านหน้าปัทม์ของอุปกรณ์ การอ่านแถบกระดาษบันทึก การเปรียบเทียบจากการเปลี่ยนสีของเคมีบนมาตรวัด หรือเปลี่ยนจากสีหนึ่งไปเป็นอีกสีหนึ่ง เพื่อแจ้งค่าเป็นต้น เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง บางครั้งถูกเรียกว่าเป็น เครื่องมืออ่านค่าที่เวลาวัดจริง เนื่องจากให้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และประมวลออกมา ในช่วงเวลาใกล้เคียงกับวัดตัวอย่างมากและสามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจในการทำงานด้วยความปลอดภัยได้ทันที ด้วยเหตุนี้จึงเรียกว่า (Real-Time Measurement Instrument)

การวิเคราะห์ตัวอย่างของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง ที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะเน้นเครื่องมือเพื่อการตรวจวัดตัวอย่างในรูปของอนุภาค ก๊าซ หรือ ไอของสารเคมี ในสิ่งแวดล้อมการทำงานเท่านั้น

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงที่ดี ควรจะสามารถเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์อากาศในสิ่งแวดล้อม ในการทำงาน ระบุผลความเข้มข้นของสารที่ทำตรวจวัดได้ชัดเจนและตรงกับความจริง ในเวลาที่รวดเร็ว ทั้งในการอ่านค่าความเข้มข้นระยะสั้น (Short-Term Measurement) จากการตรวจวัดระยะสั้น และการอ่านค่าความเข้มข้นในระยะยาวจากการตรวจวัดระยะยาว (Long-Term Measurement) และควรมีส่วนประกอบที่ใช้บันทึกค่าที่อ่านได้อยู่ด้วย (Data-logger)

การใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง จะได้ประโยชน์อย่างยิ่งต่อการใช้ประเมินผลแนวโน้มของสภาวะที่เป็นอันตรายอย่างทันทีทันใดในโรงงานอุตสาหกรรม หากได้รับการปรับเทียบ (Calibration) อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังต้องเรียนรู้ และทำความเข้าใจกับการใช้เครื่องมือ ลักษณะการทำงาน และขีดจำกัดต่างๆ ของเครื่องมือด้วย

เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงมีอยู่หลายชนิดและสามารถแบ่งเป็นกลุ่มของเครื่องมือได้หลายอย่าง ซึ่งจะกล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป อย่างไรก็ตามสามารถสรุปข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือเหล่านี้ ในภาพรวม ได้ดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. สามารถวัดและอ่านค่า ความเข้มข้นของปนเปื้อนหรือสารเคมี ในบรรยากาศได้ทันทีทันใด ซึ่งสามารถประเมินสภาวะแวดล้อมในบริเวณนั้นๆ ได้อย่างทันทีทันใด

2. สามารถบันทึก ความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนหรือสารเคมีติดต่อกันได้นาน 24-48 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงได้
3. สามารถติดตั้งระบบเตือนภัยเข้ากับเครื่องเหล่านี้ เพื่อใช้ในการเตือนผู้ปฏิบัติงานให้ทราบถึงสภาวะอันตรายที่ตรวจพบได้
4. ลดจำนวนการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการลงได้
5. เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาและจัดเตรียมตรวจวัดที่สมบูรณ์และซับซ้อนต่อไป
6. สามารถใช้แทนการตรวจวัด ทางห้องปฏิบัติการในจุดที่ ยุ่งยากและลำบากในการเก็บตัวอย่างวิธีอื่นๆ
7. ไม่เปลืองค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ วิเคราะห์แต่ละครั้ง
8. ใช้ในการติดตาม ตรวจวัดการสัมผัสส่วนบุคคล (Personal exposure) ได้สะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น
9. เพื่อใช้ผลในการตัดสินใจเลือกใช้ เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากกรองสารเคมี
10. ใช้ตรวจสอบในการทำ Fit Testing ของหน้ากากกรองสารเคมี

ข้อจำกัด

1. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง บางชนิดมีราคาสูง
2. จำเป็นต้องมีการปรับค่าความถูกต้องบ่อยๆหากไม่ได้รับการปรับเทียบความถูกต้องจะมีปัญหาต่อการใช้เครื่อง
3. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง บางชนิดไม่สามารถนำ เครื่องติดตัวไปได้เนื่องจากมีข้อจำกัดบางอย่าง เช่น น้ำหนัก ไม่ใช่เครื่องมือที่ได้รับรองการเกิดประกายไฟส่งผลต่อการระเบิดได้ (Explosion proof)
4. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงบางชนิด ไวต่อการรบกวนจากสารเคมี ทำให้การอ่านค่าผิดพลาด
5. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง บางชนิด มีรายละเอียด และข้อจำกัด ในการใช้ และการบำรุงรักษา ยุ่งยาก ซับซ้อน
6. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงบางชนิด มีการแปลผลไม่ชัดเจน เช่น การเปลี่ยนสีเทียบค่า ยากต่อการอ่านค่า

กิจกรรม 13.1.1

1. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง แตกต่างจากเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการอย่างไร

2. จงระบุข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงอย่างละ 2 ข้อ

แนวตอบกิจกรรม 13.1.1

1. แยกต่างตรงที่เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงรวมการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ตัวอย่างในเครื่องมือ นั้นๆ และสามารถอ่านค่าจากการตรวจวัดได้ทันทีที่ทำการตรวจวัดหรือใกล้เคียงเวลาที่ตรวจวัดจริง

2. ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

ข้อดีของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

- สามารถติดตั้งระบบเตือนภัยเข้ากับเครื่องมือเหล่านี้ได้
- ลดจำนวนการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการลงได้

ข้อจำกัดของเครื่องมืออ่านค่าตรง

- จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบบ่อยๆ
- บางชนิดไวต่อสารรบกวนทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้ง่าย

เรื่องที่ 13.1.2

วัตถุประสงค์และหลักการเลือกใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

การใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการใช้เครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แตกต่างกันที่เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง ใช้ประเมินสิ่งแวดล้อมได้ขั้นต้น สะดวกและรวดเร็ว เพื่อนำผลการตรวจวัดไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจ และแก้ปัญหาจากการปนเปื้อนของสารที่เป็นอันตรายได้ทันเวลาที่

วัตถุประสงค์ของการใช้เครื่องมือมี ดังนี้

1. เพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดสารอันตรายในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง
2. เพื่อตรวจสอบว่าค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนหรือสารที่เป็นอันตรายในบรรยากาศการทำงาน เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่
3. เพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพการทำงานและสมรรถภาพของเครื่องมือที่ใช้สำหรับควบคุม หรือ กำจัดสิ่งปนเปื้อนในบรรยากาศว่ายังคงทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเหมือนเดิมหรือไม่
4. เพื่อตรวจสอบสถานะแวดล้อมของสถานที่ต้องเข้าไปปฏิบัติงาน ในกรณีฉุกเฉิน ว่ามีสภาพบรรยากาศที่จะเป็นอันตรายต่อผู้ที่เข้าไปปฏิบัติงานหรือไม่ เพื่อใช้ติดตั้งที่จุดใดจุดหนึ่ง สำหรับติดตาม ตรวจสอบสถานะแวดล้อมของบริเวณนั้นๆ อย่างต่อเนื่องตลอดเวลาการทำงาน ซึ่งการติดตามตรวจสอบจะ ทำด้วยเหตุผลข้อหนึ่งข้อใด ดังนี้

- 4.1 เพื่อติดตั้งร่วมกับระบบเตือนภัย (Alarm system) สำหรับเตือนภัยในกรณีที่ระบบควบคุมสาร

ที่เป็นอันตรายเกิดการขัดข้อง และมีสารที่เป็นอันตรายรั่วไหลออกมายังบรรยากาศของการทำงาน

4.2 เพื่อที่จะบันทึกค่าความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนในบรรยากาศของสถานที่ทำงาน ในลักษณะเอกสารถาวร เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยทางการระบอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอาชีวอนามัยและกฎหมาย เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงประสิทธิภาพระบบควบคุมสิ่งปนเปื้อน เป็นต้น

5. เพื่อตรวจสอบสภาวะภายในที่อับอากาศว่าเหมาะสมและปลอดภัยเพียงพอที่จะเข้าไปดำเนินการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ ซึ่งการติดตาม ตรวจสอบนี้จะทำด้วยเหตุผล ดังต่อไปนี้

5.1 เพื่อวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนว่ามีความเข้มข้นเพียงพอและเหมาะสมแก่ผู้ปฏิบัติงาน ในการที่จะดำเนินงานอย่างต่อเนื่องในที่อับอากาศ

5.2 เพื่อวัดระดับความเข้มข้นของสารพิษที่เจือปนอยู่ในสถานที่อับอากาศว่าลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และช่วยในการตัดสินใจที่จะเจือจางสารพิษด้วยมาตรการอื่น ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าปฏิบัติหน้าที่ได้

การวัดเพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศในที่อับอากาศนั้น ต้องดำเนินการทั้งก่อนเข้าปฏิบัติงาน (Initial Entry Testing) และตรวจวัดต่อเนื่องระหว่างปฏิบัติงานตลอดเวลา เพื่อยืนยันสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ตลอดเวลาการทำงานในที่อับอากาศ (Confined Space Testing)

หลักการเลือกใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

เนื่องจากการใช้เครื่องมืออ่านค่าตรง ทำให้สามารถประเมินค่าความเข้มข้นของสารที่เป็นอันตรายในบริเวณหนึ่งๆ ได้ทันที เพื่อให้สามารถดำเนินการพิจารณาปรับปรุง แก้ไขหรือหยุดสาเหตุ และขั้นตอนที่เป็นอันตรายได้อย่างทันท่วงที เป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับสารที่เป็นอันตรายในปริมาณมาก ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงต่อความเจ็บป่วยจากการได้รับสารที่เป็นอันตรายลง

ฉะนั้นการเลือกใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง และการแปลผลที่ตรวจวัดได้นั้นจะต้องทำด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพราะมีเครื่องมืออ่านค่าโดยตรงจำนวนมากที่ไม่สามารถวัดผลต่อความเข้มข้นสารปนเปื้อนอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยจัดการรบกวนจากสารปนเปื้อนอื่นๆ ในบริเวณเดียวกันออกไปได้ ดังนั้นก่อนที่จะนำผลที่ตรวจวัดได้ไปใช้ ในการให้ข้อเสนอแนะที่ต้องการ ความเชื่อมั่นสูง ก็ควรจะทำการศึกษาและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม เพื่อให้ได้รับข้อมูลสนับสนุนจากวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่มีความถูกต้อง เชื่อถือได้มากขึ้น

ผู้ทำการตรวจวัดหรือนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมที่ยังไม่คุ้นเคยในการตรวจวัด หรือยังมีประสบการณ์ไม่เพียงพอกับกระบวนการผลิต หรือในกรณีมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือมีการเปลี่ยนสารเคมีที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ในกรณีเหล่านี้จะต้องระมัดระวังในการนำผลที่ตรวจวัดได้ไปใช้มากขึ้น รวมถึงการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม ทั้งในด้าน สารเคมีเฉพาะและระดับการตรวจวัดที่เหมาะสม

กิจกรรม 13.1.2

จับบอแก้วตฤประสงค้ของการใช้เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงสำหรับการตรวจติดตามตรวจสอบสภาวะแวดล้อมในบรรยากาศ

แนวตอบกิจกรรม 13.1.2

1. เพื่อค้นหาแหล่งกำเนิดสารอันตรายในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เพื่อเข้าระงับการรั่วซึมได้ทันการณ์
2. เพื่อตรวจสอบสภาวะแวดล้อมของสถานที่ๆ ต้องเข้าไปปฏิบัติงานในกรณีฉุกเฉินว่ามีสภาพบรรยากาศที่เป็นอันตรายต่อผู้ที่เข้าไปปฏิบัติงานหรือไม่

เรื่องที่ 13.1.3

ชนิดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

ในการแบ่งชนิดของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง สามารถแบ่งได้หลายลักษณะ ดังต่อไปนี้
การแบ่งประเภทตามลักษณะทางกายภาพของสารปนเปื้อนในบรรยากาศที่ต้องการตรวจวัด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงที่ใช้วัดอนุภาค
2. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงที่ใช้วัดก๊าซและไอ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้วัดอนุภาคนั้น หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดอนุภาคทั้งที่อยู่ในสถานะของแข็งและของเหลว ซึ่งรวมไปถึง ฝุ่น (Dust) ฟุ้ง (Fume) ควัน (Smoke) มิสต์ (Mist) และ ฝอก (Fog)

ส่วนเครื่องมือที่ใช้วัดก๊าซและไอนั้น เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดก๊าซทั้งที่อยู่ในสถานะก๊าซที่อุณหภูมิห้อง และความดันบรรยากาศปกติ และที่เป็นไอ ซึ่งเป็นก๊าซที่เปลี่ยนสถานะจากของเหลว หรือของแข็งภายใต้สภาวะแวดล้อมใดๆ โดยการระเหย หรือกลายเป็นไอเนื่องจากอิทธิพลความดันไอของตัวเอง

การแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของสารปนเปื้อนในบรรยากาศที่ต้องการตรวจวัด

1. สารปนเปื้อนที่อยู่ในประเภทสารพิษ (Toxic substance) เป็นสารปนเปื้อนที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย ตามลักษณะความเป็นพิษของสารเคมีปนเปื้อนนั้นๆ ตัวอย่างของสารที่สามารถตรวจวัดได้โดยเครื่องมืออ่าน ค่าโดยตรง คือ เบนซีน (Benzene) สารปรอท (Mercury)
2. สารปนเปื้อนที่อยู่ในประเภทสารไวไฟ (Combustible substance) เป็นสารปนเปื้อนที่อันตรายหลักที่เกิดขึ้นได้ง่ายและเด่นชัด ส่งผลต่อสถานการณ์การทำงานที่เสี่ยงต่อการลุกติดไฟ ตัวอย่างของสารเหล่านี้ ได้แก่ มีเทน (Methane) โพรเพน (Propane) แอลพีจี (LPG) ไฮโดรเจน (Hydrogen)

3. ปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศการทำงาน (Oxygen) ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความจำเป็นต่อการหายใจของมนุษย์ จำเป็นต้องมีระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ระหว่าง 19-23% หากมีค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 19% หรือสูงกว่า 23% ของอากาศที่ใช้ในการหายใจ ร่างกายผู้ปฏิบัติงานอาจเกิดอันตรายได้ จึงต้องพิจารณาเครื่องช่วยหายใจในการทำงาน หรือ ระวังการทำงานเพื่อปรับสภาพการทำงาน ให้เหมาะสมก่อนการแบ่งตามหลักการทำงานของเครื่องมือ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. แบ่งตามหลักทางกายภาพ

- 1.1 ชนิดที่ใช้หลักการเทียบสี (Colorimetric type)
- 1.2 ชนิดที่ใช้หลักการความร้อน (Thermal type)
- 1.3 ชนิดที่ใช้หลักการไฟฟ้า (Electrical type)
- 1.4 ชนิดที่ใช้หลักการมองเห็น (Optical type)
- 1.5 ชนิดที่ใช้หลักการวัดความเข้มข้นของแสง (Photometric type)

2. แบ่งตามหลักทางกายภาพและเคมี

- 2.1 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงที่ใช้หลักการทางกายภาพ
- 2.2 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง ที่ใช้หลักการเปลี่ยนสีทางเคมี

3. แบ่งตามกลไกการนำสารตัวอย่างเข้าในเครื่องมือ

- 3.1 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง (Passive sampling)
- 3.2 เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง (Active sampling)

กิจกรรม 13.1.3

เครื่องมืออ่านค่าตรงสามารถแบ่งประเภทใหญ่ได้ ตามลักษณะต่างๆ เช่น ทางกายภาพ คุณสมบัติของสารปนเปื้อน และแบ่งตามลักษณะการทำงานของเครื่อง จงยกตัวอย่างเครื่องมือที่แบ่งตามหลักการทำงานของเครื่องมือมา 2 ชนิด

แนวตอบกิจกรรม 13.1.3

ชนิดของเครื่องมือแบ่งตามลักษณะหลักการทำงานของเครื่องมือ

1. ชนิดที่ใช้หลักการเทียบสี (Color meter type)
2. ชนิดที่ใช้หลักการความร้อน (Thermal type)

ตอนที่ 13.2

อุปกรณ์การตรวจวัดความเข้มข้นของสารเคมีแบบ อ่านค่าโดยตรง

โปรดอ่านหัวเรื่อง แนวคิด และวัตถุประสงค์ของตอนที่ 13.2 แล้วจึงศึกษารายละเอียดต่อไป

หัวเรื่อง

13.2.1 หลักการทำงานพื้นฐาน และการเลือกใช้อุปกรณ์แบบอ่านค่าโดยตรง

13.2.2 ประเภทของเครื่องมืออ่านค่าตรง

แนวคิด

1. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง มีหลักการทำงานพื้นฐาน คือ การนำอากาศตัวอย่างส่งเข้าไปยังส่วนรับรู้ (Sensor) โดยมีเครื่องดูดอากาศ (Active sampling) หรือโดยการแพร่กระจายเข้าไปเอง (Passive sampling) แล้วถูกวิเคราะห์ โดยเครื่องมือ (Meter) ชนิดต่างๆ เช่น หลอดตรวจวัด เครื่องวัดก๊าซไวไฟ เครื่องวัดก๊าซพิษ และออกซิเจน ขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งแวดล้อมและก๊าซหรือไอที่จะทำการตรวจ และจะแปลผลอ่านค่าโดยตรงแสดงผ่านจอแสดงผลหรือมาตรวัดในลักษณะต่างๆ กัน
2. การเลือกใช้อุปกรณ์อ่านค่าโดยตรงให้เหมาะสมกับก๊าซและไอหรืออนุภาคที่ทำการตรวจวัดและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดต่างๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับผู้ทำการตรวจวัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิตคู่มือการใช้งาน ข้อมูลลักษณะเฉพาะของเครื่องมือ เช่นชนิดของเซนเซอร์ ระดับหรือช่วงการตรวจวัด เวลาในการตอบสนอง ความแม่นยำ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการวัด อัตราการไหลที่ใช้ เป็นต้น นอกจากนี้ระบบความปลอดภัยของเครื่องมือและวิธีการสอบเทียบก็ควรนำมาพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์อีกด้วย
3. เครื่องมืออ่านค่าโดยตรง ประเภทต่างๆที่มีความสำคัญในงานสุขศาสตร์อุตสาหกรรม คือ หลอดตรวจวัด เครื่องวัดก๊าซไวไฟชนิดต่างๆ วัดออกซิเจน และก๊าซพิษต่างๆ เครื่องวัดที่ใช้หลักการ Photo ionization และ Flame ionization เพื่อจะได้ทราบหลักการทำงานข้อดีและข้อจำกัดในการใช้งาน

วัตถุประสงค์

เมื่อศึกษาตอนที่ 13.2 แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานพื้นฐาน และสามารถอธิบายวิธีการและหลักการเลือกใช้อุปกรณ์แบบอ่านค่าโดยตรงได้อย่างเหมาะสม

2. อธิบายหลักการทำงาน การใช้เครื่องมืออ่านค่าตรง และข้อจำกัดของเครื่องมือได้

เรื่องที่ 13.2.1

หลักการทำงานพื้นฐาน และการเลือกใช้อุปกรณ์แบบอ่านค่าโดยตรง

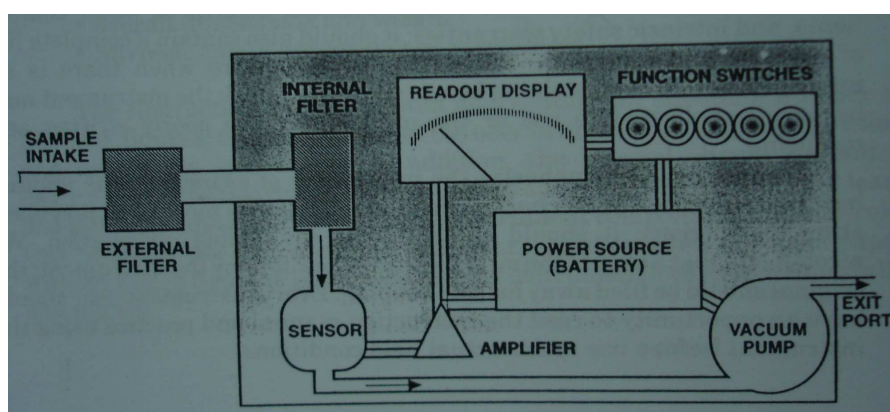
หลักการทำงานพื้นฐาน

ในปัจจุบันเครื่องมือตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรง

เข้ามามีบทบาทในการใช้งานด้านอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย

ทำให้มีการพัฒนาอุปกรณ์และวิธีการใช้งานให้เหมาะสม สะดวกและรวดเร็วต่อผู้ใช้ในอุตสาหกรรม แต่หลักการทำงาน ก็ไม่ได้แตกต่างไปจากหลักการต่อไปนี้

อุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าตรงมักจะเรียกกันติดปากว่า มิเตอร์ (Meter) และบรรจุในกล่องหรือหีบ ที่ได้รับการออกแบบให้ดูน่าใช้และสวยงามจากผู้ผลิตที่ต่างกัน ไป มีช่อง/ส่วนที่แสดงค่าของผลการตรวจวัด อาจเป็นตัวเลข (Digital) หรือเข็มบอกระดับ (Analog) หรือเป็นแท่งกราฟบอกระดับที่ตรวจวัดได้ผ่านหน้าจอแสดงผล (Readout display) ส่วนประกอบที่เห็นชัดเจนนอกอีกตัว คือ ปุ่มควบคุมการทำงาน หรือปรับการทำงาน (Control function switch) ซึ่งรวมไปถึงปุ่มปิด/เปิด (On/Off switch) ปุ่มปรับค่าศูนย์ (Zero adjust) ปุ่มเลือกเกณฑ์และช่วงในการอ่านค่าการตรวจวัด (Rank or scale selector) และปุ่มตรวจวัดระดับแบตเตอรี่ และอาจมีปุ่มเลือกสัญญาณเตือน (Alarm) ก็ได้ สัญญาณเตือนที่เลือกใช้ส่วนใหญ่เป็นสัญญาณเสียง ซึ่งจะทำงานเมื่อตรวจพบสารปนเปื้อนเกินค่าที่ตั้งไว้ ส่วนสำคัญที่จะต้องศึกษา เพื่อค้นหาอุปกรณ์ตรวจวัดให้เหมาะกับสารปนเปื้อนหรือสารเคมีที่ต้องการตรวจวัด คือ เซนเซอร์ (Sensor or detector)



ภาพที่ 13.1 การทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าตรง

แบตเตอรี่ เป็นตัวให้พลังงานโดยส่งผ่านกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงอุปกรณ์ แบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็นแบบนำมาใช้ใหม่ได้ (Re-chargeable) หรือแบบใช้แล้วทิ้งก็ได้ (Disposable)

ตัวอย่างอากาศที่มีสารปนเปื้อน หรือสารเคมีจะถูกดึงเข้าไปในอุปกรณ์โดยปั๊มดูดอากาศ (Active sampling) เพื่อนำอากาศเข้าไปสัมผัสเซนเซอร์ หรือเข้าไปสัมผัสกับเซนเซอร์โดยแพร่กระจายตัวเข้าไปเอง (Passive sampling) โดยปราศจากแรงดูดจากปั๊ม

ตัวอย่างอากาศจะเดินทางไปยังท่อหรือสายส่ง เพื่อจะทำการส่งออกไปนอกอุปกรณ์ ในบางอุปกรณ์อาจมีแผ่นกรองเพื่อกรองเอาสารปนเปื้อนออกจากอากาศตัวอย่างที่ปล่อยออกไป บางอุปกรณ์อาจเป็นของเหลวคักจับแทนแผ่นกรอง ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่อยู่ในตัวอย่างอากาศ

ในขณะเดียวกัน เซนเซอร์จะทำการวิเคราะห์เพื่อได้ข้อมูลและส่งสัญญาณไปที่ ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) และได้รับผลการวิเคราะห์ผ่านทางจอแสดงผล

การเลือกอุปกรณ์อ่านค่าโดยตรง

ในการประเมินอันตรายจากสารปนเปื้อน/สารเคมี ในสิ่งแวดล้อมการทำงานเป็นขั้นตอนของการสำรวจ เพื่อหาจุดกำเนิดหรือบริเวณที่มีอันตรายรวมไปถึงการประเมินอันตรายเบื้องต้นจากการเดินสำรวจนั้น ยังไม่สามารถบอกความเข้มข้นของสารปนเปื้อนของสารเคมีในบรรยากาศได้ เพื่อนำไปสู่มาตรการควบคุมที่มีประสิทธิภาพเพียงพอและทันทั่วถึง อุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรงเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการประเมินอันตรายสารปนเปื้อนสารเคมีอย่างมาก ไม่ว่าสารปนเปื้อนจะอยู่ในรูป ก๊าซ ไอ หรือ อนุภาค ดังนั้นในการเลือกอุปกรณ์ดังกล่าวจึงมีส่วนส่งเสริมให้การตรวจวัดมีค่าที่แม่นยำ ถูกต้อง และสอดคล้องกับอันตรายที่ทำการประเมินอยู่ โดยใช้หลักการเบื้องต้นต่อไปนี้ ในการเลือกใช้ หรือซื้อเครื่องมือ

1. ผู้ผลิต

เป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดมาก และที่สำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อ/ใช้

ควรเลือกผู้ผลิตที่มีชื่อเสียงและมีประสบการณ์

ในการผลิต ให้บริการหลังการขายและซ่อมอุปกรณ์ดังกล่าว นอกจากนี้ผู้ผลิตที่มีการพัฒนา ศึกษา และวิจัยผลิตภัณฑ์ เพื่อผลิตอุปกรณ์ที่ทันสมัยก็เป็นสิ่งที่ควรพิจารณา ข้อเสนอในการรับประกันอุปกรณ์ ก็เป็นสิ่งที่สร้างความเชื่อถือได้ แต่มันไม่มีความหมายใดๆ เลยหากบริษัทนั้นเลิกกิจการเสียแล้ว

2. คู่มือการใช้งาน

เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะพิจารณาว่าผู้ผลิตน่าเชื่อถือ และมีคุณภาพหรือไม่

ผู้ผลิตส่วนใหญ่ได้จัดเตรียมคู่มือการใช้งาน

ไว้พร้อมกับอุปกรณ์ที่ขาย ในขณะที่บางรายจะต้องจ่ายเงินเพื่อซื้อเพิ่มอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดี จะดูได้จากคู่มือที่ได้จัดวางบทต่างๆ ไว้ให้อ่านได้ง่าย เข้าใจได้ง่าย

คู่มือการใช้งานของอุปกรณ์ที่ดี จะต้องมีข้อมูลที่ชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ หลักการใช้งานของอุปกรณ์ (Theory of operation) ข้อจำกัดของอุปกรณ์ (Limitation) การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ (Trouble shooting) การปรับเทียบอุปกรณ์ (Calibrating) การบำรุงรักษา (Maintenance) การทำความสะอาดอุปกรณ์ (Cleaning) การเปลี่ยนเซนเซอร์ (Replacing of sensor) มีรายการของส่วนประกอบของอุปกรณ์ (Accessories and replacement parts) และที่สำคัญสำหรับผู้ที่willเลือกใช้ คือคำอธิบายการใช้งานของคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ แต่ในทางปฏิบัติผู้เลือกใช้อาจไม่สามารถตรวจสอบคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ก่อนที่จะซื้อเครื่องมือหรืออุปกรณ์ดังกล่าวได้

3. พิจารณาข้อมูลลักษณะเฉพาะของเครื่องมือ (Specification review)

พิจารณาสภาพการใช้งานและลักษณะทางกายภาพของอุปกรณ์เพื่อดูว่าสอดคล้องกับอันตรายที่ต้องการประเมินหรือไม่ และสภาพการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์จริงสามารถดำเนินการเก็บประเมินอันตรายได้ โดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าว

- ชนิดของเซนเซอร์ (Type of sensor)
- ช่วง/ระดับ ในการตรวจจับสาร (Detection range)
- ความแม่นยำ (Accuracy) \pm กี่ % ของค่าที่อ่านได้
- เวลาในการตอบสนอง (Response time)
- อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมขณะทำการตรวจวัด (Operating temperature)
- ระดับความเข้มข้นของออกซิเจนขณะทำการตรวจวัด (Operating oxygen range)
- อัตราการไหลของอากาศขณะทำการเก็บตัวอย่าง (Sampling air flow rate)
- แหล่งพลังงาน (Power source)
- อายุของแบตเตอรี่ หรือระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (Battery life or operating time on full battery charged)
- รูปร่างและน้ำหนัก (Overall dimension and weight)
- ได้รับการยืนยันเรื่องความปลอดภัยของระบบการทำงานภายในอุปกรณ์ (Intrinsic safety approvals)

3.1 ระบบความปลอดภัยของเครื่องมือ (Inherent safety)

อุปกรณ์ที่ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งพลังงานก็เป็นแหล่งของการจุดติดไฟในสิ่งแวดล้อมที่มีสารไวไฟได้เช่นกัน

ดังนั้นการใช้อุปกรณ์ในบริเวณที่มีสารไวไฟหรือคาดว่าจะมีสารไวไฟจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการทดสอบและรับรองว่าไม่ก่อให้เกิดการระเบิดจุดติดไฟได้ (Intrinsically safe or explosion proof) อุปกรณ์ที่ได้รับการรับรองว่าไม่ก่อให้เกิดการระเบิดหรือจุดติดไฟได้ถูกออกแบบให้ก๊าซไวไฟที่ผ่านเข้าไปในเครื่องถูกดักจับไว้อย่าง

รวดเร็ว ระบายการระเบิด และไม่ให้กระจายตัวออกไป เครื่องมือนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในสิ่งแวดล้อมที่มีสารไวไฟได้โดยไม่ให้มีการปลดปล่อยความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจนถึงระดับติดไฟได้ในสภาพแวดล้อม

3.2 การเลือกและการใช้อุปกรณ์ (Instrument design & operation)

อุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้ภาคสนามควรมีน้ำหนักเบา เคลื่อนย้ายได้ง่าย แข็งแรง กระทัดรัด ทนต่ออุณหภูมิและสภาวะอากาศ รวมทั้งใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย ดูแลได้ง่าย มีที่สะพาย มีช่องใส่ และไม่เปราะเปื้อนง่าย และถ้าใช้ในการตอบโต้ภาวะฉุกเฉิน ควรเป็นเครื่องมือที่มีระยะการอุ่นเครื่องสั้น

1) เครื่องมือ/อุปกรณ์ในการตรวจวัดควรมีหน้าจอแสดงผลที่ดูเห็นได้ง่าย อ่านได้ชัดเจน มีแสงไฟช่วยหากอยู่ในที่จำเป็นต้องใช้

2) อุปกรณ์เตือนภัยเป็นสัญญาณเสียงหรือแสงก็จำเป็นในสภาวะการทำงานในที่คับแคบ ไม่สะดวกต่อการสังเกตหน้าจอบ่อยๆ หรือใส่อุปกรณ์ป้องกันชนิดอื่นควบคู่ทำให้ไม่สามารถดูผลที่หน้าจอได้สะดวก จึงควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีสัญญาณเตือนภัยควบคู่ไปด้วย

3) อุปกรณ์ช่วยดูดอากาศหรือปั๊ม เพื่อดูดเอาอากาศเข้ามาให้เซนเซอร์ เพื่อวิเคราะห์ จะช่วยทำให้ทราบค่าของสารปนเปื้อนอากาศบริเวณได้เร็วยิ่งขึ้น

4) นอกจากนี้สายที่ต่อกับตัวเครื่องดูดอากาศ (Hose) หรือท่อ (Proof) ที่จำเป็นต้องใช้ในกรณีต้องการตรวจวัดใช้ในช่องหรือถึงที่ไม่สามารถนำอุปกรณ์ตรวจวัดเข้าไปได้

5) Short response time ควรเลือกอุปกรณ์ที่มี ระยะในการตอบสนองสั้น เครื่องมืออ่านค่าโดยตรงมีค่าการตอบสนองผลการวิเคราะห์ ตั้งแต่ หลานวินาทีจนถึงหลายนาที เลือกที่เหมาะสมและจำเป็นต่อการใช้งาน

6) Recovery time คือ เวลาที่อุปกรณ์ใช้ในการที่จะกลับมาที่จุด 0 หรือ

จุดเริ่มต้นและพร้อมที่จะรับวิเคราะห์

ตัวอย่างใหม่ที่เข้าไป หลังจากทีวิเคราะห์ผลและอ่านค่าของตัวอย่างก่อนหน้านี้ Recovery time อาจได้รับ

อิทธิพลจากอัตราการเก็บตัวอย่าง ความยาวของสาย (Hose) เก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นของสารปนเปื้อน (Concentration of contaminant) รวมทั้งอุณหภูมิ และความชื้น (Temperature & Humidity)

7) Warm-up time คือ ช่วงเวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องมือให้พร้อมตั้งแต่เปิดสวิทช์

จนกระทั่งเครื่องสามารถ

ใช้งานได้ ซึ่งหากผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจวัดได้กรณีตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉิน Warm-up time ก็เป็นตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่ง ในการพิจารณาเลือกใช้เครื่อง

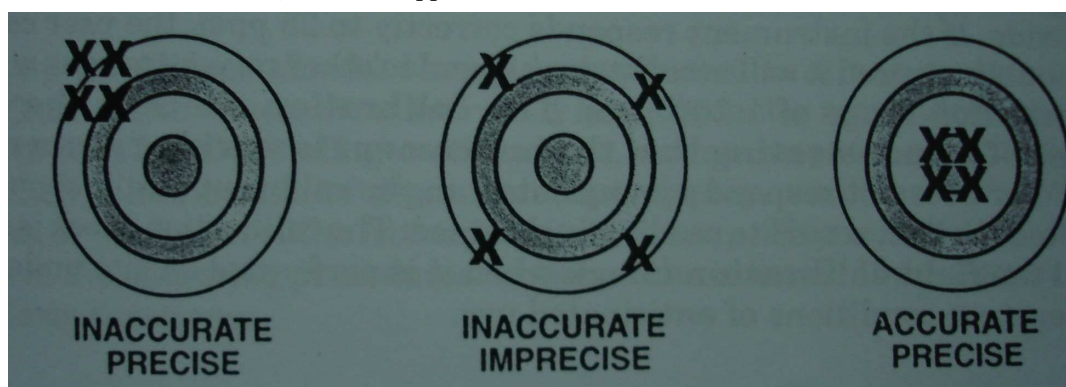
8) Sensitivity (ค่าที่สามารถตรวจวัดได้) โดยทั่วไปจะอธิบายถึงค่า Detection limit ของเครื่องมือ หรือพูดอีกนัยหนึ่ง คือ ความเข้มข้นของสาร/ปริมาณสารน้อยที่สุดที่เครื่องมือ สามารถตรวจวัดได้อย่างมีความน่าเชื่อถือ Sensitivity มีความสำคัญมากในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นเล็กน้อย และส่วนเล็กน้อยนั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพร้ายแรง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมเช่นกัน และส่วนใหญ่ที่พบเครื่องมือที่มี Sensitivity สูงๆ มักจะต้องการเวลาในการ Warm-up นาน การสอบเทียบ (Calibration) ถี่ขึ้น และต้องการการดูแลอย่างระมัดระวังมากขึ้นด้วย

9) Selectivity (สารที่จะทำการตรวจวัด) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกกว่าเครื่องมือนี้สามารถตรวจวัดสารเคมีปนเปื้อนประเภทใด และมีสารอะไรรบกวนการตรวจวัดได้บ้าง ส่วนใหญ่จะถูกระบุไว้ในคู่มือการใช้งาน ของเครื่องจะตรวจวัดอะไรได้บ้างและห้าม หรือระวังหากสารบางตัวที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่อง

10) Precision (ความเที่ยงตรง)

เป็นการวัดความเที่ยงตรงของค่าการตรวจวัดโดยอุปกรณ์/เครื่องมือเมื่อทำการตรวจวัดหลายครั้ง ได้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก ถือว่ามีความเที่ยงตรง

11) Accuracy (ความแม่นยำ) ค่าที่มิเตอร์/อุปกรณ์ ได้อ่านได้ผลตรงกับค่าของตัวอย่างที่รู้ผลอยู่แล้ว (Known sample) เช่น มิเตอร์ A อ่านผลได้จากการวัดสาร A-50 ppm ซึ่งสารเป็นสารมาตรฐานที่ทำการขึ้นที่ความเข้มข้น 50 ppm นั้นหมายความว่า มิเตอร์ A มี accuracy สูง แต่ในขณะเดียวกันเมื่อใช้ มิเตอร์ C วัดสาร B/ ผลที่ได้ คือ 50, 40, 80, 100 ppm แสดงว่า มิเตอร์ C ไม่มี Precision



ภาพที่ 13.2 แสดงความแม่นยำ และ ความเที่ยงตรง

3.3 การสอบเทียบอุปกรณ์ (Instrument calibration)

เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศจะทำการสอบเทียบโดยผู้ผลิต เพื่อให้มีความแม่นยำ (Accuracy) กับ

อนุภาค ไอ หรือก๊าซที่ใช้ตรวจวัด การปรับเทียบครั้งแรกจะถูกปรับเทียบโดยผู้ผลิต โดยใช้สารหรือก๊าซที่มีความเข้มข้นต่างๆ จากนั้นเครื่องมือก็จะมีการตอบสนองอย่างแม่นยำในช่วง ความเข้มข้น และสารที่นำมาสอบเทียบเท่านั้น มิเตอร์จะไม่ตอบสนองอย่างแม่นยำกับก๊าซอื่นและช่วงความเข้มข้นที่ต่างออกไป แต่จะมีการตอบสนองแบบมีความสัมพันธ์ (Relative response) ซึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ควรจะเป็นในสิ่งแวดล้อม แต่ไม่ได้หมายความว่าอุปกรณ์นั้นใช้ไม่ได้เลย หากแต่ถ้าเมื่อใช้ตรวจวัดก๊าซหรือสารที่ไม่ใช่ตัวที่ใช้สอบเทียบ จะต้องมีการสอบเทียบการตอบสนอง (Gas equivalents /Response equivalents) ส่วนใหญ่ ผู้ผลิตจะเตรียมข้อมูลไว้ให้เพื่อเปรียบเทียบ และแปลงค่าเรียกว่า (Relative response curves หรือ Conversion factors) สำหรับก๊าซหรือไออื่นๆ ที่เครื่องนำไปตรวจวัดแต่ไม่ได้ใช้ในการสอบเทียบอุปกรณ์

การตรวจการสอบเทียบ (Calibration check) ควรจะทำได้ความเข้มข้น ในการตรวจวัดจริงเช่น 25 ppm ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มาตรฐาน ผลการตรวจวัดโดยอุปกรณ์อ่านค่าได้ 25 ppm ถือว่าอุปกรณ์มีความแม่นยำที่เชื่อถือได้ และยังสามารถวัดค่า ระหว่าง 1-200 ppm ของคาร์บอนมอนอกไซด์ได้อย่างแม่นยำในทางกลับกัน หากผลการอ่านค่าไม่ได้ 25 ppm เมื่อใช้ตรวจวัดก๊าซมาตรฐานขณะทำการตรวจการสอบเทียบ อาจต้องมีการปรับอุปกรณ์จนได้ค่าที่ยอมรับ (ควรจะได้) การทำเช่นนี้เรียกว่าการสอบเทียบภาคสนาม (Field calibration check) เพื่อที่จะให้อุปกรณ์ทำงานได้ ณ จุดตรวจจริง

