วารสารกรมยุทธการทหารเรือ
ประจำปี ๒๕๕๖





วันที่ ๕ มกราคม พุทธศักราช ๒๔๓๓
พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเปิดอู่เรือหลวง
ในปัจจุบันคือ กรมอู่ทหารเรือ ทางราชการได้ถือเอาวันที่ ๕ มกราคม ของทุกปี
เป็นวันคล้ายวันสถาปนากรมอู่ทหารเรือ
นับถึงปัจจุบันรวม ๑๒๓ ปี

วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๕๖

ISSN 0857-4766

ประธานที่ปรึกษา

พลเรือโท มานิตย์	สูนนาดำ	เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

คณะที่ปรึกษา

พลเรือตรี หม่อมหลวงอนุนพนันท์	นวรัตน์	รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี ขรรค์ชัย	สมบูรณ์สุข	รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี พิพัฑฒ์ภณ	สังข์กลมเกลี้ยง	รองเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี สุทธินันท์	สกุลภุชพงษ์	เจ้ากรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี วัฒนชัย	ปิยภัทร์	ผู้อำนวยการอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี สมศักดิ์	พยัคคง	รองผู้อำนวยการอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี อนันต์	สุขณียุทธ	ผู้อำนวยการอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี มนตรี	สุวรรณชัย	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายแผน อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ
พลเรือตรี พงศธร	ชูแข	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายผลิต อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ

บรรณาธิการ

พลเรือตรี ณเรศ	ชุ่มกมล	เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

นาวาเอก จักรชัย	ชื่นวาริน	นาวาเอก ประดิษฐ	สำอางค์อินทร์
นาวาเอก สมัย	ใจอินทร์	นาวาเอก วิทยา	ละออจันทร์
นาวาเอก สมเจตน์	วันหว่าน		

ประจำกองบรรณาธิการ

นาวาเอก โอภาส	บูรณสัมฤทธิ	นาวาเอก วีรยุทธ	ตุลวรรธนะ	นาวาเอก เอกสิทธิ์	รอดอยู่
นาวาเอกหญิง กาญจนา	ทรงวรวิทย์	นาวาเอก กิตติ	ยุกติรัตน	นาวาเอก สกล	สิริปทุมรัตน์
นาวาเอก จีราวัฒน์	ธีรนัฐพงศ์	นาวาเอก สมศักดิ์	คงโชติ	นาวาเอก วิทยา	พันธุ์โภคา
นาวาเอกหญิง ภัทราภรณ์	พัฒนพันธุ์	นาวาเอกหญิง วิภา	หงษาไกร	นาวาโท พิสิฏฐ์	นิลชัง
นาวาโท สุทัศน์	วันทะเวก				

สำนักงาน

กองวิจัยและพัฒนา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

๒ ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย กรุงเทพ ฯ ๑๐๗๐๐

โทร. ๐ ๒๔๗๕ ๔๗๔๕, ๐ ๒๔๗๕ ๔๐๔๑ โทรสาร ๐ ๒๔๗๕ ๔๐๔๑

ฝ่ายศิลป์

นาวาโท ไพรวัน ทุ่งสาร นาวาตรี ชิตชนะ ช่วงชัย เรือตรี อนุสรณ์ พิณพาทย์ และ พันจ่าเอก ญาณวิทย์ วัจนะประพันธ์

จัดพิมพ์

ห้างหุ้นส่วนจำกัด นายวิทย์ พริ้นติ้งแอนด์มัลติมีเดีย

๑๙/๓๗ ถนนบางไผ่ – หนองเพรางาย อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี ๑๑๑๑๐

โทร. ๐ ๒๕๙๗ ๕๘๗๔ โทรสาร ๐ ๒๕๙๗ ๕๘๗๖

ข้อคิดเห็นและบทความที่นำลงวารสารกรมอู่ทหารเรือเป็นของผู้เขียน

มิใช่ข้อคิดเห็นหรือนโยบายของหน่วยงานใดของรัฐ และมิได้ผูกพันต่อทางราชการแต่อย่างใด

คำปรารภของเจ้ากรมอู่ทหารเรือ



ในยุคของการเปลี่ยนแปลงเพื่อเตรียมรับภัยคุกคามจากการล่าอาณานิคมนั้น พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงวางรากฐานในการสถาปนาหน่วยงานหลักของราชอาณาจักรขึ้นหลายหน่วยงาน หน่วยงานแรก ๆ ด้านวิศวกรรมคือ *"อู่เรือหลวง"* หรือกรมอู่ทหารเรือในยุคปัจจุบัน ที่ได้มีการจัดสร้างขึ้น ณ ริมฝั่งเจ้าพระยาฝั่งตะวันตก ตรงข้ามกับพระบรมมหาราชวัง นับเป็นที่ตั้งที่มีนัยสำคัญเชิงยุทธศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง

กาลเวลาผ่านไป ๑๒๓ ปี กรมอู่ทหารเรือได้แสดงบทบาทสำคัญในงานด้านวิศวกรรมให้แก่ราชนาวีและสังคมไทยมาอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าเทคโนโลยีจะเปลี่ยนแปลงไปหลายรุ่น ตั้งแต่ยุคเรือเครื่องจักรไอน้ำเป็นเครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์กังหันก๊าซ ตัวเรือจะเปลี่ยนจากไม้เป็นเหล็กกล้า เป็นไฟเบอร์หรือคอมโพสิต (Composite) รวมทั้งกำลังพลที่เปลี่ยนจากรุ่นสู่รุ่น แต่เจตนารมณ์และวัฒนธรรมองค์กรที่ได้มีการปลูกฝังบ่มเพาะและถ่ายทอดมานั้นยังคงอยู่เสมอคือ *"เราทำให้พร้อมรบ"*

ในห้วงปีที่ผ่านมานั้น กรมอู่ทหารเรือดำเนินงานและกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดทั้งปี โดยได้ดำเนินการเตรียมเรือพระที่นั่งอังสนา ถวายเป็นเรือพระที่นั่งของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว คราวเสด็จเกาะเกร็ด ซึ่งในครั้งนั้นได้ใช้น้ำมันไบโอดีเซล บี ๑๐๐ เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ตามกระแสพระราชดำรัส เมื่อปี ๒๕๕๑ และกรมอู่ทหารเรือได้มีการซ่อมแซมตกแต่ง และจัดเตรียมเรือพระราชพิธี จำนวน ๕๒ ลำ ที่ใช้ในขบวนพยุหยาตราทางชลมารค เพื่อเฉลิมฉลองวันพระราชสมภพครบ ๘๕ พรรษา ในส่วนของภารกิจภายในกองทัพเรือนั้น มีการซ่อมสร้างเรือที่สำคัญหลายลำ มีงานรับเรือใหม่ มีงานสร้างเรือผลักดันน้ำให้ครบ ๑๐๐ ลำ ตามที่ได้รับมอบหมายจากรัฐบาล รายละเอียดบางส่วนปรากฏอยู่ในวารสารฉบับนี้ซึ่งจัดพิมพ์ขึ้นไว้เป็นเอกสารอ้างอิงสำหรับการศึกษาค้นคว้าของผู้ที่สนใจทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ยุคนี้ก็เป็นยุคของการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งหนึ่งที่ประเทศไทยกำลังเตรียมตัวเข้าสู่ประชาคมอาเซียน ในฐานะที่ประเทศไทยอยู่ในบริเวณศูนย์กลางของประชาคมและมีชายฝั่งทะเลติดกับมหาสมุทรถึงสองมหาสมุทร เราจึงมีความได้เปรียบเชิงภูมิยุทธศาสตร์ที่จะได้เสริมสร้างสมุททานุภาพให้ไพศาลและสามารถก้าวไปสู่ความเป็นกองทัพชั้นนำของภูมิภาค ในบริบทนี้กรมอู่ทหารเรือย่อมจะมีบทบาทและหน้าที่กว้างขวางขึ้น สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การใช้วิทยาการเพื่อแก้ปัญหา ตลอดจนการสร้างคนรุ่นใหม่ให้สามารถรับผิดชอบงานด้านวิศวกรรมของกองทัพให้เกิดผลสัมฤทธิ์ กรมอู่ทหารเรือได้ตระหนักถึงความสำคัญในภารกิจอันใหญ่หลวง ด้วยความมุ่งมั่นทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังสติปัญญาอย่างเต็มเปี่ยมเพื่อให้ภารกิจบรรลุตามเป้าหมายของกองทัพเรือ

พลเรือโท
(มานิตย์ สูนนาดำ)
เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

บรรณาธิการแถลง

การจัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการด้านวิศวกรรมทางเรือ รวมทั้งประชาสัมพันธ์ผลงานของกรมอู่ทหารเรือให้สาธารณชนได้รับทราบ โดยมอบให้เป็นที่ระลึกเนื่องในวันคล้ายวันสถาปนากรมอู่ทหารเรือ ซึ่งตรงกับวันที่ ๙ มกราคม ของทุกปี

บัดนี้ ได้เวียนมาครบรอบ ๑๒๓ ปี ที่กรมอู่ทหารเรือได้ก่อกำเนิด นับตั้งแต่ วันที่ ๙ มกราคม พ.ศ. ๒๔๓๓ ที่พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๕ ได้เสด็จพระราชดำเนินมาทรงประกอบพิธีเปิด ***"อู่เรือหลวง"*** ณ ที่ตั้งปัจจุบันของกรมอู่ทหารเรือแห่งนี้ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาย่อมเป็นที่ประจักษ์ต่อสาธารณชนว่า กรมอู่ทหารเรือมุ่งมั่นปฏิบัติภารกิจการซ่อมและสร้างเรือเพื่อเสริมสร้างศักยภาพให้กองทัพเรือเป็นกองทัพเรือชั้นนำในภูมิภาค ด้วยใจรักเต็มกำลังความสามารถ อีกทั้งยังพัฒนาตนเองให้ก้าวหน้าเท่าทันกับเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อความเป็นเลิศในวงการวิศวกรรมทางเรือระดับชาติและระดับสากล

วารสารกรมอู่ทหารเรือฉบับนี้ ได้เปลี่ยนโฉมรูปเล่มของวารสารใหม่โดยจัดทำเป็นภาพสีตลอดเล่ม เพื่อเพิ่มความสวยงามและชวนให้น่าอ่านยิ่งขึ้น อีกทั้งได้รับเกียรติจากนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญทั้งภายในและภายนอกกองทัพเรือ ได้กรุณาส่งบทความที่น่าสนใจและมีความหลากหลายมาลงตีพิมพ์ในฉบับนี้ ได้แก่ ผลงานที่สำคัญของกรมอู่ทหารเรือในรอบปีที่ผ่านมา กรมอู่ทหารเรือกับเรือพระราชพิธี เรือหลวงอ่างทองลำใหม่ การบรรเทาอุทกภัยกับเรือผลักดันน้ำของกองทัพเรือ การปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสิน นอกจากนี้ ยังมีบทความด้านการวิจัยและพัฒนา ตลอดจนบทความทางวิชาการเพื่อถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ และแนวคิดเชิงวิชาการด้านวิศวกรรมทางเรือ และจบท้ายด้วยบทความเบาสมองเกี่ยวกับพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา และการทำบุญตักบาตร

สุดท้ายนี้ กองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาทุกระดับ ผู้มีอุปการคุณและผู้ร่วมงานทุกท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนในการจัดทำวารสารจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารกรมอู่ทหารเรือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านทุกท่าน

พลเรือตรี
บรรณาธิการ





รอบปีที่ผ่านมา

กองบรรณาธิการ

หลังจากที่ได้มีการช่วยเหลือฟื้นฟูกำลังพลที่ประสบความเสียหายจากอุทกภัย เมื่อปลายปี พ.ศ.๒๕๕๔ หรือเมื่อต้นปีงบประมาณ ๒๕๕๕ กรมอู่ทหารเรือก็ได้เร่งรัดการดำเนินงานตามภารกิจและพันธกิจต่าง ๆ มาอย่างเต็มกำลังความสามารถ เพื่อให้งานทุกงาน สามารถดำเนินไปได้ตามแผนที่กำหนดซึ่งก็มีทั้งงานตามโครงการ การสร้างเรือ การซ่อมเรือตามแผน งานการผลิตเพื่อสนับสนุนหน่วยงานต่าง ๆ ในบรรดางานเหล่านี้ ได้มีการดำเนินการอยู่ตามหน่วยซ่อมของกรมอู่ทหารเรือทั้ง ๓ แห่ง คือ อู่ทหารเรือธนบุรี อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า และอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช และก็เป็นที่น่าภูมิใจว่ากรมอู่ทหารเรือยังคงเป็นหน่วยงานที่มีผลผลิตด้านการซ่อมสร้างที่สูงที่สุดหน่วยงานหนึ่งของประเทศ











เรือตรวจการณ์ลำใหม่ที่อยู่ในระหว่างการจัดสร้างอยู่ที่อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช คือ เรือหลวงกระบี่ เป็นเรือที่จัดสร้างขึ้นตามโครงการเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา ๘๔ พรรษา ๕ ธันวาคม ๒๕๕๔ โดยสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ได้เสด็จมาทรงประกอบพิธีปล่อยเรือลงน้ำเมื่อวันที่ ๒ ธันวาคม พ.ศ.๒๕๕๔ ปัจจุบันอยู่ในระหว่างการดำเนินการซึ่งใกล้จะแล้วเสร็จ และจะสามารถทำการส่งมอบเรือได้ภายในเดือนมีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๖



สืบเนื่องมาจากการแก้ปัญหาน้ำท่วมในปลายปี พ.ศ.๒๕๕๔ รัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของเรือผลักดันน้ำที่กองทัพเรือได้เคยนำไปใช้งานเพื่อเร่งรัดการระบายน้ำคลี่คลายระดับน้ำที่เอ่อล้นให้ลดลงในอัตราที่เร็วกว่าปกติ จึงได้มอบหมายให้กองทัพเรือโดยกรมอู่ทหารเรือ ดำเนินการจัดสร้างเรือผลักดันน้ำเพิ่มเติมจากเดิมที่มีอยู่แล้วจำนวน ๑๖ ลำ เป็น ๑๐๐ ลำ และจัดสร้างสนับสนุนกรุงเทพมหานคร (กทม.) อีก ๑๐ ลำ เพื่อเตรียมรับสถานการณ์น้ำที่อาจทำให้เกิดภัยพิบัติขึ้นอีกได้ในพื้นที่ภาคกลาง

นั่นหมายถึงภายในเดือนตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๕ กรมอู่ทหารเรือจะต้องดำเนินการจัดสร้างเรือผลักดันน้ำให้เสร็จสิ้นทั้งหมด จำนวน ๙๔ ลำ โดยสร้างที่อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า จำนวน ๔๔ ลำ และสร้างที่อู่ทหารเรือธนบุรี จำนวน ๕๐ ลำ และด้วยความร่วมมือร่วมใจรวมทั้งการให้ความทุ่มเททั้งหยาดเหงื่อ พละกำลังความสามารถ ของกำลังพลกรมอู่ทหารเรือ เรือผลักดันน้ำทั้งหมดก็แล้วเสร็จตามกำหนดเวลา





เมื่อการจัดสร้างพร้อมกับการทดสอบ จนเป็นที่มั่นใจว่าเรือผลักดันน้ำสามารถนำไปใช้งานได้แล้ว กรมอู่ทหารเรือยังต้องจัดกำลังพล เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ร่วมกับหน่วยสนับสนุนที่เกี่ยวข้อง ไปทำการติดตั้งในคลองสาขา ตามพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา ตามที่คณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.) กำหนด พร้อมกับจัดกำลังพลประจำตามตำแหน่งที่มีการติดตั้งเรือผลักดันน้ำอยู่ รวมทั้งได้จัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการกรมอู่ทหารเรือขึ้น เพื่ออำนวยการและประสานงานตลอด ๒๔ ชั่วโมง ในภารกิจเรือผลักดันน้ำของกองทัพเรือโดยเฉพาะ


เจ้ากรมอู่ทหารเรือ รับการตรวจเยี่ยมของคณะรองเสนาธิการทหารเรือ
เพื่อรับทราบความก้าวหน้าการสร้างเรือผลักดันน้ำ
ณ อาคารกองบังคับการกรมอู่ทหารเรือ


เจ้ากรมอู่ทหารเรือรับการตรวจเยี่ยม
ของคณะรองเสนาธิการทหารเรือ
เพื่อรับทราบความก้าวหน้าการสร้างเรือผลักดันน้ำ
ณ กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี




เสนาธิการทหารเรือ พร้อมด้วยเจ้ากรมอู่ทหารเรือ
ตรวจเยี่ยมกำลังพล ชุดควบคุมเรือผลักดันน้ำ
ตามคลองสาขา ทุกพื้นที่ที่มีการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำ





ในระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๕ ได้ทำการติดตั้งเรือผลักดันน้ำไปทั้งหมด ๒๓ จุด และหลังจากเหตุการณ์กลับคืนสู่สภาวะปกติ การปฏิบัติการผลักดันน้ำก็ยุติลง สิ่งที่จะต้องดำเนินการต่อไปซึ่งก็มีความยากลำบากไม่แพ้กับช่วงเวลาที่ทำการติดตั้งก็คือ การถอนกำลังเรือผลักดันน้ำทั้งหมดออกจากพื้นที่ ถึงแม้จะเป็นไปด้วยความรวดเร็ว แต่ก็ต้องดำเนินไปด้วยความรอบคอบ เพื่อความปลอดภัยของกำลังพลและเรือผลักดันน้ำเอง โดยได้นำเรือผลักดันน้ำทั้งหมดไปเก็บไว้ที่อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า พร้อมกับการดูแลรักษาเป็นอย่างดี ให้สามารถนำกลับมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากเกิดวิกฤติการณ์น้ำขึ้นอีกในอนาคต



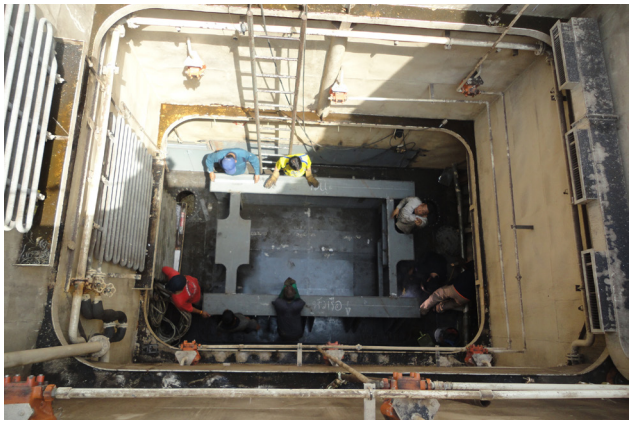


โครงการปรับปรุงเรือฟริเกตชุด เรือหลวงนเรศวร เรือในชุดนี้ประกอบด้วย เรือหลวงนเรศวร และเรือหลวงตากสิน เป็นโครงการปรับปรุงระบบอาวุธให้มีขีดความสามารถสูงขึ้น นอกจากการที่อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้าจะต้องซ่อมทำเรือต่าง ๆ ตามแผนงานประจำปีแล้ว ในส่วนนี้อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้าต้องดำเนินการซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำ ซ่อมทำระบบเพลาใบจักรโดยการเปลี่ยนแบริ่งเพลาทั้งเพลาซ้ายและเพลาขวา รวมทั้งปรับปรุงโครงสร้างห้องติดตั้งระบบอาวุธปล่อยนำวิถีแนวตั้งให้กับเรือหลวงตากสิน ส่วนที่มีความละเอียดอ่อนในเชิงโครงสร้างของการปรับปรุงแก้ไขในครั้งนี้ ได้แก่ การเปลี่ยนแผ่นเหล็กตัวเรือบริเวณแนวเพลา ซึ่งต้องการความละเอียดถี่ถ้วนในขั้นตอนของการตัดเปลี่ยนแผ่นเหล็กตัวเรือมากที่สุด ทั้งนี้จะต้องไม่ทำให้แนวศูนย์เพลาใบจักรเกิดการคลาดเคลื่อนได้ มีการออกแบบและดัดแปลงเครื่องมือภายในโรงงานเครื่องกล เพื่อให้สามารถรองรับขนาดของเพลาที่มีความยาวเกินกว่า ขนาดเครื่องมือที่มีอยู่เดิม ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินการนั้น อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้าได้เก็บเป็นองค์ความรู้ไว้โดยละเอียด หลังจากดำเนินการอยู่ประมาณ ๔ เดือน เรือได้เดินทางออกจากอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า เพื่อไปดำเนินการต่อที่อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช





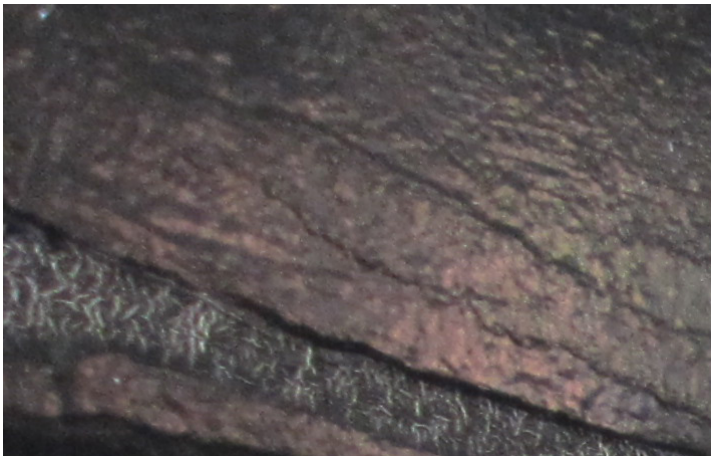








เมื่อวันที่ ๙ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๕๕ ได้มีพระราชพิธีเสด็จพระราชดำเนินถวายผ้าพระกฐินโดยขบวนพยุหยาตราทางชลมารค เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคล เฉลิมพระชนมพรรษา ๗ รอบ ๕ ธันวาคม ๒๕๕๔ ณ วัดอรุณราชวราราม ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงห่วงใยในชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน จึงทรงมีพระราชบัญชาให้เลื่อนพระราชพิธีออกไปก่อน รัฐบาลจึงได้พิจารณานำมาดำเนินการในปี พ.ศ.๒๕๕๕ ขบวนพยุหยาตราทางชลมารคนี้ประกอบด้วยเรือพระราชพิธีในขบวนทั้งสิ้น ๕๒ ลำ ในส่วนที่กรมอู่ทหารเรือเกี่ยวข้องโดยตรงคือการเตรียมเรือให้พร้อม สามารถยาตราได้อย่างสง่างาม ถูกต้องตามแบบโบราณราชประเพณี โดยอู่ทหารเรือธนบุรีรับผิดชอบการเตรียมเรือในส่วนของโครงสร้างและส่วนประกอบตัวเรือทั้งหมด ร่วมกับกรมศิลปากร ซึ่งจะรับผิดชอบในการตกแต่งตัวเรือให้มีความวิจิตรบรรจงชดช้อย งดงามตามแบบฉบับโบราณดั้งเดิม











ก่อนจะประกอบพิธี ต้องมีการซ้อมกำลังพลฝีพายอยู่ด้วยกันทั้งหมด ๑๐ ครั้ง เป็นการซ้อมใหญ่ ๒ ครั้ง คือ วันที่ ๒ และ ๖ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๕๕ ส่วนวันจริงคือในวันที่ ๙ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๕๕ เรือทั้งหมดจะต้องเริ่มต้นขบวนพยุหยาตราที่บริเวณท่าวาสุกรี มาสู่จุดหมายปลายทางที่วัดอรุณราชวราราม

การเตรียมความพร้อมของเรือ การปักเสาผูกเรือ และการเตรียมโป๊ะเทียบเรือนั้น อยู่ในความรับผิดชอบของกรมอู่ทหารเรือ เนื่องจากในบริเวณน่านน้ำแห่งนี้ หน่วยงานที่มีขีดความสามารถและมีประสบการณ์มากที่สุด ก็คือ อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ โดยได้ทำการปักเสาผูกเรือ ตั้งแต่บริเวณหน้าวัดราชาธิวาส จนถึงบริเวณหน้าวัดอรุณราชวราราม รวม ๑๓ แห่ง ใช้เสาผูกเรือทั้งหมด ๑๔๔ ต้น และซ่อมปรับปรุงโป๊ะเทียบเรือตั้งแต่ท่าวาสุกรี ถึง ท่าวัดอรุณราชวราราม รวมทั้งหมด ๕ โป๊ะ







ในระหว่างการเตรียมการ จนกระทั่งจบพิธีการ เรือทั้ง ๕๒ ลำ จะถูกนำไปเก็บไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ เพื่อให้มีความปลอดภัยในการเก็บรักษา และมีความสะดวกในการนำเรือออกมาใช้การ โดยในจำนวนนี้ เรือดั้ง เรือแซง เรือตำรวจ เรือแตงโม และเรืออีเหลือง ทั้งหมดจำนวน ๓๖ ลำ จะถูกผูกเก็บไว้ที่บริเวณวัดราชาธิวาส ส่วนเรือรูปสัตว์ทั้งหมดจำนวน ๑๐ ลำ จะถูกนำเข้าเก็บไว้ที่อู่หมายเลข ๑ ของอู่ทหารเรือธนบุรี ส่วนเรือพระที่นั่งจำนวน ๔ ลำ คือ เรือพระที่นั่งสุพรรณหงส์ เรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ เรือพระที่นั่งอเนกชาติภุชงค์ และเรือพระที่นั่งอนันตนาคราช กับเรือเสือ จำนวน ๒ ลำ คือ เรือเสือทยานชล และเรือเสือคำรณสินธุ์ จะถูกนำเข้าเก็บไว้ที่อู่หมายเลข ๒ ของอู่ทหารเรือธนบุรี





อีกหน้าที่หนึ่งที่สำคัญ คือการนำเรือเข้าและออกจากอู่ ที่ต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังด้วยผู้มีประสบการณ์และความชำนาญ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายใด ๆ ขึ้นได้กับเรือทุกลำในระหว่างการเตรียมเรือ

และในช่วงการซ้อมใหญ่ทั้งสองวัน กรมอู่ทหารเรือได้จัดพื้นที่เพื่อให้กำลังพลและครอบครัว รวมทั้งประชาชนทั่วไปได้เข้าชมการซ้อมในครั้งนี้ด้วย





งานด้านการวิจัยและพัฒนาเป็นกิจหลักกิจหนึ่งของกรมอู่ทหารเรือ ที่ได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องรุ่นแล้วรุ่นเล่า จากดำเนินการด้วยตนเองมาสู่ยุคแห่งการบูรณาการ เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในทุกสาขา มีการลงนามความร่วมมือกับสถาบันต่าง ๆ ในทุก ๆ ปี สำหรับในปีที่ผ่านมา ได้ลงนามในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างกองทัพเรือกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีโดยพลเรือโท มานิตย์ สูนนาดำ เจ้ากรมอู่ทหารเรือ และ รศ.ดร. ศักรินทร์ ภูมิรัตน์ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อวันที่ ๑๖ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๕๕๕ โดยร่วมมือทำงานวิจัยด้านการพัฒนาวัสดุและเทคโนโลยี





และเมื่อวันที่ ๑๔ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๕ พลเรือโท มานิตย์ สูนนาดำ เจ้ากรมอู่ทหารเรือ และ ดร. ทวีศักดิ์ กออนันตกูล ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ร่วมลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือการพัฒนาและวิจัยด้านวัสดุศาสตร์และกระบวนการทดสอบ เพื่อส่งเสริมสนับสนุนและประสานความร่วมมือด้านการวิจัยและพัฒนาระหว่างหน่วยงานทั้งสอง โดยเฉพาะการวิจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ยางที่มีคุณภาพ เพื่อใช้ในกิจการของกองทัพเรือ และเป็นไปตามนโยบายกองทัพเรือที่มุ่งเน้นเรื่องการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการพึ่งพาตนเอง โดยข้อตกลงดังกล่าวมีระยะเวลา ๕ ปี





ในฐานะที่เป็นหน่วยงานนำร่องในเรื่องของการจัดการความรู้ของกองทัพเรือ ในระหว่างปี พ.ศ.๒๕๕๒ - ๒๕๕๔ การจัดการความรู้ของกรมอู่ทหารเรือก็ยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.๒๕๕๕ ได้เข้าร่วมงานนิทรรศการการจัดการความรู้ของกองทัพเรือประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๕

ภายใต้ชื่อ *สร้างสรรค์ปัญญา พัฒนาองค์ความรู้ สู่วิสัยทัศน์กองทัพเรือ* ณ ห้องเจ้าพระยา หอประชุมกองทัพเรือ เมื่อวันที่ ๒๕ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๕

กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ รับผิดชอบงานด้านการศึกษาอบรม การวิจัยและพัฒนา รวมทั้งงานด้านการควบคุมคุณภาพ การดำเนินการเกี่ยวกับหลักสูตรต่าง ๆ ทั้งในต่างประเทศหรือภายในประเทศนอกกองทัพเรือ รวมถึงภายในกองทัพเรือนั้น ได้เป็นไปตามแผนงานประจำปี ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างสำหรับในปีที่ผ่านมา คือ การรับนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือเพิ่มเติมขึ้นจากปีก่อน ๆ กล่าวคือ จากปีละประมาณ ๔๐ นาย เพิ่มเป็นปีละ ๘๐ นาย ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถบรรจุทดแทนช่างในสาขาต่าง ๆ ซึ่งเป็นลูกจ้างประจำที่เกษียณอายุราชการเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ทำให้จำนวนนักเรียนช่างชั้นปีที่ ๑ ในปีการศึกษา ๒๕๕๕ มีจำนวนถึง ๘๑ นาย ชั้นปีที่ ๒ มีจำนวนอยู่ประมาณเดิม คือ ๔๕ นาย และชั้นปีที่ ๓ มีอยู่จำนวน ๓๘ นาย แต่ก็ยังคงดำเนินกิจกรรมในหลักสูตรให้เป็นไปตามมาตรฐานการศึกษา ได้เป็นที่น่าพอใจ





ส่วนอีกภารกิจที่เพิ่มขึ้นก็คือ เป็นหน่วยหลักในการดูแลกิจการพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา เนื่องจากงานด้านพิพิธภัณฑ์ เป็นส่วนหนึ่งของการบริการด้านการศึกษา โดยนอกเหนือจากนี้ได้มีการแต่งตั้งคณะกรรมการ เพื่อการบริหารงานในภาพรวมขึ้นเป็นการเฉพาะอีกด้วย







กรมอู่ทหารเรือกับเรือพระราชพิธี

อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

เรือพระราชพิธีที่วิจิตรงดงามเป็นที่กล่าวขานของคนทั่วโลก และเป็นสิ่งล้ำค่าที่หวงแหนอย่างยิ่งของประชาชนชาวไทยทั้งประเทศ ในโอกาสที่มีพระราชพิธีเสด็จพระราชดำเนินถวายผ้าพระกฐินโดยขบวนพยุหยาตราทางชลมารค เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา ๗ รอบ ๕ ธันวาคม ๒๕๕๔ ณ วัดอรุณราชวราราม ในวันที่ ๙ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๕๕ กรมอู่ทหารเรือได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับพิธีการนี้ทั้งในเบื้องหน้าและเบื้องหลัง เช่น การจัดกำลังพลทั้งข้าราชการและนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ เป็นฝีพายเรือ และการซ่อมทำเรือพระราชพิธีที่เป็นเรือไม้ ร่วมกับสำนักช่างสิบหมู่ กรมศิลปากร ในการซ่อมแซมลวดลายและรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องใช้ความประณีตบรรจง

นอกจากการดูแลความพร้อมของเรือพระราชพิธีแล้ว กรมอู่ทหารเรือ โดยอู่ทหารเรือธนบุรี ยังมีภารกิจในการดูแลความพร้อมของโป๊ะท่าเทียบเรือ การปักเสา การวางทุ่นสำหรับผูกจอดเรือ อีกทั้งงานที่ต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษ เช่น การนำเรือ เข้า – ออก อู่จอดเรือ ซึ่งเป็นงานที่สำคัญและมีความเสี่ยงอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับตัวเรือพระราชพิธี จึงจำเป็นต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการนำเรือเข้าออกอู่ ภาพต่าง ๆ ที่นำมาลงในบทความนี้เป็นภาพในการดำเนินการต่าง ๆ ที่บันทึกไว้ของกรมอู่ทหารเรือกับเรือพระราชพิธี












อู่ทหารเรือธนบุรี
THONBURI NAVAL DOCKYARD




กองทัพเรือ
กรมอู่




กรมอู่ทหารเรือ

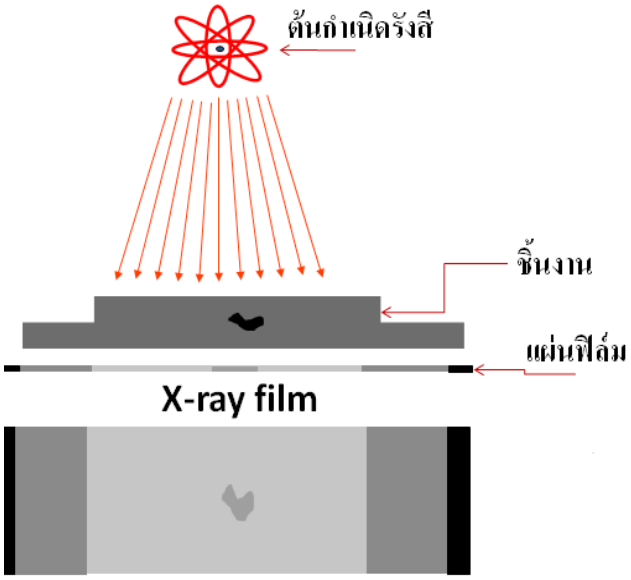


การตรวจสอบภายในเนื้อไม้ของโครงสร้างเรือพระที่นั่ง โดยการถ่ายภาพด้วยรังสี X – Ray

นาวาโท สมนึก พงษ์สิน
ประจำแผนกทดสอบเครื่องวัด
กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ในแต่ละปีกองทัพเรือได้รับมอบภารกิจอันสำคัญคือ การจัดเตรียมเรือพระราชพิธีทั้งหมดให้มีความพร้อมที่ใช้ในกระบวนพยุหยาตราชลมารค เพื่อประกอบพระราชพิธีสำคัญ เช่น พระราชพิธีถวายผ้าพระกฐินประจำปี และพระราชพิธีเฉลิมฉลองพระเกียรติในโอกาสสำคัญต่าง ๆ กรมอู่ทหารเรือเป็นหน่วยให้การสนับสนุนในการซ่อมและสร้างเรือพระราชพิธีทุกลำ โดยเฉพาะในส่วนตัวเรือ (เปลือกเรือและโครงสร้างภายใน) และส่วนประกอบต่าง ๆ ของเรือที่สำคัญ ในการดำเนินการซ่อมทำเรือไม้ตามปกติของกรมอู่ทหารเรือ จะทำการตรวจสอบตัวเรือและโครงสร้างตัวเรือไม้โดยใช้สายตา (Visual Test) และการเคาะเพื่อฟังเสียงตรวจความสมบูรณ์ของเนื้อไม้ภายใน ถ้าการชำรุดของไม้ที่เป็นรอยแตกหรือผุกร่อนจากภายนอก ก็เป็นการง่ายในการตรวจสอบด้วยสายตา ส่วนการชำรุดที่เกิดขึ้นภายในเนื้อไม้และการชำรุดของไม้ส่วนล่าง ในกรณีที่มีการประกอบโครงสร้างไม้ซับซ้อนกันหลายชั้น จึงเป็นการยากที่จะตรวจสอบด้วยสายตา การเคาะเพื่อฟังเสียงสามารถกระทำได้เฉพาะไม้ที่อยู่บริเวณส่วนบน ไม้ที่อยู่ด้านล่างมักจะพบอุปสรรคในการเคาะ ซึ่งไม่สามารถทำได้สะดวกหรือในบางครั้งก็ไม่สามารถกระทำได้เลย จึงทำให้การตรวจสอบด้วยการเคาะเพื่อฟังเสียงมีข้อจำกัด และไม่สามารถแยกเสียงจากไม้ที่ทับซ้อนกันหลายชั้นได้ การซ่อมทำจึงจำเป็นต้องรื้อไม้ในส่วนที่ผุชำรุดหรือในส่วนที่สงสัยออกก่อนเพื่อทำการสำรวจและประเมินการซ่อมทำ สำหรับเรือราชพิธีและเรือยนต์พระที่นั่งซึ่งเป็นเรือไม้ทั้งหมด มีขั้นตอนในการประกอบอย่างประณีตและเป็นเรือที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ไม่สามารถประเมินมูลค่าได้ จะต้องมีการตรวจสอบและประเมินสภาพของเนื้อไม้ ความสมบูรณ์แข็งแรงของเปลือกเรือและโครงสร้างหลักภายในทั้งหมด ซึ่งเป็นการตรวจสอบด้วยสายตาและการเคาะเพื่อฟังเสียง โดยต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญสูง มีประสบการณ์มากในการตรวจสอบเนื้อไม้มาทำการตรวจสอบและวินิจฉัยความบกพร่องภายในเนื้อไม้ที่เกิดขึ้น เช่น ตาไม้ที่อยู่ภายในเนื้อไม้และการแตกลายภายในเนื้อไม้ตามธรรมชาติการแตกภายในเนื้อไม้ เนื่องจากการเจาะและยึดโครงสร้างส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ด้วยสกรูเกลียวปล่อยและสลัก รวมถึงการถูกเจาะเป็นรูหรือโพรงจากปลวก มอด รวมทั้งแมลงกินไม้ต่าง ๆ ซึ่งส่วนมากจะเกิดในมุมอับชื้นหรือการซ้อนทับกันของไม้หลาย ๆ ชั้น เป็นผลให้ไม่สามารถทำการตรวจสอบด้วยสายตาและการเคาะเพื่อฟังเสียงได้ การรื้อโครงสร้างบริเวณรอยบกพร่องจะต้องเปิดเนื้อไม้ เป็นบริเวณกว้างอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะไม่สามารถกำหนดขอบเขตของการชำรุดได้ชัดเจน ส่งผลให้การซ่อมทำต้องใช้งบประมาณสูงขึ้น และใช้ระยะเวลาในการซ่อมทำนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณเปลือกเรือภายนอกของเรือพระที่นั่งทั้ง ๔ ลำ ที่ถูกตกแต่งด้วยลวดลายและเครื่องประดับที่มีราคาแพง คือ เรือพระที่นั่งสุพรรณหงส์ เรือพระที่อนันตนาคราช เรือพระที่นั่งอเนกชาติภุชงค์ และเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ ซึ่งไม่สามารถทำการตรวจสอบด้วยสายตาและการเคาะเพื่อฟังเสียงได้ การรื้อเพื่อตรวจสอบอาจทำให้ลวดลายรวมทั้งเครื่องประดับที่ตกแต่งอันทรงคุณค่าชำรุดเสียหาย รวมทั้งทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณและเวลา

จากประเด็นดังกล่าว กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ จึงมีแนวคิดที่จะใช้เครื่องมืออุปกรณ์ และเทคโนโลยี ตลอดจนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย นำมาประยุกต์และปรับวิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าว ให้สามารถใช้ตรวจสอบเปลือกเรือและโครงสร้างตัวเรือของเรือราชพิธี เรือพระที่นั่ง เรือยนต์หลวง และเรือไม้ของกองทัพเรือ โดยการใช้เทคโนโลยีการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ด้วยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี X - Ray



หลักการถ่ายภาพด้วยรังสี X - Ray

การถ่ายภาพวัสดุด้วยรังสี (Radiographic Testing, RT) เป็นการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย โดยใช้รังสีเอกซ์ (X - Ray) หรือแกมมา (Gamma - Ray)

หลักการ X - Ray ต้องมีเครื่องกำเนิดรังสี ปล่อยรังสีฉายผ่านเนื้อวัสดุที่ต้องการตรวจสอบโดยมีฟิล์มบันทึกภาพซึ่งจะติดอย่างขนานด้านตรงกันข้ามกับแหล่งเครื่องกำเนิดรังสี เมื่อรังสีทะลุผ่านเนื้อวัสดุมากระทบกับเนื้อของฟิล์มบันทึกภาพที่อยู่ด้านหลังชิ้นงาน รังสีจะทำปฏิกิริยากับสารที่เคลือบในฟิล์ม เมื่อนำฟิล์มไปล้างตามกระบวนการล้างฟิล์มจะเกิดภาพขาวดำที่แตกต่างกันตามความหนาแน่นภายในเนื้อวัสดุที่ต่างกันบนฟิล์ม การตรวจสอบวิธีนี้ใช้สำหรับหาจุดบกพร่องภายในเนื้อวัสดุ เช่น รูพรุน รอยแตกร้าว ซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบวัสดุได้หลายชนิดและรูปทรงต่าง ๆ เช่น งานโลหะเกี่ยวกับงานเชื่อม งานหล่อ งานตีขึ้นรูป ส่วนงานอโลหะ เช่น นำไปใช้ในร่างกายมนุษย์ พลาสติก เซรามิค ไม้ เป็นต้น

ลักษณะภาพที่ปรากฏบนฟิล์ม จะมี ๓ สี คือ สีดำ สีเทา และสีขาว โดยมีสองปัจจัยในการเกิดสีที่ต่างกันบนแผ่นฟิล์ม คือ

๑. ความหนาของชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่หนากว่าจะดูดกลืนรังสีไว้ได้มากกว่า ทำให้เหลือปริมาณรังสีที่ทะลุทะลวงผ่านไปทำปฏิกิริยากับสารไวแสงมีปริมาณน้อย ภาพบนแผ่นฟิล์มจึงเป็นสีขาว ในตรงกันข้าม ถ้าความหนาชิ้นงานน้อย ๆ ภาพบนฟิล์มจะเป็นสีดำ ๆ

๒. ความหนาแน่นของชิ้นงาน ชิ้นงานที่มีความหนาแน่นมากจะมีพลังงานรังสีที่สูญเสียไปมาก จึงเหลือปริมาณรังสีผ่านไปทำปฏิกิริยากับสารไวแสงน้อย ภาพบนแผ่นฟิล์มจึงเป็นสีจาง ๆ



ภาพจากฟิล์มของไม้กระดูกงูเรืออนันตนาคราช

การตรวจสอบชิ้นงานโดยวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี อาศัยหลักการวัดปริมาณความเข้มรังสีหลังผ่านชิ้นงานบนแผ่นฟิล์ม ตามสมการ

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

เมื่อ I = ปริมาณความเข้มรังสีหลังผ่านชิ้นงาน

Io = ปริมาณความเข้มรังสีก่อนผ่านชิ้นงาน

μ = สัมประสิทธิ์การดูดกลืนพลังงานของเนื้อชิ้นงาน

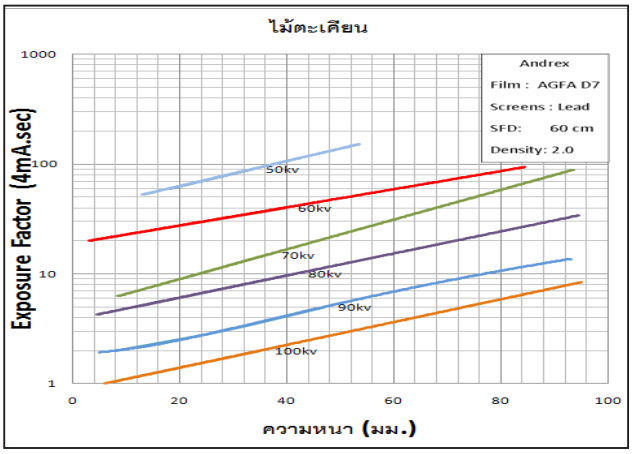
X = ความหนาของชิ้นงาน

การควบคุมความดำของภาพถ่ายจากรังสี ความดำของภาพถ่ายของรังสีจะถูกควบคุมโดย

๑. กระแสไฟฟ้า (mA)

๒. เวลา (Time หรือ Sec)

๓. ระยะทาง (SFD)



Exposure Chart ไม้ตะเคียนทอง

ตัวแปรทั้งหมดที่กล่าวนี้เกี่ยวข้องกัน ดังนั้นจึงต้องพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งที่มีต่อตัวอื่น กระแสหลอดไฟจะมีผลต่อความเข้มของรังสีเป็นสัดส่วนโดยตรง ส่วนกิโลโวลต์ (kV) นั้นมีผลต่อทั้งคุณภาพ (Quality) และความเข้ม (Intensity) ของรังสี กล่าวคือ เมื่อ kV เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นของรังสีจะลดลงที่กระแสเดียวกัน และพลังเจาะทะลุแรงรังสีก็จะเพิ่มขึ้นด้วยปริมาณของรังสีทั้งหมดที่ kV และ mA ใดย่อมขึ้นโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการฉาย ผลรวมของปริมาณรังสีเรียกว่า เอกซโพเซอร์ (Exposure) มีค่าเท่ากับผลคูณของกระแสกับเวลาเป็น Milliamp Ere – Minute



ในการ X - Ray โครงสร้างของเรือพระที่นั่งจะมีความยุ่งยากกว่าการ X - Ray ทั่วไป เนื่องจากงานโครงสร้างทั่วไปจะเป็นโลหะที่มีความหนาแน่นสูง เช่น เหล็ก ทองเหลือง เป็นต้น หากเนื้อวัสดุไม่สมบูรณ์จะมีช่องอากาศที่มีความหนาแน่นแตกต่างจากโลหะมากภาพบนฟิล์มจะปรากฏชัดเจน ประกอบกับงานโลหะมักเป็นวัสดุเนื้อเดียวไม่มีวัสดุอื่นมาปกคลุม แตกต่างจากงานโครงสร้างเนื้อไม้ของเรือพระที่นั่งที่มีความซับซ้อนของโครงสร้าง ทำให้มีความยุ่งยากหลายประการ คือ เนื้อไม้ที่ต้องการตรวจสอบมีความหนาแน่นไม่สูงมาก (ประมาณ ๖๐๐ – ๑,๑๐๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร) หากเกิดความไม่สมบูรณ์ของเนื้อไม้จะมีช่องอากาศที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันไม่มาก อีกทั้งโครงสร้างไม้ของเรือพระที่นั่งจะประกอบด้วยลวดลายและวัสดุตกแต่งต่าง ๆ ปกคลุมทับเนื้อไม้อีกที ทำให้การ X - Ray ต้องใช้ความระมัดระวังในการถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัด โดยก่อนถ่ายภาพ X - Ray ต้องสำรวจวัสดุที่ตกแต่ง



เป็นลวดลายปกคลุมผิวของเนื้อไม้อันได้แก่ ชั้นของสีน้ำมันที่ทาเรือ ยาชัน ลวดลายกนกที่เป็นแก้ว แผ่นทอง โดยการตรวจสอบค่าความหนาแน่นและความหนาแน่นของวัสดุดังกล่าว เพื่อที่จะได้ชดเชยค่าการถ่ายภาพ X - Ray (Exposure Factor) นอกจากนี้ควรเลือกตำแหน่ง SFD การ X - Ray ให้สอดคล้องกับระยะหน้างานที่ถ่ายภาพได้จริง ซึ่งค่าที่ควรจะเลือก SFD อยู่ระหว่าง ๕๐ – ๘๐ เซนติเมตร

ขั้นตอนการถ่ายภาพด้วยรังสีในงานเนื้อไม้

เทคนิคการถ่ายภาพทางรังสีสำหรับเนื้อไม้จะต้องปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดรังสี ทั้งความแรงของรังสี เวลาที่ใช้ถ่าย จำนวนกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เหมาะสมกับความหนาแน่นของเนื้อไม้ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งต้องชดเชยค่าการปล่อยรังสีจากวัสดุที่เคลือบและบดบังเนื้อไม้ เช่น จากลวดลายที่เป็นแก้ว กาวที่ติดภายใน รวมทั้งสีทองที่เคลือบด้วย เพื่อให้รังสีสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อไม้มากระทบแผ่นฟิล์มทำให้ฟิล์มทำปฏิกิริยาและเกิดเป็นภาพที่คมชัด

จึงขอแนะนำขั้นตอนการทำงานดังนี้

๑. วัดความหนาของเนื้อไม้บริเวณที่จะตรวจสอบและตรวจสอบชนิดของไม้ เพื่อคำนวณหาปริมาณความเข้มรังสีที่เหมาะสมเพื่อทำการฉายรังสีและทำให้ฟิล์มดำ

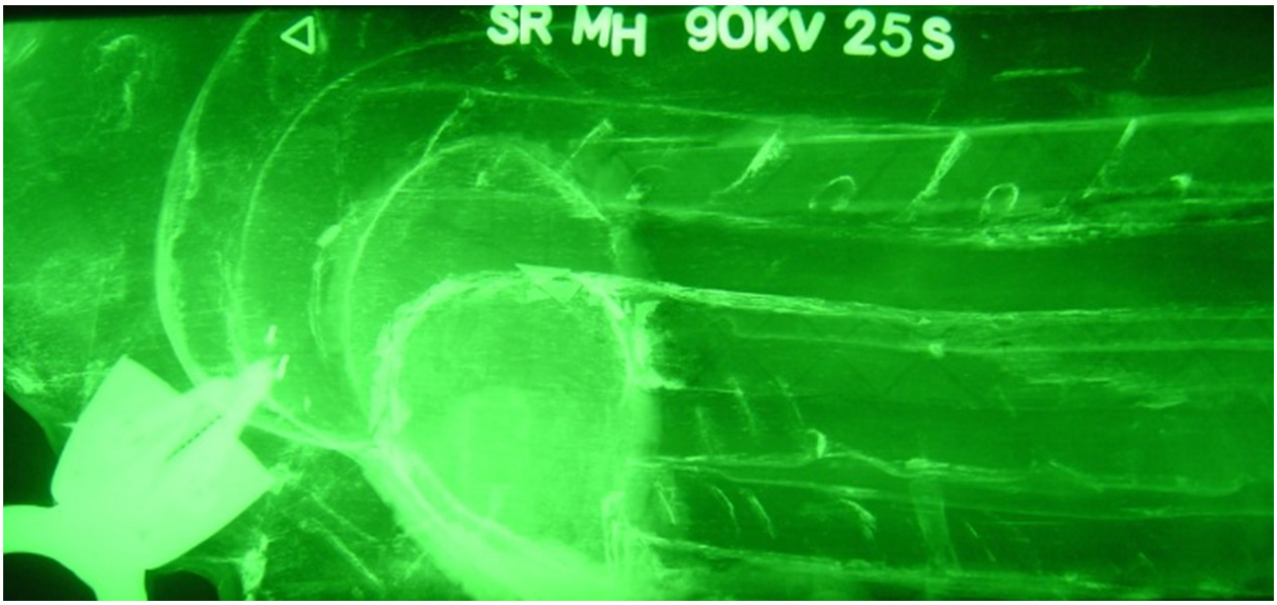
๒. ติดตั้งเครื่องกำเนิดรังสีให้ห่างจากฟิล์มและชิ้นงานอย่างน้อยระยะ ๘ เท่าของความหนาชิ้นงาน โดยให้ต้นกำเนิดรังสีวางตั้งฉากกับชิ้นงาน แผ่นฟิล์มจะติดหรือวางแนบอยู่อีกด้านหนึ่งของชิ้นงาน

๓. คำนวณค่าการปล่อยรังสี (Exposure Factor) จากตาราง (Exposure Chart) ตามความหนาของเนื้อไม้และชนิดของไม้ และชดเชยค่าการปล่อยรังสีกับความหนาและความหนาแน่นของวัสดุที่ปกปิดเนื้อไม้

๔. นำฟิล์มที่ผ่านการฉายรังสีมาผ่านขบวนการล้างฟิล์มในห้องมืด เมื่อผ่านขบวนการล้างฟิล์มแล้วผึ่งฟิล์มให้แห้ง จากนั้นก็ทำการวินิจฉัยฟิล์มหรือภาพถ่ายทางรังสี

๕. ก่อนทำการฉายรังสีเพื่อวิเคราะห์เนื้อไม้ควรทดลองฉายรังสี ๑ – ๒ ฟิล์มในพารามิเตอร์ที่คำนวณไว้เพื่อยืนยันว่าภาพจะคมชัดตามที่ต้องการ หากไม่ถูกต้องจะปรับแต่งค่าต่าง ๆ จนได้ภาพที่ดี ค่อยดำเนินการถ่ายรังสีต่อด้วยพารามิเตอร์นั้น ๆ

ดังนั้นก่อนที่จะทำการตรวจสอบโดยวิธีฉายรังสีทุกครั้ง เราจึงต้องทราบชนิดและความหนาของเนื้อไม้ที่จะทำการตรวจซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญ



ภาพจากฟิล์มส่วนปากของเรือพระที่นั่งสุพรรณหงส์

บรรณานุกรม

พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, สำนักงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมทางวิชาการเรื่อง การตรวจสอบโดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสี.** กรุงเทพ ฯ, ๒๕๔๒.

อู่ทหารเรือ, กรม. **คำแนะนำทางช่าง ค.00002 – 36 ซ คุณสมบัติของไม้ที่ใช้ในการต่อเรือ และการพิสูจน์เนื้อไม้.** กรุงเทพ ฯ : มปส., มปป.

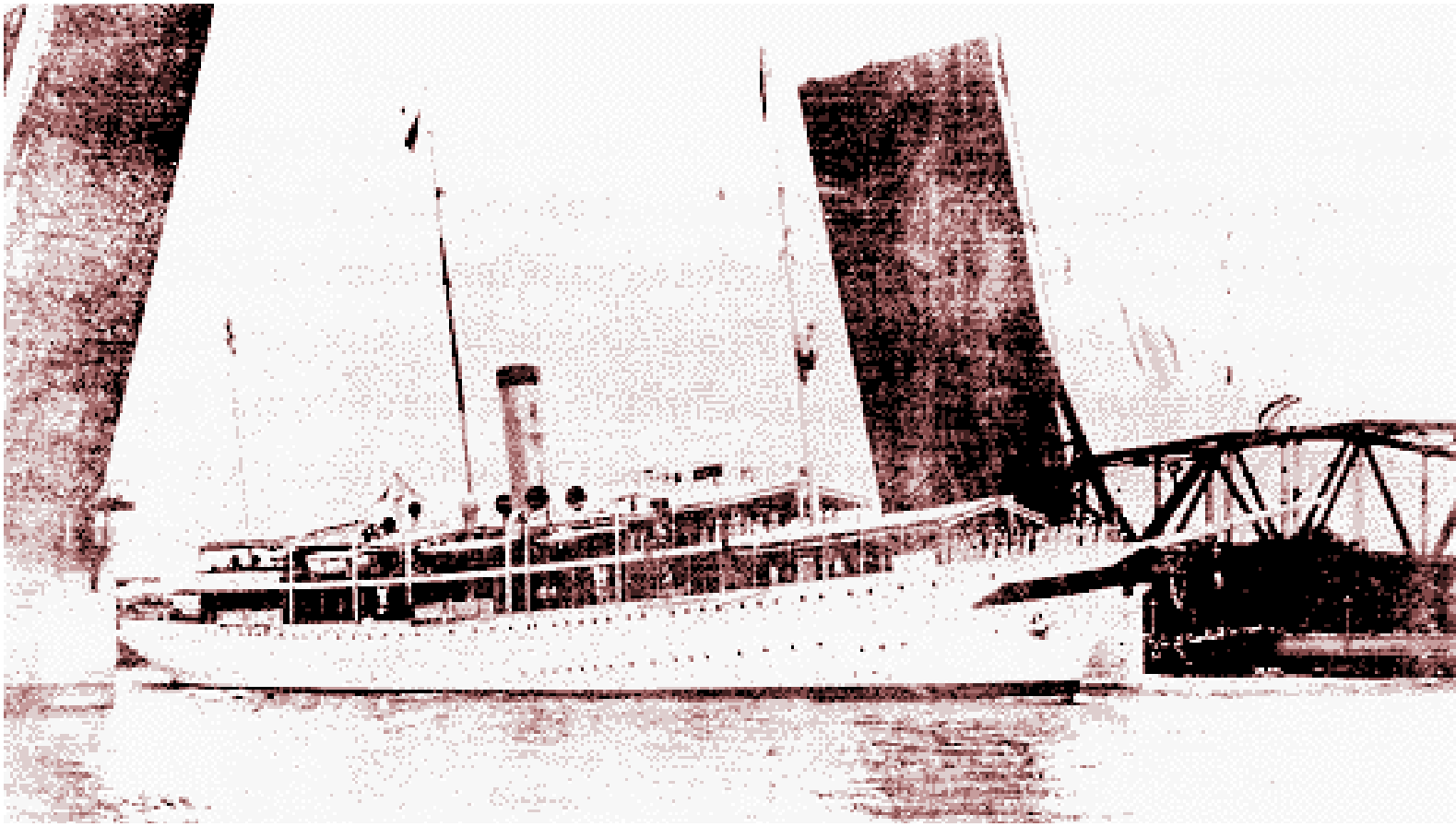
เรือหลวงอ่างทอง เรือยกพลขึ้นบกลำใหม่ล่าสุดของกองทัพเรือ

นาวาเอก กิตติพงศ์ รุมาคม
รองผู้อำนวยการอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ
นาวาเอก อภิรมย์ เงินบำรุง
นายทหารปฏิบัติการประจำกรมกำลังพลทหารเรือ

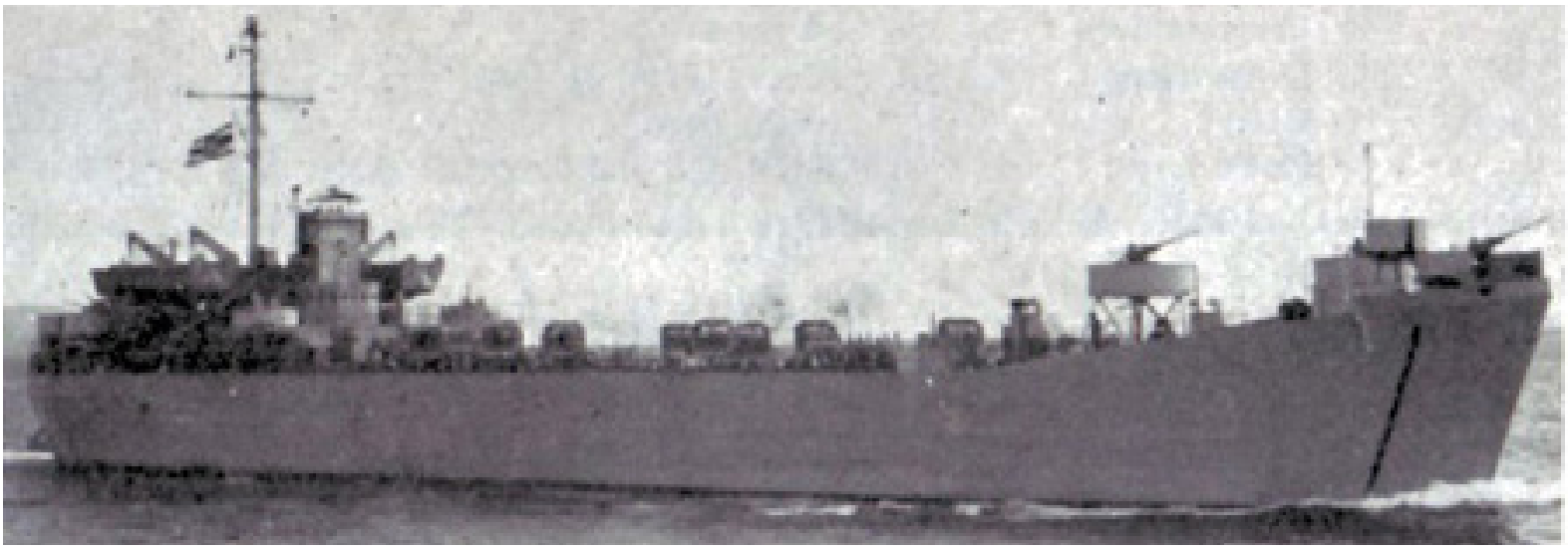


กองทัพเรือได้ว่าจ้างบริษัท Singapore Technologies Marine Ltd. (ST Marine) สาธารณรัฐสิงคโปร์ สร้างเรือยกพลขึ้นบกขนาดใหญ่ ตามสัญญา เลขที่ APS1/2008 ลงวันที่ ๒๖ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๑ ระยะเวลาสร้างเรือประมาณ ๔ ปี ซึ่งได้สร้างแล้วเสร็จ และส่งมอบให้กับกองทัพเรือเมื่อวันที่ ๒๖ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๕ เพื่อทดแทนเรือยกพลขึ้นบกขนาดใหญ่ชุด เรือหลวงอ่างทอง (ลำเก่า) จำนวน ๕ ลำ ที่ปลดระวางประจำการไปแล้วทั้งหมด โดยลำสุดท้ายคือ เรือหลวงพระทอง ที่ปลดระวางประจำการไปเมื่อวันที่ ๕ มิถุนายน พ.ศ.๒๕๕๑

เรือหลวงอ่างทองลำปัจจุบัน เป็นเรือลำที่สาม ในประวัติศาสตร์ของราชนาวีไทย ที่ได้รับพระราชทานนามว่า เรือหลวงอ่างทอง โดยเรือหลวงอ่างทองลำแรกนั้น เดิมทีเป็นเรือพระที่นั่งชื่อ เรือพระที่นั่งมหาจักรี (ลำที่สอง) ในสมัยรัชกาลที่ ๖ เป็นเรือประเภทเรือยอช์ต ขึ้นระวางประจำการเมื่อวันที่ ๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๔๖๑ ต่อมาในปี พ.ศ.๒๔๗๘ ได้ถูกปลดจากเรือพระที่นั่ง และได้นำมาใช้เป็นเรือพี่เลี้ยงเรือดำน้ำ จนกระทั่งในปี พ.ศ.๒๔๘๘ เรือหลวงอ่างทองลำแรกนี้ ได้ถูกเครื่องบิน B - 24 ทิ้งระเบิด และกระหน่ำยิงซ้ำด้วยปืนกล เสียหายอย่างหนักที่อ่าวสัตหีบ พร้อมกับเรือหลวงอู่ทอง เรือหลวงท่าจีน และเรือสุธาทิพย์ ทำให้ เรือหลวงอ่างทอง ลำแรกใช้การไม่ได้ ต้องปลดระวางประจำการในที่สุด ส่วนเรือหลวงอ่างทองลำที่สอง เป็นเรือประเภทเรือยกพลขึ้นบกขนาดใหญ่ หมายเลข ๗๑๑ เดิมคือเรือ USS LST - 924 ของสหรัฐอเมริกา เป็นเรือที่อยู่ในชั้น Landing Ship Tank (LST) สร้างขึ้นเมื่อปี พ.ศ.๒๔๘๗ และได้เข้าร่วมปฏิบัติการในสงครามโลกครั้งที่ ๒ ทันที จนได้รับเหรียญกล้าหาญชั้น Four Battle Star และสหรัฐอเมริกาได้มอบให้กองทัพไทยไว้ใช้ราชการในปี พ.ศ.๒๔๙๐ ซึ่งกองทัพเรือไทยก็ได้ใช้งานเรือลำนี้มาเป็นเวลายาวนานถึง ๔๙ ปี จนปลดประจำการในปี พ.ศ.๒๕๔๙



เรือพระที่นั่งมหาจักรี (ลำที่สอง) หรือ เรือหลวงอ่างทอง ลำแรก



เรือหลวงอ่างทอง ลำที่สอง

สำหรับเรือหลวงอ่างทอง ลำที่สาม หรือลำปัจจุบัน เป็นเรือยกพลขึ้นบกขนาดใหญ่ หมายเลขประจำเรือคือ ๗๙๑ เป็นประเภทเรือยกพลขึ้นบกขนาดใหญ่ชนิดที่มีอู่ลอยสำหรับเรือเล็กประจำเรืออยู่ภายใน หรืออาจเรียกว่า Landing Platform Dock (LPD) โดย พลเรือเอก สถิรพันธุ์ เกยานนท์ ผู้บัญชาการทหารเรือในขณะนั้น เป็นผู้ลงนามในสัญญาจ้าง ด้วยงบประมาณในการสร้างเรือเป็นเงินประมาณ ๕,๐๐๐ ล้านบาท



เรือหลวงอ่างทอง ลำปัจจุบัน

คุณลักษณะทั่วไปของเรือหลวงอ่างทอง

เป็นเรือยกพลขึ้นบกขนาดใหญ่ สร้างตามแบบเรือยกพลขึ้นบกชุดเรือ Endurance ของกองทัพเรือสิงคโปร์ ภารกิจ ปฏิบัติการยกพลขึ้นบก คุ้มครองรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเล สนับสนุนการลำเลียงขนส่ง ป้องกันและปราบปรามการกระทำอันเป็นโจรสลัด สนับสนุนการฝึกและค้นหาช่วยเหลือผู้ประสบภัย โดยมีข้อมูลคุณลักษณะที่สำคัญของเรือ ดังนี้

- ความยาวตลอดลำ ๑๔๑ เมตร
- ความกว้างที่ดาดฟ้า ๒๑ เมตร
- กินน้ำลึก ๔.๖ เมตร
- ระวางขับน้ำสูงสุด ๗,๖๐๐ ตัน
- ความเร็วสูงสุด มากกว่า ๑๗ นอต
- ระยะปฏิบัติการที่ความเร็ว ๑๒ นอต มากกว่า ๕,๐๐๐ ไมล์ทะเล
- กำลังพลประจำเรือ ๑๕๑ นาย
- สามารถเตรียมเสบียงสำหรับกำลังพลประจำเรือ ไม่ต่ำกว่า ๔๕ วัน
- เครื่องจักรใหญ่ดีเซล ตราอักษร CATERPILLAR แบบ C280-12 (๔,๐๖๐ กิโลวัตต์ต่อเครื่อง) จำนวน ๒ เครื่อง
- ระบบเพลาใบจักร แบบ ปรับพิทช์ได้ ตราอักษร WARTSILA LIPS จำนวน ๒ ชุด
- ใบจักรพวงละ ๔ ใบ จำนวน ๒ พวง
- Gear Box ตราอักษร REINTJES LAF 4545 จำนวน ๒ ชุด

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ตราอักษร CATERPILLAR แบบ 3512B (๙๐๐ กิโลวัตต์ต่อเครื่อง) จำนวน ๔ เครื่อง
- Bow Thruster ตราอักษร WARTSILA LIPS จำนวน ๑ ชุด
- อาวุธประจำเรือ
  - ปืน ๗๖/๖๒ มิลลิเมตร แบบ Oto Melara Super Rapid จำนวน ๑ กระบอก
  - ปืนกล ๓๐ มิลลิเมตร แบบ MSI จำนวน ๒ กระบอก
  - ปืนกล ๑๒.๗ มิลลิเมตร หรือ .๕๐ นิ้ว จำนวน ๖ กระบอก
- ระบบอำนวยการรบและควบคุมการยิง
  - ของ บริษัท Terma ราชอาณาจักรเดนมาร์ค
  - MFC (Multi Function Control Console) ใช้แสดงภาพและใช้ยิงอาวุธ จำนวน ๓ ตู้
  - เรดาร์อากาศ - พื้นน้ำ แบบ Scanter 4100 จำนวน ๑ ชุด
  - EOD (Electro - Optical Director) จำนวน ๑ ชุด
- เรือเล็กประจำเรือ
  - เรือระบายพลขนาดเล็ก (LCVP) จำนวน ๒ ลำ
  - เรือระบายพลขนาดกลาง (LCM) จำนวน ๒ ลำ

- นอกจากนี้ยังมี ห้องพยาบาล ห้องผ่าตัด ห้องทันตกรรม สำหรับภารกิจทางทหาร และภารกิจช่วยเหลือผู้ประสบภัย

- ที่ดาดฟ้าใหญ่ (Main Deck) จะมีโรงเก็บเฮลิคอปเตอร์ (Hangar) เครน ขนาด ๒๐ ตัน และ ๑๐ ตัน ที่กราบขวาและกราบซ้าย ตามลำดับ รวมทั้งมีจุดลงจอดเฮลิคอปเตอร์ จำนวน ๒ จุด บริเวณท้ายเรือ



จุดลงจอด เฮลิคอปเตอร์ จำนวน ๒ จุด บริเวณท้ายเรือ



สามารถรับเฮลิคอปเตอร์ แบบ Sea Hawk จำนวน ๒ ลำ หรือ Chinook จำนวน ๑ ลำ

เรือหลวงอ่างทอง ได้ถูกออกแบบให้มีระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติการยกพลขึ้นบกของหน่วยกำลังรบยกพลขึ้นบก (Landing Force : LF) ประกอบด้วย

- มีห้องบัญชาการยกพลขึ้นบก พร้อมระบบควบคุมและสั่งการที่ทันสมัย
- มีห้องพักสำหรับกำลังรบยกพลขึ้นบก จำนวน ๓๖๐ นาย พร้อมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวก
- สามารถบรรทุกยานสะเทินน้ำสะเทินบก (Amphibious Assault Vehicle : AAV) ได้จำนวน ๑๙ คัน ยานล้ออีกจำนวน ๓๐ คัน และเฮลิคอปเตอร์ปราบเรือดำน้ำ ๒ ลำ นอกจากนี้ระวางบรรทุกที่ดาดฟ้าชั้น ๔ (Vehicle Deck) ยังมีขีดความสามารถบรรทุกรถถังแบบ M60 ได้อีกด้วย



การทดสอบการรับยานเกราะล้อยางทาง Side Ramp



การทดสอบการเชื่อมต่อและรับ – ส่ง ยานเกราะล้อยางกับเรือระบายพลขนาดใหญ่



การทดสอบการขนถ่ายยานเกราะล้อยางลงเรือ LCM



การทดสอบการรับรถสะเทินน้ำสะเทินบก (AAV) ทาง Side Ramp



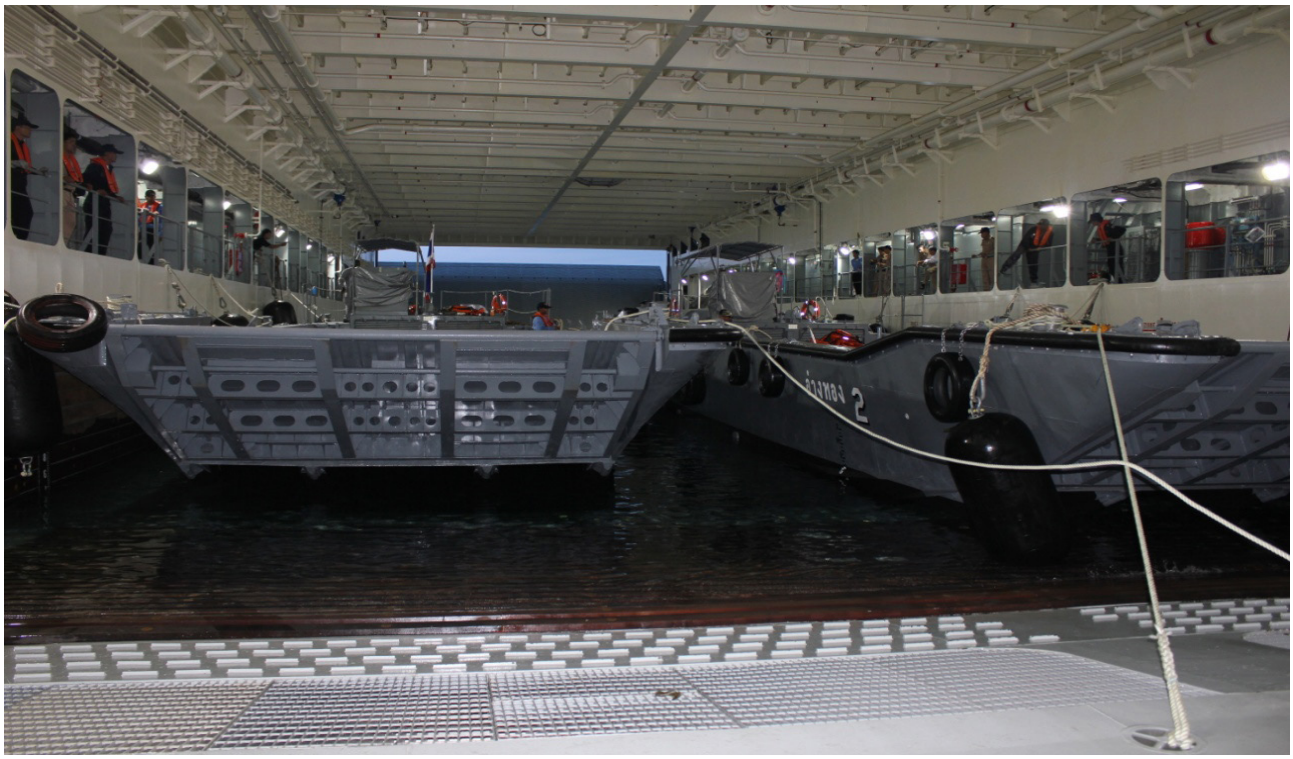
การทดสอบการ รับ – ส่ง สิ่งของกลางทะเลกับเรือหลวงสิมิลัน



การทดสอบการรับน้ำมันเชื้อเพลิงกลางทะเลกับเรือหลวงสิมิลัน



อู่ลอย (Well Dock) ภายในเรือหลวงอ่างทอง สามารถรับเรือระบายพลขนาดกลาง ได้จำนวน ๔ ลำ



เรือระบายพลขนาดกลางขณะจอดอยู่ในอู่ลอย ภายในเรือหลวงอ่างทอง



เรือหลวงอ่างทองในวันที่เข้าสู่น่านน้ำของประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อวันที่ ๑๗ เมษายน พ.ศ.๒๕๕๕

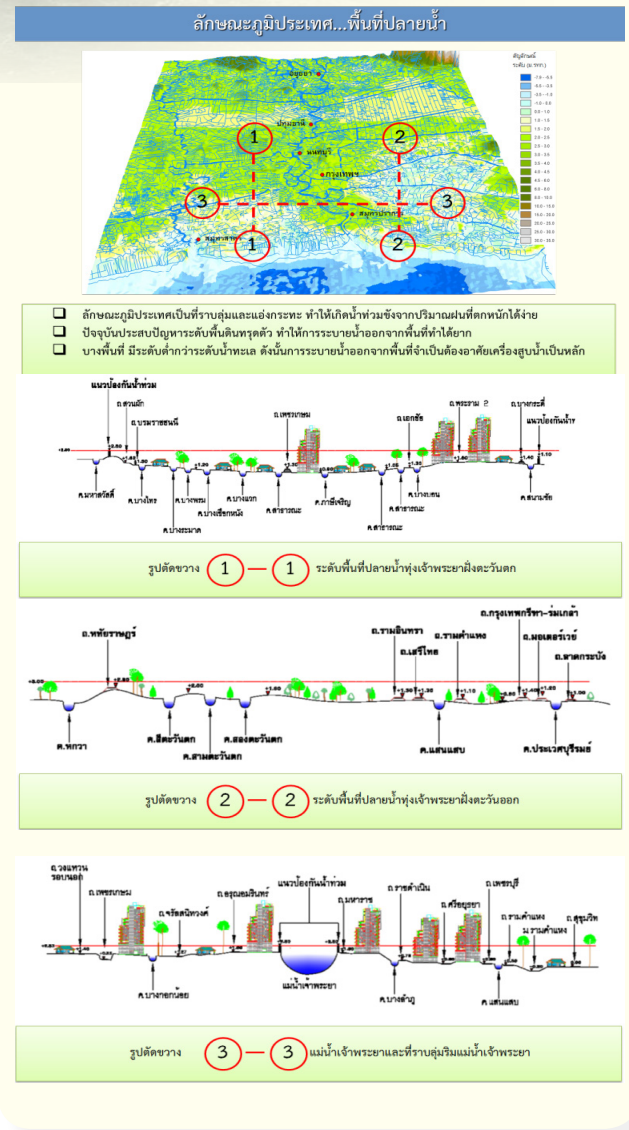
ด้วยขีดความสามารถของเรือหลวงอ่างทอง ซึ่งมีความหลากหลายและสามารถปรับใช้ได้ทั้งในยามสงครามและยามสงบ โดยสามารถปฏิบัติภารกิจได้ทั้งการยกพลขึ้นบก การเป็นเรือบัญชาการหรือเรือธงของกองเรือ การสนับสนุนการฝึก ตลอดการจนช่วยเหลือและบรรเทาสาธารณภัยให้แก่ประชาชนในทะเล ชายฝั่ง และพื้นที่ที่ได้รับมอบหมาย จึงทำให้มั่นใจได้ว่างบประมาณจำนวนมากที่ใช้ในการสร้างเรือลำนี้ จะคุ้มค่ากับที่เสียไปอย่างแน่นอน และจากนี้ไป ผู้บังคับการเรือ นายทหาร ตลอดจนกำลังพลประจำเรือหลวงอ่างทองทุกนาย พร้อมแล้วที่จะปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมาย ให้สมดั่งพระนิพนธ์ของ ***พลเรือเอก พระเจ้าบรมวงศ์เธอ พระองค์เจ้าอาภากรเกียรติวงศ์ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ “เสด็จเตี่ย”*** ของเหล่าทหารเรือ ที่ว่า **“ให้โลกทั้งหลายเขาลือ ว่าตัวเราคือทหารเรือไทย”**

การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำด้วยระบบผลักดันน้ำ

ดอกเตอร์ รอยล จิตรดอน
ผู้อำนวยการสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



เป็นที่ทราบกันดีว่ามหาอุทกภัยในปี ๒๕๕๔ ได้สร้างความเสียหายแก่ประชาชนและบ้านเมืองอย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่ปลายน้ำ ซึ่งรวมกรุงเทพมหานครที่เป็นศูนย์รวมเศรษฐกิจของประเทศ สาเหตุสำคัญประการหนึ่งมาจากเกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ปลายน้ำอยู่เป็นระยะเวลานาน และไม่สามารถระบายน้ำออกได้เร็วเพียงพอ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ปลายน้ำ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม และมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง รวมทั้งมีปัญหาการทรุดตัวของดินอย่างต่อเนื่อง ทำให้พื้นที่หลายแห่งมีลักษณะเป็นแอ่งกระทะ เกิดปัญหาน้ำท่วมขังได้ง่าย และการระบายน้ำออกจากพื้นที่เป็นไปได้ยาก จำเป็นต้องอาศัยการสูบน้ำออกเป็นหลัก ดังนั้นแนวทางหนึ่งในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ปลายน้ำคือการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ โดยมุ่งเน้นการเร่งระบายน้ำออกสู่ทะเลให้รวดเร็วขึ้น ด้วยการเพิ่มพื้นที่การไหลของน้ำ โดยการขุดลอกคูคลองเร่งระบายน้ำออก โดยการติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพิ่มเติม ตลอดจนเร่งการไหลของน้ำโดยติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำ



การเร่งการระบายน้ำโดยการใช้เรือผลักดันน้ำ ได้มีการนำมาทดลองใช้ในพื้นที่ปลายน้ำเพื่อช่วยบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนในมหาอุทกภัยปี พ.ศ.๒๕๕๔ แต่ประสิทธิภาพของการระบายน้ำนั้น ยังไม่มีการสรุปผลที่ชัดเจนนัก ดังนั้นในปี พ.ศ.๒๕๕๕ จึงมีการทดสอบว่าการใช้ระบบผลักดันน้ำในพื้นที่ปลายน้ำทางฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยานั้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำได้ดีมากน้อยเพียงใด โดยวิธีการศึกษาใช้ทั้งการทดลองและการปฏิบัติงานจริง การทดลองเป็นการดำเนินงานระหว่างวันที่ ๕ - ๗ กันยายน ๒๕๕๕ โดยผู้รับผิดชอบคือคณะทำงานทดสอบประสิทธิภาพการระบายน้ำในพื้นที่ปลายน้ำ ส่วนการปฏิบัติงานจริงเป็นการดำเนินงานเพื่อรับมือกับพายุ *“แกมี” (GAEMI)* ระหว่างวันที่ ๑ – ๓๑ ตุลาคม ๒๕๕๕ โดยคณะทำงานปฏิบัติการร่วมระบายน้ำในพื้นที่ปลายน้ำ ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไป

เครื่องผลักดันน้ำและเรือผลักดันน้ำ



คลองทวีวัฒนาช่วงหน้า สน.ศาลาแดง
วันที่ 5 กันยายน 2555



คลองทวีวัฒนาช่วงตัดถนนพุทธ
มณฑลสาย 3
วันที่ 5 กันยายน 2555



คลองทวีวัฒนาช่วงตัดถนนเพชรเกษม
วันที่ 5 กันยายน 2555

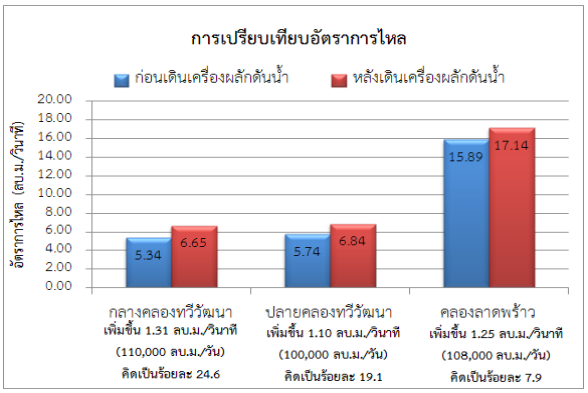




คลองลาดพร้าวช่วงประตูระบายน้ำคลองลาดพร้าว วันที่ 6 กันยายน 2555

การทดสอบระบบการระบายน้ำช่วงวันที่ ๕ – ๗ กันยายน ๒๕๕๕

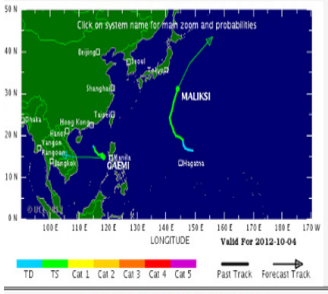
พื้นที่ปลายน้ำที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการระบายน้ำของระบบผลักดันน้ำประกอบด้วยพื้นที่ฝั่งตะวันตกบริเวณคลองทวีวัฒนา (วันที่ ๕ กันยายน ๒๕๕๕) และพื้นที่ฝั่งตะวันออกที่คลองลาดพร้าว (วันที่ ๗ กันยายน ๒๕๕๕) ซึ่งทั้งสองคลองเป็นเส้นทางการระบายน้ำที่เป็นปัญหาในปี ๒๕๕๔ ในการทดสอบมีระบบตรวจวัดปริมาณฝนและระดับน้ำแบบอัตโนมัติ ทำให้สามารถเฝ้าติดตามสถานการณ์ได้อย่างใกล้ชิด การทดสอบในพื้นที่ฝั่งตะวันตกมีการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำที่คลองทวีวัฒนา จำนวน ๗ จุด รวม ๒๐ เครื่อง พบว่าระบบผลักดันน้ำไม่ว่าจะเป็นเครื่องผลักดันน้ำหรือเรือผลักดันน้ำ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำได้ โดยพิจารณาจากอัตราการไหลของน้ำที่บริเวณกลางคลองทวีวัฒนาที่เพิ่มขึ้นร้อยละ ๒๔.๖ หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ๑๑๐,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตร/วัน และที่บริเวณปลายคลองทวีวัฒนาเพิ่มขึ้นร้อยละ ๑๙.๑ หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ย ๑๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตร/วัน แต่ในส่วนของพื้นที่ฝั่งตะวันออกที่คลองลาดพร้าว ไม่สามารถดำเนินการทดสอบได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากเกิดฝนตกหนักในพื้นที่ก่อนวันทดสอบหนึ่งวัน ทำให้ระดับน้ำในคลองลาดพร้าวมีระดับสูง เกิดน้ำเอ่อล้นตลิ่งที่บางช่วงของคลองและมีน้ำท่วมถนนในพื้นที่ทดสอบ จึงได้ใช้เครื่องผลักดันน้ำจำนวน ๒๔ เครื่องที่เตรียมไว้เร่งระบายน้ำในสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นทันที พบว่าการใช้เครื่องผลักดันน้ำสามารถช่วยเพิ่มอัตราการไหลของน้ำบริเวณเหนือประตูระบายน้ำคลองลาดพร้าวได้มากขึ้น ๑๐๘,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตร/วัน เพิ่มขึ้นร้อยละ ๗.๙



การเตรียมรับพายุแกมี

ได้มีการคาดการณ์สภาพอากาศว่ามีแนวโน้มจะเกิดพายุโซนร้อนแกมีในทะเลจีนใต้ โดยพายุเริ่มก่อตัวขึ้นตั้งแต่วันที่ ๓๐ กันยายน ๒๕๕๕ จากนั้นทวีกำลังแรงขึ้นและเคลื่อนขึ้นฝั่งบริเวณตอนกลางของประเทศเวียดนามในช่วงวันที่ ๕ – ๖ ตุลาคม ๒๕๕๕ ต่อมาช่วงวันที่ ๗ – ๑๐ ตุลาคม ๒๕๕๕ พายุจะเคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทยผ่านภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและภาคกลาง อิทธิพลของพายุจะทำให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมากครอบคลุมพื้นที่

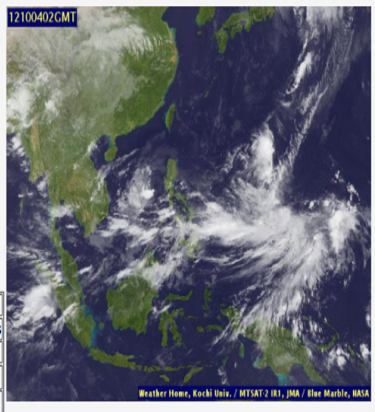
แผนที่วิเคราะห์เส้นทางและความแรงของพายุในมหาสมุทรแปซิฟิก
จัดทำโดย University College London



Tropical Typhoon Windspeed Scale

Strength	Category	1 Minute Maximum Sustained Winds		
		knots	mph	km/h
Tropical Depression	TD	<34	<39	<63
Tropical Storm	TS	34-63	39-73	63-118
Typhoon Cat 1	Cat 1	64-82	74-95	119-153
Typhoon Cat 2	Cat 2	83-95	96-110	154-177
Typhoon Cat 3	Cat 3	96-113	111-130	178-210
Typhoon Cat 4	Cat 4	114-135	131-155	211-250
uper Typhoon Cat 5	Cat 5	>135	>155	>250

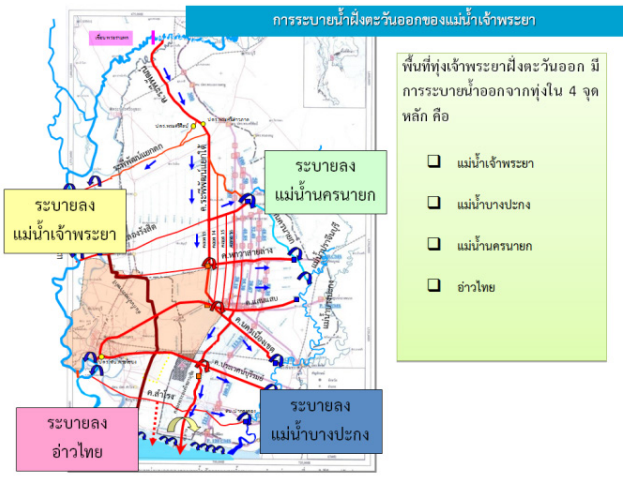
ภาพแผ่นล่าสุดจากดาวเทียม GOES9 จัดทำโดย มหาวิทยาลัยโคชิ



เป็นบริเวณกว้าง จากการคาดการณ์ดังกล่าวประกอบกับข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำในเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ เขื่อนลำพระเพลิง เขื่อนคลองสียัด และเขื่อนประแสร์ ที่ล้วนมีปริมาณน้ำกักเก็บอยู่ในเกณฑ์น้ำมากทั้งสิ้น รวมถึงสถานการณ์น้ำท่าที่พบว่า มีน้ำล้นตลิ่งระดับวิกฤตหลายบริเวณ ในหลายจังหวัด เช่น แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำสุพรรณบุรี ดังนั้นเพื่อเป็นการบรรเทาสภาพปัญหาน้ำท่วมจากฝนตกหนักที่มีอยู่เดิม และเตรียมความพร้อมของพื้นที่ปลายน้ำเพื่อรองรับปริมาณน้ำที่จะเพิ่มขึ้นจากพายุแกมี หนึ่งในกิจกรรมที่ดำเนินการคือ การเร่งระบายน้ำที่ท่วมขังเดิมให้ออกสู่ทะเลโดยเร็วด้วยการใช้เรือผลักดันน้ำ



จำนวนทั้งหมด ๕๓ ลำ และเครื่องผลักดันน้ำจำนวนทั้งหมด ๑๓๒ เครื่อง ช่วยผลักดันน้ำในคลองระบายน้ำสายหลักต่าง ๆ เพื่อป้อนน้ำเข้าระบบสูบน้ำและระบายลงแม่น้ำและทะเลต่อไป โดยแยกเป็นในพื้นที่ปลายน้ำฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาใช้เรือผลักดันน้ำจำนวน ๔๑ ลำ ใน ๑๖ ตำแหน่ง และฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน ๑๒ ลำ ใน ๖ ตำแหน่ง รวมทั้งติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำในพื้นที่ปลายน้ำฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน ๓๓ เครื่อง ใน ๑๕ ตำแหน่ง ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน ๓๓ เครื่อง ใน ๑๒ ตำแหน่ง และในคลองหลักเพื่อระบายน้ำลงแม่น้ำท่าจีนจำนวน ๖๖ เครื่อง ใน ๕ ตำแหน่ง รายละเอียดตำแหน่งที่ติดตั้งเรือผลักดันน้ำและเครื่องผลักดันน้ำแสดงในภาพแผนที่ประกอบ ทั้งนี้



ทางฝั่งตะวันออกมีการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำบางปะกง แม่น้ำนครนายก และอ่าวไทย ส่วนทางฝั่งตะวันตกมีการระบายน้ำลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำท่าจีน

ผลการปฏิบัติงานดังกล่าวสรุปได้ว่าการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำในจุดที่เป็นข้อจำกัดในการระบายน้ำของคลองระบายน้ำสายหลัก ทำให้สามารถป้อนน้ำเข้าระบบสูบได้ดีขึ้น และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสูบน้ำในช่วงวิกฤตได้เกือบเต็มศักยภาพของเครื่องสูบน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงช่วยป้องกันและบรรเทาความเสียหายจากภาวะน้ำท่วมที่เกิดกับประชาชนได้

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการระบายน้ำ

จากการศึกษาพบว่าการติดตั้งระบบผลักดันน้ำในคลองต่าง ๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำได้ ซึ่งจะดีมากน้อยเพียงใดนั้นจะประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญดังนี้

๑. สมรรถนะและรอบการเดินเครื่องของเครื่องผลักดันน้ำ

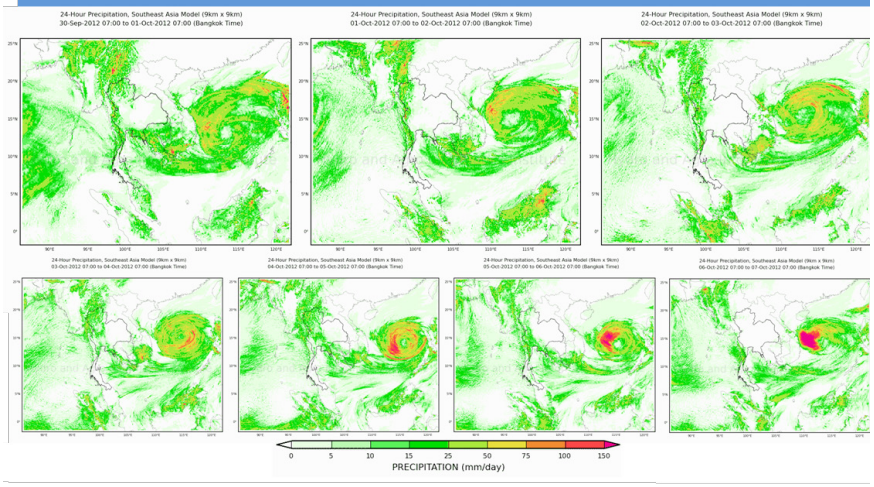
๒. ตำแหน่งการวางเครื่องผลักดันน้ำ

๒.๑ การวางเครื่องผลักดันน้ำหรือเรือผลักดันน้ำ ณ บริเวณเดียวกันหลาย ๆ เครื่อง ให้จัดวางเรียงเป็นหน้ากระดานตามความกว้างของคลอง เพื่อไม่ขัดขวางทางน้ำของเครื่องผลักดันน้ำตัวอื่น

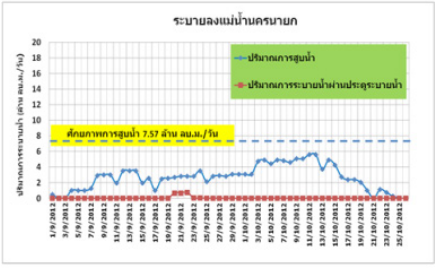
๒.๒ วางเครื่องผลักดันน้ำบริเวณด้านแคบหรือด้านหลังของสะพาน เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงานในการผลักดันน้ำที่ตอม่อของสะพาน

๓. ระดับใบพัดของเครื่องผลักดันน้ำควรอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลักดันน้ำสูงสุด

แผนภาพคาดการณ์ปริมาณฝนรายวันล่วงหน้า จากแบบจำลอง WRF

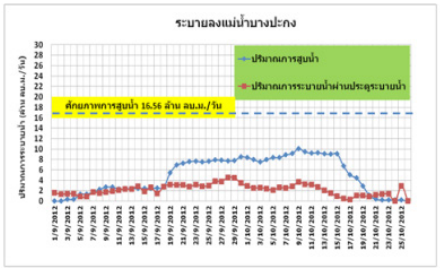


การระบายน้ำฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (1 ก.ย. – 26 ต.ค. 2555)



ระบายลงแม่น้ำนครนายก

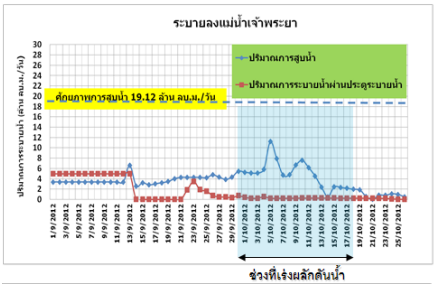
- แม่น้ำนครนายกมีระดับที่สูง การระบายน้ำจำเป็นต้องสูบน้ำ ไม่สามารถระบายผ่านประตูระบายน้ำได้
- การสูบน้ำค่อนข้างมีประสิทธิภาพ
- สถานีสูบน้ำเดินเครื่องได้ 60% (4.49 ล้าน ลบ.ม./วัน)



ระบายลงแม่น้ำบางประกง

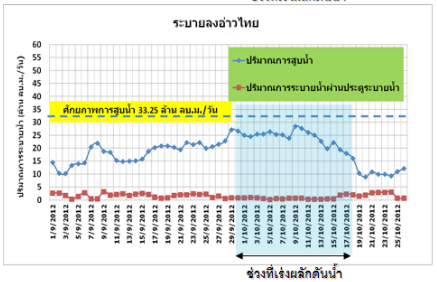
- การระบายน้ำใช้การสูบน้ำเป็นหลัก
- มีการระบายผ่านประตูระบายน้ำในช่วงน้ำทะเลลง
- สูบน้ำได้ต่ำกว่าศักยภาพค่อนข้างมาก
- สถานีสูบน้ำเดินเครื่องได้ 52% (8.62 ล้าน ลบ.ม./วัน)

การระบายน้ำฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา (1 ก.ย. – 26 ต.ค. 2555)



ระบายลงแม่น้ำเจ้าพระยา

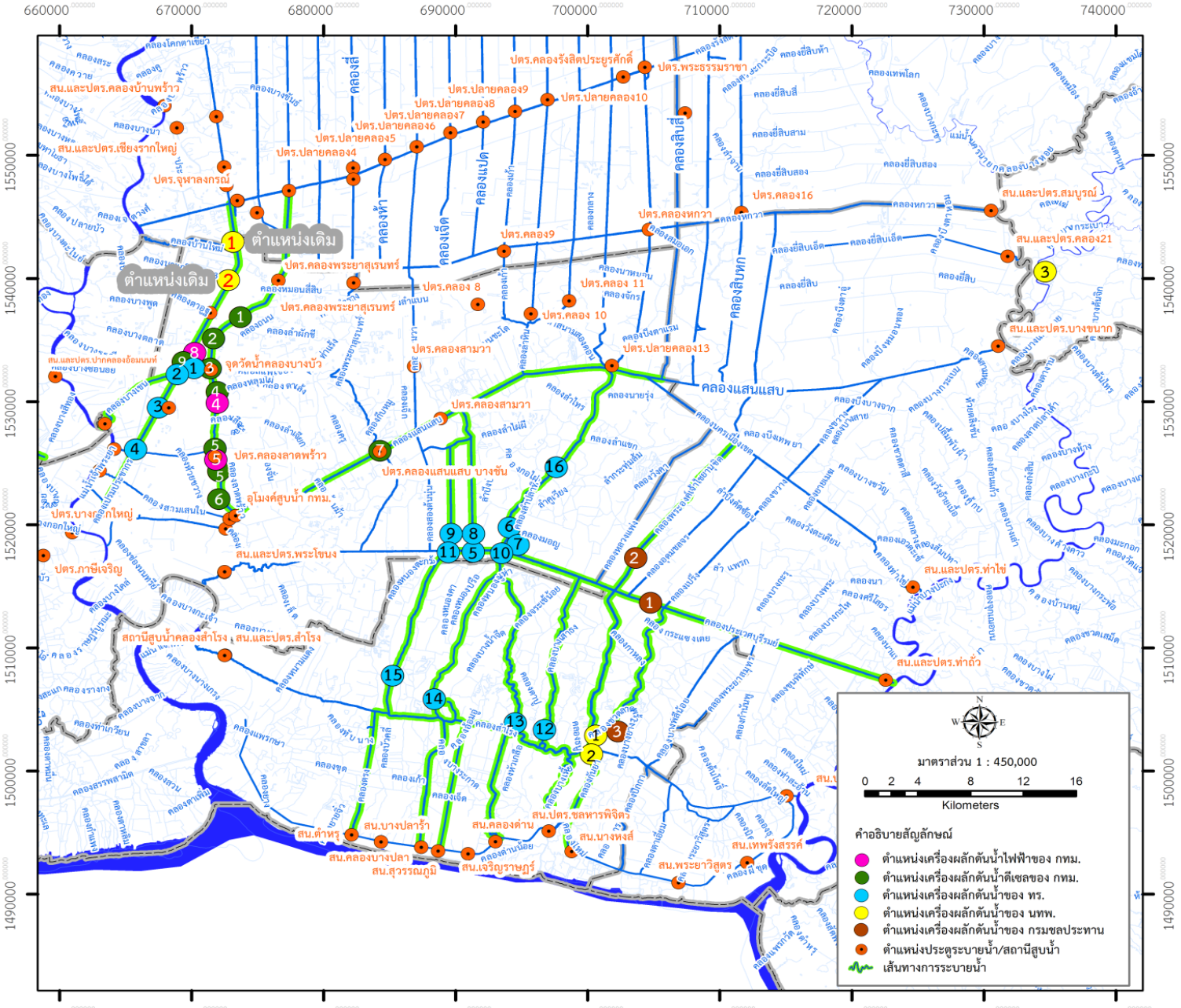
- ระดับน้ำในลำน้ำทุ่งเจ้าพระยาฝั่งตะวันออกมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาการระบายน้ำจึงจำเป็นต้องสูบน้ำเป็นหลัก ไม่สามารถระบายผ่านประตูระบายน้ำได้
- การติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำสามารถช่วยป้อนน้ำเข้าระบบสูบได้ดีขึ้น
- สถานีสูบน้ำเดินเครื่องได้ 34% (6.42 ล้าน ลบ.ม./วัน)



ระบายลงอ่าวไทย

- การระบายน้ำใช้การสูบน้ำเป็นหลัก
- มีการระบายผ่านประตูระบายน้ำในช่วงน้ำทะเลลง
- การติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำสามารถช่วยป้อนน้ำเข้าระบบสูบได้ดีขึ้น ทำให้สามารถเร่งสูบน้ำช่วงวิกฤต (1-10 ต.ค. 55) ได้เกือบเต็มศักยภาพของเครื่องสูบน้ำ
- สถานีสูบน้ำเดินเครื่องได้ 78% (25.74 ล้าน ลบ.ม./วัน)

แผนที่ตำแหน่งเรือผลักดันน้ำและเครื่องผลักดันน้ำในพื้นที่ฝั่งตะวันออก



เครื่องผลักดันน้ำของ นทพ.

1	นทพ.	คลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต	ถนนบางนาตราด (สะพานข้ามคลอง)	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 เครื่อง
2	นทพ.	คลองก้นยา (สำโรง)	บริเวณสะพานวัดบางบ่อ ถ.สวนเกษตร (สะพานข้ามคลอง)	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
3	นทพ.	คลองปราจีนบุรี	สะพานข้ามแม่น้ำปราจีนบุรี หช.3481 ต.บางยาง อ.บ้านสร้าง	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
1 2	นทพ.	ตำแหน่งเครื่องผลักดันน้ำจุดเดิม 1 และ 2 ย้ายมาจาก คลองเปรมประชากร (บริเวณ วิภาวดี 33 และหลังวัดดอนเมือง)		

เรือผลักดันน้ำของ ทร.

1	ทร.	คลองบางเขน	ถนนกำแพงเพชร 6 (ใต้สะพานรถไฟข้ามคลองบางเขน)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
2	ทร.	คลองเปรมประชากร	หน้าวัดเทวสุนทร	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
3	ทร.	คลองเปรมประชากร	ใต้ทางยกระดับรัชวิภา (ถนนรัชดาภิเษก)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
4	ทร.	คลองบางซื่อ	ลอดใต้ถนนเตชะวานิช	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
5	ทร.	คลองสี่ประเวศ	บริเวณวัดปลูกศรัทธา ถนนฉลองกรุง 1 (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
6	ทร.	คลองลำปลาทิว	บริเวณวัดสุทธาโภชน์ ถนนฉลองกรุง 8 (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
7	ทร.	คลองลำปลาทิว	ลอดใต้มอเตอร์เวย์ กรุงเทพฯ-ชลบุรี (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
8	ทร.	คลองสี่ประเวศ	ลอดใต้มอเตอร์เวย์ กรุงเทพฯ-ชลบุรี (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
9	ทร.	คลองสามประเวศ	ลอดใต้มอเตอร์เวย์ กรุงเทพฯ-ชลบุรี (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
10	ทร.	คลองหัวตะเข้	ถนนลาดกระบัง-หลวงแพ่ง (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 ลำ
11	ทร.	คลองลาดกระบัง	ถนนลาดกระบัง (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ
12	ทร.	คลองบางเสาธง	ลอดใต้ถนนบางนา-ตราด (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 3 ลำ
13	ทร.	คลองจระเข้ใหญ่	ลอดใต้ถนนบางนา-ตราด (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 ลำ
14	ทร.	คลองบางโฉลง	บริเวณหน้าวัดบางโฉลงใน	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 ลำ
15	ทร.	คลองลาดกระบัง	ลอดใต้ถนนบางนา-ตราด (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 ลำ
16	ทร.	คลองลำปลาทิว (ลำผักชี)	วัดลำผักชี - ถนนสังฆประชา (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ

เครื่องผลักดันน้ำของ กทม.

1	กทม.	คลองสอง	ตลาดยิ่งเจริญ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
2	กทม.	คลองสอง	ปตร.เก่ากรมชลฯ (ชุมชนก้าวหน้า)	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
3	กทม.	คลองสอง	ตลาดบางบัว	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
4	กทม.	คลองลาดพร้าว	ถ.ประเสริฐมนูกิจ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 1 เครื่อง
4				เครื่องผลักดันน้ำ (ไฟฟ้า) 1 เครื่อง
5	กทม.	คลองลาดพร้าว	ปตร.ลาดพร้าว ฝั่งใต้	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
5			ปตร.ลาดพร้าว ฝั่งเหนือ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
5			ปตร.ลาดพร้าว ฝั่งเหนือ	เครื่องผลักดันน้ำ (ไฟฟ้า) 1 เครื่อง
6	กทม.	คลองขวดใหญ่	ปตร.คลองขวดใหญ่ตอนคลองลาดพร้าว	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 1 เครื่อง
7	กทม.	คลองแสนแสบ	ปตร.คลองแสนแสบ ตอนคลองบางขันด้านเหนือ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 1 เครื่อง
8	กทม.	คลองบางเขน	ตัดถนนวิภาวดีรังสิต (บ.ยาคูลท์)	เครื่องผลักดันน้ำ (ไฟฟ้า) 1 เครื่อง
9	กทม.	คลองบางเขน	บริเวณคลองบางเขนตอนคลองเปรมฯ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง

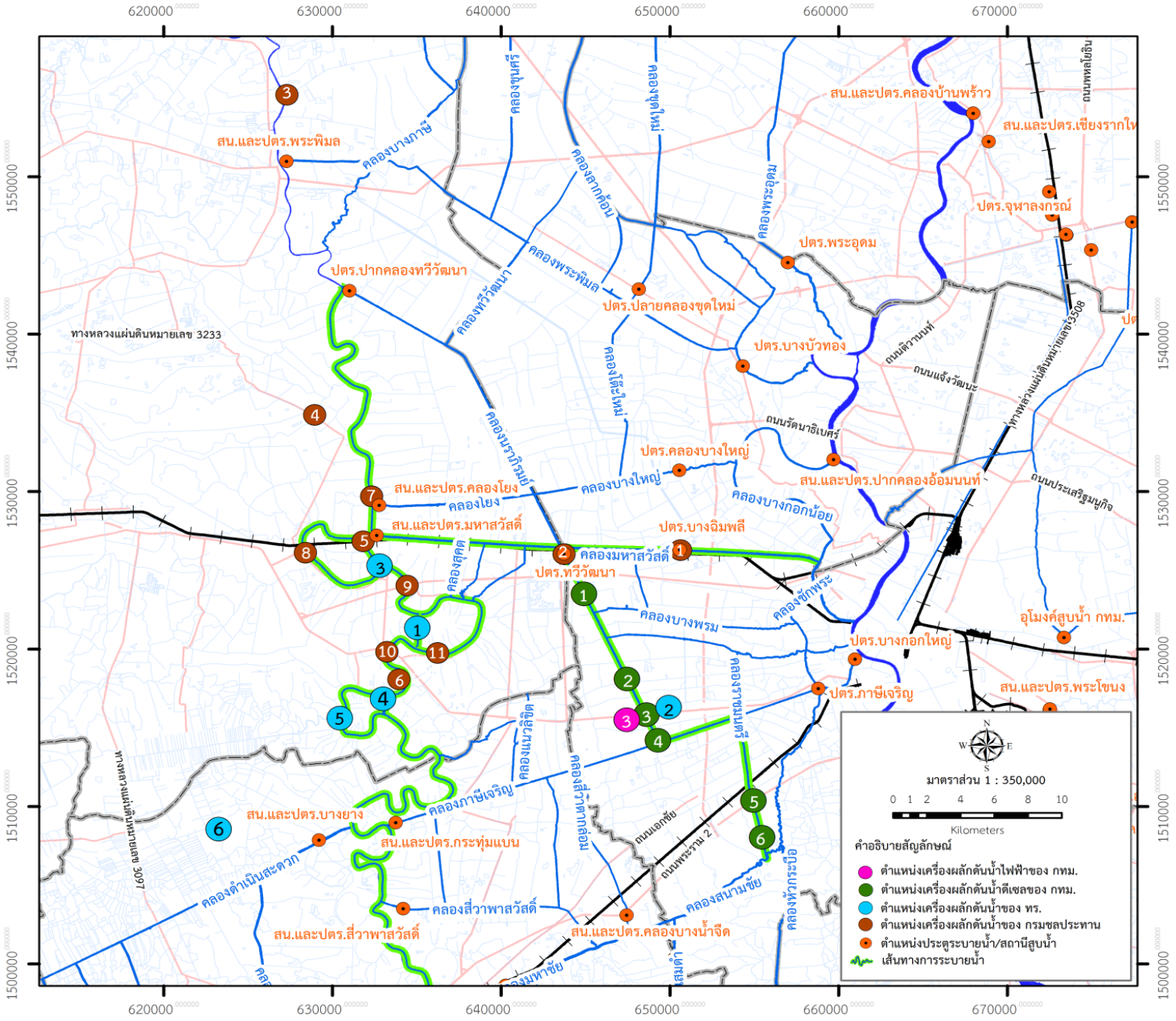
เครื่องผลักดันน้ำของ ขป.

1	ขป.	คลองประเวศบุรีรมย์	ปตร.กลางคลองประเวศน์	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 3 เครื่อง
2	ขป.	คลองพระองค์ไชยานุชิต	คลองพระองค์ไชยานุชิต (จุดตัดทางรถไฟสายตะวันออก)	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
3	ขป.	คลองพระองค์ไชยานุชิต	คลองพระองค์ไชยานุชิต (จุดตัดถนนบางนา-ตราด)	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง

จำนวนเรือผลักดันน้ำทั้งหมด 41 ลำ (16 ตำแหน่ง)

จำนวนเครื่องผลักดันน้ำทั้งหมด 33 เครื่อง (15 ตำแหน่ง)

แผนที่ตำแหน่งเรือผลักดันน้ำและเครื่องผลักดันน้ำในพื้นที่ฝั่งตะวันตก



เครื่องผลักดันน้ำของ กทม.					เครื่องผลักดันน้ำของ ชป.				
1	กทม.	คลองทวีวัฒนา	ตัดถนนอุทยาน (อักษะ)	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง	1	ชป.	คลองมหาสวัสดิ์	ปตร.ฉิมพลี	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
2	กทม.	คลองทวีวัฒนา	ตัดถนนพุทธมณฑลสาย 3	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง	2	ชป.	คลองทวีวัฒนา	คลองทวีวัฒนา	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 6 เครื่อง
3	กทม.	คลองทวีวัฒนา	ตัดถนนเพชรเกษม	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง	3	ชป.	คลองประชาศรัย	ปตร.ประชาศรัย	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
3				เครื่องผลักดันน้ำ (ไฟฟ้า) 2 เครื่อง	4	ชป.	คลองบางพระ	ปตร.บางพระ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 1 เครื่อง
4	กทม.	คลองทวีวัฒนา	ตัดถนนเลียบคลองภาษีเจริญฝั่งเหนือ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 เครื่อง	5	ชป.	คลองลัดจิ้วราย	คลองลัดจิ้วราย	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง
5	กทม.	คลองพระยาราชมนตรี	ตัดถนนพระราม 2	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง	6	ชป.	คลองลัดท่าคา	คลองลัดท่าคา	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 4 เครื่อง
6	กทม.	คลองพระยาราชมนตรี	สะพานพูลเฉลย ขอยเทียนทะเล 7	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 เครื่อง	เครื่องผลักดันน้ำในแม่น้ำท่าจีน				
เครื่องผลักดันน้ำของ ทร.					7	ชป.	แม่น้ำท่าจีน	สะพานวัดสำโรง-ลานตากฟ้า	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 20 เครื่อง
1	ทร.	คลองลัดทรงคนอง	บริเวณวัดทรงคะนอง ถนนทรงคะนอง-ไร่ขิง (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ	8	ชป.	แม่น้ำท่าจีน	สะพานรวมเมฆ	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 10 เครื่อง
2	ทร.	คลองทวีวัฒนา	ตัดถนนเพชรเกษม	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ	9	ชป.	แม่น้ำท่าจีน	สะพานชวัล	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 12 เครื่อง
3	ทร.	คลองลัดจิ้วราย	บริเวณท้ายประตูน้ำกรมชลประทาน ถนนวัดไทยาวาสสอน 2	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ	10	ชป.	แม่น้ำท่าจีน	สะพานมงคลรัฐประชานุกูล	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 12 เครื่อง
4	ทร.	คลองลัดท่าข้าม	บริเวณวัดท่าข้าม ถนนโยธาธิการ (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ	11	ชป.	แม่น้ำท่าจีน	สะพานโพธิ์แก้ว	เครื่องผลักดันน้ำ (ดีเซล) 12 เครื่อง
5	ทร.	คลองจินดา	บริเวณวัดบางช้างใต้ ถนนคลองใหม่ (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ	จำนวนเรือผลักดันน้ำฝั่งตะวันตกทั้งหมด 12 ลำ (6 ตำแหน่ง)				
6	ทร.	คลองเจ็ดริ้ว	บริเวณวัดเจ็ดริ้ว (สะพานข้ามคลอง)	เรือผลักดันน้ำ (ดีเซล) 2 ลำ	จำนวนเครื่องผลักดันน้ำฝั่งตะวันตกทั้งหมด 33 เครื่อง (12 ตำแหน่ง)				
					จำนวนเครื่องผลักดันน้ำในแม่น้ำท่าจีนทั้งหมด 66 เครื่อง (5 ตำแหน่ง)				





เรือผลักดันน้ำกองทัพเรือที่ติดตั้งในพื้นที่เขตลาดกระบัง





เรือผลักดันน้ำกองทัพเรือที่ติดตั้งในคลองบริเวณถนนบางนา - ตราด





เรือผลักดันน้ำกองทัพเรือที่ติดตั้งในคลองลัดทรงคนอง

เอกสารอ้างอิง

คณะอนุกรรมการติดตาม วิเคราะห์สถานการณ์น้ำและจัดสรรน้ำในคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.). **รายงานฉบับสมบูรณ์การทดสอบประสิทธิภาพการระบายน้ำในพื้นที่ปลายน้ำ ระหว่างวันที่ ๕ – ๗ กันยายน ๒๕๕๕**. พ.ศ.๒๕๕๕.

คณะอนุกรรมการติดตาม วิเคราะห์สถานการณ์น้ำและจัดสรรน้ำในคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.). **รายงานฉบับสมบูรณ์ปฏิบัติการร่วมระบายน้ำในพื้นที่ปลายน้ำ**. พ.ศ.๒๕๕๕.

เทคโนโลยีเรือผลักดันน้ำของกองทัพเรือ

Flow Thruster Ship in The Royal Thai Navy

นาวาโท ชลัมพ์ โสมาภา
นายช่าง แผนกออกแบบเครื่องเย็นระบายและปรับอากาศ
กองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ



บทคัดย่อ

ในช่วงวิกฤตมหาอุทกภัยครั้งใหญ่ เมื่อปลายปี พ.ศ. ๒๕๕๔ เรือผลักดันน้ำที่สร้างขึ้นโดยกรมอู่ทหารเรือได้ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยบรรเทาความรุนแรงของสถานการณ์น้ำท่วม โดยการผลักดันระบายน้ำในแม่น้ำและคูคลองต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพ ฯ และเขตปริมณฑล ให้ไหลออกสู่ทะเลอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ช่วยแก้ปัญหาน้ำท่วมให้กับประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำ (Waterjet Propulsion System) ในเรือผลักดันน้ำนี้ ไม่ใช่สิ่งใหม่ในกองทัพเรือเลย แท้จริงแล้วเป็นเครื่องสูบน้ำชนิดหนึ่งที่อาจเป็นชนิด Mixed - Flow หรือ Axial – Flow Pump ที่นำมาติดตั้งในเรือแทนระบบใบจักรเรือ (Propeller) มีใช้มานานแล้วตั้งแต่สมัยสงครามเวียดนาม ในเรือตรวจการณ์ลำน้ำของกองทัพเรือ (Patrol Boat River หรือ PBR) ซึ่งมีหน้าที่หลัก ในการตรวจตรา รักษาความปลอดภัย จับกุมผู้กระทำผิดกฎหมายตามลำน้ำโขง เครื่องพ่นน้ำ มีข้อดีเหนือกว่าระบบขับเคลื่อนเรือด้วยระบบใบจักรหลายประการ เช่น เรือที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องพ่นน้ำสามารถแล่นในน้ำตื้น (Shallow Draft) ได้ดีกว่าเพราะไม่มีส่วนประกอบยื่นออกมาจากท้ายเรือ จึงทำให้ลดแรงต้านทานเรือ (Low Ship Resistance) ทำให้เกิดความคล่องตัวสูงขึ้น อีกทั้งประสิทธิภาพของเรือไม่ลดลง เมื่อเรือแล่นด้วยความเร็วสูง

บทนำ

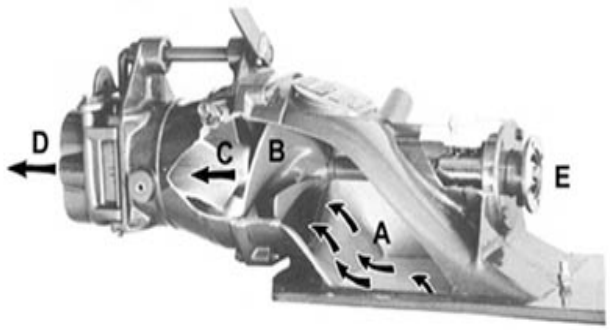
ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำ (Waterjet Propulsion System) เป็นระบบขับเคลื่อนของเรือที่มีใช้อยู่ในกองทัพเรือมานานแล้ว กล่าวคือมีใช้ในเรือตรวจการณ์ลำน้ำ (Patrol Boat River) กว่า ๔๐ ลำ นอกจากนี้ กรมอู่ทหารเรือมีขีดความสามารถในการสร้างเครื่องพ่นน้ำเหล่านี้เป็นอะไหล่ทดแทนให้กับเรือที่มีระบบขับเคลื่อนดังกล่าว ดังนั้นระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำจึงไม่ใช่ของใหม่แต่อย่างใด แต่การนำเครื่องพ่นน้ำมาติดตั้งและดัดแปลงให้เป็นเรือผลักดันน้ำนั้นเป็นนวัตกรรมการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ทันต่อเหตุการณ์และสามารถแก้ไขสถานการณ์อันเลวร้ายได้อย่างชาญฉลาด

๑. เครื่องพ่นน้ำ หรือ Waterjet

เครื่องพ่นน้ำ คือ ปั๊ม (Pump) ชนิด Mixed Flow ชนิดหนึ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่ดูดน้ำจากช่องใต้ท้องเรือเข้าสู่ตัวเรือนปั๊ม แล้วจึงถูกปล่อยออกมาจากทางท้ายเรือด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วที่ถูกดูดเข้าไป ด้วยความแตกต่างกันของโมเมนตัม (Momentum) ของน้ำ ที่ไหลเข้าใต้ท้องเรือ และน้ำที่ถูกปล่อยออกไปทางท้ายเรือจึงทำให้เกิดแรงผลัก หรือ Thrust ต่อตัวเรือทำให้เรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วสูง



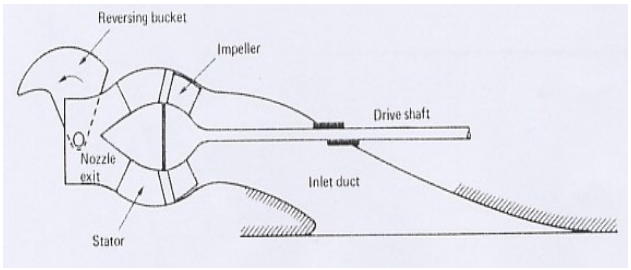
(ก)



(ข)

รูปที่ ๑ เครื่องพ่นน้ำ

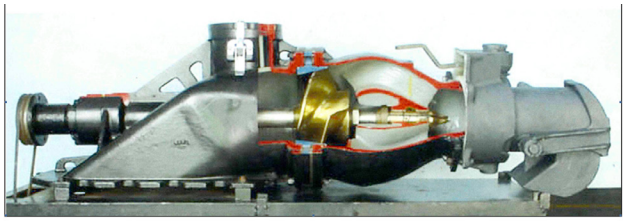
เครื่องพ่นน้ำ มีส่วนประกอบหลัก ๆ คือ ๑. ทางดูดน้ำ (Intake Duct) ๒. ใบพัดน้ำ (Pump Impeller) ๓. ครีบผันน้ำ (Stator) ๔. หัวพ่นน้ำ (Outlet Nozzle) ๕. Reverse Bucket ๖. Deflector



รูปที่ ๒ ลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของ Waterjet

เมื่อใบพัดน้ำ (Pump Impeller) ถูกทำให้หมุนด้วยมอเตอร์หรือเครื่องยนต์จะส่งผลให้น้ำถูกดูดเข้ามาทางทางดูดน้ำ (Intake Duct) ผ่านใบพัดน้ำเข้าสู่ ครีบผันน้ำ (Stator) ซึ่งบริเวณนี้น้ำจะถูกทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นจนมีพลังงานศักย์เต็มที่ (ความดันหรือ Head จะถูกทำให้เพิ่มขึ้น) แล้วจึงไหลผ่านเข้าสู่หัวพ่นน้ำ (Outlet Nozzle) ที่ท้ายเรือเกิดเป็นพลังงานจลน์ให้เรือขับเคลื่อนไปข้างหน้าด้วยความเร็วสูง สำหรับการลดความเร็ว การหยุดเรือและทำให้เรือเกิดอาการถอยหลังสามารถกระทำได้โดยการเคลื่อนตัว Reverse Bucket ลงมาขวางทางพ่นน้ำของหัวพ่นน้ำ ยิ่งหัวพ่นน้ำพับลงมาต่ำมากเท่าใด ยิ่งทำให้เรือเกิดแรงต้านเพิ่มมากขึ้น จนสามารถหยุดเรือและถอยหลังได้ ในที่สุด Deflector มีหน้าที่เหมือนกับหางเสือ คือ เปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ของเรือจากการหักเหการไหลของน้ำที่พ่นออกมาจากหัวพ่นน้ำ

สำหรับเครื่องพ่นน้ำ (Waterjet Pump) ตราอักษร Jacuzzi ที่มีใช้อยู่ในกองทัพเรือ และสามารถผลิตขึ้นได้ภายในกรมอู่ทหารเรือนั้น มีลักษณะดังรูปที่ ๓ รับกำลังขับมาจากเครื่องยนต์โดยใช้เพลายอย (Flexible Shaft) เป็นตัวต่อกำลังขับเป็นการต่อโดยตรง (Direct Drive) เมื่อใช้งานรอบเครื่องยนต์กับรอบ Jacuzzi จึงเท่ากัน เครื่องพ่นน้ำทำหน้าที่เช่นเดียวกับปั๊ม กล่าวคือเมื่อเดินเครื่อง ตัวปั๊มซึ่งติดตั้งกับพื้นท้องเรือจะดูดน้ำผ่านตะแกรงกรอง แล้วพ่นน้ำผ่านหัวพ่นน้ำพุ่งออกไปทางท้ายเรือและผลักเรือให้พุ่งไปด้านหน้าได้



รูปที่ ๓ เครื่องพ่นน้ำ Jacuzzi Model 14 YT

การบังคับให้เรือหันขวาซ้าย ใช้การควบคุมการหันของ Deflector ให้หันไปขวา ซ้าย ตามต้องการ เมื่อใช้ Jacuzzi ตัวหนึ่งเดินหน้า อีกตัวหนึ่งถอยหลัง จะทำให้เรือหมุนอยู่กับที่ เรือจึงสามารถกลับลำในลำคลองที่มีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวของตัวเรือได้ และเมื่อเรือใช้ความเร็วสูงสุดก็สามารถหยุดเครื่องและบังคับให้อยู่กับที่หรือถอยหลังได้ทันที ซึ่งนับว่ามีความคล่องตัวอย่างมาก

รายละเอียดของเครื่องพ่นน้ำ Jacuzzi มีดังนี้

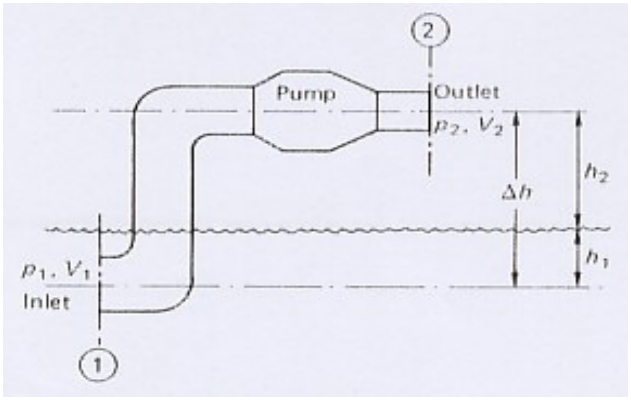
- ตราอักษร Jacuzzi, Marine Jet Propulsion Pump
- บริษัทผู้สร้าง Jacuzzi Bros Inc. Richmont California
- Model 14 YT Spec 4022 B
- กำลังเครื่อง ๒๐๕ แรงม้า ที่ ๒,๘๐๐ รอบ/นาที ที่รอบสูงสุด ๒,๘๐๐ รอบ สามารถสูบน้ำขับเคลื่อนได้ในอัตรา ๖,๐๐๐ แกลลอน/นาที (๑,๓๖๒ ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง) ได้กำลังดันสูงสุด ๓๗ ปอนด์/ตารางนิ้ว (๒.๕๕ บาร์) กำลังขับเคลื่อน ๑,๗๐๐ ฟุตปอนด์
- ขนาดของกรวยพ่นน้ำ ๕ ๓/๔ นิ้ว
- น้ำหนักเครื่อง ๔๐๐ ปอนด์ (๒๔๕.๔ กิโลกรัม) เมื่อทำด้วยโลหะ Aluminium

๒. ทฤษฎีของเครื่องพ่นน้ำ [๑]

พิจารณาจากรูปที่ ๔ ซึ่งแสดงถึงระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำ ในอุดมคติ สมมติให้น้ำเข้าสู่ระบบด้วยความเร็ว V_1 และถูกปล่อยออกมาจาก Outlet Nozzle ซึ่งมีพื้นที่ภาคตัดขวาง A_2 ด้วยความเร็ว V_2 ปริมาณการไหลเชิงมวลของน้ำที่ไหลผ่าน เครื่องพ่นน้ำ เท่ากับ

$$m = \rho A_2 V_2$$

โดยที่ ρ คือความหนาแน่นของน้ำ



รูปที่ ๔ ลักษณะโครงสร้าง เครื่องพ่นน้ำ ในอุดมคติ

ดังนั้น อัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัมที่เพิ่มขึ้นของน้ำที่ไหลผ่าน เครื่องพ่นน้ำ คือ

$$\rho A_2 V_2 (V_2 - V_1)$$

เนื่องจากแรงที่เกิดขึ้น มีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ดังนั้น แรงผลักที่เกิดขึ้นจากระบบมีค่าเท่ากับ

$$T = \rho A_2 V_2 (V_2 - V_1)$$

และกำลังการขับเคลื่อน P_T เป็น

$$P_T = TV_S = mV_S (V_2 - V_1) \qquad (1)$$

โดยที่ V_S คืออัตราเร็วของเรือ

ในการหาสมการกำลัง ที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนระบบเครื่องพ่นน้ำ จำเป็นต้องใช้สมการพลังงานทาง Fluid Mechanics ประยุกต์ใช้ในระบบ Inlet และ Outlet สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_P = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h + h_{loss} \qquad (2)$$

โดยที่

H_p = เฮดอันเนื่องมาจากพลังงานเข้าสู่ระบบ (เฮดของปั๊ม)

Δh ผลต่างของเฮดสถิต (Static Head) ระหว่าง Inlet และ Outlet ของเครื่องพ่นน้ำ

$$\Delta h = h_1 + h_2$$

h_{loss} = เฮดสูญเสีย (Loss) อันเนื่องมาจากของไหลผ่านระบบและการสูญเสียเกิดขึ้นจากปั๊ม (Pump Losses)

สำหรับค่าเฮดสถิตย์ของระยะระหว่างทางเข้าและทางออก สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่เรือลอยลำกำลังเริ่มออกตัว และขณะที่เรือกำลังแล่นในน้ำ ตัวอย่างเช่น เรือไฮโดรฟอยล์ซึ่งขับเคลื่อนด้วยระบบเครื่องพ่นน้ำ ดังรูปที่ ๔ ซึ่งแสดงถึงระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำที่ใช้ในไฮโดรฟอยล์ขณะขับเคลื่อน

สำหรับค่าเฮดของการสูญเสีย หรือ Head Loss, h_{loss} ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเสียดทานและกระแสวน (Frictional and Eddy Shedding Losses) ณ บริเวณส่วนโค้งต่าง ๆ ในระบบท่อหรือช่องทางน้ำเข้า รวมถึงตะแกรงที่ปากทางเข้า (Inlet Grillages) และส่วนประกอบอื่น ๆ ซึ่งยื่นล้ำเข้าไปในระบบ ส่งผลให้เกิดการรบกวนการไหลของน้ำที่กำลังไหลเข้าสู่ระบบ

จากสมการ (2) สมมติให้ p_2 เป็นค่าคงที่อยู่เหนือเส้นแนวน้ำ เนื่องจากระยะความสูงที่เกี่ยวข้องและผลกระทบจากความดันรอบ ๆ มีค่าน้อยมาก

สมการ (2) ลดลงเหลือ

$$H_P = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_2 + h_{loss} \qquad (3)$$

เพราะว่า $p_1 = p_2 + h_1 \rho g$

ค่ากำลัง (P_{Pump}) ที่ถูกส่งถ่ายให้กับน้ำโดยปั๊ม สามารถเขียนให้อยู่ในเทอมของพลังงานต่อหน่วยเวลา

(mgH_P)

จากสมการ (3) สามารถเขียนได้ใหม่ ดังนี้

$$P_{Pump} = m\left[\frac{1}{2}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(h_2 + h_{loss}\right)\right] \qquad (4)$$

ดังนั้น สามารถสร้างสมการประสิทธิภาพของเครื่องพ่นน้ำ (Equivalent Open Water Efficiency) ได้จากสมการ (1) และ (4) เนื่องจากประสิทธิภาพเป็นอัตราส่วนของกำลังขับเคลื่อน (Thrust Horsepower) ต่อกำลังส่ง (Delivered Horsepower)

$$\eta_o = \frac{V_S\left(V_2 - V_1\right)}{\left[\frac{1}{2}\left(V_2^2 - V_1^2\right) + g\left(h_2 + h_{loss}\right)\right]} \qquad (5)$$

สำหรับเทอม h_{loss} ในสมการ (5) คือผลรวมค่าเฮดสูญเสียอิสระ (Independent Head Losses) สองค่า ได้แก่ เฮดสูญเสียภายใน (Internal Head Losses, h_D) และ เฮดสูญเสียจากปั๊ม (Pump Head Losses, h_P) ดังนั้นจะได้ว่า

$$h_{loss} = h_D + h_P \qquad (6)$$

ค่า เฮดสูญเสียภายใน (Internal Head Losses) ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสภาพโครงสร้างของเครื่องพ่นน้ำ ประกอบด้วย ๑. Intake Losses, h_{DI} ๒. Diffuser Head Losses, h_{DD} ๓. Skin Friction Losses, h_{DSF} ดังนั้นจะได้ว่า

$$h_D = h_{DI} + h_{DD} + h_{DSF} \qquad (7)$$

สำหรับค่า Intake Loss, h_{DI} คือผลรวมของ Loss เกิดขึ้นจาก ตะแกรง และ Loss ส่วนโค้งอื่น ๆ ภายในตัวเรือนเครื่องพ่นน้ำ ค่า Loss เหล่านี้โดยหลักการแล้ว จะเป็นฟังก์ชั่นของความเร็วน้ำเข้า (Intake Velocity) V_1 ซึ่งสามารถแสดงได้ตามสมการดังนี้

$$h_{DI} = k\,\frac{V_1^2}{2g}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ k คือผลรวมของค่าแฟกเตอร์ k_1 และ k_2 ซึ่งหมายถึงค่า Loss จาก Guard และ Loss อันเนื่องจากส่วนโค้ง ปกติแล้ว k_1 และ k_2 จะมีค่า 0.10 และ 0.015 ตามลำดับ

ค่า Diffuser Head Loss สามารถคำนวณได้โดยวิธีทางไฮดรอลิก (Hydraulic Methods) มีค่าดังนี้

$$h_{DD} = (1 - \eta_D)(1 - \varepsilon^2)\frac{V_1^2}{2g}$$

n_D คือ ค่าประสิทธิภาพของ Diffuser (Diffuser Efficiency) ซึ่งจะมีค่า 90 % ในสภาพปกติ

ε คือ อัตราส่วนระหว่าง พื้นที่ทางเข้าและพื้นที่ทางออกของ Diffuser

สำหรับเทอมสุดท้ายในสมการ (7) ได้แก่ h_{DFS} ซึ่งคือ การสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานของพื้นผิว (Skin Friction Losses) หาได้จากการคำนวณพื้นที่ผิวเปียกของ Intake, Ducting, Diffusers, Supporting Struts, Vanes และ Nozzle ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เกี่ยวข้อง

ดังนั้นถ้าผลรวมของ Internal Losses h_D ในสมการ (7) ถูกนำมาแสดง ในเทอมของ สัมประสิทธิ์ของการสูญเสียเพียงอย่างเดียว (Loss Coefficient) จะได้ว่า

$$h_D = k_D \frac{(V_S + \Delta V)^2}{2g}$$

โดยที่ $\Delta V = (V_2 - V_1)$ และ ค่า k_D ปกติแล้วจะอยู่ในช่วง $0.04 < k_D < 0.10$

สำหรับค่าเฮดสูญเสียอันเนื่องมาจากปั๊ม (Pump Head Loss, h_p) จากสมการ (6) สัมพันธ์โดยตรงกับสภาพของปั๊มและค่าเฮดสูญเสียอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สมการของเฮดสูญเสียนี้สามารถแสดงได้ในเทอมของ Pump Head, H และประสิทธิภาพของปั๊ม η_P ดังนี้

$$h_P = H\left(\frac{1-\eta_P}{\eta_P}\right)$$

ค่า η_P สำหรับปั๊มชนิด Axial หรือ Mixed Flow รุ่นปัจจุบันจะมีค่าประมาณ 0.90 สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพปั๊ม (Pump Efficiency) ได้ดังนี้

$$\eta_P = \frac{\phi}{2\pi}\frac{\psi}{K_Q} \qquad (๘)$$

โดยที่ ϕ และ ψ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ การไหล และสัมประสิทธิ์ การส่งถ่ายพลังงาน (Flow and Energy Transfer Coefficients) ดังนี้

$$\phi = \frac{Q}{ND^3}\ ,\ \psi = \frac{gH}{N^2D^2}$$

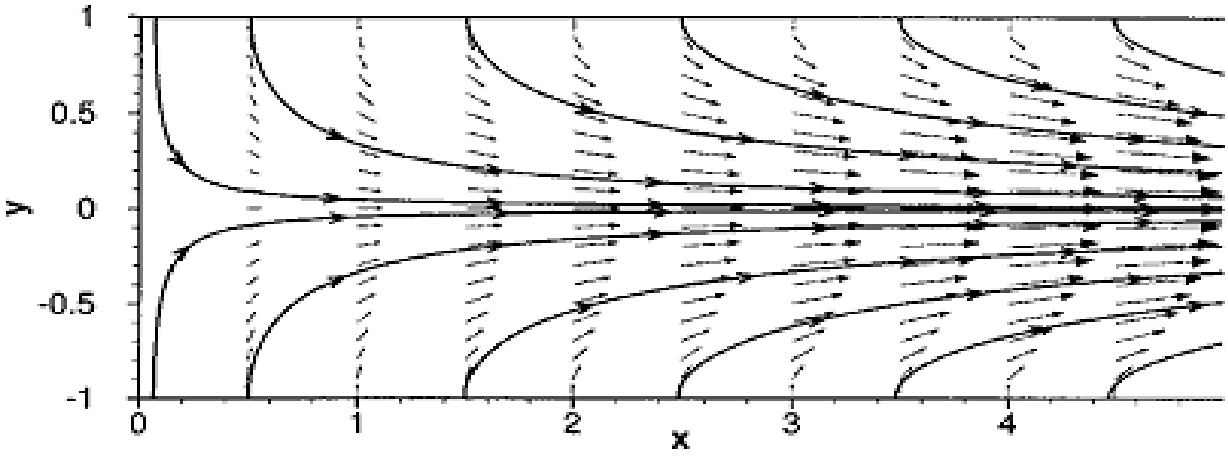
ค่า K_Q คือ ค่า Normal Torque Coefficient ของใบจักร

๓. เครื่อง Waterjet มีคุณสมบัติพิเศษดังนี้

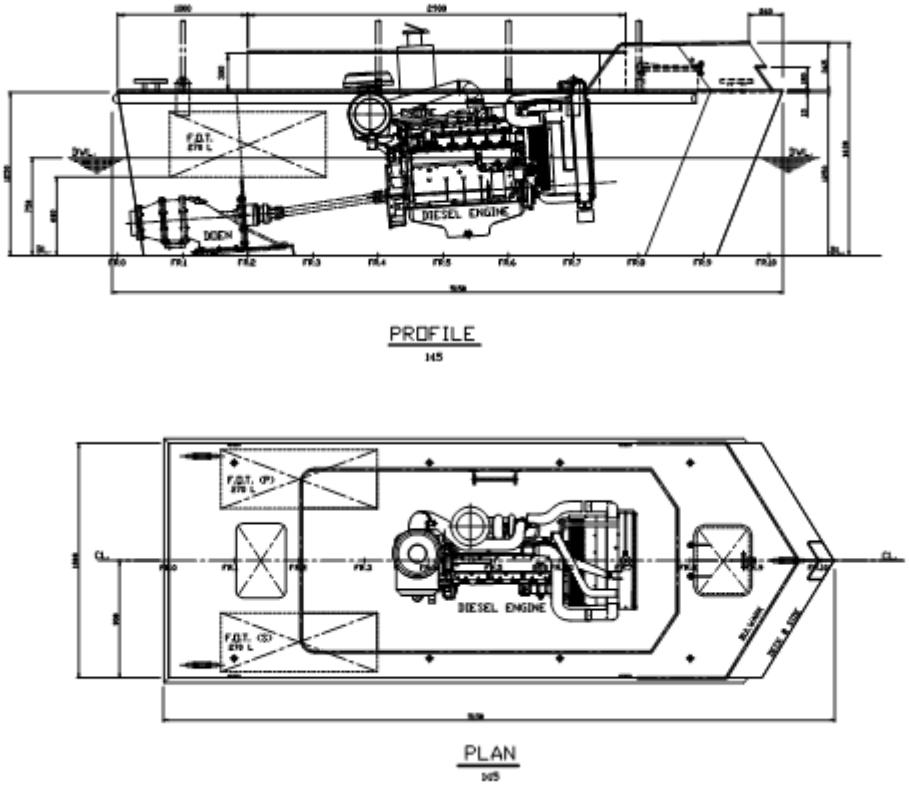
- ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำไม่มีความจำเป็นต้องมีใบจักรอยู่ใต้ท้องเรือทำให้ไม่มีการกระทบกับวัตถุใต้น้ำและลดปัญหาอุบัติเหตุทางน้ำได้ในกรณีที่มีคนอยู่ในบริเวณใกล้เคียง
- สามารถแล่นในน้ำตื้นได้ เนื่องจากตัวเรือกินน้ำตื้นและไม่มีส่วนที่ยื่นออกจากตัวเรือ เรือจึงมีความต้านทานต่ำ
- สามารถบังคับทิศทางได้ทุกอัตราเร็ว การเคลื่อนที่ของเรือเป็นไปอย่างรวดเร็วและสามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้ทันทีเมื่อต้องการ
- การดูดซับกำลังของตัวเครื่องพ่นน้ำ ไม่มีผลกระทบกับความเร็วของตัวเรือ
- มีความสั่นสะเทือนน้อยและเกิดสัญญาณเสียงใต้น้ำต่ำ
- เครื่องพ่นน้ำ ง่ายต่อการดูแลรักษา การซ่อมแซมและการติดตั้ง

๔. เรือผลักดันน้ำ

เรือผลักดันน้ำมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มอัตราการไหลของมวลน้ำในแม่น้ำ คู คลองต่าง ๆ ให้มีอัตราการไหลที่สูงขึ้น โดยอาศัยการไหลของกระแสน้ำจากเครื่องพ่นน้ำ (Waterjet) เป็นตัวเหนี่ยวนำการไหลของน้ำโดยรวม ซึ่งเราอาจอ้างอิงได้จากทฤษฎีทางกลศาสตร์ของไหลที่เกี่ยวข้องกับ “Effect of Induce Fluid Flow” มวลน้ำที่ถูกพ่นออกมาจากเครื่องพ่นน้ำของเรือ จะทำการเหนี่ยวนำหรืออาจเรียกว่าดึงมวลน้ำที่อยู่รอบ ๆ ไปกับกระแสน้ำด้วย ไม่แต่เฉพาะน้ำที่ดูดและส่งออกจากปั๊มเท่านั้น มวลน้ำที่อยู่รอบกระแสน้ำจากเครื่องพ่นน้ำจึงถูกดูดให้ไหลไปด้วยพร้อม ๆ กันในอัตรา ๑ : ๓ กล่าวคือ ถ้าอัตราการส่งน้ำของเครื่องพ่นน้ำหนึ่งเครื่องอยู่ที่ ๖,๔๐๐ แกลลอน/นาที (๒๔.๒๒ ลูกบาศก์เมตร/นาที) จะสามารถดึงมวลน้ำโดยรวมได้ทั้งหมด ๑๙,๒๐๐ แกลลอน/นาที (๗๒.๗ ลูกบาศก์เมตร/นาที) หรือ คิดเป็น ๑๐๔,๖๖๐ ลูกบาศก์เมตร/วัน

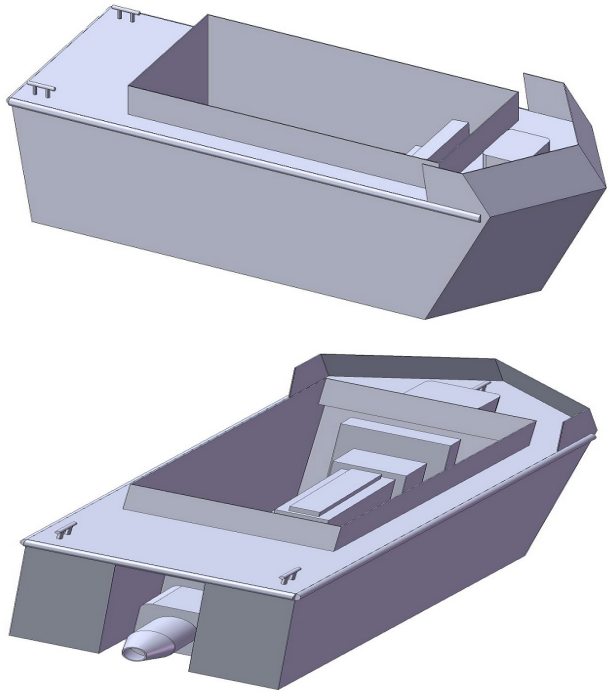


รูปที่ ๕ Fluid Streamlines and Velocity Profiles



รูปที่ ๖ แบบแปลนเรือผลักดันน้ำ

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเรือผลักดันน้ำที่มีเครื่องพ่นน้ำอยู่ ๑ เครื่อง จะสามารถผลักมวลน้ำให้ไหลไปด้วยอัตราการไหลสูงกว่า ๑ แสน ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (ในกรณีที่เดินเครื่องตลอด ๒๔ ชั่วโมง) ดังนั้นจึงเป็นที่แน่ใจได้ว่า เรือผลักดันน้ำสามารถทำงานได้ผลจริง สามารถช่วยเร่งการระบายน้ำให้ไหลออกสู่ทะเลได้ ในแง่ด้านประสิทธิภาพการทำงานนั้น เรือผลักดันน้ำจะสามารถผลักมวลน้ำให้ระบายออกได้รวดเร็วมากหรือน้อยกว่าค่าอ้างอิงดังกล่าวเพียงไรนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เรือผลักดันน้ำนั้นอยู่ในน้ำลักษณะใด โดยทฤษฎีทางกลศาสตร์ของไหล ของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านในช่องทางที่แคบนั้นจะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วสูงกว่าของไหลที่กำลังเคลื่อนที่ไปในช่องทางที่กว้างกว่า ดังนั้นเรือผลักดันน้ำจะทำงานได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อผลักดันน้ำในช่องทางที่แคบกว่า เช่น คู คลอง หรือ ทางระบายน้ำ เป็นต้น



รูปที่ ๗ โมเดลเรือผลักดันน้ำแบบ ๓ มิติ

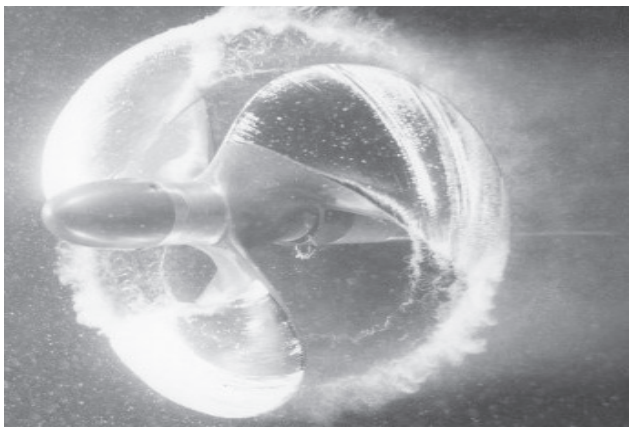
๕. การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องพ่นน้ำ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประสิทธิภาพของเครื่องพ่นน้ำ หาได้จาก ๓ ส่วน [๓] ส่วนแรก คือ ประสิทธิภาพของปั๊ม (Pump Efficiency) อาจสูงถึง 90 - 93 % ใน เครื่องพ่นน้ำ ที่มีขนาดใหญ่ ส่วนที่สองได้แก่ ประสิทธิภาพตัวเรือ (Hull Efficiency) คือ Interaction ของของไหลภายนอกตัวเรือและระบบขับเคลื่อน ส่วนสุดท้าย ได้แก่ ประสิทธิภาพของโมเมนตัม (Momentum Efficiency) ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่าง Inlet Flow Velocity และ Outlet Flow Velocity ค่า Momentum Efficiency เป็นศูนย์ เมื่อ Velocity Ratio เท่ากับ ๑ แต่จะดีที่สุดเมื่อ ค่า Velocity Ratio เท่ากับ ๐.๗ โดยประมาณ

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำ และใบจักร (Propeller) จะพบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องพ่นน้ำ จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเรือมีความเร็วสูงขึ้นและจะมีค่าน้อยลงเมื่อเรือมีความเร็วลดต่ำลง ทั้งนี้เมื่อเรือมีความเร็วต่ำ ค่า Momentum Efficiency จะมีค่าต่ำเช่นกัน เนื่องจากไม่สามารถ Optimize ความแตกต่างความเร็วของของไหลที่ Inlet และ Outlet ได้ ฉะนั้นจะมีความเหมาะสมกว่าถ้าจะใช้ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำกับเรือที่ปกติใช้กับงานซึ่งต้องการความเร็วที่สูงเกินกว่า ๒๕ นอต เพราะประสิทธิภาพของเครื่องพ่นน้ำ จะไม่ลดลงเหมือนกับระบบขับเคลื่อนซึ่งใช้ใบจักรหรือ Propeller

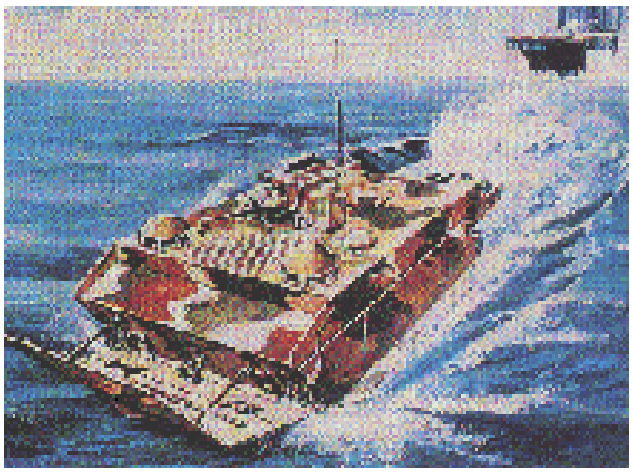
ปัจจุบันเทคโนโลยีการนำเครื่องพ่นน้ำมาใช้กับเรือเร็วชนิดต่าง ๆ ได้มีขึ้นอย่างแพร่หลาย และกำลังก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในต่างประเทศ เช่น ประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ มีการศึกษาแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในส่วนของทางดูดน้ำของตัวเรือนเครื่องพ่นน้ำนั้น มีความสำคัญอย่างมากที่จะต้องออกแบบให้มีการไหลของน้ำที่มีการปั่นป่วน (Turbulence) ที่เหมาะสม เพราะทางดูดน้ำเป็นจุดเริ่มต้นของการไหลซึ่งจะถูกส่งต่อเข้าสู่ส่วนอื่นของระบบเช่น ตัว Impeller และ Stator จนพ่นสู่ภายนอกผ่าน Exit Nozzle ในที่สุด ลักษณะการไหลของกระแสน้ำผ่านทางดูดน้ำ จึงเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดค่าประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนและเรือ มหาวิทยาลัยทาสมาเนีย (University of Tasmania) แห่งเครือรัฐออสเตรเลีย ได้ทำการวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องนี้โดยตรง [๔] กล่าวคือ ลักษณะ Non - Uniform Flow ที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งทางดูดน้ำของเครื่องพ่นน้ำก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของเครื่องพ่นน้ำ อีกทั้งยังทำให้เกิดการสั่นสะเทือนจาก Cyclically Varying Loads และ Local Cavitations ที่ใบพัด (Impeller) และอาจจะส่งผลให้เกิดความล้า (Fatigue) ที่เนื้อโลหะได้เช่นกัน

คณะวิจัยของมหาวิทยาลัยได้เสนอวิธีแก้ไขปัญหาการเกิด Flow Distortion เช่นนี้ โดยการติดตั้ง Vortex Generator ภายในทางดูดน้ำเพื่อปรับปรุง Flow Uniformity โดยใช้ CFD (Computational Fluid Dynamics) ในการศึกษาวิเคราะห์ตำแหน่งที่เหมาะสมที่สุดของ Vortex Generator และใช้ Cavitation Tunnel ในการทดลองเพื่อกำหนด Validation



รูปที่ ๘ Cavitation ที่ ใบจักรเรือ

ยานสะเทินน้ำสะเทินบกหรือที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Amphibious Assault Vehicle (AAV) ของหน่วยนาวิกโยธิน [๕] เป็นยานพาหนะอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้เครื่องพ่นน้ำเป็นส่วนหนึ่งของระบบขับเคลื่อนในกรณีที่มีการเคลื่อนที่ในน้ำ ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาระบบเครื่องพ่นน้ำที่ใช้ทางทหารชนิดนี้ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างต่อเนื่อง ยานสะเทินน้ำสะเทินบกชนิดก้าวหน้า (Advanced) ของสหรัฐอเมริกา (AAAV) ได้รับการออกแบบมาสำหรับบรรทุกทหาร ๒๑ นาย สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเกินกว่า ๒๐ นอต ในทะเลที่มีคลื่นลมและ ๔๕ ไมล์/ชั่วโมง บนบก โดยต้องใช้กำลังขับเคลื่อนอย่างมหาศาลเพื่อให้สามารถทำความเร็วดังกล่าวได้

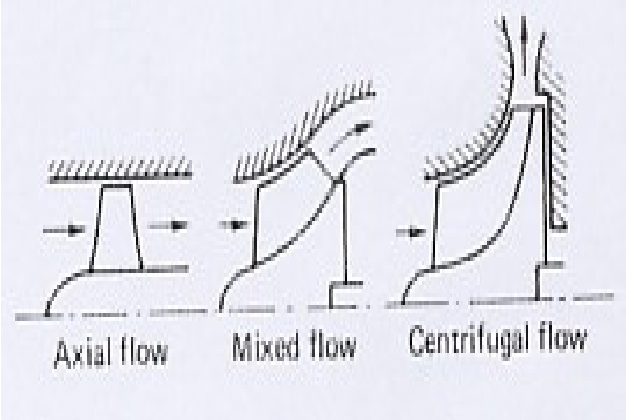


รูปที่ ๙ ยานสะเทินน้ำสะเทินบก AAAV

ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำ ของยานสะเทินน้ำสะเทินบกนี้ถูกขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซลด้วยแรงม้าที่สูงกว่า ๒,๐๐๐ แรงม้า โดยวิศวกรผู้ออกแบบส่วนทางน้ำเข้า (Inlet Duct) ได้กล่าวว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องลดแรงต้าน (Drag) ที่ส่วนทางน้ำเข้าให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดคาวิเทชันที่จะทำให้ใบพัดน้ำเกิดความเสียหายได้ การนำเทคนิคการวิเคราะห์การไหลด้วยโปรแกรม CFD (Computational Fluid Dynamics) มาใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ จะทำให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงความเร็วและแรงดันของของไหลที่มากระทำต่อส่วนทางน้ำเข้าโดยตลอด อีกทั้งยังช่วยสร้างความเข้าใจในการออกแบบที่ดีกว่าการใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพงในการทดลอง

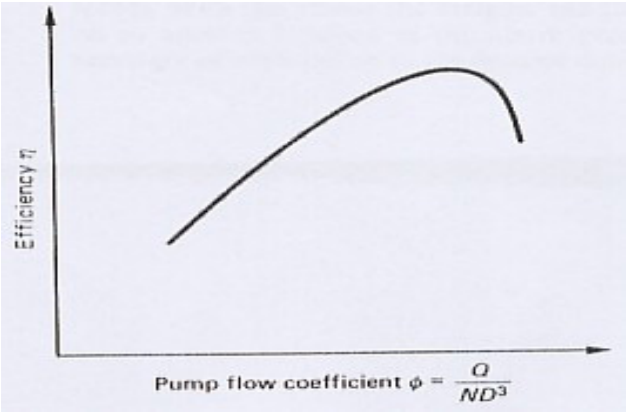
๖. แนวทางในการวิจัยและออกแบบเครื่องพ่นน้ำ

ในการออกแบบเครื่องพ่นน้ำเพื่อใช้งาน สิ่งแรกที่ต้องนำมาพิจารณาคือการเลือกชนิดของปั๊มที่เหมาะสมมาใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีอยู่ ๓ ชนิด คือ ชนิด Axial Flow, Mixed Flow, Centrifugal Flow ดังรูปที่ ๑๐ [๑]



รูปที่ ๑๐ ชนิดของปั๊ม

สำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับปั๊ม (Turbo Machinery) ปกติแล้วจะมีความสัมพันธ์เฉพาะอยู่ระหว่างประสิทธิภาพของระบบ (Unit's Efficiency) และค่าสัมประสิทธิ์ของการไหล (Flow Coefficient) ทั้งนี้สมมติให้ยกเว้นค่า Reynolds และผลกระทบจาก Cavitation



รูปที่ ๑๑ Typical Pump Efficiency Characteristic

จากกราฟแสดงในรูปที่ ๑๑ จะเห็นว่า เมื่อ Flow Coefficient เพิ่มขึ้น ค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น จนมีค่าสูงสุดและจะมีค่าตกลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงสามารถใช้ตำแหน่ง Optimum Efficiency ในการระบุค่าที่เหมาะสมที่สุดของ Flow Coefficient

สำหรับเทคโนโลยีปั๊มในปัจจุบัน เราสามารถหาค่า Specific Speed, N_S ของปั๊ม ได้ จากค่า ϕ และ ψ ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าดังนี้

$$N_S = \frac{\phi^{\frac{1}{2}}}{\psi^{\frac{3}{4}}}$$

ซึ่งสามารถเขียนใหม่ได้คือ

$$N_S = \frac{NQ^{1/2}}{(gH)^{3/4}} \qquad (9)$$

สำหรับแนวทางในการออกแบบเครื่องพ่นน้ำ ตัวแปรพื้นฐานหนึ่งที่สำคัญคือ Inlet Velocity Ratio, IVR โดยมีนิยามดังนี้

$$IVR = \frac{V_1}{V_S}$$

ค่าตัวแปรดังกล่าวมีผลต่อการควบคุมอัตราการไหลที่ไหลผ่านเครื่องพ่นน้ำรวมถึงค่า Velocity Ratio ค่า Pump Head และประสิทธิภาพรวมโดยทั่วไป และการเริ่มต้นการเกิดคาวิเทชัน (Cavitation) ณ ตำแหน่ง Intake Lips โดยปกติที่ทางดูดน้ำจะมีการติดตั้งตะแกรง (Inlet Guard) เพื่อป้องกันสิ่งแปลกปลอมในน้ำ เช่น พืชน้ำ ขยะ ถุงพลาสติก ไม่ให้หลุดลอดเข้าไปอุดตันขัดขวางการทำงานของเครื่องพ่นน้ำยิ่งขนาดช่องของตะแกรงยิ่งมีความถี่มากเท่าไรก็จะช่วยในการป้องกันได้ดียิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการออกแบบตะแกรงควรจะออกแบบให้เกิดความสมดุลของค่าการสูญเสียของประสิทธิภาพ (Efficiency Loss) อันเนื่องมาจากการปิดกั้นทางไหลของกระแสน้ำ (Flow Restriction) และขนาดของวัตถุแปลกปลอมที่ตะแกรงยอมให้หลุดลอด รวมทั้งโอกาสที่อาจเกิดการอุดตันขึ้นภายในเครื่องพ่นน้ำด้วย ความแข็งแรงของตะแกรงเป็นอีกจุดหนึ่งที่ต้องเอาใจใส่เป็นพิเศษ เพราะน้ำที่ไหลผ่านจะมีความเร็วสูงมาก สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ รูปทรงและโครงสร้างภายใน ควรจะถูกออกแบบมาเพื่อให้การไหลของของไหลเป็นไปอย่างราบเรียบมากที่สุด ที่ทุกช่วงของการทำงานและเป็นการหลีกเลี่ยงการเกิดการแยกตัวของการไหล (Flow Separation) และการเกิดคาวิเทชันที่ทางดูดน้ำ

๗. สรุป

ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำ (Waterjet Propulsion System) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในเรือผลักดันน้ำนี้ ไม่ใช่สิ่งใหม่ของกองทัพเรือเลย เมื่อนำมาใช้เป็นระบบขับเคลื่อนในเรือเร็ว จะสามารถแล่นในน้ำตื้นได้ มีความคล่องตัวสูง สามารถหยุดฉุกเฉินได้ และมีความปลอดภัยสูง มีประสิทธิภาพสูงที่ความเร็วสูง เป็นต้น ด้วยเหตุนี้กองทัพเรือจึงใช้ระบบขับเคลื่อนเรือชนิดนี้ในเรือตรวจการณ์ลำน้ำปฏิบัติหน้าที่อยู่ตามชายฝั่งแม่น้ำเพื่อดูแลรักษาความปลอดภัยของประเทศ นอกจากนี้ระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับภาคพลเรือนได้ ดังเช่น การที่กรมอู่ทหารเรือสร้างเรือผลักดันน้ำขึ้นเพื่อนำมาใช้เพื่อช่วยบรรเทาความรุนแรงของสถานการณ์น้ำท่วม โดยการผลักดันระบายน้ำในแม่น้ำ และคู คลองต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพ ฯ และเขตปริมณฑล ให้ไหลออกสู่ทะเลอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ช่วยแก้ปัญหาน้ำท่วมให้กับประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ท้ายที่สุดหากกองทัพเรือมีหน่วยงานที่มีขีดความสามารถในการออกแบบ วิจัย และพัฒนารวมทั้งผลิตเครื่องพ่นน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ครบวงจร กองทัพเรือจะมีเรือตรวจการณ์ลำน้ำ หรือเรือผลักดำน้ำที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น และปฏิบัติงานในหน้าที่ได้อย่างเต็มที่ และจะเป็นพื้นฐานในการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิตและการวิจัยพัฒนาระบบขับเคลื่อนเครื่องพ่นน้ำเพื่อใช้ในเรือชนิดอื่นซึ่งอาจมีขนาดใหญ่ขึ้นของกองทัพเรือต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[๑] J.S. Carlton, “Marine Propellers & Propulsion, Butterworth - Heinemann Ltd.1994.

