บทที่ 4

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

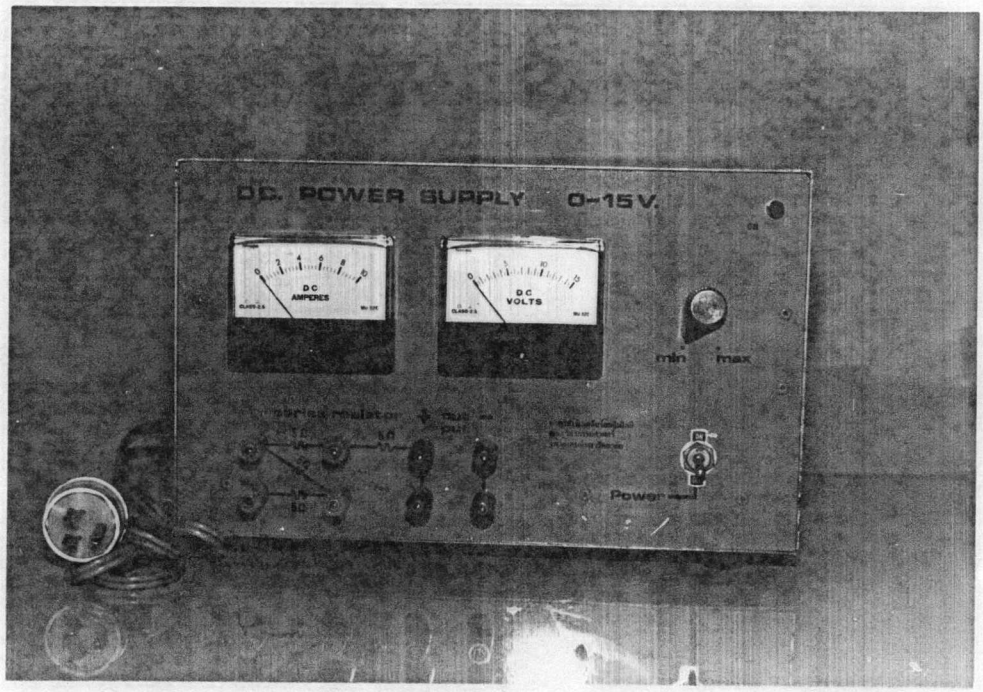
4.1 อุปกรณ์และเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย

4.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรง รูปที่ 4.1
- เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบต่อเข้าชุดรวมกลับคืน (Recombiner) ได้ขนาดบรรจุ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร รูปที่ 4.2
- เซลผลิตน้ำชนิดหนักต่อเข้าชุดรวมกลับคืนได้ ขนาดบรรจุ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร รูปที่ 4.3
- เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบไม่มีชุดรวมกลับคืนได้ ขนาดบรรจุ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร รูปที่ 4.4
- เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบไม่มีชุดรวมกลับคืนได้ ขนาดบรรจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร รูปที่ 4.5
- ปั๊มอากาศ (air pump) รูปที่ 4.6
- เครื่องจุดประกายไฟ (Ignitor) รูปที่ 4.7
- ชุดรวมกลับคืน (Recombiner) แบบตะเกียงเผา รูปที่ 4.8
- ชุดควบแน่น รูปที่ 4.9

