อุปกรณ์แพลทินัมในงานทดสอบทางวิทยาศาสตร์

นีระนารถ แจ้งทอง

งานวิเคราะห์ทดสอบทางวิทยาศาสตร์ จัดเป็นงานที่สำคัญในการหาองค์ประกอบของวัตถุต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่าวัตถุนั้นเป็นวัตถุชนิดใด มีองค์ประกอบอย่างไร (อันมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศชาติ) การทดลองทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้เครื่องมือต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือขนาดใหญ่ราคาแพง ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง หรือเครื่องมือหรืออุปกรณ์ขนาดเล็กที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ เช่น เครื่องแก้ว เครื่องมือที่ทำจากโลหะชนิดต่างๆ โลหะที่นำมาใช้ทำเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เงิน เหล็ก สเตนเลสสตีล และแพลทินัม โดยมักจะนำมาทำถ้วยทนไฟ (crucible) ชามระเหย (Basin) และช้อนตักสาร ในจำนวนโลหะทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว แพลทินัมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเด่นที่สุด กล่าวคือ ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้มากมายหลายชนิด จนแทบจะกล่าวได้ว่าหากไม่มีอุปกรณ์แพลทินัมแล้ว งานทางเคมีวิเคราะห์หลายประเภทจะไม่สามารถทำได้เลย อย่างไรก็ตามแพลทินัมเป็นโลหะที่มีราคาแพงมาก การใช้อุปกรณ์ที่ทำจากโลหะชนิดนี้จึงควรใช้ด้วยความระมัดระวัง บทความนี้กล่าวถึงคุณสมบัติของแพลทินัม การใช้อุปกรณ์สำหรับห้องปฏิบัติการที่ทำจากแพลทินัม และข้อควรระวัง

โดยทั่วไปแล้วแพลทินัมถูกนำมาใช้ทำถ้วยทนไฟ ชามระเหย และส่วนประกอบของอิเลคโทรดแพลทินัมเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวสูง คือ 1773 ° ซ จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ แม้ว่าเผาที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสารเคมีทั้งกรดและด่างได้ดี ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารได้น้อยมาก แพลทินัมเป็นตัวนำและพาความร้อนที่ดี ดูดซับไอน้ำได้เพียงเล็กน้อยจึงทำให้ไม่เกิดการบวม ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะที่จะนำมาทำถ้วยทนไฟสำหรับเผาตะกอน อย่างไรก็ตามแพลทินัมบริสุทธิ์นั้นอ่อนเกินไปที่จะนำมาใช้งานทั่วๆ ไป จึงมักทำให้แข็งขึ้นเพื่อให้ยากต่อการโค้งงอ โดยการเติมโลหะผสม (alloying element) เช่น โรเดียม (Rhodium, Rh) อิริเดียม (Iridium, Ir) หรือทองคำลงไปในปริมาณเล็กน้อย โลหะผสมเหล่านี้ยังคงรักษาคุณสมบัติที่ดีอย่างอื่นของแพลทินัมไว้ได้ เสียเพียงแต่ว่าระเหยได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 °ซ เป็นผลให้น้ำหนักของอุปกรณ์ที่ทำจากโลหะแพลทินัมผสมมีการสูญหาย ซึ่งจะเกิดได้มากขึ้นถ้าใช้โรเดียมเป็นโลหะผสมในปริมาณสูง

ตารางที่ 1 การสูญหายน้ำหนักของแพลทินัมบริสุทธิ์และโลหะผสมของแพลทินัมที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ ° ซ	น้ำหนักที่หายไป (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร/ชั่วโมง)			
	แพลทินัมบริสุทธิ์	อัลลอยด์ของแพลทินัม		
		1% อิริเดียม	2.5% อิริเดียม	8% โรเดียม
ไม่เกิน 900° ซ	0	0	0	0
1000° ซ	0.08	0.30	0.57	0.07
1200° ซ	0.81	1.2	2.5	0.54

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นอัตราการสูญหายของน้ำหนักเนื่องจากการระเหย ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 900 ° ซ ไม่มีการระเหยเกิดขึ้น การระเหยเกิดขึ้นที่ 1000 ° ซ และเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พบว่าโลหะผสมของแพลทินัมกับอิริเดียม สูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าแพลทินัมบริสุทธิ์ ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยของอิริเดียมนั่นเอง

