

บทที่ 2

การกำจัด NH_3 ในหางน้ำยางโดยใช้กระแสลมเป่าในรางปิดแบบสวนทางจรรยา อินทมณี^{1*}, จันทิมา ชั่งศิริพร¹ และจรัญ บุญกาญจน์¹

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112

(janya.i@psu.ac.th)

บทคัดย่อ

การผลิตยางสกิมจากหางน้ำยางในโรงงานน้ำยางชั้นมีการใช้กรดซัลฟูริกในปริมาณมากเพื่อการจับตัวของยาง ปริมาณกรดที่ใช้ส่วนหนึ่งจะสะเทินกับแอมโมเนีย (NH_3) ที่ตกค้างในหางน้ำยาง ซึ่งหากมี NH_3 ตกค้างในหางน้ำยางมากก็จะมีกรดที่สิ้นเปลืองมาก ซึ่งนอกจากทำให้ต้นทุนการผลิตยางสกิมสูงแล้วยังทำให้เกิดการตกค้างของซัลเฟตไปยังระบบบำบัดน้ำเสียด้วย การกำจัด NH_3 จากหางน้ำยาง ให้เหลือความเข้มข้นต่ำที่สุดจึงเป็นสิ่งสำคัญ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการกำจัด NH_3 จากหางน้ำยาง โดยทำการศึกษากาโรไลสวนทางของกระแสลมกับหางน้ำยางในรางปิดขนาดยาว 20 เมตร กว้าง 0.2 เมตร สูง 0.1 เมตร ปัจจัยหลักและช่วงการศึกษา คือ อัตราการไหลของหางน้ำยาง 0.2-0.3 m^3/h ความเร็วลม 2.0-5.0 m/s ความเข้มข้นของ NH_3 ในหางน้ำยางและอุณหภูมิของกระแสลมร้อนที่อุณหภูมิ 30-70°C ผลการศึกษาพบว่าการใช้ลมเป่าที่ผิวหน้าหางน้ำยางที่ไหลผ่านรางทำให้มีอัตราการระเหยของ NH_3 เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 2 เท่าของการไหลผ่านรางโดยไม่เป่าผ่าน และการเพิ่มความเร็วของกระแสลมมีผลต่อการเพิ่มอัตราการระเหยของ NH_3 ส่วนการไหลของหางน้ำยางและความเข้มข้นของ NH_3 ในหางน้ำยางมีผลต่อการระเหยของ NH_3 น้อย และการใช้ลมร้อนทำให้อัตราการระเหยของ NH_3 สูงกว่าการใช้กระแสลมที่อุณหภูมิห้องถึง 2 เท่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการกำจัด NH_3 คือ 40-50°C ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิของกระแสลมร้อนที่มากกว่านี้จะไม่ทำให้อัตราการระเหยของ NH_3 สูงขึ้น เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดฟิล์มบางปกคลุมที่ผิวหน้าของหางน้ำยางและปิดกั้นการระเหยของ NH_3

คำสำคัญ: หางน้ำยาง, น้ำยางชั้น, แอมโมเนีย, กรดซัลฟูริก

1. บทนำ

หางน้ำยาง (Skim latex) เป็นส่วนเบา (Light phase) ของการปั่นแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงแยก ในการผลิตน้ำยางชั้นจากน้ำยางสดในโรงงานผลิตน้ำยางชั้น ปริมาณของหางน้ำยางจะเป็น 60% ของน้ำยางสดที่ป้อนเข้าระบบ และในหางน้ำยางมีเนื้อยางอยู่ประมาณ 4% ซึ่งมีแอมโมเนีย (NH_3) อยู่ประมาณ 0.3-0.5% ขึ้นอยู่กับปริมาณการเติม NH_3 เพื่อการรักษาสภาพของน้ำยางสดก่อนการเหวี่ยงแยก ในปัจจุบันหางน้ำยางจะถูกส่งเข้าระบบรางเปิดหรือถังกวน เพื่อให้เกิดการระเหยของ NH_3 จากหางน้ำยาง หลังจากนั้นจะทำการจับตัวยางโดยการเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ให้ยางจับตัวและได้เป็นยางสกิม ซึ่งยางสกิมเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่สำคัญในโรงงานผลิตน้ำยาง

