

บทที่ 1

บทนำ



1.1 ประวัติความเป็นมา(1-3)

กระบวนการโซล-เจล เกิดขึ้นจากความคิดที่จะขยายความต้องการในการนำ เชื้อเพลิง จากเครื่องปฏิกรณ์ชนิดใช้น้ำธรรมดาเป็นตัวแทนนิวตรอนและระบายความร้อน (LWR) กลับมาใช้ ซึ่งความสนใจมุ่งไปที่ พลูโตเนียม, ยูเรเนียม-233 และทอเรียม และกระบวนการนี้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ในการผลิตเชื้อเพลิงแบบ เซรามิก เพื่อใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ในเวลาต่อมา เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างวิธีเตรียมเชื้อเพลิงแบบธรรมดากับกระบวนการโซล-เจล จะเห็นได้ว่า กระบวนการโซล-เจล ให้ประโยชน์มากกว่า คือ

1. สามารถควบคุมขนาดและรูปร่างของผลผลิตได้ง่าย
2. สารตั้งต้นที่ใช้ในกระบวนการเป็นสารธรรมดา คือสารละลายในเครทของโลหะหนักซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากกระบวนการนำเชื้อเพลิงกลับมาใช้ขณะที่วิธีอื่น ๆ ต้องทำการเปลี่ยนสารให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการก่อน
3. ตลอดกระบวนการทั้งหมดสารที่ใช้อยู่ในรูปสารละลายหรือไมโครสเฟียร์ ซึ่งทำให้สารไหลได้สะดวกและไม่มีฝุ่นกับมันตกภาพรังสี
4. ขั้นตอนในการทำน้อยกว่าและใช้ขั้นตอนทางด้านแมคคาณิกน้อยกว่าวิธีธรรมดา
5. สามารถขึ้นรูปได้ง่ายกว่า
6. ใช้อุณหภูมิในการเผาประสานต่ำกว่า
7. สามารถควบคุมการทำงานได้ในระยะไกล

จากประโยชน์เหล่านี้ จะเห็นว่าประโยชน์ข้อสุดท้าย เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการนำเชื้อเพลิง ยูเรเนียม-233 และทอเรียมกลับมาใช้ เนื่องจากมีรังสีแกมมาที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียม-233 และทอเรียม-228 ดังนั้น การที่สามารถควบคุมการทำงานในระยะไกลได้ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับรังสีน้อยลง ได้มีการพัฒนากระบวนการโซล-เจลต่อไป เพื่อใช้ในการผลิตเม็ดไมโครสเฟียร์ของทอเรียม-ยูเรเนียมออกไซด์ หลังการบรรจุในแท่งเชื้อเพลิงแล้ว ให้มีความหนาแน่นสูงโดยใช้

วิธีบรรจุแบบเขย่า (Vibratory packing) ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาผลิตเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบ (Composition) ต่าง ๆ กัน เช่น ทอเรียมคาร์ไบด์และเชื้อเพลิงผสมระหว่างทอเรียมกับยูเรเนียม เป็นต้น

1.2 แนวเหตุผลทฤษฎีที่สำคัญหรือสมมติฐาน (4-5)

กระบวนการโซล-เจล เกี่ยวข้องกับขั้นตอนใหญ่ ๆ 3 ขั้นตอนคือ

1. การเตรียมโซลหรือสารละลายบรอท (broth)
2. การทำเจลชันของหยดโซลหรือบรอท เพื่อให้ได้ไมโครสเฟียร์เกือบแข็งตามขนาดที่ควบคุม
3. การทำให้แห้งและการเผาประสานให้มีความหนาแน่นสูง

การทำเจลชันของกระบวนการโซล-เจล แยกออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1. วอเตอร์เอ็กซ์แทรกชัน (Water Extraction) เป็นการดึงน้ำออกจากไมโครสเฟียร์ วิธีนี้จะได้ไมโครสเฟียร์ขนาดตั้งแต่เล็กที่สุด (fine) จนถึงเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 ไมโครเมตร วิธีนี้เหมาะสำหรับโซลเพียงอย่างเดียว

2. เอ็กซ์เทอร์นอล เจลชัน (External Gelation) เป็นการทำให้โซลกลายเป็นเจล โดยการเติมสารซึ่งให้แอมโมเนียหรือก๊าซแอมโมเนียลงในออร์แกนิกคลิควิด (organic liquid) ซึ่งอยู่รอบ ๆ ไมโครสเฟียร์ วิธีนี้เหมาะที่จะใช้กับทั้งโซลและบรอท แต่มักใช้เฉพาะกับบรอท ข้อเสียของเอ็กซ์เทอร์นอล เจลชัน คือ ทำให้เกิดความไม่สมดุลของแรงดันออสโมติก (osmotic imbalance) เป็นเหตุให้ไมโครสเฟียร์แตกเมื่อนำไปทำขั้นตอนต่อไป โดยเฉพาะตอนที่ทำให้แห้ง วิธีนี้จึงไม่สามารถผลิตไมโครสเฟียร์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเกินกว่า 25 ไมโครเมตรได้

