การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 19
19-21 ตุลาคม 2548 จังหวัดภูเก็ต

ผลกระทบของรูปทรงใบพัดที่มีผลต่อการเติมอากาศใต้น้ำ

Effect of the Geometry of Hollow Stirrers on Aeration into Water

มานพ มาสมทบ[1,^] จารุวัตร เจริญสุข[2] วิภา เจียระไนวชิระ[3] แสวง เกิดประทุม[4]
[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล [3]ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร10520
[4]ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.)
35 หมู่ 3 เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
[^]E-mail: manop_me03@yahoo.com

Manop Masomtob[1,^] Jaruwat Charoensuk[2] Vipa Jayranaiwachira[3] Sawaeng Gerdpratoom[4]
[1,2] Department of Mechanical Engineering, Department Agricultural, Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Ladkrabang, Bangkok 10520
Department of Engineering, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR)
35 Moo 3 Technopolis, Tambon Khlong 5, Amphoe Khlong Luang, Pathumthani 12120
[^]E-mail: manop_me03@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาลักษณะรูปทรงของใบพัดที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเติมอากาศใต้น้ำ โดยออกแบบใบพัดของเครื่องเติมอากาศที่สามารถนำอากาศลงสู่ใต้น้ำ ในลักษณะของฟองอากาศ เพื่อให้เกิดการละลายของออกซิเจนลงในน้ำ ในการศึกษานี้ใช้ใบพัด 2 รูปแบบคือ แบบใช้ความดันหลังใบพัด และแบบใช้ความดันหลังใบพัดร่วมกับแรงหนีศูนย์ โดยทำการทดลองที่ความเร็วรอบต่างๆและที่ระดับการจมของใบพัด 3 ระดับ ทั้งนี้ใบพัดทั้ง 2 รูปทรงจะมีความเร็วรอบต่ำสุดที่ใช้ในการทำงานต่างกัน ตลอดการทดลองอุณหภูมิของน้ำถูกควบคุมไว้ประมาณ 30°C และมีการควบคุมไม่ให้เกิดการหมุนวนของโพรงอากาศที่ผิวน้ำ (vortex) ผลที่ได้จากการทดลองแสดงประสิทธิภาพการละลายตัวของออกซิเจน และปริมาณอากาศที่ได้รับที่มีผลจากรูปทรงของใบพัด ซึ่งการทำให้เกิดอัตราการไหลของอากาศที่มากขึ้นนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานมากขึ้น แต่เมื่ออัตราการไหลของอากาศมากถึงค่าหนึ่ง จะไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเติมอากาศ นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นที่ต้องพิจารณาเพิ่มคือ ขนาดของฟองอากาศ รูปแบบการหมุนวนของน้ำ รูปทรงของถัง เป็นต้น ผลที่ได้จาการศึกษานี้จะถูกนำไปพัฒนาปรับปรุงใบพัด เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการเติมออกซิเจนที่ดีขึ้น

คำสำคัญ : ใบพัด, การเติมอากาศ, ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

Abstract

This research was the study to the effect of the geometry of hollow stirrers on aeration into water by designing the hollow stirrers of aerator were generated air flow rate then pass it into water. Consequently, produced bubbles, which oxygen dissolved with the water. This case study has been used two geometry of Hollow Stirrers, back pressure and back pressure combine centrifugal of Hollow Stirrers. During test can be varied revolution and immersion three levels of hollow stirrers. The geometry of hollow stirrers has its minimum revolution as well. Moreover, the water has been control temperature about 30 °C and the water surface is not occurred of vortex. The result show to aeration efficiency and flow rate of air with obtain from geometry of hollow stirrers. when the flow rate is boosted up, it is necessary to spend more energy. High flow rate, on the other hand, probably not effect to aeration efficiency, also, has a variety of variable such as bubble size, pattern flow of water, shape of tank, and many more which would be considered. This result study will develop the hollow stirrers for high aeration efficiency.