[๒] http://www.hamjet.co.nz/index.cfm/

[๓] “Naval Waterjets Versus Naval Propellers”, Naval Forces, 6/2002, pp.17 - 18.

[๔] J.L.Roberts, P.A.Brandner, G.J.Walker, “Higher Performance CFD, Optimising Waterjet Intake Performance” School of Engineering, University of Tasmania.

[๕] J.L.Allison, “Using CFD to Design Waterjet inlets”

เครื่องผลักดันน้ำกับการศึกษาแนวทางการติดตั้งที่เหมาะสมในแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ด้วยระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics : CFD)

นาวาเอก วิทยา พันธุ์โภคา
ผู้อำนวยการกองออกแบบต่อเรือ
กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

นาวาโท กิตติภูมิ ภูมิโคกรักษ์
นายทหารแผนงาน กองโรงงานเรือเหล็ก
อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ

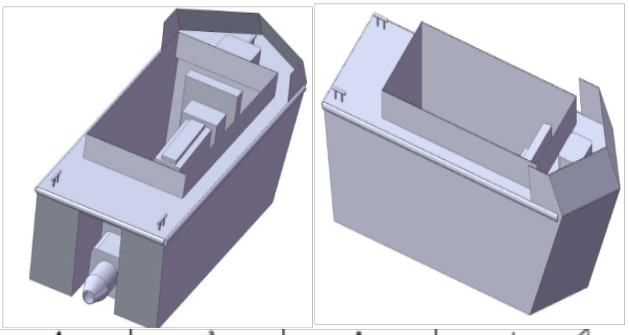


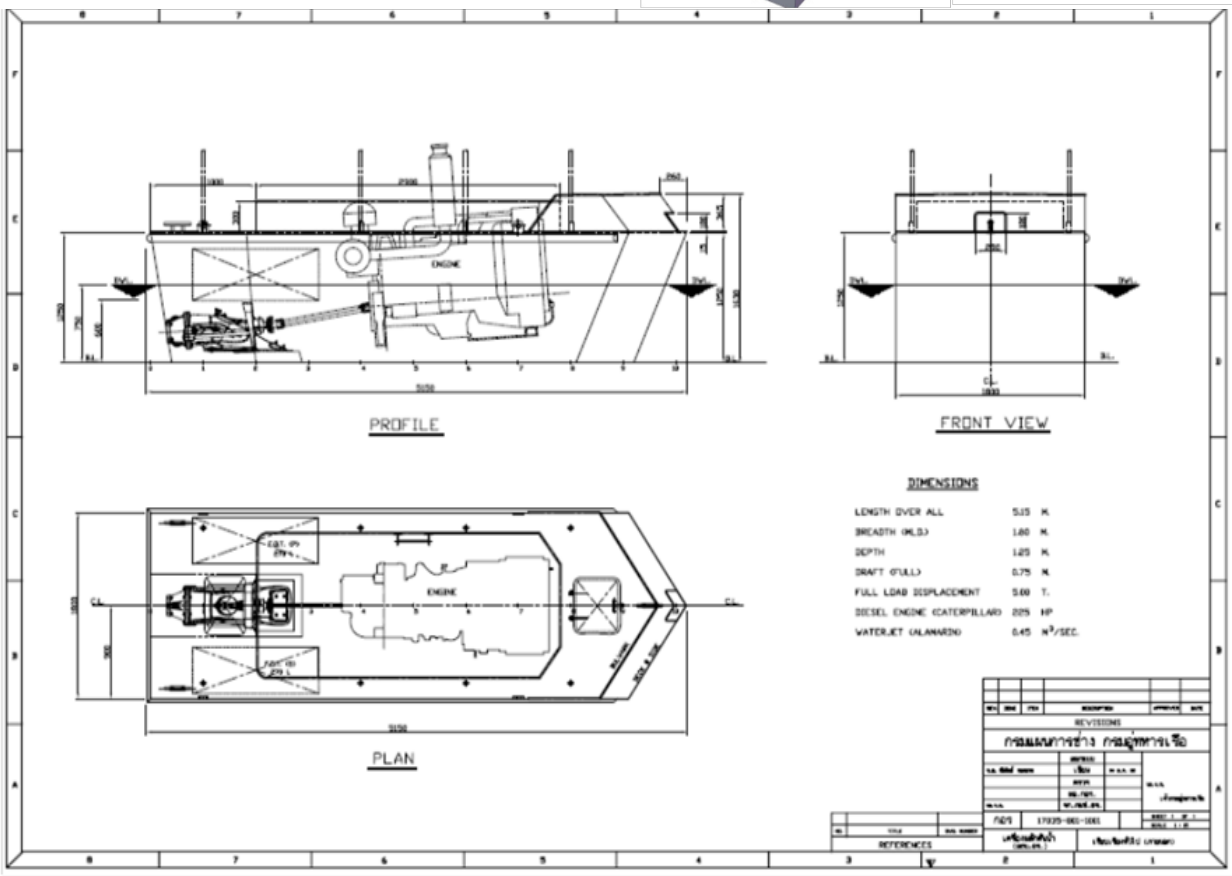
บทนำ

เครื่องผลักดันน้ำเป็นหนึ่งในมาตรการป้องกัน บรรเทา และแก้ไขปัญหาหนทางหนึ่งในการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ให้ไหลลงสู่ทะเลเร็วขึ้น กองทัพเรือได้มอบหมายให้กรมอู่ทหารเรือซึ่งเป็นหน่วยงานหลักในการออกแบบและสร้างเครื่องผลักดันน้ำ เพื่อใช้งานในเหตุการณ์อุทกภัยต่าง ๆ มาตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๔๑ โดยล่าสุดในปี พ.ศ.๒๕๕๕ นี้ กรมอู่ทหารเรือได้รับมอบหมายให้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องผลักดันน้ำ แบบใช้เครื่องพ่นน้ำ (Water Jet) อีกจำนวน ๑๐๐ เครื่อง ตามคำขอของคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.) และกรุงเทพมหานคร (กทม.) อีกจำนวน ๑๐ เครื่อง โดยจะนำไปติดตั้งตามจุดต่างๆ เพื่อผันน้ำลงสู่ทะเลต่อไป

การออกแบบเครื่องผลักดันน้ำของกรมอู่ทหารเรือ ใช้แนวความคิด ออกแบบไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการสร้าง ขนย้ายสะดวก ส่งมอบทันเวลา และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยเครื่องผลักดันน้ำที่กรมอู่ทหารเรือได้ทำการออกแบบไว้ติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซล ขนาด ๒๒๕ – ๒๔๐ แรงม้า ขับเครื่องพ่นน้ำ (Water Jet) ที่มีขีดความสามารถในการผลักดันน้ำไม่น้อยกว่า ๐.๕๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีขนาด มิติ และรูปภาพตามภาพที่ ๑ ดังนี้

ความยาวตลอดลำ	๕.๑๕	เมตร
ความกว้าง	๑.๘๐	เมตร
ความลึก	๑.๒๕	เมตร
กินน้ำลึก	๐.๗๕	เมตร

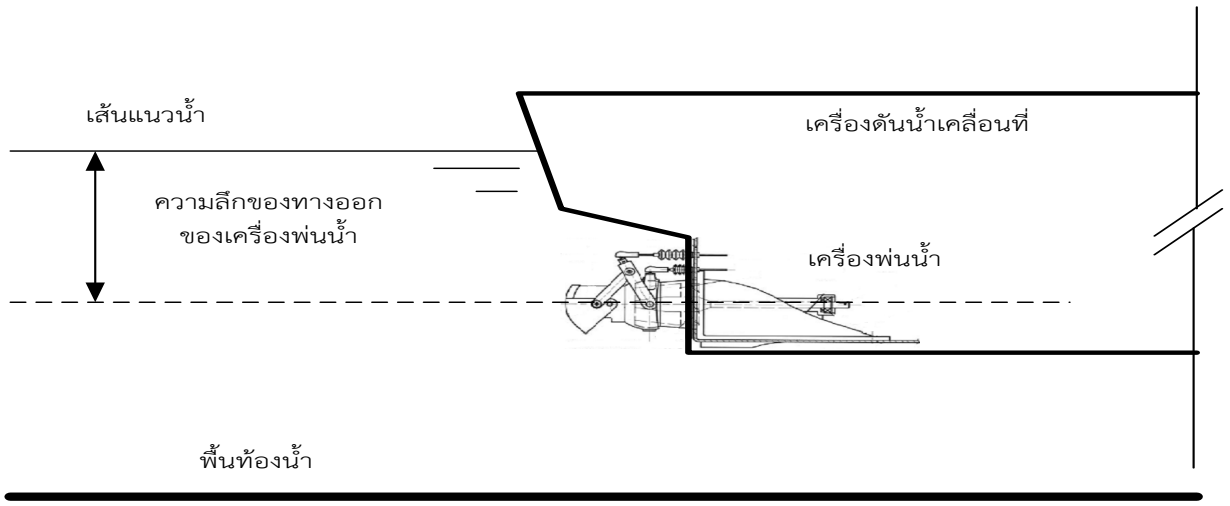




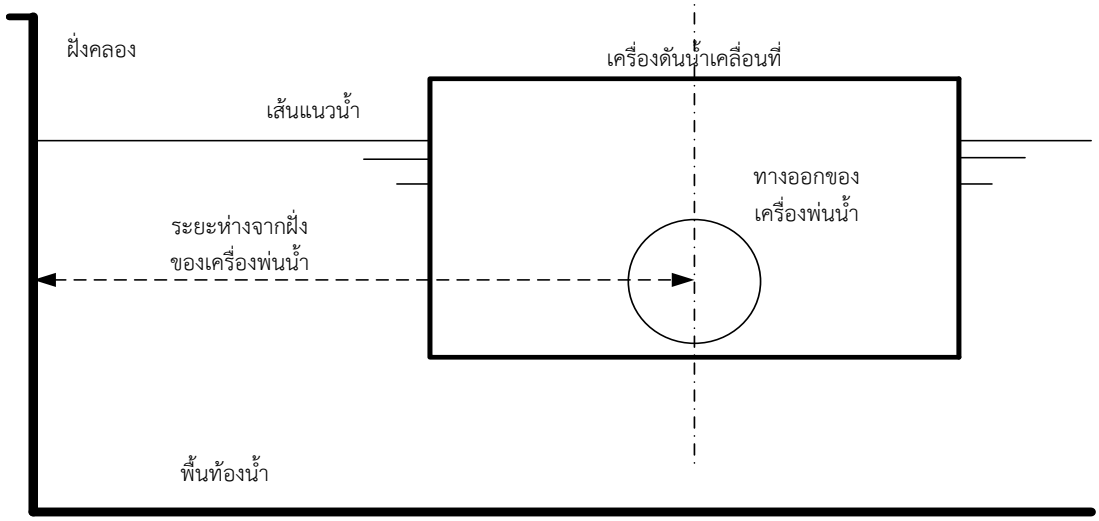
ภาพที่ ๑ เครื่องผลักดันน้ำของกรมอู่ทหารเรือ

อย่างไรก็ตามที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาแนวทางการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการระบายน้ำ โดยเฉพาะประเด็นด้านความลึกจากผิวน้ำของตำแหน่งเครื่องพ่นน้ำและระยะห่างจากฝั่งของเครื่องผลักดันน้ำ ดังภาพที่ ๒ และ ๓ ตามลำดับ ทำให้ที่ผ่านมาการออกแบบตำแหน่งของทางออกเครื่องพ่นน้ำและการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำใช้การประมาณการจากประสบการณ์การใช้งานซึ่งอาจเข้าใจว่ามีประสิทธิภาพเพียงพอแล้วต่อการผลักดันน้ำ แต่ยังไม่ชัดเจนหรือมั่นใจว่าใช้เครื่องผลักดันน้ำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำแหน่งหรือตำบลที่ในการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำ

การศึกษาประเด็นดังกล่าวข้างต้นสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การทดลองด้วยเครื่องผลักดันน้ำจริงและการสร้างแบบจำลองทดลองในอุโมงค์น้ำ เป็นต้น อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากวิธีดังกล่าวแล้ว ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ หรือ Computational Fluid Dynamics (CFD) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้วิเคราะห์การไหลโดยเฉพาะปัญหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถคำนวณได้ด้วยการแก้สมการตามปกติ เนื่องจากหากเทียบกับการทำการทดลองจริงนั้น CFD จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าและใช้เวลาในการดำเนินการน้อยกว่า โดยเฉพาะการศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำรอบตัวเรือ เช่น การวิเคราะห์ความต้านทานและรูปแบบคลื่นของเรือแบบตัวเรือคู่ด้วย CFD [๑] ซึ่งผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง CFD ที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยดังกล่าวมีความเหมาะสมในการนำไปใช้วิเคราะห์การไหลรอบตัวเรือได้ จึงเป็นที่มาของการนำ CFD มาศึกษาแนวทางการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำเพื่อหาตำแหน่งที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการเร่งการระบายน้ำลงสู่ทะเล



ภาพที่ ๒ ความลึกจากผิวน้ำของตำแหน่งเครื่องพ่นน้ำ



ภาพที่ ๓ ระยะห่างจากฝั่งของเครื่องผลักดันน้ำ

๒. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

๒.๑ สมการกำกับการไหล (Governing Equations)

การไหลรอบเครื่องผลักดันน้ำสามารถพิจารณาได้เป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible Flow) ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ และมีสมบัติการไหลเท่ากันทุกทิศทาง ดังนั้น สมการกำกับการไหล (Governing Equation) จึงประกอบด้วย สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) และสมการโมเมนตัมหรือสมการ Navier - Stokes Equations

เนื่องจากการไหลข้างต้นเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ในการศึกษานี้จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีค่าเฉลี่ยเรย์โนลด์ (Reynolds Averaged) ซึ่งกำหนดให้สมบัติการไหล ณ เวลาใด ๆ (ϕ) ประกอบด้วย ส่วนค่าเฉลี่ย (Φ) และส่วนความปั่นป่วน (ϕ') ดังสมการ

$$\phi = \Phi + \phi' \qquad (1)$$

เมื่อแทนค่าสมบัติการไหลด้วย (1) สามารถเขียนสมการบังคับการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ตามพิกัด Cartesian ได้ดังนี้

- สมการความต่อเนื่อง;

$$\nabla.\mathbf{U} = 0 \qquad (2)$$

เมื่อ เวกเตอร์ความเร็ว $\mathbf{u} = \mathbf{U} + \mathbf{u}'$ เมื่อ $\mathbf{u} = u\hat{i} + v\hat{j} + w\hat{k}$

- สมการโมเมนตัมตามแกน x, y และ z ในรูปสมการ Reynolds - Averaged Navier - Stokes Equation (RANS)

$$\rho\frac{\partial}{\partial t}(U)+\nabla.(\rho U\mathbf{U}) = -\frac{\partial P}{\partial x}+\nabla.[\mu(\nabla U)]+\left[-\frac{\partial(\rho\overline{u'u'})}{\partial x}-\frac{\partial(\rho\overline{u'v'})}{\partial y}-\frac{\partial(\rho\overline{u'w'})}{\partial z}\right] \qquad (3)$$

$$\rho\frac{\partial}{\partial t}(V)+\nabla.(\rho V\mathbf{U}) = -\frac{\partial P}{\partial y}+\nabla.[\mu(\nabla V)]+\left[-\frac{\partial(\rho\overline{u'v'})}{\partial x}-\frac{\partial(\rho\overline{v'v'})}{\partial y}-\frac{\partial(\rho\overline{v'w'})}{\partial z}\right] \qquad (4)$$

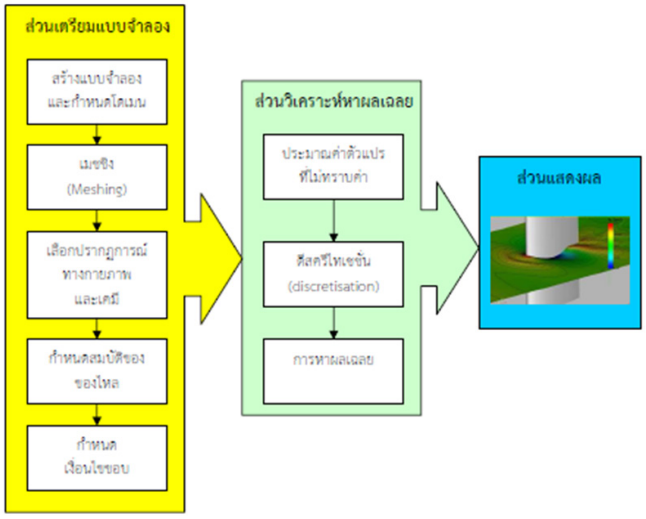
$$\rho\frac{\partial}{\partial t}(W)+\nabla.(\rho W\mathbf{U}) = -\frac{\partial P}{\partial z}+\nabla.[\mu(\nabla W)]+\left[-\frac{\partial(\rho\overline{u'w'})}{\partial x}-\frac{\partial(\rho\overline{v'w'})}{\partial y}-\frac{\partial(\rho\overline{w'w'})}{\partial z}\right]-\rho g \qquad (5)$$

เมื่อ เวกเตอร์ความเร็วตามแกน x, y, z เป็น u, v และ w ตามลำดับ t เป็นเวลา P เป็นความดัน และ ρ เป็นความหนาแน่น

๒.๒ ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD)

ระเบียบวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ หรือ Computational Fluid Dynamics (CFD) เป็นการวิเคราะห์ระบบที่เกี่ยวกับการไหลของของไหล (Fluid Flows) การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) หรือ ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) โดยอาศัยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer - Based Simulation)

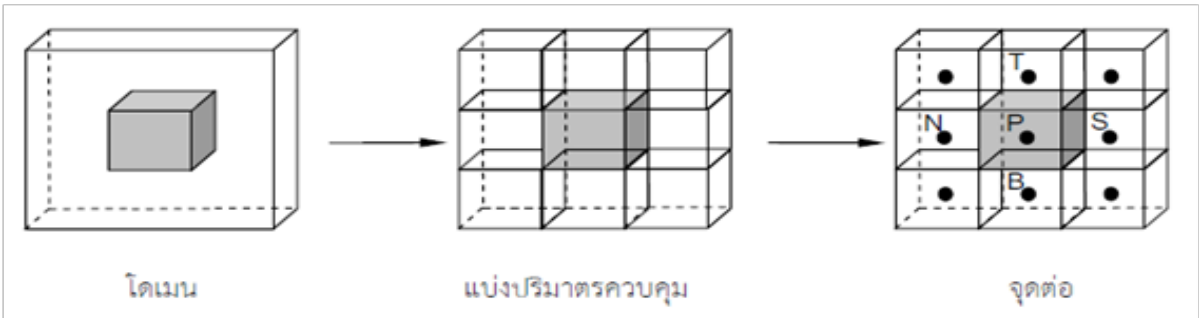
การจำลองทางคอมพิวเตอร์ใน CFD อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งถูกสร้างบนพื้นฐานขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Algorithms) โดยทั่วไปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD ที่ใช้งานจะประกอบด้วยองค์ประกอบ ๓ ส่วน คือ ส่วนเตรียมการ (Pre - Processor) ส่วนวิเคราะห์หาผลเฉลย (Solver) และ ส่วนแสดงผล (Post – Processor) ดังภาพที่ ๔ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดการทำงาน ดังนี้



ภาพที่ ๔ ขั้นตอนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD

๒.๒.๑ ส่วนเตรียมการ

ประกอบด้วยการป้อนข้อมูลของปัญหาลงในโปรแกรม CFD และการแปลงข้อมูลดังกล่าวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาผลเฉลยในขั้นต่อไป ซึ่งเริ่มด้วยการสร้างแบบจำลองและกำหนดโดเมนของปัญหา (Domain) เช่น ความกว้าง ความยาว และความลึกของคลองที่ศึกษา จากนั้นทำการแบ่งโดเมนออกเป็นส่วนย่อย ๆ (Meshing) เรียกว่า ปริมาตรควบคุม หรือ Control Volume (CV) ซึ่งภายในแต่ละ CV จะมีจุดต่อ (Node) ไว้สำหรับเก็บผลเฉลย (Solution) ของการไหล ดังภาพที่ ๕



ภาพที่ ๕ การแบ่งโดเมน

ขั้นตอนต่อมาเป็นการเลือกปรากฏการณ์ทางกายภาพและทางเคมี กำหนดปัญหาที่ต้องถูกจำลอง เช่น การไหลของน้ำเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ และการกำหนดสมบัติของของไหล เช่น ความหนาแน่นของน้ำ เป็นต้น สุดท้ายเป็นการกำหนดเงื่อนไขขอบ (Boundary Conditions) โดยการกำหนดค่าที่โดเมนของปัญหาตามพฤติกรรมหรือสมบัติทางกายภาพของแบบจำลอง เช่น ความเร็วของน้ำที่ผนังของคลองมีค่าเป็นศูนย์

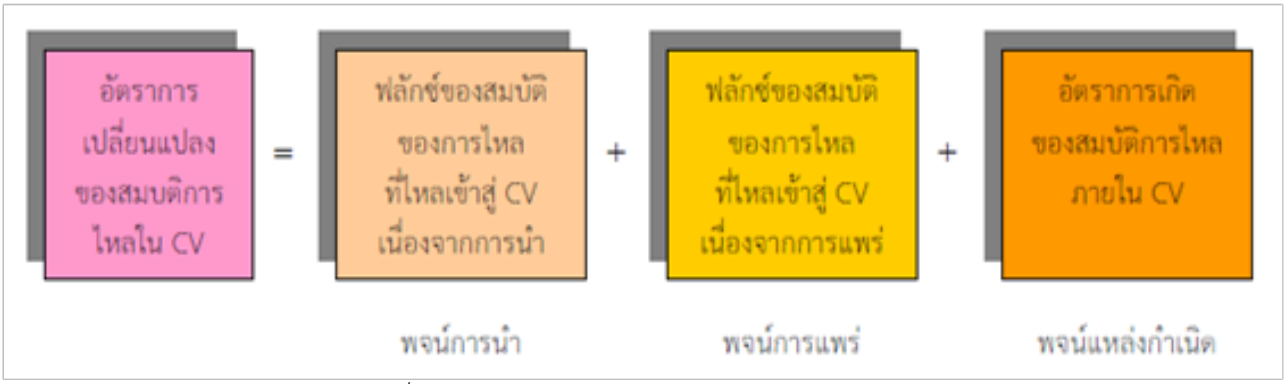
๒.๒.๒ ส่วนวิเคราะห์หาผลเฉลย

โดยทั่วไปการวิเคราะห์เพื่อหาผลเฉลยเชิงตัวเลขสามารถหาได้ ๔ วิธี ได้แก่ Finite Difference Method (FDM), Finite Element Method (FEM), Spectral Method (SM) และ Finite Volume Method (FVM) ซึ่งทั้งสี่วิธีต่างมีขั้นตอนการวิเคราะห์หาผลเฉลยเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่ขั้นตอนการประมาณค่าและการดีสครีไทเซชัน (Discretisation) โดยในการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรม CFD ที่วิเคราะห์ด้วย FVM เนื่องจากมีผลการใช้งานเหมาะสมกับการไหลแบบหลายสถานะ (Multi Phase) เช่น การไหลและรูปแบบคลื่นรอบตัวเรือ โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

(ก) การหาปริพันธ์ (Integration) ของสมการกำกับการไหลของทุก CV ซึ่งประกอบด้วย สมการความต่อเนื่องและสมการโมเมนตัม (RANS) รวมทั้งสมการการอนุรักษ์ของพลังงาน (Conservation of Energy Equation) สำหรับกรณีการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

(ข) การดีสครีไทเซชัน (Discretisation) เป็นกระบวนการแทนค่าพจน์ต่าง ๆ ในสมการปริพันธ์ข้างต้น ได้แก่ พจน์การนำ (Convection) พจน์การแพร่ (Diffusion) และพจน์แหล่งกำเนิด (Source) ด้วยวิธีการประมาณค่าแบบ Finite Difference แบบต่าง ๆ ตามประเภทของปัญหา ทำให้สมการปริพันธ์ดังกล่าวกลายเป็นสมการพีชคณิต ดังภาพที่ ๖

(ค) การหาผลเฉลยของสมการพีชคณิตโดยวิธีคำนวณซ้ำ (Iteration)



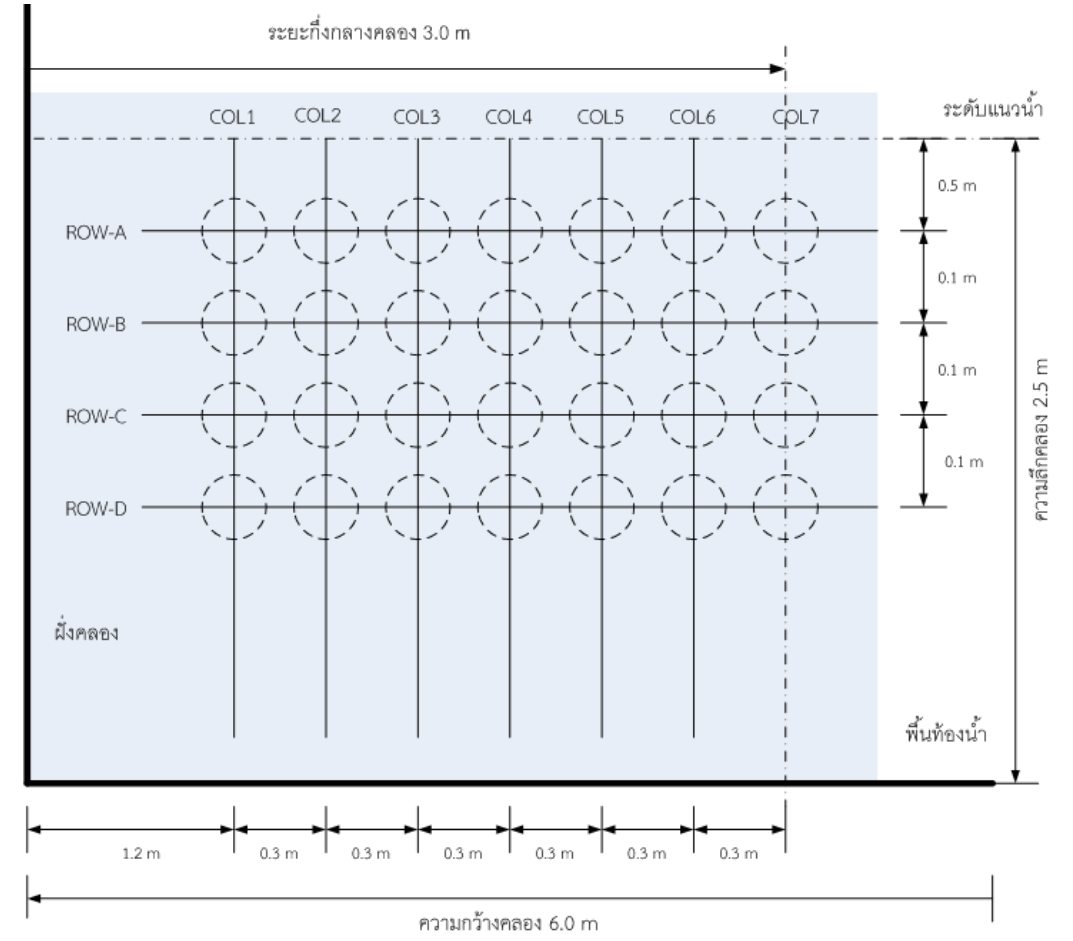
ภาพที่ ๖ แบบจำลองสมการปริพันธ์ของสมการกำกับการไหล

๒.๒.๓ ส่วนแสดงผล

เป็นส่วนแสดงผลเฉลยทั้งโดเมนหรือบางส่วนของโดเมนที่ได้จากการวิเคราะห์ในรูปของตัวเลข กราฟ ภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหว ทั้งแบบ ๒ มิติ และ ๓ มิติ

๓. วิธีการดำเนินการศึกษา

เริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ๓ มิติของการไหลของน้ำในคลองทวีวัฒนา เมื่อมีการวางเครื่องผลักดันน้ำของกรมอู่ทหารเรือ (ภาพที่ ๑) โดยทำการจำลองเฉพาะช่องทางออกของเครื่องพ่นน้ำ (Outlet) และพฤติกรรมการไหลปลายน้ำเมื่อผ่านเครื่องผลักดันน้ำ โดยมีตำแหน่งการศึกษาทั้งสิ้น ๒๘ ตำแหน่ง ประกอบด้วยระยะห่างจากฝั่งคลองจำนวน ๗ ระยะ (Col1 - Col7) แต่ละระยะจะทำการศึกษาที่ความลึกของทางออกเครื่องพ่นน้ำระยะละ ๔ ระดับ (ROW - A ถึง ROW - D) ดังภาพที่ ๗



ภาพที่ ๗ ตำแหน่งทางออกของเครื่องพ่นน้ำ

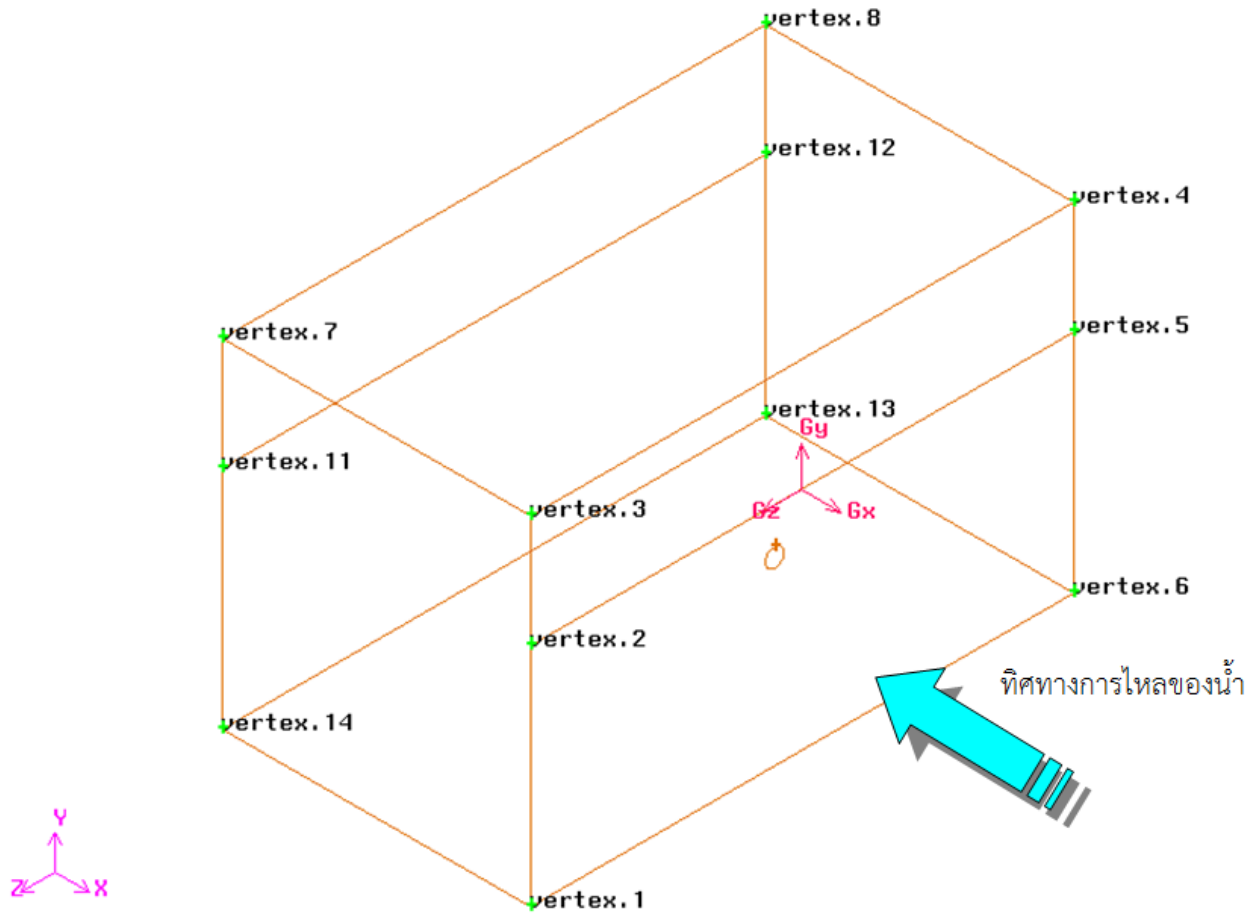
สำหรับโปรแกรม CFD ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ โปรแกรม Fluent 6.3 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ CFD ซึ่งถูกพัฒนาบนพื้นฐานของวิธี FVM จากนั้นนำผลเฉลยที่ได้มาเปรียบเทียบอัตราการไหล (Mass Flow Rate) ที่เหมาะสมต่อไป

๓.๑ วิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method)

วิธีเชิงตัวเลข FVM ที่ใช้ในการศึกษานี้เริ่มต้นด้วยการแบ่งโดเมนของแบบจำลองออกเป็นปริมาตรควบคุมย่อยเล็ก ๆ (CV) จากนั้นทำการดีสครีไทเซชันสมการบังคับการไหลแบบปั่นป่วนโดยใช้แบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วนที่มีความหนืด (Turbulence Model) แบบ Standard $k-\varepsilon$ ร่วมกับแบบจำลองปริมาตรของไหล หรือ Volume of Fluid (VOF) แบบ Implicit Scheme สำหรับการเปลี่ยนแปลงที่ผิวน้ำและสมบัติการไหลอื่น ๆ ของแต่ละปริมาตรควบคุม สุดท้ายทำการหาผลเฉลยแบบแยกพิจารณา (Segregated Solution Method) [๒]

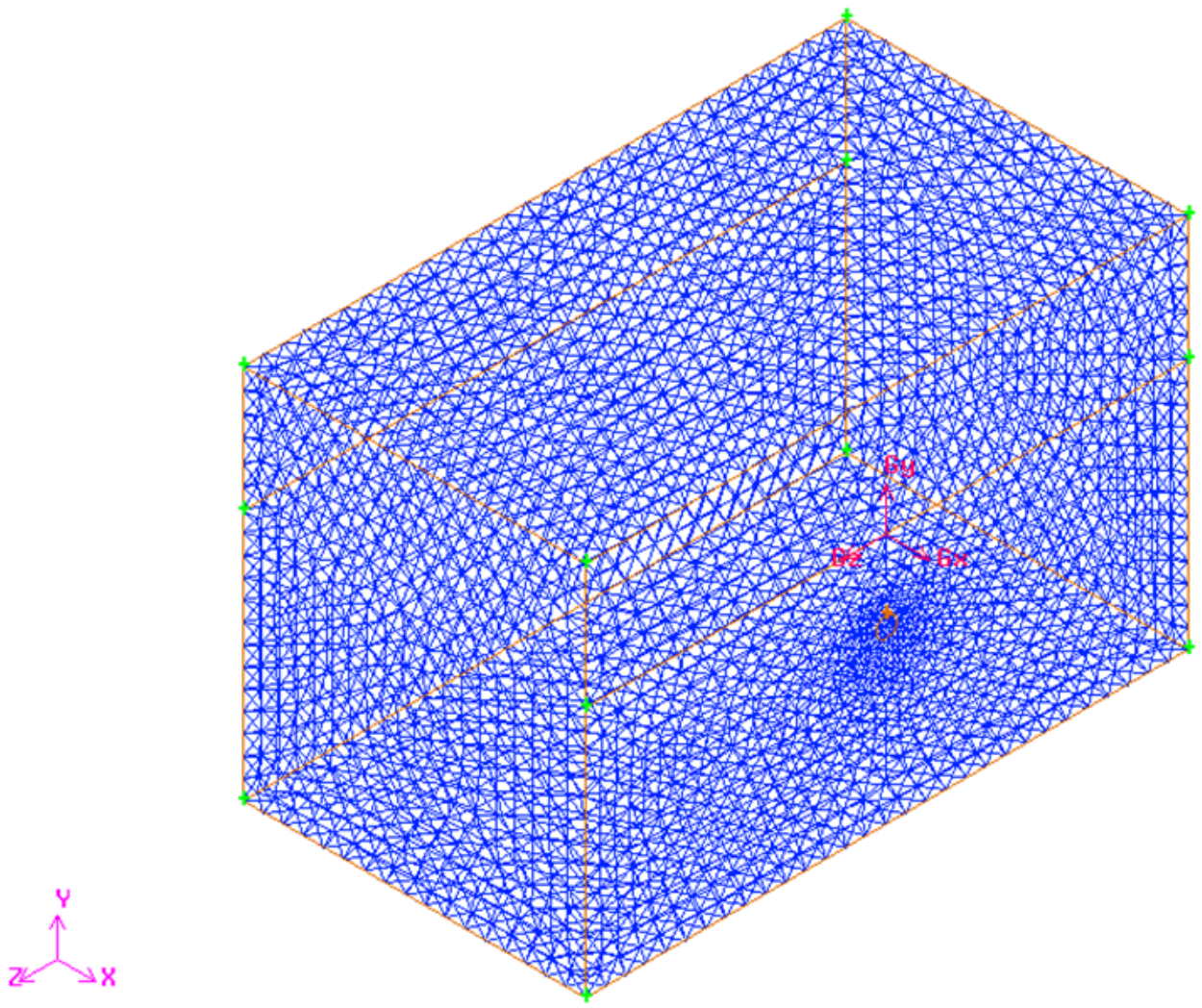
๓.๒ แบบจำลอง

โดเมนของปัญหาที่ศึกษาถูกจำลองเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม กว้าง ๖ เมตร ยาว ๓.๔๐ เมตร และสูง ๓.๗๕ เมตร ตามภาพที่ ๘ โดยเป็นแบบจำลองภาคตัดขวางของคลองทวีวัฒนาในพื้นที่เขตทวีวัฒนา กรุงเทพ ฯ ที่ความกว้าง ๖ เมตร ลึก ๒.๕๐ เมตร [๓] ทั้งนี้ความยาวของแบบจำลองกำหนดให้มีความยาวเท่ากับความยาวที่คลื่นลูกแรกกระจายตัวออกไปเท่ากับความกว้างของคลองตามทฤษฎีระบบคลื่นเฮฟล็อค (Havelock Theory) [๔] ซึ่งเป็นระบบคลื่นที่เกิดขึ้นในกรณีเรือแล่นในเขตน้ำตื้น สำหรับความสูงของแบบจำลองประกอบด้วยความลึกของน้ำ ๒.๕๐ เมตร และความสูงของอากาศ ๑.๒๕ เมตร ส่วนด้านหน้าของโดเมนได้จำลองทางออกของเครื่องพ่นน้ำด้วยวงกลมรัศมี ๐.๒๐ เมตร โดยให้การไหลของน้ำมีทิศทาง –x ตามแกนอ้างอิงปกติในระบบคาร์เทเซียน (Cartesian Coordinates)



ภาพที่ ๘ โดเมน (Domain) ของปัญหา

โดเมนถูกแบ่งออกเป็น CV จำนวน ๖๕,๓๑๖ เซลล์ (Cell) โดยแต่ละ CV ถูกแบ่งเป็นรูปทรงแบบผสม (Tet/Hybrid) ชนิด TGrid ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับแบบจำลองที่เป็นการไหลซึ่งมีของไหลสองสถานะดังเช่น การไหลในคลองที่มีทั้งส่วนที่เป็นน้ำและอากาศ โดยมีผลการแบ่ง CV ดังภาพที่ ๙



ภาพที่ ๙ รูปแบบการแบ่งปริมาตรควบคุมของโดเมน

๓.๓ แบบจำลอง Volume of Fluid (VOF)

เนื่องจากการไหลของน้ำในคลองประกอบด้วยของไหล ๒ สถานะ ได้แก่ ของเหลว (น้ำ) และก๊าซ (อากาศ) ในการศึกษานี้จึงใช้แบบจำลอง Volume of Fluid (VOF) มาช่วยในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของของไหลทั้งสองในแต่ละ CV โดยกำหนดให้อากาศเป็นเฟสปฐมภูมิ (Primary Phase) และน้ำเป็นเฟสทุติยภูมิ (Secondary Phase) และคำนวณสัดส่วนปริมาตรของน้ำ (α_{water}) และอากาศ (α_{air}) ในแต่ละ CV ได้จากสมการ ต่อไปนี้

$$\frac{\partial \alpha_{water}}{\partial t} + \mathbf{u}.\nabla \alpha_{water} = 0 \qquad (6)$$

เมื่อ

$$\alpha_{water} + \alpha_{air} = 1 \qquad (7)$$

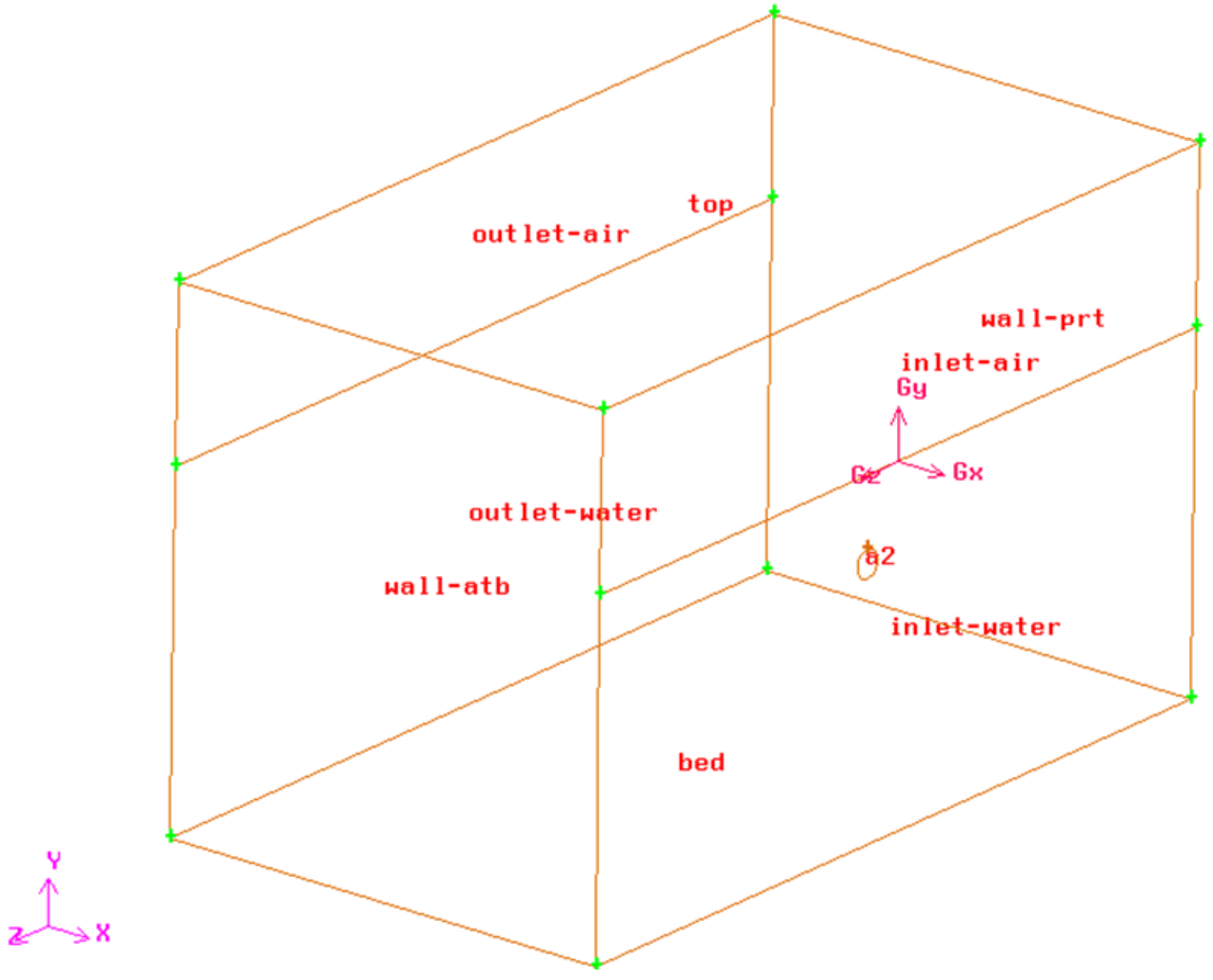
จากนั้นคำนวณสมบัติการไหล (Flow Properties) ของน้ำ (ϕ_{water}) และอากาศ (ϕ_{air}) ตลอดจนตัวแปรต่าง ๆ ในการหาผลเฉลยสมการ (๒) - (๕) ได้จากสมการ

$$\phi = \alpha_{water}\phi_{water} + (1-\alpha_{water})\phi_{air} \qquad (8)$$

๓.๔ เงื่อนไขขอบ (Boundary Conditions)

แบบจำลองมีเงื่อนไขขอบเป็นไปดังภาพที่ ๑๐ ซึ่งกำหนดให้ Top มีเงื่อนไขขอบแบบ Symmetry ขณะที่ Inlet - Air, Inlet - Water และทางออกของเครื่องพ่นน้ำมีเงื่อนไขขอบแบบ Mass Flow Rate (ตัวอย่างหนึ่งของกรณีศึกษาแสดงด้วยตำแหน่ง a2 ในภาพที่ ๑๐) ส่วน Outlet - Water และ Outlet - Air มีเงื่อนไขขอบแบบ Pressure Outlet และขอบเขตที่เหลือมีเงื่อนไขขอบแบบ Stationary Wall แบบ Non – Slip ซึ่งกำหนดให้ความเร็วที่ฝั่งคลองมีค่าเป็นศูนย์

สำหรับความเร็วต้นน้ำกำหนดให้อากาศและน้ำไหลเข้าด้วยความเร็วคงที่ 0.01 m/s และกำหนดให้น้ำไหลออกจากทางออกของเครื่องพ่นน้ำมีความเร็วเท่ากับ 0.134 m/s ขณะที่บริเวณผิวน้ำใช้แบบจำลอง VOF ในการวิเคราะห์คลื่นหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดบนผิวน้ำ ขณะที่เงื่อนไขบรรยากาศให้มีความดันเกจเป็นศูนย์



ภาพที่ ๑๐ เงื่อนไขขอบ (Boundary Conditions)

๓.๕ เงื่อนไขทาง CFD

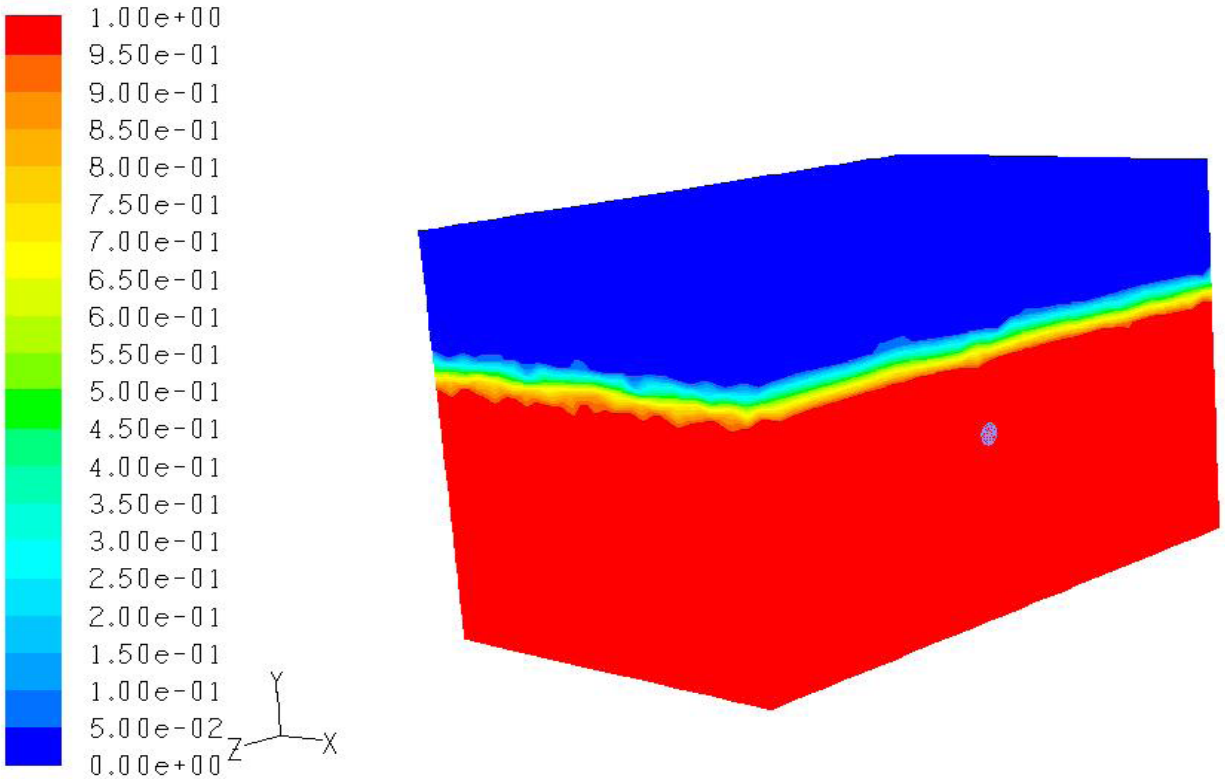
เนื่องจากการไหลในการศึกษานี้เป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ ดังนั้นเพื่อให้ความเร็วที่ได้จากสมการ RANS สอดคล้องกับความเร็วที่ได้ในสมการความต่อเนื่อง ในการศึกษานี้ จึงหาผลเฉลยโดยวิธีคำนวณซ้ำซึ่งเรียกว่า วิธีหาผลเฉลยแบบ PISO (Pressure – Implicit with Splitting of Operators) [๒] โดยทำการคำนวณแบบแปรผันตามเวลา (Unsteady Flow) เป็นระยะเวลา ๓๔๐ ขั้นเวลา (Time Step) ขั้นเวลาละ ๐.๐๑ วินาที (s) ที่เกณฑ์ในการเปรียบเทียบผลเฉลย (Convergent Criteria ของ Residuals) มีค่าเท่ากับ 10^{-3}

สำหรับการหาผลเฉลยของสมบัติการไหลอื่น ๆ ในสมการโมเมนตัม ตัวแปรในแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน $k-\varepsilon$ และค่า α_{water} ใช้วิธีประมาณค่าแบบ Quick ขณะที่ความดันใช้วิธีประมาณค่า Presto! [๒]

๔. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผลการศึกษา

๔.๑ ลักษณะการไหลที่ปลายน้ำของเครื่องผลักดันน้ำ

เนื่องจากเป็นการไหลที่แปรผันตามเวลา ดังนั้นก่อนเริ่มการวิเคราะห์การไหลตามวัตถุประสงค์การศึกษา จึงได้ทำการตรวจสอบลักษณะการไหล โดยการวิเคราะห์อัตราการไหลปลายน้ำที่ระยะ ๓.๔๐ เมตร ณ ตำแหน่ง A7 (ตามภาพที่ ๗) จำนวน ๒,๓๔๐ ขั้นเวลา หรือคิดเป็น ๒๓.๔๐ วินาที ซึ่งพบว่าอัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยมีทั้งช่วงที่เกิดการไหลย้อนกลับหรือการไหลที่ระดับน้ำน้อยกว่าระดับน้ำมาตรฐาน (-ve Mass Flow Rate) และการไหลที่มีอัตราเพิ่มขึ้นจากการไหลปกติ สำหรับอัตราความเร็วที่เปลี่ยนแปลงพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงสูงสุดมากกว่า ๖ เท่าจากอัตราการไหลต้นน้ำ ทั้งนี้แบบจำลองยังแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ผิวน้ำสอดคล้องกับพฤติกรรมตามธรรมชาติของการไหลของน้ำในคลอง ดังภาพที่ ๑๑

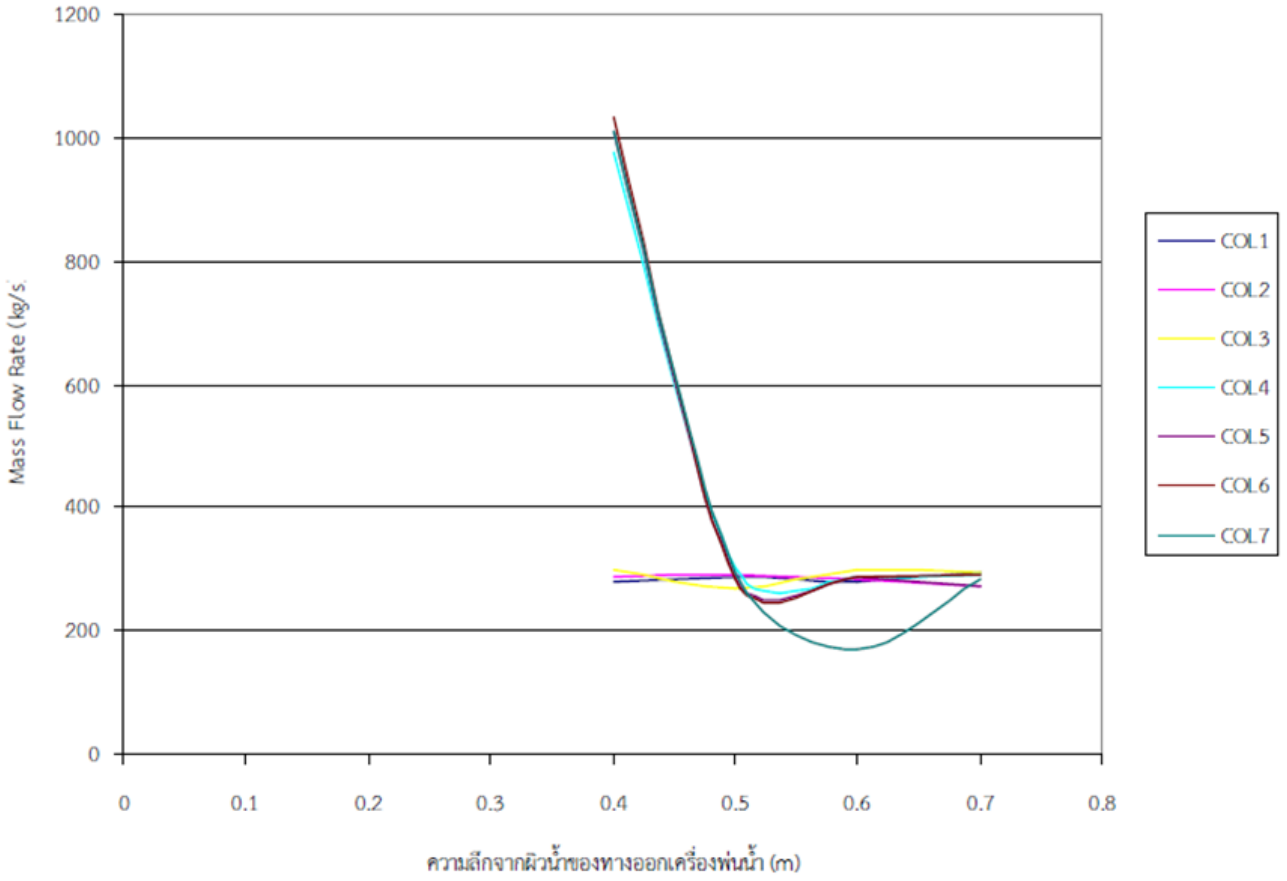


ภาพที่ ๑๑ ภาพจำลองการไหล

(เมื่ออัตราส่วนปริมาตร น้ำ : อากาศ = ๑ : ๐ แสดงด้วยสีแดง และ น้ำ : อากาศ = ๐ : ๑ แสดงด้วยสีน้ำเงิน)

๔.๒ ผลกระทบของความลึกของเครื่องผลักดันน้ำต่อการไหลของน้ำในลำคลอง

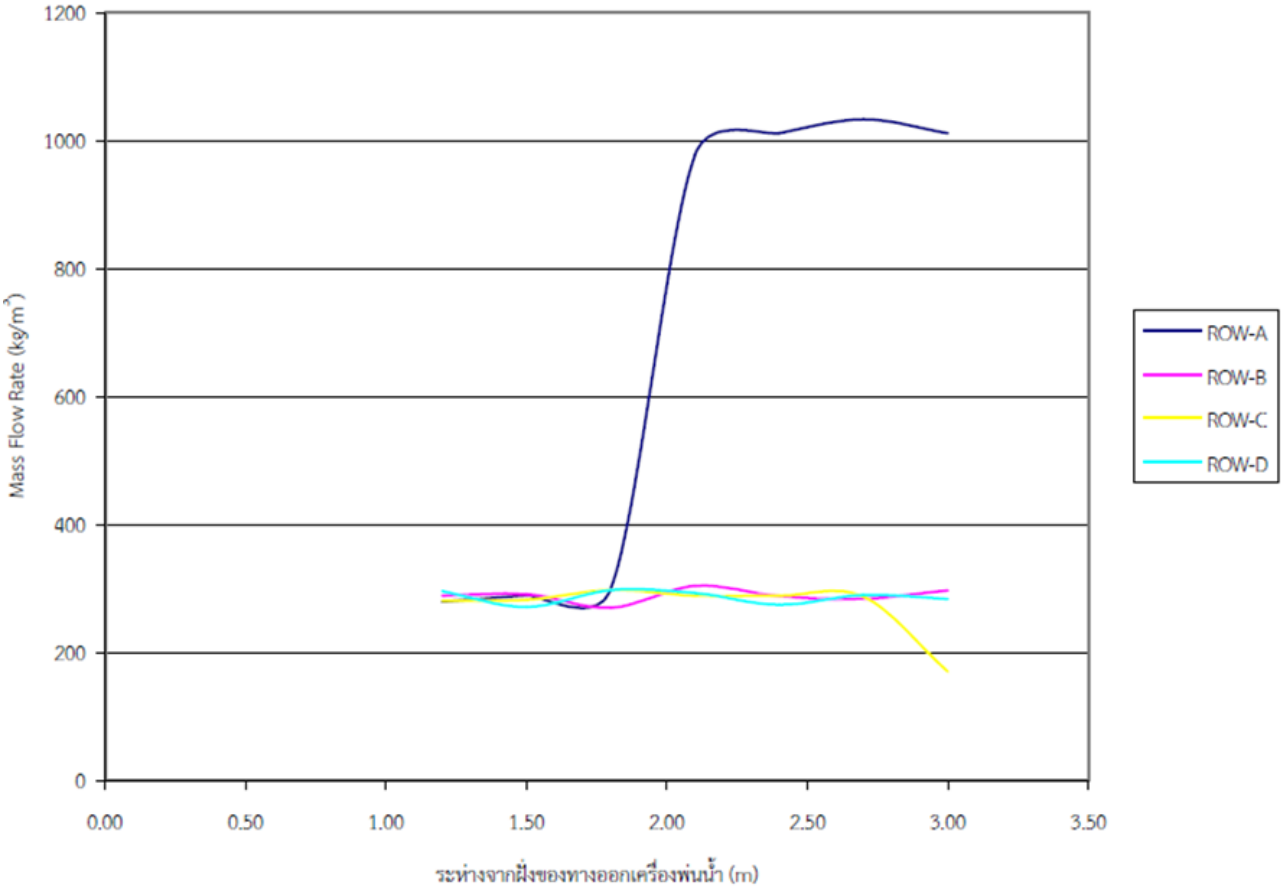
จากการวิเคราะห์การไหลในทุกตำแหน่งของทางออกของเครื่องพ่นน้ำด้วย CFD พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยมีลักษณะเป็นคลื่น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการไหลสูงสุดของแต่ละตำแหน่ง ซึ่งสามารถนำมาแสดงเป็นอัตราการไหลสูงสุดที่ความลึกต่าง ๆ (๐.๔, ๐.๕, ๐.๖ และ ๐.๗ เมตร) ของทางออกของเครื่องพ่นน้ำ ตามระยะห่างทั้ง ๗ ระยะ ระยะละ ๐.๓ เมตร (ตามภาพที่ ๗ ฝั่งคลองออกไป ๑.๒ ถึง ๓.๐ เมตร) ดังภาพที่ ๑๒ ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าหากเครื่องพ่นน้ำอยู่ที่ตำแหน่งคอลัมน์ที่ ๔ – ๗ (COL 4 - 7) เมื่อความลึกเพิ่มขึ้นการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของน้ำในรูปของ Mass Flow Rate ลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่หากเครื่องพ่นน้ำอยู่ในตำแหน่งคอลัมน์ที่ ๑ – ๓ พบว่ามีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



ภาพที่ ๑๒ การเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลที่ความลึกของทางออกเครื่องพ่นน้ำต่าง ๆ

๔.๓ ผลกระทบของระยะห่างจากฝั่งของเครื่องผลักดันน้ำต่อการไหลของน้ำในลำคลอง

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ใน ๔.๒ เนื่องจากการไหลมีความแปรผันตามเวลา ดังนั้นจะพิจารณาอัตราการไหลจาก Mass Flow Rate สูงสุดของแต่ละตำแหน่ง ดังภาพที่ ๑๓ แสดงการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะห่างจากฝั่งของทางออกของเครื่องพ่นน้ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าที่ความลึก ๐.๕, ๐.๖ และ ๐.๗ เมตร (m) การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงบ้าง แต่อยู่ในแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันและไม่ขึ้นอยู่กับระยะห่างจากฝั่ง มีเพียงที่ความลึก ๐.๔ เมตร ซึ่งอยู่ใกล้ผิวน้ำที่สุดที่ทำให้น้ำในลำคลองมีอัตราการไหลเพิ่มมากขึ้นหากอยู่กลางลำคลอง



ภาพที่ ๑๓ การเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลที่ระยะห่างจากฝั่งต่าง ๆ

๕.สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษานำมาสู่ข้อสรุปในแนวทางการติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำในลำคลองได้ ดังนี้

๕.๑ การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลแปรผันตามเวลาตามทฤษฎีที่ระบุว่าการไหลในลำคลองเป็นการไหลแบบปั่นป่วน เมื่อพิจารณาค่าอัตราการไหลพบว่าสามารถแบ่งกลุ่มอัตราการไหลของน้ำได้เป็น ๓ กลุ่ม ตามตำแหน่งของทางออกเครื่องพ่นน้ำได้ดังนี้ (อักษร A - D แสดงระดับความลึกจากผิวน้ำ Row - A ถึง Row - D และหมายเลข ๑ - ๗ แสดงระยะห่างจากฝั่งตามตำแหน่ง Col 1 - Col 7 ดังแสดงในภาพที่ ๗

(ก) ความเร็วเปลี่ยนแปลงมาก ได้แก่ A4, A5, A6 และ A7

(ข) ความเร็วเปลี่ยนแปลงปานกลาง ได้แก่ A1 – A3, B1 – B7, C1 – C6 และ D1 – D7

(ค) ความเร็วเปลี่ยนแปลงน้อย ได้แก่ C7

ทั้งนี้อัตราการไหลสูงสุดเฉลี่ยของกลุ่มที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วมาก (ก) คิดเป็นประมาณ ๓.๕ เท่าของกลุ่ม (ข) และ ๖ เท่าของกลุ่ม (ค)

๕.๒ ความลึกของทางออกของเครื่องพ่นน้ำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลที่ปลายน้ำ เฉพาะกรณีที่เครื่องพ่นน้ำถูกวางในตำแหน่งค่อนข้างไปทางกลางลำคลอง โดยอัตราการไหลจะลดลงเมื่อทางออกของเครื่องพ่นน้ำอยู่ลึกมากขึ้น ขณะที่ในตำแหน่งอื่น ๆ ความลึกของเครื่องพ่นน้ำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

๕.๓ ระยะห่างจากฝั่งของเครื่องพ่นน้ำ พบว่าไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของน้ำในลำคลองแต่อย่างใด ยกเว้นกรณีที่ทางออกของเครื่องพ่นน้ำอยู่ใกล้ผิวน้ำ พบว่าหากติดตั้งเครื่องพ่นน้ำค่อนไปทางกลางลำคลองจะส่งผลให้การไหลปลายน้ำมีความเร็วเพิ่มขึ้น

๕.๔ การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพเนื่องจากค่าที่คำนวณได้เป็นเพียงการประมาณค่าหรือการหาผลเฉลยด้วยวิธีเชิงตัวเลข ซึ่งสามารถบอกแนวโน้มการไหลได้แต่จำเป็นต้องมีการวิจัยและทดลองเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบจำลอง CFD ที่ใช้ในการศึกษานี้

บรรณานุกรม

[๑] กิตติภูมิ ภูมิโคกรักษ์ และคณะ. (๒๕๕๓). “การวิเคราะห์ความต้านทานและรูปแบบคลื่นของเรือแบบตัวเรือคู่ด้วยวิธีคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล” **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ ๒๔**. จังหวัดอุบลราชธานี.

[๒] Versteeg, H. K. and Malalasekera, W. (1995). **An Introduction to Computational Fluid Dynamics : The Finite Volume Method.** 1st printing. Longman Group Ltd, England.

[๓] สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร. **ข้อมูลคูคลองเรียงตามตัวอักษร.** <http://dds.bangkok.go.th/klong2553/klong2553.html>, ๑ พฤษภาคม ๒๕๕๕.

[๔] Van Manen, J. D. and Van Oossanen, P. (1988). **Chapter V Resistance Principles of Naval Architecture Volume III.** Lewis, EV. editor. 1st printing. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA. pp. 1 – 125.