ภายใต้อุณหภูมิและสถานการณ์ที่คาดว่าจะนำไปใช้ตรวจวัด การนำมาปรับเทียบ ควรทำก่อนการใช้เครื่องมือ แต่ในสถานการณ์สถานการณ์ฉุกเฉินอาจจะเป็นไปได้ ฉะนั้นจึงควรทำการตรวจสอบเทียบเป็นระยะๆ เช่น ทำการตรวจสอบเทียบ (Calibration check) สัปดาห์ละ 1 ครั้ง อุปกรณ์ที่ช่วยในการตรวจสอบเทียบ เช่น ไซควงตัวเล็กๆ ที่ส่วนใหญ่จะมาพร้อมกับตัวเครื่องมือตรวจวัด ควรเก็บรักษาให้ดี และสะดวกในการหยิบใช้

3.4 อื่นๆ ที่ควรพิจารณา

1) สิ่งแวดล้อมหรือข้อจำกัดของบริเวณที่จะทำการตรวจวัดจริงอาจมีผลกระทบต่ออุปกรณ์การเก็บวิเคราะห์ตัวอย่าง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ อนุภาคอื่น ไฟฟ้าสถิต สะพานแม่เหล็กไฟฟ้า ความเข้มข้นของออกซิเจน แสงสว่างจากสิ่งแวดล้อม และ สารก่อมลพิษการเก็บตัวอย่างอากาศ สิ่งเหล่านี้ทำให้การตรวจสอบเทียบภาคสนาม (Field calibration check) ด้วย

และสถานการณ์ที่มักพบว่าเป็นปัญหาหลักต่ออุปกรณ์การเก็บตัวอย่างอากาศ คือ อุณหภูมิที่สูงเกินไป

2) ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางธรรมชาติของอันตรายก็เป็นสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่ง

ต่อการเลือกอุปกรณ์ในการตรวจวัดสำหรับสารตัวที่รู้จัก เช่น ความไวไฟ ความดันไอ ความหนาแน่นไอ

มีศักยภาพในการแตกตัว แม้กระทั่งความเป็นพิษและค่ามาตรฐานในบรรยากาศการทำงาน (TLV หรือ PEL) จะเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานรู้ว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างไรและควรใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลอะไรบ้าง

3) ค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่าง (Cost) ก็เป็นปัจจัยในการพิจารณา อย่ซื้ออุปกรณ์ที่มีค่า Sensitivity สูงสุดและมีการทำงานได้หลากหลายทางเลือก ในขณะที่ใช้เพียงแค่การวัดค่ามาตรฐาน อุปกรณ์การตรวจวัดหลากหลายก้าซในเครื่องเดียว (Multiple sensor) มักจะมีราคาแพงทั้งต้นทุนการซื้อ ใช้และซ่อมบำรุง ควรพิจารณาจำเป็นต้องใช้หรือไม่ เมื่อเทียบกับการต้องเปลี่ยนเซนเซอร์บ่อยๆ

กิจกรรม 13.2.1

1. จงอธิบายหลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าตรง
2. จงบอกหลักการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์แบบอ่านค่าโดยตรงอย่างน้อย 3 ข้อ

แนวตอบกิจกรรม 13.2.1

1. เครื่องมือเก็บตัวอย่างแบบอ่านค่าโดยตรงประกอบด้วย ส่วนที่ดูดอากาศเข้าไปเรียกปัมส่งผ่านท่อหรือสายที่จะนำส่งอากาศตัวอย่างไปยังส่วนการวิเคราะห์ เรียกว่า เซนเซอร์ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูกส่งไปที่ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) และส่งผลการวิเคราะห์ออกมาทางจอแสดงผล

2. หลักในการพิจารณาเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรง มีดังนี้
 - 2.1 ผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ ทั้งในเรื่องการผลิต และซ่อมอุปกรณ์
 - 2.2 พิจารณาข้อมูลเฉพาะของเครื่อง (Specification) ให้เหมาะสมกับการตรวจวัดและสถานที่ใช้งาน
 - เช่น
 - ชนิดของเซนเซอร์
 - ช่วง/ระดับในการตรวจวัด
 - ความแม่นยำ
 - ระยะเวลาในการตอบสนองค่าผลการวัด
 - อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมขณะทำการวัด
 - แหล่งพลังงาน
 - ระดับความเข้มข้นที่วัดได้
 - 2.3 การสอบเทียบอุปกรณ์มีความยุ่งยาก และซับซ้อนเพียงใด

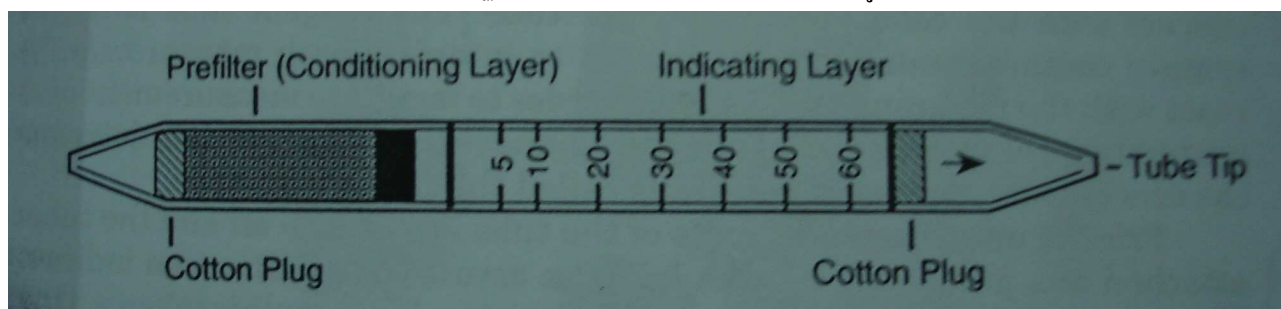
เรื่องที่ 13.2.2

ประเภทของเครื่องมืออ่านค่าโดยตรง

หลอดตรวจวัด (Detector Tubes)

หลอดตรวจวัดได้ถูกสร้างขึ้นครั้งแรก เมื่อปี 1917 ในมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด และขอสิทธิบัตรในปี 1919 เพื่อเก็บตัวอย่างคาร์บอนมอนอกไซด์ ต่อมาก็มีการใช้หลอดเก็บตัวอย่างกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อปี 1935 และต่อมาจึงได้มีการพัฒนาหลอดเก็บตัวอย่างมาเก็บอโรเมติกไฮโดรคาร์บอนในอากาศในปี 1950 ในสมัยนั้นหลอดเก็บตัวอย่าง (Detector Tubes) เรียกว่า Colorimetric Indicator Tubes ได้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญ สำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศและตรวจวัดสารปนเปื้อนในอากาศได้อย่างรวดเร็ว

หลอดตรวจวัด คือ หลอดแก้วที่ปิดสนิทภายในบรรจุของแข็ง หรือเม็ดสาร เช่น ซิลิกาเจล อะลูมินา เรซิน หรือสารที่มีน้ำหนักเบา และมีรูพรุน วัสดุที่บรรจุเข้าไปในหลอดแก้วจะถูกผสมกับสารเคมี ซึ่งสามารถเปลี่ยนสีเมื่อทำปฏิกิริยาสารปนเปื้อนในอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในหลอดแก้ว แนวยาวของสีที่เปลี่ยน หรือความเข้มของสีที่เปลี่ยน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเป็นตัวชี้วัดปริมาณของสารมีอยู่ในตัวอย่างอากาศ



ภาพที่ 13.3 ส่วนประกอบของหลอดตรวจวัด

ตัวอย่างอากาศจะถูกดูดผ่านหลอดแก้ว โดยปั๊ม ซึ่งอาจเป็นเบลโลว์ (Bellow) พิสตัน (Piston) หรือ บัลบ์ (Bulb) ก็ได้ โดยทั่วไปการดูดอากาศ 1 ครั้งเรียกว่า 1 สโตรค จะได้อากาศตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร อากาศจำนวนนี้ เมื่อผ่านหลอดแก้วแล้วจะถูกดึงออกมาที่ตัวปั๊มไปยังช่องระบายลม และส่งออกไปนอกปั๊ม และตัวอย่างอากาศสโตรค ใหม่ก็ถูกดูดเข้าไปอีกผ่านหลอดเก็บตัวอย่างเช่นเดิม

1. การทำงานของหลอดเก็บตัวอย่าง

สีที่เปลี่ยน หรือคราบที่แสดง เกิดจากปฏิกิริยาเคมี ระหว่างสารเคมีในหลอดเก็บตัวอย่างกับสารปนเปื้อนในตัวอย่างอากาศ สีที่เปลี่ยนบ่งชี้สารปนเปื้อนที่มีอยู่ในตัวอย่าง และสามารถบอกเป็นความเข้มข้นได้

สารเคมีที่อยู่ในหลอดแก้วแต่ละหลอดจะกำหนดเป็นตัวเลขเฉพาะกับอนุภาคหรือประเภทของสารเคมีที่จะเก็บตัวอย่าง เช่น หลอดกับแอมโมเนีย (Ammonia) ต้องประกอบด้วยสารละลายที่จะทำปฏิกิริยาที่เป็นกรด และตัวบ่งชี้ค่า pH แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับกรดเกิดเป็นเกลือของแอมโมเนีย ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นแล้วเปลี่ยนค่า pH ซึ่งทำให้ตัวบ่งชี้เปลี่ยนสี

หลอดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่บรรจุฝ้ายหรือกลาสวูล เป็นตัวกรองที่ปลายทั้งสองข้าง เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคหรือละอองเข้าไปในหลอด หลอดนี้อาจจะมีชั้นก่อนตัวกรอง (Pre-filter) หรือชั้นปรับสภาพ (Conditioning layer) เพื่อที่จะกันความชื้นและก๊าซหรือไอรบกวนการแปลผล หรือรบกวนปฏิกิริยา

หลอดตรวจวัดบางอย่างจำเป็นต้องใช้หลอดกรอง (Pre-tube) เพื่อทำงานร่วมกับหลอดตรวจวัดมีการเปลี่ยนสี หลอดกรอง (Pre-tube) ทำหน้าที่ดักสารปนเปื้อนที่เป็นตัวรบกวนการตรวจวัด หรือรบกวนการทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการวัดที่ถูกดึงเข้ามาในหลอด หลอดกรอง (Pre-tube) นี้ใช้เพื่อช่วยให้การวัดสารปนเปื้อนที่ต้องการวัดได้ดีขึ้น ส่วนหลอดที่ใช้ในการวัดและสามารถเปลี่ยนสีได้ซึ่งวัดออกมาเป็นความเข้มข้นจึงเรียกว่า Indicator tube

ก่อนที่จะใช้หลอดตรวจวัด จะต้องหักหัวและท้ายที่ปิดสนิทของหลอดแก้วออกก่อน และต่อหลอดเข้ากับปั๊ม หลอดจะมีลูกศรบอกทิศทางเอาไว้ว่าอากาศจะไหลผ่านจากทิศทางใดไปทางใด ซึ่งเวลาต่อหลอดเข้ากับปั๊ม ให้หัวลูกศรมุ่งไปทางปั๊ม หากใส่ผิดทิศทางอาจจะไม่ได้ค่า หรืออ่านไม่ได้เนื่องจากอากาศที่ต้องการเก็บทดสอบไม่ได้ผ่าน ตัวกรอง (Pre-filter) หรือชั้นปรับสภาพ (Conditioning layer) การเก็บตัวอย่างครั้งต่อไปก็ไม่สามารถใช้หลอดดังกล่าวได้แล้ว เพราะการเก็บตัวอย่างอากาศทุกครั้งต้องใช้หลอดใหม่ที่ไม่เคยใช้มาก่อน

เวลาที่ใช้ในการดูดอากาศของปั๊ม คือ สโตรค หรืออีกนัยหนึ่ง คืออากาศตัวอย่าง 100 มิลลิลิตรที่ดูดเข้าไปผ่านหลอดตรวจวัด เรียกว่า “Pump Stroke Interval” ค่าของเวลาที่อากาศผ่านหลอดเก็บตัวอย่างแต่ละหลอดมีค่าแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความต้านทานของวัสดุที่บรรจุในหลอด และอัตราการดูดของปั๊ม ซึ่งโดยทั่วไปอาจอยู่ในระหว่าง 5-10 วินาที จนกระทั่งนานเป็นนาทีก็ได้ แต่อาจสังเกตได้ง่ายเป็นหลักการ คือหลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในที่กว้างก็จะใช้เวลาสั้นลง นั่นคือ Pump Stroke Interval สั้นนั่นเอง

2. ชนิดของปั๊มที่ใช้กับหลอดเก็บตัวอย่าง

ปัจจุบันมีผู้ผลิตหลอดเก็บตัวอย่างและปั๊มอยู่มากมาย ส่วนใหญ่ก็จะออกแบบให้หลอดเก็บตัวอย่างใช้ได้กับปั๊มของตัวเองเท่านั้น ปั๊มต่างๆ ดังกล่าวนี้นี้คือ พิสตัส (Piston), เบลโลว์ (Bellow) หรือ บัลบ์ (Bulb) ปั๊มเหล่านี้ถูกออกแบบมาให้ดูดอากาศที่ปริมาณที่แน่นอนปริมาณหนึ่งที่กำหนดไว้แล้ว ผ่านเข้าไปในหลอด

ตรวจวัด ในขณะที่หลอดถูกออกแบบให้ดูธรรมดาๆ แต่การทำงานในหลอดไม่ใช่ธรรมดาอย่างที่เห็น
อัตราการใช้

เก็บตัวอย่างอากาศ ความดันในการดูดของปั๊ม ความต้านทานต่ออัตราการไหลและอัตราการเกิดปฏิกิริยา
ภายในหลอดเก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างกันไปตามผู้ผลิต การใช้ปั๊มหรือหลอดสลักที่ต่างผู้ผลิตกันจะ
ผลการตรวจวัดที่ผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นไม่ควรใช้หลอดกับปั๊มที่ผลิตโดยผู้ผลิตที่ต่างกัน

เมื่อเลือกได้แล้วว่าจะใช้ปั๊มใดที่เหมาะสม สิ่งที่สำคัญต่อไปนี้ คือการเลือกช่วงหรือระดับการตรวจวัด
และชนิดของหลอดตรวจวัดที่สามารถใช้ได้กับปั๊มและสารปนเปื้อนที่ต้องการตรวจวัด

2.1 พิสตัน (Piston pump)

พิสตันปั๊มตัวหนึ่งๆ ประกอบด้วย ตัวที่เป็นทรงกระบอก ลูกสูบที่เชื่อมต่อกับแกน ซึ่งวิ่งผ่านอยู่ใน
ทรงกระบอก และมีที่จับ (Handle) ติดอยู่ที่แกนกระบอกสูบ เมื่อต้องการใช้ปั๊มให้ดูที่ดัชนีตัวชี้วัด
ที่ระบุอยู่บนทรงกระบอก และบนที่จับ ตัวชี้วัดที่อยู่บนทรงกระบอก หรือที่จับอาจเป็นรูปสามเหลี่ยม จุด
หรือขีด และดัชนี/ตัวชี้วัด บนที่จับที่จะเป็นแบบเดียวกันกับบนทรงกระบอก ก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างอากาศ
ต้องแน่ใจว่าที่จับ (Handle) อยู่ที่จุดเริ่มต้น โดยการดันแกนเข้าไปให้สุดในทรงกระบอก แล้วเริ่มดึงแกนออกมา
จากทรงกระบอกให้สุดและล็อกให้อยู่ในตำแหน่ง อย่าโยกที่แกน/ที่จับ ระหว่างที่ดันแกนกลับเข้าที่ ปั๊มชนิดนี้
บางรุ่นมีที่ล็อกที่มือจับ (Handle) พิสตันปั๊มนี้ปรกติมี 2 จุด ที่ปั๊มจะล็อกได้คือ จุดแรกที่ 50 มิลลิลิตร (ครั้งแรก)
และที่ 100 มิลลิลิตร (เต็มสโตรค) ในขณะที่ปั๊มบางชนิดอาจมีถึง 4 จุด เพื่อที่จะใช้ควบคุมปริมาณอากาศ
ได้ละเอียดขึ้น

พิสตันปั๊ม ปรกติจะมีที่ตัดหลอดแก้ว เพื่อสะดวกในการตัดหัวและปลายหลอดเก็บตัวอย่างก่อน
ใช้งาน นอกจากนี้ยังมีตัวนับสโตรค เพื่อช่วยในการนับจำนวนสโตรคที่ได้ดูดอากาศเข้าไป ทำให้ใช้ดีและ
สะดวก เนื่องจากบางครั้ง เวลาที่ใช้ในแต่ละสโตรค ยาวนาน

รายละเอียดของหลอดตรวจวัดและปั๊มในแต่ละรุ่นจะได้จากคู่มือการใช้งานอุปกรณ์

2.2 เบลโลว์ปั๊ม (Bellow pump)

การทำงานของเบลโลว์ปั๊ม คือ บีบไล่อากาศจากตัวเบลโลว์ หรือตัวดูดอากาศออกจนสุด แล้วปล่อยให้
เบลโลว์คืนกลับมารูปแบบเดิม นั่นคือการดึงอากาศเข้ามายังหลอดตรวจวัด จะสังเกตได้ว่าเมื่อเบลโลว์กลับสู่
สภาพเดิมนั้นคือ จบ 1 ช่วง การเก็บตัวอย่าง (Stroke interval) หากเป็นเบลโลว์ยี่ห้อ Drager จะมีโซ่เล็กๆ ติด
อยู่ทั้งสองข้าง เพื่อที่จะสังเกตได้ง่ายเมื่อจบการดูดอากาศ 1 สโตรค โซ่ก็จะดึง

การใช้เบลโลว์ปั๊มนั้น สามารถใช้ได้โดยมือเดียว หากผู้ใช้งานมีมือที่ใหญ่พอที่จะกดปั๊มให้สุดได้
อย่างสะดวก แต่ต้องรอให้ครบสโตรค ก็จะทำให้อากาศที่เข้าไปครั้งก่อนหน้าไม่ถึงสโตรค หรือ 100 มิลลิลิตร

ผ่านหลอดตรวจวัด การบีบเบลโลว์ปั๊มที่มีคุณภาพต้องกดน้ำหนักลงบนปลายทั้งสองข้างของปั๊ม ฉะนั้น สำหรับคนมือเล็กๆ จำเป็นต้องใช้สองมือช่วย

ปัญหาที่อาจพบได้จากการใช้เบลโลว์ปั๊ม คือ ขณะที่เบลโลว์หดตัวสุดแล้ว มันจะต้องถูกปล่อยเพื่อที่จะคว่ำวาล์วปลดออกทันที ตัวอย่างอากาศก็จะถูกดูดเข้ามาปรกติ และได้ปริมาณที่ต้องการ ไม่เช่นนั้น อากาศภายนอกจะเข้ามาทางวาล์วออก แทนที่จะเข้าไปที่หลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ปั๊มชนิดนี้มีตัวนับสโตรค การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเช่นกัน

2.3 ทรัมป์ปั๊ม (Thump pump)

ทรัมป์ปั๊ม เป็นกระเปาะดูดอากาศ ซึ่งทำงาน โดยการบีบตัวกระเปาะตามทางยาว โดยใช้หัวแม่มือ เพื่อให้อากาศออกไปจากปั๊ม และดึงเอาอากาศ 100 มิลลิลิตร เข้าไปในหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ปั๊มชนิดนี้มีตัวนับสโตรค การดูดอากาศ เช่นกัน

3. หลอดเก็บตัวอย่างอากาศ

หลอดเก็บตัวอย่างถูกผลิตขึ้น เพื่อใช้ในการเก็บสารปนเปื้อนในบรรยากาศ หลากหลายรูปแบบ ซึ่งมาจากหลายมาตรฐานเช่นกัน นอกจากนั้นยังมีความเข้มข้นแตกต่างกันไป เพื่อให้เลือกใช้ได้เหมาะสมกับ ลักษณะสารปนเปื้อนที่จะทำการเก็บ ปัจจุบันมีหลอดเก็บตัวอย่าง 4 ประเภทหลัก ดังนี้ คือ

หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีมาตรวัดค่าความเข้มข้น

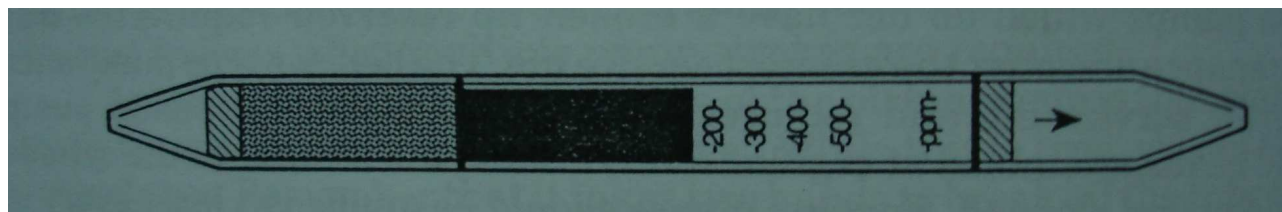
3.1 หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีตารางเปรียบเทียบความเข้มข้น

3.2 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามความเข้มข้น

3.3 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปรียบเทียบสี

3.1 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบมีมาตรวัดค่าความเข้มข้น (Direct reading with concentration scale)

หลอดตรวจวัดชนิดนี้มีมาตรวัดค่าความเข้มข้น เป็นหลอดเก็บตัวอย่างอากาศชนิดที่ใช้งานที่สุด มาตรวัดที่อยู่บนหลอดได้รับการปรับเทียบให้ได้มาตรฐานแล้ว แสดงให้เห็นบนหลอดอย่างชัดเจน ความยาวของแถบสีที่เปลี่ยนไปจะแปลได้ตามความเข้มข้นที่อ่านได้บนมาตร หลังจากที่อากาศ ปริมาณที่ได้กำหนดไว้ผ่านหลอดตรวจวัด



ภาพที่ 13.4 หลอดตรวจวัดแบบมีมาตรวัดบนตัวหลอด

หลอดตรวจวัดบางรุ่น ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากมาตรวัด จำเป็นต้องคูณด้วยค่าคงที่ ไม่อย่างนั้น ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จะไม่ใช่ความเข้มข้นของอากาศตัวอย่างที่เก็บได้จริง เนื่องจากไม่สามารถอ่านค่าได้ตรงๆ ฉะนั้นจึงควรอ่านวิธีการแปลงค่าจากคู่มือของปั๊มหรือหลอดชนิดต่างๆ ด้วย

การแปลผลของหลอดตรวจวัดอากาศแบบอ่านค่าโดยตรงที่มีมาตรวัดขึ้นกับความเข้มข้น ต่อหนึ่งปั๊ม สโตรค (Pump Stroke, Ps) ของหลอดตรวจวัด

มาตรวัดอ่านได้เท่าไรให้นำมาหารด้วยจำนวน สโตรค (Ps) ที่ดูดอากาศเข้าแล้วได้ค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนนั้นๆ ตัวอย่าง เช่น หากค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดบนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ คือ 100 ppm-ps และ ดูดอากาศ 10 สโตรค จึงจะอ่านค่าดังกล่าวได้

$$100 \text{ ppm-ps} = 10 \text{ ppm ของสารที่ตรวจวัดได้}$$

10 ps ที่ดูด

หากใช้ค่า $\frac{1}{4}$ Ps ฉะนั้นความเข้มข้นที่อยู่ในบรรยากาศจริงควรจะเป็น $100 \text{ ppm-ps} \times 4 = 400 \text{ ppm}$ ลักษณะนี้จะใช้ได้ในกรณีความเข้มข้นในบรรยากาศสูง หรือช่วงการตรวจวัดของอุปกรณ์ตรวจวัดไม่กว้างพอ

3.2 หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีตารางแปลงค่าความเข้มข้น (Direct reading with concentration conversion)

หลอดตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรงอีกแบบหนึ่ง ซึ่งมีมาตรวัดละเอียดมาก ระดับมิลลิเมตร (mm) ความยาวของแถบสีที่เปลี่ยนจะถูกวัดด้วยมาตรนี้ และแปลงค่าโดยใช้ตารางค่ามาตรฐานเทียบออกมาเป็นค่าความเข้มข้น หลอดตรวจวัดชนิดนี้ใช้ง่ายมากแต่อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในบรรยากาศ ไม่สามารถอ่านค่าได้ โดยปราศจากตารางแปลงค่า

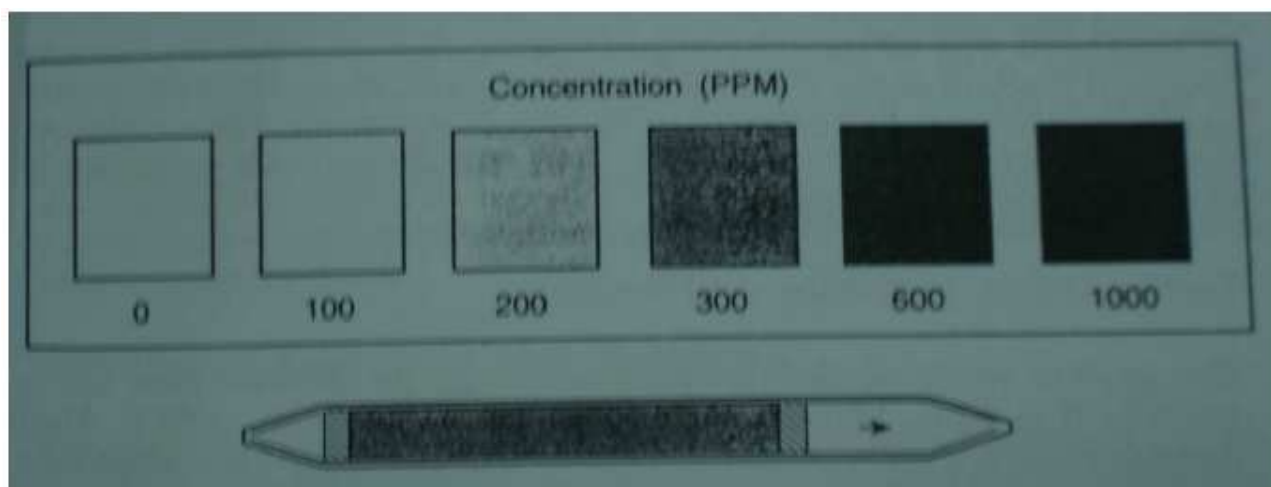
Number of Strokes	Calibration Chart								
	Light Figures Below Indicate Length of Stain in Millimeters					Blod Figures Indicate Concentration in Parts Per Million (ppm)			
1/2	0 mm 0	4 25	6.5 50	9 75	10 100	13 150	16 200	20 300	24.5 400
1	0 mm 0	4.5 20	8 40	11.5 60	16.5 100	23 150	28 200		
2	0 mm 0	4 10	9.5 50	17.5 75	25.5 100	32.5			

ภาพที่ 13.5 ตัวอย่างตารางแปลงผลการตรวจวัดของ หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีตารางแปลงค่าความเข้มข้น

ตัวอย่างการอ่านค่า เมื่อปั๊มดูดอากาศเข้าในหลอดตรวจวัด 1 ลิตร พบการเปลี่ยนแปลงที่หลอดตรวจวัดเป็นแถบสีขาว 4.5 มิลลิเมตร ดังนั้นค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ตรวจวัดได้คือ 40 ppm

3.3 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น (Direct reading with color intensity)

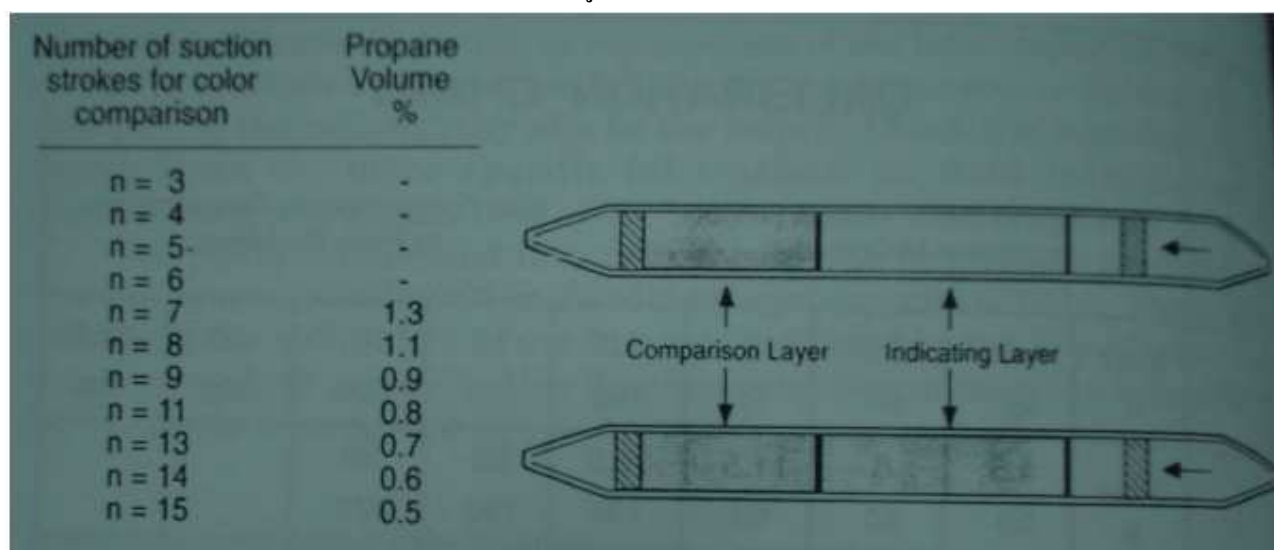
หลอดชนิดนี้อาศัยความเข้มข้นของสีที่เปลี่ยนมาพิจารณาค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่มีอยู่ในบรรยากาศ สีที่เข้มมากขึ้นแสดงถึงความเข้มข้นที่มากขึ้นของสารปนเปื้อนที่อยู่ในบรรยากาศ สีที่ได้จากหลอดที่ทำการตรวจวัด จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน (Standard color indicator or Color intensity chart) หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามความเข้มข้น ใช้ได้ดีกับสารปนเปื้อนที่เคยตรวจพบแล้ว เพราะไม่มีขอบเขตเด่นชัด ระหว่างสัดส่วนมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับไม่มีปฏิกิริยา ในบางกรณีสีเปลี่ยน หลังจากที่ได้เก็บตัวอย่างอากาศไปสักพักใหญ่



ภาพที่ 13.6 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น

3.4 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบเปรียบเทียบสี (Direct reading with color comparison)

หลอดเก็บตัวอย่างอากาศชนิดนี้ดัดแปลงมาจาก แบบเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น (Color intensity) โดยการใช้หลอดตรวจวัดชนิดนี้ต้องมีจำนวนครั้งการดูด (Pump stroke) เป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นสารปนเปื้อนใน ช่วงชีวิต (Indicating layer) เพื่อนำมาเทียบกับช่วงเปรียบเทียบ(Comparison layer) ในหลอด ค่าความเข้มข้นที่อ่าน ได้พิจารณาจากจำนวน Pump stroke ที่อยู่ในตารางแปลงค่า



ภาพที่ 13.7 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบเปรียบเทียบสี

ตัวอย่างการอ่านค่า เมื่อป้อนดูค่าอากาศเข้าในหลอดตรวจวัด 8 สโตรค พบว่าสารในหลอดเปลี่ยนสี ดังนั้นความเข้มข้นของสารเคมีคือ 1.1 %

4. ข้อจำกัดของหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ

เนื่องจากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศบรรจุสารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยา ฉะนั้นจึงไวต่อสภาวะต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ฉะนั้นอะไรก็ตามที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีหรือความเสถียรของสารเคมีที่เก็บไว้ก็จะส่งผลกระทบต่อการทำงานและความแม่นยำของหลอดตรวจวัดอากาศด้วย สภาวะต่างๆเหล่านี้ คือ อุณหภูมิ ความชื้น ความกดดันบรรยากาศ แสง เวลา และก๊าซรบกวนต่างๆ

เนื่องจากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศส่วนใหญ่มีการปรับเทียบที่อุณหภูมิ ความชื้น และความกดดันบรรยากาศเฉพาะ หากนำไปใช้สิ่งแวดล้อมที่ต่างออกไป เช่นปรับเทียบที่ อุณหภูมิ 20-25 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % และ ความกดดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท และเก็บตัวอย่างอากาศที่ อุณหภูมิ 50 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % หรือ ความกดดันบรรยากาศที่ต่างออกไป ค่าผลการตรวจก็จะคลาดเคลื่อนได้เป็นต้น

แสงเป็นตัวทำให้สารเคมีในหลอดเก็บตัวอย่างเสื่อมและสลายได้เร็วขึ้น จึงไม่ควรนำหลอดเก็บตัวอย่างตากแดด หรือรับแสงนานๆ เช่นเดียวกับการเก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศไว้นานๆ

เครื่องวัดก๊าซไวไฟ (Combustible Gas Indicator : CGI)

เครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟแบบพกพาเครื่องแรกถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจวัดก๊าซไวไฟในเหมืองแร่ ได้พื้นดินในเกรทบริเทน ก๊าซดังกล่าวประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนตัวที่เบาๆ ชาวเหมืองรู้จักกันในชื่อ “Fire Damp” เมื่อผสมกับอากาศ 7 ถึง 8 เท่า ทำให้เกิดการระเบิดและลุกติดไฟได้ง่ายมีแสงสีฟ้าใส น่าสนใจที่ว่าการระเบิด Fine Damp แล้วจะมี Choke Damp ตามมาทำให้เกิดความหายนะ ผู้คนล้มตายมากขึ้น

เครื่องวัดก๊าซไวไฟ มีหลากหลายแบบมากที่จะเลือกใช้ในการตรวจวัดก๊าซและไอที่ไวไฟ ซึ่งสามารถวัดก๊าซไวไฟเป็นหน่วย ppm, % LEL, และ % ก๊าซต่อปริมาณอากาศ เครื่องวัดก๊าซที่ใช้กันแพร่หลาย มีหน่วยเป็น % LEL ซึ่งเป็นที่ใช้ในการพิจารณาว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้และระเบิด

1. การทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซไวไฟ

เครื่องวัดก๊าซไวไฟที่อ่านค่าเป็น % LEL เกือบทุกชนิดใช้หลักการพื้นฐานการเผาไหม้ของก๊าซแบบ คاتاไลติกบนขดลวดทั้งสี่ การเผาไหม้แบบคاتاไลติกบนขดลวดตอบสนองและบนขดลวดชดเชย เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของ วิทสโตรีนบริดจ์ (Wheat stone bridge) คู่มืออุปกรณ์ส่วนใหญ่ หนังสือเรียนต่างๆ ก็แสดงรูปวงจรวิทสโตรีนบริดจ์ ดังนี้

ภาพที่ 13.8 วงจรวิทสโตรีนบริดจ์

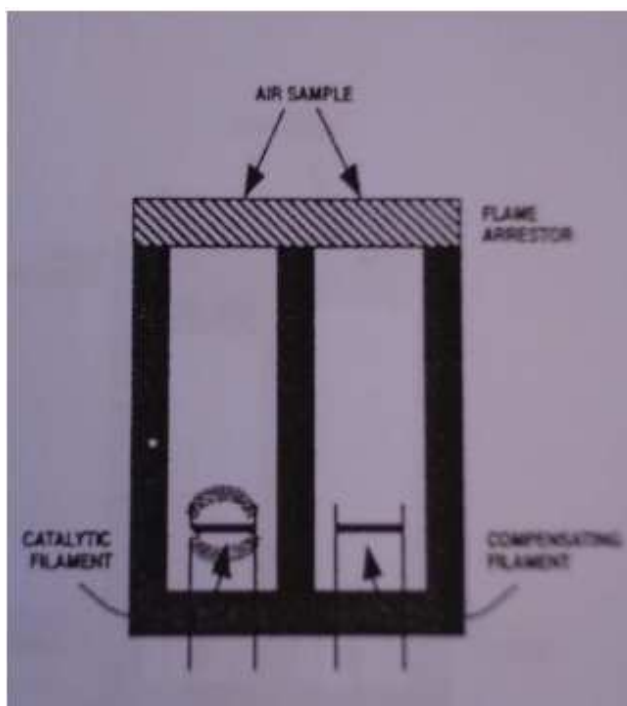
ตัวคاتاไลติกเซนเซอร์ภายในเครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟมีขนาดเล็ก ประกอบด้วยพื้นผิวที่ใช้รับการ แพร่กระจายของก๊าซ พื้นผิวสัมผัสของเซนเซอร์มีขนาดประมาณ 1 ใน 4 ของตัวเซนเซอร์ เซนเซอร์ชนิดนี้ มีขนาด

กระทัดรัด แข็งแรง และบรรจุในกล่องที่แข็งแรง ด้านบนเซนเซอร์ฉาบด้วยตัวกรองที่เป็น โลหะผิวหยาบ และปิด ด้วยตัวดักประกายไฟที่ด้านบนสุด ตัวแผ่นกรองจะปล่อยให้อากาศกระจายตัวเข้าไปในเซนเซอร์ แม้ว่าจะไม่ จำเป็นที่จะต้องใช้แรงดันเอาอากาศเข้าไปวิเคราะห์ที่เซนเซอร์ แต่ปั๊มหรือกระเปาะอาจจำเป็นต้องใช้ในการ ดูดเอาอากาศเข้าไปอยู่ใกล้ๆ ตัวเซนเซอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์

ในเซนเซอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 จุด และถูกแยกออกจากกันโดยผนังภายใน เรียกขดลวดที่อยู่ เดี่ยวๆ นี้ว่า “เซนซิง” (Sensing filament) ขดลวดนี้เคลือบด้วยคาทาไลซ์ท์ คาทาไลซ์ท์นี้จะเป็นตัวช่วยในการทำ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือเผาไหม้ (Oxidational combustion) ของก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำมากๆ ส่วนขดลวด อีตชุดหนึ่งไม่ได้เคลือบคาทาไลซ์ท์ไว้ เรียกว่า คอมเพนเสทอิลีเมนท์ (Compensate element) เพราะมันจะเป็น ตัวชดเชยสภาวะทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้น

เมื่อเปิดเครื่องวัด แบตเตอรี่จะส่งกระแสไปยังวงจร Wheat stone bridge และเพิ่มความร้อนให้ขด

ลวดมีอุณหภูมิสูง ก๊าซไวไฟจะกระจายผ่านตัวกรองของเซนเซอร์และเข้าไปสัมผัสกับขดลวดร้อน ดังกล่าว ขดลวดทั้ง 2 ชุด ถูกเพิ่มความร้อนจนอุณหภูมิเท่าๆ กัน ก๊าซที่เข้าไปก็จะสามารถออกซิไดซ์ได้โดยแคทาไลซท์ ที่ถูกเผาด้วยบนขดลวดคาตาไลติก ปฏิกิริยานี้ทำให้อุณหภูมิของขดลวดชุดนี้สูงขึ้น ในขณะที่ก๊าซไม่สามารถเผาไหม้ได้ในชุดขดลวดคอมเพนเซต ขดลวดชุดนี้จึงอุณหภูมิต่ำกว่า การที่ขดลวดชุดคาตาไลติก อุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานสูงขึ้นด้วย และลดการไหลของกระแสที่ไปยังคอมเพนเซทอิรีเมทด้วย ทำให้เปลี่ยนกระแสที่แปลงโดยวงจร Wheat stone bridge ไปยัง มิเตอร์ที่อ่านด้วย



ภาพที่ 13.9 เซนเซอร์ของก๊าซไวไฟแสดง การเผาไหม้บนขดลวดคาตาไลติก ทำให้เกิดอุณหภูมิต่างกันทำให้มิเตอร์อ่านค่าได้

1.1 เซนเซอร์ชนิดของแข็งหรือกึ่งตัวนำ (Semiconductor or solid state sensors)

เซนเซอร์ชนิดของแข็งอาศัยสารกึ่งตัวนำในการดักจับก๊าซหรือไอของสารไวไฟ สารกึ่งตัวนำมีการนำกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในระหว่าง ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) และ ฉนวน (Insulator)

