วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone และ Acetone กลับมาใช้ใหม่

The Feasibility Study of Recovery N-Methyl-Pyrrolidone and Acetone

อภิวัฒน์ ทูลไธสง[1] อธิป เหลืองไพโรจน์[2*] และ ขนิษฐา คำวิลัยศักดิ์[3*]

[1]นักศึกษา [2,3] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาความเป็นไปได้ในการนำสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone และ Acetone ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive) ที่อยู่ในส่วนของกระบวนการล้างหัวสไลเดอร์ (Slider) กลับมาใช้ใหม่ ด้วยวิธีการกลั่น โดยตัวแปรที่ศึกษา คือ ความดันในการกลั่นที่ 50, 100, 200, 300, 400, และ 500 มิลลิบาร์ อุณหภูมิในการกลั่นที่ 60, 70, 80, 90, 100 และ 110 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการกลั่นที่ 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 นาที ตามลำดับ ซึ่งตัวแปรดังกล่าวจะมีผลต่อปริมาณสารละลายที่กลั่นได้และความบริสุทธิ์ของสาร โดยผลจากการวิจัยพบว่าที่อุณหภูมิในการกลั่นที่ 110 องศาเซลเซียสได้ความบริสุทธิ์ที่ 98.12 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ความดันที่ 200 มิลลิบาร์และเวลาในการกลั่นที่ 30 นาที ซึ่งในการกลั่นจะใช้เวลา 3 ชั่วโมงต่อลิตร จากงานวิจัยพบว่าสารละลายที่ได้นั้นมีบริสุทธิ์ที่สูงและเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ โดยค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกลั่น 405 บาทต่อลิตร (ไม่รวมค่าการลงทุน) ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการซื้อสารละลายได้ถึง 564 บาทต่อลิตร และไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

Abstract

The objective of this work was to study the feasibility of recovery N-Methyl-Pyrrolidone (NMP) and acetone solution in cleaning the slider fabrication process in the manufacturing process of hard disk drive by distillation. The operating parameters such as pressure (50 - 500 mbar) temperature (60 - 110 °C) and time (20 - 70 minutes) were investigated. The highest purity of solution was ca 98.12 %of N-Methyl-Pyrrolidone at 110 °C, 200 mbar with 30 minutes, that it is sufficiently purity to be re-used. This solution could be produced with 0.33 Liter/hour with 405 Baht/Liter (excluding investment cost) that would be saved 565 Baht/Liter and environmentally friendly with clean technology.

คำสำคัญ : การกลั่น อะซิโตน ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Keywords : Rotary Evaporator, Acetone, N-Methyl-Pyrrolidone(NMP), Hard Disk Drive

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ apiwat.tui@gmail.com โทร. 08 6220 4644

