

## บทคัดย่อ

ปัญหาการอุดตันของระบบท่อทางน้ำทะเลภายในเรือ (Seawater System) อันเนื่องมาจาก Marine Fouling เป็นสิ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในเรือ เช่น ระบบหล่อเย็นเครื่องจักร (Cooling System) ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger System) และระบบน้ำดับเพลิงภายในเรือ (Firemain System) ลดลงจนถึงขั้นใช้งานไม่ได้ ซึ่งการอุดตันดังกล่าวนำมาซึ่งความเสียหายมากมาย ทั้งจากการที่ระบบต่าง ๆ ภายในเรือทำงานผิดปกติ การสูญเสียเวลาในการทำงานทำความสะอาดระบบน้ำทะเลที่อุดตัน การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ชำรุดเสียหาย และอาจจะเป็นสาเหตุทำให้ภารกิจสำคัญต่าง ๆ ที่ต้องการใช้เรืออย่างเร่งด่วนเสียหายได้ ในปัจจุบันได้มีการนำเอาอุปกรณ์ที่เรียกว่า Electrolytic Antifouling System (EAS) มาใช้ในการป้องกันการเกาะตัวของ Marine Organisms ภายในระบบท่อทางน้ำทะเลได้เป็นอย่างดี ทำให้โอกาสที่จะเกิด Marine Fouling ขึ้นในระบบท่อทางน้ำทะเลลดลงเป็นอย่างมาก และ EAS ยังใช้ในการป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion) ของท่อทางน้ำทะเลภายในเรือได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย ทำให้ระบบท่อทางน้ำทะเลภายในเรือมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น เรือรบของกองทัพเรือที่มีการติดตั้งระบบ EAS ได้แก่ ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส

นาวาเอก ประพันธ์ ศรีเหนียง  
หัวหน้าแผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อุทกหารเรือธนบุรี กรมอุทกหารเรือ

นาวาตรี พินัย มุ่งสันติสุข  
รักษาราชการหัวหน้าช่างโรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ  
แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อุทกหารเรือธนบุรี กรมอุทกหารเรือ

# ระบบป้องกันเพรียงและการกัดกร่อน ของระบบท่อทางน้ำทะเล ร.ล.ปัตตานี (Piping Antifouling and Corrosion Prevention System of H.T.M.S.Pattanee)

## 1. บทนำ

สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในท้องทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งมีชีวิตจำพวกแบคทีเรีย สาหร่าย ตะไคร่ และเพรียง (Marine Organisms) เมื่อเข้าสู่ระบบท่อทางน้ำทะเลภายในเรือ (Seawater System) สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะเสาะหาบริเวณที่มีอาหารและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมภายในท่อ เพื่ออาศัยและขยายพันธุ์ ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของ Marine Organisms และสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจาก Marine Organisms (Marine Fouling) นั้น จะทำให้การไหลของน้ำทะเลภายในท่อถูกขัดขวาง และในที่สุดเมื่อ Marine Fouling สะสมมากขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะทำให้เกิดการอุดตันของระบบน้ำทะเลภายในเรือได้ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 1 การอุดตันของระบบน้ำทะเลจะมีผลทำให้ระบบหล่อเย็นเครื่องยนต์ (Cooling System) ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger System) และระบบน้ำดับเพลิงภายในเรือ (Firemain System) มีประสิทธิภาพในการทำงานลดลงจนถึงขั้นใช้งานไม่ได้ นอกจากนี้ Marine Organisms ที่เกาะอยู่ในท่อทางน้ำทะเล ยังเป็นสาเหตุทำให้ท่อทางต่าง ๆ เกิดการกัดกร่อนรวดเร็วขึ้น เนื่องจากเกิดการกัดกร่อนแบบ Erosion การกัดกร่อนแบบหลุม (Pitting Corrosion) และการกัดกร่อนในที่อับ (Crevice Corrosion)

การอุดตันและการกัดกร่อนที่เป็นผลมาจาก Marine Fouling นำมาซึ่งความเสียหายมากมายทั้งจากการที่ระบบต่าง ๆ ภายในเรือที่ได้กล่าวมาแล้วทำงานผิดปกติ การสูญเสียเวลาในการทำความสะอาดระบบน้ำทะเลที่อุดตัน การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ชำรุดเสียหาย และอาจจะเป็นสาเหตุทำให้ภารกิจสำคัญต่าง ๆ ที่ต้องการใช้เรืออย่างเร่งด่วนเสียหายได้



