

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำด้านเรื่อง

แอมโมเนีย (NH_3) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ใช้มากในอุตสาหกรรมยางพาราเพื่อรักษา สภาพของน้ำยางสดและน้ำยางข้น การผลิตน้ำยางข้นจากน้ำยางสดทำโดยการนำน้ำยางสดมาผ่าน กระบวนการปั่นแยกเพื่อให้เกิดการแยกระหว่างยางน้ำยางและน้ำยางข้น ในขั้นตอนการปั่นแยกนี้ แอมโมเนียที่อยู่ในน้ำยางสดส่วนใหญ่จะถูกแยกไปอยู่ในหางน้ำยาง เมื่อเกิดการแยกแล้วน้ำยางข้นจะ ถูกส่งผ่านไปยังถึงเก็บน้ำยางข้น ในขณะที่หางน้ำยางจะถูกส่งผ่านท่อไปสู่ขั้นตอนการทำยางสกิม โดยในระหว่างการส่งหางน้ำยางผ่านท่อส่งนั้นจะมีการดูดอากาศจากบริเวณท่อส่ง เพื่อส่งเข้าหอดูด ชิมสำหรับการกำจัดแอมโมเนียจากอากาศเสีย โดยใช้น้ำเป็นสารดูดซึมก่อนส่งออกสู่บรรยากาศ

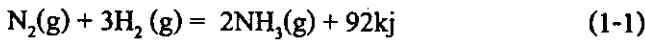
ปัญหาที่พบ คือ การใช้น้ำเป็นสารดูดซึมในหอดูดซึมจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำ ทำให้มีโรงงาน หลายๆ โรงไม่ได้เดินระบบการบำบัดอากาศ ส่งผลให้มีการปล่อยอากาศที่ปนเปื้อนด้วยแอมโมเนียสู่ บรรยากาศโดยไม่มี การบำบัด ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ทั้งภายใน โรงงานและชุมชนโดยรอบ ปัญหาการปล่อยแอมโมเนียสู่บรรยากาศจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ ยิ่งของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำน้ำซีรัมซึ่งเป็นของเสียของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้นมา ใช้เป็นสารดูดซึมแทนการใช้น้ำในการกำจัดแอมโมเนียในอากาศ ซึ่งการนำน้ำซีรัมมาใช้ นอกจากจะ เป็นการนำของเสียของโรงงานมาใช้ประโยชน์แล้วยังเป็นการลดภาระของระบบบำบัดน้ำเสียที่ รองรับน้ำซีรัม เนื่องจากน้ำซีรัมที่ส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ (anaerobic) ได้ น้ำซีรัมมีส่วนผสมของกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) มีค่า pH ในช่วง 3-5 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถนำมาใช้ในการทำปฏิกิริยาสะเทินกับ แอมโมเนียในอากาศเสียได้ แต่ด้วยลักษณะทางกายภาพของน้ำซีรัมที่มีความหนืดสูงและมีการตกค้าง ของเศษยางอยู่บ้าง จึงจำเป็นต้องศึกษาและเลือกระบบการกำจัดแอมโมเนียจากอากาศให้เหมาะสมกับ การใช้งาน

1.2 แอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนีย (NH₃) เป็นสารอินทรีย์ที่จัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

แอมโมเนียเตรียมได้โดยกระบวนการการฮาเบอร์ ซึ่งเตรียมได้จากแก๊ส N₂ และแก๊ส H₂ ทำปฏิกิริยากันโดยใช้ความดันสูง อุณหภูมิต่ำ และเติมตัวตัวเร่งปฏิกิริยา สำหรับการผลิตในอุตสาหกรรมใช้อุณหภูมิ 500°C เพื่อให้เกิดแอมโมเนียแก๊สได้เร็วขึ้น ปฏิกิริยาการเกิดแอมโมเนียแสดงได้ดังสมการนี้



นอกจากนี้แล้วแอมโมเนียยังสามารถเกิดขึ้นได้จากสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อยผุพัง อินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ถูกทิ้งหรือทับถมกันอยู่ เช่น ซากสัตว์ ขยะมูลฝอย และเศษอาหาร เป็นต้น สารอินทรีย์เหล่านี้จะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดิน การย่อยสลายโดยแบคทีเรียบางชนิดจะทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียได้เช่นกัน แอมโมเนียเป็นแก๊สพิษและกัดกร่อน มีอันตรายต่อร่างกาย การได้รับแอมโมเนียทางปากจะทำให้เนื้อเยื่อทางเดินอาหารถูกกัดกร่อน เกิดแผลไหม้ (caustic burn) มีอาการคลื่นไส้ ปวดท้อง อาเจียน หมดสติ เมื่อสัมผัสทางจมูก ตา ผิวหนัง มีอาการทั่วไปคือ ระคายเคือง ยึดอัดหายใจไม่สะดวก เจ็บคอ แน่นหน้าอก ปวดและหลอคลมอักเสบ การสัมผัสแก๊สแอมโมเนียในระดับความเข้มข้นสูงๆ จะทำให้เกิดของเหลวขึ้นในปอดทำให้ปอดบวม น้ำ มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง คลื่นไส้ อาเจียน เกร็งชัก ความดันโลหิตเพิ่ม ตาบอด ผิวหนังเป็นแผลเนื่องจากความเย็น ถ้าได้รับปริมาณสูงทำให้เสียชีวิตได้ในทันที ระดับอันตรายของแอมโมเนียแสดงดังตารางที่ 1-1 สำหรับการสัมผัสในระยะยาว จะมีผลทำให้เกิดการระคายเคือง ตา จมูกและลำคออย่างเรื้อรังและอาจมีผลต่อปอด อาการมากขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณ ระยะเวลา และความต้านทานของแต่ละบุคคล แต่ยังไม่มีการศึกษาเพียงพอถึงความสามารถในการก่อกัมเร่งและผลต่อระบบสืบพันธุ์

ตารางที่ 1-1 แสดงระดับอันตรายของแอม โมเนีย

| ความเข้มข้น แอมโมเนีย (ppm) | ผลต่อผู้สัมผัส | ระยะเวลาที่สัมผัส |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| 5-9 | จมูกเริ่มรับกลิ่นได้ | เมื่อสัมผัส |
| 100 | ผู้สัมผัสบางรายมีอาการระคายเคือง อี๊ดอึด | ½ ชม. |
| 400 | ระคายเคืองลำคอ หายใจติดขัด | ไม่ควรได้รับนานเกิน 1 ชม. |
| 500 | ความดันโลหิตเพิ่ม หายใจติดขัด | ½ ชม. |
| 700 | ระคายเคืองต่อตามาก การมองไม่ชัด | ½ ชม. |
| 1,720 | อาการไอรุนแรง ชัก | หลังได้รับ ½ ชม. ทำให้ เสียชีวิต |
| 5,000-10,000 (0.5-1%) | อาการเกร็งของระบบทางเดินหายใจ สภาวะการขาดออกซิเจนของเนื้อเยื่อ | เสียชีวิตทันที |

