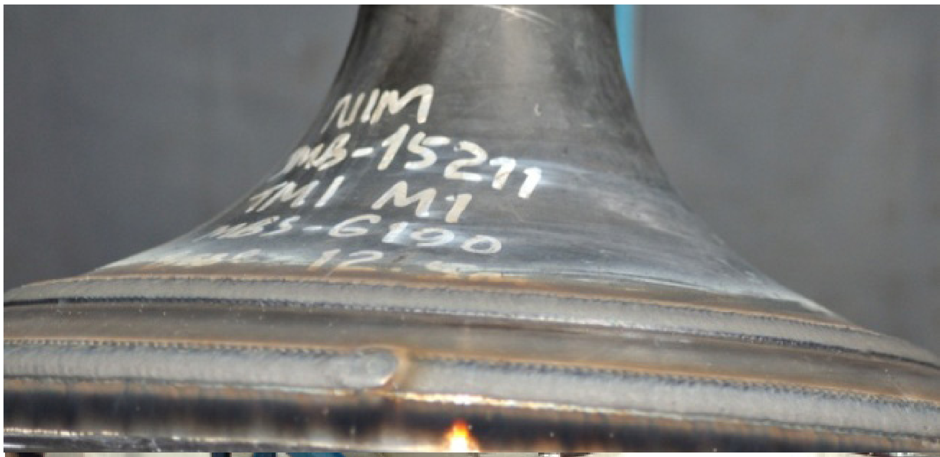
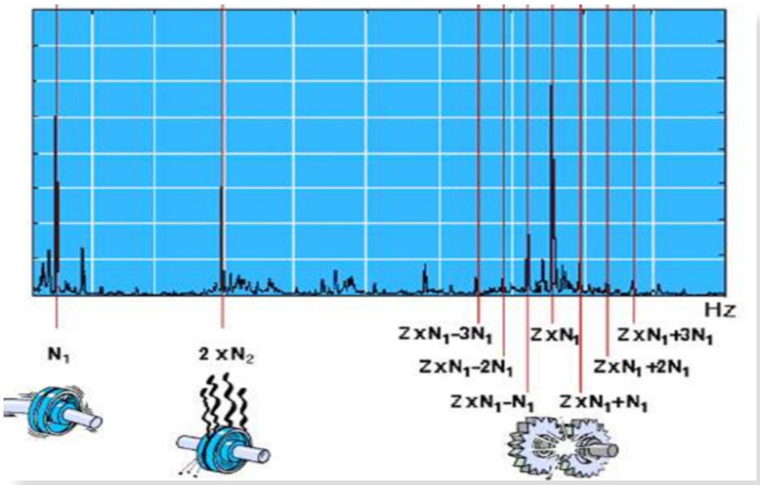
๗. ฝึกอบรม หลักสูตรการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักระดับ D – Level ตามโครงการจัดหาเรือน้ำมัน ณ บริษัท MAN ประเทศสาธารณรัฐสิงคโปร์ ตั้งแต่ ๒๗ – ๓๑ พฤษภาคม ๒๕๕๖ โดยมีผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน ๓ นาย มีวัตถุประสงค์เพื่อรับถ่ายทอดองค์ความรู้ ในการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลักระดับ D – Level มีหัวข้อการฝึกอบรม ได้แก่ Introduction to MAN and Singapore Branch, Introduction Specific Engine, Basic Data and System, Mechanical Parts Explanation - All Systems, Engine Electrical Parts Explanation, Include Sensors Instrument and Governor, Instrument & Alarm Explanation, Alternator Parts Explanation, Hand-on Practice with Similar Engine (D2876 Series)นอกจากความรู้ที่ได้รับในห้องอบรมแล้วผู้เข้ารับการอบรมทุกท่านได้มีโอกาสได้เข้าไปเยี่ยมชมโรงงานของบริษัท Man อีกด้วย ซึ่งนับว่าได้รับประสบการณ์ในการได้เห็นการทำงานของผู้ผลิต การซ่อมทำ และจัดเก็บอะไหล่ของ MAN ที่เป็นตัวแทนในภูมิภาคอาเซียน

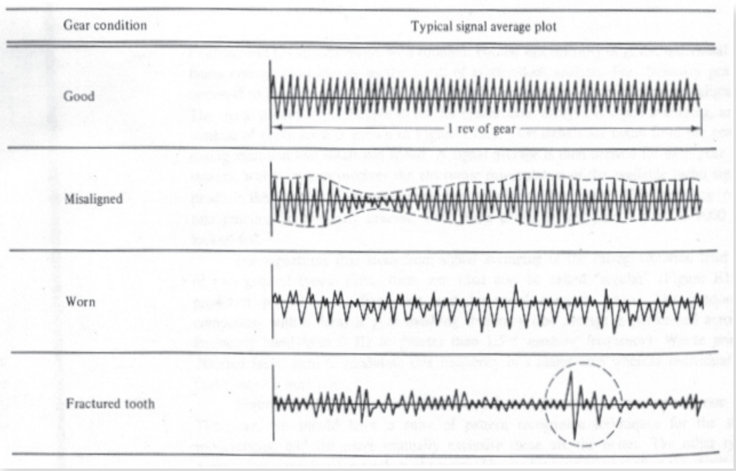


MAN
RECREATION

M·A·N

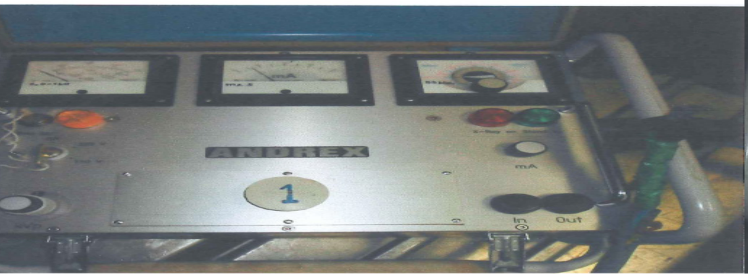
๘. ฝึกอบรม Category II Vibration Analyst Training ณ สถาบัน ไทย-เยอรมัน ตั้งแต่วันที่ ๒๑ – ๒๕ มกราคม ๒๕๕๖ มีผู้เข้ารับฝึกอบรม ๑ นาย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้าราชการที่ทำงานด้านควบคุมคุณภาพได้เพิ่มพูนองค์ความรู้ในเรื่องการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ค่าความสั่นสะเทือน การอบรมครั้งนี้ได้มีหัวข้อสำคัญได้แก่ ความรู้พื้นฐานแรงและการสั่นสะเทือน, Diagnosing Machine Faults, สัญญาณและลักษณะการสั่นสะเทือน, การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล





๙. ฝึกอบรม การตรวจสอบสิ่งบกพร่องที่ผิวระดับ ๑ (Su3rface Method) ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระหว่างวันที่ ๒๕ – ๓๐ มีนาคม ๒๕๕๖ ผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน ๒ นาย การฝึกอบรมครั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนองค์ความรู้ให้กับบุคลากรกรมอู่ทหารเรือในด้านการควบคุมคุณภาพแบบไม่ทำลายโดยการตรวจสอบสิ่งบกพร่องที่ผิว อันได้แก่ การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก(Magnetic Particle Testing : MT) การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (Liquid Penetrant Testing : PT)

๑๐. ฝึกอบรม การตรวจสอบโดยวิธีใช้คลื่นเสียงความถี่สูง ระดับ ๑ (UT 1) (Ultrasonic Testing Level 1) ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระหว่างวันที่ ๑๘ – ๒๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๖ ผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน ๒ นาย การฝึกอบรมครั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนองค์ความรู้ให้กับบุคลากรกรมอู่ทหารเรือในด้านการควบคุมคุณภาพแบบไม่ทำลาย โดยอาศัยหลักการในการส่งคลื่นเสียงความถี่สูง Ultrasonic ซึ่งคลื่นเสียงจะมีคุณสมบัติในการผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งและของเหลว แต่จะไม่ส่งผ่านและสะท้อนกลับในตัวกลางที่เป็นอากาศ ดังนั้น หลักการดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบหารอยตำหนิ (Defect) ในงานที่ต้องการตรวจสอบ



๑๑. ฝึกอบรม การตรวจสอบโดยวิธีใช้การถ่ายภาพด้วยรังสีระดับ ๑ (RT 1) ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระหว่างวันที่ ๒๒ – ๒๗ เมษายน ๒๕๕๖ ผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน ๑ นาย การฝึกอบรมครั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนองค์ความรู้ให้กับบุคลากรกรมอู่ทหารเรือในด้านการควบคุมคุณภาพแบบไม่ทำลาย โดยอาศัยหลักการตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงาน อาทิเช่น การเกิดรอยแตกภายในชิ้นงาน การนำหลักการถ่ายภาพด้วยรังสี สามารถตรวจสอบได้ลึกกว่าการตรวจสอบจากผิวหน้า การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องมีองค์ความรู้ที่มีผลต่อความถูกต้อง อาทิเช่น ปริมาณรังสีที่ใช้ ระยะเวลาในการยิงรังสี อุณหภูมิของน้ำยา Developer ระยะเวลาในการแช่น้ำยา Developer เป็นต้น

"คน" หรือ "ทรัพยากรบุคคล" เป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาองค์กรสู่การแข่งขัน ทั้งนี้เพราะคน เป็นผู้ปฏิบัติและดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ คนมีความต้องการความเจริญก้าวหน้า จึงพัฒนาเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถ และทักษะของตนเองให้ดีขึ้น ส่งผลให้องค์กรมีการพัฒนาดีขึ้นอยู่ตลอดเวลา ในยุคโลกาภิวัตน์ที่เต็มไปด้วยการแข่งขัน ที่นับวันจะเข้มข้นขึ้นทุกที หากองค์กรใดไม่เห็นความสำคัญในการรักษาทุนมนุษย์และไม่สามารถปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการให้เหมาะสม ก็ยากที่จะสามารถยืนหยัดอยู่ในยุทธจักรของการแข่งขันได้ องค์กรก็จะสูญสลายไปในที่สุด

14
14
12
12
10
10
8
8
6
6

การปรับปรุงใหม่ในชุดเรือ ต.๒๒๘ เรือตรวจการณ์ชายฝั่งใหม่ล่าสุดของกองทัพเรือ

โดย : นาวาเอก ชลัมพ์ โสมาภา
ผู้อำนวยการศูนย์พัฒนาอาชีพช่าง กองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

กองทัพเรือ ได้ว่าจ้าง บริษัท มาร์ซัน จำกัด สร้างเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง (ตกช.) จำนวน ๓ ลำ ตามสัญญา เลขที่ SEA-5456-03 ลง ๑๙ กรกฎาคม ๒๕๕๔ ระยะเวลาสร้างเรือประมาณ ๒๖ เดือน ซึ่งได้สร้างแล้วเสร็จและส่งมอบให้กับกองทัพเรือเมื่อวันที่ ๑๖ พฤษภาคม ๒๕๕๖ เพื่อทดแทนเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดเก่าที่กำลังจะปลดระวางประจำการ ได้แก่ ชุดเรือ ต.๒๑ - ต.๒๙ และ ชุดเรือ ต.๒๑๑ - ต.๒๑๒ ซึ่งเป็นเรือที่ได้รับการช่วยเหลือจากประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี พ.ศ. ๒๕๑๑ - ๒๕๑๙

ในการสร้างเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่ ชุดเรือ ต. ๒๒๘ นี้ ได้รับการพัฒนาปรับปรุงให้มีสมรรถนะและขีดความสามารถต่าง ๆ ดีขึ้นกว่า เรือ ต. ๒๒๗ ซึ่งออกแบบโดย บริษัท มาร์ซัน จำกัด เพื่อให้ เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง มีความคล่องตัวสูงขึ้นเพื่อให้สามารถปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ เช่น การตรวจการณ์ สกัดกั้น ลาดตระเวน ป้องกันการแทรกซึมทางทะเลและชายฝั่ง เป็นต้น ด้วยความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น และสามารถแล่นผ่านสิ่งกีดขวางในแม่น้ำ เช่น สะพานข้ามแม่น้ำได้โดยสะดวก เป็นต้น นอกจากนี้ในเรือชุดใหม่มีการเพิ่มพื้นที่ใช้สอยในเรือให้มีความสะดวกสบายสำหรับกำลังพลเรือมากยิ่งขึ้น

เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง เรือ ต.๒๒๗

การปรับปรุงแก้ไขเรือจะมีส่วนหลัก ๆ ที่สำคัญเพื่อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติภารกิจดังกล่าว ได้แก่โครงสร้าง Super Structure เรือ ต.๒๒๗ นั้น แต่เดิมมีโครงสร้างสะพานเดินเรือลักษณะที่มีพื้นที่ต้านลมทำให้ไม่มีความคล่องตัวและมีความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูง ในเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่ จึงมีการปรับเปลี่ยนรูปทรงให้มีลักษณะที่ลู่ลม แลดูสวยงามมากยิ่งขึ้นอีกส่วนสำคัญที่มีการเปลี่ยนแปลงคือการติดตั้งระบบขับเคลื่อนแบบ V-Drive แทนการติดตั้งแบบ Down Angle ด้วยเหตุที่ว่าเรือตรวจการณ์ชายฝั่งโดยทั่วไป ด้วยโครงสร้างตัวเรือที่มีขนาดเล็กอยู่แล้ว ทำให้มีพื้นที่ใช้สอยภายในน้อยมาก การปรับเปลี่ยนการติดตั้งระบบขับเคลื่อนแบบ V-Drive แทนการติดตั้งแบบ Down Angle นี้ จะช่วยเพิ่มพื้นที่ใช้สอยในเรือมากยิ่งขึ้น เพราะระบบขับเคลื่อนแบบ V-Drive ต้องการพื้นที่ติดตั้งน้อย ทำให้สามารถออกแบบพื้นที่ใช้สอยในเรือให้มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้นได้ เช่น ห้องพักผ่อน ห้องนอน ทำให้ลูกเรือมีพื้นที่พักผ่อนเพิ่มขึ้น และสามารถปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้น

แบบเรือใหม่นี้เป็นแบบเรือที่มีการรับรองจากสมาคมจัดชั้นเรือ (DNV Approved) และเป็นแบบที่ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากต้นแบบเดิม แต่ยังคงคุณสมบัติที่ดีไว้ โดยมีแนวความคิดในการพัฒนาแบบเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อกองทัพเรือ ดังนี้

- เรือมีรูปทรงสวยงาม ทันสมัย สามารถเข้าถึงพื้นที่ปฏิบัติการทั้งในทะเลและในแม่น้ำเจ้าพระยา (โดยสามารถลอดสะพานในแม่น้ำได้)
- ตัวเรือมีความแข็งแรง ทนทาน มีการทรงตัวที่ดี (Good Stability)
- การปฏิบัติงานในเรือมีความสะดวกสบาย
- มีความเร็วสูงขึ้นไม่น้อยกว่า ๓๐ นอต
- อุปกรณ์ต่าง ๆ ทันสมัย และครบถ้วนมากขึ้น

เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง ต.๒๑๖ (เรือรุ่นเก่า)

ภารกิจของเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง (Mission)

เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง มีภารกิจเพื่อตรวจการณ์ สกัดกั้น ลาดตระเวน ป้องกันการแทรกซึมทางทะเลและชายฝั่ง คุ้มครองเรือประมงและเรือพาณิชย์ ป้องกันและคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติบริเวณชายฝั่งทะเล ในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน รักษากฎหมายในทะเลตามอำนาจหน้าที่ที่กองทัพเรือได้รับมอบหมาย รวมถึงการถวายความปลอดภัยแด่พระบรมวงศานุวงศ์

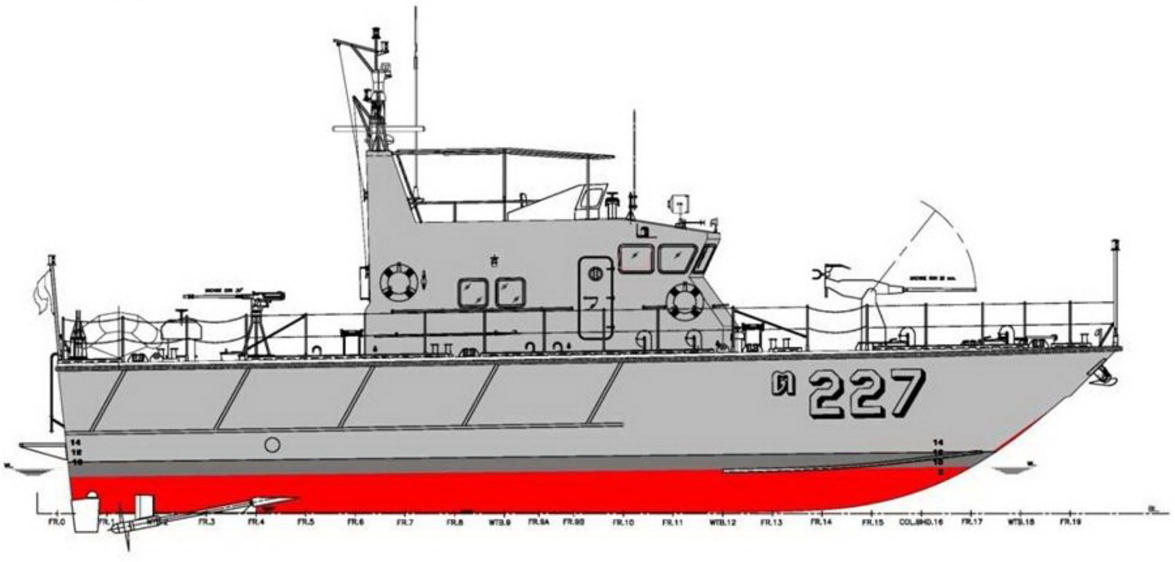
ขีดความสามารถปฏิบัติการรบ (Combat Capabilities)

- สามารถปฏิบัติภารกิจได้ครอบคลุมพื้นที่ปฏิบัติการบริเวณชายฝั่งในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน
- สามารถตรวจจับ ติดตาม และพิสูจน์ทราบเป้าผิวน้ำ
- สามารถป้องกันตนเองจากเรือผิวน้ำ และอากาศยานข้าศึกได้ตามสมรรถนะของอาวุธประจำเรือ
- สามารถปฏิบัติการทางเรืออย่างต่อเนื่องโดยไม่ต้องรับการส่งกำลังบำรุงเพิ่มเติมได้ไม่น้อยกว่า ๒๔ ชั่วโมง
- สามารถปฏิบัติงานได้ในสภาพทะเลไม่น้อยกว่า Sea State 2
- สามารถตรวจค้นเรือที่ต้องสงสัย ค้นหา และช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้ และสามารถใช้เรือเล็กประจำเรือเพื่อภารกิจดังกล่าวได้
- เรือมีความสามารถการทรงตัวที่ดีในการบังคับเรือและบังคับเลี้ยวในการปฏิบัติงานที่ความเร็วสูง (Maneuverability)

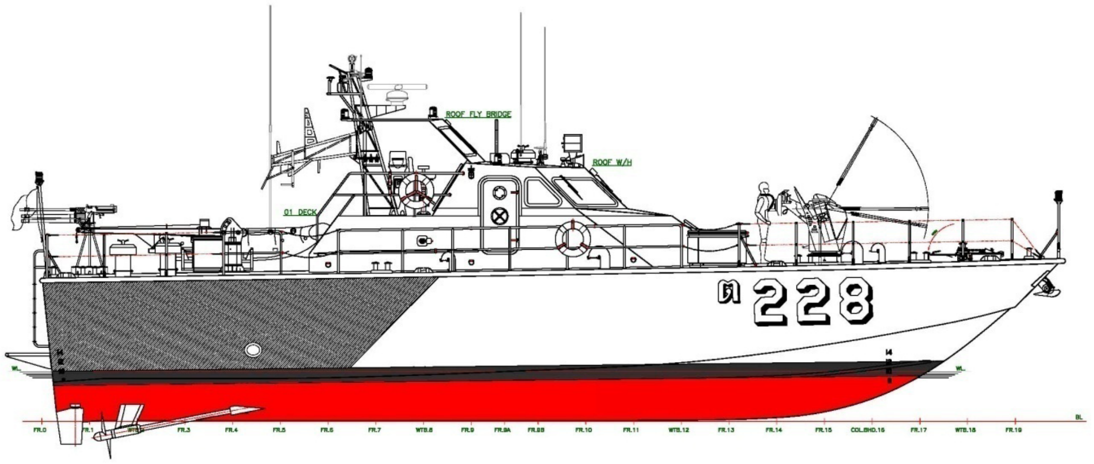
ความแตกต่างระหว่างเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง ชุดเรือ ต.๒๒๘ และ เรือ ต.๒๒๗

ในภาพรวมเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่ทั้ง ๓ ลำ นี้ มีลักษณะคล้ายกับเรือ ต.๒๒๗ ที่สร้างโดย บริษัท มาร์ซัน จำกัด เช่นกัน แต่ในเรือชุดใหม่นี้ ได้มีการปรับปรุงที่พักอาศัยให้มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น และมีการพัฒนาและปรับปรุงเรือในด้านต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากยิ่งขึ้น เช่น ด้านตัวเรือ ด้านระบบขับเคลื่อน และระบบเครื่องจักรช่วย ด้านระบบไฟฟ้า ด้านระบบควบคุมบังคับบัญชาและตรวจการณ์ รวมถึงอุปกรณ์ประกอบตัวเรือ และการตกแต่งภายใน

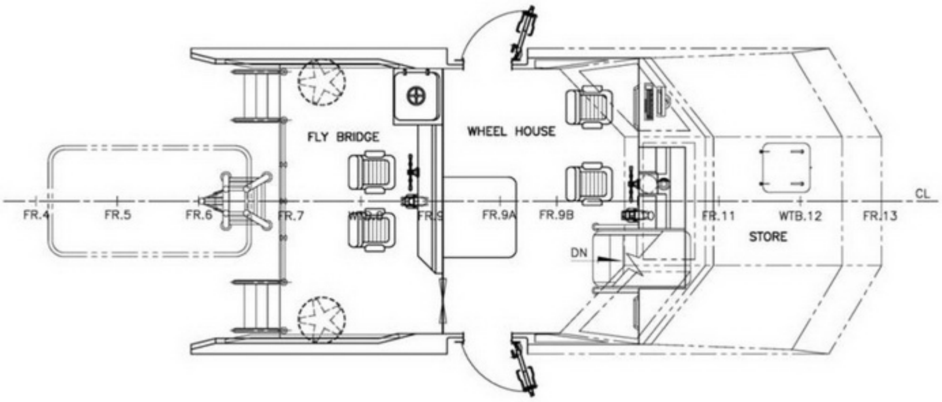
ด้านตัวเรือ โครงสร้าง Super Structure ของเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่ มีความสูงลดลงกว่า เรือชุดเก่า และรูปทรงของสะพานเดินเรือมีลักษณะลู่ลม ไม่ตั้งขึ้นไปตรง ๆ เหมือนกับเรือชุดเก่า ทำให้มี Wind Surface ลดลงถึง ๔๓ % ส่งผลให้มีความต้านทานลมลดลง และมีความคล่องตัวเพิ่มมากขึ้น ช่วยประหยัดเชื้อเพลิง



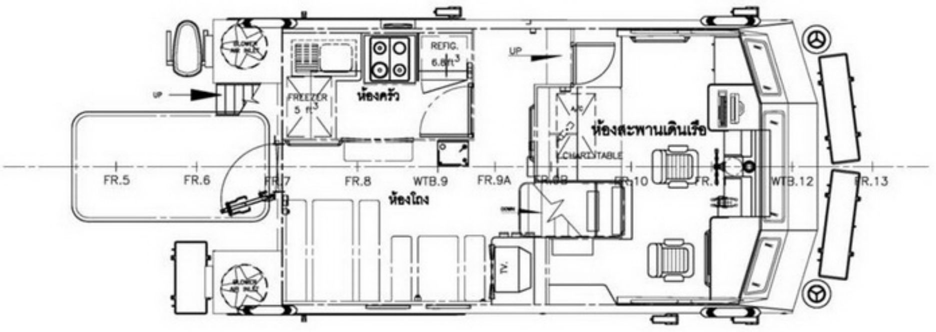
Outboard Profile เรือ ต. ๒๒๗



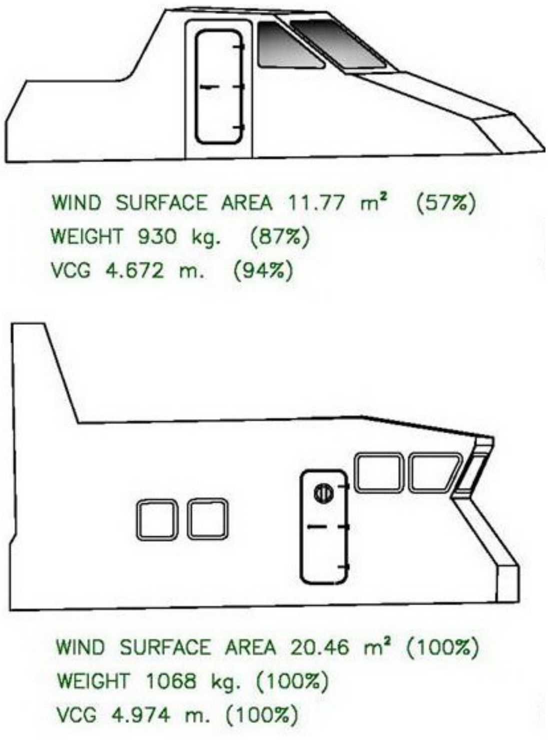
Outboard Profile ชุดเรือ ต. ๒๒๘



Inboard Plan ชุดเรือ ต.๒๒๘



Inboard Plan เรือ ต.๒๒๗



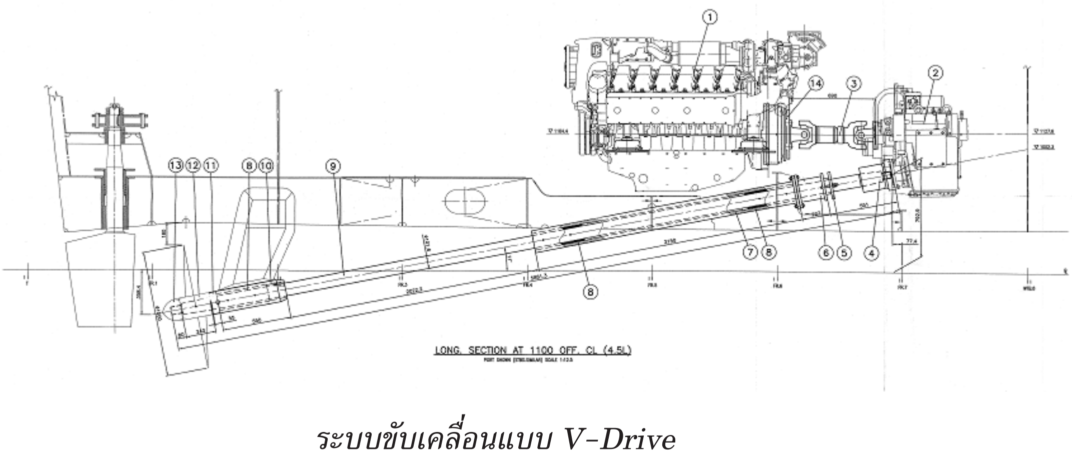
Super Structure ระหว่างเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุด เรือ ต.๒๒๘ (ภาพบน) และเรือ ต.๒๒๗ (ภาพล่าง)

