บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

อภิปรายเครื่องมือ

1. เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า

เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเครื่องแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C. 220 V.) เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. 850 V.) ใช้ซิลิกอนเบอร์ 1 R 1 D ขนาด 1000 V. 1 A ช่วยแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและแปลงไฟแบบเต็มคลื่น (Full wave rectifier) โดยอาศัยวงจรบริดจ์ (Bridge circuit) ขนาดเครื่อง 200 W. P 220 V. 1 A. S 1000 V. 200 ma. ใช้ลวดทองแดงอาบน้ำยาเบอร์ 23 SWG. เป็นขดลวดปฐมภูมิและใช้ลวดทองแดงเบอร์ 30 SWG. เป็นขดลวดทุติยภูมิ มีสวิทช์ปิดเปิดเครื่องและมีฟิวส์ขนาด 3 A. ต่ออยู่ในวงจรเพื่อป้องกันการใช้กระแสไฟฟ้าเกินอัตรากำลังของเส้นลวดในเครื่องแปลงไฟ สายไฟที่ใช้ทำด้วยโลหะทองแดงหุ้มด้วยฉนวน ใช้สายสีแดงต่อระหว่างขั้วบวกกับวงจรแปลงไฟ และสายสีดำต่อระหว่างขั้วลบกับวงจรแปลงไฟ ที่ปลายสายมีที่หนีบสายไฟต่ออยู่เพื่อใช้ต่อกับแท่งอิเลคโตรดและแอมมิเตอร์

ในการทดลองใช้เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อกับเซ็ลสำหรับแยกวิเคราะห์ Inorganic cations นั้น พบว่าระหว่างการทดลองบางครั้งลวดฟิวส์จะขาดแสดงว่ากระแสไฟฟ้าผ่านเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ามากเกินความต้านทานของฟิวส์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุ 2 ประการคือ

ก. สารละลายอิเลคโตรไลท์เข้มข้นมากเกินไปจนความต้านทานของอิเลคโตรไลท์ต่ำกว่า 200 โอห์ม จากการทดลองพบว่าความต้านทานที่เหมาะสมของสารละลายอิเลคโตรไลท์ควรอยู่ระหว่าง 500 - 800 โอห์ม จึงจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรประมาณ 15-25 ma. ซึ่งเป็นปริมาณกระแสไฟฟ้าที่พอเหมาะในการแยกอิออนแต่ละหมู่ออกจากกันเป็นอิออนเดี่ยว ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลในวงจรประมาณเท่านี้จะไม่ทำให้เกิดความร้อนบนอิเลคโตรเฟอโรแกรมมากเกินไปจึงไม่ต้องมีการระบายความร้อน ถ้ามีความร้อนมากเกินไปจะทำให้กระดาษกรองแห้งและอาจติดไฟขึ้นเองในขณะทดลองได้

ข. แท่งซิลิกอนที่ใช้แปลงไฟหมดประสิทธิภาพในการแปลงไฟ หน้าที่ของซิลิกอนคือช่วยแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นเมื่อซิลิกอนหมดประสิทธิภาพในการแปลงไฟวงจรบริดจ์ของซิลิกอนจะเป็นต้นเหตุให้ไฟฟ้าเกิดลัดวงจรขึ้นทำให้ฟิวส์ร้อนจัดจนละลาย

ในกรณีเช่นนี้ต้องตรวจสอบประสิทธิภาพของแท่งซิลิกอนที่ใช้แปลงไฟทันที โดยใช้เครื่องวัดค่าความต้านทานของแท่งซิลิกอน ตามปกติซิลิกอนที่มีประสิทธิภาพในการแปลงไฟได้ดีจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ทางเดียว เพราะค่าความต้านทานด้านหนึ่งต่ำดังนั้นด้านนี้จึงยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเองได้มาก แต่ถ้ากลับขั้วเครื่องวัดจะพบว่าค่าความต้านทานอีกด้านหนึ่งจะสูงมากจนเป็นอนันต์ (Infinity) ดังนั้นด้านนี้จะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ ซิลิกอนที่หมดประสิทธิภาพในการแปลงไฟจะมีค่าความต้านทานต่ำทั้งคู่ ต้องเปลี่ยนซิลิกอนใหม่วงจรแปลงไฟจึงจะมีคุณภาพดีดังเดิม

