

## การหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากปล่องโรงงานอุตสาหกรรม

### หลักการ

ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องโรงงาน โดยแยกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และละอองกรดซัลฟูริกออกจากอากาศตัวอย่างด้วยใยแก้วและไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ แล้วจึงดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากนั้นหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธีการไตเตรทด้วยแบเรียม-ธอริน

### อุปกรณ์

#### 1. ชุดเก็บตัวอย่าง

1 ท่อดูดตัวอย่างอากาศ (Probe) ทำจากเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) หรือแก้วโบโรซิลิเคท (Borosilicate) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 - 6 มิลลิเมตร มีระบบทำความร้อนเพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไอน้ำ ที่ปลายมีชุดกรองฝุ่นและละอองกรดซัลฟูริก ซึ่งมักจะใช้ใยแก้ว

2 Bubbler และ Impinger ใช้ Midget Bubbler ซึ่ง Tip มีลักษณะเป็น Glass fritted (หรืออาจใช้ Midget Impinger แทน) ขนาด 30 มิลลิลิตร 3 ชุด โดยต่อกันเป็นอนุกรม

3 ใยแก้วสำหรับกรองฝุ่นและละอองกรดซัลฟูริก

4 เครื่องวัดอุณหภูมิ ของอากาศตัวอย่างที่ออกจาก Impinger

5 ชุดดักความชื้นบรรจุด้วย ซิลิกาเจล (Silica gel) เพื่อดักความชื้นออกจากอากาศตัวอย่าง

6 วาล์ว (Valve) เป็นแบบเข็ม (Needle valve) เพื่อใช้ปรับอัตราการไหลของตัวอย่าง

#### อากาศ

7 เครื่องสูบอากาศ (Pump) เป็นตัวดูดอากาศตัวอย่างเข้าระบบเก็บตัวอย่างอากาศ

8 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ แบบโรตاميเตอร์ (Rotameter) วัดอัตราการไหลของอากาศได้ระหว่าง 0-5000 มิลลิลิตรต่อนาที

9 เครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง (Dry Gas Meter) เป็นเครื่องวัดปริมาตรอากาศตัวอย่าง

10 บารอมิเตอร์ (Barometer) แบบปรอท หรือ แอนนิรอยด์ (aneroid) หรือแบบอื่น ใช้วัดความดันบรรยากาศ

11 เครื่องวัดสุญญากาศ (Vacuum Gauge) และ โรตاميเตอร์ ใช้ทดสอบรอยรั่วของชุดเก็บตัวอย่างอากาศ

12 ไขมัน (Grease) ใช้ทาบริเวณจุดต่อของระบบเก็บตัวอย่างอากาศ

13 กระจกนํ้ากลั่น

14 ขวดเก็บตัวอย่างชนิด โพลีเอทิลีน

#### 2. อุปกรณ์วิเคราะห์ตัวอย่าง

1 บีเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร

2 ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร

3 บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

4 ขวดชมพู ขนาด 125 มิลลิลิตร

5 ขวดหยดสารขนาด 125 มิลลิลิตร สำหรับใส่อินดิเคเตอร์

6 กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร

## สารเคมี

- 1 น้ำกลั่น (Deionized distilled water)
- 2 ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 80 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร
- 3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยผสมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ 10 มิลลิลิตร กับน้ำ 90 มิลลิลิตร
- 4 Thorin Indicator ใช้ 1-(o-arsenophenylazo)-2-naphthol-3, 6-disulfonic acid โดยละลาย 0.20 กรัมในน้ำ 100 มิลลิลิตร
- 5 สารละลายเบเรียมมาตรฐาน (Barium Standard Solution) 0.0100 N โดยละลาย barium perchlorate trihydrate [ $Ba(ClO_4)_2 \cdot 3H_2O$ ] ในน้ำ 200 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ เป็น 1 ลิตร หรือใช้ barium chloride dihydrate [ $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ] 1.22 กรัม แทน barium perchlorate trihydrate
- 6 กรดซัลฟูริกมาตรฐาน (Sulfuric Acid Standard) 0.0100 N