การสร้างเครื่องผลักดันน้ำ Hybrid

กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ



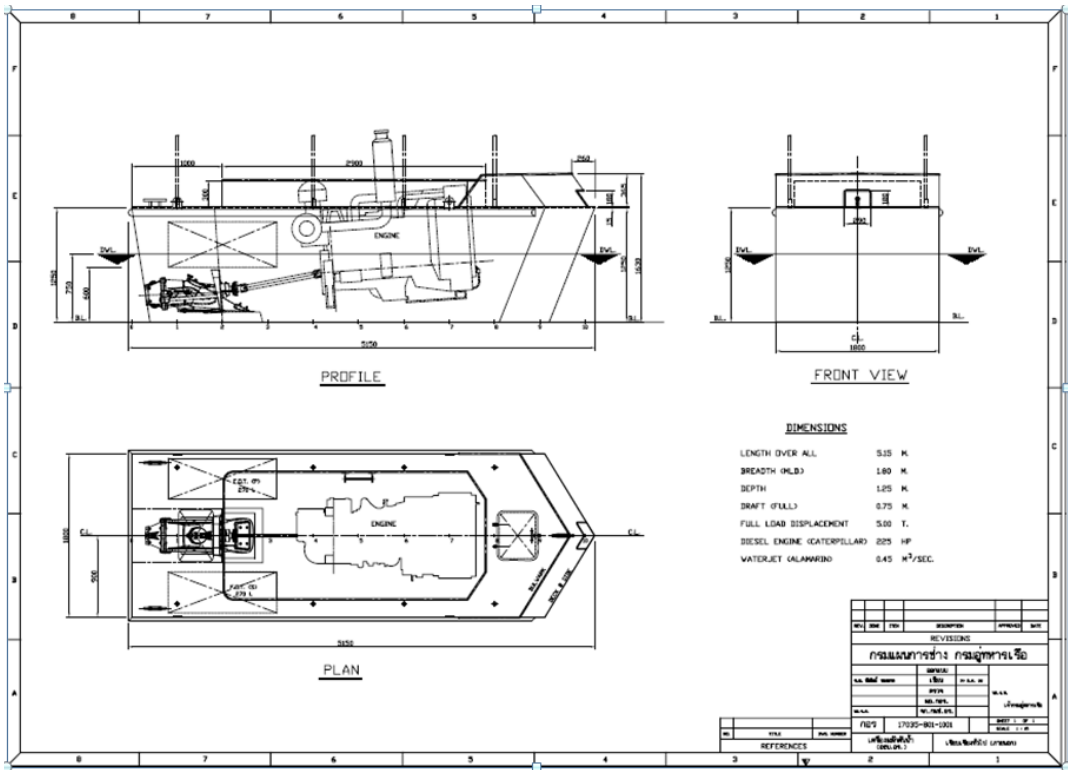
จากเหตุการณ์มหาอุทกภัยเมื่อปี พ.ศ. ๒๕๕๔ ซึ่งส่งผลให้เกิดน้ำท่วมขังเป็นบริเวณกว้างตามพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน รวมทั้งเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เพื่อให้การระบายน้ำเป็นไปด้วยความรวดเร็ว กองทัพเรือได้เสนอให้มีการสร้างเครื่องผลักดันน้ำเพื่อนำมาใช้ในการผลักดันน้ำตามคูคลองต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความเร็วให้น้ำระบายออกสู่ทะเลโดยเร็วที่สุด จากการที่ได้นำเครื่องผลักดันน้ำมาใช้งานนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำได้เป็นอย่างดี เป็นการป้องกัน และเตรียมการรับมือกับอุทกภัยที่อาจจะเกิดขึ้นในปี พ.ศ.๒๕๕๕ และในอนาคต รัฐบาลได้อนุมัติให้กองทัพเรือดำเนินการสร้างเครื่องผลักดันน้ำจำนวน ๘๔ เครื่อง โดยมอบหมายให้กรมอู่ทหารเรือเป็นผู้ดำเนินการ และนำไปติดตั้งในพื้นที่ต่าง ๆ ด้านตะวันออกและตะวันตกของกรุงเทพมหานคร

การสร้างเครื่องผลักดันน้ำ

การสร้างเครื่องผลักดันน้ำจำนวน ๘๔ เครื่อง ตามที่กองทัพเรือได้รับมอบหมายนั้น เจ้ากรมอู่ทหารเรือ ได้สั่งการให้หน่วยขึ้นตรงของกรมอู่ทหารเรือ โดยอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือดำเนินการสร้างเครื่องผลักดันน้ำจำนวน ๔๐ เครื่อง และอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือได้รับมอบหมายให้ดำเนินการสร้างเครื่องผลักดันน้ำจำนวน ๔๔ เครื่อง เนื่องด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ ในการสร้างเรือของอู่ทหารเรือทั้งสองมีความแตกต่างกัน และอาจทำให้กระบวนการในการสร้างมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ดังนั้นในที่นี้ จะขอกล่าวถึงเฉพาะการสร้างเครื่องผลักดันน้ำโดยอู่ทหารเรือธนบุรี โดยแบ่งเป็นหัวข้อได้แก่ แบบที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลักดันน้ำ กระบวนการในการสร้าง การติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องผลักดันน้ำ และสุดท้ายคือ การทดสอบและทดลองเครื่องผลักดันน้ำที่ได้ดำเนินการสร้างแล้วเสร็จ

แบบที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลักดันน้ำ

การสร้างเครื่องผลักดันน้ำนั้นเริ่มจากการออกแบบ โดยมีกรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ เป็นผู้ดำเนินการออกแบบ โดยกำหนดขนาด รูปลักษณ์ภายนอก โครงสร้างเพื่อเสริมความแข็งแรงภายใน รวมทั้งชนิดของเครื่องยนต์และเครื่องพ่นน้ำแบบ Waterjet ที่จะนำมาติดตั้ง ซึ่งแบบที่ใช้ในการสร้างเครื่องผลักดันน้ำโดยอู่ทหารเรือธนบุรีนั้นมีรายละเอียดคุณลักษณะ ดังนี้



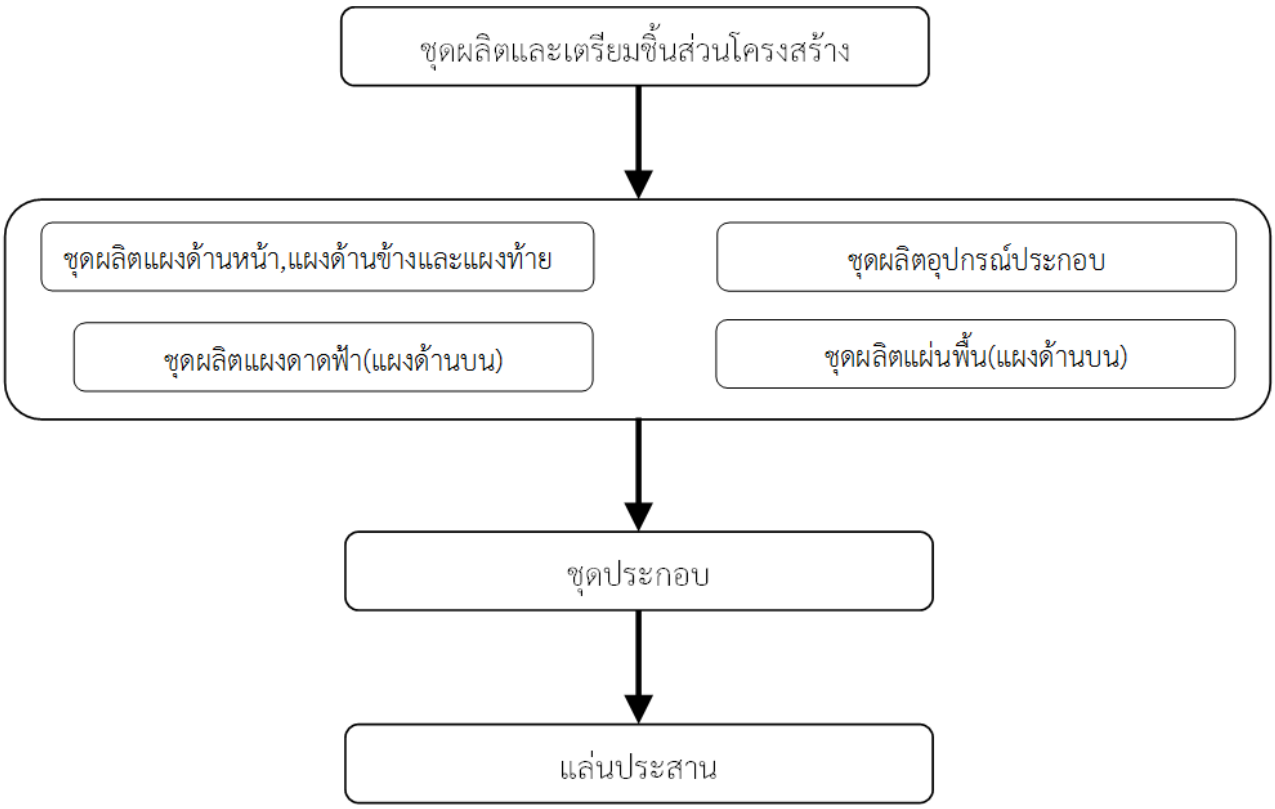
ภาพที่ ๑ แบบเครื่องผลักดันน้ำ

ขนาดมิติทั่วไปของเครื่องผลักดันน้ำ

ความยาวโดยตลอด	๕.๑๕	เมตร
ความกว้าง	๑.๘๐	เมตร
กราบสูง	๑.๒๕	เมตร
กินน้ำลึก	๐.๗๕	เมตร
ความสามารถในการบรรทุกสูงสุด	๕	ตัน
เครื่องยนต์ CATERPILLAR ขนาด	๒๒๕	แรงม้า
เครื่องผลักดันน้ำ Waterjet ตราอักษร ALAMARINE	๐.๔๕	ลบ.เมตร/วินาที

กระบวนการในการสร้าง

ในขั้นตอนการสร้างตัวเครื่องผลักดันน้ำ (เฉพาะตัวเรือ) เพื่อนำไปติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องพ่นน้ำ ด้วยบุคลากรและระยะเวลาที่จำกัด กระบวนการสร้างเกิดความรวดเร็ว สามารถทำงานในแต่ละส่วนคู่ขนานกันไปได้ จึงกำหนดการทำงานให้เป็นลักษณะสายการผลิต แบ่งเป็นชุดทำงานต่าง ๆ โดยแบ่งแยกงานและความรับผิดชอบ ทำให้ในขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องผลักดันน้ำ สามารถดำเนินการไปได้พร้อมกัน แทนที่จะต้องรอให้งานใดงานหนึ่งเสร็จก่อนถึงจะทำงานในส่วนถัดไปได้



ภาพที่ ๒ แผนผังแสดงขั้นตอนการสร้างตัวเครื่องผลักดันน้ำ

ขั้นตอนในการสร้าง

เริ่มจากชุดผลิตและเตรียมชิ้นส่วนโครงสร้าง ทำการเตรียมวัสดุต่าง ๆ โดยส่วนหนึ่งทำการตัดและเชื่อมประสานต่อแผ่นเหล็ก เนื่องจากเครื่องผลักดันน้ำมีความกว้าง ๑.๘๐ เมตร แต่แผ่นเหล็กมีความกว้างเพียง ๑.๕๐ เมตรเท่านั้น จึงจำเป็นต้องต่อแผ่นเหล็กให้กว้างขึ้น เพื่อให้เพียงพอที่จะทำการขยายแบบลงบนแผ่นเหล็กได้





ภาพที่ ๓ การตัดและต่อแผ่นเหล็ก

หลังจากที่ทำการเตรียมแผ่นเหล็กแล้ว จึงทำการขยายแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ลงบนแผ่นเหล็ก ทั้งในส่วนของแผงด้านต่าง ๆ ของเครื่องผลักดันน้ำ ชิ้นส่วนฐานแท่นเครื่องยนต์ ฐานแท่นเครื่องพ่นน้ำ รวมทั้งชิ้นส่วนประกอบอื่น ๆ ที่มีขนาดใหญ่



ภาพที่ ๔ การขยายแบบลงบนแผ่นเหล็ก



ภาพที่ ๕ การตัดชิ้นส่วนโครงสร้างขนาดใหญ่

สำหรับชิ้นส่วนขนาดเล็กรวมทั้งชิ้นส่วนที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างยกตัวอย่าง เช่น ชิ้นส่วนของฐานแท่นเครื่องพ่นน้ำ จะใช้การตัดด้วยเครื่องตัดระบบไฮดรอลิก



ภาพที่ ๖ การตัดชิ้นส่วนโครงสร้างด้วยเครื่องตัดระบบไฮดรอลิก

เมื่อได้ชิ้นส่วนต่าง ๆ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในลำดับต่อไปก็เป็นขั้นตอนของชุดผลิตอุปกรณ์ประกอบ ชุดผลิตแผงด้านหน้า แผงด้านข้าง และแผงท้าย ชุดผลิตแผงดาดฟ้า (แผงด้านบน) และชุดผลิตแผ่นพื้น ซึ่งแต่ละชุดจะสามารถทำงานในการผลิตชิ้นส่วนที่รับผิดชอบได้พร้อม ๆ กัน โดยแต่ละชุดทำการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ชุดผลิตอุปกรณ์ประกอบ ทำการผลิตฐานแท่นเครื่องยนต์ ฐานแท่นเครื่องพ่นน้ำ พุกสำหรับผูกเชือก

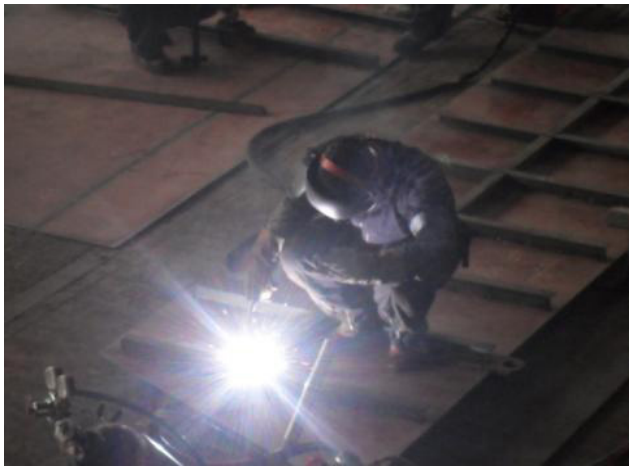




ภาพ ๗ การผลิตอุปกรณ์ประกอบ

ชุดผลิตแผงด้านหน้า แผงด้านข้าง และแผงท้าย ทำการนำแผ่นเหล็กของชิ้นส่วนเหล่านี้ที่ได้จากการตัดมาติดตั้งชิ้นส่วนเพื่อเสริมความแข็งแรงของแผงต่าง ๆ ตามแบบ





ภาพที่ ๘ ผลิตแผงด้านหน้า แผงด้านข้าง และแผงท้าย

ชุดผลิตแผงดาดฟ้า (แผงด้านบน) ในการผลิตแผงดาดฟ้า เพื่อให้แผงดาดฟ้ามีระดับเท่ากันจำเป็นต้องสร้าง JIG เพื่อรองรับแผ่นเหล็ก แผงดาดฟ้าจะทำการติดตั้งชิ้นส่วนเพื่อเสริมความแข็งแรงและทำการสร้าง Coaming จนแล้วเสร็จตามแบบพร้อมที่จะนำไปประกอบกับโครงสร้างที่เหลือ




ภาพที่ ๙ การผลิตแผงดาดฟ้า

ชุดผลิตแผ่นพื้น ทำงานเช่นเดียวกับชุดผลิตแผงอื่น กล่าวคือทำการติดตั้งชิ้นส่วนเพื่อเสริมความแข็งแรงของแผ่นพื้น




ภาพที่ ๑๐ การผลิตแผ่นพื้น

เมื่อแผงโครงสร้างเครื่องผลักดันน้ำรวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ทยอยได้รับการผลิตออกมา ชุดประกอบจะนำแผงโครงสร้างและอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน โดยในการประกอบเครื่องผลักดันน้ำ สามารถประกอบได้หลายเครื่องพร้อมกัน เมื่อประกอบกันแล้วชุดประกอบจะทำการเชื่อมยึดแผงโครงสร้างเหล่านั้นไว้ด้วยกัน รวมทั้งติดตั้งฐานแท่นเครื่องยนต์และฐานแท่นเครื่องพ่นน้ำ

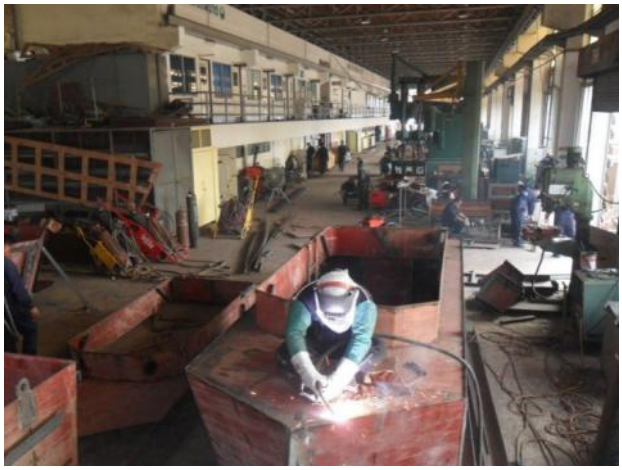



ภาพที่ ๑๑ การประกอบตัวเครื่องผลักดันน้ำ




ภาพที่ ๑๒ การติดตั้งฐานแท่นเครื่องยนต์และฐานแท่นเครื่องพ่นน้ำ

เมื่อชุดประกอบทำการประกอบเครื่องผลักดันน้ำเป็นที่เรียบร้อย ต่อไปก็เป็นขั้นตอนที่ชุดเชื่อมประสาน ทำการเชื่อมประสานแผงโครงสร้างและอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน ส่วนชุดประกอบก็สามารถทำการประกอบเครื่องผลักดันน้ำเครื่องถัดไปได้ในการทำงานของชุดประกอบ และชุดแล่นประสานจะทำงานควบคู่กันไป เนื่องด้วยเมื่อแล่นประสานเรียบร้อย ชุดประกอบก็จะทำการตัดช่องทางดูด และช่องทางผ่านต่าง ๆ ต่อไป

ภาพที่ ๑๓ การเชื่อมประสานตัวเครื่องผลักดันน้ำ

ในการทำงานของชุดประกอบและชุดแล่นประสานจะทำงานควบคู่กันไป เนื่องด้วยเมื่อแล่นประสานเรียบร้อย ชุดประกอบก็จะทำการตัดช่องทางดูดของเครื่องพ่นน้ำและช่องทางผ่านต่าง ๆ



ภาพที่ ๑๔ การตัดช่องทางดูดและทางผ่านต่าง ๆ

เมื่อทำการเชื่อมประสานโครงสร้างและอุปกรณ์ทุกอย่างเป็นที่เรียบร้อย ตัวเครื่องผลักดันน้ำก็จะได้รับการทำสี และพร้อมที่จะนำไปติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องพ่นน้ำต่อไป





ภาพที่ ๑๕ ตัวเครื่องผลักดันน้ำที่แล้วเสร็จ

การติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องผลักดันน้ำ

ตัวเครื่องผลักดันน้ำที่ได้ผลิตแล้วเสร็จจะนำมาติดตั้งเครื่องยนต์และเครื่องพ่นน้ำ พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง และท่อก๊าซเสียของเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ที่นำมาติดตั้งเป็นเครื่องยนต์ดีเซล ตราอักษร CATERPILLAR รุ่น C7 ขนาด ๒๒๕ แรงม้า ส่วนเครื่องพ่นน้ำตราอักษร ALAMARIN JET-288





ภาพที่ ๑๖ เครื่องยนต์ดีเซล CATERPILLAR C7





ภาพที่ ๑๗ เครื่องพ่นน้ำ ALAMARINE JET-288

การทดสอบและทดลอง

เมื่อการสร้างเครื่องผลักดันน้ำเรียบร้อย สุดท้ายจะทำการทดสอบและทดลองการทำงาน เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องยนต์และเครื่องพ่นน้ำว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน อีกทั้งยังเป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องผลักดันน้ำแต่ละเครื่องอีกด้วย



ภาพที่ ๑๘ การทดสอบและทดลองเครื่องผลักดันน้ำ

ตำแหน่งติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำ

นอกเหนือจากภารกิจในการสร้างเครื่องผลักดันน้ำ กองทัพเรือโดยกรมอู่ทหารเรือ ยังได้รับมอบหมายในการสนับสนุนเจ้าหน้าที่ รวมทั้งการยกและเคลื่อนย้ายเครื่องผลักดันน้ำ ลงติดตั้งตามตำแหน่งที่คณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.) ได้กำหนด เพื่อบรรเทาสภาพปัญหาน้ำท่วมขัง และเตรียมความพร้อมของพื้นที่ปลายน้ำ ซึ่งมีทั้งสิ้น ๒๓ จุด โดยแบ่งออกเป็น พื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร จำนวน ๑๗ จุด และ พื้นที่ด้านตะวันตกของกรุงเทพมหานคร จำนวน ๖ จุด ใช้เครื่องผลักดันน้ำรวมทั้งหมด ๕๓ เครื่อง รวมทั้งเจ้าหน้าที่ในการดูแลรักษาเครื่องผลักดันน้ำประมาณ ๒๐๐ นาย สำหรับรายละเอียดของจุดต่าง ๆ ที่ทำการติดตั้งมี ดังนี้



ภาพที่ ๑๙ แผนที่แสดงระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร

พื้นที่ด้านตะวันออกของกรุงเทพมหานคร จำนวน ๑๗ จุด

๑. คลองลำปลาทิว (ถนนมอเตอร์เวย์)		จำนวน	๒	เครื่อง
๒. คลองลำปลาทิว (วัดสุธาโภชน์)		จำนวน	๒	เครื่อง
๓. คลองลำปลาทิว (วัดลำผักชี)		จำนวน	๒	เครื่อง
๔. คลองลาดกระบัง (ถนนอ่อนนุช)		จำนวน	๒	เครื่อง
๕. คลองลาดกระบัง (ถนนบางนา - ตราด กม.๑๓)		จำนวน	๔	เครื่อง
๖. คลองบางเขน (ถนนวิภาวดีขาออกมหาวิทยาเกษตรศาสตร์)		จำนวน	๒	เครื่อง
๗. คลองเปรมประชากร (ถนนรัชวิภา)		จำนวน	๒	เครื่อง
๘. คลองเปรมประชากร (วัดเทวะสุนทร)		จำนวน	๒	เครื่อง
๙. คลองบางซื่อ (ถนนเตชะวณิชย์)		จำนวน	๒	เครื่อง
๑๐. คลองสามประเวศ (ถนนมอเตอร์เวย์)		จำนวน	๒	เครื่อง
๑๑. คลองสี่ประเวศ (ถนนมอเตอร์เวย์)		จำนวน	๒	เครื่อง
๑๒. คลองสี่ประเวศ (วัดปลูกศรัทธา)		จำนวน	๒	เครื่อง
๑๓. คลองหัวตะเข้ (ถนนลาดกระบัง)		จำนวน	๓	เครื่อง
๑๔. คลองหัวตะเข้ (วัดหัวคู้)		จำนวน	๒	เครื่อง
๑๕. คลองบางโฉลง (ถนนบางนา - ตราด กม.๑๖)		จำนวน	๓	เครื่อง
๑๖. คลองจระเข้ใหญ่ (ถนนบางนา - ตราด กม.๒๒)		จำนวน	๔	เครื่อง
๑๗. คลองบางเสาธง (ถนนบางนา - ตราด กม.๒๔)		จำนวน	๓	เครื่อง
	รวม	**จำนวน**	**๔๑**	**เครื่อง**

พื้นที่ด้านตะวันตกของกรุงเทพมหานคร จำนวน ๖ จุด

๑. คลองทวีวัฒนา (โรงเรียนวัดศาลาแดง)		จำนวน	๒	เครื่อง
๒. คลองลัดทรงคนอง (วัดทรงคนอง)		จำนวน	๒	เครื่อง
๓. คลองลัดท่าข้าม (วัดท่าข้าม)		จำนวน	๒	เครื่อง
๔. คลองลัดงิ้วราย (วัดบางช้างใต้)		จำนวน	๒	เครื่อง
๕. ปากคลองจินดา (วัดบางช้างใต้)		จำนวน	๒	เครื่อง
๖. คลองเจ็ดริ้ว (รพ.สต.หลักสอง)		จำนวน	๒	เครื่อง
	รวม	**จำนวน**	**๑๒**	**เครื่อง**

การติดตั้งเครื่องผลักดันน้ำนั้นจะนำไปติดตั้งในพื้นที่บริเวณช่วงของสะพานและคลองลัดต่าง ๆ เพื่อช่วยเร่งการไหลของน้ำให้ผ่านพื้นที่ดังกล่าวได้สะดวกรวดเร็วขึ้น ทั้งนี้การเดินเครื่องผลักดันน้ำจะมีการปฏิบัติอย่างเป็นระบบตามแผนของคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.) ทำให้การผลักดันน้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำมวลน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่ปลายน้ำออกสู่ทะเลได้อย่างรวดเร็ว และเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยมิให้เกิดเหตุการณ์อุทกภัยขึ้นอีกในปีนี้

การใช้งานเครื่องผลักดันน้ำ

หลังจากที่กรมอู่ทหารเรือตั้งศูนย์ปฏิบัติการกรมอู่ทหารเรือ (ศปก.อร.) เมื่อ ๒๘ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๕ ได้จัดคณะนายทหารและข้าราชการของกรมอู่ทหารเรือ เป็นฝ่ายอำนวยการในการวางแผนติดต่อประสานงานและสั่งการผู้ปฏิบัติโดยมีกำลังพลข้าราชการ ลูกจ้างประจำ และพนักงานราชการจากอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ และอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ เป็นหลักในการดูแลและเคลื่อนย้ายเครื่องผลักดันน้ำ เฝ้าดูแลเครื่องตลอด ๒๔ ชั่วโมง และจัดชุดซ่อมฉุกเฉินเคลื่อนที่เร็วไปตามคลองเป้าหมาย เพื่อให้สอดคล้องทันกับสถานการณ์น้ำท่วม โดยได้รับการร้องขอจากคณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.) ซึ่งหน่วยงานข้างต้นมีหน้าที่ในการเฝ้าระวัง ตรวจสอบปริมาณน้ำในฤดูฝน และปริมาณน้ำจากอิทธิพลของพายุที่เกิดขึ้นในทะเลจีนใต้พัดเข้าสู่ประเทศเพื่อนบ้านจนอ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชั่นพัดผ่านประเทศไทย จึงทำให้ปริมาณน้ำตามพื้นที่ต่าง ๆ ของจังหวัดที่ได้รับผลกระทบมีปริมาณน้ำมากก่อให้เกิดน้ำท่วม น้ำหลากในพื้นที่ลุ่ม และระดับน้ำในแม่น้ำลำคลองล้นตลิ่งไหลลงสู่ภาคกลางตอนล่าง เขตปริมณฑลจนถึงกรุงเทพมหานคร โดยข้อมูลต่าง ๆ

ที่ได้รับมาจะต้องนำมาคำนวณ และประเมินสถานการณ์สภาวะตลอดจนต้องทำการเคลื่อนย้ายเครื่องผลักดันน้ำไปตามสถานที่และคลองต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมสอดคล้องกับสถานการณ์น้ำท่วม โดยได้รับการร้องขอจาก คณะกรรมการบริหารจัดการน้ำและอุทกภัย (กบอ.) ซึ่งหน่วยงานข้างต้นมีหน้าที่ในการเฝ้าระวัง ตรวจสอบ ปริมาณน้ำตามพื้นที่ต่าง ๆ ของจังหวัดที่มีความเสี่ยงต่อสภาวะน้ำท่วมและน้ำหลาก โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับมาจะต้องมาคำนวณ และประเมินสถานการณ์ เมื่อได้ข้อตกลงใจที่แน่ชัดจากผู้มีอำนาจสั่งการ ก็จะร้องขอให้ทางกองทัพเรือดำเนินการจัดส่งเครื่องผลักดันน้ำพร้อมเจ้าหน้าที่ประจำเรือเคลื่อนย้ายเครื่องผลักดันน้ำพร้อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ไปติดตั้งบริเวณคลองเป้าหมาย เพื่อที่จะทำการผลักดันน้ำให้เคลื่อนที่ลงสู่อ่าวไทยอย่างรวดเร็ว

จากการปฏิบัติงานผลักดันน้ำในห้วงเวลาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่ผ่านมา อุปสรรคประการหนึ่งที่เจ้าหน้าที่ที่ทำงานในการเฝ้าเรือผลักดันน้ำของอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ ประสบก็คือเครื่องผลักดันน้ำจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดก็ต่อเมื่อ ระดับน้ำในคลองที่ต้องการผลักให้ลงสู่แม่น้ำ จะต้องมีระดับสูงกว่าในแม่น้ำ (เวลาน้ำลง) ถ้าระดับน้ำแตกต่างกันมาก ก็ยิ่งจะสามารถผลักดันน้ำได้เป็นปริมาณมาก ถ้าระดับเท่ากันประสิทธิภาพปริมาณของน้ำก็ยิ่งลดลง หรือถ้าระดับของน้ำในแม่น้ำสูงกว่าในคลองสาขา ในกรณีที่เกิดภาวะน้ำขึ้น การผลักดันน้ำจะไม่มีประโยชน์เลย

จากอุปสรรคในข้างต้น ทำให้ทางบุคลากรในกองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ ได้พยายามหาวิธีการแก้ไขโดยดัดแปลง ปรับปรุง เครื่องผลักดันน้ำให้สามารถทำงานได้ ๒ ลักษณะ คือ

๑. ในยามปกติเมื่อมีน้ำเหนือไหลบ่าลงมาสู่ภาคกลาง และน้ำจะไหลลงสู่ทะเล ก็จะใช้เครื่องผลักดันน้ำช่วยผลักดันน้ำให้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยตรวจสอบระดับน้ำในคลองต้องสูงกว่าน้ำในแม่น้ำ





ภาพที่ ๒๐ การใช้งานเครื่องผลักดันน้ำ

๒. ในสภาวะที่ระดับน้ำในแม่น้ำสูงกว่าในคลอง ไม่สามารถผลักน้ำให้ไหลได้ ก็จะนำเครื่องผลักดันน้ำไปวางหน้าประตูกั้นน้ำ แล้วทำการปิดประตูกั้นน้ำ เพื่อไม่ให้น้ำในแม่น้ำไหลกลับเข้ามาสู่คลอง และเข้ามาท่วมเรือกสวนไร่นาและบ้านเรือนของประชาชน โดยทำการปรับปรุงเครื่องผลักดันน้ำต่อท่อ (Pipeline Adaptor) จากทางหัวพ่นน้ำ (Outlet Nozzle) โดยใช้หน้าแปลนต่อท่อแบบ Flexible Pipeline วางทอดข้ามประตูน้ำหรือคันนาในสวน ก็จะสามารถเดินเครื่องได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง ไม่ต้องรอสภาวะน้ำขึ้น – ลง



ภาพที่ ๒๑ การใช้งานเครื่องผลักดันน้ำในการสูบน้ำ

สรุป

การสร้างเครื่องผลักดันน้ำของอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ ตามนโยบายของหน่วยเหนือ เพื่อนำไปใช้ผลักดันน้ำตามคูคลองต่าง ๆ ให้ระบายออกสู่ทะเลโดยเร็ว อันเป็นการช่วยมิให้เกิดอุทกภัยในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลอย่างได้ผล นอกจากนั้นการดัดแปลงเครื่องผลักดันน้ำให้สามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องสูบน้ำได้ด้วย ก็ยิ่งทำให้การระบายน้ำตามคูคลองต่าง ๆ ออกสู่ทะเลมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังอาจนำไปใช้ประโยชน์ในการช่วยเหลือผู้ประสบภัยแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ ได้ในโอกาสต่อไป

อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ กับโครงการปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสิน เพื่อติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30

นาวาเอก จักรวัชร์ เงินวิไล
หัวหน้านายช่าง โรงงานต่อเรือเหล็ก กองโรงงานเรือเหล็ก
อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ



กล่าวนำ

"เราทำให้พร้อมรบ" เป็นคำขวัญที่ข้าราชการทหาร ลูกจ้าง และพนักงานราชการ ของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ทุกนายมีความภาคภูมิใจที่มีส่วนทำให้กองทัพเรือมียุทโธปกรณ์พร้อมใช้สำหรับการป้องกันและรักษาอธิปไตยของชาติ ซึ่งในปลายเดือนเมษายน พ.ศ. ๒๕๕๕ ที่ผ่านมาอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ได้รับมอบภารกิจที่สำคัญคือการปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสิน เพื่อติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30 สำหรับใช้ในการป้องกันภัยทางอากาศให้แก่กองเรือยุทธการ ที่มีใช้อยู่ในกองทัพเรือที่ทันสมัยทั่วโลก และเนื่องจากภารกิจนี้มีการซ่อมทำตัวเรือทั้งเหนือและใต้แนวน้ำจำนวนมาก รวมทั้งการซ่อมทำระบบกลจักร ได้แก่ ซ่อมทำเพลาใบจักร ซ่อมทำระบบปรับพิทช์ใบจักร ซ่อมทำแบริ่งรองรับเพลาใบจักร ซ่อมทำลิ้นน้ำ ซ่อมทำหางเสือ รวมทั้งเสริมความแข็งแรง พร้อมทำการติดตั้งอุปกรณ์รองรับการติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30 โดยมีกำหนดแล้วเสร็จไม่เกิน ๓๐ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๕ ซึ่งปริมาณงานมากขนาดนี้หากดำเนินการปกติแล้ว จะต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า ๒ ปี จึงนับเป็นความท้าทายที่สำคัญของกำลังพลอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือเป็นอย่างยิ่ง

การดำเนินการปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสิน

การปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสินครั้งนี้ ได้ดำเนินการตามหลักการบริหารโครงการที่ต้องระลึกถึงสิ่งสำคัญ ๓ ประการ ได้แก่ ๑. ช่วงเวลาการดำเนินโครงการ (Time) ๒. งบประมาณในการบริหารโครงการ (Cost) และ ๓. คุณภาพงานในโครงการ (Quality) โดยให้ความสำคัญของทั้งสามประการเท่า ๆ กัน ซึ่งมีงานที่ต้องซ่อมทำจำนวนมาก ในขณะที่เวลาในการปรับปรุงและซ่อมทำรวมทั้งงบประมาณที่ต้องใช้มีจำกัด และที่สำคัญต้องทำให้เรือมีสมรรถนะที่ดีภายหลังการปรับปรุงอีกด้วย ในการนี้อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานขึ้นมาบริหารโครงการปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสิน เพื่อรองรับการติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30 ซึ่งคณะทำงานได้มีการวางแผนการซ่อมทำเป็นขั้นเป็นตอน ควบคู่ไปกับการปรับปรุงกระบวนการและวิธีการซ่อมทำเรือ ให้เป็นไปตามหลักวิชาวิศวกรรมการต่อเรือและเครื่องกลเรือ โดยการปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสินครั้งนี้ คณะทำงานได้ตั้งข้อสังเกตว่า หากจะทำให้โครงการนี้บรรลุผลสำเร็จได้ จะต้องรักษาศูนย์ของแนวเพลาไม่ให้เสียไปจากเดิมภายหลังจากซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำแล้วเสร็จ ดังนั้นวิธีการซ่อมทำและปรับปรุงเรือโดยที่ต้องรักษาแนวศูนย์เพลาไว้ให้เป็นปกติ จึงเป็นภารกิจสำคัญที่คณะทำงานต้องระมัดระวังและกำกับดูแลอย่างใกล้ชิดที่สุดตลอดระยะเวลาของโครงการ

การซ่อมทำตัวเรือ

การซ่อมทำตัวเรือเหนือแนวน้ำ

การซ่อมทำตัวเรือเหนือแนวน้ำนั้นมีการดำเนินการ ๕๒ งาน เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่เรือเข้าอู่แห้งในปลายเดือนเมษายน พ.ศ. ๒๕๕๕ โดยซ่อมทำไปพร้อมกับการพ่นทรายและทำสี และพบว่าปัญหาสำคัญของงานดังกล่าวคือการรื้อและประกอบ Inway หรือสิ่งกีดขวางการซ่อมทำ ซึ่งมีเป็นจำนวนมากและจะต้องใช้ช่างจากโรงงานต่าง ๆ จำนวนมากทั่วทั้งอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ จึงได้กำหนดให้มีการประชุมของผู้ควบคุมการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องทุกวันในเวลา ๐๙.๐๐ น. เพื่อรับทราบและแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องต่าง ๆ รวมทั้งจ่ายงานให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมทำนำไปปฏิบัติประจำวัน

การซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำ

การซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำนั้นนับว่าเป็นงานที่ยากและมีความสำคัญที่สุดในการซ่อมทำครั้งนี้ เนื่องจากเป็นงานที่ซับซ้อนและมีปริมาณมาก โดยมีงานจำนวนทั้งสิ้น ๑๒๕ งาน รวมทั้งในการซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำนั้นมีพื้นที่ปฏิบัติงานที่คับแคบ หากจะทำงานให้มีคุณภาพดี



กำลังซ่อมทำห้องน้ำ



ห้องน้ำภายหลังการซ่อมทำ



ก่อนซ่อมทำ



ภายหลังการซ่อมทำ

และทันเวลาที่กำหนด จะต้องใช้ช่างจำนวนมากสลับกันเข้าทำงาน การซ่อมทำนี้จึงถือว่าเป็นงานวิกฤติของโครงการ ดังนั้นทรัพยากรต่าง ๆ ที่ดีและมีอยู่เกือบทั้งหมดจึงถูกส่งไปในภารกิจการซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำ

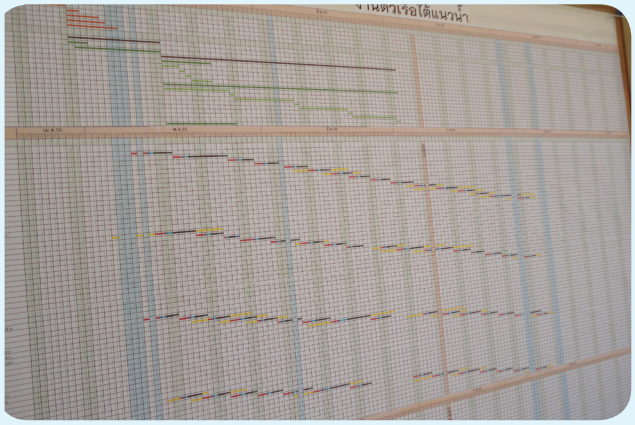
จากเหตุผลดังกล่าว จึงได้วางแผนงานอย่างละเอียดและกำหนดวิธีการซ่อมทำตามหลัก วิศวกรรม เพื่อให้โครงการบรรลุผลสำเร็จตามที่ตั้งใจไว้ ด้วยวิธีการที่คณะทำงานได้ร่วมกันพิจารณาแล้วดังนี้

๑. วางแผนการตัดแผ่นเหล็กเพื่อซ่อมทำตาม Sequence ที่กำหนด โดยไม่ตัดคราวละมาก ๆ และบริเวณใกล้เคียงกัน สำหรับการกำหนดผู้ปฏิบัติงานครั้งนี้จัดให้มีชุดซ่อมทำจำนวน ๘ ชุด แต่ละชุดให้ซ่อมทำคราวละ ๑ แผ่น จะไม่เปิดแผ่นเหล็กหรือเปิดงานพร้อมกันในชุดเดียวกัน เพราะจะทำให้โครงสร้างของเรืออ่อนแอลงได้ ส่วนชุดอื่นที่เหลือจะกำหนดให้ตัดแผ่นเหล็กห่าง ๆ กันออกไป

๒. ยึดโครงสร้างและค้ำยันบริเวณจุดเสี่ยงต่อการเสียศูนย์ของแนวเพลาและตัวเรือ

๓. ใช้วัสดุและเครื่องมือที่มีคุณภาพสูงเพื่อให้งานซ่อมทำมีคุณภาพและสามารถผ่านมาตรฐานได้มากที่สุด

๔. กำหนดให้มีผู้ชำนาญงานด้านการเชื่อมและการซ่อมทำตัวเรือ เป็นผู้ควบคุมคุณภาพการซ่อมทำทุกกระบวนการในการซ่อมทำตัวเรือ และมีอำนาจในการสั่งแก้ไขงานได้ หากพิจารณาแล้วว่าผลการซ่อมทำไม่ผ่านการตรวจสอบด้วยสายตา













๕. กำหนดวิธีการเตรียมพื้นผิวงานเชื่อม ที่จะทำให้การตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiography) มีโอกาสผ่านมากที่สุดดังนี้

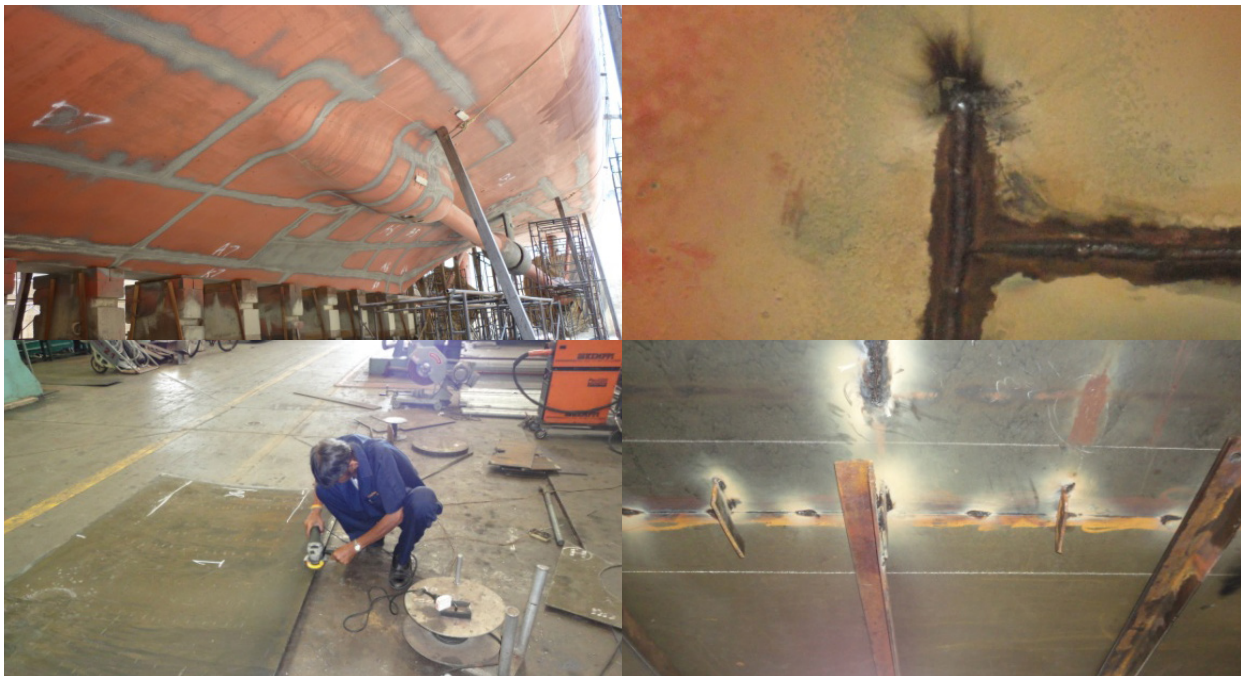
๕.๑ ไม่พ่นทรายบริเวณแนวเปลี่ยนแผ่นเหล็กเพื่อให้งานเชื่อมผ่านง่ายยิ่งขึ้น

๕.๒ เจียระไนสีและสิ่งสกปรกออกจากแผ่นเหล็กที่จะนำมาเปลี่ยน ทั้งด้านในและด้านนอก

๕.๓ แนวเชื่อมที่เป็นรอยต่อระหว่างแผ่นเหล็กใหม่และแผ่นเหล็กเก่า ในการเชื่อมนั้นจะต้องเลยเข้าไปในแนวเชื่อมเก่า ๓ - ๔ นิ้ว

๕.๔ เว้นระยะห่างของช่องว่างแผ่นเหล็ก (Gap) ก่อนการเชื่อมให้ได้ตามมาตรฐาน

๕.๕ กำหนดวิธีการเจียระไนและการเซาะร่องด้านนอก ภายหลังการเชื่อมด้านในแล้ว เพื่อให้การเชื่อมด้านนอกทำได้ง่ายและมีโอกาสผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้วยการถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiography) มากยิ่งขึ้น



๖. การซ่อมทำตัวเรือบริเวณแผ่น K หรือแผ่นเหล็กแนวกระดูกงูที่มีขนาดเล็ก หากต้องเปลี่ยนโครงสร้างด้านในด้วย ในกรณีนี้กำหนดให้ซ่อมทำด้วยวิธีการทำเรือเป็น Block แล้วนำมาประกอบกับตัวเรือ แทนการซ่อมทำด้วยวิธีปกติซึ่งจะทำได้ยากมากหรืออาจทำไม่ได้ โดยเฉพาะการลงไปเชื่อมโครงสร้างด้านในที่คับแคบมาก



การซ่อมทำระบบกลจักร

การซ่อมทำระบบกลจักรนั้นมีงานหลัก ๆ อยู่ ๔ งานดังนี้

๑. ซ่อมทำเพลาและแบริ่งรองรับเพลาใบจักร

๒. ซ่อมทำระบบปรับพิทช์ใบจักร

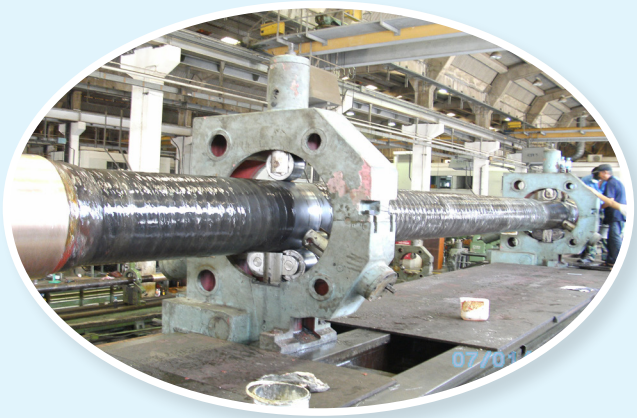
๓. การเปลี่ยนลิ้นน้ำ

๔ .ซ่อมทำหางเสือ

งานซ่อมทำระบบกลจักรนั้น จะมีความสัมพันธ์กับการซ่อมทำตัวเรือค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำบริเวณแนวเพลาใบจักร การวางแผนที่ดีและสอดคล้องกันช่วยลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นและทำให้งานประสบผลสำเร็จ

การซ่อมทำเพลาและแบริ่งรองรับเพลาใบจักร

เนื่องจาก Sleeve ของเพลาสึกกร่อนมาก จึงต้องสเปรย์เพื่อเสริมเนื้อโลหะและกลึงล้างให้มีขนาดตามที่กำหนด รวมทั้งขัดผิวโลหะ Sleeve ให้มันวาว จะทำให้ไม่กัดแบริ่งรองรับเพลาใบจักรเมื่อนำเพลาไปประกอบที่เรือแล้ว อันจะส่งผลให้แบริ่งรองรับเพลาใบจักรมีอายุการใช้งานมากขึ้น



การซ่อมทำระบบปรับพิทช์ใบจักร

ในการซ่อมทำระบบนี้มีการเปลี่ยนอะไหล่จนถึงขั้น Overhaul



การเปลี่ยนลิ้นน้ำ

สำหรับลิ้นน้ำมีการเปลี่ยนทั้งหมดเพื่อความมั่นใจว่าลิ้นน้ำจะไม่มีการชำรุดอีกในเวลาอันใกล้นี้



การซ่อมทำหางเสือ

เพื่อความมั่นใจในการใช้งานหางเสือ จึงได้ทำการวัดความหนาใบหางเสือและตรวจรอยรั่วด้วยวิธีการอัดด้วยของเหลว จนมั่นใจว่าใบหางเสือมีสภาพที่ดีสามารถใช้งานได้อีกนาน



ปัญหาที่เกิดขึ้นและการแก้ไขในการซ่อมทำระบบกลจักร

๑. ระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงตากสิน ประกอบด้วยเพลาท่อนที่ยาวที่สุดคือประมาณ ๑๘ เมตร ซึ่งความยาวดังกล่าวมีผลต่อการนำเรือเข้าอู่แห้งเพื่อซ่อมทำระบบเพลาใบจักร ทั้งเรื่องการจัดเรียงหมอนและระยะห่างบริเวณท้ายเรือไปยังผนังอู่แห้ง การเรียงหมอนเพื่อรองรับการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรนั้น ได้มีการเรียงหมอนให้ท้ายเรืออยู่บริเวณก้นอู่แห้ง โดยให้หัวเรืออยู่ชิดไปทางด้านประตูอู่แห้ง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ประตูฉุกเฉินแทนประตูปกติ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มระยะห่างบริเวณท้ายเรือ นับเป็นเรือที่เข้ารับการซ่อมทำไม่ปกติของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ เพราะโดยปกติแล้วจะนำหัวเรือเข้าบริเวณก้นอู่แห้งและท้ายเรือจะอยู่บริเวณประตูอู่แห้ง

๒. เพลาท่อนที่ยาวที่สุดมีความยาวประมาณ ๑๘ เมตร (๑๗.๙๖๕ เมตร) แต่เครื่องกลึงที่ใช้ซ่อมทำเพลาของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ สามารถรองรับเพลาได้ขนาดความยาว ๑๔ เมตรเท่านั้น จึงต้องสร้างอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อนำมาดัดแปลงยันศูนย์เครื่องกลึงให้สามารถใช้ซ่อมทำเพลาเรือหลวงตากสิน ขนาดประมาณ ๑๘ เมตรได้

๓. การหาศูนย์เพลาจะต้องปฏิบัติทุกวันในเวลาเดียวกัน แต่มีกล้อง Telescope เพียงเครื่องเดียว จึงต้องสร้างรางเลื่อนกล้องเพื่อให้สามารถตั้งกล้องและปรับค่าต่าง ๆ ในการวัดได้รวดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อที่จะวัดศูนย์เพลาซ้ายและเพลาขวาได้ทันเวลา และที่สำคัญในการซ่อมทำตัวเรือของเรือหลวงตากสินครั้งนี้ มีการติดตั้ง Dial Gauge เพื่อวัดการผิดศูนย์ของเพลาแนวสูงต่ำและแนวซ้ายขวา ด้วยการติดไว้ที่โยงโย่และกระบอกเพลา จุดละ ๒ ตัว เป็นการตรวจสอบการตกของเพลาซ้ำอีกทางหนึ่ง เพื่อความมั่นใจว่าศูนย์ของแนวเพลาจะยังคงเป็นปกติขณะทำการซ่อมทำตัวเรือ

๔. การใส่เพลาใบจักรเข้าไปในตัวเรือหากใส่โดยการเกี่ยวรอกไว้กับตัวเรือ ด้วยน้ำหนักเพลาที่มาก จะทำให้แนวเพลาเสียศูนย์ได้ จึงต้องสร้างเครื่องมือสไลด์เพลาขึ้นมาจะทำให้ไม่ต้องแขวนรอกกับตัวเรือ โดยที่ฐานของเครื่องมือสไลด์เพลา จะสามารถปรับระดับสูง - ต่ำได้

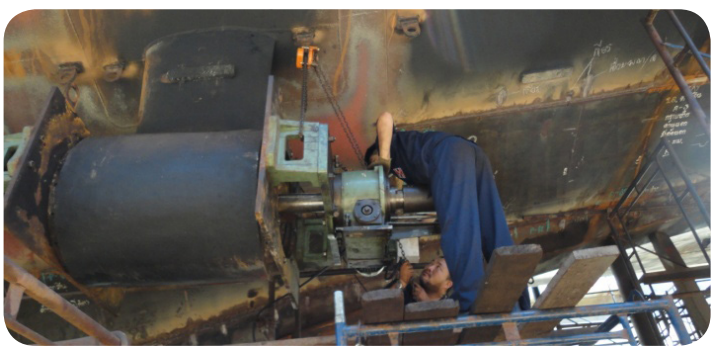
๕. เนื่องจากมีการเปลี่ยนขนาดของแบริ่งรองรับเพลาใบจักร จึงทำให้ต้องปรับขนาดความโตของโยงโย่และกระบอกดีฟุตด้านในลง การดำเนินการจึงต้องใช้เครื่องคว้านเคลื่อนที่ไปทำการคว้านที่เรือ ซึ่งกระทำได้ยากแต่สามารถกระทำได้จนประสบความสำเร็จ













การปรับปรุงเรือหลวงตากสิน เพื่อติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30

การปรับปรุงโครงสร้างตัวเรือ

การปรับปรุงโครงสร้างตัวเรือนั้น ดำเนินการด้วยวิธีเสริมความแข็งแรงตัวเรือบริเวณกงตามยาว กงตามขวาง ปรับปรุงความแข็งแรงดาดฟ้าชั้นที่ ๔ ดาดฟ้าใหญ่ นับว่าการปรับปรุงบริเวณดังกล่าวของเรือหลวงตากสินครั้งนี้ เป็นการดำเนินการในเรือลำแรกของเรือชุด เรือหลวงนเรศวร ที่จะต้องทำการปรับปรุงตัวเรือเพื่อติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30



การประกอบและติดตั้งฐานแท่น

การทำฐานแท่นเพื่อรองรับการติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่งนั้น ได้ดำเนินการประกอบบนโรงงานแล้วนำไปติดตั้งบนเรือจนแล้วเสร็จและพร้อมที่จะนำแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่ง แบบ MK 41 VLS. MOD.30 มาติดตั้ง



สรุป

การปรับปรุงและซ่อมทำเรือหลวงตากสิน เพื่อติดตั้งแท่นยิงอาวุธปล่อยนำวิถีแนวดิ่งแบบ MK41 VLS. MOD.30 ครั้งนี้ มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เนื่องจากได้รับความร่วมมือจาก กำลังพลของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือทั้งหมด ที่ได้ทุ่มเทแรงกายแรงใจในการดำเนินการซ่อมทำอย่างเต็มกำลังความสามารถ จนทำให้เรือแล้วเสร็จโดยใช้ทรัพยากรและเวลาตามที่กำหนด นับว่าเป็นโครงการที่ประสบผลสำเร็จตามที่ได้ตั้งใจไว้ สามารถส่งเรือให้กองเรือยุทธการได้ใน ๒๕ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๕ และที่สำคัญคือการซ่อมทำครั้งนี้นับว่าเป็นการซ่อมทำที่มีคุณภาพมากครั้งหนึ่ง เนื่องจากทุกกระบวนการซ่อมทำ มีการตรวจสอบคุณภาพจากช่างผู้ชำนาญงานโดยเฉพาะ ถึงแม้จะมีปัญหาบ้างในขณะซ่อมทำ อันเนื่องมาจากเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สนับสนุนการซ่อมทำไม่มีหรือไม่เพียงพอก็ตาม แต่กำลังพลอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ก็สามารถแก้ไขได้ทุกปัญหาและทุกครั้ง แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของกำลังพลที่มีขีดความสามารถสูง ดังนั้นหากได้รับการปรับปรุงเครื่องมือให้มีความทันสมัยและเพียงพอ จะทำให้ผลงานการซ่อมทำเรือของอู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอีกมาก

การปรับปรุงระบบยันศูนย์ท้ายของเครื่องกลึง C100 สำหรับการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรเรือหลวงตากสิน

นาวาตรี นพดล ต้นวัฒนะ
ประจำกรมกำลังพลทหารเรือ

นาวาตรี ไกรสุเนตร เห็มสุข
นายช่าง โรงงานทดสอบเครื่อง กองโรงงานเครื่องกล
อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ



๑. ความเป็นมา

กองทัพเรือได้อนุมัติให้ดำเนินโครงการปรับปรุงเรือฟริเกตชุด เรือหลวงนเรศวร (กฟน.) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในด้านยุทธการ โดยอนุมัติให้ดำเนินการปรับปรุงด้านยุทโธปกรณ์เป็นหลัก แต่เพื่อให้การปรับปรุงภายใต้โครงการปรับปรุงเรือฟริเกตชุด เรือหลวงนเรศวร (กฟน.) มีประสิทธิภาพสูงสุดการปรับปรุงระบบขับเคลื่อนและการคืนสภาพตัวเรือ จึงได้รับการพิจารณาให้ดำเนินการด้วย ทั้งนี้เพื่อเตรียมความพร้อมในการปรับปรุงด้านยุทโธปกรณ์ต่อไป ด้วยพันธกิจดังกล่าว อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ได้รับมอบหมายให้ทำการคืนสภาพตัวเรือและปรับปรุงระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงตากสินก่อน จากนั้นอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ จะทำการซ่อมทำคืนสภาพเครื่องจักรใหญ่ การคืนสภาพตัวเรือ และการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงตากสินมีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องกับช่วงเวลาการทำงาน อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ได้จัดให้มีลำดับการทำงานด้วยการชักเพลาในโอกาสแรก จากนั้นจึงให้มีการซ่อมทำตัวเรือไปพร้อมกับซ่อมทำระบบเพลาใบจักรบนโรงงานและเมื่อการซ่อมทำตัวเรือและระบบเพลาใบจักรบนโรงงานแล้วเสร็จจึงให้มีการประกอบเพลากลับเข้าที่ การซ่อมทำเพลาใบจักรบนโรงงานประกอบไปด้วยการซ่อมทำระบบปรับพิชท์ งานสเปรย์เพิ่มเนื้อโลหะ งานกลึง งานขัดมัน ปลอกรัดเพลา และงานพันพลาสติก เนื่องจากงานที่เกี่ยวข้องกับปลอกรัดเพลาทั้งหมดจำเป็นจะต้องดำเนินการบนเครื่องกลึง แต่ด้วยคุณสมบัติของเครื่องกลึง C100 ซึ่งเป็นเครื่องกลึงที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของ กองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ไม่สามารถรองรับเพลา Stern Tube Shaft เรือหลวงตากสิน เนื่องจากเพลามีความยาวมากกว่าความยาวของแท่นของเครื่องกลึง C100 ดังนั้น กองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ จึงได้พิจารณาทำการปรับปรุงเครื่องกลึง C100 เพื่อให้สามารถทำการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงตากสิน ให้บรรลุตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้

การซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงตากสิน ประกอบด้วยการซ่อมทำเพลาใบจักร จำนวน ๓ ท่อน ได้แก่ Propeller Shaft (ความยาว ๑๒.๕๑ เมตร) Stern Tube Shaft (ความยาว ๑๘.๑๓๕ เมตร) และ Intermediate Shaft (ความยาว ๙.๕ เมตร) แต่ด้วยเครื่องกลึง C100 มีขีดความสามารถในการรับเพลาที่มีความยาวสูงสุดเพียง ๑๖ เมตร (หรือความยาวเพียง ๑๔ เมตร ยันปลายเพลาด้วยเครื่องยันศูนย์) จึงทำให้ไม่สามารถนำเพลา Stern Tube Shaft ขึ้นซ่อมทำได้ คณะทำงานจึงได้ร่วมกันศึกษาข้อพิจารณาเพื่อดำเนินการซ่อมทำเพลาท่อนดังกล่าว โดยได้แยกข้อพิจารณาออกเป็น ๒ ลักษณะ ดังนี้

๑. การว่าจ้างเอกชนเพื่อซ่อมทำเพลา Stern Tube Shaft

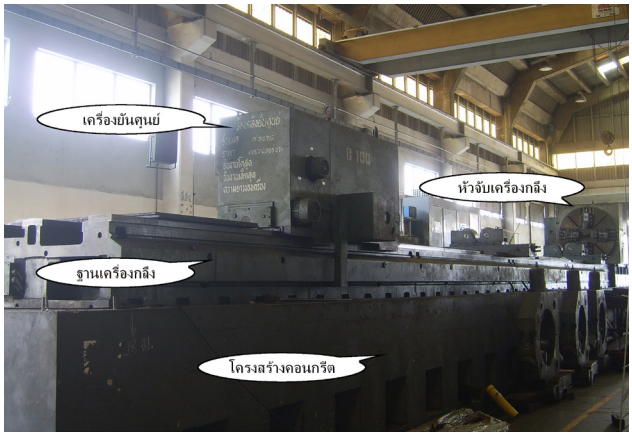
๒. การปรับปรุงเครื่องกลึง C100 เพื่อให้สามารถรองรับเพลา Stern Tube Shaft

คณะทำงานได้สอบถามข้อมูลการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงนเรศวร จากบริษัท Unithai Shipyard and Engineering [๑] ซึ่งเป็นบริษัทที่เคยซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของเรือหลวงนเรศวร โดยมีรายละเอียดในการซ่อมทำเช่นเดียวกับเรือหลวงตากสิน ข้อมูลที่ได้รับจากบริษัท ฯ ในการซ่อมทำเพลา Stern Tube Shaft พบว่าทางบริษัท ฯ สามารถซ่อมทำได้แต่ต้องมีการสร้างโครงสร้างรับเพลาชั่วคราวเพื่อใช้ประกอบกับเครื่องกลึงที่บริษัท ฯ มีใช้อยู่ ดังนั้นหากพิจารณาเลือกการซ่อมทำเพลา Stern Tube Shaft จากบริษัท ฯ ดังกล่าว ก็จะต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายของการขนส่งเพิ่มขึ้นอีกด้วย นอกเหนือจากค่าจ้างในการซ่อมทำเพลา ฯ ดังนั้นคณะทำงานจึงได้พิจารณาทางเลือกในการปรับปรุงเครื่องกลึง C100 เพื่อให้สามารถรองรับเพลา Stern Tube Shaft ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายอีกทั้งยังเป็นการสร้างองค์ความรู้และความมั่นใจให้กับบุคลากรของหน่วยในการซ่อมทำต่อไปในอนาคต

๒. คุณสมบัติและการใช้งานเครื่องกลึง C100

๒.๑ คุณสมบัติของเครื่องกลึง C100

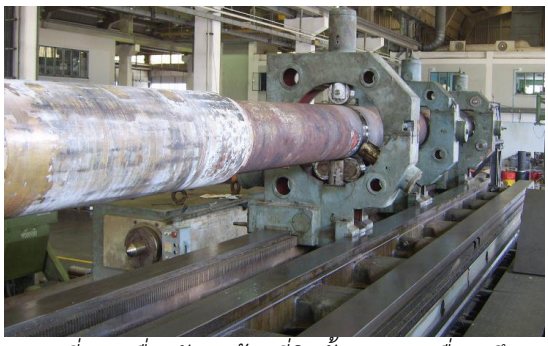
เครื่องกลึง C100 ตราอักษร SKODA รุ่น SUT 160YT มีระบบควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้าและไฮดรอลิก สามารถควบคุมป้อมมีดและเครื่องยันศูนย์ได้อัตโนมัติ เครื่องกลึงประกอบด้วยเครื่องกันสะท้านจำนวน ๕ ตัว หัวจับเครื่องกลึงสามารถจับเพลาได้เส้นผ่านศูนย์กลาง ๒๕๐ – ๘๐๐ มิลลิเมตร โดยเครื่องกลึงสามารถรับเพลาได้สูงสุด ๔๐ ตัน (ในลักษณะน้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ) ชุดเครื่องกันสะท้านสามารถเลื่อนได้ตลอดระยะความยาวของฐานเครื่องกลึง โดยที่เครื่องกันสะท้านแต่ละชุดประกอบด้วย Roller Bearing ๔ ชุด (อยู่ในตำแหน่ง บน ล่าง ขวา และซ้าย) โดยมีหน้าที่ในการประคองเพลา ซึ่งชุด Roller Bearing ดังกล่าวสามารถเลื่อนเข้าออกได้ตามขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาด้วยการปรับจากผู้ใช้งาน เครื่องยันศูนย์หรือ Tail Stock (รูปที่ ๑) วางตัวอยู่บนฐานเครื่องกลึง และเมื่อเลื่อนออกสุดจะทำให้เครื่องกลึง C100 สามารถรับเพลาที่มีความยาว ๑๔ เมตร การเลื่อนเข้าของเพลายันศูนย์ทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก ดังนั้นระหว่างการใช้งานเพลายันศูนย์จึงสามารถรักษาแรงที่กระทำลงบนปลายเพลาได้ การบังคับการเลื่อนของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนฐานเครื่องกลึงอาศัยกลไกของเฟืองหวีซึ่งวางตัวตลอดความยาวฐานเครื่องกลึงทางด้านล่าง



รูปที่ ๑ เครื่องกลึง C100

๒.๒ หลักการทำงานของเครื่องกลึง C100

ขั้นตอนแรกของการทำงานบนเครื่องกลึง C100 คือการตั้งศูนย์ของเพลาบนเครื่องกลึง C100 การตั้งศูนย์ประกอบด้วยการปรับแต่งหัวจับเครื่องกลึง การยันศูนย์ และการปรับแต่งศูนย์ของเครื่องกันสะท้านซึ่งอุปกรณ์ทั้งสามจะต้องได้รับการปรับแต่งจนมีศูนย์เดียวกัน ขั้นตอนในการตั้งศูนย์คือการใช้ขอช้าง (ซึ่งวางตัวอยู่บนฐานเครื่องกลึง) วัดระยะความสูงของเพลาซึ่งกำลังหมุน หากศูนย์เพลาได้รับการปรับแต่งจนเข้าที่แล้วระยะความสูงของเพลาจะคงที่ อุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการตั้งศูนย์เพลานั้นก็คือเครื่องกันสะท้าน ซึ่งทำหน้าที่ประคองเพลาให้มีแนวศูนย์เพลาอยู่ในระดับเดียวกัน ตั้งแต่หัวจับเครื่องกลึงจนถึงเครื่องยันศูนย์(เป็นอุปกรณ์อ้างอิงศูนย์เพลาส่วนปลาย) จำนวนเครื่องกันสะท้านที่ใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับความยาวของเพลา โดยจะต้องมีการจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมดังแสดงในรูปที่ ๒ เพื่อป้องกันการแอ่นตัวของเพลาระหว่างช่วงเครื่องกันสะท้าน



รูปที่ ๒ เครื่องกันสะท้านที่ติดตั้งบนฐานเครื่องกลึง

๓. แนวทางการปรับปรุงเครื่องกลึง C100

คณะทำงานได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเครื่องกลึง C100 เพื่อให้สามารถนำเพลา Stern Tube Shaft ของเรือหลวงตากสินขึ้นซ่อมทำ โดยคณะทำงานได้พิจารณาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงได้แยกพิจารณาออกได้ ๒ ลักษณะ ดังนี้

๓.๑ ปรับปรุงระบบฐานเครื่องกลึงของเครื่องกลึง C100 ให้ยาวเพิ่มขึ้น

การปรับปรุงด้วยการขยายฐานเครื่องกลึงของเครื่องกลึง C100 ให้ยาวขึ้นนั้น จะทำให้เครื่องยันศูนย์สามารถเลื่อนออกได้มากขึ้น ดังนั้นระยะของฐานเครื่องกลึงที่จะต้องทำการขยายก็ต้องให้มีความยาวที่เหมาะสมกับความยาวของเพลา ๑๘ เมตร ที่จะขึ้นเครื่อง การปรับปรุงในลักษณะนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการยันศูนย์ดีเหมือนเดิมหรือลดลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะระบบของเครื่องยันศูนย์ยังสามารถทำงานได้โดยปกติแต่การขยายฐานเครื่องกลึงของเครื่องกลึง C100 มีทั้งงานโครงสร้าง ระบบไฟฟ้า และไฮดรอลิกเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

๑. ต่อเติมโครงสร้างคอนกรีตจากโครงสร้างเดิมไปทางท้ายเครื่องโดยให้มีความยาวเพิ่มขึ้น ๔ เมตรและมีความสูงเท่ากับความสูงของโครงสร้างเดิม

๒. ต่อเติมฐานเครื่องกลึงจากเดิมให้มีความยาวเพิ่มขึ้นอีก ๔ เมตร โดยต้องต่อเติมส่วนประกอบอื่น ๆ ของฐานเครื่องกลึงด้วย เช่น ชุดเฟืองหวี รางสายไฟระบบตรวจวัด (เซ็นเซอร์)

๓. ต่อระบบสายไฟของเครื่องยันศูนย์ให้สามารถเลื่อนเครื่องยันศูนย์ออกไปสุดความยาวของฐานเครื่องกลึงที่ขยายใหม่

๓.๒ สร้างเครื่องยันศูนย์ขึ้นใหม่ โดยใช้ระบบรางเดิมของเครื่องกลึง C100

ด้วยความยาวของฐานเครื่องกลึงของเครื่องกลึง C100 มีความยาว ๑๘.๔ เมตร หากมีการนำเครื่องยันศูนย์ออกจากฐานเครื่องกลึง แล้วทำการนำเพลา Stern Tube Shaft ขึ้นบนเครื่อง จะพบว่าปลายเพลายื่นออกจากฐานเครื่องกลึงประมาณ ๓๐ เซนติเมตร ซึ่งระยะของเพลาที่ยื่นออกมายังอยู่ในระยะของโครงสร้างคอนกรีตของเครื่องกลึง C100 ดังนั้นคณะทำงานจึงได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ที่จะสร้างเครื่องยันศูนย์ขึ้นมาใหม่ (ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า *"ชุดยันศูนย์ท้าย"*) โดยอาศัยโครงสร้างคอนกรีตที่เหลือในการรองรับชุดยันศูนย์ท้าย คณะทำงานได้พิจารณานำเอาเครื่องกันสะท้านมาช่วยในการรับน้ำหนักโครงสร้างของชุดยันศูนย์ท้าย โดยเครื่องกันสะท้านตัวดังกล่าวจะต้องมีการเลื่อนมายังตำแหน่งปลายสุดของฐานเครื่องกลึง ดังนั้นเครื่องกันสะท้านใช้ยึดชุดยันศูนย์ท้ายจะช่วยรับน้ำหนักของเพลา โดยที่ชุดยันศูนย์ท้ายจะรับเพียงแรงในแนวแกนเท่านั้น (แรงในแนวแกนอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการป้อนป้อมมีดเข้าทำงาน) ข้อดีของการปรับปรุงเครื่องกลึง C100 ด้วยวิธีนี้คือ *๑) ประหยัดเวลาในการปรับปรุง* และ *๒) ประหยัดงบประมาณและภาระงาน*ทั้งในเรื่องงานโครสร้างและงานด้านไฟฟ้า ทั้งนี้การรักษาศูนย์ของชุดยันศูนย์ท้ายจำเป็นที่จะต้องพึงระวังเป็นพิเศษอย่างใกล้ชิดเพื่อป้องกันการผิดศูนย์ของชุดยันศูนย์ท้ายกับชุดหัวจับเครื่องกลึง จากข้อพิจารณาในการแก้ไขปัญหาเรื่องความยาวของเครื่องกลึง C100 ดังที่ได้กล่าวในข้างต้นจะพบว่าแนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยการสร้างชุดยันศูนย์ท้ายสามารถประหยัดเวลาและงบประมาณได้มากกว่าการที่จะต้องขยายระยะของฐานเครื่องกลึงโดยใช้เครื่องยันศูนย์เดิม แต่การสร้างชุดยันศูนย์ท้ายจำเป็นที่จะต้องรักษาศูนย์ให้ได้ในระดับเดียวกับศูนย์ของหัวจับเครื่องกลึงของเครื่องกลึง C100 ดังนั้นขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดยันศูนย์ท้ายจะต้องคำนึงถึงเรื่องศูนย์ดังกล่าว นอกจากนี้แล้วยังต้องพิจาณาถึงความแข็งแรงและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานด้วย

๔. การออกแบบและติดตั้งชุดยันศูนย์ท้าย

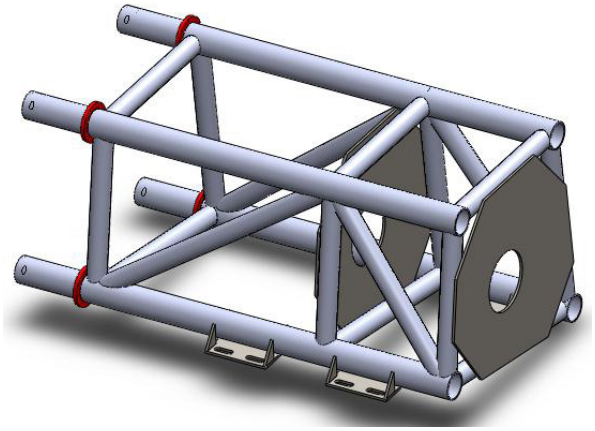
๔.๑ การออกแบบ

ด้วยหลักการของการสร้างชุดยันศูนย์ท้ายและการใช้งาน ดังที่ได้กล่าวในข้างต้น ชุดยันศูนย์ท้ายควรที่จะต้องมีการอ้างอิงศูนย์เพลาจากชุดกันสะท้าน ทั้งนี้เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของศูนย์เพลาในขณะใช้งาน ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้ชุดยันศูนย์ท้ายติดตั้งอยู่กับเครื่องกันสะท้าน ซึ่งคณะทำงานได้พิจาณาใช้ช่องจับยึด (จำนวน ๔ ช่อง โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑๐๐ มิลลิเมตร) ซึ่งทะลุผ่านตลอดทั้งสองด้านของเครื่องกันสะท้านดังแสดงในรูปที่ ๓ เพื่อใช้ในการยึดชุดยันศูนย์ท้าย



รูปที่ ๓ ช่องจับยึดของเครื่องกันสะท้าน

เพื่อใช้ช่องจับยึดในการติดตั้งชุดยันศูนย์ท้ายท่อกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๑๐๐ มิลลิเมตร จึงถูกพิจารณาเพื่อใช้ทำโครงสร้างหลักของชุดยันศูนย์ท้าย โดยชุดยันศูนย์ท้ายต้องมีความยาวประมาณ ๒ เมตร เพื่อยืดระยะต่อไปด้านท้ายของรางเลื่อนของเครื่องกลึง C100 โครงสร้างของชุดยันศูนย์ท้าย (รูปที่ ๔) ต้องสวมเข้ากับช่องจับยึดทั้ง ๔ ช่อง แล้วยึดโครงสร้างเข้ากับเครื่องกันสะท้านด้วยสลัก โดยยึดผ่านช่องทั้ง ๔ ของเครื่องกันสะท้าน



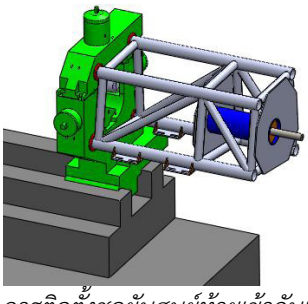
รูปที่ ๔ ชุดยันศูนย์ท้าย

ส่วนประกอบที่สำคัญของชุดยันศูนย์ท้าย คือ ลูกกลิ้งยันศูนย์ (รูปที่ ๕) ซึ่งทำหน้าที่ดันเพลาให้ชิดกับหัวจับเครื่องกลึงตลอดเวลา คุณสมบัติของลูกกลิ้งยันศูนย์ คือ ต้องสามารถหมุนได้อย่างคล่องตัว แม้เมื่อมีการยันศูนย์กับปลายเพลาจะต้องไม่มีการเคลื่อนที่ในแนวแกนเพลาเกิดขึ้น ทั้งนี้ในขณะกลึงอาจส่งผลให้มีแรงในแนวแกนเพลาเกิดขึ้น โดยอาจทำให้เพลาเคลื่อนตัวออกห่างจากหัวจับเครื่องกลึงได้ (รูปที่ ๑) ดังนั้นลูกกลิ้งยันศูนย์ต้องรับแรงในลักษณะดังกล่าวได้แล้ว ขณะเดียวกันก็ต้องสามารถกระจายแรงไปยังชุดยันศูนย์ท้ายในการออกแบบลูกกลิ้งยันศูนย์รับแรงเนื่องจากน้ำหนักของปลายเพลาที่กระทำกับลูกกลิ้งยันศูนย์ได้ประเมินให้มีน้อยมาก เนื่องจากได้มีการใช้เครื่องกันสะท้านที่ชุดยันศูนย์ท้ายติดตั้งอยู่มารองรับน้ำหนักเพลาบริเวณปลายเอาไว้แล้ว ดังนั้นในการออกแบบลูกกลิ้งยันศูนย์จึงเลือกใช้ Tapered Roller Bearing จำนวน ๒ ตัว ในการรับแรงในแนวแกนเพลา โดยได้ออกแบบให้ประกอบด้วยลูกปืนขนาดต่างกันเพื่อให้สะดวกต่อการขึ้นรูปและงานสวมลูกปืน เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณในการปรับปรุงชุดยันศูนย์ท้าย คณะทำงานได้พิจารณาใช้ลูกปืนที่ผ่านการใช้งานแล้วซึ่งถูกเปลี่ยนออกจากการซ่อมทำเกียร์ MTU KSS6025 โดยทั้งนี้ได้พิจารณาเลือกลูกปืนใช้แล้วที่ยังสามารถหมุนได้คล่องตัว ไม่มีอาการสะดุดและมีระยะรุนในแนวแกนน้อย