นอกจากนี้ เสากระโดงเรือที่ติดตั้งในเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง ชุดใหม่สามารถทำการล้มพับได้ ในกรณีที่ต้องการเดินเรือในแม่น้ำที่มีสะพานขวางอยู่โดยเฉพาะในช่วงน้ำขึ้น ด้วยความสูงของส่วนเก๋งเรือที่ลดลง จึงทำให้เรือสามารถลอดผ่านสะพานต่าง ๆ ได้โดยสะดวก

เสากระโดงเรือ ตำแหน่งก่อน และหลังการพับเสา

ด้านระบบขับเคลื่อน (Propulsion System)

ในเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่ ชุดเรือ ต.๒๒๘ มีการปรับปรุงระบบขับเคลื่อนจากเดิมของ เรือ ต.๒๒๗ จากการติดตั้งระบบขับเคลื่อนแบบ Down Angle เป็นแบบ V-Drive ซึ่งมีข้อดีคือทำให้สามารถลดการใช้พื้นที่ในห้องเครื่อง (Machinery Room) ลงได้ ทำให้สามารถเพิ่มพื้นที่ในส่วนที่พักอาศัยมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การติดตั้งระบบขับเคลื่อนชนิด V-Drive ทำให้ตำแหน่ง C.G. (Center of Gravity) ของเรือเลื่อนไปอยู่บริเวณด้านท้ายเรือมากขึ้น ช่วยลดอาการทริมของหัวเรือลงและทำให้ความต้านทานรวมของเรือลดลงด้วย เรือตรวจการณ์ชายฝั่งจึงมีสมรรถนะ และประสิทธิภาพที่ดีขึ้น



ระบบขับเคลื่อนแบบ V-Drive

ระบบบังคับหางเสือ (Steering System)

สำหรับระบบบังคับหางเสือ ของเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่จะเป็นแบบทำงานด้วยระบบไฟฟ้า - ไฮดรอลิกส์ (Electro Hydraulic System) โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับสร้างแรงดันน้ำมันสำหรับใช้ควบคุมใบหางเสือ โดยสามารถควบคุมหางเสือได้จากระยะไกล (Remote Control) จากสะพานเดินเรือและสะพานเดินเรือเปิด (Fly Bridge) นอกจากนี้ในกรณีที่มอเตอร์ไฟฟ้าชำรุด ก็ยังสามารถควบคุมหางเสือที่ตัวเครื่องที่ห้องหางเสือ (Local Control) ได้อีกด้วย

เครื่องหาตำบลที่เรือด้วยดาวเทียม (DGPS)
ตราอักษร FURUNO รุ่น GP-1650W

เครื่องรับประกาศชาวเรืออัตโนมัติ
ตราอักษร FURUNO รุ่น NX-700A

ด้านระบบควบคุมบังคับบัญชาและตรวจการณ์

ในเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่ มีการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมบังคับบัญชา และตรวจการณ์หลายอุปกรณ์ด้วยกัน ซึ่งยังไม่เคยมีการติดตั้งในเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดเก่า เช่น เครื่องหาตำบลที่เรือด้วยดาวเทียม (DGPS) ตราอักษร FURUNO รุ่น GP-1650W มีจอภาพสีแสดงตำบลที่เรือและแผนที่เดินเรือแบบ C-Map ทั้งอ่าวไทยทะเลอันดามัน จำนวน ๑ ชุดเครื่อง เครื่องรับประกาศชาวเรืออัตโนมัติ (Navtex Receiver) ตราอักษร FURUNO รุ่น NX-700A จำนวน ๑ ชุดเครื่อง เครื่องรับข้อมูลข่าวอากาศ (Weather Facsimile) ตราอักษร FURUNO รุ่น FAX-408 จำนวน ๑ ชุดเครื่อง

กล้องวงจรปิด (CCTV SYSTEM) ที่ติดตั้งบนเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง

เครื่องรับส่งวิทยุ HF/SSB Frequency Hopping แบบติดตั้งประจำที่ รองรับการสื่อสารระยะปานกลาง ๒๐ – ๔๐๐ ไมล์ทะเล ตราอักษร SAAB GRINTEK รุ่น TR2000 จำนวน ๑ ชุดเครื่อง ระบบโทรศัพท์กำลังเสียงตราอักษร DYNALEC (Sound/Self Powered Telephone System) แบบ Stand-Alone System จำนวน ๖ จุด สำหรับการใช้งานในบริเวณห้องทำงานต่างๆ และนอกดาดฟ้าตัวเรือ นอกจากนี้ยังมี ระบบกล้องวงจรปิด (CCTV SYSTEM) ตราอักษร BOSCH จำนวน ๑ ชุด ประกอบด้วย กล้อง IP รุ่น MIC550 แบบ PTZ Ruggedized Camera จำนวน ๑ ตัว ติดตั้งภายนอกตัวเรือในตำแหน่งที่สามารถทำหน้าที่ตรวจการณ์ได้รอบตัวทั้งระยะใกล้และไกลทั้งกลางวันและกลางคืน โดยมีระบบอินฟราเรดด้วย และมีกล้องแบบเครือข่าย (IP Network Camera) รุ่น NWD-455V03-10P จำนวน ๔ ตัว ติดตั้งภายในตัวเรือในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้กล้องทำงานได้เต็มขีดความสามารถ พร้อมอุปกรณ์ควบคุมการทำงานกล้องแบบเครือข่าย

การดำเนินงานโครงการเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง จำนวน ๓ ลำ

➤ ระยะเวลาโครงการทั้งสิ้น (ตามสัญญา)	๒๖ เดือน
➤ พิธีลงนามในสัญญา	๑๙ กรกฎาคม ๒๕๕๔
➤ พิธีวางกระดูกงูเรือทั้ง ๓ ลำ	๒๘ กันยายน ๒๕๕๔
➤ พิธีปล่อยเรือตรวจการณ์ชายฝั่งลงน้ำ	๘ มีนาคม ๒๕๕๖
➤ พิธีรับมอบเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง	๑๖ พฤษภาคม ๒๕๕๖
➤ วันสิ้นสุดโครงการ (ตามสัญญา)	๑๙ กันยายน ๒๕๕๖

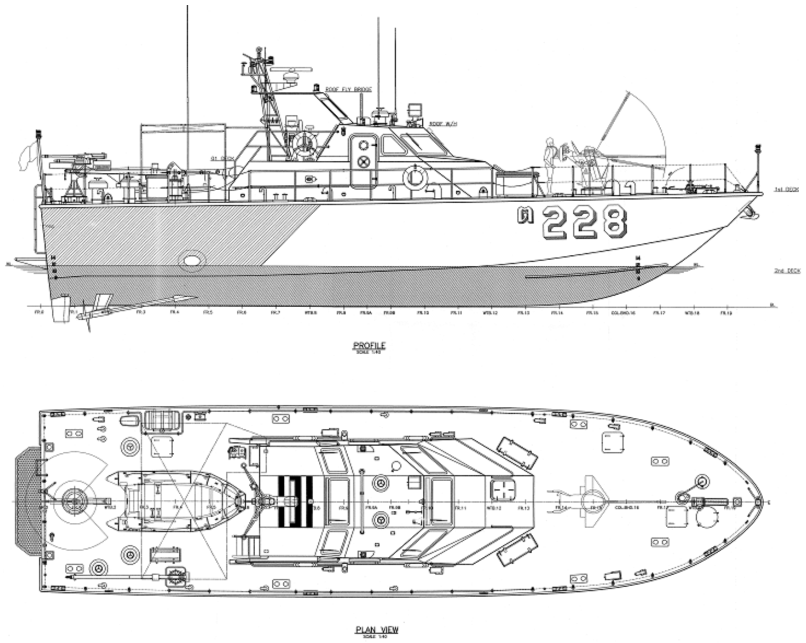
เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง เรือ ต.๒๒๘ ต.๒๒๙ และ ต.๒๓๐

คุณลักษณะทั่วไปของเรือตรวจการณ์ชายฝั่ง (Ship System Performance)

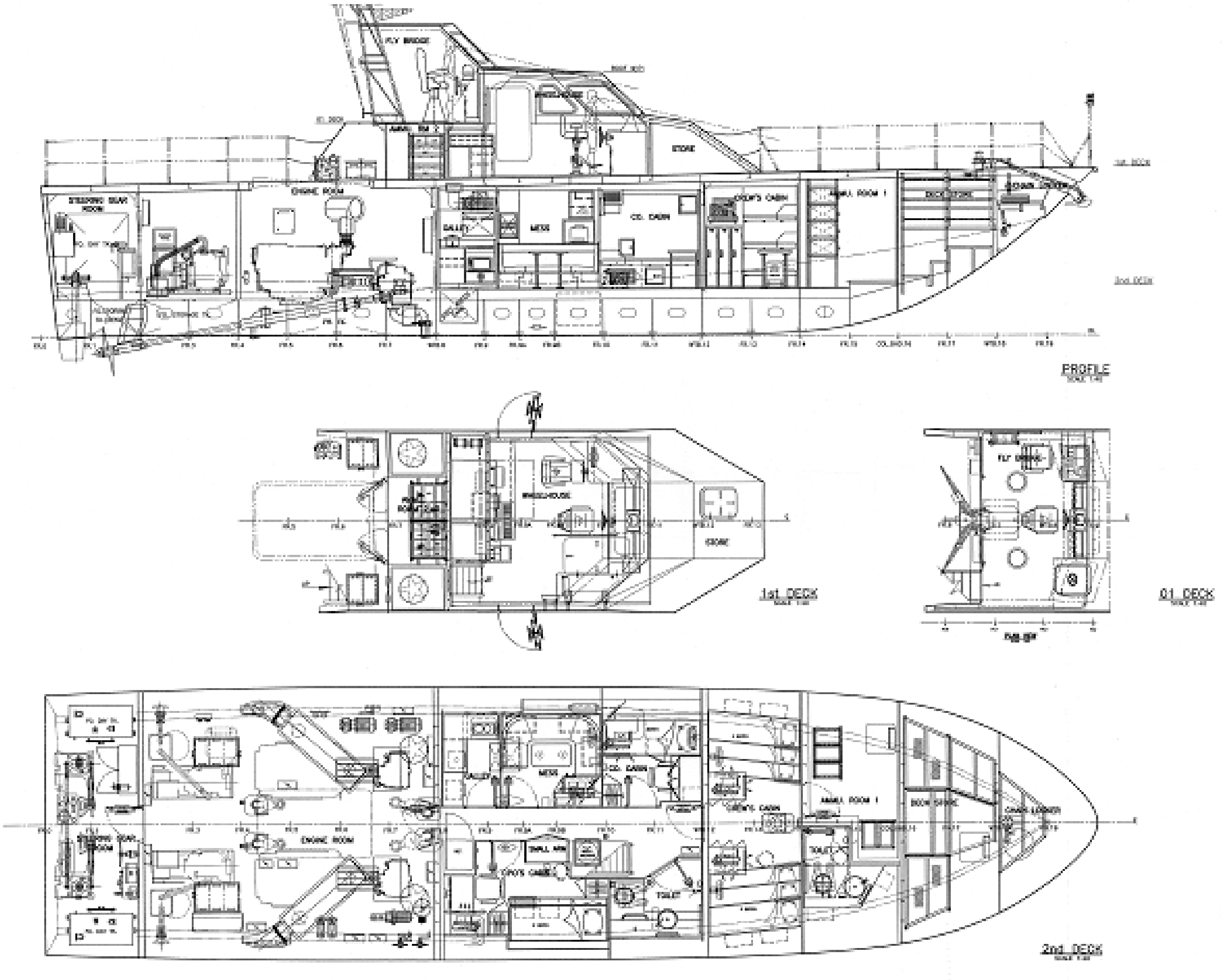
- ระวางขับน้ำเต็มที่โดยประมาณ ๔๕ ตัน
- ขนาดของเรือ
  - ความยาวตลอดลำ ๒๑.๔๐ เมตร
  - ความกว้างสูงสุดของเรือ ๕.๕๖ เมตร
  - ความลึกของเรือ (Molded Depth) ๓.๑๕ เมตร
  - กินน้ำลึกตัวเรือ (Molded Draught) ๑.๐๕ เมตร
- ความเร็วสูงสุดต่อเนื่อง ที่ระวางขับน้ำเต็มที่ไม่น้อยกว่า ๓๐ นอต
- กำลังพลประจำเรือ ๙ นาย
- สามารถปฏิบัติงานในทะเลได้ต่อเนื่อง ได้ไม่น้อยกว่า ๒๔ ชั่วโมง โดยไม่ต้องรับการส่งกำลังบำรุง

- ระยะปฏิบัติการไม่น้อยกว่า ๓๕๐ ไมล์ทะเล ด้วยความเร็วเดินทางมัธยัสถ์ (๑๕ นอต) ที่ระวางขับน้ำเต็มที่ (Full Load Displacement)
- ขนาดและสัดส่วนของโครงสร้างตัวเรือได้รับการตรวจสอบและรับรองจากสมาคมต่อเรือ Det Norske Veritas (DNV)
- เครื่องจักรใหญ่ตราอักษร MAN รุ่น D2862 LE463 กำลังเครื่องยนต์ 1,029 kW ที่ 2,100 RPM พร้อมเพลาใบจักร จำนวน ๒ ชุดเครื่อง
- เครื่องไฟฟ้าขนาด 32 kWe, 220 VAC. 1 Phase 50 Hz. จำนวน ๒ ชุดเครื่อง ประกอบด้วย
  - เครื่องยนต์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Prime Mover) ตราอักษร PERKINS
  - เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ตราอักษร MARATHON MAGNAPLUS
- เกียร์ทด ตราอักษร TWIN DISC ชนิด Intermediate Duty ขนาด Input Rating สูงสุดที่ 1,145 kW ที่ความเร็วรอบ 2,100 RPM จำนวน ๒ ชุดเครื่อง
- ระบบเพลาใบจักรแบบ Fixed Pitch จำนวน ๒ ชุด
- อาวุธประจำเรือ
  - อาวุธปืนหลัก ปืนกลขนาด ๒๐ มิลลิเมตรจำนวน ๑ กระบอก
  - อาวุธปืนรอง ปืนกลขนาด .๕๐ นิ้ว จำนวน ๑ กระบอก พร้อมกับเครื่องยิงลูกระเบิด ๘๑ มิลลิเมตร ร่วมแกนจำนวน ๑ กระบอก

เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง เรือ ต.๒๓๐ ระหว่างการทดสอบทางทะเล (Sea Trail)



General Arrangement (Outboard) เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง



General Arrangement (Inboard) เรือตรวจการณ์ชายฝั่ง

พิธีปล่อยเรือตรวจการณ์ชายฝั่งลงน้ำ เมื่อวันที่ ๘ มีนาคม ๒๕๕๖

เรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุด เรือ ต.๒๒๘ ทั้ง ๓ ลำ ที่ต่อใหม่โดย บริษัท มาร์ซัน จำกัด ได้ถูกพัฒนารูปทรงโครงสร้างภายนอกให้มีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น มีการปรับปรุงพื้นที่ใช้งานภายในตัวเรือ ห้องพักอาศัย ให้มีความเหมาะสม และทำการติดตั้งเพิ่มเติมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความทันสมัย อีกหลายอย่าง เช่น เครื่องหาตำบลที่เรือด้วยดาวเทียม (DGPS) เครื่องรับประกาศชาวเรืออัตโนมัติ (Navtex Receiver) และ กล้อง CCTV เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มสมรรถนะ และ ขีดความสามารถของเรือตรวจการณ์ชายฝั่งทั้ง ๓ ลำ ให้สูงขึ้นกว่าเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดเก่า จึงทำให้มั่นใจได้ว่าเรือตรวจการณ์ชายฝั่งชุดใหม่นี้จะสามารถปฏิบัติภารกิจอันหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการตรวจการณ์ สกัดกั้น ลาดตระเวน ป้องกันการแทรกซึมทางทะเลและชายฝั่ง คุ้มครองเรือประมงและเรือพาณิชย์ ป้องกันและคุ้มครองทรัพยากรธรรมชาติบริเวณชายฝั่งทะเลในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน รวมถึงการถวายความปลอดภัยแด่พระบรมวงศานุวงศ์ได้อย่างเต็มขีดความสามารถและมีประสิทธิภาพอย่างแน่นอน

แบริ่งรับเพลาชนิดหล่อลื่นด้วยน้ำ

(The Essence of Water-Lubricated Bearings)

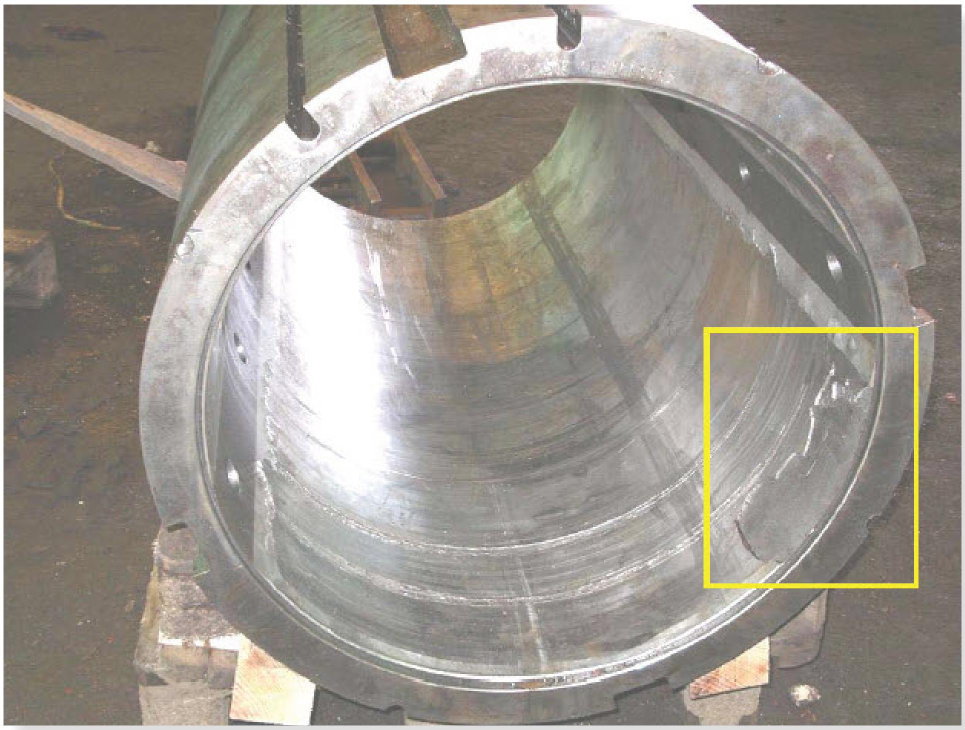
โดย : นาวาเอก ดร. พัลลภ เขมันงาน
ผู้อำนวยการกองโรงงานเรือเหล็ก อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า

บทคัดย่อ

การใช้แบริ่งรองรับเพลาชนิดหล่อลื่นด้วยน้ำเกิดขึ้นมาพร้อมกับ การนำเอาใบจักรมาใช้ในการขับเคลื่อนเรือ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการพัฒนารูปแบบและวัสดุที่ใช้ทำแบริ่งอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ไม้ลิกนัมไวตีในอดีตมาจนถึงวัสดุประเภทโพลีเมอร์ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามความสำคัญยังคงอยู่กับผู้ที่นำเอาไปใช้งาน ที่ควรจะได้ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ปัญหาทุกครั้ง เพื่อให้สามารถเลือกใช้แบริ่งได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบเพลาตลอดจนขนาดและความยาวเพลาของเรือแต่ละลำมีความแตกต่างกัน สภาพของพื้นที่ที่เรือปฏิบัติการก็ไม่เหมือนกัน จึงยังไม่มีคู่มือที่สามารถหยิบขึ้นมาแล้วทำให้สามารถดำเนินการได้แบบทันทีทันใด จำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างและงานด้านเครื่องกลรวมทั้งความเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของแบริ่งเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ แต่จนถึงปัจจุบัน ยังมีการนำเสนอความรู้เกี่ยวกับแบริ่งชนิดหล่อลื่นด้วยน้ำไว้น้อยมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของคู่มือการใช้งานเท่านั้น บทความนี้จึงเป็นการศึกษาโดยใช้หลักทางวิศวกรรมร่วมกับผลการทดลองที่น่าเชื่อถือจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งของผู้ผลิตแบริ่ง เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับระบบขับเคลื่อนที่มีแบริ่งชนิดนี้รวมอยู่ได้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้แบริ่งรับเพลาชนิดหล่อลื่นด้วยน้ำมิได้เกี่ยวข้องเฉพาะตัวแบริ่งเองเท่านั้นแต่ยังมีผลกระทบต่อการทำงานของเพลาใบจักร ปลอกเพลา ซีลเพลา รวมไปถึงเกียร์ และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ระหว่างปฏิบัติงานของระบบขับเคลื่อนทั้งระบบอีกด้วย ความเสียหายของอุปกรณ์อื่น ๆ อาจมีต้นเหตุมาจากการทำงานของแบริ่งรับเพลาที่อยู่ใต้น้ำเพียงตัวเดียวก็เป็นได้

บทนำ

แบริ่งรองรับเพลาใบจักรที่อยู่ภายนอกตัวเรือ และต้องทำงานอยู่ในน้ำทะเลนั้น มีให้เลือกใช้ ๒ ชนิดหลักด้วยกันคือ ชนิดที่หล่อลื่นด้วยน้ำมัน (Oil-Lubricated Bearing) และชนิดที่หล่อลื่นด้วยน้ำทะเล (Water-Lubricated Bearing) ในส่วนของแบริ่งชนิดที่หล่อลื่นด้วยน้ำมันมีข้อดีคือ สามารถรองรับภาระได้มากกว่าแบริ่งที่หล่อลื่นด้วยน้ำทะเลมาก ลดการสั่นสะเทือน จะใช้กับเรือขนาดใหญ่และมีราคาสูง แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นที่ทราบกันอย่างดีว่ามักประสบปัญหาความเสียหาย อันเนื่องมากจากการรั่วไหลของน้ำมันดังที่แสดงในรูปที่ ๑ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากการติดตั้งทำได้ไม่ดีพอหรือมีการผิดศูนย์ของเพลาในระหว่างการใช้งาน ก็จะก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการที่น้ำทะลักเข้าภายในเรือตามมาได้

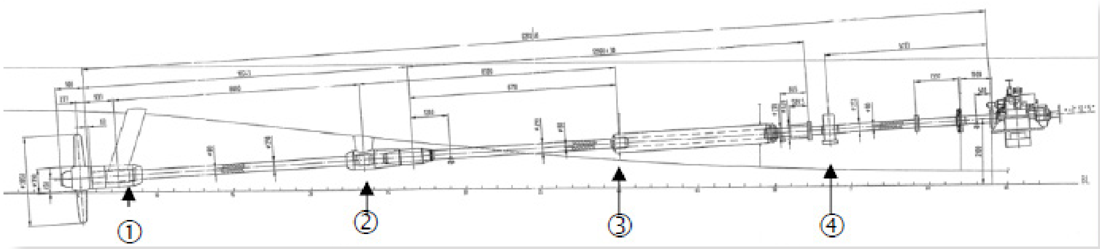


รูปที่ ๑

หากมองโดยผิวเผินแล้ว การใช้น้ำทะเลมาหล่อลื่นแบริ่งที่อยู่นอกตัวเรือดูเหมือนว่า จะเป็นความคิดที่สมเหตุสมผลที่สุด เพราะมิต้องพะวงในการสรรหาสารหล่อลื่นมาใช้เหมือนกับแบริ่งชนิดอื่น ๆ การบำรุงรักษาก็ไม่ยุ่งยากเหมือนกับแบริ่งที่หล่อด้วยน้ำมัน แต่จากประสบการณ์การนำแบริ่งชนิดนี้มาใช้งานพบว่า มีประเด็นที่ต้องนำมาพิจารณาอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น การรับแรงกระทำที่เกิดจากระบบเพลาใบจักรทั้งในขณะอยู่นิ่งและขณะใช้ความเร็วรอบเพลาที่ย่านต่าง ๆ ถือเป็นจุดประสงค์หลักของแบริ่ง แต่ความสามารถในการต่อสู้กับสภาพแวดล้อมที่เป็นปรปักษ์ก็เป็นสิ่งที่ปรารถนาอย่างมากไม่แพ้กัน มิเช่นนั้นแล้วอายุการใช้งานก็อาจจะสั้น จนทำให้ต้องลงทุนนำเรือขึ้นมาเปลี่ยนของใหม่กันบ่อยครั้ง และเป็นการยากที่จะหาแบริ่งตัวใดตัวหนึ่ง ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการได้ทั้งหมด ดังนั้นปัญหาจึงอยู่ที่ว่ามีปัจจัยและแนวทางในการพิจารณาใดบ้างที่จะนำไปสู่การเลือกใช้แบริ่งให้สามารถตอบสนองความต้องการได้ดีที่สุด และส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบเพลาอื่น ๆ ที่ทำงานร่วมกันอย่างไร

