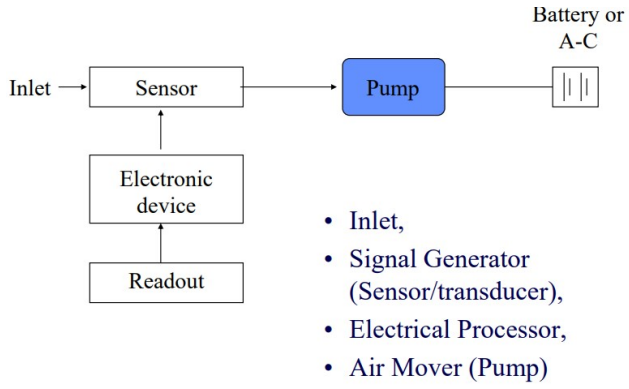
บทที่ 2
เครื่องมือตรวจวัดสารเคมี

การเลือกใช้อุปกรณ์อ่านค่าโดยตรงให้เหมาะสมกับก๊าซและไอหรืออนุภาคที่ทำการตรวจวัดและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดต่างๆ เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับผู้ทำการตรวจวัด การตรวจวัดสารเคมีหลักการทำงานพื้นฐาน คือ การนำอากาศตัวอย่างส่งเข้าไปยังส่วนรับรู้ (Sensor) โดยมีเครื่องดูดอากาศ (Active Sampling) หรือโดยการแพร่กระจายเข้าไปเอง (Passive Sampling) แล้วถูกวิเคราะห์โดยเครื่องมือ (Meter) ชนิดต่างๆ เช่น หลอดตรวจวัด เครื่องวัดก๊าซไวไฟ เครื่องวัดก๊าซพิษ และออกซิเจน ขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งแวดล้อมและก๊าซหรือไอที่จะทำการตรวจและจะแปลผลอ่านค่าโดยตรงแสดงผ่านจอแสดงผลหรือมาตรวัดในลักษณะต่างๆ กันจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิตคู่มือการใช้งาน ข้อมูลลักษณะเฉพาะของเครื่องมือ เช่น ชนิดของเซนเซอร์ ระดับหรือช่วงการตรวจวัด เวลาในการตอบสนอง ความแม่นยำ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการวัด อัตราการไหลที่ใช้เป็นต้น นอกจากนี้ระบบความปลอดภัยของเครื่องมือและวิธีการสอบเทียบก็ควรนำมาพิจารณาเลือกใช้ด้วย

หลักการทำงานพื้นฐาน

สุมิตรา ตันติดิลกกุล (2552) ได้สรุปเกี่ยวกับเครื่องมือตรวจวัดสารเคมี โดยมีการพัฒนาอุปกรณ์และวิธีการใช้งานให้เหมาะสม สะดวกและรวดเร็วต่อผู้ใช้ในสถานประกอบการ แต่หลักการทำงานก็ไม่ได้แตกต่างไปจากเดิม คืออุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าตรงมักจะเรียกกันติดปากว่า มิเตอร์ (Meter) และบรรจุในกล่องหรือหีบที่ได้รับการออกแบบให้ดูน่าใช้และสวยงามจากผู้ผลิตที่ต่างกันไป มีช่อง/ส่วนที่แสดงค่าของผลการตรวจวัด อาจเป็นตัวเลข (Digital) หรือเข็มบอกระดับ (Analog) หรือเป็นแท่งกราฟบอกระดับที่ตรวจวัดได้ผ่านหน้าจอแสดงผล (Readout Display) ส่วนประกอบที่เห็นชัดภายนอกอีกตัว 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) แบตเตอรี่ เป็นตัวให้พลังงานโดยส่งผ่านกระแสไฟฟ้าไปเลี้ยงอุปกรณ์ แบตเตอรี่ที่ใช้จะเป็นแบบนำมาใช้ใหม่ได้ (Re-Chargeable) หรือแบบใช้แล้วทิ้งก็ได้ (Disposable) ตัวอย่างอากาศที่มีสารปนเปื้อน หรือสารเคมีจะถูกดึงเข้าไปในอุปกรณ์โดยปั๊มดูดอากาศ (Active Sampling) เพื่อนำอากาศเข้าไปสัมผัสเซนเซอร์ หรือเข้าไปสัมผัสกับเซนเซอร์โดยแพร่กระจายตัวเข้าไปเอง (Passive Sampling) โดยปราศจากแรงดูดจากปั๊มตัวอย่างอากาศจะเดินทาง

ไปยังท่อหรือสายส่ง เพื่อจะทำการส่งออกไปนอกอุปกรณ์ ในบางอุปกรณ์อาจมีแผ่นกรองเพื่อกรองเอาสารปนเปื้อนออกจากอากาศตัวอย่างที่ปล่อยออกไป บางอุปกรณ์อาจ เป็นของเหลวดักจับแทนแผ่นกรอง ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่อยู่ในตัวอย่างอากาศในขณะเดียวกันเซนเซอร์จะทำการวิเคราะห์เพื่อได้ข้อมูลและส่งสัญญาณไปที่ ตัวขยายสัญญาณ (Amplifier) และได้รับผลการวิเคราะห์ผ่านทางจอแสดงผล (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 การทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรง
ที่มา: Steven Guffey, (2017)

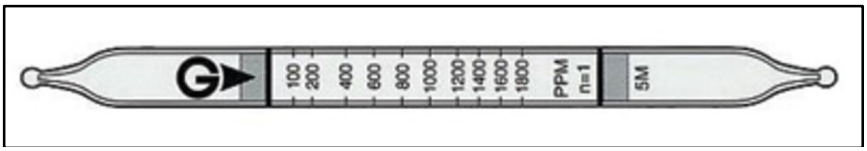
เครื่องวัดก๊าซที่ใช้กันแพร่หลายมีหน่วยเป็น %LEL ซึ่งเป็นที่ใช้ในการพิจารณาว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิด ไฟไหม้และระเบิด/ก๊าซพิษชนิดต่างๆ เป็นอันตรายที่มักพบในอากาศของสถานที่อับอากาศ (Confined Space) นอกจากนั้นอันตรายอีกอย่างหนึ่งคือค่าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ การใช้เครื่องมือในการตรวจวัดก๊าซพิษและปริมาณออกซิเจนมักจะถูกนำมาใช้วัดในสภาพแวดล้อมที่คาดว่าจะมีสารปนทดสอบหาการรั่วไหล ใช้สำรวจเพื่อบ่งชี้อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการศึกษาทางพิษวิทยา ได้แก่ หลอดตรวจวัด (Detector Tubes) และเครื่องวัดก๊าซไวไฟ (Combusible Gas Indicator: CGI) แสดงรายละเอียดดังนี้

1. ประเภทหลอดตรวจวัด (Detector Tubes)

หลอดตัววัดได้ถูกสร้างขึ้นครั้งแรก เมื่อปี 1917 ในมหาวิทยาลัยฮาร์วาส์ด และขอสิทธิบัตรในปี 1919 เพื่อเก็บตัวอย่างคาร์บอนมอนอกไซด์ ต่อมาก็มีการใช้หลอดเก็บตัวอย่างกับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อปี 1935 และต่อมาจึงได้มีการพัฒนาหลอดเก็บตัวอย่างมาเก็บอโรเมติกซ์ไฮโดรคาร์บอนในอากาศในปี 1950 ในสมัยนั้นหลอดเก็บตัวอย่าง (Detector Tubes) เรียกว่า Colorimetric Indicator Tubes ได้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเก็บตัวอย่างอากาศและตรวจวัดสารปนเปื้อนในอากาศได้อย่างรวดเร็ว

หลอดตรวจวัด คือ หลอดแก้วที่ปิดสนิทภายในบรรจุของแข็ง หรือเม็ดสาร เช่น ซิลิกาเจล อะลูมินาเรซิน TENAX หรือสารที่มีน้ำหนักเบา และมีรูพรุน วัสดุที่บรรจุเข้าไปในหลอดแก้วจะถูกผสมกับ

สารเคมี ซึ่งสามารถเปลี่ยนสีเมื่อทำปฏิกิริยาสารปนเปื้อนในอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในหลอดแก้ว แนวยาวของสีที่เปลี่ยน หรือความเข้มของสีที่เปลี่ยน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเป็นตัวชี้วัดปริมาณของสารมีอยู่ในตัวอย่างอากาศ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของหลอดตรวจวัด
ที่มา: Airgas, (2559)

ตัวอย่างอากาศจะถูกดูดผ่านหลอดแก้ว โดยปั๊ม ซึ่งอาจเป็นเบลโลว์ (Bellow) พิสตัน (Piston) หรือ บัลบ์ (Bulb) ก็ได้ โดยทั่วไปการดูดอากาศ 1 ครั้งเรียกว่า 1 สโตรค จะได้อากาศตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร อากาศจำนวนนี้ เมื่อผ่านหลอดแก้วแล้วจะถูกดึงออกมาที่ตัวปั๊มไปยังช่องระบายลมและส่งออกไปนอกปั๊ม และตัวอย่างอากาศสโตรค ใหม่ก็ถูกดูดเข้าไปอีกผ่านหลอดเก็บตัวอย่างเช่นเดิม (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 หลอดตรวจวัดก๊าซ (Gas Detection Tubes) ของ RAE Systems by Honeywell

Type	Part Number/SKU	Standard Range	Extended Range
Acetone	10-111-40	0.1 to 2%	0.05 to 4%
Amines	10-132-10	0.5 to 10 ppmv	0.25 to 20 ppmv
Ammonia	10-100-05	1 to 30 ppmv	0.5 to 60 ppmv
	10-100-10	5 to 100 ppmv	2.5 to 200 ppmv
	10-100-12	10 to 260 ppmv	5 to 520 ppmv
	10-100-15	25 to 500 ppmv	12 to 1000 ppmv
	10-100-40	1 to 15%	0.5 to 30%
Benzene	10-101-01*	0.5 to 10 ppmv selective	0.25 to 30 ppmv
	10-101-10*	5 to 40 ppmv selective	25 to 200 ppmv
	10-101-20	5 to 100 ppmv	2.5 to 200 ppmv
Butadiene	10-135-04	0.5 to 5 ppmv	0.25 to 10 ppmv
n-Butane	10-137-30	25 to 1400 ppmv	12.5 to 2800 ppmv
Carbon Dioxide	10-104-30	300 to 5000 ppmv	150 to 10,000 ppmv
	10-104-40	0.05 to 1%	0.025 to 2%
	10-104-45	0.25 to 3%	0.125 to 6%
	10-104-50	1 to 20%	0.5 to 10%

Type	Part Number/SKU	Standard Range	Extended Range
	10-104-60	5 to 40%	1.25 to 20%
Carbon Monoxide	10-102-18	5 to 100 ppmv selective	2.5 to 300 ppmv
	10-102-20	5 to 100 ppmv	2.5 to 200 ppmv
	10-102-30	20 to 500 ppmv	10 to 1000 ppmv
	10-102-45	0.2 to 4%	0.4 to 8%
Chlorine	10-106-10	0.5 to 8 ppmv	0.25 to 16 ppmv
	10-106-20	5 to 100 ppmv	2.5 to 200 ppmv
Chlorine Dioxide	10-130-10	0.25 to 15 ppmv	0.05 to 30 ppmv

ที่มา: RAE, (2559)

1.1 การทำงานของหลอดเก็บตัวอย่างสีที่เปลี่ยนหรือคราบที่แสดง เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารเคมีในหลอดเก็บตัวอย่างกับสารปนเปื้อนในตัวอย่างอากาศ สีที่เปลี่ยนบ่งชี้สารปนเปื้อนที่มีอยู่ในตัวอย่าง และสามารถบอกเป็นความเข้มข้นได้สารเคมีที่อยู่ในหลอดแก้วแต่ละหลอดจะกำหนดเป็นตัวเฉพาะกับอนุภาคหรือประเภทของสารเคมีที่จะเก็บตัวอย่าง เช่น หลอดกับแอมโมเนีย (Ammonia) ต้องประกอบด้วยสารละลายที่จะทำปฏิกิริยาที่เป็นกรด และตัวบ่งชี้ค่า pH แอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับกรดเกิดเป็นเกลือของแอมโมเนีย ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นแล้ว เปลี่ยนค่า pH ซึ่งทำให้ตัวบ่งชี้เปลี่ยนสี

หลอดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่บรรจุฝ้ายหรือกลาสวูล เป็นตัวกรองที่ปลายทั้งสองข้าง เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคหรือละอองเข้าไปในหลอด หลอดนี้อาจจะมีชั้นก่อนตัวกรอง (Pre-Filter) หรือชั้นปรับสภาพ (Conditioning Layer) เพื่อที่จะกันความชื้นและก๊าซหรือไอรบกวนการแปลผลหรือรบกวนปฏิกิริยาหลอดตรวจวัดบางอย่างจำเป็นต้องใช้หลอดกรอง (Pre-Tube) เพื่อทำงานร่วมกับหลอดตรวจวัดมีการเปลี่ยนสี หลอดกรอง (Pre-Tube) ทำหน้าที่ดึงสารปนเปื้อนที่เป็นตัวรบกวนการตรวจวัด หรือรบกวนการทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการวัดที่ถูกดึงเข้ามาในหลอด หลอดกรอง (Pre-Tube) นี้ใช้เพื่อช่วยให้การวัด สารปนเปื้อนที่ต้องการวัดได้ดีขึ้น ส่วนหลอดที่ใช้ในการวัดและสามารถเปลี่ยนสีได้ซึ่งวัดออกมาเป็น ความเข้มข้นจึงเรียกว่า Indicator Tube

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

เวลาที่ใช้ในการดูดอากาศของปั๊ม คือ สโตรคหรืออากาศตัวอย่าง 100 มิลลิลิตรที่ดูดเข้าไปผ่านหลอดตรวจวัด เรียกว่า Pump Stroke Interval ค่าของเวลาที่อากาศผ่านหลอดเก็บตัวอย่างแต่ละ

หลอดมีค่าแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับความต้านทานของวัสดุที่บรรจุในหลอด และอัตราการดูดของปั๊ม ซึ่งโดยทั่วไปอาจอยู่ในระหว่าง 5-10 วินาที จนกระทั่งนานเป็นนาที

1.2 ชนิดของปั๊มที่ใช้กับหลอดเก็บตัวอย่างปัจจุบันมีผู้ผลิตหลอดเก็บตัวอย่างและปั๊มอยู่มากมาย ส่วนใหญ่ก็จะออกแบบให้หลอดเก็บตัวอย่างใช้ได้กับปั๊มของตัวเองเท่านั้น ปั๊มต่างๆ ดังกล่าวนี้ คือ พิสตัส (Piston), เบลโลว์ (Bellow) หรือ บัลบ์ (Bulb)ปั๊มเหล่านี้ถูกออกแบบมาให้ดูดอากาศที่ปริมาณที่แน่นอนปริมาณหนึ่งที่กำหนดไว้แล้ว ผ่านเข้าไปในหลอดตรวจวัด ในขณะที่หลอดถูกออกแบบให้ดูดธรรมดาๆ แต่การทำงานในหลอดไม่ใช่ธรรมดาอย่างที่เห็น อัตราการเก็บตัวอย่างอากาศ ความดันในการดูดของปั๊ม ความต้านทานต่ออัตราการไหลและอัตราการเกิดปฏิกิริยาภายในหลอดเก็บตัวอย่าง มีความแตกต่างกันไปตามผู้ผลิต การใช้ปั๊มหรือหลอดสลับที่ต่างผู้ผลิตกันจะ ให้ ผลการตรวจวัดที่ผิดพลาดอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นไม่ควรใช้หลอดกับปั๊มที่ผลิตโดยผู้ผลิตที่ต่างกันเมื่อเลือกได้แล้วว่าจะใช้ปั๊มใดที่เหมาะสม สิ่งที่สำคัญต่อไปนี้ คือการเลือกช่วงหรือระดับการตรวจวัด และชนิดของหลอดตรวจวัดที่สามารถใช้ได้กับปั๊มและสารปนเปื้อนที่ต้องการตรวจวัด