ที่มา : <http://www2.diw.go.th/haz/hazard/Library/ammo.htm>

การปล่อยแอมโมเนียสู่บรรยากาศจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ทำให้เกิดเป็นปัญหามลพิษทางอากาศ (air pollution) จนเกิดปัญหามลพิษทางอากาศในวงกว้างและทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น การปนเปื้อนในอากาศจะได้สารประกอบกลุ่มไนโตรเจน NO_x ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะเรือนกระจกและละอองฟุ้งของแอมโมเนียในอากาศ การระบายแอมโมเนียสู่แหล่งน้ำจะมีผลต่อปลาและสัตว์น้ำอื่นโดยตรง คือ ทำให้ปลาเสียชีวิต ค่า pH ของน้ำเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง วงจรโซ่อาหารในระบบนิเวศน์เปลี่ยนแปลง จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาแนวทางการกำจัดแอมโมเนียที่ปนเปื้อนในอากาศและมีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ อย่างต่อเนื่อง (Fabrizioli et al. 2002, Chung et al. 2000, and Melse et al. 2006)

มาตรฐานควบคุม

การควบคุมบรรยากาศการทำงาน โดยปกติแล้วแอมโมเนียจะเบากว่าอากาศปกติ ดังนั้นสถานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับแอมโมเนียควรจัดให้มีการถ่ายเทอากาศที่ดี หากการถ่ายเทอากาศไม่สะดวก จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น พัดลม Hood และท่อดูดระบายอากาศ มาตรฐานสากลกำหนดให้มีปริมาณมลพิษในบรรยากาศการทำงานไม่เกินค่า TLV – TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารมลพิษสำหรับการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน หรือ 40 ชั่วโมง/สัปดาห์ โดยที่คนงานเกือบทุกคนสัมผัสสารดังกล่าวซ้ำๆ หลายๆ วันโดยไม่เกิดอันตรายต่อร่างกาย ซึ่ง TLV – TWA ของแอมโมเนียแสดงดังตารางที่ 1-2

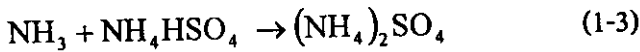
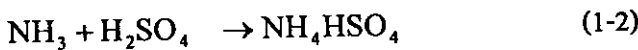
ตารางที่ 1-2 แสดงระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของแอมโมเนียที่ยอมให้มีได้ในบรรยากาศการทำงาน (TLV – TWA) สำหรับประเทศต่างๆ

| ประเทศ | ความเข้มข้น |
|--------------|--------------------------------|
| สหรัฐอเมริกา | 25 ppm (18 mg/m ³) |
| อังกฤษ | 25 ppm (18 mg/m ³) |
| เยอรมัน | 50 ppm (35 mg/m ³) |
| ฝรั่งเศส | 25 ppm (18 mg/m ³) |
| สวีเดน | 25 ppm (18 mg/m ³) |
| ไทย | 50 ppm (35 mg/m ³) |

ที่มา : <http://www2.diw.go.th/haz/hazard/Library/ammo.htm>

ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียและ H₂SO₄

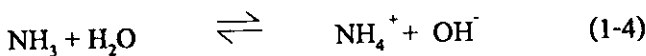
แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกจะได้ผลิตภัณฑ์ คือ แอมโมเนียมไบซัลเฟต ซึ่งแอมโมเนียมไบซัลเฟตสามารถมาทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียได้แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate) ดังแสดงในสมการ (1-2) และ (1-3) (Baek *et al.*, 2003)



แอมโมเนียมซัลเฟต (NH₄)₂SO₄ บางครั้งเรียกว่า Mohrs Salt เป็นสารประกอบเคมีที่ใช้ทำปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟตมีคุณสมบัติเป็นกรดและจะเพิ่มความเป็นกรดของ pH ให้กับดิน และสารประกอบซัลเฟต อื่น เช่น อะลูมิเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมซัลเฟตไม่ละลายในแอลกอฮอล์และแอมโมเนียเหลว

ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียและ H₂O

แอมโมเนียซึ่งเป็นเบสอ่อนสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดังแสดงในสมการ (1-4) (Renard *et al.*, 2004)

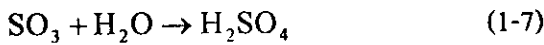
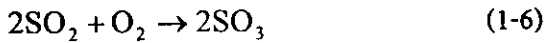


จากสมการ (1-4) แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ซึ่งแอมโมเนียสามารถอยู่ใน 2 รูปแบบ คือ แอมโมเนียมไอออน (NH₄⁺) และนอนไอออน-แอมโมเนีย (NH₃) โดยสัดส่วนระหว่าง NH₄⁺ และแอมโมเนียจะเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากขึ้นอยู่กับค่าพีเอชและอุณหภูมิ เมื่อ

น้ำอยู่ในสถานะเป็นกรด แอมโมเนียส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ NH_4^+ ในทางตรงกันข้ามเมื่อน้ำอยู่ในสถานะเป็นเบส แอมโมเนียส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียที่ pH 11.5 หรือสูงกว่า แก๊สแอมโมเนียจะละลายน้ำโดยไม่มีการแตกตัว โดยจะอยู่ในรูป free แอมโมเนียและที่อุณหภูมิสูงจะทำให้แอมโมเนียส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย และที่อุณหภูมิต่ำแอมโมเนียจะอยู่ในรูปของ NH_4^+

1.3 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)

กรดซัลฟูริก (H_2SO_4 , oil of vitriol) เรียกทั่วไปว่า กรดกำมะถัน มีลักษณะเป็นของเหลวที่เข้มข้นเหมือนน้ำมันใส กรดซัลฟูริกเป็นกรดซึ่งผลิตได้จากปฏิกิริยาดังต่อไปนี้