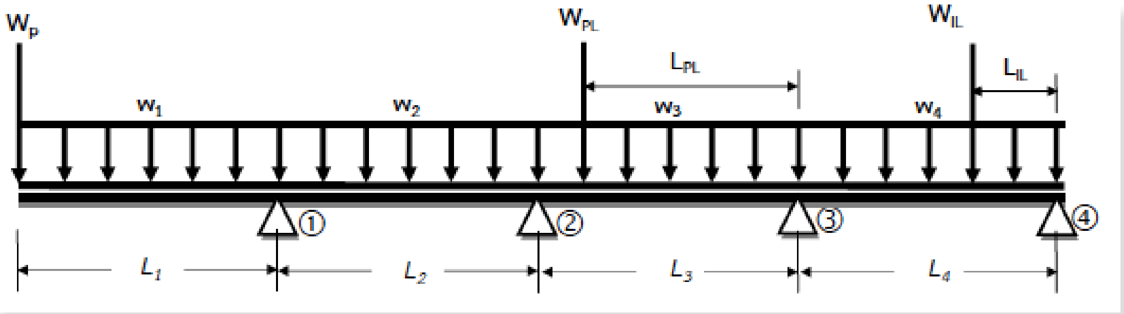
การหาค่าแรงกระทำบนแบริ่งรับเพลา

หลังจากที่ทราบค่ากำลัง ที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนเรือให้สามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ด้วยความเร็วที่กำหนดแล้ว ขั้นตอนของการออกแบบระบบขับเคลื่อนก็สามารถดำเนินการได้ เริ่มต้นด้วยการเลือกขนาดของเครื่องยนต์และใบจักรที่มีความเหมาะสมกัน (Matching Engine and Propeller) ต่อมาเมื่อกำหนดขนาดของเพลาใบจักรที่ต้องใช้ได้แล้ว ก็จำเป็นต้องมีการกำหนดตำแหน่งและจำนวนของแบริ่งรับเพลาทั้งที่อยู่ภายในและภายนอกตัวเรือในการกำหนดระยะห่างระหว่างแบริ่งรับเพลาแต่ละตัวนั้นเงื่อนไขที่สำคัญก็คือ ต้องระวังไม่ให้ระยะห่างมีขนาดน้อยเกินไปซึ่งทำให้ระบบเพลามีลักษณะแข็งตัวมาก (High Stiffness) และในทางกลับกันก็ไม่ควรให้แบริ่งมีระยะห่างกันมากเกินไป เพราะอาจจะนำไปสู่การเกิดการสั่นสะเทือนในลักษณะควงของเพลา (Whirling Vibration) ซึ่งไม่เป็นที่ปรารถนาในระบบเพลาใบจักรได้ในส่วนของจำนวนแบริ่งเอง ก็จะต้องเพียงพอในการแบกรับน้ำหนักของระบบเพลาใบจักรทั้งหมดได้ โดยทั่วไป โครงสร้างของระบบเพลาในเรือ สามารถจำลองแบบออกมาได้ในรูปของบีมที่มีแรงกระทำอันเนื่องมาจากน้ำหนักของเพลา แรงลอยตัว รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบเพลา เช่น หน้าแปลนเพลา หรือคัปปลิ้งชนิดต่าง ๆ เป็นต้นมีจุดรองรับแรง (Support) เป็นตำแหน่งที่ตั้งของแบริ่ง ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างระบบเพลาของเรือรบในกองทัพเรือลำหนึ่ง ตามรูปที่ ๒ และมีแบบจำลองของบีมในรูปที่ ๓



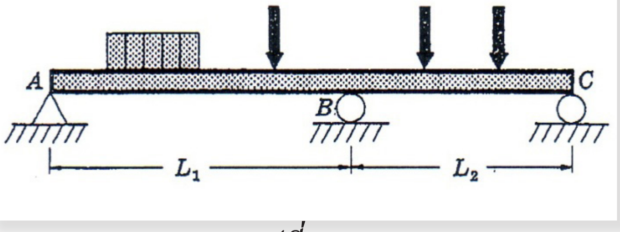
รูปที่ ๒

Section No.	D_o (mm)	D_i (mm)	L (mm)	w (N/m)	Notes
1	370	80	933	5147	W_P = 30411 N
2	290	80	8000	5147	
3	290	80	8320	4437	W_{PL} = 6847 N , L_{PL} = 264.5 mm
4	290	80	6800	4,437	W_{IL} = 3973 N , L_{IL} = 39.7 mm



รูปที่ ๓

โดยทั่วไปแล้วควรมีการพิจารณาให้บีมยาวรวมไปจนกระทั่งถึงแบริ่งด้านหัวของเกียร์ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดเกี่ยวกับข้อมูลเฉพาะของเกียร์ จึงขอแสดงวิธีการแก้ปัญหาของบีมนับจากใบจักรไปจนถึงแบริ่งรับเพลาด้านในตัวเรือ (Line Shaft Bearing) เท่านั้น อย่างไรก็ตามคำตอบที่ได้โดยเฉพาะที่แบริ่ง 1 และ 2 จะไม่คลาดเคลื่อนไปจากที่ควรจะเป็นมากนักค่าแรงกระทำบนแบริ่งแต่ละตัวที่ต้องการทราบจะได้มาจากการแก้ปัญหาของบีมเพื่อหาค่าแรงกระทำที่จุด 1 - 4 นั่นเอง จากการตรวจสอบด้วยตาเปล่าในรูปที่ ๓ พบว่าโมเมนต์ดัด (Bending Moment) ที่จุดที่ 4 หรือ M_4 มีค่าเป็นศูนย์และสามารถหาค่าโมเมนต์ดัดจุดที่ 1 หรือ M_1 ด้วยการใช้ความรู้ทางสถิตยศาสตร์ได้เท่ากับ -31,507 N-m สำหรับโมเมนต์จุดที่ 2 และ 3 สามารถหาได้ด้วยการแก้ปัญหาโครงสร้างที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ด้วยการใช้ความรู้ทางสถิตยศาสตร์ (Statically Indeterminate Structure) ในที่นี้จะขอนำเอาทฤษฎีของโมเมนต์สามตัว (Three-Moment Theorem) [1,2] มาประยุกต์ใช้ โดยทฤษฎีเกี่ยวข้องกับบีมต่อเนื่อง (Continuous Beam) ที่มีจุดรองรับสามจุดต่อเนื่องกัน แรงที่กระทำบนบีม สามารถเป็นได้ทั้งแบบแรงกระจาย (Distributed Load) และแรงเฉพาะจุด (Concentrated Load) ตามที่เห็นในรูปที่ ๔ ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดที่จุดรองรับทั้งสามเป็นไปตามสมการ (1)



รูปที่ ๔

$$M_A \frac{L_1}{I_1} + 2M_B\left(\frac{L_1}{I_1} + \frac{L_2}{I_2}\right) + M_C \frac{L_2}{I_2} = -\frac{6A_1\bar{a}_1}{I_1L_1} - \frac{6A_2\bar{b}_2}{I_2L_2} \qquad (1)$$

โดยที่ M_A, M_B, M_C = โมเมนต์ดัดที่จุดรองรับ A, B, และ C ตามลำดับ

L_1, L_2 = ช่วงความยาวระหว่างจุดรองรับ

I_1, I_2 = ค่าโมเมนต์แรงเฉื่อยของบีมช่วง AB และ BCตามลำดับ

A_1, A_2 = พื้นที่ใต้ไดอะแกรมของโมเมนต์ของบีมช่วง ABและ BC ตามลำดับ

$\bar{a}_1, \bar{b}_2$ = ระยะจากจุดศูนย์ถ่วงของไดอะแกรมของโมเมนต์ถึงจุด A และ C ตามลำดับ

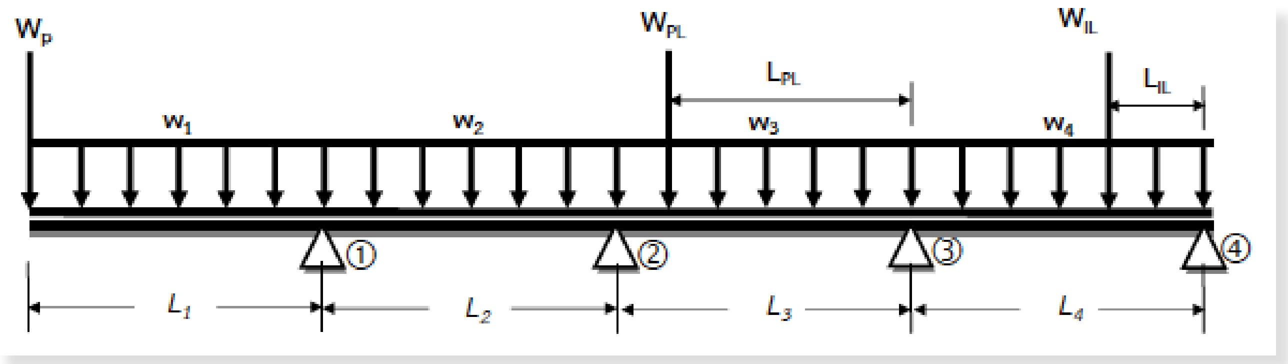
เมื่อใช้ทฤษฎีของโมเมนต์สามตัวกับจุดที่ 2 ของบีมจำลองได้สมการออกมาเป็น

$$M_1\frac{L_2}{I_2}+2M_2\left(\frac{L_2}{I_2}+\frac{L_3}{I_3}\right)+M_3\frac{L_3}{I_3}=-\frac{w_2L_2^3}{4I_2}-\frac{w_3L_3^3}{4I_3}-\frac{W_{PL}L_{PL}(L_3^2-L_{PL}^2)}{I_3L_3} \quad (2)$$

ในทำนองเดียวกันที่จุดที่ 3 ของบีมจำลองสามารถเขียนสมการออกมาได้เป็น

$$M_2\frac{L_3}{I_3}+2M_3\left(\frac{L_3}{I_3}+\frac{L_4}{I_4}\right)=-\frac{w_3L_3^3}{4I_3}-\frac{w_4L_4^3}{4I_4}-\frac{W_{PL}(L_3-L_{PL})(L_3^2-L_{PL}^2)}{I_3L_3}-\frac{W_{IL}L_{IL}(L_4^2-L_{IL}^2)}{I_4L_4} \quad (3)$$

แก้สมการ (2) และ (3) เพื่อหาค่าของ M_2 และ M_3 และในที่สุดเมื่อทราบค่าโมเมนต์ครบถ้วนทั้งสี่จุดแล้ว ปัญหาโครงสร้างของบีมจำลองก็จะเหลือเป็นเพียงแค่ปัญหาที่แก้ได้ด้วยความรู้ทางสถิตยศาสตร์ (Statically Determinant Structure) ตัวอย่างเช่น ค่าแรงกระทำบนแบริ่งตัวที่ 1 สามารถหาได้จากรูปที่ (๕)

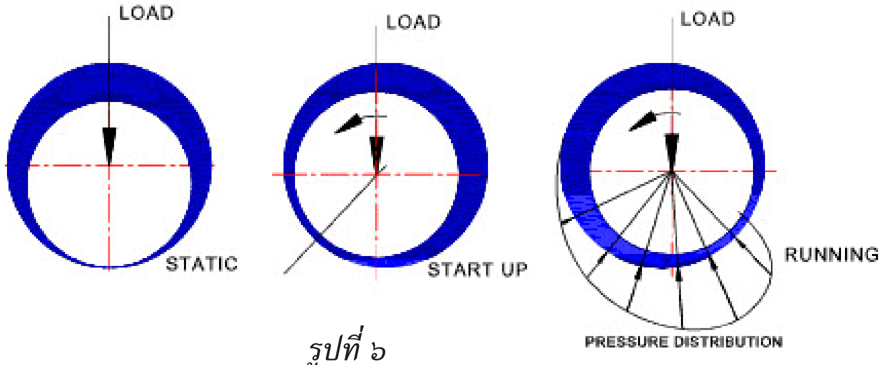


รูปที่ ๕

ได้ค่า R_1 = 2,887 N และหากทำในทำนองเดียวกันก็จะได้ค่าแรงกระทำที่แบริ่งตัวอื่น ๆ ออกมาเป็น R_2 = 2,238 N R_3 = 1,998 N และ R_4 = 720 N

หลักการทำงานของไฮโดรไดนามิกแบริ่ง (Hydrodynamic Bearing)

ไฮโดรไดนามิกแบริ่งสามารถทำงานได้ โดยอาศัยหลักของการสร้างแรงขึ้นมาจากแผ่นฟิล์มของสารหล่อลื่น (Lubricant Film) ที่อยู่ระหว่างตัวแบริ่งกับเพลาเพื่อรองรับภาระที่เกิดขึ้นในขณะที่เพลากำลังหมุนออสบอร์นเรโนลด์(OsborneReynolds) เป็นผู้ค้นพบว่า เพลาที่กำลังหมุนจะลากสารหล่อลื่นตามไปด้วยทำให้เกิดลักษณะเป็นลิ่มสารหล่อลื่นขึ้นภายใต้เพลา เป็นผลให้เกิดความดันที่สูงขึ้นเพียงพอที่จะยกเพลาให้ลอยตัวตามมา เพลาและผิวด้านในของแบริ่งจึงไม่มีการสัมผัสกันดังที่เห็นในรูปที่ ๖ แรงเสียดทาน (Friction) ที่เกิดในแบริ่งเป็นผลมาจากแรงต้านความหนืดของสารหล่อลื่นเท่านั้น

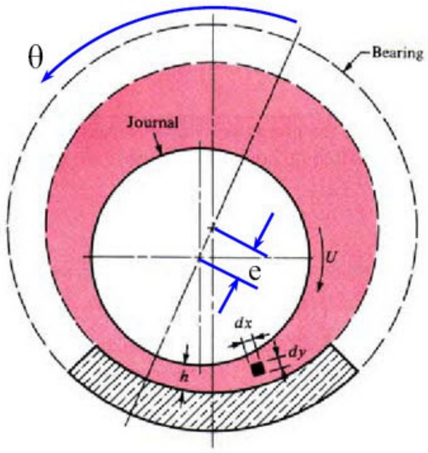


รูปที่ ๖

การทำงานของแบริ่งเป็นไปตามสมการ (4) ที่รู้จักกันในชื่อของสมการ Reynold’s Equation

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{h(x)^3}{\mu}\frac{dp}{dx}\right) = -6U\frac{dh}{dx} \qquad (4)$$

และความดันที่เกิดขึ้นภายในแบริ่งก็จะเป็นไปตามสมการ (5) หรือที่เรียกกันว่าสมการ Sommerfeld สำหรับเพลายาว



c_r = radial clearance

$$\varepsilon = \frac{e}{c_r}$$

$$h(\theta) = c_r(1+\varepsilon\cdot\cos\theta)$$

$$h_{min} = c_r(1-\varepsilon)$$

$$h_{max} = c_r(1+\varepsilon)$$

$$h(x) = c_r\left(1+\varepsilon\cdot\cos\left(\frac{2x}{D}\right)\right)$$

$$p = \frac{\mu U r}{c_r^2}\left[\frac{6\varepsilon \sin\theta(2+\varepsilon\cos\theta)}{(2+\varepsilon^2)(1+\varepsilon\cos\theta)^2}\right] + p_0 \qquad 0 \le \theta \le \pi \qquad (5)$$

โดยที่ r = รัศมีของเพลาที่อยู่ในแบริ่ง (Journal Radius)

ε = ค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบ

จะเห็นได้ว่า ค่าระยะห่างระหว่างเพลากับแบริ่ง (Clearance) ที่ใช้ในระหว่างการติดตั้งมีความสำคัญอย่างมาก เพราะจะส่งผลกระทบต่อค่าความดันหรือความสามารถในการรองรับแรงที่จะเกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติงาน ของไฮโดรไดนามิกแบริ่งโดยตรง นี่จึงเป็นเหตุผลว่า สาเหตุใดผู้ผลิตแบริ่งจำเป็นต้องกำหนดค่าระยะห่างที่ว่านี้ไว้ตามขนาดของเพลา หากค่าดังกล่าวสูงเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดก็สามารถนำไปสู่หายนะจากการเสียดสีกันของแบริ่งและเพลาใบจักรได้ เนื่องจากความดันภายในแบริ่งไม่เพียงพอที่จะยกเพลาขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถเห็นได้อีกเช่นกันว่า แบริ่งมีตำแหน่งในการทำงานอยู่เฉพาะมิได้ถูกออกแบบมา เพื่อให้สามารถรองรับการผิดไปจากตำแหน่งของเพลาหรือที่เรียกกันว่า การผิดศูนย์ของเพลา (Shaft Misalignment) แต่อย่างใด

ปัจจัยในการพิจารณาเลือกแบริ่งรับเพลาใบจักร

ปัจจุบันแบริ่งที่อยู่นอกตัวเรือมักนิยมใช้ชนิดที่หล่อลื่นด้วยน้ำทะเลเป็นส่วนใหญ่ ทั้งเรือสินค้าและเรือรบ มีให้เลือกทั้งชนิดที่เป็นท่อนเดียว แบ่งเป็นซีก หรือเป็นชิ้น (Stave) ตามที่เห็นในรูปที่ ๘ สามารถถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ต้องถอดเพลาและใบจักรออกเสียก่อน มีการผลิตขึ้นมาจากวัสดุหลายประเภทด้วยกัน ทั้งที่ทำด้วยยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) วัสดุยาง (Elastomer) หรือแม้แต่สารประกอบ PTFE (Poly Tetra Fluoro Ethylene) [3] เป็นต้น การเลือกวัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งานมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหลายประการด้วยกัน ไม่ใช่มีเพียงแค่ความสามารถในการรองรับแรงของแบริ่งเท่านั้น ยังมีธรรมชาติการทำงานของแบริ่งที่หล่อด้วยน้ำทะเล สภาพของน้ำบริเวณที่เรือปฏิบัติการ การสึกของแบริ่งและเพลาหรือปลอกเพลาให้พิจารณาประกอบด้วย

รูปที่ ๘

เมื่อทราบถึงขนาดของแรงกระทำที่แบริ่งแต่ละตัวในระบบเพลาใบจักรต้องรองรับแล้ว การคำนวณหาค่าความดันหรือแรงกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Bearing Load) บนแบริ่งแต่ละตัว ก็สามารถทำได้โดยใช้สมการ (6)

$$P = \frac{R}{D^2\left(\frac{L}{D}\right)} \qquad (6)$$

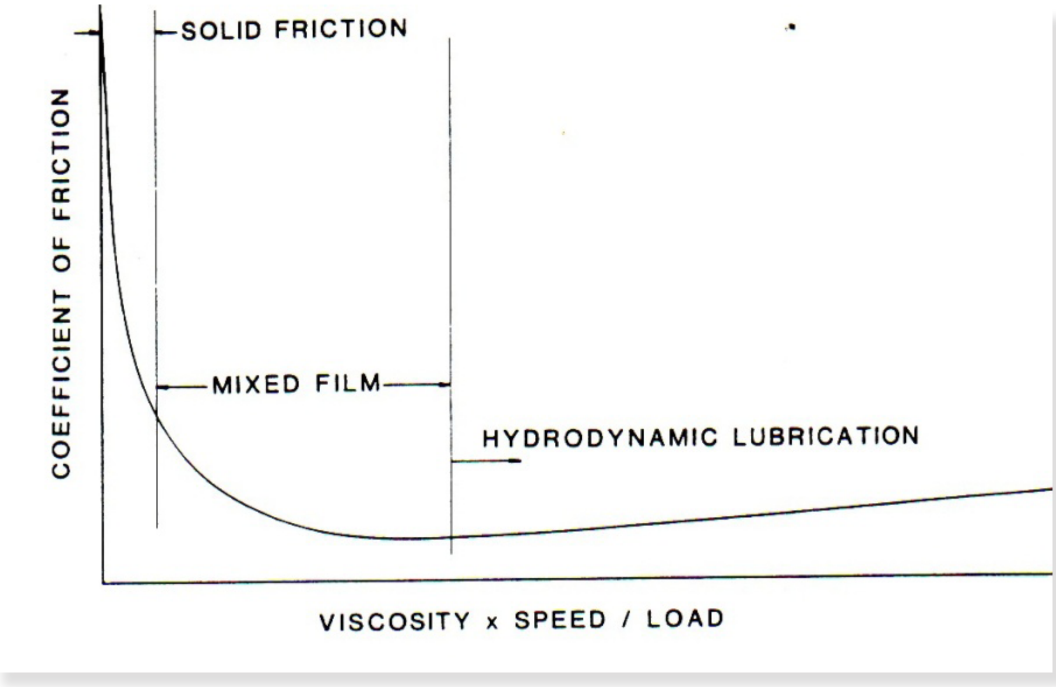
โดยที่ R = ค่าของขนาดแรงกระทำบนแบริ่ง
D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแบริ่ง
L = ความยาวของแบริ่ง

หมายเลขของแบริ่ง	อัตราส่วน (L/D) 1:1	อัตราส่วน (L/D) 2:1
1	ไม่นิยมใช้ที่บริเวณหน้าใบจักร	30 psi (0.207 N/mm^2)
2	76.6 psi (0.528 N/mm^2)	38.3 psi (0.264 N/mm^2)
3	68.4 psi (0.472 N/mm^2)	34.2 psi (0.236 N/mm^2)

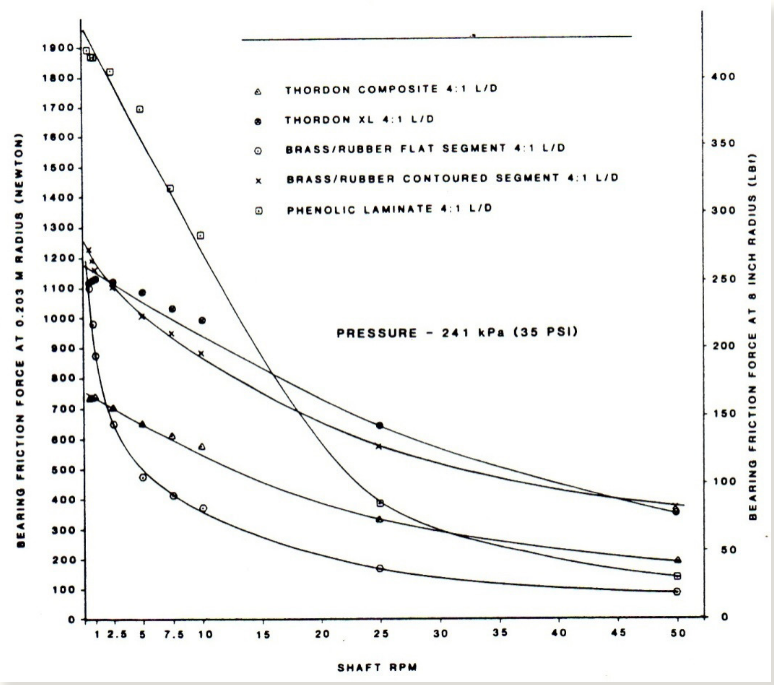
ตารางที่ ๑

เมื่อใช้สมการ (6) กับเพลาของเรือตัวอย่างข้างต้น ผลของค่าความดันบนแบริ่งตัวที่ 1 2 และ 3 แสดงอยู่ในตารางที่ ๑ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วน L/D ที่จะเลือกใช้ แบริ่งที่จะนำมาติดตั้งก็ต้องตรวจสอบ ให้สามารถรองรับค่าความดันในตารางหรือมากกว่าได้ดูเหมือนว่า สำหรับผลจากการใช้อัตราส่วน 1:1 ชี้ไปที่แบริ่งที่ทำจากวัสดุยางซึ่งปกติมีค่าความดันอยู่ที่ประมาณ 70-90 psi (0.48-0.62 N/mm2) ส่วนผลจากการใช้อัตราส่วน 2:1 บ่งชี้ไปที่แบริ่งที่ทำด้วยยางสังเคราะห์ซึ่งปกติมีค่าความดันประมาณ 40 psi(0.275 N/mm2) เอกสารแสดงผลการทดลองของผู้ผลิตแบริ่งตราอักษร Thordon [4] ซึ่งจัดอยู่ในประเภทวัสดุยางชี้ให้เห็นว่า โดยทั่วไปอัตราส่วน 2:1 เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพมากทั้งในแง่ของการออกแบบและการติดตั้งกรณีที่ต้องการลดความดันลง แล้วหันไปใช้แบริ่งที่มีอัตราส่วน 4:1 จะต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากเนื้อของแบริ่งบริเวณปลายด้านหน้า มักไม่ค่อยถูกใช้ในการรับแรงมากนัก จึงเกิดรอยของการสึกไม่สม่ำเสมอบนผิวหน้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ในตำแหน่งที่อยู่หน้าของใบจักรยกเว้นแบริ่งชนิดที่ทำด้วยยางที่มีทองเหลืองรองหลัง (Rubber/Brass Bearing)ที่แสดงให้เห็นถึงการสึกของผิวตลอดความยาวแบริ่งสาเหตุก็เพราะมีผิวที่นุ่มกว่าดังนั้นจะพบว่าเรือส่วนใหญ่ใช้แบริ่งที่มีอัตราส่วน 2:1 ส่วนแบริ่งอัตรา 1:1 นั้นเป็นค่าที่เรียกว่าสุดโต่ง ไม่ค่อยพบเห็นได้บ่อยนัก แม้แต่ที่ใช้ในกองทัพเรือ เช่น แบริ่ง Thordon COMPAC สมาคมจัดชั้นเรือก็ให้การรับรองการใช้งานไว้ที่อัตราส่วน 2:1