1.2.1 พิสตัน (Piston Pump) พิสตันปั๊มตัวหนึ่งๆ ประกอบด้วย ตัวที่เป็นทรงกระบอก ลูกสูบที่เชื่อมต่อกับแกน ซึ่งวิ่งผ่านอยู่ในทรงกระบอก และมีที่จับ (Handdle) ติดอยู่ที่แกนกระบอกสูบ เมื่อต้องการใช้ปั๊มให้ดูที่ดัชนีตัวชี้วัด ที่ระบุอยู่บนทรงกระบอก และบนที่จับ ตัวชี้วัดที่อยู่บนทรงกระบอกหรือที่จับอาจเป็นรูปสามเหลี่ยม จุด หรือขีด และดัชนี/ตัวชี้วัด บนที่จับที่จะเป็นแบบเดียวกันกับบนทรงกระบอก ก่อนเริ่มเก็บตัวอย่างอากาศ ต้องแน่ใจว่าที่จับ (Handdle) อยู่ที่จุดเริ่มต้นโดยการดันแกนเข้าไปให้สุดในทรงกระบอก แล้วเริ่มดึงแกนออกมา จากทรงกระบอกให้สุดและล็อคให้อยู่ในตำแหน่งอย่าโยกที่แกน/ที่จับ ระหว่างที่ดันแกนกลับเข้าที่ ปั๊มชนิดนี้ บางรุ่นมีที่ล็อคที่มือจับ (Handdle) พิสตันปั๊มนี้ปรกติมี 2 จุด ที่ปั๊มจะล็อคได้คือ จุดแรกที่ 50 มิลลิลิตร (ครึ่งแรก) และที่100 มิลลิลิตร (เต็มสโตรค) ในขณะที่ปั๊มบางชนิดอาจมีถึง 4 จุด เพื่อที่จะใช้ควบคุมปริมาณอากาศ ได้ละเอียดขึ้น

พิสตันปั๊ม ปรกติจะมีที่ตัดหลอดแก้ว เพื่อสะดวกในการตัดหัวและปลายหลอดเก็บตัวอย่างก่อนใช้งาน นอกจากนี้ยังมีตัวนับสโตรค เพื่อช่วยในการนับจำนวนสโตรคที่ได้ดูดอากาศเข้าไป ทำให้ใช้ดีและ สะดวก เนื่องจากบางครั้ง เวลาที่ใช้ในแต่ละสโตรคยาวนานรายละเอียดของหลอดตรวจวัดและปั๊มในแต่ละรุ่นจะได้จากคู่มือการใช้อุปกรณ์ (ภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.3 พิสตัน (Piston Pump) ของ RAE
ที่มา: นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย, (2560)

1.2.2 เบลโลว์ปั๊ม (Bellow Pump) การทำงานของเบลโลว์ปั๊ม คือ บีบไล่อากาศจากตัวเบลโลว์ หรือตัวดูดอากาศออกจนสุด แล้วปล่อยเบลโลว์คืนกลับมารูปแบบเดิม นั้นคือการดึงอากาศเข้ามายังหลอดตรวจวัด จะสังเกตได้ว่าเมื่อเบลโลว์กลับสู่สภาพเดิมนั้นคือ จบ 1 ช่วง การเก็บตัวอย่าง (Stroke Interval) หากเป็นเบลโลว์ยี่ห้อ Drager จะมีโซ่เล็กๆ ติดอยู่ทั้งสองข้าง เพื่อที่จะสังเกตได้ง่าย เมื่อจบการดูดอากาศ 1 สโตรค โซ่ก็จะตึง

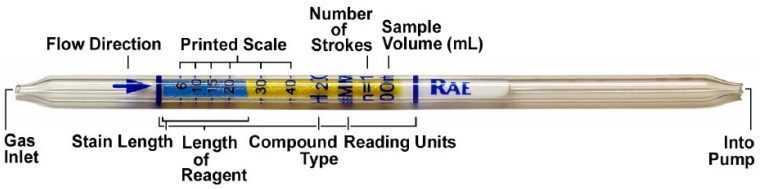
การใช้เบลโลว์ปั๊มนั้น สามารถใช้ได้โดยมือเดียว หากผู้ใช้งานมีมือที่ใหญ่พอที่จะกดปั๊มให้สุดได้อย่างสะดวก แต่ต้องรอให้ครบสโตรค ก็จะทำให้อากาศที่เข้าไปครั้งก่อนหน้าไม่ถึงสโตรค หรือ 100 มิลลิลิตรผ่านหลอดตรวจวัด การบีบเบลโลว์ปัมพ์ที่มีคุณภาพต้องกดน้ำหนักลงบนปลายทั้งสองข้างของปัมพ์ สำหรับคนมือเล็กๆ จำเป็นต้องใช้สองมือช่วย (ภาพที่ 2.4)

ปัญหาที่อาจพบได้จากการใช้เบลโลว์ปั๊ม คือ ขณะที่เบลโลว์หดตัวสุดแล้ว มันจะต้องถูกปล่อยเพื่อที่จะกดวาล์วปลดออกทันที ตัวอย่างอากาศก็จะถูกดูดเข้ามาปรกติ และได้ปริมาณที่ต้องการ ไม่เช่นนั้น อากาศภายนอกจนเข้ามาทางวาล์วออก แทนที่จะเข้าไปที่หลอดเก็บตัวอย่างอากาศปั๊มชนิดนี้มีตัวนับสโตรค การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยเช่นกัน

ภาพที่ 2.4 เบลโลว์ปั๊ม (Bellow pump)ของ ICON
ที่มา: ICON Safety, (2559)

1.3 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศหลอดเก็บตัวอย่างถูกผลิตขึ้น เพื่อใช้ในการเก็บสารปนเปื้อนในบรรยากาศ หลากหลายรูปแบบ ซึ่งมาจากหลายมาตรฐานเช่นกัน นอกจากนั้นยังมีที่ความเข้มข้นแตกต่างกันไป เพื่อให้เลือกใช้ได้เหมาะสมกับลักษณะสารปนเปื้อนที่จะทำการเก็บ ปัจจุบันมีหลอดเก็บตัวอย่าง 4 ประเภทหลัก ดังนี้ คือ

1.3.1 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบมีมาตรวัดค่าความเข้มข้น (Direct Reading With Concentration Scale) หลอดตรวจวัดชนิดมีมาตรวัดค่าค่าความเข้มข้น เป็นหลอดเก็บตัวอย่างอากาศชนิดที่ใช้ง่ายที่สุด มาตรวัดที่อยู่บนหลอดได้รับการปรับเทียบให้ได้มาตรฐานแล้ว แสดงให้เห็นบนหลอดอย่างชัดเจน ความยาวของแถบสีที่เปลี่ยนไปจะแปลได้ตามความเข้มข้นที่อ่านได้บนมาตร หลังจากที่อากาศ ปริมาณที่ได้กำหนดไว้ผ่านหลอดตรวจวัด (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 หลอดตรวจวัดแบบมีมาตรวัดบนตัวหลอดของRAE
ที่มา: RAE, (2559)

ภาพที่ 2.6 การอ่านค่ามาตรวัดบนตัวหลอดของRAE

ที่มา: East Wind, (2018)

จากภาพที่ 2.6 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบมีมาตรวัดค่าความเข้มข้นของ East wind หลอดล่างยังไม่ผ่านการตรวจวัด ส่วนหลอดบนผ่านวัดก๊าซมาแล้วอ่านค่าได้ 50 ppm หลอดตรวจวัดบางรุ่นค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จากมาตรวัด จำเป็นต้องคูณด้วยค่าคงที่ ไม่อย่างนั้นค่าความเข้มข้นที่อ่านได้จะไม่ใช่ความเข้มข้นของอากาศตัวอย่างที่เก็บได้จริง เนื่องจากไม่สามารถอ่านค่าได้ตรงๆ ฉะนั้นจึงควรอ่านวิธีการแปลงค่าจากคู่มือของปั๊มหรือหลอดชนิดต่างๆ ด้วย

การแปลผลของหลอดตรวจวัดอากาศแบบอ่านค่าโดยตรงที่มีมาตรวัดขึ้นกับความเข้มข้น ต่อหนึ่งปั๊มสโตรค (Pump Stroke, Ps) ของหลอดตรวจวัดมาตรวัดอ่านได้เท่าไหร่นำมาหารด้วยจำนวน สโตรค (Ps) ที่ดูดอากาศเข้าแล้วได้ค่าความเข้นข้นของสารปนเปื้อนนั้นๆ ตัวอย่าง เช่น หากค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดบนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ คือ 100 ppm-ps และดูดอากาศ 10 สโตรค จึงจะอ่านค่าดังกล่าวได้100 ppm-ps= 10 ppm ของสารที่ตรวจวัดได้10 ps ที่ดูดหากใช้ค่า ¼ Ps ฉะนั้นความเข้นข้นที่อยู่ในบรรยากาศจริงควรจะเป็น 100 ppm-psx4=400 ppmลักษณะนี้จะใช้ได้ในกรณีความเข้มข้นในบรรยากาศสูง หรือช่วงการตรวจวัดของอุปกรณ์ตรวจวัดไม่กว้างพอ

1.3.2 หลอดเก็บตัวอย่างแบบมีตารางแปลงค่าความเข้มข้น (Direct Reading With Concentration Conversion) หลอดตรวจวัดแบบอ่านค่าโดยตรงอีกแบบหนึ่ง ซึ่งมีมาตรวัดละเอียดมากระดับมิลลิเมตร (mm) ความยาวของแถบสีที่เปลี่ยนจะถูกวัดด้วยมาตรนี้ และแปลงค่าโดยใช้ตารางค่ามาตรฐานเทียบออกมา เป็นค่าความเข้มข้น หลอดตรวจวัดชนิดนี้ใช้ง่ายมากแต่อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนใน บรรยากาศ ไม่สามารถอ่านค่าได้ โดยปราศจากตารางแปลงค่า (ภาพที่ 2.7)

Calibration Chart

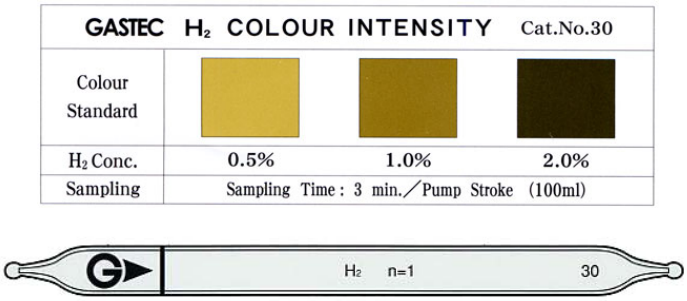
Number of Strokes	Light Figures Below Indicate Length of Stain in Millimaters						Blod Figures Indicate Concentration in Parts Per Million (ppm)		
1/2	0 mm **0**	4 **25**	6.5 **50**	9 **75**	10 **100**	13 **150**	16 **200**	20 **300**	24.5 **400**
1	0 mm **0**	4.5 **20**	8 **40**	11.5 **60**	16.5 **100**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

ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างตารางแปลงผลการตรวจวัด

ที่มา: สุมิตรา ตันติดิลกกุล, (2552), น.24

จากภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการอ่านค่าเมื่อปั๊มดูดอากาศเข้าในหลอดตรวจวัด 1 สโตรค พบการเปลี่ยนแปลงที่หลอดตรวจวัดเป็นแถบสียาว 8 มิลลิเมตร จึงสามารถอ่านค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ตรวจวัดได้คือ 40 ppm

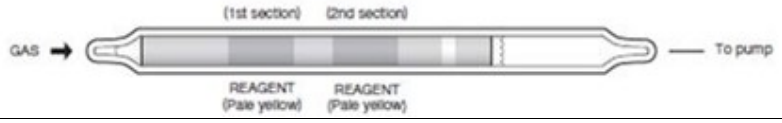
1.3.3 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น (Direct Reading With Color Intensity) หลอดชนิดนี้อาศัยความเข้มข้นของสีที่เปลี่ยนมาพิจารณาค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่มีอยู่ในบรรยากาศ สีที่เข้มมากขึ้นแสดงถึงความเข้มข้นที่มากขึ้นของสารปนเปื้อนที่อยู่ในบรรยากาศ สีที่ได้จากหลอดที่ทำการตรวจวัด จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน (Standardcolor Indicatoror Color Intensitychart) หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามความเข้มข้น ใช้ได้ดีกับสารปนเปื้อนที่เคยตรวจพบแล้ว เพราะไม่มีขอบเขตเด่นชัด ระหว่างสัดส่วนมีปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับไม่มีปฏิกิริยาในบางกรณีสีเปลี่ยน หลังจากที่ได้เก็บตัวอย่างอากาศไปสักพักใหญ่ (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 หลอดเก็บตัวอย่างแบบเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น
ที่มา: Airgas, (2559)

1.3.4 หลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบเปรียบเทียบสี (Direct Reading with color Comparison) หลอดเก็บตัวอย่างอากาศชนิดนี้ดัดแปลงมาจาก แบบเปลี่ยนสีตามระดับความเข้มข้น (Color Intensity) โดยการใช้หลอดตรวจวัดชนิดนี้ต้องมีจำนวนครั้งการดูด (Pump Stroke) เป็นตัวบ่งชี้ความเข้มข้นสารปนเปื้อนใน ช่วงชี้วัด (Indicating Layer) เพื่อนำมาเทียบกับช่วงเปรียบเทียบ (Conparison Layer) ในหลอด ค่าความเข้มข้นที่อ่านได้พิจารณาจากจำนวน Pump Stroke ที่อยู่ในตารางแปลงค่า (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการอ่านหลอดเก็บตัวอย่างอากาศแบบเปรียบเทียบสี

Number of Suction Strokes for Color Commarison	Propane Volume %
n=3	-
n=4	-
n=5	-
n=6	-
n=7	1.3
n=8	1.1
n=9	0.9
n=11	0.8
	

ที่มา: สุมิตรา ตันติดิลกกุล, (2552), น.26

จากตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการอ่านค่าเมื่อปั๊มดูดอากาศเข้าในหลอดตรวจวัด 11 สโตรค พบว่าสารในหลอดเปลี่ยนสี ดังนั้นความเข้มข้นของสารเคมีคือ 0.8%

หลอดเก็บตัวอย่างอากาศมีข้อจำกัดของการใช้งานเนื่องจากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศบรรจุสารเคมีที่ไวต่อปฏิกิริยา ฉะนั้นจึงไวต่อสภาวะต่างๆ ที่อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ฉะนั้นอะไรก็ตามที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีหรือความเสถียรของสารเคมีที่เก็บไว้ก็จะส่งผลต่อการทำงานและความแม่นยำของหลอดตรวจวัดอากาศด้วย สภาวะต่างๆเหล่านี้ คือ อุณหภูมิ ความชื้น ความกดดันบรรยากาศ แสง เวลา และก๊าซรบกวนต่างๆ

เนื่องจากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศส่วนใหญ่มีการปรับเทียบที่อุณหภูมิ ความชื้น และความกดดันบรรยากาศเฉพาะ หากนำไปใช้สิ่งแวดล้อมที่ต่างออกไป เช่นปรับเทียบที่ อุณหภูมิ 20-25°C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 % และความกดดันบรรยากาศ 760 มิลลิเมตรปรอท และเก็บตัวอย่างอากาศที่อุณหภูมิ 50°C ความชื้นสัมพัทธ์ 70 % หรือความกดดันบรรยากาศที่ต่างออกไป ค่าผลการตรวจก็จะคลาดเคลื่อนได้เป็นต้น

แสงเป็นตัวทำให้สารเคมีในหลอดเก็บตัวอย่างเสื่อมและสลายได้เร็วขึ้น จึงไม่ควรนำหลอดเก็บตัวอย่างตากแดด หรือรับแสงนานๆ เช่นเดียวกับการเก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศไว้นานๆ