ชั้น และกรดซัลฟูริกเป็นต้นทุนหลักในการผลิตยางสกิม ปริมาณการเติมกรดจะขึ้นอยู่กับปริมาณ NH_3 ที่ตกค้างในหางน้ำยาง ซึ่งหากหางน้ำยางมี NH_3 ตกค้างอยู่สูง จะต้องเติมกรดซัลฟูริกในปริมาณมาก เพื่อการจับตัวของยางสกิมโดยสมบูรณ์ การเติมกรดในปริมาณมากจะทำให้เกิดการตกค้างของซัลเฟตในน้ำซีรัม ซึ่งจะทำให้มีปัญหาต่อระบบบำบัดน้ำเสีย โดยจะเกิดกลิ่นเหม็นจากการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในขั้นตอนของการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศ และทำให้มี H_2S ปนเปื้อนในก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำยางชั้น ทำให้ไม่สามารถนำก๊าซชีวภาพไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ เนื่องจาก H_2S มีคุณสมบัติเป็นก๊าซพิษ และเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือไอน้ำ จะเปลี่ยนสภาพเป็นกรดซัล

ฟูริก ทำให้เกิดการกัดกร่อนต่ออุปกรณ์ผลิตไฟฟ้า และหากปนเปื้อนไปในบรรยากาศจะทำให้เกิดฝนกรดขึ้นได้ การกำจัด NH_3 ในทางน้ำยางจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในปัจจุบันมีการกำจัด NH_3 ในทางน้ำยาง โดยการไหลผ่านรางเปิดที่มีความลาดเอียงด้วยความยาว 1.0-0.5 กิโลเมตร หรือใช้การกวนด้วยใบกวน การทำเช่นนี้ทำให้ต้องลงทุนสูงในเรื่องของการสร้างราง ใช้พื้นที่มาก และเสียค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของชุดกวน โดยวิธีการนี้ให้ประสิทธิภาพในการกำจัด NH_3 ต่ำ เนื่องจาก NH_3 ละลายน้ำได้ดีมีความต้านทานต่อการระเหยหรือการกำจัดของ NH_3 จากน้ำประมาณ 90% อยู่ในวิภาคของแก๊ส (McCabe et. al., 1993) การเพิ่มอัตราการระเหยจึงต้องใช้วิธีการที่สามารถลดความต้านทานในวิภาคของแก๊สได้ดี ซึ่งการกวนและการไหลผ่านรางเปิดทำให้เกิดความปั่นป่วนในวิภาคของเหลวเป็นหลัก จึงทำให้สามารถลดความต้านทานต่อการระเหย ที่อยู่ในวิภาคแก๊สได้น้อย ประสิทธิภาพในการกวนและการไหลผ่านรางเปิดจึงต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้ง 2 ระบบโดยการศึกษาของ จรรย์ และคณะ (2548) พบว่าการกวนจะให้ประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าการไหลผ่านราง

การกำจัด NH_3 จากหางน้ำยางจึงควรใช้วิธีที่ทำให้เกิดความปั่นป่วนในวิภาคของแก๊สโดยตรง เช่น การใช้ลมเป่าผ่านผิวหน้าของเหลว วิธีการนี้เคยได้มีการศึกษาโดย จรรย์ และคณะ (2547) โดยการใช้ลมเป่าผ่านผิวหน้าของเหลวที่มี NH_3 ละลายอยู่ พบว่าให้ประสิทธิภาพในการระเหยของ NH_3 ที่สูงกว่าวิธีการกวนและการไหลผ่านรางเปิด เป็นอย่างมาก การพัฒนาระบบการกำจัด NH_3 จากหางน้ำยางสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพสูง จึงน่าจะเป็นการทำงานร่วมกันของกระบวนการไหลผ่านรางและการใช้ลมเป่าผ่านผิวหน้าของเหลวในรางปิด เพื่อให้เกิดการปั่นป่วนทั้งในวิภาคของเหลวและวิภาคแก๊ส ทำให้ประสิทธิภาพในการระเหย NH_3 สูงมากขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิก็น่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการระเหยของ NH_3 ซึ่งจากงานวิจัยของ จรรย์ และคณะ (2547) ได้ทำการศึกษาในเรื่องอิทธิพลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการระเหยของ NH_3 ในน้ำ พบว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลรวม (K_{oa}) ของ NH_3 จากน้ำจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ลมร้อนร่วมในการระเหยของ NH_3 จึงน่าจะช่วยทำให้เพิ่มอัตราการระเหยของ NH_3 จากหางน้ำยางเพิ่มขึ้นเช่นกัน