<u>คุณภาพของเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า</u>

เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เมื่อใช้ทดลองแยกวิเคราะห์ Inorganic cations ตามวิธีทดลองในบทที่ 4 แล้วพบว่ามีอำนาจในการแยกอิออนหมู่ต่าง ๆ ออกจากกันได้ดี แต่ต้องใช้เวลาสำหรับแยกตั้งแต่ 45 นาทีจนกระทั่งถึง 90 นาที ซึ่งจัดว่าประสิทธิภาพในการแยกอิออนแต่ละหมู่ยังไม่อยู่ในเกณฑ์ดีนัก เพราะถ้าเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงควรจะใช้เวลาประมาณ 10 - 20 นาที ซึ่งอาจทำได้โดยเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าทางขดทุติยภูมิให้สูงขึ้นกว่าเครื่องที่ใช้วิจัยในครั้งนี้ แต่การทำเช่นนั้นจะต้องใช้ซิลิกอนซึ่งทนแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่า 1000 โวลท์ แต่ร้านอุปกรณ์วิทยุปัจจุบันนี้ไม่มีขาย หรือมิฉะนั้นอาจใช้วงจรหลอดวิทยุช่วยในการแปลงไฟแทนซิลิกอนได้ วิธีนี้นอกจากจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้ซิลิกอนแปลงไฟแล้วยังมีความยุ่งยากในการต่อวงจรหลอดอีกด้วยเพราะวงจรหลอดต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเรื่องไฟฟ้าวิทยุเป็นอย่างมาก

2. อิเลคโตรด

อิเลคโตรดที่ใช้ในอิเลคโตรฟอเรติคเซ็ลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ทำจากถ่านแกรไฟต์ชนิดเดียวกับที่ใช้ในไดนาโมรถยนต์ มีขนาด 1.5 × 3 × 0.5 นิ้ว มีสายไฟต่อไว้

ทางปลายด้านหนึ่งเพื่อใช้ต่อกับเครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้า อิเลคโตรดนี้ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้แก่อิเลคโตรฟอเรติคเซ็ล จากการทดลองพบว่าอิเลคโตรดซึ่งทำจากถ่านแกรไฟต์มีประสิทธิภาพในการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ดีและมีราคาถูก จึงเหมาะสำหรับใช้แทนอิเลคโตรดที่ทำด้วยลวดปลาตินัมในเครื่องมือมาตรฐานได้

3. อ่างใส่สารอิเลคโตรไลท์สองใบทำด้วยดินขาวเคลือบขนาด $6 \times 8 \times 1.5$ นิ้ว มีท่อยางต่อถึงกันและมีก๊อกทำด้วยแก้วต่อระหว่างกลางท่อยาง อ่างนี้ใช้ใส่สารละลายสำหรับอิเลคโตรฟอเรติคเซ็ลได้ดีมาก หรือจะใช้แผ่นพลาสติคประกอบเป็นอ่างก็ได้เพราะสะดวกและราคาถูกกว่าอ่างดินเคลือบ

4. แท่นสำหรับวางสเตบิไลซิงมีเดียมทำด้วยแผ่นพลาสติคเป็นกรอบสี่เหลี่ยมขนาด 8×15 นิ้ว ตัวกรอบกว้าง 0.5 นิ้วมีขาสี่ขาแต่ละขาสูงสองนิ้ว วางแท่นนี้เหนืออ่างทั้งคู่ที่ใส่อิเลคโตรไลท์เพื่อใช้เป็นที่วางสเตบิไลซิงมีเดียม จากผลการทดลองพบว่าแท่นนี้เหมาะสำหรับพาดกระดาษกรองที่ใช้เป็นสเตบิไลซิงมีเดียม เพราะบริเวณพื้นที่ส่วนกลางของกระดาษกรองนั้นลอยแขวนอยู่กลางอากาศในแนวราบ ทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของอิออนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาของการแยก ผู้วิจัยได้ทดลองออกแบบแท่นสำหรับวางสเตบิไลซิงมีเดียมไว้สองชนิด คือ