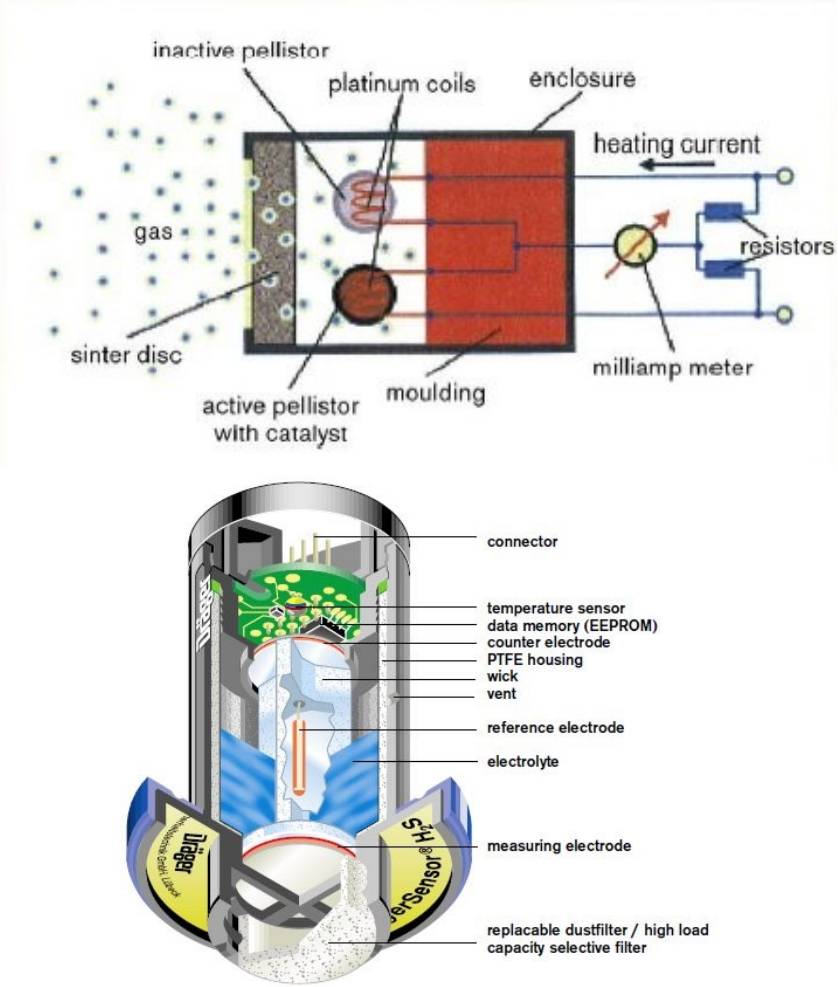
2. ประเภทเครื่องวัดก๊าซไวไฟ (Combusible Gas Indicator: CGI)

เครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟแบบพกพาเครื่องแรกถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจวัดก๊าซไวไฟในเหมืองแร่ ใต้พื้นดินในเกรทบริเทน ก๊าซดังกล่าวประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนตัวที่เบาๆ ชาวเหมืองรู้จักกันในชื่อ “Fire

Damp” เมื่อผสมกับอากาศ 7 ถึง 8 เท่า ทำให้เกิดการระเบิดและลุกติดไฟได้ง่ายมีแสงสีฟ้าใส น่าสนใจที่ว่าเกิดการระเบิด Fine Damp แล้วจะมี Choke Damp ตามมาทำให้เกิดความหายนะ ผู้คนล้มตายมากขึ้นเครื่องวัดก๊าซไวไฟ มีหลากหลายแบบมากที่จะเลือกใช้ในการตรวจวัดก๊าซและไอที่ไวไฟ ซึ่งสามารถวัดก๊าซไวไฟเป็นหน่วย ppm, %LEL, และ % ก๊าซต่อปริมาณอากาศเครื่องวัดก๊าซที่ใช้กันแพร่หลาย มีหน่วยเป็น % LEL ซึ่งเป็นที่ใช้ในการพิจารณาว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิด ไฟไหม้และระเบิด

2.1 การทำงานของเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซไวไฟเครื่องวัดก๊าซไวไฟที่อ่านค่าเป็น %LEL เกือบทุกชนิดใช้หลักการพื้นฐานการเผาไหม้ของก๊าซแบบคาตาไลติกบนขดลวดทั้งสิ้น การเผาไหม้แบบคาตาไลติกบนขดลวดตอบสนองและบนขดลวดชดเชย เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของ วิทสโตร์นบริดจ์ (Wheat stone bridge) ตัวคาตาไลติกเซนเซอร์ภายในเครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟมีขนาดเล็ก ประกอบด้วยพื้นผิวที่ใช้รับการแพร่กระจายของก๊าซ พื้นผิวสัมผัสของเซนเซอร์มีขนาดประมาณ 1 ใน 4 ของตัวเซนเซอร์ เซนเซอร์ชนิดนี้ มีขนาดกระทัดรัด แข็งแรง และบรรจุในกล่องที่แข็งแรง ด้านบนเซนเซอร์ฉาบด้วยตัวกรองที่เป็นโลหะผิวหยาบ และปิดด้วยตัวดักประกายไฟที่ด้านบนสุด ตัวแผ่นกรองจะปล่อยให้อากาศกระจายตัวเข้าไปในเซนเซอร์ แม้ว่าจะไม่จำเป็นที่จะต้องใช้แรงดันเอาอากาศเข้าไปวิเคราะห์ที่เซนเซอร์แต่ปั๊มหรือกระเปาะอาจจำเป็นต้องใช้ในการดูดเอาอากาศเข้าไปอยู่ใกล้ๆ ตัวเซนเซอร์ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์

ในเซนเซอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 จุด และถูกแยกออกจากกันโดยผนังภายใน เรียกขดลวดที่อยู่เดี่ยวๆ นี้ว่า “เซนซิ่ง” (Sensing Filament) ขดลวดนี้เคลือบด้วยคาตาลิซท์ คาตาลิซท์นี้จะเป็นตัวช่วยในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น หรือเผาไหม้ (Oxidational Combustion) ของก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำมากๆ ส่วนขดลวดอีกชุดหนึ่งไม่ได้เคลือบคาตาลิซท์ไว้ เรียกว่า คอมเพนเสทอีลีเมทท์ (Compensate Element) เพราะมันจะเป็นตัวชดเชยสภาวะทางสิ่งแวดล้อม เช่น อุณภูมิและความชื้นเมื่อเปิดเครื่องวัดแบตเตอร์รี่จะส่งกระแสไปยังวงจร Wheat Stone Bridge และเพิ่มความร้อนให้ขดลวดมีอุณภูมิสูง ก๊าซไวไฟจะกระจายผ่านตัวกรองของเซนเซอร์และเข้าไปสัมผัสกับขดลวดร้อน ดังกล่าว ขดลวดทั้ง 2 ชุด ถูกเพิ่มความร้อนจนอุณหภูมิเท่าๆ กัน ก๊าซที่เข้าไปก็จะสามารถออกซิไดซ์ได้โดยเคทตาลิซท์ที่ถูกเผาด้วยบนขดลวดคาตาไลติก ปฏิกิริยานี้ทำให้อุณหภูมิของขดลวดชุดนี้สูงขึ้น ในขณะที่ก๊าซไม่สามารถเผาไหม้ได้ในชุดขดลวดคอมเพนเซท ขดลวดชุดนี้จึงอุณหภูมิต่ำกว่า การที่ขดลวดชุดคาตาไลติกอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้ความต้านทานสูงขึ้นด้วย และลดการไหลของกระแสที่ไปยังคอมเพนเซทอีรีเมทด้วย ทำให้เปลี่ยนกระแสที่แปลงโดยวงจร Wheat Stone Bridge ไปยังมิตเตอร์ที่อ่านด้วย (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 การเผาไหม้บนขดลวดคาตาไลติกทำให้เกิดอุณหภูมิต่างกันทำให้มิเตอร์อ่านค่าได้
ที่มา: Sankar Kumar, (2012)

2.2 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) หรือเรียกว่าศักย์ไฟฟ้า (Potential) หรือศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 2 จุด

ฉนวน (Insulator) ใช้หุ้มตัวนำไฟฟ้า (Conductor) เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลไปผิดที่ ฉนวนทำจากวัสดุที่ไม่ยอมให้อิเล็คตรอนเป็นอิสระและเคลื่อนที่ เช่น ไม้แห้งแก้ว ยาง หรือพลาสติกบาง ชนิดสารกึ่งตัวนำ คือ ทราย (Silica) ภายใต้รูปทรงที่เป็นผลึกบริสุทธิ์ อะตอมของทรายจะก่อโครงสร้าง ของอะตอมที่จะปล่อยให้อิเล็กตรอนอาศัยอยู่ได้น้อยมาก ฉะนั้นทรายบริสุทธิ์เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่ดี ในขณะเดียวกันเป็นฉนวนที่ดี เมื่อเปลี่ยนโครงสร้างให้มีการปนเปื้อน เพื่อยอมให้อิเล็กตรอนวิ่งเข้าไปได้ การนำไฟฟ้าของทรายจึงถูกทำให้เพิ่มขึ้น สารที่นิยมใช้เติมในทราย เพื่อลดความบริสุทธิ์ คือ อาเซนิค (Arsenic) แอนติโมนี (Antimony) บิสมัสท์ (Bismuth) และฟอสฟอรัส (Phosphorus) ชนิดของสารที่เติม เพื่อลดความบริสุทธิ์ ปริมาณของสารที่เติม อุณหภูมิของสารกึ่งตัวนำ และความต่างศักย์ มีผลต่อความไวต่อการตรวจวัด ของเซนเซอร์รวมไปถึงสารที่เซนเซอร์สามารถตรวจวัดได้ด้วยเซนเซอร์ที่อยู่ในสถานะของแข็ง ส่วนใหญ่ประกอบด้วย สารกึ่งตัวนำเคลือบไว้ด้วย สารออกไซด์ของโลหะ เช่น Zinc Oxide หรือ Aluminum Oxide เซนเซอร์เหล่านี้เรียกอีกอย่างว่า Metalic Oxide Sersor (MOS) ขดลวดความร้อนจะถูกฝังในสารกึ่งตัวนำจะเป็นตัวรักษาอุณหภูมิ และคอยควบคุมจำนวนของอิเล็คตรอน และยังคอยป้องกันการควบแน่นตัวของไอน้ำบนผิวของสารกึ่งตัวนำอีกด้วยสารที่เคลือบโลหะออกไซด์ (Metalic Oxide) จะมีพื้นผิวที่มีรูพรุน ซึ่งสามารถดักจับโมเลกุลออกซิเจนในบรรยากาศ ความต่างศักย์ที่ใส่เข้าไปยังเซนเซอร์ ที่ต่อกับวงจร Wheat Stone Bridge เมื่อเซนเซอร์สัมผัสกับ สารปนเปื้อนในบรรยากาศก๊าซจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ถูกดักจับไว้ ปฏิกิริยานี้จะทำให้มีการปล่อย อิเล็คตรอนออกมามากขึ้น ซึ่งจะไปลดความต้านทานต่อสะพานเชื่อมและจะไปดึงให้มิตเตอร์ตอบสนองค่า ของสารปนเปื้อนออกมา

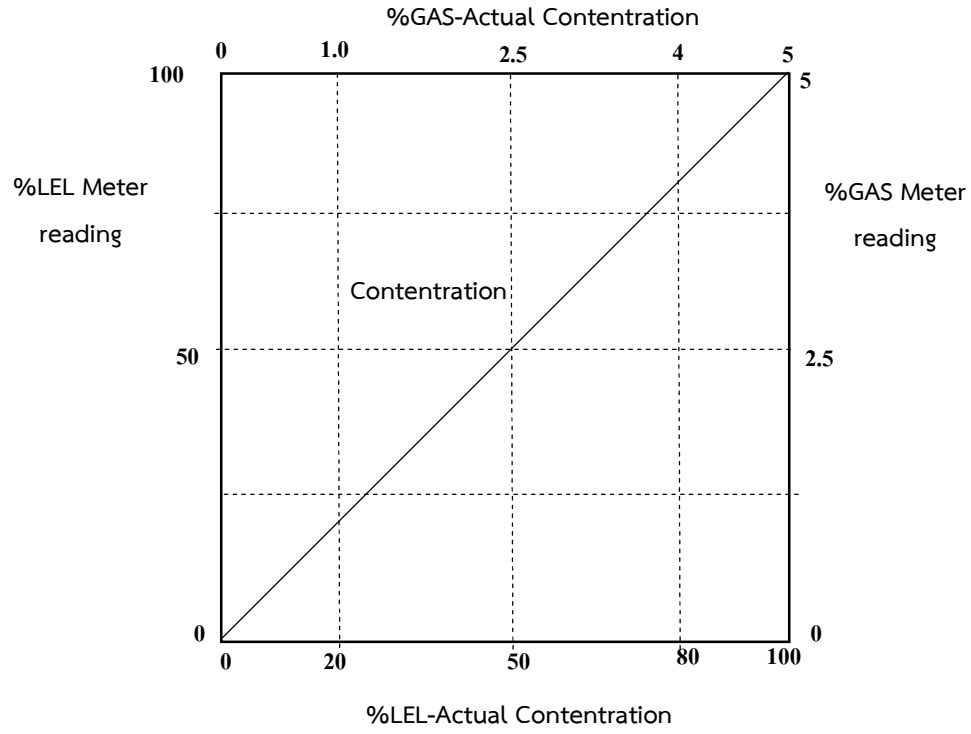
2.3 เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำอุณหภูมิ (Thermal Conductivity Sensors: TC) ก๊าซไวไฟที่ความเข้มข้นสูงๆ เช่น มากกว่า 100 %LEL จะถูกวัดโดยเครื่องมือที่มีหน่วยเป็น% ของก๊าซโดยใช้เซนเซอร์ชนิดเหนี่ยวนำอุณหภูมิ (TC Sensor) เซนเซอร์มักจะใช้เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ชนิดขดลวดคาตาไลติก ตัวเครื่องวัด% ก๊าซจะใช้ขดลวดคาตาไลติก เพื่อดักจับก๊าซที่ความเข้มข้นน้อยกว่า 100 % ของก๊าซที่ทำการปรับเทียบส่วนที่ความเข้มข้นของก๊าซไวไฟสูงๆ ให้ผู้ใช้ปรับมาที่ช่วงความเข้มข้นสูง เพื่อที่จะเปิดการทำงานของ TC เซนเซอร์ให้ทำการวัด ก๊าซไวไฟที่ความเข้มข้นสูงกว่า 100% ปริมาณของก๊าซที่ปรับเทียบ

2.4 การอ่านค่าจริง (Reading Neatly Mean) ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟทุกเครื่องมีความสัมพันธ์กับก๊าซที่ใช้ในการปรับเทียบ ก๊าซที่ใช้กันแพร่หลายในการปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟ %LEL/ppm คือ Methane, Pentane, Propane และHexane โดยเฉพาะ Methane กับ Propane เป็นก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือตรวจวัด % ก๊าซเครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟมักจะมีการปรับเทียบด้วยก๊าซเพียงตัวเดียวจากโรงงานผลิต เครื่องวัดจะอ่านค่าได้อย่างแม่นยำกับก๊าซที่ใช้ปรับเทียบและก๊าซอ้างอิงที่อยู่ในย่านเดียวกัน เมื่อใช้วัดก๊าซที่ปรับเทียบ เครื่องมือวัดจะให้ค่าที่ได้จากการวัดที่ตรงกับความเข้มข้นจริงของก๊าซที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ ดังนั้นเมื่อ Methane

อยู่ในบรรยากาศที่ 50%LEL ค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ที่ปรับเทียบ โดยก๊าซ Methane จะอ่านได้เท่ากับ 50% ของ LEL หรือ 2.5% ของก๊าซโดยปริมาตร

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดจะสอดคล้องกับความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากก๊าซที่ใช้ปรับเทียบตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขดลวดในเซนเซอร์ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากเท่าไหร่ ค่าความต้านทานก็เปลี่ยนแปลงมากขึ้นตามไปด้วย และเมื่อมีความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงมากเท่าไรแสดงว่าความเข้มข้นของก๊าซตัวอย่างที่วัดก็มีมากตามไปด้วย แนวคิดง่ายๆ คือ เครื่องมือตรวจวัดให้ค่าที่อ่านได้เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ขดลวดในเซนเซอร์

