

# บทที่ 1

## บทนำ



ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนในกระบวนการผลิตต่างๆ มากมาย โดยอาจใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตหรืออาจใช้เป็นตัวช่วยในกระบวนการผลิต ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แก๊สไนโตรเจนและออกซิเจนในกระบวนการต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การประยุกต์ใช้แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนในกระบวนการผลิต

แก๊สไนโตรเจน [1]	แก๊สออกซิเจน [1]
1. การประยุกต์ใช้ในโตรเจนเป็นแก๊สเฉื่อยในกระบวนการผลิตต่าง ๆ	1. ใช้เป็นแก๊สออกซิไดซ์ในปฏิกิริยาเคมี
2. ใช้ไนโตรเจนเหลวซึ่งเป็นสารทำความเย็นเพื่อควบคุมหรือลดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตหรือเพื่อถนอมอาหารสด	2. ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพ
3. ในกระบวนการกลั่นน้ำมัน ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นระบบป้องกันการปลอมปนการผสมของน้ำมันกับอากาศเพื่อลดความเสี่ยงต่อการระเบิดหรือการติดไฟ	3. ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไอโซนสำหรับบำบัดน้ำเสีย
	4. ใช้ในทางการแพทย์
	5. ใช้ในกระบวนการถลุงเหล็ก
	6. ใช้ออกซิเจนเหลวเป็นเชื้อเพลิงในยานอวกาศ

กระบวนการผลิตแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนในปัจจุบันนิยมใช้กระบวนการกลั่นแยกอากาศที่สภาวะไครโอเจนิค (Cryogenic Distillation) นั่นคือกลั่นแยกที่อุณหภูมิต่ำ [2] ซึ่งจะได้แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีอุณหภูมิต่ำมาก แต่โดยทั่วไป

กระบวนการหลาย ๆ กระบวนการ เช่น การใช้แก๊สไนโตรเจนสำหรับป้องกันการผสมของน้ำมันกับอากาศ หรือการใช้แก๊สออกซิเจนสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีชีวภาพและ/หรือใช้ในการแพทย์ เป็นต้น ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนที่มีอุณหภูมิต่ำมาก [3] นอกจากนี้ ในห้องที่ที่อยู่ห่างไกลจากสถานที่ผลิตแก๊ส การขนส่งแก๊สจะทำได้ไม่สะดวกและทำให้เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของต้นทุนที่จะต้องเสียสำหรับค่าขนส่งแก๊สเพิ่มขึ้น สำหรับกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องใช้แก๊สไนโตรเจนหรือแก๊สออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์สูง หรือมีปริมาณการใช้งานไม่มาก จึงควรพิจารณากระบวนการแยกอากาศแบบอื่น ๆ ซึ่งสามารถผลิตแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนที่เหมาะสมกับกระบวนการที่นำแก๊สไปใช้

การประยุกต์ใช้การดูดซับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการแยกแก๊สผสม ซึ่งสามารถแยกแก๊สผสมได้ที่อุณหภูมิห้อง และสามารถเริ่มต้นการผลิตได้เร็ว ความสามารถในการแยกแก๊สผสมด้วยการดูดซับขึ้นกับสมดุลการดูดซับ หรืออัตราการดูดซับ และการดำเนินการดูดซับ [4] ซึ่งได้พัฒนาเป็นกระบวนการแยกแก๊สผสมแล้วหลายกระบวนการ แก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอากาศ สามารถแยกออกจากอากาศได้ด้วย คาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ (Carbon molecular sieve) และซีโอไลต์โมเลกุลาร์ซีฟ (Zeolite molecular sieve) ตามลำดับ ภายใต้กระบวนการแบบความดันสลับ (Pressure Swing Adsorption) จึงมีแนวความคิดที่จะนำวัสดุที่มีอยู่ภายในประเทศมาใช้ประโยชน์ในด้านการดูดซับทดแทนการใช้คาร์บอนโมเลกุลาร์ซีฟ และซีโอไลต์ซึ่งต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ

หินภูเขาไฟเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับการนำมาใช้เป็นตัวดูดซับ ซึ่งเป็นหินที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มแรกเกิดจากการเย็นตัวของลาวาที่ไหลล้นออกมาสู่ผิวโลกแล้วเย็นตัวและแข็งตัว ซึ่งเรียกว่า “หินเพอร์ไลต์ (Perlite)” [5] อีกกลุ่มหนึ่งคือลาวาที่พุ่งขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศและแข็งตัวในขณะที่ตกลงสู่พื้นดิน ซึ่งเรียกหินชนิดนี้ว่า “หินพัมมิช (Pumice)” [5] ดังนั้นจึงมักพบชั้นหินพัมมิชอยู่บนชั้นหินเพอร์ไลต์ และเมื่อภูเขาไฟเกิดการระเบิดหลายครั้ง จึงมักพบชั้นหินพัมมิชและชั้นหินเพอร์ไลต์สลับกัน ณ บริเวณนั้น [6] แหล่งหินภูเขาไฟในประเทศไทยพบที่อำเภอลำานารายณ์และอำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี [6]

ในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากหินพัมมิชในทางเกษตรกรรม เช่น ใช้ผสมกับดินในแปลงเพาะปลูก เพื่อชะลอการชะล้างปุ๋ยเนื่องจากน้ำฝน และใช้กำจัดสิ่งปฏิกูลในบ่อเลี้ยงกุ้ง [5] เป็นต้น จากการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของหินพัมมิช พบว่า หินพัมมิชมีส่วนประกอบที่เป็นผลึกของอะลูมิเนียมซิลิเกต (Aluminosilicate) ซึ่งมีโครงสร้างผลึกในลักษณะเดียวกับผลึกของแร่มอนท์โมริลโลไนท์ (Montmorillonite) [7] ดังนั้นจึงน่าจะมีการ

พัฒนาการใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เช่น การแยกแก๊สไนโตรเจนหรือแก๊สออกซิเจนจากอากาศ เพื่อทดแทนการใช้คาร์บอนโมเลกุลาร์ซีพหรือซีโอไลต์ ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

นอกจากนี้แล้วลักษณะสมบัติเฉพาะของผลึกอะลูมิเนียมซิลิเกตน่าจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ ด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวกในผลึก เช่น แลกเปลี่ยนไอออนของโลหะโซเดียมด้วยไอออนประจุบวกอื่น ๆ เช่น ไอออนของโลหะโปแตสเซียม แคลเซียม ทองแดง หรือเงิน เป็นต้น [7] การปรับเปลี่ยนลักษณะสมบัติดังกล่าวจะมีผลต่อการดูดซับสารประกอบบางชนิด ผลกระทบของการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติด้วยวิธีแลกเปลี่ยนไอออนต่อสมมูลการดูดซับแก๊สต่าง ๆ ได้ศึกษาวิจัยแล้วบางส่วน ดังนี้

Ruthven (1976) [8] ได้ศึกษาการดูดซับแก๊สไนโตรเจน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สออกซิเจน แก๊สมีเทน และแก๊สผสมต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอากาศโดยใช้ซีโอไลต์ชนิด CaA โดยใช้สมมติฐานแบบจำลองการดูดซับของเฮนรี พบว่าซีโอไลต์ชนิด CaA ดูดซับแก๊สไนโตรเจนได้ดีกว่าแก๊สออกซิเจนโดยพิจารณาจากสมมูลการดูดซับและค่าคงที่ของสมมูลการดูดซับตามแบบจำลองของเฮนรี และดูดซับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ดีที่สุด