Keywords : Hollow stirrers, Aeration, Dissolved oxygen

1.บทนำ

ในปัจจุบันนี้ทั่วโลกกำลังคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมมากขึ้น รวมทั้งรัฐบาลของประเทศไทย ที่มีความต้องการที่จะจัดการกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ต้องมีการออกกฎหมายข้อบังคับต่างๆออกมา ที่นำมาใช้กับประชาชนและภาคอุตสาหกรรม การจัดการสิ่งแวดล้อมในที่นี้หมายถึงการควบคุมมลพิษของน้ำ ของอากาศ เสียง และอื่นๆ ให้มีค่าตามมาตรฐานที่ทางรัฐบาลได้กำหนดไว้ หรือมาตรฐานที่ใช้กันทั่วโลก เช่น ISO 14000 ซึ่งมันเป็นแนวทางที่ดีในการจัดการ แต่ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถนำแนวทางมาใช้ได้ อาจเกิดอุปสรรคที่เกิดจากความไม่เข้าใจ และขาดบุคลากรที่มีความรู้ เหตุผลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคืออาจเกิดจากการขาดงบประมาณ ในการจัดการกับสิ่งแวดล้อม เพราะว่าต้องใช้งบประมาณในสร้าง และต้องเสียพลังงานมากในการที่ใช้ในการจัดการ ดั้งนั้นจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์ให้ได้มากที่สุด และสมเหตุสมผลในการใช้พลังงาน จึงมีความคิดริเริ่มในการที่จะหาวิธีที่จะจัดการ การใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์ จึงทำวิจัยและพัฒนา Aerator แบบใต้ผิวน้ำสำหรับการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะไปใช้ในการเติม O_3 (โอโซน) เพื่อไปทำปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้เกิดเป็นน้ำที่มีคุณภาพสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งจะได้ประโยชน์ 2 ทาง 1) มีการบำบัดน้ำเสียนำกลับมาใช้ใหม่ โดยไม่ต้องทิ้งน้ำเสีย ที่ก่อให้เกิดผลเสียกับสิ่งแวดล้อม 2) ลดค่าใช้จ่ายของน้ำดีเข้าระบบใหม่ เพราะฉะนั้นค่าใช้จ่ายหลักจะตกอยู่กับการจ่ายพลังงานให้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่ง Aerator ก็เป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ใช้พลังงาน แต่ในขั้นตอนในการวิจัยและพัฒนานี้ จะใช้อากาศที่มีปริมาณO_2ในการศึกษาพัฒนา โดยสมมุติฐานว่า ถ้าดีกับอากาศต้องดีกับ O_3 ด้วย

ในการปรับปรุง Aerator ให้มีประสิทธิภาพสูงมีวิธีการอยู่หลายวิธีดังนี้ 1)การปรับปรุงโดยการออกแบบใบพัด 2)การปรับปรุงการออกแบบทางเข้าของอากาศ 3)การหาความเร็วรอบที่เหมาะสม 4) การหาระดับการจมที่เหมาะสม 5)รูปทรงของถัง

ระบบการเติมอากาศมีวิธีการต่างๆ ในการวิเคราะห์สามารถจำแนกได้ดังนี้

- จากทฤษฎี โดยใช้สมการการถ่ายเทมวล และวิธีการทางคอมพิวเตอร์รวมกับทฤษฎีของใบพัด
- จากการทดลอง โดยพื้นฐานจากการทำทดลองในห้องทดลองหรือสิ่งที่เกี่ยวข้อง

การนำไปใช้งานของเครื่องเติมอากาศอื่นๆ จำแนกได้ดังต่อไปนี้

- การเติมอากาศในการบำบัดน้ำเสีย
- การเติมแก๊สผสมของเหลวในภาคอุตสาหกรรมเคมี
- การเติมอากาศในภาคการเกษตร

1.ทฤษฎีการถ่ายเทมวล

1.1 ทฤษฎีการถ่ายเทอ๊อกซิเจน

อ๊อกซิเจนเป็นแก๊สที่ละลายในน้ำได้น้อยมาก ความเข้มข้นอิ่มตัว (saturat on concentration) ของอ๊อกซิเจนในน้ำทิ้ง สารละลายอ๊อกซิเจนในน้ำ(Dissolved Oxygen)เป็นดัชนีคุณภาพของน้ำที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง เพราะอ๊อกซิเจนเป็นธาตุที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และป้องกันไม่ให้น้ำเน่าเหม็น ในการจำกัดน้ำทิ้งด้วยวิธีการทางชีววิทยา น้ำทิ้งจะต้องมีอ๊อกซิเจนพอเพียง นอกจากนี้การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ จะหาเป็นปริมาณอ๊อกซิเจนที่จุลินทรีย์ ต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณอ๊อกซิเจนที่ละลายน้ำจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างคือ