โค้งการตอบสนองหรือตัวประกอบในการแปลงค่า (Response Curves or Conversion Factors) ผู้ผลิตจะเตรียม Response Curves หรือ Conversion Factors ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การตอบสนองของเครื่องวัดก๊าซต่อก๊าซหรือไอชนิดหนึ่งๆ ตลอดช่วง LEL (0-100%LEL) โค้งตอบสนองหรือตัวแปลงค่าที่ผู้ผลิตเตรียมไว้ให้ทราบค่าความเข้มข้นที่แท้จริงของก๊าซหรือไอที่ทำการตรวจวัด ดังนั้นจึงต้องรู้ว่าก๊าซที่ใช้ตรวจเป็นก๊าซอะไร จึงจะประมาณค่าที่แท้จริงในบรรยากาศได้ (ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างโค้งตอบสนองหรือตัวแปลงค่าที่ผู้ผลิตเตรียมให้
เมื่อใช้เครื่องมือวัดก๊าซที่แตกต่างกัน
ที่มา: สุมิตรา ตันติดิลกกุล, (2552), น.33

เมื่อเครื่องมือวัด ตรวจวัดก๊าซ A ได้ 50%LEL ซึ่งค่าจริงของความเข้มข้น ≈ 30%LEL และเครื่องมือตัวเดียวกัน ผลที่อ่านได้แทนค่าที่มีความเข้มข้นของก๊าซ D ในบรรยากาศจริงที่ 90%LELตัวประกอบที่ใช้ในการแปลงค่าเป็นตัวเลขที่อธิบายการตอบสนองของเครื่องมือตรวจวัดต่อก๊าซหรือไอชนิดนั้นๆ ผู้ผลิตจะเตรียมตัวเลขเหล่านี้ไว้ นอกจากตอบโต้การตอบสนอง ตัวประกอบในการแปลงค่ามักจะอยู่ในรูปทศนิยม เช่น 0.8, 1.5 หรือ 2.6 ตัวประกอบที่ใช้แปลงค่ายังใช้ในการพิจารณาค่าความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในอากาศที่ทำการตรวจวัด โดยการนำตัวประกอบเหล่านี้ไปคูณค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เช่น ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดก๊าซ คือ 20%LEL(Meter Reading) ตัวประกอบ (Conversion Factor) คือ 0.8 ดังนั้นค่าที่อ่านได้จะเท่ากับ %LEL คูณด้วย 0.8 เท่ากับ 16%

2.5 อุปกรณ์เสริม (Accessories) บริษัทที่ผลิตเครื่องมือตรวจวัดก๊าซจะมีอุปกรณ์หลากหลายให้เลือกใช้เพื่อสะดวกในการตรวจวัด ในอุตสาหกรรม โดยวัตถุประสงค์หลักของอุปกรณ์เสริม คือ ช่วยให้สามารถทำการตรวจวัดสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และป้องกันไม่ให้เครื่องมือตรวจวัดชำรุดอุปกรณ์เสริมที่สำคัญมีดังนี้

2.5.1 ตัวกรองอนุภาค (Particulate Filter) และตัวดักจับน้ำ (Liquid Trap or Moisture Trap) อุปกรณ์เสริมนี้มีหน้าที่ป้องกันเครื่องวัดไม่ให้ถูกทำลายจากอนุภาคต่างๆหรือน้ำที่ถูกดึงเข้ามาในท่อเก็บตัว อย่างอากาศ

2.5.2 ตัวกรองชนิดทำด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal Filter) ตัวกรองชนิดนี้จะดูดซับไฮโดรคาร์บอนตัวที่ซับซ้อน เช่น Benzene, Hexane และ Methylene Chloride ส่วนก๊าซไฮโดรคาร์บอน ตัวที่เบาๆ เช่น Methane และก๊าซธรรมชาติจะไม่ถูกดูดซับเอาไว้ และสามารถผ่านตัวกรองเข้าไปทำปฏิกิริยาในเครื่องตรวจวัดก๊าซต่อไปได้

2.5.3 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 คือต้องรู้อัตราส่วนผสมที่แน่นอน เพื่อจะได้พิจารณาเครื่องมืออ่านค่าได้อย่างถูกต้อง เช่น ก๊าซ A ที่อ่านได้จากเครื่องวัด 5%LEL ส่วนผสม 1:1 ฉะนั้น ก๊าซ A จริงๆ มีอยู่เพียงครึ่งหนึ่ง ที่ถูกอ่านโดยเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นจริงของอากาศ คือ 10%LEL

2.5.4 สายต่อ (Extension Hose) ใช้ต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อช่วยในการเก็บตัวอย่างอากาศ ในที่ที่เข้าไปไม่ถึง หรือยังเข้าไม่ได้ เช่น ถัง หรือจุดอับอากาศ สายพวกนี้มีความยาว ตั้งแต่ 3 ฟุต-50 ฟุต ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต อาจทำจาก Teflon Neoprene Polyethylene และ ต้องทราบว่าหากต่อสายในการเก็บตัวอย่างอากาศจากที่ดังกล่าว ช่วงเวลาในการตอบสนองหรือการอ่านค่าก็จะช้ากว่าปรกติ

2.5.5 ท่อเก็บตัวอย่าง (Sample Probe) ใช้ต่ออุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อเก็บตัวอย่างในที่ๆไม่สามารถเข้าไปได้ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยๆ เป็นรูแคบ ท่อเก็บตัวอย่างอากาศนี้มักทำด้วย

Aluminum ทองเหลือง หรือไฟเบอร์กลาส และมีหลาย ขนาดความยาวเพื่อใช้งานได้เหมาะสมกับสถานที่ที่ต่างกัน

2.6 ข้อควรระวัง (General Precautions)

2.6.1 แบตเตอรี่ไม่เพียงพอ (Inadequate Battery Power) เครื่องมือตรวจวัดอากาศก็เหมือนกับอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ฉะนั้นจึงสำคัญมากที่จะต้องเตรียมพลังงานให้เพียงพอ เพื่อเครื่องมือตรวจวัดจะทำงานได้อย่างถูกต้อง เป็นการกระทำที่ไม่ปลอดภัย และอัตรายมากที่จะใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซที่พลังงานไม่เพียงพอ เพราะพลังงาน จากแบตเตอรี่ส่งไปเลี้ยงเซนเซอร์ซึ่งเป็นตัวชี้วัดค่าที่เครื่องมือตรวจวัดส่งผลออกมา จึงทำให้ได้ค่าที่คลาดเคลื่อน ฉะนั้นผู้ใช้จึงควรเรียนรู้ว่าจะตรวจระดับแบตเตอรี่ของเครื่องมือตรวจวัดอากาศที่ใช้และรู้ว่าจะชาร์จหรือเปลี่ยน แบตเตอรี่อย่างไร ซึ่งควรศึกษาคู่มือก่อนใช้

2.6.2 ก๊าซกัดกร่อน (Corrosive Gases) ก๊าซกัดกร่อนสามารถทำให้ขดลวดหรือส่วนประกอบที่อยู่ในสถานะของแข็งเสื่อมได้ ซึ่งทำให้ เซนเซอร์เสื่อมได้ ในบางครั้งอาจจะไม่ทำให้เซนเซอร์เสื่อมทันที แต่จะทำให้ Sensitivity ลดลง หากจำเป็น ที่จะต้องใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟ ในสิ่งแวดล้อมที่มีก๊าซกัดกร่อน หรือพวกฮาโลเจน ไฮโดร์คาร์บอน ก็ต้องมีการปรับเทียบเครื่องมือให้บ่อยขึ้น เพื่อจะได้ใช้เครื่องมือทำงานได้อย่าง ถูกต้อง และ แม่นยำ

2.6.3 สิ่งแวดล้อมที่มีอุณภูมิสูง (Heated Atmospheres) ก๊าซหรือไอร้อน เมื่อถูกดูดเข้ามาในเครื่องวัดอาจควบแน่นที่ผิวท่อส่งก๊าซที่เย็นกว่า และเมื่อก๊าซหรือไอควบแน่น เพิ่มขึ้นก็เช่นเดียวกับอุณภูมิของอากาศในสิ่งแวดล้อมลดลง ตัวอย่างก๊าซที่เก็บมีอุณภูมิสูงขึ้นและความยาวของท่อเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้น ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างอากาศที่เก็บไปไม่ถึงเครื่องมือตรวจวัด อย่างพอเพียง ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านผล คือ ได้ผลน้อยกว่าความเป็นจริง นอกจากนั้นน้ำที่อยู่ในตัวอย่างอากาศ ยังสะสมในเครื่องมือ และทำให้ปั๊มทำงานไม่สะดวก และหากน้ำไปถึงเซนเซอร์จะมีผลกับตัวดักจับเปลวไฟด้วย

2.6.4 การรบกวนจากกระแสไฟฟ้า (Electrical Interferences) สนามแม่เหล็ก, สายไฟฟ้าแรงสูง ไฟฟ้าสถิตย์ หรือ แม้แต่วิทยุ และโทรศัพท์มือถือสามารถรบกวนการอ่านค่าจากเครื่องมือตรวจวัด เมื่อมีตัวรบกวนเหล่านี้ เครื่องมือตรวจวัดอาจอ่านค่าได้ไม่แน่นอน ขึ้น-ลง ในบางกรณี การรบกวนจากไฟฟ้า สามารถกำจัดได้โดยการต่อสายดิน หรือ เคลื่อนย้ายเครื่องมือไปยังสถานที่อื่น เพื่อทำการตรวจวัดในบรรยากาศ ที่ไกลออกไปได้

2.6.5 ของเหลว และอนุภาคต่างๆเครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟไม่ได้ออกแบบมาเพื่อจะวัดก๊าซไวไฟที่มีฝุ่น, เส้นใย, ละอองน้ำ, หรือ อนุภาคใดๆ ในอากาศ จึงไม่ควรให้น้ำหรือฝุ่นเข้าไปในเครื่องมือวัดได้ ควรใช้อุปกรณ์เก็บเสริม เช่น Particulate Filter, Liquid Trap เมื่อทำการเก็บตัวอย่างอากาศ และหากใช้อุปกรณ์เสริมเหล่านี้ควรจะดู และเปลี่ยน เมื่อเกิดการอุดตันหรือเอาน้ำออก อย่าใช้ต่อหากพบสภาพเช่นนั้น จะทำให้น้ำเข้าไปปั๊มพ์และเซนเซอร์ได้

2.7 ข้อจำกัดของเครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟ (Limitations of %LEL meter)

2.7.1 ความเข้มข้นของออกซิเจน (Oxygen Concentration) เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟส่วนใหญ่ ใช้ Calalytic Filament เซนเซอร์ ก๊าซที่เก็บตัวอย่างเข้ามาจะถูกออกซิไดซ์ และเผาที่ขดลวด เมื่อสัมผัสกับคาตาลิซท์ ออกซิเจนจำเป็นต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ผู้ใช้เครื่องมือตรวจวัดชนิดนี้จะต้องรู้ว่าปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศที่มีน้อยที่สุดที่เครื่องมือยังคงทำงานได้ หากต่ำกว่านั้นเครื่องมือตรวจวัดจะไม่ตอบสนอง ไม่ว่าจะมีความเข้มข้นของก๊าซไวไฟในบรรยากาศ หรือไม่ อันตรายมากสำหรับผู้ให้เครื่องมือตรวจวัด โดยไม่รู้ข้อมูลเกี่ยวกับ เครื่องมือตรวจวัดก๊าซไวไฟ เพราะจะทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาด เมื่อปริมาณออกซิเจนไม่อยู่ในช่วงที่เครื่องมือจะทำงานได้ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในเครื่องมือแต่ละเครื่องแตกต่างกันตามผู้ผลิตเครื่องมือ ชนิดของเซนเซอร์ และคาตาลิซ์ทที่ใช้

2.7.2 อันตรายต่อคาตาลิซท์ (Catalyst Poison) สารอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก เช่น Silicone, และ Silicate เมื่อถูกเผาจะเกิดฟูมและรวมตัวกับก๊าซหรือไอเป็นอนุภาคของแข็งทันที อนุภาคเหล่านี้จับตัวบนขดลวด และปกคลุมคาตาลิซ์ททำให้คาตาลิซท์เซนเซอร์ไม่สามารถทำงานได้ สารประกอบ Silicone อาจพบในน้ำมันไฮโดรลิกค์ Surfactant, Waxes และโฟมที่ใช้ในการดับเพลิง

2.7.3 ความเข้มข้นก๊าซไวไฟเกิน100%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

2.7.4 ความเข้มข้นก๊าซไวไฟเกิน UEL (Concentration Exceeding the UEL) เมื่อความเข้มข้นของก๊าซไวไฟมีค่าเกิน UEL ส่วนผสมนี้เข้มข้นเกินกว่าที่จะไหม้ไฟและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นบนขดลวดคาตาลิซ์ทและขดลวดทดแทน อุณหภูมิของขดลวดทั้งสองจะลดลงและกลับสู่ปรกติ ในกรณีนี้เครื่องมือจะบ่งชี้ว่าไม่มีก๊าซไวไฟในบรรยากาศ ซึ่งในบางสถานการณ์เครื่องมือวัดจะแสดงค่าขึ้นไป 100%LEL แล้วตกมาที่ 0 ในขณะที่ปริมาณก๊าซในบรรยากาศมีความเข้มข้นสูงมาก ดังนั้นเมื่อตรวจวัดก๊าซไวไฟ ที่มีความเข้มข้นสูง ควรใช้เครื่องมือที่มี % ก๊าซมาใช้ในการตรวจวัด ซึ่งได้แนะนำไปแล้วข้างต้นว่า เซนเซอร์ เหนี่ยวนำความร้อน (Thermal Conductivity Sensor) สามารถใช้วัดก๊าซไวไฟที่มีความเข้มข้นสูงๆ ได้

2.7.5 สารประกอบคลอรีนไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbons) เครื่องมือตรวจวัดบางชนิดใช้คาตาลิซ์ทที่เพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของตัวทำลาย Chlorinatedhydrocarbon เช่น พวก Methylene ChLoride, Trichloroethlylene และ Perchloroethylene ส่งผลให้เครื่องมือตรวจวัดอ่านค่าได้มากกว่าปรกติ Chlorinated Hydrocarbon ที่ความเข้มข้นสูงๆ อาจไปกด/ครอบงำ

การทำงานของคาตาลิซ์ททำให้ความไวในการตอบสนองลดลง เมื่อเกิดสถานการณ์เช่นนี้ จะต้องแก้ไขโดย นำเครื่องมือออกจากบริเวณนั้น แล้วเปิดเครื่องมือตรวจอากาศให้ดูดเอาอากาศที่สะอาดเข้าไประยะหนึ่ง หลังจากนั้นนำไปปรับเทียบ

เครื่องมือวัดสารเคมีชนิดอ่านค่าโดยตรงมีหลากหลายแบบ มักที่จะเลือกใช้ในการตรวจวัดก๊าซและไอที่ไวไฟแม้จะมีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งสามารถวัดก๊าซไวไฟเป็นหน่วย ppm, %LEL, และ % ก๊าซต่อปริมาณอากาศ การเลือกใช้เครื่องมือ (Meter) ชนิดหลอดตรวจวัด และชนิดเครื่องวัดก๊าซไวไฟ ขึ้นอยู่กับลักษณะของสิ่งแวดล้อมและก๊าซหรือไอที่จะทำการตรวจและจะแปลผลอ่านค่าโดยตรงแสดงผ่านจอแสดงผลหรือมาตรวัดในลักษณะต่างๆ กันจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้ผลิตคู่มือการใช้งาน

เครื่องวัดออกซิเจนและก๊าซพิษ (Oxygen and Toxic Gas Meters)