ตัวนำไฟฟ้าทำด้วยวัสดุที่มีอิเล็กตรอนอิสระ และปล่อยให้อิเล็กตรอนอิสระเคลื่อนตัวได้ง่าย อิเล็กตรอนเป็นส่วนประกอบที่เล็กที่สุดใน 1 อะตอม และมีประจุลบ กระแสไฟฟ้า (Electricity) คือกระแสของอิเล็กตรอนที่อยู่ในตัวนำไฟฟ้า (Conductor) ทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมาก และใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อให้กระแสไหลจะต้องมีแรงมาขับเคลื่อนอิเล็กตรอนไปในทางหนึ่ง แรงนั้นคือ แรงขับเคลื่อนอิเล็กตรอน (Electromotive force ,emf) แรงดังกล่าวนี้ สามารถวัดได้มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volts) หรือเรียกว่า ศักย์ไฟฟ้า (Potential) หรือศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 2 จุด

ฉนวน (Insulator) ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้า (Conductor) เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลไปผิดที่ ฉนวนทำจากวัสดุที่ไม่ยอมให้อิเล็กตรอนเป็นอิสระและเคลื่อนที่ เช่น ไม้แห้ง แก้ว ยาง หรือพลาสติกบางชนิด

สารกึ่งตัวนำ คือ ทราาย (Silica) ภายใต้รูปทรงที่เป็นผลึกบริสุทธิ์ อะตอมของทราายจะก่อโครงสร้างของอะตอมที่จะปล่อยให้อิเล็กตรอนอาศัยอยู่ได้น้อยมาก ฉะนั้นทราายบริสุทธิ์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี ในขณะเดียวกันเป็นฉนวนที่ดี เมื่อเปลี่ยนโครงสร้างให้มีการปนเปื้อน เพื่อยอมให้อิเล็กตรอนวิ่งเข้าไปได้ การนำไฟฟ้าของทราายจึงถูกทำให้เพิ่มขึ้น สารที่นิยมใช้เติมในทราาย เพื่อลดความบริสุทธิ์ คือ อาร์เซนิก (Arsenic) แอนติโมนี (Antimony) บิสมัท (Bismuth) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) ชนิดของสารที่เติม เพื่อลดความบริสุทธิ์ ปริมาณของสารที่เติม อุณหภูมิของสารกึ่งตัวนำ และความต่างศักย์ มีผลต่อความไวต่อการตรวจวัดของเซนเซอร์รวมไปถึงสารที่เซนเซอร์สามารถตรวจวัดได้ด้วย

เซนเซอร์ที่อยู่ในสถานะของแข็ง ส่วนใหญ่ประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำเคลือบไว้ด้วย สารออกไซด์ของโลหะ เช่น Zinc oxide หรือ Aluminum oxide เซนเซอร์เหล่านี้เรียกอีกอย่างว่า Metallic Oxide Sensor (MOS)

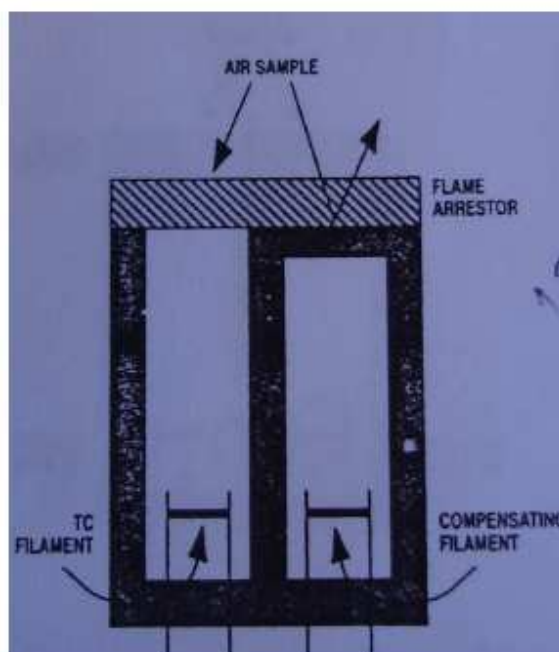
ขดลวดความร้อนจะถูกฝังในสารกึ่งตัวนำจะเป็นตัวรักษาอุณหภูมิ และคอยควบคุมจำนวนของอิเล็กตรอน และยังคอยป้องกันการควบแน่นตัวของไอน้ำบนผิวของสารกึ่งตัวนำอีกด้วย

สารที่เคลือบโลหะออกไซด์ (Metalic oxide) จะมีพื้นผิวที่มีรูพรุน ซึ่งสามารถดักจับ โมเลกุลออกซิเจนในบรรยากาศ ความต่างศักย์ที่ใส่เข้าไปยังเซนเซอร์ ที่ต่อกับวงจร Wheat stone bridge เมื่อเซนเซอร์สัมผัสกับสารปนเปื้อนในบรรยากาศก๊าซจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ถูกดักจับไว้ ปฏิกิริยานี้จะทำให้มีการปล่อยอิเล็กตรอนออกมามากขึ้น ซึ่งจะปลดความต้านทานต่อสะพานเชื่อมและจะไปดึงให้มิเตอร์ตอบสนองค่าของสารปนเปื้อนออกมา

1.2 เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำอุณหภูมิ (Thermal Conductivity Sensors : TC)

ก๊าซไวไฟที่ความเข้มข้นสูงๆ เช่น มากกว่า 100 % LEL จะถูกวัด โดยเครื่องมือที่มีหน่วยเป็น% ของก๊าซ โดยใช้เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำอุณหภูมิ (TC Sensor) เซนเซอร์มักจะใช้เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ชนิดขดลวดคาตาไลติก ตัวเครื่องวัด% ก๊าซจะใช้ขดลวดคาตาไลติก เพื่อดักจับก๊าซที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 100 % ของ

ก๊าซที่ทำการเปรียบเทียบส่วนที่ความเข้มข้นของก๊าซไวไฟสูงๆ ให้ผู้ใช้ปรับมาที่ช่วงความเข้มข้นสูง เพื่อที่จะเปิดการทำงานของ TC เซนเซอร์ให้ทำการวัด ก๊าซไวไฟที่ความเข้มข้นสูงกว่า 100% ปริมาณของก๊าซที่เปรียบเทียบ



ภาพที่ 13.10 เซนเซอร์ของเครื่องมือตรวจวัดก๊าซ ชนิดเหนียวนำอุณหภูมิ
โดยเซนเซอร์ใช้ขดลวด Thermal Conductivity (TC)

เครื่องวัดในรูป P10 ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ก๊าซ Methane ซึ่งมีค่า ที่ 5% โดยปริมาตรในอากาศ มาตรฐานที่อ่านได้มากที่สุด คือ 1 ถึง 5 % ของปริมาตรก๊าซในบรรยากาศ ซึ่งเท่ากับ 20 ถึง 100 % LEL มาตรฐานต่ำสุดที่อ่าน ได้อยู่ระหว่าง 5-100% ของปริมาตรอากาศ ดังนั้นเครื่องวัดจึงสามารถใช้วัด%LEL และความเข้มข้นเป็น% ของก๊าซด้วย

% ก๊าซเซนเซอร์ใช้ขดลวด Thermal Conductivity (TC) แทนที่จะใช้ขดลวดคาตาไลติก เหมือนที่ใช้ ในคาตาไลติกเซนเซอร์ เซนเซอร์วัด % ความเข้มข้นก๊าซมีขดลวด 2 ชุด แต่ละชุดต่อกับวงจร Wheat stone bridge ขดลวดทั้ง 2 ชุด ถูกออกแบบให้คงไว้ซึ่งอุณหภูมิสูง และคงที่ อย่งไรก็ตาม ขดลวดชดเชย (Compensating filament) จะถูกปิดเพื่อจะป้องกันไม่ให้อากาศที่เก็บตัวอย่างเข้าไปถึง ก๊าซไวไฟจะหล่อ เย็นขดลวด TC และลดแรงต้านทาน เมื่อความเข้มข้นของอากาศเพิ่มขึ้น ขดลวด TC จะเย็นลง และเย็นกว่า ขดลวดชดเชยด้วย และทำให้ความต้านทานระหว่างวงจร Wheat stone bridge ลดลงแล้วทำให้เครื่องมือ อ่านค่าออกมา

2. การอ่านค่าจริง (Reading neatly mean)

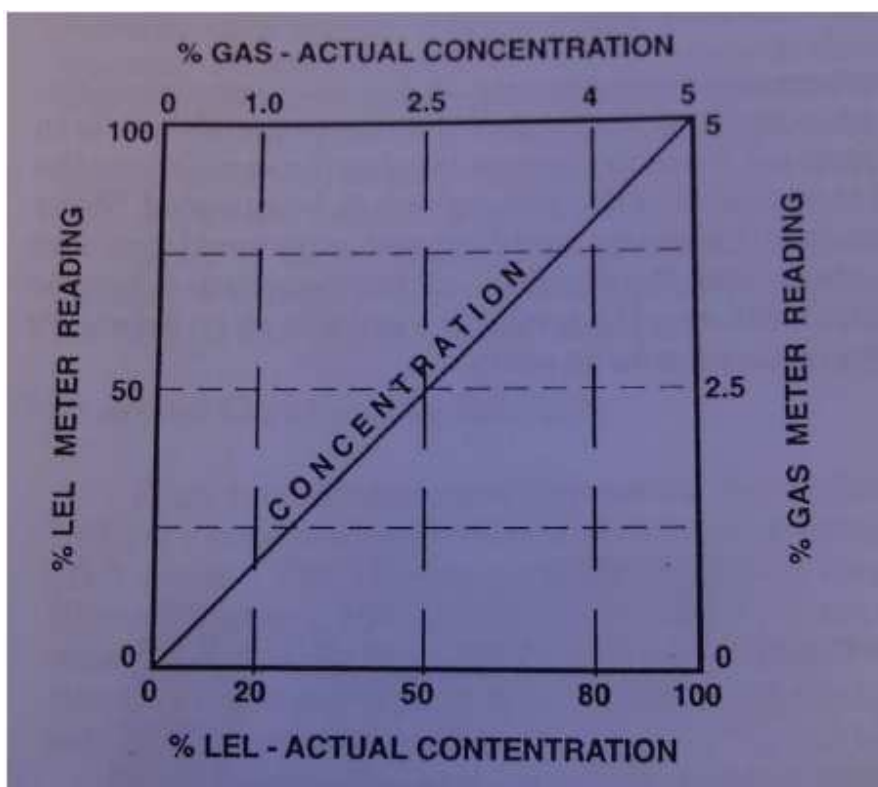
ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟทุกเครื่องมีความสัมพันธ์กับก๊าซที่ใช้ในการปรับเทียบ ก๊าซที่ใช้กันแพร่หลายในการปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟ %LEL/ppm คือ Methane, Pentane, Propane และ Hexane โดยเฉพาะ Methane กับ Propane เป็นก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัด % ก๊าซ เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟมักจะมีการปรับเทียบด้วยก๊าซเพียงตัวเดียวจากโรงงานผลิต เครื่องวัดจะอ่านค่าได้อย่างแม่นยำกับก๊าซที่ใช้ปรับเทียบและก๊าซอ้างอิงที่อยู่ในย่านเดียวกัน เมื่อใช้วัดก๊าซที่ปรับเทียบ เครื่องมือวัดจะให้ค่าที่ได้จากการวัดที่ตรงกับความเข้มข้นจริงของก๊าซที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อ Methane อยู่ในบรรยากาศที่ 50% LEL ค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ที่ปรับเทียบ โดยก๊าซ Methane จะอ่านได้เท่ากับ 50% ของ LEL หรือ 2.5 % ของก๊าซโดยปริมาตร

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดจะสอดคล้องกับความผันแปรที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากก๊าซที่ใช้ปรับเทียบตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขดลวดในเซนเซอร์ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากเท่าไร ค่าความผันแปรที่เปลี่ยนแปลงมากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อมีความผันแปรที่เปลี่ยนแปลงมากเท่าไรแสดงว่าความเข้มข้นของก๊าซตัวอย่างที่วัดก็มีมากตามไปด้วย แนวคิดง่ายๆ คือ เครื่องมือตรวจวัดให้ค่าที่อ่านได้เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ขดลวดในเซนเซอร์

P11. เส้นแปลงผลการตรวจวัดของเครื่องมือก๊าซไวไฟ % LEL กับ % ก๊าซที่ปรับเทียบด้วย Methane

3. โค้งการตอบสนองหรือตัวประกอบในการแปลงค่า (Response curves or conversion factors)

ผู้ผลิตจะเตรียม response curves หรือ conversion factors ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การตอบสนองของเครื่องวัด ก๊าซต่อก๊าซหรือไอชนิดหนึ่งๆ ตลอดช่วง LEL (0-100% LEL) โค้งการตอบสนองหรือตัวแปลงค่าที่ผู้ผลิตเตรียมไว้ให้ทราบค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของก๊าซหรือไอที่ทำการตรวจวัด ดังนั้นจึงต้องรู้ว่าก๊าซที่ใช้ตรวจเป็นก๊าซอะไร จึงจะประมาณค่าที่แท้จริงในบรรยากาศได้



ภาพที่ 13.12 ตัวอย่างโค้งตอบสนองหรือตัวแปลงค่าที่ผู้ผลิตเตรียมให้เมื่อใช้เครื่องมือวัดก๊าซที่แตกต่างกัน

เมื่อเครื่องมือวัด ตรวจวัดก๊าซ A ได้ 50 % LEL ซึ่งค่าจริงของความเข้มข้น \approx 30% LEL และเครื่องมือตัวเดียวกัน ผลที่อ่านได้ แทนค่าที่มีความเข้มข้นของก๊าซ D ในบรรยากาศจริงที่ 90 % LEL

ตัวประกอบที่ใช้ในการแปลงค่าเป็นตัวเลขที่อธิบายการตอบสนองของเครื่องมือตรวจวัดต่อก๊าซหรือไอชนิดนั้นๆ ผู้ผลิตจะเตรียมตัวเลขเหล่านี้ไว้ นอกจากตอบได้ การตอบสนอง ตัวประกอบในการแปลงค่ามักจะอยู่ในรูปทศนิยม เช่น 0.8, 1.5 หรือ 2.6

ตัวประกอบที่ใช้แปลงค่ายังใช้ในการพิจารณาค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศที่ทำการตรวจวัด โดยการนำตัวประกอบเหล่านี้ไปคูณค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เช่น ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดก๊าซ คือ 20% LEL ตัวประกอบ (Conversion factor) คือ 0.8 ดังนั้น ค่าที่อ่านได้จะคำนวณตามนี้

$$\begin{array}{rclcl}
 20\% \text{ LEL} & \times & 0.8 & & = 16\% \text{ LEL} \\
 \text{(Meter reading)} & & \text{(Conversion factor)} & & \text{(Actual Concentration)}
 \end{array}$$

4. อุปกรณ์เสริม (Accessories)

บริษัทที่ผลิตเครื่องมือตรวจวัดก๊าซจะมีอุปกรณ์หลากหลายให้เลือกใช้เพื่อสะดวกในการตรวจวัดในอุตสาหกรรม โดยวัตถุประสงค์หลักของอุปกรณ์เสริม คือ ช่วยให้สามารถทำการตรวจวัดสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และป้องกันไม่ให้เครื่องมือตรวจวัดชำรุดอุปกรณ์เสริมที่สำคัญมีดังนี้

4.1 ตัวกรองอนุภาค (Particulate filter) และตัวดักจับน้ำ (Liquid trap or moisture trap)

อุปกรณ์เสริมนี้มีหน้าที่ป้องกันเครื่องวัดไม่ให้ถูกทำลายจากอนุภาคต่างๆ หรือน้ำที่ถูกดึงเข้ามาในท่อเก็บตัวอย่างอากาศ

4.2 ตัวกรองชนิดทำด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated charcoal filter) ตัวกรองชนิดนี้จะดูดซับ

ไฮโดรคาร์บอนตัวที่ซับซ้อน เช่น Benzene, Hexane และ Methylene chloride ส่วนก๊าซไฮโดรคาร์บอนตัวที่เบา เช่น Methane และก๊าซธรรมชาติจะไม่ถูกดูดซับเอาไว้ และสามารถผ่านตัวกรองเข้าไปทำปฏิกิริยาในเครื่องตรวจวัดก๊าซต่อไปได้

4.3 หลอดเจือจาง (Dilution tubes or diluter fitting)

มีหน้าที่ผสมอากาศตัวอย่างที่เก็บมาเข้ากับอากาศที่สะอาดรอบๆ เครื่องตรวจวัด โดยมีอัตราส่วนตามที่กำหนดไว้ 1:1 10:1 หรือ 20:1 ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ คือ 1:1 คือ อากาศตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัด 1 ส่วนผสมกับอากาศสะอาด 1 ส่วน สิ่งสำคัญหากใช้ diluter ก็ต้องรู้อัตราส่วนผสมที่แน่นอน เพื่อจะได้พิจารณาเครื่องมืออ่านค่าได้อย่างถูกต้อง เช่น ก๊าซ A ที่อ่านได้จากเครื่องวัด 5% LEL ส่วนผสม 1:1 ฉะนั้น ก๊าซ A จริงๆ มีอยู่เพียงครึ่งหนึ่ง ที่ถูกอ่านโดยเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นจริงของอากาศ คือ 10% LEL

4.4 สายต่อ (Extension hose)

ใช้ต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อช่วยในการเก็บตัวอย่างอากาศ ในที่ที่เข้าไปไม่ถึง หรือยังเข้าไม่ได้ เช่น ถังหรือจุดอับอากาศ สายพวกนี้มีความยาว ตั้งแต่ 3 ฟุต-50 ฟุต ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต อาจทำจาก Teflon Neoprene Polyethylene และ ต้องทราบหากต่อสายในการเก็บตัวอย่างอากาศจากที่ดังกล่าว ช่วงเวลาในการตอบสนองหรือการอ่านค่าก็จะช้ากว่าปกติ

4.5 ท่อเก็บตัวอย่าง (Sample probe)

ใช้ต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อเก็บตัวอย่างในที่ๆ ไม่สามารถเข้าไปได้ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยๆ เป็นรูแคบ ท่อเก็บตัวอย่างอากาศนี้มักทำด้วย Aluminum ทองเหลือง หรือไฟเบอร์กลาส และมีหลายขนาดความยาวเพื่อใช้งานได้เหมาะสมกับสถานที่ที่ต่างกัน

5. ข้อควรระวัง (General precautions) และข้อจำกัด (Limitations)

5.1 ข้อควรระวัง ของเครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟ (Precautions for % LEL meter)

5.1.1 แบตเตอรี่ไม่เพียงพอ (Inadequate battery power)

เครื่องมือตรวจวัดอากาศก็เหมือนกับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ฉะนั้นจึงสำคัญมากที่จะต้องเตรียมพลังงานให้เพียงพอ เพื่อเครื่องมือตรวจวัดจะทำงานได้อย่างถูกต้อง เป็นการกระทำที่ไม่ปลอดภัย และอันตรายมากที่จะใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซที่พลังงานไม่เพียงพอ เพราะพลังงานจากแบตเตอรี่ส่งไปเลี้ยงเซนเซอร์ซึ่งเป็นตัววัดค่าที่เครื่องมือตรวจวัดส่งผลออกมา จึงทำให้ได้ค่าที่คลาดเคลื่อน ฉะนั้นผู้ใช้จึงควรเรียนรู้ว่าจะตรวจระดับแบตเตอรี่ของเครื่องมือตรวจวัดอากาศที่ใช้และรู้ว่าจะชาร์จหรือเปลี่ยนแบตเตอรี่อย่างไร ซึ่งควรศึกษาคู่มือก่อนใช้

5.1.2 ก๊าซกัดกร่อน (Corrosive gases)

ก๊าซกัดกร่อนสามารถทำให้ขดลวดหรือส่วนประกอบที่อยู่ในสถานะของแข็งเสื่อมได้ ซึ่งทำให้เซนเซอร์เสื่อมได้ ในบางครั้งอาจจะไม่ทำให้เซนเซอร์เสื่อมทันที แต่จะทำให้ Sensitivity ลดลง หากจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟ ในสิ่งแวดล้อมที่มีก๊าซกัดกร่อน หรือพวกลอเจิน ไฮโดรคาร์บอน ก็ต้องมีการปรับเทียบเครื่องมือให้บ่อยขึ้น เพื่อจะได้ใช้เครื่องมือทำงานได้อย่าง ถูกต้อง และ แม่นยำ

5.1.3 สิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (Heated atmospheres)