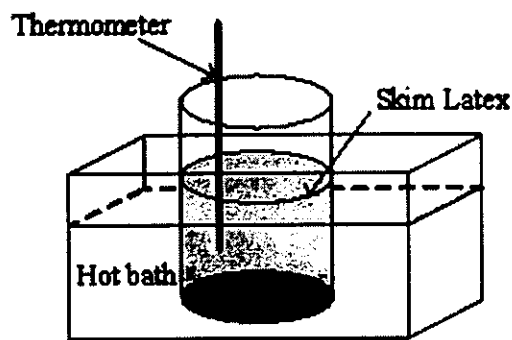
จากงานวิจัยเกี่ยวกับการระเหยของ NH_3 ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการระเหยของ NH_3 โดยใช้ น้ำเป็นตัวกลาง โดยยังไม่ได้มีการใช้หางน้ำยางในการศึกษาโดยตรง และยังไม่มีการศึกษาโดยการทำให้เกิดความปั่นป่วนทั้งในวิภาคของเหลวและแก๊ส ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด NH_3 จากหางน้ำยาง โดยใช้หางน้ำยางในการทดลองโดยตรง และมีการใช้กระแสลมเป่าผ่านผิวหน้าของหางน้ำยาง สวนทางกับการไหลของหางน้ำยางในรางปิด รวมทั้งศึกษาถึงอิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการไล่ NH_3 ออกจากหางน้ำยาง ซึ่งผลของการวิจัยนี้จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการกำจัด NH_3 ในหางน้ำยางของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางชั้น

2. วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการระเหยของ NH_3 ในหางน้ำยาง และการศึกษาการกำจัด NH_3 ออกจากหางน้ำยางในช่องทางปิด ซึ่งมีรายละเอียดของวัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง ดังนี้

2.1 การทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการระเหยของ NH_3 จากหางน้ำยาง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของหางน้ำยาง ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการได้รับความร้อน และหาอัตราการระเหยของ NH_3 จากหางน้ำยางที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการใช้ลมร้อนในการกำจัดแอมโมเนียในรางปิด ชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงได้ดังรูปที่ 1



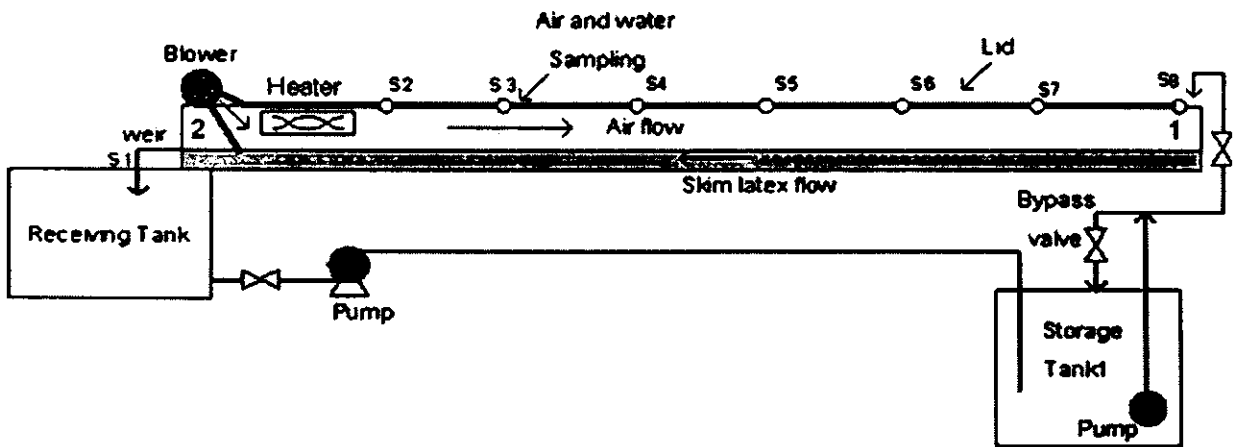
รูปที่ 1 ชุดทดลองศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการระเหยของ NH_3 จากหางน้ำยาง