ในงานวิเคราะห์ทดสอบ การแก้ปัญหาการระเหยนี้สามารถทำได้โดยทำแบลงค์ (blank) โดยใช้ภาชนะเปล่า ภาชนะแพลทินัมที่ดีต้องไม่มีโลหะอื่นเจือปนนอกจากโลหะผสมเท่านั้น แต่ก็มักจะพบเหล็กปริมาณเล็กน้อยบริเวณผิวภาชนะ ซึ่งอาจเนื่องมาจากในการขึ้นรูปภาชนะต้องใช้เครื่องมือที่ทำจากเหล็ก แต่บางทีก็พบเหล็กในเนื้อภาชนะเช่นกัน การที่จะดูว่ามีเหล็กปนอยู่หรือไม่ สังเกตได้จากสีที่เข้มขึ้นเมื่อเผาภาชนะจนร้อนแดง เนื่องจากเหล็กเปลี่ยนเป็นเหล็กออกไซด์ ซึ่งจะทำให้ภาชนะมีน้ำหนักมากขึ้น และการนำเหล็กหรือวัตถุอื่นมาเผา หรือสัมผัสสารเคมีในสภาวะเช่นเดียวกันกับแพลทินัม อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ ด้วยสาเหตุสองประการที่กล่าวมาแล้ว เหล็กจึงเป็นสารเจือปนที่ต้องกำจัด เราสามารถแยกเหล็กที่ผิวออกจากภาชนะได้ โดยต้มกับกรดไฮโดรคลอริคที่ร้อน หรือเผา (fuse) กับโพแทสเซียมไพโรซัลเฟต (potassium pyrosulfate) ส่วนเหล็กที่อยู่ภายในเนื้อภาชนะยากที่จะกำจัดออกไปได้ แต่เมื่อเผาไปนานๆ จะค่อยๆ แพร่ออกมา กลายเป็นเหล็กออกไซด์ที่ผิว นอกจากเหล็กแล้วยังอาจพบโลหะอื่นได้เช่นกัน

เนื่องจากแพลทินัมมีราคาแพง จึงได้มีความพยายามที่จะหาโลหะผสมของโลหะมีตระกูลชนิดอื่นมาใช้แทนอย่างกว้างขวางในอดีต แต่ในปัจจุบันมีน้อยลงเนื่องจากหายาก และไม่มีวัสดุใดแทนแพลทินัมได้เลย วัสดุเหล่านี้ได้แก่ "Palau " ซึ่งก็คือ โลหะผสมของทองคำ 80% กับพาเลเดียม 20% มีจุดหลอมเหลวที่ 1370 ° ซ ละลายได้ในกรดไนทริก ถ้วยทนความร้อนที่ทำจาก Palau เหมาะสำหรับการเผากับโซเดียมคาร์บอเนต แต่ไม่เหมาะกับไพโรซัลเฟต "Rhotanium" เป็นโลหะผสมอีกชนิดหนึ่งของทองคำและพาเลเดียม มีสมบัติใกล้เคียงกับ Palau ส่วนโลหะผสมของแพลทินัมกับทองคำที่เรียกว่า "Auranium" และ "Platino" ก็ถูกค้นคว้าขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์เดียวกัน นอกจากนี้ยังมี Non-wetting alloy ซึ่งเป็นโลหะผสมระหว่างแพลทินัม 95% และทองคำ 5% นั้นเหมาะสำหรับใช้ทำภาชนะในการเตรียมตัวอย่าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-rays Fluorescence Spectrometer

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาโลหะผสมของแพลทินัม โดยเติมเซอร์โคเนียม (IV) ออกไซด์ ลงในแพลทินัมที่หลอมเหลว อันเป็นการปรับปรุงโครงสร้างระดับอนุภาค (microstructure) ของวัตถุ เป็นผลให้ทนความร้อน และการกัดกร่อนได้ดีขึ้น วัสดุนี้เรียกว่า Zirconia Grain Stabilised platinum (ZGS platinum) ปกติแล้วแพลทินัมบริสุทธิ์สามารถใช้ได้ถึงอุณหภูมิสูงสุดที่ 1400 ° ซ แต่สำหรับวัตถุ ZGS platinum สามารถใช้ได้ถึงอุณหภูมิ 1650 ° ซ บางทีอาจใช้วัสดุที่เรียกว่า TRIM ซึ่งประกอบด้วย ZGS platinum เคลือบด้วยพาเลเดียม เครื่องมือที่ทำด้วย TRIM จะทนการกัดกร่อนได้ดีกว่า และมีราคาถูกกว่า ZGS platinum