1) เป็นปฏิภาคตรงกับความกดดันของบรรยายกาศ ถ้าความกดดันสูง อ๊อกซิเจนละลายน้ำได้มาก

2) เป็นปฏิภาคกลับกับอุณหภูมิของน้ำ ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูง อ๊อกซิเจนจะละลายได้น้อยลง

3) เป็นปฏิภาคกลับกับความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำ ถ้าความเข้มข้นของเกลือแร่สูง อ๊อกซิเจนจะละลายได้น้อย

ความเข้มข้นอิ่มตัวของอ๊อกซิเจนในน้ำ อาจประมาณได้จากสูตร

$$C_S = \frac{475 - 2.65S}{33.5 + T} \qquad (1)$$

ในเมื่อ C_S ความเข้มข้นอิ่มตัวของอ๊อกซิเจน, (mg/L)

S ความเข้มข้นของเกลือแร่ (salinity), (g/L)

T อุณหภูมิของน้ำ, (^oC)

ถ้าน้ำที่ใช้ในการทดสอบ ไม่มีความเข้มข้นของเกลือแร่ในน้ำจะใช้สมการ

$$C_{sT} = 2234.34\left(T + 45.93\right)^{-1.31403} \qquad (2)$$

เมื่อ T คืออุณหภูมิของน้ำสำหรับการทดสอบ (^oC)

C_{ST} ความเข้มข้นอิ่มตัวของอ๊อกซิเจนในน้ำที่อุณหภูมิ T (mg/L)

อัตราการถ่ายเทอ๊อกซิเจนจากอากาศลงในน้ำ จะเป็นปฏิภาคตรงกับค่าความขาดแคลนอ๊อกซิเจน (oxygen Deficit) ของน้ำ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นอิ่มตัวกับความเข้มข้นจริง ดังนั้นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการถ่าย เทอ๊อกซิเจนกับความขาดแคลนอ๊อกซิเจนจึงเขียนได้เป็น การถ่ายเทมวลระหว่าง อากาศและน้ำ โดยมีสมการที่ใช้ $(Treybal, 1980)$

$$\frac{dC}{dt} = k_L a\left(C_s - C\right) \qquad (3)$$

เมื่อ C ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำ (mg/L)

C_s ความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำ (mg/L)

$k_L a$ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทั้งหมด $\left(h^{-1}\right)$

t เวลา (h)

ค่าของ $k_L a$ จะขึ้นอยู่กับความปั่นป่วนของน้ำ อุณหภูมิความกดดันของบรรยากาศและความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ในน้ำ

ในการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ สำหรับอุณหภูมิที่แตกต่างกันออกไป เราสามารถใช้สมการการแปลงกลับเพื่อให้อยู่มาตรฐานอุณหภูมิเดียวกันได้ดังนี้

($Boyd$,1986 ; $P\ddot{o}pel$,1985)

$$k_L a_{Tr} = \frac{k_L a_T}{1.024^{(T-Tr)}} \quad (3)$$

Tr คืออุณหภูมิอ้างอิง ($^{\circ}C$)

T อุณหภูมิของน้ำสำหรับการทดสอบ ($^{\circ}C$)

C_{sT} ความเข้มข้นอิ่มตัวของออกซิเจนในน้ำที่อุณหภูมิ (mg/L)

สมรรถนะของ Aerator จะมีมาตรฐานที่ใช้วัดที่อุณหภูมิมาตรฐานคือ

ประเทศเยอรมัน ใช้อุณหภูมิ 10 $^{\circ}C$

$$OTR_{10} = k_L a_{10} C_{s10} \left(Wagner, 1997 \right) \quad (4)$$

ประเทศอเมริกา ใช้อุณหภูมิ 20 $^{\circ}C$

$$OTR_{20} = k_L a_{20} C_{s20} \left(ASCE\ standard, 1992 \right) \quad (5)$$

$OTR_{10,20}$ อัตราการถ่ายโอนออกซิเจนที่อุณหภูมิ 10 $^{\circ}C$ และ 20 $^{\circ}C$ ที่ความดัน 1 บรรยายกาศ $\left(g/m^3/h\right)$