ก๊าซหรือไอร้อน เมื่อถูกดูดเข้ามาในเครื่องวัดอาจควมแน่นที่ผิวท่อส่งก๊าซที่เย็นกว่า และเมื่อก๊าซหรือไอควมแน่น เพิ่มขึ้นก็เช่นเดียวกับอุณหภูมิของอากาศในสิ่งแวดล้อมลดลง ตัวอย่างก๊าซที่เก็บมีอุณหภูมิสูงขึ้นและความยาวของท่อเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้น ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างอากาศที่เก็บไปไม่ถึงเครื่องมือตรวจวัดอย่างพอเพียง ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านผล คือ ได้ผลน้อยกว่าความเป็นจริง นอกจากนั้นน้ำที่อยู่ในตัวอย่างอากาศ ยังสะสมในเครื่องมือ และทำให้ปัมทำงานไม่สะดวก และหากน้ำไปถึงเซนเซอร์จะมีผลกับตัวตรวจจับเปลวไฟด้วย

5.1.4 การรบกวนจากกระแสไฟฟ้า (Electrical interferences) สนามแม่เหล็ก,

สายไฟฟ้าแรงสูง ไฟฟ้าสถิตย์ หรือ แม่เหล็กไฟฟ้า และ โทรศัพท์มือถือสามารถรบกวนการอ่านค่าจากเครื่องมือตรวจวัด เมื่อมีตัวรบกวนเหล่านี้ เครื่องมือตรวจวัดอาจอ่านค่าได้ไม่แน่นอน ขึ้น-ลง ในบางกรณี การรบกวนจากไฟฟ้า สามารถกำจัดได้โดยการต่อสายดิน หรือ เคลื่อนย้ายเครื่องมือไปยังสถานที่อื่น เพื่อทำการตรวจวัดในบรรยากาศ ที่ไกลออกไปได้

5.1.5 ของเหลว และอนุภาคต่างๆ

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟไม่ได้ออกแบบมาเพื่อจะวัดก๊าซไวไฟที่มีฝุ่น, เส้นใย, ละอองน้ำ, หรืออนุภาคใดๆ ในอากาศ จึงไม่ควรให้น้ำหรือฝุ่นเข้าไปในเครื่องมือวัดได้ ควรใช้อุปกรณ์เก็บเสริม เช่น Particulate filter, Liquid trap เมื่อทำการเก็บตัวอย่างอากาศ และหากใช้อุปกรณ์เสริมเหล่านี้ควรจะดูแลและเปลี่ยนเมื่อเกิดการอุดตันหรือเอาน้ำออก อย่าใช้ต่อหากพบสภาพเช่นนั้น จะทำให้น้ำเข้าไปปัมพ์และเซนเซอร์ได้

5.2 ข้อจำกัดของเครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟ (Limitations of % LEL meter)

5.2.1 ความเข้มข้นของออกซิเจน (Oxygen concentration)

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟส่วนใหญ่ ใช้ Catalytic filament เซนเซอร์ ก๊าซที่เก็บตัวอย่างเข้ามาจะถูก ออกซิไดซ์ และเผาที่ขดลวด เมื่อสัมผัสกับคาตาลิซท์ ออกซิเจนจำเป็นต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ผู้ใช้เครื่องมือตรวจวัดชนิดนี้จะต้องรู้ว่าปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศที่มีน้อยที่สุดที่เครื่องมือยังคงทำงานได้ หากต่ำกว่านั้นเครื่องมือตรวจวัดจะไม่ตอบสนอง ไม่ว่าจะมีความเข้มข้นของก๊าซไวไฟในบรรยากาศ หรือไม่

อันตรายมากสำหรับผู้ให้เครื่องมือตรวจวัด โดยไม่รู้ข้อมูลเกี่ยวกับ เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟ เพราะจะทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาด เมื่อปริมาณออกซิเจนไม่อยู่ในช่วงที่เครื่องมือจะทำงานได้ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในเครื่องมือแต่ละเครื่องแตกต่างกันตามผู้ผลิตเครื่องมือ และชนิดของเซนเซอร์ และคาตาลิซท์ที่ใช้

5.2.2 อันตรายต่อคาตาลิซท์ (Catalyst poison)

สารอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก เช่น Silicone, และ Silicate เมื่อถูกเผาจะเกิดฟูล์ม และรวมตัวกับก๊าซหรือไอเป็นอนุภาคของแข็งทันที อนุภาคเหล่านี้จับตัวบนขดลวด และปกคลุมคาตาลิซท์ ทำให้คาตาลิซท์เซนเซอร์ไม่สามารถทำงานได้

สารประกอบ Silicone อาจพบในน้ำมัน ไฮโดรลิกส์ Surfactant, Waxes และ โฟมที่ใช้ในการดับเพลิง

5.2.3 ความเข้มข้นก๊าซไวไฟ เกิน 100% LEL (Concentration exceeding 100% LEL)

เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟ เมื่อตรวจวัดก๊าซไวไฟในบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของก๊าซเกิน 100%LEL การตอบสนองของเครื่องมือจะแตกต่างกันไปตามแต่ละบริษัทผู้ผลิต บางเครื่องวัดจะอ่านแค่ 100% และตกลงมาที่ 0% อย่างรวดเร็ว ในขณะที่บางเครื่องอ่านได้มากกว่า 100% LEL

อย่าลืมว่าไม่ใช่ก๊าซทุกชนิด ที่ให้ความร้อนออกมาที่เครื่องตรวจวัด จนอ่านได้ 100% LEL เสมอ ก๊าซบางตัวทำให้เกิดความร้อนจากการเผาไหม้ได้แค่ 60% หรือ 80% เมื่อเทียบกับการใช้ Calibrate ในขณะที่ความเข้มข้นจริงในบรรยากาศมากกว่า 100% LEL

5.2.4 ความเข้มข้นก๊าซไวไฟเกิน UEL (Concentration exceeding the UEL)

เมื่อความเข้มข้นของก๊าซไวไฟมีค่าเกิน UEL ส่วนผสมนี้เข้มข้นเกินกว่าที่จะไหม้ไฟและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นบนขดลวดคาตาลิซท์และขดลวดทดแทน อุณหภูมิของขดลวดทั้งสองจะลดลงและกลับสู่ปรกติ ในกรณีนี้เครื่องมือจะบ่งชี้ว่าไม่มีก๊าซไวไฟในบรรยากาศ ซึ่งในบางสถานการณ์เครื่องมือวัดจะแสดงค่าขึ้นไป 100% LEL แล้วตกมาที่ 0 ในขณะที่ปริมาณก๊าซในบรรยากาศมีความเข้มข้นสูงมาก ดังนั้นเมื่อตรวจวัดก๊าซไวไฟ ที่มีความเข้มข้นสูง ควรใช้เครื่องมือที่มี % ก๊าซมาใช้ในการตรวจวัด ซึ่งได้แนะนำไปแล้วข้างต้นว่า เซนเซอร์ เหนียวนำความร้อน (Thermal conductivity sensor) สามารถใช้วัดก๊าซไวไฟที่มีความเข้มข้นสูงๆ ได้

5.2.5 สารประกอบคลอรีนไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated hydrocarbons)

เครื่องมือตรวจวัดบางชนิดใช้คาตาลิซ์ที่เพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวทำลาย Chlorinated hydrocarbon เช่นพวก Methylene chloride, Trichloroethylene และ Perchloroethylene ส่งผลให้เครื่องมือตรวจวัดอ่านค่าได้มากกว่าปกติ Chlorinated hydrocarbon ที่ความเข้มข้นสูงๆ อาจไปกุด/ครอบบังการทำงานของคาตาลิซ์ทำให้ความไวในการตอบสนองลดลง เมื่อเกิดสถานการณ์เช่นนี้ จะต้องแก้ไข โดยนำเครื่องมือออกจากบริเวณนั้น แล้วเปิดเครื่องมือตรวจอากาศให้ดูดเอาอากาศที่สะอาดเข้าไประยะหนึ่ง หลังจากนั้นนำไปปรับเทียบ

เครื่องวัดออกซิเจน และ ก๊าซพิษ (Oxygen and Toxic Gas Meters)

ก๊าซพิษชนิดต่างๆ เป็นอันตรายที่มักพบในอากาศของสถานที่อับอากาศ (Confined space) นอกจากนั้นอันตรายที่น่ากลัวอีกอย่างหนึ่งคือค่าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ การใช้เครื่องมือในการตรวจวัดก๊าซพิษ และปริมาณออกซิเจน เพื่อให้มั่นใจว่าอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายก่อนเข้าทำงานจึงเป็นสิ่งจำเป็น

1. พื้นฐานไฟฟ้าเคมี (Basic electrochemical)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซหลากหลายชนิดรวมทั้งออกซิเจนด้วย เซนเซอร์ประเภทนี้ใช้อิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte) และอิเล็กโทรด (Electrode) ในการดักจับก๊าซที่สนใจ เซนเซอร์ชนิดนี้อาศัยปฏิกิริยาเคมีระหว่าง ก๊าซและสารละลายอิเล็กโตรไลต์ ผลจากปฏิกิริยา คือ ศักย์ไฟฟ้าที่อิเล็กโตรดเปลี่ยนแปลงไป นั่นคือมีความสามารถในการผลิตไอออนและอิเล็กตรอน และการเปลี่ยนแปลง ศักย์ไฟฟ้านี้ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและเหนี่ยวนำให้เครื่องมือวัดอ่านค่าได้

ก๊าซต่างๆ ถูกตรวจวัดโดยกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงจากก๊าซ Hydrogen sulfide, Hydrogen cyanide Carbonomoxide, และ Sulfuric oxide อิเล็กโตรไลต์คือ สารเคมีที่ละลายในน้ำอยู่ในรูปสารละลายที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าคือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ กรดเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จึงนิยมนำมาใช้เป็นอิเล็กโตรไลต์ สารเคมีที่ต่างกันมีจำนวนอะตอมที่นำอิเล็กตรอนไม่เท่ากัน เช่น เกลือแกง ประกอบด้วย 2 อะตอมของ โซเดียม (Na) และ คลอไรด์ (Cl) ซึ่งไม่มีประจุ เมื่อละลายน้ำจะให้ประจุบวกของโซเดียมไอออน (Na^+) และประจุลบของคลอไรด์ (Cl) ในสารละลาย เมื่ออะตอมสูญเสียอิเล็กตรอน อะตอมจะกลายเป็นมีประจุบวก และเมื่อได้รับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอะตอมที่มีประจุลบ ปฏิกิริยาที่สูญเสียอิเล็กตรอนเรียกว่า Oxidation และได้รับอิเล็กตรอน เรียกว่า "Reduction"

สารละลายอิเล็กโตรไลต์เป็นส่วนที่สำคัญมากของการนำไฟฟ้า ส่วนประกอบของอิเล็กโตรดก็สำคัญ

เช่นกัน กระแสไฟฟ้าถูกผลิตขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของการชาร์จประจุ ในกรณีนี้ คือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์ อิเล็กโทรดที่ทำจากโลหะที่แตกต่างกัน จะมีความสามารถในการให้และรับอิเล็กตรอนที่ต่างกัน Platinum, Gold, Mercury, Silver, และ Copper เป็นกลุ่มตัวอย่างของโลหะ ตัวรับอิเล็กตรอนที่ดี ในขณะที่ Zinc, lead, Aluminium และ Magnesium เป็นตัวอย่างของโลหะที่ให้อิเล็กตรอน และแรงที่ทำให้อิเล็กตรอนวิ่งได้ เรียกว่า Electromotive force (emf) จะถูกวัดเป็นหน่วย โวลต์ (Volts)

2. เซนเซอร์ชนิดไฟฟ้าเคมี (Electrochemical sensor)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีถูกนำมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซหลายชนิด เช่น Oxygen, Carbon monoxide, Hydrogen sulfide, Hydrogen cyanide, Sulfur oxide และ Chlorine

- เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี 1 ตัว ประกอบด้วย ตัวกรองที่เป็นอนุภาคหยาบๆเช่นเยื่อเทฟลอนหรือโพลีเอทิลีนบางๆ ซึ่งเป็นแบบ Semi-permeable (กึ่งซึมผ่าน)

- อิเล็กโทรไลต์อาจเป็นของเหลว เจล หรือวัสดุแข็งของแข็ง

ก๊าซที่ต้องการตรวจวัดในสิ่งแวดล้อม จะกระจายผ่านเยื่อบางๆ เข้าไปละลายในอิเล็กโทรไลต์ และทำปฏิกิริยากับสัมผัสกับเซนซึ่งอิเล็กโทรด ทำให้เกิดไอออน และอิเล็กตรอน ซึ่งจะส่งอนุภาคให้กระจายผ่านสารละลายอิเล็กโทรไลต์ไป Counting electrode เพื่อทำการนับจำนวน ถือว่าวงจรครบถ้วน

2.1 ออกซิเจนเซนเซอร์ (Oxygen sensor)

เซนเซอร์ออกซิเจนใช้ตะกั่ว หรือสังกะสี เป็นเซนซึ่งอิเล็กโทรด และทองหรือแพลตินัมเป็นแคโทดอิเล็กโทรด จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เป็นเบสของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์ และนำแผ่นเยื่อที่ทำได้ด้วยเทฟลอน ซึ่งจะกั้นระหว่างอิเล็กโทรไลต์กับตัวอย่างของสารที่อยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันย่อยของออกซิเจนที่ผ่านทะลุวงจรรวมเพนเซท แอมป์รีไฟว์ จะแสดงค่าเป็น% ต่อปริมาตรอากาศ อยู่ระหว่างช่วง 0-25%

เครื่องวัดออกซิเจนถูกปรับเทียบให้วัดออกซิเจนที่ระดับความเข้มข้น 0-25 % ของปริมาตรอากาศ เนื่องจากการปรับเทียบทำที่ระดับปรกติ ปิดสนิท หากใช้วัดออกซิเจน ในอากาศปรกติจะอ่านค่าที่ได้จะใกล้เคียงกับอากาศที่ตรวจวัด หากนำไปใช้ที่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลมาก ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด 20.9% ค่าจริงในบรรยากาศที่ระดับนั้นจะมีความเข้มข้นของออกซิเจนมากกว่า 20.9%

ตารางที่ 13.1 ค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับออกซิเจนเซนเซอร์ที่ระดับต่างๆ

Elevation (feet)	Oxygen Reading(%)
-1,000	21.6
Sea Level	20.9
500	20.4
1,000	20.1
2,000	19.3
4,000	18.0
6,000	17.3
8,000	15.4
10,000	14.3

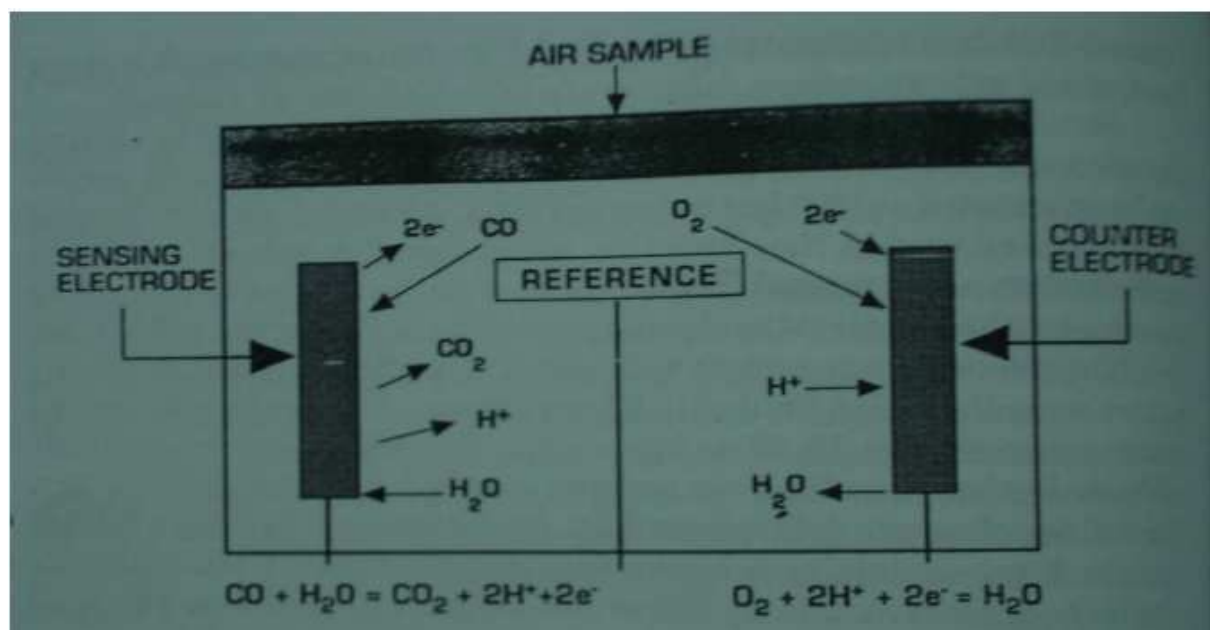
เครื่องวัดออกซิเจนอาจมีสัญญาณเตือนทั้งเสียงและแสง พร้อมทั้งแสดงค่าให้เห็น ซึ่งจะติดตั้งมาจากโรงงานผลิต สัญญาณเตือนตามที่มาตรฐาน OSHA กำหนดไว้ 19.5 % ออกซิเจน เครื่องวัดบางเครื่องมีสัญญาณเตือนเมื่อออกซิเจนมากเกินไป โดยจะตั้งไว้ที่ 22,23 หรือ 25% ออกซิเจน ออกซิเจน เซนเซอร์ จะต้องมีการปรับเทียบเป็นประจำก่อนใช้งานด้วย อากาศสะอาดในบรรยากาศ ที่มีปริมาณออกซิเจน 20.9%

ห้ามใช้ลมหายใจออกในการตรวจเช็คการทำงานของเซนเซอร์ ลมหายใจออกประกอบด้วยออกซิเจน 16% คาร์บอนไดออกไซด์ 5% คาร์บอนไดออกไซด์เป็นกรดจะไปทำอันตราย อัลคาไลน์อิเล็กโทรไลต์ใน

เซนเซอร์ได้

2.2 คาร์บอนมอนอกไซด์ เซนเซอร์ (Carbon monoxide sensor)

วิธีการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คือ เครื่องวัดที่ประกอบด้วยเซนเซอร์แบบไฟฟ้าเคมีที่มี 3 อิเล็กโทรดกับอิเล็กโทรไลต์ ที่เป็นกรด ซึ่งมักใช้ กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) ตัววงจรที่ถูกแบ่งแยกจะคงไว้ซึ่ง ค่าคงที่ของความต่างศักย์ที่เซนซิงค์อิเล็กโทรด ที่คอยควบคุมความสามารถในการออกซิไดซ์ คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกมาเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อยู่ในอากาศที่ตรวจวัด



ภาพที่ 13.13 การเกิดปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับเซนซิงอิเล็กโทรด
ที่คาร์บอนมอนอกไซด์เซนเซอร์

2.3 ไฮโดรเจนซัลไฟด์เซนเซอร์ (Hydrogen sulfide sensor)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) คือ แบบเดียวกับที่ใช้ในการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาออกซิเดชันของ (H₂S) ผลิตอิเล็กตรอนและไอออนได้มากกว่า ดังนั้นจึงได้กระแสไฟฟ้าที่แคโทดที่อิเล็กโทรดมากกว่า ที่พิเศษคือเกิดความโน้มเอียงหรือความต้านทานการไหลของกระแสไปที่แคโทดที่อิเล็กโทรดมากกว่าปกติ ความโน้มเอียงนี้ป้องกันกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์บอนมอนอกไซด์ และการลบกวนอื่นๆที่ส่งออกมาตอบสนองของเครื่องมือวัด

2.4 เซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซพิษอื่นๆ (Other toxic gas sensor)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีในปัจจุบันสามารถตรวจวัดได้กว่า 50 ชนิด สารเคมีที่แตกต่างกัน การตรวจวัดที่หลากหลายของเครื่องวัดก๊าซขึ้นอยู่กับ การดัดแปลงอิเล็กโทรด อิเล็กโทรไลต์ เมมเบรน และการดัดแปลงความโน้มเอียงของแคโทดอิเล็กโทรด ในเซนเซอร์หน่วยไพโรไลเซอร์ (Pyrolyzer unit) ที่ติดตั้งในเครื่องตรวจวัดเป็นตัวช่วยควบคุมอุณหภูมิของก๊าซให้คงที่ ซึ่งเป็นการช่วยให้กระบวนการไฟฟ้าเคมีทำการตรวจจับก๊าซได้ดี