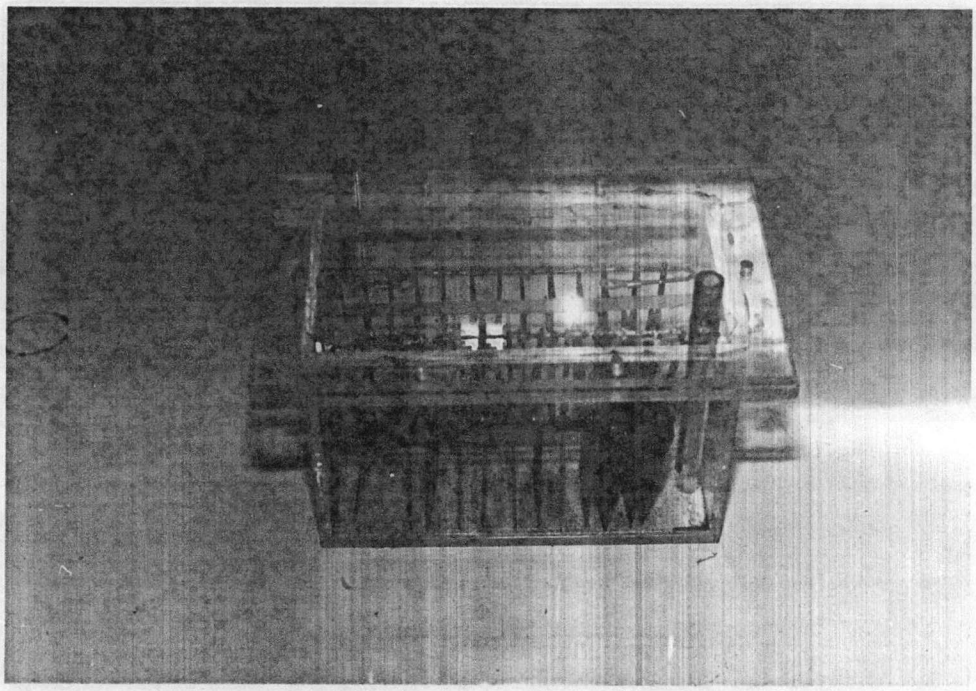
4.1.2 สารเคมี

- โซเดียมเปอร์ออกไซด์ A.R. เกรด
- โพแทสเซียมเปอร์มังกาเนต
- แบเรียมซัลเฟต
- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- ซิลิกาเจล (Silica gel)
- น้ำชนิดหนักความเข้มข้น 99.9 อะตอมเปอร์เซนต์

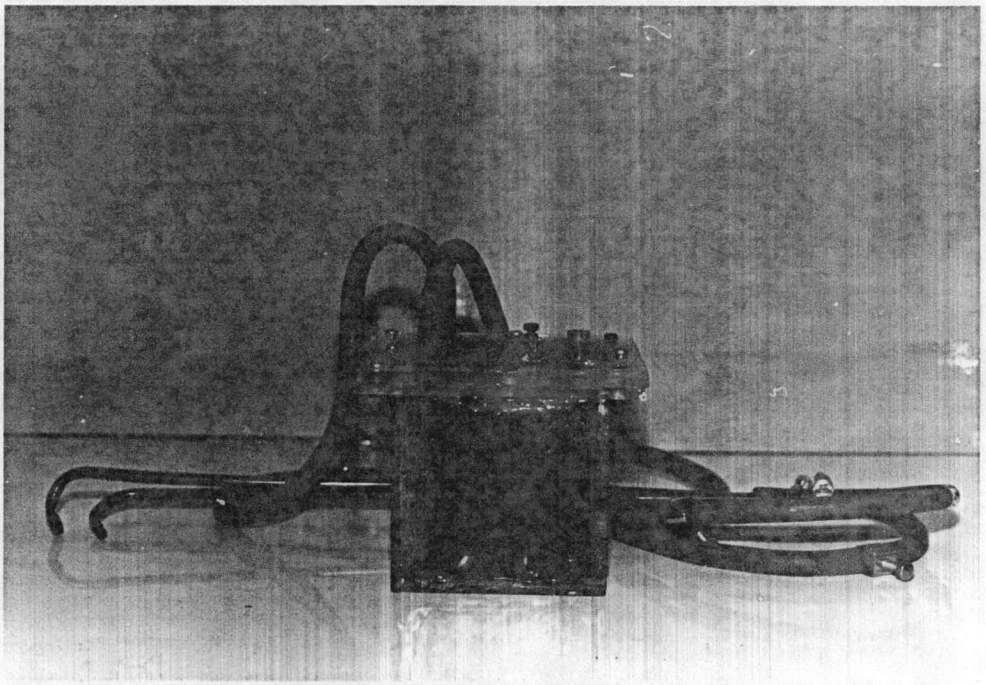


รูปที่ 4.1 เครื่องจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงขนาด 10 แอมแปร์

