



ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยพระนคร

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ประสิทธิภาพความเป็นเชื้อเพลิง

1. การวิเคราะห์ค่าความร้อนด้วยบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb calorimeter)

แคลอรีเมตรี คือศาสตร์ของการวัดความร้อน q ที่คายหรือดูดจากกระบวนการทางเคมีหรือฟิสิกส์ถ้ากระบวนการเคมีเกิดขึ้นภายใต้ความดันคงที่ ความร้อนที่วัดได้คือ q_p โดย q_p คือการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี ΔH แต่ถ้ากระบวนการเกิดขึ้นภายใต้ปริมาตรคงที่ ความร้อนที่วัดได้จะเป็น q_v โดย q_v คือการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน ΔU ซึ่งในการทดลองบอมบ์แคลอรีมิเตอร์นี้จะเป็นการเกิดปฏิกิริยาแบบปริมาตรคงที่ในปีค.ศ. 1881 Berthelot ได้ออกแบบภาชนะปิดที่เรียกว่าบอมบ์ขึ้น จากพื้นฐานที่ว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยาได้ง่ายกับออกซิเจนได้เป็นน้ำกับออกซิเจน ซึ่งสามารถแสดงสมการการเผาไหม้ได้ดังนี้



เมื่อดุลสมการจะได้ดังนี้



บอมบ์แคลอรีมิเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบัน ทำงานโดยการเผาสารประกอบไฮโดรคาร์บอนกับก๊าซออกซิเจนภายใต้ความดันสูง ภายในภาชนะ 3607 ที่ทำจากสแตนเลส ซึ่งจะรักษาปริมาตรให้คงที่ และภาชนะสแตนเลสนี้จะแช่อยู่ในน้ำ ทำให้ความร้อนที่คายออกมาจากการเกิดปฏิกิริยาถูกดูดซับโดยน้ำที่ล้อมรอบ ดังนั้นเมื่อวัดอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยนไปก็จะสามารถหาค่า q_v ได้

ภายในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ความร้อนที่วัดได้เมื่อทำการเผาสารตัวอย่างคือ q_v ซึ่งคือการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในจากสภาวะเริ่มต้นไปสู่สภาวะสุดท้าย โดยการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี ΔH ของกระบวนการสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน q_v ดังนี้

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) \quad (1)$$

$$\Delta(pV) = \Delta nRT \quad (2)$$

เมื่อ Δn คือจำนวนโมลที่เปลี่ยนแปลงของก๊าซทุกตัวในปฏิกิริยา

การคำนวณ จะต้องใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่าง q กับ ความจุความร้อน คือ

$$q_v = C_v \Delta T \quad (3)$$

เมื่อ C_v คือ ความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์

โดยค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์หาได้จาก การทดลองกับสารที่ทราบค่า ΔH_c หลังจากที่อยู่ค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์แล้ว ซึ่งกำหนดให้เท่ากับสัญลักษณ์ C_{cal} จากนั้นแทนในสมการที่ 3 เพื่อแก้สมการหาค่าความร้อนของการเผาไหม้สารตัวอย่างที่ต้องการ

ทดสอบ ซึ่งสามารถแสดงขึ้นการคำนวณได้ดังนี้ ขึ้นแรกหาค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ จาก

$$C_{cal} = q_{v,known}/\Delta T$$

จากนั้นใช้ค่า C_{cal} ที่ได้หาค่า q ของสารตัวอย่างจาก

$$q_{v,unknown} = C_{cal} \Delta T \text{ (ปฏิบัติกรวิเคราะห้มูลฝอย:เสรีย์ ตู้ประกาย,2548)}$$

