

การดั่งสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสียด้วยการดูดซึมด้วยเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์

Recovery of Carbon Disulfide via Absorption of Tetraethylene Glycol Dimethyl Ether

วีระยุทธ ดวงแก้ว^{1*} และ ไพศาล คงกาญจน²

Weerayut Doungkaew^{1*} and Paisan Kongkachuichay²

^{1*} นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการจัดการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

^{1*} Graduate student in Master of Engineering Program in Engineering Management, Kasetsart University,

50 Ngam Wong Wan Rd., Chatuchak, Bangkok, Thailand 10900

² Chemical Engineering, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd., Chatuchak, Bangkok, Thailand 10900

*Corresponding author, E mail: maroon.max@gmail.com

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยเรยอน ในขั้นตอนกระบวนการปรับแต่งคุณภาพของเส้นใยเรยอน จะมีก๊าซเสียออกมาจากระบบและต้องบำบัดก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ การเพิ่มผลผลิตเส้นใยเรยอนของโรงงานกรณีศึกษา ทำให้มีก๊าซเสียปล่อยสู่บรรยากาศเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซเสียที่ปล่อยสู่บรรยากาศ พบว่ามีส่วนประกอบของสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการดั่งสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสียด้วยการดูดซึมด้วยสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ ในการศึกษาได้ใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการ Aspen Plus เวอร์ชัน 7.3 ช่วยในการออกแบบกระบวนการ ผลการวิจัยพบว่า ด้วยอัตราการไหลก๊าซเสีย 52,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งมีความเข้มข้นสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ 12,172 มิลลิกรัมต่อกุบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความดัน 1 บาร์ สามารถแยกคาร์บอนไดซัลไฟด์ด้วยการดูดซึมด้วยเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ได้ 88.84 % อีกทั้งยังสามารถนำสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ความบริสุทธิ์ 100% กลับมาใช้ในกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การดูดซึม การบำบัดก๊าซเสีย คาร์บอนไดซัลไฟด์ เตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ อุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยเรยอน

Abstract

During the process of rayon fiber quality improvement in a rayon manufacturing waste gas is created which must be treated before venting into atmosphere. Based on the case studied plant, the rayon fiber productivity has been increased; subsequently, there is more waste gas that required treatment. From the chemical analysis of the

waste gas, carbon disulfide, a toxic gas, has been detected and it can affect human health. This research aims to give a method for recovering carbon disulfide from the waste gas via absorption by tetraethylene glycol dimethyl ether. The absorption process was designed by using Aspen Plus version 7.3 Program. The result showed that the waste gas having flow rate of 52,000 kg/h with 12,172 mg/m³ at 25°C and 1 bar of carbon disulfide can be 88.84 % absorbed by tetraethylene glycol dimethyl ether. Therefore, the purified carbon disulfide can be reused in the process of rayon fiber.

Keywords: Absorption, Waste Gas Treatment, Carbon Disulfide, Tetraethylene Glycol Dimethyl Ether, Rayon Fiber Process

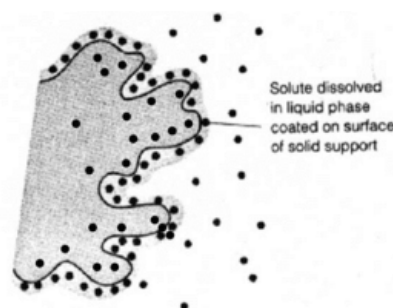
1. บทนำ

เส้นใยเรยอนจัดเป็นเส้นใยสังเคราะห์ ในกระบวนการปรับแต่งคุณภาพของเส้นใยเรยอน จะมีก๊าซเสียออกมาจากระบบและจะมีการบำบัดก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ (National Programme on Technology Enhanced Learning, Manufacture of Viscose Rayon, 2014) จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซเสียที่ปล่อยสู่บรรยากาศ พบว่ามีส่วนประกอบของสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ ซึ่งสารคาร์บอนไดซัลไฟด์จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย กำหนดมาตรฐานสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป เพื่อเป็นเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2555 ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 180 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป, 2555)

วิธีการดักสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ออกจากก๊าซเสียสามารถทำได้ โดยใช้กระบวนการที่หลากหลายวิธี (McIntosh, 1992) เช่น การดูดซับ Adsorption (Enneking, 2002(a)) การแยกผ่าน membrane (Everaert et al., 2003) การแยกโดยวิธีการทางชีววิทยา Biological (Hugler et al., 1999) การแยก

โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Catalyst (Li et al., 2007) อย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวข้างต้นมีค่าใช้จ่ายสูงและค่อนข้างยากในการแยกฝุ่นละอองที่ปะปนมากับก๊าซเสีย (Enneking, 2002(b)) กระบวนการดูดซับเป็นอีกหนึ่งกระบวนการที่สามารถดักสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ออกจากก๊าซเสียได้ เป็นกระบวนการที่ใช้ต้นทุนต่ำ เหมาะกับก๊าซเสียที่มีส่วนประกอบของโอระเหยความเข้มข้นต่ำในอัตราการไหลสูง (Wang et al., 2001)

กระบวนการดูดซับ (Absorption) คือปรากฏการณ์หรือกระบวนการทางเคมีหรือฟิสิกส์ ที่อะตอม โมเลกุล หรือไอออน เข้าไปในส่วนที่เป็นเนื้อในของวัสดุที่เป็นแก๊ส, ของเหลว ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 หลักการของกระบวนการดูดซับ (Absorption)

ก๊าซคาร์บอนไดซัลไฟด์สามารถละลายในสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ได้ 72

ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ซึ่งสามารถละลายในเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์ (Clariant Company, 2014)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการดั่งสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสียด้วยการดูดซึมด้วยเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์

2. วัตถุประสงค์

ออกแบบกระบวนการดั่งสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสียที่อัตราการไหลก๊าซเสีย 37,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีความเข้มข้นสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ 12,727 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ด้วยการดูดซึมด้วยเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการ Aspen Plus เวอร์ชัน 7.3

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 ศึกษาข้อมูลส่วนประกอบของก๊าซเสีย

ข้อมูลส่วนประกอบของก๊าซเสียถูกวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการเคมีของโรงงานผลิตเส้นใยเรยอนแห่งหนึ่ง ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ 1 ครั้งต่อเดือน โดยมีระยะทำการศึกษาดังแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 จนถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 พบว่าที่อัตราการไหลก๊าซเสียเฉลี่ย 40,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส มีส่วนประกอบเฉลี่ยดังนี้ สารคาร์บอนไดซัลไฟด์ 12,172 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร น้ำ 25,456 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไฮโดรเจนซัลไฟด์ 140 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (บริษัทกรณีศึกษา, 2558)

3.2 ศึกษาวิธีการดั่งกลับสารอินทรีย์ไฮโดรคาร์บอน

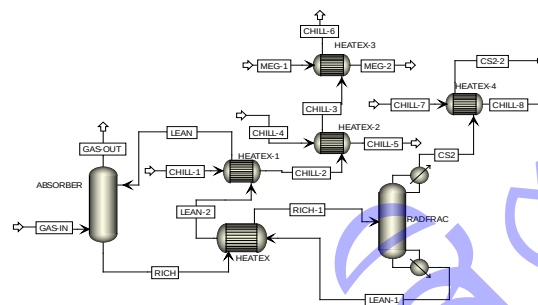
Volatile Organic Chemicals, VOCs ที่ปะปนในก๊าซเสีย

บริษัท Clariant ได้ศึกษาและวิจัยเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์ ที่มีคุณสมบัติดังนี้ จุดเดือด > 250 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ความดันไอ 0.002 มิลลิบาร์ที่ 20 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 1.03 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และทดสอบการละลายของสารอินทรีย์ที่ปะปนมากับก๊าซเสียหลายชนิดในเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์ ที่สภาวะอัตราการไหลก๊าซเสียสูงและสารอินทรีย์ความดันไอต่ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือก๊าซคาร์บอนไดซัลไฟด์สามารถละลายในสารเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์ได้ 72 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ซึ่งสามารถละลายในเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์ได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับสารอินทรีย์อื่นๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสามารถในการละลายของก๊าซต่างๆ ในสารเตตระเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทิลอีเทอร์