จากรูปที่ 1 ประกอบด้วยขวดแก้วขนาด 1 ลิตร บรรจุด้วยหางน้ำยางปริมาตร 0.8 ลิตร และจุ่มเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิของหางน้ำยาง นำขวดแก้วมาวางในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Hot bath) เพื่อควบคุมอุณหภูมิของหางน้ำยางให้อยู่ในช่วง 30-70°C โดยอุณหภูมิของแต่ละการทดลองจะกำหนดให้ต่างกัน 10°C เก็บตัวอย่างหางน้ำยางในระหว่างการทดลองทุก 10 นาที เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ NH₃ จนครบ 1 ชั่วโมง การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียทำได้โดยใช้วิธีการถั่นและไตเตรท (APHA, AWWA, and WPCF, 1995)

2.2 การศึกษาการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยางในช่องทางปิด

การศึกษาทำได้โดยใช้กระแสลมเป่า ผ่านผิวหน้าของหางน้ำยาง โดยกระแสลมและหางน้ำยางจะไหลสวนทางกันในช่องทางปิด ของเหลวที่ใช้ในการทดลองเป็นหางน้ำยางที่ได้มาจากกระบวนการเหวี่ยงแยก ของโรงงานผลิตน้ำยางชั้น อุปกรณ์การทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นชุดทดลองขนาด Pilot Scale ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนประกอบหลักของชุดการทดลองประกอบด้วย (1) ช่องทางการไหลที่มีแผ่นฝาปิดตลอดความยาว ขนาดของช่องทางไหลยาว 20 เมตร กว้าง 0.2 เมตร

และสูง 0.1 เมตร (2) ถังป้อนหางน้ำยางขนาด 200 ลิตร ใช้เตรียมหางน้ำยางและป้อนเข้าสู่ช่องทางการไหลที่ตำแหน่ง 1 โดยการปั๊มแบบจุ่ม ถึงขนาด 100 ลิตรรองรับหางน้ำยางที่ไหลออกจากช่องทางการไหลที่ตำแหน่ง 2 ที่กั้นตั้งจะติดตั้งปั๊มซึ่งใช้สูบน้ำยาง จากถังรองรับหางน้ำยางไปยังถังป้อนมีการติดตั้ง Blower ที่ปลายทางการไหลของหางน้ำยางที่ตำแหน่ง 2 เพื่อให้กระแสลมไหลสวนทางกับการไหลของหางน้ำยาง โดยที่ทางออกของ Blower จะติดตั้งท่อระบายน้ำเพื่อบังคับทิศทางของกระแสลมให้ไหลขนานกับผิวหน้าการไหลของหางน้ำยาง ภายในช่องทางการไหลมีการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) ที่ปลายทางของท่อระบายน้ำของ Blower เพื่อให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของลมที่ประมาณ 30-70°C ที่ฝาปิดของช่องทางการไหล มีการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ทุก 3 เมตร เพื่อเก็บตัวอย่างหางน้ำยาง 10 มิลลิลิตร ในขวดแก้วตัวอย่าง นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้น NH₃ วัดอุณหภูมิของลมร้อน และวัดความเร็วของลมที่ไหลผ่านช่องทางการไหล



รูปที่ 2 ชุดทดลองกำจัด NH₃ ในหางน้ำยางแบบช่องทางการไหลสวนทางของหางน้ำยางกับกระแสลม

การทดลองของชุดทดลองของรูปที่ 2 นี้ ดำเนินการโดยการปั๊มหางน้ำยางจากถังป้อนเข้าสู่ช่องทางการไหลด้วยอัตราการไหลตามที่กำหนดและคงที่ตลอดการทดลอง วัดอัตราการไหลของหางน้ำยางที่ตำแหน่ง S1 ทำการเปิด Blower และปรับอัตราการไหลของกระแสลมตามความต้องการ เมื่อการ

ทดลองเข้าสู่สภาวะคงตัว (Steady state) จึงเริ่มเก็บตัวอย่างหางน้ำยาง วัดอัตราการไหลและวัดอุณหภูมิของลม การเก็บตัวอย่างหางน้ำยางจะเก็บที่ 2 ตำแหน่ง คือ ต้นราง (S8) และปลายราง (S1) ทำการวัดความเร็วและอุณหภูมิของกระแสลมที่ตำแหน่ง S3 และ S6 ตัวแปรและช่วงดำเนินการที่ศึกษาใน