สำหรับแบริ่งรับเพลาที่หล่อลื่นด้วยน้ำทะเลแล้วโดยทั่วไปสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นได้ ๓ ช่วงด้วยกัน ดังที่แสดงในรูปที่ (๙) คือ ช่วงแรกเริ่มจากการที่เพลาอยู่นิ่งไปจนถึงขณะที่เพลาหมุนที่ความเร็วต่ำ เพลาจะสัมผัสกับผิวของแบริ่งตลอดเวลา เป็นผลให้เกิดแรงเสียดทานที่สูง (Solid Friction) ดังนั้นหากเลือกใช้แบริ่งชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทาน (Coefficient of Friction) ต่ำก็จะสามารถทำงานได้ดีกว่า โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผิวของแบริ่งหรือเพลา ช่วงที่สองเกิดขึ้นในขณะที่เพลาหมุนเร็วขึ้น แผ่นฟิล์มของน้ำเริ่มก่อตัวขึ้นรวมทั้งเพลาค่อย ๆ ถูกยกตัวขึ้นจากหน้าสัมผัสกับแบริ่ง แรงเสียดทานที่เกิดจากผิวสัมผัสเริ่มลดลง แต่แรงเสียดทานที่เกิดจากความหนืดของน้ำเริ่มสูงขึ้น ช่วงสุดท้ายเกิดขึ้นเมื่อความเร็วการหมุนสูงยิ่งขึ้นจนกระทั่งทำให้แผ่นฟิล์มของน้ำ เกิดขึ้นเต็มที่ (Hydrodynamic Lubrication) จนไม่เกิดการสัมผัสระหว่างแบริ่งกับเพลาเลย ผลการทดลองของผู้ผลิตแบริ่งในรูปที่ (๑๐) และ (๑๑) แสดงให้เห็นว่า ไม่มีแบริ่งใดทำงานได้สมบูรณ์แบบทุกความเร็วรอบเพลา ในแง่ของการลดแรงเสียดทานของเพลากับแบริ่ง แต่หากสังเกตดูในช่วงของความเร็วรอบเพลาที่ต่ำกว่า 500 RPM ซึ่งจัดอยู่ในช่วงความเร็วที่เรือส่วนใหญ่ในประเทศใช้งาน แล้วจะพบว่าแบริ่งยางที่มีทองเหลืองรองหลังให้ค่าแรงเสียดทานที่ต่ำที่สุด (ไม่พิจารณาถึงแบริ่งแบบ Phenolic Laminate ซึ่งปัจจุบันไม่ได้รับความนิยมแล้ว) การศึกษาตรงจุดนี้ทำให้สามารถมองเห็นถึงปัญหาที่มักพบเห็นได้บ่อยในระหว่างการติดตั้งเพลาและแบริ่งกล่าวคือ การปาดผิวด้านในของแบริ่งออก เพื่อทำให้สามารถใส่เพลาเข้าไปได้ตามแนวเพลาที่ตั้งใจไว้นั้น เท่ากับเป็นการไปเพิ่มความขรุขระให้กับผิวของแบริ่งส่งผลเสียให้เกิดแรงเสียดทานเพิ่มมากขึ้น โอกาสเกิดความเสียหายก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ในกรณีปลอกเพลาที่มีความขรุขระมากแล้ว มิได้ดำเนินการกำจัดให้หมดไปก่อนนำเพลาไปติดตั้งกับแบริ่ง ก็สามารถก่อให้เกิดปัญหาในทำนองเดียวกันได้ ซึ่งค่ามาตรฐานความเรียบของเพลาที่กำหนดไว้ส่วนใหญ่อยู่ที่ 0.8 μm [5] [6]

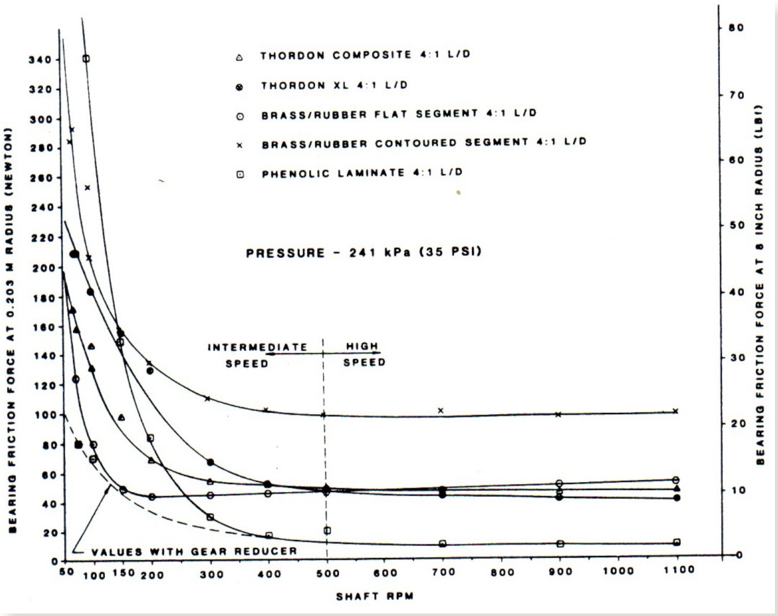


รูปที่ ๙



THORDON COMPOSITE 4:1 L/D
THORDON XL 4:1 L/D
BRASS/RUBBER FLAT SEGMENT 4:1 L/D
BRASS/RUBBER CONTOURED SEGMENT 4:1 L/D
PHENOLIC LAMINATE 4:1 L/D
PRESSURE - 241 kPa (35 PSI)
BEARING FRICTION FORCE AT 0.203 M RADIUS (NEWTON)
BEARING FRICTION FORCE AT 8 INCH RADIUS (LBI)
SHAFT RPM

รูปที่ ๑๐



THORDON COMPOSITE 4:1 L/D
THORDON XL 4:1 L/D
BRASS/RUBBER FLAT SEGMENT 4:1 L/D
BRASS/RUBBER CONTOURED SEGMENT 4:1 L/D
PHENOLIC LAMINATE 4:1 L/D
PRESSURE - 241 kPa (35 PSI)
INTERMEDIATE SPEED
HIGH SPEED
VALUES WITH GEAR REDUCER
BEARING FRICTION FORCE AT 0.203 M RADIUS (NEWTON)
BEARING FRICTION FORCE AT 8 INCH RADIUS (LBI)
SHAFT RPM

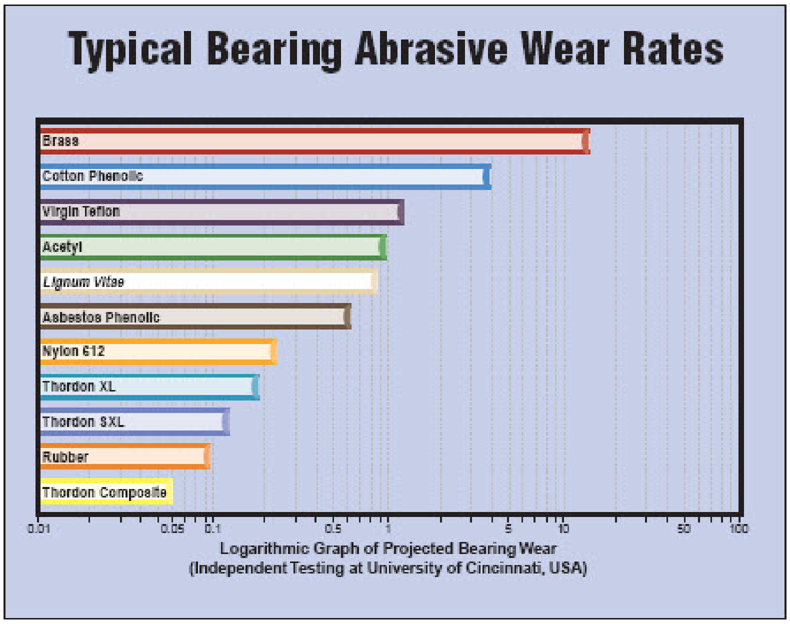
รูปที่ ๑๑

สภาพของน้ำบริเวณที่ถูกใช้งานมีผลอย่างยิ่งกับแบริ่งชนิดหล่อด้วยน้ำ หากสภาพพื้นที่ปฏิบัติงานเต็มไปด้วยสิ่งเจือปนในน้ำ ที่ก่อให้เกิดการสึกเนื่องจากการเสียดสีของผิวขรุขระ (Abrasive Wear) เช่น ชายฝั่งที่เต็มไปด้วยเม็ดทราย หรือแม้แต่ในน้ำที่มีเพรียงเกิดขึ้นได้ง่ายเมื่อเพรียงหลุดเข้าไปในแบริ่งขณะใช้งานแล้วติดอยู่ระหว่างหน้าสัมผัสของเพลากับแบริ่ง ก็สามารถที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อผิวของแบริ่งได้ ส่งผลให้แบริ่งมีอายุการใช้งานสั้นลง ค่าแสดงการสึกในตารางที่ (๒) เป็นผลจากการทดลองของผู้ผลิตแบริ่งได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบการสึกของแบริ่งในน้ำที่มีสิ่งเจือปน (Contaminated Water) [4] หลายชนิดจะเห็นได้ว่าแบริ่งแบบ Thordon Composite มีการสึกน้อยที่สุด ตามมาด้วยแบริ่งยางที่มีทองเหลืองรองหลัง และแบริ่ง Thordon XL ตามลำดับ และในรูปที่ (๑๒) ก็แสดงให้เห็นแนวโน้มในลักษณะเดียวกันโดยมีแบริ่ง Thordon SXL เข้ามาอยู่ในลำดับที่ 3 ดีกว่าแบริ่ง Thordon XL ยิ่งไปกว่านั้นแล้ว ยังมีแบริ่งบางชนิดที่ผู้ผลิตไม่แนะนำให้เอามาใช้กับน้ำที่มีสิ่งเจือปนเกินเวลาที่กำหนดเช่น 10% ของเวลาใช้งานสำหรับแบริ่ง Thordon COMPAC ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือน Thordon SXL เพราะออกแบบมาให้ใช้กับน้ำทะเลห่างชายฝั่ง (Blue Water Operation) เป็นหลัก [7] เป็นต้น ผลที่ออกมาก็ดูเหมือนว่าเป็นไปตามความคาดหมายเพราะว่าสิ่งเจือปนมีแนวโน้มที่จะฝังตัวในวัสดุที่มีความแข็ง และทำให้เกิดการสึก[6] ดังนั้นเมื่อแบริ่ง Thordon SXL, COMPAC และ XL มีค่าความแข็งมากกว่าแบริ่งยางถึงกว่า ๔ เท่า จึงมีความเป็นได้ในการสึกมากกว่า ในขณะที่ Thordon Composite (90 Shore A) นั้นมีความแข็งน้อยกว่า Thordon XL (70 Shore D) มาก และอยู่ในระดับใกล้เคียงกับของแบริ่งยางที่มีทองเหลืองรองหลัง (75 Shore A) ประเด็นสำคัญที่ควรนำมาพิจารณาประกอบกันตรงนี้ก็คือ คำว่าการสึกมีความหมายครอบคลุมเพียงใดในการใช้งานจริงมิใช่มีเพียงแค่การสึกของแบริ่งเท่านั้น แต่การสึกของเพลาและปลอกเพลาก็มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนหรือมากกว่าเสียด้วยซ้ำไป เนื่องจากเพลาทำหน้าที่ส่งถ่ายกำลังขับเคลื่อนเรือ หากเพลาสึกกร่อนจนขนาดเล็กลงไปหรือมีตำหนิย่อมเสี่ยงต่อการชำรุดเสียหายและกระทบกับภารกิจของเรือทั้งลำ หรือในกรณีที่แบริ่งไม่สึกแต่เพลาสึกไปจนกระทั่งระยะห่างระหว่างแบริ่งกับเพลาเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ ค่าความดันบนแบริ่งก็จะตกลงเช่นเดียวกับระยะยกตัวของเพลา ส่งผลให้เกิดการเสียดสีกันในที่สุดก็เกิดความชำรุดเสียหายอยู่ดี ดังนั้นมาตรฐานทางทหาร (Military Standard) [8] จึงกำหนดให้มีการพิจารณาการสึกทั้งของแบริ่งและเพลาควบคู่กันไปที่เรียกว่า การสึกของระบบ

(System Wear) และมีผู้ผลิตเพียงรายเดียวที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้ [9] หลักปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับกันในการใช้งานแบริ่งก็คือ ผิวของเพลาหรือปลอกเพลาจะต้องมีความแข็งมากกว่าผิวของแบริ่งจึงจะต่อสู้กับสภาพน้ำที่มีสิ่งเจือปนได้ [4,7] ด้วยเหตุนี้เองทำให้จำเป็นต้องเลือกปลอกเพลาที่เข้ากันได้กับแบริ่งมาใช้งานไปพร้อมกัน ซึ่งสามารถหาดูได้จากผลการศึกษาหรือคู่มือการใช้งานที่ผู้ผลิตได้แนะนำเอาไว้ ตัวอย่างเช่น แม้ว่าปลอกทองเหลือง (Bronze Sleeve) จัดเป็นวัสดุที่นิยมใช้ทำปลอกเพลากับเรือทั่วไป แต่ผู้ผลิตไม่แนะนำให้ใช้กับแบริ่ง Thordon ทุกแบบในน้ำที่มีสิ่งเจือปนอย่างต่อเนื่องให้ใช้กับปลอกเพลาที่แข็งกว่า ยิ่งไปกว่านั้นสำหรับแบริ่งแบบ Thordon Composite แล้วผู้ผลิตแนะนำให้ใช้งานร่วมกับเพลาหรือปลอกเพลาที่มีความแข็งอย่างน้อย 40 Rockwell C [7] ลักษณะโดดเด่นอีกอย่างหนึ่งของแบริ่งในปัจจุบันก็คือ การมีร่อง (Groove) ตามแนวยาวอยู่โดยรอบ ทั้งนี้ ก็เพื่อเป็นการให้น้ำไหลผ่านง่ายและสิ่งเจือปนหลุดออกไปจากแบริ่งได้สะดวกตามที่แสดงในรูปที่ ๑๓ ที่เป็นข้อยกเว้นก็ได้แก่ แบริ่ง Thordon COMPAC ที่ไม่มีร่องที่บริเวณครึ่งล่าง (Lower Half) เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดปรากฏการณ์ Hydrodynamic Lubrication ได้ดีกว่าแบริ่งปกติที่มีร่องที่ความเร็วรอบต่ำดังที่เห็นในรูปที่ ๑๔ แต่ในทางกลับกันก็เสี่ยงต่อการที่สิ่งเจือปนเข้าไปติดอยู่ภายในแล้วระบายออกได้ยาก จึงเป็นเหตุให้ไม่แนะนำให้ใช้กับน้ำที่มักมีสิ่งเจือปนบริเวณชายฝั่งหรือแม่น้ำ

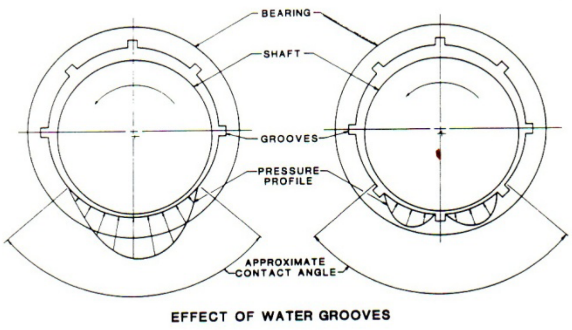
Bearing	**Equivalent Running Time (hrs)**	**Avg. Wear mm (in)**	**Wear Rate mm/hr (in/hr)**	**Wear Index**
Thordon Composite	450	.196(.0077)	4.4×10^{-4} (1.7×10^{-5})	.069
Thordon XL	187.3	4.75(.187)	2.5×10^{-2} (1×10^{-3})	3.98
Rubber/Brass	550.4	1.95(.077)	3.5×10^{-3} (1.4×10^{-4})	.56
Phenolic Laminate	8.6*	5.43(.214)	.63(.025)	100.0

ตารางที่ ๒



รูปที่ ๑๒

รูปที่ ๑๓

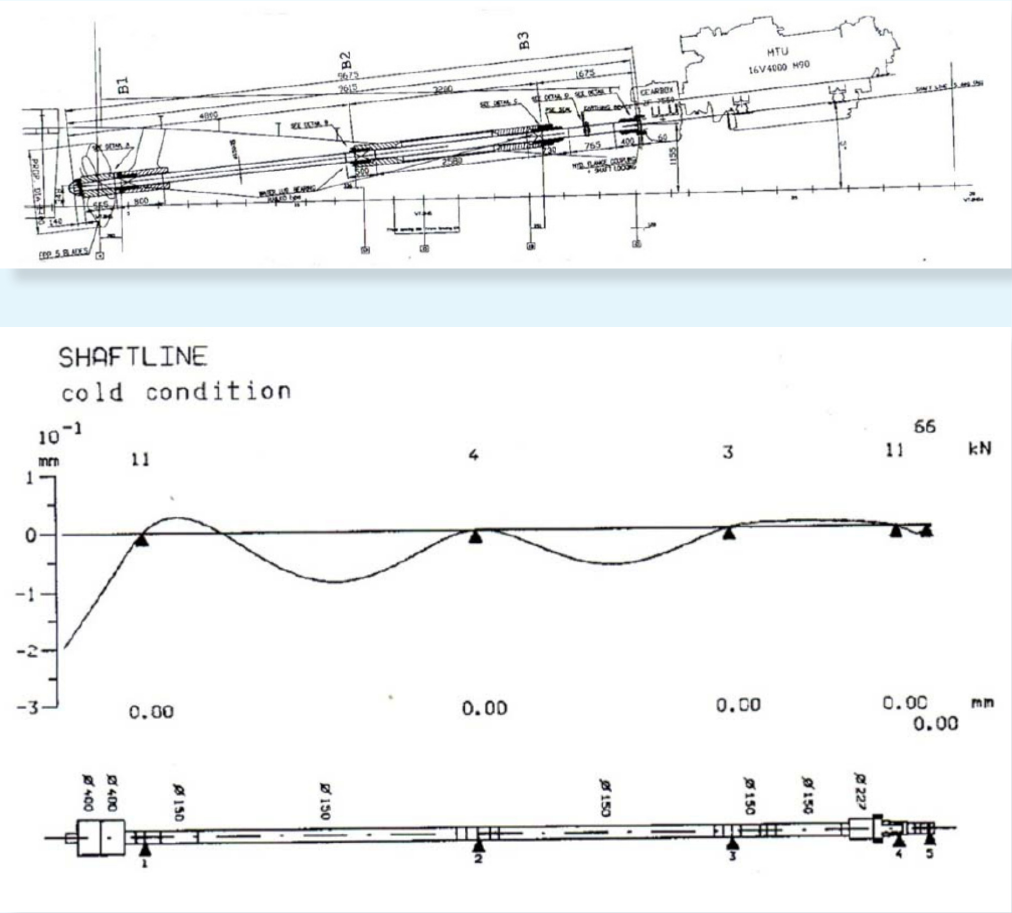


รูปที่ ๑๔

ผลพลอยได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถสะท้อนให้เห็นถึงประเด็น ในแง่ของการปฏิบัติที่น่าสนใจอีกหลายประการ เช่น การหมุนเพลาที่ผู้ผลิตแบริ่งไม่ว่าชนิดใดแนะนำให้มีการดำเนินการบ่อยครั้งหรือทุกสองวัน ก็เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงต่อความเสียหายของแบริ่ง และเพลาจากการเสียดสีโดยมีเพรียงเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยนั่นเอง หรือในเรื่องของการล็อกเพลาใบจักรไว้ไม่ให้หมุนเป็นเวลานานจะด้วยสาเหตุใดก็ตามแต่ ย่อมเพิ่มความเสี่ยงต่อการชำรุดเสียหายเนื่องจากสภาพของเพรียงที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำกลับมาใช้งานอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้น การเลือกติดตั้งเกียร์ประเภทที่ยอมให้เพลาใบจักรหมุนได้อย่างอิสระ เมื่อมีเพลาที่ไม่ได้ถูกใช้งานอยู่ในขณะที่นำเรือไปใช้งาน จึงเป็นสิ่งที่ช่วยยืดอายุการใช้งานของแบริ่งได้อย่างดี อย่างเช่น กรณีเกียร์ของชุดเรือ ต.๒๒๘ เป็นต้น

ผลกระทบจากการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นกับแบริ่งรับเพลาและระบบเพลา

เพื่อให้สามารถมองเห็นถึงผลกระทบ ที่อาจเกิดกับแบริ่งรับเพลาพร้อมทั้งระบบเพลาได้อย่างชัดเจน จึงขอนำเอาระบบเพลาใบจักรของชุดเรือ ต. ๙๙๔ ตามรูปที่ (๑๕) ซึ่งมีข้อมูลทางเทคนิคอยู่ครบถ้วนจากบริษัทผู้ออกแบบมาพิจารณา ระบบเพลานี้มีแบริ่งตัวที่ 1– 3 เป็นชนิดหล่อลื่นด้วยน้ำทะเลและแบริ่งตัวที่ 4–5 เป็นแบริ่งด้านท้ายและหัวของเกียร์ ตารางที่ (๓) เป็นการแสดงให้เห็นค่าแรงกระทำบนแบริ่งแต่ละตัว (Vertical Load) ของเพลาก่อนการใช้งาน (Cold Condition) โดยเพลาถูกจัดวางให้เป็นแนวเส้นตรง (Straight-Line Alignment) แต่เมื่อเพลาหมุนในขณะที่เรือปฏิบัติการ (Hot Condition) ผู้ผลิตเกียร์ให้ข้อมูลว่า แบริ่งหมายเลข 4 และ 5 ในรูปจะยกตัวขึ้น 0.32 mm อันเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการหมุนของเกียร์ ส่งผลให้ค่าแรงกระทำบนแบริ่งเป็นไปตามตารางที่ (๔) ซึ่งค่าแรงกระทำเหล่านี้ได้มาจากการนำระยะ 0.32 mm ไปคูณกับแถวนอนที่ 4 และ 5 ของตารางแสดงเลขอิทธิพลของแบริ่ง (Bearing Influence Numbers) ในตารางที่ (๕) หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ไปบวกรวมกับค่าแรงกระทำบนแบริ่งแต่ละตัวในตารางที่ (๓) [10] [11]



รูปที่ ๑๕

Bearing	1	2	3	4	5
Vertical offset (mm)	0	0	0	0	0
Vert shaft slope in bearing (mrad)	0.147	0.011	0.037	/	/
Vertical load (kN)	10.668	3.982	2.918	11.195	66.040

ตารางที่ ๓

Bearing	1	2	3	4	5
Vertical offset (mm)	0	0	0	0.32	0.32
Vert shaft slope in bearing (mrad)	0.171	-0.037	0.187	/	/
Vertical load (kN)	10.621	4.377	1.215	17.574	61.016

ตารางที่ ๔

BEARING INFLUENCE NUMBERS
****

	DISTANCE ******** [m]	BEARING 1 ********* [N/mm]	BEARING 2 ********* [N/mm]	BEARING 3 ********* [N/mm]	BEARING 4 ********* [N/mm]	BEARING 5 ********* [N/mm]
7 BEARING	0.950	154	-421	415	-403	256
13 BEARING	4.907	-421	1527	-2342	3378	-2141
19 BEARING	7.932	415	-2342	7249	-22906	17584
32 BEARING	9.914	-403	3378	-22906	108631	-88698
42 BEARING	10.276	256	-2141	17584	-88698	72999

ตารางที่ ๕

สมมติว่าเรือลำนี้ไปปฏิบัติการอยู่ในสภาพน้ำที่มีเม็ดทรายปนอยู่ และแบริ่งยางที่มีทองเหลืองรองหลังถูกเลือกมาใช้งานเพราะถือว่าสามารถทนต่อสภาพน้ำ ที่มีสิ่งเจือปนได้ดี อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ไปเป็นเวลานานในที่สุดเนื้อของแบริ่งตัวที่ 2 ซึ่งอยู่ที่ปลายด้านท้ายของกระบอกดีฟุต (Sterntube) ได้รับการเสียดสีและสึกลึกลงไป ๓ มิลลิเมตร ส่งผลให้แรงกระทำบนแบริ่งเปลี่ยนแปลงไปเป็นตามที่เห็นในตารางที่ (๖) จะเห็นว่าในกรณีนี้สามารถทำนายสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ที่จะเกิดขึ้นได้ ๓ จุดด้วยกัน กล่าวคือ จุดที่หนึ่งแรงกระทำที่แบริ่งด้านหัวและท้ายเกียร์มีความแตกต่างกันมากถึง 60 kN ซึ่งจะนำไปสู่อาการที่ฟันของเกียร์และพิเนียน (Pinion) ภายในเกียร์ขบกันไม่สนิท (Backlash) และในที่สุดก็ทำให้ฟันเกียร์แตกชำรุด [10] จุดที่สองที่แบริ่งด้านท้ายของกระบอกดีฟุตก็มีค่าเป็นลบแสดงว่า แบริ่งมิได้รองรับแรงของเพลาเลยและเพลาก็ขึ้นไปกดอยู่ที่ผิวด้านบนของแบริ่ง อาจเกิดการควงของเพลาและกระแทกกับแบริ่งได้ ถ้าเรือลำใดติดตั้งซีลเพลาเอาไว้โอกาสน้ำรั่วไหลเข้าเรือก็เป็นไปได้สูง จุดสุดท้ายอยู่ที่แบริ่งด้านหน้าของใบจักร ถ้าคำนวณหาค่าความดันบนแบริ่งจะได้ 0.264 N/mm^2 ซึ่งก็เข้าใกล้ค่าความดัน 0.275 N/mm^2 ที่แบริ่งถูกออกแบบมาให้ใช้งานแล้วและเมื่อใช้ต่อไปอีกไม่นานก็จะนำไปสู่การเสียหายได้อีกเช่นกัน หากจะเปลี่ยนไปใช้แบริ่งของอีกผู้ผลิตหนึ่งที่ยอมให้มีค่าความดันของแบริ่งสูงขึ้นกว่าแบริ่งเดิมก็ได้ แต่ก็จะสามารถทนต่อสภาพน้ำที่มีสิ่งเจือปนได้ไม่นานตามที่เห็นในรูปที่ ๑๒ และมีความยุ่งยากในการที่จะต้องเปลี่ยนปลอกเพลาใหม่ไปเป็นวัสดุอื่นนอกเหนือไปจากปลอกเพลาทองเหลืองที่คุ้นเคยกันดีตามมา

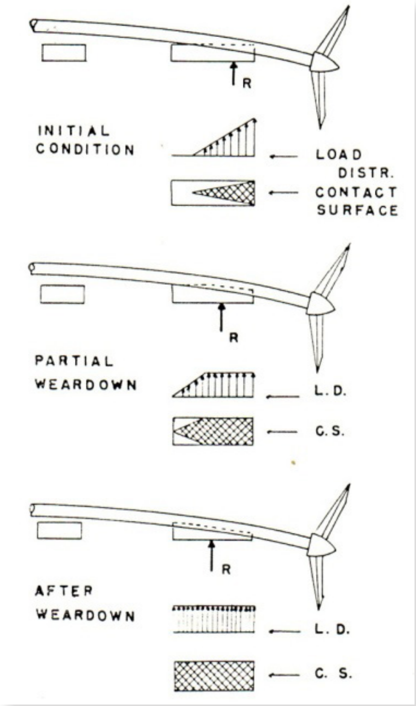
(หน่วยเป็น kN)	แบริ่งหมายเลข 1	แบริ่งหมายเลข 2	แบริ่งหมายเลข 3	แบริ่งหมายเลข 4	แบริ่งหมายเลข 5
แรงกระทำเดิม	10.621	4.377	1.215	17.574	61.016
แรงที่ปลี่ยนแปลง	-3*(-421)/1000	-3*1527/1000	-3*(-2342)/1000	-3*3378/1000	-3*(-2141)/1000
แรงกระทำใหม่	11.884	-0.204	8.241	7.44	67.44

