

การสร้างเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกชั้นเนื้อยางskim โดยใช้วิธีการลอยตะกอน Prototyping Machine for Stratifying Skim Rubber using Air Flotation Method

สายันท์ อรรถวรณ และ ชาคิต สุวรรณจรัส*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 ถ.พุทธมนทลสาย 4 ต.ศาลายา อ.พุทธมนทล จ.นครปฐม 73170

*ติดต่อ: อีเมล chakrit.suv@mahidol.ac.th, โทรศัพท์ 662 889 2138 ต่อ 6416, โทรสาร 662 889 2138 ต่อ 6429

บทคัดย่อ

น้ำยางskim หรือหางน้ำยาง (Skim Latex) เป็นผลผลิตพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น ปริมาณสารในน้ำยางskimจะประกอบด้วย น้ำ โปรตีน น้ำตาล สารอินทรีย์ และมีเนื้อยางประมาณ 3 - 10 % อนุภาคเนื้อยางที่เหลืออยู่ในน้ำยางskimมีขนาดประมาณ 0.04 ถึง 0.4 μm ทำให้การเก็บรวบรวมเนื้อยางกระทำได้ยาก การรวบรวมเนื้อยางskimเพื่อผลิตยางskimในปัจจุบันใช้กรดกำมะถันเข้มข้นเติมลงในน้ำยางskimทำให้เนื้อยางจับรวมตัวเป็นก้อน แต่การเก็บรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดกำมะถันเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำและใช้เวลานาน อีกทั้งน้ำยางskimที่เก็บไว้นานกว่า 7 วัน จะไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้ ในการผลิตเนื้อยางskimจำเป็นต้องทำการพักให้น้ำยางแยกชั้นกับน้ำยางหลังจากการเติมกรดกำมะถันเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงสามารถเก็บเนื้อยางskimที่ลอยเป็นชั้นได้ ในระบบบำบัดน้ำเสียมีการใช้เทคโนโลยีการลอยตัวโดยใช้ฟองอากาศจับตะกอนให้ลอยขึ้นสู่บริเวณผิวน้ำ ยางskimที่ไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนจะมีลักษณะเหมือนตะกอน เทคนิคการใช้ฟองอากาศจับตะกอนสามารถนำมาใช้เก็บเนื้อยางskimเพื่อลดเวลาในการแยกชั้นของเนื้อยางหลังจากการเติมกรดกำมะถัน

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการสร้างเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกชั้นเนื้อยางที่มีถึงบรรจุน้ำยางskimความจุ 1 ลูกบาศก์เมตร มีอัตราการไหลของน้ำยางเข้าถึงสูงสุด 4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีอัตราการไหลของอากาศสูงสุด 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยใช้ระบบการฉีดอากาศแบบ IAF (Induce Air Flotation) ด้วยหัวเติมอากาศแบบท่อ (Tube Diffuser) และมีระบบสายพานกวาดเนื้อยางอยู่ด้านบนของถังสามารถทำการกวาดเก็บเนื้อยางได้อย่างต่อเนื่อง ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ รวมถึงขีดจำกัดของเครื่องจักร ใช้ปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำยาง หรือค่า TSC (Total Solid Content) เป็นตัววัดค่าประสิทธิภาพ โดยค่า TSC สูงสุดของเครื่องต้นแบบมีค่า 59.66 % เมื่อเปรียบเทียบกับค่า TSC ของน้ำยางskimที่ถูกนำมาทดสอบ

คำหลัก: เครื่องจักร, แยกชั้น, เนื้อยางskim, การลอยตะกอน

Abstract

Skim latex is a by-product from the concentrate latex production process. This latex contained water, protein, substances of inorganic and approximately rubber of 3 - 10 %. The particle of rubber remaining in skim has the approximately size from 0.04 to 0.4 μm , that cause the collection could be done hardly. In the present day, the producing of skim rubber can be done by using concentrated sulfuric acid mix with the skim latex and cause of the skim rubber coagulation. This method is less effective, and it takes a long time to process. Moreover, if the skim latex was stored longer than 7 days, it will not be

AMM-2013

coagulated. In the production of skim rubber, it's necessary to keep the skim latex for 24 hours after mixing sulfuric acid and then obtain the skim rubber from a floating floor. The method of the wastewater treatment has used the floating technology by trapping sediment with air bubbles to float up to the water surface. The non-flocculated skim latex is characteristic as same as sediment, so we had to use the air bubbles floating technique to entrap the skim rubber.