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย อัตราการป้อนหางน้ำยาง 0.15-0.8 m³/h ความเร็วลม 2-5 m/s อุณหภูมิของกระแสลม 30-70°C และความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางที่ 0.2-0.5% การศึกษาทดลองนี้ดำเนินการใน 3 ลักษณะ คือ

2.2.1 การศึกษาผลของความเร็วมต่อการกำจัด NH₃ จากหางน้ำยาง

ในการศึกษาทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการเป่าลมส่วนทางกับการไหลของหางน้ำยางในช่วง 2-5 m/s และควบคุมอัตราการป้อนหางน้ำยางเข้าสู่รางปิดด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 0.27 m³/h เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยาง

2.2.2 การศึกษาผลอัตราการไหลของหางน้ำยางต่อการกำจัด NH₃ จากหางน้ำยาง

ในการศึกษาผลของอัตราการไหลของหางน้ำยางต่อการกำจัด NH₃ จากหางน้ำยาง ทำโดยการปรับอัตราการไหลของหางน้ำยางในช่วง 0.8-0.15 m³/h และกำหนดให้ความเร็วมคงที่ที่ 2 m/s หางน้ำยางที่ผ่านการไล่ NH₃ ในรางปิดจะไหลลงถังรองรับและเก็บแยกจากถังป้อน เพื่อควบคุมให้ความเข้มข้นของ NH₃ ในกระแสป้อนคงที่ตลอดการทดลอง เก็บตัวอย่างหางน้ำยางเพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางและวัดความเร็วม

2.2.3 การศึกษาผลของการใช้ลมร้อนต่อการกำจัด NH₃ จากหางน้ำยางในช่องทางปิด

การทดลองทำโดยการควบคุมอุณหภูมิของกระแสลมที่ 30-70°C การทดลองนี้ควบคุมให้อัตราการไหลของหางน้ำยางและลมร้อนเท่ากันในทุกการทดลอง เก็บตัวอย่างหางน้ำยางเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว

2.2.4 ศึกษาผลของความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางต่ออัตราการกำจัด NH₃

การทดลองทำได้โดยให้หางน้ำยางที่ไหลผ่านช่องทางปิดป้อนกลับสู่ถังป้อน และป้อนกลับเข้าระบบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง การทำเช่นนี้จะทำให้ทราบอัตราการระเหยของ NH₃ ในหางน้ำยางที่ความเข้มข้นของ NH₃ เก็บตัวอย่างหางน้ำ

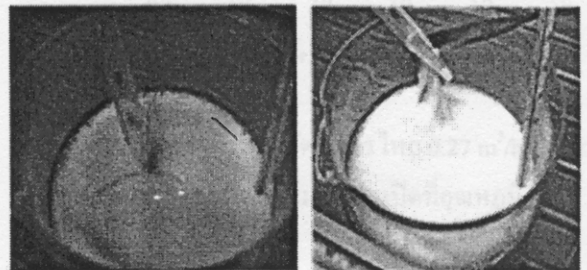
ยางที่ตำแหน่งป้อน S8 ในตอนเริ่มต้นและเสร็จสิ้นการทดลอง และที่ตำแหน่งทางออกของราง S1 ทุก 15 นาที

1. ผลการทดลอง

จากการทดลองของงานวิจัยนี้ สามารถอธิบายผลการทดลองได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1 ผลการทดลองศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยาง

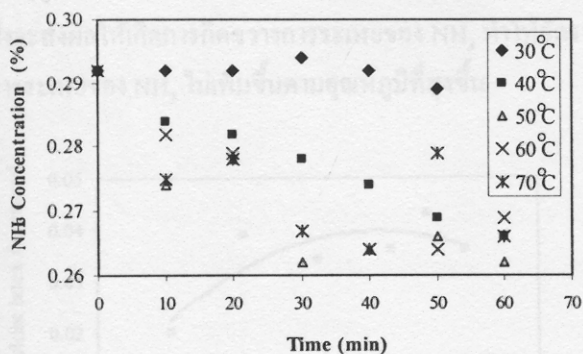
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของหางน้ำยางที่เปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากความร้อน พบว่าเมื่อควบคุมอุณหภูมิของหางน้ำยางเป็น 60-70°C จะทำให้เกิดแผ่นฟิล์มยางที่ผิวหน้าของหางน้ำยาง ดังแสดงลักษณะของฟิล์มยางในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของหางน้ำยางเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 60-70°C

ผลของการลดความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางจากการให้ความร้อนแก่หางน้ำยาง สามารถแสดงได้โดยกราฟในรูปที่ 4 โดยกราฟนี้เป็นการพล็อตระหว่างความเข้มข้นของแอมโมเนียในหางน้ำยางที่เวลาและอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งจะแสดงถึงอัตราการลดลงของ NH₃ ในหางน้ำยาง จากกราฟพบว่า เมื่ออุณหภูมิของหางน้ำยางเพิ่มขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 40-70°C จะทำให้อัตราการลดความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางมีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิ 30°C เป็นอย่างมากซึ่งอุณหภูมิที่ทำให้อัตราการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยางสูงสุด คือ ที่ 50°C เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเป็น 60-70°C อัตราการระเหยของ NH₃ จะลดต่ำลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดฟิล์มยางที่ผิวหน้าของหางน้ำยางตามที่แสดงในรูปที่ 3 ฟิล์มยางนี้จะทำให้เกิดการกีดขวางการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยางและทำให้อัตราการระเหย

ลดลง หากเปรียบเทียบกับภาระของ NH_3 จากตัวกลางที่เป็นน้ำซึ่งไม่มีฟิล์มเกิดขึ้น เมื่อมีอุณหภูมิยิ่งสูงขึ้นจะทำให้ อัตราการระเหยของแอมโมเนียสูงขึ้นด้วย ดังนั้นการระเหยของแอมโมเนียจากหางน้ำยางโดยใช้ความร้อน จะต้องมี การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม จึงจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยได้



รูปที่ 4 ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการระเหยของ NH_3 จากหางน้ำยาง

3.2 ผลการศึกษาการกำจัด NH_3 ในช่องทางปิด

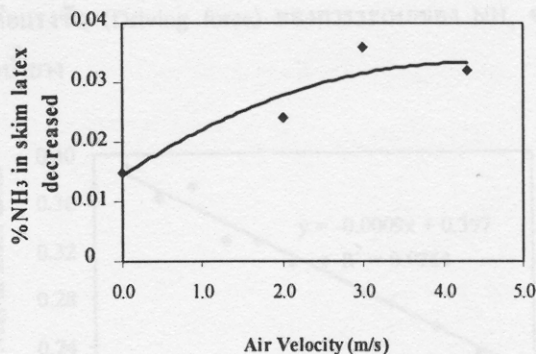
การทดลองการกำจัดแอมโมเนียด้วยการใช้กระแสลมเป่าผ่านผิวหน้าหางน้ำยาง และทำให้เกิดการไหลสวนทางของกระแสลมและหางน้ำยางในช่องทางปิด ได้ผลการทดลองซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.2.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเร็วลม

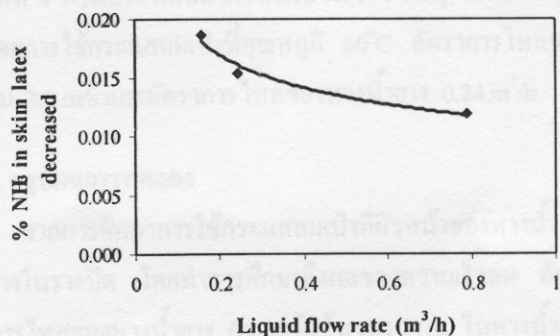
ผลการทดลองสามารถแสดงได้ตามกราฟในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับค่าการลดลงของ $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยาง ซึ่งค่าการลดลงของ $\% \text{NH}_3$ นี้คำนวณได้จากผลลบของ $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยางก่อนการดำเนินการกับ $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยางหลังการดำเนินการ พบว่าเมื่อความเร็วลมเป็น 0 m/s จะทำให้ค่า $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยางลดลงได้เพียง 0.015% และเมื่อใช้ความเร็วลมที่ 2-4 m/s จะทำให้การลดค่า $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยางเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า ดังนั้นกระแสลมจึงสามารถช่วยในการกำจัด NH_3 ในหางน้ำยางได้เป็นอย่างดี โดยกระแสลมจะไปทำให้เกิดความปั่นป่วนและลดความต้านทานในวิภาคของแก๊ส และจากกราฟนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วลมให้สูงขึ้น ความสามารถในการลด NH_3 ในหางน้ำยางมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นด้วย