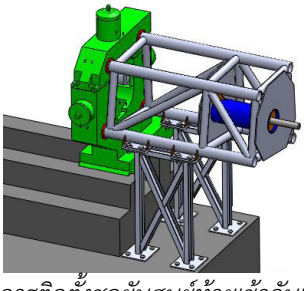


รูปที่ ๕ ลูกกลิ้งยันศูนย์ของชุดยันศูนย์ท้าย

การยึดชุดยันศูนย์ท้ายไว้กับเครื่องกันสะท้านเพียงอย่างเดียว (รูปที่ ๖ ก) อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องกันสะท้านได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อาจทำให้บริเวณช่องจับยึดทั้ง ๔ และฐานของเครื่องกันสะท้านเกิดการแตกร้าวหรือผิดรูปไปได้ อันเนื่องมาจากความเค้นที่เกินขีดจำกัด การยืดหยุ่นของวัสดุ ทั้งนี้น้ำหนักของเพลาที่กระทำลงบนชุดยันศูนย์ท้ายจะมีการถ่ายแรงผ่านช่องจับยึดทั้ง ๔ และจะกระจายมายังฐานของเครื่องกันสะท้านในที่สุด เพื่อป้องกันความเสียหายในลักษณะดังกล่าว จึงได้มีการออกแบบให้มีโครงสร้างฐานมารับแรงจากชุดยันศูนย์ท้ายมายังโครงสร้างคอนกรีตด้วย โดยใช้เหล็กรูปตัว H ขึ้นรูปโครงสร้างฐานในลักษณะของตอหม้อสะพานเพื่อเพิ่มความแข็งแรงดังแสดงในรูปที่ ๖ ข โครงสร้างฐานถูกออกแบบให้ยึดติดกับโครงสร้างคอนกรีตด้วยพุกเคมี (Anchor Bolt) แต่ด้านที่ติดกับชุดยันศูนย์ให้ยึดด้วยสลัก ซึ่งสามารถทำการปรับระยะในการเลื่อนของชุดยันศูนย์ท้ายเข้า - ออกได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการปรับแต่งระยะของลูกกลิ้งยันศูนย์ให้อัดแน่นอยู่กับปลายเพลา



รูปที่ ๖ ก การติดตั้งชุดยันศูนย์ท้ายเข้ากับเครื่องกันสะท้าน (ไม่มีโครงสร้างฐาน)

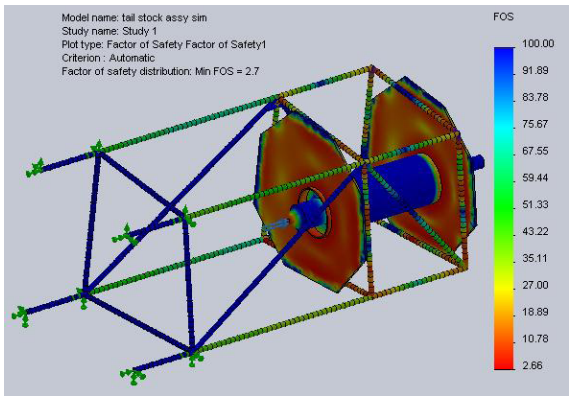


รูปที่ ๖ ข การติดตั้งชุดยันศูนย์ท้ายเข้ากับเครื่องกันสะท้าน (มีโครงสร้างฐาน)

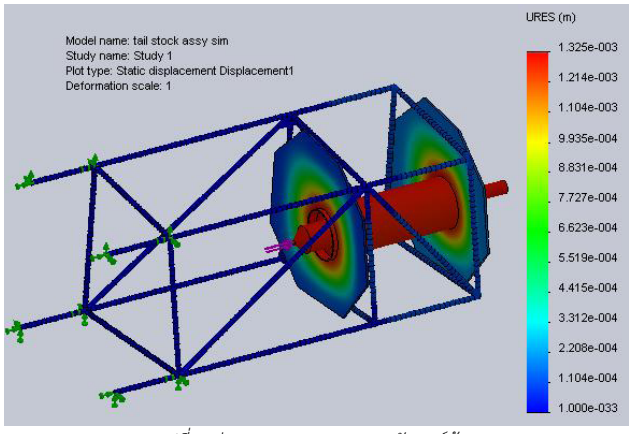
๔.๒ การวิเคราะห์ความแข็งแรง

การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้านโครงสร้างสามารถคำนวณได้โดยใช้พื้นฐานของหลักกลศาสตร์วิศวกรรม แต่ด้วยคณะทำงานได้ออกแบบชุดยันศูนย์ท้ายด้วยโปรแกรมเขียนแบบ SolidWorks [๒] ซึ่งมีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงานได้ คณะทำงานจึงเลือกวิธีวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดยันศูนย์ท้าย ด้วยการจำลองค่าในโปรแกรม SolidWorks การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโปรแกรม SolidWorks อาศัยหลักการของระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ซึ่งเป็นเทคนิคการนำปัญหาที่เป็นสมการเชิงอนุพันธ์หรือสมการปริพันธ์มาหาคำตอบ โดยประมาณเริ่มจากการแบ่งรูปร่างลักษณะของชิ้นงานออกเป็นส่วนย่อย ๆ (อิลิเมนต์) และจากแต่ละอิลิเมนต์ย่อยจะมีการสร้างสมการสำหรับอิลิเมนต์นั้น ๆ เมื่อได้สมการของทุกอิลิเมนต์แล้ว จึงนำสมการของทุกอิลิเมนต์มาประกอบรวมกัน ก่อให้เกิดระบบสมการใหญ่ จากนั้นจึงกำหนดปัญหาของเงื่อนไขขอบเขต และแก้สมการใหญ่นั้นเพื่อหาค่าเฉลี่ยโดยประมาณ

การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดยันศูนย์ท้ายได้พิจารณาใน ๒ ลักษณะ คือ ๑) การหาค่าความปลอดภัยของโครงสร้าง (Factor of Safety, FOS) และพิจารณาลักษณะของการผิดรูป (Deformation) เมื่อโครงสร้างมีแรงจากภายนอกมากระทำ ดังที่ได้กล่าวในข้างต้นว่าชุดยันศูนย์ท้ายสร้างขึ้นเพื่อช่วยยันปลายเพลาไม่ให้มีอาการเคลื่อนตัวในแนวแกนเพลาเท่านั้น ส่วนแรงอันเนื่องจากน้ำหนักของเพลาบริเวณปลายเพลานั้นจะถูกเครื่องกันสะท้านรับไว้ ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงจึงได้มีการพิจาณาในลักษณะของแรงในแนวแกนเพลาเพียงอย่างเดียว ในการวิเคราะห์ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างหรือชิ้นงานจำเป็นต้องพิจารณาถึงลักษณะของแรงกระทำต่อโครงสร้างหรือชิ้นงานนั้นว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น แรงกระแทก แรงที่กระทำเป็นวงรอบ แรงคงที่ สำหรับการวิเคราะห์ความแข็งแรงของชุดยันศูนย์ท้ายด้วยนั้น แรงที่กระทำมีลักษณะเป็นแรงที่คงที่ โดยคณะทำงานได้อ้างอิงข้อมูลที่แนะนำมากับเครื่องยันศูนย์ ซึ่งมีการกำหนดค่าแรงในแนวแกนที่เครื่องยันศูนย์ต้องรับสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักเพลาที่กดลงในแนวดิ่งที่ตำแหน่งปลายเพลาด้วยเพลา Stern Tube Shaft มีน้ำหนัก ๑๑.๙ ตัน เมื่อพิจารณาว่าการตั้งศูนย์บนเครื่องกลึง C100 มีความสมบูรณ์ (โดยเครื่องกันสะท้าน ทั้ง ๕ ตัว สามารถรับน้ำหนักเพลาอย่างมีประสิทธิภาพ) น้ำหนักเพลาที่กดลงในแต่ละตำแหน่งที่รองรับ จะมีค่าประมาณ ๑.๙๘ ตัน ดังนั้นหากในกรณีที่การตั้งศูนย์เพลาไม่สมบูรณ์ (ตัวเครื่องกันสะท้านตัวปลายเพลาไม่ได้รับน้ำหนักเพลา) ชุดยันศูนย์ท้ายต้องรับน้ำหนักเพลาอย่างน้อยประมาณ ๑.๙๘ ตัน เพื่อความปลอดภัยในการประมาณค่าน้ำหนักเพลาที่ชุดยันศูนย์ท้ายต้องรับ เกณฑ์ ๒.๕ ได้ถูกนำมาคูณกับค่าประมาณ ๑.๙๘ ตัน ทำให้น้ำหนักเพลาสูงสุดที่อาจกระทำต่อชุดยันศูนย์ท้ายมีค่าประมาณ ๔.๙๕ ตันเมื่อนำค่าน้ำหนัก ๔.๙๕ ตัน ไปอ้างอิงจากข้อแนะนำของเครื่องยันศูนย์พบว่าแรงในแนวแกนเพลาอาจมีค่าสูงถึง ๑,๕๐๐ นิวตัน ดังนั้นจึงได้พิจารณากำหนดแรงในแนวแกน ๑,๕๐๐ นิวตัน สำหรับการวิเคราะห์ค่า Factor of Safety (FOS) และ Defromation ของชุดยันศูนย์ท้ายด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์



รูปที่ ๗ ค่า Factor of Safety (FOS) ของชุดยันศูนย์ท้าย แสดงผลการวิเคราะห์ค่า FOS โดย FOS มีค่า ๒.๗ ซึ่งพิจารณาได้ว่าปลอดภัยสำหรับโครงสร้างทางกล



รูปที่ ๘ ค่า Deformation ของชุดยันศูนย์ท้าย
แสดงผลการวิเคราะห์ค่า Deformation ซึ่งบริเวณที่โครงสร้างมีการเปลี่ยนรูปมากที่สุด คือ บริเวณฐานของลูกกลิ้งยันศูนย์ โดยมีค่าประมาณ ๑.๓๒ มิลลิเมตร

๕. การติดตั้งชุดยันศูนย์ท้าย

ลำดับขั้นตอนของการติดตั้งชุดยันศูนย์ท้าย มีความสำคัญเป็นอย่างมากอันเนื่องมาจากการที่ต้องถ่ายศูนย์เพลาของเครื่องยันศูนย์ให้กับชุดยันศูนย์ท้าย หากขั้นตอนนี้คลาดเคลื่อนย่อมส่งผลให้งานบนเครื่องกลึง C100 มีการผิดศูนย์ไปด้วย ลำดับการติดตั้งมีดังนี้

๑. ทำการตั้งศูนย์เพลาให้กับเครื่องกันสะท้านทั้ง ๕ ตัว โดยให้เครื่องกันสะท้านที่จะใช้ติดตั้งชุดยันศูนย์ท้ายอยู่ใกล้กับเครื่องยันศูนย์ ดังแสดงในรูปที่ ๙ ให้นำเพลา Propeller Shaft ของเรือหลวงตากสิน (ซึ่งมีความยาว ๑๒.๕๑ เมตร) ขึ้นเครื่องกลึง C100 โดยใช้เครื่องยันศูนย์ยันปลายเพลา จากนั้นให้หมุนเครื่องกลึงเพื่อทำการตั้งศูนย์เพลาของเครื่องกันสะท้านทุกตัว

๒. ให้ทำการยกเครื่องยันศูนย์ออกจากเครื่องกลึง C100 โดยเครื่องกันสะท้านทุกตัวยังอยู่ที่เดิม

๓. ทำการประกอบชุดโครงสร้างของชุดยันศูนย์ท้ายเข้ากับเครื่องกันสะท้านตัวปลายสุด หลังจากนั้นให้ประกอบลูกกลิ้งยันศูนย์กับโครงสร้างของชุดยันศูนย์ ทั้งนี้ต้องตรวจสอบให้มั่นใจว่าลูกกลิ้งยันศูนย์ไม่มีการผิดศูนย์ ทั้งในแนวระดับและแนวนอนกับแนวเพลา

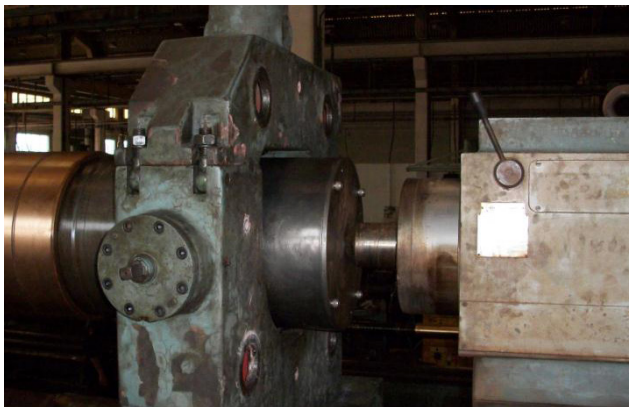
๔. หลังจากการติดตั้ง (การเชื่อม) ชุดยันศูนย์ท้ายแล้วเสร็จ ให้ทำการถอดชุดยันศูนย์ท้ายออกจากเครื่องกันสะท้าน

๕. เปิดฝาประกบด้านบนของเครื่องกันสะท้านออกทุกตัว จากนั้นให้นำเพลา Propeller Shaft ออก

๖. ปรับระยะเครื่องกันสะท้านทั้ง ๕ ตัว ให้กระจายเต็มระยะฐานเครื่องกลึงของเครื่องกลึง C100 โดยให้เครื่องกันสะท้านตัวที่จะยึดชุดยันศูนย์ท้ายอยู่ปลายสุดของฐานเครื่องกลึง

๗. นำเพลา Stern Tube Shaft ขึ้นเครื่องกลึง จากนั้นให้ทำการประกอบฝาเครื่องกันสะท้านกลับเข้าที่ หลังจากนั้นให้ประกอบชุดยันศูนย์ท้ายเข้ากับเครื่องกันสะท้านและทำการขันสกรูให้แน่นพร้อมกับเลื่อนเครื่องกันสะท้านเข้าไปทางด้านหัวจับเครื่องกลึงจนกระทั่งลูกกลิ้งยันศูนย์อัดกับปลายเพลา

๘. ให้ทำการยึดโครงสร้างรูปตัว H กับพื้นดังแสดงในรูปที่ ๑๐ โดยให้มีการเผื่อระยะการเลื่อนของลูกกลิ้งยันศูนย์ไปทางท้ายสำหรับการนำเพลา Stern Tube Shaft ขึ้น - ลงจากเครื่อง



รูปที่ ๙ ภาพแสดงการตั้งเครื่องกันสะท้าน
ให้ใกล้กับเครื่องยันศูนย์



รูปที่ ๑๐ ชุดยันศูนย์ท้ายที่ติดตั้งแล้วเสร็จ

๖. สรุปผลการดำเนินการ

ด้วยการสร้างชุดยันศูนย์ขึ้นมาทดแทนการใช้เครื่องยันศูนย์ของเครื่องกลึง C100 นั้น ทำให้กองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ สามารถดำเนินการซ่อมทำเพลา Stern Tube Shaft ของเรือหลวงตากสินได้เป็นที่เรียบร้อย ถึงแม้ว่าเพลา Stern Tube Shaft จะมีความยาวที่เกินขีดความสามารถที่เครื่องกลึง C100 ที่ได้กำหนดไว้ก็ตาม ซึ่งการดำเนินการคณะทำงานได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในหลาย ๆ ด้าน แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดทั้งในด้านงบประมาณ ความปลอดภัย ความสำเร็จของงาน และด้านเวลาดังที่ได้ปรากฏการปรับปรุงชุดยันศูนย์ท้าย ผลการดำเนินการช่วยให้กองทัพเรือประหยัดงบประมาณได้เป็นอย่างดีและดำเนินงานเสร็จตามแผนที่กำหนดไว้ แต่ความสำเร็จของการดำเนินการดังกล่าวอาจพิจารณาได้ว่ามีคุณค่าเพียงน้อยนิดหากเปรียบเทียบกับความมุ่งมั่น ความทุ่มเท ความตั้งใจ ความสามัคคี และที่สำคัญคือ องค์ความรู้ที่บุคลากรของกองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ ได้รับ

บรรณานุกรม

[๑] http://www.unithai.com/osn/Aboutus.html

[๒] http://www.solidworks.com



การพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่ง (Vertical Take – off Landing UAV) ของกองทัพเรือ

นาวาโท โชค แก้วบุญช่วย
นายช่าง แผนกออกแบบไฟฟ้ากำลังและแสงสว่าง
กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ



ผู้เขียนได้มีส่วนร่วมในโครงการพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่ง (Vertical Take - off Landing UAV) ของกองทัพเรือในฐานะนักวิจัยพัฒนาระบบควบคุมภาคพื้น (Ground Control Station) ซึ่งโครงการนี้สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ (สวพ.ทร.) ได้ร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) และภาคเอกชน ดำเนินการวิจัยและพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่ง

เริ่มโครงการเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ.๒๕๕๔ โดยมีระยะเวลาดำเนินการวิจัย ๑ ปี ๖ เดือน ซึ่งปัจจุบันยังอยู่ในช่วงดำเนินการวิจัย ผู้เขียนจึงขอนำเสนอภาพรวมของโครงการวิจัยนี้

ความเป็นมา

ความต้องการอากาศยานไร้นักบินของกองทัพเรือเกิดจากความต้องการทางยุทธการที่ต้องการมองเห็นภาพสถานการณ์แบบทันที (Real - Time) ในภารกิจการลาดตระเวนทางทะเล การตรวจการณ์ และพิสูจน์ทราบเป้าหมายทางทะเล กองทัพเรือมีแผนจัดหาอากาศยานไร้นักบินเข้าประจำการทั้งแบบปีกนิ่งและปีกหมุน โดยจะดำเนินการในการจัดหาและพัฒนาควบคู่กันไป ทั้งนี้การวิจัยพัฒนาอากาศยานไร้นักบินมีหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ (สวพ.ทร.) ซึ่งดำเนินการพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่งโดยร่วมมือกับสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) และภาคเอกชน โดยมี พลเรือเอก ยุทธนา ฟักผลงาม รองผู้บัญชาการทหารสูงสุด เป็นที่ปรึกษาโครงการวิจัยนี้ การที่โครงการวิจัยเป็นการร่วมวิจัยในหลายภาคส่วน ทำให้เกิดการพัฒนาต่อยอด มีการระดมนักวิจัยทั้งจากในกองทัพและภาคเอกชน ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่และเกิดความคล่องตัวของการวิจัยและพัฒนา

คุณลักษณะที่ต้องการของอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่ง

ความต้องการอากาศยานไร้นักบินที่สามารถขึ้นลงได้จากเรือทั้งที่มีดาดฟ้าเฮลิคอปเตอร์หรือไม่มีของกองทัพเรือ ที่มีขนาดตั้งแต่เรือตรวจการณ์ปืนเป็นต้นไป ทำให้การพัฒนาอากาศยานไร้นักบินมุ่งแนวคิดไปสู่อากาศยานประเภทเฮลิคอปเตอร์ ซึ่งมีคุณลักษณะพิเศษคือสามารถขึ้นลงทางดิ่งได้ ประหยัดพื้นที่ ไม่จำเป็นต้องอาศัยรันเวย์ นอกจากนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ในการเก็บและการประกอบอากาศยานไร้นักบิน ทำให้อากาศยานไร้นักบินที่พัฒนาจะต้องมีขนาดความกว้างและความยาวที่สามารถนำเข้า - ออกจากเรือขนาดตั้งแต่เรือตรวจการณ์ปืนได้ นอกจากนี้ปฏิบัติการในการลาดตระเวนทางทะเลและการตรวจเป้ามีความจำเป็นที่ต้องใช้อากาศยานไร้นักบินที่มีระยะปฏิบัติการที่ไกลและพ้นแนวขอบฟ้า จึงกำหนดให้รัศมีปฏิบัติการอยู่ที่ ๕๐ กิโลเมตร ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับการปฏิบัติการทางเรือ จากที่กล่าวมาจึงสามารถกำหนดคุณลักษณะโดยย่อของอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่งที่ดำเนินการพัฒนาได้ ดังนี้

- ความยาวลำตัว (วัดรวมใบพัด) ประมาณ ๒ เมตร ความกว้างไม่มากกว่า ๖๐ เซนติเมตร
- ใบพัดหลัก (Main Rotor) ไม่เกิน ๔ ใบพัด สามารถพับเก็บได้
- รัศมีการควบคุมการบิน ๕๐ กิโลเมตร
- ความเร็วมัธยัสถ์ ระหว่าง ๖๐ – ๘๐ กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วสูงสุด ระหว่าง ๙๐ - ๑๐๐ กิโลเมตร/ชั่วโมง
- บินต่อเนื่องได้ไม่น้อยกว่า ๒.๕ ชั่วโมง ที่ความเร็ว ๗๒ กิโลเมตร/ชั่วโมง โดยไม่ต้องติดถังน้ำมันภายนอก
- เพดานบินสูงสุด ๒,๐๐๐ ฟุต (๖๐๐ เมตร)
- น้ำหนักบรรทุกสูงสุด (Payload ไม่รวมน้ำมันเชื้อเพลิง) ๗ กิโลกรัม
- ปฏิบัติภารกิจได้ทั้ง กลางวัน กลางคืน ในภาวะคลื่นลม (Sea State) ไม่ต่ำกว่า ๓ (ความเร็วลมมากกว่า ๑๕ นอต)
- ขึ้น – ลง ได้ทั้งบนบกและบนเรือ (ทั้งมีและไม่มีดาดฟ้าเฮลิคอปเตอร์)
- อุปกรณ์ต่าง ๆ ส่วนใหญ่ผลิตในประเทศ สามารถซ่อมบำรุงได้ง่าย
- จำนวนเครื่องยนต์ ๑ เครื่อง ใช้น้ำมันเบนซิน ชนิด ๙๑/๙๕

การพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่ง (Vertical Take – off Landing UAV) ของกองทัพเรือ

การพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่งได้แบ่งส่วนวิจัยออกเป็นส่วนวิจัยย่อย ๗ ส่วนวิจัย ประกอบด้วย

๑. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Platform Helicopter เป็นการวิจัยเพื่อให้ได้ต้นแบบของเฮลิคอปเตอร์ที่ใช้เครื่องยนต์ขนาด ๑๕๐ ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่สามารถมีรัศมีการบินได้ไม่น้อยกว่า ๕๐ กิโลเมตร งานวิจัยในส่วนนี้ได้รับความร่วมมือจากบริษัทกษมา เฮลิคอปเตอร์ ซึ่งเป็นบริษัทผลิตเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุ มีความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบเฮลิคอปเตอร์ขนาดเล็ก ส่วนวิจัยและพัฒนา Platform ได้ทำการวิจัยและพัฒนาอากาศยานเพื่อให้ได้ต้นแบบที่ดีที่สุด จากการศึกษาพบว่า อากาศยานแบบมี ๑ Main Rotor และ ๒ Tail Rotor มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความปลอดภัยในการบินในกรณีที่เกิดความเสียหายต่อ Tail Rotor ตัวใดตัวหนึ่ง ส่วนควบคุมอากาศยานก็ยังสามารถนำเครื่องกลับมาได้



อากาศยานไร้นักบินต้นแบบ

๒. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Flight Control System ระบบ Flight Control ถือว่าเป็นสมองของอากาศยานไร้นักบิน ทำหน้าที่ในการควบคุมอากาศยาน การพัฒนา Flight Control ดำเนินการโดยได้รับการสนับสนุนนักวิจัยจากโรงเรียนนายเรืออากาศ ซึ่งมีความชำนาญในเรื่องระบบควบคุม การพัฒนา Flight Control เป็นการพัฒนาทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์เพื่อให้มีขีดความสามารถในการควบคุมอากาศยาน ซึ่งฮาร์ดแวร์ที่สำคัญคือไมโครคอนโทรเลอร์พร้อมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่าง ๆ เช่น ระบบ Inertial Measurement Unit (IMU) และ ระบบ Global Positioning System (GPS)

๓. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Communication System and Video Downlink ระบบ Communication เป็นระบบการเชื่อมต่อระหว่าง ระบบ Flight Control มายังระบบควบคุมภาคพื้นทำหน้าที่ส่งและรับข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผล การเชื่อมต่อระบบสื่อสารใช้ Radio Modem ส่วน Video Downlink เป็นระบบถ่ายทอดสัญญาณวีดิโอแบบดิจิตอลจากอากาศยานลงมาสู่ระบบควบคุมภาคพื้น

๔. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Tracking Antenna System เป็นการพัฒนาเพื่อออกแบบเสาอากาศให้หมุนติดตามอากาศยาน เพื่อให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพสูงสุด



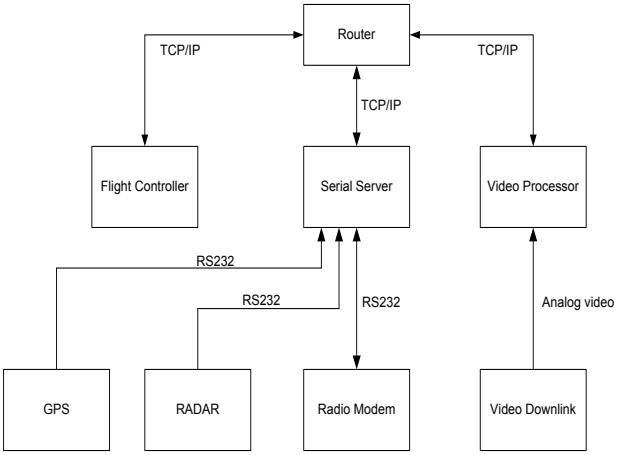
ระบบ Tracking Antenna

๕. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Camera Gimbals, CCD Camera และ Forward Looking Infraced Camera (FLIR) เป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกล้องในตัว Gimbal จะประกอบด้วยกล้อง ๒ ชนิด คือกล้องกลางวันและกล้องกลางคืน แบบอินฟาเรด งานวิจัยในส่วนนี้จะดำเนินการโดยนักวิจัยของสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ (สวพ.ทร.) ซึ่งดำเนินการวิจัย พัฒนา และจัดหาอุปกรณ์คู่ขนานกันไป ทั้งนี้การวิจัย Gimbal จะเน้นเรื่องการพัฒนาโครงสร้างของ Gimbal อุปกรณ์ควบคุมทิศทางการหันและการลดการสั่นไหวของตัวกล้อง รวมไปถึงการพัฒนาการติดต่อสื่อสารกับระบบควบคุมภาคพื้น ในการรับส่งคำสั่งควบคุม Gimbal และการปรับแต่งภาพวีดิโอ



Camera Gimbals

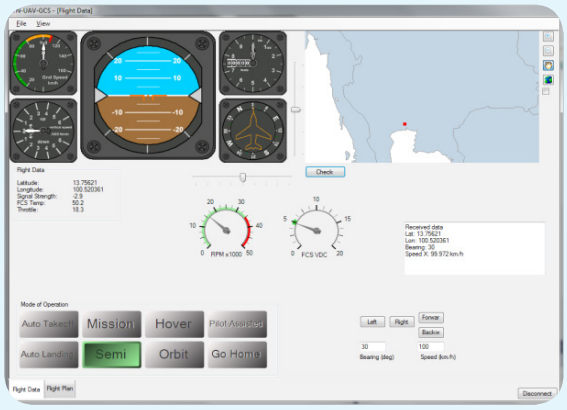
๖. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Ground Control Station ระบบควบคุมภาคพื้น เป็นหัวใจหลักที่เจ้าหน้าที่หรือนักบินใช้สำหรับส่งคำสั่งควบคุมอากาศยาน หน้าที่หลักของระบบควบคุมภาคพื้นประกอบด้วย การวางแผนการบิน การควบคุมอากาศยาน และการจัดการข้อมูลองค์ประกอบของระบบควบคุมภาคพื้น แสดงดังภาพ



องค์ประกอบของระบบควบคุมภาคพื้น

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบควบคุมภาคพื้นคือคอมพิวเตอร์ในการประมวลและควบคุมอากาศยาน นักวิจัยได้กำหนดให้มีคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล ๒ ตัวคือ Flight Controller และ Video Processor ซึ่ง Flight Controller เป็นคอมพิวเตอร์โน๊ตบุคแบบใช้งานทางทหาร ทำหน้าที่ในการควบคุมอากาศยานเพื่อให้สามารถขึ้นลงได้แบบอัตโนมัติ และสั่งการให้อากาศยานปฏิบัติตาม Mode ต่าง ๆ เช่น การบินตาม Waypoint การ Hover หรือ การบินวน นอกจากนี้ Flight Controller ยังทำหน้าที่ในการจัดทำแผนการบิน (Flight Plan) และยังสามารถแสดงเป้าจาก

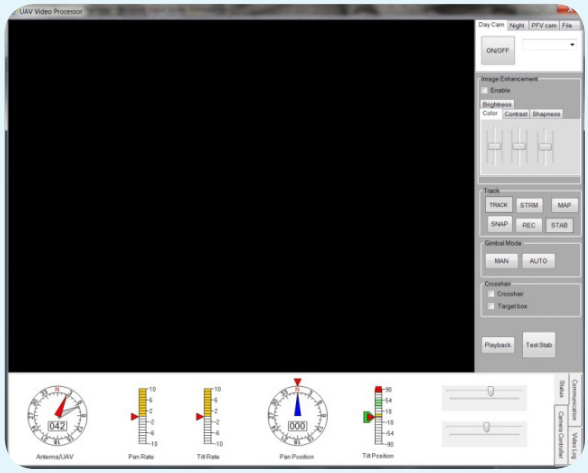
เรดาร์ได้ โดยที่ Flight Controller รับข้อมูลอากาศยานและส่งคำสั่งควบคุมผ่าน Radio Modem ในส่วนของข้อมูลเรดาร์และ GPS จะเป็นการเชื่อมต่อรับข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในเรือ ตัวอย่างของ Graphical User Interface ของ Flight Controller และฮาร์ดแวร์แสดงดังรูปด้านล่าง





Graphical User Interface
และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องของ Flight Controller

ในอีกส่วนหนึ่ง คือ Video Processor ทำหน้าที่ในการประมวลผลวีดิโอและควบคุมการหันของ Gimbal ซึ่งการหันกล้องสามารถทำได้ทั้งแบบอัตโนมัติ แบบติดตามเป้า และแบบควบคุมด้วย Joystick นอกจากนี้สามารถบันทึกวีดิโอเพื่อนำไปประมวลผลได้ คอมพิวเตอร์ประมวลผลทั้ง ๒ เครื่อง เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เน็ตเวิร์กสวิชชิ่ง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในระบบ เช่น ข้อมูลเป้า ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ของอากาศยานและ Gimbal





Graphical User Interface
และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องของ Video Processor

๗. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา Flight Operation System and Training Helicopter เป็นกลุ่มนักวิจัยของสำนักงานวิจัยและพัฒนาการทางทหารกองทัพเรือ (สวพ.ทร.) ดำเนินการวิจัยเพื่อฝึกนักบินและการออกแบบการปล่อยและรับอากาศยานไร้นักบินทั้งบนบกและในเรือของกองทัพเรือ

สรุป

การพัฒนาอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงทางดิ่ง เป็นงานวิจัยที่มีองค์ประกอบและใช้เทคโนโลยีในหลาย ๆ ด้าน จึงมีความท้าทายต่อการวิจัย ผลสำเร็จของงานวิจัยในอนาคตอันใกล้ จะเพิ่มขีดความสามารถของกองทัพเรือในการพัฒนาอากาศยานไร้นักบินไปอีกขั้น

การพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือของกรมอู่ทหารเรือ

นาวาเอก เปรมมนัส สุวรรณดุล หัวหน้าแผนกวิเคราะห์งานช่าง
กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ



การตรวจสภาพเรือเป็นกระบวนการเริ่มต้นในงานซ่อมทำเรือ หากกรมอู่ทหารเรือมีระบบการตรวจสภาพเรือที่มีกระบวนการขั้นตอนที่สมบูรณ์ครบถ้วน ครอบคลุมทั้งตัวเรือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และส่วนประกอบต่าง ๆ ทุกระบบภายในเรือ จะทำให้หน่วยซ่อมทราบรายการชำรุดเสียหายที่จะต้องได้รับการซ่อมทำและขอบเขตในการซ่อมทำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการวางแผนการซ่อมทำเรือและจัดหาวัสดุอะไหล่ในการซ่อมทำเรือ

กรมอู่ทหารเรือมีภารกิจหลักในการซ่อมทำเรือของกองทัพเรือ เพื่อให้สามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่างต่อเนื่อง โดยกรมอู่ทหารเรือจะจัดทำแผนเรือเข้ารับการซ่อมทำ และเสนอของบประมาณจากกองทัพเรือ เพื่อจัดซื้ออะไหล่ในการซ่อมทำเรือ ในปีงบประมาณ ๒๕๕๓ กรมอู่ทหารเรือได้จัดสัมมนาเรื่อง *“การบริหารงานซ่อมทำเรือของกรมอู่ทหารเรือ”* เพื่อประมวลปัญหา อุปสรรค ข้อขัดข้อง ที่เกี่ยวกับการบริหารงานซ่อมทำเรือของกรมอู่ทหารเรือ จากผลการสัมมนาการสำรวจเรือที่ไม่สมบูรณ์ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาด้านการวางแผนซ่อมทำดังกล่าว กรมอู่ทหารเรือจึงได้มอบหมายให้กรมพัฒนาการช่างกรมอู่ทหารเรือ ดำเนินการกำหนดรูปแบบและแบบฟอร์มในการสำรวจเรือให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน



รูปที่ ๑ การตรวจสภาพเรือเป็นกระบวนการเริ่มต้นในงานซ่อมทำเรือ

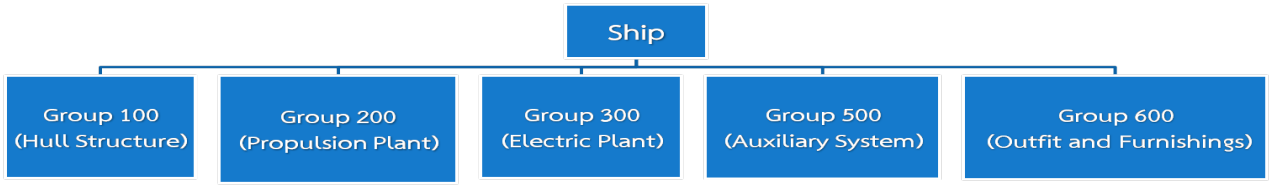
การดำเนินการพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือของกรมอู่ทหารเรือ เป็นโครงการที่ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๕๔ เป็นการดำเนินการให้เกิดผลสัมฤทธิ์ตามนโยบายของเจ้ากรมอู่ทหารเรือ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๔ ด้านการส่งกำลังบำรุง ข้อที่ ๕ กำหนดกระบวนการ ขั้นตอน แบบฟอร์มรายการ (Check List) และเกณฑ์การวัดค่าต่าง ๆ ในการตรวจสภาพเรือทุกระบบภายในเรือ เพื่อให้หน่วยซ่อมในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือใช้เป็นมาตรฐานในการตรวจสภาพเรือ สามารถนำผลการตรวจสภาพเรือมาประเมินความชำรุดเสียหายของระบบต่าง ๆ ภายในเรือ เพื่อกำหนดขอบเขตในการซ่อมทำเรือที่เข้ารับการซ่อมทำตามแผนได้อย่างละเอียดครอบคลุมความชำรุดเสียหายของทุกระบบภายในเรือ โดยกรมอู่ทหารเรือได้แต่งตั้งคณะทำงานพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือ ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรจากกรมพัฒนาการช่าง กรมแผนการช่าง อู่ทหารเรือธนบุรี อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช และกรมโรงงานฐานทัพเรือสัตหีบ โดยมีเจ้ากรมพัฒนาการช่างเป็นหัวหน้าคณะทำงาน

คณะทำงานพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือได้ดำเนินการพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือ โดยมีขั้นตอนและแนวทางการดำเนินการสรุป ดังนี้

๑. รวบรวมกระบวนการ ขั้นตอน แบบฟอร์มรายการ (Check List) การวัดค่าต่าง ๆ และเกณฑ์ประเมิน ในการตรวจสภาพเรือทุกระบบที่หน่วยซ่อมต่าง ๆ รับผิดชอบการซ่อมทำ

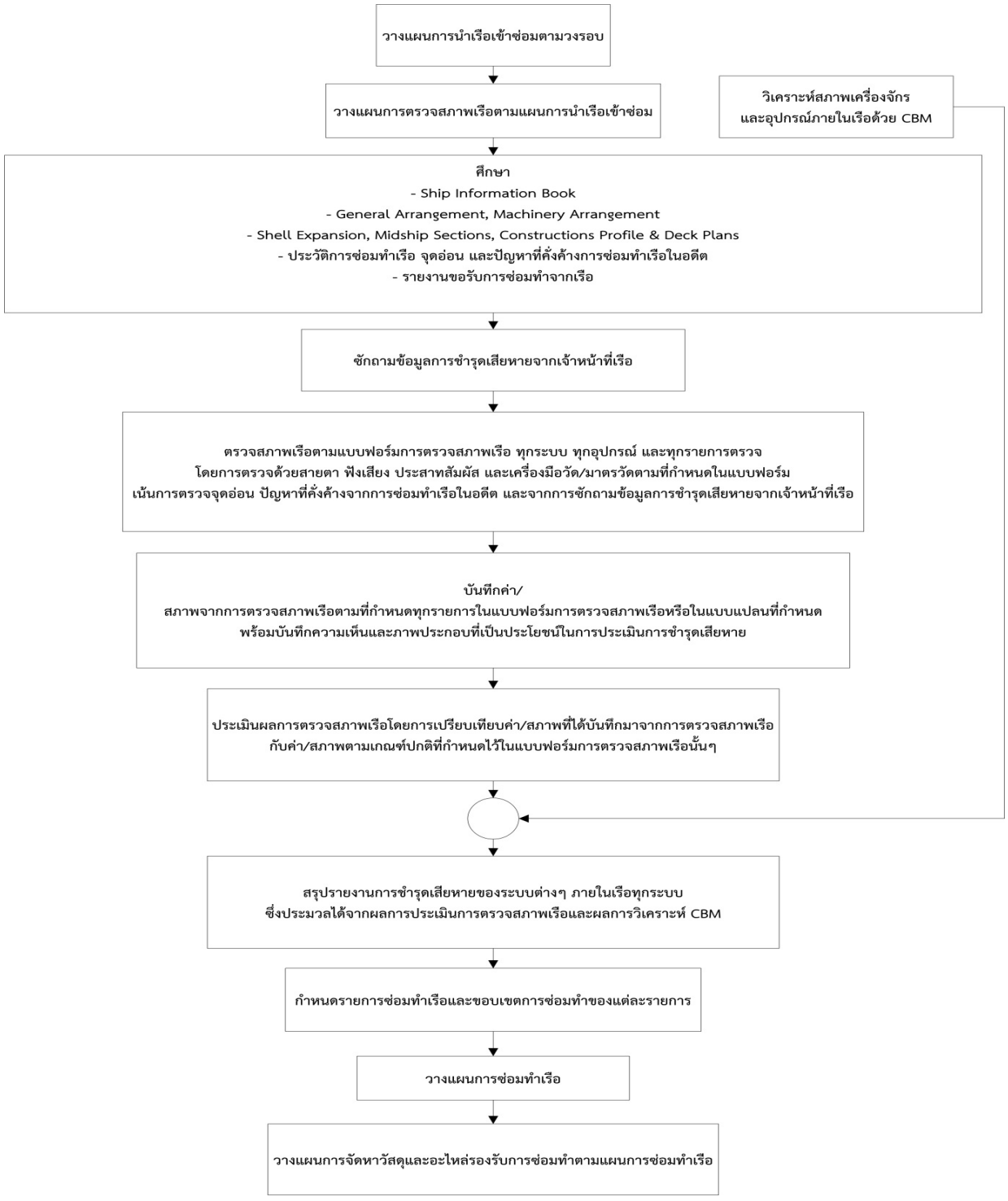
๒. รวบรวมรายการเครื่องจักร อุปกรณ์ และส่วนต่าง ๆ ภายในเรือทุกระบบที่หน่วยซ่อมต่าง ๆ รับผิดชอบซ่อมทำตามโครงสร้าง Ship Work Breakdown Structure (SWBS) ของหน่วยงานซ่อมบำรุงเรือของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา Naval Sea Systems Command (NAVSEA)

๓. ประมวลรายการเครื่องจักร อุปกรณ์ และส่วนต่าง ๆ ภายในเรือทุกระบบจากหน่วยซ่อมต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เป็นรายการทั้งหมดที่กรมอู่ทหารเรือ และหน่วยซ่อมต่าง ๆ ในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือ รับผิดชอบการซ่อมทำตามโครงสร้าง Ship Work Breakdown Structure (SWBS)



๔. จัดทำกระบวนการขั้นตอนต่าง ๆ ในการตรวจสภาพเรือตั้งแต่ต้นจนได้รับรายการซ่อมทำเรือพร้อมขอบเขตการซ่อมทำ เพื่อให้หน่วยซ่อมต่าง ๆ ในกรมอู่ทหารเรือและหน่วยซ่อมในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือ นำไปใช้ปฏิบัติเป็นแนวทางเดียวกัน

กระบวนการตรวจสภาพเรือเพื่อการซ่อมทำ



๕. จัดทำบัญชีรายการแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือทุกระบบ โดยมีหมายเลขแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรืออ้างอิงตามโครงสร้าง Ship Work Breakdown Structure (SWBS) เพื่อความสอดคล้องกันของหมายเลขแบบ หมายเลขใบสั่งงาน หมายเลข Configuration และเอกสารตามระบบ Integrated Logistics Support (ILS) ซึ่งหน่วยต่าง ๆ ถือปฏิบัติอยู่

บัญชีรายการแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ

ระบบ	ที่	หมายเลขแบบฟอร์ม	รายการ
100 Hull Structure	1	SC-100-001	Hull Structure
	2	SC-111-001	Shell and Supporting Structure
	3	SC-114-001	Shell Appendages
	4	SC-150-001	Deckhouse Structure
	5	SC-160-001	Hull and Superstructure Structural Closures
	6	SC-170-001	Mast,Kingpost and Service Platform
	7	SC-180-001	Seating Foundation
200 Propulsion Plant	1	SC-233-001	Propulsion internal Combustion Engine Diesel Engine
	2	SC-252-001	Propulsion Control System Safety Device
	3	SC-256-001	Sea Water Pump
	4	SC-261-001	Fuel Service Pump
	5	SC-261-002	Purify
	6	SC-262-001	Main Propulsion Lub. Oil Pump
300 Electrical System	1	SC-302-001	Motor
	2	SC-304-001	Electric Cables
	3	SC-311-002	Generator Sets , Ship Service Diesel
	4	SC-314-001	Transformers
	5	SC-314-002	เครื่องแปลงความถี่
	6	SC-324-001	Main Switchboard
500 Auxiliary System	1	SC-512-001	Air Supply Fans
	2	SC-514-001	Air Conditioning Unit
	3	SC-514-001-1	Chilled Water Pumps
	4	SC-514-003	Fan Coil Unit
	5	SC-516-001	Refrigerator
	6	SC-516-002	Sea Water Cooling Pump
	7	SC-521-002	Fire Pumps
	8	SC-524-002	Auxiliary Sea Water Pumps
	9	SC-529-002	Bilge Pumps
	10	SC-531-005	Reverse Osmosis Distilling Pump
	11	SC-541-002	Fuel Transfer Pumps
	12	SC-546-002	Lube,Oil Transfer Pumps
	13	SC-551-005	Air Compressors
	14	SC-560-001	Rudder & Fin Stabilizer Blades
	15	SC-561-001	Steering and Diving Control System

บัญชีรายการแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ

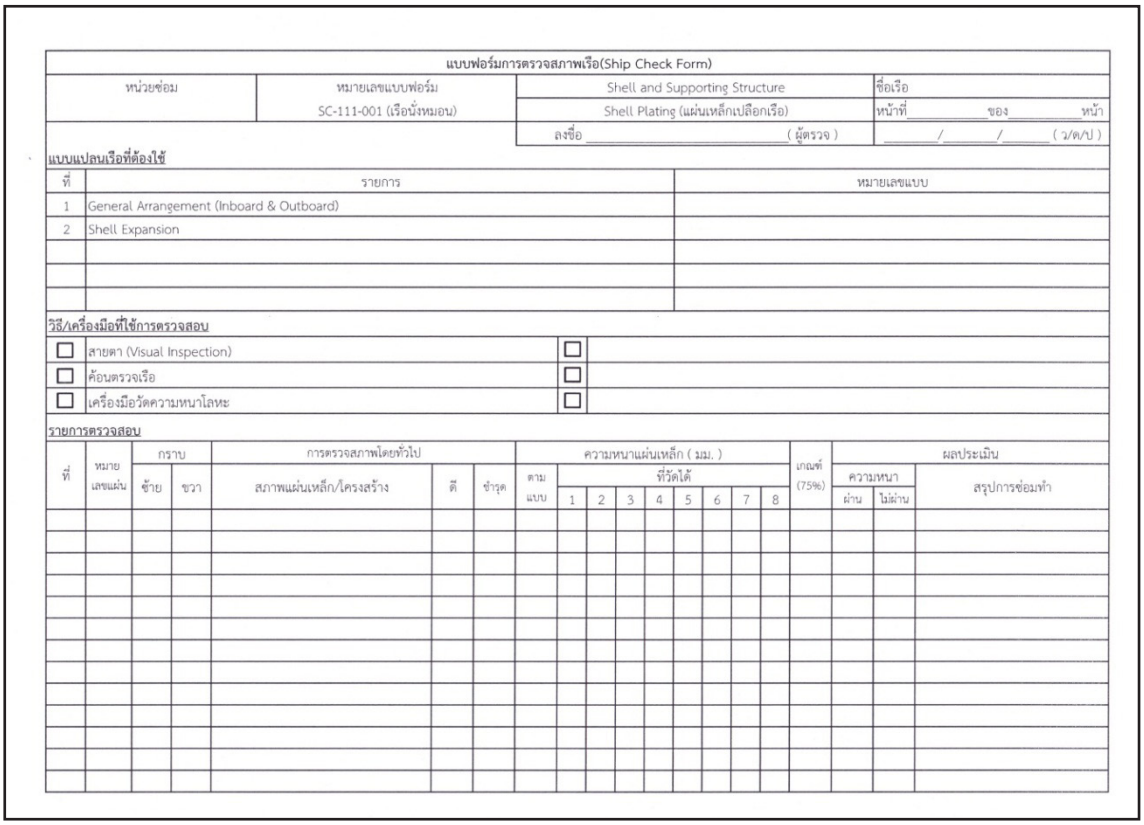
ระบบ	ที่	หมายเลขแบบฟอร์ม	รายการ
500 Auxiliary System (ต่อ)	16	SC-581-001	Anchor Handling and Stowage System
	17	SC-581-002	Anchor Windlass
	18	SC-582-001	Mooring and Towing
	19	SC-583-001	Boats Boat Handling and Stowage
	20	SC-593-001	Sewage Treatment Plants
	21	SC-593-002	Oily Water Separator
600 Outfit and Furnishings	1	SC-603-001	Draft Marks
	2	SC-611-001	Hull Fitting
	3	SC-612-001	Ails Stanchions and Lifeline
	4	SC-613-001	Rigging and Calgging and Canvas
	5	SC-621-001	Non-Tructural Bulkhead
	6	SC-622-001	Floor Plates and Grating
	7	SC-623-001	Ladders
	8	SC-624-001	Non-Structural Closure
	9	SC-625-001	Portholes and Airports Portlight and Window
	10	SC-631-001	Painting
	11	SC-633-001	Cathodic Protection
	12	SC-634-001	Deck Coverings
	13	SC-635-001	Hull Insulation
	14	SC-637-001	Sheathing Panelling Lining
	15	SC-640-001	Living Spaces
	16	SC-650-001	Service Spaces
	17	SC-660-001	Working Spaces
	18	SC-670-001	Stowage Spaces

๖. จัดทำแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือรายการ (Check List) การวัดค่าสภาพต่าง ๆ และเกณฑ์การประเมิน ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงความผิดปกติและการชำรุดเสียหายที่เกิดขึ้นของเครื่องจักร อุปกรณ์ และส่วนต่าง ๆ ภายในเรือ ซึ่งได้รับการตรวจสภาพโดยครอบคลุมทุกระบบในเรือตามบัญชีรายการแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ เพื่อให้สามารถประเมินรายการชำรุดเสียหาย รายการซ่อมทำ และขอบเขตการซ่อมทำภายหลังการตรวจสภาพเรือเสร็จสิ้น

เมื่อได้จัดทำกระบวนการ ขั้นตอน แบบฟอร์มรายการ (Check List) และเกณฑ์การวัดค่าต่าง ๆ ในการตรวจสภาพเรือทุกระบบที่กรมอู่ทหารเรือรับผิดชอบ ซ่อมทำ เรียบร้อยแล้ว คณะทำงานพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือได้ถ่ายทอดความรู้ที่คณะทำงานพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือจัดทำขึ้น ไปสู่หน่วยซ่อมในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือ และนำแบบฟอร์มรายการ (Check List) เกณฑ์การวัดค่าต่าง ๆ ในการตรวจสภาพเรือที่ได้จัดทำขึ้นไปทดลองใช้ในการตรวจสภาพเรือ ในปีงบประมาณ ๒๕๕๕ ที่ผ่านมา โดยกำหนดให้มีการดำเนินการโครงการนำร่องกับเรือนำร่อง ได้แก่ อู่ทหารเรือธนบุรีใช้เรือ ล.๑๔๒ อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้าใช้เรือหลวงกันตัง อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดชใช้เรือหลวงมกุฎราชกุมาร และกรมโรงงานฐานทัพเรือสัตหีบใช้เรือ ต.๒๑๙

จากโครงการนำร่องดังกล่าวได้ทำการประมวลปัญหา อุปสรรค ข้อขัดข้อง ข้อคิดเห็นข้อเสนอแนะ รวมทั้งได้เชิญหน่วยที่เกี่ยวข้องในการตรวจสภาพเรือ ร่วมพิจารณาปรับปรุงแบบฟอร์มตรวจสภาพเรือให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน เหมาะสมในการใช้งาน โดยแบบฟอร์มตรวจสภาพเรือในระบบตัวเรือจะมีเนื้อหาแยกเป็นหลายส่วน เพื่อให้มีหัวข้อการตรวจสอบครอบคลุมส่วนต่าง ๆ ภายในเรือตามโครงสร้าง Ship Work Breakdown Structure (SWBS) ผู้ทำการตรวจสภาพเรือสามารถตัดหัวข้อการตรวจสอบได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้สอดคล้องกับเรือที่ทำการตรวจสภาพ แบบฟอร์มในระบบกลจักรและไฟฟ้า จะมีข้อมูลการตรวจสภาพเรือ ๒ ส่วน คือ (๑.) ข้อมูลชั่วโมงใช้การประวัติการซ่อมทำ และการตรวจสอบชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ชำรุดด้วยการ Visual Check (๒.) ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเครื่องจักรอุปกรณ์ โดยได้รวบรวมเป็นแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือทุกระบบที่กรมอู่ทหารเรือซ่อมทำจำนวน ๕๘ แบบฟอร์ม ตามที่กรมอู่ทหารเรือได้อนุมัติให้ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ แจกจ่ายแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือแล้ว หน่วยซ่อมกรมอู่ทหารเรือและหน่วยซ่อมในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือ สามารถ Download ได้ที่ *http://www.navy.mi.th/dockyard/doced*

ตัวอย่างแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือระบบตัวเรือ



แบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ(Ship Check Form)

หน่วยซ่อม	หมายเลขแบบฟอร์ม SC-111-001 (เรือนั่งหมอน)	Shell and Supporting Structure	ชื่อเรือ
		Shell Plating (แผ่นเหล็กเปลือกเรือ)	หน้าที่ ของ หน้า
		ลงชื่อ (ผู้ตรวจ)	/ / (ว/ด/ป)

แบบแปลนเรือที่ต้องใช้

ที่	รายการ	หมายเลขแบบ
1	General Arrangement (Inboard & Outboard)	
2	Shell Expansion	

วิธี/เครื่องมือที่ใช้การตรวจสอบ

☐	สายตา (Visual Inspection)	☐	
☐	ค้อนตรวจเรือ	☐	
☐	เครื่องมือวัดความหนาโลหะ	☐	

รายการตรวจสอบ

ที่	หมายเลขแผ่น	กราบ ซ้าย	กราบ ขวา	การตรวจสภาพโดยทั่วไป สภาพแผ่นเหล็ก/โครงสร้าง	ดี	ชำรุด	ความหนาแผ่นเหล็ก (มม.) ตามแบบ	ที่วัดได้ 1	2	3	4	5	6	7	8	เกณฑ์ (75%)	ผลประเมิน ความหนา ผ่าน	ไม่ผ่าน	สรุปการซ่อมทำ

ตัวอย่างแบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือด้านกลจักร ส่วนที่ข้อมูลค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเครื่องจักรอุปกรณ์

แบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ			
หน่วยงาน	หมายเลขแบบฟอร์ม SC – 233 - 001	Propulsion Internal Combustion Engine	ชื่อเรือ
		Diesel Engines	หน้า ของ หน้า
		ผู้ตรวจ	วันที่ เดือน พ.ศ.

ข้อมูลการตรวจสภาพ

ชื่ออุปกรณ์		ตราอักษร		รุ่น/แบบ						
หมายเลขเครื่อง		ชั่วโมงใช้การ		ตำแหน่งติดตั้ง						
ที่	รายการตรวจวัด		หน่วย	ค่าเกณฑ์	ค่าที่วัดได้					
1	รอบเครื่องยนต์		rpm							
2	องศา Rack		°R							
3	Tendency Indicator		%							
4	อุณหภูมิน้ำจืด		°C							
5	กำลังดันน้ำจืด	A – Side	bar							
		B – Side	bar							
6	อุณหภูมิน้ำทะเลเข้า – ออก		°C							
7	กำลังดันน้ำทะเล	A – Side	bar							
		B – Side	bar							
8	อุณหภูมิน้ำมันหล่อเข้า – ออก		°C							
9	กำลังดันน้ำมันหล่อ		bar							
10	อุณหภูมิแก๊สเสีย (ค่าเฉลี่ย)	A – Bank	°C							
		B – Bank	°C							
11	กำลังดันน้ำมันเชื้อเพลิง		bar							
12	Control Air Pressure		bar							
13	Charge Air Temperature		°C							
14	Charge Air Pressure		bar							
15	อุณหภูมิแก๊สเสีย A1/B1		°C							
16	อุณหภูมิแก๊สเสีย A2/B2		°C							
17	อุณหภูมิแก๊สเสีย A3/B3		°C							
18	อุณหภูมิแก๊สเสีย A4/B4		°C							
19	อุณหภูมิแก๊สเสีย A5/B5		°C							
20	อุณหภูมิแก๊สเสีย A6/B6		°C							
21	อุณหภูมิแก๊สเสีย A7/B7		°C							
22	อุณหภูมิแก๊สเสีย A8/B8		°C							
23	อุณหภูมิแก๊สเสีย A9/B9		°C							
24	อุณหภูมิแก๊สเสีย A10/B10		°C							

แบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ

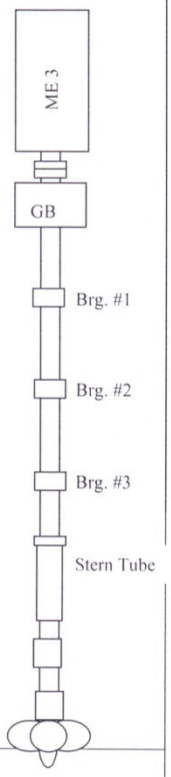
หน่วยงาน	หมายเลขแบบฟอร์ม	Propulsion Internal Combustion Engine	ชื่อเรือ
	SC – 233 - 001	Diesel Engines	หน้า ของ หน้า
		ผู้ตรวจ	วันที่ เดือน พ.ศ.

ชั่วโมงใช้การ **ชั่วโมง** **ซ่อมทำครั้งสุดท้าย** ...../...../.....

ประวัติการซ่อมทำ

รายละเอียดการตรวจสอบ

ลำดับ	รายการอุปกรณ์	สถานภาพ	รายละเอียดข้อขัดข้อง
1	ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่สูงสุด (ครั้งล่าสุด)		
2	ระบบควบคุมเครื่องจักร		
3	คันบังคับเครื่องฉุกเฉิน		
4	ระบบอุ่นน้ำจืดเริ่มเดิน		
5	ระบบน้ำมันหล่อเริ่มเดิน		
6	ระบบเริ่มเดิน		
7	Turbocharger		
8	Thermostat (L.O / F.W)		
9	ท่อแก๊สเสียและฉนวนกันความร้อน		
10	แฟล็บแก๊สเสียบน / ล่าง		
11	สีของควันแก๊สเสีย		
12	ท่อทาง / ลิ้น		
13	การรั่วไหล		
14	Shock Mount		
15	Coupling		
16	เกียร์		
17	เพลาใบจักร / แบริ่งเพลาใบจักร		
18	ซีลเพลาใบจักร / พองลม		
19	การสั่นสะเทือน		
20	น้ำระบายความร้อนกระบอกดีฟุต		



หมายเหตุ √ ปกติ × ชำรุด — ตรวจสอบ O ไม่มีอุปกรณ์

ข้อมูลเพิ่มเติม

แบบฟอร์มการตรวจสภาพเรือ			
หน่วยงาน	หมายเลขแบบฟอร์ม	Propulsion Internal Combustion Engine	ชื่อเรือ
	SC – 233 - 001	Diesel Engines	หน้า ของ หน้า
		ผู้ตรวจ	วันที่ เดือน พ.ศ.

ที่	รายการตรวจวัด		หน่วย	ค่าเกณฑ์	ค่าที่วัดได้				
1	อุณหภูมิแก๊สเสีย (ค่าเฉลี่ย)	A – Bank	°C						
		B – Bank	°C						
2	Main Bearing Temp		°C						
3	TB. Inlet Temp		°C						
4	TB. Outlet Temp		°C						
5	Shaft Speed		rpm.						
6	Propeller Pitch CPP		degree						
7	GB. L.O. Inlet Temp		°C						
8	GB. L.O. Outlet Temp		°C						
9	GB. Plain Bearing Temp		°C						
10	GB. Thrust Bearing Temp		°C						
11	CPP Hydraulic Oil Temp		°C						
12	Bulkhead Seal Surface Temp		°C						
13	Intermediate Bearing Temp		°C						
14	Stern Tube Seal Surface Temp		°C						
15	GB – L.O. Inlet Press		bar						
16	GB - L.O. Outlet Press		bar						
17	CPP Main Pump Press		bar						
18	CPP Standby Pump Press		bar						
19	Back Pressure		mbar						
20	ความเร็วเรือ		knot						

Vibration Test

Main Engine	Engine Sp. (rpm)	Main Engine		Gearbox		Shaft Bearing	
		Value	Limit	Value	Limit	Value	Limit
M/E							

การพัฒนาระบบการตรวจสภาพเรือ ทำให้เกิดการปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น สอดคล้องรองรับแนวทางการบริหารงานซ่อมบำรุงเรือในส่วนของการประเมินสภาพเรือก่อนนำเรือเข้ารับการซ่อมทำ ซึ่งจะส่งผลให้การซ่อมทำเรือของกรมอู่ทหารเรือและหน่วยซ่อมในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือ มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงขึ้น



การพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ

นาวาเอก เปรมมนัส สุวรรณดุล
หัวหน้าแผนกวิเคราะห์งานช่าง
กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ในระบบการผลิตและบริการใด ๆ เพื่อจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีคุณภาพได้นั้น นอกจากจะต้องใช้บุคลากร เครื่องจักร และวัตถุดิบ เป็นปัจจัยในการผลิตแล้ว ยังต้องมีเทคนิคการบริหารงานที่ดีและมีความเหมาะสมกับงานนั้น ๆ ปัจจัยพื้นฐานที่ก่อให้เกิดคุณภาพงานนั้น มีทั้งกิจกรรมและระบบบริหารงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่หน่วยงานหรือองค์กรสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งอาจเรียกโดยรวมว่าการบริหารงานคุณภาพ (Quality Management System) กรมอู่ทหารเรือซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในงานซ่อมและสร้างเรือได้ให้ความสำคัญ และได้มีการนำหลักการบริหารจัดการคุณภาพมาใช้ในการปฏิบัติงานเช่น การทำกิจกรรมสร้างเสริมคุณภาพงาน (QCC) การส่งเสริมให้มีการทำกิจกรรม ๕ ส และที่สำคัญ อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือได้ริเริ่มนำระบบบริหารงานคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9000 มาใช้กับงานซ่อมทำตัวเรือใต้แนวน้ำในปี พ.ศ.๒๕๔๒ แต่กิจกรรมต่าง ๆ ยังขาดความต่อเนื่อง ทำให้แนวทางการควบคุมคุณภาพของกรมอู่ทหารเรือ ยังไม่เกิดเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน

การพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ เป็นโครงการที่ดำเนินการมาตั้งแต่ปีงบประมาณ ๒๕๕๔ การดำเนินการให้เกิดผลสัมฤทธิ์ตามนโยบายของเจ้ากรมอู่ทหารเรือประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๔ ด้านการส่งกำลังบำรุง ข้อ ๒ “พัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพในงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ ให้ผลงานการซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ มีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่พอใจ ผู้ใช้เรือให้การยอมรับและมีความมั่นใจในผลงานการซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ” กรมอู่ทหารเรือจึงได้แต่งตั้งคณะทำงานพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ โดยมีเจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ เป็นหัวหน้าคณะทำงานเพื่อทำการพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยคณะทำงานดังกล่าวมีหน้าที่ในการศึกษาและรวบรวมข้อมูล ระบบการควบคุมคุณภาพตามหลักมาตรฐานสากลที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ ให้เป็นรูปธรรมอย่างชัดเจนและสามารถปฏิบัติได้อย่างบูรณาการ

ระบบ TQM (Total Quality Management) เป็นระบบการจัดการคุณภาพที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน ซึ่ง TQM จะมุ่งเน้นการมีส่วนร่วมของทุกคนที่อยู่ในองค์กร ตั้งแต่ระดับต่ำสุดไปจนถึงผู้บริหารระดับสูงสุด เพื่อสร้างคุณภาพให้เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต มีพัฒนาการเป็นวัฒนธรรมขององค์กรที่สมาชิกทุกคนต่างให้ความสำคัญและมีส่วนร่วมในการพัฒนาการดำเนินงานขององค์กรอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งที่จะตอบสนองความต้องการและสร้างความพอใจให้แก่ลูกค้า ซึ่งจะสร้างโอกาสทางธุรกิจ ความได้เปรียบในการแข่งขันและพัฒนาการที่ยั่งยืนขององค์กร โดยให้ฝ่ายผลิตเป็นผู้ตรวจสอบคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิตและให้ฝ่ายควบคุณคุณภาพเป็นผู้กำหนดมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพและให้คำปรึกษาในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของผลผลิตในภาพรวม รวมทั้งดำเนินการตรวจสอบคุณภาพโดยเครื่องมือตรวจสอบที่เกินจากขีดความสามารถในการตรวจสอบของฝ่ายผลิต ตามคำกล่าวที่ว่า “คุณไม่สามารถใส่คุณภาพเข้าไปในผลิตภัณฑ์ด้วยการตรวจสอบ แต่ทว่าต้องสร้างคุณภาพเข้าไปในผลิตภัณฑ์ขณะทำการผลิตเท่านั้น” ปัจจุบันอู่เรือที่ได้มาตรฐานสากลจะนำหลักการของ TQM มาประยุกต์ใช้ในการจัดการคุณภาพภายในหน่วยงานของตน โดยจะมุ่งเน้นให้มีการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต เพื่อสร้างความมั่นใจในคุณภาพของผลผลิตให้แก่ผู้รับบริการ ซึ่ง TQM นี้เป็นระบบการจัดการคุณภาพที่มีความเหมาะสม สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือได้ โดยมีองค์ประกอบหลักในการควบคุมคุณภาพตามหลักการของ TQM คือ ๑. คู่มือคุณภาพ (Quality Manual) ๒. แผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan) และ ๓. เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพ



วัตถุประสงค์ของ TQM (Objective of TQM)

คู่มือคุณภาพ (Quality Manual) คือ เอกสารที่ระบุถึงนโยบาย การจัดองค์กร และหน้าที่ เป็นเอกสารที่แสดงรายละเอียดตามกระบวนการขั้นตอนการผลิต ซึ่งจะต้องจัดให้มีการดำเนินการควบคุมคุณภาพ ใช้เป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของผลงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ

แผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan) คือ เอกสารที่แสดงรายละเอียดตามกระบวนการขั้นตอนการผลิต ซึ่งจะต้องจัดให้มีการดำเนินการควบคุมคุณภาพ ใช้เป็นแนวทางการควบคุมคุณภาพของผลงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ

เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol) คือ เอกสารที่ใช้บันทึกข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ หรือการทดสอบทดลองในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่ดำเนินการตามแผนควบคุมคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่าผลงานในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิตตั้งแต่ต้นจนส่งมอบให้ผู้รับบริการเป็นไปตามข้อกำหนดและมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับ ผลงานมีคุณภาพผู้รับบริการให้การยอมรับและมีความพึงพอใจในผลงานที่ได้รับ

คณะทำงานพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือได้จัดทำคู่มือคุณภาพ (Quality Manual) เป็นเอกสารเชิงนโยบาย เพื่อให้การควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ เกิดผล

ในการปฏิบัติเป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน โดยคู่มือคุณภาพ (Quality Manual) นี้ ประกอบด้วยนโยบายคุณภาพของกรมอู่ทหารเรือ การจัดองค์กรในการควบคุมคุณภาพ หน้าที่ของหน่วยต่าง ๆ ที่ต้องดำเนินการเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ แนวทางการควบคุมคุณภาพในทุกขั้นตอนของกระบวนการซ่อมและสร้างเรือ การตรวจสอบคุณภาพวัสดุ การตรวจสอบคุณภาพในระหว่างงานซ่อมและสร้างเรือ และเอกสารที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือ รายละเอียดในเอกสารการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือกรมอู่ทหารเรือ (คู่มือคุณภาพ Quality Manual) โดยมีการแบ่งมอบหน้าที่ระหว่างฝ่ายผลิตและฝ่ายควบคุมคุณภาพ ดังนี้

ฝ่ายผลิต มีหน้าที่

(๑) ควบคุมกระบวนการผลิต (ซ่อม สร้าง ติดตั้ง ดัดแปลง) และตรวจสอบคุณภาพ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละงานที่ดำเนินการผลิต (ซ่อม สร้าง ติดตั้ง ดัดแปลง) และสามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้อย่างมีคุณภาพตามเวลาที่ต้องการ

(๒) ซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ ควบคุมดูแลปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำงานและมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลงานให้พร้อมที่จะปฏิบัติงานอยู่เสมอ

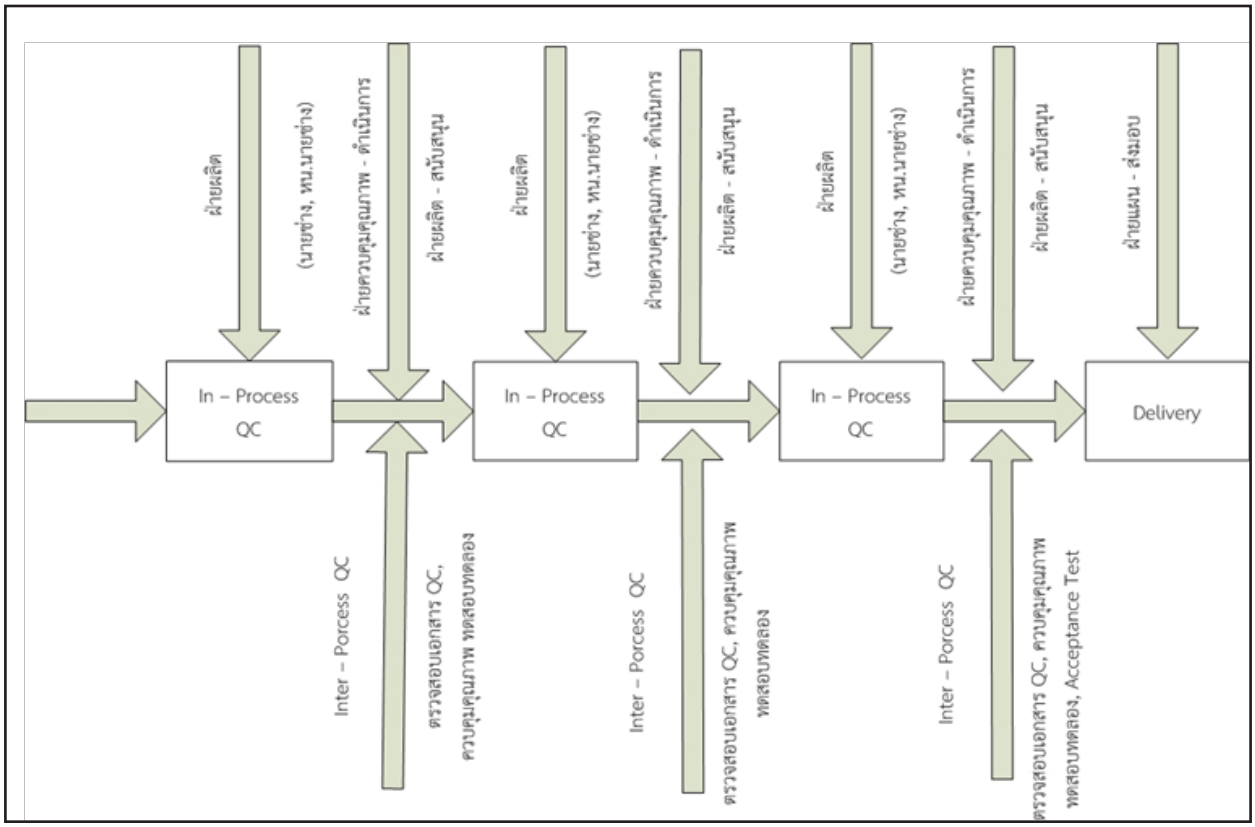
ฝ่ายควบคุมคุณภาพ มีหน้าที่

(๑) ตรวจวิเคราะห์ ทดสอบวัสดุ การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ให้เป็นไปตามข้อกำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ

(๒) ดูแลการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่มีผลต่อกระบวนการผลิตและคุณภาพของงานที่ดำเนินการผลิต (ซ่อม สร้าง ติดตั้ง ดัดแปลง)

(๓) บำรุงรักษาเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตรวจสอบ ให้มีความพร้อมที่จะนำไปปฏิบัติงาน และให้การสนับสนุนฝ่ายผลิตในการตรวจสอบ

แนวทางการควบคุมคุณภาพในระหว่างกระบวนการซ่อมและสร้างเรือ



กำหนดให้ฝ่ายผลิตและฝ่ายควบคุมคุณภาพ มีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอนของกระบวนการซ่อมสร้างเรือ เพื่อให้ไปสู่จุดมุ่งหมายร่วมกันคือให้ผลงานซ่อมสร้างเรือมีคุณภาพ



รูปที่ ๑ ฝ่ายผลิตควบคุมกระบวนการผลิต (ซ่อม สร้าง ติดตั้ง และตรวจสอบคุณภาพ) ให้เป็นไปตามข้อกำหนด



รูปที่ ๒ ฝ่ายควบคุณคุณภาพเป็นผู้กำหนดมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพและ
ให้คำปรึกษาในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของผลผลิตในภาพรวม

คณะทำงานพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือได้รวบรวมงานการซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ ที่ต้องมีแผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan) และเอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol) รวมทั้งจัดทำบัญชีรายการแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือทุกระบบ โดยหมายเลขแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือ อ้างอิงตามโครงสร้าง Ship Work Breakdown Structure (SWBS) ของหน่วยงานซ่อมบำรุงเรือของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา Naval Sea Systems Command (NAVSEA) เพื่อความสอดคล้องกันกับการให้หมายเลขแบบ หมายเลขใบสั่งงาน หมายเลข Configuration และเอกสารตามระบบ Integrated Logistics Support (ILS) ซึ่งหน่วยต่าง ๆ ถือปฏิบัติ

ในปีงบประมาณ ๒๕๕๕ ที่ผ่านมา คณะทำงานพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือได้จัดทำแผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan) ซ่อมเรือตามบัญชีรายการแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือ เพื่อให้หน่วยซ่อมต่าง ๆ ใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติในการควบคุมคุณภาพ จำนวน ๔๘ งาน รายละเอียดในเอกสารการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือกรมอู่ทหารเรือ (เอกสารควบคุมคุณภาพงานซ่อมเรือ

เล่ม ๑ 100 Hull Structure, 200 Propulsion) และเอกสารการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือกรมอู่ทหารเรือ (เอกสารควบคุมคุณภาพงานซ่อมเรือ เล่ม ๒ 300 Electrical System, 500 Auxiliary System, 600 Outfit and Furnishings, 900 Ship Assembly and Support) สามารถ Download ได้ที่ http://www.navy.mi.th/dockyard/doced

ในปีงบประมาณ ๒๕๕๖ นี้คณะทำงานพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือจะดำเนินการจัดทำแผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan) งานสร้างเรือตามบัญชีรายการแบบฟอร์มการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือ เพื่อให้หน่วยซ่อมต่าง ๆ ใช้เป็นแนวทางการควบคุมคุณภาพการสร้างเรือต่อไป

สรุป

การควบคุมคุณภาพเป็นกระบวนการสำคัญ ที่ขาดไม่ได้ในงานซ่อมและสร้างเรือ ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย และทุกระดับต้องตระหนักถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพในผลงานของตน เพื่อสร้างคุณภาพให้เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต มิใช่เฉพาะบางขั้นตอนหรือในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการส่งมอบงานเท่านั้น แต่จะต้องมีการดำเนินการตรวจสอบควบคุมคุณภาพ หรือทดสอบทดลอง ในทุกขั้นตอนของกระบวนการซ่อมและสร้างเรือมีแผนงานของกระบวนการควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan) และมีเอกสารบันทึกผลการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol) ในทุกขั้นตอนของกระบวนการซ่อมและสร้างเรือ การที่กรมอู่ทหารเรือมีนโยบายที่ชัดเจนในการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือ ซึ่งเป็นภารกิจหลักอันสำคัญของกรมอู่ทหารเรือจะทำให้กรมอู่ทหารเรือและหน่วยซ่อมต่าง ๆ ในสายวิทยาการกรมอู่ทหารเรือ มีแนวทางปฏิบัติและการแบ่งมอบความรับผิดชอบที่ชัดเจนยิ่งขึ้น มีระบบการทำงานและขั้นตอนการปฏิบัติที่ละเอียดชัดเจนในการควบคุมคุณภาพงานซ่อมและสร้างเรือ ทำให้ลดการสูญเสียจากข้อผิดพลาดในการทำงานและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามความคาดหวัง ดังคำกล่าวที่ว่า “คุณภาพเป็นเรื่องของทุก ๆ คน (Quality is Everyone’s Responsibility)”

ชื่อหน่วยงาน			หน่วยงาน (โรงงาน) ชื่องาน การติดตั้งสังกะสีกันกร่อน หมายเลขเอกสารควบคุมคุณภาพ QCR-633-001			วันที่ แผ่นที่ 1 ของ 1 แผ่น	
แผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan)							
ลำดับ	ขั้นตอนงาน	รายการควบคุมคุณภาพ	ขอบเขตการตรวจสอบ	เอกสารอ้างอิง	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ	ผู้รับผิดชอบ	
						โรงงาน	กคภ.
1.	ตรวจสอบ ก่อนการซ่อมทำ	-	-	-	-	-	-
2.	ตรวจสอบ ระหว่างการซ่อมทำ	ตรวจสอบการติดตั้งสังกะสีกันกร่อน	- ประเภทของสังกะสีกันกร่อน - ขนาด - จำนวน - ตำแหน่ง	- มพช.อร.5340-01-31 สังกะสีกันกร่อน - แบบการติดตั้งสังกะสีกันกร่อนของเรือ	- เทปวัดระยะ	*	
3.	ตรวจสอบ หลังการซ่อมทำ	ตรวจสอบความเรียบร้อย	- ความถูกต้อง เรียบร้อย			*	

ตารางที่ ๑ ตัวอย่างแผนควบคุมคุณภาพ (Quality Control Plan)

ชื่อหน่วยงาน	เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)	เรือ. .....
		แผ่นที่ 1 ของ 4 แผ่น

หมายเลขเอกสารควบคุมคุณภาพ QCR-633-001
ชื่องาน การตรวจสอบการติดตั้งสังกะสีกันกร่อน

ส่วนของเอกสาร	หน้า
1. ความมุ่งหมาย	2
2. เอกสารอ้างอิง	2
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ	2
4. การเตรียมการก่อนการตรวจสอบ	2
5. ขอบเขตการตรวจสอบ	2
6. ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบ	2
7. แผ่นบันทึกการตรวจสอบ	3
8. สรุปผลการตรวจสอบ	4

การลงนาม		
นาม	วันที่	ตำแหน่ง
		นายช่างโรงงาน
		หน.นายช่าง
		ผอ.กอง ฯ

ชื่อหน่วยงาน	เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)	เรือ. .....
		แผ่นที่ 2 ของ 4 แผ่น

1. ความมุ่งหมาย
เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เรียบร้อยของการติดตั้งสังกะสีกันกร่อน

2. เอกสารอ้างอิง
2.1 มพช.อร.5340-01-31 สังกะสีกันกร่อน
2.2 แบบการติดตั้งสังกะสีกันกร่อนของเรือ

3. เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
- เทปวัดระยะ

4. การเตรียมการก่อนการตรวจสอบ
4.1 เตรียมเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
4.2 ศึกษาแบบการติดตั้งสังกะสีกันกร่อน

5. ขอบเขตการตรวจสอบ
5.1 ตรวจสอบขนาดและจำนวน
5.2 ตรวจสอบตำแหน่งและความเรียบร้อยในการติดตั้ง

6. ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบ
6.1 ตรวจสอบความถูกต้องของประเภท ขนาดและจำนวนความครบถ้วนของสังกะสีกันกร่อน
6.2 ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งติดตั้งและความเรียบร้อยในการติดตั้งของสังกะสีกันกร่อน

205

ชื่อหน่วยงาน	เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)	เรือ. .....
		แผ่นที่ 3 ของ 4 แผ่น

7. แผ่นบันทึกการตรวจสอบ

ลำดับ	รายละเอียดการติดตั้งสังกะสีกันกร่อนตามแบบ	ผลการตรวจสอบ				
		ประเภท	ขนาด	จำนวน	ตำแหน่ง	ความเรียบร้อย

206

ชื่อหน่วยงาน	เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)	เรือ. .....
		แผ่นที่ 4 ของ 4 แผ่น

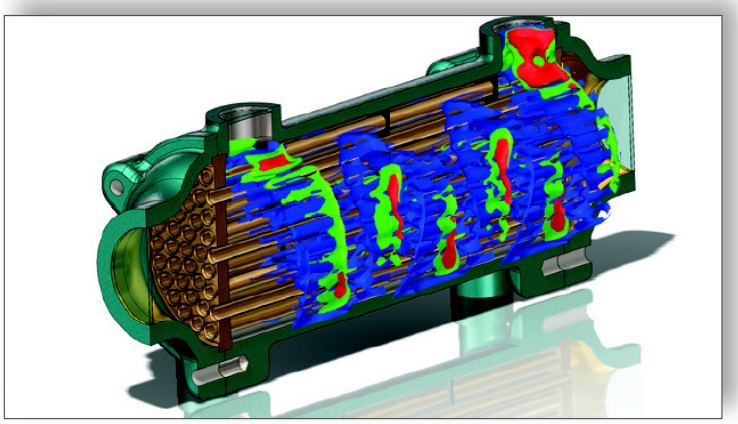
8. สรุปผลการตรวจสอบ

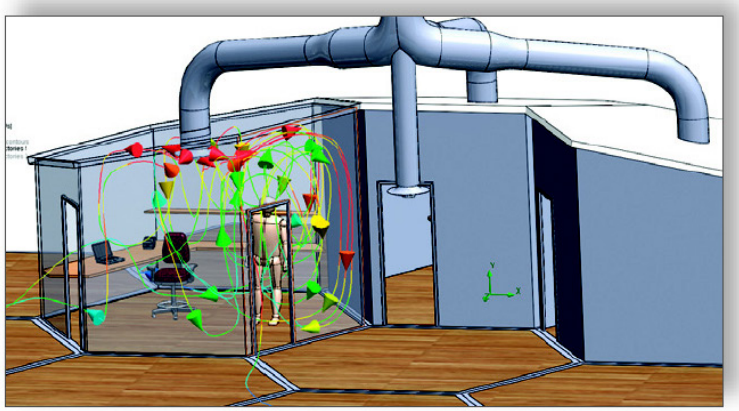
ขอรับรองว่าได้ทำการตรวจสอบตามข้อกำหนดและข้อมูลทั้งหมดข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงนาม.....
.....
...../...../.....