This paper presented a prototyping machine for stratifying skim rubber which had a skim latex tank capacity of 1 m^3 , the maximum inlet skim latex flow rate of $4 \text{ m}^3/\text{hr}$, the IAF (Induce Air Flotation) air flow rate through a tube diffuser of $10 \text{ m}^3/\text{hr}$ and the skimmer paddle belt on the top of the tank to sweep rubber continuously. The performance of the prototype machine and the limits of the machine use the Total Solid Content (TSC) to obtain the performance of the prototype machine. The highest TSC of the prototype machine was 59.66 %, when compared with the TSC of skim latex for experiment.

Keywords: machine, stratifying, skim rubber, air flotation

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตน้ำยางข้นในประเทศไทย นิยมใช้กระบวนการปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) น้ำยางธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการปั่นเหวี่ยงจะถูกแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ น้ำยางข้น และหางน้ำยาง (Skim latex) องค์ประกอบของหางน้ำยางมีเนื้อยางประมาณ 3 - 10 % โดยน้ำหนัก ที่เหลือเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยาง เช่น น้ำตาล โปรตีน และสารอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งจะถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยแบคทีเรียทำให้หางน้ำยางจับตัวได้ยาก [1-2] ในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตยางสกิมจะต้องมีการการไล่แอมโมเนียในหางน้ำยางก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการจับตัว โดยการเติมกรดกำมะถันเข้มข้นลงในน้ำยางสกิมจนกระทั่งหางน้ำยางมีความเป็นกรด (pH) 4.5 ทำให้เนื้อยางจับรวมตัวเป็นก้อนและลอยแยกตัวออกจากน้ำที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลืองใส แต่การเก็บรวบรวมเนื้อยางโดยใช้กรดกำมะถันเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพต่ำและใช้เวลานาน อีกทั้งน้ำยางสกิมที่เก็บไว้นานกว่า 7 วัน จะไม่สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้ ในการผลิตเนื้อยางสกิมจำเป็นต้องทำการพักให้เนื้อยางแยกชั้นกับน้ำยางหลังจากการเติมกรดกำมะถันเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงสามารถเก็บเนื้อยางสกิมที่ลอยแยกตัวจากน้ำได้ [3] การลอยตะกอนด้วยอากาศ (Air Flotation) เป็นวิธีแยกตะกอนในน้ำเสียให้ลอยสู่บริเวณชั้นบน

ของผิวน้ำนิยมใช้กับตะกอนที่ยากแก่การตกตะกอน เช่น ตะกอนแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบา พวกไขมันต่างๆ ซึ่งใช้เวลาในการแยกชั้นน้อยกว่าวิธีการตกตะกอน อนุภาคของตะกอนจะติดกับผิวของฟองอากาศซึ่งจะทำให้หน้าที่ดึงดูดตะกอนขึ้นสู่ผิวน้ำ ประสิทธิภาพของวิธีลอยตะกอนด้วยอากาศจะขึ้นกับการสร้างฟองอากาศ การชนและสัมผัสระหว่างตะกอนกับผิวของฟองอากาศ จำนวนฟองอากาศต่ออนุภาคตะกอนและการลอยตัวของตะกอนและฟองอากาศขึ้นสู่ผิวน้ำ การสร้างฟองอากาศเพื่อใช้ในการจับตะกอนมีวิธีการหลายกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการ DAF (Dissolved-air flotation) ทำได้โดยเพิ่มความดันและเติมอากาศให้อิ่มตัวในน้ำ เมื่อลดความดันจะเกิดฟองอากาศ กระบวนการ IAF (Induced air flotation) สร้างฟองอากาศด้วยอุปกรณ์ทางกล เช่น การใช้ใบพัดความเร็วสูงตีน้ำ หรือการฉีดอากาศ กระบวนการ EF (Electrolytic flotation) ใช้พลังงานไฟฟ้าในการสร้างฟองอากาศ กระบวนการ VF (Vacuum flotation) ใช้วิธีการลดความดัน เพื่อให้เกิดฟองอากาศ [4-6]