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์รายใหญ่ของโลก ซึ่งมีอัตราการผลิตสูงถึงร้อยละ 41 ของการผลิตทั้งหมดของโลก [4] ซึ่งมีการมุ่งเน้นผลิตสินค้าเพื่อส่งออกทำรายได้ให้กับประเทศ ซึ่งในกระบวนการผลิตในส่วนต่างๆ มักจะมีของเสียออกจากกระบวนการอยู่เสมอ เช่น ชิ้นส่วนที่ชำรุดเสียหาย สารเคมีที่ใช้แล้ว เป็นต้น ซึ่งการผลิตสไลเดอร์ (Slider) มีกระบวนการทำความสะอาดชิ้นงานโดยกระบวนการล้างชิ้นงานโดยใช้เครื่องอัลตร้าโซนิก ซึ่งในกระบวนการล้างนี้จะเกิดของสารละลายที่ใช้แล้วออกมา คือสารละลายระหว่าง N-Methyl-Pyrrolidone (NMP) [5] และ Acetone ซึ่งราคาของสารเคมีทั้งสองชนิดมีราคาสูง จึงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่สูง จึงควรมีการนำสารทั้งสองชนิดกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการแยกสารละลายสองชนิดออกจากกันนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้ การแยกด้วยเมมเบรน โดยกระบวนการเพอร์วาพอเรชัน (pervaporation) การแยกสารผสมที่ใช้สำหรับแยกอีกวิธีที่นิยม คือ การแยกด้วยการกลั่นระเหยภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator) ซึ่งในแต่ละวิธีก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน ซึ่งข้อดีของการแยกด้วยการกลั่น คือ สามารถแยกสารละลายที่มีจุดเดือดที่แตกต่างกันออกได้ดีและได้ความบริสุทธิ์ที่สูง ส่วนข้อเสีย คือ ไม่สามารถแยกสิ่งปนเปื้อนออกมาได้ และข้อดีของการแยกด้วย เมมเบรน คือ สามารถสิ่งปนเปื้อนที่มีขนาดเล็กออกได้ และมีประสิทธิภาพในการกรองสูง ส่วนข้อเสีย คือ เมมเบรน มีข้อจำกัดที่อุณหภูมิและความดันที่สูง และวัสดุที่จะนำมาใช้ผลิตเมมเบรน แต่การที่สารสองชนิดมีจุดเดือดที่แตกต่างกันมากๆ มักจะนิยมใช้การกลั่นระเหยภายใต้ภาวะสุญญากาศ โดยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันในการทดลอง โดยทำใช้เครื่องมือการกลั่นระเหยภายใต้สุญญากาศ (Rotary Evaporator) ในการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกลั่นแยกสารละลายและการทำให้บริสุทธิ์ระหว่าง NMP และ Acetone และวิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

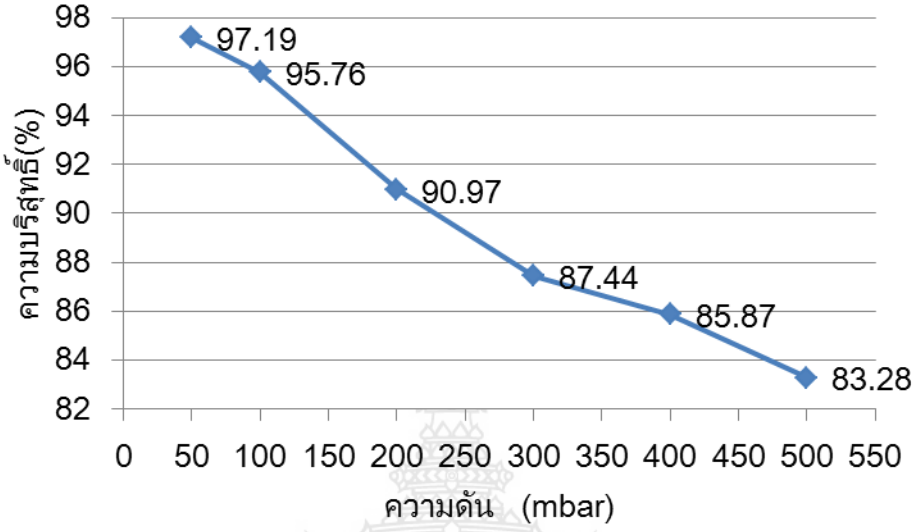
2. วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะเป็นการผสมสารละลายระหว่าง NMP และ Acetone ในอัตราส่วน NMP: Acetone (ที่อัตราส่วน 60:40) เพื่อที่จะทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม [3] โดยใช้เครื่อง Rotary Evaporator BUCHI รุ่น R-205 [6] โดยพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษาอุณหภูมิ 110-60องศาเซลเซียส โดยเวลาในการกลั่น 30 นาที และความดันในการกลั่น 200 มิลลิบาร์ การศึกษาความดัน 50-500 mbar โดยใช้อุณหภูมิในการกลั่น 60 องศาเซลเซียส และเวลาในการกลั่น 30 นาที และการศึกษาเวลาในการกลั่น 20-70 นาที โดยใช้อุณหภูมิในการกลั่น 80 องศาเซลเซียส และความดันในการกลั่น 200 มิลลิบาร์ ตามลำดับ จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการกลั่นไปวิเคราะห์หาค่าความบริสุทธิ์ของสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone โดยใช้เครื่องมือ GC (Gas Chromatography) รุ่น HP 6890 [7] โดยใช้คอลัมน์ HP 5 Methyl Siloxane ใช้อุณหภูมิดีเทคเตอร์ 220 องศาเซลเซียส ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone โดยตั้งค่าของอุณหภูมิดีเทคเตอร์เป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกจะตั้งไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส เพิ่มหาปริมาณของ acetone และอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นในช่วงที่สอง จนอุณหภูมิถึง 220 องศาเซลเซียส เพื่อหาปริมาณของ NMP