ตารางที่ ๖

อีกกรณีหนึ่งที่น่าศึกษาก็คือ เกิดอะไรขึ้นถ้าหากโครงสร้างตัวเรือเกิดความเสียหายหรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม สมมติว่าจากการตัดเปลี่ยนโครงสร้างตัวเรือบริเวณท้ายเรือโดยขาดความระมัดระวัง ทำให้ตัวเรือบริเวณที่แบริ่งตัวที่ 3 (ซึ่งอยู่ในระดับใต้แนวน้ำ) ติดตั้งอยู่ถูกยกตัวขึ้นจากเดิมก่อนเรือเข้าซ่อมทำเป็นระยะ 2 mm แรงกระทำบนแบริ่งแต่ละตัวเปลี่ยนแปลงไปเป็นดังที่เห็นในตารางที่ (๗) สิ่งที่เป็นอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับระบบขับเคลื่อนของเรือก็คือ จุดที่หนึ่งแบริ่งด้านท้ายของเกียร์มีค่าแรงกระทำเป็นลบหรือไม่ได้รับแรงกระทำเลย ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าในทางปฏิบัติแล้วยอมให้เกิดเหตุการณ์เช่นนี้ไม่ได้เลย เพราะจะเป็นเหตุให้เกียร์ชำรุดเสียหายอย่างแน่นอน จุดที่สองแบริ่งตัวที่ 3 มีค่าความดันบนแบริ่งเท่ากับ 0.349 N/mm2 สูงกว่าค่าที่แบริ่งถูกออกแบบมา จุดที่สามแบริ่งตัวที่ 1 บริเวณหน้าใบจักรก็มีค่าความดันบนแบริ่ง 0.254 N/mm2 เข้าใกล้ค่าลิมิตที่ออกแบบมาแล้วเช่นกัน ยิ่งไปกว่านั้นจุดที่สี่แบริ่งตัวที่ 2 บริเวณด้านท้ายของกระบอกดีฟุตก็ไม่ได้รับแรงกระทำของเพลาเลย ตัวอย่างนี้เป็นการแสดงให้เห็นได้ชัดว่าการกำหนดศูนย์ของเพลาผิดหรือไม่ระมัดระวังในขณะที่เพลายังมิได้ทำงานที่อาจเกิดขึ้นจากการซ่อมทำตัวเรือ การติดตั้งอุปกรณ์ของหนักหรือการทำงานเชื่อมต่าง ๆ บริเวณด้านท้ายเรือหลังการหาศูนย์เพลาแล้วเสร็จ ซึ่งเป็นการฝืนข้อห้ามที่กำหนดเอาไว้ทั้งจากสมาคมจัดชั้นเรือและประสบการณ์ในอดีตที่ผ่านมาแล้ว [12][13] ถึงแม้ว่าตัวเลขความผิดพลาดอาจดูไม่สูงนักและยังสามารถติดตั้งเพลาให้เข้าที่ได้ แต่ในที่สุดก็จะนำไปสู่ปัญหาและความเสียหายต่ออุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนของเรือในขณะใช้งานในอนาคตได้ไม่อันใดก็อันหนึ่งเพียงแต่รอเวลาอยู่เท่านั้นเอง นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการยืนยันวิธีการในทางปฏิบัติที่ว่า หลังการติดตั้งเพลาบนเรือขณะที่เรืออยู่บนบกแล้ว ควรที่จะต้องตรวจสอบค่าแรงกระทำบนแบริ่งแต่ละตัวอีกครั้งด้วยวิธีทดสอบแรงบนแบริ่ง (Bearing Load Test) ในขณะที่เรือลงลอยน้ำว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ [14] (ในความเป็นจริงแล้วค่า Gap และ Sag ที่นิยมใช้กันนั้นมีความสัมพันธ์กับค่าแรงกระทำบนแบริ่งโดยตรงมิใช่เป็นแค่การกำหนดในลักษณะลองผิดลองถูกแต่อย่างใด)

(หน่วยเป็น kN)	แบริ่งหมายเลข 1	แบริ่งหมายเลข 2	แบริ่งหมายเลข 3	แบริ่งหมายเลข 4	แบริ่งหมายเลข 5
แรงกระทำเดิม	10.621	4.377	1.215	17.574	61.016
แรงที่ปลี่ยนแปลง	2*415/1000	2*(-2342)/1000	2*7249/1000	2*(-22906)/1000	2*17584/1000
แรงกระทำใหม่	11.451	-0.307	15.713	-28.238	96.184

ตารางที่ ๗



รูปที่ ๑๖

จากการศึกษาผลกระทบ จากแรงกระทำบนแบริ่งที่ผ่านมา ยังได้แสดงให้เห็นเพิ่มเติมอีกว่า เมื่อมีการติดตั้งแบริ่งเข้าไปใหม่นั้น แบริ่งที่สามารถก่อให้เกิดการกระจายการรับแรง อย่างสม่ำเสมอตลอดตามความยาวของเพลาได้รวดเร็วอย่างเช่น แบริ่งยางที่มีความนุ่มกว่าดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้แล้ว จะมีความได้เปรียบเนื่องจากจะไม่ไปทำให้แบริ่งตัวอื่น ต้องแบกภาระรับแรงไว้นานเกิน [15] ก่อนที่ตัวเองจะเริ่มทำงานรับแรงได้อย่างเต็มที่ เหมือนอย่างที่แสดงในรูปที่ (๑๖) จนทำให้แบริ่งตัวอื่นหรือเพลาชำรุดไปเสียก่อน

สรุป

การศึกษาแบริ่งรับเพลาชนิดที่หล่อลื่นด้วยน้ำ โดยใช้ความรู้ตามหลักวิศวกรรมต่อเรือและเครื่องกลเรือ ทำให้ทราบถึงขนาดของแรงกระทำที่เกิดขึ้นบนแบริ่งของระบบขับเคลื่อน ด้วยการพิจารณาให้ระบบเพลานับจากใบจักรไปจนถึงเกียร์ เปรียบเสมือนบีมที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการใช้ความรู้ทางสถิตยศาสตร์ เมื่อนำเอาผลที่ได้มาพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบริ่งในทางปฏิบัติ ทั้งพื้นที่การปฏิบัติงานของเรือ ความเหมาะสมของวัสดุที่ใช้ทำแบริ่งประกอบกับวัสดุที่ใช้ทำเพลาและปลอกเพลา และคุณสมบัติเฉพาะของระบบเพลาของเรือลำนั้น ๆ ทำให้สามารถวิเคราะห์และทำนายผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบขับเคลื่อนของเรือลำนั้นได้ การศึกษาในครั้งนี้พบว่าหากไม่มีความผิดปกติของอุปกรณ์ในระบบเพลา และไม่มีการผิดศูนย์เพลาที่กำหนดไว้ ปัญหามักเริ่มต้นจากที่แบริ่งรับเพลาก่อน แต่ผลสุดท้ายอาจจะไปปรากฏอยู่ที่ความเสียหายต่อเกียร์ เพลา ปลอกเพลา และซีลเพลานอกเหนือไปจากความเสียหายที่ตัวแบริ่งเองแล้ว นอกจากนั้นในการออกแบบหรือซ่อมทำเรือ ระบบเพลาใบจักรมักจะถูกพิจารณาแยกต่างหากไม่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างตัวเรือ แต่ความผิดพลาดในงานสร้างและซ่อมทำโครงสร้างตัวเรือจะส่งผลกับระบบเพลา และแบริ่งรับเพลาโดยตรงอย่างไรก็ตาม หากปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้องทางวิศวกรรมด้วยความระมัดระวังแล้ว ก็จะสามารถลดโอกาสการเกิดความเสียหายลงได้เป็นอย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

[1] Chu-Kia Wang, “Statically Indeterminate Structures,” Mcgraw-Hill, New York, 1952.

[2] William A. Nash, “Schaum’s Outline of Theory and Problems of Strength of Materials,” Mcgraw-Hill, New York, 1957.

[3] Seiji Yamajo and Fumitaka Kikkawa, “Development and Application of PTFE Compound Bearings,” Dynamic Positioning Conference, DP Design Session, 2004.

[4] M.H. Pollock and R. Haynes, “Developments in Water Lubricated Propeller Shaft Bearings”, Marine Engineering Digest, Vol. 3, No. 4, Jan. 1985.

[5] “Design Requirements for Main Propulsion Shafting,” UK Ministry of Defence, Defence Standard 02-304 Part 1, Aug. 2002.

[6] “Thordon: Engineering Manual,” Version E2006.1.

[7] “Thordon: Marine Bearing Installation Manual,” Version 2008.1.

[8] “Bearing Components, Bonded Synthetic Rubber, Water Lubricated,” Military Specification Mil-B-17901B (SH), Dec. 1990.

[9] “Technical Discussion: Propeller Shaft Bearings,” http://www.pacificmarine.net.

[10] Henry C. Anderson and J.J. Zrodowski, “Coordinated Alignment of Line Shaft, Propulsion Gear, and Turbines,” Trans. SNAME, Vol. 67, 1959.

[11] John B. Woodward, “Marine Shaft Alignment Calculations”, Sarah Jennings Press, Ann Arbor, 1984.

[12] “Guidance Notes on Propulsion Shafting Alignment,” American Bureau of Shipping, April 2006.

[13] V.M. Kozousek and P. Davies, “Analysis and Survey Procedures of Propulsion Systems: Shaft Alignment,” June 2000.

http://www.martv.com/TECHPAPERS/A11%20Papers/NavalArch/AnalysisA.pdf

[14] C.L. Long, “Propellers, Shafting, and Shafting System Vibration Analysis, Chapter x of Marine Engineering, SNAME, 1992.

[15] Lt.Jr. W.E. Lehr and Lt. E.L. Parker, “Considerations in the Design of Marine Propulsion Shaft Systems,” Trans. SNAME, Vol. 69, 1961.

นักเรียนช่างกรมอู่ฯ : การเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑

โดย : นาวาโทหญิง พรทิพย์ เฑียรกูล
รองผู้อำนวยการโรงเรียนช่าง กองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

“ในโลกของการทำงาน ต้องการคนทำงานที่มีทักษะการเรียนรู้และการทำงานที่สูงขึ้น และดียิ่งขึ้นกว่าเดิม และปัจจุบันนี้ มีสารสนเทศและความรู้มากมาย โดยอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ทรงพลัง ดังนั้น การเรียนรู้ที่บูรณาการกับการทำงาน จึงควรเป็นวิธีการจัดการทางด้านอาชีวศึกษา ที่เด็กรุ่นใหม่สนใจ ลำพังการไปโรงเรียนเพื่อรับการถ่ายทอดเนื้อหาวิชาแก่นักเรียน อาจไม่มีความจำเป็นมากเท่ากับแต่ก่อน ครูต้องสอนนักเรียนให้มีน้ำใจ และรู้จักแบ่งปันให้มากขึ้น ในโลกที่เต็มไปด้วยความแตกแยกและความขัดแย้งหากมนุษย์มัวแต่หาความสุขใส่ตนมากจนเกินกำลัง และพึ่งพาภายนอกมากเกินไป ก็จะทำให้มีการใช้ทรัพยากรเกินขีดจำกัดอย่างแน่นอน และยังผลให้ผู้อื่นไม่มีโอกาสใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การอาชีวศึกษาจึงควรปลูกฝังเรื่อง ความรู้จักพอ ความสุขจากภายใน และความปีติจากการให้ เพื่อทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษาในศตวรรษที่ ๒๑”

พระราชดำรัส
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ไม่ปิดกั้น... จุดพลิกผันของการศึกษา

จากปรัชญาการศึกษาที่งดงามที่สุดแห่งศตวรรษนี้ ซึ่งสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานไว้ ได้สื่อสะท้อนให้เห็นว่า แท้จริงแล้ว *"หัวใจ"* แห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ นั้น ไม่ได้สลักสำคัญที่การสอนเป็นหลัก หากแต่อยู่ที่กระบวนการเรียนรู้ ซึ่ง *"ครู"* จะต้องมีบทบาทและความสำคัญยิ่งกว่าเดิม เพราะต้องมีหน้าที่เป็น *"ผู้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้"* ให้แก่ศิษย์ มากกว่าการเป็นเพียงผู้สอนภายในห้องเรียนทั่ว ๆ ไป ครูจึงไม่จำเป็นต้องเน้นการสอน ให้ศิษย์จดจำเพียงความรู้ในตำราเพื่อให้สอบผ่านตอบคำถามตามหลักวิชาได้ เพราะในโลกของความเป็นจริงในสังคมที่ต้องใช้ชีวิต ไม่มีทฤษฎีใดเลยที่เป็นคำตอบตายตัว เราจึงไม่ควรเรียนสิ่งต่างๆ อย่างเป็นความรู้ตายตัวและเป็นความจำ เพราะการเรียนรู้ในทำนองนั้น ทำให้เราเป็นคนรู้อะไรมากๆ เท่านั้น แต่ไม่รู้ว่าอย่างไหนถูก อย่างไหนผิด คงไม่มีผู้ใดปฏิเสธว่า สังคมไทยทุกวันนี้ชอบสรุปเรื่องราวต่างๆ จากสิ่งที่คิดเอา นึกเอา โดยไม่ใช้สติสรุปจากเหตุ และผล ยึดเอาเฉพาะสิ่งที่ตรงใจ แต่ไม่ชอบแก้ไขให้ตรงจุด การแก้ไขปัญหา ยังคงมุ่งไปที่ตัวเด็กเพียงอย่างเดียว โดยไม่แก้ไขสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวเด็ก กระบวนการเรียนรู้ของเด็กไทยจึงยังคงหลงทาง และหาทางออกที่ถูกต้องไม่ได้เสียที

โรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ และผู้เกี่ยวข้อง คงจะต้องยอมรับความจริงว่า นักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือในปัจจุบันมิใช่นักเรียนที่เราเคยรู้จัก หรือที่เราเคยเห็นอีกต่อไปแล้ว เยาวชนเหล่านี้มีความคิด ความเชื่อ และค่านิยม ที่หล่อหลอมขึ้นจากกระแสโลกาภิวัตน์ และสังคมทุน ในช่วงรอยต่อแห่งการก้าวสู่ศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งโน้มน้าวให้เยาวชนเหล่านี้นิยมการรับและเสพข้อมูลดิจิทัล สนใจการสร้างกลุ่มที่มีความคิดแปลกแยก เพื่อแสดงอัตลักษณ์ และดึงดูดความสนใจจากสังคม มุ่งแสดงออกถึงตัวตนที่แท้จริงในชุมชนสังคมออนไลน์ รักในความรวดเร็วของข้อมูล นิยมชมชอบ และหลงใหลในสื่อเสมือนจริงมากกว่าธรรมชาติ ที่สำคัญคือ มีค่านิยมในความเป็นส่วนตัวมากกว่าความเป็นกลุ่มชุมชนและสังคม

การศึกษาที่ออกแบบให้เหมาะสมกับนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือในอดีตที่ผ่านมา ยังยึดโยงอยู่กับกระบวนทัศน์เดิมๆ ซึ่งมุ่งเน้นความรู้เฉพาะทางที่อยู่ในเนื้อหาทางวิชาการของวิชานั้นๆ มอบความรู้เป็นรายวิชา โดยไม่เน้นให้นักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือได้นำสาระทางวิชาการที่ได้เรียนรู้ไปปฏิบัติ เพื่อการพัฒนา เพื่อนำไปแสวงหา หรือเพื่อการค้นพบความรู้ใหม่ๆ เรียกว่า เป็นการเรียนรู้ที่จะดิ้นรนเพื่อมีชีวิตอยู่ แต่ไม่ได้เรียนรู้ชีวิตเลย เราเพิ่มเวลามากมายเข้าไปในชีวิตแทนที่จะเพิ่มชีวิตเข้าไปในเวลาที่เหลืออยู่ เช่นเดียวกับผู้คนส่วนใหญ่ในยุคสมัยนี้ที่ค่อยๆ ถอยห่างออกจากความสุขที่แท้ ซึ่งก็คือ ความสุขที่เรียบง่าย ไม่ต้องไขว่คว้าตะเกียกตะกายในสิ่งที่ยากหรือไกลเกินตัว เพราะหากพินิจพิเคราะห์ สิ่งที่ยากสิ่งที่ไกลนั้น ก็ไม่ได้มีความสำคัญกับชีวิตที่ต้องดำรงอยู่มากนัก แต่ภาพที่ฉายชัดอยู่ในสังคมไทย โดยเฉพาะในสังคมเมือง กลับเป็นสิ่งที่สวนทางกับความจริงข้อนี้ ซึ่งชีวิตในแต่ละวัน ล้วนเต็มไปด้วยความแตกแยก ความขัดแย้ง แก่งแย่งแข่งขันกัน ตะเกียกตะกายฝัน เพื่อผลักดันตนให้ก้าวไปสู่สิ่งที่มุ่งหวัง โดยไม่แยแสต่อความรู้สึกของผู้อื่น แน่นอนว่า เด็กๆ ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมเช่นนี้ ต้องซึมซับรับรู้ในสภาวการณ์ต่างๆ ไปด้วยเช่นกัน กระทั่งกลายเป็นการปลูกฝังความเห็นแก่ตัวไปโดยปริยาย กระบวนการเรียนรู้สำหรับเด็กในบางครั้งจึงต้องถอยห่างออกไปจากสังคมเมือง มุ่งสู่ *"พื้นที่ชีวิต"* ที่ยังมีชีวิตแท้ๆ ให้ได้สัมผัส และเรียนรู้ นั่นคือ ชีวิตที่เป็นรากเหง้า เป็นวิถีของคนไทยมาเนิ่นนาน แต่เพราะเราหลงลืมมันไป ซ้ำร้ายกลับให้ความสนใจไขว่คว้าในวัฒนธรรมใหม่ๆ แปลกๆ ที่ไม่ได้เหมาะกับเราเท่าใดนัก

ความสำคัญของช่างที่มีต่อกรมอู่ทหารเรือนั้น เปรียบเสมือนรากฝอยของต้นไม้ ที่งอกออกจากรอบโคนต้น แม้จะเล็กและมองไม่เห็นอยู่เหนือพื้นดิน หากแต่รากเล็กๆ นี้ ก็ช่วยพยุงค้ำชูไม้ใหญ่ให้ยืนต้นอยู่ได้อย่างแข็งแกร่งและมั่นคง การให้การศึกษาแก่เยาวชนช่างจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งยวด การย้อนมองกลับไปในอดีตที่หลายคนคิดว่า เก่าคร่ำ และล้าสมัย การเดินทางถอยหลังกลับไปเพื่อตั้งต้น จึงน่าจะเป็นปฐมบทแห่งการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนช่างฯ ในศตวรรษนี้

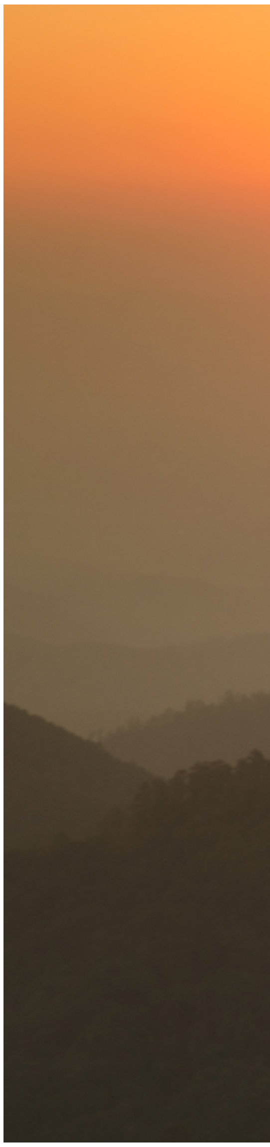
เมื่อมีความเข้าใจและตระหนักถึง ความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ จึงจำเป็นที่จะต้องปรับรูปแบบกระบวนการเรียนรู้ และเปลี่ยนกระบวนการคิด เพื่อให้นักเรียนช่างฯ สามารถเกิดการเรียนรู้จากข้างใน เนื่องจากทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ ๒๑ นั้นอยู่ที่ *"การคิดเองปฏิบัติเอง"* ดังนั้น การเดินทางเพื่อเรียนรู้ในห้องเรียนธรรมชาติ ที่มีเพียงชีวิตจริง และไร้ซึ่งฝาผนังปิดกั้นของคณะครูและนักเรียนโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือจึงเกิดขึ้นครั้งแล้วครั้งเล่า ซึ่งทุกครั้ง เมื่อการเดินทางได้เริ่มต้นขึ้น การเรียนรู้และประสบการณ์ใหม่ๆ ก็เริ่มต้นขึ้นด้วยเช่นกัน

ดังเช่น การเดินทางในช่วงปลายฤดูหนาวที่ผ่านเลย คณะครูและนักเรียนโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือรวมแล้ว กว่า ๓๐ ชีวิต ได้เดินทางมุ่งหน้าสู่ดินแดนทางเหนือ โดยมีจุดหมายปลายทางอยู่ที่ *"ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านทุ่งแก"* ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อจะสร้างเครื่องเล่นในสนามเด็กเล่น เสาธงชาติ มุ้งลวด ห้องน้ำ และเดินสายไฟ ให้แก่ศูนย์เด็กเล็กฯ ที่นั่น ซึ่งถือเป็นหนึ่งในมาตรฐานและตัวบ่งชี้ในการประกันคุณภาพการศึกษาของสถาบันการศึกษาของกองทัพ และสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) ที่กำหนดให้สถาบันการศึกษาต้องจัดให้ผู้เรียน มีโอกาสศึกษาดูงานในแหล่งการเรียนรู้นอกสถาบันที่หลากหลาย

เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ตรง ครอบคลุมองค์ความรู้ในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นหนึ่งในแนวทางในการจัดการศึกษาของโรงเรียนฯ มากว่า ๔ ปีแล้วว่า *"ที่ใดมีครูที่ใดมีนักเรียน ที่นั่นคือห้องเรียน"* กิจกรรมต่างๆ จึงเปรียบเสมือนบทเรียนต่างตำรา นอกกรอบสี่เหลี่ยมของห้องเรียน ที่มีพื้นดินเป็นกระดานดำ และกิ่งไม้เล็กๆ เป็นปากกา ที่มุ่งปลูกฝังให้เหล่านักเรียนช่างฯ มีความรู้จักพอ รู้จักซึมซับความปีติจากการให้ และมีความสุขจากภายในอย่างแท้จริง

สิ่งที่เรามองเห็นขึ้นอยู่กับสิ่งที่เรามองหา

St. Augustine เคยกล่าวไว้ *"โลกใบนี้เปรียบเหมือนหนังสือเล่มหนึ่ง และคนที่ไม่เคยเดินทางเลย ก็เปรียบเหมือนคนที่อ่านหนังสือเพียงหน้าเดียว"* ฉะนั้นเพื่อไม่ให้การเรียนรู้ต้องสิ้นสุด เช่นการอ่านหนังสือเพียงหน้าเดียว ครู และนักเรียน โรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ จึงไม่เคยหยุดการเดินทาง ซึ่งในการเดินทางสู่ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อการเดินทางล่วงผ่านไปร่วมสิบชั่วโมงเศษๆ ราวตีห้าของวันรุ่งขึ้น เราก็มาถึงอำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ ทุกคนลงจากรถ เพื่อยืดเส้นยืดสายคลายความเมื่อยล้าบ้าง ล้างหน้าล้างตา ก่อนเดินฝ่าสายลมหนาวไปชมตลาดเช้าอำเภอฮอดที่ตั้งอยู่ไม่ไกลนัก สินค้าที่วางขายอยู่ในตลาดแห่งนี้ ส่วนใหญ่เป็นพืชผลทางการเกษตร มีของสด ของแห้ง ข้าวปลาอาหาร ขนมหวาน เช่นเดียวกับตลาดสดทั่วๆ ไป แต่สิ่งที่ทำให้เรารู้สึกประทับใจ คืออัธยาศัยไมตรี ของบรรดาพ่อค้าแม่ขาย ที่มีความเป็นกันเองและยิ้มแย้มอยู่เสมอ ครั้นฟ้าสว่างดี เราจึงเดินกลับไปที่รถ แวะกินข้าวแกงแสนอร่อยที่ร้านป้าศรีนวลซึ่งตั้งอยู่ริมทาง แล้วจึงขนย้ายสัมภาระต่างๆ จากรถบัสของกรมการขนส่งทหารเรือไปยังรถสองแถวสีเหลืองสด รวม ๓ คัน ที่จอดรออยู่ก่อนแล้ว เพื่อเดินทางมุ่งหน้าสู่อำเภอแม่แจ่ม หรือที่คนท้องถิ่นมักเรียกขานกันในสำเนียงทางเหนือว่า *"เมืองแจ๋ม"* เมืองเล็กๆ ที่เงียบสงบ ซึ่งตั้งอยู่ท่ามกลางอ้อมกอดของธรรมชาติ และขุนเขาสลับซับซ้อน



รถสองแถวทั้ง ๓ คัน แล่นติดตามกันไปบนเส้นทางที่คดโค้ง ลัดเลาะไปตามเทือกภู เลียบเรื่อยไปตามริมฝั่งลำน้ำแม่แจ่มมุ่งสู่เมืองเล็กๆ ในหุบเขามีภูเขาน้อยใหญ่ล้อมรอบราวเป็นป้อมปราการปิดกั้นเมืองออกจากโลกภายนอก ประกอบกับการเดินทางที่แสนจะยากลำบาก ทั้งยังอดอยากขาดแคลน ในอดีตเมืองแห่งนี้จึงได้ชื่อว่า *"เมืองแจม"* (ภาษาลัวะ) ซึ่งแปลว่า เมืองที่มีแต่ความอดอยาก ขาดแคลน แต่ต่อมา ได้มีการเรียกชื่อเมืองเพี้ยนไปเป็น *"เมืองแจ๋ม"* และเรียกว่า *"แม่แจ่ม"* ในที่สุด หมายถึง เมืองแห่งความแจ่มใส