กระบวนการ IAF เป็นกระบวนการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับหางน้ำยาง เนื่องจากเป็นระบบที่มีต้นทุนต่ำ มีอัตราการฉีดอากาศสูง และสามารถปรับอัตราการฉีดอากาศได้ง่าย งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้กระบวนการ IAF เพื่อออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ

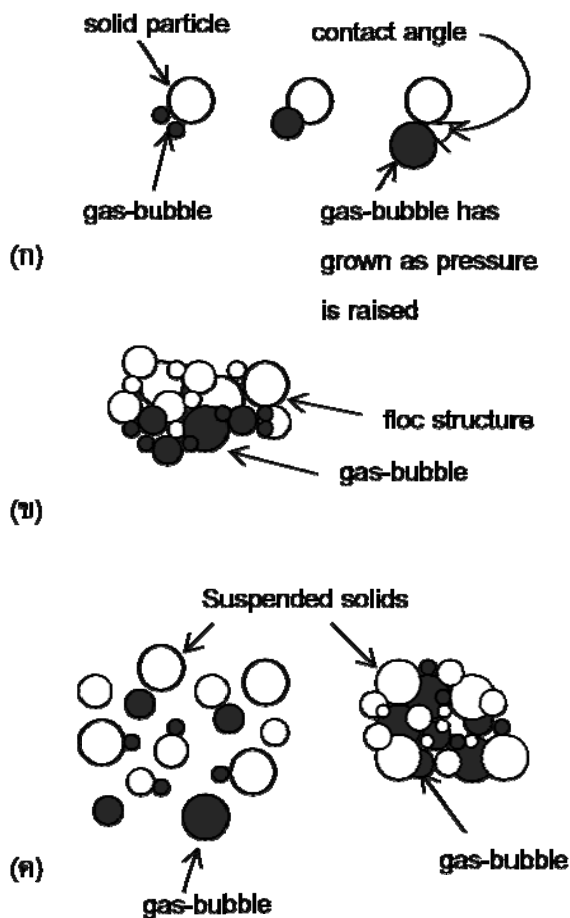
AMM-2013

สำหรับเก็บเนื้อยางสกิมเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม
การผลิตยางสกิมต่อไป

2. ทฤษฎี

2.1 พฤติกรรมการจับตะกอนของฟองอากาศ

การดักจับตะกอนด้วยฟองอากาศขึ้นกับลักษณะ
การสัมผัสระหว่างอนุภาคตะกอนและฟองอากาศแสดง
ได้ในรูปที่ 1 ฟองอากาศขนาดเล็กจะมีการรวมตัวกัน
เมื่อเพิ่มความดันในน้ำ โดยที่ผิวของฟองอากาศจะ
สัมผัสกับผิวของตะกอนและมีมุมสัมผัสเกิดขึ้น มุม
สัมผัสมีผลต่อแรงลอยตัวที่กระทำต่อตะกอน ทั้งนี้
ตะกอนที่มีการเกาะกลุ่มกันมีความจำเป็นที่ต้องใช้
ฟองอากาศจำนวนมากขึ้น เพื่อให้กลุ่มของตะกอน
สามารถลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการจับตะกอนของ
ฟองอากาศ [4]

