# บทที่ 5

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์

จากผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า

1. ที่อุณหภูมิ 650 เซลเซียส จะไม่เกิดอะลูมิเนียมซัลไฟด์ ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าเหลือโลหะอะลูมิเนียมอยู่ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากยังไม่ถึงจุดเกิดปฏิกิริยา
2. ที่อุณหภูมิ 850 - 1150 เซลเซียส เกิดอะลูมิเนียมซัลไฟด์ ซึ่งจากการทดลองจะได้ผลผลิต ประมาณ 73 - 76 เปอร์เซนต์ผลผลิต
3. จะเห็นได้ว่า เปอร์เซนต์ผลผลิตใกล้เคียงกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าเท่ากัน ทั้งนี้ เนื่องมาจาก เมื่อถึงจุดที่เกิดปฏิกิริยาของอะลูมิเนียมและกำมะถัน แล้ว จะมีพลังงานความร้อนจากปฏิกิริยาพอเพียงที่ช่วยให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปเอง ซึ่งปฏิกิริยานี้ เรียกว่า ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction)
4. ในการทดลองผลิตต่อไปนั้น จะใช้อุณหภูมิ ที่ 900 เซลเซียส เพื่อเป็นการประหยัด และรักษาเตาเผาไม่ให้เสียหายเร็ว

### 5.2 สรุปผลการทดลองเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์

จากผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า

1. จากผลการทดลอง จะพบว่า เวลาที่ใช้ในการเผาโลหะอะลูมิเนียมก่อนทำปฏิกิริยา 60 นาที ผลผลิตที่ได้ 67 เปอร์เซนต์ผลผลิต-อะลูมิเนียมซัลไฟด์

2. เมื่อเพิ่มเวลา เป็น 90 - 240 นาที ผลผลิตจะเป็น ประมาณ 70 - 75 เปอร์เซนต์

3. ในการทดลองผลิตต่อไป นั้น จะใช้เวลาที่น้อยที่สุด คือ 90 นาที เพื่อลดเวลาในการผลิตลง โดยที่เปอร์เซนต์ผลผลิตยังคงเดิม

5.3 สรุปผลการทดลองเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของขนาดโลหะอะลูมิเนียม

จากผลการทดลอง ดังรูปที่ 4.3

1. จะเห็นได้ว่า ขนาดของโลหะอะลูมิเนียม ไม่มีผลต่อผลผลิตของอะลูมิเนียมซัลไฟด์ ในการทดลองนี้ ซึ่งผลผลิตจะอยู่ในช่วง 70 - 74 เปอร์เซนต์

2. สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่า ที่อุณหภูมิ 900 เซลเซียส นั้น โลหะอะลูมิเนียมจะหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจุดหลอมเหลวของอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ เท่ากับ 660.37 เซลเซียส

5.4 สรุปผลการทดลองเพื่อหาปริมาณก๊าซถันที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.4 พบว่า การผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ ในหลอดแก้ว (Vycor) สูญญากาศ ที่อุณหภูมิ 900 เซลเซียส นั้น จะเกิดการแตก หลังจากใส่ในเตา ประมาณ 15 นาที

5.5 สรุปผลทดลองเพื่อการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์

1. อุณหภูมิที่เหมาะสม 850 เซลเซียส

2. เวลาที่เหมาะสมในการผลิต 90 นาที

3. ขนาดของโลหะอะลูมิเนียม ไม่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาในการทดลองผลิตนี้

4. สำหรับปริมาณก๊าซถันที่ใช้ทำปฏิกิริยานั้น ไม่สามารถหาปริมาณที่เหมาะสมได้ เนื่องจากในภาชนะปิด จะมีแรงดันของไอก๊าซถันสูง ทำให้ไม่สามารถทนได้