Sircar (1983) [9] ได้ปรับปรุงสมบัติของตัวดูดซับที่ใช้สำหรับการแยกแก๊สผสม ตัวดูดซับชนิดนี้เตรียมมาจากซีโอไลต์ชนิด NaX และแลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะแคลเซียม ( $\text{Ca}^+$ ) และสตรอนเทียม ( $\text{Sr}^{2+}$ ) 5% - 40% และ 95% - 60% ตามลำดับ ซึ่งตัวดูดซับที่เตรียมได้สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนได้สูงกว่าซีโอไลต์ชนิด NaX ที่ยังไม่ถูกแลกเปลี่ยนไอออน จึงเหมาะสมสำหรับการผลิตแก๊สออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์สูง

Chao (1989) [10] ได้ศึกษาการดูดซับของซีโอไลต์ชนิด NaX ที่มีอัตราส่วนของ  $\text{Si/Al} = 1$  โดยแลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) 80% - 90% ระยะเวลา 1 - 4 ชั่วโมง พบว่าซีโอไลต์ชนิด LiX สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนได้มากขึ้น และสามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนได้มากที่สุดเมื่อแลกเปลี่ยนไอออนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตัวดูดซับที่เตรียมได้นี้สามารถใช้แยกแก๊สไนโตรเจนจากอากาศหรือจากแก๊สผสมที่ไม่มีซัลเฟอร์หรือมีซัลเฟอร์น้อย เช่น แก๊สไฮโดรเจน แก๊สอาร์กอน แก๊สมีเทน ภายใต้การดำเนินการดูดซับแบบความดันสลับ (Pressure Swing Adsorption)

Sherman (1992) [11] ได้ศึกษาการดูดซับของซีโอไลต์ชนิด NaX ที่แลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) และแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) หรือสตรอนเทียม ( $\text{Sr}^{2+}$ ) 50% - 95% และ 50% - 5% ตามลำดับ ระยะเวลา 1 - 4 ชั่วโมง และซีโอไลต์ชนิด NaA ที่แลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) และแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) หรือสตรอนเทียม ( $\text{Sr}^{2+}$ ) 70% - 90% และ 30% - 10% ตามลำดับ

ในช่วงเวลา 1 - 4 ชั่วโมง พบว่าซีโอไลต์ชนิด LiCaX และชนิด LiSrX ที่มีสัดส่วนของ  $\text{Sr}^{2+}$  ไม่เกิน 10% และ  $\text{Ca}^{2+}$  ไม่เกิน 15% และซีโอไลต์ชนิด LiCaA และชนิด LiSrA ที่มีสัดส่วนของ  $\text{Sr}^{2+}$  ไม่เกิน 10% และ  $\text{Ca}^{2+}$  ไม่เกิน 15% สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนได้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับซีโอไลต์ทั้ง 2 ชนิดที่ยังไม่ได้แลกเปลี่ยนไอออน ระยะเวลาสำหรับการแลกเปลี่ยนไอออนที่ให้ผลการดูดซับดีที่สุดคือ 2 ชั่วโมง และซีโอไลต์ชนิด X ดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนมากกว่าซีโอไลต์ชนิด A

Coe (1992) [12] ได้ศึกษาการแยกแก๊สไนโตรเจนจากแก๊สผสมและการแยกแก๊สไนโตรเจนจากองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ดูดซับได้น้อยกว่า เช่น แก๊สออกซิเจน แก๊สไฮโดรเจน แก๊สอาร์กอน หรือแก๊สฮีเลียม โดยใช้ตัวดูดซับประเภทซีโอไลต์ชนิด NaX แลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) กับแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 50% - 95% และ 50% - 5% ตามลำดับ และโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) และสตรอนเทียม ( $\text{Sr}^{2+}$ ) 50% - 95% และ 50% - 5% ตามลำดับ พบว่าซีโอไลต์ชนิด LiCaX และชนิด LiSrX ดูดซับแก๊สไนโตรเจนได้มากกว่าซีโอไลต์เดิมก่อนการแลกเปลี่ยนไอออน