ถึงแม้ว่าสามารถผลิตกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 100% ได้แต่จะมีการสูญเสีย SO_3 ที่จุดเดือด ทำให้กรดที่ได้เหลือความเข้มข้นประมาณ 98.3% กรดความเข้มข้น 98% มีเสถียรภาพมากในการเก็บรักษา รูปแบบผลิตภัณฑ์ของกรดจะถูกเรียกว่า กรดซัลฟูริกเข้มข้น ("concentrated" sulfuric acid) ประโยชน์โดยทั่วไปของกรดซัลฟูริก คือ ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เป็นตัวชะล้างถ่านหิน เป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน กรดซัลฟูริกมีอันตรายต่อมนุษย์โดยการกัดกร่อนเนื้อเยื่อที่สัมผัส เช่น ทางเดินหายใจ แผลพุพอง เกิดโรคผิวหนัง และระคายเคืองต่อเยื่อเมือก การป้องกัน ต้องระวังต่อไอที่ระเหยและการสัมผัสโดยตรง โดยการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล กรดกำมะถันที่มีความเข้มข้นสูงจะเกิดการกัดกร่อนต่อโลหะและมีคุณสมบัติต่อการดูดน้ำจากอากาศและเมื่อทำปฏิกิริยากับโลหะจะเกิดแก๊สที่ไวไฟซึ่งสามารถเกิดการระเบิดได้

กรดซัลฟูริกมีการใช้ในปริมาณมากในอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น โดยมีการใช้กรดซัลฟูริกในการจับตัวของเนื้อยางในขั้นตอนการผลิตยางสกิมจากยางน้ำยาง เนื่องจากในยางน้ำยางมีแอมโมเนียผสมอยู่ที่ความเข้มข้นสูงจากการใช้แอมโมเนียในการรักษาสภาพของน้ำยางสด ปริมาณการใช้กรดซัลฟูริกจึงต้องมีเพียงพอที่จะใช้ในการสะเทินความเป็นด่างของแอมโมเนียและใช้ในการจับตัวของยางสกิม ซึ่งส่วนใหญ่ทางโรงงานจะมีการเติมกรดซัลฟูริกในปริมาณที่มากเกินไปเพื่อให้ยางจับตัวได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่มีการวัดค่าคุณสมบัติของยางน้ำยางก่อนการเติมกรดซัลฟูริก จึงทำให้น้ำชีรัมซึ่งเป็นส่วนของเหลวใสที่เหลือจากการแยกเนื้อยางออกแล้วมีค่าความเป็นกรดสูง และมีการตกค้างของกรดซัลฟูริกในน้ำชีรัมอยู่มาก

1.4 น้ำซีรัมจากน้ำยาง (serum)

น้ำซีรัมเป็นส่วนประกอบของเหลวและสารธรรมชาติในน้ำยางสด (latex) น้ำยางสดที่ได้จากการกรีด (tapping) ต้นยางออกมาใหม่ๆ จะอยู่ในสภาพที่เรียกว่าสารแขวนลอย (colloids) ซึ่งน้ำยางสดมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

- ส่วนที่เป็นน้ำ (watery) ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (medium) ของสารแขวนลอย ส่วนนี้มีอยู่ในสัดส่วนประมาณ 60% ของน้ำยางสด ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.00

- ส่วนที่เป็นของแข็งแต่ไม่ใช่ยาง (non-rubber solid) ประกอบด้วยโปรตีน (protein) ไขมัน (lipids) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) และเกลืออนินทรีย์ (Inorganic salts) ส่วนนี้มีอยู่ทั้งสิ้นประมาณ 5% โดยน้ำหนักของน้ำยาง โดยสารในส่วนนี้มีทั้งที่อยู่ในรูปสารละลายและสารแขวนลอย องค์ประกอบเหล่านี้ทำให้ส่วนที่เป็นน้ำในน้ำยางสดกลายเป็นน้ำที่ไม่บริสุทธิ์ น้ำยางที่รวมเอาส่วนนี้เข้าไปด้วยเรียกว่า Serum มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.02

- ส่วนที่เป็นยาง (rubber hydrocarbon) เป็นส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์สำหรับผลิตเป็นยางแผ่น ยางแท่ง ยางเครพ หรือยางทุกรูปแบบที่ซื้อขายกันอยู่ในตลาด น้ำยางที่ยังสดอยู่ส่วนนี้จะมีลักษณะเป็นเม็ดๆ เรียกว่า อนุภาคยาง (rubber particles) ซึ่งแขวนลอย (suspended) อยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว (serum) และมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ (negative charges) อนุภาคยางมีความถ่วงจำเพาะ 0.92 ซึ่งเบากว่าส่วนที่เป็นตัวกลางที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.02 แต่การที่อนุภาคยางไม่ลอยฟ่องอยู่บนผิวหน้าของตัวกลางก็เพราะแรงผลักรังกันและกันอันเนื่องมาจากการมีประจุไฟฟ้าที่เหมือนกันทำให้อนุภาคยางเคลื่อนที่ไปมาแบบไร้ทิศทาง (brownian movement) อยู่เสมอ อนุภาคยางจะหยุดการเคลื่อนที่เมื่อประจุไฟฟ้ารวมของน้ำยางเป็นศูนย์ (isoelectric point) จากนั้นก็จะจับตัวกันเป็นก้อนลอยฟ่องบนผิวของน้ำซีรัม การผลิตยางแผ่น ยางแท่ง หรือยางเครพ โดยการเติมกรด จะเป็นการทำเพื่อวัตถุประสงค์ของการทำให้ประจุไฟฟ้ารวมของน้ำยางเป็นศูนย์ ในทางตรงกันข้ามหากต้องการถนอมน้ำยางไม่ให้แยกตัวออก ก็จะเติมแอมโมเนียเพื่อให้ประจุลบที่เกิดจาก (OH)⁻ ไปจับอนุภาคยางเอาไว้ เพื่อทำหน้าที่เป็นป้องกันประจุบวก (Positive Charges) ที่จะเข้าไปทำให้ประจุลบบนอนุภาคยางเป็นศูนย์

ส่วนที่เป็นเนื้อยางในน้ำยาง (Dry Rubber Content, DRC) มีปริมาณที่ไม่แน่นอน มีตั้งแต่ 22% จนถึง 48% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ยาง อายุ ระบบกรีด แต่โดยทั่วไปแล้วน้ำยางสดจะมีส่วนที่เป็นเนื้อยางเฉลี่ยประมาณ 35% น้ำยางสดจะถูกนำมาผลิตเป็นน้ำยางที่มีความเข้มข้นของเนื้อยางที่สูงขึ้น ซึ่งเรียกว่า น้ำยางข้น (concentrated latex) โดยทำการแยกเอาส่วนที่ไม่ใช่ยางซึ่งมีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและส่วนที่เป็นของแข็ง (non-rubber solid) ออกจากส่วนที่เป็นยาง โดยใช้แรงเหวี่ยง (centrifuging Force) ผลผลิตน้ำยางที่ได้เรียกว่าน้ำยางข้น และส่วนของผลผลิตพลอยได้จะเรียกว่าหางน้ำยาง (skim latex)