2.5 ข้อจำกัด (Limitations)

2.5.1 สารรบกวนการตรวจวัด (Interfering gas) ความเข้มข้นและส่วนประกอบของสารละลายอิเล็กโตรไลต์จะถูกรบกวนแบบเพื่อให้เหมาะสมกับสารที่

จะตรวจวัดและช่วงความเข้มข้นของสารที่ต้องการตรวจวัด ซึ่งในบางครั้งอาจมีสารที่รบกวนการตรวจวัด (Interfering gas) ที่มีลักษณะขนาด โมเลกุลและปฏิกิริยาเคมีเช่นเดียวกัน ทำให้เกิดการตอบสนองที่ผิดพลาดได้ (false –positive) มีก๊าซพิษและก๊าซอีกหลายตัวที่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเซนเซอร์ชนิดไฟฟ้าเคมี ฉะนั้นผู้ผลิตจะต้องเตรียมรายการก๊าซที่เป็นตัวรบกวนการทำงานของเซนเซอร์ชนิดนี้

2.5.2 หหมดสภาพการมีประจุ (Neutralized)

สารละลายอิเล็กโตรไลต์ที่ไม่ว่าจะเป็นกรดหรือด่างอาจจะเป็นอันตรายได้ คือ หหมดสภาพการมีประจุ (Neutralized) ด้วยสาเหตุนี้ เซนเซอร์ที่มีสารละลายอิเล็กโตรไลต์เป็นด่างก็จะเสื่อมสภาพ โดยก๊าซที่เป็นกรด

2.5.3 การอุดตันของเยื่อที่ปล่อยให้อากาศซึมผ่านเข้าไปในเซนเซอร์ (membrane clogged)

อาจเกิดการอุดตันข้างในจากอนุภาคหรือฝุ่น และการควบแน่นของก๊าซร้อน, ไอน้ำ หรือละอองได้

2.5.4 อายุของเซนเซอร์ (Longevity of sensor)

เซนเซอร์มีอายุที่แน่นอน ประสิทธิภาพประมาณ 6 เดือน ถึง 1 ปี เมื่อไหร่ก็ตามที่เปิดห่อไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ก็ตาม เมื่อครบเวลาที่กำหนดก็จะไม่สามารถใช้งานได้

2.5.5 ช่วงอุณหภูมิใช้งาน (Operational temperature range)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีจะสามารถทำงานได้ที่ช่วงอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เช่น ระหว่าง 0 °C (32 °F) ถึง สูงสุดประมาณ 40-60 °C (104-140 °F) อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจากที่กำหนดอาจทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้ ในกรณีตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนด อีออนและอิเล็กตรอนที่กระจายตัวผ่านอิเล็กโตรไลต์จะช้าลง เครื่องมือจะตอบสนองผลได้ช้าลง หากอุณหภูมิต่ำมากๆ อิเล็กโตรไลต์อาจแข็งตัว

2.5.6 ระดับความสูง (Altitude)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี ยังอ่อนไหวต่อระดับความดัน ที่ๆมีระดับมาก ความดันย่อยของก๊าซจะลดลง (partial pressure) ก๊าซจึงกระจายตัวเข้าไปผ่านเยื่อได้น้อยลง ค่าที่อ่านได้จะต่ำลงไปด้วย ปรากฏการณ์นี้ส่งผลกระทบต่อออกซิเจนเซนเซอร์ชัดเจนที่สุด และอาจเกิดกับเซนเซอร์ชนิดอื่นๆได้ด้วย

3. แถบกระดาษตรวจวัดก๊าซ (Papertape gas detectors)

แถบตรวจวัดอากาศ คือ แถบกระดาษที่ถูกอบด้วยสารเคมีผสมที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้เปลี่ยนสีเมื่อสัมผัสกับก๊าซที่ต้องการตรวจวัดตัวอย่างอากาศจะเข้าถึงแถบตรวจวัดได้โดยการแพร่กระจายตัว หรือป้อนช่วยดูดอากาศ เพื่อให้ผ่านมาที่แถบตรวจวัด เมื่อก๊าซที่ต้องการตรวจวัดสัมผัสแถบตรวจวัดทำให้แถบเปลี่ยนสี แถบนี้จะถูกตรวจสอบโดยโฟโตไดโอดดีเทคเตอร์ (Photodiode detector) ความเข้มของสีที่เปลี่ยนไปเป็น

สัดส่วน โดยตรวจกับความเข้มข้นของก๊าซที่ตรวจวัดได้

แถบตรวจวัดยังนิยมใช้เป็น Passive dosimeter หรือ Passive badge และยังสามารถนำมาใช้ในเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาทั้งแบบตรวจวัดส่วนบุคคลและแบบพื้นที่ ซึ่งระบบส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสายรีวของแถบตรวจวัดผ่านช่องเปิดของตัวอย่างอากาศที่เก็บตัวอย่างด้วยอัตราการที่

เมื่อมีการหมุนให้แถบเก็บตัวอย่างไปสัมผัสตัวอย่างอากาศสำหรับช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน ซึ่งอาจประมาณ 30 วินาที จนถึง 4-5 นาที ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาของสารที่ก่อให้เกิดสีที่ใช้เฉพาะก๊าซที่ทำการตรวจวัด และกลยุทธในการตรวจติดตาม อุปกรณ์บางตัวมีวิธีการตรวจจับอากาศที่แตกต่างกัน อัตราการเก็บตัวอย่างอากาศสามารถดัดแปลงได้ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ถึงแม้ว่าแถบเก็บตัวอย่างอากาศจะสามารถใช้เก็บตัวอย่างอากาศแบบต่อเนื่องได้ แต่ก็ใช้ช่วงเวลาหลังจากเก็บตัวอย่างจนถึงการตอบสนองของเครื่องมือเล็กน้อย ช่วงเวลาดังกล่าวนี้ ไม่สามารถลดลงเหมือนเครื่องเก็บตัวอย่างอื่นๆ แต่กระนั้นแถบวัดตัวอย่างก็ยังสามารถนิยมนำมาใช้กว้างขวางในการเก็บตัวอย่างอากาศที่มีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนต่ำๆ เช่น Phosgene, Hydrazine และพวกกรดอินทรีย์

ข้อจำกัด

แถบตรวจวัดอากาศบรรจุสารเคมีที่ไวต่อการตอบสนองต่อปฏิกิริยา ซึ่งรวมไปถึงตัวประกอบอื่นในสิ่งแวดล้อมด้วย (Environmental factor) นั่นคือความชื้นและอุณหภูมิซึ่งอาจทำปฏิกิริยากับแถบตรวจวัดที่เก็บไม่ดี ดังนั้นแถบตรวจวัดหลายชนิดใช้วิธีการอ่านค่าสีขั้นต้นของแถบก่อนว่ามีค่าเท่าใด แล้วจึงนำไปตรวจวัดในบรรยากาศที่จะเก็บตัวอย่างจริง ค่าที่ได้ต้องนำมาลบด้วยที่อ่านได้จากสีขั้นต้นก่อนตรวจวัด จึงได้ค่าที่ตรงกับความจริง ดังนั้นหลังตรวจวัดจริง

และหลังการใช้งานทุกครั้งต้องม้วนแถบหรือปิดตลับให้สนิท

สารเคมีที่ใช้เป็นตัวจับที่อยู่ในแถบจะสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป ฉะนั้นบนตลับหรือม้วนบรรจุแถบตรวจวัดควรระบุวันที่หมดอายุการใช้งาน อย่าใช้แถบตัวอย่างหลังวันหมดอายุที่ระบุมา นอกจากนั้นแหล่งที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดผิดพลาดในการเก็บตัวอย่างอากาศ คือความแปรปรวนของอัตราการไหลของอากาศ ช่วงเวลาที่แถบกระดาษสัมผัสอากาศและความแน่นหนาของโฟโตไดโอด

แถบตรวจวัดอากาศยังไวต่อก๊าซที่มารบกวน (Interfering gas) ก๊าซรบกวนทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบนกระดาษโดยไม่สามารถระบุได้

4. เซนเซอร์ที่อยู่ในสถานะของแข็ง (Solid state sensor)

เซนเซอร์กึ่งตัวนำ (Semi conductor sensor) สามารถใช้ในการเก็บตัวอย่างที่มีสารพิษเฉียบพลันที่มี

ความเข้มข้นต่ำ มีการคัดแปลงสัดส่วนในส่วนผสมของโลหะออกไซด์ อนุภาคในสารกึ่งตัวนำและความต่างศักย์บนสารกึ่งตัวนำส่งผลต่อการแยกแยะและความไวของเซนเซอร์ต่อก๊าซและไอที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะถูกออกแบบมาให้ตอบสนองต่อก๊าซเฉพาะ ชนิดเซนเซอร์ที่เป็นของแข็งก็ยังตอบสนองต่อสารหลายชนิด โดยเฉพาะไฮโดรคาร์บอนเซนเซอร์ไม่สามารถกีดกันระหว่างสารที่ต้องการตรวจวัดกับสารอื่นได้

ข้อจำกัด

ข้อจำกัดที่สำคัญของเซนเซอร์แบบสถานะของแข็ง คือไม่สามารถเจาะจงก๊าซที่ต้องการตรวจวัดได้ ก๊าซที่มารบกวน “Interfering gas” อาจก่อให้เกิดการตอบสนองที่ผิดพลาดของเครื่องมือแบบ False positive ความชื้นสูงและไอ-ก๊าซ ที่ควบแน่นบนพื้นผิวของเซนเซอร์สามารถยับยั้งการกระจายตัวและลดความไวในการตอบสนองของเซนเซอร์ได้ ฝุ่นและอนุภาคสามารถอุดตันรูพรุนของเซนเซอร์และลดหรือจำกัดการกระจายของก๊าซออกซิเจนซึ่งจำเป็นต่อการทำงานของเซนเซอร์ ความเข้มข้นต่ำที่จะตรวจวัดได้ของเซนเซอร์ถูกออกแบบขึ้นกับส่วนประกอบของเซนเซอร์ หากจำเป็นต้องใช้ เครื่องมือตรวจวัดในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอควร สอบถามข้อมูลที่เกี่ยวข้องก่อนซื้อเครื่องมือ

เครื่องมือตรวจวัดไอปรอท (Mercury vapor detector)

เครื่องตรวจวัดปรอทใช้ตรวจวัดเมื่อเกิดการรั่วไหลของสารปรอท และจากอุปกรณ์ที่มีปรอทประกอบด้วย หนึ่งในวิธีการตรวจหาปรอท คือ Ultraviolet light (UV) absorption แสง UV ขนาด 257 มิลลิเมตรผ่านทะลุ ช่องและอยู่บน Photoresistor ที่วัดระดับความเข้มของรังสี UV ไอปรอทจะดูดซับได้รุนแรงในแถบคลื่น UV เมื่อตัวอย่างอากาศถูกดูดเข้ามาในช่องและเป็นปรอท เข้มข้นของแสง UV ที่ไปถึง Photosensor จะลดลงเป็น สัดส่วนกับความเข้มข้นที่ปรากฏ

เครื่องตรวจวัดสารปรอทสามารถวิเคราะห์ได้ระหว่างช่วง 0-1 mg/m³ เครื่องตัววัดชนิดนี้ถูกออกแบบเพื่อใช้ตรวจวัดสารปรอทมีค่าใกล้เคียง ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่สามารถสัมผัสได้ (TWA) หากตรวจวัดสารปรอทที่มีความเข้มข้นสูงต้องใช้เซนเซอร์ชนิดหลอดเก็บตัวอย่าง Colorimetric tube

สารใดก็ตามที่ดูดซับ แสง UV ได้เท่ากับสารปรอทจะรบกวนการตรวจวัดสารปรอทด้วยเช่นกัน สารเหล่านั้นได้แก่ Acetone, Benzene, Ethanol, และ Gasoline เป็นต้น ไอไอน้ำก็เป็นอีกตัวหนึ่งที่จะส่งผลกระทบต่อหรือกระจายตัวของแสง UV ไปที่ Photo sensor ผลกระทบจากความชื้นสามารถแก้ไขได้โดยการปรับศูนย์ (Zeroing)

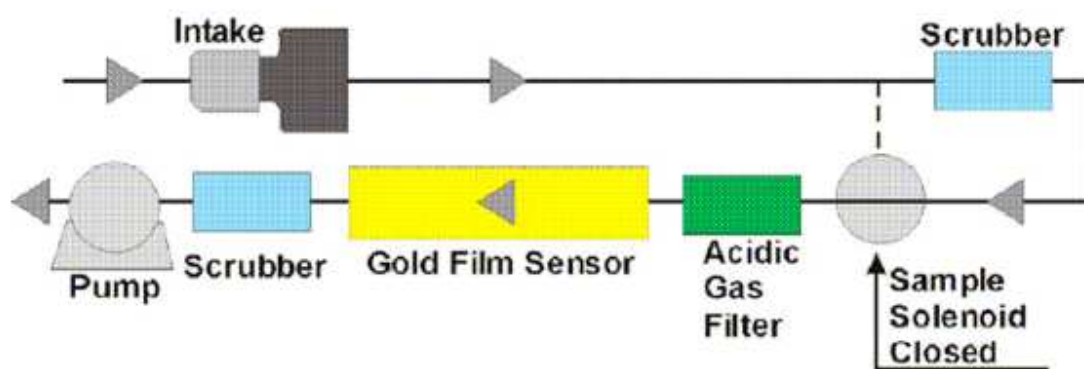
แผ่นทองก็สามารถใช้เป็นตัวดักจับ ไอปรอทได้ อากาศตัวอย่างปริมาณที่แน่นอนจะถูกดูดเข้ามาเหนือ

เซนเซอร์ด้วยอัตราการไหลที่คงที่ โปรทในตัวอย่างอากาศจะถูกดูดซับบนเซนเซอร์ และเปลี่ยนความต้านทาน การเปลี่ยนความต้านทานเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเข้มข้นที่ปรากฏ

ในที่สุดเซนเซอร์ก็จะอิ่มตัวไปด้วยโปรท และสารปนเปื้อนอื่นๆ ซึ่งจะถูกเผาในช่วงสั้นๆ ของการให้ความร้อน เซนเซอร์แผ่นทองนี้ จะไม่ได้รับผลกระทบจากสารที่รวมอยู่ด้วย เช่น ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ หรือไอน้ำ ตัวกรองภายในจะทำหน้าที่จับ หรือดั่งสารที่รบกวนเซนเซอร์ เช่น พวกอนุภาค และก๊าซที่เป็นกรดออก



ภาพที่ 13.14 เครื่องมือตรวจวัดไอปรอท



ภาพที่ 13.15 หลักการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดไอปรอท

Photo Ionization Detectors (PID)

การวิเคราะห์สารเคมีโดยวิธีไอออไนเซชัน ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ปี 1960 ซึ่งการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ใช้วิธีเฟรมไอออไนเซชัน (Frame Ionization) เครื่องวิเคราะห์ชนิดโฟโตไอออไนเซชันเฟรมแบบพกพาเครื่องแรกพัฒนาขึ้นในปี 1970

เครื่องเก็บตัวอย่างโฟโตไอออไนเซชัน Photoionization detector (PID) เป็นเครื่องมือใช้วัดสารที่มีความเข้มข้นต่ำในช่วงระหว่าง 0.1-2000 ppm. มักจะถูกนำมาใช้วัดในสภาพแวดล้อมที่คาดว่าจะมีสารปนที่ความเข้มข้นต่ำ เพื่อทดสอบหาการรั่วไหล ใช้สำรวจเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ในการศึกษาทางพิษวิทยา ใช้ติดตามประสิทธิภาพของระบบควบคุมการระบายอากาศ หรือการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงาน ใช้ตรวจจับสารตกค้างที่หลงเหลืออยู่ในดินหรือน้ำ และใช้พิจารณาความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการทำงานกับสารเคมีอันตราย

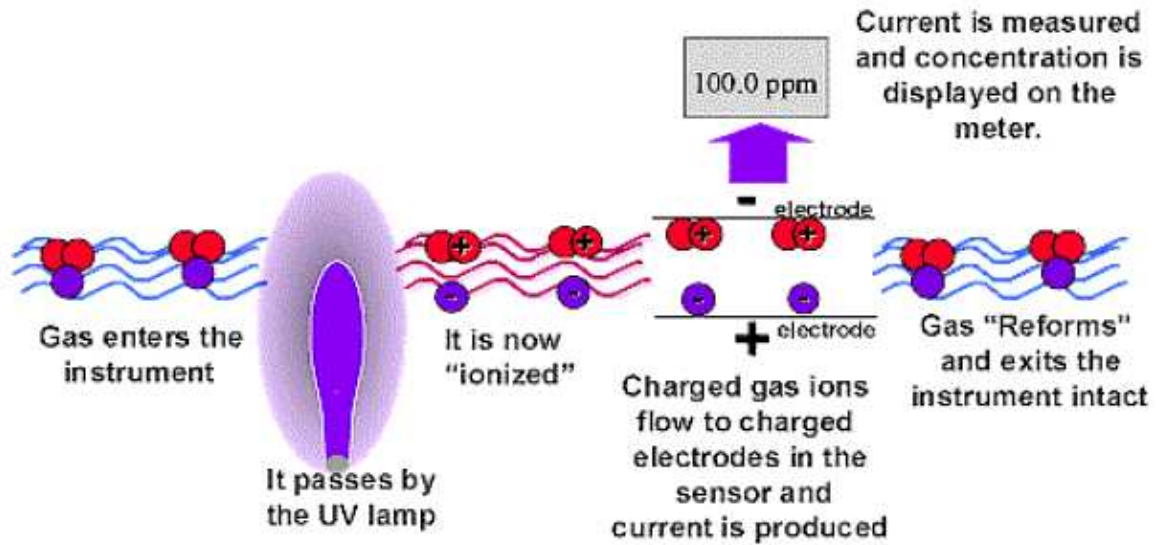
1. การทำงานของโฟโตไอออไนเซชันดีเทกเตอร์

จากหลักการทำงานของเซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า อะตอมสามารถรับหรือให้อิเล็กตรอนและกลายเป็นไอออนที่มีประจุ สารต่างๆ ก็สามารถมีประจุได้ การเคลื่อนตัวของไอออนและอิเล็กตรอน จากขั้วไปยังอีกขั้วหนึ่ง สามารถผลิตกระแสประจุได้ ซึ่งวัดได้เป็นความต่างศักย์

การหมุนเวียนของไอออนกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะเกิดประจุขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาของสารปนเปื้อนในบรรยากาศที่เก็บตัวอย่างกับส่วนประกอบในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ จะทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า สารที่สูญเสียอิเล็กตรอน และรวมตัวกับไอออนจะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี

ควรวัดถึงถึงถึงรวมตัวกันเป็นอิสระในช่องว่างเล็กๆ ของอากาศแทนที่จะอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ภายในสภาพการณ์ดังกล่าว ไอออนไม่สามารถที่จะถูกรวมไว้ที่อิเล็กโทรดและผลิตกระแสไฟฟ้าเช่นเคย ไอออนจับตัวกันในอากาศและผลัดกันไปในทางเดียวกัน โดยคาโธดที่ไม่สมดุลย์ (แอนเอียง) และไม่สะสมอยู่ที่อิเล็กโทรด กระแสจากไอออนจะถูกผลิตขยายและแปลงสัญญาณไปอ่านที่มิเตอร์ กระแสที่ผลิตจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนไอออนที่ผลิตขึ้น

สารเคมีปนเปื้อนในตัวอย่างอากาศก่อตัวเป็น ไอออน หรือถูกไอออไนซ์ (Ionized) ด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (Ultra violet, UV) พลังงานสูง สารประกอบนี้ดูดซับเอาพลังงานจากแสง ซึ่งกระตุ้นให้โมเลกุลปล่อยอิเล็กตรอนมาชั่วคราว และเกิดเป็นไอออนบวก กระบวนการนี้เรียกว่า โฟโตไอออไนเซชัน (Photo ionization)