แม่แจ่มอยู่ห่างจากอำเภอฮอดราว ๖๗ กิโลเมตร แต่การเดินทางต้องใช้เวลาราวชั่วโมงครึ่งกว่าจะไปถึง จึงทำให้เรามีเวลามากพอสำหรับการชื่นชมทัศนียภาพสองข้างทางที่รถแล่นผ่านซึ่งรายล้อมไปด้วยป่าเขา และพื้นที่เกษตรกรรม ร่องรอยป่าถูกเผาด้วยน้ำมือมนุษย์ ยังมีให้เห็นอยู่จำนวนไม่น้อย และนี่ก็คือกำไรชีวิตเล็กๆ น้อยๆ ที่ได้จากการเดินทาง ทำให้ทุกคนต่างมีรอยยิ้มน้อยๆ ผุดพรายขึ้นมาบนดวงหน้า แม้ว่าต้องอดหลับอดนอนมาแทบตลอดทั้งคืน แต่เช้านี้สำหรับทุกคน ก็ไม่มีความแออัดจอแจของยวดยานบนท้องถนน ไม่มีความเร่งรีบ การแก่งแย่งแข่งขันกันของผู้คนหลากวัย หากแต่มีชีวิตที่กลับด้าน จากภาพที่คุ้นตาจนกลายเป็นความคุ้นชินเช่นทุกๆ วัน เพราะชาวบ้านในแถบถิ่นนี้ เขามีชีวิตที่เนิบช้า ตื่นเช้ามา ก็มาไร่นา ทำงานไปเรื่อยๆ เหนื่อยนักก็พักหน่อย พอตะวันคล้อยดวง ก็กลับบ้านไปอยู่พร้อมหน้าพร้อมตากันกับคนในครอบครัว และนี่คือ *"ความสุข"* ในอีกแง่มุมหนึ่ง ซึ่งหลายๆ คนได้จากการเดินทาง

รถสองแถวแล่นฝ่าสายลมหนาวไปบนเส้นทางที่คดโค้งผ่านหมู่บ้านต่างๆ ที่มีทั้งคนพื้นราบที่เรียกตัวเองว่า *“คนเมือง”* และพี่น้องชาวไทยภูเขา อันประกอบด้วย ลัวะ ปกาเกอะญอ (กะเหรี่ยง) และม้ง อาศัยอยู่ปะปนกัน กระทั่งเวลาล่วงเลยจนเกือบเก้าโมงเช้า เราจึงมาถึงที่ว่าการอำเภอแม่แจ่ม แวะซื้ออาหารสด อาหารแห้ง เพื่อใช้สำหรับประกอบอาหารตอนอยู่บนดอย และเปลี่ยนยานพาหนะกันอีกครั้ง เป็นรถปิกอัพ โฟร์วิล เพื่อเดินทางไปยังบ้านทับ ซึ่งเป็นหนึ่งในเจ็ดตำบลของอำเภอแม่แจ่ม ที่ตั้งอยู่ห่างจากตัวอำเภอ ราว ๒๐ กิโลเมตร แต่พื้นที่แห่งนี้ ต้องใช้เวลาเดินทางนานถึงชั่วโมงกว่าๆ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของตำบลบ้านทับ เป็นภูเขาสูง และลาดชันประมาณร้อยละ ๘๕ ของพื้นที่ทั้งหมด มีที่ราบหุบเขา และที่ราบเชิงเขา เป็นส่วนน้อย คิดเป็นร้อยละ ๑๕ ของพื้นที่เท่านั้น การเดินทางไปบนเส้นทางลูกรังที่ลาดชัน และต้องค่อยๆ ลัดเลาะไปตามไหล่เขา จึงต้องใช้เวลาในการเดินทางนาน และยากลำบากไม่น้อย

ครั้นถึงที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านทับ เราแวะเติมพลัง ด้วยการกินอาหารกลางวันกันก่อน จากนั้นจึงเดินทางต่อไปยังศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านทุ่งแกที่อยู่ห่างออกไปราว ๓๘ กิโลเมตรในทันที แต่ด้วยสภาพพื้นที่ที่ขรุขระเป็นดินลูกรังเสียส่วนใหญ่ เราจึงต้องใช้เวลาในการเดินทางเนิ่นนานถึงสองชั่วโมง หลายๆ คนที่ไม่เคยเดินทางมาที่นี่ ต่างก็รู้สึกแบบเดียวกันว่า นี่คือความยากลำบากที่สุดครั้งหนึ่งในชีวิต ไม่รู้ว่าเมื่อไหร่จะไปถึง แต่อีกหลายคนที่เคยมาแล้ว เมื่อช่วงต้นหนาวในคราวมามอบไออุ่นช่วยภัยหนาวร่วมกับรายการสถานีประชาชน องค์การกระจายเสียงและแพร่ภาพสาธารณะแห่งประเทศไทย หรือไทยพีบีเอส กลับไม่ได้รู้สึกยากลำบากอะไร ต่างคิดกันว่า อีกเดี๋ยวก็ถึง เพราะรู้จุดหมายปลายทางแล้วว่าอยู่ที่ไหน แล้วครูท่านหนึ่งก็พูดสำทับขึ้นว่า ความรู้สึกยากลำบาก ความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้า บางครั้ง มันก็มาจากจิตใจที่ท้อแท้ อ่อนแอของเราเอง เราอาจรู้สึกว่าสิ่งที่กำลังจะไปหานั้นอยู่ไกล เพราะเราไม่เคยไปที่นั่นมาก่อน เราจึงไม่รู้ว่าเมื่อไหร่จะไปถึง แต่ถ้าเราเคยไปแล้ว เรารู้จุดหมายปลายทางแล้ว เมื่อเราต้องเดินทางไปอีกครั้ง เราจะรู้สึกว่าที่นั่นอยู่ไม่ไกลเลย ที่สำคัญ หากจะเปรียบเทียบกับการทรงงานของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ตลอดพระชนม์ชีพได้เสด็จพระราชดำเนินไปทรงเยี่ยมเยียน และพระราชทานความช่วยเหลือแก่พสกนิกรในท้องถิ่นทุรกันดารต่างๆ ทั่วประเทศ ความลำบาก ความเหนื่อยยาก ในการเดินทางครั้งนี้ ก็เทียบไม่ได้เลยสักเศษเสี้ยวหนึ่งในความเหนื่อยยากและการตรากตรำพระวรกายของพระองค์ท่าน ผู้เป็นที่รักยิ่งของปวงชนชาวไทย ซึ่งเมื่อทุกคนได้ฟังเช่นนั้น และคิดตามต่างคลายความเมื่อยล้าลง ทั้งรู้สึกซาบซึ้งในพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเป็นล้นพ้น และมีความคิดดีๆ ในอีกแง่มุมหนึ่งว่า โชคดีแค่ไหนแล้ว ที่ครั้งหนึ่งในชีวิตได้มีโอกาสกระทำความดี ซึ่งเป็นเสมือนการก้าวเดินตามรอยพระยุคลบาทพ่อหลวงแห่งแผ่นดิน

ทุกสิ่งทุกอย่างนอกจากตัวเรา เป็นครู

กว่าจะเดินทางมาถึง ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านทุ่งแก ก็เป็นเวลาเกือบๆ บ่ายโมงครึ่งแล้ว ในวินาทีแรกที่ไปถึง ทุกคนต่างรู้สึกตื่นตา ตื่นใจว่า ทำไมจึงมีผู้คนมารวมตัวกันเยอะนัก โดยเฉพาะผู้หญิง และเด็กๆ ที่อยู่ในชุดชาวเขาชนเผ่าปกาเกอะญอ ซึ่งเมื่อพวกเขาเห็นผู้มาเยือน ต่างพากันดีใจ ทุกคนยิ้มด้วยความยินดี มาทราบภายหลังว่า ก่อนหน้านี้ ผู้นำชุมชน ซึ่งชาวบ้านเรียกกันว่า *"พ่อหลวง"* ประชาสัมพันธ์ให้ลูกบ้านรู้แล้วว่า คณะของโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือจะมาสร้างเครื่องเล่นในสนามเด็กเล่น เสาธงชาติ มุ้งลวด ห้องน้ำ อีกทั้งเดินสายไฟ พวกเขาดีใจที่จะมีใครมาทำอะไรดีๆ ให้ จึงมารอคอยอยู่ตั้งแต่เช้า และเตรียมพร้อมที่จะช่วยเหลือในสิ่งเล็กๆ น้อยๆ ที่พวกเขาพอจะทำได้ แสดงให้เห็นว่า พวกเขาไม่ได้รอคอยการช่วยเหลือจากคนอื่นเพียงอย่างเดียว แต่ยังพร้อมจะช่วยเหลือ และสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ต่อชุมชน ตลอดจนลูกหลานของพวกเขาด้วยน้ำพักน้ำแรง ด้วยสองมือของตนเอง

ความ รู้สึกในโหมด ตื่นตา ตื่นใจ ถูกปรับให้เข้าสู่โหมด ตื่นเต้น ตกใจ ในทันที ที่พวกเราบางคนได้เดินไปเห็นวัสดุก่อสร้าง และอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการสร้างห้องน้ำ ที่ได้สั่งซื้อไปล่วงหน้าว่ามีกองอยู่เพียงนิดเดียว ทุกคนมองหน้ากันเลิกลั่ก คล้ายมีคำถามจากดวงตา ในทำนองขอคำปรึกษา ขอความเห็นกันว่า เอาไงดี เกิดปัญหาใหญ่ขึ้นแล้ว เพราะว่าวัสดุอุปกรณ์ที่มีมาส่ง ล้วนเป็นสิ่งของที่ยังไม่ได้ใช้ ส่วนของที่ต้องการใช้ ล้วนแต่ยังไม่มาส่ง ทุกคนจึงนั่งล้อมวงกัน บรรดาครู ช่วยกันขบคิดหาวิธีแก้ไขปัญหา เด็กนักเรียนช่างบางคนที่ออกค่ายนี้เป็นครั้งแรก ต่างรู้สึกท้อแท้ ถอดใจ แล้วใครบางคนก็พูดขึ้นว่า กลับกันเถอะ เราสร้างห้องน้ำไม่เสร็จแน่ๆ ภายในระยะเวลา ๓ วัน ตามที่กำหนดไว้ เสียงพูดคุยออกความเห็นยังคงดำเนินไปอีกครู่ใหญ่ จนกระทั่ง ผู้อำนวยการกองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ซึ่งเป็นหัวหน้าคณะเดินทางที่ยืนดูอยู่ห่างๆ เดินเข้ามาร่วมวง พร้อมกับพูดขึ้นว่า ชีวิตไม่ได้ง่ายเหมือนที่เราเห็น แต่มันก็ไม่ได้ยากเหมือนที่เราคิดหรอก เข้าใจหรือยัง ว่าชีวิตในห้องเรียนกับชีวิตจริงนั้นต่างกันยังไง เด็กๆ ทุกคนยังคงเงียบ แล้วผู้อำนวยการฯ ก็พูดต่อไปว่า ชีวิตในห้องเรียนและชีวิตจริงแตกต่างกันตรงที่ .. ชีวิตในห้องเรียน เราได้รับการสอนบทเรียนก่อนทำแบบทดสอบ แต่ในชีวิตจริงนั้น เราจะได้ทำแบบทดสอบที่จะสอนบทเรียนให้กับเรา นี่คือกระบวนการเรียนรู้อย่างหนึ่ง ที่ทุกคน ทั้งครู และนักเรียน ได้เผชิญจริงๆ ต้องคิด ต้องแก้ปัญหากันจริงๆ ชีวิตจริง ไม่มีอะไรที่สมบูรณ์แบบ ไม่มีใครที่ไม่เคยเผชิญกับปัญหานอกจากคนที่ไม่เคยทำอะไรเลย แต่เมื่อเกิดปัญหาขึ้นแล้ว ก็ต้องไม่ตื่นตระหนก และจะต้องตั้งสติ ค่อยๆ หาทางออก ทุกอย่างมีทางออกเสมอ ผู้อำนวยการฯ พูดทิ้งท้ายไว้

ในที่สุด ทั้งครู และนักเรียนทุกคน ตลอดจนชาวบ้าน ก็ได้ร่วมกันปรับแผนการทำงานใหม่ โดยได้บทสรุปว่า จะทำงานในส่วนที่สามารถทำได้ไปก่อน เพื่อไม่ให้เวลาเสียไปโดยไร้ประโยชน์ ในส่วนของงานที่ยังไม่สามารถลงมือทำได้ ก็ให้ใช้เวลาที่มีอยู่เรียนรู้วิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของชาวบ้าน โดยมีเด็กสาวชาวปกาเกอะญอ วัย ๑๓ ปี ซึ่งมีชื่อว่า มีชิ แปลว่าเด็กผู้หญิงตัวเล็กๆ ผู้มีความใฝ่ฝันอยาก เป็นมัคคุเทศก์เป็นไกด์นำทาง ซึ่งหลังจากที่ทุกคนเดินชมบ้านทุ่งแกจนเย็นย่ำแล้ว ก็ได้ค้นพบและเรียนรู้ ถึงวิถีชีวิตอันเรียบง่ายของผู้คนที่นี่ พวกเขาต่างกินง่าย อยู่ง่าย ยังมีการปลูกข้าวไว้กินเอง ตำข้าวเอง ในอาณาบริเวณรอบๆ บ้าน ซึ่งไม่จำเป็นต้องใหญ่โต หรูหรา เพียงแค่ปลูกผัก เลี้ยงวัว เลี้ยงหมู ชีวิต ก็อยู่ได้ ผู้หญิงยังคงทอผ้าไว้ใช้เอง ส่วนเด็กๆ ต่างก็รักการเรียนกันมาก เพียงแค่ขาดโอกาสเท่านั้น ต้องเดินไปโรงเรียนวันละสามสี่กิโลฯ ทีเดียว จนกลายเป็นเรื่องปกติในชีวิตประจำวันไป ต่างจากเด็กๆ ส่วนใหญ่ในสังคมไทยทุกวันนี้ ที่แม้จะมีรถคันโตคอยรับส่งสะดวกสบาย ชีวิตรับผิดชอบเพียงอย่างเดียว เท่านั้น คือ การเรียน ผู้เป็นพ่อเป็นแม่ไม่เคยเรียกร้องสิ่งใดๆ จากลูก นอกจาก ขอให้ตั้งใจเรียน แต่ เด็กๆ เหล่านั้นกลับตั้งใจหนีเรียนกันได้ไม่เว้นแต่ละวัน ส่วนพวกผู้ชาย ซึ่งเป็นกำลังหลักของครอบครัว แต่ละคนตั้งใจทำมาหาเลี้ยงครอบครัวมาก ทุกๆ วัน แม้ไม่มีเสียงนาฬิกาปลุก ก็รีบลุกจากที่นอนไป ทำงานกันตั้งแต่เช้าตรู่ กระทั่งในตอนเย็นย่ำ จึงเป็นช่วงเวลาของครอบครัว ที่ทุกๆ คนในบ้าน จะได้อยู่ พร้อมหน้าพร้อมตากัน และกินข้าวร่วมกัน ด้วยการนั่งล้อมวงกินข้าวจากถาดใบเดียวกัน นับเป็นสายใย และความสัมพันธ์ ที่คนกรุงเทพฯ ทั้งหลาย หลงลืมไปเกือบหมดแล้ว ว่าครั้งสุดท้าย ที่แต่ละครอบครัว ร่วมวงกินข้าวพร้อมหน้าพร้อมตากันนั้น เกิดขึ้นเมื่อไหร่ โดยภายในถาดใบใหญ่ มีถ้วยใส่กับข้าวไว้ สองสามอย่าง วางอยู่ตรงกลาง รอบๆ ก็มีข้าวสวยวางไว้เป็นกองๆ เท่ากับจำนวนสมาชิกภายในบ้าน ระหว่างที่กินข้าวก็มีการถามถึงสารทุกข์สุขดิบกัน อบรมสั่งสอนลูกๆ หลานๆ ให้ตั้งใจเรียน ให้ตั้งใจ ทำงาน และเป็นคนดี และนี่ก็คือปรัชญาการกินข้าวร่วมกันเป็นวงในถาดใบเดียวกันของคนที่นี่

งานอื่นๆ ที่พวกเราตั้งใจมาทำล้วนดำเนินไปอย่างราบรื่น สำหรับงานสร้างห้องน้ำนั้น ทุกคนได้ช่วยกันปรับพื้นที่ ตีเส้น วางแนวท่อ ขุดดินฝังบ่อเกรอะ และบ่อซึม ขณะที่ผู้หญิงและเด็กๆ บ้านทุ่งแก ดูเหมือนว่า ตลอดเวลาที่ทุกคนทำงานกัน พวกเขาก็อยากจะช่วยด้วย แต่ไม่รู้ว่าจะทำอะไร และอย่างไร เพราะงานที่พวกเขาถนัดเป็นงานไม้ ไม่ใช่งานปูน แรกๆ จึงได้แต่ยืนดู ก่อนจะเข้ามาสังเกตการณ์อยู่ใกล้ๆ แสดงให้เห็นว่า พวกเขามีความสนใจ อยากจะเรียนรู้ อยากจะช่วยเหลือจริงๆ และนี่ก็คือ ความงดงามในจิตใจอย่างหนึ่งของพวกเขา

เป็นอันว่า การสร้างห้องน้ำในวันแรกผ่านไปอย่างเรียบร้อย แต่ไม่ราบรื่นเท่าใดนัก ถึงกระนั้นเด็กๆ ก็ได้เรียนรู้ ถึงการรับมือกับปัญหาและแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นประสบการณ์จริงที่เกิดขึ้น ไม่ใช่สิ่งสมมุติ และหลังจากการติดต่อประสานงานกับร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้างแล้วก็ได้รับการบอกกล่าวว่า วัสดุอุปกรณ์ก่อสร้างต่างๆ ในส่วนที่เหลือจะถูกทยอยนำมาส่งในเช้าวันรุ่งขึ้น แต่เอาเข้าจริงกว่าของจะมาถึง เวลาก็ล่วงผ่านไปจนเกือบห้าโมงเย็น เพราะด้วยสภาพเส้นทางที่ลาดชัน และน้ำหนักของวัสดุอุปกรณ์ ทำให้ต้องใช้เวลาในการขนส่งนานถึง ๖ ชั่วโมง แล้วก็ปรากฏว่า สิ่งของที่มาส่งก็ยังไม่ครบอยู่ดี ทราย และอิฐบล็อก ที่นำมาส่งในเที่ยวนี้ยังคงมีจำนวนไม่พออีก ชาวบ้าน ครู และนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือเลยตัดสินใจร่วมกัน จะไปช่วยกันขนทรายมาจากลำห้วยแม่ลอง ที่มีระยะทางห่างออกไปถึง ๗ กิโลเมตร ส่วนอิฐบล็อก ก็เอามาจากของที่เหลือจากบ้านของชาวบ้านบ้าง จากโรงเรียนบ้านทุ่งแกบ้าง กว่างานวางเสาเทคาน และเทพื้น จะสามารถทำได้ ก็เป็นเวลาเย็นย่ำพอดิบพอดี ทุกคนตั้งใจว่า จะช่วยกันทำงานไปจนถึงดึกดื่น แต่มีปัญหาเรื่องไฟฟ้า เนื่องจากที่นี่อยู่ระหว่างการวางสายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จึงต้องใช้ไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งจ่ายกระแสไฟได้ในปริมาณและระยะเวลาที่จำกัด

ครั้นเช้าวันรุ่งขึ้น ปรากฏว่าไฟจากแผงโซลาร์เซลล์หมด แถมสภาพอากาศยังมีลักษณะคล้ายพายุจะเข้า ท้องฟ้ามืดครึ้ม ไม่สามารถผลิตไฟจากแผงโซลาร์เซลล์ได้อีก จึงจำเป็นต้องทำการก่ออิฐบล็อกสร้างผนังห้องน้ำไปเกือบครึ่งวัน ซึ่งในแต่ละวันของการทำงาน ทุกๆ เช้า สาวๆ กลุ่มหนึ่งจะมายืนคอยบริเวณที่มีการทำงาน เพื่อจะดูว่า มีอะไรที่พวกเธอพอช่วยเหลือได้บ้าง กล่าวได้ว่า ความมีน้ำใจของผู้คนที่นี่ คือสิ่งที่มีให้เห็นกันอยู่ทุกเมื่อเชื่อวัน แม้กระทั่งคนเฒ่าคนแก่บางคนก็แอบเอาข้าวสาร พืชผักต่างๆ เท่าที่พวกเขามีอยู่มาให้กับแม่ครัว เพื่อทำเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงทุกคน เพราะกลัวว่า ทุกคนจะเกรงใจและไม่รับสิ่งของเหล่านี้จากพวกเขา ทุกคนจึงรู้สึกว่า แทนที่เราจะมาเป็นผู้ให้กับพวกเขา เรากลับเป็นเสมือนผู้รับเสียมากกว่า เพราะเราได้เรียนรู้อะไรตั้งมากมายจากชุมชนเล็กๆ บนดอยสูงแห่งนี้

ความทรงจำดี ๆ ที่บ้านทับ

การมาเยือนชุมชนบ้านทุ่งแกแห่งบ้านทับทำ ให้เรานึกถึงคำพูดของใครคนหนึ่ง ที่ว่า *"บอกฉันฉันจะลืม สอนฉัน ฉันจะจำ แต่ถ้าให้ฉันได้ทำ ฉันจะเรียนรู้"* เช่นเดียวกับกระบวนการเรียนรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่นี่ ซึ่งมีมากกว่าตำราเล่มโตหลายเท่านัก เพราะเป็นการเรียนรู้ ที่ไม่ได้สอนให้จดจำ แต่สอนให้ทุกคนได้ทำความเข้าใจกับชีวิต และได้สัมผัสชีวิตแท้ๆ ซึ่งเป็นชีวิตที่เรียบง่ายและมีความสุข ไม่มีอะไรสลับซับซ้อนในการดำเนินชีวิต แม้ไม่มีสิ่งอำนวยความสะดวกใดๆ แต่ทุกๆ ชีวิตก็ยังคงดำเนินไป โดยไม่เคยดิ้นรนไขว่คว้าในสิ่งของเหล่านั้น เรียกว่าเป็นการใช้ชีวิตที่มีความสุขบนความขัดสนของวัตถุ เชื่อว่า ทุกๆ อย่างที่นี่ คงทำให้ทุกคนนึกถึงวิถีชีวิตไทยๆ เมื่อครั้งอดีต ที่ไม่ค่อยมีให้เห็นแล้ว ในยุคที่รากเหง้าความเป็นไทยแทบจะถูกขุดรากถอนโคนจนสิ้นซาก

การถอยห่างออกจากสังคมเมืองไปสู่พื้นที่ชีวิต ซึ่งมีชีวิตแท้ๆ ให้ได้เรียนรู้ของโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ จึงไม่ได้เป็นเพียงการนำพาเด็กๆ มาเพื่อมองเห็นชีวิต แต่เป็นการเรียนรู้ ทำความเข้าใจกับชีวิต ความรู้จักพอ ความสุขจากภายใน และความปีติจากการให้ ตามปรัชญาการศึกษาของโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ ที่ว่า *“รู้จริงการทำงาน สร้างภูมิต้านทานชีวิต เสริมจิตอาสา”* ซึ่งแม้การเดินทางมาเยือนบ้านทับในครั้งนี้ การทำงานที่ต้องแข่งขันกับเวลา อาจทำให้หลายๆ คนรู้สึกเหน็ดเหนื่อย แต่พวกเขาก็ไม่เคยท้อ ครูเองก็ได้เรียนรู้ว่า เด็กๆ ทุกคนล้วนมีดี ครูต้องหาวิธี ค้นหาดีในตัวเด็กให้พบ ส่วนนักเรียนช่างฯ ก็ได้เรียนรู้ว่า ทุกวิชาเรียนไปได้ประโยชน์ทั้งนั้น การตัดสินใจถูกต้องในแต่ละครั้งนั้น เราไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเป็นเพราะเราเรียนวิชาไหนมาก สำหรับความทุกข์ต่างๆ ที่ผ่านเข้ามาในชีวิต ก็เป็นเหมือนกับตะไบและกระดาษทราย ที่จะทำหน้าที่ช่วยขัดเกลาให้ชีวิตละเอียดและงดงามขึ้น ขณะเดียวกันทุกคนก็รู้สึกประทับใจในวิถีชีวิต ซาบซึ้งในมิตรไมตรี ที่พี่น้องชาวปกาเกอะญอแห่งบ้านทับได้หยิบยื่นให้

ครั้นตีสี่ของวันรุ่งขึ้น ซึ่งเป็นวันเดินทางลงจากดอยและกลับกรุงเทพฯ ครูที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กๆ และชาวบ้านได้นำเอาย่ามลายพื้นเมืองที่ถักทอด้วยฝีมือของตนเองมามอบให้กับทุกคน พร้อมไข่ต้ม เพื่อให้กินรองท้องระหว่างทาง สิ่งของเหล่านี้ไม่ได้มีราคาค่างวดนัก หากจะวัดกันที่ตัวเงิน แต่สิ่งของเล็กๆ น้อยๆ นี้ มีคุณค่าทางจิตใจมาก ทุกคนรู้สึกซาบซึ้งในน้ำใจของชาวบ้าน ในวันที่ทุกคนจะต้องเดินทางกลับ ทุกคนต่างให้สัญญากับชาวบ้านว่า จะกลับมาช่วยแก้ไข ปรับปรุงในส่วนอื่นๆ ให้ดีขึ้นด้วย อย่างเช่นบ่อน้ำผุดที่ชาวบ้านใช้ดื่มกินอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีสภาพเก่าและไม่ถูกสุขลักษณะเท่าใดนัก พร้อมทั้งจะพยายามช่วยเหลือและพัฒนาบ้านทับในด้านอื่นๆ ร่วมกันต่อไป เพื่อให้บ้านทับเป็นชุมชนที่เข้มแข็งมากพอ ที่ลัทธิใดๆ จะไม่สามารถแทรกแซง หรือใครเข้ามาทำร้ายชีวิตและความสุขอันเรียบง่ายของพวกเขาได้

อย่างไรก็ตาม นอกจากการเดินทางเพื่อเรียนรู้ในครั้งนี้ แล้วยังมีกิจกรรมที่ช่วยสร้างทักษะต่างๆ ให้แก่คณะครูและนักเรียนโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรืออีกมากมาย เช่น การไปทำฝายเก็บกักน้ำที่บ้านต่อเรือ และฝายชะลอน้ำที่อุทยานแห่งชาติออบหลวง การดำนาปลูกข้าวที่มูลนิธิกสิกรรมธรรมชาติมาบเอื้อง การไปฝึกตีมีดกับชาวบ้านที่หมู่บ้านอรัญญิก หรือการไปทดสอบกำลังใจและฝึกความอดทนที่แผนกรบพิเศษ หน่วยบัญชาการนาวิกโยธิน เป็นต้น ซึ่งทุกกิจกรรมล้วนเป็นการเรียนรู้ที่เหล่านักเรียนช่างฯ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนรู้สึกมีความสุขและประทับใจ...