การใช้ภาชนะแพลทินัมในการวิเคราะห์ทดสอบ

1. เนื่องจากแพลทินัมเป็นโลหะที่อ่อน แม้ว่าจะมีการเติมอิริเดียมซึ่งเป็นโลหะผสม ในปริมาณเล็กน้อยแล้วก็ตาม การใช้ภาชนะแพลทินัม จึงต้องระมัดระวังเพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวและเป็นรอย ไม่ควรใช้แท่งแก้วคนหรือถูกับผนังภาชนะ เพราะจะทำให้เกิดรอยขีดข่วน ไม่ควรนำภาชนะที่ร้อนจัด ไปทำให้เย็นทันที เช่นเอาไปแช่น้ำทันทีหลังจากเผาจนร้อนแดง เนื่องจากภาชนะอาจแตกร้าวได้

2. เมื่อให้ความร้อนกับภาชนะแพลทินัม ต้องวางบนสามเหลี่ยม (triangle) ที่ทำจากแพลทินัม หรือซิลิกา ไม่ควรใช้นิโครมหรือ สามเหลี่ยมที่ทำจากดิน (pipe-clay triangle) เนื่องจากอาจมีเหล็กปนอยู่ทำให้ภาชนะมีการปนเปื้อนได้ ภาชนะที่ยังร้อนแดงอยู่ต้องจับด้วยคีมจับที่ทำด้วยแพลทินัม แต่ถ้าทิ้งให้เย็นลงจนไม่ร้อนแดงแล้ว ก็อาจใช้คีมจับถ้วยทนไฟที่ทำด้วยนิกเกิล หรือโลหะผสมที่ทนต่อการเกิดสนิม ไม่ควรคีบด้วยคีมจับที่ทำด้วยเหล็กหรือเหล็กเคลือบนิกเกิล เพราะจะทำให้เกิดรอยด่างบนภาชนะ

3. ไม่ควรเผาภาชนะแพลทินัมในเปลวไฟที่การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ (Iuminous flame) หรือสัมผัสกับ inner cone ของเปลวไฟ เนื่องจากคาร์บอนจากเปลวไฟ จะทำให้เกิดสารประกอบแพลทินัมคาร์ไบด์ ซึ่งจะทำให้ผิวภาชนะเปราะ และแตกหักง่าย

4. ที่อุณหภูมิสูงๆ ก๊าซหลายชนิดสามารถแพร่ผ่านแพลทินัมได้ โดยเฉพาะก๊าซไฮโดรเจนทำให้เกิดการรีดักชันของสารบางชนิด การเผาถ้วยทนไฟที่มีฝาปิดโดยใช้เปลวไฟภายในถ้วยจะมีบรรยากาศของการรีดักชันอยู่ แต่ถ้าเปิดฝาการแพร่ของก๊าซภายในถ้วยออกสู่บรรยากาศจะเกิดได้เร็วขึ้น การรีดักชันจึงไม่เกิด เช่น การเผาเหล็กออกไซด์ในถ้วยที่ปิดฝา จะมีเหล็กบางส่วนถูกรีดิวซ์ไปเป็นโลหะเหล็ก ซึ่งจะรวมตัวกับแพลทินัมได้เป็นแพลทินัมผสมเหล็ก ส่วนโซเดียมซัลเฟตก็อาจถูกรีดิวซ์เป็นซัลไฟด์ ดังนั้นการเผาสารประกอบของเหล็กหรือซัลเฟตจึงต้องวางถ้วยให้เอียง เพื่อรับอากาศให้มากเพียงพอ

5. ภาชนะแพลทินัม สามารถใช้กับสารต่อไปนี้ได้โดยไม่เกิดการชำรุด หรือเสียหายอย่างมีนัยสำคัญ

1 เผา (fuse) กับ

1.1 โซเดียมคาร์บอเนต หรือฟิวซิ่งมิกเจอร์ (fusing mixture)

1.2 บอแรกซ์ และลิเทียมโบเรต

1.3 อัลคาไลน์ไบฟลูออไรด์

1.4 อัลคาไลน์ไบซัลเฟต

(สารกลุ่มนี้มีผลเล็กน้อยที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 °ซ แต่จะมีผลน้อยลงถ้าเติมแอมโมเนียมซัลเฟต)

2. ระเหยโดยใช้

2.1 กรดกัดแก้ว

2.2 กรดไฮโดรคลอริคที่ไม่มีตัวออกซิไดซ์ ซึ่งทำให้เกิดนาสเซินต์คลอไรด์ (Nascent chloride)

2.3 กรดซัลฟิวริคเข้มข้น (อาจมีผลเล็กน้อย)

3. เผาตะกอน

3.1 แบเรียมซัลเฟต หรือโลหะซัลเฟตซึ่งไม่ถูกรีดิวซ์ได้โดยง่าย

3.2 คาร์บอเนต หรือออกซาเลตของโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท

3.3 ออกไซด์ซึ่งไม่ถูกรีดิวซ์ได้ง่าย เช่น แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สทรอนเชียมออกไซด์ (SrO) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) โครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ไดรแมงกานีสเตตระออกไซด์ (Mn_3O_4) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) ทอเรียมไดออกไซด์ (ThO_2) โมลิบดีนัมออกไซด์ (MoO_3) และทังสเตนออกไซด์ (WO_3) แต่แบเรียมออกไซด์ (BaO) และสารประกอบซึ่งเมื่อเผาแล้วได้แบเรียมออกไซด์ จะมีผลทำลายเนื้อแพลทินัม

6. แพลทินัมจะถูกทำลายภายใต้สภาวะต่อไปนี้

1. ให้ความร้อนพร้อมกับของเหลวต่อไปนี้

1.1 สารละลายของพวกฮาโลเจน ของผสมซึ่งให้โบรมีน หรือ ไอโอดีน หรือของผสมของสารเหล่านี้ เช่น กรดกัดทอง กรดไฮโดรคลอริคผสมกับตัวออกซิไดซ์ เช่น เปอร์แมงกาเนต โครเมต แมงกานีสไดออกไซด์ เฟอร์ริคคลอไรด์ในกรดไฮโดรคลอริค

1.2 กรดฟอสฟอริคเข้มข้น (มีผลเล็กน้อย แต่จะมีมากขึ้นเมื่อให้ความร้อนไปนานๆ)

2. ให้ความร้อนกับของแข็ง ส่วนที่หลอมเหลว หรือไอของสารต่อไปนี้

2.1 ออกไซด์ เปอร์ออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ ไนเทรต ไนโทรต์ ซัลไฟด์ ไซยาไนด์ เฮกซาไซ ยาโนเฟอร์เรต (III) และเฮกซาไซยาโนเฟอร์เรต (II) ของโลหะอัลคาไลน์และอัลคาไลน์เอิร์ท ยกเว้นออกไซด์และไฮดรอกไซด์ของแคลเซียม และสทรอนเชียม

2.2 ตะกั่ว เงิน ทองแดง สังกะสี บิสมัท ดีบุก หรือทองที่หลอมเหลว หรือของผสมที่ทำให้เกิดโลหะเหล่านี้หลังเกิดการรีดักชัน

2.3 ฟอสฟอรัส สารหนู พลวง หรือซิลิคอน หรือของผสมที่ทำให้เกิดธาตุเหล่านี้จากการเกิดรีดักชัน โดยเฉพาะ ฟอสเฟต อาร์ซิเนต และซิลิเกต ที่อยู่กับรวมกับตัวรีดิวซ์

2.4 กำมะถัน (มีผลเล็กน้อย) เซลีเนียม และเทลลูเรียม

2.5 ซัลไฟด์ทุกชนิด หรือของผสมที่ประกอบด้วยกำมะถัน และคาร์บอเนต หรือไฮดรอกไซด์

ควรระวังเป็นพิเศษเมื่อใช้กับสารหรือวัตถุที่ไม่ทราบองค์ประกอบ และการให้ความร้อนภายในบรรยากาศซึ่งมีคลอรีน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือแอมโมเนีย ซึ่งจะทำให้ผิวของภาชนะเป็นรูพรุน

การเผาตะกอนที่หุ้มด้วยกระดาษกรองต้องค่อยๆ เพิ่มความร้อน เพื่อไม่ให้กระดาษถูกเปลวไฟ และรอให้คาร์บอนในกระดาษถูกเผาหมดที่อุณหภูมิต่ำๆ ในที่ๆ มีออกซิเจนสูงๆ แล้วจึงใช้เปลวไฟแรงๆ เผาตะกอน ทั้งนี้เนื่องจากคาร์บอนจากกระดาษกรอง จะทำให้เกิดแพลทินัมคาร์ไบด์ และถ้าเผาในบรรยากาศที่มีอากาศน้อยๆ จะทำให้โลหะบางชนิดที่อาจมีอยู่ในเนื้อแพลทินัมถูกรีดิวซ์ ซึ่งทั้งสองกรณีจะทำให้ภาชนะชำรุดได้