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

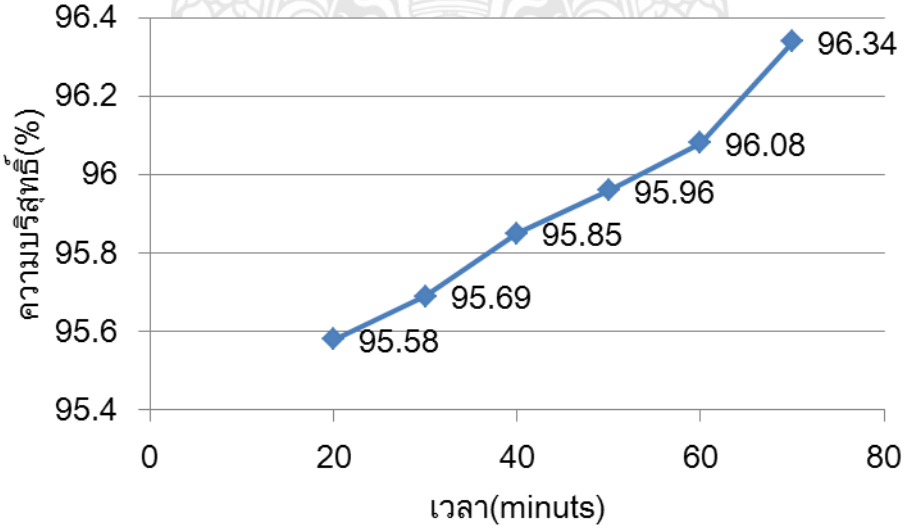
ผลของความดันที่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของ NMP ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในการกลั่นที่เวลา 30 นาที พบว่าเมื่อมีการเพิ่มความดันในการกลั่นจะส่งผลทำให้ความบริสุทธิ์ของ NMP มีค่าลดลง เนื่องจากเกิดการลั่นแยกออกของ acetone ในปริมาณที่น้อย ส่งทำให้ความบริสุทธิ์ของ NMP ลดลงไปด้วย ในการทดลองพบว่าเมื่อมีการลดความดันในการกลั่นให้ต่ำลงจนถึง 50 มิลลิบาร์ จะทำให้ค่าความบริสุทธิ์ของ NMP ที่สูง คือ 97.19 เปอร์เซ็นต์ เพราะทำให้การกลั่นเกิดขึ้นได้ดี ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการกลั่นภายใต้สภาวะสุญญากาศ คือ ทำการกลั่นของเหลวผสมภายใต้สภาวะลดความดัน จะทำให้สารนั้นระเหยและเดือดที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยทั่วไปเมื่อลดความดันจะทำให้เกิดผลต่างอุณหภูมิสูงกว่าเมื่อเพิ่มความดันเทียบกับความดันที่เปลี่ยนไปเท่ากัน อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์นี้หมายความว่าหากเกิดการ

เปลี่ยนแปลงความดันเพียงเล็กน้อย จะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการแยกสาร จึงทำให้ปริมาณของ acetone ปนอยู่ใน NMP มีปริมาณน้อยมาก จึงทำให้พบความบริสุทธิ์ที่สูง ดังแสดงในรูปที่ 1