(a)

รูปที่ 1 การอุดตันบริเวณท่อทางเข้า (a) และภายในท่อทาง (b) ของระบบน้ำทะเลภายในเรือ อันเนื่องมาจาก Marine Fouling



(b)

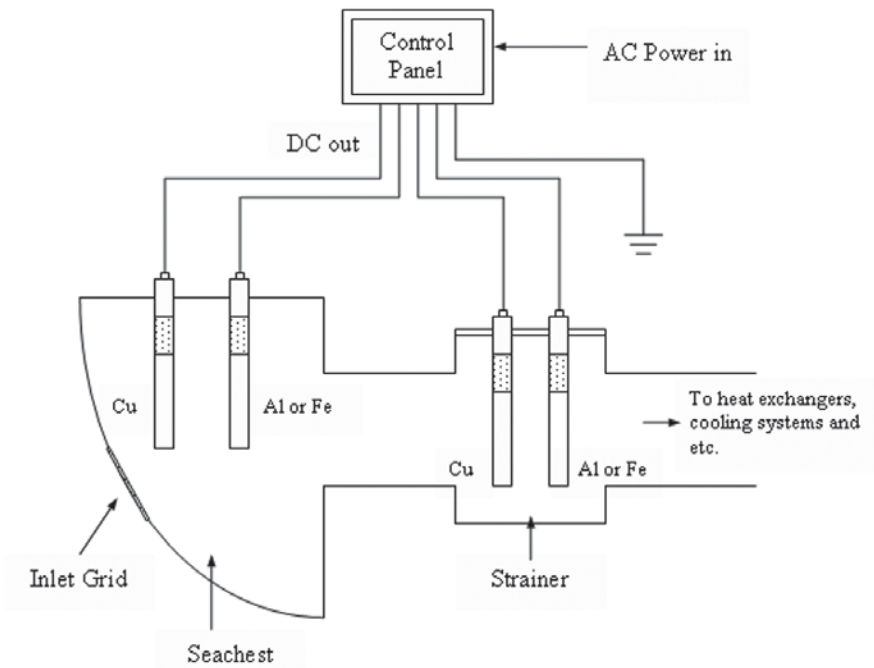
## 2. Electrolytic Antifouling System (EAS)

ระบบป้องกันเพรียงและการกัดกร่อนของระบบท่อทางน้ำทะเลภายใน ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส ใช้หลักการของ Electrolytic Method ในการทำให้ทองแดง (Copper Anode) และอะลูมิเนียม (Aluminium Anode) หรือ เหล็ก (Soft Iron Anode) ที่ติดตั้งอยู่บริเวณท่อทางดูดน้ำทะเล (Seachests) หรือ บริเวณหม้อกรองน้ำทะเล (Strainers) เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (Ions)

จากรูปที่ 2 ไฟฟ้ากระแสตรงจาก Rectifier จะถูกจ่ายไปยัง Copper Anode ทำให้ทองแดงเกิดการแตกตัวกลายเป็นไอออน (Cupric Ions) ไอออนของทองแดงเหล่านี้จะถูกส่งเข้าไปในระบบน้ำทะเล โดยเครื่องสูบน้ำ โดยไอออนของทองแดงจะทำให้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในท่อน้ำทะเลไม่มีความเหมาะสมต่อการอยู่อาศัยและขยายพันธุ์ของ Marine Organisms

สำหรับ Aluminium Anode เมื่อได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจาก Rectifier จะแตกตัวเป็นไอออนของอะลูมิเนียม ซึ่งต่อมาจะทำปฏิกิริยากับน้ำทะเลกลายเป็นไฮดรอกไซด์ของอะลูมิเนียม (Aluminium Hydroxide) และจะเข้าจับตัวกับไอออนของทองแดงที่เกิดจาก Copper Anode กลายเป็น “Copper-Aluminium Hydroxide Floc” ซึ่งมีความเหนียวและการยึดเกาะสูง (Highly Gelatinous) เมื่อ Hydroxide Floc ดังกล่าวถูกพัดพาเข้าไปในระบบน้ำทะเล Hydroxide Floc จะเข้ายึดเกาะพื้นผิวภายในท่อน้ำทะเลบริเวณที่มีอัตราการไหลของน้ำทะเลต่ำ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะเป็นบริเวณที่ Marine Organisms มักจะมาเกาะอาศัยอยู่ ทำให้ Marine Organisms