ลงนาม.....
.....
...../...../.....

ตารางที่ ๒ ตัวอย่างเอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)





ก้าวต่อไปของการออกแบบระบบกลจักร ในการซ่อมและสร้างเรือใหม่ของกองทัพเรือ

นาวาเอก สมศักดิ์ คงโชติ ผู้อำนวยการกองออกแบบกลจักร
กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
นาวาโท พนิศรัฐ บุษย์นิลเพชร นายช่าง แผนกออกแบบเครื่องกล
กองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

กล่าวนำ

กรมอู่ทหารเรือ เป็นหน่วยขึ้นตรงของกองทัพเรือ ที่มีภารกิจหลักในการซ่อมและสร้างเรือ เพื่อให้เรือมีจำนวนที่เพียงพอและมีความพร้อมรบ ตอบสนองความต้องการของกองทัพเรือได้ตามที่กำหนด โดยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน กรมอู่ทหารเรือได้รับมอบหมายภารกิจและมีผลงานการสร้างเรือที่เชื่อถือได้ และได้รับการยอมรับมาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะตามลำดับ ซึ่งในการสร้างเรือใหม่นั้น กรมอู่ทหารเรือมีหน้าที่รับผิดชอบการดำเนินการตั้งแต่การกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์ การออกแบบระบบต่าง ๆ การจัดหาวัสดุอุปกรณ์ การสร้าง การควบคุมคุณภาพ และการทดสอบทดลองของระบบต่าง ๆ ภายในเรือ อันได้แก่ ระบบตัวเรือ ระบบกลจักร และระบบไฟฟ้า ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นระบบที่สำคัญและครอบคลุมคุณลักษณะของเรือแทบตลอดทั้งลำ

ระบบกลจักรในเรือ ประกอบด้วยระบบหลัก คือ ระบบขับเคลื่อนและระบบเครื่องจักรช่วย ภายในระบบหลักยังประกอบไปด้วยระบบย่อยต่างๆ อีกหลายระบบ โดยระบบกลจักรนั้นจะมีความสำคัญ คือ

๑. ใช้กำหนดขีดความสามารถของเรือโดยตรง เช่น ระบบขับเคลื่อน ระบบถือท้าย ระบบป้องกันภัยสงคราม นิวเคลียร์ ชีวะ และเคมี

๒. สนับสนุนการทำงานของระบบอื่น ๆ เช่น ระบบอากาศอัด ระบบไฮดรอลิก ระบบท่อทาง ระบบลดอาการโคลง

๓. ทำให้กำลังพลประจำเรือมีความเป็นอยู่ที่สะดวกสบาย เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบน้ำจืด ระบบน้ำทะเล

๔. ทำให้เรือมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงานในทะเล เช่น ระบบดับไฟ ระบบป้องกันความเสียหาย ระบบระบายอากาศ

๕. ควบคุมการปล่อยมลภาวะจากเรือ เช่น ระบบบำบัดของเสีย ระบบบำบัดน้ำท้องเรือ

จากที่กล่าวมา จึงเห็นได้ว่าระบบกลจักรเป็นระบบที่สำคัญระบบหนึ่งภายในเรือ ทำให้กองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการออกแบบระบบกลจักรสำหรับเรือที่ต่อใหม่ รวมถึงการออกแบบแก้ไขปรับปรุงระบบกลจักรของเรือเก่า จำเป็นต้องใช้ความรู้ ความสามารถ ความชำนาญ ประสบการณ์ รวมทั้งอุปกรณ์เครื่องมือที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ สำหรับการออกแบบเพื่อให้ได้ระบบกลจักรที่มีประสิทธิภาพ ทำให้เรือที่ต่อใหม่หรือเรือที่ต้องปรับปรุงแก้ไข มีขีดความสามารถและถูกนำไปใช้ปฏิบัติราชการได้เป็นอย่างดี

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการออกแบบระบบกลจักร

การออกแบบระบบกลจักรสำหรับการสร้างเรือใหม่ของกองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ มีขั้นตอนสำคัญ ๔ ขั้นตอน และมีวิธีดำเนินการดังนี้ คือ

๑. การกำหนดคุณลักษณะและขีดความสามารถของระบบ

การสร้างเรือใหม่โดยทั่วไปมักจะพิจารณาหาเรือต้นแบบ (Parent Ship) เพื่อนำข้อมูลเบื้องต้นมาศึกษา แล้วรวบรวมและประยุกต์องค์ความรู้ทางวิศวกรรมด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหพลศาสตร์ กลศาสตร์ของไหล การถ่ายเทความร้อน ความแข็งแรงของวัสดุ เป็นต้น มาร่วมกันกำหนดคุณลักษณะและขีดความสามารถของระบบที่เหมาะสม ดังนั้นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินการ จึงได้แก่บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ โดยการดำเนินการในอดีตนั้นการวิเคราะห์และคิดคำนวณต่าง ๆ ใช้การคำนวณด้วยมือเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความซับซ้อนของระบบกลจักรภายในเรือ ทำให้มีการนำซอฟต์แวร์สำเร็จรูปต่าง ๆ เข้ามาใช้ ทำให้การคำนวณเป็นไปด้วยความรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม ความรู้ความเข้าใจของบุคลากรในหลักการทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ก็ยังคงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง ที่จะทำให้การใช้และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากซอฟต์แวร์เหล่านั้น มีความถูกต้องแม่นยำที่สุด

๒. การศึกษาและประยุกต์ใช้มาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ

สำหรับการสร้างเรือในอดีต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างเรือรบ มีมาตรฐานและข้อกำหนดในการสร้างเรือจำนวนไม่มากนัก เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์และองค์ความรู้ขั้นสูงในการกำหนดมาตรฐาน โดยในช่วงแรกกรมอู่ทหารเรือได้ใช้มาตรฐานของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา (United States Military Standard) และข้อกำหนดของกองทัพเรือสหรัฐ (Naval Ship Systems Command, NAVSHIPS) เป็นหลักในการออกแบบเรือ แต่ในปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ทำให้การถ่ายทอดข้อมูลความรู้ต่าง ๆ เป็นไปได้ง่ายและรวดเร็ว จึงทำให้องค์กรต่าง ๆ มีการสร้างมาตรฐานและข้อกำหนดที่เชื่อถือได้นำออกมาใช้ เช่น มาตรฐานของกระทรวงกลาโหมสหราชอาณาจักร ข้อกำหนดของสมาคมจัดชั้นเรือ มาตรฐานขององค์กรอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น ประกอบกับมาตรฐานและข้อกำหนดของสหรัฐอเมริกามีความเข้มงวด ภายในระบบประกอบด้วยอุปกรณ์จำนวนมากหรือต้องใช้อุปกรณ์ที่มีขีดความสามารถสูง จึงจัดหาอุปกรณ์ได้ยากและใช้งบประมาณมาก ทำให้ปัจจุบันกองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ จึงได้ศึกษาและเลือกประยุกต์ใช้มาตรฐานหรือข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เชื่อถือได้ มาร่วมกำหนดคุณลักษณะและขีดความสามารถของระบบในขั้นตอนแรก เพื่อให้การสร้างเรือใช้งบประมาณเป็นไปอย่างคุ้มค่าและเรือยังคงมีขีดความสามารถตามที่กำหนด

๓. การออกแบบระบบ

หลังจากที่ได้กำหนดคุณลักษณะและขีดความสามารถของระบบ จากองค์ความรู้และการประยุกต์ใช้มาตรฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ แล้ว จึงเป็นขั้นตอนของการออกแบบระบบ โดยผู้ออกแบบจะต้องคำนวณตามหลักการทางวิศวกรรมในระบบต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ประสบการณ์ทางวิศวกรรมในการกำหนดตัวแปรที่สำคัญ เพื่อให้ได้ขนาด มิติ ตำแหน่ง และขีดความสามารถของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังต้องแสดงรายละเอียดอื่น ๆ ที่จำเป็น เช่น ลักษณะการเดินท่อทาง ขนาด และวัสดุของท่อหลัก รายการและตำแหน่งของอุปกรณ์ประกอบ เป็นต้น ทั้งนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยในด้านการใช้งานและซ่อมบำรุง เช่น ความง่ายในการเข้าถึงอุปกรณ์ การเดินท่อที่ไม่กีดขวางสิ่งต่าง ๆ การติดตั้งลิ้นตัดทางและท่อทางลัด (Bypass) การมีระบบสำรองในกรณีที่อุปกรณ์ชำรุด เป็นต้น ซึ่งการออกแบบในขั้นนี้ จะจัดทำเป็นแบบร่าง (Preliminary Drawing) ซึ่งอาจเป็นเพียงแบบที่ร่างด้วยมือ

๔. การเขียนแบบเพื่อนำไปสู่การสร้างจริง

ขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบระบบกลจักร คือ การที่ช่างเขียนแบบนำแบบร่างของผู้ออกแบบ นำไปเขียนเป็นแบบตามหลักสากล โดยช่างเขียนแบบจะต้องมีความรู้ในหลักการเขียนแบบ มีความเข้าใจในแนวความคิดของผู้ออกแบบ แล้วสามารถถ่ายทอดออกมาในรูปของแบบที่ทำให้ฝ่ายสร้างเรือเข้าใจได้ง่ายและสร้างระบบได้ตรงตามแนวความคิดนั้น ทั้งนี้แบบที่ได้จากการเขียน จะมีหลากหลายประเภท เช่น Schematic Drawing, Construction Drawing, Shop Drawing เป็นต้น ขึ้นกับความต้องการในการนำไปใช้งาน และสำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนแบบนั้น ได้มีการใช้เครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นตามยุคสมัยต่าง ๆ มาตามลำดับ ตั้งแต่การใช้ดินสอเขียนแบบบนกระดาษไขบนโต๊ะพล็อต การใช้ไม้ฉากและวงเวียน จนกระทั่งในปัจจุบันภายใต้ความเจริญก้าวหน้าของคอมพิวเตอร์ ได้เปลี่ยนมาเป็นการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ในการเขียนแบบ แล้วสั่งพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์ เพื่ออำนวยความสะดวกและมีความรวดเร็วในการทำงาน

การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบและเขียนแบบระบบกลจักร

โดยทั่วไปแล้วงานทางด้านวิศวกรรมจะมีลักษณะคือ เป็นงานที่ประกอบด้วยระบบที่มีความซับซ้อน ดำเนินการภายใต้ระยะเวลาและงบประมาณที่จำกัด และต้องการผลการคำนวณและวิเคราะห์ที่ถูกต้องและแม่นยำสูง ทำให้การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบและเขียนแบบ ได้กลายเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับงานทางด้านวิศวกรรมในปัจจุบัน โดยมีซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานบนคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบและเขียนแบบนั้น สามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ ๓ ประเภท คือ

๑. CAD - Computer Aided Design คือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนแบบ

๒. CAM - Computer Aided Manufacturing คือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต ด้วยการส่งข้อมูลไปยังเครื่องจักรให้สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามที่ออกแบบไว้

๓. CAE - Computer Aided Engineering คือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม เพื่อให้ทราบว่าสิ่งที่ออกแบบนั้น สามารถทำงานได้ตามต้องการหรือไม่

สำหรับการสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ ซึ่งเป็นงานทางด้านวิศวกรรมแขนงหนึ่ง จากการวิเคราะห์พบว่าการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบและเขียนแบบระบบกลจักรที่เหมาะสม จะเป็นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนแบบ และการใช้คอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ทางวิศวกรรม ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนแบบนั้น กองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่างกรมอู่ทหารเรือ ได้พัฒนาและปรับเปลี่ยนแนวทางการเขียนแบบ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจากเดิมที่เคยใช้การเขียนแบบในลักษณะ ๒ มิติ ปัจจุบันได้เปลี่ยนเป็นการเขียนแบบในลักษณะ ๓ มิติ ทำให้การเขียนและอ่านแบบกระทำได้ง่าย รวมทั้งสอดคล้องกับการดำเนินการขององค์กรในระดับสากล

ส่วนการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมนั้น ได้เข้ามามีบทบาทและความจำเป็นในการออกแบบระบบกลจักรสำหรับการสร้างเรือใหม่ ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้คอมพิวเตอร์ในงานดังกล่าว คือ

๑. ลดระยะเวลาในการออกแบบและเขียนแบบ

๒. ได้ผลการคำนวณที่เชื่อถือได้และลดความผิดพลาดที่เกิดจากบุคคล (Man Error)

๓. ลดต้นทุนการสร้างต้นแบบ (Prototype) ในการวิเคราะห์บางกรณี

๔. การแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ทำได้ง่ายและไม่ต้องเริ่มวิเคราะห์ใหม่ทั้งระบบ

๕. เก็บข้อมูลได้เป็นระยะเวลานาน

๖. ถ่ายทอดข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์คอมพิวเตอร์ไปใช้กับซอฟต์แวร์อื่น ๆ บางซอฟต์แวร์ได้

๗. นำเสนอข้อมูลและผลการวิเคราะห์ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย เช่น การใช้ภาพ กราฟ แผนภูมิ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

๘. เป็นการพัฒนาความรู้ของบุคลากรในการออกแบบและเขียนแบบ

๙. สร้างอัตลักษณ์ (Identity) ของหน่วยงาน ให้มีความเป็นมืออาชีพในด้านการออกแบบสร้างเรือ

อย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ทางวิศวกรรมนั้น ได้ถูกพัฒนาจากทฤษฎีและหลักการทางวิศวกรรมที่หลากหลาย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ลักษณะของงานการออกแบบระบบกลจักรว่าใช้หลักการใดและนำไปใช้งานในด้านใด เพื่อเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการใช้งานมากที่สุด โดยจากการตรวจสอบพบว่า ลักษณะงานการออกแบบระบบกลจักร เป็นการคำนวณและวิเคราะห์เกี่ยวกับ

๑. การไหลของของไหล เช่น การสูบของเหลวของปั๊ม การไหลของของเหลวในท่อ การแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน การกระจายความเย็นของลมเย็น เป็นต้น

๒. ความแข็งแรงของวัสดุ เช่น ความแข็งแรงของฐานแท่นเครื่องจักร ความแข็งแรงของระบบท่อทาง เป็นต้น

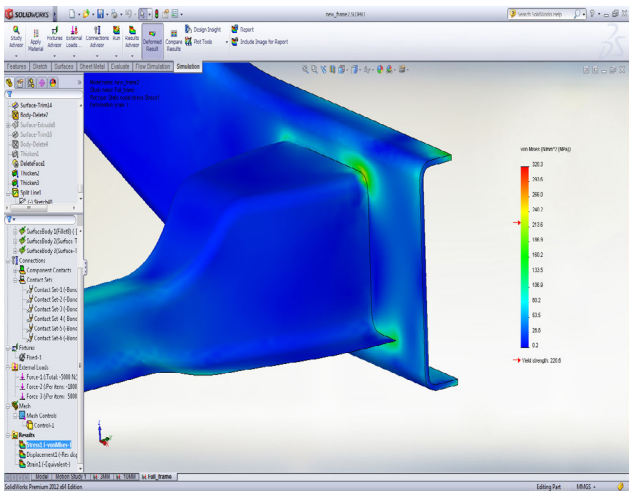
ซึ่งจากลักษณะงานการออกแบบระบบกลจักรที่กล่าวมา พบว่าซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ที่เหมาะสม จึงเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้วิเคราะห์การไหลของของไหล ด้วยระเบียบวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) และซอฟต์แวร์ที่ใช้วิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุ ด้วยการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method, FEA)

สำหรับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต เป็นการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อควบคุมและติดตามการผลิต เช่น การควบคุมการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ การตรวจสอบค่าและข้อกำหนดในการผลิต การกำหนดรหัสชิ้นส่วน การจัดสายการผลิต เป็นต้น โดยซอฟต์แวร์ช่วยในการผลิตบางซอฟต์แวร์ได้ถูกออกแบบให้เป็นส่วนหนึ่งของซอฟต์แวร์ช่วยในการเขียนแบบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ลดระยะเวลา และของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาควบคู่กันไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้นำไปใช้ได้อย่างเหมาะสมร่วมกับอุปกรณ์เครื่องจักรที่หน่วยมีอยู่ต่อไป

ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) และระเบียบวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD)

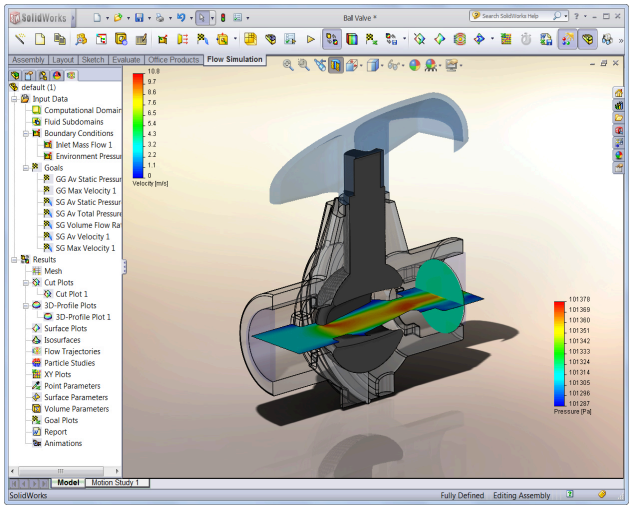
การแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีวิธีการหนึ่งที่เรียกว่า ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Method) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับการหาคำตอบของสมการเชิงอนุพันธ์ และแบ่งออกได้ ๓ วิธี คือ Finite Difference Method (FDM) Finite Element Method (FEM) และ Finite Volume Method (FVM) โดยวิธีที่นำไปใช้ในการสร้างซอฟต์แวร์สำหรับการคำนวณและวิเคราะห์ระบบกลจักร ประกอบด้วย

๑. ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มีหลักการคือ การแบ่งขอบเขตของปัญหาหรือชิ้นงานออกเป็นส่วนย่อย ๆ (Element) ซึ่งแต่ละส่วนย่อยจะเชื่อมต่อกันด้วยจุด (Node) แล้วนำสมการที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะศึกษา เช่น ความแข็งแรงของวัสดุ การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ การนำไฟฟ้าของวัสดุมาใช้ เพื่อหาคำตอบในแต่ละจุดของชิ้นส่วนย่อย ซึ่งหากทราบคำตอบของทุกชิ้นส่วนย่อยแล้ว ก็จะสามารถทำนายคำตอบโดยรวมของปัญหาหรือชิ้นงานใหญ่ได้เช่นเดียวกัน โดยวิธีการนี้เหมาะสำหรับวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุเมื่อมีแรงมากระทำ



รูปที่ ๑ การวิเคราะห์ความแข็งแรงของชิ้นงาน
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์
ที่มา http://www.solidworks.com

๒. **ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม (Finite Volume Method, FVM)** มีหลักการเช่นเดียวกับระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ คือแบ่งขอบเขตของปัญหาหรือชิ้นงานออกเป็นส่วนย่อย ๆ แต่ในการวิเคราะห์จะเน้นศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของปริมาตรของชิ้นส่วนย่อย ทำให้วิธีการนี้เหมาะสำหรับการศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหล โดยได้มีการนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ภายใต้ชื่อใหม่ว่า ระเบียบวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ซึ่งเป็นการศึกษาพฤติกรรมต่าง ๆ ของของไหล เช่น ความเร็ว ความดัน อุณหภูมิ เป็นต้น



รูปที่ ๒ การวิเคราะห์การไหลของของไหลด้วยระเบียบวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล
ที่มา http://www.solidworks.com

ก้าวต่อไปของการออกแบบระบบกลจักร ในการสร้างเรือใหม่ของกองทัพเรือ

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการใช้ซอฟต์แวร์เพื่อการคำนวณและวิเคราะห์ เป็นสิ่งที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบระบบกลจักรในการสร้างเรือใหม่เป็นอันมาก โดยกองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ได้ตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงได้มีการดำเนินการในลำดับแรก คือ เสนอขออนุมัติงบประมาณจัดซื้อซอฟต์แวร์ประเภทดังกล่าว และได้รับการอนุมัติให้จัดซื้อในปีงบประมาณ ๒๕๕๓ โดยซอฟต์แวร์ที่จัดซื้อ คือ SolidWorks Premium Version 2011 ซึ่งมีขีดความสามารถในด้านการเขียนแบบ การคำนวณและวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุ ดังนั้นกรมอู่ทหารเรือจึงเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ในการใช้ จึงทำให้หน่วยขึ้นตรงของกรมอู่ทหารเรือ สามารถขอรับการสนับสนุนการใช้งานซอฟต์แวร์ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง และสำหรับก้าวต่อไปในการออกแบบระบบกลจักรในการสร้างเรือใหม่นั้น จึงเป็นการเตรียมการจัดหาซอฟต์แวร์ที่ใช้วิเคราะห์การไหลของของไหล ด้วยระเบียบวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของของไหล (CFD) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ครอบคลุมทุกงานในด้านการออกแบบระบบกลจักรเพราะนอกจากการคำนวณเพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดแล้ว ยังสามารถวิเคราะห์รูปแบบของการไหลของของไหลที่เหมาะสมกับระบบทำให้ระบบนั้น ๆ มีข้อบกพร่องจากการออกแบบน้อยที่สุดหรือไม่มีเลยหากไม่มีปัจจัยเรื่องอื่นมากระทบ และในขณะเดียวกันกองออกแบบกลจักร กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือเอง ก็จะต้องมีการศึกษาทบทวนองค์ความรู้ในเรื่องดังกล่าว เพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้งาน โดยประโยชน์ที่จะได้รับนอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีประโยชน์ที่สำคัญ คือ เป็นการก้าวสู่การเป็นองค์กรระดับแนวหน้าในด้านการซ่อมและสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ

บทสรุป

กรมอู่ทหารเรือได้มีวาระครบ ๑๒๓ ปี ในปีนี้ ซึ่งนับว่าเป็นหน่วยงานด้านเทคนิคเป็นกลุ่มแรก ๆ ที่เริ่มต้นในประเทศไทย โดยมีประวัติศาสตร์และมีการพัฒนาด้านเทคนิคมาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน ถ้าจะเปรียบว่าแต่ละปีคือการก้าวย่างของการพัฒนาของกรมอู่ทหารเรือปีละก้าว ดังนั้นในก้าวต่อไปซึ่งจะเป็นก้าวของการพัฒนาพร้อมกับโลกเทคโนโลยีในปัจจุบันนั้น การนำเอาเทคโนโลยีที่สนับสนุนการออกแบบในด้านต่าง ๆ มาใช้ อีกทั้งการวางระบบทบทวนให้ความรู้และฝึกฝนบุคลากรอย่างมีระบบ และต่อเนื่องให้มีความสม่ำเสมอและพอเพียง **จะทำให้ก้าวต่อไปของกรมอู่ทหารเรือมีความมั่นคงอย่างยั่งยืน ซึ่งจะนำไปสู่ความเป็นมืออาชีพเป็นองค์กรระดับแนวหน้าในด้านการซ่อมและสร้างเรือ และจะเป็นการกระชับระยะห่างระหว่างเทคโนโลยีของการซ่อมและสร้างเรือกับความทันสมัยของเรือรบในปัจจุบันที่ต้องการ ซึ่งจะสอดคล้องตามวิสัยทัศน์ของกรมอู่ทหารเรือที่ว่า “กรมอู่ทหารเรือจะเป็นเลิศในงานซ่อมและสร้างเรือเพื่อให้ราชนาวีไทยเป็นกองทัพเรือชั้นนำในภูมิภาค”**

นิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์โลหะผสมความแข็งแรงสูง อีกก้าวหนึ่งของพัฒนาการเทคโนโลยีโลหะวิทยากรมอู่ทหารเรือ

นาวาตรี บพิธ ทศเทพพิทักษ์
ประจำกรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

การวิจัย นับเป็นก้าวสำคัญของการพัฒนาขีดความสามารถทางด้านเทคนิควิศวกรรมขององค์กร ด้วยภารกิจที่หลากหลายของกรมอู่ทหารเรือที่ได้รับมอบจากกองทัพเรือ ทำให้กรมอู่ทหารเรือต้องพัฒนาเทคนิคทางด้านวิศวกรรม ควบคู่กับการพัฒนาบุคลากร เพื่อตอบสนองต่อภารกิจในการซ่อมสร้างเรือ ซึ่งถือเป็นภารกิจที่ใช้องค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมและด้านการบริหารต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นด้านการออกแบบต่อเรือ งานโลหะแผ่น งานเชื่อม การบริหารงานอู่ ฯลฯ โดยเฉพาะงานหล่อหลอมที่ถือว่าเป็นเอกลักษณ์ของกรมอู่ทหารเรือ ที่รวบรวมองค์ความรู้ทางด้านโลหะวิทยาไว้มากมายนับแต่อดีต การพัฒนาเทคโนโลยีด้านโลหะวิทยาถือว่าเป็นส่วนสำคัญในการตอบคำถามทางด้านวิศวกรรมวัสดุที่เหมาะสมต่อภารกิจ แม้ว่าการหล่อให้มีมิติและรูปร่างเหมือนต้นแบบนั้น เป็นเรื่องที่ไม่ยาก อาทิ การหล่อใบจักร แต่การหล่อให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติและอายุการใช้งานในทางยุทธการเทียบเท่าต่างประเทศนั้น ยังเป็นคำตอบที่ต้องค้นหาด้วยการวิจัยทางด้านโลหะวิทยาและเทคนิคการขึ้นรูปต่อไป ซึ่งในอดีตอันยาวนานที่ผ่านมาของกรมอู่ทหารเรือ บรมครูของเราได้ประสิทธิ์ประศาสตร์องค์ความรู้ทางด้านโลหะวิทยาและเทคนิคการขึ้นรูปที่มีคุณค่ามหาศาลไว้ไม่น้อย นับเป็นก้าวแรกให้ทหารเรือรุ่นหลัง ได้นำไปต่อยอดองค์ความรู้อันจะนำไปสู่ก้าวแห่งการพัฒนาเทคโนโลยีโลหะวิทยาของกรมอู่ทหารเรือต่อไป สำหรับบทความนี้ จะเป็นอีกก้าวหนึ่งที่กำลังพัฒนาการหล่อและการขึ้นรูปนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ ซึ่งปัจจุบันใช้เป็นวัสดุใบจักรความแข็งแรงสูง ราคาแพง ที่เรือรบกว่าร้อยละ ๘๐ ของกองทัพเรือไทยใช้ใบจักรที่ผลิตจากวัสดุประเภทนี้ และต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด ก้าวแห่งการพัฒนาวัสดุนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ของกรมอู่ทหารเรือ กำลังเริ่มต้นและก้าวไปข้างหน้า เพื่อการพึ่งพาตนเองของกองทัพเรือต่อไป

๑. ก้าวแรกแห่งการพัฒนาเทคโนโลยีโลหะวิทยา

ยุทธศาสตร์กรมอู่ทหารเรือ กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า กรมอู่ทหารเรือจะเป็นเลิศในงานซ่อมและสร้างเรือ เพื่อให้ราชนาวีไทยเป็นกองทัพเรือชั้นนำในภูมิภาค ซึ่งจำเป็นที่จะต้องพัฒนาในทุกมิติไม่ว่าจะเป็นมิติทางด้านการสร้าง การซ่อม การควบคุมคุณภาพ การวิจัยและพัฒนา หนึ่งในมิติที่มีความสำคัญในการก้าวสู่องค์กรแห่งความเป็นเลิศในด้านการต่อเรือ ก็คือเทคโนโลยีวัสดุ ซึ่งที่ผ่านมากรมอู่ทหารเรือได้วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุเพื่อการพึ่งพาตนเองมาโดยตลอด จะเห็นจากปัจจุบันมีผลงานวิจัยมากมายที่ประสบผลสำเร็จและสามารถนำผลวิจัยดังกล่าว ขยายผลสู่การผลิตเป็นอะไหล่ทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ อาทิ เครื่องพ่นน้ำ (Waterjet) ที่ปัจจุบันสามารถผลิตเองได้ทั้งชุด (ผลการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอะลูมิเนียมอัลลอยของคุณครู พลเรือเอก อุดมสวัสดิ์ เอกภูม) การวิจัยและพัฒนาการผลิตสังกะสีกันกร่อน โดยมี พลเรือตรี ขรรค์ชัย สมบูรณ์สุข เป็นหัวหน้าโครงการ และการวิจัยการผลิตอะลูมิเนียมกันกร่อน โดยมี นาวาโท พินัย มุ่งสันติสุข เป็นหัวหน้าโครงการ สำหรับใช้ป้องกันการกัดกร่อนของตัวเรือใต้แนวน้ำของเรือรบ โดยเฉพาะใบจักรแมงกานีสบรอนซ์ที่นักวิจัยกรมอู่ทหารเรือสามารถหล่อทดแทนใบจักรที่เสียหายให้กับเรือรบของกองทัพเรือไทยมายาวนาน สามารถทำแบบและหล่อใบจักรได้เองแต่ทำได้เฉพาะใบจักรประเภทแมงกานีสบรอนซ์ (C86500) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในเรือขนาดกลางโดยเป็นใบจักรที่ไม่สามารถปรับมุมใบจักรได้ เป็นต้น ผลงานที่กล่าวมาแล้วนี้ เป็นผลพวงจากดอกผลของกองทัพเรือที่ส่งบุคลากรไปเข้ารับการศึกษาจากทั้งในและต่างประเทศเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีของกองทัพเรือ

เทคโนโลยีวัสดุในปัจจุบัน มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบมีพัฒนาการมากขึ้น สามารถพิสูจน์ทราบโครงสร้างของวัสดุในระดับไมโคร ทำให้สามารถตอบโจทย์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างชัดเจนมากขึ้น มีการพัฒนาวัสดุที่ใช้ผลิตใบจักรทดแทนจากใบจักรแมงกานีสบรอนซ์ เป็นนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ ซึ่งมีความแข็งแรงสูงกว่า ทนการกัดกร่อนจากน้ำทะเลได้ดีกว่าทำให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า ตามตารางที่ ๑ และด้วยการหล่อนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนทางด้านโลหะวิทยามาก ทำให้โลหะประเภทนี้มีราคาสูงมาก แต่ปัจจุบันก็จะเห็นได้ว่า

กองทัพเรือทั่วโลกนิยมใช้ใบจักรนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ รวมถึงกองทัพเรือไทย ซึ่งใช้ใบจักรนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์กว่าร้อยละ ๘๐ ของเรือรบทั้งหมด อาทิ เรือหลวงจักรีนฤเบศร เรือหลวงเจ้าพระยา เรือหลวงตากสิน เป็นต้น แต่ยังคงต้องต่อจากต่างประเทศทั้งหมด ด้วยราคาที่สูงมากทำให้กองทัพเรือต้องสูญเสียงบประมาณจำนวนมากในการนำเข้าใบจักรนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์

ตารางที่ ๑ เปรียบเทียบคุณสมบัติของแมงกานีสบรอนซ์และนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ ตามมาตรฐาน

Element	Manganese Bronze (C86500)	Nickel Aluminum Bronze (C95800)
Tensile Strength	490 MPa	585 MPa
Yield Strength	195 MPa	240 MPa
Brinell Hardness	130 HB	159 HB
Elongation in 50 mm	30 %	15 %
Density	8.3 g/cm^3	7.64 g/cm^3

กรมอู่ทหารเรือมีความสนใจในการวิจัยและพัฒนาการหล่อนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ เพื่อตอบสนองต่อภารกิจของกองทัพเรือ ในการเตรียมเรือให้พร้อมรบและเพื่อการพึ่งพาตนเอง ด้วยงบประมาณที่จำกัดของกองทัพเรือ รวมถึงอุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำวิจัยของโรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงานอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ มีสภาพทรุดโทรม เนื่องจากไม่ได้รับงบประมาณในการปรับปรุงขีดความสามารถให้เท่าทันเทคโนโลยีในปัจจุบัน ทำให้การวิจัยและพัฒนาการหล่อนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ที่ผ่านมาไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากการหล่อโลหะผสมทองแดงประเภทนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ต้องควบคุมตัวแปรหลายอย่างเพื่อให้เกิดโครงสร้างทางโลหะวิทยาที่เหมาะสม เช่น ปริมาณธาตุผสม ช่วงอุณหภูมิการหลอมโลหะ อุณหภูมิการอบชิ้นงาน เป็นต้น จนกระทั่งในปี ๒๕๕๓ - ๒๕๕๔ กรมอู่ทหารเรือจึงร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีภายใต้การสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เพื่อดำเนินโครงการวิจัยศึกษาความเป็นไปได้ในการหล่อต้นแบบใบจักรนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ โดยมี นาวาตรี เสวียง เถื่อนบุญ เป็นหัวหน้าโครงการด้วยการประสานความร่วมมือของหน่วยงานวิจัยร่วม ทำให้โครงการนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนากระบวนการหล่อใบจักรต้นแบบขนาด ๑๕ กิโลกรัม ซึ่งมีสมบัติทั้งทางกลและความต้านทานการกัดกร่อนเทียบเท่าใบจักรนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศ แสดงดังรูปที่ ๑ ความสำเร็จของงานวิจัยนี้เป็นก้าวแรกที่สำคัญเพื่อให้กองทัพเรือสามารถพึ่งพาตนเองในด้านการผลิตยุทโธปกรณ์ขึ้นใช้เอง ทำให้คณะวิจัยทางด้านโลหะและวัสดุของกรมอู่ทหารเรือได้มีแนวคิดในการขยายผลทดสอบหล่อใบจักรจริงที่ใช้ในเรือรบ เพื่อตอบสนองกับยุทธศาสตร์กรมอู่ทหารเรือให้เป็นองค์กรแห่งความเป็นเลิศในด้านการต่อเรือในทุกมิติ

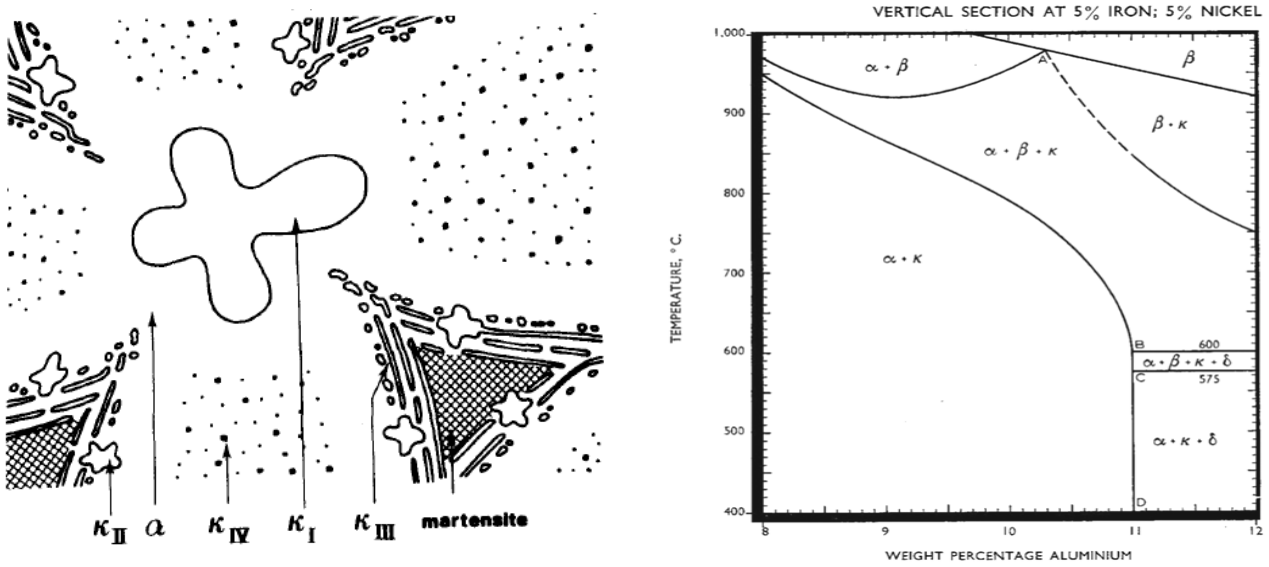


รูปที่ ๑ ผลงานวิจัยใบจักรต้นแบบนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ขนาด ๑๕ กิโลกรัม [๘]

๒. โลหะวิทยาเบื้องต้นของนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์

นิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์เป็นวัสดุที่ใช้ผลิตอะไหล่ทางพาณิชยนาวีมานานหลายปี เป็นอัลลอยที่มีส่วนประกอบหลักเป็นทองแดง โดยมีธาตุผสมต่าง ๆ ได้แก่ อะลูมิเนียม นิกเกิล และเหล็ก อยู่ในตระกูลอะลูมินัมบรอนซ์ ข้อเด่นคือ มีความแข็งแรงสูง และทนต่อการกัดกร่อนในน้ำทะเล [๒ - ๔] โครงสร้างหลักที่เป็นส่วนสำคัญได้แก่ โครงสร้างแบบ Kappa (κ) จากงานวิจัยที่ผ่านมา [๕] แสดงให้เห็นว่า โครงสร้างของ Kappa (κ) ประกอบด้วย κ_I, κ_{II}, κ_{III} และ κ_{IV} ขึ้นอยู่กับจำนวนของเหล็ก นิกเกิล และทองแดง โดยที่โครงสร้างของ κ_I มีรูปร่างคล้ายดอกกุหลาบ, κ_{II} เป็นรูปทรงกลมเล็ก ๆ, κ_{III} ลักษณะโครงสร้างเป็นชั้นบาง ๆ เรียวยาว ส่วน κ_{IV} เป็นเม็ดกลมเล็ก ๆ ละเอียด แสดงรายละเอียดดังรูปที่ ๒ (ก) สำหรับโครงสร้างของ κ_{III} จะมีความไวต่อปฏิกิริยาเคมีมากกว่าโครงสร้างแบบอัลฟ่า (α) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อวางวัตถุบนผิวของนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ที่มีรอยแยกเล็ก ๆ และแช่อยู่ในน้ำทะเลประมาณ ๑ เดือน จะเกิดการกัดกร่อนลึก ๘๐ ไมครอน โดยเฉพาะบริเวณโครงสร้างแบบ κ_{III} [๕] ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยงโครงสร้างแบบ κ_{III} ในงานหล่อนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ โดยใช้วิธีการอบด้วยความร้อน (Heat Treatment) หลังจากหล่อนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ เพื่อปรับปรุงโครงสร้างของแคปป้า และอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสม คือ 675 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่มีการตกตะกอนและมีความหนาแน่นสูงในโครงสร้างจุลภาคเมทริกซ์ของนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ [๕] ชิ้นงานหล่อ NAB มีโครงสร้างจุลภาคพื้นฐานของทองแดง คือ อัลฟ่า (α) ซึ่งมีการเรียงตัวของอะตอมโครงข่ายแบบ Face - Centered Cubic (FCC) และเบต้า (β) มีการเรียงตัวแบบ Body - Centered Cubic โครงสร้างแบบมาเทนไซต์ ซึ่งในระหว่างการเย็นตัวอย่างช้า ๆ ของอุณหภูมิในงานหล่อ โครงสร้างจุลภาคของ NAB จะมีความเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ ๒ (ข) ซึ่งเป็นรูปของเฟสไดอะแกรมของ Cu-Al-5Ni-5Fe Alloy จะเห็นว่าที่อุณหภูมิสูงโครงสร้างจุลภาคของ NAB ประกอบด้วยโครงสร้างแบบ α และ β โดยที่ β จะเปลี่ยนโครงสร้างเป็นมาเทนซิติก (Martensitic) ที่มีความซับซ้อนและมีความหนาแน่นสูงตามการเย็นตัวโดยการตกตะกอน [๖]

ในระหว่างการเย็นตัว โครงสร้าง β จะเปลี่ยนไปเป็นโครงสร้าง α และ κ โดยขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัว (Cooling Rate) เมื่ออัตราการเย็นตัวสูง บางโครงสร้าง β ยังคงอยู่ในโครงสร้างจุลภาคของ NAB นิกเกิลที่เป็นธาตุผสมใน NAB จะทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการเกิดการกัดกร่อนแบบ Dealloying โดยนิกเกิลจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดเฟส κ ขึ้นในโครงสร้างของ NAB และทำให้เฟส β มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนแบบสูญเสียธาตุผสม (Dealloying) และ Cavitation - Erosion เพิ่มมากขึ้น



ก) ข)

รูปที่ ๒ ก) Schematic Micrographs Of As - Cast NAB Alloy ข) Phase Diagram Of Cu-Al-5Ni-5Fe Alloy

๓. ก้าวต่อไปในการพัฒนานิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์

ด้วยความมุ่งมั่นที่จะค้นคว้า วิจัย และพัฒนาการหล่อ NAB ทำให้โครงการวิจัยศึกษาความเป็นไปได้ในการหล่อต้นแบบใบจักรนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ ของนาวาตรี เสวียง เถื่อนบุญ หัวหน้าโครงการ สามารถพัฒนากระบวนการหล่อใบจักรต้นแบบขนาด ๑๕ กิโลกรัม ประสบผลสำเร็จเป็นครั้งแรก และจากการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่อง XRF (X - Ray Fluorescence Spectrometry) พบว่ามีส่วนผสมทางเคมีตามตารางที่ ๒ และเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ NAB C98500 จะเห็นว่าชิ้นงานหล่อจากกรมอู่ทหารเรือมีส่วนผสมใกล้เคียงกับมาตรฐาน ตามตารางที่ ๒

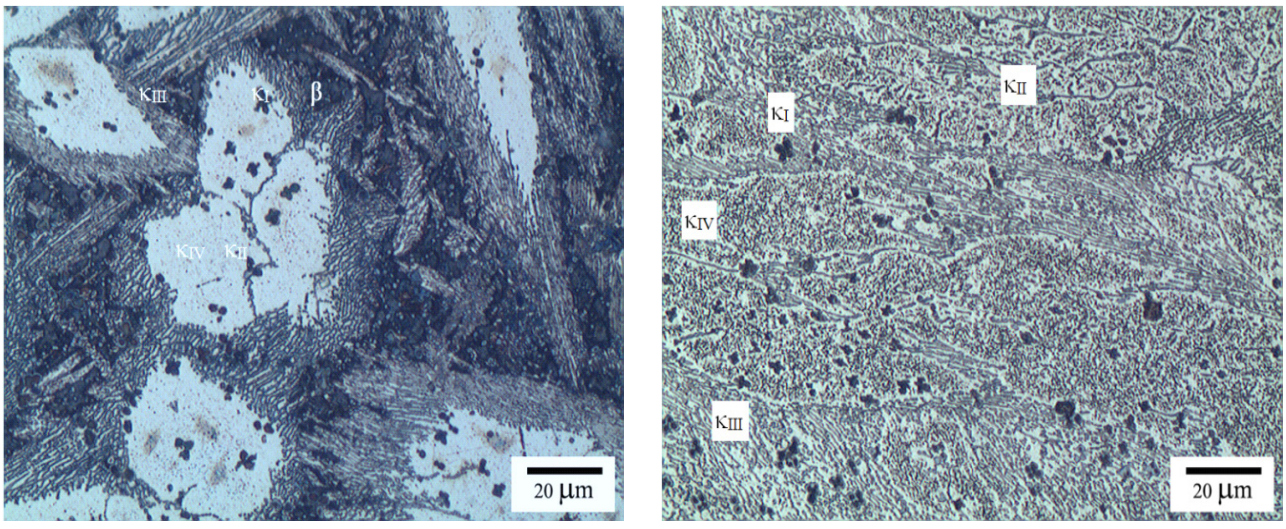
ตารางที่ ๒ *Chemical Composition of The Investigated NAB Alloy, Mass Content %. [๑]*

NAB	Chemical Composition (%mass)				
	Cu	Fe	Al	Ni	Mn
NAB (C98500)	Balanced	3.5 - 4.5	8.5 - 9.5	4.0 - 5.0	0.8 - 1.5
As Casted NAB	Balanced	3.82	8.24	3.46	0.54

เมื่อนำชิ้นทดสอบ NAB ที่ได้ไปดำเนินการทดสอบหาความต้านทานแรงดึง (Tensile Testing) ตามมาตรฐาน JIS Z 2201 เพื่อหาคุณสมบัติทางกลที่อุณหภูมิปกติของชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 675°C เป็นเวลา ๖ ชั่วโมง เย็นตัวในอากาศ และชิ้นทดสอบที่ไม่ผ่านการอบอ่อน เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกล ได้แก่ ค่าความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก (Yield Strength) ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Percent Elongation) จากนั้นนำชิ้นทดสอบ NAB ดังกล่าวตรวจพิสูจน์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยเครื่อง Light Optical Microscope (LOM) รวมถึงการตรวจสอบค่าความแข็ง (Hardness) ได้ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลตามตารางที่ ๓ และภาพโครงสร้างทางจุลภาคตามรูปที่ ๓ ตามลำดับ

ตารางที่ ๓ *Mechanical Properties Of As - Cast And Annealed NAB*

	Mechanical Properties			
	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HV)
NAB (As Cast)	175.4	682.4	19.3	180
NAB (Annealed)	317.3	682.4	22.7	175



(ก) (ข)

รูปที่ ๓ *ก) โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานหล่อ NAB ไม่ผ่านการอบอ่อน ข) โครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานหล่อ NAB หลังการอบอ่อน 675°C เป็นเวลา ๖ ชั่วโมง และเย็นตัวในอากาศ [๘]*

จากตารางที่ ๓ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของกระบวนการทางความร้อนที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลเมื่อเปรียบเทียบของชิ้นทดสอบ NAB ที่ผ่านการอบอ่อนและไม่ผ่านการอบอ่อน ค่าความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ของชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบอ่อนมีค่าสูงกว่าชิ้นทดสอบที่ไม่ผ่านการอบอ่อน แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่าความแข็งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบอ่อน มีค่าความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ความต้านทานแรงดึงสูงสุด ความแข็ง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว คือ 317 MPa, 682 MPa, 170HV และ 22.7%, ตามลำดับ จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบอ่อนนั้น มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวเพิ่มขึ้นหลังผ่านการอบอ่อน ทำให้ยืนยันได้ว่ากระบวนการทางความร้อนมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกลและโครงสร้างทางจุลภาค โดยชิ้นทดสอบที่ผ่านการอบอ่อนที่อุณหภูมิ 675°C นับเป็นเวลา ๖ ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่ดีกว่า ส่วนโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการอบอ่อนนั้น ไม่พบโครงสร้างแบบ β แต่จะพบโครงสร้างแบบ α และ κ โดย α มีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวน κ เฟสเพิ่มสูงขึ้นและสามารถมองเห็นได้ที่กำลังขยายต่ำดังแสดงในรูปที่ ๓ แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงต่ำกว่า ๙๐๐ องศาเซลเซียส โครงสร้าง β จะเปลี่ยนไปเป็น α และ κ การนำชิ้นทดสอบ NAB อบที่อุณหภูมิ 675 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย ๖ ชั่วโมง แล้วให้เย็นตัวในอากาศ มีผลทำให้โครงสร้าง β สลายไป มีผลทำให้ NAB มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีขึ้น เนื่องจากโครงสร้างแบบ β สามารถเกิดการกัดกร่อนอันเนื่องจากการสูญเสียธาตุอะลูมิเนียมได้ง่ายเพราะมีส่วนผสมของอะลูมิเนียมมากกว่า α

๔. ก้าวต่อไปในการพัฒนากรรมวิธีการขึ้นรูปนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์

การศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าผลของตัวแปรในกระบวนการทางความร้อน (Heat Treatment) ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ เวลาในการแช่ และอัตราการเย็นตัว มีผลต่อคุณสมบัติทางกล คุณสมบัติความต้านทานการกัดกร่อน และโครงสร้างทางจุลภาคของ NAB การพัฒนาและปรับปรุงคุณสมบัติของ NAB เพื่อให้ได้คุณสมบัติทางกลตามที่เราต้องการนั้น จำเป็นต้องศึกษาในเชิงลึกถึงโครงสร้างระดับไมโคร และกระบวนการขึ้นรูปที่เหมาะสม เพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรม และตัวแปรที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลของ NAB เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปสู่คุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้น และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กองทัพเรือต้องการ สำหรับกรรมวิธีขึ้นรูปโลหะนอกจากกรรมวิธีการหล่อขึ้นรูปแล้ว ยังมีกรรมวิธีประเภทการขึ้นรูปร้อน (Hot Forming) การขึ้นรูปเย็น (Cold Forming) ทั้งวิธีการตีขึ้นรูป (Forging) กระบวนการอัดขึ้นรูป (Extrusion) เป็นต้น และไม่ว่าจะขึ้นรูปประเภทไหนและวิธีการใด จะให้คุณสมบัติทางกลของโลหะที่แตกต่างกัน และขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ว่าเหมาะสมต่อการขึ้นรูปประเภทและวิธีการใด

กองทัพเรือมีเรือรบหลายประเภทและหลายขนาด ซึ่งเป็นไปตามความเหมาะสมในภารกิจ ซึ่งเรือรบในแต่ละประเภทนั้น จะใช้ใบจักรที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันทั้งแบบเป็นพวง ปรับมุมใบจักรได้และไม่ได้ ขึ้นอยู่กับประเภทและภารกิจ หากเป็นใบจักรแบบพวงจะใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการหล่อ หากเป็นใบจักรแบบปรับมุมใบจักร และใบจักรแบบ Voith Schneider ที่ใช้ในกองเรือทุ่นระเบิดนั้น สามารถทำได้ทั้งการหล่อและการตีขึ้นรูป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุและความสามารถในการขึ้นรูป (Formability) ของวัสดุแต่ละประเภท ซึ่งหากสามารถตีขึ้นรูปได้ จะทำให้คุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้สูงขึ้น แต่ก็มีข้อจำกัด ซับซ้อน และยุ่งยากมากขึ้น ต้องพิจารณาถึงขนาดและแรงของเครื่องจักรที่ใช้ ตัวแปรต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นแม่พิมพ์ คุณสมบัติของวัสดุ อุณหภูมิ ความเร็วในการขึ้นรูป ฯลฯ

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิการขึ้นรูปจะมีผลต่อโครงสร้างจุลภาค และขนาดของเกรน (Grain Size) ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางกลของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยการตีขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ (Recrystallization Temperature) นั้น ถือว่าเป็นการตีขึ้นรูปร้อน (Hot Forging) และต่ำกว่าถือว่าเป็นการตีขึ้นรูปเย็น (Cold Forging) ซึ่งการตีขึ้นรูปร้อนนั้นมีข้อดีคือใช้แรงในการขึ้นรูปต่ำกว่า

ก้าวต่อไปในการพัฒนาการตีขึ้นรูปของ NAB จะต้องดำเนินการวิจัยเพื่อรวบรวมตัวแปรที่สำคัญต่อกระบวนการตีขึ้นรูปร้อน โดยเฉพาะคุณสมบัติทางกลของ NAB เมื่อถูกตีขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิเลยอุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ของ NAB สำหรับอุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ของ NAB คำนวณจาก 0.66Tm (Tm=อุณหภูมิหลอมเหลว) ซึ่ง Tm ของ NAB คือ 1,060 °C ดังนั้น อุณหภูมิการเกิดผลึกใหม่ของ NAB คือ 699.6 °C ดังนั้นวัตถุประสงค์ของหัวข้อนี้ เพื่อศึกษาและตรวจพิสูจน์คุณสมบัติทางกลของ NAB ที่หล่อจากโรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ โดยวิธีการทดสอบหาความต้านทานแรงกด (Compressive Testing) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของเส้น

โค้งความเค้นจริง - ความเครียดจริง (True Stress - Strain Curve) ที่ได้ และตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นทดสอบที่ผ่านกระบวนการกดขึ้นรูป อันจะทำให้เข้าใจถึงคุณสมบัติของ NAB อย่างลึกซึ้งและเพียงพอต่อการนำไปสู่กระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะของกรมอู่ทหารเรือต่อไป

๕. การทดสอบความต้านทานแรงกด (Compressive Testing) ของ NAB ที่อุณหภูมิสูง

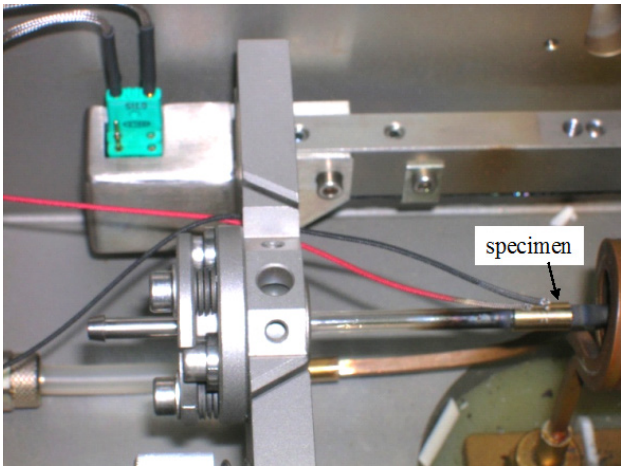
๕.๑ กระบวนการทดสอบ (Experiment Procedure)

การทดสอบความต้านทานแรงกดที่อุณหภูมิสูง (Hot Compression Test) ด้วยเครื่องแปรรูปร้อน (Deformation Dilatometer) จากสถาบันเหล็ก ซึ่งมีเครื่องเดียวในประเทศไทย แสดงดังรูปที่ ๔ ก) จะทำให้ทราบคุณสมบัติทางกลที่อุณหภูมิสูงของชิ้นทดสอบ ได้แก่ ความต้านทานแรงกดสูงสุด (Compressive Strength) โดยชิ้นทดสอบทุกชิ้นจะผ่านการอบอ่อน (Anneal) ที่อุณหภูมิ 675°C เป็นเวลา ๖ ชั่วโมงและให้เย็นตัวในอากาศ โดยการทดสอบดังกล่าว จะเป็นการทดสอบด้วยกระบวนการทางความร้อน (Thermo - Mechanical Testing) ซึ่งเป็นการทดสอบการกดที่อุณหภูมิสูงในแต่ละอุณหภูมิ 825°C, 850°C และ 900°C ชิ้นทดสอบจะมีลักษณะทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๑๐ มิลลิเมตร และสูง ๕ มิลลิเมตร โดยอบแช่เพื่อให้ชิ้นทดสอบมีอุณหภูมิที่ทั่วถึงชิ้นงาน จากนั้นออกแรงกดตามแนวความสูงทรงกระบอกด้วยความเร็วในการขึ้นรูป 0.01 S - 1 และเปอร์เซ็นต์การกดที่ร้อยละ ๖๐ ของความสูง ใช้โมลิบดีนัมเป็นสารหล่อลื่นระหว่างชิ้นทดสอบและหัวกด และปล่อยให้เย็นตัวด้วยอัตรา ๒๕ องศาต่อวินาที รายละเอียดเครื่องแปรรูปร้อนและการติดตั้งชิ้นทดสอบแสดงดังรูปที่ ๔ข)



ก)

รูปที่ ๔ ก) เครื่องทดสอบการแปรรูปร้อน



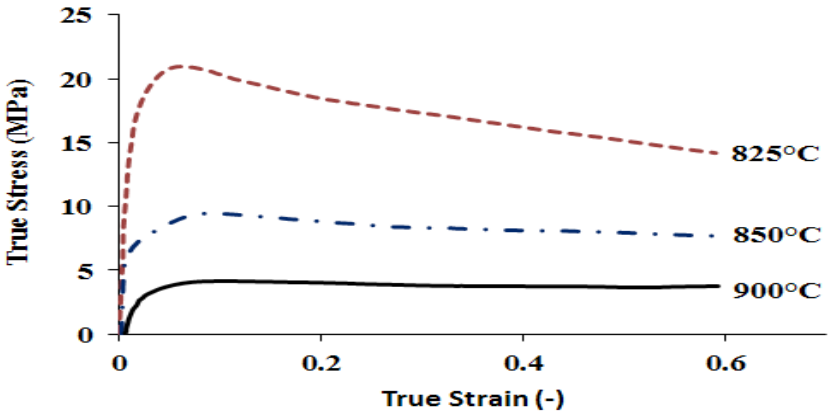
ข)

ข) การติดตั้งชิ้นทดสอบ NAB บนเครื่องแปรรูปร้อน

จากนั้นนำชิ้นทดสอบที่ผ่านการกดที่อุณหภูมิสูง ไปถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคด้วยเครื่อง Light Optical Microscope (LOM) โดยการถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาคของ NAB นั้นจะต้องขัดชิ้นทดสอบและกัดด้วยกรดตามสูตร 5 g $FeCl_3$ + 5 ml HCl + 100 ml H_20 เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ขนาดของเกรนโดยใช้วิธีการหาขนาดเกรนโดยใช้เส้น (Linear Intercept Method) ตามมาตรฐาน ASTM E112 รวมถึงการตรวจสอบค่าความแข็งแบบวิกเกอร์ (Vickers Hardness) ของชิ้นทดสอบที่ผ่านการกดขึ้นรูป

๕.๒ ผลการทดสอบและวิเคราะห์

จากผลการทดสอบที่ได้ จะเห็นว่าหลังจากทดสอบการกดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ความต้านทานแรงกดที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าต่ำกว่าความต้านทานแรงกดที่อุณหภูมิต่ำกว่า ที่อุณหภูมิการกด 825 °C จะเกิดช่วงของการคืนตัว (Recovery) และช่วงการตกผลึก (Recrystallization) เมื่อความเครียดเพิ่มและความเค้นก็จะเพิ่มจนกระทั่งถึงจุดสูงสุด และต่ำกว่าค่าอิ่มตัว ส่วนที่อุณหภูมิการกด 900 °C จะปรากฏช่วงของการคืนตัวเท่านั้น ค่าความเค้นจะลดลงเล็กน้อยหลังจากถึงจุดสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ ๕ จะเห็นได้ว่าเมื่อชิ้นทดสอบ NAB ถูกขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต้านทานแรงกด มีค่าลดลง ทำให้ใช้แรงในการขึ้นรูปน้อยลงด้วย



รูปที่ ๕ กราฟผลการทดสอบ NAB ที่อุณหภูมิในการกดต่าง ๆ

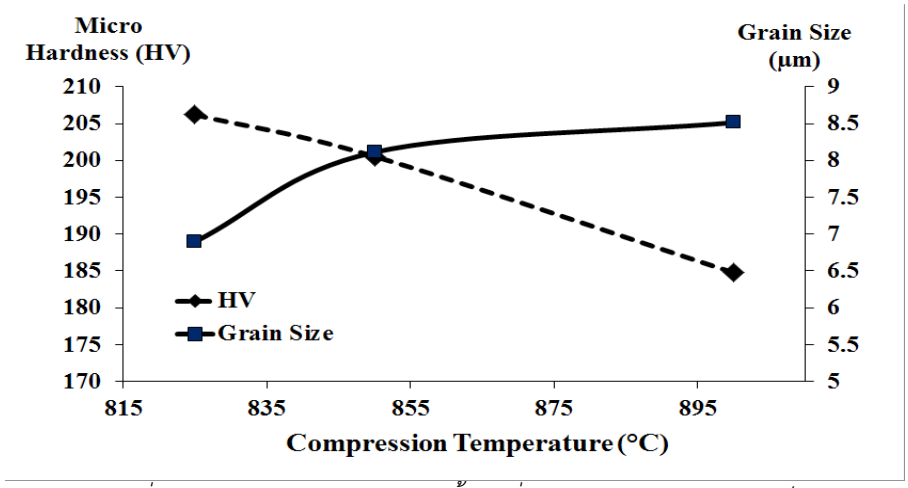
อุณหภูมิในการกดขึ้นรูปมีบทบาทสำคัญในการเสียรูปของ NAB โดยค่าความต้านทานแรงกด (Yield Stress) ความต้านทานแรงกดสูงสุด (Maximum Compressive Stress) ความแข็ง (Hardness) และขนาดของเกรน (Grain Size) ดังแสดงในตารางที่ ๔ จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานแรงกด ค่าความต้านทานแรงกดสูงสุดมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการกดขึ้นรูปสูงขึ้น

ตารางที่ ๔ ผลการทดสอบการกดที่อุณหภูมิสูงของ NAB

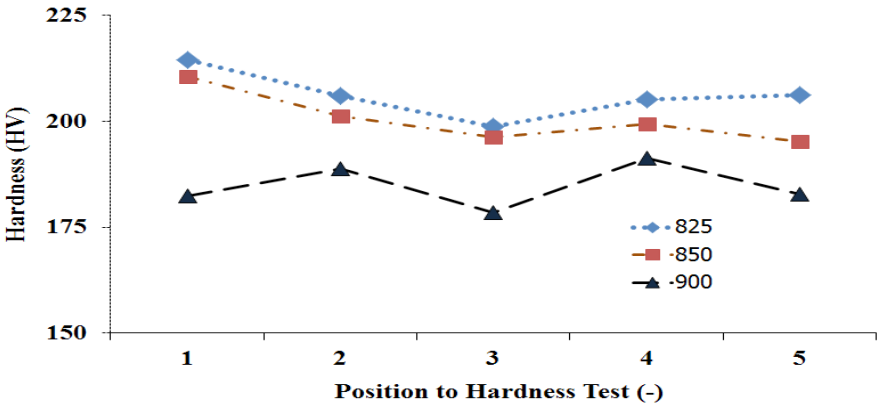
	Mechanical Properties			
	Yield Stress (MPa)	Maximum Compressive Stress (MPa)	Hardness (HV)	Grain Size (μm)
NAB Tested at 825°C	14.3	18.3	206.0	6.9
NAB Tested at 850°C	6.2	9.7	205.1	8.1
NAB Tested at 900°C	3.4	4.3	184.8	8.5

Note: 40% Reduction, Strain Rate 0.01 s^{-1}

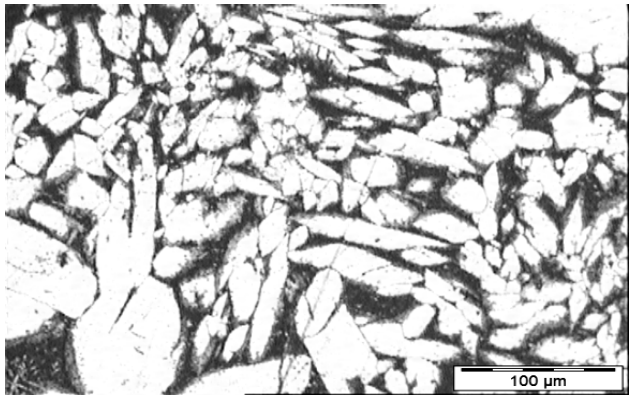
สำหรับค่าความแข็ง โครงสร้างทางจุลภาค และขนาดของเกรน จะถูกนำไปทดสอบหลังจากชิ้นงานผ่านการทดสอบการกดแล้ว ขนาดเกรนของชิ้นทดสอบที่ถูกกดที่อุณหภูมิ 825°c, 850°c และ 900°c มีขนาด 6.9 μm., 8.1 μm และ 8.5 μm ตามลำดับ จะเห็นว่าขนาดของเกรนมีค่าใหญ่ขึ้นเมื่ออุณหภูมิการกดขึ้นรูปสูงขึ้น แสดงดังรูปที่ ๖ ส่วนค่าความแข็งกลับมีค่าลดลง 206.0, 205.1และ 184.8 ตามลำดับ โดยผลของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการกดขึ้นรูปและความแข็งแสดงในรูปที่ ๖ เมื่ออุณหภูมิการกดขึ้นรูปเพิ่มขึ้นค่าความแข็งจะลดลง ในขณะที่ขนาดของเกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าความแข็งของชิ้นทดสอบหลังจากการกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงกว่า มีค่าต่ำกว่าชิ้นทดสอบที่ผ่านการกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำกว่า หลังจากการทดสอบการกดขึ้นรูป ขนาดของเกรนจะใหญ่ขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจจะเนื่องมาจากมีการเติบโตของเกรนและมีการกระจายตัวสูง โครงสร้างจุลภาคที่ได้จะมีลักษณะหยาบซึ่งเป็นข้อบกพร่องทางด้านวัสดุที่ควรหลีกเลี่ยงเมื่อทำการขึ้นรูปร้อน เพราะเป็นสาเหตุของการทำให้ความแข็งลดลง [๑๑]



รูปที่ ๖ อิทธิพลของอุณหภูมิการกดขึ้นรูปที่มีต่อขนาดเกรนและความแข็ง



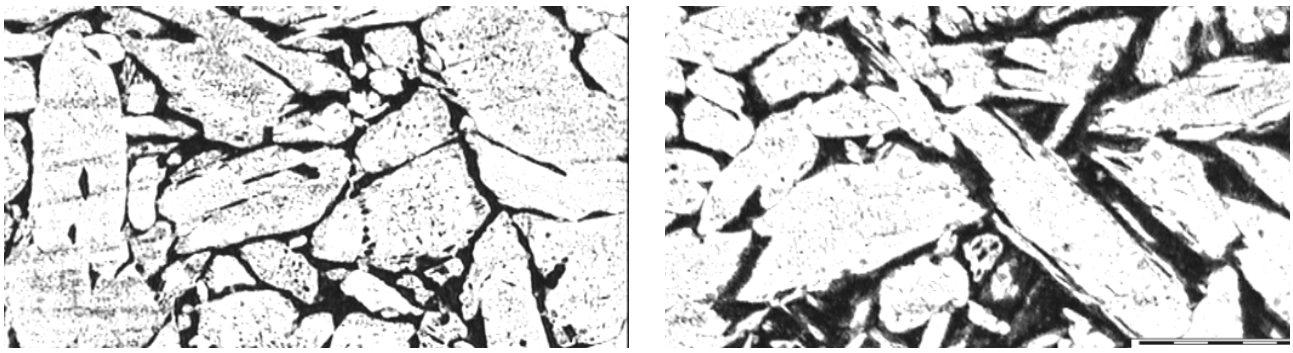
รูปที่ ๗ ผลของการวัดความแข็งในตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นทดสอบ NAB ที่อุณหภูมิต่าง ๆ



(ก)



(ข)



(ค) (ง)

รูปที่ ๘ ภาพโครงสร้างจุลภาคของ NAB

ก) หลังจากการอบอ่อนที่ 675 ℃ *ข) หลังจากกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 825 ℃*

ค) หลังจากกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 850 ℃ *ง) หลังจากกดขึ้นรูปร้อนที่ 900 ℃*

จากภาพโครงสร้างทางจุลภาคของ NAB การอบอ่อนที่ไม่ผ่านการทดสอบ เปรียบเทียบกับชิ้นทดสอบที่ผ่านการทดสอบการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 825 ℃, 850 ℃ และ 900 ℃ และเย็นตัวที่อัตรา 25 $^{\circ}$c/s ผลที่ได้ขนาดของเกรนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นมากกว่าชิ้นทดสอบที่ไม่ผ่านการกดขึ้นรูปร้อน ตามตารางที่ ๔ เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิการทดสอบการกดขึ้นรูปร้อนและขนาดเกรนที่เกิดขึ้นภายหลังการกดขึ้นรูป ทำให้ทราบว่าอุณหภูมิการกดขึ้นรูปจะมีผลต่อขนาดเกรนที่เกิดขึ้น กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิการกดขึ้นรูปสูงขึ้น จะทำให้ขนาดเกรนที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่กว่าอุณหภูมิการกดขึ้นรูปต่ำกว่าแสดงดังรูปที่ ๘ และเมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการทดสอบการกดขึ้นรูป ขนาดเกรนและความแข็ง ทำให้ทราบว่าเมื่ออุณหภูมิการกดขึ้นรูปสูงขึ้น จะทำให้ชิ้นงานมีค่าความแข็งลดลง ในขณะที่ขนาดเกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิการกดขึ้นรูปสูงขึ้นจะทำให้ความแข็งของชิ้นทดสอบ NAB ลดลง ดังแสดงในรูปที่ ๗ ดังนั้นหากต้องการควบคุมและปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของ NAB จำเป็นที่จะต้องควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาค ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิในการอบ อัตราการเย็นตัว และอุณหภูมิการกดขึ้นรูป เนื่องจากโครงสร้างทางจุลภาคจะส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน

๕.๓ บทสรุปจากการวิจัย

โลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ เป็นโลหะที่มีความแข็งแรง ความแข็ง และความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง จึงถูกนำมาใช้ในงานวิศวกรรมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพาณิชยนาวี ไม่ว่าจะเป็นวาล์ว เฟือง ใบจักรเรือ ฯลฯ ด้วยคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรง และความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง แต่ด้วยการหล่อโลหะผสมดังกล่าว มีความซับซ้อนและยุ่งยาก ทำให้โลหะผสมนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์มีราคาสูงมาก ใบจักรและอะไหล่ที่ใช้ในเรือของกองทัพเรือกว่าร้อยละ ๘๐ ใช้วัสดุประเภทนี้ ปัจจุบันกรมอู่ทหารเรือประสบผลสำเร็จ ในการวิจัยและพัฒนาจนสามารถหล่อวัสดุนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ได้เทียบเท่ามาตรฐานจากต่างประเทศ ในบทความนี้ ได้พิสูจน์ทราบแล้วว่าอุณหภูมิมีผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคและคุณสมบัติทางกลของนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์อย่างไร โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบหาคุณสมบัติความต้านทานแรงดึง (Tensile Testing) ระหว่างชิ้นทดสอบ NAB ที่ผ่านการอบอ่อน 675℃ และไม่ผ่านการอบอ่อน และการทดสอบคุณสมบัติความต้านทานแรงกดที่อุณหภูมิสูง (Hot Compression Testing) ที่อุณหภูมิ 825℃, 850℃ และ 900℃ ทำให้ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างจุลภาคของนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ เมื่อถูกขึ้นรูปในแต่ละอุณหภูมิดังกล่าว โดยการถ่ายภาพโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ที่กำลังขยายขนาด ๑,๐๐๐ เท่า นำไปสู่คำตอบอุณหภูมิมีผลอย่างไรต่อคุณสมบัติทางกลและโครงสร้างทางจุลภาค จากผลการทดสอบทำให้ทราบขนาดของเกรนไซด์ ลักษณะที่เกิดขึ้นของโครงสร้างทางจุลภาค ผลจากการทดสอบที่ได้จะเป็นแนวทางในการนำนิกเกิลอะลูมินัมบรอนซ์ไปสู่การพัฒนาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามคุณสมบัติทางกลที่เหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาการผลิตเป็นชิ้นส่วนทดแทนอะไหล่ยุทโธปกรณ์ของกองทัพเรือต่อไป

๖.บทส่งท้าย

การวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีวัสดุ เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติทางกลเป็นไปตามความต้องการในการนำไปใช้เป็นการวิจัยที่มีความซับซ้อน จำเป็นต้องมีองค์ความรู้ ประสบการณ์ เครื่องมือในการทดสอบ รวมถึงความร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ อย่างหลากหลายมิติทั้งในกองทัพเรือ และหน่วยนอกกองทัพเรือ ที่ผ่านมากรมอู่ทหารเรือ มีการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีวัสดุมาโดยตลอด ด้วยเห็นความสำคัญในการพึ่งพาตนเอง เพื่อนำพากรมอู่ทหารเรือไปสู่องค์กรแห่งความเป็นเลิศทางด้านต่อเรือ และตอบสนองต่อกองทัพเรือในการเป็นกองทัพเรือชั้นนำด้วยกำลังรบที่สมดุล แต่ด้วยสภาวะทางด้านงบประมาณของกองทัพเรือมีจำกัด ขีดจำกัดทางด้านเครื่องมือในการทำวิจัย ทำให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปด้วยความล่าช้า ทั้งที่มีความพร้อมทางด้านบุคลากร แต่บนอุปสรรคต่าง ๆ ที่กล่าวมา ไม่อาจทำให้กรมอู่ทหารเรือหยุดยั้งความตั้งใจในการพยายามวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านวัสดุลงได้ จะเห็นว่าที่ผ่านมาโครงการวิจัยที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีวัสดุ มีการของบวิจัยจากหน่วยวิจัยต่าง ๆ ทั้งในและนอกกระทรวงกลาโหม รวมถึงมีการลงนามบันทึกข้อตกลงในความร่วมมือทางวิชาการกับมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อให้การดำเนินการวิจัยของกรมอู่ทหารเรือยังคงดำเนินต่อไป

บรรณานุกรม

[๑] ประดิษฐ สำอางค์อินทร์, นาวาเอก พินัย มุ่งสันติสุข, นาวาโท และ เสวียง เถื่อนบุญ, นาวาตรี “การหล่อใบจักรนิกเกิลอะลูมินั่มบรอนซ์” **วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี ๒๕๕๔.** ๑๒๗ - ๑๓๗.