จากสมการที่ 2 จะได้

$C_{s10} = 11.29\, mg/L$ และ $C_{s20} = 9.09\ mg/L$

ดังนั้นที่สภาวะการใช้งานจริงๆ ประสิทธิภาพการถ่ายเทออกซิเจนของระบบเติมอากาศ จะมีค่าต่างจากค่าที่หาได้ภายใต้สภาวะมาตรฐาน ถ้าอุณหภูมิของน้ำทิ้ง สูงกว่า 20 ^{o}C (10 $^{\circ}C$) และต้องการรักษาความเข้มข้นของอ๊อกซิเจนในน้ำทิ้งให้สูงกว่า 0 mg/L ประสิทธิภาพการถ่ายเทอ๊อกซิเจน ที่สภาวะการใช้งานจะต่ำกว่าค่าที่สภาวะมาตรฐาน และคำนวณได้จากสมการสำหรับหาประสิทธิภาพของAerator คือ

$$AE_T = \frac{OTR_T V}{P} \quad (6)$$

AE_T ประสิทธิภาพของAeratorที่อุณหภูมินั้น

V ปริมาตรของน้ำ (m^3)

P กำลังงานที่ใช้ในการขับใบพัด

โดยกำลังคำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{2\pi T n}{60} \quad (7)$$

P กำลังงานที่ใช้ในการขับใบพัด

T แรงบิด $(N.m)$

n ความเร็วรอบใบพัด (rpm)

ในการหาค่ากำลังที่ใช้ในการขับใบพัดนั้น คำนวณกำลังได้จากข้อมูลที่ได้จากการวัดทอร์คที่ใช้ในการขับใบพัด และความเร็วรอบในขณะใช้งาน โดยในขณะทำการทดลองจะทดลองหากำลังที่ใช้ชนะแรงเสียดทาน (P_f) จากนั้นจะทำการทดสอบกำลังเมื่อติดตั้งใบพัดร่วมกับแรงเสียดทาน (P_t) จากนั้นจะนำ $(P_t - P_f)$ จะได้กำลังที่เกิดขึ้นกับใบพัดจริง จะได้สมการ

$$P_{turbine} = P_t - P_f \quad (8)$$

$P_{turbine}$ กำลังที่ใช้ขับใบพัดจริง

P_t กำลังทั้งหมดรวมทั้งแรงเสียดทานและใบพัด

P_f กำลังที่เกิดจากแรงเสียดทาน

ในการคำนวณเราไม่สนใจผลกระทบของเพลา ที่มีผลกับกำลังที่ใช้ เนื่องจากการทดลองเราทำการทดลองหากำลังที่ใช้ในขณะทำงานโดยไม่มีใบพัดติดตั้งด้วย เพื่อที่จะทราบค่ากำลังที่จะชนะแรงเสียดทานก่อนทำการติดตั้งใบพัด

1.2 การหาค่า $k_L a$

การหาประสิทธิภาพการถ่ายเทอ๊อกซิเจน สำหรับเครื่องเติมอากาศทำได้ดังนี้คือ

1) ติดตั้งเครื่องเติมอากาศลงในถังทดสอบ (Test Tank) แล้วเดินเครื่องเติมอากาศเป็นเวลานานหลายชั่วโมงเพื่อให้ความเข้มข้นของอ๊อกซิเจนของน้ำในถังมีค่าอิ่มตัว

2) วัดค่าความเข้มข้นของอ๊อกซิเจนของน้ำในถังหลาย ๆ ครั้งที่หลาย ๆ จุด

3) เติมสารประกอบโคบอลท์คลอไรค์ $(Co\,Cl_2)$ ลงในน้ำในถังจนความเข้มข้นของโคบอลท์คลอไรค์เป็น 1.0 mg/L

4) เตรียมน้ำยาโซเดียมซัลไฟท์ $(Na_2\,SO_3)$ ในถัง เล็กอีกใบหนึ่งให้ปริมาณโซเดียมซัลไฟต์เท่ากับ 1.25 เท่าของปริมาณที่ต้องใช้ตามทฤษฎีในการทำปฏิกิริยากับอ๊อกซิเจนในน้ำ โดยมีโคบอลท์คลอไรค์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ดังสมการ

$$2Na_2\,SO_3 + O_2 \xrightarrow{(Co\,Cl_2)} 2Na_2\,SO_4 \quad (9)$$

5) หยุดเครื่องเติมอากาศและระบายน้ำยาโซเดียมซัลไฟต์ที่เตรียมไว้ลงในถังทดสอบ โดยระบายลงหลาย ๆ จุดรอบถังทดสอบ