3.2.2 ผลของอัตราการไหลของหางน้ำยางต่อการลด NH_3 ในหางน้ำยาง

ผลการทดลองสามารถแสดงได้ตามกราฟในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของหางน้ำยางกับค่าการลดลงของ $\% \text{NH}_3$ พบว่าเมื่ออัตราการไหลของหางน้ำยางเพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการกำจัด NH_3 ลดลงเล็กน้อย แสดงว่าอัตราการไหลของหางน้ำยางในช่องทางปิดมีผลน้อยต่อประสิทธิภาพของการกำจัด NH_3



รูปที่ 5 ผลของความเร็วลมที่อัตราการไหล 0.27 m³/h ต่อการกำจัด NH_3 จากหางน้ำยางในช่องทางปิดที่อุณหภูมิ 30°C

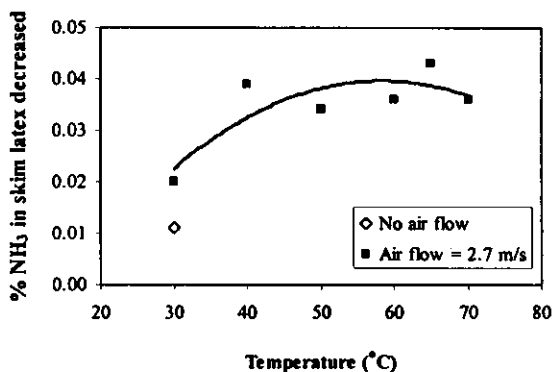


รูปที่ 6 ผลของอัตราการไหลของหางน้ำยางต่อการกำจัด NH_3 จากหางน้ำยางในช่องทางปิดที่อุณหภูมิ 30°C และความเร็วลม 2 m/s

3.2.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของกระแสลมต่อการลด NH_3 ในหางน้ำยาง

ผลการศึกษาสามารถแสดงได้ตามกราฟในรูปที่ 7 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟระหว่างอุณหภูมิและการลดค่า $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยาง พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของกระแสลมจากอุณหภูมิห้องไปเป็น 40-70°C จะทำให้การลดค่า $\% \text{NH}_3$ ในหางน้ำยาง

เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า นั่นคือ เพิ่มค่าจาก 0.02% ไปเป็นประมาณ 0.04% ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของความร้อนในกระแสลมทำให้เกิดการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยางที่คั่งขึ้น แต่หากพิจารณาจากแนวโน้มของเส้นกราฟ จะได้ว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นไปกว่า 40°C จะไม่ทำให้การลด %NH₃ ในหางน้ำยางคั่งขึ้นกว่าที่อุณหภูมิ 40°C ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากลมร้อนที่อุณหภูมิ 50-70°C ทำให้เกิดฟิล์มยางที่ผิวหน้าของหางน้ำยาง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการกีดขวางการระเหยของ NH₃ ทำให้อัตราการระเหยของ NH₃ ไม่เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

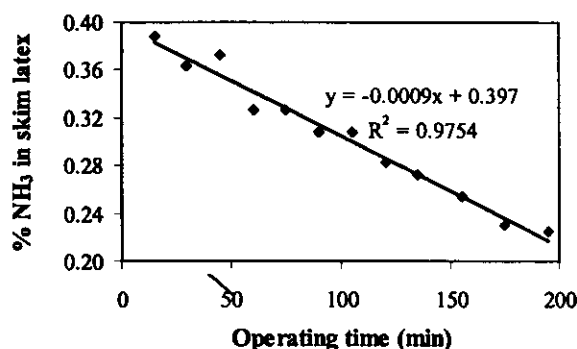


รูปที่ 7 ผลของการกำจัด NH₃ จากหางน้ำยางโดยการใช้กระแสลมร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และอัตราการไหลของหางน้ำยางเป็น 0.27 m³/h