[๒] Dawson R J C. Aluminum Bronze [J]. **Engineering Materials and Design**, 1978, 22(12) : 25 - 28.

[๓] Callcut V A. Aluminum Bronze for Industrial Use [J]. **Metals and Materials,** 1989, 5(3) : 128 - 132.

[๔] W. S. Li, Z. P. Wang, Y. Lu, Y. H. Jin, L. H. Yuan, F. Wang, **Wear**, 261, 155 (2006).

[๕] Robert J.F. and Thomas E.C, Review of Dealloying of Cast Aluminum Bronze and Nickel - Aluminum BronzeAlloys in Sea Water Service, **Material Performance,** Vol. 431, 1982, 30 - 34.

[๖] Hasan F., Jahanafrooz A., Lorimer G.W. and Ridley N. The Morphology, Crystallography, and Chemistry of Phases in As - Cast Nickel - Aluminum Bronze, Vol.13A, August 1982 : 1337 - 1345.

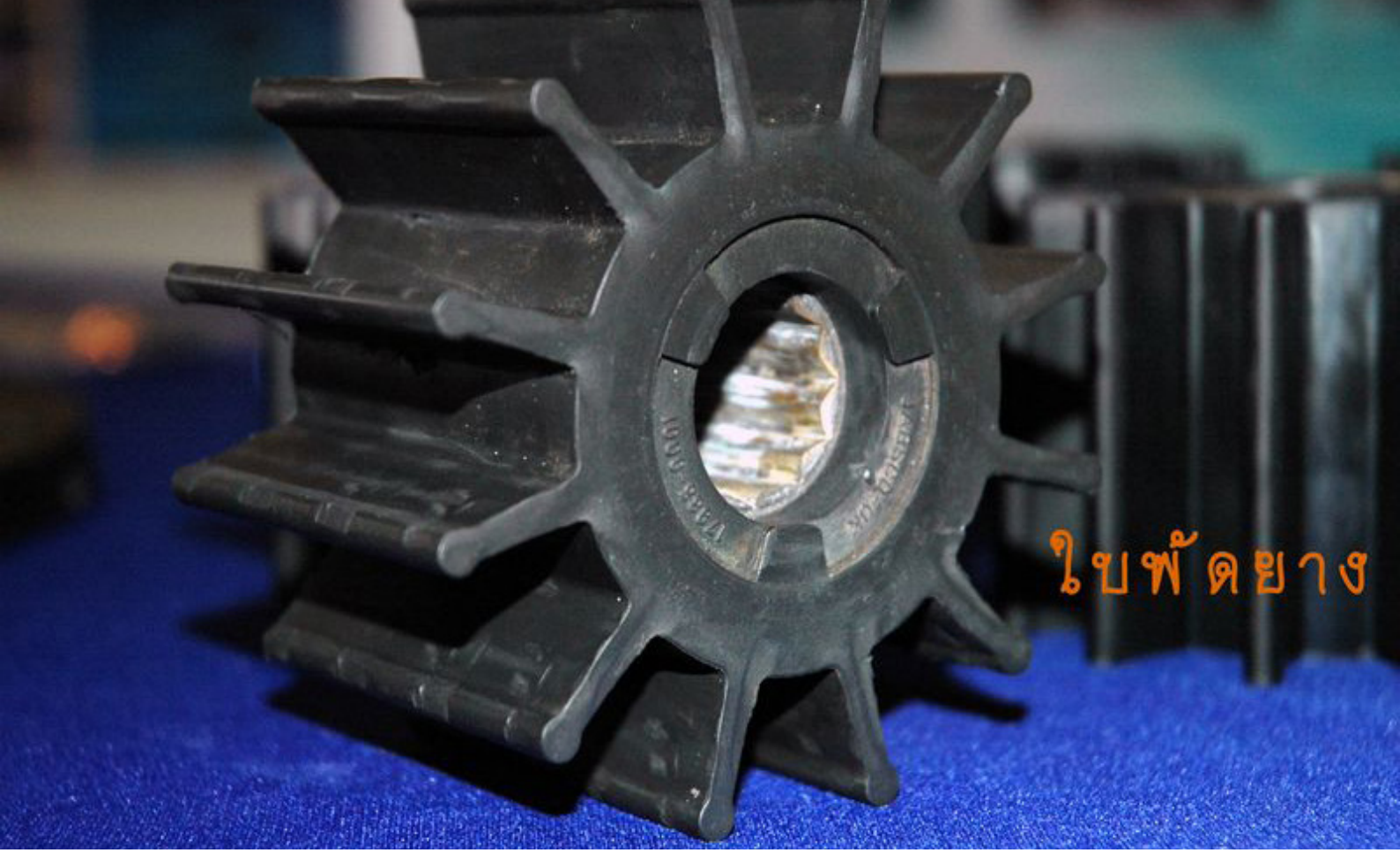
[๗] Elizabeth A. Nelson. Thesis of Microstructural Effects of Multiple Passes During Friction Stir Processing of Nickel Aluminum Bronze, Naval Postgraduate School, Monterey, California, December 2009.

[๘] S. Thuanboon “Development of Nickel Aluminum Bronze Casting for Ship Propeller” Royal Thai Navy Dockyard. 2010.

[๙] Ajeel S.A., Ibraheim A.N., Salam A., and Fadhil A., Study on Improvement of Casting Conditions for Some Aluminum Bronze Alloys, Eng & Technology, Vol. 25, 2007, 711 - 727.

[๑๐] D. B. Shan, Z. Wang, Y. Lu, K. M. Xue, J. Mater. Proc. Tech., 72, 403 (1997).

[๑๑] W. Weronski and A. Gontarz, J. Mater. Proc. Tech., 138, 196 (2003).



ยางกับการประยุกต์ใช้งาน

ดอกเตอร์ พงษ์ธร แซ่อุย
นักวิจัย ๓ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
นาวาตรี เสวียง เถื่อนบุญ
หัวหน้านายช่าง โรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ
แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี

บทนำ

ยางเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นหลายประการโดยเฉพาะสมบัติความยืดหยุ่น ความสามารถในการหักงอ ความเหนียว ความทนทานต่อการสึกหรอ รวมถึงความสามารถในการดูดซับแรงกระแทกหรือพลังงานที่เกิดจากเสียงหรือการสั่นสะเทือน นอกจากนี้ ยางยังสามารถยึดติดกับโลหะและสิ่งทอ (เช่น เส้นใย ผ้าใบ ฯลฯ) ได้ด้วย ซึ่งการยึดติดยางกับวัสดุเหล่านี้ทำให้ยางมีความแข็งแรงสูงขึ้น จึงสามารถนำยางไปใช้งานทางด้านวิศวกรรมได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันจึงมีการนำยางไปประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวันต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นยางล้อรถ ยางล้อเครื่องบิน ยางอุดขอบประตู ขอบกระจก พื้นรองเท้า ยางโอริง ปะเก็น ท่อยาง ยางแท่นเครื่อง สายพาน ฯลฯ ยางสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาออกได้เป็น ๒ ชนิดคือยางธรรมชาติ (หรือยางพารา) และยางสังเคราะห์ ยางธรรมชาติเป็นยางที่ได้จากต้นยางสายพันธุ์ “Heavea Braziliensis” ซึ่งเป็นต้นไม้ป่าที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบลุ่มแม่น้ำอะเมซอนในทวีปอเมริกาใต้ ปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตยางธรรมชาติได้มากเป็นอันดับหนึ่งของโลก ตามมาด้วยประเทศอินโดนีเซียและมาเลเซียตามลำดับ ส่วนยางสังเคราะห์เป็นยางที่ได้จากการสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาทำการสังเคราะห์ผ่านปฏิกิริยาที่เรียกว่า “พอลิเมอร์ไรเซชั่น (Polymerization)” ยางสังเคราะห์มีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่นำมาสังเคราะห์และยางสังเคราะห์แต่ละชนิดก็มีสมบัติแตกต่างกันไป ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หรือชิ้นส่วนยางจึงจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับสมบัติของยางแต่ละชนิดเพื่อที่จะได้นำความรู้ไปเลือกใช้ชนิดของยางให้เหมาะกับลักษณะการใช้งานของแต่ละผลิตภัณฑ์

ชนิดและการใช้งาน

ยางธรรมชาติ (Natural Rubber; NR) : ยางธรรมชาติเป็นยางที่มีสมบัติเด่นหลายประการ โดยเฉพาะความยืดหยุ่นและความแข็งแรงเพราะยางธรรมชาติเป็นยางที่มีความทนทานต่อแรงดึงและการฉีกขาดสูงมาก โดยที่ไม่ต้องมีการเติมสารตัวเติมเสริมแรงเข้าไปช่วย ด้วยเหตุนี้ยางธรรมชาติจึงถูกนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่บางแต่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง ถุงมือยางรัดของ รวมถึงด้ายยางที่นำมาถักเป็นสิ่งทอเพื่อทำขอบกางเกงใน เหล่านี้เป็นต้น นอกจากนี้ ยางธรรมชาติยังถูกใช้กันมากสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ยางเชิงวิศวกรรมที่ต้องการสมบัติเชิงกลและเชิงพลวัตที่ดี เช่น ยางล้อรถยนต์ ยางล้อรถบรรทุก ยางล้อเครื่องบิน ยางแท่นเครื่อง และสายพานลำเลียง อย่างไรก็ดี แม้ว่ายางธรรมชาติจะมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่สูงมาก แต่ยางธรรมชาติก็มีข้อด้อยอยู่ ๒ ข้อหลัก ๆ คือ ๑) ไม่ทนทานต่อน้ำมันหรือตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว (Non - Polar Sovent) และ ๒) เกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วหากยางได้รับแสงแดด ความร้อน หรือโอโซน ซึ่งข้อด้อยดังกล่าวทำให้การประยุกต์ใช้งานของยางธรรมชาติมีขีดจำกัด จึงต้องมีการพัฒนายางสังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ ขึ้นมาทดแทนยางธรรมชาติในการผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ต้องการสมบัติความทนทานต่อน้ำมันหรือความทนทานต่อความร้อน

ยางพอลิไอโซพรีน (Polyisoprene; IR) : เป็นยางที่สังเคราะห์ขึ้นมาเพื่อเลียนแบบยางธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ยางชนิดนี้จึงมีสมบัติเหมือนยางธรรมชาติทุกประการแต่มีความบริสุทธิ์สูงกว่า (ไม่มีการปนเปื้อนของโปรตีนเหมือนเช่นในกรณีของยางธรรมชาติ) จึงสามารถใช้แทนยางธรรมชาติได้ อย่างไรก็ดี เนื่องจากยางพอลิไอโซพรีนเป็นยางที่มีราคาสูง ด้วยเหตุนี้ จึงนำยางชนิดนี้ไปใช้แทนยางธรรมชาติเฉพาะในกรณีที่ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความบริสุทธิ์สูงและปราศจากสารปนเปื้อน เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ จุกหัวนมยาง เป็นต้น

ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (Styrene - Butadiene Rubber; SBR) : เป็นยางสังเคราะห์ที่สำคัญและใช้กันมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม ยางสไตรีนบิวตาไดอีนเป็นยางประเภทใช้งานได้ทั่วไปเช่นเดียวกับยางธรรมชาติเพราะสามารถใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง ในภาพรวมพบว่ายางชนิดนี้มีคุณภาพที่สม่ำเสมอและมีกระบวนการผลิตที่ง่ายกว่ายางธรรมชาติ อีกทั้งยังมีความทนทานต่อความร้อนและความทนทานต่อการสึกหรอที่สูงกว่ายางธรรมชาติเล็กน้อยอีกด้วย อย่างไรก็ดี ยาง SBR มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ด้อยกว่ายางธรรมชาติ จึงไม่สามารถนำไปใช้แทนที่ยางธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนใหญ่นิยมนำยางชนิดนี้ไปใช้ในการผลิตยางล้อรถยนต์ สายพานลำเลียง ท่อยาง รวมถึงผลิตภัณฑ์ยางทางการแพทย์

ยางบิวตาไดอีน (Butadiene Rubber; BR) : เป็นยางสังเคราะห์ที่มีความยืดหยุ่นสูงมากที่สุดในบรรดายางทั้งหมด สามารถรักษาสมบัติความยืดหยุ่นได้ดีแม้ที่อุณหภูมิต่ำ อีกทั้งยังเป็นยางที่มีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงมากที่สุดอีกด้วย จึงนิยมนำยางชนิดนี้ไปใช้ผสมกับยางธรรมชาติในการผลิตดอกยางรถยนต์ ทำไส้ในของลูกกอล์ฟ ลูกฟุตบอล พื้นรองเท้า สายพานลำเลียง และสายพานส่งกำลัง

ยางไนไตร์ล (Nitrile or Acrylonitrile - Butadiene Rubber; NBR) : เป็นยางสังเคราะห์ที่มีความเป็นขั้วสูง จึงทนทานต่อการบวมพองในน้ำมันได้ดี แม้ว่ายางชนิดนี้จะมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ต่ำกว่ายางธรรมชาติ แต่ยางชนิดนี้ก็มีความทนทานต่อความร้อนและมีความต้านทานต่อการสึกหรอที่สูงกว่ายางธรรมชาติเล็กน้อย โดยทั่วไป ยางชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องสัมผัสกับน้ำมัน เช่น โอริง ปะเก็น ยางแบริ่งรับเพลาเรือ สายพานลำเลียง ท่อส่งน้ำมัน

ยางคลอโรพรีน (Chloroprene Rubber; CR) : เป็นยางสังเคราะห์ที่มีชื่อทางการค้าคือ “ยางนีโอพรีน (Neoprene)” ยางชนิดนี้จัดเป็นยางชนิดพิเศษ (Specialty Elastomer) เพราะเป็นยางที่มีสมบัติโดยรวมทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ที่ดี กล่าวคือมีสมบัติเชิงกล เชิงพลวัต ความทนทานต่อความร้อนและความทนทานต่อน้ำมันอยู่ในเกณฑ์ที่ดี อีกทั้งยังเป็นยางที่ไม่ลามไฟอีกด้วย อย่างไรก็ดี เนื่องจากยางชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูงมาก จึงใช้ผลิตผลิตภัณฑ์บางชนิดที่ต้องการทั้งสมบัติเชิงกลที่ดีและมีความทนทานต่อความร้อน โอโซน และน้ำมันเท่านั้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางคลอโรพรีนได้แก่ยางซีล ท่อยางเสริมแรง สายพานลำเลียงในเหมืองแร่ สายพานรูปตัววี (V - Belt) ยางบุ (Lining) พื้นรองเท้า และผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ในงานก่อสร้าง เช่น ยางขอบหน้าต่าง ขอบหลังคา ยางรองคอสะพาน ยางรองรางรถไฟ และยางปลอกสายเคเบิ้ล

ยางบิวไทล์ (Butyl Rubber; IIR) : เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติเด่นคือเป็นยางที่มีความสามารถในการเก็บกักลมได้ดีมาก (ยอมให้ก๊าซหรือของเหลวซึมผ่านได้น้อย) และมีความทนทานต่อความร้อน โอโซน และสารเคมีที่ดีเยี่ยม ด้วยเหตุนี้ ยางชนิดนี้จึงมักถูกใช้ในการผลิตยางในรถบรรทุก ใช้บุผนังด้านในของยางล้อรถยนต์ ใช้ทำจุกปิด

ขวดยา ปลอกหุ้มสายไฟหรือสายเคเบิ้ล

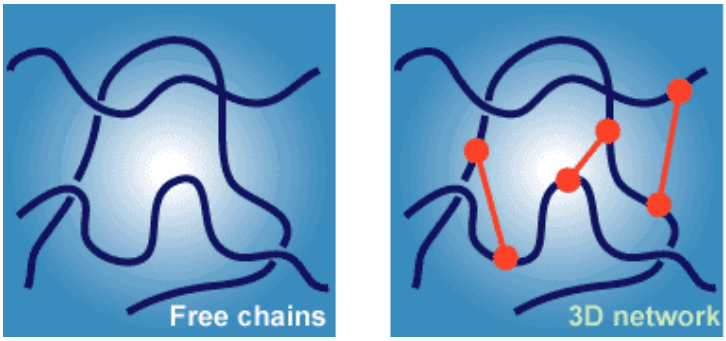
ยางเอธิลีนโพรพิลีนไดอีนมอนอเมอร์ (Ethylene-Propylene Diene Monomer Rubber; EPDM) : เป็นยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติเด่นด้านความทนทานต่อความร้อน โอโซน และสารเคมี ในขณะที่มีสมบัติเชิงกลอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ยางชนิดนี้จึงถูกใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่ไม่สัมผัสกับน้ำมันและต้องการอายุการใช้งานยาวนาน เช่น ยางขอบกระจกรถยนต์ ยางขอบประตู ท่อยางหม้อน้ำ ท่อลม ฯลฯ

ยางซิลิโคน (Silicone Rubber; Q) : แม้ว่ายางซิลิโคนจะเป็นยางที่มีความแข็งแรงและความต้านทานต่อการสึกหรอต่ำ แต่ยางชนิดนี้ก็มีความทนทานต่อความร้อนที่สูงมาก ในขณะที่ยังคงรักษาสมบัติความยืดหยุ่นไว้ได้แม้ที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ จัดเป็นยางที่มีพื้นผิวลื่น ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดี ด้วยเหตุนี้ ยางซิลิโคนจึงถูกนำไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนยานอวกาศ ยางปัดน้ำฝน ฉนวนหุ้มสายเคเบิ้ล ปลอกโทรศัพท์มือถือ รวมถึงอุปกรณ์ทางการแพทย์ต่าง ๆ เช่น เต้านมเทียม เป็นต้น

ยางฟลูออโรคาร์บอน (Fluorocarbon Rubber; FKM) : เป็นยางสังเคราะห์ชนิดพิเศษที่มีราคาสูงที่สุด แม้ว่ายางชนิดนี้จะมีสมบัติเชิงกลที่ค่อนข้างต่ำ แต่ก็จัดเป็นยางที่มีความทนทานต่อความร้อนสูงที่สุดในบรรดายางทั้งหมด ทนต่อน้ำมันและการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดีเยี่ยม อีกทั้งเป็นยางที่ไม่ลามไฟด้วย ยางชนิดนี้มีชื่อการค้าหลากหลายขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต เช่น Viton (ของบริษัท DuPont Dow Elastomers) Fluorel (ของบริษัท 3M Corporation) และ Technoflon (ของบริษัท Montedison) ยางฟลูออโรอิลาสโตเมอร์สามารถใช้ในการผลิตปลอกหุ้มสายไฟหรือสายเคเบิ้ล โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการความทนทานต่อความร้อน โอโซน สารเคมี และเปลวไฟสูงเป็นพิเศษ นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทยางโอริง ปะเก็น ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง และอุปกรณ์ในเครื่องยนต์ที่ต้องสัมผัสกับความร้อนและน้ำมัน รวมถึงชิ้นส่วนของเครื่องบินและจรวด

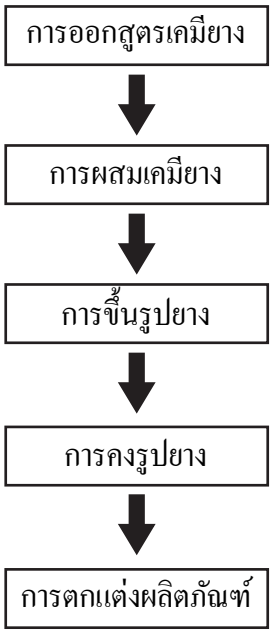
กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

เมื่อกล่าวถึงคำว่า “ยาง” ทุก ๆ คนก็คงจะนึกถึงวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ดึงยืดได้ง่ายและเมื่อแรงดึงที่กระทำนั้นหมดไป วัสดุชนิดนี้ก็จะกลับคืนสู่รูปร่างเดิม (หรือใกล้เคียง) ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งความเข้าใจของคนส่วนใหญ่ดังกล่าวก็ตรงกับคำจำกัดความของคำว่า “ยาง” ในพจนานุกรมเช่นกัน อย่างไรก็ดี สมบัติของยางตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจนั้นจะเป็นสมบัติของยางคงรูปหรือยางวัลคาไนซ์ (Vulcanized Rubber) เท่านั้น เพราะยางดิบ (Raw Rubber) หรือยางที่ยังไม่ได้ผ่านการแปรรูปจะมีความยืดหยุ่นต่ำ ไหลได้ง่าย อีกทั้งยังไม่มีเสถียรภาพทางรูปร่าง ดังนั้น เราจึงไม่สามารถนำยางดิบไปใช้งานได้โดยตรง จำเป็นต้องแปรรูปยางดิบให้เป็นยางสุกหรือยางคงรูปโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เรียกว่าปฏิกิริยาวัลคาไนเซชันหรือปฏิกิริยาคงรูป (Vulcanization Reaction) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้ยางเปลี่ยนสภาพจากที่เคยเป็นยางดิบ (มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก) คืออยู่ในสภาพที่สามารถไหลได้ง่ายไปเป็นยางคงรูป ซึ่งไม่สามารถไหลได้อีก (มีสมบัติเป็นเทอร์โมเซต) เพราะปฏิกิริยาคงรูปจะทำให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อมโยงกันเกิดเป็นร่างแห ๓ มิติดังแสดงในรูปที่ ๑ (ข) ยางคงรูปที่ได้จึงมีความยืดหยุ่นและมีเสถียรภาพทางรูปร่างสูงขึ้น นอกจากนี้ การคงรูปยางดังกล่าวยังทำให้ยางมีสมบัติเชิงกลต่าง ๆ สูงขึ้น ยางจะมีความสามารถในการรักษาสมบัติและรูปร่างที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำมาก ๆ ได้ดีขึ้น จึงทำให้สามารถนำยางที่คงรูปแล้วไปใช้งานในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยางคงรูปที่ได้ก็จะมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากสารเคมีโดยเฉพาะน้ำมันและตัวทำละลายสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้ผลิตภัณฑ์ยางที่เรานำไปใช้งานในชีวิตประจำวันเกือบทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นยางรัดของ ยางล้อรถ ท่อยาง ลูกโป่ง ถุงมือยาง จุกหัวนมยาง หรือแม้แต่ถุงยางอนามัย ก็ล้วนแล้วแต่เป็นยางที่ผ่านกระบวนการแปรรูปเพื่อทำให้ยางเกิดการคงรูปแล้วทั้งสิ้น ในภาพรวมแล้วการแปรรูปจากยางดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ยางนั้นมีขั้นตอนหลัก ๆ อยู่ ๕ ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ ๒



(ก) *(ข)*

รูปที่ ๑ *โครงสร้างของ (ก) ยางดิบและ (ข) ยางคงรูปหรือยางสุก*



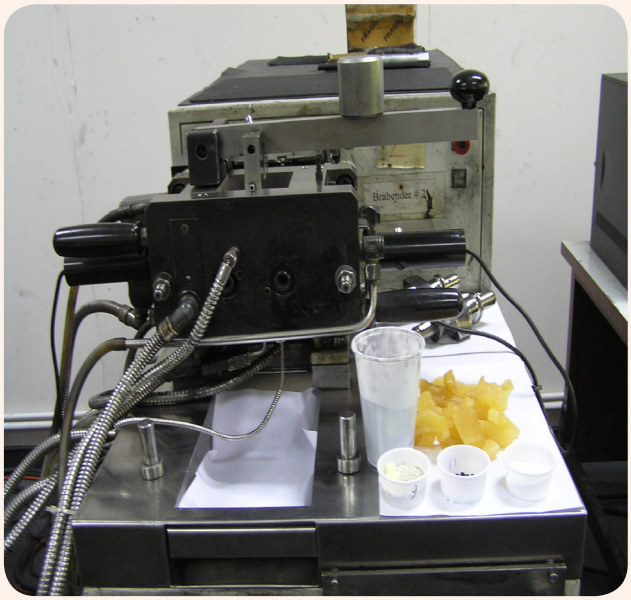
รูปที่ ๒ *ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง*

ขั้นตอนที่ ๑ การออกสูตรเคมียาง

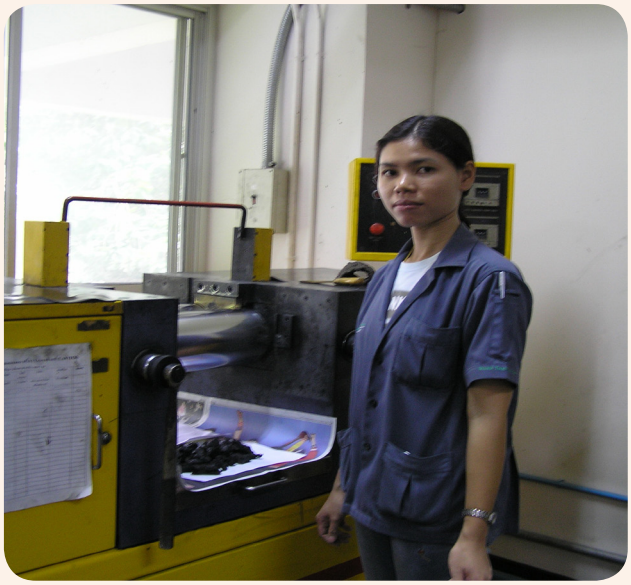
การออกสูตรเคมียางนับเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาง อีกทั้งยังส่งผลอย่างมากต่อต้นทุนในการผลิตอีกด้วย สูตรการผสมเคมียางที่ดีนั้นจะต้องเป็นสูตรที่นอกจากจะทำให้ยางมีสมบัติที่ดีตรงตามต้องการแล้ว ยังต้องเป็นสูตรที่ทำให้กระบวนการผลิตมีต้นทุนที่ต่ำอีกด้วย การออกสูตรเคมียางจึงนับเป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างยากเพราะการออกสูตรเคมียางที่ดีนั้นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับสมบัติและการใช้งานของยางแต่ละชนิดโดยละเอียด อีกทั้งยังจำเป็นต้องรู้หน้าที่ขององค์ประกอบชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการผสมเคมียางเป็นอย่างดี

ขั้นตอนที่ ๒ การผสมเคมียาง

เมื่อออกสูตรการผสมเคมียางเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดมาก็คือการผสมเคมียางซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำยางและสารเคมีชนิดต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรมาผสมรวมเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่องผสม (รูปที่ ๓) ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องผสมระบบเปิด เช่น เครื่องรีดแบบ ๒ ลูกกลิ้ง (Two - Roll Mill) หรืออาจจะเป็นเครื่องผสมระบบปิด เช่น เครื่องนวด (Kneader) หรือเครื่องแบนบูรี่ (Banbury Internal Mixer) ก็ได้ ยางที่ผ่านการผสมสารเคมีเรียบร้อยแล้วจะมีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า “ยางคอมพาวด์ (Rubber Compound)” การผสมเคมียางนับเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อสมบัติและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะหากสารเคมีที่เติมลงไปในยางกระจายตัวได้ไม่ดี ก็จะส่งผลโดยตรงต่อความสม่ำเสมอทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือถ้าหากสารตัวเติมเสริมแรงที่เติมลงไปเกิดการแตกตัว (Dispersion) ได้ไม่ดี ก็จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ด้วยเหตุนี้ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ยางจึงควรตระหนักอยู่เสมอว่าแม้ว่าจะใช้สูตรยางเดียวกัน แต่ถ้าใช้เครื่องผสมคนละเครื่องกันหรือใช้วิธีและเทคนิคในการผสมไม่เหมือนกัน (เช่นการใช้สภาวะการผสมหรือการจัดลำดับการเติมสารเคมีลงไปในเครื่องผสมที่แตกต่างกัน) ก็จะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้มีคุณภาพที่ไม่เหมือนกัน



(ก)



(ข)

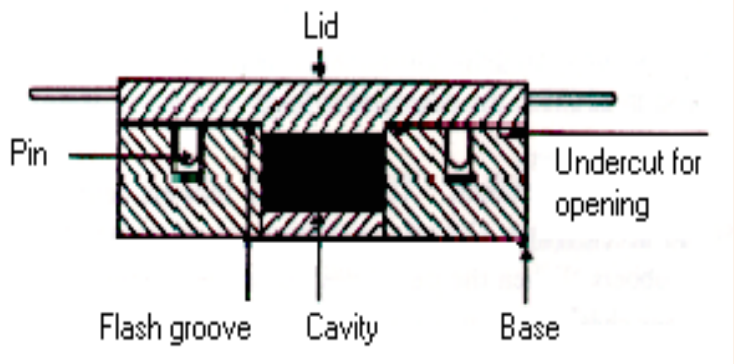
รูปที่ ๓ *เครื่องผสมยาง (ก) เครื่องผสมระบบปิด และ (ข) เครื่องผสมระบบเปิด (Two - Roll Mill)*

ขั้นตอนที่ ๓ การขึ้นรูปยาง

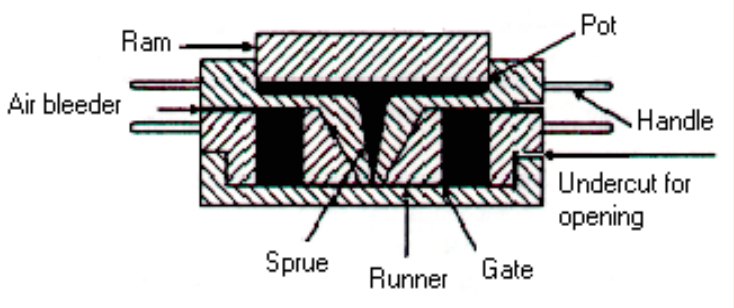
หลังจากที่ยางและสารเคมีผสมเข้ากันได้เรียบร้อยแล้ว ยางคอมพาวด์ที่เพิ่งผสมเสร็จก็จะถูกรีดให้เป็นแผ่นบาง เพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากการผสม จากนั้นแผ่นยางคอมพาวด์เหล่านี้ก็จะถูกนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปต่าง ๆ ดังนี้

การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

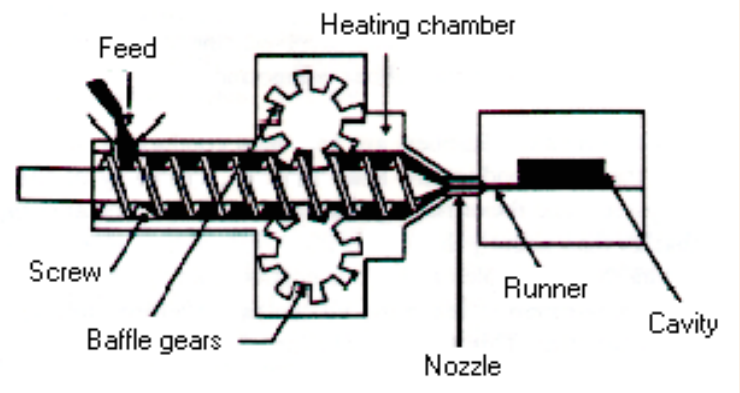
การใช้แม่พิมพ์ขึ้นรูปยาง เป็นการขึ้นรูปยางพร้อม ๆ กับการคงรูปโดยอาศัยความร้อนและแรงอัด การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์เป็นวิธีการที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน ผลิตภัณฑ์ยางส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นยางโอริง ปะเก็น ยางรองแท่นเครื่อง ยางกันกระแทกท่าเรือ พื้นรองเท้า หรือแม้แต่ยางล้อรถยนต์ก็ล้วนแล้วแต่ใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ทั้งสิ้น การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ก่อนที่จะนำยางไปใส่ลงในเบ้าพิมพ์เพราะความร้อนของแม่พิมพ์จะทำให้ยางมีความหนืดต่ำลง (ยางนิ่มมากขึ้น) ยางจึงไหลเต็มเบ้าพิมพ์ได้ง่ายยิ่งขึ้น และเมื่อยางไหลเต็มเบ้าพิมพ์แล้ว ความร้อนจากแม่พิมพ์ก็จะทำให้ยางเกิดปฏิกิริยาคงรูปหรือทำให้ยางสุก ก่อนที่จะเปิดแม่พิมพ์และแกะเอาผลิตภัณฑ์ยางออกจากเบ้าพิมพ์ แม้ว่าการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์จะแบ่งออกเป็น ๓ วิธี ได้แก่ การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัด (Compression Mould) การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกึ่งฉีด (Transfer Mould) และการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบฉีด (Injection Mould) ดังแสดงในรูปที่ ๔ แต่โดยทั่วไปแล้ว มีเพียงการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัดและแม่พิมพ์แบบฉีดเท่านั้นที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมยาง โดยการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัดเป็นวิธีที่ลงทุนด้านเครื่องจักรต่ำเพราะเครื่องอัดไฮดรอลิก (รูปที่ ๕) และแม่พิมพ์กดอัดมีราคาไม่สูงมากนัก วิธีนี้เหมาะสำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อน ส่วนการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบฉีดเป็นการขึ้นรูปที่ต้องลงทุนสูงเพราะเครื่องฉีดยาง (ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ ๖) และแม่พิมพ์แบบฉีดมีราคาค่อนข้างสูง แต่การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบฉีดก็มีข้อดีเหนือกว่าการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบกดอัดหลายประการ ได้แก่ ใช้แรงงานคนและมีอัตราการเกิดของเสียต่ำกว่า ทำให้มีกำลังการผลิตสูงกว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ดีกว่า และสามารถใช้ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดีอีกด้วย โรงงานยางขนาดกลางและขนาดใหญ่จึงหันมาใช้การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบฉีดกันมากขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน



(ก)



(ข)

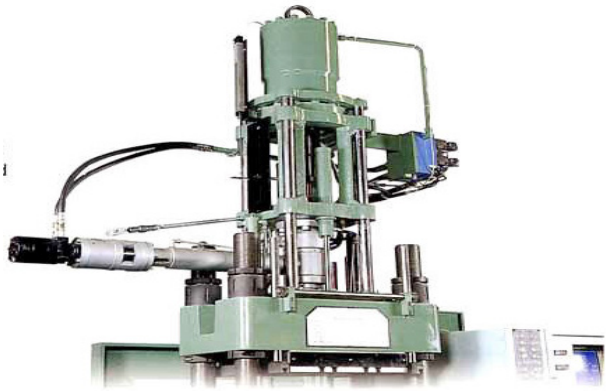


(ค)

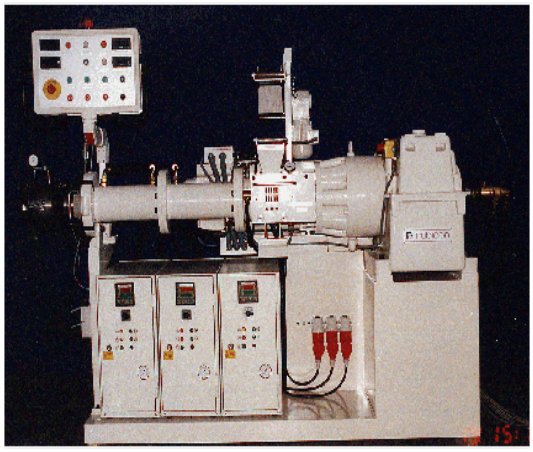
รูปที่ ๔ *การขึ้นรูปยางด้วยแม่พิมพ์ (ก) แบบกดอัด (ข) แบบกึ่งฉีด และ (ค) แบบฉีด*



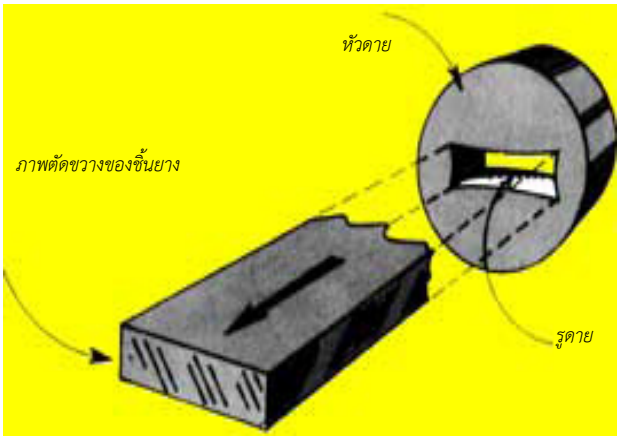
รูปที่ ๕ *เครื่องอัดไฮดรอลิก*



รูปที่ ๖ *เครื่องฉีดยาง*



รูปที่ ๗ *เครื่องเอกทรูชัน*



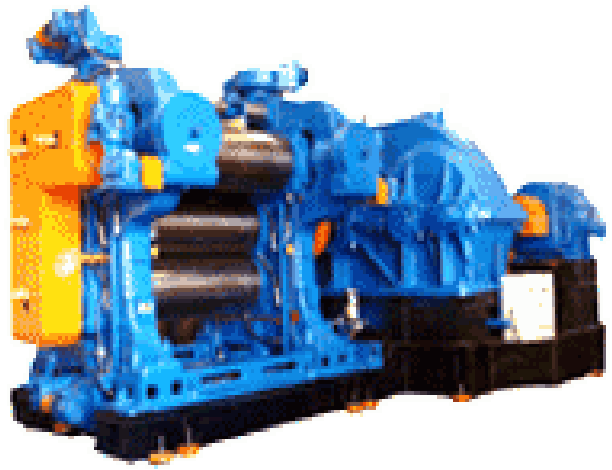
รูปที่ ๘ *ลักษณะของหัวดายและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูป*

การขึ้นรูปด้วยการอัดผ่านดาย (Extrusion)

การอัดผ่านดายเป็นเทคนิคการขึ้นรูปที่ต้องอาศัยเครื่องอัดที่เรียกว่าเครื่องเอกทรูชัน (รูปที่ ๗) เพื่ออัดให้ยางไหลผ่านหัวดาย (Die) ที่มีรูปร่างต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ยางที่ขึ้นรูปด้วยการอัดผ่านดายต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างของภาพตัดขวางเหมือนกันตลอดแนวความยาว (รูปร่างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์จะเหมือนกับรูปร่างของดาย ดังแสดงในรูปที่ ๘) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ยางที่ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคนี้ได้แก่ ท่อยาง ยางหุ้มสายเคเบิ้ล ยางขอบกระจก และยางรัดของ เป็นต้น

การขึ้นรูปด้วยเครื่องคาเลนเดอร์ (Calender)

เครื่องคาเลนเดอร์ (รูปที่ ๙) คือเครื่องที่ประกอบด้วยชุดของลูกกลิ้งจำนวน ๓ ถึง ๔ ลูกเรียงตัวกันในแบบต่าง ๆ โดยทั่วไป ลูกกลิ้งแต่ละลูกจะทำจากเหล็กหล่ออย่างดี ผิวหน้าขัดเรียบ ด้านในของลูกกลิ้งจะมีการเจาะรูให้เป็นโพรงเพื่อติดตั้งระบบทำความร้อนและทำความเย็น เช่นเดียวกับลูกกลิ้งที่ใช้ในการผสมยาง ส่วนระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งแต่ละลูกก็สามารถปรับให้กว้างหรือแคบได้ตามความต้องการ ปรกติเครื่องคาเลนเดอร์เหมาะสำหรับใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่เป็นแผ่นเรียบที่มีความหนาและความกว้างสม่ำเสมอหรือเพื่อการฉาบยางบาง ๆ ลงบนผ้าหรือแผ่นใยลวด (Coating) ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ สายพานลำเลียง ยางแผ่นเรียบที่ใช้ในงานปูพื้นต่าง ๆ เช่น ยางแผ่นปูอ่างน้ำ ยางบุถัง เป็นต้น



รูปที่ ๙ *เครื่องคาเลนเดอร์*

ขั้นตอนที่ ๔ การคงรูปยาง

สำหรับการขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์นั้น ขั้นตอนการขึ้นรูปกับขั้นตอนการคงรูปจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน แต่สำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องเอกทรูชันและเครื่องคาเลนเดอร์นั้น ขั้นตอนการขึ้นรูปจะแยกออกจากขั้นตอนการคงรูปอย่างชัดเจน นั่นคือ ยางที่ได้รับการขึ้นรูปแล้วจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องคงรูปยางเพื่อทำให้ยางคงรูปต่อไป โดยทั่วไปเครื่องคงรูปยางสามารถแบ่งออกได้เป็น ๒ ชนิดใหญ่ ๆ คือ

๑. เครื่องคงรูปยางสำหรับกระบวนการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Non - Continuous Process) ได้แก่ หม้ออบไอน้ำความดันสูงหรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าหม้อออโตเคลฟ (Autoclave) โดยทั่วไป ไอน้ำภายใต้ความดันบรรยากาศปรกติจะมีอุณหภูมิเพียงแค่ 100°C แต่ว่าอุณหภูมิของไอน้ำจะเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความดันของระบบ ด้วยเหตุนี้ เราจึงสามารถนำหม้ออบไอน้ำมาใช้ในการอบคงรูปยางที่อุณหภูมิสูงมาก ๆ ได้โดยการควบคุมและปรับระดับความดันของไอน้ำที่มีอยู่ในหม้ออบ

๒. เครื่องคงรูปยางสำหรับกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) ได้แก่ ท่ออุโมงค์ลมร้อน (Hot Air Tunnel) ท่อไอน้ำ (Steam Pipe) รวมถึงถังของเหลว (Liquid Bath) ซึ่งของเหลวที่อยู่ในถังจะมีอุณหภูมิสูงมากเนื่องจากได้รับความร้อนจากแผงความร้อนที่ติดอยู่รอบถัง ของเหลวที่นิยมนำมาใช้เป็นตัวกลางความร้อน ได้แก่ น้ำมันซิลิโคน กลีเซอรีน เกลือผสม ฯลฯ

ขั้นตอนที่ ๕ การตกแต่งผลิตภัณฑ์

หลังจากขั้นตอนของการขึ้นรูปและอบยางให้สุก (คงรูป) เรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์ยางที่ได้จะถูกนำไปผ่านขั้นตอนของการตกแต่งผลิตภัณฑ์ก่อนที่จะนำไปบรรจุหีบห่อเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

การประลัยของผลิตภัณฑ์ยาง

การประลัยของผลิตภัณฑ์ยางหมายถึงความเสียหายที่เกิดกับผลิตภัณฑ์ยางจนทำให้ผลิตภัณฑ์ยางนั้น ๆ ไม่สามารถใช้งานต่อไปได้อีก ส่วนใหญ่การประลัยของผลิตภัณฑ์ยางเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

๑. ความผิดพลาดจากการออกแบบ

เป็นที่ทราบกันดีว่าการออกแบบรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลทำให้อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์สั้นลง โดยทั่วไป ความผิดพลาดที่เกิดจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เกิดจากผู้ออกแบบขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องของสภาวะการใช้งานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ หรือในบางครั้งก็อาจจะคาดคะเนระดับความเค้นหรือความเครียดที่เกิดขึ้นในระหว่างการใช้งานที่ต่ำมากเกินไป

๒. การใช้วัสดุที่ไม่เหมาะสม

การเลือกใช้วัสดุในการผลิตที่ไม่เหมาะสมถือเป็นอีกหนึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการประลัยก่อนเวลาอันสมควร ตัวอย่างที่เห็นได้เด่นชัด ได้แก่ การนำยางธรรมชาติซึ่งเป็นยางที่ไม่ทนน้ำมันและไม่ทนต่อความร้อนไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องสัมผัสกับน้ำมัน (เช่น โอริง) หรือสัมผัสกับอุณหภูมิสูง (เช่น ท่อหม้อน้ำ) เหล่านี้เป็นต้น นอกจากการเลือกชนิดและเกรดของยางให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์แล้ว การออกสูตรเคมียางที่ดีก็มีส่วนช่วยทำให้ยางมีคุณภาพสูงตรงตามความต้องการของผู้ผลิตได้เช่นกัน

๓. ความผิดพลาดจากการผลิต

ความผิดพลาดจากการผลิตหมายถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผสม การขึ้นรูป และการคงรูป ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการขาดระบบการควบคุมคุณภาพที่ดีเพียงพอ จึงส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีตำหนิ ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการใช้งานที่สั้นกว่าที่ควรจะเป็น

๔. การติดตั้งผลิตภัณฑ์ที่ไม่ถูกต้อง

แม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพดีเพียงใด แต่ถ้าผู้ใช้ทำการติดตั้งผลิตภัณฑ์ไม่ถูกต้อง ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ก็อาจเกิดการประลัยได้เร็วกว่าเวลาอันควรได้ด้วยเช่นกัน

๕. สภาวะการใช้งานที่ไม่คาดคิดและการใช้งานผิดวัตถุประสงค์

สภาวะการใช้งานที่รุนแรงหรือไม่คาดคิดอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ยางเกิดการประลัยเร็วกว่าเวลาอันควร ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ผู้ขับขี่รถบรรทุกทำการบรรทุกของหนักเกินกว่าที่กฎหมายกำหนด ซึ่งจะส่งผล

ทำให้ผลิตภัณฑ์ยางที่ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของรถ เช่น ยางบุชปีกนก รวมถึงยางล้อต้องรองรับน้ำหนักที่สูงเกินกว่าค่าที่ถูกออกแบบไว้ ซึ่งก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์ยางเหล่านี้เกิดการประลัยได้เร็วยิ่งขึ้น

โดยทั่วไป อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย แต่นักเทคโนโลยียางส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษาผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของยาง ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ได้ถูกนำมาแสดงไว้ในตารางที่ ๑

ตัวแปร	ผลกระทบ
อุณหภูมิ ออกซิเจน และแสงแดด	ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation) ส่งผลทำให้ยางมีความแข็งแรงหรือมีสมบัติเชิงกลลดลง ผลิตภัณฑ์ยางจะมีความแข็งเปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปแล้ว เมื่อยางเกิดการเสื่อมสภาพจากออกซิเจนและความร้อน ความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติอาจสูงขึ้นหรือต่ำลงก็ได้
โอโซน	ทำให้เกิดรอยแตกที่พื้นผิวในทิศทางตั้งฉากกับทิศที่ยางถูกยืด
ความชื้น	ความชื้นส่งผลทำให้ยางบางชนิดเกิดการเสื่อมสภาพจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)
ของเหลวและก๊าซ	ทำให้ยางเกิดการบวมพอง เสื่อมสภาพ สมบัติเชิงกลด้อยลง
ความเค้นเชิงกล	ทำให้ยางเกิดการล้าตัว (Fatigue) เกิดรอยแตกและการขยายตัวของรอยแตก (Crack Growth) การสึกกร่อน (Wear) และเกิดการเสียรูปถาวร (Set)

ตารางที่ ๑ *ตัวแปรที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของยาง*

ในระหว่างการใช้งานผลิตภัณฑ์ยางจะต้องสัมผัสกับอย่างน้อยหนึ่งในตัวแปรดังกล่าวข้างต้น ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางลดลง ส่วนการวิเคราะห์ว่าการเสื่อมสภาพของยางเกิดจากตัวแปรใดนั้นก็ทำได้ยาก เพราะว่าผลที่เกิดขึ้นกับยางซึ่งเกิดจากตัวแปรเหล่านี้มักมีความสัมพันธ์กัน ตัวอย่างเช่น การเสื่อมสภาพของยางแท่นเครื่อง อาจเกิดจากความเค้นเชิงกลร่วมกับอุณหภูมิและแสงแดด เหล่านี้เป็นต้น บ่อยครั้งที่พบว่าตัวแปรต่าง ๆ เหล่านี้ทำงานเสริมกันทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

R.P. Brown. “Practical Guide to the Assessment of the Useful Life of Rubbers”, Rapra Technology Ltd., pp. iv, 156, 2001.

R.P. Brown. “Rubber Product Failure”, Rapra Review Reports, Vol. 13, November 3, 2002.

พงษ์ธร แซ่อุย **“ยาง : ชนิด สมบัติ และการใช้งาน”** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ๒๕๔๗.

พงษ์ธร แซ่อุย และชาคริต สิริสิงห **“ยาง : กระบวนการผลิตและการทดสอบ”** ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ๒๕๕๐.



แนวทางเบื้องต้นในการนำท่อพอลิเมอร์มาใช้ในเรือ

นาวาเอก กิตติพงษ์ พุ่มสร้าง
รองผู้อำนวยการกองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
นาวาตรี กานต์ สำราญถิ่น
ประจำแผนกทดสอบวัสดุ กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

ระบบท่อทางในเรือถือเป็นระบบที่มีความสำคัญมากระบบหนึ่ง ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบท่อทางนั้น มีตั้งแต่การท่วมขังของน้ำในเรือ จนไปถึงการเกิดทั้งไฟไหม้ มลพิษ หรือแม้กระทั่งเรือจมได้ ปัญหาเมื่อใช้งานท่อทางที่ทำจากโลหะเป็นระยะเวลานาน คือ การเกิดการกัดกร่อนในรูปแบบต่าง ๆ อีกทั้งการดูแลรักษาและซ่อมทำท่อทางนั้นทำได้ยากไม่เหมือนกับตัวเรือ ดังนั้นระบบท่อทางในเรือส่วนใหญ่จึงไม่ได้รับความสนใจหรือได้รับความสนใจน้อยมากจนกว่าจะมีความเสียหายเกิดขึ้น ปัจจุบันได้มีความสนใจเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการนำท่อทางที่ทำจากวัสดุที่ไม่ใช่โลหะมาใช้ในอุตสาหกรรมทางทะเลและในเรือเดินสมุทร วัสดุพอลิเมอร์เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ถูกนำมาใช้ แต่โดยทั่วไปยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนหรือขาดความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นในแนวทางในการนำท่อพอลิเมอร์มาใช้ในเรือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกองทัพเรือ บทความนี้ขอเสนอแนวทางเบื้องต้นในการนำท่อพอลิเมอร์มาใช้ในเรือ เพื่อประกอบการพิจารณาในการนำท่อพอลิเมอร์มาใช้กับเรือของกองทัพเรือในอนาคตต่อไป

บทนำ

ระบบท่อทางในเรือ (Ship Piping Systems) ถือเป็นระบบที่มีความสำคัญมากระบบหนึ่ง มันเป็นเสมือนคนงานที่ทำงานเงียบ ๆ อยู่เบื้องหลัง ลำเลียงของไหลต่าง ๆ ภายในเรือไปยังพื้นที่ ๆ ต้องการ และยังเป็นเครื่องมือที่ซึ่งระบบควบคุมหลายระบบในเรือต้องพึ่งพา ท่อทางจะถูกวางอยู่ในพื้นต่าง ๆ เกือบทั้งหมดภายในเรือ ทั้งพื้นที่เปิดและปิด (Open and Enclosed Spaces) เหนือเส้นแนวน้ำและใต้เส้นแนวน้ำ ดังนั้นจึงไม่มีระบบไหนในเรือที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดทั้งไฟไหม้ มลพิษ และการท่วมขังในเรือ หรือแม้กระทั่งทำให้เรือจมได้เท่ากับระบบท่อทาง

ท่อทางในเรือส่วนใหญ่จะถูกออกแบบและสร้างด้วยโลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous Metals : โลหะที่มีเหล็กเป็นโลหะพื้นฐาน (Base Metal) และธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่ตามชนิดของเหล็ก) และส่วนน้อยเป็นโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non - Ferrous Metals : โลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กเป็นโลหะพื้นฐาน) ระบบท่อทางและวัสดุท่อทางที่กองทัพเรือใช้อยู่ในปัจจุบันหลัก ๆ เป็นดังนี้

- ระบบน้ำทะเล ทำจากคอปเปอร์ – นิกเกิล เกรด ๙๐ – ๑๐ (Copper - Nickel 90 – 10)
- ระบบน้ำจืด ทำจากคอปเปอร์ (Copper) หรือ ท่อเหล็ก
- ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ทำจากสเตนเลส (Stainless Steel) หรือ ท่อเหล็ก
- น้ำมันหล่อลื่น ทำจากสเตนเลส (Stainless Steel) หรือ ท่อเหล็ก
- ท่อน้ำเสียและท่อน้ำท้องเรือ ทำจากคอปเปอร์ - นิกเกิล เกรด ๙๐ – ๑๐ (Copper - Nickel 90 – 10)
- Scupper & Deck Drain ทำจากท่อเหล็ก
- ระบบลม ทำจากท่อเหล็ก

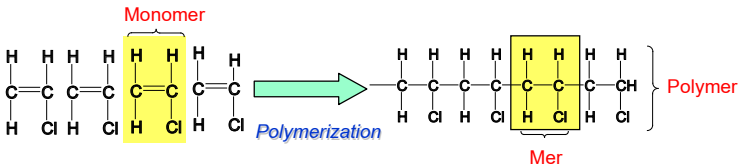
หมายเหตุ

ท่อคอปเปอร์ - นิกเกิล ราคาสูงและส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ

แน่นอนว่าปัญหาเมื่อใช้งานท่อทางต่าง ๆ ทั้งที่เป็นเหล็กและไม่ใช่เหล็ก เป็นระยะเวลานาน คือ การเกิดการกัดกร่อน (Corrosion) ในรูปแบบต่าง ๆ เมื่อเรือมีอายุมากขึ้น แน่นอนท่อทางก็มีอายุมากขึ้น การดูแลรักษาและซ่อมทำท่อทางนั้นทำได้ยากไม่เหมือนกับตัวเรือ เหตุผลหลักคือ ความยากต่อการตรวจสอบ เนื่องจากสองปัจจัยสำคัญ ก) จำนวนของท่อทาง (Numbers) และ ข) การเข้าถึงพื้นที่ของท่อทางที่ต้องการตรวจสอบ (Accessibility) ในทางปฏิบัติแล้วมันเป็นเรื่องที่แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่เราจะดูแลรักษาท่อทางต่าง ๆ จากภายใน ซึ่งเป็นบริเวณที่การกัดกร่อนแบบต่าง ๆ เกิดขึ้นมากที่สุด และบางครั้งก็ยากที่จะดูแลรักษาพื้นผิวของท่อทางต่าง ๆ ในพื้นที่ปิดภายในเรือ ดังนั้นระบบท่อทางในเรือส่วนใหญ่จึงไม่ได้รับความสนใจหรือได้รับความสนใจน้อยมากจนกระทั่งมีความเสียหายเกิดขึ้น เครื่องจักรหยุดทำงาน พื้นเรือท่วมขังหรือเลอะเทอะไปด้วยน้ำหรือน้ำมัน ปัจจุบันได้มีความสนใจเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการนำท่อทางที่ทำจากวัสดุที่ไม่ใช่โลหะมาใช้ในอุตสาหกรรมทางทะเลและในเรือเดินสมุทรประเภทต่าง ๆ วัสดุพอลิเมอร์เป็นหนึ่งในตัวเลือกที่นำมาใช้ในด้วยเหตุหลัก ๆ คือ น้ำหนักเบาและไม่เกิดสนิม

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับวัสดุพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ (Polymer) เป็นวัสดุซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์หรือโดยการเปลี่ยนมาจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันดิบหรือน้ำมันปิโตรเลียม และถ่านหิน) สามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานตามที่เราต้องการได้เมื่อหลอมเหลวโดยความร้อนหรือความดัน พอลิเมอร์ถ้าแปลง่าย ๆ จะหมายถึง มีหลาย ๆ เมอร์ หรือการนำเอาโมโนเมอร์ (Monomer) หลาย ๆ ตัวมาต่อกันสายโซ่ยาว ๆ หรือโมเลกุลที่เป็นโครงร่างตาข่ายโดยปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดเป็นสารอินทรีย์ และเรียกกระบวนการนี้ว่า พอลิเมอไรเซชัน (Polymerization) ตามรูปที่ ๑



รูปที่ ๑ กระบวนการการเกิดพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization)

พลาสติกเป็นวัสดุพอลิเมอร์ประเภทหนึ่งมีหลากหลายชนิดแตกต่างกันไปตามโครงสร้าง สมบัติ และส่วนประกอบ โดยมีสมบัติทางกายภาพทั่วไปของพลาสติกที่สำคัญดังนี้

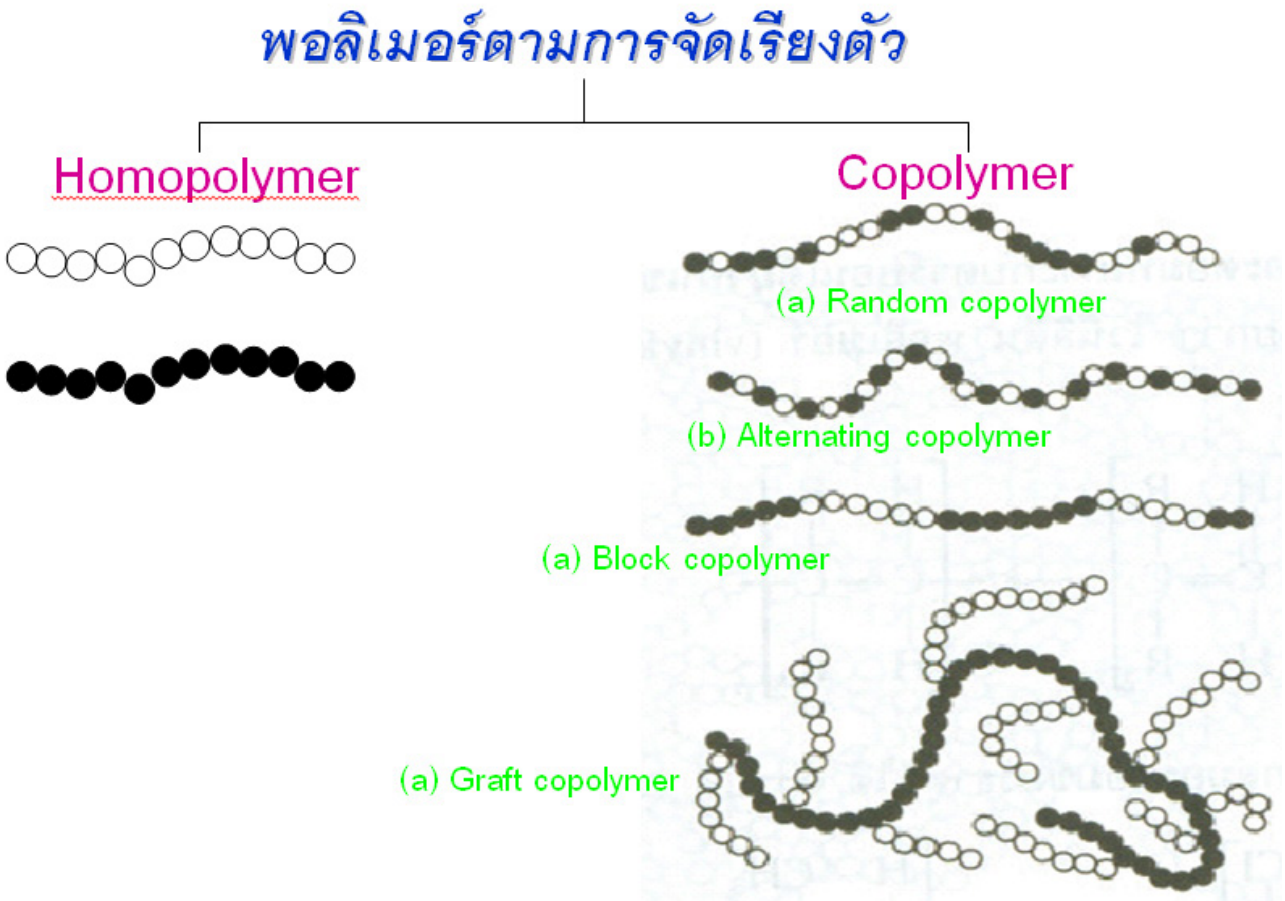
๑. พลาสติกมีน้ำหนักเบา
๒. พลาสติกง่ายต่อการขึ้นรูป
๓. พลาสติกมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ
๔. พลาสติกสามารถทนต่อสารเคมีได้
๕. พลาสติกสามารถเป็นตัวกลางให้สารอื่นไหลผ่านได้
๖. พลาสติกไม่เกิดสนิม

โดยทั่วไปเราจะแบ่งพลาสติกออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ เทอร์โมพลาสติก และ เทอร์โมเซท

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่สามารถทำให้หลอมเหลวหรือเปลี่ยนรูปร่างได้ด้วยความร้อน และจะแข็งตัวเมื่อทำให้เย็น พลาสติกพวกนี้จึงสามารถ Recycle ได้ตลอดโดยสมบัติไม่เปลี่ยนแปลง เทอร์โมพลาสติกโดยมากประกอบด้วยพวก Long Chain Carbon Atoms ที่เกิดพันธะโคเวเลนต์ (Covalent Bond) เข้าด้วยกัน บางครั้งอาจมีธาตุไนโตรเจน (Nitrogen, N) ออกซิเจน (Oxygen, O) หรือกำมะถัน (Sulfur, S) เข้าไปเกิดพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลต่อโมเลกุลจะเกิดพันธะทุติยภูมิ (Secondary Bond) กันอีกด้วย

เทอร์โมเซท (Thermosetting Plastic : Thermoset) เป็นพลาสติกที่ไม่สามารถหลอมเหลวได้ด้วยความร้อน พลาสติกชนิดนี้จะคงรูปอย่างถาวรด้วยการบ่ม “Set” หรือ “Cured” ด้วยปฏิกิริยาเคมีหรือด้วยความร้อน เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะเกิดการสลายตัวหรือไหม้ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถ Recycle พลาสติกชนิดนี้ได้ โดยมาก Thermosetting Plastic ประกอบด้วยคาร์บอนอะตอมที่เกิดพันธะโคเวเลนต์เข้าด้วยกันเป็นโครงร่างตาข่ายได้เป็นของแข็ง บางครั้งในโครงร่างตาข่ายนั้นจะมีอะตอมของธาตุไนโตรเจน ออกซิเจน กำมะถัน หรืออะตอมอื่น ๆ เข้าไปเกิดพันธะโคเวเลนต์ร่วมด้วย

บางครั้งเราอาจจะใช้จำนวนชนิดและการจัดเรียงตัวของโมโนเมอร์เป็นเกณฑ์การจำแนกชนิดของพอลิเมอร์ได้



รูปที่ ๒ การจำแนกชนิดของพอลิเมอร์ตามจำนวนชนิดและการจัดเรียงตัวของโมโนเมอร์

การพิจารณาเลือกใช้ท่อพลาสติกบนเรือ

ปัจจุบันสมาคมจัดชั้นเรือต่าง ๆ (Classification Societies) เช่น Lloyd's Register of Shipping (LR) และ Det Norke Veritas Classification A.S. (NDV) ได้ออกกฎเกณฑ์และมาตรฐานในการออกแบบ การผลิต รวมไปถึงการทดสอบต่าง ๆ สำหรับท่อพลาสติกที่จะนำมาใช้บนเรือไว้แล้ว ซึ่งส่วนใหญ่จะอิงตามคำแนะนำในการใช้ท่อทางพลาสติกบนเรือขององค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (Guidelines for The Application of Plastic Pipes on Ships : International Maritime Organization (IMO) Resolution A.753) และตามอนุสัญญาระหว่างประเทศว่าด้วยความปลอดภัยแห่งชีวิตในทะเล ค.ศ.๑๙๗๔ (International Convention for The Safety of Life at Sea 1974 : SOLAS 1974) โดยสมาคมจัดชั้นเรือต่าง ๆ ได้แบ่งระบบท่อทางออกเป็นสามชั้น (Class) ใหญ่ ๆ ตามตารางที่ ๑ และแนะนำว่าท่อทางพลาสติกนั้น**เหมาะสมกับงานใน Class III มากที่สุด** แต่สามารถนำไปใช้กับ Class อื่น ๆ ได้แต่ต้องได้รับการพิจารณาพิเศษเป็นกรณีไป ตัวอย่าง จากตารางที่ ๑ เราจะเห็นว่าท่อทางที่ใช้กับน้ำทะเล ที่มีอุณหภูมิใช้งานสูงสุด 40°C และมีความดันใช้งานสูงสุด 10 bar จะจัดอยู่ใน Class III เป็นต้น

Classes of Piping Systems						
Piping System for	Class I		Class II		Class III	
	p (bar)	T (°C)	p (bar)	T (°C)	p (bar)	T (°C)
Steam, Thermal Oil	> 16	or > 300	≤ 16	and ≤ 300	≤ 7	and ≤ 170
Fuel Oil, Lubricating Oil, Flammable Hydraulic Oil	> 16	or > 150	≤ 16	and ≤ 150	≤ 7	and ≤ 60
Other Media	> 40	or > 300	≤ 40	and ≤ 300	≤ 16	and ≤ 200

p = ความดันที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ (Design Pressure) ซึ่งก็คือ ความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Working Pressure) หน่วย : bar หรือ kgf/cm²

T = อุณหภูมิที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ (Design Temperature) ซึ่งก็คือ อุณหภูมิใช้งานสูงสุดของของไหลภายในท่อ หน่วย : °C

ตารางที่ ๑ Classes of Piping Systems

การนำท่อทางพลาสติกมาใช้ในเรือ ในขั้นต้นควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

๑. ความดันภายใน (Internal Pressure) เราต้องทราบถึงค่าความดันระบุภายใน (Nominal Internal Pressure) หรือค่าความดันภายในที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิหนึ่ง สามารถหาได้จาก

$pNi \le p_{st}/4$ หรือ $pNi \le p_{lt}/2.5$ (โดยเลือกค่า pNi อันที่น้อยกว่า)

pNi = ค่าความดันระบุภายใน

p_{st} = Short Term Hydrostatic Test Failure Pressure (ทดสอบจนท่อแตก)

p_{lt} = Long Term Hydrostatic Test Failure Pressure (ความดันที่ทำให้ท่อเกิดการขยายตัว ๕ เปอร์เซ็นต์ ที่ ๑๐๐,๐๐๐ ชั่วโมงใช้การ)

๒. ความดันภายนอก (External Pressure) ในกรณีที่นำท่อทางไปใช้ในสภาวะที่ก่อให้ Vacuum ภายในท่อหรือมีค่าเฮดสถิตย์ (Static Pressure Head) กระทำกับท่อ เราควรทราบค่าความดันระบุภายนอก (Nominal Internal Pressure) หรือค่าความดันภายนอกที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิหนึ่ง สามารถหาได้จาก

$pNe \le p_{col}/3$

pNe = ค่าความดันระบุภายนอก (ต้องไม่น้อยกว่า 1 bar)

p_{col} = Pipe Collapse Pressure (ทดสอบจนท่อเสียหาย)

๓. ความดันปลอดภัยใช้งานและขีดจำกัดของอุณหภูมิ (Permissible Working Pressure and Temperature Limits) เมื่ออุณหภูมิของของไหลภายในท่อสูงขึ้นความแข็งแรงของท่อพลาสติกจะลดลง (ตารางที่ ๒ และ ๓) ทั้งสองตารางแสดงถึงความดันปลอดภัยใช้งานที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของท่อพลาสติกทั้งแบบเสริมและไม่เสริมความแข็งแรง ตัวอย่าง จากตารางที่ ๒ ถ้าเรานำท่อทาง ABS ที่มี PN 16 มาใช้กับระบบน้ำจืดที่มีอุณหภูมิ 70 °C จะมีค่าความดันปลอดภัยใช้งานเหลือแค่ 6 bar และไม่สามารถใช้ท่อนี้กับระบบน้ำจืดที่มีอุณหภูมิมากกว่า 70 °C จากตารางทั้งสอง เราจะเห็นว่าท่อพลาสติกมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิที่ต่ำมาก (ส่วนใหญ่ < 70 °C)

Material	Nominal pressure, bar	Maximum permissible working pressure, bar						
		–20 to 0°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C
PVC	10		7,5	6				
	16		12	9	6			
ABS	10	7,5	7,5	7	6			
	16	12	12	10,5	9	7,5	6	
HDPE	10	7,5	6					
	16	12	9,5	6				

Abbreviations
PVC Polyvinyl chloride
ABS Acrylonitrile – butadiene – styrene
HDPE High density polyethylene

ตารางที่ ๒ Typical Temperature and Pressure Limits for Thermoplastic Pipes (For Fresh Water)
Nominal Pressure = ความดันภายในที่กำหนดให้สำหรับใช้งาน ณ อุณหภูมิหนึ่ง 20 °C หรือเรียกว่า PN

Minimum heat distortion temperature of resin	Nominal pressure, bar	Maximum permissible working pressure, bar							
		–50 to 30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	95°C
80°C	10	10	9	7,5	6				
	16	16	14	12	9,5				
	25	16	16	16	15				
100°C	10	10	10	9,5	8,5	7	6		
	16	16	16	15	13,5	11	9,5		
	25	16	16	16	16	16	15		
135°C	10	10	10	10	10	9,5	8,5	7	6
	16	16	16	16	16	15	13,5	11	9,5
	25	16	16	16	16	16	16	16	15

ตารางที่ ๓ Glassfibre Reinforced Epoxy (GRE) and Polyester Pipes (GRP)
Permissible Pressures and Temperature Limits

๔. Ageing คือการเกิด Oxidation ของท่อพลาสติกกับ O_2 ซึ่งจะทำให้คุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของท่อเปลี่ยนไป (ลดลง) กระบวนการเกิด Ageing นี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น ความร้อน อุณหภูมิ ลักษณะของบรรยากาศ และสภาพแวดล้อม ฯลฯ

๕. ความล้า (Fatigue) ถูกนำมาพิจารณาเมื่อท่อทางต้องไปรับแรงที่มีลักษณะเป็นรอบซ้ำไปมา (Cyclic or Fluctuating Loads) ติดต่อเป็นระยะเวลานาน

๖. ความต้านทานต่อการสึกกร่อน (Erosion Resistance หรือ Abrasion Resistance) ถูกนำมาพิจารณาเมื่อของไหลภายในท่อมีคุณสมบัติการกัดกร่อนต่อผิวท่อด้านในสูงและของไหลภายในท่อมีความเร็วสูงขณะใช้งาน

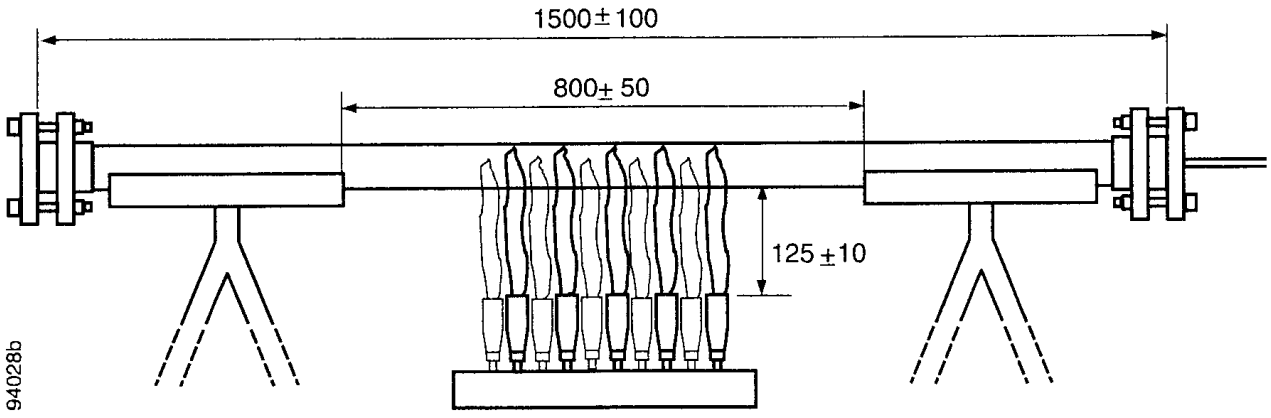
๗. ความดูดซับของไหล (Fluid Absorption) ของท่อต้องไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของท่อ

๘. ความเข้ากันได้ของวัสดุ (Materials Compatibility) จะต้องเลือกวัสดุที่นำมาทำท่อให้เหมาะสมกับของไหลที่เราต้องการจะส่งถ่ายหรือเหมาะสมกับสารที่ท่อต้องไปจุ่มอยู่เป็นเวลานาน

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษนอกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาขั้นต้นแล้ว คือ ***มาตรฐานความทนไฟของท่อพลาสติก*** ที่ต้องเป็นไปตามตารางที่ ๔ โดยตารางที่ ๔ จะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างระบบท่อทางที่ต้องการนำท่อพลาสติกไปใช้ ตำแหน่ง และเกณฑ์มาตรฐานการทนไฟ ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการนำท่อพลาสติกไปใช้กับน้ำทะเลในระบบน้ำดับเพลิงในห้องเครื่อง เราต้องไปดูที่ *Sea Water – 13 Fire Main and Water Spray และ Location : Machinery Spaces Of Category A* ซึ่งเราจะเห็นได้ว่าเราต้องใช้ท่อที่ผ่านเกณฑ์ L1 เป็นต้น จากตารางที่ ๔ เราจะเห็นว่าท่อพลาสติกเหมาะสมกับระบบน้ำทะเล (Sea Water) ระบบน้ำจืด (Fresh Water) ระบบระบายน้ำโสโครกต่าง ๆ (Sanitary and Drains and Scuppers) และระบบเบ็ดเตล็ดต่าง ๆ (Miscellaneous)

การทดสอบความทนไฟของท่อพลาสติกจะแบ่งเป็นสามระดับ คือ L1 L2 และ L3 กระบวนการในการทดสอบจะไม่แตกต่างกัน ยกเว้นระยะเวลาในการทดสอบและการใส่/ไม่ใส่ของไหลภายในท่อขณะทดสอบ โดย L1 ระยะเวลาในการทดสอบคือ ๖๐ นาทีและไม่ใส่ของไหลภายในท่อขณะทดสอบ (Dry Condition) L2 ระยะเวลาในการทดสอบคือ ๓๐ นาทีและไม่ใส่ของไหลภายในท่อขณะทดสอบ (Dry Condition) L3 ระยะเวลาในการทดสอบคือ ๓๐ นาทีและใส่ของไหลภายในท่อขณะทดสอบ (Wet Condition) ท่อที่ผ่าน L1 จะถือว่ามีความทนไฟสูงสุด L3 ต่ำสุด ดังนั้นทุกครั้งในการเลือกใช้ท่อทางพลาสติกเราต้องตรวจสอบเสมอว่าระบบนั้น ๆ ต้องการท่อที่ผ่าน L1 L2 หรือ L3 (ตามตารางที่ ๔) ส่วนรูปที่ ๓ แสดงถึงภาพตัวอย่างในการติดตั้งและทดสอบการทนไฟของท่อ ตารางที่ ๕ รวบรวมเอามาตรฐานต่าง ๆ ที่ผู้ผลิตท่อทางพลาสติกต้องผ่านในแต่ละคุณสมบัติที่สำคัญ

ท่อทางพลาสติกที่ผ่านมาตรฐานของชั้นเรือ รวมทั้งผู้ผลิตผ่านเกณฑ์การทดสอบตามตารางที่ ๕ สามารถพิจารณานำมาใช้ได้ โดยให้เป็นไปตามดุลพินิจและความเหมาะสม แต่ควรมีการทดสอบ Hydrostatic Test ในขั้นตอนของการตรวจรับพัสดุ (โดยทั่วไปความดันในการทดสอบจะเท่ากับ ๑.๕ เท่าของความดันที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ) และหลังการติดตั้งบนเรือ (ตามตารางที่ ๖) โดยเจ้าหน้าที่ของกรมอู่ทหารเรือ



รูปที่ ๓ Fire Endurance Test : Stand with Mounted Sample (All Dimension in mm)

Piping systems		Location										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		Machinery spaces of category A	Other machinery spaces	Cargo pump rooms	Ro/Ro cargo holds	Other dry cargo holds	Cargo tanks	Fuel oil tanks	Ballast water tanks	Cofferdams, void spaces, pipe tunnel and ducts	Accommodation service and control spaces	Open decks
CARGO Flammable cargoes (flash point ≤ 60°C)												
1	Cargo lines	NA	NA	L1	NA	NA	0	NA	0 [10]	0	NA	L1 [2]
2	Crude oil washing lines	NA	NA	L1	NA	NA	0	NA	0 [10]	0	NA	L1 [2]
3	Vent lines	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	0 [10]	0	NA	X
INERT GAS												
4	Water seal effluent line	NA	NA	0 [1]	NA	NA	0 [1]	0 [1]	0 [1]	0 [1]	NA	0
5	Scrubber effluent line	0 [1]	0 [1]	NA	NA	NA	NA	NA	0 [1]	0 [1]	NA	0
6	Main line	0	0	L1	NA	NA	NA	NA	NA	0	NA	L1 [6]
7	Distribution lines	NA	NA	L1	NA	NA	0	NA	NA	0	NA	L1 [2]
FLAMMABLE LIQUIDS (flash point > 60°C)												
8	Cargo lines	X	X	L1	X	X	NA [3]	0	0 [10]	0	NA	L1
9	Fuel oil	X	X	L1	X	X	NA [3]	0	0	0	L1	L1
10	Lubricating oil	X	X	L1	X	X	NA	NA	NA	0	L1	L1
11	Hydraulic oil	X	X	L1	X	X	0	0	0	0	L1	L1
SEAWATER [1]												
12	Bilge main and branches	L1 [7]	L1 [7]	L1	X	X	NA	0	0	0	NA	L1
13	Fire main and water spray	L1	L1	L1	X	NA	NA	NA	0	0	X	L1
14	Foam system	L1	L1	L1	NA	NA	NA	NA	NA	0	L1	L1
15	Sprinkler system	L1	L1	L3	X	NA	NA	NA	0	0	L3	L3
16	Ballast	L3	L3	L3	L3	X	0 [10]	0	0	0	L2	L2
17	Cooling water, essential services	L3	L3	NA	NA	NA	NA	NA	0	0	NA	L2
18	Tank cleaning services, fixed machines	NA	NA	L3	NA	NA	0	NA	0	0	NA	L3 [2]
19	Non-essential systems	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0
FRESHWATER												
20	Cooling water, essential services	L3	L3	NA	NA	NA	NA	0	0	0	L3	L3
21	Condensate return	L3	L3	L3	0	0	NA	NA	NA	0	0	0
22	Non-essential systems	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0
SANITARY AND DRAINS AND SCUPPERS												
23	Deck drains (internal)	L1 [4]	L1 [4]	NA	L1 [4]	0	NA	0	0	0	0	0
24	Sanitary drains (internal)	0	0	NA	0	0	NA	0	0	0	0	0
25	Scuppers and discharges (overboard)	0 [1] [8]	0 [1] [8]	0 [1] [8]	0 [1] [8]	0 [1] [8]	0	0	0	0	0 [1] [8]	0
SOUNDING AND AIR												
26	Water tanks or dry spaces	0	0	0	0	0	0 [10]	0	0	0	0	0
27	Oil tanks (flash point > 60°C)	X	X	X	X	X	X [3]	0	0 [10]	0	X	X
MISCELLANEOUS												
28	Control air	L1 [5]	L1 [5]	L1 [5]	L1 [5]	L1 [5]	NA	0	0	0	L1 [5]	L1 [5]
29	Service air (non-essential)	0	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0

Abbreviations

L1 Fire endurance test in dry conditions, 60 minutes, Appendix 1 of IMO Res. A.753(18)
L2 Fire endurance test in dry conditions, 30 minutes, Appendix 1 of IMO Res. A.753(18)
L3 Fire endurance test in wet conditions, 30 minutes, Appendix 2 of IMO Res. A.753(18)
0 No fire endurance test required
NA Not applicable
X Metallic materials having a melting point greater than 925°C.