6) เดินเครื่องเติมอากาศนานประมาณ 3 - 5 นาที เพื่อให้น้ำในถังทดสอบผสมกับน้ำยาโซเดียมซัลไฟท์โดยทั่วถึง

7) หยุดเครื่องเติมอากาศนานประมาณ 10-15 นาที เพื่อให้ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมซัลไฟท์กับอ๊อกซิเจนเกิดขึ้นโดยสมบูรณ์

8) เดินเครื่องเติมอากาศแล้วเก็บตัวอย่างน้ำทุกระยะ 5 นาที ที่จุด 3/4 ของระยะห่างระหว่างเครื่องเติมอากาศกับผนังถังทดสอบ เก็บตัวอย่างที่ระยะ1 ฟุตใต้ผิวน้ำ กึ่งกลางความลึก และระยะ 1 ฟุต จากก้นถังทดสอบ

9) วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันที เพื่อหาความ เข้มข้นของออกซิเจนโดยใช้เครื่องวัดความเข้มข้นของอ๊อกซิเจนด้วยเครื่องมือ(DO meter) ด้วยเพื่อเป็นการตรวจสอบหาค่าความขาดแคลนของอ๊อกซิเจน โดยนำค่าความเข้มข้นของอ๊อกซิเจนไปลบออกจากค่าความเข้มข้นอิ่มตัว

10) พลอตค่าความขาดแคลนอ๊อกซิเจนกับเวลาแบบ Semi-Log จะได้เส้นตรง

11) ค่าความชัน (slope) ของเส้นตรงที่ได้คือค่า $k_L a$ ซึ่งอาจคำนวณได้จากสมการ

$$k_L a = \frac{(\ln D_1 - \ln D_2).60}{t_2 - t_1} \qquad (10)$$

D_1, D_2 ค่าความขาดแคลนอ๊อกซิเจนที่เวลา t_1 และ t_2 ตามลำดับ

t_1, t_2 เวลา, นาที

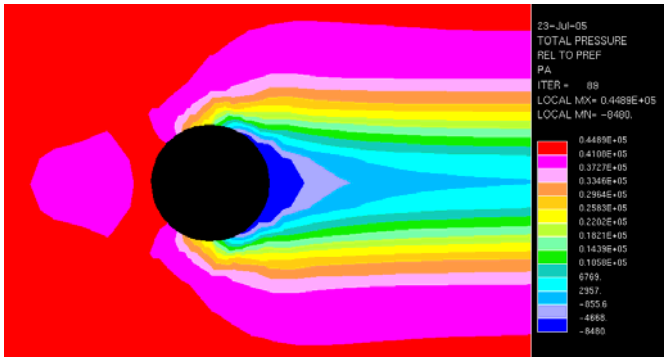
60 การเปลี่ยนหน่วยเวลาจากนาทีเป็นชั่วโมง

3.การออกแบบใบพัด

ในการออกแบบใบพัดเบื้องต้นจะมีหลักวิธีการออกแบบสามารถจำแนกได้ดังนี้

- การหาความดันหลังใบพัดด้วยวิธีการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Star CD
- การคำนวณหาทอร์คที่ ใบพัดโดยใช้หลักของ Drag coefficient แล้วทำการแก้ปัญหาด้วยมือเพื่อเลือกขนาดมอเตอร์

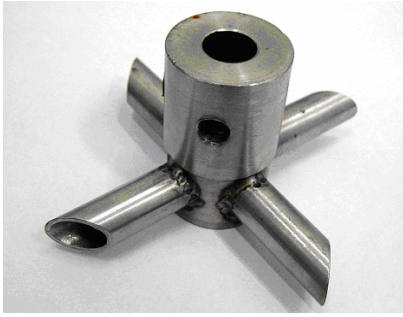
ใบพัดแบบที่1 (แบบใช้ความดันหลังใบพัด) เป็นรูปแบบที่คิดขึ้นมาใหม่ โดยใช้หลักการที่มีการเกิดขึ้นของ Wake ในการออกแบบ จากการทดลองเราพบว่าใบพัดแบบนี้ มีอัตราการไหลของอากาศที่ออกมาจากใบพัดต่ำกว่าแบบที่1. แต่กลับมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบที่1. เนื่องจากใบพัดแบบนี้มีการทำงานที่นอกจากแบบที่1. คือฟองอากาศ ที่ออกมาจากรูที่เล็กส่งผลทำให้ฟองอากาศมีขนาดเล็กและยังถูกใบพัดที่ตามมาตีให้แตกเล็กลงอีก



รูปที่ 1. การแสดงลักษณะของความดันที่เกิดขึ้นบริเวณหลังใบพัด

รูปที่ 2. แสดงลักษณะรูปทรงของใบพัดแบบที่ 1.

