หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมา

ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า เชื้อเพลิงซึ่งใช้เป็นต้นกำเนิดพลังงานที่สำคัญและรู้จักกันดีคือ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เชื้อเพลิงเหล่านี้นับวันจะหมดลงไปทุกที จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาพลังงานด้านอื่นมาทดแทนพลังงานเหล่านี้ พลังงานนิวเคลียร์นับว่าเป็นพลังงานชนิดหนึ่ง ซึ่งคาดว่าจะสามารถลดปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดไปได้ และคาดว่าจะเป็นพลังงานที่มีความสำคัญมากในอนาคต ได้มีการศึกษาถึงเชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้กับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่สำคัญได้แก่ ยูเรเนียม (uranium)

เนื่องจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในปัจจุบันอยู่ในรูปยูเรเนียม ไดออกไซด์ ซึ่งได้มาจากกระบวนการโลหกรรมวิทยาแบบผงอัด ทั้งนี้เนื่องจากยูเรเนียม ไดออกไซด์มีสมบัติที่เสถียร รักษาขนาดให้คงที่ได้ดีไม่เกิดการบวม พอง หรือเหนียวเยิ้ม โดยเฉพาะไม่เกิดปฏิกิริยาใด ๆ กับน้ำ ที่อุณหภูมิและความดันสูง ต่อมาได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตเชื้อเพลิง เพื่อให้ความเหมาะสมทั้งการปฏิบัติและเศรษฐกิจ พบว่าวิธีสำคัญที่สุดคือ กระบวนการโซล-เจล (Sol-Gel process) และกระบวนการนี้ได้มีการพัฒนาเรื่อยมาโดยหวังว่าจะสามารถทดแทนกระบวนการโลหกรรมวิทยาแบบผงอัดได้ ซึ่งวิธีโซล-เจลนี้มีข้อดีกว่า คือสามารถควบคุมขนาดและรูปร่างผลผลิตได้ง่าย สามารถควบคุมการผลิตในระยะห่างได้ (remote control) ซึ่งเหมาะสมสำหรับวัฏจักรเชื้อเพลิงที่มีรังสีสูง ได้มีการพัฒนากระบวนการโซล-เจล ต่อไป แต่ส่วนใหญ่แล้วหลักการที่ใช้จะคล้ายคลึงกัน ผลิตผลที่ได้จะมีรูปร่างเป็นรูปทรงกลมขนาดเล็กเรียก ไมโครสเฟียร์ (microsphere) และนำไปบรรจุลงในแท่งเชื้อเพลิงโดยวิธีบรรจุแบบเขย่า (vibratory packing) เพื่อจะให้ได้เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นสูง

1.2 แนวเหตุผลทฤษฎีที่สำคัญหรือสมมุติฐาน

กระบวนการโซล-เจล เพื่อใช้ผลิตเม็ดเชื้อเพลิงยูเรเนียม ไดออกไซด์ไมโครสเฟียร์นั้น ได้พัฒนาโดยใช้สารตั้งต้นที่เป็นสารละลายของยูเรเนียมที่มีเวเลนซีบวกสี่ ซึ่งไม่เสถียรในอากาศ

ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันสารละลายยูเรเนียมบวกสี่ไม่ให้ถูกอากาศโดยทำใน glove box ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนากระบวนการโซล-เจล โดยพยายามหลีกเลี่ยงวิธีการรีดิวซ์เวเลนซีของยูเรเนียม ซึ่งมี 2 วิธี คือ วิธีอินเทอร์นัล เจเลชัน (Internal gelation) และวิธีเอกซเทอร์นัล เจเลชัน (External gelation)

วิธีอินเทอร์นัล เจเลชัน ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในประเทศเนเธอร์แลนด์ ส่วนวิธีเอกซเทอร์นัล เจเลชัน ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในประเทศอิตาลี ทั้งสองวิธีใช้สารละลายตั้งต้นของการผลิตยูเรเนียม ไดออกไซด์ ซึ่งอยู่ในรูปของสารละลายยูเรนิล ไนเตรท (uranyl nitrate, $UO_2(NO_3)_2$) ในขั้นตอนการขึ้นรูป (fabrication) สำหรับวิธีอินเทอร์นัล เจเลชัน นั้นในขั้นการเตรียมโซลจะต้องมีการกำจัดไนเตรทออกไปในขณะที่วิธีเอกซเทอร์นัล เจเลชัน นั้นสามารถนำสารละลายยูเรนิล ไนเตรทมาใช้เป็นสารตั้งต้นได้เลย