ก๊าซพิษชนิดต่างๆ เป็นอันตรายที่มักพบในอากาศของสถานที่อับอากาศ (Confined Space) นอกจากนั้นอันตรายที่น่ากลัวอีกอย่างหนึ่งคือค่าปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ การได้รับก๊าซพิษเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าจะเป็น การสูดดม การหาย หรือทางผิวหนัง ล้วนแต่เกิดอันตรายต่อสุขภาพและทำให้เสียชีวิตได้ สภาพพื้นที่อันตราย เมื่อพิจารณาก๊าซที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เช่น มีเทน (CH_4) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ สามารถเข้าไปแทนที่ก๊าซออกซิเจนหรือเป็นสาเหตุทำให้เกิดการระเบิดได้ นอกจากนี้ การใช้สารเคมีในการกำจัดน้ำเสียอาจทำให้เกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานได้ ก๊าซจำพวกคลอรีน (Cl_2) แอมโมเนีย (NH_3) และ คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ที่มีอยู่ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม อาจทำให้เสี่ยงต่อสุขภาพ หากสูดดมในระดับความเข้มข้นที่มากเกินไป การใช้เครื่องมือในการตรวจวัดก๊าซพิษและปริมาณออกซิเจน เพื่อให้มั่นใจว่าอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายก่อนเข้าทำงานจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ดังนั้นผู้ใช้งานจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือสำหรับตรวจสอบก๊าซ เช่น เครื่องวัดก๊าซรั่ว (Gas detector) เครื่องวัดออกซิเจนและก๊าซพิษมีหลักการทำงานและคุณสมบัติที่แต่งต่างกันตามรายละเอียดดังนี้

1. พื้นฐานไฟฟ้าเคมี (Basic Electrochemical)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซหลากหลายชนิดรวมทั้งออกซิเจนด้วย เซนเซอร์ประเภทนี้ใช้อิเล็คโตรไลท์ (Electrolyte) และอิเล็คโทรด (Electrode) ในการดักจับก๊าซที่สนใจ เซนเซอร์ชนิดนี้อาศัยปฏิกิริยาเคมีระหว่าง ก๊าซและสารละลายอิเล็กโตรไลท์ ผลจากปฏิกิริยาคือศักย์ไฟฟ้า ที่อิเล็กโตร์ดเปลี่ยนไป นั้นคือมีความสามารถในการผลิตไอออนและอิเล็กตรอน และการเปลี่ยนแปลง ศักย์ไฟฟ้านี้ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและเหนี่ยวนำให้เครื่องมือวัดอ่านค่าได้

ก๊าซต่างๆ ถูกตรวจวัดโดยกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงจากก๊าซ Hydrogen Sulfide, Hydrogen Cyanide Carbonomoxide, และ Sulfuric Oxide อิเล็คโตรไลท์คือ สารเคมีที่ละลายในน้ำอยู่ในรูป

สารละลายที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าคือ การเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอนซึ่งมีประจุลบกรดเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี จึงนิยมนำมาใช้เป็นอิเล็คไตรไลท์ สารเคมีที่ต่างกันมีจำนวนอะตอมที่นำอิเล็คตรอนไม่เท่ากัน เช่น เกลือแกง ประกอบ 2 อะตอมของ โซเดียม (Na) และ คลอไรด์ (Cl) ซึ่งไม่มีประจุเมื่อละลายน้ำจะให้ประจุบวกของโซเดียมไอออน (Na^+) และประจุลบของคลอไรด์ (Cl^-) ในสารละลาย เมื่ออะตอมสูญเสียอิเล็คตรอน อะตอมจะกลายเป็นมีประจุบวก และเมื่อได้รับอิเล็คตรอนจะกลายเป็นอะตอมที่มีประจุลบ ปฏิกิริยาที่สูญเสียอิเล็คตรอนเรียกว่า Oxidation และได้รับอิเล็คตรอนเรียกว่า “Reduction”สารละลายอิเล็คไตรไลท์เป็นส่วนที่สำคัญมากของการนำไฟฟ้า ส่วนประกอบของอิเล็คโทรดก็สำคัญเช่นกัน กระแสไฟฟ้าถูกผลิตขึ้นโดยการเคลื่อนที่ของการชาร์จประจุ ในกรณีนี้ คือ การเคลื่อนที่ของอิเล็คตรอนผ่านสารละลายอิเล็คไตรไลท์ อิเล็คโทรดที่ทำจากโลหะที่แตกต่างกัน จะมีความสามารถในการให้และรับอิเล็คตรอนที่ต่างกัน Platinum, Gold, Mercury, Silver, และ Copper เป็นกลุ่มตัวอย่างของโลหะ ตัวรับ อิเล็คตรอนที่ดี ในขณะที่ Zinc, lead, Aluminium และ Magnesium เป็นตัวอย่างของโลหะที่ให้อิเล็คตรอนและแรงที่ทำให้อิเล็คตรอนวิ่งได้ เรียกว่า Electro Motive Force (emf) จะถูกวัดเป็นหน่วย โวลต์ (Volts)

2. เซนเซอร์ชนิดไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Sensor)

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี 1 ตัว ประกอบด้วย ตัวกรองที่เป็นอนุภาคหยาบๆ เช่นเยื่อเทฟลอนหรือ โพลีเอทธิลีนบางๆ ซึ่งเป็นแบบ Semi-Permeable (กึ่งซึมผ่าน) อิเล็คโตรไลท์อาจเป็นของเหลว เจล หรือวัสดุกึ่งของแข็งก๊าซที่ต้องการตรวจวัดในสิ่งแวดล้อม จะกระจายผ่านเยื่อบางๆ เข้าไปละลายในอิเล็คไตรไลท์และทำปฏิกิริยากับสัมผัสกับเซนซิ่งอิเล็คโทรด ทำให้เกิดไอออนและอิเล็คตรอนซึ่งจะส่งอนุภาคให้กระจายผ่านสารละลายอิเล็คไตรไลท์ไป Counting Electrode เพื่อทำการนับจำนวน ถือว่าวงจรครบถ้วน

2.1 ออกซิเจนเซนเซอร์ (Oxygen Sensor) เซนเซอร์ออกซิเจนใช้ตะกั่วหรือสังกะสี เป็นเซนซิงอิเล็คโทรด และทองหรือแพลตินัมเป็นเคาน์เตอร์อิเล็คโทรด จุ่มในสารละลายอิเล็คโตรไลท์ที่เป็นเบสของโปตัสเซียมไฮดร็อกไซด์ และนำแผ่นเยื่อกั้นที่ทำด้วยเทฟลอน ซึ่งจะกั้นระหว่างอิเล็คไตรไลท์กับตัวอย่างของสารที่อยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันย่อยของออกซิเจนที่ผ่านทะลุวงจรคอมเพนเซทแอมปริไฟว์ จะแสดงค่าเป็น % ต่อปริมาตรอากาศ อยู่ระหว่างช่วง 0-25% เครื่องวัดออกซิเจนถูกปรับเทียบให้วัดออกซิเจนที่ระดับความเข้มข้น 0-25% ของปริมาตรอากาศเนื่องจากการปรับเทียบทำที่ระดับปรกติปิดสนิท หากใช้วัดออกซิเจนในอากาศปรกติจะอ่านค่าที่ได้จะใกล้เดียวกับอากาศที่ตรวจวัด หากนำไปใช้ที่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลมาก ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด 20.9% ค่าจริงในบรรยากาศที่ระดับนั้นจะมีความเข้มข้นของออกซิเจนมากกว่า 20.9% (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 ค่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับออกซิเจนเซนเซอร์ที่ระดับต่างๆ

Elevation (feet)	Oxygen Reading (%)
-1000	21.6
Sea level	20.9
500	20.4
1000	20.1
2000	19.3
4000	18.0
6000	17.3
8000	15.4
10000	14.3

ที่มา: สุมิตรา ตันติดิลกกุล, (2552), น.39

เครื่องวัดออกซิเจนอาจมีสัญญาณเตือนทั้งเสียงและแสงพร้อมทั้งแสดงค่าให้เห็น ซึ่งจะติดตั้ง มาจากโรงงานผลิต สัญญาณเตือนตามที่มาตรฐาน OSHA กำหนดไว้ 19.5% ออกซิเจน เครื่องวัดบางเครื่องมีสัญญาณเตือนเมื่อออกซิเจนมากเกินไป โดยจะตั้งไว้ที่ 22, 23 หรือ 25% ออกซิเจน ออกซิเจนเซนเซอร์ จะต้องมีการปรับเทียบเป็นประจำก่อนใช้งานด้วยอากาศสะอาดในบรรยากาศ ที่มีปริมาณออกซิเจน 20.9% ห้ามใช้ลมหายใจออกในการตรวจเช็คการทำงานของเซนเซอร์ ลมหายใจออกประกอบด้วยออกซิเจน 16% คาร์บอนไดออกไซด์ 5% คาร์บอนไดออกไวด์เป็นกรดจะไปทำอันตราย อัลคาไลน์อิเล็คคาร์ไลท์ในเซนเซอร์ได้

2.2 คาร์บอนมอนอกไซด์เซนเซอร์ (Carbon Monoxide Sensor) วิธีการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คือ เครื่องวัดที่ประกอบด้วยเซนเซอร์แบบไฟฟ้าเคมีที่มี 3 อิเล็คโตร์ดกับอิเล็คโตร์ไลท์ที่เป็นกรด ซึ่งมักใช้ กรดซิลฟุริค (Suffuric Acid) ตัววงจรที่ถูกแบ่งแยกจะคงไว้ซึ่งค่าคงที่ของความต่างศักย์ที่เซนซิงค์อิเล็คโตทรด ที่คอยควบคุมความสามารถในการออกซิไดซ์ คาร์บอนมอนอกไซด์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้น ของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อยู่ในอากาศที่ตรวจวัด

2.3 ไฮโดรเจนซัลไฟด์เซนเซอร์ (Hydrogen Sulfide Sensor) เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ในการตรวจวัดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) คือ แบบเดียวกับที่ใช้ในการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ (H_2S) ผลิตอิเล็คตรอนและไอออนได้มากกว่า ดังนั้นจึงได้กระแสไฟฟ้าที่เคาน์ทิ่งอิเล็คโทรดมากกว่า ที่พิเศษคือเกิดความโน้มเอียงหรือความต้านทานการไหล ของกระแสไปที่เคาร์

ทิ่งอิเล็คโตทรดมากกว่าปรกติ ความโน้มเอียงนี้ป้องกันกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของคาร์บอนมอนอกไซด์ และการรบกวนอื่นๆที่ส่งออกมาตอบสนองของเครื่องมือวัด

เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีถูกนำมาใช้ในการผลิตเครื่องมือตรวจวัดก๊าซหลายชนิด เช่น Oxygen, Carbon Monoxide, Hydrogen Sulfide, Hydrogen Cyanide, Sulfur Oxide และ Chlorine เป็นต้น (ภาพที่ 2.11-2.15)

ภาพที่ 2.11 เครื่องตรวจวัดมลพิษอากาศจากการเผาไหม้
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 2.12 เครื่องวัดปริมาณออกซิเจนและก๊าซไวไฟในพื้นที่อับอากาศ
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 2.13 เครื่องวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 2.14 เครื่องตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

ภาพที่ 2.15 เครื่องตรวจก๊าซสารอินทรีย์ระเหย (VOCs)
ที่มา: ห้องปฏิบัติการ 4257, (2560)

สำหรับเซนเซอร์ตรวจวัดก๊าซพิษอื่นๆ (Other Toxic Gas Sensor) เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีในปัจจุบันสามารถตรวจวัดได้กว่า 50 ชนิด สารเคมีที่แตกต่างกัน การตรวจวัดที่หลากหลายของเครื่องวัดก๊าซขึ้นอยู่กับการดัดแปลงอิเล็คโตทรด อิเล็คโตรไลท์ เมมเบลน และการดัดแปลงความโน้มเอียงของเคาน์เตอร์อิเล็คโทรด ในเซนเซอร์หน่วยไพโรไลเซอร์ (Pyrolyzer Unit) ที่ติดตั้งในเครื่องตรวจวัดเป็นตัวช่วยควบคุมอุณหภูมิของก๊าซให้คงที่ ซึ่งเป็นการช่วยให้กระบวนการไฟฟ้าเคมีทำการตรวจจับก๊าซได้ดี

2.5 ข้อจำกัด (Limitations)

2.5.1 สารรบกวนการตรวจวัด (Interfering Gas) ความเข้มข้นและส่วนประกอบของสารละลายอิเล็คโตรไลท์จะถูกออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับสารที่จะตรวจวัดและช่วงความเข้มข้นของสารที่ต้องการตรวจวัด ซึ่งในบางครั้งอาจมีสารที่รบกวนการตรวจวัด (Interfering Gas) ที่มีลักษณะขนาดโมเลกุลและปฏิกิริยาเคมีเช่นเดียวกัน ทำให้เกิดการตอบสนองที่ผิดพลาดได้ (False–Positive) มีก๊าซพิษและก๊าซอีกหลายตัวที่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเซนเซอร์ชนิดไฟฟ้าเคมี ฉะนั้นผู้ผลิตจะต้องเตรียมรายการก๊าซที่เป็นตัวรบกวนการทำงานของเซนเซอร์ชนิดนี้

2.5.2 หมดสภาพการมีประจุ (Neutralized) สารละลายอิเล็คไตรไลท์ไม่ว่าจะเป็นกรดหรือด่างอาจจะเป็นอันตรายได้ คือ หมดสภาพการมีประจุ (Neutralized) ด้วยสาเหตุนี้ เซนเซอร์ที่มีสารละลายอิเล็คโตรไลท์เป็นด่างก็จะเสื่อมสภาพโดยก๊าซที่เป็นกรด

2.5.3 การอุดตันของเยื่อที่ปล่อยให้อากาศซึมผ่านเข้าในเซนเซอร์ (Membrane Clogged) อาจเกิดการอุดตันข้างในจากอนุภาคหรือฝุ่น และการควบแน่นของก๊าซร้อน ไอน้ำ หรือละอองจากพื้นที่ตรวจวัดได้

2.5.4 อายุของเซนเซอร์ (Longevity of Sensor) เซนเซอร์มีอายุที่แน่นอน ปรกติประมาณ 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) อุณภูมิที่เปลี่ยนไปจากที่กำหนดอาจทำให้อ่านค่าผิดพลาดได้ในกรณีตรวจวัดสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนด อิออนและอิเล็คตรอนที่กระจายตัวผ่านอิเล็คโตรไลท์จะช้าลง เครื่องมือจะตอบสนองผลได้ช้าลง หากอุณหภูมิต่ำมากๆ อิเล็คโตรไลท์อาจแข็งตัว

2.5.6 ระดับความสูง (Altitude) เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี ยังอ่อนไหวต่อระดับความดัน ที่ๆมีระดับมาก ความดันย่อยของก๊าซจะลดลง (Partial Pressure) ก๊าซจึงกระจายตัวเข้าไปผ่านเยื่อได้น้อยลง ค่าที่อ่านได้จะต่ำลงไปด้วย ปรากฏการณ์นี้ส่งผลกระทบต่อออกซิเจนเซนเซอร์ชัดเจนที่สุด และอาจเกิดกับเซนเซอร์ชนิดอื่นๆได้ด้วย

3. แถบกระดาษตรวจวัดก๊าซ (Papertape Gas Detectors)