ที่ผ่านเข้าไปในระบบน้ำทะเลไม่สามารถยึดเกาะกับพื้นผิวของท่อในบริเวณดังกล่าวได้ และถูกพัดพาออกไปนอกตัวเรือในที่สุด ในขณะที่เดียวกันบนพื้นผิวของท่อน้ำทะเลจะมี Cupro-Aluminium Film เกิดขึ้น ซึ่งฟิล์มดังกล่าวมีความเสถียรในน้ำทะเลสูงทำให้บนพื้นผิวเหล็กมี Protective Film มาปกคลุมไว้ ทำให้การกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นกับท่อน้ำทะเลที่ทำจากโลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous Metals) ลดลง สำหรับในกรณีที่ท่อน้ำทะเลทำจากโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-Ferrous Metals เช่น ท่อ Cupro-Nickel) Soft Iron Anode จะถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของท่อน้ำทะเลแทน Aluminium Anode



รูปที่ 2 การออกแบบการติดตั้ง Anodes ภายใน Seachest และ Strainer โดยใช้ Single Purpose Anodes

## 2.1 ชนิดและประเภทของ Anodes

Anodes ในระบบ Electrolytic Antifouling System สามารถที่จะแบ่งออกได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของการใช้งาน คือ

1. Copper Anode : ติดตั้งเพื่อป้องกัน Marine Organisms จำพวกแบคทีเรีย สาหร่าย ตะไคร่ และเฟรียง ที่จะมาเกาะอาศัย บริเวณท่อทางเข้าและภายในท่อทางน้ำทะเล อันเป็นสาเหตุทำให้เกิด Marine Fouling

2. Aluminium Anode : ติดตั้งเพื่อป้องกันการกัดกร่อนภายในของท่อที่ทำมาจากโลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous Metals)

3. Soft Iron Anode : ติดตั้งเพื่อป้องกันการกัดกร่อนภายในของท่อที่ทำมาจากโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-Ferrous Metals)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของ Anodes ออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. Single Purpose Anode คือ Anode ที่มีจุดมุ่งหมายในการใช้งานเพียงอย่างเดียว โดย Anode 1 แห่ง จะทำหน้าที่เพียงหนึ่งอย่างเท่านั้น คือป้องกัน Marine Fouling หรือป้องกันการกัดกร่อนของท่อ สำหรับ Anode ประเภทนี้จะสังเกตุได้จาก DC Power Line 1 เส้น จะมี Anode เชื่อมต่ออยู่เพียงชนิดเดียวเท่านั้น ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2 และ 3a

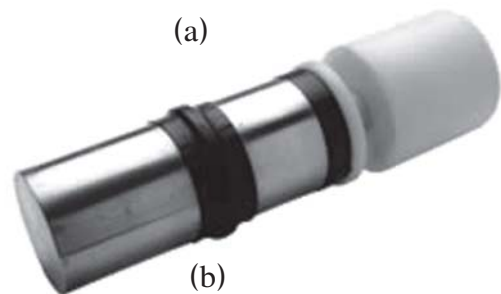
2. Dual Purpose Anode คือ Anode 1 แห่ง สามารถใช้ทำหน้าที่ป้องกันได้ทั้ง Marine Fouling และการกัดกร่อนของท่อโลหะได้ในเวลาเดียวกัน Anode ประเภทนี้จะสังเกตุได้จาก Anode 1 แห่ง จะมี Anode อยู่ 2 ชนิดในแห่งเดียวกัน โดยชนิดของ Anode

ที่ประกอบอยู่ในแห่งเดียวกัน อาจจะเป็นได้ทั้ง Copper/Aluminium Anode หรือ Copper/Soft Iron Anode สำหรับ Anode ประเภทนี้มักจะใช้มากในเรือที่มีขนาดของบริเวณพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง เช่น Strainers มีขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถใช้ Single Purpose Anodes ได้ เช่นในเรือรบประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3b ในส่วนของ ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส ได้ติดตั้ง Anodes ประเภท Dual Purpose Anode แบบ Copper/Soft Iron