ในส่วนของหางน้ำยางจะมีเนื้อยางอยู่ประมาณ 4% และถูกนำมาใช้ในการผลิตยางสกิน (skim rubber) โดยการเติมกรดซัลฟูริกให้เนื้อยางจับตัวและแยกออกจากของเหลว ทำให้ได้ส่วนที่เป็นของเหลวซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำยางสดที่เรียกว่า น้ำซีรัม คุณสมบัติของน้ำซีรัมที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นแสดงได้ดังตาราง 1-3

ตารางที่ 1-3 คุณสมบัติของน้ำซีรัม

| BOD (mg/l) | pH | TKN (mg/l) | Chloride (mg/l) |
|------------|-----|------------|-----------------|
| 22,000 | 3-5 | 3000-4000 | 10 |

น้ำซีรัมมี pH ที่ต่ำอันเนื่องจากการตกค้างของกรดซัลฟูริกในน้ำซีรัมจากการใช้กรดในปริมาณมากสำหรับการจับตัวของยางสกิน น้ำซีรัมที่ได้จากระบบนี้จะถูกส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางชั้น ซึ่งหากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นระบบบ่อบำบัดแบบไร้อากาศที่เป็นบ่อเปิด ก็จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นจากแก๊สไข่เน่าหรือแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide, H₂S) ที่เกิดขึ้น ส่งกลิ่นรบกวนภายในโรงงานและชุมชนรอบๆ โรงงาน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการประท้วงของชุมชนเพื่อให้ปิดโรงงานน้ำยางชั้นในหลายแห่ง นอกจากนั้นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ยังทำให้เกิดการกัดกร่อนของโลหะบริเวณโรงงานและชุมชนอีกด้วย

1.5 การดูดซึมแก๊ส (gas absorption)

การดูดซึมเป็นกระบวนการดูดซึมสารปนเปื้อนในอากาศเสียโดยใช้สารตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือสารละลาย สารที่ใช้เป็นสารดูดซึมส่วนมากจะเป็นของเหลว เช่น น้ำ สารละลายจำพวกกรด ค่าง ในการเลือกใช้สารดูดซึมจะพิจารณาจากความสามารถในการดูดซึมสารปนเปื้อนที่ต้องการสูง ระบายได้น้อย ไม่เกิดฟอง ไม่ติดไฟ ไม่กัดกร่อน ไม่เป็นพิษ มีค่าความหนืดต่ำและราคาไม่แพง ซึ่งสารดูดซึมที่ใช้ในกระบวนการอาจถูกนำมาใช้ใหม่เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดและในการดำเนินการ การดูดซึมถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการควบคุมการปล่อยสารมลพิษทางอากาศที่เป็นแก๊สประเภทสารประกอบอินทรีย์ การดูดซึมเป็นการทำงาน โดยส่วนผสมของแก๊สที่มีองค์ประกอบเดียวหรือมากกว่าและการถ่ายโอนมวลสารที่เลือกที่จะอยู่ในของเหลว การดูดซึมองค์ประกอบของแก๊ส โดยของเหลวเกิดขึ้นเมื่อของเหลวมีความเข้มข้นน้อยกว่าจุดสมดุลขององค์ประกอบของแก๊ส ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นที่เป็นจริง และจุดสมดุลเป็นแรงขับ (driving force) สำหรับการดูดซึม อัตราส่วนของการดูดซึมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพของแก๊สต่อของเหลว เช่น ความสามารถในการแพร่กระจาย ความหนืด หรือความหนาแน่น เป็นต้น และสถานะในการทำงานของตัวดูดซึม เช่น อุณหภูมิ อัตราการไหลของแก๊ส หรือกระแสของเหลว เป็น

ต้น การดูดซึมสามารถเป็นได้ทั้งขบวนการทางกายภาพและเคมีขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซึมแก๊สที่ถูกดูดซึม

การดูดซึมแก๊สทางกายภาพ การดูดซึมทางกายภาพเกิดขึ้นเมื่อสารประกอบที่ถูกดูดซึมละลายได้ง่ายในตัวทำละลาย ในขณะที่มีปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบที่ถูกดูดซึมและสารตัวทำละลายเป็นเทอมของขบวนการดูดซึมทางเคมี ถ้าสิ่งที่ปะปนของแก๊สสามารถละลายน้ำได้ง่ายประสิทธิภาพที่ได้จะสูงขึ้น ในบางกรณีสารเคมีอาจถูกเติมลงไปในของเหลวเพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายของสารปนเปื้อน สารเคมีเหล่านั้นอาจเพิ่มลักษณะการละลายทางกายภาพของสิ่งปนเปื้อน การเลือกของเหลวเพื่อการดูดซึมให้เหมาะสมอาศัยพื้นฐานของประสิทธิภาพที่ต้องการในการบำบัดและราคาของของเหลว น้ำเป็นทางเลือกอันดับแรกของการดูดซึมเพราะว่าสารปนเปื้อนในแก๊สหลายๆชนิดสามารถละลายน้ำได้