ใบพัดแบบที่2 (แบบใช้ความดันหลังใบพัดร่วมกับแรงหนีศูนย์) เป็นแบบมาตรฐาน ที่มีอัตราการไหลของอากาศที่ออกมาจากใบพัดมาก แต่ มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเนื่องจากมีขนาดของฟองที่โตกว่า

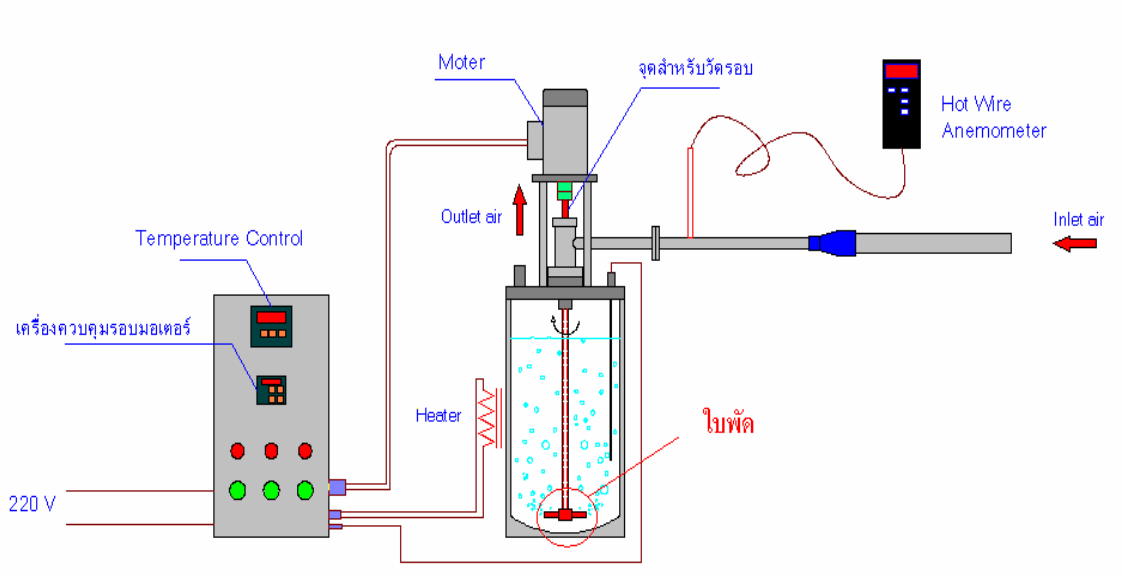


รูปที่ 3. แสดงลักษณะรูปทรงของใบพัดแบบที่ 2.

4.อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องทดสอบ
   - ถังบรรจุน้ำ
   - มอเตอร์ ½ แรงม้า ความเร็วรอบ 1450 รอบ
   - ชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ 0-1450 รอบ
   - ชุดควบคุมอุณหภูมิน้ำ
2. เครื่องมือวัดความเร็วของอากาศที่ทางเข้า
3. เครื่องวัดรอบใบพัด
4. เครื่องมือวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศ
5. เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า และแรงเคลื่อนไฟฟ้า
6. เครื่องมือวัดแรงบิด Load cell
7. เครื่องมือวัดปริมาณการละลายตัวของ O_2ในน้ำ