Solubility of various gases at 25 °C (N cm ³ /g•bar) measured in tetraethylene glycol dimethyl ether					
CH ₄	Methane	0.2	CH ₃ SH	Methyl mercaptan	68.1
C ₂ H ₆	Ethane	1.3	O ₂	Oxygen	0.2
C ₂ H ₄	Ethene	1.7	CO	Carbon monoxide	0.08
C ₂ H ₂	Ethine	13.6	CO ₂	Carbon dioxide	3.1
C ₃ H ₈	Propane	3.1	COS	Carbon oxysulphide	7
C ₄ H ₁₀	n-Butane	7	CS ₂	Carbon disulphide	72
C ₅ H ₁₂	n-Pentane	16.6	H ₂	Hydrogen	0.03
C ₅ H ₁₂	i-Pentane	13.4	HCN	Hydrogen cyanide	6600
C ₆ H ₁₄	n-Hexane	33	H ₂ S	Hydrogen sulphide	21
C ₆ H ₆	Benzene	759	NH ₃	Ammonia	14.6
C ₇ H ₁₆	n-Heptane	72	SO ₂	Sulphur dioxide	180
C ₈ H ₈	Thiophene	1620			

ออกแบบกระบวนการโดยใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการ Aspen Plus เวอร์ชัน 7.3 ดังนี้ อัตราการไหลก๊าซเสียเฉลี่ย 52,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 37 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยสารคาร์บอนไดออกไซด์ 12,172 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร น้ำ 25,456 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไบโอดีเจนซัลไฟด์ 140 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ป้อนก๊าซเสียเข้าสู่คอลเลอร์เพื่อลดอุณหภูมิ ผ่านไปยังหอดูดซึม ซึ่งสารคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดูดซึมด้วยสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ ก๊าซที่ทำการบำบัดแล้วจะออกจากหอดูดซึม (Absorber) ส่วนบนส่งไปปล่องเพื่อปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ ส่วนสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ ที่ปนเปื้อนด้วยสารคาร์บอนไดออกไซด์จะไหลลงบริเวณด้านล่างของหอดูดซึม (Absorber) จะถูกปั๊มไปแลกเปลี่ยนความร้อนที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ก่อนส่งเข้าหอกลั่นซึ่งในหอกลั่น (Stripper) จะให้ความร้อนด้วยไอน้ำ ทำการกลั่นแยกสารคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ สารคาร์บอนไดออกไซด์จะออกจากหอกลั่น (Stripper) ในส่วนบน และถูกควบแน่นด้วยคอนเดนเซอร์ (Condenser) เมื่อสารคาร์บอนไดออกไซด์ถูกควบแน่นจะกลายเป็นของเหลวและถูกนำไปเก็บที่ถังเก็บสารและส่งไปใช้ในกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนอีกครั้ง ในส่วนล่างของหอกลั่น (Stripper) สารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ ที่ไม่มีสารคาร์บอนไดออกไซด์ปะปน จะถูกปั๊มไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิ ก่อนจะส่งเข้าหอดูดซึมเพื่อดูดซึมสารคาร์บอนไดออกไซด์ในก๊าซเสียอีกครั้ง ดังรูปที่ 2

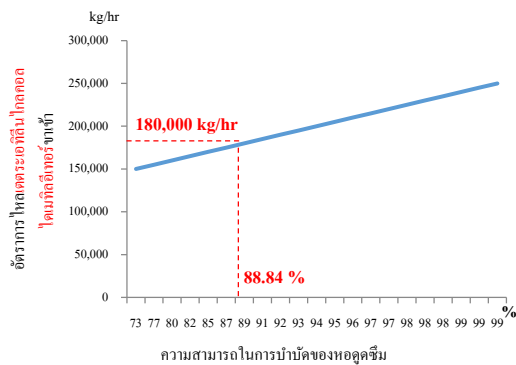


รูปที่ 2 การออกแบบกระบวนการดึงสารคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้กลับคืน
จากก๊าซเสียด้วยการดูดซับด้วยสารละลายเอทิลีนไกลคอลได
เมทิลอีเทอร์

4.1 การออกแบบหลอดค้ำ

ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการ Aspen Plus เวอร์ชัน 7.3 หอดูดซึมใช้ Property method NRTL-RK (Redlich-Kwang equation of stat with Henry's law) ซึ่งเหมาะกับกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเทอร์โมไดนามิกทั้งของเหลวและก๊าซ (Redlich et al., 1979)