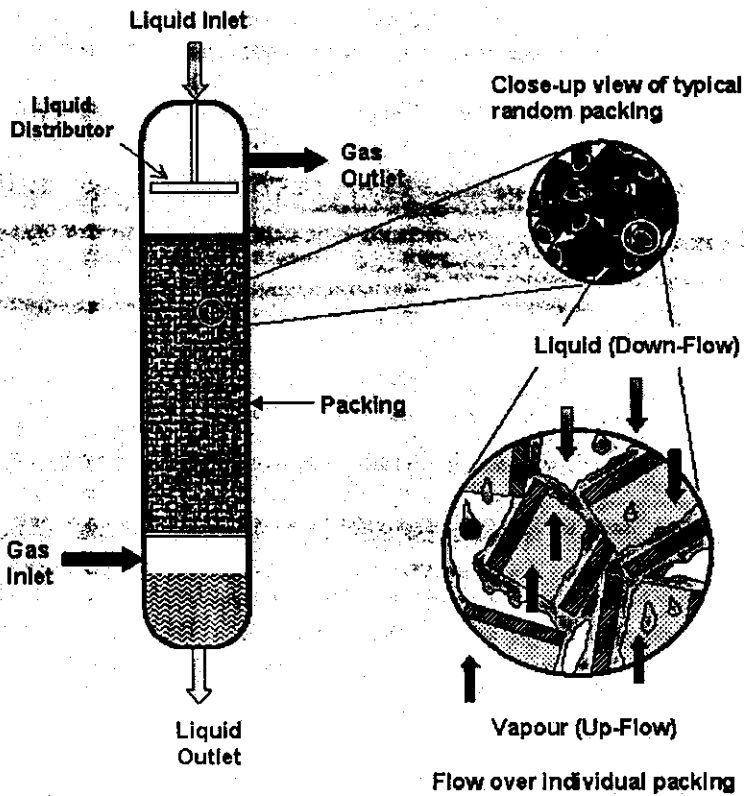
การดูดซึมด้วยปฏิกิริยาเคมี การดูดซึมด้วยปฏิกิริยาเคมีในเฟสของเหลวถูกใช้บ่อยครั้งเพื่อจะได้รับการแยกหรือการบำบัดตัวละลายจากแก๊สผสมได้อย่างสมบูรณ์ เช่น การใช้สารละลายกรดเจือจางในการกำจัดแอมโมเนียในกระแสแก๊ส หรือการใช้สารละลายเบสในการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากกระแสแก๊ส การเกิดปฏิกิริยาในเฟสของเหลวจะลดความดันส่วนสมดุลหรือ โมลแฟร็กชันของตัวละลายที่เกิดจากสารละลาย ซึ่งจะเพิ่มแรงขับเคลื่อนของการถ่ายโอนมวลอย่างมาก ข้อดีของการดูดซึมร่วมกับปฏิกิริยาเคมี คือ การเพิ่มขึ้นของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวล บางส่วนของการเพิ่มขึ้นเกิดจากพื้นที่ระหว่างหน้าสัมผัส (effective interfacial area) ที่มากขึ้น เนื่องจากการดูดซึมสามารถเกิดขึ้นได้ในส่วนที่เกือบจะอยู่นิ่ง (static holdup) เช่นเดียวกับในส่วนของเหลวคงค้างพลวัต (dynamic liquid holdup) ตัวอย่างการดูดซึมด้วยปฏิกิริยาเคมีแสดงดังตาราง 1-4

ตาราง 1-4 ชนิดของสารเคมีในเฟสของเหลวที่ใช้ดูดซึมสารพิษในอากาศด้วยปฏิกิริยาเคมี

| สารพิษในอากาศ | สารดูดซึมในเฟสของเหลว |
|------------------|---|
| HCl | NaOH |
| NH ₃ | H ₂ SO ₄ , HCl, NaOCl |
| Cl ₂ | NaOH |
| SO ₃ | NaOH |
| SO ₂ | Na ₂ CO ₃ |
| Br ₂ | NaOH |
| H ₂ S | NaOH, NaOCl |
| CO ₂ | NaOH |

1.6 หอดูดซึม (Absorber)

เครื่องมือทั่วไปที่ใช้ในการดูดซึมแก๊ส คือ แพคคอลัมน์หรือคอลัมน์บรรจุ (packed column) ซึ่งเป็นระบบหอดูดซึมแบบพื้นฐานที่นำมาใช้สำหรับการดูดซึมแก๊ส ประกอบด้วยคอลัมน์ทรงกระบอก มีอุปกรณ์เพื่อช่วยในการกระจายแก๊สและของเหลวอยู่ด้านล่างและบนของคอลัมน์ตามลำดับ ภายในคอลัมน์บรรจุด้วยของแข็ง เรียกว่า แพคกิ้งหรือวัสดุบรรจุ (packing) ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยา ไม่กัดกร่อน และราคาถูก เช่น ดินเผา พอร์เซเลน พลาสติกต่างๆ เป็นต้น วัสดุบรรจุจะทำหน้าที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเฟสแก๊สและเฟสของเหลว ทำให้เกิดความปั่นป่วน (turbulent) ภายในเฟสแก๊สและของเหลว และทำให้เฟสแก๊สมีระยะเวลา (residence time) ภายในคอลัมน์ที่เพียงพอในการสัมผัสกับเฟสของเหลว เพื่อให้เกิดการถ่ายโอนมวลสารระหว่างเฟสได้ดี และให้ประสิทธิภาพในการบำบัดสูง ในกรณีที่เฟสแก๊สมีอนุภาคของแข็งเจือปน เมื่อกระแสแก๊สไหลผ่านพื้นที่เปิดของวัสดุบรรจุ อนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถไหลไปตามกระแสของแก๊สได้ แต่จะติดค้างที่ผิวของวัสดุบรรจุหรือสะสมในเฟสของเหลวที่ไหลผ่าน Packing bed เป็นสาเหตุให้เกิดการอุดตัน (plugging) ในช่องว่างระหว่างวัสดุบรรจุ ตัวอย่างรูปแบบของแพคคอลัมน์แสดงในได้ดังรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ตัวอย่างรูปแบบของแพคคอลัมน์ที่ใช้ในระบบบำบัดอากาศเสีย

ในการดำเนินกระบวนการของหอดูดซึม ทำได้โดยการป้อนกระแสอากาศที่ปนเปื้อนด้วยสารพิษให้ไหลเข้ามาทางด้านล่างของหอดูดซึมและไหลขึ้นสู่ชั้นของตัวกลาง ส่วนของเหลวที่เป็นสารดูดซึมจะถูกป้อนเข้าทางด้านบนของชั้นของตัวกลางโดยวิธีการสเปรย์ และไหลลงสู่ชั้นของตัวกลาง ในทางทฤษฎีวิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงสุดถ้าสามารถกระจายสารดูดซึมให้ทั่วหอดูดซึม ซึ่งจะทำให้กระแสอากาศสัมผัสกับของเหลวที่เป็นสารดูดซึมได้มากที่สุด โดยกระบวนการทั้งหมดเกิดในคอลัมน์ขนาดที่มีความสูงเพียงพอ ซึ่งการออกแบบหอดูดซึมจะเป็นการกำหนดอัตราการไหลของสารดูดซึมและการคำนวณหาขนาดของหอดูดซึม

พารามิเตอร์ดำเนินการพื้นฐานสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด คือ ความสามารถในการละลายของสารปนเปื้อน สารปนเปื้อนที่สามารถละลายในสารดูดซึมได้สูงจะให้ประสิทธิภาพการบำบัดสูงในช่วงสภาวะดำเนินการที่หลากหลาย นอกจากนี้ยังมีพารามิเตอร์สำคัญอื่นๆ ดังนี้