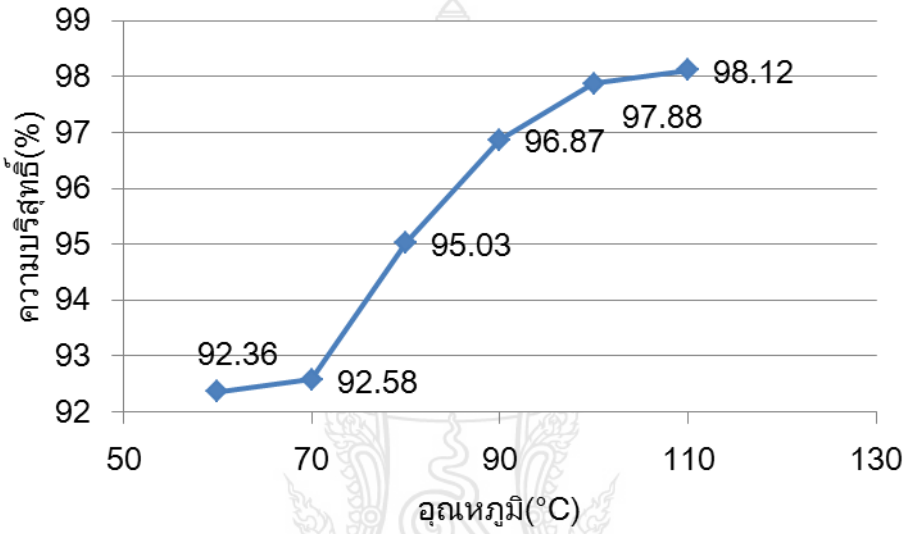
รูปที่ 1 ร้อยละความบริสุทธิ์ของสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone ภายใต้สภาวะความดันความดัน 50 – 500 mbar

ผลของเวลาที่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของ NMP ที่ความดัน 200 มิลลิบาร์ ในการกลั่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อมีการใช้เวลาในการกลั่นมากขึ้นส่งทำให้ได้ความบริสุทธิ์ของ NMP สูงขึ้น เนื่องจากเวลาในการกลั่นนั้นส่งผลทำให้เกิดการกลั่นแยก acetone ในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการกลั่นแบบง่าย เมื่อมีการกลั่นที่อุณหภูมิคงที่ เวลาในการกลั่นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณสารที่กลั่นได้จะมีจำนวนมากขึ้น พบว่าที่เวลา 70 นาที ได้ความบริสุทธิ์สูงถึง 96.34 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone ที่เวลา 20 – 70 นาที

ผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของ NMP ที่ความดัน 200 มิลลิบาร์ ในการกลั่นที่เวลา 30 นาที พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการกลั่นเพิ่มสูงขึ้น ความบริสุทธิ์ของ NMP ที่ได้สูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจาก acetone มีจุดเดือดที่ต่ำ เมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงจะทำให้เกิดการระเหยที่มากขึ้น ทำให้ความบริสุทธิ์ของ NMP ที่ได้นั้นสูงไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการกลั่นลำดับส่วน คือ องค์ประกอบจุดเดือดต่ำจะออกมาจากสารละลายผสมก่อนสารองค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงกว่า พบว่าที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ได้ความบริสุทธิ์สูงถึง 98.12 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 60 – 110 °C

จากผลการทดลองพบว่า ความบริสุทธิ์ของสาร N-Methyl-Pyrrolidone ที่สูงที่สุดที่ 98.12 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้สภาวะการกลั่นที่ 110 องศาเซลเซียส รองลงมาคือความบริสุทธิ์ของ NMP ที่ 97.88 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC [2] ซึ่งสารละลาย NMP ที่ได้นั้นมีค่าความบริสุทธิ์ที่สูงและใกล้เคียงกับค่าความบริสุทธิ์ของสารละลายเริ่มต้น โดยสภาวะที่ใช้ในการกลั่นนั้นประกอบไปด้วย ความดันในการกลั่น 200 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 30 นาที