กระบวนการโซล-เจล โดยวิธีเอกซ์เทอร์นัล เจเลชัน ได้ถูกพัฒนาต่อมาอีกในหลายประเทศ เช่น เยอรมัน สหรัฐอเมริกา และอังกฤษ เป็นต้น ซึ่งใช้ชื่อของกระบวนการผลิตแตกต่างกันไป แต่ใช้หลักการเดียวกันคือ การใช้ก๊าซหรือสารละลายแอมโมเนียแพร่เข้าไปในหยดของสารละลายของโลหะหนัก (ทอเรียม, ยูเรเนียม) ซึ่งทำให้โลหะหนักตกตะกอนกลายเป็นเจลแข็ง (solid gel) ส่วนข้อเสียของวิธีเอกซ์เทอร์นัล เจเลชัน คือ การเกิดความไม่สมดุลของแรงดันออสโมติก (osmotic imbalance) เป็นเหตุให้ไมโครสเฟียร์แตกเมื่อนำไปทำขั้นตอนต่อไป โดยเฉพาะตอนที่ทำให้แห้ง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยหลักการของวิธีเอกซ์เทอร์นัล เจเลชัน ซึ่งพัฒนาขึ้นในประเทศอิตาลี ใช้ชื่อว่ากระบวนการ SNAM ซึ่งมีข้อดีดังนี้

1. โลหะหนักที่ใช้เป็นสารตั้งต้นอยู่ในรูปของสารละลาย ซึ่งไม่ต้องทำการรีดิวซ์หรือกำจัดปริมาณไนเตรทออกจากสารละลาย
2. สามารถผลิตสเฟียร์ได้หลายขนาดตั้งแต่ 150 ถึง 1100 ไมโครเมตร
3. ความหนาแน่นของยูเรเนียม ไดออกไซด์ที่ได้สามารถควบคุมได้ในช่วงกว้างตั้งแต่ 70 ถึง 98 เปอร์เซ็นต์ของค่าทฤษฎี และให้ค่า crushing strength สูง
4. ในทางเศรษฐกิจพบว่าวิธีนี้จะประหยัดกว่าวิธีอื่น ๆ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดเชื้อเพลิงยูเรเนียม ไดออกไซด์-ไมโครสเฟียร์ โดยวิธีเอกซเทอร์นัล เจเลชัน

1.3.2 เพื่อศึกษาถึงผลการควบคุม ขนาด รูปร่าง และส่วนประกอบของยูเรเนียม ไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการนี้

1.3.3 เพื่อเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย กับกระบวนการอื่น ที่ได้มีผู้ทำไปแล้ว

1.3.4 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการขยายมาตราส่วนไปสู่การผลิตขั้นกึ่งทดลอง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 หาวิธีเหมาะสมในการผลิตยูเรเนียม ไดออกไซด์ไมโครสเฟียร์ โดยวิธีเอกซเทอร์นัล เจเลชัน

1.4.2 หาขนาดของยูเรเนียม ไดออกไซด์ไมโครสเฟียร์ โดยใช้หลอดรูเล็กขนาด 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิเมตร

1.4.3 หาค่าอัตราส่วนของออกซิเจนต่อยูเรเนียม (O/U ratio) ของยูเรเนียม ไดออกไซด์ไมโครสเฟียร์ หลังจากการเผาประสาน (sintering) แล้ว

1.4.4 หาปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในไมโครสเฟียร์หลังจากการทำให้แห้งและเผาประสาน

1.4.5 ศึกษาความหนืด (viscosity) ของหยดโซลเมื่อเวลาผ่านไป

1.5 การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1.5.1 ทำการทดลอง

1.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

1.5.3 สรุปผลการทดลอง

1.5.4 ข้อเสนอแนะ