มีสูตรคำนวณดังนี้

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ตรวจสอบให้แน่ใจว่าชิ้นส่วนของบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ทุกชิ้นแห้งปราศจากหยดน้ำหรือไอน้ำเกาะอยู่
2. นำเชื้อเพลิงตัวอย่างไปชั่งให้ได้น้ำหนัก 1 กรัม
3. เตรียมลวดเผาไหม้ขนาด 10 เซนติเมตร แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก
4. บรรจุเชื้อเพลิงลงในถ้วยบรรจุเชื้อเพลิง
5. ติดตั้งลวดจุดระเบิดเข้ากับแท่นจุดระเบิด
6. วางถ้วยบรรจุเชื้อเพลิงลงในที่รองรับ แล้วจัดให้ลวดจุดระเบิดสัมผัสกับเชื้อเพลิง โดยห้ามลวดแตะตัวถ้วยเป็นอันขาด
7. หยดน้ำลงในบอมบ์ 1-2 หยด
8. นำแท่นจุดระเบิดที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วนั้น บรรจุลงในบอมบ์แล้วปิดฝาให้สนิท
9. เติมน้ำออกซิเจนลงในบอมบ์ โดยควบคุมความดันให้อยู่ที่ 25 atm
10. ตวงน้ำ 1 ลิตรลงในถังน้ำ (Bucket)
11. นำถังน้ำ ใส่ลงในเสื้อฉนวน (Jacket) แล้วนำบอมบ์ใส่ในถังน้ำ
12. ต่อสายไฟสำหรับการจุดระเบิดแล้วปิดฝาเสื้อฉนวน
13. เปิดสวิตช์มอเตอร์ของใบพัด ให้กวนน้ำเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ระบบเข้าสู่สมดุล ขณะเดียวกันให้จดบันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น และอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที เป็นเวลา 5 นาที
14. เมื่อครบ 5 นาที และเริ่มเข้านาทีที่ 6 ให้กดปุ่มจุดระเบิดเชื้อเพลิง และจดบันทึกเวลา และอุณหภูมิจริงขณะจุดระเบิด
15. ให้กำหนดวินาทีที่เริ่มจุดระเบิดเป็นวินาทีที่ 0 แล้วทำการบันทึกค่าอุณหภูมิที่วินาทีที่ 45, 60, 75, 90, 105, 120
16. เมื่อครบวินาทีที่ 120 (หรือ 2 นาที) ให้บันทึกค่าอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที จนกระทั่งค่าการลดลงของอุณหภูมิตั้งที่ติดต่อกันเป็นเวลา 5 นาที

17. ตรวจสอบค่าอุณหภูมิที่บันทึกไว้ทั้งหมด แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิสูงสุด
18. ปิดสวิตช์มอเตอร์ ปลดสายไฟ ยกฝาเสื้อฉนวนออก
19. ปลดสายจุดระเบิด และนำถังน้ำออกจากเสื้อฉนวน
20. นำตัวบอมบ์ออกจากถังน้ำ เช็ดให้แห้ง คลายลิ้นระบายความดันจนความดัน

เท่ากับความดันบรรยากาศ เพื่อปล่อยก๊าซออกจากบอมบ์อย่างช้าๆโดยใช้เวลาประมาณ 1 นาที

21. ถอดส่วนหัวของบอมบ์ออก ส่องรอยภายในถึงลักษณะการเผาไหม้ หากพบว่า มีร่องรอยของการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่หมดปรากฏอยู่ ให้ยกเลิกผลการทดลองเดิม แล้วเริ่มการทำ การทดลองใหม่

22. วัดความยาวหลอดจุดระเบิดส่วนที่เหลือ
23. ทำความสะอาดเครื่องมือและเก็บให้เรียบร้อย

ข้อควรระวัง

1. ห้ามปรับวาล์วปรับความดันของออกซิเจนเกินกว่า 30 atm
2. ตรวจสอบรอยรั่วของบอมบ์ทุกครั้งขณะจุ่มลงในน้ำ ถ้ำรั่วต้องหยุดการทดลอง

ทันที และต้องแน่ใจว่าวาล์วทุกตัวของบอมบ์ขันแน่นสนิท

3. ห้ามเปิดฝาเสื้อฉนวนขณะที่มีความดันสูง

2. วิธีการหาประสิทธิภาพในการให้ความร้อน

การหาประสิทธิภาพในการให้ความร้อนได้โดย นำแท่งเชื้อเพลิงไปจุดไฟ ต้มน้ำใน สภาวะปกติที่ไม่ควบคุมบรรยากาศ หรืออุณหภูมิ แต่ต้องทดสอบในที่ที่ไม่มีลม ตามวิธีการ ทดสอบของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน มีวิธีการทดลองดังนี้

1. ชั่งเชื้อเพลิงตัวอย่างละ 400 กรัม
2. ชั่งน้ำ 3,700 กรัม ใส่ในหม้อต้ม, มิเนียม สำหรับต้มน้ำ และวัดอุณหภูมิของน้ำ