10
65
70
722

“เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า” นวัตกรรมแห่งการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย

โดย : นาวาเอก อานนท์ พงษ์ทองเจริญ

รองผู้อำนวยการกองแผนและประมาณการช่าง อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ

มหาอุทกภัย ปี ๒๕๕๔ จุดกำเนิดแนวคิดนวัตกรรมเพื่อการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย

ช่วงปลายเดือนมิถุนายน – พฤศจิกายน ๒๕๕๔ ประเทศไทยประสบมหาอุทกภัยครั้งรุนแรงที่สุดในประวัติศาสตร์ จังหวัดในลุ่มน้ำภาคกลางจมน้ำกันถ้วนหน้า มวลน้ำมหาศาลกลายเป็นสึนามิน้ำจืดที่น่ากลัว รวมพื้นที่ถูกน้ำท่วม ๖๕ จังหวัด มูลค่าความเสียหายถึง ๑.๔ ล้านล้านบาท ซึ่งถือเป็นความเสียหายจากภัยธรรมชาติอันดับ ๔ ของโลก ในครั้งนั้นภาครัฐและเอกชนทุกภาคส่วน ได้ระดมสรรพกำลังอย่างเต็มความสามารถเข้าช่วยเหลือพี่น้องร่วมชาติที่ประสบอุทกภัย การอพยพผู้ประสบภัยออกจากพื้นที่ไปยังศูนย์พักพิงเป็นไปด้วยความยากลำบาก ถุงยังชีพจำนวนมากมายมหาศาลถูกนำเข้าไปแจกจ่ายให้กับประชาชนในพื้นที่ประสบอุทกภัยเพื่อบรรเทาความเดือดร้อน ทั้งนี้จากการลงพื้นที่เพื่อให้การช่วยเหลือประชาชน ได้พบว่าปัญหาความเดือดร้อนที่สำคัญที่สุดของผู้ประสบอุทกภัยคือการไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ เนื่องจากการตัดกระแสไฟฟ้าในพื้นที่น้ำท่วมเพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และประชาชน ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ การใช้เครื่องผลิตกระแสไฟ (เครื่องปั่นไฟ) ที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง มีปัญหาในเรื่องของการจัดหาและขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าสู่พื้นที่ประสบอุทกภัย

จากปัญหาการไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ ในพื้นที่ประสบอุทกภัยข้างต้น คณะทำงานของกองโรงงานไฟฟ้า อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ จึงได้ประชุม ปรึกษา หารือ เพื่อคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อความสะดวกในการนำเข้าไปใช้ในพื้นที่ประสบอุทกภัย และช่วยยกระดับจิตสำนึกในการประหยัดพลังงานมาอีกทางหนึ่งด้วย

จาก "กังหันลม ผลิตกระแสไฟฟ้า" มาเป็น "เครื่องออกกำลังกาย ผลิตกระแสไฟฟ้า"

จาก "กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า" มาเป็น "เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"

ก่อนหน้าที่จะเกิดมหาอุทกภัยเมื่อปี ๒๕๕๔ กองโรงงานไฟฟ้า อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ประสบผลสำเร็จในการผลิตและติดตั้งกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า *"พอเพียง หมายเลข ๑"* เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในพื้นที่โครงการเศรษฐกิจพอเพียงของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ โดยความร่วมมือของพลังงานจังหวัดสมุทรปราการ และองค์การบริหารส่วนตำบลแหลมฟ้าผ่า และมีการผลิตและติดตั้งเครื่องออกกำลังกายกลางแจ้งในพื้นที่ของกองโรงงานไฟฟ้า อู่ทหารเรือพระจุลจอมกล้า กรมอู่ทหารเรือ โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก สำนักงานโครงการสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของกองทัพไทยไว้เรียบร้อยแล้ว คณะทำงานจึงได้เกิดแนวคิดที่จะนำเครื่องออกกำลังกายมาผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้า มาผนวกรวมกับเครื่องออกกำลังกายเพื่อจัดทำเป็น *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"*

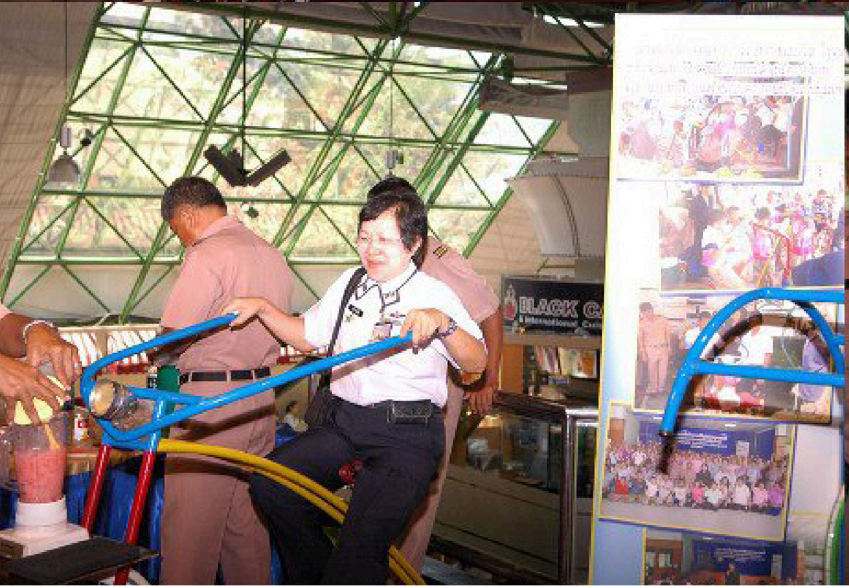
ด้วยความทุ่มเทของคณะทำงาน ประกอบกับความรู้ ความชำนาญ ในเชิงช่างของกำลังพลสังกัดกองโรงงานไฟฟ้า อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ทำให้ *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าต้นแบบ"* เป็นรูปเป็นร่างและเสร็จสิ้นอย่างรวดเร็ว โดยเป็นเครื่องออกกำลังกายแบบแขนโยก – เท้าเหยียบ มีสายพานพ่วงต่อไปยังชุดผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กตามแนวแกนแบบแผ่นจานเดียว ซึ่งทุกครั้งที่มีการโยก หรือ เหยียบ โรเตอร์ของชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจะถูกหมุนให้ตัดผ่าน สเตเตอร์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้านำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

จัดแสดงร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

นำออกแสดงต่อสาธารณชน ได้รับความสนใจท่วมท้น

เมื่อการผลิต *“เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า”* เสร็จสิ้น พลโท แพทย์หญิง กมลพร สวนสมจิตร ผู้จัดการสำนักงานโครงการสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของกองทัพไทย ผู้สนับสนุนงบประมาณในการคิดค้น ได้ขอให้ อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ นำเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าไปจัดแสดงในงานจัดแสดงนิทรรศการของสำนักโครงการสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของกองทัพไทยในระดับประเทศหลายครั้ง อีกทั้งยังได้รับเชิญจากหน่วยงานต่าง ๆ ให้นำนวัตกรรมใหม่นี้ไปจัดแสดงในงานและการจัดนิทรรศการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และการรักษาสุขภาพอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ทุกครั้งที่นำ *“เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า”* ไปจัดแสดง จะได้รับความสนใจจากผู้เข้าชมนิทรรศการอย่างท่วมท้นทุกครั้ง

อู่
พระ



ทุกสถานการณ์

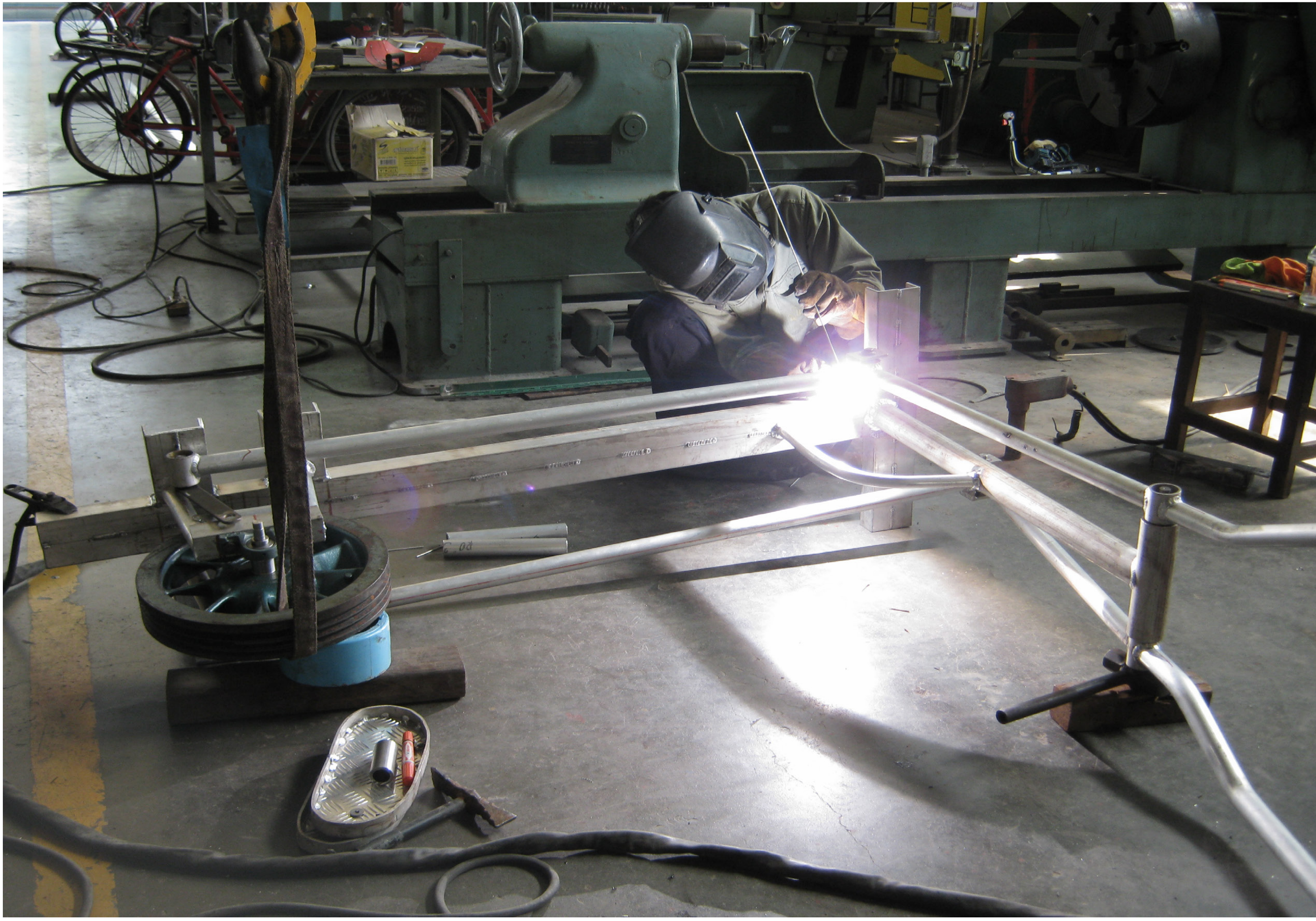
จัดแสดงร่วมกับ คลื่นสีเขียว (Green Wave) ของ GMM GRAMMY ณ สวนลุมพินี

ทหารบกขอซื้อจะนำไปติดตั้งในค่ายทหารบนภูเขา

ในการนำ *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"* ไปจัดแสดงที่หอประชุมกองทัพอากาศ ในการจัดนิทรรศการของสำนักงานโครงการสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของกองทัพไทย มีนายทหารบกยศ *"พันเอก"* ท่านหนึ่งได้เข้าชมนิทรรศการและทดลองใช้ *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"* ด้วยความสนใจเป็นอย่างยิ่ง โดยพันเอกท่านนี้ได้ยื่นความประสงค์ที่จะขอซื้อ *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"* เพื่อนำไปติดตั้งในการไปออกค่ายฝึกตามสถานที่ทุรกันดารซึ่งยังไม่มีกระแสไฟฟ้าใช้ แต่เนื่องจาก *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"* ที่นำไปจัดแสดงเป็นเครื่องต้นแบบจึงไม่สามารถจำหน่ายให้ได้ แต่คณะทำงานยินดีที่จะถ่ายทอดความรู้ให้กับหน่วยงานที่สนใจในการผลิตเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าโดยไม่มีสิทธิบัตร ในปัจจุบันมีนายตำรวจตระเวนชายแดนยศระดับผู้กำกับฯ กำลังติดต่อประสานงานขอให้ช่วยสร้างอีกเช่นกัน

สองพี่น้องขอซื้อ นำไปใช้กับเครื่องช่วยหายใจให้คุณพ่อ

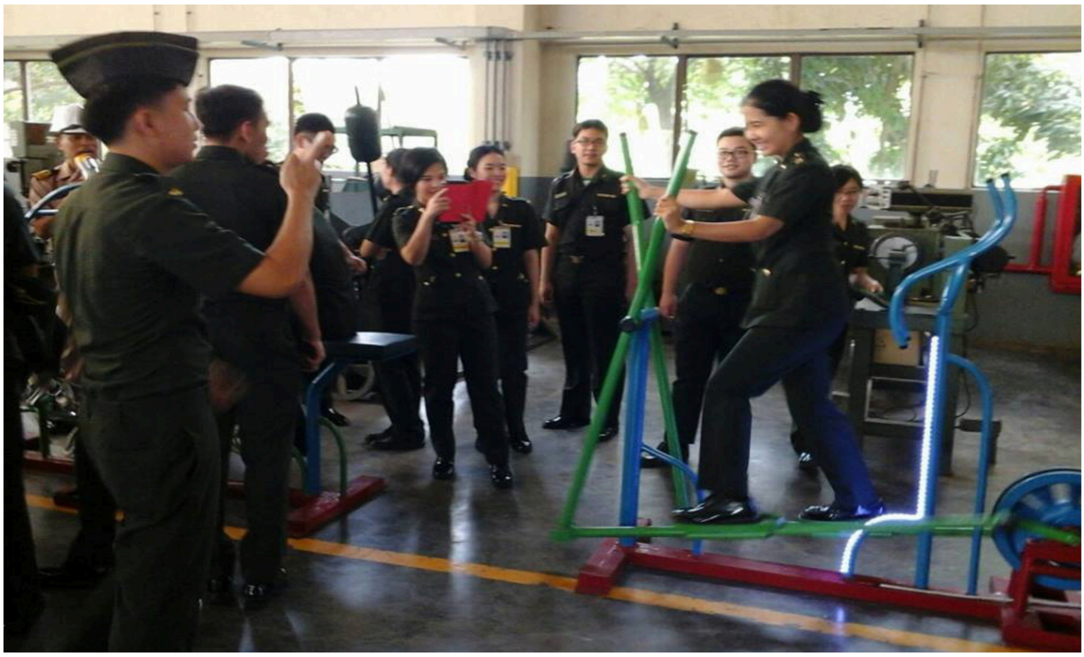
การนำ *"เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า"* ไปจัดแสดง ณ สถานที่ต่าง ๆ นอกจากจะเป็นการเผยแพร่ชื่อเสียงของกองทัพเรือ กรมอู่ทหารเรือ และอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือแล้ว คณะทำงานยังได้รับประสบการณ์ และได้พบกับเหตุการณ์ที่น่าสนใจ เช่น ครั้งหนึ่งของการจัดแสดงมีสุภาพสตรี ๒ ท่าน เข้ามาทดลองใช้เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยความสนใจเป็นอย่างมาก และขอซื้อเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า แต่คณะทำงานไม่สามารถจำหน่ายให้ได้เพราะเป็นเครื่องต้นแบบ สุภาพสตรี ๒ ท่านนั้นได้ขอร้องและอ้อนวอนต่อคณะทำงานว่าท่านจะนำเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้านี้ไปเตรียมไว้ที่บ้านเพื่อใช้กับเครื่องช่วยหายใจของคุณพ่อที่พักรักษาตัวอยู่ที่บ้าน เธอเล่าว่าตอนที่เกิดมหาอุทกภัยเมื่อปี ๒๕๕๔ ไฟฟ้าถูกตัด เธอและพี่น้องต้องใช้แบตเตอรี่ไปใช้กับเครื่องช่วยหายใจของคุณพ่อซึ่งไม่สะดวกเป็นอย่างยิ่ง หลายครั้งที่ไฟจากการไฟฟ้าดับชีวิตคุณพ่อของเธอจึงเหมือนกับแขวนอยู่บนเส้นด้าย ถ้าได้เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าไปใช้ เธอและพี่น้องยินดีที่จะผลัดกันปั่นไฟตลอดเวลา แต่เมื่อคณะทำงานยืนยันว่าไม่สามารถจำหน่ายเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าให้ท่านได้ สุภาพสตรีทั้ง ๒ ท่านถึงกับน้ำตาคลอและบอกกับคณะทำงานอย่างมีความหวังว่า หากมีการผลิตและจำหน่ายเมื่อใดขอให้แจ้งกับเธอเป็นรายแรก



ผลิตให้มีน้ำหนักเบาและถอดประกอบง่าย

พัฒนา ปรับปรุง ให้เหมาะสมกับการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย

การนำเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า ไปแสดง ณ สถานที่ต่าง ๆ นั้น คณะทำงานได้รับฟังความคิดเห็นของผู้เข้าเยี่ยมชมและทดลองใช้มาโดยตลอด ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้รับมาพัฒนา ปรับปรุง เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย ซึ่งคณะทำงานได้ทำการพัฒนา ปรับปรุง เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า โดยปรับเปลี่ยนตัวเครื่องให้มีน้ำหนักเบา ที่แต่เดิมทำจากเหล็กมาทำด้วยอะลูมิเนียม รวมทั้งออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ง่าย หรือ แบบน็อกดาวน์ โดยเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้รับการพัฒนา ปรับปรุง รุ่นใหม่นี้ได้รับการตอบรับจากผู้เยี่ยมชมและผู้ทดลองใช้เป็นอย่างดี



คณะนักเรียนแพทย์ทหาร วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า ทดสอบเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า

นพ.ชาญวิทย์ วสันต์ธนารัตน์ ผู้อำนวยการสำนักสนับสนุนสุขภาวะองค์กร สสส. ทดลองใช้เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้ารุ่นใหม่

พลโท นายแพทย์ สืบพงษ์ สังขะรมย์ ประธานกรรมการวิชาการสำนักงานโครงการสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของกองทัพไทย และ พลโท แพทย์หญิงกมลพร สวนสมจิตร ผู้จัดการสำนักงานโครงการสร้างเสริมสุขภาพกำลังพลของกองทัพไทย ร่วมแสดงความยินดี ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้ารุ่นใหม่ช่วยอะไรผู้ประสบอุทกภัยได้บ้าง

เมื่อครั้งเกิดมหาอุทกภัยเมื่อปี ๒๕๕๔ แม้ผู้ประสบอุทกภัยจะได้รับถุงยังชีพอย่างทั่วถึง แต่ถุงยังชีพดังกล่าวกลับสร้างปัญหามากยิ่งขึ้น เพราะผู้ประสบภัยไม่สามารถหุงข้าวได้ ไม่มีน้ำร้อนสำหรับต้มบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เพราะไม่มีไฟฟ้า นอกจากนั้นยังไม่สามารถดูโทรทัศน์ ฟังวิทยุติดตามข่าวสารได้ ที่แย่กว่านั้นผู้ประสบภัยไม่สามารถชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือได้ ทำให้การติดต่อขอความช่วยเหลือทางโทรศัพท์ไม่สามารถกระทำได้ ทั้งนี้หากขนส่งเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้ารุ่นใหม่ ไปติดตั้ง ณ สถานที่ส่วนกลางของชุมชน และให้ชาวชุมชนช่วยกันปั่นผลิตกระแสไฟฟ้าภายในชุมชนที่ประสบอุทกภัย เครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า จะสามารถช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยได้อย่างมากมายตราบเท่ายังมีแรงปั่นเครื่องออกกำลังกาย ดังนี้

๑. มีไฟฟ้าแสงสว่างใช้ในช่วงเวลากลางคืน
๒. มีไฟฟ้าใช้สำหรับดูโทรทัศน์ ฟังวิทยุ เพื่อติดตามข่าวสาร และดูวีดีโอเพื่อผ่อนคลายความเครียด
๓. มีไฟฟ้าสำหรับชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสาร
๔. มีไฟฟ้าสำหรับหม้อหุงข้าว กระทะไฟฟ้าสำหรับทำกับข้าว และกาต้มน้ำไฟฟ้าสำหรับต้มบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป
๕. มีไฟฟ้าสำหรับเครื่องช่วยหายใจและอุปกรณ์ทางการแพทย์
๖. มีไฟฟ้าสำหรับพัดลมให้พอเย็นกายได้บ้าง โดยเฉพาะเด็กอ่อน ผู้ป่วยและคนชรา

การทดสอบเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าแบบไม่มีภาระ

ในการทดสอบเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าแบบไม่มีภาระพบว่าที่ความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นของชุดผลิตกระแสไฟฟ้า จะสามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองบันทึกค่าเริ่มต้นที่ความเร็ว ๑๐๐ รอบต่อนาที สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าได้เท่ากับ ๖ โวลต์ และที่ความเร็ว ๕๐๐ รอบต่อนาที แรงดันไฟฟ้าจะอยู่ที่ ๓๖ โวลต์ โดยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้าตามตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ ค่าแรงดันไฟฟ้าจากการหมุนของชุดผลิตกระแสไฟฟ้าที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

ความเร็วรอบของชุดผลิตกระแสไฟฟ้า (รอบ/นาที)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์,V)
๑๐๐	๖
๒๐๐	๑๓.๕
๓๐๐	๒๑
๔๐๐	๒๘.๕
๕๐๐	๓๖

สำหรับการทดสอบแบบมีภาระไฟฟ้า (Load) จะทำการทดสอบโดยนำเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต ๒,๕๐๐ วัตต์ ๑๒ โวลต์ มาประจุไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ๑๒ โวลต์ ขนาด ๒๐๐ แอมป์-ชั่วโมง จำนวน ๒ ลูกจนเต็ม จากนั้นจะนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ดังกล่าวซึ่งเป็นไฟกระแสตรง 12 VDC มาผ่านอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) และเพิ่มขนาดแรงดันไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้า 220 VAC ที่สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตามครัวเรือนทั่ว ๆ ไปได้ โดยภาระไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองตามตาราง ๒ สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาประมาณ ๓ ชั่วโมง จึงจะทำให้พลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมดลง

ตารางที่ ๒ การทดลองใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจากพลังงาน
ที่ประจุเต็มในแบตเตอรี่ 12 VDC 200 Ah จำนวน ๒ ลูก

ภาระไฟฟ้า	วัตต์ (W)	โวลต์ (V)	แอมป์ (A)
หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	๕๐๐	๒๒๐	๒.๒๗
กระติกน้ำร้อนไฟฟ้า	๖๐๐	๒๒๐	๒.๗๒
เครื่องเล่น DVD	๑๐๐	๒๒๐	๐.๔๕
เครื่องรับโทรทัศน์	๑๗๐	๒๒๐	๐.๗๗
พัดลมตั้งโต๊ะ	๑๓๐	๒๒๐	๐.๕๙
ภาระทางไฟฟ้าทั้งหมด	**๑,๕๐๐**	**๒๒๐**	**๖.๘๐**

อย่างไรก็ตามข้อมูลและผลจากการทดลองทั้งหมด อาจจะแตกต่างไปจากนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ และการสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบการทดลองและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ เป็นภาระไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม และเกิดประสิทธิภาพจึงต้องคำนึงถึงขั้นตอนการออกแบบการกำหนดเป้าหมาย และการวางแผนเป็นสำคัญ

จัดนิทรรศการ ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ โดยใช้ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ อาทิเช่น แปลงผักไฮโดรโปรนิกส์ โทรทัศน์ หม้อหุงข้าว กระติกน้ำร้อน และชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ ฯลฯ

หุงข้าวได้กี่หม้อ ต้มน้ำได้กี่ครั้ง

แม้จะมีการทดสอบภาระไฟฟ้าตามหลักวิชาการดังหัวข้อก่อนหน้านี้อย่างชัดเจนแล้ว แต่ผู้เยี่ยมชมส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจหลักการในด้านวิชาการไฟฟ้า ดังนั้นคณะทำงานจึงต้องหาวิธีอธิบายให้ผู้เยี่ยมชมเข้าใจได้โดยง่าย ทั้งนี้หากมีการปั่นเครื่องออกกำลังกายเป็นระยะเวลา ๘ ชั่วโมงสะสม มาประจุไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ ๑๒ โวลต์ ขนาด ๒๐๐ แอมป์-ชั่วโมง จำนวน ๒ ลูก จะสามารถนำกระแสไฟฟ้าไปใช้หุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า ได้จำนวน ๑๕ ครั้ง และสามารถต้มน้ำร้อนด้วยกระติกต้มน้ำร้อนไฟฟ้าได้ ๓๐ ครั้ง และหากมีการปั่นเครื่องออกกำลังกายได้ตลอดเวลาก็สามารถที่จะมีกระแสไฟฟ้าใช้ได้ตลอดเวลา

นายกิตติรัตน์ ณ ระนอง รองนายกรัฐมนตรี รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังและประธานกรรมการในคณะกรรมการกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขเยี่ยมชมการทดลองใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจากไฟที่ผลิตจากเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้า ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