การทำความสะอาดและดูแลรักษาภาชนะแพลทินัม

ภาชนะแพลทินัมต้องทำความสะอาดให้เป็นเงาทั้งภายในและภายนอก ควรมีรูปร่างเหมือนเดิม ไม่บิดเบี้ยวหรือโค้งงอ ถ้าอุปกรณ์แพลทินัมเริ่มมีรอยด่าง ควรต้มในกรดไฮโดรคลอริค หรือกรดไนทริกอย่างใดอย่างหนึ่งก่อน ถ้าไม่ได้ผลให้เผา (fuse) ด้วยโซเดียมคาร์บอเนต ที่อุณหภูมิต่ำๆ ประมาณ 5-10 นาที เทสิ่งที่หลอมได้ลงบนแผ่นหินที่แห้ง หรือแผ่นโลหะก่อนที่มันจะแข็งตัว ส่วนที่ยังเหลืออยู่ในภาชนะให้ล้างออกด้วยน้ำ นำภาชนะนั้นไปต้มในกรดไฮโดรคลอริคอีกครั้ง ทำซ้ำทั้งสองขั้นตอนถ้าจำเป็น ถ้าการเผากับโซเดียมคาร์บอเนตไม่ได้ผล ก็ให้ใช้โพแทสเซียมไฮโดรเจนซัลเฟต แต่ในกรณีนี้จะมีการสูญเสียน้ำหนักของภาชนะไปเล็กน้อย บางทีอาจใช้ไดโซเดียมเตตระโบเรต โพแทสเซียมไพโรฟอสเฟต กรดกัดแก้ว หรือโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟลูออไรด์

รอยสนิมเหล็กบนอุปกรณ์แพลทินัมสามารถล้างออกได้ โดยเผากับแอมโมเนียมคลอไรด์บริสุทธิ์ 1-2 กรัมโดยปิดฝาภาชนะ ด้วยตะเกียงไฟอ่อนๆ จนแอมโมเนียมคลอไรด์หลอมเหลว แล้วจึงเผาด้วยไฟแรงอีก 2-3 นาที

ถ้าเผาแพลทินัมเป็นเวลานานๆ แพลทินัมจะเปลี่ยนเป็นสีเทา เนื่องจากเกิดการตกตะกอนใหม่อีกครั้ง (recrystallization) ซึ่งจะเริ่มที่ผิวภาชนะก่อน ถ้าปล่อยให้เกิดไปเรื่อยๆ ภาชนะจะเริ่มร้าว การแก้ไขทำได้โดยขัดด้วยทรายที่เป็นยกขึ้น เช่น ทรายเงิน (silver sand) เม็ดกลมซึ่งดูได้โดยใช้กล้องไมโครสโคป และมีขนาด 75-100 mesh ในกรณีของถ้วยทนไฟควรขัดหลังจากใช้ภาชนะนี้ไปแล้ว 5-6 ครั้ง ควรระลึกไว้เสมอว่าการให้ความร้อนกับภาชนะแพลทินัม จะทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อแพลทินัมเสมอไม่มากก็น้อย เช่นการเผากับอัลคาไลน์ไพโรซัลเฟตแต่ละครั้งจะทำให้แพลทินัม 1 มิลลิกรัมหรือมากกว่าละลายออกมา แต่ถ้าใช้โซเดียมคาร์บอเนตจะมีผลน้อยกว่า คือประมาณ 0.2-0.3 มิลลิกรัม ละลายออกมา

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ทำจากแพลทินัมเป็นอุปกรณ์ที่ทนความร้อนได้สูง และทนการกัดกร่อนต่อสารเคมีได้หลายชนิด แต่เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงมาก ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ผู้ใช้เครื่องมือเหล่านี้ควรใช้อย่างระมัดระวัง ไม่ให้เกิดการบิดเบี้ยว เสียรูปร่างและโค้งงอ เพื่อยืดอายุการใช้งานให้นานที่สุด ซึ่งอาจต้องใช้กล่องไม้สำหรับขึ้นรูปถ้วยทนไฟหรือชามระเหยเพื่อทำให้รูปร่างของภาชนะที่เสียไปกลับมาเหมือนเดิม ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่มีค่ายิ่ง ควรทราบถึงคุณสมบัติของอุปกรณ์ ทราบว่าจะใช้อุปกรณ์นี้กับสารใดได้ สารใดใช้ไม่ได้ ทราบถึงอุณหภูมิ และสภาวะที่ไม่ทำอันตรายต่ออุปกรณ์ เพื่อป้องกันการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์เหล่านี้ ซึ่งนอกจากจะทำให้ผลการวิเคราะห์ทดสอบที่ได้ถูกต้องแล้ว ยังช่วยชาติประหยัดงบประมาณในการสั่งซื้อสั่งซ่อมอุปกรณ์เหล่านี้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

G.H. Jeffery, J. Bassett, J. Mendham and R.C. Demney. 5th ed. **Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis.** New york. John Wiley & Sons, Inc. 1989. pp. 94-97.