## การเก็บตัวอย่าง

- 1 การเตรียมชุดเก็บตัวอย่างอากาศ ใส่ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 80 เปอร์เซ็นต์ 15 มิลลิลิตรลงใน Midget Bubbler และใส่ 15 มิลลิลิตร ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ลงใน Midget Impinger 2 อันถัดไป ส่วน Midget Impinger อันสุดท้ายปล่อยให้ว่างไว้ ตั้งค่าอุณหภูมิของตัวควบคุมความร้อนเพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไอน้ำในน้ำแข็งบดและน้ำรอบๆ Impinger
- 2 การตรวจสอบรอยรั่ว (Leak-Check) โดยการต่อ Rotameter เข้ากับทางออกของเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้งและติดเครื่องวัดสูญญากาศใกล้กับหรือที่ทางเข้าของท่อดูดตัวอย่างอากาศ แล้วปิดปลายท่อดูดตัวอย่างอากาศ จากนั้นดูดอากาศออกจากให้เกิดสูญญากาศที่ 10 นิ้วปรอท บันทึกค่าอัตราการไหลจาก Rotameter อัตราการรั่วของชุดเก็บตัวอย่างอากาศจะต้องมีค่าน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ของค่าที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศ
- 3 การเก็บตัวอย่างอากาศ จดบันทึกค่าเริ่มต้นของเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง และความดันบรรยากาศ ให้วางปลายท่อดูดตัวอย่างในตำแหน่งชักตัวอย่าง ต่อท่อชักตัวอย่างเข้ากับระบบของ Impinger แล้วเริ่มเปิดเครื่องสูบลมอากาศ ปรับอัตราการชักตัวอย่างให้คงที่ที่ประมาณ 1.0 ลิตรต่อนาที บันทึกค่าอุณหภูมิที่เครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้งและที่ทางออกของ Impinger ในระหว่างการชักตัวอย่างใส่น้ำแข็งเพื่อควบคุมให้ก๊าซที่ออกจาก Impinger สุดท้ายมีอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส (หรือ 68 องศาฟาเรนไฮต์) หรือต่ำกว่า หลังจากการเก็บตัวอย่างอากาศ ให้ปิดเครื่องสูบลมอากาศ ดึงท่อชักตัวอย่างออกจากปล่อง และบันทึกค่าปริมาตรอากาศสุดท้ายที่อ่านได้จากเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง
- 4 การเก็บรักษาตัวอย่าง ให้ถอด Impingers และเทตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกเก็บไว้ในสารละลาย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ลงในขวดเก็บตัวอย่างโพลีเอทิลีนที่ไม่รั่วซึม ให้ล้าง Impinger รวมทั้งข้อต่อ ด้วยน้ำ แล้วเทน้ำที่ล้างนั้นลงในขวดเก็บตัวอย่าง

## วิธีการวิเคราะห์

1 เทสารละลายจากขวดเก็บตัวอย่างที่อยู่ในภาชนะบรรจุลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

2 ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร แล้วใส่ลงในขวดชมพูขนาด 125 มิลลิลิตร และเติมไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ 40 มิลลิลิตร และ Thorin indicator 2-4 หยด ไตเตรทโดยใช้สารละลายเบเรียมมาตรฐาน 0.0100 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู และทดสอบ blank ทุกครั้ง

### การคำนวณ

1 การคำนวณปริมาตรอากาศแห้ง

$$V_{m(\text{std})} = \frac{V_m Y (T_{\text{std}})(P_{\text{bar}})}{T_m P_{\text{std}}}$$

$V_{m(\text{std})}$  = ปริมาตรอากาศแห้งที่อ่านได้จากเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง และได้ปรับเป็นที่สภาวะมาตรฐาน (25 องศาเซลเซียส และ 760 มิลลิเมตรปรอท) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

$V_m$  = ปริมาตรอากาศแห้งที่อ่านได้จากเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

$Y$  = ค่าสัมประสิทธิ์การปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง

$T_{\text{std}}$  = อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่สภาวะมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 298 เคลวิน

$T_m$  = อุณหภูมิสัมบูรณ์เฉลี่ยของตัวอย่างอากาศที่เครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง มีหน่วยเป็นเคลวิน

$P_{\text{std}}$  = ความดันสัมบูรณ์ที่สภาวะมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท

$P_{\text{bar}}$  = ความดันบรรยากาศ ณ จุดเก็บตัวอย่าง มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท

2 การคำนวณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{32.03 (V_t - V_{t_b}) N (V_{\text{sol}} - V_a)}{V_{m(\text{std})}}$$

