หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษาทดลอง

การศึกษาทดลองการกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราสในเครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำหล่อเย็นจากแม่น้ำบางปะกง มีผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1) น้ำหล่อเย็นจากแม่น้ำบางปะกงที่นำไปใช้ในเครื่องควบแน่นของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และ หน่วยที่ 2 ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนพฤษภาคม ทำให้มีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสที่นำมาใช้ดังที่ได้สรุป รายละเอียดลักษณะสมบัติของน้ำหล่อเย็นที่มีความเกี่ยวเนื่องกับการกัดกร่อนท่ออะลูมินัมบราสไว้ในตารางที่ 6.1

2) เนื่องจากในระหว่างการศึกษาวิจัย โรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 ได้หยุดเปลี่ยนท่ออะลูมินัมบราสใหม่ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ทำให้ข้อมูลของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 ในช่วงดังกล่าวขาดหายไป ซึ่งเมื่อพิจารณาจากจุดที่นำน้ำหล่อเย็นจากแม่น้ำมาใช้ในเครื่องควบแน่น (Intake) และรายละเอียดของข้อมูลจากโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 แล้ว ข้อมูลที่ขาดหายไปของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 น่าที่จะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในลักษณะที่คล้ายกับโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1

3) ลักษณะสมบัติของน้ำหล่อเย็นที่นำมาใช้ในเครื่องควบแน่น บางลักษณะมีการแปรเปลี่ยนที่สอดคล้องกับอิทธิพลที่น้ำหล่อเย็นได้รับจากน้ำทะเล กล่าวคือในช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนพฤษภาคม Chloride, Sulfate, Conductivity, Total alkalinity, Bicarbonate และHardness มีปริมาณที่สูงเพิ่มมากขึ้น และในระหว่างช่วงเวลาดังกล่าวยังพบด้วยว่า ปริมาณของสิ่งมีชีวิตที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็นมีปริมาณสูงเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

4) ทราย, Silt และ Silica ที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสขึ้นโดยตรง และทำให้เกิดความเสียหายแก่ผิวป้องกันการกัดกร่อน (Protective film)

5) อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นก่อนไหลเข้าเครื่องควบแน่นตลอดการศึกษาทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 29 ถึง 30 °ซ และอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นภายหลังออกจากเครื่องควบแน่นมีค่าสูงเพิ่มมากขึ้น 4 ถึง 5 °ซ

6) Chloride, Sulfate ทำให้ Conductivity สูงขึ้น อันเป็นสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำสูงเพิ่มมากขึ้น และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราส

7) Dissolved oxygen ที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 ก่อนเข้าเครื่องควบแน่นมีปริมาณโดยเฉลี่ยตลอดการศึกษาทดลองอยู่ระหว่าง 6.4 ถึง 6.5 mg/l และภายหลังออกจากเครื่องควบแน่นมีปริมาณโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.2 ถึง 6.4 mg/l แสดงให้เห็นว่าเกิดการแยกตัวของก๊าซอ๊อกซิเจนออกจากน้ำเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น

8) pH ที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 มีลักษณะค่อนข้างเป็นด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 6.9 ถึง 8.0

9) Total alkalinity ที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็นของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 พบอยู่ในรูปของ Bicarbonate ซึ่งไม่มีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราสที่ใช้ในเครื่องควบแน่น แต่มีผลในลักษณะการเกิดตะกรันเนื่องจาก Carbonate

10) Total hardness, Calcium hardness และ Magnesium hardness ที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็นพบทั้งในรูปของ Carbonate และ Non-carbonate โดยส่วนใหญ่พบอยู่ในรูปของ Non-carbonate ได้แก่ Cl^- และ SO^-_4 ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราส เมื่อพิจารณาค่า pH และ pH_s จากผลการวิเคราะห์แสดงว่า

Carbonate hardness ที่ตรวจพบในน้ำหล่อเย็นแสดงแนวโน้มของการตกตะกรัน

11) Bicarbonate, Carbondioxide และ Ammonia ที่ตรวจพบในน้ำหล่อ-เย็นไม่มีผลต่อการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสที่ใช้ในเครื่องควบแน่น

12) ตลอดการศึกษาทดลองพบว่า โรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 มีการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสที่ใช้ การกัดกร่อนของท่อควบแน่นมีอัตราที่สูงในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนพฤษภาคม แสดงให้เห็นว่าการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสมีเพิ่มมากขึ้นเมื่อน้ำหล่อเย็นได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล

13) ตลอดการศึกษาทดลองพบว่า เกิดการกัดกร่อนของสังกะสี (Zinc) ขึ้นภายในเครื่องควบแน่นในอัตราที่สูงจาก Zinc anode ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ในการป้องกันการกัดกร่อนแบบ Galvanic ในระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่น้ำหล่อเย็นได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล

14) จากการตรวจวิเคราะห์น้ำหล่อเย็นพบ Sulfate, Sulfide และ Sulfate reducing bacteria แสดงให้เห็นว่าปัญหาการกัดกร่อนเนื่องมาจากจุลชีพเป็นปัญหาหนึ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนท่ออะลูมินัมบราสในเครื่องควบแน่น

15) ลักษณะสมบัติของน้ำหล่อเย็นทางด้านชีวภาพ (Biological) พบว่าปริมาณของสิ่งมีชีวิตในน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 มีปริมาณที่ตรวจพบได้สูงเพิ่มมากขึ้นตามอิทธิพลที่น้ำหล่อเย็นได้รับจากน้ำทะเล และมากกว่า 50% ของสิ่งมีชีวิตที่ตรวจพบมีลักษณะผิวรอบนอกที่แข็ง ซึ่งสามารถขูดทำความเสียหายให้แก่ผิวท่อได้ ในขณะที่มีการใช้ Taprogge's ball ทำความสะอาดท่อ บางส่วนของสิ่งมีชีวิตที่ตรวจพบจะเกาะบริเวณ Tube sheet และบริเวณปากทางเข้าเครื่องควบแน่น ซึ่งก่อให้เกิดการกัดกร่อนในบริเวณดังกล่าว และบางส่วนของสิ่งมีชีวิตจะติดค้างบริเวณ Debris filter ทำให้ต้องหยุด (Shut down) การผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อทำความสะอาด

16) ผลของการใช้สารเคมีเพื่อจุดประสงค์ในการทำให้ตกตะกอนนั้นมีผลต่อทรายและ Silt ในน้ำหล่อเย็นที่นำไปใช้ในโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และโรง

ไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 ภายหลังการเปลี่ยนท่อควบแน่นใหม่ โดยมีผลในลักษณะที่ทำให้มีปริมาณของสารดังกล่าวลดน้อยลงภายหลังออกจากเครื่องควบแน่น

17) ผลของการใช้สารเคมีเพื่อจุดประสงค์ในการทำลาย (Dispersant) มีผลต่อ Clay ในน้ำหล่อเย็นที่นำไปใช้ในโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 โดยมีผลในลักษณะที่ทำให้ปริมาณ Clay ภายหลังออกจากเครื่องควบแน่นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

18) ผลของการใช้ Cl เพื่อจุดประสงค์ในการฆ่าสิ่งมีชีวิตที่มากับน้ำหล่อเย็นนั้น ใช้ในปริมาณและเวลาที่อาจจะพอเพียง แต่ภายหลังการใช้สารเคมีแล้ว ปัญหาเนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตก็ยังคงมีอยู่

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากผลการทดลอง การกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราสในเครื่องควบแน่นที่ใช้น้ำหล่อเย็นจากแม่น้ำบางปะกงในครั้งนี้ ควรจะทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปดังนี้คือ

1) ศึกษาวิจัยการใช้สารเคมีว่าสารเคมีชนิดใดในปริมาณความเข้มข้นเท่าใดที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการป้องกันการกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราสของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมบางปะกง จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า ในการป้องกันการกัดกร่อนโดยใช้สารเคมีเพื่อสร้างผิวป้องกัน เป็นการยับยั้งการเกิดขั้วทางไฟฟ้า เพื่อแยกผิวของโลหะที่กัดกร่อนออกจากปฏิกริยาของการเกิดกัดกร่อน โดยทั่วไปการสร้างผิวป้องกันการกัดกร่อนสามารถทำได้ดังนี้

1.1 ใช้สารเคมีเพื่อสร้างผิวป้องกันโลหะที่เป็นผู้รับอิเลคตรอน (Cathodic inhibitors) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างมาก และสารเคมีที่ใช้มักได้แก่ Polyphosphates, Zinc, Molybdates, Polysilicates

1.2 ใช้สารเคมีเพื่อสร้างผิวป้องกันโลหะที่เป็นผู้ให้อิเลคตรอน (Anodic inhibitors) ซึ่งเป็นวิธีที่อันตราย และไม่นิยมใช้ เพราะหากผิวปกป้องเสียหายเพียงเล็ก

น้อย จะทำให้การกัดกร่อนเกิดขึ้นอย่างรุนแรงมาก สารเคมีที่นิยมใช้มักได้แก่ Chromate, Nitrites และ Orthosilicates

การใช้สารเคมีเพื่อสร้างผิวป้องกันขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ และความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้เป็นสิ่งสำคัญมาก Sheldon D. Strauss และ Paul R. puckorius ได้ให้รายละเอียดการใช้สารเคมีไว้ในตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3

2) ศึกษาเปรียบเทียบการกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราส ในเครื่องควบแน่นที่อื่นๆ ว่ามีสาเหตุเช่นเดียวกันกับการกัดกร่อนของเครื่องควบแน่นที่โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมบางปะกงหรือไม่

6.3 ข้อเสนอแนะการแก้ไขปัญหาการกัดกร่อน

ในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาการกัดกร่อนของท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสที่เกิดขึ้นของโรงจักรไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 ที่ได้ดำเนินการไปแล้ว โดยการเปลี่ยนท่อควบแน่นที่ใช้ในโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 จากท่ออะลูมินัมบราส เป็นท่อ Titanium ในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม และเปลี่ยนท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 2 ใหม่ในระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน โดยการนำท่ออะลูมินัมบราสของเดิมที่เคยใช้งานที่อื่นมาแล้ว แต่ไม่มีร่องรอยของการกัดกร่อนมาเปลี่ยนใหม่ แนวความคิดเห็นของผู้วิจัยในการแก้ไขปัญหาการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นของโรงไฟฟ้า Combined cycle หน่วยที่ 1 และหน่วยที่ 2 ควรดำเนินการดังนี้

1) เปลี่ยนท่อควบแน่นอะลูมินัมบราสของเดิมใหม่เป็นท่อ Titanium

2) ปรับปรุงระบบควบแน่นใหม่เป็นระบบ Closed recirculation system

3) ในการ Start up เครื่องควบแน่นเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญ จะต้องระมัดระวังมิให้เกิดการกัดกร่อนขึ้น เพราะหากเกิดการกัดกร่อนขึ้นก็จะทำให้การกัดกร่อนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

4) ในการใช้น้ำเพื่อการอุตสาหกรรมนั้น ควรจะต้องพิจารณาศึกษาลักษณะสมบัติของลำน้ำที่นำน้ำมาใช้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของการนำน้ำนั้นมาใช้ และทำนายปัญหาต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นเนื่องจากลักษณะสมบัติของน้ำดังกล่าว

ตารางที่ 6.2 สภาวะแวดล้อมของการเลือกใช้ชนิดของสารเคมีของเหล็ก, ทองแดง และอะลูมินั่ม

ชนิดของสารเคมี (Inhibitor)	โลหะที่ใช้			สภาวะแวดล้อม		
	เหล็ก	ทองแดง	อะลูมินั่ม	Calcium ppm	pH	Total dissolved solids, ppm
Chromate	Excellent	Excellent	Excellent	0-1200	5.5-10.0	0-20,000
Polyphosphate	Excellent	Attacks	Attacks	100- 600	5.5- 7.5	0-20,000
Zinc	Good	None	None	0-1200	6.5- 7.0	0- 5,000
Polysilicat	Excellent	Excellent	Excellent	0-1200	7.5-10.0	0- 5,000
Molybdate	Good	Fair	Fair	0-1200	7.5-10.0	0- 5,000
Copper Inhibitor[2]	Fair	Excellent	Good	0-1200	6.0-10.0	0-20,000

ตารางที่ 6.3 ข้อเสนอแนะการใช้ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีเพื่อสร้างผิวป้องกันการกัดกร่อน

ชนิดของสารเคมี (Inhibitor)	Dosage, ppm		Film-formation time, days
	Initial	Maintenance	
Chromate	30-50	5-20	3-4
Polyphosphate	40-60	10-30	5-6
Zinc	10-20	3-5	5-6
Polysilicate	40-50	10-20	10-12
Molybdate	40-60	5-20	10-12

ตารางที่ 6.1 ลักษณะสมบัติของน้ำหล่อเย็นที่มีความเกี่ยวเนื่องกับการกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราส

ลักษณะสมบัติของน้ำหล่อเย็น	ความเกี่ยวเนื่องกับการกัดกร่อนของท่ออะลูมินัมบราส		ไม่เกี่ยวเนื่องกับการกัดกร่อน
	ทางตรง	ทางอ้อม	
1. ทราย (Sand)	*	*	
2. Silt	*	*	
3. Clay	*	*	
4. อุณหภูมิ		*	
5. Conductivity	*		
6. Dissolved oxygen	*	*	
7. pH			*
8. Total alkalinity		*	
9. Total hardness		*	
10. Calcium hardness		*	
11. Magnesium hardness		*	
12. Carbon dioxide			*
13. Bicarbonate			*
14. Chloride	*	*	
15. Sulfide	*		
16. Sulfate	*		
17. Silica	*		
18. Ammonia			*
19. Sulfate reducing bacteria	*		
20. Microbiology อื่นๆ	*		