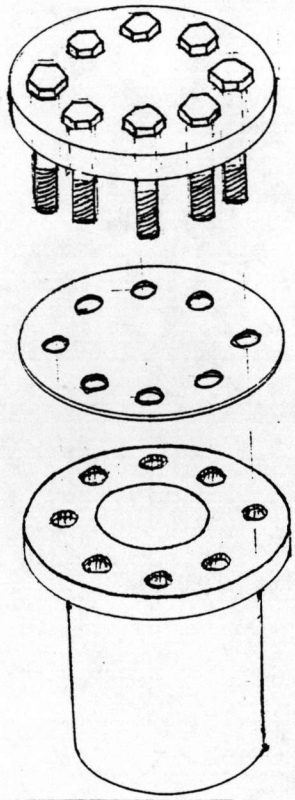
5.6 ปัญหาที่พบในการทดลองผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์

1. สาเหตุจากเครื่องมือ และอุปกรณ์ เนื่องจากเตาเผาที่สร้างขึ้น เป็นแบบลวดเปลือย เมื่อใช้งานนาน ๆ จะเกิดอ๊อกไซด์ ทำให้อายุการใช้งานต่ำ ต้องเปลี่ยนลวดความร้อนอยู่เสมอ ซึ่งต้องปรับเทียบทุกครั้ง ทำให้เสียเวลามาก
2. เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้ผลิต เป็นเหล็กไร้สนิม บุด้านในด้วยท่อเซรามิค เมื่อใช้งานนาน จะเกิดอ๊อกไซด์ที่ผิว และจะทะลุ ต้องเปลี่ยนบ่อย
3. ท่อเซรามิค แตกบ่อย ทั้งนี้ เนื่องจากอายุใช้งาน เมื่อเกิดปฏิกิริยาจะเกิดความร้อน ขึ้น ทำให้ต้องเปลี่ยนอยู่เสมอ
4. ผลผลิตที่ได้ จะมีลักษณะเป็นของแข็ง ติดอยู่กับ boat และท่อเซรามิค ซึ่งเอาผลผลิตที่ได้ออกมาหาปริมาณยาก

5.7 การทดลองแก้ไขปัญหาที่พบในการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์

เนื่องจากปัญหาที่พบ ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องของเครื่องมือและอุปกรณ์ ซึ่งต้องซ่อมสร้างอยู่เสมอ สำหรับการแก้ไขปัญหานั้น คือ

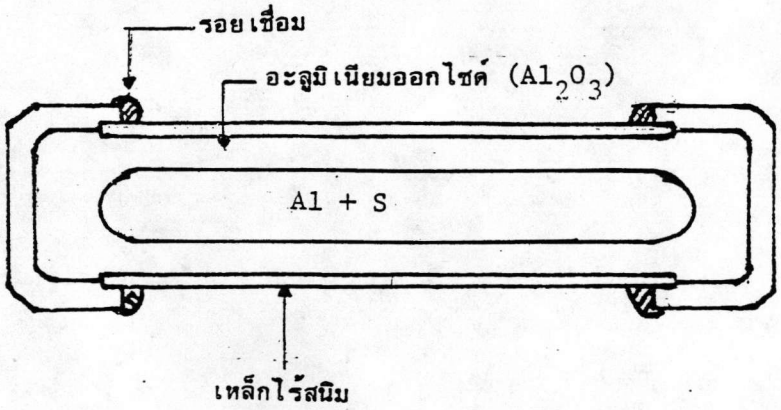
1. สร้างเครื่องปฏิกรณ์เคมี แบบบอมบ์มีฝาปิด ทำด้วยเหล็กหล่อ ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบบอมบ์

นำไปทดลองผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ โดยใช้ $Al_2O_3$ เป็น Liner ใช้ปะเกนเหล็กไร้สนิม ผลปรากฏว่า ไม่สามารถทนการกัดกร่อนของไอกำมะถันได้ เกิดรอยรั่วที่ปะเกน ทำให้ไม่สามารถใช้ในการผลิตได้