2.2 ความเร็วในการลอยตัวของอากาศที่จับ ตะกอน

เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคของตะกอนใดๆ
(d_p) ถูกจับด้วยฟองอากาศ (d_b) สามารถแสดงได้
ด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของปริมาตรการจับตัว (d_a)
ด้วยสมการ (1)

$$d_a = (d_p^3 + d_b^3)^{1/3} \quad (1)$$

และสามารถคำนวณความหนาแน่นของจำนวนตะกอน
(i) ภายในปริมาตรของการจับตัวได้ ดังสมการ (2)

$$\rho_a = \frac{\rho_p d_p^3 + i \rho_b d_b^3}{d_a^3 + i d_b^3} \quad (2)$$

เมื่อ ρ_a คือ ความหนาแน่นของปริมาตรการจับตัว

ดังนั้นแรงลอยตัวของปริมาตรการจับตัวระหว่าง
ฟองอากาศกับอนุภาคตะกอน สามารถแสดงได้ด้วย
สมการ (3)

$$F_{\text{buoyancy}} = \frac{\pi d_a^3 (\rho - \rho_a) g}{6} \quad (3)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

ในขณะที่ปริมาตรการจับตัวระหว่างฟองอากาศและ
อนุภาคตะกอนเกิดการลอยตัวด้วยแรงลอยตัวดังกล่าว
จะเกิดแรงจุด (F_D) ที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทาง
ตรงกันข้ามกระทำต่อปริมาตรแสดงได้ดังสมการ (4)

$$F_D = \frac{C_D \pi \rho v_i^2 d_a^2}{8} \quad (4)$$

เมื่อ C_D คือ สัมประสิทธิ์แรงจุด

v_i คือ ความเร็วของการลอยตัว

สมการ (3) มีค่าเท่ากับสมการ (4) สามารถแสดงได้
ด้วยสมการ (5) และ (6) ซึ่งจะสามารถคำนวณ
ความเร็วในการลอยตัวของปริมาตรการจับตัวได้

AMM-2013

$$F_D = F_{buoyancy} \quad (5)$$

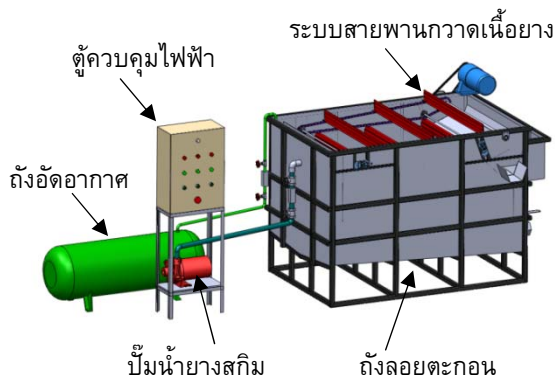
$$v_i = \sqrt{\frac{8F_{buoyancy}}{C_D \pi \rho d_a^2}} \quad (6)$$

ค่าสัมประสิทธิ์แรงจุด (C_D) จะมีค่าขึ้นกับรูปแบบของการไหลโดยใช้ค่าตัวเลขเรย์โนลส์ ในการแยกรูปแบบการไหล [7]

3. การออกแบบและทดสอบเครื่องจักรต้นแบบ

การออกแบบเครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกชั้นน้ำยางสกิมใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบหรือ CAD (Computer Aided Design) ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจักร ใช้ซอฟต์แวร์ SolidWorks สร้างส่วนประกอบเป็นแบบจำลอง (Model) 3 มิติประกอบเข้าด้วยกันเป็นเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องจักรประกอบด้วย ถังลอยตะกอนซึ่งมีระบบสายพานกวาดเนื้อเยื่ออยู่ด้านบนของถังสามารถทำการกวาดเก็บเนื้อเยื่อได้อย่างต่อเนื่อง ถังอัดอากาศ บั๊ม น้ำ ตู้ควบคุมไฟฟ้า ถังบรรจุ น้ำยางสกิมมีขนาด กว้าง 1 m ยาว 1.6 m และสูง 1 m สามารถบรรจุ น้ำยางสกิมได้ 1 m³ โดยจ่าย น้ำยางสกิมเข้าถังสูงสุดได้ 4 m³/hr และมีอัตราการจ่ายอากาศเพื่อใช้ในการลอยเนื้อเยื่อสกิมสูงสุด 10 m³/h

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องจักร และถังลอยตะกอน ทำได้โดยใช้วิธี



รูปที่ 2 ส่วนประกอบของเครื่องจักร

วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis) [8-10]

การคำนวณความเร็วในการไหลเข้าภายในถังของน้ำยางสกิมเพื่อออกแบบผนังกันขวางการไหลให้มีอัตราการไหลของน้ำยางสกิมในถังต่ำที่สุด และมีลักษณะการไหลเป็นแบบราบเรียบ (Laminar) ทำได้โดยใช้วิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ หรือ CFD (Computational Fluid Dynamic) [11-13]

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจักรจะใช้การคำนวณปริมาณของยางสกิมที่ถูกฟองอากาศดักจับและกวาดเพื่อนำมาคำนวณค่า TSC (Total Solid Content) ตามมาตรฐาน ASTM D1076 [14] โดยแสดงตามสมการ (7)

$$TSC, \% = \frac{C - A}{B - A} \times 100 \quad (7)$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของภาชนะบรรจุ น้ำยาง
B คือ น้ำหนักของภาชนะและน้ำยางสกิม
C คือ น้ำหนักของภาชนะและยางสกิมแห้ง

4. ผลการออกแบบและทดสอบ

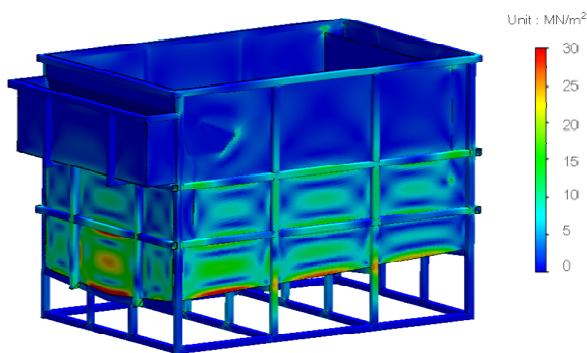
4.1 ผลการใช้ CAD/CAE ออกแบบเครื่องจักร

การใช้ CAD ออกแบบเครื่องจักรสามารถคำนวณน้ำหนักของถังรวมกับน้ำยางสกิมคิดเป็น 13,000 N เมื่อใช้วัสดุในการสร้างถังและโครงสร้างเครื่องจักรแสดงในตารางที่ 1 และวิเคราะห์เครื่องจักรด้วยการใช้ CAE (Computer Aided Engineering) ความแข็งแรงของเครื่องจักรจากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยซอฟต์แวร์ SolidWorks Simulation และแสดงค่าความเค้น (Stress) ต่ำด้วยเจดสีน้ำเงิน แสดงค่าความเค้นสูงด้วยเจดสีแดง สามารถแสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างสูงสุด 45,643 kN/m² ด้วยเจดสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 3 ค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการออกแบบเพื่อให้ถังลอยตะกอนสามารถบรรจุ น้ำยางสกิมได้สูงสุด 1 m³ มีค่าน้อยกว่าค่าความเค้นคราก (Yield Stress) ของวัสดุคิดเป็นค่าความปลอดภัย (Factor of safety) เท่ากับ 5.48

AMM-2013

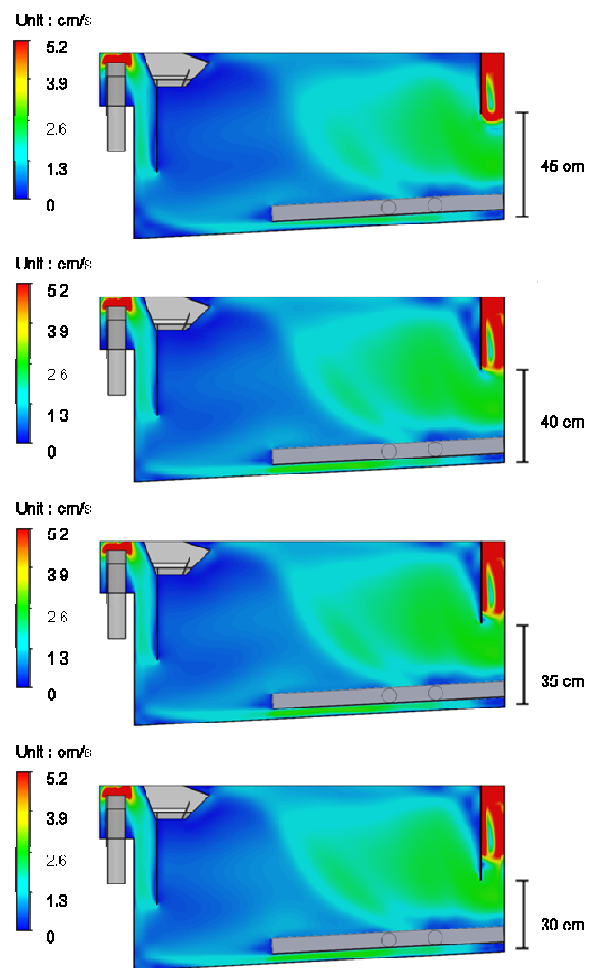
ตารางที่ 1 วัสดุสำหรับผลิตเครื่องจักรต้นแบบ