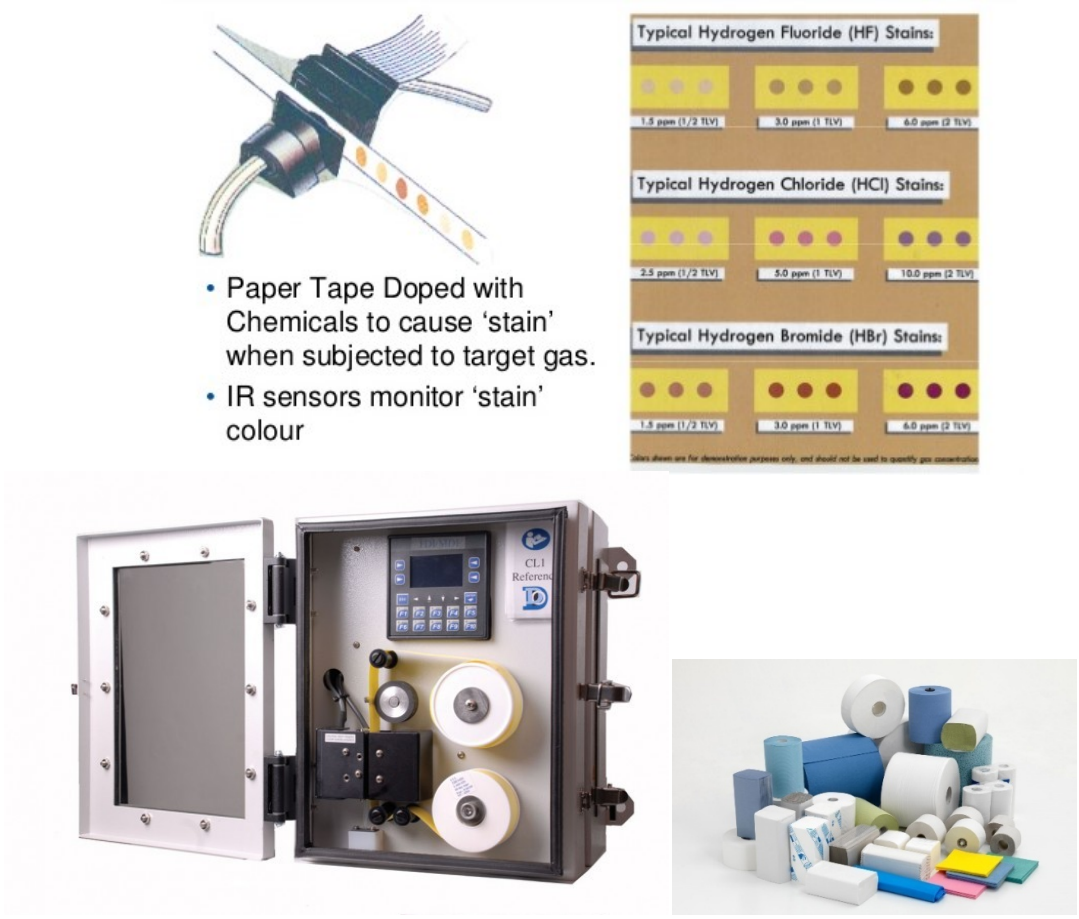
แถบตรวจวัดอากาศ คือ แถบกระดาษที่ถูกอาบด้วยสารเคมีผสมที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้เปลี่ยนสีเมื่อสัมผัสกับก๊าซที่ต้องการตรวจวัดตัวอย่างอากาศจะเข้าถึงแถบตรวจวัดได้โดยการแพร่กระจายตัวหรือปั๊มช่วยดูดอากาศเพื่อให้ผ่านมาที่แถบตรวจวัด เมื่อก๊าซที่ต้องการตรวจวัดสัมผัสแถบตรวจวัดทำให้แถบเปลี่ยนสีแถบนี้จะถูกตรวจสอบโดยโฟโตไดโอดดีเทคเตอร์ (Photodiode Detector) ความเข้มของสีที่เปลี่ยนไปเป็นสัดส่วน โดยตรวจกับความเข้มข้นของก๊าซที่ตรวจวัดได้

แถบตรวจวัดยังนิยมใช้เป็น Passive Dosimeter หรือ Passive Badge และยังนำมาใช้ในเครื่องมือ ตรวจวัดแบบพกพาทั้งแบบตรวจวัดส่วนบุคคลและแบบพื้นที่ ซึ่งระบบส่วนใหญ่จะประกอบด้วย สายริ้วของแถบตรวจวิ่งผ่านช่องเปิดของตัวอย่างอากาศที่เก็บตัวอย่างด้วยอัตราคงที่

เมื่อมีการหมุนให้แถบเก็บตัวอย่างไปสัมผัสตัวอย่างอากาศสำหรับช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน ซึ่งอาจจะประมาณ 30 วินาที จนถึง 4-5 นาที ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาของสารที่ก่อให้เกิดสีที่ใช้เฉพาะก๊าซที่ทำการตรวจวัด และกลยุทธ์ในการตรวจติดตาม อุปกรณ์บางตัวมีวิธีการตรวจจับอากาศที่แตกต่างกัน อัตราการเก็บตัวอย่างอากาศสามารถดัดแปลงได้ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ใช้ถึงแม้ว่าแถบเก็บตัวอย่างอากาศจะสามารถใช้เก็บตัวอย่างอากาศแบบต่อเนื่องได้ แต่ก็ใช้ช่วงเวลาหลังจากเก็บตัวอย่างจนถึงการตอบสนองของเครื่องมือเล็กน้อย ช่วงเวลาดังกล่าวนี้ ไม่สามารถลดลงเหมือนเครื่องเก็บตัวอย่างอื่นๆ แต่กระนั้นแถบวัดตัวอย่างก็ยังได้รับความนิยมอย่างกว้างขว้างในการเก็บตัวอย่างอากาศที่มีความเข้มข้นของสารปนเปื้อนต่ำๆ เช่น Phosgene, Hydrazine และพวกกรดอนินทรีย์

ข้อจำกัดแถบตรวจวัดอากาศบรรจุสารเคมีที่ไวต่อการตอบสนองต่อปฏิกิริยา ซึ่งรวมไปถึงตัวประกอบอื่นในสิ่งแวดล้อมด้วย (Environmental Factor) นั้นคือความชื้นและอุณหภูมิซึ่งอาจทำปฏิกิริยากับแถบตรวจวัด ที่เก็บไม่ดี ดังนั้นแถบตรวจวัดหลายชนิดใช้วิธีการอ่านค่าสีขั้นต้นของแถบก่อนว่ามีค่าเท่าใด แล้วจึงนำไป ตรวจวัดในบรรยากาศที่จะเก็บตัวอย่างจริง ค่าที่ได้ต้องนำมาลบด้วยที่อ่านได้จากสีขั้นต้นก่อนตรวจวัด จึงได้ค่าที่ตรงกับความจริง ดังนั้นหลังตรวจวัดจริง และหลังการใช้งานทุกครั้งต้องม้วนแถบหรือปิดตลับให้สนิท

สารเคมีที่ใช้เป็นตัวจับที่อยู่ในแถบจะสลายตัวเมื่อเวลาผ่านไป ฉะนั้นบนตลับหรือม้วนบรรจุแถบตรวจวัดควรระบุวันที่หมดอายุการใช้งาน อย่าใช้แถบตัวอย่างหลังวันหมดอายุที่ระบุมา นอกจากนั้นแหล่งที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดผิดพลาดในการเก็บตัวอย่างอากาศ คือความแปรปรวนของอัตราการไหลของอากาศ ช่วงเวลาที่แถบกระดาษสัมผัสอากาศและความแน่นหนาของโฟโตไดโอดแถบตรวจวัดอากาศยังไวต่อก๊าซที่มารบกวน (Interfering Gas) ก๊าซรบกวนทำให้เกิดการเปลี่ยนสีบนกระดาษโดยไม่สามารถระงับได้ (ภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.16 เครื่องอ่านและแถบกระดาษตรวจวัดก๊าซ

ที่มา: Gas Monitoring Systems, (2559)

4. เซนเซอร์ที่อยู่ในสภาวะของแข็ง (Solial Stafe Sensor)

เซนเซอร์กึ่งตัวนำ (Semi Conductor Sensor) สามารถใช้ในการเก็บตัวอย่างที่มีสารพิษเจือปนที่มีความเข้มข้นต่ำ มีการดัดแปลงสัดส่วนในส่วนผสมของโลหะออกไซด์ อุณหภูมิในสารกึ่งตัวนำและความต่างศักย์ บนสารกึ่งตัวนำส่งผลต่อการแยกแยะและความไวของเซนเซอร์ต่อก๊าซและไอที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะถูกออกแบบมาให้ตอบสนองต่อก๊าซเฉพาะ ชนิดเซนเซอร์ที่เป็นของแข็งก็ยังตอบสนองต่อสารหลายชนิด โดยเฉพาะไฮโดรคาร์บอนเซนเซอร์ไม่สามารถกีดกันระหว่างสารที่ต้องการตรวจวัดกับสารอื่นได้

ข้อจำกัดที่สำคัญของเซนเซอร์แบบสถานะของแข็ง คือไม่สามารถเจาะจงก๊าซที่ต้องการตรวจวัดได้ก๊าซที่มารบกวน “Interfering Gas” อาจก่อให้เกิดการตอบสนองที่ผิดพลาดของเครื่องมือแบบ False Positive ความชื้นสูงและไอ-ก๊าซ ที่ควบแน่นบนพื้นผิวของเซนเซอร์สามารถยับยั้งการกระจายตัวและลดความไวในการตอบสนองของเซนเซอร์ได้ ฝุ่นและอนุภาคสามารถอุดตันรูพรุนของเซนเซอร์และลดหรือจำกัดการกระจาย ของก๊าซออกซิเจนซึ่งจำเป็นต่อการทำงานของเซนเซอร์ ความเข้มข้นขั้นต่ำที่จะตรวจวัดได้ของเซนเซอร์ถูกออกแบบขึ้นกับส่วนประกอบของเซนเซอร์ หากจำเป็นต้องใช้ เครื่องมือตรวจวัดในที่ที่มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอควร สอบถามข้อมูลที่เกี่ยวข้องก่อนซื้อเครื่องมือ

การใช้เครื่องมือในการตรวจวัดก๊าซพิษและปริมาณออกซิเจนด้วยเซนเซอร์ไฟฟ้าเคมี ในปัจจุบันเซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีถูกนำมาใช้ในการผลิตเครื่องมือตรวจวัดก๊าซหลายชนิด เช่น Oxygen, Carbon Monoxide, Hydrogen Sulfide, Hydrogen Cyanide, Sulfur Oxide และ Chlorine เป็นต้น การเลือกใช้ให้พิจารณาถึงข้อจำกัด ความไวต่อการตอบสนองต่อปฏิกิริยา ซึ่งรวมไปถึงตัวประกอบอื่นในสิ่งแวดล้อมด้วย (Environmental Factor) ความชื้นและอุณหภูมิซึ่งอาจทำปฏิกิริยา มีการถูกพัฒนาให้ใช้ได้สะดวก สำหรับตรวจวัดแบบพกพาทั้งแบบตรวจวัดส่วนบุคคลและแบบพื้นที่

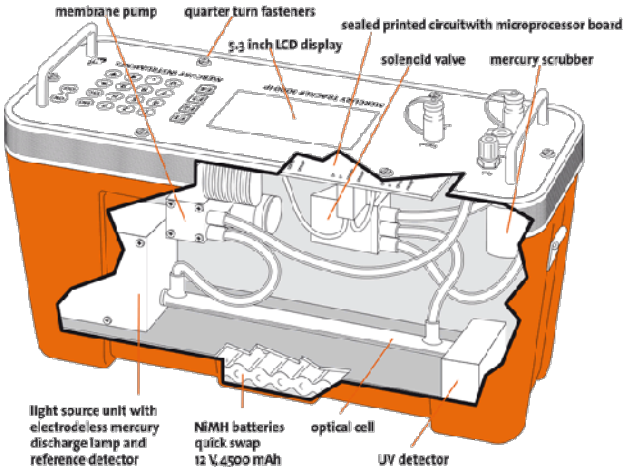
เครื่องมือตรวจวัดไอปรอท (Mercury Vapor Detector)

เครื่องตรวจวัดปรอทใช้ตรวจวัดเมื่อเกิดการรั่วไหลของสารปรอท และจากอุปกรณ์ที่มีปรอทประกอบด้วย หนึ่งในวิธีการตรวจหาปรอท คือ Ultraviolet Light (UV) Absorption แสง UV ขนาด 257 มิลลิไมครอนผ่านทะลุ ช่องและอยู่บน Photoresistor ที่วัดระดับความเข้มของรังสี UV ไอปรอทจะดูดซับได้รุนแรงในแถบเคลื่น UV เมื่อตัวอย่างอากาศถูกดูดเข้ามาในช่องและเปื้อนปรอท เข้มข้นของแสง UV ที่ไปถึง Photosensor จะลดลงเป็น สัดส่วนกับความเข้มข้นที่ปรากฏเครื่องตรวจวัดสารปรอทสามารถวิเคราะห์ได้ระหว่างช่วง 0-1 mg/m^3 เครื่องตัววัดชนิดนี้ถูกออกแบบเพื่อใช้ตรวจวัดสารปรอทมีค่าใกล้เคียง ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่สามารถสัมผัสได้ (TWA) หากตรวจวัดสารปรอท ที่มีความเข้มข้นสูงต้องใช้เซนเซอร์ชนิดหลอดเก็บตัวอย่าง Colorimetric Tube สารใดก็ตามที่ดูดซับ แสง UV ได้เท่าๆ กับสารปรอทจะรบกวนการตรวจวัดสารปนเปื้อนปรอทด้วยเช่นกัน สารเหล่านั้นได้แก่ Acetone, Benzene,

Ethanol, และ Gasoline เป็นต้น ไอน้ำก็เป็นอีกตัวหนึ่งที่จะส่งผลกระทบต่อการส่งต่อหรือกระจายตัวของแสง UV ไปที่ Photosensor ผลกระทบจากความชื้นสามารถแก้ไขได้โดยการปรับศูนย์ (Zeroing)

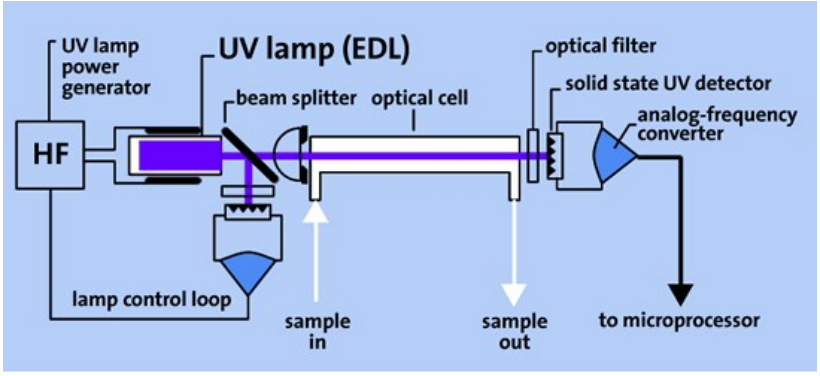
แผ่นทองก็สามารถใช้เป็นตัวดักจับไอปรอทได้ อากาศตัวอย่างปริมาณที่แน่นอนจะถูกดูดเข้ามาเหนือเซนเซอร์ด้วยอัตราการไหลที่คงที่ ปรอทในตัวอย่างอากาศจะถูกดูดซับบนเซนเซอร์ และเปลี่ยนความต้านทาน การเปลี่ยนเความต้านทานเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเข้มข้นที่ปรากฏ

ในที่สุดเซนเซอร์ก็จะอิ่มตัวไปด้วยปรอท และสารปนเปื้อนอื่นๆ ซึ่งจะถูกเผาในช่วงสั้นๆ ของการให้ความร้อน เซนเซอร์แผ่นทองนี้ จะไม่ได้รับผลกระทบจากสารที่รวมอยู่ด้วย เช่น ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ หรือไอน้ำ ตัวกรองภายในจะทำหน้าที่จัด หรือดึงสารที่รบกวนเซนเซอร์ เช่น พวกอนุภาคและก๊าซที่เป็นกรดออก (ภาพที่ 2.17-18)



ภาพที่ 2.17เครื่องมือตรวจวัดไอปรอท

ที่มา: ISO 10012-1, (1992)



ภาพที่ 2.18 หลักการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดไอปรอท

ที่มา: ISO 10012-1, (1992)