บทสรุป

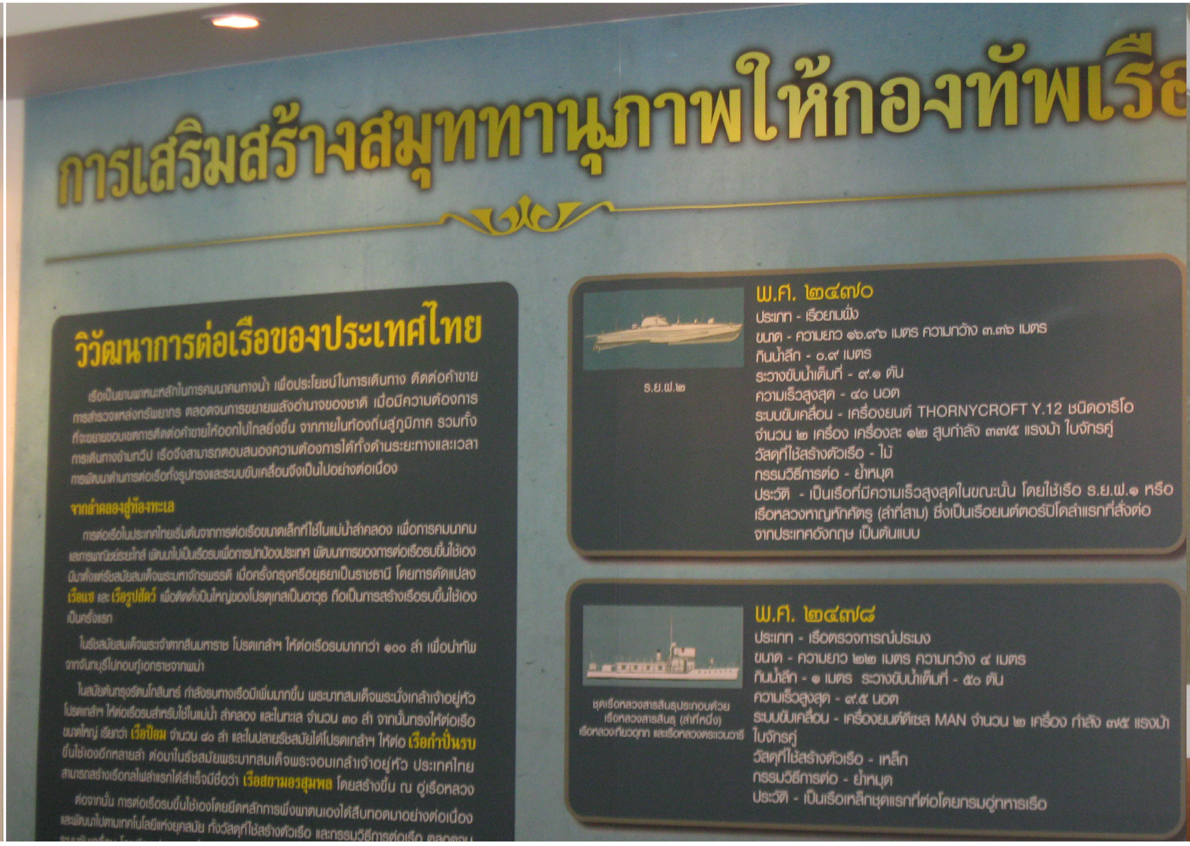
เพราะภัยธรรมชาติเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น แม้มหาอุทกภัยปี ๒๕๕๔ จะผ่านพ้นไปแล้ว แต่ไม่มีใครรับประกันได้ว่าประเทศไทยจะไม่ประสบปัญหาอุทกภัยเช่นเดียวกับปี ๒๕๕๔ อีก จึงมีความจำเป็นที่ทุกหน่วยงานจะต้องเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับมหาอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะการเตรียมความพร้อมในการให้การช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัย และเครื่องออกกำลังกายผลิตกระแสไฟฟ้าเครื่องนี้ จะยังคงเป็นนวัตกรรมแห่งการช่วยเหลือผู้ประสบอุทกภัยได้ในอนาคต

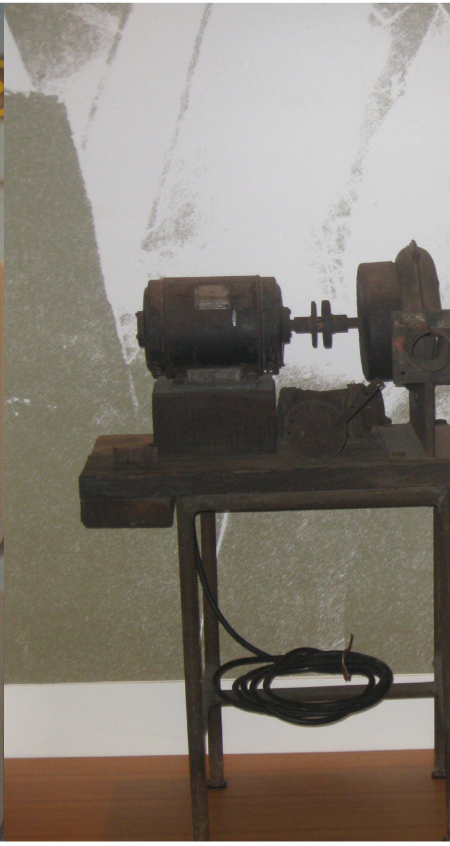
พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวง

เล่าเรื่อง...เตาเผาหมุดย้ำ ที่พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา

โดย : นาวาเอกหญิง กาญจนา ทรงวรวิทย์
นายทหารปฏิบัติการประจำกรมอู่ทหารเรือ ช่วยปฏิบัติราชการ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ และภัณฑารักษ์พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา

การนำชมพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ถ่ายทอดเรื่องราวที่จัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ เพื่อให้ความรู้แก่คณะบุคคลต่าง ๆ ที่เข้ามาเยี่ยมชมเป็นงานหน้าฉากที่ดูน่าสนุก เพราะได้ปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมหลากหลายทั้งที่เป็นข้าราชการ ลูกจ้าง พนักงานราชการ จากหน่วยงานภายในและภายนอกกองทัพเรือ นักเรียน นิสิต นักศึกษาตลอดจนประชาชนทั่วไป นอกเหนือจากสาระวิชาการที่ต้องนำเสนอให้แก่ทุกคณะทุกกลุ่มเหมือน ๆ กันแล้ว การนำชมแต่ละคณะยังมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ ความสนใจ คุณวุฒิ วัยวุฒิ จำนวนผู้ชม และระยะเวลาในการชม แต่กว่าที่ภัณฑารักษ์ เจ้าหน้าที่ และอาสาสมัครจะก้าวออกไปทำหน้าที่เป็นวิทยากรนำชมได้ ทุกคนจะต้องผ่านการทำงานหลังฉากหลายงาน ที่สำคัญคือ ศึกษา ค้นคว้า ทำความเข้าใจในเนื้อหาของนิทรรศการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องรู้จักวัตถุพิพิธภัณฑ์ (Object) ที่จัดแสดง และเรียนรู้วิชาการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง เพราะไม่อาจคาดเดาล่วงหน้าได้ว่า ผู้ชมจะถามอะไรบ้าง บางครั้งต้องตอบคำถามในเรื่องที่ไม่ได้อยู่ในพิพิธภัณฑ์ก็เคยมี รวมทั้ง ต้องฝึกฝนการใช้ภาษาในการสื่อสาร เพื่อให้สามารถเล่าเรื่องให้ผู้ชมเกิดความประทับใจ ได้เห็นคุณค่าของประวัติความสำคัญ ความงดงามของวัตถุ องค์ความรู้ต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้ในพิพิธภัณฑ์ ตลอดจนความคิดสร้างสรรค์ ภูมิปัญญา ความวิริยอุตสาหะของบรรพชน





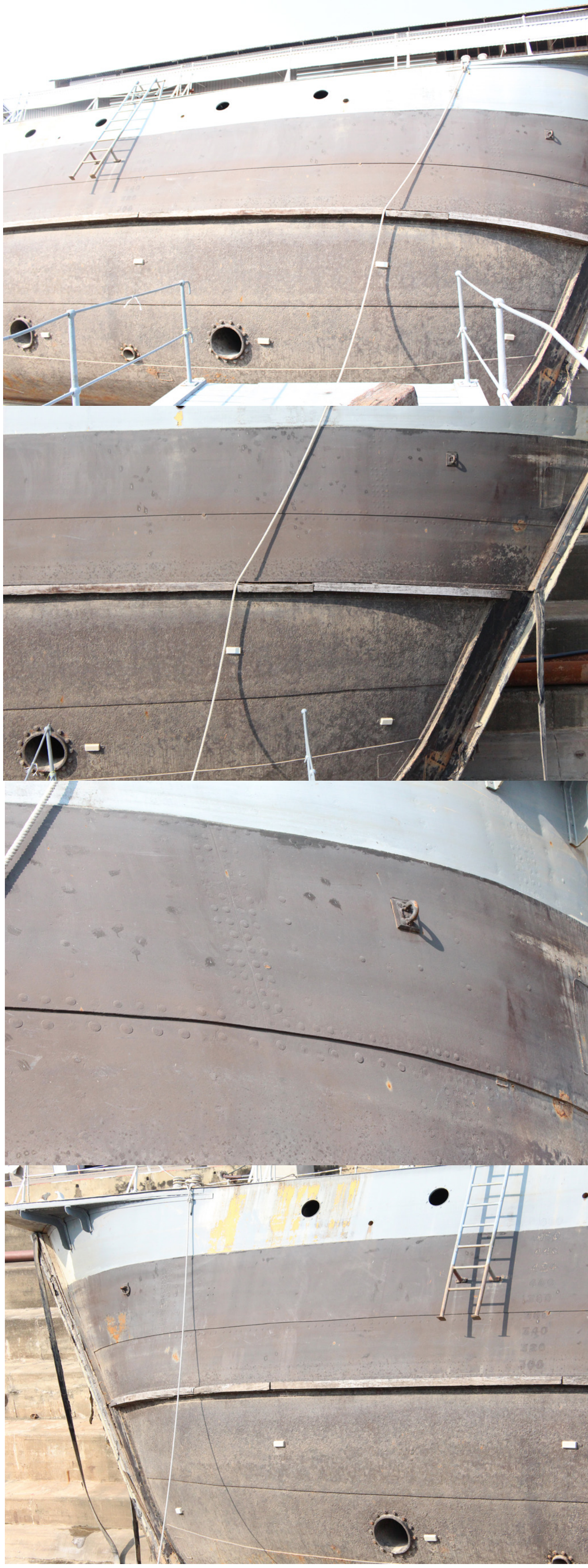
เตา เผาหมุดย้ำเป็นวัตถุพิพิธภัณฑ์ที่มีมาตั้งแต่แรกเริ่มก่อตั้งพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวง เมื่อปี ๒๕๕๑ ขณะนี้จัดวางไว้ในส่วนจัดแสดง *"การเสริมสร้างสมุททานุภาพให้กองทัพเรือ"* ซึ่งบอกเล่าพัฒนาการด้านการต่อเรือของกรมอู่ทหารเรือ กรรมวิธีการต่อเรือ ขั้นตอนและกระบวนการสร้างเรือ พิธีกรรมและขนบธรรมเนียมประเพณีทหารเรือ มีคำบรรยายเตาเผาหมุดย้ำอย่างกว้าง ๆ ที่ใช้กันต่อมาว่า *"เตาเผาหมุดย้ำ เตาเผาในสมัยโบราณมีลักษณะเช่นเดียวกับเตาเผาของช่างตีเหล็ก ใช้สำหรับเผาหมุดย้ำที่ใช้ต่อเรือ โดยใช้ถ่านโค้กเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้เกิดความร้อนที่ชิ้นงาน และใช้ตัวเป่าลมช่วยเป่าเร่งความร้อน"* การทำความรู้จักเตาเผาหมุดย้ำและเรื่องราวที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้จัดทำทะเบียน บันทึกประวัติวัตถุ และนำชม จำเป็นต้องทราบข้อมูลมากกว่านี้ แต่ยังค้นหาข้อมูลที่เป็นลายลักษณ์อักษรไม่พบและไม่ทราบว่ามีอยู่หรือไม่ อีกทั้งในปัจจุบันไม่มีการใช้หมุดย้ำในการต่อแผ่นเหล็กตัวเรืออีกแล้ว หนทางหนึ่งที่จะได้มาซึ่งข้อมูล คือคำบอกเล่าของผู้มีประสบการณ์ตรง การตามหาช่างที่เคยทำงานย้ำหมุดจึงเริ่มขึ้น และด้วยความช่วยเหลือจากน้อง ๆ จึงได้พบกับ *นายสุรชัย รุจิจันทร์* ช่างเชื่อม ระดับ ๒ โรงงานโลหะแผ่น กองโรงงานเรือเหล็ก อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ช่วยปฏิบัติราชการ แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ *ช่างคนสุดท้ายที่เคยทำงานย้ำหมุด !* ใช่ค่ะ คนสุดท้าย เนื่องจากช่างท่านอื่น ๆ ที่ทำงานย้ำหมุดเกษียณอายุราชการกันไปหมดแล้ว (ตั้งความหวังไว้ว่า ถ้ามีโอกาสจะตามไปขอความรู้จากท่านเหล่านั้นด้วย)

เตาเผาหมุดย้ำ

ช่างสุรชัยเล่าอย่างถ่อมตัวว่า ไม่ได้เป็นลูกหม้อแท้ ๆ แต่เคยช่วยทำงานย้ำหมุดแผ่นเหล็กตัวเรือ เพราะการทำงานในโรงงานจะต้องทำงานหลาย ๆ อย่าง อยู่ที่อู่ทหารเรือธนบุรีมาตลอด (ตำแหน่งงานอยู่ที่อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช เนื่องจากการปรับโครงสร้างหน่วย) ได้ช่วยย้ำหมุดในการซ่อมทำเรือหลวงแม่กลอง เรือหลวงประแส และอีกหลายลำซึ่งจำชื่อไม่ได้ อย่างไรก็ตาม การเป็นช่างย้ำหมุดคนสุดท้ายเป็นเรื่องที่น่ายินดีอยู่แล้ว จึงขอให้ช่างสุรชัยเล่าเรื่องเตาเผาหมุดย้ำและการทำงานย้ำหมุดอย่างง่าย ๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการนำชมสำหรับผู้ชมทั่วไป ขอขอบคุณช่างสุรชัย ไว้ ณ ที่นี้ด้วย ที่เล่าเรื่องจากประสบการณ์การทำงานและให้ความรู้ด้วยความเต็มใจ

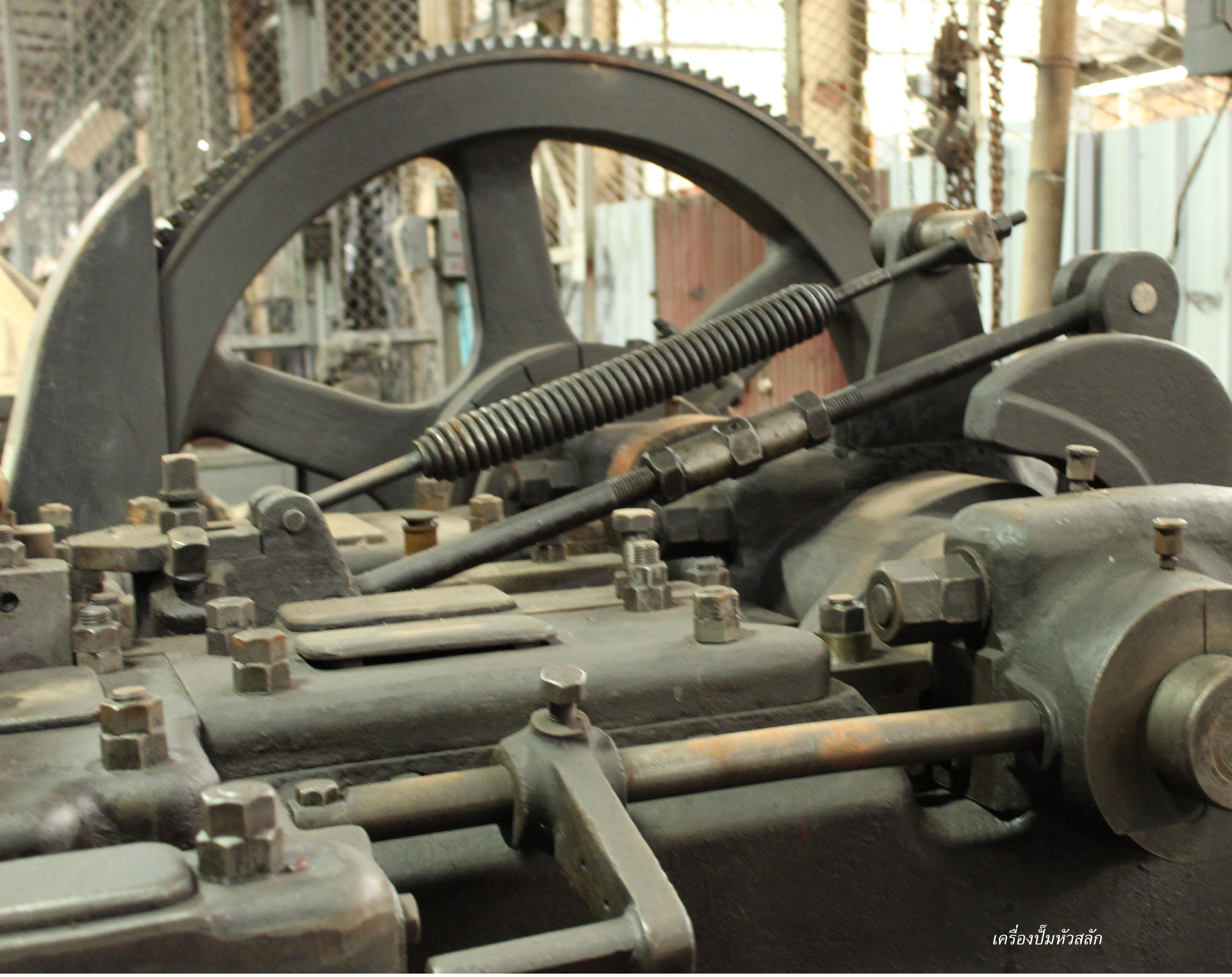
ช่างสุรชัย รุจิจันทร์ วันที่มาเล่าเรื่อง วันที่ ๒๑ ตุลาคม ๒๕๕๖
ณ พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา

เตาเผาหมุดย้ำเป็นเตาเผาขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้เผาหมุดย้ำสำหรับการต่อแผ่นเหล็ก การต่อเรือในสมัยก่อนใช้วิธีย้ำหมุดในการต่อแผ่นเหล็กเปลือกเรือ การเผาหมุดใช้ถ่านโค้กเป็นเชื้อเพลิง เพราะมีน้ำหนักเบา ทุบให้แตกได้ง่าย ให้ความร้อนสูง เปลวไฟสั้น เนื่องจากสกัดเอาน้ำมันออกหมดแล้ว ไฟแรงกว่าถ่านหิน เหมาะสำหรับหลอมเหล็ก ถ่านโค้กที่ดีมีสีเทาแกมดำ เตาเผามีตัวเป่าลมเพื่อช่วยเร่งความร้อนให้ถ่านโค้ก ตัวเป่าลมนี้สามารถปรับระดับความแรงของลมได้โดยใช้คันโยกบังคับการเปิดปิดของลิ้น การใช้งานเตาเผาหมุดย้ำ ช่างจะนำเตาเผาไปวางไว้ในบริเวณใกล้ ๆ กับจุดที่จะย้ำหมุด เนื่องจากการย้ำหมุดต้องย้ำในขณะที่หมุดร้อนแดง ในกรณีที่ย้ำหมุดแผ่นเหล็กเปลือกเรือในห้องต่าง ๆ ใต้ท้องเรือ ไม่สามารถนำเตาเผาลงไปในท้องเรือได้ เพราะอากาศอาจไม่เพียงพอ จำเป็นต้องวางเตาเผาบนดาดฟ้าเรือ จึงต้องมีท่อเหล็กสำหรับใช้ส่งหมุดลงไปด้านล่าง เมื่อเผาตัวหมุดจนร้อนแดงแล้วช่างเผาหมุดใช้คีมคีบตัวหมุดส่งลงไปตามท่อ ช่างรับหมุดซึ่งอยู่ด้านในของเปลือกเรือใช้คีมคีบหมุดใส่ลงไปในรูหมุดที่เจาะไว้แล้วตามขนาดของหมุด จากนั้นใช้เหล็กรับหมุดยันตัวหมุดเอาไว้ ช่างอีกคนหนึ่งที่อยู่ด้านนอกเปลือกเรือจะก็รีบย้ำหมุดให้เรียบด้วยเครื่องค้อนลมย้ำหมุด โดยให้หมุดนูนกว่าแผ่นเหล็กเล็กน้อย เพื่อความแข็งแรงและไม่หลุดง่าย การส่ง การรับ และการย้ำหมุดต้องทำอย่างรวดเร็วในขณะที่หมุดร้อนแดง เหมือนกับการตีเหล็กต้องตีในขณะที่เหล็กร้อน เมื่อย้ำหมุดตัวหนึ่งเสร็จแล้ว ช่างย้ำหมุดจะส่งสัญญาณให้ช่างเผาหมุดส่งหมุดตัวใหม่ที่มีขนาดตามกำหนดมาให้อีก อาจใช้วิธีเคาะท่อส่งเป็นสัญญาณเสียง หรือส่งสัญญาณรูปแบบอื่น แล้วแต่จะตกลงกัน การย้ำหมุดเปลือกเรือจะเริ่มย้ำจากบริเวณกลางลำเรือไปทางหัวเรือและท้ายเรือพร้อม ๆ กัน เพื่อไม่ให้แผ่นเหล็กยืดหรือย่น



การต่อแผ่นเหล็กด้วยการย้ำหมุด

ช่าง ที่ทำงานย้ำหมุดจะใส่ถุงมือหนา ๆ โดยเฉพาะที่ด้านหลังมือจะมีความหนามากกว่าด้านหน้า เพื่อป้องกันความร้อนและแรงกระแทก พร้อมทั้งสวมแว่นตาป้องกันสะเก็ดจากหมุดด้วย เมื่อย้ำหมุดตลอดแนวแผ่นเหล็กที่กำหนดเสร็จแล้ว ก็จะทำการเหยียบตะเข็บหมุดย้ำให้เรียบสนิท เพื่อให้รอยต่อหมุดย้ำแน่นสมบูรณ์ การย้ำหมุดและเหยียบตะเข็บหมุดย้ำมีหลักการ วิธีการ ขั้นตอน และข้อกำหนดต่าง ๆ เป็นรายละเอียดทางวิชาการด้านการต่อเรืออีกมาก ในกรณีที่ผู้ชมแจ้งความประสงค์ต้องการให้เน้นเรื่องการต่อเรือ ภัณฑารักษ์จะเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านการต่อเรือของกรมอู่ทหารเรือมาร่วมเป็นวิทยากรนำชมด้วย



เครื่องปั๊มหัวสลัก

จากคำบอกเล่าของช่างสุรชัย ทำให้ทราบว่ายังมีเครื่องมือช่างอีกหลายชนิดที่ควรจะเสาะแสวงหามาจัดแสดงประกอบกับเตาเผาหมุดย้ำเพิ่มเติม ได้แก่ เหล็กรับหมุด เครื่องค้อนลมย้ำหมุดและหัวย้ำ คีมขนาดต่าง ๆ ถุงมือช่าง และแว่นตา ที่น่าตื่นเต้นมากคือ ช่างสุรชัยพาไปดู *เครื่องปั๊มหัวสลัก* ที่โรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี เป็นเครื่องที่ใช้ปั๊มหัวสลักรูปแบบต่าง ๆ และหมุดย้ำ ถึงแม้ไม่ได้ใช้ราชการแล้ว แต่โรงงานเครื่องกลเก็บรักษาไว้เป็นอย่างดี การเคลื่อนย้ายมาจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์คงลำบาก เพราะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ในอนาคตอาจขอให้ทางโรงงานจัดทำป้ายสันนิษฐานและคำบรรยายเพื่อใช้ในการศึกษา ขอขอบคุณข้าราชการและลูกจ้าง แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี ที่เอื้อเฟื้อให้ถ่ายภาพเครื่องปั๊มหัวสลักภายในโรงงาน

เตาเผาหมุดย้ำเป็นตัวอย่างหนึ่งของวัตถุพิพิธภัณฑ์ ที่แสดงอัตลักษณ์อย่างชัดเจนของกรมอู่ทหารเรือในด้านการต่อเรือ ผู้ชมส่วนใหญ่ให้ความสนใจในรูปลักษณ์ที่บ่งบอกถึงความเก่าและไม่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป สำหรับภัณฑารักษ์ เตาเผาหมุดย้ำเป็นวัตถุคลาสสิคชิ้นหนึ่งของพิพิธภัณฑ์ เป็นปริศนาที่ต้องสืบหาคำตอบต่อไปอีกหลายข้อ เช่น เตาเผานี้มีอายุกี่ปี ใช้ราชการมานานเท่าใดก่อนเลิกใช้ เผาหมุดย้ำให้เรือมากี่ลำ มีช่างกี่รุ่นที่ใช้เตาเผานี้ ใครเป็นผู้สร้าง พิพิธภัณฑ์จะสร้างภาพจำลองหรือทำเป็นวีดิทัศน์ให้ผู้ชมเห็นวิธีการเผาหมุดและย้ำหมุดได้อย่างไร มีความเป็นไปได้หรือไม่

วัตถุพิพิธภัณฑ์ทุกชิ้นมีเรื่องเล่า (Story) เป็นของตัวเอง เพราะเกี่ยวข้องกับมนุษย์ไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง การศึกษา ค้นคว้า สืบหาประวัติ ความเป็นมาของวัตถุพิพิธภัณฑ์ที่เป็นของเก่าจึงเป็นงานท้าทาย และเปิดกว้างให้ผู้สนใจทุกท่านมีส่วนร่วมในภารกิจนี้ หรือท่านใดทราบว่า มีเครื่องมือช่าง เครื่องจักร และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช้ราชการแล้ว ช่วยกรุณาแจ้งให้ทราบด้วย หรือนำมามอบให้เก็บรักษาไว้ที่พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา กรมอู่ทหารเรือ ถนนอรุณอมรินทร์ บางกอกน้อย กรุงเทพฯ ๑๐๗๐๐ หมายเลขโทรศัพท์ ๐ ๒๗๗๕ ๕๓๖๘ โดยท่านสามารถดูข้อมูลเบื้องต้นของพิพิธภัณฑ์ได้ที่ *Website http:// www.dockyard.navy.mi.th/doced/Museum_Ship* มาช่วยกันอนุรักษ์วัตถุอันทรงคุณค่าเหล่านี้ให้อนุชนรุ่นหลังได้ศึกษาและเรียนรู้กันนะคะ

บรรณานุกรม

วิเชียร ปิ่นกุลบุตร, พลเรือตรี. **การต่อเรือเหล็กเบื้องต้น**. มปท., มปป.

สุรชัย รุจิจันทร์. ช่างเชื่อม ระดับ ๒ โรงงานโลหะแผ่น กองโรงงานเรือเหล็ก อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ช่วยปฏิบัติราชการ โรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ. สัมภาษณ์, ๒๑ ตุลาคม ๒๕๕๖.

สำนักพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ กรมศิลปากร. **คู่มือพิพิธภัณฑ์ท้องถิ่น.** พิมพ์ครั้งที่ ๓. กรุงเทพมหานคร, บริษัทกราฟิคฟอร์แมท (ไทยแลนด์) จำกัด, ๒๕๕๐.