ก๊าซเสียอัตราการไหลก๊าซเสีย 52,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ย 25 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยสารคาร์บอนไดออกไซด์ 12,172 มิลลิกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร น้ำ 25,456 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไฮโดรเจนซัลไฟด์ 140 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการป้อนก๊าซเสียดังกล่าวเข้าสู่หอดูดซึมและทำการวัดความไว (Sensitivity) ของประสิทธิภาพการดูดซึมกับอัตราการไหลสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ฯเข้า ซึ่งผลที่ได้คือ ที่อัตราการไหลสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ 180,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะส่งผลให้หอดูดซึมมีประสิทธิภาพการซึมสารคาร์บอนไดออกไซด์ 88.84 % ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลสารเตตระเอทิลีน ไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์กับประสิทธิภาพการดูดซึม

เมื่อป้อนก๊าซเสียที่อัตราการไหลก๊าซเสีย 52,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและป้อนสารเตตระเอทิลีน ไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ 180,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เข้าสู่หอดูดซึมจะได้ผลการดูดซึม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของสารต่างๆและสภาวะของหอดูดซึม

	Tetraethylene glycol dimethyl ether - inlet	Waste gas	Treated Gas	Tetraethylene glycol dimethyl ether - outlet
Mole Flow kmol/hr				
CS ₂	0.00	6.21	0.69	5.52
AIR	0.00	1,746.9	1,743.4	3.53
WATER	0.00	52.53	0.00	52.53
H ₂ S	0.00	0.14	0.13	0.00
Tetraethylene glycol dimethyl ether	809.78	0.00	0.01	809.78
Mass Flow kg/hr				
CS ₂	0.00	473.20	52.71	420.49
AIR	0.00	50,575	50,473	102
WATER	0.00	946.40	0.00	946.40

	Tetraethylene glycol dimethyl ether - inlet	Waste gas	Treated Gas	Tetraethylene glycol dimethyl ether - outlet
Mole Flow kmol/hr				
H ₂ S	0.00	4.73	4.59	0.14
Tetraethylene glycol dimethyl ether	180,000	0.00	1.16	179,998
Total Flow kmol/hr	809.78	1,805.8	1,744.2	871.3
Total Flow kg/hr	180,000	52,000	50,531	181,468
Temperature C	25.00	25.00	25.19	33.13
Pressure bar	1.01	1.22	1.01	1.16
Density kmol/cum	4.52	0.05	0.04	4.78
Density kg/cum	1,004.40	1.42	1.18	994.65
Average MW	222.28	28.80	28.97	208.26

4.2 การออกแบบหอกลิ้น

ออกแบบหอกลิ้นโดยใช้ Property method NRTL-RK (Redlich-Kwong equation of state with Henry's law) เมื่อป้อนสารเตตระเอทิลีน ไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ 179,998 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เข้าสู่หอกลิ้น จะได้ผลการกลั่น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของสารต่างๆและสภาวะของหอกลิ้น

	Tetraethylene glycol dimethyl ether - inlet	CS ₂ gas	Tetraethylene glycol dimethyl ether - outlet
Mole Flow kmol/hr			
CS ₂	5.52	5.52	0.00
AIR	3.53	3.53	0.00
WATER	52.53	52.53	0.01
H ₂ S	0.00	0.00	0.00
Tetraethylene glycol dimethyl ether	809.78	0.00	809.78
Mass Flow kg/hr			

Mole Flow kmol/hr	Tetraethylene glycol dimethyl ether - inlet	CS ₂ gas	Tetraethylene glycol dimethyl ether - outlet
CS ₂	420.44	420.44	0.00
AIR	102.22	102.22	0.00
WATER	946.40	946.30	0.10
H ₂ S	0.14	0.14	0.00
Tetraethylene glycol dimethyl ether	179,998	0.23	179,998
Total Flow kmol/hr	871.37	61.59	809.78
Total Flow kg/hr	181,468	1,469	179,998
Temperature C	120.00	33.75	198.93
Pressure bar	1.16	0.05	0.10
Density kmol/cum	3.07	0.00	3.78
Density kg/cum	639.41	0.05	841.10
Average MW	208.26	23.86	222.28

จากผลการกลั่นแสดงให้เห็นว่าหอกลิ้นสามารถกลั่นสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ให้บริสุทธิ์ 99.99 % ส่วนบนหอกลิ้นจะได้สารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสีย 420.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมงคิดเป็น 88.84 %

5. การอภิปรายผล

อัตราการไหลเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์มีผลกับประสิทธิภาพการดึงสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสีย จากการวัดความไวพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลส่งผลให้ประสิทธิภาพการดึงสารคาร์บอนไดซัลไฟด์เพิ่มขึ้น แต่เลือกใช้อัตราการไหล 180,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเพราะการเพิ่มอัตราการไหลในทางปฏิบัติจริงจะส่งผลต่อการออกแบบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความดันตก Pressure drop ของหอคอย