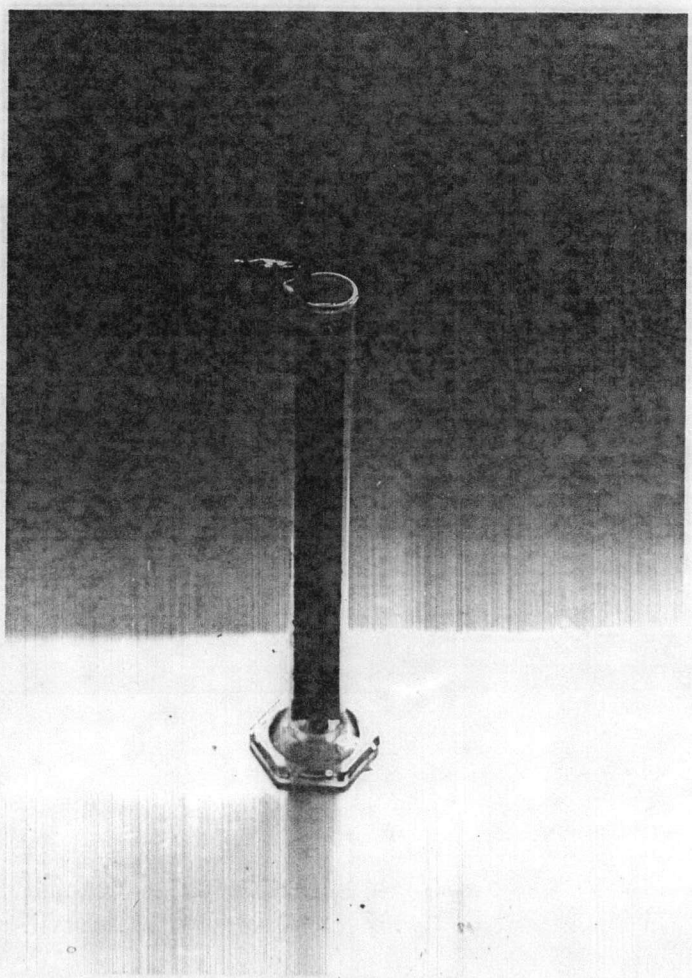
I15453078



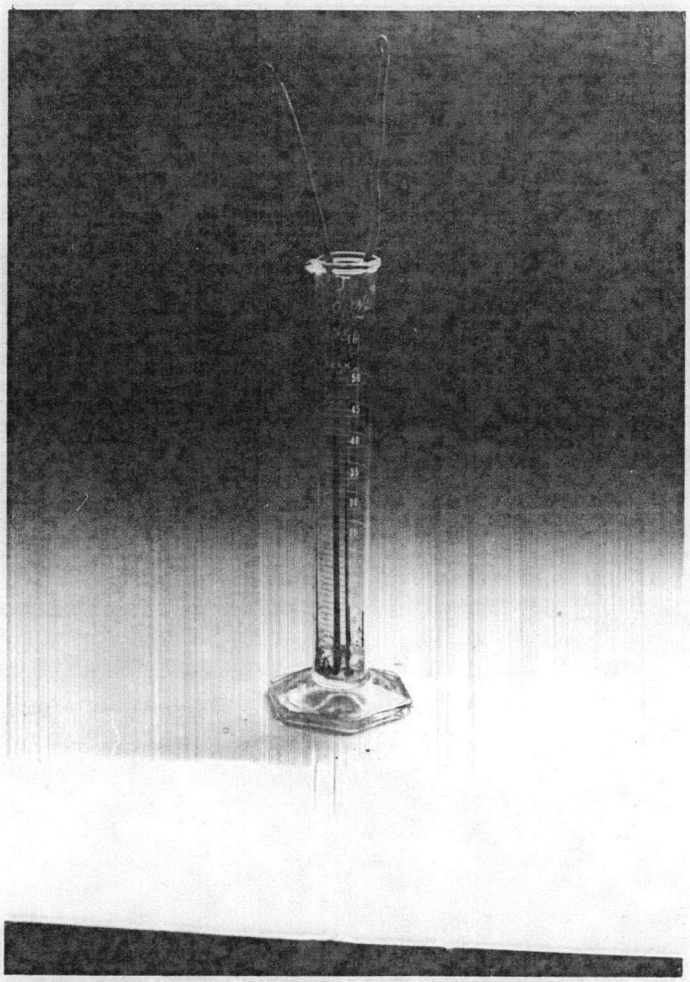
รูปที่ 4.2 เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบต่อเข้าชุดรวมกลับคืนได้ ขนาดบรรจุ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ 4.3 เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบต่อเข้าชุดรวมกลับคืน ขนาดบรรจุ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร

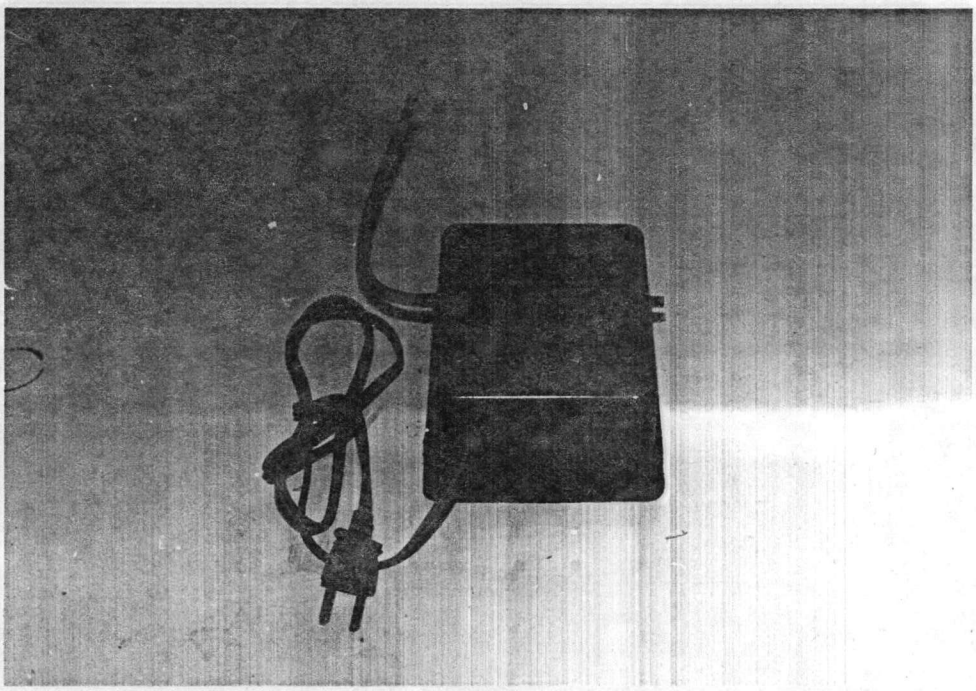


รูปที่ 4.4 เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบไม่มีชุดรวมกลับคืน ขนาดบรรจุ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

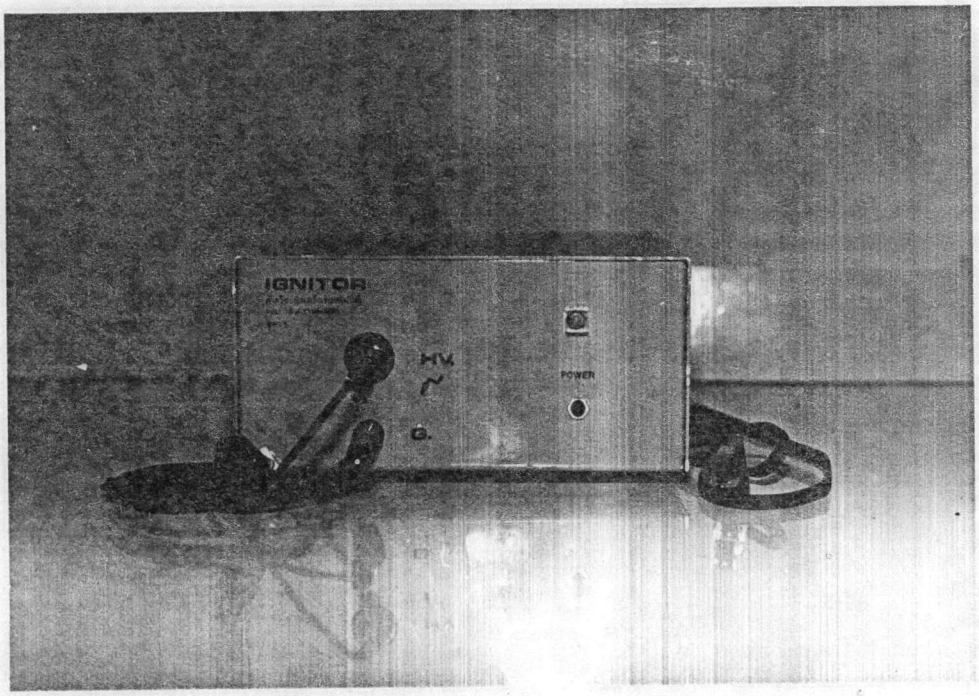


รูปที่ 4.5 เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบไม่มีชุดรวมกลับคืน ขนาดบรรจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