ชิ้นส่วนเครื่องจักร	โครงสร้าง	ถังลอยตะกอน
ชนิดวัสดุ	ASTM36 Steel	AISI304
Elastic Modulus (GPa)	2×10^{11}	1.9×10^{11}
ความหนาแน่น (kg/m^3)	7,850	8,000
Yield Stress (MPa)	250	207
Poisson Ratio	0.26	0.29



รูปที่ 3 Stress ที่เกิดบนผนังของถังลอยตะกอน

การใช้ CFD ด้วยซอฟต์แวร์ SolidWorks Flow Simulation คำนวณหาความเร็วของน้ำภายในถัง เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบความสูงของผนังกันภายในถังทางฝั่งน้ำเข้าให้มีความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุดเพื่อให้เนื้อเยื่อสกิมซึ่งถูกฟองอากาศดักจับสามารถลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้เร็วที่สุด โดยกำหนดอัตราการไหลของน้ำสกิมเข้าถังลอยตะกอนสูงสุด $4 \text{ m}^3/\text{hr}$ เมื่อเพิ่มความลึกต่ำลงของผนังกันครั้งละ 5 cm ความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่ลอดผ่านผนังด้านล่างแสดงผลการคำนวณความเร็วในการไหลของน้ำสกิมด้วยเจดสีในบริเวณที่มีความเร็วของน้ำสกิมสูงภายในถังจะแสดงด้วยเจดสีแดง และในบริเวณที่มีการไหลน้อยมากหรือน้ำไม่มีการไหลจะแสดงด้วยเจดสีน้ำเงิน(รูปที่ 4) ผลการคำนวณด้วย CFD ได้ความเร็วน้ำสกิมที่ไหลผ่านช่องด้านล่างผนังมีค่าต่ำที่สุดคือ 0.0166 m/s ที่ความลึกของผนังซึ่งทำให้เกิดช่องการไหลสูงจากกันถึงในตำแหน่งที่ติดตั้งผนังกัน 35 cm



รูปที่ 4 ความเร็วของน้ำที่ลอดผ่านผนังกันที่มีความสูงแตกต่างกัน

4.2 ผลการสร้างและทดสอบเครื่องจักร

เครื่องจักรต้นแบบถูกสร้างตามแบบจำลองในรูปที่ 2 โดยแสดงภาพเครื่องจักรหลังการสร้างแล้วเสร็จได้ในรูปที่ 5 เครื่องจักรต้นแบบจะมีใบกวาดฟองของสกิมจำนวน 6 ใบ ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยโซ่และมอเตอร์ โดยการควบคุมผ่านตู้ควบคุมไฟฟ้า ที่ตำแหน่งกันของถังลอยตะกอนจะถูกติดตั้งหัวเติมอากาศแบบท่อที่สามารถผลิตฟองอากาศขนาด $1 - 3 \text{ mm}$. โดยการจ่ายอากาศด้วยถังอัดอากาศที่มีความสามารถจ่ายอากาศได้สูงสุด $10 \text{ m}^3/\text{hr}$