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษากการให้ความร้อนเพื่อการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยางด้วย 2 วิธีในงานวิจัยนี้ พบว่าการให้ความร้อนแก่หางน้ำยางตามการทดลองในรูปที่ 1 จะเริ่มเกิดฟิล์มยางที่ผิวหน้าของหางน้ำยางที่อุณหภูมิ 60°C แต่เมื่อมีการให้ความร้อนผ่านกระแสลมที่เป่าผ่านผิวหน้าหางน้ำยาง จะเริ่มเกิดฟิล์มยางขึ้นที่อุณหภูมิ 50°C ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการใช้ลมร้อนเป่าผ่านผิวหน้าหางน้ำยาง จะทำให้ความร้อนสัมผัสกับผิวหน้าของหางน้ำยางโดยตรง จนทำให้เกิดการระเหยของน้ำจากผิวหน้า และเกิดการจับตัวเป็นฟิล์มยางได้ง่ายกว่าและเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าในกรณีที่ให้ความร้อนผ่านหางน้ำยาง ดังนั้นการใช้ลมร้อนในการกำจัด NH₃ จึงควรควบคุมอุณหภูมิของกระแสลมที่อุณหภูมิไม่เกิน 50°C

3.2.4 ผลของการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางต่อประสิทธิภาพการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยาง

ผลการศึกษสามารถแสดงผลได้ตามกราฟในรูปที่ 8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาของการดำเนินการทดลอง และความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยาง ความชันของเส้นกราฟที่ได้นี้จะแสดงถึงอัตราการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยาง ซึ่งพบว่าเส้นกราฟมีแนวโน้มของการลดความเข้มข้นของ NH₃ เป็นแบบเส้นตรงและมีค่าความชันของเส้นกราฟที่คงที่ นั่นคือ อัตราการระเหยของ NH₃ มีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ ซึ่งจะกล่าวได้ว่าในตลอดช่วงความเข้มข้นที่ศึกษา (0.2-0.4%) ความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางไม่มีผลต่อแรงขับ (Driving force) ของการระเหยของ NH₃ จากหางน้ำยาง



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยาง โดยการใช้กระแสลมเป่าที่อุณหภูมิ 60°C อัตราการไหลของลม 2.5 m/s และอัตราการไหลของหางน้ำยาง 0.24 m³/h

2. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้กระแสลมเป่าที่ผิวหน้าของหางน้ำยางในรางปิด โดยทำการศึกษาถึงผลของความเร็วลม อัตราการไหลของหางน้ำยาง ความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยาง และอุณหภูมิของลมต่อประสิทธิภาพในการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยาง สามารถสรุปได้ว่าการใช้กระแสลมในช่องทางปิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยางได้เป็นอย่างมาก โดยเมื่อเพิ่มความเร็วลมให้สูงขึ้น ความสามารถในการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยางจะเพิ่มขึ้น ในการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของหางน้ำยางและความเข้มข้นของ NH₃ ในหางน้ำยางจะมีผลน้อยต่อประสิทธิภาพการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยาง ส่วนอุณหภูมิกระแสลมมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด NH₃ ในหางน้ำยางเป็นอย่างมาก โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการกำจัด NH₃ คือ ที่อุณหภูมิ 40-50°C

3. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก โครงการวิจัยร่วมคณะวิศวกรรมศาสตร์และภาคอุตสาหกรรมหรือธุรกิจชุมชนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือวิเคราะห์สารอุปโภค ทำให้การวิจัยดำเนินไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

จรัญ บุญกาญจน์ สมทิพย์ คำนธีรวิชย์ จันทิมา ชั่งศิริพร และ จรรยา อินทมณี (2548), การกำจัดแอมโมเนียจากน้ำโดยวิธีการไหลผ่านช่องทางเปิด. ว. สงขลานครินทร์ วทท., 27 (1), 79-89.

จรัญ บุญกาญจน์ สมทิพย์ คำนธีรวิชย์ จันทิมา ชั่งศิริพร จรรยา อินทมณี และ เสาวภา สีตะพงศ์. (2547), การกำจัดแอมโมเนียจากน้ำ: เปรียบเทียบระหว่างการกำจัดโดยวิธีการใช้กระแสลมกับวิธีการกวนผสม. ว. สงขลานครินทร์ วทท., 27 (1), 65-77.

จรัญ บุญกาญจน์ สมทิพย์ คำนธีรวิชย์ จันทิมา ชั่งศิริพร และ จรรยา อินทมณี. (2546), แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับทำนายการระเหยของแอมโมเนียจากแหล่งน้ำ: ผลของอุณหภูมิและพีเอช. ว. สงขลานครินทร์ วทท., 26 (2), 233-243.

McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriott, P. (1993), *Gas Absorption, Unit Operations of Chemical Engineering*, Fifth Edition, McGraw-Hill, Inc. 686-737.