

สรุปและข้อเสนอนแนะ

กระบวนการขจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ การผลิตสารดูดซึ่มและการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สภาวะที่เหมาะสมจึงแยกออกได้เป็น สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารดูดซึ่มและสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่ม

กระบวนการผลิตสารดูดซึ่ม

1. อัตราส่วนของสารดูดซึ่มที่เหมาะสมคือ มีปริมาณ เถ้า ปูนขาว และยิปซัม ในอัตราส่วนของเถ้าไม่เกิน 6 ส่วนโดยน้ำหนัก ปูนขาวตั้งแต่ 4 ถึง 7 ส่วนโดยน้ำหนัก และยิปซัม 2 ส่วนโดยน้ำหนัก เพราะถ้ามีปริมาณเถ้ามากกว่า 6 ส่วนโดยน้ำหนักในขณะที่ปริมาณปูนขาวลดลงน้อยกว่า 2 ส่วนโดยน้ำหนัก จะทำให้การยึดเกาะกันของโครงสร้างสารดูดซึ่มไม่ดี สารดูดซึ่มจะแข็งแต่เปราะแตกร่วนได้ง่าย เนื่องจากปริมาณปูนขาวซึ่งสามารถทำหน้าที่เป็นตัวประสานมีปริมาณน้อย แต่ถ้าปริมาณปูนขาวมากกว่า 7 ส่วนโดยน้ำหนัก ความพรุนที่มีอยู่มากในโครงสร้างของปูนขาวก็ทำให้สารดูดซึ่มเปราะแตกได้เช่นกัน กรณียิปซัมจะมีส่วนช่วยในการยึดเกาะกันทำให้สารดูดซึ่มมีความแข็งแรง แต่ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้สารดูดซึ่มมีความพรุนที่ลดลง นอกจากนี้ยังเป็นตัวกันการแพร่ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อเข้าทำปฏิกิริยากับ CaO ที่อยู่ด้านใน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่มลดลง แต่ในทางปฏิบัติจำเป็นต้องมีส่วนประกอบของยิปซัมเพราะเป็นประโยชน์ในการเก็บรักษาตลอดจนการขนส่ง

2. ขนาดของสารดูดซึ่มที่เหมาะสมคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร เพราะว่าสารดูดซึ่มขนาดเล็กมีขนาดรูพรุนภายในโครงสร้างเล็กกว่า เป็นสาเหตุให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แพร่ผ่านได้ไม่ดี นอกจากนี้เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับ CaO เป็น CaSO_4 เกาะที่ผิวชั้นนอกทำให้เกิดการปิดกั้นการแพร่ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารดูดซึ่มลดลง

3. อุณหภูมิเริ่มต้นที่เหมาะสมในการให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 200 องศาเซลเซียส เนื่องจากไอน้ำ ณ อุณหภูมินี้ไม่ทำให้โครงสร้างภายนอกของสารดูดซึ่มเปลี่ยนคือ ไม่เกิดการแตกความสามารถในการดูดซึ่มของสารดูดซึ่มที่ถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำจะเพิ่มขึ้น กรณีที่อุณหภูมิเริ่มต้นให้อุณหภูมิ

น้ำต่ำกว่า คือที่ 100 องศาเซลเซียส จะทำให้สารดูดซึ่มแตกและยุบตัวทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปจากก่อนขึ้นรูปเนื่องจากมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง และที่อุณหภูมิเริ่มให้น้ำสูงคือ 300 และ 400 องศาเซลเซียส ความแรงของไอน้ำ ณ อุณหภูมินี้จะทำให้สารดูดซึ่มแตกและยุบตัวเป็นผลให้ความสามารถในการดูดซึ่มลดลง

4. เวลาในการกระตุ้นสารดูดซึ่มด้วยไอน้ำที่เหมาะสม คือ 3-6 นาที เนื่องจากเวลาการกระตุ้นในช่วงนี้ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารดูดซึ่ม กรณีใช้เวลามากกว่า 9 นาที จะทำให้สารดูดซึ่มแตกและยุบตัว เนื่องจากมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง

5. สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตสารดูดซึ่ม คือ มีปริมาณฮิปซั่ม 2 ส่วนโดยน้ำหนัก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 เซนติเมตร อุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำ 200 องศาเซลเซียส เวลาในการกระตุ้นด้วยไอน้ำ 3 นาที

กระบวนการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1. ที่อัตราส่วนสารดูดซึ่มต่าง ๆ พบว่า ปริมาณปูนขาวมากความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาก ตัวอย่างผลการคำนวณอัตราจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อกรัมสารดูดซึ่มต่อเวลา โดยตั้ง Basis 100% การดูดซึ่มของสารดูดซึ่มตัวอย่างที่ 5 ที่มี $\text{CaO}_{\text{total}}$ 26% โดยน้ำหนัก ปริมาณสารดูดซึ่มที่ใช้ 100 กรัม ที่ความเข้มข้นก๊าซผสมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 5000 พีพีเอ็ม อัตราการไหลก๊าซ 1.5 ลิตรต่อนาที ความสูงเบด 2.8 เซนติเมตร เท่ากับ $1 \text{ mol SO}_2 / 1.7 \text{ mol CaO} / \text{m}^3 / \text{ชั่วโมง}$

2. อุณหภูมิที่เหมาะสมในการดูดซึ่ม คือ 200 องศาเซลเซียส เพราะได้ผลการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ดี กรณีที่ 250 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซึ่มจะใกล้เคียงกับที่ 200 องศาเซลเซียส กรณีอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ค่าการดูดซึ่มมีค่าต่ำ เนื่องจากผลของอุณหภูมิที่สูงดังนั้น ก๊าซ SO_2 ที่เข้ามามี residence time ระหว่างก๊าซกับสารดูดซึ่มน้อย ส่งผลให้การดูดซึ่มมีค่าต่ำ

3. อัตราการไหลก๊าซผสมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหมาะสมคือ 1.5 ลิตรต่อนาที เพราะความสามารถในการดูดซึ่มก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเมื่อเทียบกับอัตราการไหลที่มากกว่าเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผ่านสารดูดซึ่มมีเวลาในการสัมผัสกันมากกว่า

4. ผลของฮิปซั่ม เมื่อสารดูดซึ่มมีฮิปซั่มเป็นสารประกอบค่าการดูดซึ่มจะลดลงเนื่องจากความพรุนของสารดูดซึ่มลดลง โดยยังมีปริมาณฮิปซั่มมาก ค่าการดูดซึ่มจะลดลงมากตามลำดับ

5. อุณหภูมิเริ่มให้น้ำแก่สารดูดซึ่มที่เหมาะสมคือ 200 องศาเซลเซียส เนื่องจากให้ค่าการดูดซึ่มเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่านี้จะให้ผลการดูดซึ่มที่ต่ำกว่า

6. เวลาในการกระตุ้นสารดูดซึมที่เหมาะสมคือ 3-6 นาที สามารถทำให้ค่าการดูดซึมเพิ่มขึ้น เมื่อมีสภาวะอื่น ๆ เหมาะสม และเวลาการกระตุ้นต้องไม่มากกว่า 9 นาที เนื่องจากเวลาที่ให้น้ำนาน จะส่งผลให้อุณหภูมิที่ตั้งอุณหภูมิไว้ลดลง และมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งทำให้โครงสร้างสารดูดซึมเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ค่าการดูดซึมลดลง

7. ผลการดูดซึมของสารดูดซึมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.57 ซม. ที่ถูกกระตุ้นด้วยไอน้ำ ค่าการดูดซึมเพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของไอน้ำทำให้ความพรุนของสารดูดซึมเพิ่มขึ้น

8. อิทธิพลของไอน้ำต่อสารดูดซึมที่มียิปซัมเป็นองค์ประกอบ พบว่าเมื่อมียิปซัมในปริมาณ 2 ส่วนโดยน้ำหนัก ไอน้ำมีอิทธิพลทำให้ค่าการดูดซึมเพิ่มขึ้น

จากผลของงานวิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรมีการมีการพัฒนาประสิทธิภาพของสารดูดซึมให้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ใช้สารดูดซึมที่มีปริมาณยิปซัม 2 หรือ 3 ส่วนโดยน้ำหนัก นำมากระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิเริ่มป้อนไอน้ำสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส เพื่อพิจารณาว่าสารดูดซึมที่มีโครงสร้างแข็งแรงด้วยยิปซัมสามารถรับไอน้ำที่แรงขึ้นได้หรือไม่ ถ้าได้ความสามารถในการดูดซึมจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่

2. ควรพัฒนาจากระบบแบบเบดนิ่ง (packed bed) เป็นระบบแบบ moving bed หรือระบบ fluidization เพื่อพัฒนาเป็นระดับขยายส่วนในงานจริงต่อไป