- ความเร็วแก๊ส (gas velocity) คอลัมน์บรรจุจะถูกออกแบบโดยพิจารณาจากความเร็วแก๊สที่ไหลผ่านคอลัมน์บรรจุ ความเร็วแก๊สจะทำให้เกิดการผสมและปั่นป่วนระหว่างเฟสได้ดี อย่างไรก็ตามอัตราการไหลต้องไม่เร็วเกินไป จนเกิดภาวะท่วม (Flooding)

- อัตราการไหลของเหลว (liquid flow rate) โดยปกติแล้วการเพิ่มอัตราการไหลของเหลว จะทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดดีขึ้น แต่ปริมาณของอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงขึ้นด้วย ดังนั้นในการดำเนินการต้องพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสม

- ขนาดของวัสดุบรรจุ (packing size) วัสดุบรรจุขนาดเล็กจะให้พื้นที่ผิวสัมผัสสูงซึ่งจะช่วยเพิ่มการดูดซึมแก๊ส แต่ช่องว่างระหว่างวัสดุบรรจุจะลดลงทำให้ความดันตกในคอลัมน์บรรจุเพิ่มขึ้น

- ความสูงของคอลัมน์บรรจุ (packing height) คอลัมน์บรรจุที่สูงขึ้นจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทั้งหมดและระยะเวลาในการบำบัดให้มากขึ้น ทำให้มีประสิทธิภาพการบำบัดสูง แต่ความดันตกและค่าใช้จ่ายก็สูงขึ้นด้วย ดังนั้นส่วนใหญ่เมื่อต้องการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและระยะเวลาในการบำบัดจะพิจารณาจากการเลือกใช้ชนิดและขนาดของวัสดุบรรจุให้เหมาะสมมากกว่าการเพิ่มความสูงของคอลัมน์

การสัมผัสระหว่างแก๊สและของเหลวในหอดูดซึม

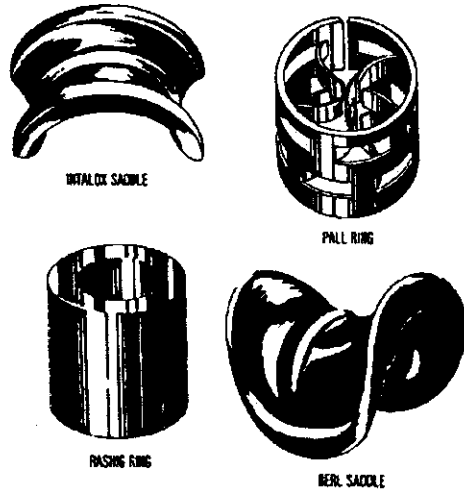
ในแนวทฤษฎี เมื่อของเหลวไหลผ่านวัสดุบรรจุสู่ด้านล่างของคอลัมน์ จะเกิดฟิล์มบางๆ เคลือบทั่วผิวของวัสดุบรรจุ แต่ในความจริงแล้วฟิล์มมีแนวโน้มที่จะหนาขึ้นหรือบางลงในบางแห่ง

และของเหลวจะมีการรวมตัวกันเป็นกระแสเล็กๆ ไหลเป็นวิถีเฉพาะตำแหน่งผ่านวัสดุบรรจุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อัตราการไหลของเหลวต่ำ พื้นที่ผิวของวัสดุบรรจุจำนวนมากอาจแห้งหรือปกคลุมด้วยฟิล์มของเหลวที่อยู่นิ่ง อิทธิพลนี้เรียกว่า Liquid channeling และในทำนองเดียวกัน ที่อัตราการไหลของแก๊สต่ำ กระแสแก๊สจะไม่สามารถไหลกระจายทั่วทั้งคอลัมน์ แต่จะเลือกเคลื่อนที่ผ่านในทิศทางที่มีความต้านทานการไหลน้อย เรียกว่า Gas channeling

ปรากฏการณ์ Channeling ที่เกิดขึ้นเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้คอลัมน์บรรจุขนาดใหญ่ โดยเฉพาะที่มีการบรรจุวัสดุบรรจุแบบเรียงตัวมีประสิทธิภาพต่ำลง ทั้งนี้สามารถลดปรากฏการณ์นี้ได้โดยการให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางคอลัมน์มีขนาดใหญ่กว่า 8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางวัสดุบรรจุ หากอัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางคอลัมน์ขนาดวัสดุบรรจุมีขนาดน้อยกว่า 8 ของเหลวและแก๊สมีแนวโน้มที่จะไหลออกนอกวัสดุบรรจุโดยไหลตามผนังของคอลัมน์ ดังนั้นอุปกรณ์เพื่อช่วยในการกระจายตัวเริ่มต้นสำหรับกระแสแก๊สและของเหลว (distributor) มีส่วนสำคัญต่อสมรรถนะของคอลัมน์ และถึงแม้จะมีอุปกรณ์กระจายตัวเริ่มต้นที่ดีก็ตาม ระหว่างกลางส่วนของวัสดุบรรจุทุกๆ ความสูง 5 – 10 เมตรของคอลัมน์ จะต้องมีอุปกรณ์เพื่อช่วยกระจายตัวซ้ำ (redistributor) เพื่อให้กระแสแก๊สและของเหลวกลับมาไหลกระจายทั่วคอลัมน์ ทำให้คอลัมน์บรรจุมีประสิทธิภาพทั่วทั้งคอลัมน์

วัสดุบรรจุ (Packing)