3. อินเทอร์นอล เจลชัน (Internal Gelation) เป็นวิธีที่พัฒนาจาก เอ็กซ์เทอร์นอล เจลชัน เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวในข้อ 2. จึงมีการแก้ไข โดยการเติมสารที่จะให้แอมโมเนียลงในโซลหรือบรอท แทนที่จะใส่ลงในออร์แกนิกคลิควิด แอมโมเนียจะค่อย ๆ ถูกปล่อยออกจากหยดโซล (sol droplet) เมื่ออุณหภูมิของของเหลวอินทรีย์เพิ่มขึ้น เป็นการลดความเข้มข้น

ขั้นที่ต่างกัน (concentration gradient) ในหยดโซล ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการไม่สมดุลของแรงดันออสโมติก วิธีนี้สามารถผลิตไมโครสเฟียร์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ถึง 3 มิลลิเมตร

จากเชื้อเพลิงแบบไมโครสเฟียร์ที่ได้สามารถนำไปบรรจุลงในแท่งเชื้อเพลิง โดยการบรรจุแบบเขย่าให้มีการผสมผสานของเชื้อเพลิง 3 ขนาด อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น 40:10:1 เส้นผ่าศูนย์กลางจริง ๆ คือ 1200, 300 และ 30-50 ไมโครเมตร ปริมาณที่ผสมกันคือ ขนาดใหญ่ 60 เปอร์เซ็นต์ ขนาดกลาง 18 เปอร์เซ็นต์ และขนาดเล็ก 22 เปอร์เซ็นต์

การทำวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีที่ 3 (อินเทอร์นอล เจเลชัน) โดยใช้เฮกซะเมทิลีนเททรามิน (Hexamethylene tetramine หรือ HMTA) ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ และเมื่อให้ความร้อนจะเกิดก๊าซแอมโมเนีย ทำให้โซลของยูเรเนียมตกตะกอนอยู่ในรูปของเจล โดยเหตุที่อ่อนของ HMTA และยูเรเนียมละลายอยู่ในสารเดียวกัน (โซลหรือบรอท) เจเลชันจะเกิดได้รวดเร็ว อัตราเร็วของการเกิดเจเลชันจะขึ้นกับความเข้มข้นของโซล และการส่งผ่านความร้อนของออร์แกนิกคลิควิดไปยังหยดโซล

เนื่องจากการใช้สารละลายยูเรนิลไนเตรท $[(UO_2(NO_3)_2)]$ ทำให้สิ้นเปลือง HMTA มากในการทำอินเทอร์นอล เจเลชัน จึงใช้สารละลายแอซิด-เดฟิซิเียนยูเรนิลไนเตรท (acid-deficient uranyl nitrate หรือ ADUN) ซึ่งนอกจากจะทำให้ใช้ HMTA น้อยลงแล้ว ยังช่วยแก้ pH ที่ลดลงในกรณีที่ต้องการเติมสารละลายที่เป็นกรดของพลูโทเนียมลงไป ในกรณีที่ต้องการเชื้อเพลิงผสมพลูโทเนียม

เมื่อเตรียม ADUN ความเข้มข้นยูเรเนียม 3 โมลาร์ได้แล้วทำให้เย็น (-5 ถึง 5^o เซลเซียส) แล้วผสมกับสารละลายที่เย็น (-5 ถึง 5^o เซลเซียส) ของสารละลายผสมยูเรียม + HMTA เข้มข้น 3 โมลาร์ นำของผสมที่ได้ (บรอทหรือโซล) ไปดีสเพอส (disperse) ผ่านเครื่องมือดีสเพอสให้อยู่ในรูปสเฟียร์ จะเกิดเจเลชันขึ้นในออร์แกนิกคลิควิดที่ร้อน ล้างออร์แกนิกคลิควิดที่เกาะไมโครสเฟียร์ออก ด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมแล้วนำไปทำให้แห้งในอากาศ เหาที่อุณหภูมิสูงและเผาประสานในบรรยากาศที่เป็นตัวรีดิวซ์ เพื่อให้มีความหนาแน่นสูงใกล้เคียงกับความหนาแน่นตามทฤษฎี (theoretical density)