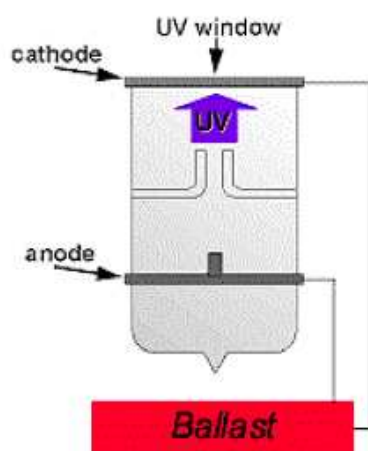


ภาพที่ 13.16 หลักการทำงานของ โฟโตไอออไนเซชันดีเทคเตอร์

1.1 ศักยภาพของไอออไนเซชัน (Ionization potentials)

แม้ว่าสารเคมีต่างๆ จะสามารถไอออไนซ์ได้ แต่ปริมาณพลังงานที่ใช้จะแตกต่างกัน สารบางอย่างสูญเสียอิเล็กตรอนหรือถูกไอออไนซ์ได้ง่าย ในขณะที่สารบางอย่างไม่ได้เป็นเช่นนั้น ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนอิเล็กตรอน เรียกว่า ไอออไนเซชัน โปเทนเชียล (Ionization Potential, IP) และวัดได้เป็นอิเล็กตรอน โวลท์ (Electron Volts, eV) สารแต่ละตัวมี IP เฉพาะหากสารใดมี IP ต่ำก็ต้องการพลังงาน ในการไอออไนซ์สารเคมีนั้นต่ำไปด้วย

ไอออไนเซชัน โปเทนเชียล แปรตามสารที่ต่างกัน IP ของก๊าซ เช่นไนโตรเจน, ออกซิเจน, คาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่า 12.00 eV ในขณะที่สารอินทรีย์มี IP น้อยกว่า 12.00 eV



ภาพที่ 13.17 หลอดหลอดอัลตราไวโอเลตในห้องปฏิบัติการไอออไนเซชัน

1.2 ขนาดของหลอดอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet lamp capacities)

พลังงานแสงที่ปล่อยออกมาจากหลอดอัลตราไวโอเลต มีหน่วยเป็น Electron Volt (eV)

พลังงานของแสงอัลตราไวโอเลต จะถูกพิจารณาอย่างละเอียดเมื่อนำมาใช้ หากแสง UV ที่มีพลังงานมากกว่า IP ของสารที่จะทำการตรวจวัด ก็จะเกิดปฏิกิริยาไอออไนเซชัน และจะไม่เกิดหากมีพลังงานน้อยกว่า IP ของสาร ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญสำหรับการใช้ PID ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ฉะนั้นจำเป็นจำเป็นต้องรู้กำลังของหลอด UV และ IP ของสารที่จะตรวจวัดจึงจะเลือกใช้ได้ หลอด UV มีหลายขนาดด้วยกัน ซึ่งส่วนใหญ่ คัด 9.5, 10.2, 10.6 และ 11.7 eV ผู้ผลิตบางรายอาจสร้างที่ขนาดต่างออกไปเช่น 10.0 หรือ 11.7 eV

1.3 ความไวของหลอดอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet lamp sensitivities)

เมื่อก้าวถึงความไวของ PID นั้นหมายถึง สารใดสารหนึ่งที่เจาะจง มิได้พูดถึงที่ขนาด UV ต่างกันต่อสารที่แตกต่างกัน ผู้ผลิตมักจะเสนอตารางที่มีรายการความไวของ PID ที่ขนาดของหลอด UV มาให้ต่อสารชนิดต่างๆ ค่าความไวที่ระบุมานี้เป็นตัวบอก ความไวในการตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารเคมี ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน มักใช้ที่ 10 ppm ค่าความไวอยู่ระหว่าง 10-0.02 ppm

ผู้ผลิตบางราย เสนอเป็น Response factor ซึ่งจะต้องนำค่านี้ไปคูณกับค่าที่ตรวจวัดได้จากการอ่าน มิเตอร์ ค่านี้ถูกระบุไว้ในคู่มือการใช้เครื่องตรวจวัด

2. ข้อจำกัดและข้อควรระวัง (Limitation and Precaution)

2.1 ไอน้ำ (ความชื้น) Water vapor (Humidity)

ข้อจำกัดที่สำคัญสำหรับ PID คือ ไอน้ำหรือความชื้น ไอน้ำมี IP ที่ 12.59 ไม่สามารถไอออไนซ์ได้ด้วยแสง UV แต่จะทำให้หักเห, กระจายและดูดซับแสง ลำแสง UV จะถูกบีบให้แคบลงและกระหน่ำไปยัง

ตัวอย่างอากาศที่ถูกเก็บเข้ามาอยู่ในช่อง ไอน้ำหรือความชื้นจะกระจายออกทำให้ UV ที่ไปถึงสารตัวอย่างที่เก็บมาน้อยลง การไอออไนซ์ลดลง มิเตอร์อ่านค่าได้น้อยลง

ในกรณีที่ไม่มีสารปนเปื้อน ในสิ่งแวดล้อมที่ตรวจวัดความชื้นหรือไอน้ำ อาจทำให้อ่านค่าได้เนื่องจากในน้ำเองก็มีแร่ธาตุบางตัวประกอบอยู่ ซึ่งส่งผลให้อ่านค่าได้

2.2 ก๊าซหรือไอที่ไม่เกิดไอออไนซ์ (Non-ionizable gas and vapor)

สารเคมีที่มี IP สูงกว่า หลอด UV eV จะแสดงปฏิกิริยาเช่นเดียวกับเมื่อเจอไอน้ำ หากมีปริมาณสารเหล่านี้มาก อาจจะไปกั้นการทำงานของ UV ได้ ก๊าซหรือไอที่ไม่เกิดไอออไนซ์เหล่านี้จะทำตัวเป็นเกาะก้างไม่ให้แสง UV เข้าถึงสารปนเปื้อนที่ต้องการวัดได้ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าจริง

2.3 สภาพของหลอด UV (Lamp condition)

หลอดไฟที่สกปรกจะส่งผลต่อการอ่านค่าด้วย โดยจะอ่านค่าได้ลดลง เนื่องจากสิ่งสกปรกสามารถเข้าไปในอุปกรณ์ที่ไม่มีไส้กรองอยู่ที่ทางเข้า และ ไปกองอยู่ที่ช่องเปิดของหลอด ดังนั้นผู้ผลิตจึงแนะนำให้ทำความสะอาดหลังใช้เครื่องมือทุกครั้ง

2.4 ฝุ่นและอนุภาค (Dust & Particulates)

ถึงแม้ว่า PIDs จะมีไส้กรองฝุ่นแต่ก็ยังมีฝุ่นที่ขนาดเล็กๆ ผ่านเข้าไปในช่องไอออไนเซชัน เมื่อรวมตัวกัน ไปทำให้ลำแสงกระจายและปิดกั้นลำแสง UV ด้วยและกีดกันการเกิดไอออไนซ์ด้วย นอกจากนี้อนุภาคเหล่านี้ ยังสามารถถูกชาร์จประจุและส่งผลต่อกระแสไอออนด้วย

2.5 สิ่งแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง (Heated atmospheres)

ก๊าซและไอร้อน เก็บตัวอย่างได้ยากเนื่องจากเกิดการควบแน่น ในสายเก็บตัวอย่าง และทำให้หลอดไฟเย็นลง ซึ่งส่งผลให้เกิดแสง UV น้อยลง หากเกิดการควบแน่นเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เครื่องวัดอ่านค่า ได้น้อยลงทันทีทันใด

2.6 ก๊าซกัดกร่อน (Corrosive gases)

ก๊าซกักตรอนจะส่งผลต่ออิเล็กทรอนิกส์ ในช่องไอออนในเซชัน และช่องเปิดหลอดไฟ หากสัมผัสกันเข้าทำให้ผู้กรอน จำเป็นต้องทำความสะอาด และปรับเทียบบ่อยขึ้น ผู้ผลิตได้พัฒนา โดยการนำวัสดุที่ทนต่อการกักตรอนได้มาใช้

2.7 ก๊าซที่มีความเข้มข้นสูง (High concentration of gases and vapor)

PID ถูกออกแบบไว้เก็บตัวอย่างสารปนเปื้อนที่มีความเข้มข้นต่ำ ประมาณ 400-500 ppm ข้อมูลเหล่านี้จะถูกอำพราง โดยผู้ผลิตโดยการนำเสนอว่าเครื่องสามารถตรวจวัดได้ตั้งแต่ 0-2,000 ppm แต่ในความเป็นจริงนั้นการตอบสนองที่ความเข้มข้นสูง เช่น 2000 ppm ณ การสอบเทียบโดยผู้ผลิตจริงแต่จะไม่แม่นยำ โดยเฉพาะช่วงความเข้มข้นสูงและก๊าซที่ไม่ได้ปรับเทียบ

Frame Ionization Detectors (FID)

เครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนในเซชัน เป็นเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศที่มีช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0.2-1000 ppm หรือ 1.0-10000 ppm ที่การปรับเทียบของก๊าซมาตรฐานจากโรงงาน ฉะนั้น เครื่องมือชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้เก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ

1. การทำงานของเฟรมไอออนในเซชัน (Frame Ionization Detectors Work)

PID และ FID มีหลักการทำงานแบบไอออนในเซชัน เหมือนกันต่างกันตรงวิธีการผลิตไอออน คงจำได้ว่า PID ใช้ลำแสง UV พลังงานสูงมาขับเคลื่อนอิเล็กตรอนและเกิดไอออน ในขณะที่ FID ไม่ได้ใช้แสง UV สารอินทรีย์ในอากาศจะถูกเผาในไฮโดรเจน-เฟด-เฟรม ในเฟรมมีพลังงานพอที่จะไปไอออนไนซ์ สารอินทรีย์อื่นๆ ด้วย ไอออนในเซชัน โปเทนเชียล (Ionization Potential: IP) ที่ 15.4 หรือ น้อยกว่า

สารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในอากาศ เช่น Methane, Acetone, Methanol, Chloroform และ Benzene จะถูกดูดเข้าไปเผาใน FID และปลดปล่อยประจุที่มีไฟฟ้าหรือไอออนออกมา และจะถูกจับ โดย Collecting Electrode ที่ผลิตกระแสไฟเล็กน้อย กระแสไฟจะถูกขยายและแปลงกระแสไปยังมิเตอร์เพื่ออ่าน และแสดงค่ากระแสที่อ่านได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับไอออนที่เกิดที่เพิ่มขึ้น

FID เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดสารอินทรีย์เท่านั้น ไม่สามารถตรวจวัดอนินทรีย์ เช่น Hydrogen sulfide, Nitrogen dioxide carbon dioxide หรือ Carbon monoxide ได้

1.1 ความไว/การตอบสนองสัมพัทธ์ของ FID (FID Relative Sensitivities)

แม้ว่าสารอินทรีย์จะถูกเผาและสามารถปลดปล่อยไอออนได้ต่างกัน FID ก็ตอบสนองเช่นเดียวกันหรืออีกนัยหนึ่ง คือ สามารถตรวจได้ เนื่องจากไม่ได้ขึ้นกับหลอด UV ฉะนั้น IP ของสารที่ปนเปื้อนในอากาศจึงไม่ใช่ องค์ประกอบในการพิจารณาการตอบสนองของเครื่องมือตรวจวัดชนิดนี้

ผู้ผลิตจะเตรียมรายการตัวประกอบของการตอบสนอง (Sensitivity factor) เรียกว่า (Response values) สำหรับเครื่องเฉพาะรุ่นและของสารเคมีชนิดต่างๆ ค่าการตอบสนองของสารต่างๆ นี้ถูกกำหนดไว้ที่ความเข้มข้นหนึ่ง ซึ่งควบคุมให้ปราศจากก๊าซรบกวน จึงไม่เหมาะที่จะใช้แปลงค่า เพียงแต่ใช้คาดการณ์ หรือตรวจวัดที่สงสัยว่าจะมีอยู่ในอากาศ

1.2 ความหมายที่แท้จริงของค่าที่อ่านได้ (Reading really mean)

ค่าที่อ่านได้จาก FID สัมพันธ์กับก๊าซที่ใช้ปรับเทียบ Methane เป็นตัวเลือกของ FID ทั้งหมด หลังจากการปรับเทียบ เครื่องวัดจะตอบสนองอย่างแม่นยำกับก๊าซที่ใช้ปรับเทียบ และสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง แต่ไม่สามารถกำจัดผลต่างระหว่างก๊าซที่ปรับเทียบได้ ฉะนั้นหากตรวจวัดสารอินทรีย์อื่นๆ ก็ได้ค่าเป็น ppm-equivalents หรือ Methane unit หรือ FID unit

2. ข้อควรระวังและข้อจำกัด (Limitation and Precautions)

2.1 ความเข้มข้นของออกซิเจน (Oxygen concentration)

PID ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการเผาไหม้ ออกซิเจนที่ไม่เพียงพอทำให้ความสูงของเปลวลดลงหรืออาจดับได้ FID ส่วนใหญ่มีสัญญาณเตือนเมื่อเปลวมอด แต่ไม่มีสัญญาณเตือนเมื่อเปลวสูงเกินเมื่อเกิดเช่นนี้ ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ และไอออนไนเซชันจะลดลงและเครื่องวัดจะอ่านค่าผิดพลาด คือ ต่ำกว่าจริง

2.2 เชื้อเพลิงไฮโดรเจน (Hydrogen fuel)

เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับ FID ที่ต้องมีเชื้อเพลิง ในการเกิดเปลว FID ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง ในการคงไว้ซึ่งเปลวในห้องเผาไหม้ สัดส่วนที่ใช้คือ 40% ไฮโดรเจน และ 60% ไนโตรเจน และก๊าซเชื้อเพลิงนี้ ต้องการความบริสุทธิ์สูงมาก โดยถูกควบคุมสารปนเปื้อนไม่เกิน 1 ppm ไม่เช่นนั้นอาจส่งผลให้พบว่าไฮโดรคาร์บอนพื้นฐาน (Background) สูงเกินไป ส่งผลให้ไม่สามารถวัดอากาศตัวอย่างที่มีค่าสารปนเปื้อนต่ำๆ ได้

2.3 ฝุ่นและอนุภาค (Dust and Particulate)

FID มักจะมีตัวกรองเพื่อป้องกันฝุ่นเข้าในช่องเผาไหม้ แต่ก็ยังมีฝุ่นขนาดเล็กที่เล็ดลอดเข้าไปได้ จึงต้องทำความสะอาดบ่อยขึ้น อนุภาคขนาดเล็กอาจเกิดขึ้นได้จากการเผาสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงๆ และอนุภาคเหล่านี้จะถูกจับที่อิเล็กโตรด ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนในการอ่านค่า

ส่วนอนุภาคที่ถูกจับที่ตัวกรองจะดูดซับเอาไอและก๊าซตัวอย่างที่จะเข้าไป เมื่อเวลาผ่านไปจะค่อยๆ ปลดปล่อยสารเหล่านี้ออกมาส่งผลให้ ความเข้มข้นพื้นฐานสูงกว่าปกติ และค่าที่อ่านได้จะแตกต่างออกไป

2.4 ก๊าซไวไฟ (Flammable gases)

ปัญหาที่พบเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยในการใช้ FID คือ นำ FID ไปใช้ในที่มีก๊าซอันตรายและอาจ

ก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ฉะนั้นหากเลือกใช้ FID ในสถานที่ดังกล่าวจึงควรเลือกที่ระบบความปลอดภัย ภายในตัวเครื่อง (Intrinsically safe) เพื่อป้องกันการจุดติดไฟ

ความเข้มข้นของก๊าซไวไฟสูงๆ จะไปเพิ่มแหล่งเชื้อเพลิงให้ไฮโดรเจนเฟลม ส่งผลให้เครื่องซึ่งวัดออกมาที่ศูนย์เนื่องจากการเพิ่มขนาดของเปลว และปริมาณฮีตตามด้วยการปิดการส่งไฮโดรเจนทันที เนื่องจากขนาดของเฟลม (เปลว) ล้นห้องเผาไหม้ เปลวอาจดับลง เช่นเดียวกับกรณีขาดออกซิเจน สถานการณ์เช่นนี้มักเกิดเมื่อสถานที่ใกล้เคียงที่เก็บตัวอย่างอากาศ ไม่สามารถระบายไอหรือก๊าซได้ เมื่อเปลวดับลงเกิดสัญญาณเตือนควรนำท่อเก็บตัวอย่างอากาศออกจากบริเวณนั้นทันทีรอประมาณ 5-10 วินาที แล้วจุดเปลวขึ้นใหม่ หรือปิดเครื่องเพื่อตัดการส่งไฮโดรเจน แล้วสตาร์ทปั๊มใหม่อีกครั้งเพื่อไล่ก๊าซไวไฟทิ้ง ความเข้มข้นของก๊าซไวไฟปริมาณมากเกินไป ทำให้ล้นห้องเผาไหม้และ Collecting คาร์โบไทรด์

2.5 อุณหภูมิ (Temperature)

FID เผาไหม้ไฮโดรเจนในอากาศ ซึ่งให้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้อยู่แล้ว ดังนั้นความชื้นในบรรยากาศจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องเพียงเล็กน้อยเท่านั้น น้ำที่ได้จากการเผาไหม้จะไปอยู่ที่ทางออก และควบแน่นทำให้ลดกระแสที่ไหลออกของอากาศ ซึ่งจะส่งผลต่อ การทำงานของปั๊มและอัตราการไหลของตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิ 0 °C หรือ 32 °F น้ำจะแข็งตัวและอุดตันทางออกทำให้ปั๊มหยุดทำงาน และเปลวดับลง

อุณหภูมิที่ใช้ในการทำงานของ FID อยู่ระหว่าง 5-10 °C ที่อุณหภูมิสูงสุดที่ FID ทำงานได้ คือ 40 °C แต่ recovery time จะเพิ่มขึ้นและอายุงานของแบตเตอรี่จะต่ำลง

กิจกรรม 13.2.2

1. หลอดเก็บตัวอย่างอากาศมีกี่ประเภท อะไรบ้าง
2. เครื่องวัดก๊าซไวไฟที่อ่านค่าเป็น % LEL ใช้หลักการใดในการตรวจวัดก๊าซ หรือไอ
3. จงบอกข้อจำกัดของเซนเซอร์ชนิดไฟฟ้าเคมีอย่างน้อย 3 ข้อ
4. เครื่องมือชนิดใดที่ใช้หลักการไอออไนเซชันด้วยแสงอัลตราไวโอเลต และสามารถตรวจวัดสารเคมีที่มี

ค่าความเข้มข้นต่ำระหว่าง 0.1-2000 ppm

แนวตอบกิจกรรม 13.2.2

1. หลอดเก็บตัวอย่างมี 4 ประเภท ดังนี้
 - 1.1 หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีมาตรวัดความเข้มข้น
 - 1.2 หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีตารางเปรียบเทียบความเข้มข้น
 - 1.3 หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น

- 1.4 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปรียบเทียบสี
2. เครื่องวัดก๊าซไวไฟใช้หลักการพื้นฐานของการเผาไหม้ของก๊าซ
3. ข้อจำกัดของเซนเซอร์ชนิดไฟฟ้าเคมี คือ
 - 3.1 ไวต่อสารรบกวนการตรวจวัด
 - 3.2 หมดสภาพที่มีประจุได้ หากเล็คโตรไลท์ที่เป็นกรดเจอกับด่างและอิเล็คโตรไลท์ที่เป็นด่างเจอกับกรด
 - 3.3 อายุของเซนเซอร์สั้นประมาณ 6 เดือน ถึง 1 ปี
4. Photo Ionization Detector (PID)

บรรณานุกรม

Carol J. maslansky and Steven P. Maslansky. *Air Monitoring instrumentation*. 1993.

Rolf M.A. Hahne. “Direct Reading Instrument for Gases, Vapors, and Particulates” in *Fundamental of Industrial Hygiene*. Fourth Edition. National Safety Council, 1996.

Alizona Instrument LLC. *Mercury Analyzer Manual*. 2007.