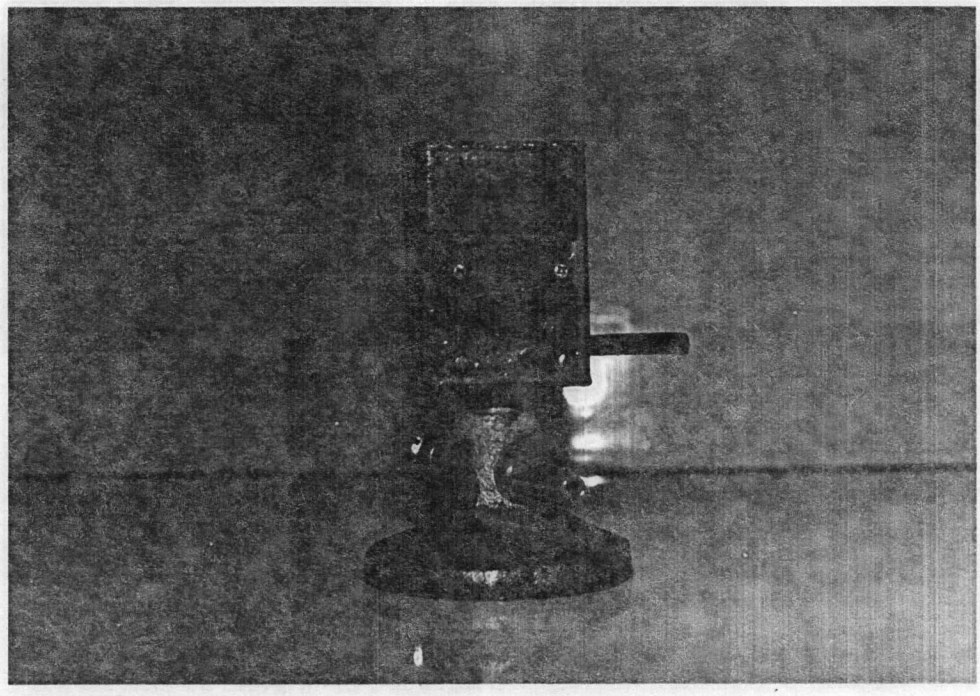
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



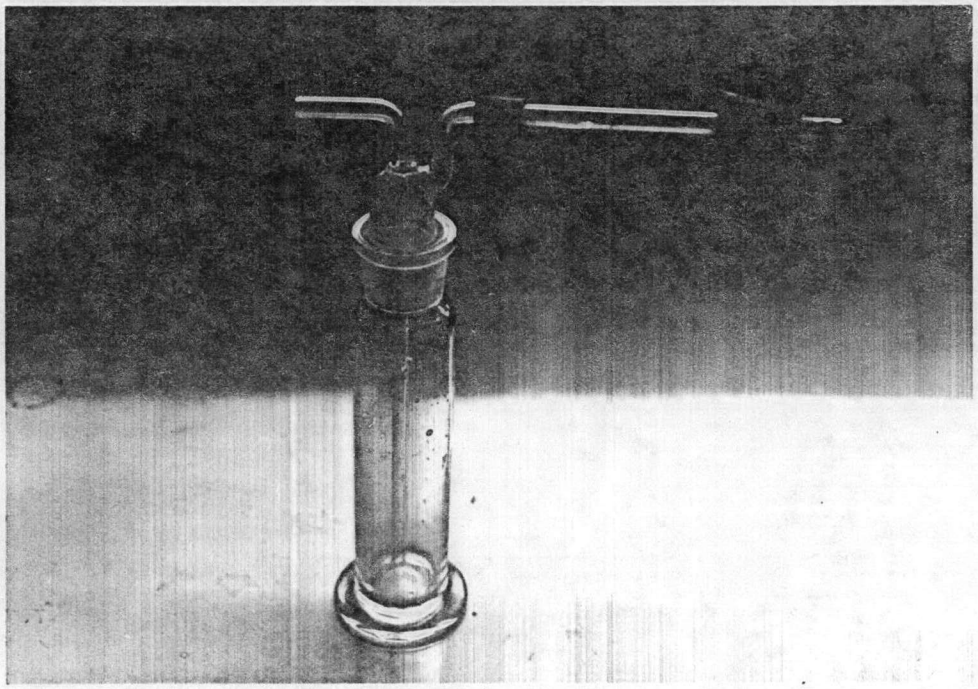
รูปที่ 4.6 ปั๊มอากาศ (air pump)



รูปที่ 4.7 เครื่องจุดประกายไฟ (Ignitor)