การตรวจสอบและวัดระดับปรอทเป็นสิ่งสำคัญและมีความจำเป็น เพื่อทำให้สภาพแวดล้อมในที่ทำงานมีความปลอดภัย เครื่องมือตรวจวัดไอปรอทสามารถใช้เป็นตัวดักจับไอปรอทได้ อากาศตัวอย่างปริมาณที่แน่นอน สำหรับการประเมินและเฝ้าระวัง การตรวจห้องปฏิบัติการที่จะช่วยยืนยันการวินิจฉัย คือ การตรวจวัดระดับปรอทในเลือดและในปัสสาวะที่เก็บปริมาตรทั้งหมดใน 24 ชั่วโมง แม้ว่าระดับปรอทในเลือดจะไม่ได้บอกถึงปริมาณปรอททั้งหมดที่มีอยู่ในร่างกาย (Body Burden) เหมือนระดับปรอทในปัสสาวะ เนื่องจากปรอทกระจายอยู่ตามเนื้อเยื่อ แต่มีประโยชน์กรณีที่เป็นการได้รับอย่างเฉียบพลัน

Photo Ionization Detectors (PID)

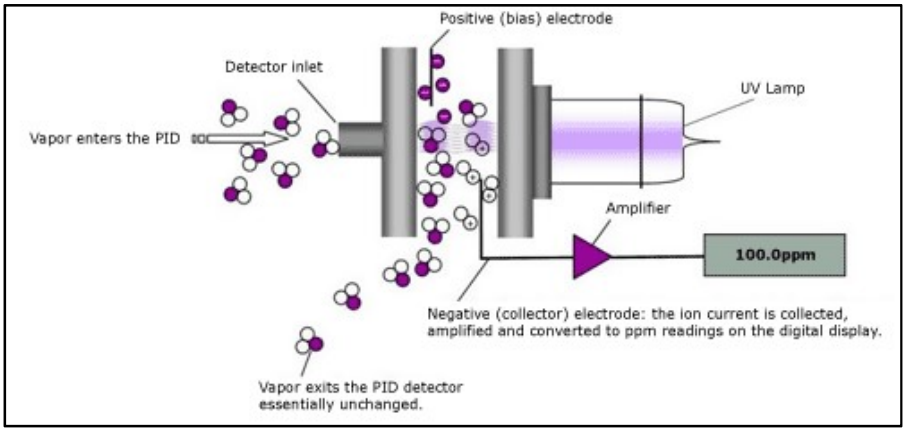
การวิเคราะห์สารเคมีโดยวิธีไอออไนเซชั่น ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ ปี1960 ซึ่งการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ใช้วิธีเฟรมไอออไนเซชั่น (Frame Ionization) เครื่องวิเคราะห์ชนิดโฟโตไอออไนเซชั่นเฟรมแบบพกพาเครื่องแรก พัฒนาขึ้นในปี 1970 เครื่องเก็บตัวอย่างโฟโตไอออไนเซชั่น Photoionization Detector (PID) เป็นเครื่องมือใช้วัดสารที่มีความเข้มข้นต่ำในช่วงระหว่าง 0.1-2000 ppm. มักจะถูกนำมาใช้วัดในสภาพแวดล้อมที่คาดว่าจะมีสารปนที่ความเข้มข้นต่ำ เพื่อทดสอบหาการรั่วไหล ใช้สำรวจเพื่อบ่งชี้อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการศึกษาทางพิษวิทยา ใช้ติดตามประสิทธิภาพของระบบควบคุมการระบายอากาศ หรือการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานใช้ตรวจจับสารตกค้างที่หลงเหลืออยู่ในดินหรือน้ำ และใช้พิจารณาความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการทำงานกับสารเคมีอันตราย (ภาพที่ 2.19)

ภาพที่ 2.19 เครื่องเก็บตัวอย่างโฟโตไอออไนเซชั่นของ RAE
ที่มา : RAE, (2017)

1. การทำงานของโฟโตไอออไนเซชั่นดีเทคเตอร์

จากหลักการทำงานของเซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า อะตอมสามารถรับหรือให้อิเล็คตรอนและกลายเป็นอิออนที่มีประจุ สารต่างๆ ก็สามารถมีประจุได้ การเคลื่อนตัวของอิออนและอิเล็คตรอน จากขั้วไปยังอีกขั้วหนึ่ง สามารถผลิตกระแสประจุได้ ซึ่งวัดได้เป็นความต่างศักย์การหมุนเวียนของอิออนกับสารละลายอิเล็คโตรไลท์ จะเกิดประจุขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาของสารปนเปื้อนในบรรยากาศที่เก็บตัวอย่างกับส่วนประกอบในสารละลายอิเล็คโตรไลท์ สารละลายอิเล็คโตรไลท์จะทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า สารที่สูญเสียอิเล็คตรอน และรวมตัวกับอิออนจะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีคราวนี้ลองคิดถึงถ้ารวมตัวกันเป็นอิสระในช่องว่างเล็กๆ ของอากาศแทนที่จะอยู่ในสารละลายอิเล็คโตรไลท์ ภายในสภาพการณ์ดังกล่าว ไอออนไม่สามารถที่จะถูกรวมไว้ที่อิเล็คโทรดและผลิตกระแสไฟฟ้าเช่นเคย ไอออนจับตัวกันในอากาศและผลักดันไปในทางเดียวกัน โดยคาโทร์ดที่ไม่สมดุลย์ (แอนเอียง)และไม่สะสมอยู่ที่อิเล็คโทรด กระแสจากไอออนจะถูกผลิตขยายและแปลงสัญญาณไปอ่านที่มิเตอร์ กระแสที่ผลิตจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนไอออนที่ผลิตขึ้น

สารเคมีปนเปื้อนในตัวอย่างอากาศก่อตัวเป็นไอออน หรือถูกไอออนไนซ์ (Ionized) ด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลท (Ultra Violet, UV) พลังงานสูง สารประกอบนี้ดูดซับเอาพลังงานจากแสง ซึ่งกระตุ้นให้โมเลกุล ปล่อยอิเล็คตรอนมาชั่วคราว และเกิดเป็นไอออนบวก กระบวนการนี้เรียกว่า โฟโตไอออไนเซชั่น (Photo Ionization) (ภาพที่ 2.20)

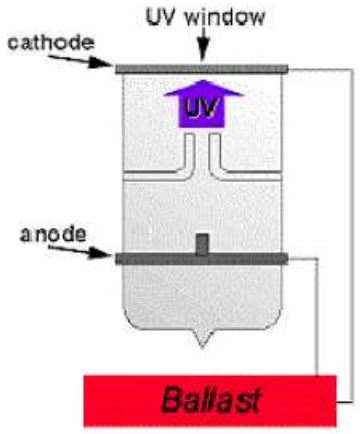


ภาพที่ 2.20 หลักการทำงานของโฟโตไอออไนเซชั่นดีเทคเตอร์

ที่มา: EQUIPCO, (2559)

1.1 ศักยภาพของไอออไนเซชั่น (Ionization Potentials)แม้ว่าสารเคมีต่างๆ จะสามารถไอออไนซ์ได้ แต่ปริมาณพลังงานที่ใช้จะแตกต่างกัน สารบางอย่างสูญเสียอิเล็คตรอนหรือถูกไอออไนซ์ได้ง่าย ในขณะที่สารบางอย่างไม่ได้เป็นเช่นนั้น ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนอิเล็คตรอนเรียกว่าไอออไน

เซชั่น โพเทนเชียล (Ionization Potential, IP) และวัดได้เป็นอิเล็คตรอนโวลท์ (Electron Volts, eV) สารแต่ละตัวมี IP เฉพาะหากสารใดมี IP ต่ำก็ต้องการพลังงาน ในการไอออไนซ์สารเคมีนั้นต่ำไปด้วยไอออไนเซชั่นโพเทนเชียลแปลตามสารที่ต่างกัน IP ของก๊าซ เช่นไนโตรเจน, ออกซิเจน, คาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่า 12.00 eV ในขณะที่สารอินทรีย์มี IP น้อยกว่า 12.00 eV (ภาพที่ 2.21)



ภาพที่ 2.21 หลอดอัลตร้าไวโอเลทในห้องปฏิกิริยาไอออไนเซชั่น

ที่มา: EQUIPCO, (2559)

1.2 ขนาดของหลอดอัลตร้าไวโอเลท (Ultraviolet Lamp Capacities) พลังงานแสงที่ปล่อยออกมาจากหลอดอัลตร้าไวโอเลทมีหน่วยเป็น Electron Volt (eV) พลังงานของแสงอัลตร้าไวโอเลทจะถูกพิจารณาอย่างละเอียดเมื่อจะนำมาใช้ หากแสง UV ที่มีพลังงานมากกว่า IP ของสารที่จะทำการตรวจวัด ก็จะเกิดปฏิกิริยาไอออไนเซชั่น และจะไม่เกิดหากมีพลังงานน้อยกว่า IP ของสาร ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญสำหรับการใช้ PID ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ฉะนั้นจำเป็นจำเป็นต้องรู้กำลังของหลอด UV และ IPของสารที่จะตรวจวัดจึงจะเลือกใช้ได้ หลอด UV มีหลายขนาดด้วยกัน ซึ่งส่วนใหญ่ คือ 9.5, 10.2, 10.6 และ 11.7 eV ผู้ผลิตบางรายอาจสร้างที่ขนาดต่างออกไปเช่น 10.0 หรือ 11.7 eV

1.3 ความไวของหลอดอัลตร้าไวโอเลท (Ultraviolet Lamp Sensivities)เมื่อกล่าวถึงความไวของ PID นั้นหมายถึง สารใดสารหนึ่งที่เจาะจง มิได้พูดถึงที่ขนาด UV ต่างกันต่อสารที่แตกต่างกัน ผู้ผลิตมักจะเสนอตารางที่มีรายการความไวของ PID ที่ขนาดของหลอด UV มาให้ต่อสารชนิดต่างๆ ค่าความไวที่ระบุมานี้เป็นตัวบอก ความไวในการตอบสนองต่อความเข้มข้นของสารเคมี ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน มักใช้ที่10 ppm ค่าความไวอยู่ระหว่าง 10-0.02 ppmผู้ผลิตบ้างราย เสนอเป็น Response Factor ซึ่งจะต้องนำค่านี้ไปคูณกับค่าที่ตรวจวัดได้จากการอ่านมิตเตอร์ ค่านี้ถูกระบุไว้ในคู่มือการใช้เครื่องตรวจวัด

2. ข้อจำกัดและข้อควรระวัง (Limitation and Precaution)

2.1 ไอน้ำ (ความชื้น) Water Vapor (Humidity) ข้อจำกัดที่สำคัญสำหรับ PID คือ ไอน้ำหรือความชื้น ไอน้ำมี IP ที่ 12.59 ไม่สามารถ ไอออไนซ์ได้ด้วยแสง UV แต่จะทำให้หักเห, กระจัดกระจาย และดูดซับแสง ลำแสง UV จะถูกบีบให้แคบลง และกระหน่ำไปยังตัวอย่างอากาศที่ถูกเก็บเข้ามาอยู่ในช่อง ไอน้ำหรือความชื้นจะกระจายออกทำให้ UV ที่ไปถึงสารตัวอย่างที่เก็บมาน้อยลง การไอออไนซ์ลดลง มิตเตอร์อ่านค่าได้น้อยลงในกรณีที่ไม่มีสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่ตรวจวัดความชื้นหรือไอน้ำอาจทำให้อ่านค่าได้เนื่องจากในน้ำเองก็มีแร่ธาตุบางตัวประกอบอยู่ ซึ่งส่งผลให้อ่านค่าได้

2.2 ก๊าซหรือไอที่ไม่เกิดไอออไนซ์ (Non-Ionizable Gas and Vapor) สารเคมีที่มี IP สูงกว่าหลอด UV eV จะแสดงปฏิกิริยาเช่นเดียวกับเมื่อเจอไอน้ำ หากมีปริมาณสารเหล่านี้มากๆ อาจจะไปกั้นการทำงานของ UV ได้ ก๊าซหรือไอที่ไม่เกิดไอออไนซ์เหล่านี้จะทำตัวเป็นเกาะกำบังไม่ให้แสง UV เข้าถึงสารปนเปื้อนที่ต้องการวัดได้ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือตรวจวัดจะมีค่าต่ำกว่าจริง

2.3 สภาพของหลอด UV (Lamp Condition) หลอดไฟที่สกปรกจะส่งผลต่อการอ่านค่าด้วย โดยจะอ่านค่าได้ลดลง เนื่องจากสิ่งสกปรกสามารถเข้าไปในอุปกรณ์ที่ไม่มีไส้กรองอยู่ที่ทางเข้า และไปกองอยู่ที่ช่องเปิดของหลอด ดังนั้นผู้ผลิตจึงแนะนำให้ทำความสะอาดหลังใช้เครื่องมือทุกครั้ง

2.4 ฝุ่นและอนุภาค (Dust & Particulates) ถึงแม้ว่า PIDs จะมีไส้กรองฝุ่นแต่ก็ยังมีฝุ่นที่ขนาดเล็กๆ ผ่านเข้าไปในช่องไอออไนเซชั่น เมื่อรวมตัวกัน ไปทำให้ลำแสงกระจายและปิดกั้นลำแสง UV ด้วยและกีดกั้นการเกิดไอออไนซ์ด้วย นอกจากนั้นอนุภาคเหล่านี้ ยังสามารถถูกชาร์จประจุและส่งผลต่อกระแสไอออนด้วย

2.5 สิ่งแวดล้อมที่มีอุณภูมิสูง (Heated Atmospheres) ก๊าซและไอร้อน เก็บตัวอย่างได้ยาก เนื่องจากเกิดการควบแน่น ในสายเก็บตัวอย่าง และทำให้หลอดไฟเย็นลง ซึ่งส่งผลให้เกิดแสง UV น้อยลง หากเกิดการควบแน่นเกิดอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เครื่องวัดอ่านค่า ได้น้อยลงทันทีทันใด

2.6 ก๊าซกัดกร่อน (Corrosive Gases) ก๊าซกัดกร่อนจะส่งผลต่ออิเล็คโตร์ดในช่องไอออไนซ์เซชั่น และช่องเปิดหลอดไฟ หากสัมผัสนานเข้าทำให้ผุกร่อน จำเป็นต้องทำความสะอาดและปรับเทียบบ่อยขึ้น ผู้ผลิตได้พัฒนา โดยการนำวัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนได้มาใช้

2.7 ก๊าซที่มีความเข้มข้นสูง (High Concentration of Gases and Vapor) PID ถูกออกแบบไว้เก็บตัวอย่างสารปนเปื้อนที่มีความเข้มข้นต่ำประมาณ 400-500 ppm ข้อมูลเหล่านี้จะถูกอำพราง โดยผู้ผลิตโดยการนำเสนอว่าเครื่องสามารถตรวจวัดได้ตั้งแต่ 0-2,000 ppm แต่ในความเป็นจริงนั้นการตอบสนองที่ความเข้มข้นสูง เช่น 2000 ppm ณการสอบเทียบโดยผู้ผลิตจริงแต่จะไม่แม่นยำโดยเฉพาะช่วงความเข้มข้นสูงและก๊าซที่ไม่ได้ปรับเทียบ

การวิเคราะห์สารเคมีโดยวิธีไอออไนเซชั่น นำมาใช้วัดในสภาพแวดล้อมที่คาดว่าจะมีสารปนที่ความเข้มข้นต่ำ เพื่อทดสอบหาการรั่วไหล ใช้สำรวจเพื่อบ่งชี้อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการศึกษาทางพิษวิทยา ใช้ติดตามประสิทธิภาพของระบบควบคุมการระบายอากาศ หรือการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการ

ทำงานใช้ตรวจจับสารตกค้างที่หลงเหลืออยู่ในดินหรือน้ำ และใช้พิจารณาความจำเป็นในการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการทำงานกับสารเคมีอันตราย การใช้งานควรพิจารณาถึงข้อจำกัดความชื้น ก๊าซหรือไอที่ไม่เกิดไอออไนซ์ ฝุ่นและอนุภาค สิ่งแวดล้อมที่มีอุณภูมิสูง ก๊าซกัดกร่อน และก๊าซที่มีความเข้มข้นสูง

Frame Ionization Detectors (FID)