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

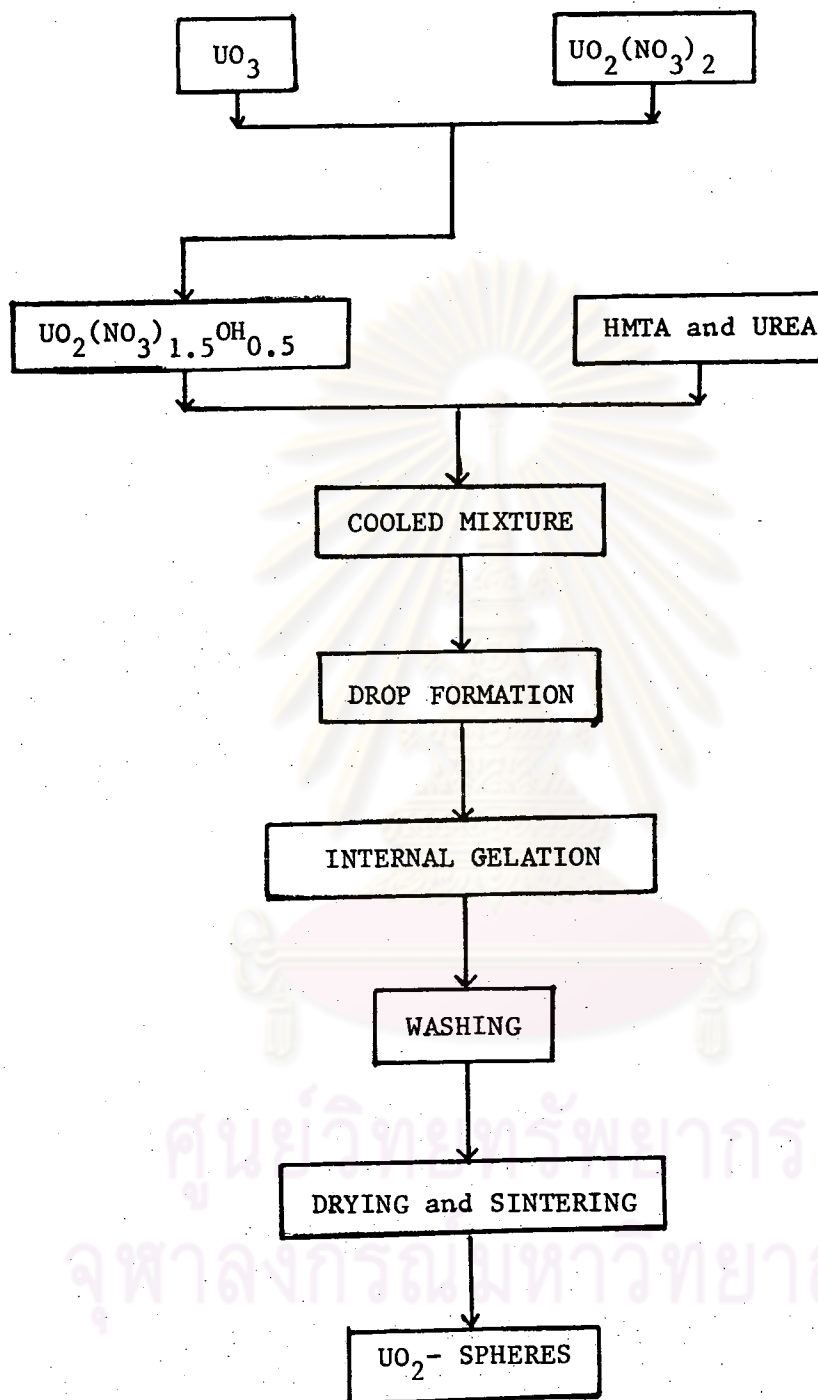
1. หาเงื่อนไขต่าง ๆ ในการผลิตยูเรเนียมไดออกไซด์ ไมโครสเฟียร์ โดยกระบวนการโซล-เจล ด้วยวิธีอินเทอร์นอล เจลเจชัน
2. เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย กับกระบวนการโซล-เจล โดยวิธีดีไฮเดรชัน
3. เพื่อใช้ข้อมูลที่ได้สำหรับการขยายสเกลการผลิตไปสู่ขั้นกึ่งห้องทดลอง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1. วิธีที่เหมาะสมในการผลิต UO_2 ไมโครสเฟียร์โดยวิธีอินเทอร์นอล เจลเจชัน
2. การเตรียมโซล
3. การเกิด เจลที่สภาวะต่าง ๆ
4. การล้างเจลสเฟียร์ที่ได้ ทำให้แห้งและเผาประสาน

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. เป็นการพัฒนากกระบวนการโซล-เจล โดยวิธีอินเทอร์นอล เจลเจชัน ต่อจากวิธีดีไฮเดรชัน ที่กระทำไปแล้วที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
2. ได้ข้อมูลในการผลิต ยูเรเนียมไดออกไซด์ ไมโครสเฟียร์ เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีดีไฮเดรชัน
3. เพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมในการขยายการผลิตยูเรเนียมไดออกไซด์ ไมโครสเฟียร์



รูปที่ 1.1 แสดงขั้นตอนของการทดลองที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้