วัสดุบรรจุถูกแบ่งออกเป็น 3 ชนิดหลักคือ ชนิดแบบเตลุ่ม ไปในหอ ชนิดที่จัดเรียงด้วยมือ และชนิดที่มีโครงสร้างหรือลำดับที่แน่นอน วัสดุบรรจุแบบเตลุ่มจะมีขนาดชั้นระหว่าง 6-75 มิลลิเมตร (1/4-3 นิ้ว) ในมิติหลัก (Major dimension) วัสดุที่มีขนาดเล็กกว่า 25 มิลลิเมตร ถูกใช้ใน ห้องปฏิบัติการหรือคอลัมน์โรงงานทดลอง (Pilot-plant) วัสดุบรรจุแบบเรียงมีขนาด 50-200 มิลลิเมตร (2-8 นิ้ว) ซึ่งจะใช้น้อยกว่าวัสดุแบบเตลุ่ม ปริมาตรว่าง (Void space) ที่สูงและให้ช่องทางผ่านของเหลวที่กว้างจะได้จากวัสดุที่รูปร่างไม่แน่นอน (Irregular) หรือกลวง ซึ่งจะทำให้แฟรกชันว่าง (Void fraction) หรือความพรุน (Porosity) สูงถึง 60-90% วัสดุบรรจุที่ใช้กันทั่วไปแสดงคังรูปที่ 1-2 วัสดุบรรจุชนิด Berl saddle และ Raschig ring เป็นวัสดุบรรจุแบบเก่าดั้งเดิมซึ่งใช้ไม่มากในปัจจุบัน Intalox Metal จะมีรูปร่างคล้ายคลึงกับ Berl saddle แต่รูปร่างจะป้องกันการเกิด Nesting และทำให้มีความพรุนมากขึ้น Pall ring ถูกทำด้วยโลหะบางที่มีบางส่วนของผนังงอเข้าด้านใน หรือทำจากพลาสติกโดยมีช่อง (Slot) ในผนังและมี Rib ที่แข็งแรงภายนอก วัสดุบรรจุแบบ Pall ring จะมีแฟรกชันว่างมากกว่า 90% และเกิดความดันลดต่ำ



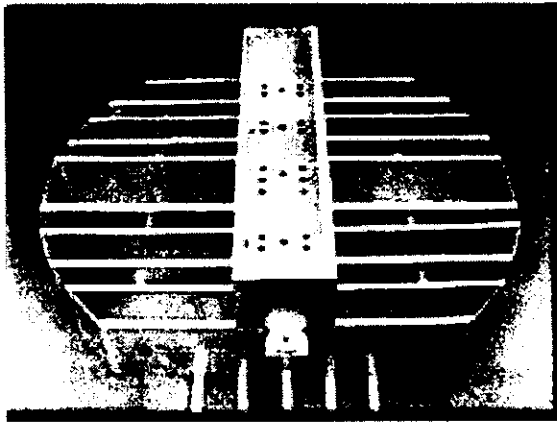
รูปที่ 1-2 วัสดุบรรจุที่ใช้กันทั่วไปสำหรับหอดูดซึม

อุปกรณ์กระจายแก๊สในหอดูดซึม (gas distributor)

รูปแบบการกระจายตัวของแก๊สภายในคอลัมน์บรรจุมีอิทธิพลสำคัญต่อประสิทธิภาพการบำบัดสารปนเปื้อน อุปกรณ์กระจายตัวของแก๊ส ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นลาดเจาะรู ทำมาจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารปนเปื้อนในกระแสแก๊สและของเหลวในระบบ ทนต่อการกัดกร่อน และราคาถูก ทำหน้าที่ช่วยกระจายแก๊สภายในคอลัมน์บรรจุ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวรองรับวัสดุบรรจุภายในคอลัมน์อีกด้วย ในกรณีที่คอลัมน์บรรจุมีความสูงมาก อุปกรณ์กระจายแก๊สจะถูกนำมาวางระหว่างเซกชันของวัสดุบรรจุ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์กระจายตัวซ้ำ (redistributor) เพื่อช่วยให้กระแสแก๊สที่ไหลตามผนังของคอลัมน์กลับมาไหลกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งคอลัมน์

อุปกรณ์กระจายของเหลวในหอดูดซึม (liquid distributor)

นอกจากอุปกรณ์กระจายแก๊สแล้ว อุปกรณ์กระจายของเหลวเป็นอุปกรณ์สำคัญอีกชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ให้ของเหลวไหลกระจายทั่วทั้งคอลัมน์และสามารถสร้างฟิล์มเคลือบทั่วผิวของวัสดุบรรจุ อุปกรณ์กระจายของเหลวทั่วไปมีลักษณะเป็นชุดท่อหรือลาดเจาะรู หัวฉีด และเวียร์ เป็นต้น ในการเลือกใช้อุปกรณ์กระจายของเหลวจะพิจารณาเลือกชนิดให้เหมาะสมในการใช้งานและราคา ตัวอย่างของอุปกรณ์กระจายของเหลวแสดงได้ดังรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 ตัวอย่างของอุปกรณ์กระจายของเหลวที่ใช้ในหอดูดซึม

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Gamisans X. *et al.* (2002) ศึกษาการดูดซึมของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และแก๊สแอมโมเนียจากกระแสแก๊สเข้าสู่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 kmol/m^3 และสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.4 kmol/m^3 ตามลำดับ โดยใช้ ejector-venturi scrubber โดยทำการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของแก๊ส (ช่วงความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับ 280-1300 ppm และช่วงความเข้มข้นของแอมโมเนีย เท่ากับ 10-40 ppm) อัตราการไหลของแก๊ส ($500\text{-}1800 \text{ m}^3/\text{h}$) อัตราการไหลของสารละลาย ($2.5\text{-}7.3 \text{ m}^3/\text{h}$) และชนิดของ ejector-venturi scrubber เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการของ ejector-venturi scrubber แบบต่างๆ พบว่าตัวแปรหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซึมประกอบด้วย อัตราการไหลของแก๊ส อัตราการไหลของเหลวดูดซึม ความเข้มข้นของแก๊ส และได้สังเกตพบว่าความเข้มข้นของของเหลวดูดซึมไม่มีผลต่ออัตราการดูดซึมเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับโมลาร์ของอัตราการไหลของของไหลดูดซึมกับโมลาร์ของอัตราการไหลของแก๊ส และยังพบว่าที่ความเข้มข้นแก๊สกระแสเข้าสู่สูงจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงเนื่องมาจากอิทธิพลของแรงขับเคลื่อน (Driving force)

Tsai *et al.* (2004) ศึกษา emission rate, emission profile, emission factor และประสิทธิภาพการควบคุมการปล่อยสารที่ระเหยจากของเหลวที่เป็นกรด เช่น H_2SO_4 , HF, HCl และของเหลวค้างแอมโมเนียสู่บรรยากาศ ซึ่งของเหลวเหล่านี้มีการใช้กันมากในกระบวนการทำความสะอาดและแม่พิมพ์ของอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีขั้นสูงของได้หวัน งานวิจัยนี้ได้ทำการวัดความเข้มข้นของสารเหล่านี้ที่ทางเข้าและทางออกของคอลัมน์วัดดูดซับ ซึ่งการเก็บตัวอย่างอากาศเสียทำได้โดยใช้อุปกรณ์โลหะรูพรุน พบว่ามลพิษเกิดจากการระเหยของของเหลวไปอยู่ในสภาวะแก๊สเป็นหลัก และประสิทธิภาพการบำบัดค่อนข้างต่ำ