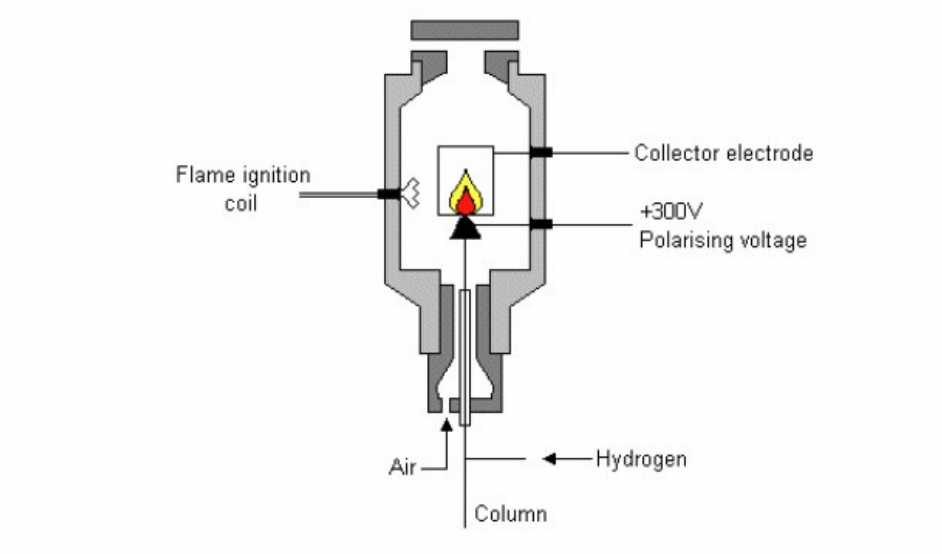
เครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนไนเซชั่น เป็นเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศที่มีช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0.2-1000 ppm หรือ 1.0-10000 ppm ที่การปรับเทียบของก๊าซมาตรฐานจากโรงงาน ฉะนั้นเครื่องมือชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้เก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่ำ (ภาพที่ 2.22)

ภาพที่ 2.22 เครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนไนเซชั่น
ที่มา: Eco-Rental Solutions, (2017)

1. การทำงานของเฟรมไอออนไนเซชั่น (Frame Ionization Detectors Work)

PID และ FID มีหลักการทำงานแบบไอออนไนเซชั่น เหมือนกันต่างกันตรงวิธีการผลิตไอออน PID ใช้ลำแสง UV พลังงานสูงมาขับเคลื่อนอิเล็คตรอนและเกิดไอออน ในขณะที่ FID ไม่ได้ใช้แสง UV สารอินทรีย์ในอากาศจะถูกเผาในไฮโดรเจน-เฟด-เฟรม ในเฟรมมีพลังงานพอที่จะไปไอออนไนซ์สารอินทรีย์อื่นๆด้วย ไอออนไนเซชั่นโพเทนเชียล (Ionization Potential: IP) ที่ 15.4 หรือน้อยกว่า

สารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในอากาศ เช่น Methane, Acetone, Methanol, Chloroform และ Benzene จะถูกดูดเข้าไปเผาใน FID และปลดปล่อยประจุที่มีไฟฟ้าหรือไอออนออกมา และจะถูกจับโดย Collecting Electrode ที่ผลิตกระแสไฟเล็กน้อย กระแสไฟฟ้าจะถูกขยายและแปลงกระแสไปยังมิเตอร์เพื่ออ่าน และแสดงค่ากระแสที่อ่านได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับไอออนที่เกิดที่เกิดขึ้น FID เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดสารอินทรีย์เท่านั้น ไม่สามารถตรวจวัดอนินทรีย์ เช่น Hydrogen Sulfide, Nitrogendioxide Carbon Dioxide หรือ Carbon Monoxide ได้ (ภาพที่ 2.23)



ภาพที่ 2.23 หลักการทำงานของเฟรมไอออนไนเซชั่น
ที่มา: Peak Scientific Instruments, (2559

1.1 ความไว/การตอบสนองสัมพัทธ์ของ FID (FID Relative Sensitivities)แม้ว่าสารอินทรีย์จะถูกเผาและสามารถปลดปล่อยไอออนได้ต่างกัน FID ก็ตอบสนองเช่นเดียวกันหรืออีกนัยหนึ่ง คือ สามารถตรวจได้ เนื่องจากไม่ใด้ขึ้นกับหลอด UV ฉะนั้น IP ของสารที่ปนเปื้อนในอากาศจึงไม่ใช่องค์ประกอบในการพิจารณาการตอบสนองของเครื่องมือตรวจวัดชนิดนี้ผู้ผลิตจะเตรียมรายการตัวประกอบของการตอบสนอง (Sensitivity Factor) เรียกว่า (Responese Values) สำหรับเครื่องเฉพาะรุ่นและของสารเคมีชนิดต่างๆ ค่าการตอบสนองของสารต่างๆ นี้ถูกกำหนดไว้ที่ความเข้มข้นหนึ่ง ซึ่งควบคุมให้ปราศจากก๊าซรบกวน จึงไม่เหมาะที่จะใช้แปลงค่า เพียงแต่ใช้คาดการณ์ หรือตรวจวัดที่สงสัยว่าจะมีอยู่ในอากาศ

1.2 ความหมายที่แท้จริงของค่าที่อ่านได้ (Reading Really Mean) ค่าที่อ่านได้จาก FID สัมพันธ์กับก๊าซที่ใช้ปรับเทียบ Methane เป็นตัวเลือกของ FID ทั้งหลาย หลังจาก การปรับเทียบเครื่องวัดจะตอบสนองอย่างแม่นยำกับก๊าซที่ใช้ปรับเทียบ และสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียง แต่ไม่

สามารถกำจัดผลต่างระหว่างก๊าซที่ปรับเทียบได้ ฉะนั้นหากตรวจวัดสารอินทรีย์อื่นๆ ก็ได้ค่าเป็น ppm-Equivalents หรือ Methane Unit หรือ FID unit

2. ข้อควรระวังและข้อจำกัด (Limitation and Precautions)

2.1 ความเข้มข้นของออกซิเจน (Oxygen Concentration) PID ต้องการออกซิเจนเพื่อใช้การเผาไหม้ ออกซิเจนที่ไม่เพียงพอทำให้ความสูงของเปลวลดลงหรืออาจดับได้ FID ส่วนใหญ่มีสัญญาณเตือนเมื่อเปลวมอด แต่ไม่มีสัญญาณเตือนเมื่อเปลวสูงเกินเมื่อเกิดเช่นนี้ ประสิทธิภาพของการเผาไหม้และไอออนไนเซชั่นจะลดลงและเครื่องวัดจะอ่านค่าผิดพลาด 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 ไม่เช่นนั้นอาจส่งผลให้ พบว่าไฮโดรคาร์บอนพื้นฐาน (Background) สูงเกินไป ส่งผลให้ไม่สามารถวัดอากาศตัวอย่างที่มีค่า สารปนเปื้อนต่ำๆ ได้

2.3 ฝุ่นและอนุภาค (Dust and Particulate) FID มักจะมีตัวกรองเพื่อป้องกันฝุ่นเข้าในช่องเผาไหม้ แต่ก็ยังมีฝุ่นขนาดเล็กที่เล็ดลอดเข้าไปได้ จึงต้องทำความสะอาดบ่อยขึ้น อนุภาคขนาดเล็กอาจเกิดขึ้นได้จากการเผาสารอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นสูงๆ และอนุภาคเหล่านี้จะถูกจับที่อิเล็คโตโทรด ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนในการอ่านค่าส่วนอนุภาคที่ถูกจับที่ตัวกรองจะดูดซับเอาไอและก๊าซตัวอย่างที่จะเข้าไป เมื่อเวลาผ่านไปจะค่อยๆ ปล่อยสารเหล่านี้ออกมาส่งผลให้ ความเข้มข้นพื้นฐานสูงกว่าปรกติ และค่าที่อ่านได้จะแตกต่างออกไป

2.4 ก๊าซไวไฟ (Flammable Gases) ปัญหาที่พบเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยในการใช้ FID คือ นำ FID ไปใช้ในที่ๆ มีก๊าซอันตรายและอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ ฉะนั้นหากเลือกใช้ FID ในสถานที่ดังกล่าวจึงควรเลือกที่ระบบความปลอดภัย ภายในตัวเครื่อง (Intrinsically Safe) เพื่อป้องการจุดติดไฟ ความเข้มข้นของก๊าซไวไฟสูงๆ จะไปเพิ่มเหล่งเชื้อเพลิงให้ไฮโดรเจนเฟลม ส่งผลให้เครื่องชี้วัดตกมาที่ศูนย์ เนื่องจากมีการเพิ่มขนาดของเปลว และปริมาณอิออน ตามด้วยการปิดการส่งไฮโดรเจนทันที เนื่องจากขนาดของเฟลม (เปลว) ล้นห้องเผาไหม้ เปลวอาจดับลง เช่นเดียวกับกรณีขาดออกซิเจน สถานการณ์เช่นนี้มักเกิดเมื่อสถานที่ใกล้เคียงที่เก็บตัวอย่างอากาศ ไม่สามารถระบายไอหรือก๊าซได้ เมื่อเปลวดับลง เกิดสัญญาณเตือนควรนำท่อเก็บตัวอย่างอากาศออกจากบริเวณนั้นทันทีรอประมาณ 5-10 วินาที แล้วจุดเปลวขึ้นใหม่ หรือปิดเครื่องเพื่อตัดการส่งไฮโดรเจน แล้วสตาร์ทปัมม์ใหม่อีกครั้งเพื่อไล่ก๊าซไวไฟทิ้ง ความเข้มข้นของก๊าซไวไฟปริมาณมากเกินไป ทำให้ล้นห้องเผาไหม้และ Collecting คาร์โตร์ด

2.5 อุณหภูมิ (Temperature) FID เผาไหม้ไฮโดรเจนในอากาศ ซึ่งให้ไอน้ำในห้องเผาไหม้อยู่แล้ว ดังนั้นความชื้นในบรรยากาศจึงส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องเพียงเล็กน้อยเท่านั้น น้ำที่ได้จากการเผาไหม้จะไปอยู่ที่ทางออก และควบแน่นทำให้ลดกระแสที่ไหลออกของอากาศ ซึ่งจะส่งผลต่อ การทำงานของปัมม์และอัตราการไหลของตัวอย่างที่เก็บ ที่อุณหภูมิ 0 °C หรือ 32 °F น้ำจะแข็งตัวและอุดตัน

ทางออกทำให้ปัมม์หยุดทำงาน และเปลวดับลงอุณหภูมิที่ใช้ในการทำงานของ FID อยู่ระหวาง 5-10 °C ที่อุณหภูมิสูงสุดที่ FID ทำงานได้ คือ 40 °Cแต่ Recovery Time จะเพิ่มขึ้นและอายุงานของแบตเตอรี่จะต่ำลง

เครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนไนเซชั่น ใช้สำหรับประเมินสารที่ปนเปื้อนที่มีอยู่ในอากาศ จึงไม่ใช่องค์ประกอบในการพิจารณาการตอบสนองของเครื่องมือตรวจวัดชนิดนี้ สำหรับเครื่องเฉพาะรุ่นและของสารเคมีชนิดต่างๆ ค่าการตอบสนองของสารต่างๆ นี้ถูกกำหนดไว้ที่ความเข้มข้นหนึ่ง ซึ่งควบคุมให้ปราศจากก๊าซรบกวน จึงไม่เหมาะที่จะใช้แปลงค่า เพียงแต่ใช้คาดการณ์ หรือตรวจวัดที่สงสัยว่าจะมีอยู่ในอากาศ การใช้งานควรพิจารณาถึงข้อจำกัด ด้านความเข้มข้นของออกซิเจน เชื้อเพลิงไฮโดรเจน ฝุ่นและอนุภาค ก๊าซไวไฟ และอุณหภูมิ

สรุป

การตรวจวัดสารเคมีหลักการทำงานพื้นฐาน คือ การนำอากาศตัวอย่างส่งเข้าไปยังส่วนรับรู้ (Sensor) โดยมีเครื่องดูดอากาศ (Active Sampling) หรือโดยการแพร่กระจายเข้าไปเอง (Passive Sampling) แล้วถูกวิเคราะห์ โดยเครื่องมือ (Meter) ชนิดต่างๆการใช้เครื่องมือในการตรวจวัดก๊าซพิษและปริมาณออกซิเจนมักจะถูกนำมาใช้วัดในสภาพแวดล้อมที่คาดว่าจะมีสารปนทดสอบหาการรั่วไหล ใช้สำรวจเพื่อบ่งชี้อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการศึกษาทางพิษวิทยา ได้แก่ หลอดตรวจวัด (Detector Tubes) เครื่องวัดก๊าซไวไฟ (Combusible Gas Indicator : CGI) เครื่องวัดออกซิเจนและก๊าซพิษ (Oxygen and Toxic Gas Meters) เครื่องตรวจวัดปรอทใช้ตรวจวัดเมื่อเกิดการรั่วไหลของสารปรอท และจากอุปกรณ์ที่มีปรอทประกอบด้วย Ultraviolet Light (UV) absorption เครื่องเก็บตัวอย่างโฟโตไอออไนเซชั่น Photoionization Detector (PID) เป็นเครื่องมือใช้วัดสารที่มีความเข้มข้นต่ำในช่วงระหว่าง 0.1-2000 ppm. มักจะถูกนำมาใช้วัดในสภาพแวดล้อมที่คาดว่าจะมีสารปนที่ความเข้มข้นต่ำ เครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนไนเซชั่น Frame Ionization Detectors (FID) เป็นเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศที่มีช่วงการตรวจวัดระหว่าง 0.2-1000 ppm หรือ 1.0-10000 ppm การเลือกใช้อุปกรณ์อ่านค่าโดยตรงให้เหมาะสมกับก๊าซและไอหรืออนุภาคที่ทำการตรวจวัดและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดต่างๆ จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับผู้ทำการตรวจวัด

คำถามทบทวน

1. จงอธิบายหลักการทำงานพื้นฐานของการตรวจวัดสารเคมี
2. หลอดตรวจวัดก๊าซ (Gas Detection Tubes) มีวิธีการใช้งานอย่างไร
3. จงอธิบายวิธีการใช้พิสตัน (Piston) หรือ บัลบ์ (Bulb) ปั๊มตรวจวัดความเข้มข้นสารเคมี
4. หลังจากใช้เบลโลว์ (Bellow) ปั๊มแล้วจะแปลผลของความเข้มข้นสารเคมีได้อย่างไร
5. มีหลักการเลือกใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซไวไฟได้อย่างไร
6. เซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจวัดก๊าซเครื่องวัดออกซิเจนและก๊าซพิษมีอะไรบ้าง
7. การวิเคราะห์สารเคมีด้วยแถบกระดาษตรวจวัดก๊าซ (Papertape Gas Detectors) มีข้อจำกัดอย่างไร
8. ข้อจำกัด (Limitations) ของเซนเซอร์ไฟฟ้าเคมีมีอะไรบ้าง
9. การวิเคราะห์สารเคมีโดยวิธีไอออไนเซชั่น (Photolonization Detectors) มีข้อบ่งใช้อย่างไร
10. เฟรมไอออนไนเซชั่น (Framelonization Detectors Work) มีข้อจำกัดการใช้อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย. (2560) .**การเก็บตัวอย่างด้านอาชีวอนามัย.** สาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2556). **การเก็บตัวอย่างและตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ.** กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุมิตรา ตันติดิลกกุล. (2552). **สุขศาสตร์อุตสาหกรรม:การประเมิน**, หน่วยที่ 13. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ห้องปฏิบัติการ 4257. (2560). ภาพถ่ายเครื่องมือ. สาขาวิชาเทคโนโลยีความปลอดภัยและอาชีวอนามัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. (1993).**International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM)**.

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML. (1993). **Guide to the Expression of Uncertainty inMeasurement (GUM).**

Carol J. maslanskyand Steven P. Maslansky. (1993). **Air Monitoring instrumentation**.

Eco-Rental Solutions, LLC. (2559).**เครื่องตรวจวัดแบบเฟรมไอออนไนเซชั่น.**Retrieved, January, 2, 2017 from http://eco-rentalsolutions.com

International organization for standardization. (1993).**International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM)**. 2nd Switzerland.