การทดสอบหาค่า TSC ของน้ำสกิมทำได้โดยการเติมน้ำสกิมที่ผ่านการผสมกรดกำมะถันจน

AMM-2013



รูปที่ 5 เครื่องจักรต้นแบบก่อนการทดสอบ

กระทั้งมีค่า pH เท่ากับ 4.5 ลงในถังลอยตะกอนจนเต็มความจุ (ระดับน้ำอย่างสกิมเท่ากับระดับใบกวาด) เก็บตัวอย่างน้ำอย่างสกิมก่อนปล่อยฟองอากาศเพื่อหาค่า TSC ก่อนทดสอบ ซึ่งพบว่าน้ำอย่างสกิมที่ใช้ทดสอบมีค่า TSC 7.72 % หลังจากนั้นฉีดฟองอากาศและทำการเปิดมอเตอร์ขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ 5 rpm เพื่อให้ใบกวาดสามารถกวาดอย่างสกิมที่ถูกฟองอากาศดักจับ เก็บน้ำอย่างจากการกวาดด้วยภาชนะซึ่งมีปริมาตร 0.1 m³ ซึ่งน้ำหนักทุกๆ 5 นาที (รูปที่ 6) แล้วจึงนำน้ำอย่างสกิมที่ถูกเก็บไปทดสอบหาค่า TSC

การทดสอบเครื่องจักรโดยการหาค่า TSC จากน้ำอย่างสกิมซึ่งถูกดักจับโดยใช้ฟองอากาศหรือกระบวน

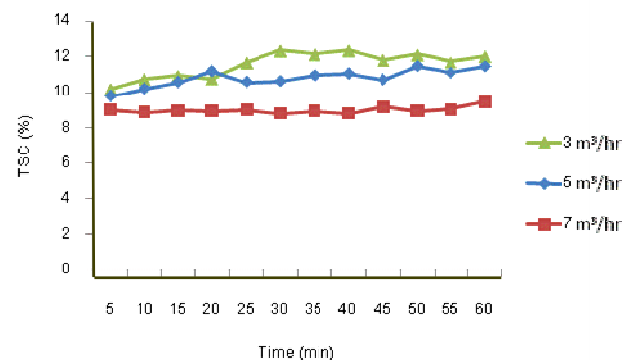


(ก)

(ข)

รูปที่ 6 การเก็บตัวอย่างน้ำอย่างสกิมด้วยเครื่องจักรต้นแบบ (ก) การใช้ใบกวาดหมุนกวาดฟองของน้ำอย่างสกิม (ข) การรองรับน้ำอย่างสกิมที่ถูกกวาด

การ IAF นี้จะทำการปรับอัตราการไหลของอากาศ 3 ค่าได้แก่ 3 m³/hr, 5 m³/hr และ 7 m³/hr ตามลำดับ ผลการทดสอบด้วยการหาค่า TSC ของเครื่องจักรต้นแบบที่อัตราการไหลของอากาศแต่ละค่าเป็นเวลานาน 60 นาที สามารถนำมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TSC กับเวลา แสดงได้ในรูปที่ 7 ค่า TSC ของกระบวนการ IAF ที่ใช้จะมีค่ามากขึ้นเมื่ออัตราการเติมอากาศถูกปรับค่าลดลง ค่า TSC ของเครื่องต้นแบบที่อัตราการไหลของอากาศ 3 m³/hr, 5 m³/hr และ 7 m³/hr มีค่าเฉลี่ยในระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักร 1 ชั่วโมง เท่ากับ 11.56 %, 10.80 % และ 8.98 % ตามลำดับ และพบว่าเครื่องจักรต้นแบบสามารถทำให้ค่า TSC ของน้ำอย่างสกิมที่ผ่านกระบวนการ IAF มีค่าสูงกว่าค่า TSC ของน้ำอย่างสกิมก่อนผ่านกระบวนการ IAF เฉลี่ย 59.66 % ที่อัตราการไหลของอากาศ 3 m³/hr ภายในระยะเวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่า TSC ของเครื่องจักรต้นแบบ

5. สรุป

เครื่องจักรต้นแบบสำหรับแยกน้ำอย่างสกิมถูกสร้างขึ้นด้วยการใช้กระบวนการ IAF ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ใบกวาด และ หัวเติมอากาศแบบท่อ รูปร่างของเครื่องจักรใช้วิธี CAD ในการออกแบบความแข็งแรงของเครื่องจักรใช้วิธี FEA และการไหลของน้ำอย่างสกิมภายในเครื่องจักรใช้วิธี CFD ในการคำนวณ ผลการออกแบบและคำนวณทำให้ได้เครื่องจักรต้นแบบขนาดกว้าง 1 m ยาว 1.6 m และสูง

AMM-2013

1 m อัตราการไหลของอากาศที่เหมาะสมหาได้จากค่า TSC ของการทดสอบน้ำยางสกิมด้วยมาตรฐาน ASTM D1076-02

การทดสอบเครื่องจักรโดยการเติมน้ำยางสกิมที่ผสมกรดกำมะถัน จนมีค่า pH เท่ากับ 4.5 และทำการฉีดอากาศที่อัตราการไหล 3, 5 และ 7 m³/hr และเก็บตัวอย่างน้ำยางสกิมที่ถูกกวาดโดยเครื่องจักร ทุกๆ 5 นาที เป็นเวลานาน 60 นาที มีค่า TSC เฉลี่ย 11.56 %, 10.80 % และ 8.98 % ตามลำดับ เมื่อนำค่า TSC ที่ได้จากการบวการ IAF เปรียบเทียบกับค่า TSC ของน้ำยางสกิมที่ใช้ทดสอบพบว่า เครื่องจักรต้นแบบสามารถทำให้ค่า TSC สูงขึ้นถึง 59.66 % เมื่อใช้อัตราการจ่ายฟองอากาศ 3 m³/hr

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) หมายเลขโครงการ P-11-00722

7. เอกสารอ้างอิง

[1] โชติรส ดอกขันธ์. 2552 การศึกษาสมบัติของยางสกิมที่ได้จากการบวการครีมด้วย Cellulose Ethers, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[2] Rippel, M.M., Lee, L.T., Leite, C.A. and Galembeck, F. (2003). Skim and cream natural rubber particles: colloidal properties, coalescence and film formation, *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 268, pp. 330–340.

[3] เสาวนีย์ ก่อวุฒิกุลรังษี. 2546 การผลิตยางธรรมชาติ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[4] Wang, L.K., Shammass, N.K., Selke, W.A. and Aulenbach, D.B. (2010). *Flotation Technology*, Humana Press, London.

[5] Rubio, J., Souza, M.L., and Smith, R.W. (2002). Overview of flotation as a wastewater

treatment technique, *Minerals Engineering*, vol. 15(3), March 2002, pp. 139-155.

[6] Sincero, A.P. and Sincero, G.A. (2002). *Physical-Chemical Treatment of Water and Wastewater*, CRC Press, London.

[7] Heung-Joe J., Jae-Wook, L., Do-Young C., Seong-Jin, K. and Dong-Heui, K. (2005). Flotation efficiency of activated sludge flocs using population balance model in dissolved air flotation, *Korean Journal of Chemical Engineering*, vol. 23(2), March 2006, pp. 271-278.

[8] ปราโมทย์ เดชะอำไพ (2555). ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[9] Daryl, L.L. (2007). *A First Course in the Finite Element Method*, ISBN 0-534-55298-6, Thomson, Canada.

[10] Cook, R.D., Malkus, D.S., Plesha, M.E. and Witt, R.J. (2002). *Concept and Applications of Finite Element Analysis*, John Wiley & Sons, USA.

[11] Anderson, Jr. J.D. (1995). *Computational Fluid Dynamics*, McGraw-Hill, New York.

[12] Versteeg, H.K. and Malalasekera, W. (1995). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*, Prentice-Hall, Malaysia.

[13] ปราโมทย์ เดชะอำไพ (2553). พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และไฟไนต์วอลุ่ม, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

[14] ASTM D1076-02, Standard specification for rubber-concentrated, ammonia preserved, creamed, and centrifuged natural latex. (2002). *Annual book of ASTM standard* vol. 09:01. pp. 218-229.