ชนิดที่ 1 ใช้กระจกแผ่นเรียบเป็นที่วางสเตบิไลซิงมีเดียม เมื่อทดลองแล้วพบว่าแถบของอิออนบนกระดาษกรองเกิดการแพร่กระจายไม่เป็น Narrow sharp zone เนื่องมาจากแรงดึงดูดระหว่างอิออนกับผิวของแผ่นกระจกซึ่งสัมผัสกันอยู่ขณะที่ให้อิออนเคลื่อนที่

ชนิดที่ 2 ใช้พลาสติคเส้นเล็ก ๆ หลายเส้นขึงรับใต้แผ่นกระดาษกรองโดยให้กระดาษกรองอยู่ในแนวราบ ปรากฏว่าการเคลื่อนที่ของอิออนถูกรบกวนเนื่องจากเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิออนกับเส้นพลาสติคเหล่านี้ ทำให้แถบของอิออนบนกระดาษกรองไม่เป็น Narrow sharp zone

เมื่อผลการทดลองดังกล่าวทั้งสองวิธียังไม่เป็นที่พอใจ จึงได้ออกแบบแท่นวางสเตบิไลซิงมีเดียมใหม่ โดยทำตรงกลางแท่นพลาสติคเป็นช่องว่างเพื่อให้แผ่นกระดาษกรองลอยแขวนอยู่กลางอากาศ ป้องกันการเกิดแรงดึงดูดของอิออนกับแท่นนี้ทำให้ได้ผลการทดลองดีขึ้น

5. กล่องพลาสติคสำหรับบรรจุอิเลคโตรฟอเรติคเซ็ล กล่องนี้ใช้ป้องกันการระเหยของอิเลคโตรไลท์จากแผ่นกระดาษกรองในขณะทดลองและป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อนสูง กล่องนี้นอกจากจะมีคุณสมบัติตรงตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ทุกประการแล้วยังมีความทนทานไม่แตกง่าย และเนื่องจากเป็นแผ่นพลาสติคใสจึงสามารถมองผ่านผนังกล่องเห็นทุกส่วนของอิเลคโตรฟอเรติคเซ็ลอีกด้วย จึงเหมาะที่จะใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องมือนี้

เทคนิคการป้ายสารลงบนแผ่นกระดาษกรอง

การป้ายสารลงบนแผ่นกระดาษกรองที่ใช้เป็นสเตบิไลซิงมีเดียมนั้นได้ทดลองใช้สามวิธีคือ

1. ใช้ปลายหลอดขนาดเล็ก (Capillary tube) ป้ายสารแทน Micropipet
2. ป้ายสารด้วยขอบกระจกสไลด์
3. ป้ายสารด้วยเส้นด้ายขนาดเล็กสีขาวตามวิธีทดลองในบทที่ 4 ปรากฏว่าสองวิธีแรกได้ผลไม่ดีเพราะปริมาณสารที่ป้ายติดบนกระดาษกรองมากเกินไป เมื่อให้อิออนเคลื่อนที่ไปบนกระดาษกรองแล้วจะแยกออกจากกันได้ไม่สมบูรณ์เพราะเกิดเป็นแถบขนาดใหญ่เกินไป วิธีที่ดีที่สุดคือวิธีที่สาม โดยป้ายสารด้วยเส้นด้ายขนาดเล็ก

การทดลองหาสารอิเลคโตรไลท์ เวลา และ Detecting agent

อิเลคโตรไลท์ที่เหมาะสมในการแยกวิเคราะห์อิออนแต่ละหมู่ อิเลคโตรไลท์ที่เหมาะสมในการแยกวิเคราะห์อิออนแต่ละหมู่ คือ

หมู่ที่ 1 ใช้ Formic acid 1 %
หมู่ที่ 2 ใช้ Formic acid 1 %
หมู่ที่ 3 ใช้ Ammonium carbonate 0.5 %
หมู่ที่ 4 ใช้ Formic acid 1 %
หมู่ที่ 5 ใช้ Ammonium carbonate 0.5 %