5.1 การนำไปใช้ในอนาคต

การออกแบบกระบวนการดึงสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสียด้วยการดูดซับด้วยสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ โดยใช้โปรแกรมจำลองกระบวนการ Aspen Plus เวอร์ชัน 7.3 จากผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าสามารถดูดซับก๊าซเสียได้สามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นโครงการนำร่องในโรงงานผลิตเส้นใยเรยอน (Pilot plant)

5.2 ข้อสังเกตที่ได้จากการวิจัย

ผลการจำลองกระบวนการแสดงให้เห็นว่าก๊าซเสียที่บำบัดแล้วมีส่วนประกอบของสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ 1.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและส่วนบนของหอกลิ้นมีส่วนประกอบของสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์ 0.23 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งถือว่าการสูญเสีย ดังนั้นการออกแบบควรเพิ่มกระบวนการในการดักจับสารเตตระเอทิลีนไกลคอลไดเมทิลอีเทอร์กลับคืน เพื่อป้องกันการสูญเสียดังกล่าว

6. บทสรุป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อป้อนก๊าซเสียด้วยอัตราการไหล 52,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงที่มีความเข้มข้นสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ 12,172 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระบบที่ออกแบบสามารถดึงสารคาร์บอนไดซัลไฟด์กลับคืนจากก๊าซเสียได้ 420.44 กิโลกรัมต่อชั่วโมงคิดเป็น 88.84 % และสามารถนำสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่ได้ กลับไปใช้ในกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน สามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นโครงการนำร่องในโรงงานผลิตเส้นใยเรยอน (Pilot plant)

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ โรงงานผลิตเส้นใยเรยอนแห่งหนึ่งที่เอื้อเพื่อผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบของก๊าซเสียและภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเพื่อโปรแกรมจำลองกระบวนการ Aspen Plus เวอร์ชัน 7.3 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (พ.ศ. 2555) เรื่องกำหนดมาตรฐานก๊าซคาร์บอนไดซัลไฟด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป พ.ศ. 2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 129 ตอนพิเศษ 92ง วันที่ 11 มิถุนายน 2555

Enneking, J. C. (2002). Control of Carbon Disulfide Emissions from Viscose Processes. *Environmental Progress* 21 (3): 169-174.

Everaert, K., J. Degreve and Baeyens, J. (2003). VOC-air separations using gas membranes. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* 78 (2-3): 294-297.

Hugler, W., C. Acosta and Revah, S. (1999). Biological Removal of Carbon Disulfide from Waste Air Streams. *Environmental Progress* 18 (3): 173-177.

Li, W., W. Shudong and Quan, Y. (2007). Removal of carbon disulfide via coupled reactions on a bi-functional catalyst. *Chemosphere* 69 (11): 1689-1694.

McIntosh, M. J. (1992). Removal & Recovery of Carbon Disulfide Emitted by the Viscose Process. WMRC reports. TR-E05 April Electronic Version

Redlich, O. and Kwong, S. (1979). On the Thermodynamics of Solutions V. An Equation-of-state. Fugacities of Gaseous Solutions. *Chem Rev* (44): 223 – 244.

Wang, X., R. Daniels and Baker, R. W. (2001). Recovery of VOCs from High-Volume, Low-VOC-Concentration Air Streams. *AIChE Journal* 47 (5): 1094-1100.

Clariant Company, VOC Abatement. (2014). Available Source : [http://www.clariant.com/C12575E4001FB2B8/vwLookupDownloads/2002_AbsorptionFluidsForGasTreatment_Newsroom_Brochures_Genosorb_d.pdf/\\$FILE/2002_AbsorptionFluidsForGasTreatment_Newsroom_Brochures_Genosorb_d.pdf](http://www.clariant.com/C12575E4001FB2B8/vwLookupDownloads/2002_AbsorptionFluidsForGasTreatment_Newsroom_Brochures_Genosorb_d.pdf/$FILE/2002_AbsorptionFluidsForGasTreatment_Newsroom_Brochures_Genosorb_d.pdf), May 26 2014

National Programme on Technology Enhanced Learning, Manufacture of Viscose Rayon. (2014). Available Source : <http://nptel.ac.in/courses/103103029/module7/lec40/2.html>, May 22 2014