2. สร้างเครื่องปฏิกรณ์เคมี แบบบอมบ์ เหล็กไร้สนิม ดังรูป 5.2

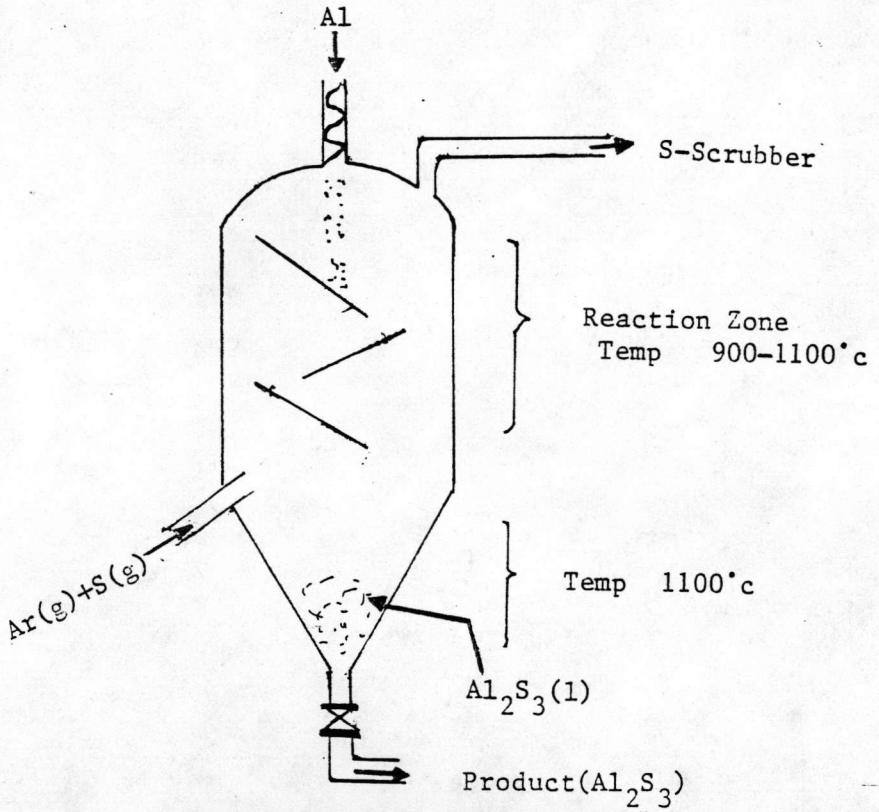



รูปที่ 5.2 แสดงเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบบอมบ์ เชื่อมปิดหัวท้าย

นำไปทดลองผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ โดยใช้ $Al_2O_3$ เป็น Liner ซึ่งสามารถผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ ได้

## 5.8 ข้อเสนอแนะสำหรับการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์

1. การผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ จาก อะลูมิเนียม และกำมะถัน มีปัญหา เรื่องการกัดกร่อนของไอกำมะถันต่อวัสดุที่ใช้ ควรหาวัสดุที่ทนทานได้ดี จะทำให้ประหยัดได้มาก
2. การผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ ในระดับอุตสาหกรรม ควรเป็นระบบต่อเนื่อง จะได้ผลผลิตคุ้มต่อการลงทุน และเป็นการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการผลิต อีกทั้งยังสามารถออกแบบ Scrubber จับกำมะถันที่เหลือจากปฏิกิริยา เพื่อนำกลับมาใช้ในกระบวนการได้ดี




รูปที่ 5.5 แสดงเครื่องปฏิกรณ์เคมีการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์แบบต่อเนื่อง

จากรูปที่ 5.5 เป็นแบบที่เสนอขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องปฏิกรณ์เคมี เพื่อใช้ผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์แบบต่อเนื่อง ต่อไป

แม้ว่าประสิทธิภาพในการผลิตอะลูมิเนียมซัลไฟด์ เพื่อใช้ในการผลิตน้ำชนิดหนัก โดยกระบวนการ GS จะยังไม่ดีพอ มีส่วนที่ต้องวิจัยและพัฒนาอีกหลายด้าน แต่ก็เป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาการผลิตในบ้านเรา ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งในการเสริมสร้างเทคโนโลยีในการพัฒนานิวเคลียร์ เทคโนโลยีในสาขาการผลิตน้ำชนิดหนักในประเทศ ต่อไปในอนาคต