Zijlma *et al.* (2002) ศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอมโมเนียกับออกซิเจนในปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (small fixed bed reactor) ในช่วงอุณหภูมิ 750-950°C และอิทธิพลของออกซิเจน โดยใช้ Catalyst เพื่อนำไปพัฒนาโมเดลการแพร่ของ NO จาก reactor โดยจะปล่อยกระแสของ O₂, NO และ N₂ เข้าด้านล่างของ reactor ส่วนกระแสของแอมโมเนียและ N₂ จะถูกปล่อยเข้าทางด้านบนของ reactor แก๊สทั้ง 2 กระแสจะไหลสวนทางและผสมกันเหนือ catalyst จากการศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยา พบว่าอันดับปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอมโมเนีย เป็นอันดับหนึ่ง (First order reaction) และพบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ขึ้นอยู่กับ NO และอิทธิพลของออกซิเจนเป็นไปตาม Langmuir model

Hung *et al.* (2003) ศึกษาการออกซิเดชันของสารละลายแอมโมเนียในเฟสของเหลวใน trickle-bed reactor (TBR) โดยใช้ Cu/La/Ce catalyst สารละลายแอมโมเนียจะถูกป้อนเข้าทางด้านบนของปฏิกรณ์ ในขณะที่แก๊สออกซิเจนจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างด้วยอัตราการไหลเท่ากับ 1.0 ml/min ดำเนินการที่ระยะเวลาที่แอมโมเนียอยู่ในปฏิกรณ์ (Residence time) เท่ากับ 1.5-9 h⁻¹ อุณหภูมิ 150-230 °C ช่วงความเข้มข้นของแอมโมเนียที่ศึกษาเป็น 400 -1000 mg/l ความดันส่วนของออกซิเจนเท่ากับ 2.0 MPa. และค่าพีเอชของแอมโมเนียทางเข้าเท่ากับ 11±0.2 พบว่าค่าพีเอชมีอิทธิพลที่สำคัญต่อ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนีย ที่สถานะเป็นกลางหรือกรดแอมโมเนียจะอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออนซึ่งไม่สามารถแพร่ไปอยู่แก๊สเฟสและไม่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาบนผิวคะตะลิสต์ได้ เป็นผลให้ที่ค่าพีเอชต่ำ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียต่ำ สำหรับที่พีเอชสูง (11±0.2) เมื่อมีการใช้คะตะลิสต์ทำให้ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงมีค่าสูงขึ้นเป็น 51-91% และค่า Selectivity ของผลิตภัณฑ์ Nitrates และ Nitrites อยู่ในช่วง 1-45% และ 3-42% ตามลำดับ จากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของแอมโมเนียจะเกิด by-product คือ Nitrates และ Nitrites ซึ่งมีอิทธิพลต่อการถ่ายโอนมวลของ Nitrites และแอมโมเนียระหว่างเฟสแก๊ส-ของเหลว จากงานวิจัย พบว่าค่าพีเอชเป็นพารามิเตอร์ที่มีอิทธิพลสำคัญต่อการบำบัดแก๊สแอมโมเนีย

Chungsiriporn *et al.* (2005) ได้ทำการศึกษาการกำจัดแอมโมเนียในอากาศเสีย โดยใช้ Packed column ซึ่งมีการเปรียบเทียบผลการบำบัดโดยใช้สารดูดซับ 4 ชนิด คือ น้ำ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และกรดซัลฟูริก พบว่ากรดซัลฟูริกให้ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียได้สูงที่สุดถึง 99% โดย pH ของสารดูดซับที่ให้ผลการบำบัดนี้ คือ pH ต่ำกว่า 6

Kankyo (1994) จดสิทธิบัตรเลขที่ JP 06-182146 เกี่ยวกับกำจัดซัลเฟอร์ออกไซด์ในอากาศเสีย (Flue gas) ด้วยวิธี Desulfurization method ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการดูดซับซัลเฟอร์ออกไซด์และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของซัลไฟด์ไอออน ซึ่งการดูดซับเกิดขึ้นในคอลัมน์ที่มีสารดูดซับ ชนิด แคลเซียมคาบอเนต โดยการให้อากาศเสียไหลผ่านสารดูดซับทางส่วนล่างของคอลัมน์ภายในคอลัมน์ประกอบด้วยแผ่นเจาะรู (Perforated plate) ซึ่งมีพื้นที่เปิด 20-40% ของพื้นที่แผ่น

ทั้งหมด โดยมีการติดตั้งแผ่นเจาะรูอย่างน้อย 2 แผ่นภายในคอลัมน์ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการสัมผัสและการกระจายตัวของของเหลวและอากาศเสีย และการกำจัดซัลเฟอร์ออกไซด์จะดำเนินการที่อัตราส่วนของแก๊ส-ของเหลวเป็น 3:15

1.8 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบระบบปฏิกรณ์หอดูดซึมชนิด Perforate Plate Column (PPC), Semi-batch Reactor และ Packed column สำหรับการบำบัดแอมโมเนียในอากาศเสียโดยใช้น้ำซีรัมของโรงงานน้ำยางข้น
2. เพื่อหาชนิดของปฏิกรณ์หอดูดซึมและสภาวะการดำเนินการที่เหมาะสมในการดำเนินการบำบัดแอมโมเนียในอากาศเสียโดยใช้น้ำซีรัม
3. เพื่อการออกแบบระบบการบำบัดแอมโมเนียในอากาศเสียสำหรับการใช้งานในโรงงานผลิตน้ำยางข้นโดยใช้น้ำซีรัม

1.9 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถบำบัดแอมโมเนียจากอากาศเสียของโรงงานน้ำยางข้นได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น
2. การใช้น้ำเสียจากการผลิตยางสกิมในการบำบัดแอมโมเนียในอากาศเสีย จะช่วยลดปริมาณกรดซัลฟูริกในน้ำเสียจากการผลิตยางสกิมก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) จากระบบบำบัดน้ำเสีย
3. ได้ระบบบำบัดแอมโมเนียในอากาศเสียที่ใช้ต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ต่ำที่จะสามารถนำไปใช้งานในโรงงานน้ำยางข้นทั่วไปได้
4. ได้แบบปฏิกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดแอมโมเนียในอากาศโดยใช้น้ำซีรัมที่สามารถสร้างและใช้งานในระดับอุตสาหกรรม