ก่อนต้ม

3. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ขนาด 150 องศาเซลเซียส ไว้ในหม้อต้มโดยระวังไม่ให้ สัมผัสกับส่วนใดส่วนหนึ่งของหม้อต้มมิเนียม

4. ใช้แท่งเชื้อเพลิงชุบน้ำมันก๊าด ประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร วางไว้ใน เตาเพื่อใช้เป็นเชื้อติดไฟ (Starter)

5. วางแท่งเชื้อเพลิงที่เหลือลงในเตาอย่างโปร่งๆ ให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ประมาณ 3 ใน 4 ของเตาแล้วจุดไฟ รอจนติด

6. นำหม้อต้มมิเนียมที่ใส่น้ำเตรียมไว้ตั้งบนเตา บันทึกอุณหภูมิของน้ำทุกๆ

3 นาที

7. เมื่อน้ำเดือดถึง 100 องศาเซลเซียส ให้เปิดฝาม้อน้ำและบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 3 นาทีจนกระทั่ง อุณหภูมิของน้ำไม่เพิ่มขึ้นอีก

8. คำนวณหาประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิงโดยใช้สูตร

$$Q = mC_p[\sum(t_2-t_1) + (t_3-t_1)]$$

และ

$$\eta = Q/wq$$

โดย η คือ ประสิทธิภาพการใช้งานของความร้อนของเชื้อเพลิง

w คือ น้ำหนักของเชื้อเพลิง (g)

q คือ ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (cal/g)

m คือ น้ำหนักน้ำในหม้อ (g)

C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (1 cal / g- $^{\circ}$ C)

t_1 คือ อุณหภูมิของน้ำเมื่อแรกเริ่ม ($^{\circ}$ C)

t_2 คือ อุณหภูมิของน้ำเมื่อเดือด ($^{\circ}$ C)

t_3 คือ อุณหภูมิของน้ำสุดท้ายของหม้อหลังสุด ($^{\circ}$ C)

3. การหาค่าการติดไฟ

เป็นการประมาณค่าความไวไฟของวัตถุที่นำมาทดสอบ ทำให้สามารถทราบจุดติดไฟของวัตถุ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

3.1 การทดสอบขั้นที่ 1 คือการนำวัตถุที่จะทำการทดสอบวางห่างจากเปลวไฟของหัวฟันทไฟระยะครึ่งนิ้ว ระวังอย่าให้เปลวไฟสัมผัสกับเปลวไฟ ถ้าวัตถุนั้นติดไฟและลุกไหม้อย่างรวดเร็ว แสดงว่าจุดติดไฟของวัตถุนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาฟาเรนไฮต์ (ต่ำกว่า 37.78 องศาเซลเซียส) วัตถุนั้นไวต่อการติดไฟ

3.2 การทดสอบขั้นที่ 2 คือนำเปลวไฟไปสัมผัสกับวัตถุและนำออกทันที ถ้าวัตถุนั้นติดไฟและลุกไหม้ แสดงว่าจุดติดไฟของวัตถุนั้นมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 100 – 140 องศาฟาเรนไฮต์ (37.78 - 60 องศาเซลเซียส)

3.3 การทดสอบขั้นที่ 3 คือการนำเปลวไฟมาสัมผัสกับวัตถุในระยะเวลา 2 วินาทีและนำวัตถุออกจากเปลวไฟ ถ้าวัตถุยังลุกไหม้หลังจากนำเปลวไฟออก แสดงว่าจุดติดไฟของวัตถุนั้นมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 140 – 200 องศาฟาเรนไฮต์ (60 - 93.33 องศาเซลเซียส)

3.3 การทดสอบขั้นที่ 4 คือการนำเปลวไฟมาสัมผัสกับวัตถุในระยะเวลา 2 วินาทีและวัตถุติดไฟเฉพาะเวลาอยู่ในเปลวไฟ หรือวัตถุใช้ระยะเวลาในการติดไฟมากกว่า 2 วินาที

แสดงว่าจุดติดไฟของวัตถุมีอุณหภูมิมากกว่า 200 องศาฟาเรนไฮต์ (มากกว่า 93.33 องศาเซลเซียส)