ตารางที่ ๔ Fire Endurance Requirements Matrix

Test Item	Testing Method	Criteria
Strength against internal pressure of pipe	*ASTM D* 1599 *JIS K* 6741/6742	To be free from leakage.
Strength against external pressure of pipe	*ASTM D* 2924	Collapse
Tensile strength	*ASTM D* 2990/2105 *JIS K* 6741/6742 (equiv.)	*
Flattening test of pipe	*JIS K* 6741/6742 *JIS K* 6776/6777 (equiv.)	*PVC* : To be free from leakage. *GRP* : To be free from cracks when compressed by 10% of inside diameter.
Strength against impact force	*ASTM D* 2444	After the impact test the specimen is to be subjected to hydrostatic pressure equal to 2.5 times the design pressure for at least 1 *hour*.
Heat dependence of material	*ISO* 75 *Method A* *JIS K* 7191 Method *A*	Minimum heat distortion temperature $\geq$ 80℃ Permissible working temperature depending on the working pressure $\leq$ (Minimum heat distortion temperature -20℃)
Hot internal pressure creepage of pipe	*JIS K* 6776/6777 (equiv.)	To be free from leakage.
Flame spread	*IMO Res.A*753(18) *Appendix* 3	To have low surface flame spread characteristics not exceeding average values listed in the *FTP* Code(1), *ANNEX* 1, Part 5.
	ASTM D 635	HB
	5.24.3 of *JIS K* 6911	HB
Fire endurance	*IMO Res.A*753(18)	L1 : Fire endurance test (*IMO Res.A*753(18) *Appendix* 1) in dry conditions, 60*min* L2 : Fire endurance test (*IMO Res.A*753(18) *Appendix* 1) in dry conditions, 30*min* L3 : Fire endurance test (*IMO Res.A*753(18) *Appendix* 2) in wet conditions, 30*min*
Electric conductivity	*JIS K* 6911	Surface electrical resistance less than $1 M\Omega$
Durability against chemicals	*ASTM D* 3681	*

Note

(1) "*FTP* Code" means the "*INTERNATIONAL CODE FOR APPLICATION OF FIRE TEST PROCEDURES*", as adopted by the Maritime Safety Committee of the International Maritime Organization by resolution MSC.61(67) adopted on 5 December 1996.

ตารางที่ ๕ Requirement and Criteria of Approval Test for Process of Manufacturer of Plastic Pipes

Piping system	*Test pressure*
Fuel oil piping	1.5 maximum working pressure, minimum 4 bar
Heating coils in tanks	
Bilge and fire pipes	
Class III pipelines for steam, compressed air and feed water	
Hydraulic piping	1.5 maximum working pressure. The test pressure need not exceed the working pressure by more than 70 bar
Piping systems made from non-metallic material (plastic)	1.5 maximum working pressure. Minimum 6 bar. Minimum duration 1 hour

ตารางที่ ๖ Hydrostatic Testing After Installation on Board

บทสรุป

ถึงแม้ว่าจะมีปัจจัยหรือคุณสมบัติหลายอย่างที่ต้องนำมาพิจารณาก่อนนำท่อทางพอลิเมอร์มาใช้งาน แต่สามารถสรุปจากข้อมูลที่เสนอมาเบื้องต้นได้ดังนี้

• ท่อทางพอลิเมอร์หรือท่อทางพลาสติกเหมาะสมกับงานใน Class III มากที่สุด แต่สามารถนำไปใช้กับ Class อื่น ๆ ได้แต่ต้องได้รับการพิจารณาพิเศษเป็นกรณีไป

• ท่อทางพอลิเมอร์หรือท่อทางพลาสติกมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิที่ต่ำ (ส่วนใหญ่ < 70 ℃) ดังนั้นในการเลือกใช้ท่อต้องคำนึงถึง ขีดจำกัดของอุณหภูมิและความดันปลอดภัยใช้งานที่อุณหภูมิต่าง ๆ

• ในการเลือกใช้ท่อทางพลาสติกทุกครั้ง เราต้องตรวจสอบเสมอว่าระบบนั้น ๆ ต้องการท่อที่ผ่านมาตรฐานความทนไฟชั้นใด (L1 L2 หรือ L3)

• ท่อทางพลาสติกเหมาะสมกับการใช้งานในระบบน้ำทะเล (Sea Water) ระบบน้ำจืด (Fresh Water) ระบบระบายน้ำโสโครกต่าง ๆ (Sanitary and Drains and Scuppers) และระบบเบ็ดเตล็ดต่าง ๆ (Miscellaneous)

• ท่อทางพลาสติกที่ผ่านมาตรฐานของชั้นเรือ รวมทั้งผู้ผลิตผ่านเกณฑ์การทดสอบต่าง ๆ สามารถพิจารณานำมาใช้ได้ โดยให้เป็นไปตามดุลพินิจและความเหมาะสม แต่ควรมีการทดสอบ Hydrostatic Test ในขั้นตอนของการตรวจรับพัสดุและหลังการติดตั้งบนเรือ โดยเจ้าหน้าที่ของกรมอู่ทหารเรือ

บรรณานุกรม

Guidelines for The Application of Plastic Pipes on Ships : International Maritime Organization (IMO) Resolution A.753.

International Convention for The Safety of Life at Sea 1974 : SOLAS 1974.

A Master's Guild to Ships' Piping, Standard P&I Club by The Managers' London Agents, www.standard-club.com

Main and Auxiliary Machinery, Part 5, Rules and Regulations for The Classification of Ships, Lloyd's Register of Shipping, July 2002.

Piping Systems, Part 4 Chapter 6, Machinery and Systems – Main Class, Rules for Classification of Ships, Det Norske Veritas, July 2008.

วารุณี อริยวิริยะนันท์. **เอกสารประกอบการบรรยายวิชาวัสดุวิศวกรรม (Engineering Materials) Part V : Polymer Materials**. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, มปป.



เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) พลังงานสะอาดจาก H_2

นาวาตรี กิตติ์ธนภูมิ ว่องวรานนท์
ประจำแผนกวิจัย กองวิจัยและพัฒนา
กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา แหล่งพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ได้จาก น้ำมันเชื้อเพลิง แต่ความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นและแหล่งผลิตที่มีอยู่จำกัด ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำมัน จากเหตุดังกล่าวจึงได้มีการค้นคว้าและพัฒนาแหล่งพลังงานเพื่อทดแทนพลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งทางเลือกอันหนึ่งก็คือ การใช้ *"เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell)"*

"เซลล์เชื้อเพลิง" หรือ "Fuel Cell" คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้กระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงและออกซิเจนเป็นตัวออกซิแดนซ์ มีลักษณะการทำงานคล้ายกับแบตเตอรี่แต่ไม่จำเป็นต้องมีการชาร์จประจุ เพียงแต่ต้องมีเชื้อเพลิงให้เท่านั้น ข้อดีของเซลล์เชื้อเพลิงคือ มีประสิทธิภาพการทำงานสูงและปราศจากมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เรียกได้ว่าเซลล์เชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่นำมาสู่ยุคใหม่ของพลังงานก็ว่าได้ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงได้พัฒนาจนใกล้จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทดแทนแหล่งพลังงานไฟฟ้าแบบเก่าได้ทุกประเภท ตั้งแต่เป็นแหล่งพลังงานให้กับที่อยู่อาศัยไปจนถึงชุมชนขนาดใหญ่ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง ๑๐๐ เมกะวัตต์

การค้นพบ[๑]



Sir William Grove

หลักการของเซลล์เชื้อเพลิงถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวิส Christian Friedrich Schönbein ในปี ค.ศ.๑๘๓๘ และจากหลักการดังกล่าว ในปี ค.ศ.๑๘๓๙ เซลล์เชื้อเพลิงจึงได้ถูกสร้างขึ้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาว Welsh Sir William Grove ต้นแบบของเขาได้ตีพิมพ์ในปี ค.ศ.๑๘๔๓ จนกระทั่งในปี ค.ศ.๑๙๕๙ วิศวกรชาวอังกฤษ Francis Thomas Bacon ได้สร้างเซลล์เชื้อเพลิงขนาด ๕ กิโลวัตต์ได้สำเร็จ หลังจากนั้นเป็นต้นมาในช่วงปี ค.ศ.๑๙๖๐ ถึง ค.ศ.๑๙๗๐ เซลล์เชื้อเพลิงจึงถูกนำมาใช้เป็นอุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าในยานอวกาศเจมินีและอพอลโล

ชนิดของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell)[๒]

๑. Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) เป็นชนิดที่ได้รับความนิยมและจะถูกนำไปใช้ในรถยนต์ในอนาคต

๒. Alkaline Fuel Cell (AFC) เป็นชนิดแรกที่มีการสร้างขึ้นมา เคยถูกใช้ในโครงการอวกาศของสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ.๑๙๖๐

๓. Phosphoric - Acid Fuel Cell (PAFC) เป็นระบบที่มีแนวโน้มที่จะถูกนำไปใช้ในสถานีไฟฟ้าขนาดเล็ก เนื่องจากทำงานที่อุณหภูมิสูงกว่าแบบ PEMFC

๔. Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) เป็นระบบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในสถานีไฟฟ้าขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มาก มีปัญหาเรื่องเสถียรภาพ แต่ก็มีข้อดีตรงที่ว่า ไอน้ำอุณหภูมิสูงที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการนี้ สามารถนำไปใช้ปั่นกังหันก๊าซต่อได้ ทำให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มขึ้นอย่างมาก

๕. Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) เหมาะสมสำหรับสถานีไฟฟ้าขนาดใหญ่ สามารถให้ไอน้ำความดันสูงเพื่อมาช่วยผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และเนื่องจากทำงานที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า SOFC ทำให้ไม่ต้องใช้วัสดุพิเศษ จึงทำให้ระบบนี้ใช้งบประมาณที่น้อยกว่า

Fuel Cell ทำงานอย่างไร [๓]

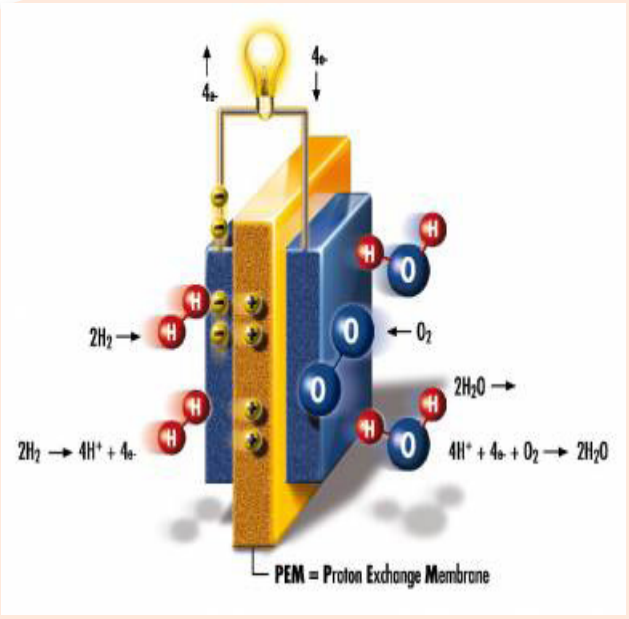
เซลล์เชื้อเพลิงประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า ๒ ขั้ว คือ ขั้วแอโนด (ขั้วลบ) และขั้วแคโทด (ขั้วบวก) รอบสารละลายอิเล็กโทรไลต์

$$2H_2 \longrightarrow 4H^+ + 4e^-$$

ที่ขั้วแอโนดให้แก๊สไฮโดรเจนเข้าไป แก๊สไฮโดรเจนแพร่ผ่านแอโนด แก๊สไฮโดรเจนถูกเร่งด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาให้ไฮโดรเจนไอออนกับอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนถูกส่งผ่านเข้าไปในสายไฟเกิดกระแสไฟฟ้า จากนั้นเคลื่อนที่ไปยังขั้วแคโทด ดังสมการ

$$4H^+ + 4e^- + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

แรงดันไฟฟ้าที่ได้ต่อหนึ่งเซลล์มีค่าประมาณ ๑ โวลต์ และได้กระแสออกมาประมาณ ๑๐ แอมแปร์ ซึ่งถ้านำมาต่ออนุกรมกัน (Fuel Cell Stack) ๑๒ เซลล์ ก็จะได้แรงดันไฟฟ้า ๑๒ โวลต์เหมือนกับแบตเตอรี่



ลักษณะของ Hydrogen Fuel Cell [๔]

การประยุกต์ใช้งานของเซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell Application) [๕]



Necar 4 *รถยนต์เซลล์เชื้อเพลิงจากบริษัท Daimler Chrysler ใช้ไฮโดรเจนเหลวเป็นเชื้อเพลิง ทำความเร็วสูงสุดได้ประมาณ ๑๔๔ กิโลเมตร/ชั่วโมง และสามารถวิ่งได้ ๔๕๐ กิโลเมตร ก่อนที่จะต้องเติมเชื้อเพลิงอีกครั้ง*



เครื่องผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์เชื้อเพลิงขนาดใหญ่ มีกำลังผลิต ๒๕๐ กิโลวัตต์ ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ถูกติดตั้งในเยอรมันเพื่อทดสอบการใช้งาน



ต้นแบบเซลล์เชื้อเพลิงแบบพกพาขนาด ๑๐๐ วัตต์ กำลังจ่ายพลังงานให้กับโทรทัศน์และเครื่องเล่นวีดิโอ



เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook ของ NEC ใช้เซลล์เชื้อเพลิงแบบโพลิเมอร์แทนแบตเตอรี่ จ่ายไฟได้สูงสุด ๒๔ วัตต์ ทำงานติดต่อกันได้นาน ๕ ชั่วโมง

ข้อดีและข้อเสีย[๕]

ข้อดี	ข้อเสีย
๑. Fuel Cell มีประสิทธิภาพสูงกว่าอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าทั่วไป เพราะว่า Fuel Cell ไม่ได้เปลี่ยนรูปพลังงานในรูปความร้อนหรือการเผาไหม้	๑. การกักเก็บและการผลิตไฮโดรเจนให้มีความบริสุทธิ์ทำได้ยาก มีค่าใช้จ่ายสูง
๒. เป็นแหล่งพลังงานสะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษ	๒. ต้นทุนในการผลิตสูง ราคาขายที่ให้ผู้บริโภคทั่วไปเป็นเจ้าของยังคงห่างไกลความจริง
๓. Fuel Cell ง่ายต่อการดูแลรักษาและไม่เกิดเสียงดังในขณะทำงาน	๓. เกิดการรั่วได้และเชื้อเพลิงไวต่อการติดไฟ
๔. มีประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าสูงและใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยเมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ได้	
๕. สามารถใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาถูกกับ Fuel Cell ที่สามารถทำงานที่อุณหภูมิสูงได้	
๖. สำหรับ Fuel Cell ที่สามารถทำงานที่มีอุณหภูมิสูง สามารถนำความร้อนที่ได้มาผลิตกระแสไฟฟ้าได้	

เซลล์เชื้อเพลิง (Fuel Cell) สำหรับอนาคตกองทัพไทย[๖]

กองทัพไทยโดยกรมการพลังงานทหาร ได้เห็นความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์เชื้อเพลิงมาตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๓๗ โดยร่วมมือกับมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพื่อศึกษาเซลล์เชื้อเพลิงแบบ Proton Exchange Membrane หรือแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ผลการศึกษาได้สร้างระบบทดสอบเพื่อเก็บข้อมูล ทำให้ทราบถึงกลไกการทำงาน ต่อมาในห้วงปี พ.ศ.๒๕๔๖ ถึง พ.ศ.๒๕๔๗ ได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงแบบ PEMFC ขนาดกำลังไฟฟ้า ๕๐ วัตต์ และสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น วิทยุสื่อสารทหาร PRC - 77 และในปี พ.ศ.๒๕๕๑ ได้ร่วมมือกับหน่วยงานจาก ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือ MTEC ในการสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน ขนาด ๑ กิโลวัตต์ โดยที่ได้พัฒนามาแล้ว ๒ รุ่น โดยรุ่นล่าสุดได้พัฒนาให้มีการเพิ่มแบตเตอรี่เพื่อช่วยในการเริ่มต้นการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีลักษณะดังรูป



(ก) *(ข)*

รูป PEMFC

(ก) Version 1 *(ข) Version 2 (มีการติดตั้งแบตเตอรี่ในตัว)*

ข้อมูลทั่วไป

๑. สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ๒๒๐ โวลต์, ๐ - ๔ แอมแปร์ และ กระแสตรง ๔๘ โวลต์, ๐ - ๒๐ แอมแปร์
๒. กำลังสูงสุดหอเซลล์ ๑,๐๐๐ วัตต์ กำลังไฟฟ้าด้านออก ๙๐๐ วัตต์ โดยใช้ไฮโดรเจน (๙๙.๙๙๙ %) ๑๕ ลิตรต่อนาที (ถังขนาด ๗ ลูกบาศก์เมตร ราคาประมาณ ๓,๐๐๐.- บาท ใช้ได้นานประมาณ ๗ ชั่วโมง)
๓. สามารถควบคุมอัตราการไหลของไฮโดรเจนตามค่าพลังงานใช้จริง
๔. มีระบบการตรวจจับและป้องกันอันตรายจากการรั่วไหล
๕. เลือกแหล่งจ่ายไฮโดรเจนจากถังภายในหรือภายนอกเครื่องได้

จากข้อมูลข้างต้นนั้น ผู้เขียนได้รวบรวมข้อมูลจากการเข้าฟังบรรยายของโครงการวิจัยการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนเพื่อภารกิจด้านความมั่นคง ของกรมการพลังงานทหาร โดยมีข้อคิดเห็นส่วนตัวต่อการนำมาใช้ประโยชน์ดังนี้ ในอนาคตเซลล์เชื้อเพลิงจะเริ่มมีบทบาทมากขึ้นในแง่พลังงานทางเลือก แต่ยังไงก็แล้วแต่พลังงานที่ใช้ผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงจากรูปแบบอื่นมาผลิต หากมีการใช้พลังงานจากเซลล์เชื้อเพลิง ก็จำเป็นที่จะมองพลังงานทางเลือกอื่นควบคู่กัน อันได้แก่ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานลม พลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นต้น ดังนั้นสิ่งที่ต้องคิดคือการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนอย่างไรให้มีต้นทุนต่ำที่สุดหรือไม่มีต้นทุนเลย และจะเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจนอย่างไรให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการนำไปใช้งาน สุดท้ายจากข้อมูลในข้างต้นผู้เขียนขอทิ้งท้ายเป็นคำถามต่อผู้อ่านไว้ว่า ***“ในปัจจุบันเซลล์เชื้อเพลิงเป็นพลังงานทางเลือก แล้วเราควรเลือกใช้กับอุปกรณ์หรือยุทโธปกรณ์อะไรของกองทัพเรือที่เหมาะสมที่สุด ?”***

บรรณานุกรม

[๑] http://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์เชื้อเพลิง

[๒] http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/science04/101/2/html/callsurparng.htm

[๓] http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/electrochemistry/web/4fuel_work.htm

[๔] http://www.odec.ca/projects/2007/truo7j2/fuelcell.htm

[๕] http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/97/fuelcell/fuel-cell.htm

[๖] เอกสารประกอบการบรรยายโครงการวิจัยการพัฒนาเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอนเพื่อภารกิจด้านความมั่นคง ของกรมการพลังงานทหาร



การประกันคุณภาพการศึกษาและการฝึกอบรม ของกรมอู่ทหารเรือ

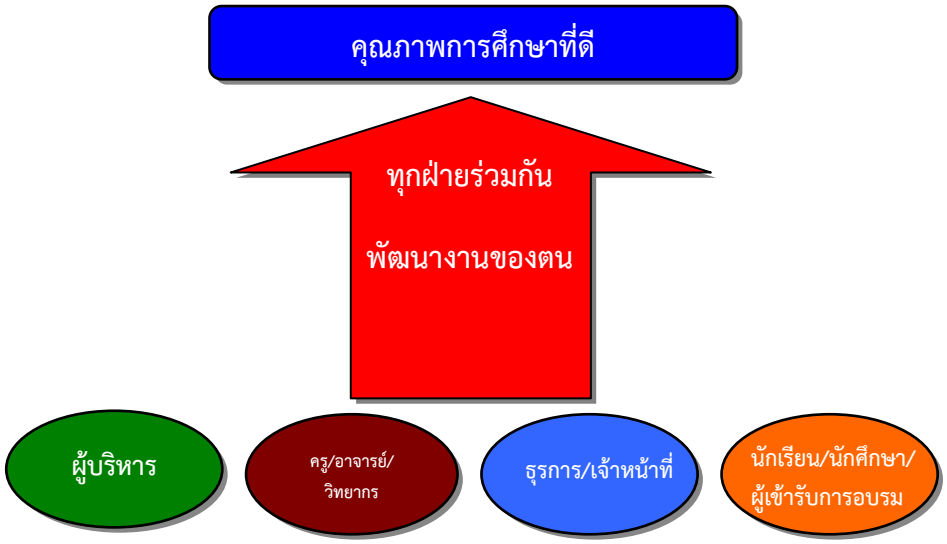
นาวาเอก เริงชัย ประเสริฐจุติมณี
นายทหารปฏิบัติการประจำกรมอู่ทหารเรือ

ในโลกปัจจุบันวิทยาการทางด้านเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว และที่สำคัญในปี พ.ศ.๒๕๕๘ ประเทศไทยกำลังเข้าสู่ประชาคมอาเซียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเพิ่มขีดความสามารถในประชาคมทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะสมรรถนะของคน ให้สามารถแข่งขันในเวทีระหว่างประเทศได้ กรมอู่ทหารเรือจึงได้มีการเตรียมความพร้อมเพื่อการก้าวเข้าสู่การเป็นประชาคมอาเซียน โดยจะมุ่งเน้นเรื่องการศึกษา ซึ่งจัดอยู่ในประชาคมสังคมและวัฒนธรรมที่จะมีบทบาทสำคัญที่จะส่งเสริมให้ประชาคมด้านอื่น ๆ ให้มีความเข้มแข็ง เนื่องจากการศึกษาเป็นรากฐานของการพัฒนาในทุก ๆ ด้าน และจะส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางด้านอาเซียนศึกษา เป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านศาสนาและวัฒนธรรม เพื่อขับเคลื่อนประชาคมอาเซียนด้วยการศึกษา

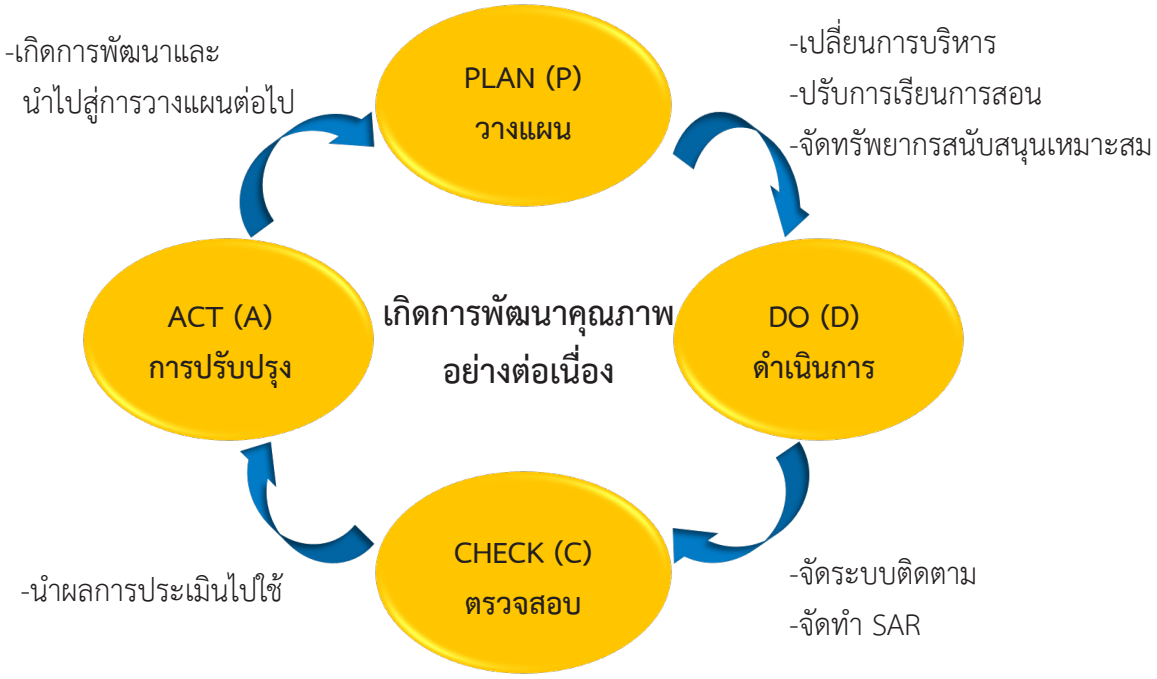
การจัดการศึกษาให้มีคุณภาพเป็นเรื่องจำเป็นที่รัฐจะต้องดำเนินการ เพื่อทำให้ศักยภาพที่มีอยู่ในตัวของผู้เรียนได้รับการพัฒนาได้อย่างเต็มที่ รู้จักคิดวิเคราะห์ รู้จักแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ รู้จักเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถปรับตัวเองให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีจริยธรรม คุณธรรม รู้จักพึ่งตนเองและสามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข ซึ่งสถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน สามารถดำเนินการตามเป้าหมายดังกล่าวได้ด้วยหลักการประกันคุณภาพการศึกษา

การประกันคุณภาพทางการศึกษา เดิมเป็นงานหรือกิจกรรมที่ทางสถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน ได้ดำเนินการกันเป็นกิจวัตรอยู่แล้ว แต่อาจยังไม่ทราบและยังไม่ได้มีการจัดให้เป็นระบบครบถ้วนตามมาตรฐานคุณภาพที่สังคมต้องการเท่านั้น ดังนั้น การประกันคุณภาพทางการศึกษาจึงเป็นกระบวนการวางแผน และกระบวนการจัดการของผู้ที่รับผิดชอบการศึกษาของสถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน ที่จะพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ให้ครบถ้วนตามมาตรฐานคุณภาพที่ได้ระบุไว้ในหลักสูตร และตรงกับความมุ่งหวังของสังคม โดยมีหลักฐานที่จะแสดงให้สังคมเชื่อมั่นว่าได้มีการดำเนินการตามแผนครบถ้วนตามมาตรฐานที่สังคมกำหนดจริง

การสร้างคุณภาพการศึกษาที่ดี ทุกฝ่ายมีความสำคัญเท่าเทียมกันหมดในการร่วมกันพัฒนางานของตนเองให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ อันจะทำให้ภาพรวมของคุณภาพการศึกษาของสถาบันจึงจะดีตามมา ใครมีส่วนสร้างคุณภาพการศึกษาที่ดีบ้าง คำตอบคือทุกฝ่ายต้องร่วมมือกัน ประกอบด้วย ผู้บริหาร ครู/อาจารย์/วิทยากร ธุรการ/เจ้าหน้าที่ นักเรียน/นักศึกษา/ผู้เข้ารับการอบรม ดังภาพข้างล่าง



โดยแต่ละงานหรือกิจกรรมที่ดำเนินการทุกฝ่ายจะต้องควบคุมคุณภาพโดยจัดทำเป็นหลักฐาน ทำเป็นโครงการให้ครบวงจรที่เรียกว่า วงจรเดมิง (Deming Cycle) หรือ วงจรชูฮาร์ต (Shewhart Cycle) หรือ วงจร PDCA จะประกอบด้วย ๔ ขั้นตอน คือ Plan (วางแผน) Do (ดำเนินการ) Check (ตรวจสอบ) Act (การปรับปรุง) ดังรูป



ภาพวงจร PDCA หรือ Deming Cycle

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.๒๕๔๒ และ แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๕ มาตรา ๔๙ ได้กำหนดให้สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (สมศ.) ซึ่งเป็นหน่วยงานอิสระที่ขึ้นตรงกับสำนักนายกรัฐมนตรี ประเมินคุณภาพการศึกษาภายนอกทุกแห่ง อย่างน้อยหนึ่งครั้งในทุก ๆ ห้าปี นับตั้งแต่การประเมินครั้งสุดท้าย และเสนอผลการประเมินต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและสาธารณชน การประเมินคุณภาพการศึกษาภายนอก

โดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (สมศ.)

รอบแรก (พ.ศ. ๒๕๔๔ - ๒๕๔๘) วัตถุประสงค์ เพื่อยืนยันสภาพจริง

รอบสอง (พ.ศ. ๒๕๔๙ - ๒๕๕๓) วัตถุประสงค์ เพื่อรับรองมาตรฐาน

รอบสาม (พ.ศ. ๒๕๕๔ - ๒๕๕๘) วัตถุประสงค์ เพื่อการยืนยันการได้มาตรฐานคุณภาพของคณะวิชาหรือประเภทวิชา ด้านการอาชีวศึกษา

กฎกระทรวงศึกษาธิการว่าด้วยระบบ หลักเกณฑ์ และวิธีการประกันคุณภาพการศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๓ ข้อ ๒๙ กำหนดให้หน่วยงานต้นสังกัดติดตามตรวจสอบคุณภาพการศึกษาอย่างน้อยหนึ่งครั้งในทุกสามปี และแจ้งให้สถานศึกษาทราบ รวมทั้งเปิดเผยผลการติดตามการตรวจสอบคุณภาพการศึกษาต่อสาธารณชน ตามพระราชบัญญัติการอาชีวศึกษา พ.ศ. ๒๕๕๑ มาตรา ๑๒ ระบุไว้ชัดเจนว่า เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาการอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมอาชีพเฉพาะด้าน หากสถานศึกษาหรืออาชีวศึกษาแห่งใดมีความเชี่ยวชาญหรือมีประสบการณ์เฉพาะด้านในสาขาวิชาชีพ ให้คณะกรรมการการอาชีวศึกษา (กอศ.) ส่งเสริมและสนับสนุนสถานศึกษาอาชีวศึกษานั้น เพื่อให้สามารถจัดการอาชีวศึกษาและการฝึกอบรมอาชีพได้อย่างต่อเนื่องและได้รับการพัฒนาให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี

กระทรวงกลาโหม ตระหนักถึงความสำคัญของการประกันคุณภาพการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.๒๕๔๒ และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๔๕ จึงมีคำสั่งกระทรวงกลาโหม (เฉพาะ) ที่ ๒๒๐/๔๕ แสดงเจตนารมณ์และกำหนดนโยบายด้านการจัดการศึกษาขึ้น โดยมุ่งเน้นให้สถาบันการศึกษาสังกัดกระทรวงกลาโหม เร่งรัดดำเนินงานตามนโยบายการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา รวมทั้งพัฒนาระบบการประกันคุณภาพการศึกษาอย่างต่อเนื่องตลอดจนแต่งตั้งคณะกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาและดำเนินงานให้เป็นไปตามนโยบาย นอกจากนี้ ยังกำหนดให้มีการดำเนินการประกันคุณภาพภายในของสถาบันการศึกษาสังกัดกระทรวงกลาโหมทุกขั้นตอน เน้นการประสานงานการมีส่วนร่วมของกำลังพลทุกฝ่าย และให้มีการเตรียมความพร้อมเพื่อการประกันคุณภาพภายนอก ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.๒๕๔๒ และแก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ.๒๕๔๕ ดังกล่าว

กรมอู่ทหารเรือ เป็นหน่วยงานที่ต้องอาศัยช่างฝีมือที่มีความรู้ ความสามารถ และความชำนาญในการซ่อม/สร้างเรือจำเป็นต้องมีหน่วยงานที่ทำหน้าที่ ผลิตและฝึกอบรม ช่างฝีมือที่มีคุณภาพ ซึ่งกรมอู่ทหารเรือได้มอบหน้าที่ดังกล่าวให้กองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ทำหน้าที่ผลิตนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ โดยรับสมัครนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.๓) เข้ามาศึกษา จำนวน ๓ ปี จบการศึกษาได้วุฒิการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ บรรจุเป็นพนักงานราชการ ทำงานที่กรมอู่ทหารเรือหรือหน่วยงานในสายวิทยาการของกรมอู่ทหารเรือ ส่วนหน้าที่อีกหน้าที่หนึ่งก็คือ การฝึกอบรมข้าราชการ ลูกจ้าง และพนักงานราชการที่ทำงานแล้วต้องการพัฒนาขีดความสามารถให้มีสมรรถนะตามสาขาที่สูงขึ้น ในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้น กองการศึกษา ฯ จึงต้องทำประกันคุณภาพการศึกษาสำหรับโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ และทำประกันคุณภาพการฝึกอบรม สำหรับศูนย์พัฒนาอาชีพช่างกองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

การประกันคุณภาพการศึกษาของโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ จะมีกลไกในการผดุงรักษาคุณภาพและมาตรฐานการศึกษา ๒ ระบบ คือ ระบบการประกันคุณภาพภายในและระบบการประกันคุณภาพภายนอก ซึ่งระบบการประกันคุณภาพภายใน โรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ จะได้รับการตรวจประเมินจาก ๒ หน่วยงาน คือ กรมยุทธศึกษาทหารเรือ (ยศ.ทร.) ซึ่งจะตรวจทุกปี และสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ กองบัญชาการกองทัพไทย (สปท.บก.ทท.) ซึ่งจะตรวจทุก ๓ ปี ส่วนระบบการประกันคุณภาพภายนอก โรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ จะได้รับการตรวจประเมินจากสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) (สมศ.) ซึ่งจะตรวจทุก ๕ ปีโดยการตรวจประเมินของโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือจะจัดอยู่ในส่วนการศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี

ตารางสรุปมาตรฐานการศึกษา ตัวบ่งชี้ และน้ำหนัก เพื่อการประเมินคุณภาพในรอบสาม
สำหรับโรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ
(ปีการศึกษา ๒๕๕๔ – ปีการศึกษา ๒๕๕๘)

มาตรฐานการศึกษา	สมศ.		สปท.บก.ทท.		กรมยุทธศึกษาทหารเรือ	
	จำนวนตัวบ่งชี้	น้ำหนัก	จำนวนตัวบ่งชี้	น้ำหนัก	จำนวนตัวบ่งชี้	น้ำหนัก
มาตรฐานที่ ๑ คุณภาพผู้สำเร็จการศึกษา	๔	๓๐	๕	๔๐	๕	๔๐
มาตรฐานที่ ๒ นวัตกรรมและการสร้างองค์ความรู้	๒	๑๐	๔	๑๐	๔	๑๐
มาตรฐานที่ ๓ การบริการทางวิชาการและวิชาชีพ	๒	๑๐	๕	๒๐	๕	๒๐
มาตรฐานที่ ๔ การบริหารจัดการและการพัฒนาสถาบัน	๓	๑๕	๖	๓๐	๘	๔๐
มาตรฐานที่ ๕ การบริหารหลักสูตรและการเรียนการสอน	-	-	๑๗	๔๐	๑๘	๔๕
มาตรฐานที่ ๖ การฝึกศึกษาวิชาทหารและภาวะผู้นำ	-	-	๕	๑๐	๕	๑๐
มาตรฐานที่ ๗ การประกันและพัฒนาคุณภาพภายใน	๒	๑๐	๒	๓๐	๒	๓๐
ตัวบ่งชี้อัตลักษณ์ (๒ เรื่อง)	๑	๑๐	-	-	๑	๑๐
ตัวบ่งชี้มาตรการส่งเสริม (๒ เรื่อง)	๑	๑๐	-	-	๑	๑๐
รวม	๑๕	๙๕	๔๔	๑๘๐	๔๙	๒๑๕

หมายเหตุ : รอบแรก (พ.ศ. ๒๕๔๔ - ๒๕๔๘) วัตถุประสงค์ เพื่อยืนยันสภาพจริง
รอบสอง (พ.ศ. ๒๕๔๙ - ๒๕๕๓) วัตถุประสงค์ เพื่อรับรองมาตรฐาน
รอบสาม (พ.ศ. ๒๕๕๔ - ๒๕๕๘) วัตถุประสงค์ เพื่อการยืนยันการได้มาตรฐานคุณภาพของคณะวิชาหรือประเภทวิชาด้านการอาชีวศึกษา

การพัฒนาคุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐ (Plublic Sector Management Quality Award : PMQA) ปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๔ ได้กำหนดเกณฑ์คุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐระดับพื้นฐาน หมวด ๕ การมุ่งเน้นทรัพยากรบุคคล HR 4 : ส่วนราชการต้องมีระบบการประกันคุณภาพของการฝึกอบรม รวมถึงการประเมินประสิทธิผลและความคุ้มค่าของการพัฒนา/ฝึกอบรมบุคลากร โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อยกระดับงานฝึกอบรมให้มีมาตรฐานสูงขึ้น มีความคุ้มค่าต่อการลงทุน และสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้เรียนว่าการฝึกอบรมนั้นมีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในการประเมินงานฝึกอบรมที่มีมาตรฐาน ประกอบด้วย หลักสูตร ผู้สอน วิธีการสอน ห้องเรียน ผู้เรียน และการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม

ในส่วนการประกันคุณภาพการฝึกอบรมของศูนย์พัฒนาอาชีพช่าง กองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ นั้น กองทัพเรือ โดย กรมยุทธศึกษาทหารเรือได้จัดทำหลักเกณฑ์และคู่มือประกันคุณภาพการฝึกอบรมของกองทัพเรือขึ้นเพื่อประเมิน โดยมี ๕ มาตรฐาน ๑๔ ตัวบ่งชี้ ดังนี้

มาตรฐานที่ ๑	ด้านคุณภาพผู้สำเร็จการฝึกอบรม	มี	๒	ตัวบ่งชี้
มาตรฐานที่ ๒	ด้านการบริหารจัดการหลักสูตร/โครงการฝึกอบรม	มี	๖	ตัวบ่งชี้
มาตรฐานที่ ๓	ด้านหลักสูตรการฝึกอบรม	มี	๓	ตัวบ่งชี้
มาตรฐานที่ ๔	ด้านผู้เข้ารับการฝึกอบรม	มี	๑	ตัวบ่งชี้
มาตรฐานที่ ๕	ด้านวิทยากร/ผู้สอน	มี	๒	ตัวบ่งชี้

เกณฑ์การประเมินในแต่ละตัวบ่งชี้ กำหนดไว้ ๕ ระดับ ได้แก่
ระดับ ๑ หมายถึง อยู่ในระดับต้องปรับปรุง
ระดับ ๒ หมายถึง อยู่ในระดับควรปรับปรุง
ระดับ ๓ หมายถึง อยู่ในระดับดี
ระดับ ๔ หมายถึง อยู่ในระดับดีมาก
ระดับ ๕ หมายถึง อยู่ในระดับดีเยี่ยม

วิธีการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาและการฝึกอบรมของสถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน หน่วยรับตรวจจะต้องจัดทำรายงานการประเมินตนเอง (Self Assessment Report : SAR) ให้ครบตามหัวข้อการประเมินทุกมาตรฐานและตัวบ่งชี้ โดยให้คะแนนตนเองตามเกณฑ์ที่ได้ระบุไว้ในแต่ละมาตรฐานการตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาและการฝึกอบรม หลังจากนั้นผู้ตรวจประเมินคุณภาพการศึกษาและการฝึกอบรมจะตรวจสอบหลักฐานการดำเนินการในแต่ละโครงการ/งาน/กิจกรรม ของสถาบันตามที่ได้รายงานไว้ในรายงานการประเมินตนเอง (SAR) แล้วจึงให้คะแนน

ปัจจุบัน กองการศึกษา กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ได้จัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการบริหารการศึกษาเพื่อรองรับการประกันคุณภาพการศึกษา และการฝึกอบรมให้สามารถควบคุมคุณภาพการศึกษาและการฝึกอบรมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ครบถ้วนตามทุกตัวชี้วัดที่ กรมยุทธศึกษาทหารเรือ สถาบันวิชาการป้องกันประเทศ กองบัญชาการกองทัพไทย และสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษาได้กำหนด นอกจากนั้น หากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารการศึกษาดังกล่าว ประสบผลสำเร็จในการดำเนินการ สามารถเป็นโปรแกรมต้นแบบให้สถาบันการศึกษาอื่น ๆ ในกองทัพเรือ นำไปใช้ในการบริหารการศึกษาของสถาบันได้ต่อไป

บรรณานุกรม

กองประกันคุณภาพการศึกษา กรมยุทธศึกษาทหารเรือ. **คู่มือประกันคุณภาพการศึกษา สำหรับสถาบันการศึกษาซึ่งจัดการศึกษาเป็นภาคในส่วนการศึกษาที่สองและส่วนการศึกษาที่สี่ (ระดับต่ำกว่าปริญญาตรี) พ.ศ.๒๕๕๕.** กรุงเทพ ฯ : ๒๕๕๕.

คณะอนุกรรมการประกันคุณภาพการศึกษาของสถานศึกษาซึ่งมิได้จัดการศึกษาเป็นภาคในส่วนการศึกษาที่สองและส่วนการศึกษาที่สี่ของกองทัพเรือ. **หลักเกณฑ์และคู่มือประกันคุณภาพการฝึกอบรมของกองทัพเรือ.** กรุงเทพฯ : ๒๕๕๔.

ภัณฑารักษ์พาชมพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวง เฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา

นาวาเอกหญิง กาญจนา ทรงวรวิทย์
นายทหารปฏิบัติการประจำกรมอู่ทหารเรือ และ
ภัณฑารักษ์พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา



เป็นเวลาหนึ่งปีกว่าแล้วหลังจากกรมอู่ทหารเรือจัดพิธีเปิดพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษาอย่างเป็นทางการ เมื่อวันพฤหัสบดีที่ ๒๕ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๕๔ จนถึงวันนี้ มีอะไรเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นบ้าง ลองไปดูพร้อม ๆ กันนะคะ ท่านที่ไม่เคยได้ยินชื่อมาก่อนหรือไม่เคยแวะไปชมจะได้ทำความรู้จักและใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการเข้าชมในโอกาสต่อไป

พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ตั้งอยู่ในบริเวณอู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ ข้างอู่หมายเลข ๒ ค่อนไปทางปากอู่ริมแม่น้ำเจ้าพระยา ถ้าเริ่มต้นจากประตูกรมอู่ทหารเรือด้านถนนอรุณอมรินทร์ ก็ตรงไปตามถนนที่เป็นเส้นทางหลัก ผ่านอุโบสถวัดวงศมูลวิหารและอู่หมายเลข ๒ พิพิธภัณฑ์อยู่ทางซ้ายมือ แต่ทางเข้าหลักซึ่งเป็นด้านหน้าของพิพิธภัณฑ์อยู่ติดกับโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี ผู้ชมจะต้องอ้อมตัวอาคารพิพิธภัณฑ์ผ่านหมวดเรือที่ ๓ กองเรือลำน้ำ กองเรือยุทธการ ไปก่อน หลายคนที่ผ่านไปมาทางอู่หมายเลข ๒ มักเข้าใจว่าพิพิธภัณฑ์ปิด เพราะประตูด้านนี้ปิดอยู่เสมอ มีบางคนไปติดต่องานตะโกนเรียก ก็ไม่มีใครได้ยิน เนื่องจากเจ้าหน้าที่อยู่ที่สำนักงานด้านหน้าพิพิธภัณฑ์ ดังนั้น เพื่อความสะดวกและเพื่อให้ผู้ใช้เส้นทางนี้สามารถแวะชมพิพิธภัณฑ์ได้ง่ายขึ้น จึงได้เปิดห้องจำหน่ายของที่ระลึกทางด้านอู่หมายเลข ๒ ให้เป็นทางเข้าอีกทางหนึ่ง โดยเริ่มเปิดตั้งแต่มีการฝึกซ้อมของฝีพายเรือพระนั่งสุพรรณหงส์ เรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ เรือพระที่นั่งอนันตนาคราช เรือพระที่นั่งอเนกชาติภุชงค์ และเรือรูปสัตว์อีก ๒ ลำ ที่จอดอยู่ในอู่หมายเลข ๒ เพื่อให้ประชาชนที่มาชมการฝึกซ้อมของฝีพายและความงดงามอันวิจิตรของเรือพระที่นั่งทั้ง ๔ ลำ ได้เข้าชมพิพิธภัณฑ์ต่อเนื่องไปด้วย



ด้านหน้าห้องจำหน่ายของที่ระลึก

ภัณฑารักษ์ (Curator) คือ ผู้ดูแล รับผิดชอบ และดำเนินงานทุกกระบวนการของงานพิพิธภัณฑ์ตามหลักพิพิธภัณฑสถานวิทยา ตั้งแต่แสวงหา รวบรวม อนุรักษ์ ศึกษา ค้นคว้า บันทึกข้อมูลและจัดแสดงวัตถุที่เป็นหลักฐานเกี่ยวกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ตามสาระวิชาการที่พิพิธภัณฑ์กำหนด ตลอดจนให้บริการทางการศึกษาแก่สาธารณชน เพื่อจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้และความเพลิดเพลิน เพื่อการพัฒนาสังคมในที่สุด



เมื่อเข้าไปภายในพิพิธภัณฑ์ พบกับส่วนจัดแสดงต่าง ๆ ยังคงสภาพเหมือนเดิม เนื่องจากเป็นนิทรรศการถาวรส่วนจัดแสดงชั้นบน ได้แก่ *"จากราชนิเวศน์สู่อู่เรือหลวง"* บอกเล่าเรื่องราวประวัติศาสตร์พื้นที่ก่อนการสร้างอู่เรือหลวง ต่อเนื่องด้วย *"จากอู่เรือหลวงสู่กรมอู่ทหารเรือ"* อธิบายความสำคัญของงานอู่เรือกับการปกป้องอธิปไตยของชาติทางทะเล และความจำเป็นของการมีอู่เรือขนาดใหญ่ จากนั้นเป็นส่วนจัดแสดง *"พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวกับงานนาวาสถาปัตย์"* กล่าวถึงพระมหากรุณาธิคุณและพระปรีชาสามารถของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวด้านการต่อเรือ การสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง ชุดเรือ ต.๙๑ ตามแนวพระราชดำริ และขยายผลสู่ ชุดเรือ ต.๙๙๑ และชุดเรือ ต.๙๙๔ ลำดับถัดมาคือ *"การเสริมสร้างสมุททานุภาพให้กองทัพเรือ"* แสดงให้เห็นกระบวนการต่อเรือ วิทยาการ และเทคโนโลยีการต่อเรือตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ต่อเนื่องด้วย *"การอนุรักษ์มรดกวัฒนธรรมของชาติ"* นำเสนอการต่อเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ การผสานเทคโนโลยีการต่อเรือของกรมอู่ทหารเรือกับงานช่างศิลป์ของกรมศิลปากร ส่วนชั้นล่าง จัดแสดงหัวข้อ *"ทำเรือให้พร้อมรบ"* เป็นกระบวนการซ่อมทำเรือและผลงานทางช่างที่สำคัญ ปิดท้ายด้วย *"อู่เรือและอุตสาหกรรมต่อเรือของประเทศ"* จัดแสดงความสำคัญของกิจการอู่เรือของเอกชน อุตสาหกรรมต่อเรือ และพาณิชยนาวีของประเทศ



ส่วนจัดแสดงต่าง ๆ

ในวันนี้ ส่วนจัดแสดงตามที่กล่าวข้างต้น มีวัตถุพิพิธภัณฑ์มาเพิ่มใหม่หลายรายการซึ่งได้มาจากการเสาะแสวงหา การมอบของหน่วย และการบริจาคของอดีตผู้บังคับบัญชาของกรมอู่ทหารเรือ เช่น โขนเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ จำลอง หล่อด้วยเงิน จัดทำขึ้นเพื่อเป็นของที่ระลึกในคราวที่กรมอู่ทหารเรือได้จัดสร้างตัวเรือ *(พลเรือเอก ทรงศักดิ์ กิตติพีรชล บริจาค)* เหรียญที่ระลึกที่จัดทำขึ้นในโอกาสสำคัญต่าง ๆ ของกรมอู่ทหารเรือ รวมทั้ง เหรียญที่ระลึกพิธีปล่อยเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ ลงน้ำ รูปภาพและเอกสารเก่าที่มีคุณค่า *(พลเรือตรี กรีฑา พรรธนะแพทย์ บริจาค)* ประกอบกับได้รับตู้จัดแสดงมาเพิ่ม จึงสามารถจัดวางวัตถุให้เป็นหมวดหมู่ตามเรื่องราวที่บอกเล่าได้เด่นชัดมากขึ้น ในขณะเดียวกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่ เช่น สมอกะ ใบจักรเรือ ปืนใหญ่ซึ่งอู่ทหารเรือธนบุรีขุดพบริมแม่น้ำเจ้าพระยา ขณะก่อสร้างลานอเนกประสงค์ เมื่อกลางปี ๒๕๕๕ และมอบให้พิพิธภัณฑ์ได้นำมาจัดแสดงเป็นนิทรรศการกลางแจ้งด้านหน้าพิพิธภัณฑ์ กลายเป็นมุมสวย ๆ ให้ผู้ชมได้ถ่ายรูปเป็นที่ระลึกได้อีกหลายมุม



โขนเรือจำลองเรือพระที่นั่งนารายณ์ทรงสุบรรณ รัชกาลที่ ๙ และเหรียญที่ระลึกพิธีปล่อยเรือลงน้ำ



ส่วนจัดนิทรรศการกลางแจ้ง



ในขณะเดียวกัน การให้บริการทางการศึกษาหรือการนำชมได้ขยายขอบเขตออกไป ไม่จำกัดอยู่เพียงแค่ในพิพิธภัณฑ์เท่านั้น แต่นำชมตั้งแต่อุโบสถวัดวงศมูลวิหาร พาสักการะพระพุทธวงศมูลมิ่งมงคล พระประธานในอุโบสถ เพื่อให้ผู้ชมได้ทราบประวัติความเป็นมาและความสำคัญของอุโบสถ ซึ่งกรมศิลปากรขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถาน ต่อเนื่องมาที่อู่หมายเลข ๒ ในช่วงที่มีเรือพระที่นั่งทั้ง ๔ ลำ จอดอยู่นั้น ก็ได้อธิบายเกี่ยวกับเรือพระที่นั่งและการจัดขบวนพยุหยาตราทางชลมารคด้วย บางครั้งเมื่อการนำชมในพิพิธภัณฑ์จบลงแล้ว ปรากฏว่ามีหลายคณะที่ขอให้พาไปชมอู่หมายเลข ๑ เพราะต้องการเห็นอู่เรือหลวงที่พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๕ เสด็จพระราชดำเนินมาทรงเปิดเมื่อวันที่ ๙ มกราคม พ.ศ.๒๔๓๓ บางท่านอยากเห็นอู่เรือซึ่งเป็นสถานที่ต่อเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ เรือ ต.๙๙๑ และ เรือ ต.๙๙๔ และมีอีกจำนวนมากที่ต้องการชมปล่องเหลี่ยมซึ่งเป็น Landmark หนึ่งของกรมอู่ทหารเรืออย่างใกล้ชิด ทำให้การนำชมพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ในวันนี้เป็นการชมพิพิธภัณฑ์ที่มีชีวิต ซึ่งสามารถสัมผัสบรรยากาศการปฏิบัติงานจริงของช่างและสภาพจริงของอู่เรือได้



พาสักการะพระพุทธวงศมูลมิ่งมงคล วัดวงศมูลวิหาร ภายในกรมอู่ทหารเรือ

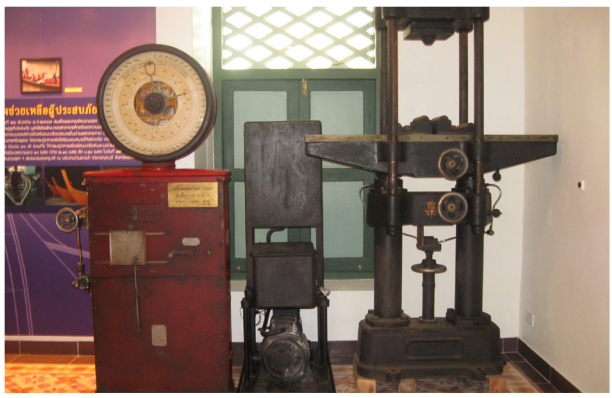
และจากการนำชมพิพิธภัณฑ์มาเป็นระยะเวลาหนึ่ง จึงพอจะกล่าวได้ว่า ห้องฉายวีดิทัศน์ประวัติการก่อตั้งพิพิธภัณฑ์เป็นส่วนที่สร้างความประทับใจแรกให้แก่ผู้ชมทุกกลุ่มทุกคณะส่วนวัตถุพิพิธภัณฑ์ที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษมีหลายชิ้นด้วยกัน ในส่วนจัดแสดงชั้นบน ได้แก่ สมุดรวมพระปรมาภิไธยของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พระนามาภิไธยของสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ และลายพระหัตถ์ของพระบรมวงศานุวงศ์ที่พระราชทานให้แก่กรมอู่ทหารเรือ เมื่อคราวเสด็จพระราชดำเนินมาทรงวางกระดูกงูเรือและปล่อยเรือลงน้ำ ค้อนที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงใช้ในพิธีวางกระดูกงูเรือ ขวานที่สมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถทรงใช้ในพิธีปล่อยเรือลงน้ำ ผู้สูงวัยหลายคนถึงกับยกมือไหว้ บอกว่าเป็นบุญตาที่ได้ชม การลงนามถวายพระพรที่โต๊ะ Touch Screen เป็นอีกจุดที่มีผู้รายล้อมรอลงนามกันมาก นอกจากนั้น ก็เป็นหุ่นจำลองบริเวณพื้นที่อู่เรือหลวงในสมัยรัชกาลที่ ๕ ส่วนจัดแสดงชั้นล่าง ได้แก่ ท่านครุฑที่ยังเป็นปริศนาของทุกคน เครื่อง Water Jet ในเรือผลักดันน้ำ ยานใต้น้ำที่มีชื่ออันเก๋ไก๋ว่า *“วิชุดา”* และแน่นอน ตัวอาคารพิพิธภัณฑ์รูปแบบสถาปัตยกรรมแบบขนมปังขิง อายุมากกว่า ๑๒๐ ปี บริเวณด้านหน้าเป็นจุดที่ทุกคณะต้องมาโพสต์ท่าถ่ายรูปกันหลายรูป



ขวานที่สมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ
ทรงใช้ในพิธีปล่อนเรือ ต.๙๙๑ ลงน้ำ



วิชุดา ยานใต้น้ำไร้คนขับที่สามารถนำไปใช้
เป็นเรือดำน้ำจำลองสำหรับการฝึกปราบเรือดำน้ำ



เครื่องทดสอบโลหะ
รับไว้ใช้ในราชการเมื่อ ๑๖ กรกฎาคม พ.ศ.๒๔๗๙



เครื่อง Water Jet
ที่นำไปแสดงในนิทรรศการต่าง ๆ มาแล้วหลายครั้ง



แบบจำลองเรือปรง



ท่านครุฑ



หุ่นจำลองบริเวณพื้นที่อู่เรือหลวงในสมัยรัชกาลที่ ๕ - รัชกาลที่ ๖

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญมากและเป็นเรื่องน่ายินดีอย่างยิ่ง คือ การมีอาสาสมัครพิพิธภัณฑ์ซึ่งก็คือนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ จำนวน ๑๐ นาย ทั้งหมดผ่านการอบรมเยาวชนมัคคุเทศก์เชิงวัฒนธรรม รุ่นที่ ๑ จัดโดยคณะกรรมการพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ร่วมกับกองการท่องเที่ยว กรุงเทพมหานคร และเครือข่ายการท่องเที่ยวภาคประชาสังคม ระหว่างวันที่ ๒๕ – ๒๖ สิงหาคม พ.ศ.๒๕๕๕ อาสาสมัครพิพิธภัณฑ์เหล่านี้มาช่วยงานเป็นครั้งคราว เมื่อไม่มีชั่วโมงเรียนโดยช่วยนำชมจุดที่ตนเองมีความรู้และสนใจ บางนายชอบงานเทคนิคจึงไปช่วยเจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑ์ดูแลสื่อต่าง ๆ บางนายไปช่วยแนะนำการเขียนถวายพระพรที่โต๊ะ Touch Screen ซึ่งได้รับคำชมเชยเป็นอย่างมากว่า เป็นผู้มีจิตอาสารู้จักบำเพ็ญประโยชน์ให้หน่วยงาน ใฝ่รู้และมีกิริยามารยาทเรียบร้อย สร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่โรงเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ มีบางนายสนใจและใฝ่รู้จริง ๆ พยายามศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ขอยืมหนังสือไปอ่าน เมื่อมีข้อสงสัย ก็สอบถามอาสาสมัครทุกนายเป็นผู้ช่วยที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อคณะผู้ชมเป็นนักเรียน พวกเขาจะสื่อสารกันได้ดี บรรยากาศการชมพิพิธภัณฑ์จึงสนุกสนานและเป็นกันเอง ช่วยผ่อนงานการนำชมของป้า น้า อา ที่เป็นเจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑ์ได้อย่างดี



และอาสาสมัครอีก ๒ นาย ที่เป็นข้าราชการกรมอู่ทหารเรืออาสาช่วยงานด้วยความรู้สึก ***“ฮึกเหิมและผูกพัน”*** ซึ่งหน่วยต้นสังกัดยินดีและสนับสนุนให้มาช่วยงานเมื่อมีคณะเยี่ยมชมและไม่ติดราชการจำเป็น ซึ่งสามารถช่วยงานได้หลายอย่างด้วยความเข้มแข็งและมุ่งมั่น ครั้งหนึ่งมีผู้ขอเข้าชมพิพิธภัณฑ์ในเวลาประมาณเที่ยงครึ่ง โดยไม่แจ้งล่วงหน้าและรออยู่ที่แผนกรักษาความปลอดภัยแล้ว จึงต้องต้อนรับ แม้จะกะทันหันและเป็นเวลาพักกลางวัน แต่อาสาสมัครผู้นี้ก็ช่วยต้อนรับและนำชมด้วยความเต็มใจและกระตือรือร้น





อาสาสมัครพิพิธภัณฑ์นำชม



ผู้ชมที่มาชมการซ้อมของฝีพายขบวนหยุหยาตราทางชลมารค



เยาวชนจาก ๓ จังหวัดชายแดนภาคใต้
สนใจซักถามตำนานพิธีกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับการสร้างเรือ



ผบ.หมวดเรือที่ ๓ กองเรือล้ำน้ำ กองเรือยุทธการ
นำผู้ใต้บังคับบัญชามาชมอย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย

การเปลี่ยนแปลงอีกหนึ่งอย่างเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ การปรับภูมิทัศน์บริเวณรอบอาคาร ซึ่งแต่เดิมมีต้นไม้อยู่เพียง ๓ ต้น นอกนั้นเป็นคอนกรีตและแผ่นปูพื้นเวลานี้มีไม้ดอกไม้ประดับมาเพิ่มหลากหลายชนิด ช่วยให้ทัศนียภาพโดยรอบพิพิธภัณฑ์สวยงาม สดชื่นและดูอ่อนโยนขึ้นด้วยสีสันของดอกไม้ใบไม้ โดยข้าราชการหลายคนช่วยดูแลและสนับสนุนจนถึงขณะนี้ พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ยังมีความต้องการไม้ดอกไม้ประดับมาเสริมอีกเป็นจำนวนมาก ท่านที่สนใจร่วมสร้างบรรยากาศความเป็นธรรมชาติให้แก่พิพิธภัณฑ์ กรุณาบริจาคพันธุ์ไม้ชนิดต่าง ๆ ได้ที่พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา



ภูมิทัศน์รอบพิพิธภัณฑ์

พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ในวันนี้กำลังเติบโตอย่างช้า ๆ เช่นเดียวกับการปลูกต้นไม้ที่ค่อย ๆ ผลิใบออกดอก ออกผล ซึ่งต้องอาศัยความรักความเอาใจใส่ดูแลอย่างสม่ำเสมอจากเจ้าของ พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษาสร้างขึ้นจากงบประมาณของทางราชการเพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเพื่อให้เป็นแหล่งเรียนรู้พระปรีชาสามารถของพระองค์ในด้านการต่อเรือ และเป็นศูนย์รวมองค์ความรู้ด้านการต่อเรือของประเทศ รวมทั้งเผยแพร่ผลงานทางช่างของราชนาวีไทย หากท่านทั้งหลายช่วยกันบอกต่อและแนะนำให้คนรู้จักมาเยี่ยมชม ก็ถือว่าได้มีส่วนร่วมในการส่งเสริมการศึกษาของประชาชนและเป็นส่วนหนึ่งของพิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา ทั้งนี้พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา เปิดให้เข้าชมเป็นหมู่คณะตั้งแต่ ๕ คน ขึ้นไป ในวันและเวลาราชการ โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถแจ้งความประสงค์ล่วงหน้าได้ที่ พิพิธภัณฑ์อู่เรือหลวงเฉลิมพระเกียรติ ๘๔ พรรษา หมายเลขโทรศัพท์ ๐ ๒๔๗๕ ๕๓๖๘ หรือที่แผนกกิจการพลเรือน กองกำลังพล กรมอู่ทหารเรือ หมายเลขโทรศัพท์ ๐ ๒๔๗๕ ๔๑๘๕ และดูรายละเอียดข้อมูลได้จาก www.navy.mi.th/dockyard

ทำบุญ ตักบาตร ณ อุโบสถวัดวงศมูลวิหาร

นาวาเอกหญิง กาญจนา ทรงวรวิทย์
นายทหารปฏิบัติการประจำกรมอู่ทหารเรือ



ทุกเช้าเวลา ๐๗.๐๐ น. ในวันทำงาน ภาพนายทหารสัญญาบัตร นายทหารประทวน ลูกจ้าง พนักงานราชการ ทั้งชายและหญิง ร่วมด้วยนักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือ ยืนเข้าแถวทยอยตักบาตรพระภิกษุ จำนวน ๒ รูป หน้าอุโบสถวัดวงศมูลวิหาร กรมอู่ทหารเรือ เป็นที่คุ้นตาของผู้สัญจรไปมาในบริเวณนั้นเป็นเวลามากกว่า ๒ ปี แล้ว

การตักบาตร

ตอนเช้าหน้าอุโบสถวัดวงศมูลวิหารเป็นความริเริ่มของเจ้ากรมอู่ทหารเรือในช่วงปลายปีงบประมาณ ๒๕๕๓ แต่มีการจัดกิจกรรมเป็นประจำในวันเวลาราชการ เวลา ๐๗.๐๐ น. ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๕๓ เป็นต้นมา โดยเจ้าหน้าที่กองธุรการ กองบังคับการ กรมอู่ทหารเรือ ซึ่งคุ้นเคยและชำนาญการจัดศาสนพิธี เป็นผู้จัดเตรียมสถานที่ จัดหาอาหารคาวหวาน และนิมนต์พระ ซึ่งจะมาเปิดอุโบสถตั้งเวลาประมาณ ๐๕.๐๐ น. เพื่อดูแลความสะอาดเรียบร้อยทั้งภายในและภายนอกอุโบสถ พร้อมจัดเตรียมธูปเทียน สำหรับให้กำลังพลสักการบูชาพระพุทธวงศมูลมิ่งมงคล พระประธานในอุโบสถ พระบรมสารีริกธาตุและพระธาตุ หรือสวดมนต์และนั่งสมาธิ จนกระทั่งเวลาประมาณ ๐๖.๔๕ น. ญาติธรรมเริ่มมารอตักบาตรที่หน้าอุโบสถ และเจ้าหน้าที่รับอาหารจากร้านค้าที่อาคารอเนกประสงค์มาถึง ญาติธรรมจะช่วยกันจัดวางอาหาร ได้แก่ ข้าวเปล่า กับข้าว และขนม อย่างละ ๑ ถุง ลงในจานที่มีน้ำดื่ม ๑ แก้ว วันธรรมดามีอาหารจัดไว้ จำนวน ๒๕ ชุด ส่วนวันพระเพิ่มเป็น ๓๐ ชุด ชุดละ ๒๐.- บาท โดยญาติธรรมจะใส่ค่าอาหารลงในพานและหยิบเงินทอนกันเอง ซึ่งในพานนี้มีซองเปล่าให้ผู้ประสงค์ถวายปัจจัยได้ใช้ด้วย เมื่อเจ้าหน้าที่นิมนต์พระภิกษุ ส่วนใหญ่จากวัดพระยาทำ จำนวน ๒ รูป มาถึง ก็เริ่มตักบาตรกัน บางวันมีญาติธรรมมาตักบาตรกันมาก อาหารที่เตรียมไว้ไม่พอ บางคนซึ่งปกติตักบาตร ๒ รูป วันนั้นก็จะตักบาตรพระเพียง ๑ รูป เพื่อแบ่งให้คนอื่นได้มีโอกาสตักบาตรด้วย

หรือบางคนตักบาตรด้วยอาหารแห้งซึ่งเจ้าหน้าที่จัดเตรียมไว้ แต่บางคนเลือกถวายปัจจัยแทน บางคนจัดอาหารมาเอง เมื่อตักบาตรกันทุกคนแล้ว หลายคนลงนั่งคุกเข่า บางคนนั่งกระหย่ง บางคนนั่งไม่สะดวกก็จะยืน และประนมมือกันอย่างพร้อมเพรียง จากนั้นพระท่านสวดบทกรวดน้ำและให้พร ผู้ที่กรวดน้ำด้วยสายน้ำจากคนโทกรวดน้ำนำน้ำไปเทใต้ต้นไม้ในบริเวณนั้น เป็นอันเสร็จสิ้นการทำบุญตักบาตรญาติธรรมทั้งหลายต่างแยกย้ายเตรียมตัวปฏิบัติหน้าที่ในวันนั้นให้ดีที่สุด บางคนขึ้นไปสักการะพระพุทธวงศมูลมิ่งมงคลและพระบรมสารีริกธาตุในอุโบสถหรือนั่งสมาธิต่อไป ส่วนเจ้าหน้าที่ก็จัดอาหารที่ญาติธรรมตักบาตรใส่ถุงใบใหญ่และนำไปถวายพระถึงวัด



เป็นที่ทราบกันดีในหมู่ญาติธรรมว่า เจ้ากรมอู่ทหารเรือมาร่วมตักบาตรเป็นประจำเกือบทุกเช้า ยกเว้นวันที่ท่านมีภารกิจ และปฏิบัติเหมือนกับญาติธรรมอื่น ๆ ถ้าท่านมาถึงช้า ก็จะต่อแถวญาติธรรม เป็นอย่างนี้มาจนถึงปัจจุบัน และเมื่อกลางปี ๒๕๕๕ เจ้ากรมอู่ทหารเรือได้ให้นักเรียนช่างกรมอู่ทหารเรือมาร่วมตักบาตรด้วย วันธรรมดา จำนวน ๕ นาย วันพระ ๑๐ นาย เพื่อฝึกฝนการเป็นพุทธศาสนิกชนที่ดี เป็นที่น่าสังเกตว่า จำนวนผู้ทำบุญตักบาตรไม่เคยลดลงเลย มีญาติธรรมที่มาตักบาตรกันเป็นประจำ ๑๐ – ๑๕ นาย นอกจากนี้ยังมีข้าราชการจากหน่วยงานข้างเคียงมาตักบาตรด้วยอย่างสม่ำเสมอ บางวันฟ้าฝนไม่เป็นใจ จำนวนผู้มาตักบาตรอาจจะน้อยกว่าทุกวัน แต่เจ้าหน้าที่จะนำภัตตาหารที่เตรียมไว้แล้วไปถวายพระท่านทั้งหมด

จุดประสงค์ในการทำบุญตักบาตรของญาติธรรมอาจแตกต่างกันบ้างในรายละเอียด แต่มีหลักสำคัญเหมือนกันอยู่ ๓ ประการ คือ เพื่อสืบต่อพระพุทธศาสนาให้เจริญรุ่งเรืองและมั่นคง เพราะพระภิกษุผู้เป็นศาสนทายาทต้องอาศัยอาหารบิณฑบาตของพุทธศาสนิกชนในแต่ละวันเพื่อดำรงชีพ ศึกษาพระธรรมวินัย และเผยแผ่พระธรรมคำสอนขององค์พระสัมมาสัมพุทธเจ้า ประการต่อมาคือ เพื่อลดความเห็นแก่ตัว เป็นการเพิ่มความสุขและสิริมงคลแก่ชีวิต ประการสุดท้าย เพื่ออุทิศส่วนกุศลให้แก่ผู้ล่วงลับไปแล้ว

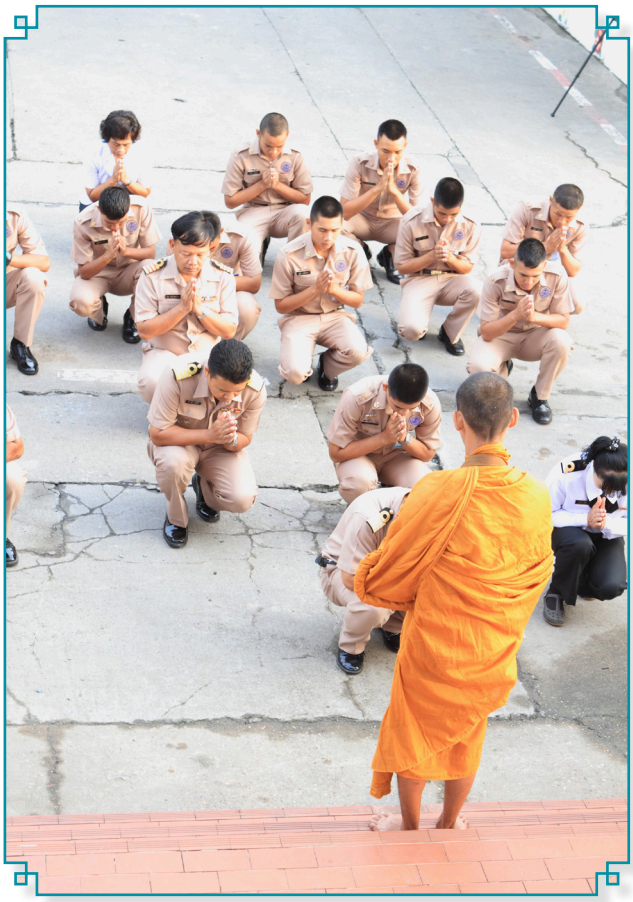












กิจกรรมการทำบุญ ตักบาตร ที่อุโบสถวัดวงศมูลวิหาร เกิดจากแรงศรัทธาในพระพุทธศาสนาของผู้บังคับบัญชาระดับสูงของกรมอู่ทหารเรือ และจิตอันเป็นกุศลในการแบ่งปันให้ผู้ใต้บังคับบัญชาได้มีโอกาสทำบุญด้วยวิถีทางแห่งพุทธที่สืบทอดมาแต่โบราณกาล และถึงพร้อมด้วยองค์ประกอบของการทำบุญอย่างครบถ้วน ได้แก่ สิ่งที่นำมาทำบุญบริสุทธิ์ หรือวัตถุบริสุทธิ์ มีเจตนาบริสุทธิ์ หมายถึงผู้ตักบาตรมีใจบริสุทธิ์ ผู้รับบริสุทธิ์ หมายถึงพระสงฆ์เป็นผู้บริสุทธิ์ ความปีติยินดีที่บังเกิดขึ้นในใจจึงเป็นอานิสงส์ที่ญาติธรรมทุกคนได้รับในทันทีนั้น ท่านที่ยังไม่เคยไปตักบาตรที่อุโบสถวัดวงศมูลวิหาร ลองไปสักครั้งสิคะ แล้วท่านจะทราบว่า ทำไมจำนวนผู้ตักบาตรจึงไม่ลดลง และทำไมอุโบสถวัดวงศมูลวิหารจึงมีอยู่ในกรมอู่ทหารเรือ

นาวาเอก วีรยุทธ ตุลวรรธนะ
ผู้อำนวยการกองการศึกษา
กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
เอื้อเฟื้อภาพประกอบ