โดยค่าใช้จ่ายในการกลั่น จะหาได้จาก

ค่าใช้จ่ายในการกลั่น = ค่าแรงงาน + ค่าไฟฟ้า

โดยค่าแรงงาน คิดจากอัตราค่าแรงพื้นฐานภายในประเทศ โดยค่าจ้างพนักงาน 15,000 บาทต่อเดือน ระบบทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ต้องใช้พนักงานจำนวน 2 คน

ค่าแรงงาน

ค่าแรงงาน = 15,000 (บาท/เดือน/คน) x 2 คน

= 30,000 บาท/เดือน

ระบบทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 28 วันต่อเดือน ดังนั้น

$$\text{ค่าแรงงาน} = \left(\frac{30000}{1}\frac{\text{บาท}}{\text{เดือน}} \times \frac{1}{8}\frac{\text{วัน}}{\text{ชั่วโมง}} \times \frac{1}{28}\frac{\text{เดือน}}{\text{วัน}} \times 3\frac{\text{ชั่วโมง}}{\text{ลิตร}}\right)$$

= 401.8 บาทต่อลิตร

ค่าไฟฟ้า 3.76 บาทต่อกิโลวัตต์ เครื่องกลั่นใช้ไฟฟ้า 2.52 กิโลวัตต์ต่อวัน ดังนั้น

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \left(\frac{2.52}{1}\frac{\text{กิโลวัตต์}}{\text{วัน}} \times \frac{3.76}{1}\frac{\text{บาท}}{\text{กิโลวัตต์}} \times \frac{1}{8}\frac{\text{วัน}}{\text{ชั่วโมง}} \times \frac{3}{1}\frac{\text{ชั่วโมง}}{\text{ลิตร}}\right)$$

= 3.5 บาท/ลิตร

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายในการกลั่น = 401.8 + 3.5 บาท/ลิตร
= 405 บาท/ลิตร

4. สรุป

การกลั่นที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 200 มิลลิบาร์ เป็นเวลา 30 นาที ทำให้ได้สารละลาย N-Methyl-Pyrrolidone ที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 98.12 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารละลายที่ได้นั้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ โดยค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการกลั่น 405 บาทต่อลิตร (ไม่รวมค่าการลงทุน) ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการซื้อสารละลายได้ถึง 564 บาทต่อลิตร (เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการสารละลายใหม่ที่ต้องซื้อ) ซึ่งการนำกลับมาใช้ใหม่นี้จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและยังช่วยไม่ให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา คำวิลัยศักดิ์. 2541. **การวิเคราะห์การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานปลากระป๋อง โดยกระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน**. วิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชูติมา ศรีวิบูลย์. **การวิเคราะห์โดยเครื่องมือโครมาโทกราฟฟี (Analysis by Chromatographic Instruments HPLC IC GC)**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นักรบ นาคประสม. 2548. **ออกแบบและพัฒนาการกลั่นสุราภายใช้สภาวะสุญญากาศ.** วิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Box: ความสาคัญของห่วงโซ่อุปทานของไทยต่อเศรษฐกิจ**โลก. รายงานภาวะเศรษฐกิจไทยปี 2554** http://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/Inflation/Documents/02Chapter2_Apr2555.pdf

BASF, C. "N-Methylpyrrolidone Storage and Handling." **BASF INTERMEDIATES**.

Kumta, P. N., D. Gallet, et al. 1998. "Synthesis of LiCoO2 powders for lithium-ion batteries from precursors derived by rotary evaporation." **Journal of Power Sources** 72: 91-98.

Peter Akrill, J. C., Steve Dixon. 2001. "Dermal exposure to aqueous solutions of N-methylpyrrolidone." **Toxicology Letters 134.:**265-269.