การที่อิออนบางหมู่เช่น หมู่ที่ 3 และหมู่ที่ 5 ต้องใช้ Ammonium carbonate แทน Formic acid อาจเป็นเพราะอิเลคโตรไลท์ตัวนี้มี Interaction กับอิออนบางตัวของสองหมู่นี้มากกว่า Formic acid จึงช่วยให้การแยกอิออนในสองหมู่นี้แยกได้ดีกว่าการใช้ Formic acid เป็นอิเลคโตรไลท์

<u>เวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้แยกอิออนแต่ละหมู่</u> เวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้แยกอิออนแต่ละหมู่คือ

หมู่ที่ 1 ใช้เวลา 90 นาที
หมู่ที่ 2 ใช้เวลา 60 นาที
หมู่ที่ 3 ใช้เวลา 60 นาที
หมู่ที่ 4 ใช้เวลา 60 นาที
หมู่ที่ 5 ใช้เวลา 45 นาที

พบว่าถ้าแต่ละหมู่มีอิออนน้อยชนิดจะใช้เวลาในการแยกน้อยเช่นหมู่ที่ 5 หมู่ที่ 2 และหมู่ที่ 4 แต่ละหมู่มีอิออนจำนวน 3 ตัวปนกันอยู่ใช้เวลาแยกเพียง 45, 60 และ 60 นาที ตามลำดับ แต่ถ้ามีอิออนมากชนิดผสมกันก็ต้องใช้เวลาแยกนานกว่าเดิม เช่นอิออนหมู่ที่ 1 มีอิออน 5 ชนิดปนกันต้องใช้เวลาแยกนานถึง 90 นาที จึงสามารถแยกอิออนทั้งหมดออกเป็นอิออนเดี่ยวอย่างสมบูรณ์ได้

<u>Detecting agent ที่เหมาะสม</u> Detecting agent ที่เหมาะสมสำหรับตรวจสอบตำแหน่งและชนิดของอิออนแต่ละหมู่ คือ

หมู่ที่ 1 ใช้ Sodium sulfide 2 %
หมู่ที่ 2 ใช้ Alizarin red อิ่มตัวใน Ethanol 95 % แล้วพ่นทับด้วยสารละลาย Boric acid อิ่มตัว
หมู่ที่ 3 เช่นเดียวกับหมู่ที่ 2
หมู่ที่ 4 ใช้ 8 - Hydroxy quinoline อิ่มตัวใน Ethanol 95 % แล้วพ่นทับด้วย Ammonium hydroxide เข้มข้นพร้อมกับส่องด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต
หมู่ที่ 5 ใช้ Bromothymol blue 2 % แล้วพ่นทับด้วย Ammonium hydroxide เข้มข้น

จากการทดลองพบว่า Detecting agent ที่เหมาะสมในการแยกวิเคราะห์อิออนแต่ละหมู่ ขึ้นอยู่กับสมบัติของอิออนนั้นเป็นหมู่ ๆ เช่นอิออนหมู่ที่ 1 เกิดเป็นสารซัลไฟด์มีสีต่าง ๆ ได้ง่ายจึงใช้พนด้วย Sodium sulfide แต่สารหมู่อื่นใช้แบบเดียวกันไม่ได้เพราะสารประกอบซัลไฟด์ของอิออนบางตัวไม่เกิดเป็นสีทำให้มองไม่เห็น วิธีนี้จึงตรวจสอบตำแหน่งสารไม่ได้ต้องหาสารอื่นที่เหมาะสมกว่ามาแทน เช่นใช้ Alizarin red หรือ 8 - Hydroxy quinoline ส่วนอิออนหมู่ที่ 5 ต้องใช้ Bromothymol blue พ่นบนอิเลคโตรเฟอโรแกรมและอิเลคโตรไลท์ต้องเป็น Ammonium carbonate ซึ่งมี pH เป็นด่างอย่างอ่อนจึงเกิดสีน้ำเงินได้ ถ้าใช้ Formic acid เป็นอิเลคโตรไลท์จะใช้ Bromothymol blue เป็น Detecting agent ไม่ได้ เพราะในสภาพกรดอิออนของโลหะไม่เป็นสีน้ำเงินเมื่อถูกกับ Bromothymol blue.