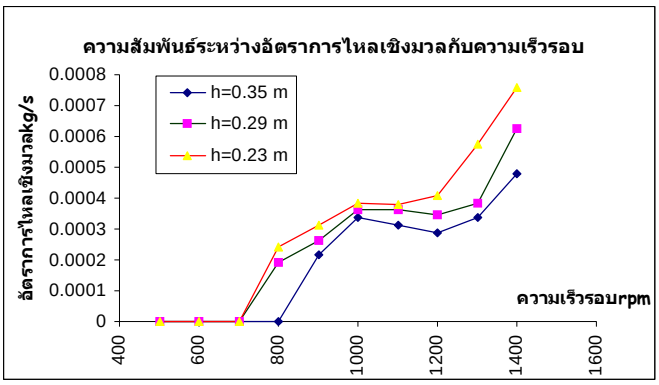
เครื่องทดสอบนี้ใช้ในการทดสอบพฤติกรรมการเติมอากาศ โดยทำการดัดแปลงจากเครื่องกวนสารเคมี ผลที่ได้เป็นข้อมูลเบื้องที่จะใช้ในการวิจัยนี้ ซึ่งเครื่องทดสอบนี้ สามารถดูพฤติกรรมลักษณะการไหลของฟองอากาศโดยทำการเปลี่ยนถังจากสแตนเลสมาเป็นถังใส และยังติดตั้งอุปกรณ์การวัดที่มีความละเอียดจากการทดสอบ



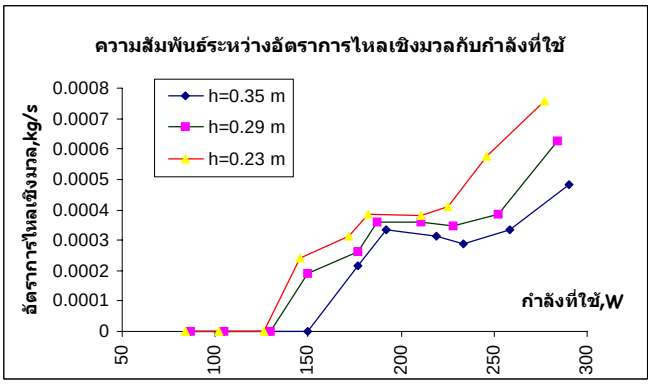
รูปที่ 4. แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในเครื่องทดลอง

5.ผลการทดลอง

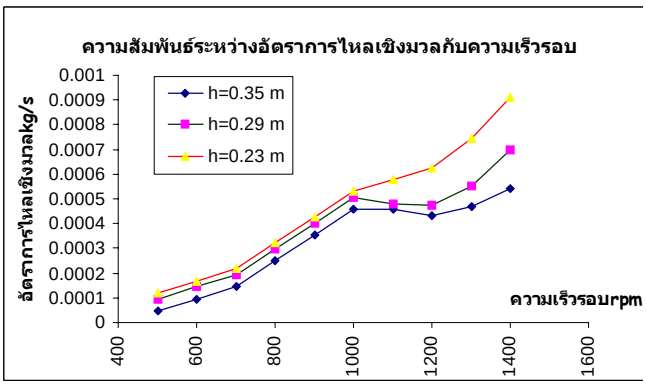
จากการทดลองจะพบว่าที่ระดับการจมที่น้อยที่สุด เป็นระดับที่สามารถสร้างอัตราการไหลเชิงมวลมากกว่าระดับอื่น ในสภาวะความเร็วรอบเดียวกัน และการใช้กำลังงานจะมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระดับที่ลึกกว่า เมื่อทำการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบมากขึ้นเรื่อยๆ จนความเร็วของมอเตอร์ที่ 1400 รอบ จะพบว่ากหราฟมีแนวโน้มในการสร้างอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองที่ความเร็วรอบประมาณ 1000 รอบ เมื่อเทียบกับความเร็วรอบใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่า ความเร็วรอบประมาณ 1000 รอบ กลับสร้างอัตราการไหลเชิงมวลที่มากกว่า ซึ่งเป็นช่วงที่น่าสนใจ ซึ่งในขณะทำการทดลองนั้นในช่วงความเร็วรอบประมาณ 1000 นี้ เครื่องจะมีการสั่นสะเทือนของเพลา ซึ่งในช่วงที่เกิดการสั่นนี้ อาจเป็นตัวช่วยเพิ่มอัตราการไหลของอากาศมากขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม การเกิดการสั่นสะเทือนของเพลา ในทางปฏิบัติเราต้องทำการหลีกเลี่ยงการสั่นสะเทือน เพราะว่าอาจทำให้เกิดความเสียหายกลับอุปกรณ์อื่นได้