รูปที่ 4.8 ชุดรวมกลับคืน (Recombiner) แบบตะเกียงเผา



รูปที่ 4.9 ชุดควบแน่น

4.2 การเตรียมสารละลายอิเลคโตรไลต์

ในการผลิตน้ำชนิดหนักโดยกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้านั้น จะใช้เมื่อน้ำชนิดหนักมีความเข้มข้นค่อนข้างสูงดังได้กล่าวแล้ว โดยขั้นแรกจะใช้น้ำชนิดหนักที่ผลิตได้จากกระบวนการแลกเปลี่ยนทางเคมีระหว่าง H_2S/H_2O แต่เนื่องจากน้ำชนิดหนักที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตดังกล่าวมีความเข้มข้นไม่เพียงพอที่จะใช้ต่อในกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าจึงต้องใช้น้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้น 99.8 อะตอมเปอร์เซนต์ ซึ่งได้จากการจัดซื้อมา เจือจางลงให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ โดยความเข้มข้นของน้ำชนิดหนักที่จะใช้ในกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าเริ่มต้นด้วย 20 อะตอมเปอร์เซนต์ D_2O

การเตรียมสารละลายอิเลคโตรไลต์สำหรับกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า

นำน้ำชนิดหนักความเข้มข้น 99.8 อะตอมเปอร์เซนต์ ปริมาตร 140 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาเจือจางในตู้ดูดความชื้น จนได้น้ำชนิดหนักความเข้มข้น 20 อะตอมเปอร์เซนต์ ประมาณ 700 ลูกบาศก์-เซนติเมตร ทำสารละลายให้เป็นสารละลายอิเลคโตรไลต์ ความเข้มข้น 15 เปอร์เซนต์ โดยละลายโซเดียมเปอร์ออกไซด์ 204.75 กรัม นำสารละลายที่ได้นี้มาใส่เซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบต่อเข้าชุดรวมกลับคืนได้ ขนาดบรรจุ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อทำการอิเลคโตรไลต์ต่อไป

4.3 วิธีการ

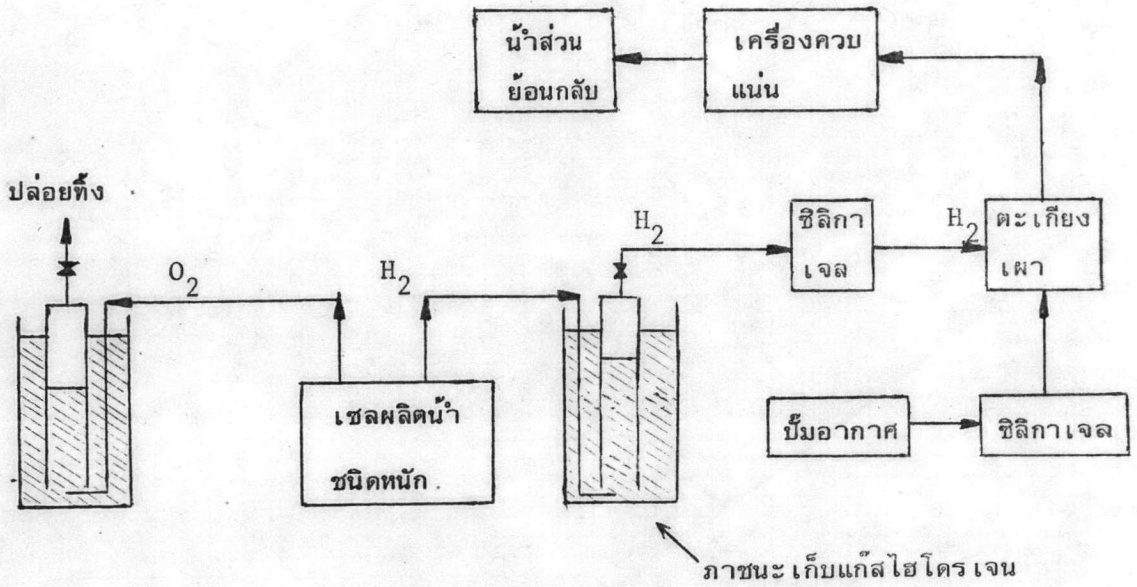
4.3.1 การผลิตน้ำชนิดหนักโดยกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าโดยมีชุดรวมกลับคืนได้

4.3.1.1 การผลิตน้ำชนิดหนักด้วยภาชนะผลิตน้ำชนิดหนักขนาดบรรจุ 700 ลูกบาศก์-เซนติเมตร นำเซลผลิตน้ำชนิดหนักที่บรรจุสารละลายอิเลคโตรไลต์ ผ่านกระแสไฟฟ้าตรงยังสารละลายจะเกิดแก๊สออกซิเจนที่ขั้วบวก และแก๊สไฮโดรเจนที่ขั้วลบ เก็บแก๊สทั้งสองโดยภาชนะเก็บแก๊ส ผ่านแก๊สไฮโดรเจนที่เก็บได้ไปยังซิลิกาเจล เพื่อดูดความชื้นก่อนเข้าชุดรวมกลับคืนได้แบบตะเกียงเผา ขณะเดียวกันผ่านอากาศแห้งจากปั๊มเข้าตะเกียงเผาพร้อมทั้งจุดประกายไฟที่ชุดรวมกลับคืนได้แบบตะเกียงเผาด้วยเครื่องจุดประกายไฟ แก๊สไฮโดรเจนจะรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนจากอากาศแห้งในตะเกียงเผาได้ไอน้ำ ซึ่งจะถูกควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ ทำการผ่านกระแสไฟฟ้าจนสารละลายอิเลคโตรไลต์ในภาชนะผลิตน้ำชนิดหนักลดลงประมาณสองในสามของปริมาตร จึงถ่ายสารละลายอิเลคโตรไลต์มาทำให้บริสุทธิ์ก่อนวัดหาความเข้มข้นของน้ำชนิดหนัก ส่วนแก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกปล่อยทิ้งไป

การเตรียมสารละลายอิเลคโตรไลต์ให้บริสุทธิ์ก่อนวัดความเข้มข้นน้ำชนิดหนัก

นำสารละลายอิเลคโตรไลต์ที่จะวัดหาความเข้มข้นของน้ำชนิดหนักมาผ่านแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

ลงไปช้า ๆ ประมาณ 1-2 ชั่วโมงเพื่อให้ ^{18}O ที่เกิดจากการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า แลกเปลี่ยนกับ ^{16}O จากแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ หลังจากนั้นนำสารละลายมากำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ออกโดยเติมโพแทสเซียมเปอร์มังกาเนตและแบเรียมซัลเฟตลงในสารละลาย นำสารละลายนี้ไปรีฟลักซ์ครึ่งชั่วโมง กลั่นสารละลายจนแห้ง 3 ครั้ง นำน้ำส่วนที่กลั่นได้มาวัดหาความเข้มข้นของน้ำชนิดหนักต่อไป



รูปที่ 4.1 แสดงแผนผังกระบวนการผลิตน้ำชนิดหนักที่มีกระบวนการย้อนคืน

จากการทดลองสารละลายเริ่มต้น 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเข้มข้นน้ำชนิดหนัก 20 อะตอมเปอร์เซนต์ โดยผ่านไฟฟ้ากระแสตรง 2.18 แอมแปร์ นาน 110 ชั่วโมง จะเหลือสารละลายอิเลคโตรไลต์ 350 ลูกบาศก์เซนติเมตร วัดความเข้มข้นของน้ำชนิดหนักในเซลได้ 28.105 อะตอมเปอร์-เซนต์ วัดความเข้มข้นของน้ำชนิดหนักที่ได้จากการเผาแก๊ซไฮโดรเจนกับแก๊ซออกซิเจนได้ 7.5 อะตอม-เปอร์เซนต์ โดยน้ำที่ได้จากการเผาแก๊ซไฮโดรเจนกับแก๊สออกซิเจนมีปริมาตร 70 ลูกบาศก์เซนติเมตร ขณะทำการผ่านกระแสไฟฟ้าสารละลายมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

4.3.1.2 การผลิตน้ำชนิดหนักด้วยเซลผลิตน้ำชนิดหนัก ขนาดบรรจุ 400 ลูกบาศก์-เซนติเมตร ทำการทดลองเช่นเดียวกับการผลิตน้ำชนิดหนัก ขนาดบรรจุ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยนำน้ำที่กลั่นได้จากการผลิตด้วยเซลขนาดบรรจุ 700 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาตร 350 ลูกบาศก์เซนติ-