Kirner (1993) [13] ได้ศึกษาการดูดซับของซีโอไลต์ชนิด NaX ที่มีอัตราส่วน Si/Al = 1 ซึ่งแลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) มากกว่า 70% พบว่าสามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับซีโอไลต์ชนิด NaX ก่อนการแลกเปลี่ยนไอออนกับ  $\text{Li}^+$  ตัวดูดซับที่เตรียมได้ชนิดนี้ถูกนำไปใช้สำหรับการแยกอากาศด้วยกระบวนการดูดซับแบบความดันสลับ

Yang (1996) [14] ได้ศึกษาซีโอไลต์ชนิด NaX โดยแลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) และโลหะเงิน ( $\text{Ag}^+$ ) เป็นชนิด LiX และ AgX และซีโอไลต์ผสมของ LiAgX โดยการแลกเปลี่ยนไอออนของ Ag ไม่เกิน 20% พบว่าซีโอไลต์ชนิด LiX ชนิด AgX และชนิด LiAgX ที่มี  $\text{Ag}^+$  ไม่เกิน 10% สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนที่ 25 °C และ 50 °C ได้มากกว่าซีโอไลต์ชนิด NaX เดิม และซีโอไลต์ชนิด AgX สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับซีโอไลต์ชนิด LiX ชนิด LiAgX และซีโอไลต์ชนิด NaX เดิม นั่นคือการแลกเปลี่ยนไอออน  $\text{Ag}^+$  ไม่เกิน 10% มีผลทำให้การดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้น

Huston (1999) [15] ได้ศึกษาการดูดซับของซีโอไลต์ชนิด NaX ที่มีอัตราส่วน Si/Al = 1 ที่ใช้ในกระบวนการแยกอากาศ โดยแลกเปลี่ยนไอออนโลหะโซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) ด้วยไอออนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) พบว่า สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนได้เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับซีโอไลต์ชนิด NaX เดิม และเมื่อแลกเปลี่ยนโลหะลิเทียม ( $\text{Li}^+$ ) ด้วยโลหะเงิน ( $\text{Ag}^+$ ) โดยมีสัดส่วน

ส่วนของ  $Ag^+$  ไม่เกิน 10 % พบว่าซีโอไลต์ชนิด LiAgX สามารถดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนได้มากกว่าซีโอไลต์ชนิด LiX

เกรียงศักดิ์ กิตติพิมาน (2542) [16] ได้เตรียมถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์เข้มข้น 50 % โดยมวล ที่อุณหภูมิ 500 °C เพื่อนำมาศึกษาสมมูลการดูดซับของแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนที่อุณหภูมิ 50 °C ด้วยวิธีไหลผ่านทะลุ และวัดที่อุณหภูมิห้องโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เหลือ พบว่าปริมาณการดูดซับสูงสุดของแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนใกล้เคียงกัน คือไม่เกิน 0.3 มิลลิโมลต่อกรัม

จากผลสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา หินพัมมิชซึ่งเป็นซีโอไลต์จากธรรมชาติชนิดหนึ่ง เป็นวัสดุที่น่าจะศึกษาวิจัยเพิ่มเติม โดยการแลกเปลี่ยนไอออนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของหินพัมมิชให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการดูดซับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสภาวะการแลกเปลี่ยนไอออนและผลกระทบต่อ การดูดซับแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนดังนี้

1. ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือไนเตรตของโลหะเงิน และอุณหภูมิสำหรับการแลกเปลี่ยนไอออน ที่มีต่อการแลกเปลี่ยนไอออนของหินพัมมิช
2. วัดสมมูลการดูดซับของแก๊สไนโตรเจนและแก๊สออกซิเจนด้วยหินพัมมิชที่ถูกแลกเปลี่ยนไอออนแล้วด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาณแก๊ส ณ อุณหภูมิ 0 °C และอุณหภูมิห้อง (28 °C)