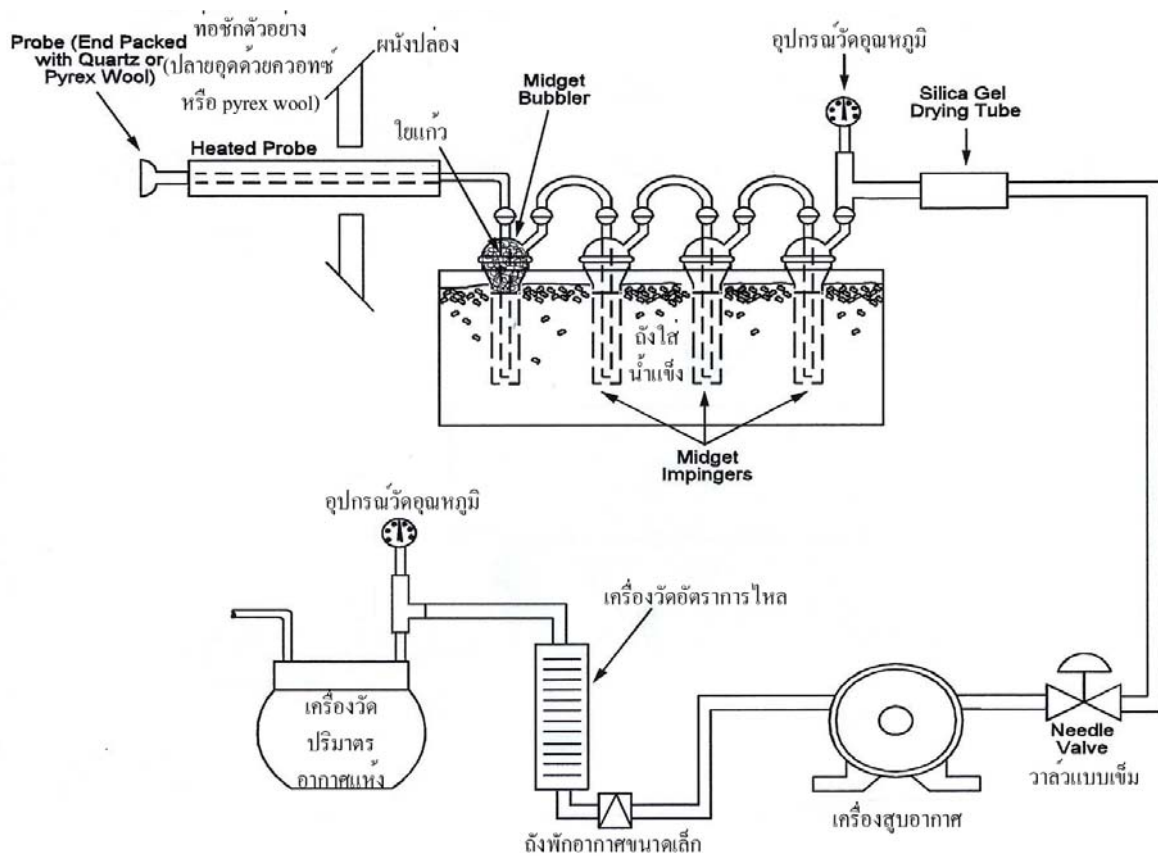
$C_{\text{SO}_2}$  = ความเข้มข้นที่กำหนดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่สภาวะมาตรฐาน มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$V_t$  = ปริมาตรของสารละลายเบเรียมมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

$V_{t_b}$  = ปริมาตรของสารละลายเบเรียมมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

- N = Normality ของสารละลายเบรียมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรท
- $V_a$  = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ถูกไตเตรท มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร
- $V_{soln}$  = ปริมาตรรวมของสารละลายที่มีตัวอย่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่
- 32.03 = น้ำหนักสมมูลของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัมสมมูล สำหรับหน่วยเมตริก

### ชุดเก็บตัวอย่างก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์



### เอกสารอ้างอิง

1. Code of federal Regulation 40 Part 60, US EPA, Revised as July 1, 1996
2. Standard Test Method for Sulfur Dioxide in Workplace Atmospheres (Barium perchlorate Method) ASTM(1989) D 3449-79 (Reapproved 1984)