เมตร มาทำเป็นสารละลายอิเลคโตรไลต์ 20 เปอร์เซนต์โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยการละลายโซเดียมเปอร์ออกไซด์ 102.3 กรัม บรรจุลงในเซลผลิตน้ำชนิดหนักขนาดบรรจุ 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผ่านกระแสไฟฟ้าตรง 2.18 แอมแปร์ เก็บแก๊สไฮโดรเจนเผากับแก๊สออกซิเจนซึ่งได้จากเครื่องปั๊มอากาศ เก็บไอน้ำที่ได้จากการทดลองผ่านกระแสไฟฟ้าเวลา 50 ชั่วโมง อุณหภูมิของสารละลาย 60 องศาเซลเซียส ปริมาตรสารละลายอิเลคโตรไลต์ลดลงเหลือ 85 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บน้ำส่วนที่เกิดจากการเผาแก๊สได้ 34 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายอิเลคโตรไลต์มาทำให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปวัดหาความเข้มข้นของ D_2O โดยการกำจัด ^{18}O และสารอินทรีย์ที่ติดมา แล้วกลั่น นำมาวัดหาค่าความเข้มข้นได้ 35.6 อะตอมเปอร์เซนต์ D_2O

4.3.2 การผลิตน้ำชนิดหนักโดยกระบวนการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าโดยไม่มีชุดรวมกลับคืน

จากการทดลองผลิตน้ำชนิดหนักแบบมีชุดรวมกลับคืน มีจุดประสงค์เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของชุดรวมกลับคืน ในการทดลองเพิ่มความเข้มข้น D_2O ต่อมาเพื่อความสะดวกจึงได้ทำการผลิตน้ำชนิดหนักแบบไม่มีชุดรวมกลับคืน โดยนำสารละลายที่ได้จากเซลผลิตน้ำชนิดหนัก ซึ่งมีความเข้มข้น 35.6 เปอร์เซนต์ D_2O ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำเป็นสารละลายอิเลคโตรไลต์ 15 เปอร์เซนต์ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเติมโซเดียมเปอร์ออกไซด์ 14.6 กรัม นำสารละลายอิเลคโตรไลต์บรรจุในเซลผลิตน้ำชนิดหนักแบบไม่มีชุดรวมกลับคืนขนาดบรรจุ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผ่านกระแสไฟฟ้าตรง 3.75 แอมแปร์ นาน 35 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส จนปริมาตรสารละลายอิเลคโตรไลต์ลดลงเหลือ 12 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายอิเลคโตรไลต์มาทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นและกำจัดสารอินทรีย์ นำน้ำที่กลั่นได้วัดหาความเข้มข้นของ D_2O ได้ 53.08 อะตอมเปอร์เซนต์

นำน้ำชนิดหนักที่ผลิตได้ซึ่งมีความเข้มข้น 53.08 อะตอมเปอร์เซนต์ D_2O ปริมาตร 95 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาทำให้เป็นสารละลายอิเลคโตรไลต์ 7 เปอร์เซนต์โซเดียมไฮดรอกไซด์ และทำการแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าต่อ โดยใช้เซลผลิตน้ำชนิดหนักขนาดบรรจุ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยผ่านกระแสไฟฟ้าตรง 3.28 แอมแปร์ นาน 28 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิของสารละลายที่ 25 องศาเซลเซียส จนสารละลายอิเลคโตรไลต์มีปริมาตรลดลงเหลือ 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายอิเลคโตรไลต์มาทำให้บริสุทธิ์และกำจัดสารอินทรีย์ วัดความเข้มข้นของ D_2O ได้ 96.90 อะตอมเปอร์เซนต์

นำน้ำชนิดหนักความเข้มข้น96.00 อะตอมเปอร์เซนต์ D_2O ปริมาตร 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร มาทำให้เป็นสารละลายอิเลคโตรไลต์ 7 เปอร์เซนต์โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วทำการแยก

น้ำด้วยกระแสไฟฟ้า โดยใช้เซลผลิตน้ำชนิดหนักขนาดบรรจุ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผ่านกระแสไฟฟ้าตรง 3.28 แอมแปร์ นาน 12 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิของสารละลายอิเลคโตรไลต์ ที่ 25 องศาเซลเซียส จนสารละลายอิเลคโตรไลต์ลดลงเหลือ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำสารละลายที่เหลือมาทำให้บริสุทธิ์ก่อนวัดหาความเข้มข้น D_2O โดยการกลั่น นำมาวัดหาความเข้มข้นได้ 99.70 อะตอมเปอร์เซนต์ D_2O