2.2 การติดตั้ง Anodes และการควบคุม Anodes ในระบบ Electrolytic Antifouling System มักจะติดตั้งอยู่บริเวณ Seachests และ Strainers เพื่อที่จะทำให้



(a)



(b)

รูปที่ 3 แสดงประเภทของ Anodes: (a) Single Purpose Anode และ (b) Dual Purpose Anode (ที่มาของภาพ:<http://www.cathelco.com>)

ไอออนที่แตกตัวสามารถป้องกันการเกาะตัวของสิ่งมีชีวิตในระบบท่อทางน้ำทะเลได้อย่างทั่วถึง ปริมาณการแตกตัวเป็นไอออนของ Anodes สามารถควบคุมได้ทั้งแบบ Manual และ Automatic การควบคุมแบบ Manual สามารถกระทำได้โดยการปรับแต่งปริมาณของไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายออกจาก Control Panel ไปที่ Anodes ส่วนการควบคุมแบบ Automatic สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือการ Interlock กระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายออกจาก Control Panel ไปยัง Anodes เข้ากับ Main Pump Controller

กล่าวคือ ในขณะที่เครื่องสูบน้ำยังไม่ทำงาน กระแสไฟฟ้าจาก Control Panel จะถูกจ่ายไปที่ Anodes ปริมาณเล็กน้อยในระดับที่เพียงพอจะป้องกันพื้นที่ในบริเวณ Seachest และ Strainer และเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงาน กระแสไฟฟ้าจาก Control Panel ก็จะถูกจ่ายในปริมาณที่มากขึ้นให้เหมาะสมกับอัตราการไหลของน้ำทะเลในระบบ

### 3. คุณลักษณะของระบบ EAS ร.ล.ปัตตานี

คุณลักษณะโดยรวมของระบบ Electrolytic Antifouling System ของ ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของระบบ EAS ร.ล.ปัตตานี

1. The Parameters of Power Control Unit	
● Type	: SAMPLE HB-1
● Power System	: 220V AC
● Output Voltage	: 0-20V DC/Way
● Output Current	: 0-2 A/way
● Meter Accuracy	: $\pm 2.5 \%$
● Allowed Ambient Temp	: $-10^{\circ}\text{C}$ to $+60^{\circ}\text{C}$
● Output Ways	: 4 ways output 1 set : 6 ways output 1 set
2. Power Consumption	: 40 W per anode
3. The Anodes	
● Quantity	: 10 pieces
● Design	: Dual Purpose Anode แบบ Copper/Soft Iron
● Size	: 3 Different Sizes ● $\varnothing 90$ mm ยาว 300 mm 2 piece ● $\varnothing 75$ mm ยาว 210 mm 7 piece ➢ ความยาว Cu Anode 150 mm ➢ ความยาว Fe Anode 60 mm ● $\varnothing 60$ mm ยาว 100 mm 1 piece
4. The Age of Anodes	: Approximate 3 Years

### บทสรุป

EAS เป็นระบบที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อป้องกันการอุดตันและการกัดกร่อนของระบบท่อทางน้ำทะเลภายในเรือและระบบท่อทางของโครงสร้างต่าง ๆ ที่อยู่ในทะเล เช่น แท่นขุดเจาะ ซึ่งระบบป้องกันนี้จะช่วยลดการอุดตันและการกัดกร่อนของท่อน้ำทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถยืดระยะเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงได้มากขึ้น นอกจากนี้ ระบบ EAS ยังมีการทำงานและการติดตั้งที่ไม่ซับซ้อนมากนัก จึงเป็นไปได้ว่า ในอนาคตกรมอุทกหารเรือจะสามารถสร้าง EAS เพื่อติดตั้งใช้งานในเรือรบของกองทัพเรือ ได้ต่อไป

### บรรณานุกรม

- Jones, D. A. Principles and Prevention of Corrosion. 2nd ed., New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1996.
- Masterton, W. L. and Hurley, C. N. Chemistry : Principles & Reactions. 2nd ed., Saunders College Publishing, 1993.
- Sample Anti-Fouling and Corrosion Prevention System : Instruction Manual Installation and Commissioning (OPV) ของ ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส.  
<http://www.cathelco.com>





การทดลองเรือ ต.991 ในทะเล  
เมื่อวันที่ 4 กันยายน 2550