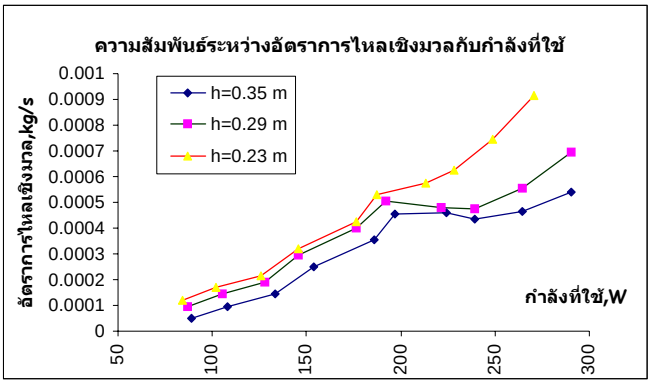
กราฟที่ 1.แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลเชิงมวลกับความเร็วรอบ (ใบพัดแบบที่ 1.)



กราฟที่ 2.แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลเชิงมวลกับกำลังที่ใช้ (ใบพัดแบบที่1)



กราฟที่ 3.แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลเชิงมวลกับความเร็วรอบ (ใบพัดแบบที่ 2.)



กราฟที่ 4.แสดงความสัมพันธ์อัตราการไหลเชิงมวลกับกำลังที่ใช้ (ใบพัดแบบที่ 2.)

ตารางที่ 1. การเปรียบผลการทดลอง

ใบพัด	อัตราการไหลเชิงมวล	AE_{20}
รูปแบบที่ 1.	น้อยกว่า	1.08
รูปแบบที่ 2.	มากกว่า	0.84

ในการจะดูว่าใบพัดแบบไหนมีประสิทธิ์ภาพมากกว่านั้น ยังไม่สามารถสรุปได้เลยว่าใบพัดแบบไหนดีกว่า ทั้งที่แบบที่ 2. มีการสร้างอัตราการไหลเชิงมวลดีกว่า เมื่อเทียบกับกำลังงานที่ใช้กลับใช้กำลังมาก เพราะว่ายังมีตัวแปรของขนาดของฟองที่ออกมาว่า มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ ถ้าฟองขนาดเล็กจะมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำมากกว่า ซึ่งสามารถทำให้เกิดการถ่ายเทมวลได้ดีกว่า ในที่นี้ยังไม่คำนึงถึงขนาดฟอง ซึ่งจะทำการศึกษาต่อไป

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเราพบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเรื่อย จะมีการสร้างอัตราการไหลเชิงมวลเพิ่มขึ้นตาม แต่มีช่วงที่ไม่เป็นแนวโน้มคือช่วงประมาณ 1000 รอบ ที่มีการรบกวนของการสั่นสะเทือนของเพลาที่เป็นตัวช่วยให้เกิดอัตราการไหลของอากาศมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการสั่นสะเทือนไม่เหมาะที่จะใช้กับแบริ่งหรืออุปกรณ์ที่ไม่ต้องการเกิดการสั่นรบกวน ส่วนการหาประสิทธิภาพนั้นจะต้องพิจารณาขนาดของฟองที่ถ่ายโอนเข้ายังน้ำด้วย ซึ่งการทดลองนี้เป็นแนวทางที่จะกำหนดความเร็วรอบเริ่มทำงานของใบพัด ซึ่งจะทำการศึกษาต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากการได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) สำหรับอุปกรณ์และเครื่องในการทดสอบ

คุณแสวง เกิดประทุม นักวิชาการ 8 ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) สำหรับคำปรึกษาที่ดี

8.เอกสารอ้างอิง

[1] Prof.Dr.Marko Zlokarnik 2001, " Stirring Theory and Practice" WILEY-VCH weinheim – New York – Chichester – Brisbane Singapore – Toronto.

[2] Beatriz Cancino [a,*] , Pedro Roth [b], Manfred Reuß[c], "Design of high efficiency surface aerators Part 1. Development of new rotors for surface aerators" Aquacultural Engineering 31 (2004) 83–98

[3] Beatriz Cancino [*] , "Design of high efficiency surface aerators Part 2. Rating of surface aerator rotors " Aquacultural Engineering 31 (2004) 99–115

[4] Beatriz Cancino [*] , "Design of high efficiency surface aerators Part 3. Dimensional analysis of rotor performance" Aquacultural Engineering 31 (2004) 117–121

[5] พงษ์เจต พรหมวงศ์, "การถ่ายเทความร้อน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง