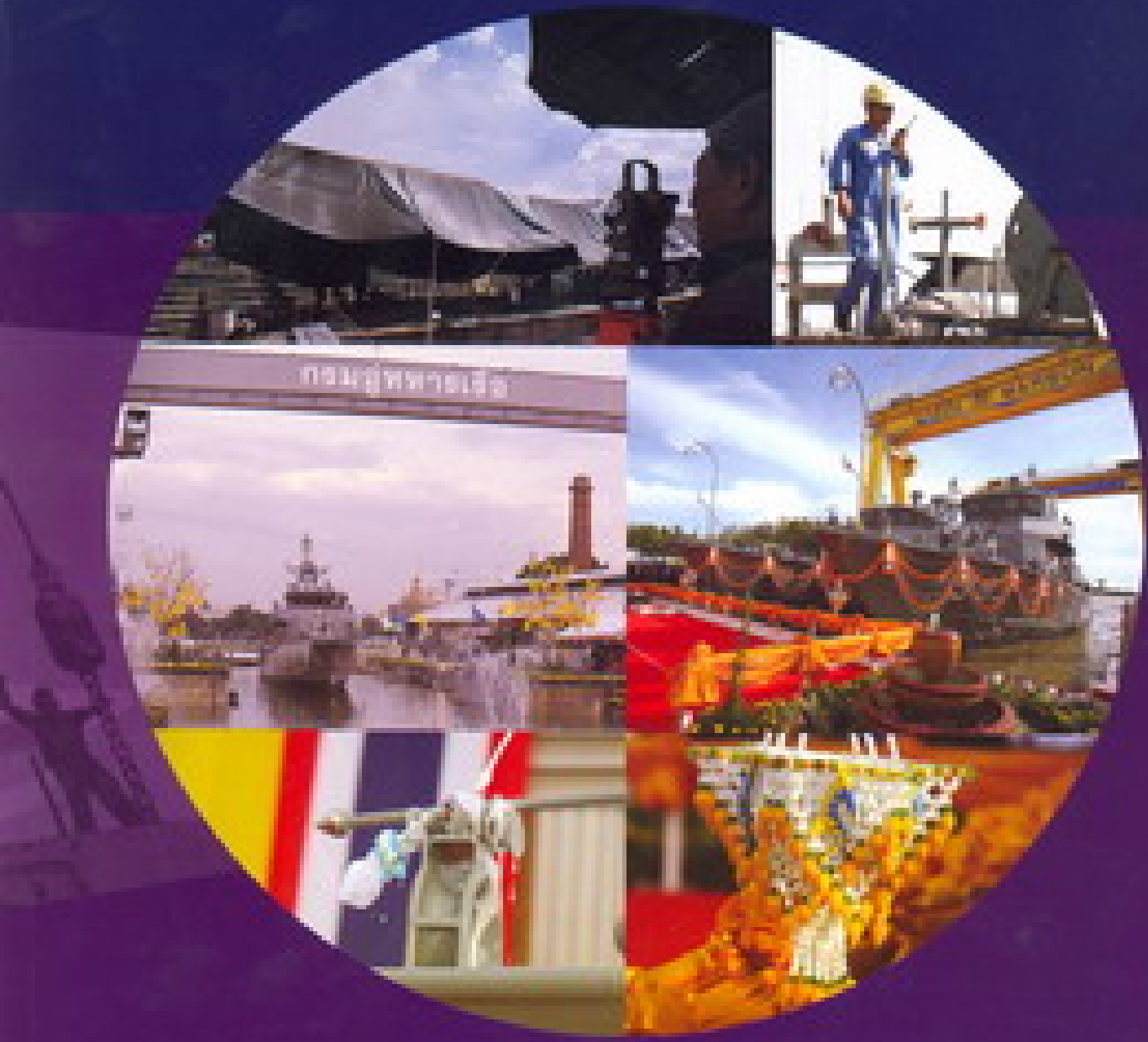
วารสารกรมอู่ทหารเรือ

ISSN : 0857-4766

ฉบับที่ 2/2550



ค่ำวันที่ 19 เมษายน 2509 เวลา 21 นาฬิกา 28 นาที ประวัติศาสตร์ไทยได้บันทึกเรื่องราวแห่งพระปรีชาสามารถ พระอัจฉริยภาพทางด้านการแล่นใบ รวมทั้งพระอัจฉริยภาพทางช่างในด้านการต่อเรือของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เมื่อพระองค์ทรงแล่นใบข้ามอ่าวไทยด้วยพระองค์เองเพียงลำพัง จากหน้าวังไกลกังวล อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ฝ่าคลื่นและลมหลากรูปแบบ ตามลักษณะภูมิประเทศข้ามอ่าวไทยไปยังสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และได้ปักธงราชนาวิกโยธินที่พระองค์ทรงนำไปด้วยบนยอดหินใหญ่ชายหาด หน้ากองบัญชาการนาวิกโยธิน หลังจาก 17 ชั่วโมงเต็ม กับระยะทาง 60 ไมล์ทะเล บนเรือใบพระที่นั่ง "เวคา" ซึ่งเป็นเรือใบประเภท "โอเค" ขนาด 13 ฟุต หนึ่งในเรือใบฝีพระหัตถ์ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

กรมอู่ทหารเรือกับงานสร้างเรือใบซูเปอร์มด เฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา

นาวาเอก วิพันธุ์ ชมะโชติ
นายทหารฝ่ายเทคนิค กรมอู่ทหารเรือ

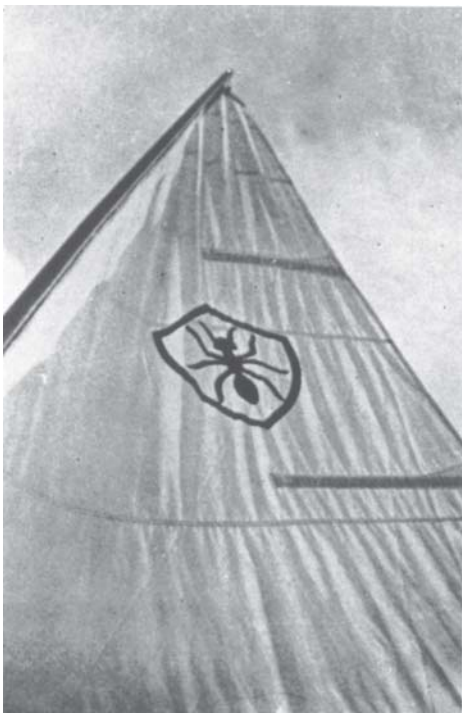
ณ ศิลาประวัติศาสตร์นั้นได้สลักข้อความว่า

ณ ที่นี้
พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช
จอมทัพไทย
ได้ทรงเรือใบขนาด ๑๓ ฟุต ด้วยพระองค์เองพระองค์เดียว
จากหัวหินมาถึงสัตหีบ เมื่อวันที่ ๑๙ เมษายน พ.ศ.๒๕๐๙
เริ่มเวลา ๐๔.๒๘ ถึงเวลา ๒๑.๒๘
ทั้งนี้เป็นพระปรีชาสามารถอย่างยอดเยี่ยม
เป็นครั้งแรกในประวัติการณ์
กองทัพเรือได้ขอพระราชทานพระมหากรุณา
ให้ทรงลงพระปรมาภิไธยไว้เป็นสิริมงคล
และเพื่อเป็นเกียรติประวัติแก่กองทัพเรือสืบไป

พระปรมาภิไธยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

พระอิริยาบถขณะทรงต่อเรือใบ

ไม่เพียงแต่จารึกบนแผ่นศิลาดังกล่าวเท่านั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทาน ‘หางเสือ’ ของเรือใบพระที่นั่งเวคา ซึ่งเป็นเรือใบลำประวัติศาสตร์ที่แล่นข้ามอ่าวในวันดังกล่าวแก่สมาคมแข่งเรือใบแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อเป็นรางวัลนิรันดร์สำหรับการแข่งขันเรือใบทางไกล ตั้งแต่ปี 2509 เป็นต้นมา ซึ่งชาวเรือทั้งหลายอันได้แก่สมาคมแข่งเรือใบแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และกองทัพเรือได้ร่วมกันจัดการแข่งขันขึ้น จนถือได้ว่าเป็นประเพณีการแข่งขันเรือใบทรงเกียรติที่ทุกคนเฝ้ารอคอย ที่จะตามรอยเบื้องพระยุคลบาท อีกทั้งเพื่อพิสูจน์ฝีมือ ความอดทน วิริยอุตสาหะของ *“คนทะเล”* ในฐานะเป็น *“นักกีฬาแล่นใบ”*



โลโก้เรือใบตระกูลมด

ทรงนำเรือใบออกจากโรงงาน

เรือเอกหญิง รศนา สมพงษ์ อดีตนักกีฬาแล่นใบทีมชาติ กล่าวว่า *“กีฬาแล่นใบเป็นกีฬาเชิงกลยุทธ์ที่มีเสน่ห์และความพิเศษเฉพาะ โดยนักกีฬาจะต้องเป็นผู้ที่มีสภาพร่างกายแข็งแรง ว่องไว ปราดเปรียว สติปัญญาเฉียบแหลม สามารถสังเคราะห์ วิเคราะห์สภาพธรรมชาติรอบตัว ทั้งกระแสน้ำ คลื่น ลม เมฆบนท้องฟ้า อีกทั้งลักษณะภูมิประเทศ ประมวลเข้าสู่ยุทธวิธีการแล่นใบของแต่ละบุคคล เอื้ออำนวยต่อการนำเรือและบังคับเรือเข้าสู่จุดหมาย หรือชิงความได้เปรียบในการแข่งขัน”*

สำหรับท้องทะเลและสภาพชายฝั่งของไทยนับว่ามีความเหมาะสมเพียงพอต่อการรองรับการแข่งขันในระดับนานาชาติได้อย่างมีเอกลักษณ์ สามารถพัฒนาสู่การเป็นสนามแข่งขันเรือใบระดับนานาชาติได้ไม่ด้อยไปกว่าเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย หรือ สิงคโปร์ แต่อย่างใด

ในปัจจุบันได้ใช้ชื่อการแข่งขันนี้ว่า การแข่งขันเรือใบรายการ ‘หัวหินรีกัตต้า 2007’ (HUA HIN REGATTA 2007) ซึ่งในรายการแข่งขันจะประกอบไปด้วย การแข่งขันชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย และการแข่งขันเรือใบทางไกล ชิงรางวัลพระราชทาน ‘หางเสือเรือเวคา’ โดยมีเรือเข้าร่วมการแข่งขันนี้หลายประเภทด้วยกัน อาทิ เรือใบ Optimist Dinghy, PLATU, Laser, 420, 470, Fireball, Catamaran เป็นต้น

เหนือสิ่งอื่นใดก็คือ หัวหินรีกัตต้า 2007 ในปีนี้ซึ่งได้จัดขึ้นระหว่างวันที่ 1 - 5 สิงหาคม 2550 ณ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จะเป็นการรวมพลเรือใบซูเปอร์มด (Super Mod) ในการแข่งขันจำนวนมากถึง 80 ลำ เพื่อเป็นการเฉลิมฉลองปีมหามงคลในโอกาสทรงเจริญพระชนมพรรษา 80 พรรษา ในวันที่ 5 ธันวาคม 2550

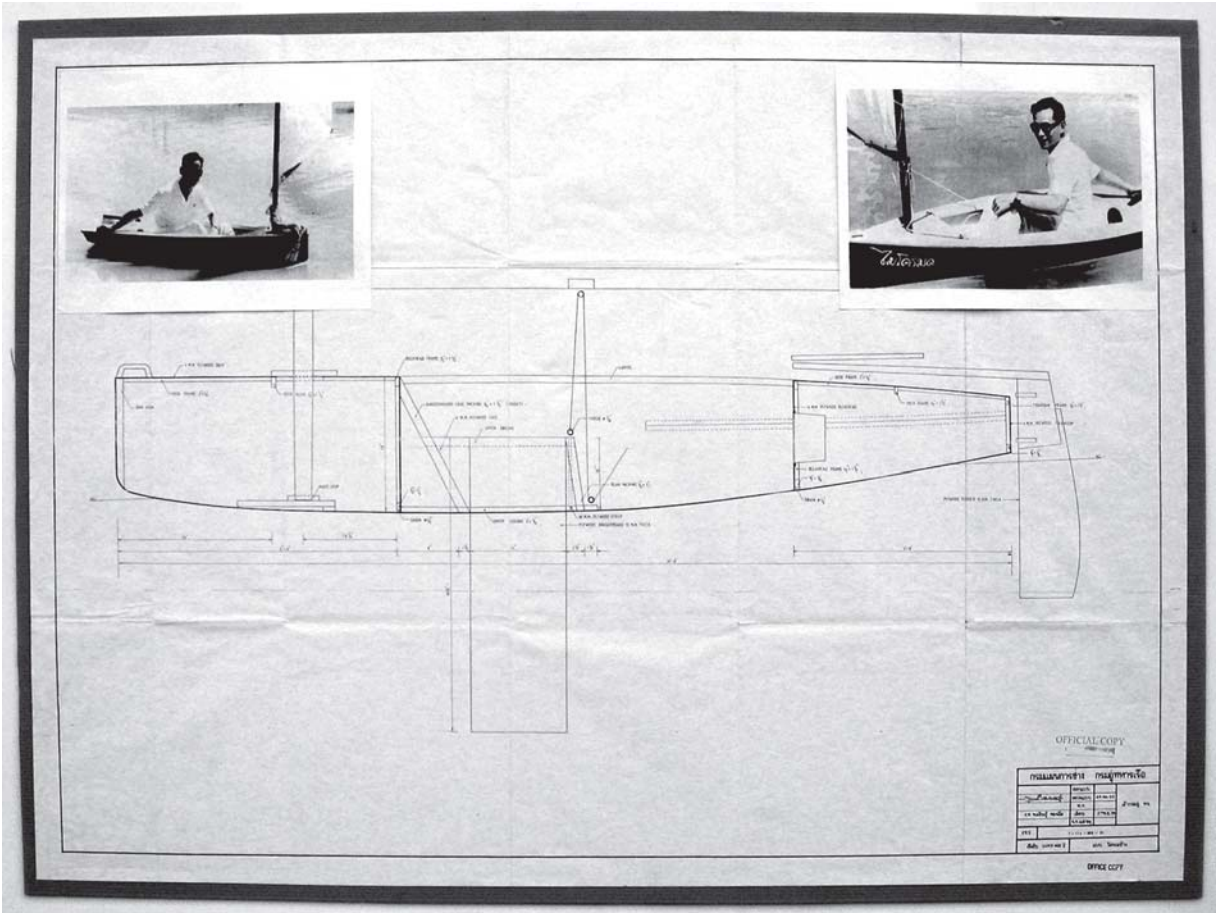
นาวาเอก แหลมทอง สมรรคจันทร นายทหารผู้รับผิดชอบงานสร้างเรือใบซูเปอร์มด เพื่อใช้ในการแข่งขันเล่าว่า

“กองทัพเรือได้มอบหมายให้กรมอู่ทหารเรือ ให้การสนับสนุนสมาคมแข่งเรือใบแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ด้วยการจัดสร้างเรือใบซูเปอร์มดขึ้นใหม่ จำนวน 22 ลำ และนำเรือใบซูเปอร์มดที่สมาคมฯ มีอยู่แล้ว มาซ่อมทำที่กรมอู่ทหารเรือ 8 ลำ

นอกจากนี้เราได้จัดส่งช่างของกรมอู่ทหารเรือไปซ่อมทำเรือใบซูเปอร์มดที่ศูนย์สมุทรกีฬา อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี อีก 10 ลำ ในช่วงต้นเดือนกรกฎาคมที่ผ่านมา ทั้งนี้ก็เพื่อให้สมาคมฯ มีเรือใบซูเปอร์มดสำหรับใช้ในการแข่งขันครบทั้ง 80 ลำ และเตรียมไว้เป็นสำรองอีก 2 ลำ”

เรือใบซูเปอร์มดก่อนลงสี

ช่างกรมอู่ทหารเรือขณะต่อเรือใบซูเปอร์มด



แบบเรือใบซูเปอร์มด ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงจดสิทธิบัตรไว้

เรือใบซูเปอร์มดเป็นเรือที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงออกแบบและสร้างเรือใบประเภทนี้ขึ้นด้วยพระองค์เอง เพื่อให้มีความเหมาะสมกับขนาดร่างกายของคนไทยที่มีรูปร่างสันทัด ด้วยขนาดความยาว 11 ฟุต กว้าง 4 ฟุต 11 นิ้ว เสาเดี่ยว น้ำหนักเบาเพียง 34 กิโลกรัม กับพื้นที่ใบ 72 ตารางฟุต ลักษณะตัวเรือสามารถแล่นในน้ำได้อย่างคล่องแคล่วว่องไว เนื่องจากผิวสัมผัสน้ำน้อย แต่ก็สามารถทรงตัวได้ไม่ยาก

นอกจากนี้ซูเปอร์มดยังมีความทนทานพอโต้คลื่นลมได้ดี หากผู้เล่นมีทักษะการแล่นใบและทักษะทางทะเลในระดับหนึ่งแล้ว จะเป็นเรือที่แล่นสนุกและท้าทายเป็นอย่างยิ่ง ไม่ด้อยไปกว่าเรือใบสัญชาติยุโรป หรือชาติอื่นเลย

สิ่งที่น่าภาคภูมิใจเป็นอย่างยิ่งก็คือ ซูเปอร์มดเป็นเรือที่เกิดจากภูมิปัญญาไทยโดยแท้ สามารถต่อเรือขึ้นเองได้ จากวัสดุภายในประเทศ ตลอดจนเป็นสมบัติล้ำค่าทางงานช่างที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานแก่ปวงชนชาวไทย

ซูเปอร์มดแล้วเสร็จ

ขั้นตอนหนึ่งของการสร้างซูเปอร์มด

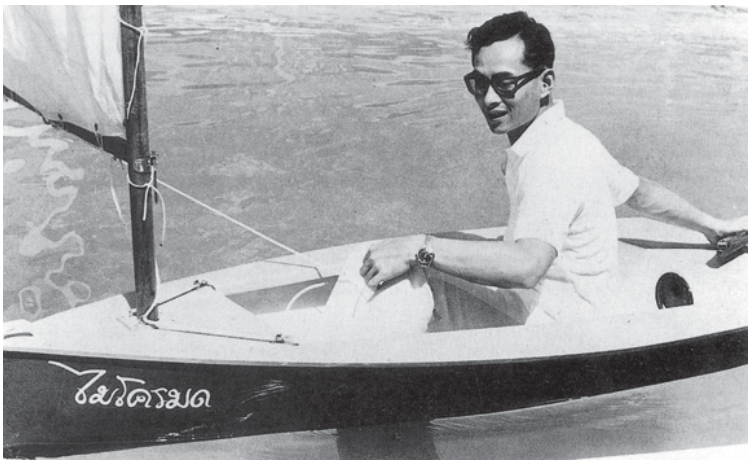
เตรียมเสาสำหรับเรือใบ

เรือเอกหญิง รศนา สมพงษ์ ซึ่งปัจจุบันเป็นหนึ่งในเจ้าหน้าที่คณะทำงานประชาสัมพันธ์ของกรมอู่ทหารเรือ กล่าวต่อไปว่า

“การแข่งขันเรือใบรายการ ‘หัวหินรีกัตต้า’ นับเป็นการรวบรวมเรือใบซูเปอร์มดครั้งยิ่งใหญ่ในประวัติศาสตร์กีฬาแล่นใบไทย โดยเป็นรายการแข่งขันแล่นใบที่มีฝูงเรือ (FLEET) ซูเปอร์มดเข้าแข่งขันมากที่สุดในโลก

โดยในครั้งแรกเมื่อปี 2549 ซึ่งเป็นปีมหามงคลฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี ฝ่ายจัดการแข่งขันตั้งใจที่จะรวบรวมเรือซูเปอร์มดเพื่อการแข่งขันจำนวน 61 ลำด้วยกัน หากแต่ด้วยความสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทำให้การแข่งขันเรือใบรายการหัวหินรีกัตต้า 2006 มีผู้สมัครเข้าแข่งขันมากถึง 99 คน นับเป็นนิมิตหมายอันดีที่แวดวงกีฬาเรือใบของไทยและเรือใบซูเปอร์มดซึ่งเป็นเรือใบสัญชาติไทยแท้ ได้กลับมีชีวิตโลดแล่นในท้องน้ำอีกครั้ง”

เรือใบซูเปอร์มดพร้อมส่งมอบ



และในปีนี้ก็เช่นกันเรือใบซูเปอร์มด จำนวน 80 ลำ ได้เข้าร่วมในการแข่งขันเรือใบรายการหัวหินรีกัตต้า ชิงรางวัลพระราชทาน ‘หางเสือเรือเวคา’ เป็นการสร้างประวัติศาสตร์ว่า...

ครั้งหนึ่งเหนือน่านน้ำไทย ในปีมหามงคล 2550 ‘ซูเปอร์มด’ เรือใบแห่งพระราชา จำนวน 80 ลำ ได้เข้ามารวมตัวกันเป็นหนึ่งเดียวเพื่อโลดแล่น ฝ่าคลื่นทะเลให้นานาอารยประเทศได้ประจักษ์ว่า แผ่นดินไทยเป็นแผ่นดินเดียวในโลกที่มีพระมหากษัตริย์ผู้ทรงพระอัจฉริยภาพในด้านการต่อเรือและการแล่นใบ

ไม่เพียงแต่การสนับสนุนสมาคมแข่งเรือใบแห่งประเทศไทยฯ ในการแข่งขัน ‘หัวหินรีกัตต้า 2007’ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเท่านั้น กรมอู่ทหารเรือยังมีส่วนร่วมในโครงการเรือใบซูเปอร์มดเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา ซึ่งมีผู้บัญชาการทหารสูงสุดเป็นประธาน โดยเปิดการอบรมหลักสูตรการสร้างเรือใบซูเปอร์มดขึ้นที่อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

หลักสูตรดังกล่าวแบ่งเป็น 8 รุ่น โดยมีผู้เข้ารับการอบรมรุ่นละ 10 นาย เพื่อให้ครบ 80 นาย ความมุ่งหมายของการอบรมเพื่อให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจสามารถสร้างเรือใบซูเปอร์มดได้อย่างถูกต้องตรงตามแบบที่ได้รับพระราชทานจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

นอกจากนี้ยังเป็นการอบรมเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถบำรุงรักษาและซ่อมเรือใบได้ด้วยตนเอง และเป็นไปตามมาตรฐานของกองทัพเรือ โดยมีระยะเวลาในการฝึกอบรมและปฏิบัติรวมกันทั้งสิ้น 60 ชั่วโมง

เหนือสิ่งอื่นใดก็คือโครงการนี้มุ่งหวังที่จะผลิตบุคลากรที่มีความรู้ในด้านการสร้างและซ่อมเรือใบเพื่อร่วมกันเผยแพร่องค์ความรู้และพระอัจฉริยภาพในด้านการออกแบบ และสร้างเรือใบ ‘ตระกูลมด’ ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวให้แพร่หลายในหมู่พสกนิกรชาวไทยมากยิ่งขึ้น อันนับเป็นบทบาทและกิจกรรมหนึ่งของกรมอู่ทหารเรือ ในปีมหามงคล 2550 ที่จะจารึกอยู่ในความทรงจำของผู้คนทั้งแผ่นดิน...ตลอดไป

ปาล์มในทุ่งรังสิต

ภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์อันเชี่ยวกราก ภูมิคุ้มกันอันแข็งแกร่ง ที่ทำให้แผ่นดินไทยสามารถดำรงรักษาความเป็น "ชาติเกษตรกรรม" ไว้ได้เช่นในอดีตก็คือ พระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่พระราชทานแนวทาง "ทฤษฎีใหม่" ในการพัฒนาไร่นาสวนผสมให้แก่ราษฎรที่เป็นกสิกรควบคู่ไปกับการพระราชทานปรัชญา "เศรษฐกิจพอเพียง" เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการบริหารจัดการขจัดปัญหาความยากจน นำมาซึ่งความสุขอย่างยั่งยืนและมั่นคงของชุมชนและประเทศชาติ

"ชุมชนชีวภาพ" เพื่อการพลิกฟื้นทุ่งรังสิต ในโครงการเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสงานฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี

นาวาเอก วิพันธุ์ ชมะโชติ

นายทหารฝ่ายเทคนิค กรมอู่ทหารเรือ

พื้นที่ส่วนหนึ่งของโครงการฯ ในเขตอำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี ในปัจจุบัน ซึ่งเริ่มมีการพัฒนา

การพลิกฟื้น 'ทุ่งรังสิต' บริเวณรอยต่อระหว่างอำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานีกับอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก และอำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี เพื่อพัฒนาไปสู่การเป็นพื้นที่ทำกินอันยังประโยชน์ได้อย่างครบวงจร นับเป็นตัวอย่างสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงพระอัจฉริยภาพและพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในเรื่อง *"ทฤษฎีใหม่"* และปรัชญา *"เศรษฐกิจพอเพียง"* อย่างชัดเจนที่สุด

ย้อนหลังไปเมื่อปี 2518 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระมหากรุณาธิคุณพระราชทานที่ดินกว่า 44,000 ไร่ บริเวณทุ่งรังสิตเขตรอยต่อ 3 จังหวัด เพื่อเป็นที่ดินทำกินสำหรับผู้ที่เป็นเกษตรกรตาม พ.ร.บ. ปฏิรูปที่ดิน 2518 และมอบเอกสารสิทธิ ส.ป.ก. ให้แก่ราษฎรรายละไม่เกิน 40 ไร่ ซึ่งสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) ได้จัดให้เกษตรกรจำนวน 2,976 ราย เข้าทำประโยชน์พร้อมทั้งพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน คลองส่งน้ำ คลองระบายน้ำ และขุดสระน้ำเพื่อการเกษตร โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระราชประสงค์ให้เกษตรกรผู้เช่าที่ดินทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์อยู่เดิมได้ทำกินอยู่ในที่ดินนั้นตลอดไปชั่วลูกหลาน แต่จะไม่มีกรรมสิทธิ์ในที่ดินนั้น รวมทั้งจัดให้มีการพัฒนาต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสภาพเดิมของท้องถิ่น และให้รวมกลุ่มเกษตรกรจัดตั้งเป็นสหกรณ์

หลายสิบปีต่อมา ชาวบ้านซึ่งเข้าไปทำกินในพื้นที่ดังกล่าวต่างประสบปัญหาในด้านผลผลิต เนื่องจากการทำนาหรือทำสวนปลูกพืชให้ผลตอบแทนไม่คุ้มค่า อันมีผลมาจากสภาพดินเปรี้ยวจัด อีกทั้งยังต้องอาศัยแหล่งทุนตลอดจนเทคโนโลยีและกลไกการตลาดจากภายนอกจนทำให้ชุมชนอยู่ในสภาพที่เรียกได้ว่าเกือบจะไม่สามารถพึ่งพาตนเองได้เลย

นอกจากนี้พื้นดินซึ่งเคยอุดมสมบูรณ์ก็ต้องแปรสภาพไป อันเนื่องมาจากผลกระทบของการใช้สารเคมีในการเร่งผลิตผลเพื่อตอบสนองความต้องการในห้วงเวลานั้น

ที่เห็นชัดที่สุดก็คือ ในปัจจุบันพื้นที่หลายแห่งบริเวณรอยต่อ 3 อำเภอต้องกลายเป็น *“สวนส้มร้าง”* ที่ไม่สามารถสร้างผลผลิตได้อีกแล้ว อันเนื่องมาจากสภาพดินเปรี้ยว ทำให้ผู้คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ต้องหันไปยังชีพด้วยการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเดินทางเข้ามาหางานทำในกรุงเทพฯ

ความเป็นไปดังกล่าว จึงนำมาซึ่งแนวทางในการพัฒนาและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผสมผสานระหว่างการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการพัฒนาการเกษตรทฤษฎีใหม่ การพัฒนาพลังงานเพื่อการพึ่งพาตนเองเพื่อนำไปสู่การวิจัยและการแก้ปัญหาอย่างครบวงจรทั้งการแก้ปัญหาดินเปรี้ยว การเกษตรกรรม การทดลองปลูกพืชพลังงาน การแปรรูปและการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญของไทย

ทุ่งรังสิตซึ่งรอการพลิกฟื้น

สิ่งที่น่ายินดีเป็นอย่างยิ่งก็คือการดำเนินการที่กล่าวมาข้างต้น เป็นการประสานความร่วมมือกันจากหลายหน่วยงานทั้งเอกชนและภาครัฐรวมทั้งกองทัพเรือ โดยมีกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเจ้าภาพ ภายใต้ชื่อ *"โครงการพัฒนาชุมชนชีวภาพครบวงจร"* เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสงานฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี ซึ่งได้เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2549 และเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2550 ที่ผ่านมา ได้มีการลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือระหว่างกรมอู่ทหารเรือกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ในการสนับสนุนโครงการนี้

พิธีลงนามได้จัดให้มีขึ้นที่อาคาร MTEC อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย โดยมี ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติเป็นประธานลงนามร่วมกับ พลเรือโท ศาสตราจารย์เกียรติคุณ วีรวัฒน์ วงษ์ดนตรี เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

เจ้ากรมอู่ทหารเรือและคณะตรวจเยี่ยมความก้าวหน้าการติดตั้งต้นแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดเล็ก

ต้นแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลขนาดเล็ก

พิธีลงนามระหว่างกรมอู่ทหารเรือกับ MTEC

นาวาเอก ดร.สมัย ใจอินทร์ นายทหารนักวิจัยของกรมอู่ทหารเรือ ซึ่งได้เข้าร่วมในโครงการนี้ เล่าว่า *"โครงการพลิกฟื้นทุ่งรังสิต นับเป็นความร่วมมืออันน่าปลื้มปิติ เพราะหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้นำศักยภาพและความเชี่ยวชาญของตนมาใช้อย่างเต็มกำลัง โดยใช้พื้นที่ของสำนักงานทรัพย์สินส่วนพระมหากษัตริย์ซึ่งอยู่ในเขตรอยต่อ 3 จังหวัด เป็นพื้นที่นำร่องในการพัฒนาด้วยจุดมุ่งหมายเดียวกันคือ*

การทำให้ที่ดิน ส.ป.ก.แห่งแรก ซึ่งได้รับพระราชทานมาจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สามารถนำกลับมาใช้ในภาคการเกษตรได้อย่างสมบูรณ์อีกครั้ง ควบคู่ไปกับการสร้างชุมชนชีวภาพแบบครบวงจร"

นาวาเอก ดร.สมัย ใจอินทร์ หน้าต้นปาล์มที่สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงปลูก

กล่าวคือ มีการปลูกพืชน้ำมัน เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนการปลูกพืชผลเดิมที่ประสบปัญหาอันเนื่องมาจากดินเปรี้ยว มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการผลิตไบโอดีเซลอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน มีการแปรรูปและจัดการผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิตพลังงาน การบำบัดน้ำเสียจากระบบ มีการวิจัยเพื่อหาแนวทางฟื้นฟูสภาพดิน แก้ปัญหาดินเปรี้ยว รวมไปถึงการจัดตั้งสหกรณ์ชุมชนอันจะนำไปสู่การพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนและแข็งแกร่ง

โครงการนี้จึงเป็นโอกาสสำคัญที่กองทัพเรือได้เข้ามามีส่วนร่วมในบริบทสำคัญ ซึ่งหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนนำความเชี่ยวชาญเฉพาะทางมาใช้ในการขับเคลื่อนภารกิจในลักษณะเกื้อกูลกันและกัน อาทิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ดูแลในเรื่องการให้ความรู้แก่ชาวบ้านและจัดอบรม การปลูกสบู่ดำ และพืชทนดินเปรี้ยวชนิดอื่น ๆ ซึ่งสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ เช่น ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ กระถินเทพา ขณะที่ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ช่วยดูแลการผลิตและการควบคุมคุณภาพ โดยให้มีความปลอดภัยและเกิดประโยชน์สูงสุด

ภาคเอกชนมอบต้นปาล์มสนับสนุนโครงการ

ทั้งนี้ทีมนักวิจัยของ MTEC และผู้นำเกษตรกรในพื้นที่จะร่วมให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทุกขั้นตอนทั้งในด้านการผลิตน้ำมัน และการใช้กากเหลือเป็นเชื้อเพลิงแข็งหรือเป็นปุ๋ยชีวภาพ อันถือได้ว่าเป็นการจัดการตลอดสายห่วงโซ่ของพลังงานและผลิตภัณฑ์อย่างสมบูรณ์แบบ

ส่วนกรมส่งเสริมการเกษตรได้เข้ามาช่วยในเรื่องของการปลูกปาล์มในแปลงทดสอบ บริษัทชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน) มอบปาล์มจำนวน 20,000 ต้น พร้อมให้ความช่วยเหลือทางวิชาการในการปลูกให้แก่ชาวบ้าน เพื่อสนับสนุนโครงการนี้เช่นเดียวกับ บริษัทสามมิตรมอเตอร์ส แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด ที่บริจาครถบรรทุกอเนกประสงค์ที่ใช้สำหรับการเกษตรโดยเป็นรถที่ใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิง 100 %

นอกจากนี้ในระหว่างที่พืชน้ำมันยังไม่ให้ผลผลิต โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดายังเข้าไปให้ความช่วยเหลือชาวบ้านด้วยการแนะนำชาวบ้านให้รู้จักการสร้างรายได้ระหว่างรอการเก็บเกี่ยวพืชพลังงาน เช่น การปลูกพืชผักสวนครัวตามแนวร่องสวน การแบ่งพื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ปลอดสารพิษตลอดจนให้ฝึกอบรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซล รวมทั้งการจัดทำหีบห่อบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม สวยงาม เป็นการเพิ่มช่องทางการขายในตลาดให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับการสนับสนุนของกองทัพเรือโดยกรมอู่ทหารเรือ นาวาเอก ดร.สมัย ใจอินทร์ กล่าวว่า

“ทางกองทัพเรืออนุมัติให้ผมเข้ามาช่วยงานที่ MTEC ในฐานะผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยในการออกแบบและก่อสร้างโรงงานสาธิตการผลิตไบโอดีเซลตั้งแต่ปีที่แล้วและจากการที่กรมอู่ทหารเรือเคยออกแบบโรงงานผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีการสร้างขึ้นเพื่อน้อมเกล้าฯ ถวายในโครงการส่วนพระองค์ เมื่อปี 2547 ทาง MTEC จึงขอความร่วมมือมายังกรมอู่ทหารเรือให้รับผิดชอบในเรื่องนี้ ขณะที่ทางนักวิจัยของ MTEC จะทำการออกแบบและสร้างเครื่องสกัดน้ำมันสบู่ดำแบบต่อเนื่องเพื่อให้ชุมชนชีวภาพมีเครื่องสกัดต้นแบบที่มีขนาดกำลังการผลิตเหมาะสมกับการใช้งานในวิสาหกิจชุมชนขนาดกลาง รวมทั้งจะทำการพัฒนาต้นแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบกะ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ในชุมชนโดยมีขนาดกำลังผลิต 200 ลิตรต่อครั้ง”

พืชพลังงานในโครงการเริ่มเติบโต

ชาวบ้านเริ่มปลูกสบู่ดำในพื้นที่

โรงงานผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องในชุมชนซึ่งกรมอู่ทหารเรือรับผิดชอบ

ส่วนการพัฒนาออกแบบและติดตั้งเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องขนาดใหญ่ ซึ่งจะนำไปติดตั้งในโรงงานสาธิตการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งปัจจุบันก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วที่ตำบลหนองหมู อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี กรมอู่ทหารเรือจะเป็นผู้รับผิดชอบ

"ทุกวันนี้ กรมอู่ทหารเรือสามารถผลิตไบโอเซลได้ด้วยตนเอง โดยมีเครื่องผลิตแบบต่อเนื่อง กำลังการผลิต 2,000 ลิตรต่อวัน เพียงพอที่จะใช้กับพาหนะของเราเอง และหน่วยงานข้างเคียง"

นาวาเอก ดร.สมัย ใจอินทร์ อธิบายเพิ่มเติม

"เราจึงใช้ประสบการณ์จากเรื่องดังกล่าวเข้าไปสนับสนุนร่วมมือกับ MTEC ในการออกแบบเครื่องผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องที่มีขนาดกำลังการผลิต 20,000 ลิตรต่อวัน สำหรับนำไปติดตั้งในโครงการเพื่อการพลิกฟื้นทุ่งรังสิต เป็นการเตรียมรองรับการขยายตัวของชุมชนชีวภาพ ซึ่งจะเกิดขึ้นในอนาคตที่ไม่ไกลจากนี้และเมื่อวันนั้นมาถึงก็เท่ากับว่า การมีส่วนร่วมในภารกิจพลิกฟื้นทุ่งรังสิตของกองทัพเรือบรรลุความมุ่งหมายแล้วอย่างสมบูรณ์"

พื้นที่ในโครงการชุมชนชีวภาพ

โครงการพัฒนาชุมชนชีวภาพเฉลิมพระเกียรติฯ บริเวณที่ดินพระราชทานเมื่อกว่า 30 ปีที่แล้ว จึงนับเป็นการก้าวตามพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวอย่างเป็นรูปธรรม เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรตามแนวทางทฤษฎีใหม่ อันได้แก่ การจัดสรรสัดส่วนที่ดิน การรวมตัวเป็นสหกรณ์ การเชื่อมโยงกับตลาดแหล่งเงินและแหล่งพลังงาน

ทั้งหมดนี้จะอยู่ภายใต้กรอบแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง คือการดำเนินการอย่างพอประมาณ มีเหตุผลในการเลือกวิถีทางปฏิบัติของตนเองด้วยสติปัญญา โดยไม่ไหลตามกระแส และมีภูมิคุ้มกันด้วยการพึ่งพาตนเองให้มากที่สุดบนความสุจริตและมีธรรมาภิบาล

ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องจึงมุ่งมั่นที่จะร่วมกันดำเนินโครงการนี้อย่างเต็มกำลังความสามารถ ด้วยหัวใจที่อิ่มเอิบ ไปด้วยความยินดี และเป็นสุขเมื่อได้สำนึกว่า...

นี่คือ ***"ของขวัญ"*** อันเลอค่าหาที่สุดมิได้ ซึ่ง ***"พ่อของแผ่นดิน"*** มอบให้พสกนิกรของพระองค์

บทคัดย่อ

การติดตั้งระบบขับเคลื่อนของเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (เรือ ต.991) มีขั้นตอนและวิธีดำเนินการที่ต้องใช้ความชำนาญและความรู้ความสามารถจากช่างสาขาต่าง ๆ ที่จะต้องปฏิบัติงานร่วมกันในการที่จะทำให้ระบบขับเคลื่อน ของเรือสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยความถูกต้องของตำแหน่ง การจัดวางตามแบบที่กำหนด บทความนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมการด้านเอกสารและแบบ การกำหนดแนวเส้นอ้างอิง การติดตั้งยงโย่ การติดตั้งกระบอกดีฟุต การยึดแบริ่งรับเพลา และการเท Chockfast ยึดตำแหน่งเพลาใบจักร

นายอาคม แสงเงิน
ช่างซ่อมเครื่องยนต์ ชั้น 4 แผนกโรงงานเครื่องกล
กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

การตั้งศูนย์เพลาใบจักรเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่ง เฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (เรือ ต.991)

บทนำ

การสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (เรือ ต.991) ที่สร้างโดยกรมอู่ทหารเรือได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2548 จนถึงปี 2550 ซึ่งเป็นปีที่กองทัพเรือจะน้อมเกล้าฯ ถวายเรือลำนี้ เนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 หลังจากการต่อเรือแล้วเสร็จ การติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ดำเนินมาเป็นลำดับ เรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งลำนี้ได้รับการติดตั้งระบบเคลื่อนที่มีขีดความสามารถสูง ประกอบด้วย เครื่องจักรขับเคลื่อน หมู่เฟืองทด (Gear) เพลาใบจักร แบริ่งรับเพลา ยงโย่ และใบจักรเรือ อุปกรณ์เหล่านี้จะต้องติดตั้งในตำแหน่งการจัดวางที่ถูกต้องที่เรียกว่าการตั้งศูนย์เพลา โดยช่างผู้มีความเชี่ยวชาญ เพื่อให้อุปกรณ์ประกอบของระบบขับเคลื่อนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การตั้งเป้าเล็งสำหรับตั้งศูนย์เพลา

การตั้งศูนย์เพลาใบจักรเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา (เรือ ต.991)

การหาศูนย์เพลาใบจักร คือ กระบวนการในการประกอบส่วนของเพลาใบจักร ซึ่งประกอบด้วยกระบอกเพลา เพลาใบจักร แบริ่งรับเพลา ยงโย่ และใบจักร เข้ากับตัวเรือ โดยมีลำดับขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นลำดับ งานที่ต่อเนื่องและต้องใช้ความละเอียดในการทำงานอย่างมาก (หน่วยที่ใช้ในการวัดมีความละเอียดถึง 0.00 มม.) เนื่องจากว่าเพลาใบจักรและใบจักรมีหน้าที่ในการส่งกำลังในการขับเคลื่อนของเรือ (ทั้งเรือเดินหน้าและเรือถอยหลัง) ปลายด้านหนึ่งของเพลาใบจักรด้านในจะประกอบด้วยหน้าแปลนเพื่อยึดติดกับเกียร์ ทำหน้าที่ทดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ขับเพลาจะต้องอยู่ในแนวเดียวกัน (ตามที่กำหนดในคู่มือของเกียร์) ถ้าเพลาใบจักรเกิดการเยื้องศูนย์กับเกียร์และเครื่องยนต์เพียงเล็กน้อยก็จะส่งผลทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นกับตัวเรือ (มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดได้จากหลายสาเหตุ) หรือที่เรียกว่าการเกิด *“Vibration”* และยังมีผลต่อความเร็วของเรือด้วย

หลักการของการหาศูนย์เพลาใบจักร ใช้หลักการที่ดูเหมือนจะไม่มีความซับซ้อนมาก นั่นคือต้องทำให้แนวของเพลาใบจักร เกียร์ และเครื่องยนต์อยู่ในแนวเดียวกันตามที่กำหนดมาจากบริษัทผู้ผลิตเกียร์เท่านั้น แต่การปฏิบัติจริงจะต้องใช้เทคนิคความรู้ทางฟิสิกส์ (เกี่ยวกับการเผื่อค่าการหย่อนของเส้นลวด) การถ่ายเทความร้อน (เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของตัวเรือเนื่องจากอุณหภูมิ) กลศาสตร์วิศวกรรม (เกี่ยวกับความเค้นและความเครียดที่ส่งผลทำให้ตำแหน่งของกระบอกเพลา และส่วนประกอบเกิดการเยื้องศูนย์ระหว่างการเชื่อม) อาจรวมวิชาพยากรณ์อากาศด้วย เพราะในห้วงเวลาที่ปฏิบัติงานจะต้องเลือกเวลาที่สภาพแวดล้อมอุณหภูมิคงที่ เพื่อมิให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงการสร้างเรือ (Deflection) ส่วนใหญ่จะดำเนินการในช่วงเวลา 03.00 น. ถึง 05.00 น. ของแต่ละวัน

สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จำเป็นต้องมีคือ บุคลากรที่มีความละเอียดรอบคอบสูงมาก มีความตั้งใจในการทำงานอย่างจริงจัง อดทน และมีประสบการณ์ในการทำงาน เพราะในบางขั้นตอนของงานจะต้องใช้เวลาในการปรับแต่งนานมาก และต้องใช้ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดเวลา

ลำดับขั้นตอนในการทำงานหาศูนย์เพลาใบจักร สำหรับเรือที่สร้างใหม่นิยมที่จะเริ่มการทำงานจากการหาแนวเส้นอ้างอิงสำหรับการติดตั้งกระบอกเพลาก่อน หลังจากนั้นจึงจะดำเนินการติดตั้งส่วนประกอบที่เหลือต่อไป สำหรับวิธีการลำดับการทำงาน รวมทั้งข้อมูลต่าง ๆ จากการปฏิบัติงานจะได้กล่าวในลำดับต่อไป

การตรวจสอบพิทช์ใบจักรเรือ

เพลาใบจักร ยงโย่รับเพลา และการยกใบจักรเรือลงอู่แห้ง

การเตรียมการก่อนตั้งศูนย์เพลาใบจักร

● Reference Line หมายถึง แนวเส้นอ้างอิงเพื่อใช้กำหนดตำแหน่งต่าง ๆ ของอุปกรณ์รองรับเพลาใบจักร ในทางปฏิบัติใช้เส้นลวด Piano เบอร์ 6 (0.0166 นิ้ว) ขึงให้ตึงระหว่างพุกรับแผ่นเป้า

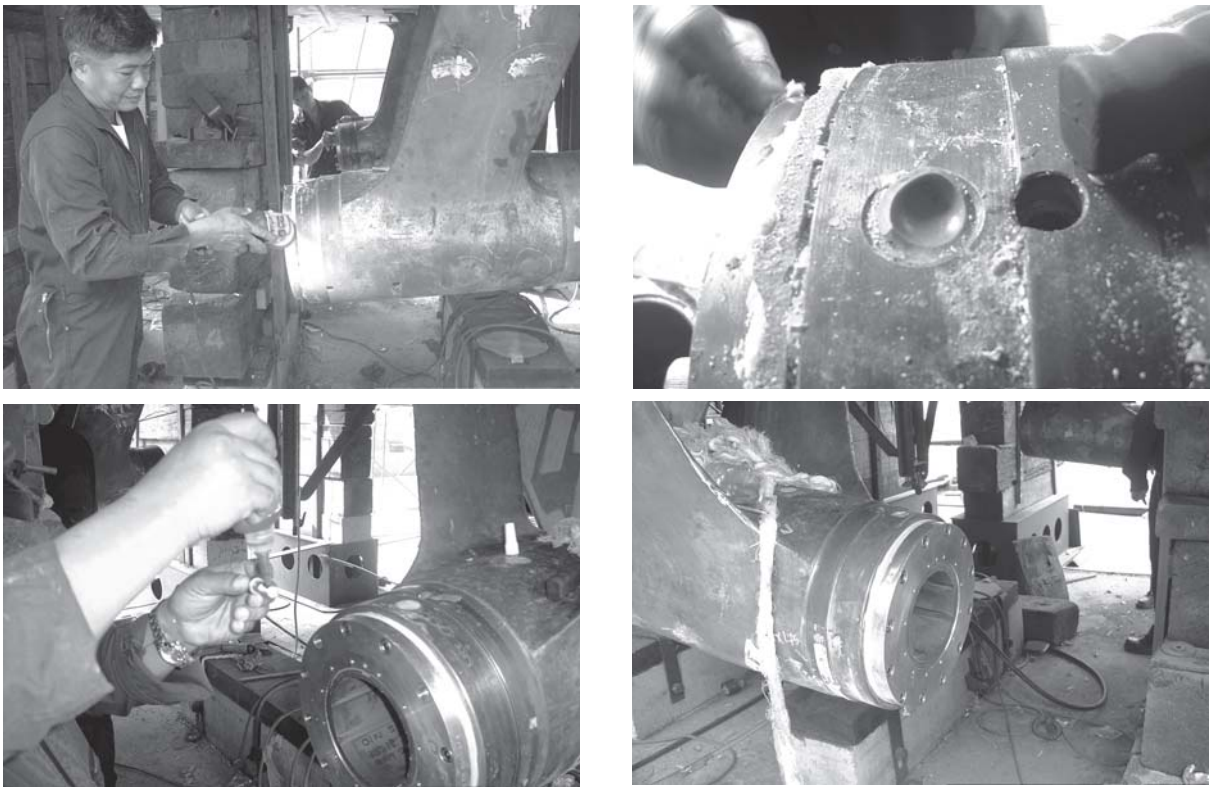
● โครงสร้างหลักของตัวเรือจะต้องแล้วเสร็จอย่างน้อยประมาณ 70 % งานเชื่อมแผ่นเหล็กเปลือกเรือทุกแผ่น งานเชื่อมที่อยู่ใกล้กับแนวเพลา ตั้งแต่ช่วงกลางลำเรือถึงท้ายเรือจะต้องแล้วเสร็จและผ่านการตรวจเช็คโดยหน่วยควบคุมคุณภาพ

● สภาพการวางหมอนรองรับตัวเรือที่กำหนดโดยแบบ (Docking Plan) จะต้องมั่นคงแข็งแรง ต้องยึดให้อยู่กับที่ไม่ให้มีการเคลื่อนตัว

● ปลดส่วนที่ยึดตัวเรือออกทั้งหมด ปล่อยให้ตัวเรือเป็นอิสระนั่งอยู่บนหมอน

● แนวระดับของตัวเรือต้องได้ระดับทั้งแนวดิ่งและแนวนอน

● แบบที่กำหนดมุมเพลา ตัวเลขที่กำหนดตำแหน่งของมุมเพลาทั้งด้านในเรือ นอกเรือ (Details Propeller Shaft or Arrangement of Shafting)



การติดตั้งยงโย่รับเพลา

● ตรวจสอบเพลาและอุปกรณ์รองรับเพลาทุกชิ้น ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยเปรียบเทียบกับขนาดและเกณฑ์ที่กำหนดโดยแบบแปลน

● เจ้าหน้าที่ทำงานเกี่ยวกับการตั้งศูนย์เพลามาจาก 5 หน่วยงาน คือ

1. โรงงานต่อเรือเหล็ก แผนกโรงงานเรือเหล็ก กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
2. โรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
3. โรงงานเครื่องกล แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
4. โรงงานช่างต่อเรือใยแก้ว แผนกโรงงานเบ็ดเตล็ด กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ
5. กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

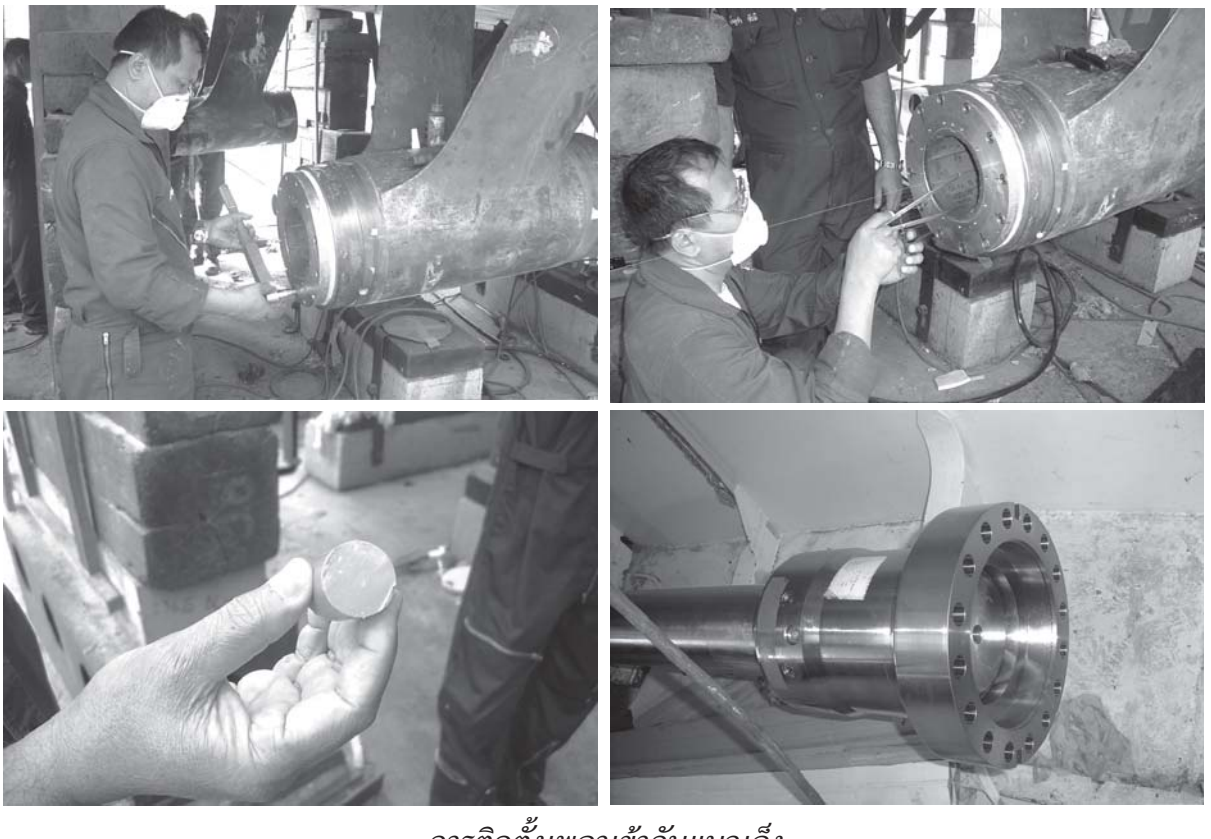
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดแนวเส้นอ้างอิง (Reference Line)

● โรงงานต่อเรือเหล็กสนับสนุนงานติดตั้งพุกรับแผ่นเป้า ตามคำร้องขอจากโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ซึ่งในช่วงแรกนี้จะเป็นการติดตั้งพุกรับอยู่ 2 จุด ติดตั้งจุดแรก ที่ Fr. 27 ด้านในตัวเรือ และจุดที่สองที่ Fr.0 (ท้ายเรือสุด) ด้านนอกตัวเรือ

● นำแผ่นเป้ายึดติดกับพุกรับทั้งสองจุด โดย C-Clamp ปรับตำแหน่งของเป้าให้ได้ตามตัวเลขที่กำหนดโดยแบบ (Shafting Arrangement) ตามแบบกำหนดให้เพลาทำมุมกับ Base Line ประมาณ 5 องศา ระยะยอดใบจักรถึงท้องเรือ (Tip Clearance) ประมาณ 254 มม. ระยะห่างระหว่างแนวเพลาทั้งสองประมาณ 2,700 มม. ล็อกเป้าให้อยู่กับที่โดยการแล่นประสานทั้งสองจุด

ขึงเส้นลวดระหว่างเป้าทั้งสอง ใช้ตุ้มน้ำหนักประมาณ 37 ปอนด์ (16.79 กิโลกรัม) ถ่วงเพื่อให้เส้นลวดตึง มุมเพลาวัดค่าได้ใกล้เคียงกับแบบคือประมาณ 5 องศา ทั้งสองแนวเพลา ส่วน Tip Clearance กราบขวาวัดได้ 256 มม. กราบซ้ายวัดได้ 255 มม. แนวเพลาทั้งสองห่างกัน ใกล้เคียงกับแบบประมาณ 2,700 มม.

- หมายตัดเปลือกเรือเพื่อที่จะนำ Stern Tube สอดเข้าไปในตัวเรือ
- นำ Stern Tube ที่ผ่านการคว้าน เจาะรูทำเกลียวดัน เจาะรูเท Chockfast และตรวจเช็คขนาด ประกอบเข้าที่ตามตำแหน่งที่กำหนดโดยแบบ ติดตั้งอุปกรณ์ปรับแต่งที่ส่วนหัวและท้ายของ Stern Tube โดยยังไม่มีการปรับ Line
- ตรวจสอบ Deflection ของตัวเรือ โดยใช้เครื่องมือวัดบริเวณท้ายเรือที่พุกรับแผ่นเป้าตรวจสอบทั้งแนวดิ่งและแนวนอน พร้อมกับจดเวลาและค่าการเปลี่ยนแปลง เครื่องมือที่ใช้วัดและตรวจสอบคือ Dial Gauge, Temperature Gauge จะทำการตรวจวัดและจดค่าการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง (Deflection ของตัวเรือถือเป็นเรื่องปกติ ค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวเรือจะมีมากหรือมีน้อย ขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย เช่น ขนาด ระวางขับน้ำของตัวเรือ ภูมิอากาศรอบ ๆ ตัวเรือ (Ambient Temperature) และตัวเรือด้านที่สัมผัสโดยตรงกับแสงแดด) ใช้เวลาในการตรวจสอบค่า Deflection ของตัวเรือประมาณ 1 - 2 วัน



การติดตั้งเพลาเข้ากับแนวเล็ง

● ค่าที่จดบันทึกไว้จะมีอยู่ช่วงหนึ่งที่หยุดนิ่งเป็นระยะเวลาประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง ซึ่งเพียงพอที่จะทำการยึด (Fix) เป้าที่เหลือ (ช่วงเวลาหยุดนิ่งหมายถึง ตัวเลขที่เกจวัดอุณหภูมิไม่มีการเคลื่อนตัว พร้อมกับค่าการบิดตัวของตัวเรือ ดูจากหน้าปัด Dial Gauge จะหยุดนิ่งเช่นกัน) ความร้อนจากแสงแดดกระทบกับตัวเรือด้านใด การบิดตัวของตัวเรือก็จะเกิดขึ้น มีลักษณะแอ่นตัวเป็นเส้นโค้งทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง โดยมีจุด Fulcrum อยู่ที่ช่วงกลางลำเรือ เช่น ถ้าแสงแดดกระทบกับตัวเรือด้านกราบซ้าย การแอ่นตัวของตัวเรือทางด้านหัวและท้ายจะบิดตัวไปทางด้านกราบขวาในทางตรงกันข้าม ถ้าแสงแดดกระทบกับตัวเรือด้านกราบขวา ผลของการแอ่นตัวก็จะเป็นตรงกันข้าม ส่วนการแอ่นตัวในแนวดิ่งจะเกิดขึ้น เมื่อดาดฟ้าของตัวเรือกระทบกับแสงแดด ตัวเรือจะแอ่นตัวเป็นลักษณะเส้นโค้งเช่นกัน คือ ทางด้านหัวและท้ายของตัวเรือจะห้อยต่ำลง อุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ การแอ่นตัวทั้งแนวดิ่งและแนวนอนก็ยังคงเกิดขึ้นตลอด และจะกลับเข้าสู่ตำแหน่งเดิมก็ต่อเมื่ออุณหภูมิรอบ ๆ ตัวเรือลดลง จะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิหยุดนิ่งเป็นระยะเวลาหนึ่ง คือช่วงที่อุณหภูมิเย็นต่ำสุดจนถึงอุณหภูมิเริ่มสูงขึ้น ช่วงเวลาหยุดนิ่งนี้เองเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมที่จะทำการล็อกเป้า

● ผลการตรวจวัดค่า Deflection เรือ ต.991

1. ค่าบิดตัวสูงสุด (แนวนอน 2.4 มม. แนวดิ่ง 1.9 มม.)

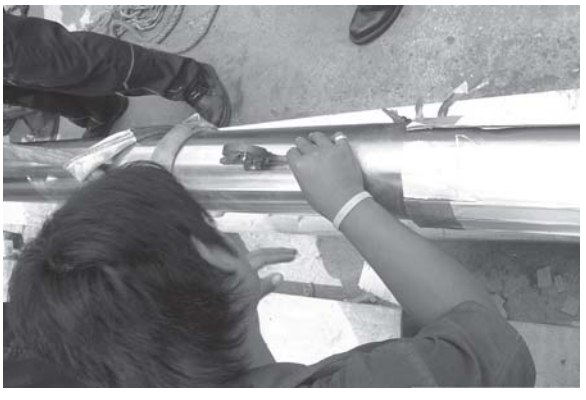
2. การบิดตัวเป็นไปในทิศทาง ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น

3. อุณหภูมิเย็นต่ำสุดที่ 27˚C สูงสุดที่ 33˚C

● เป้าขึงเส้นลวดที่ใช้กับเรือ ต.991 จะมีกราบละ 5 เป้า

● ทางโรงงานต่อเรือเหล็กสนับสนุนงานติดตั้งพุกรับแผ่นเป้าที่เหลือ ตามคำร้องขอจากโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ตำแหน่งพุกรับแผ่นเป้าจะติดตั้งอยู่ที่ Fr. 0, Fr. 8, Fr. 11, Fr. 19, Fr. 27 ทั้งสองกราบ

● ทำการปรับตำแหน่งของเป้าที่เหลือทั้งสองกราบให้อยู่ในแนวเดียวกับเป้าหัวและเป้าท้าย โดยการใช้กล้องปรับ Line (Alignment Telescope) ลำดับงาน คือ



การติดตั้งเพลาใบจักร

1. ปรับ Center Line ของกล้อง ให้ได้แนวเดียวกันกับ Center Line ของเป้าหัวและเป้าท้าย
2. ยึด Center Line ของกล้องเป็นหลักนำเป้าที่เหลือยึดติดกับพุกรับ ปรับ Center Line ของเป้าให้ได้แนวเดียวกันกับ Center Line ของกล้อง
3. ล็อกแผ่นเป้าให้อยู่กับที่โดยการแล่นประสาน จดเวลาและอุณหภูมิในช่วงดำเนินการปรับและล็อกเป้า

● ขึงเส้นลวดระหว่างพุกรับกราบ เพื่อใช้เป็นแนวอ้างอิงในการติดตั้งอุปกรณ์รองรับเพลา แบ่งการขึงเส้นลวดออกเป็นสองช่วงทั้งสองกราบ ช่วงแรกจะขึงเส้นลวดระหว่าง Fr. 0 กับ Fr. 8 ช่วงสอง จะขึงเส้นลวดระหว่าง Fr. 11 กับ Fr. 19 ทั้งสองกราบ ใช้ตุ้มน้ำหนักประมาณ 30 ปอนด์ (13.61 กิโลกรัม) ถ่วงเพื่อให้เส้นลวดตึง

● เจ้าหน้าที่กองควบคุมคุณภาพร่วมตรวจสอบและจดบันทึก

ขั้นตอนที่ 2 การติดตั้งยงโย่ (Strut)

● ถ่าย Center Line ของแนวเพลาทั้งสองลงที่พื้นและที่ท้องเรือด้านนอกตัวเรือ โดยยึด Line ของเส้นลวดระหว่าง Fr. 0 กับ Fr. 8 เป็นจุดอ้างอิง ใช้ตุ้มน้ำหนักประมาณ 30 ปอนด์ ถ่วงเพื่อให้เส้นลวดตึงทั้งสองแนวเพลา

● เจ้าหน้าที่จากโรงงานต่อเรือเหล็กหมายตัดเปลือกเรือในตำแหน่งที่จะติดตั้งยงโย่ และนำตัวเลขที่วัดจากการถ่ายแบบตำแหน่งของยงโย่จริง นำไปหมายตัดต่อขายงโย่บนโรงงาน ลักษณะของยงโย่เป็นรูปตัววี และจะต้องต่อขาให้แล้วเสร็จก่อนนำลงติดตั้ง (ยงโย่ได้ผ่านการคว้าน เจาะรูทำเกลียวดันและเจาะรูเท Chockfast แล้ว)

● เจ้าหน้าที่จากโรงงานต่อเรือเหล็ก และโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ นำยงโย่ลงติดตั้งในตำแหน่งที่กำหนดโดยแบบโดยใช้เครื่องมือที่ทำขึ้นเองมีลักษณะเป็นรูปกระบะติดตั้งเกลียวดันในแนวดิ่งแล่นประสานติดกับตัวยงโย่ มีแผ่นเหล็กพร้อมขายึดติดกับตัวเรือที่ติดตั้งเกลียวดันในแนวนอนรองรับ

● เจ้าหน้าที่โรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ทำการปรับแต่งยงโย่โดยยึด Line ของเส้นลวดระหว่าง Fr. 0 กับ Fr. 8 เป็นจุดอ้างอิง ค่าการตกท้องช้างของเส้นลวด ระหว่างเป้าทั้งสองมีค่าตกสูงสุด ประมาณ

การปาดกระบอกยงโย่

0.16 มม. เนื่องจาก Bearing รับเพลาใบจักร ใช้ Chockfast เป็นตัวช่วยประคอง Line ทำให้งานเชื่อมไม่ต้องระวังเรื่องการผิดศูนย์มาก ค่าตัวเลขที่ยอมให้ยงโย่ผิดศูนย์ได้ไม่เกิน 3 มม. รอบตัว เครื่องมือที่ใช้วัดและตรวจสอบศูนย์คือ Inside Spring Calipers, Vernier, Steel Tape Measure

● เจ้าหน้าที่จากโรงงานต่อเรือเหล็ก ทำการแล่นประสาน ควบคุมยงโย่ให้อยู่ใน Line โดยโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ บันทึกและตรวจสอบโดยกองควบคุมคุณภาพ ตัวเลขที่วัดได้หลังจากงานแล่นประสานแล้วเสร็จ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ขั้นตอนที่ 3 การติดตั้งกระบอกดีฟุต (Stern Tube)

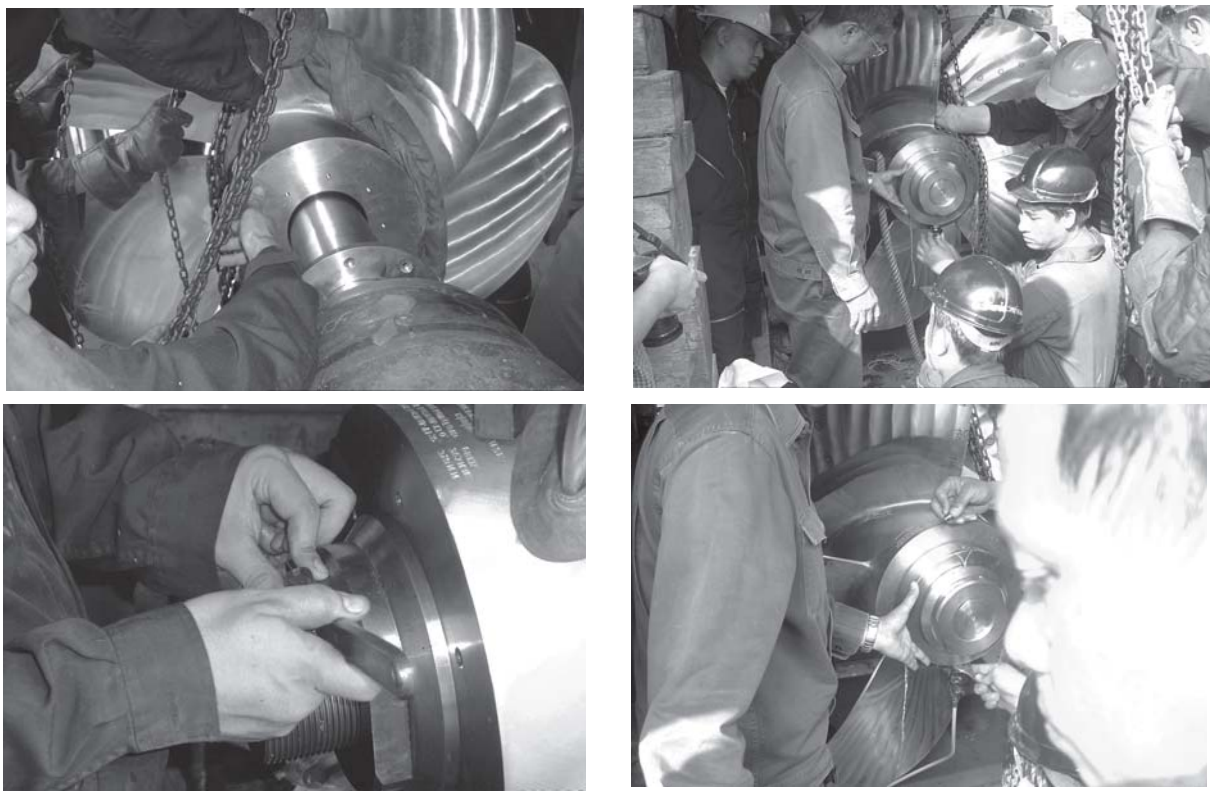
● เจ้าหน้าที่โรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ทำการปรับแต่งกระบอกดีฟุต (Stern Tube) ให้ได้ตรงตำแหน่งที่กำหนดโดยแบบทั้งสองแนวเพลา โดยใช้เกลียวดันเป็นเครื่องมือในการปรับแต่งตำแหน่งของเกลียวดันติดตั้งไว้ที่ปลายส่วนหัวและส่วนท้ายของกระบอกดีฟุต โดยยึด Line ของเส้นลวดระหว่าง Fr. 11 กับ Fr. 19 เป็นจุดอ้างอิง ใช้ตุ้มน้ำหนักประมาณ 30 ปอนด์ ถ่วงเพื่อให้เส้นลวดตึง ค่าการตกท้องช้างของเส้นลวดระหว่างเป้าทั้งสอง มีค่าตกสูงสุดประมาณ 0.24 มม. เนื่องจาก Bearing รับเพลาใบจักร ใช้ Chockfast เป็นตัวช่วยประคอง Line เช่นเดียวกับยงโย่ งานเชื่อมจึงไม่ต้องระวังเรื่องการผิดศูนย์มากเช่นกัน ค่าตัวเลขที่ยอมให้กระบอกดีฟุต ผิดศูนย์ได้ไม่เกิน 3 มม. รอบตัว เครื่องมือที่ใช้วัดและตรวจสอบศูนย์คือ Inside Spring Calipers, Vernier, Steel Tape Measure

การติดตั้งกระบอกดีฟุต

● เจ้าหน้าที่จากโรงงานต่อเรือเหล็ก ทำการแล่นประสานควบคุมกระบอกดีฟุตให้อยู่ใน Line โดยโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ บันทึกและตรวจสอบโดยกองควบคุมคุณภาพ ตัวเลขที่วัดได้หลังจากงานแล่นประสานแล้วเสร็จ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ขั้นตอนที่ 4 การเจาะรูยึด Bearing รับเพลาใบจักรที่กระบอกดีฟุตและยงโย่ (Stern Tube and Strut Barrel)

● เจ้าหน้าที่ โรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ทำการปรับแต่ง Bearing ซึ่งเป็น Bearing สำเร็จรูป มี Aft Bearing Assembly ประกอบอยู่ที่ยงโย่ Int Bearing Assembly ประกอบอยู่ที่ส่วนท้ายกระบอกดีฟุตด้านนอกตัวเรือ Fwd Bearing Assembly ประกอบอยู่ที่ส่วนหัวกระบอกดีฟุตด้านในตัวเรือให้ได้ตรงตำแหน่งที่กำหนดโดยแบบทั้งสองแนวเพลาใช้เกลียวดันที่ตัวยงโย่และที่กระบอกดีฟุตเป็นเครื่องมือในการปรับแต่ง โดยยึด Line ของเส้นลวด ระหว่าง Fr. 0 กับ Fr. 8 เป็นจุดอ้างอิงในการปรับ line ของ Bearing ที่ตัวยงโย่ และยึด Line ของเส้นลวดระหว่าง Fr. 11 กับ Fr. 19 เป็นจุดอ้างอิงในการปรับ Line ของ Bearing ที่กระบอกดีฟุต อ้างถึง Shaft Alignment Calculations กำหนดให้ Aft Bearing ติดตั้งในลักษณะ Vertical Slope คือส่วนปลายทางด้านท้ายจะต่ำกว่าส่วนปลายทางด้านหัว (Max Slope 0.31 mrad) ส่วน Aft Stern Tube Bearing และ Fwd Stern Tube Bearing ไม่ต้องปรับในลักษณะ Vertical Slope ปรับให้ขนานกับ line ของเส้นลวด ความหนาของ Chockfast ต่ำสุดวัดได้ 12 มม. สูงสุดวัดได้ 18 มม. ทั้งสองแนวเพลา (คู่มือกำหนดให้ความหนาของ Chockfast มีความหนาอยู่ระหว่าง 12 - 70 มม.)



การติดตั้งใบจักรเรือเข้ากับเพลาใบจักร

เครื่องมือที่ใช้ในการปรับ การวัดและตรวจสอบศูนย์คือ Inside Spring Calipers, Vernier, Adjustable Wrench

● เจาะรูทำเกลียวเพื่อยึด Bearing ที่ยงโย่ และกระบอกดีฟุตทั้ง 6 จุด

● ดำเนินการปรับ Line ของยงโย่และกระบอกดีฟุต โดยโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ เจาะรูทำเกลียวโดยโรงงานเครื่องกล บันทึกและตรวจสอบโดยกองควบคุมคุณภาพ ผลจากการตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ขั้นตอนที่ 5 การเท Chockfast เพื่อล็อกตำแหน่งของ Bearing ที่ยงโย่และกระบอกดีฟุต

● เจ้าหน้าที่โรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ทำการปรับแต่ง Bearing ที่ยงโย่และกระบอกดีฟุตทั้ง 6 จุด ให้ได้ตำแหน่งและค่าตัวเลข เดียวกับที่ได้ปรับแต่งไว้ในขั้นตอนที่ 4

● ล็อก Bearing ให้อยู่กับที่ด้วยสลัก

● เตรียมการเท Chockfast โดยเริ่มจาก

1. วัสดุที่ต้องใช้ เช่น Chockfast Orange อุปกรณ์ทำเขื่อนกั้น Release Agent สว่านไฟฟ้า (ความเร็วรอบอยู่ในช่วง 200 - 500 รอบ/นาที) ใบพายสำหรับกวน Chockfast

2. นำ Chockfast Orange สารละลาย Hardener ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 ˚C - 25 ˚C อย่างน้อย 12 ชั่วโมง ก่อนเท ทำความสะอาดพื้นผิวบริเวณที่จะเท

3. ทำเขื่อนกั้น พ่น Release Agent บริเวณที่ไม่ต้องการให้ Chockfast ติด

4. ทำการผสม Chockfast Orange กับสารละลาย Hardener โดยใช้สว่านไฟฟ้าที่มีใบกวนยึดติด กวนให้สารทั้ง 2 ชนิดผสมกันนาน ประมาณ 3 นาที ความหนาของ Chockfast ที่เทจะต้องมีความหนาประมาณ 12 มม. เป็นอย่างน้อย

5. หลังจากเทเสร็จ ตรวจดูการรั่วไหล ปล่อยให้ Chockfast แข็งตัวอย่างน้อย 18 ชั่วโมง

● ทำการเท Chockfast ใช้เวลาในการเททั้ง 6 จุดประมาณ 1 วัน ปล่อยให้ Chockfast แข็งตัว 18 ชั่วโมง

● กวดสลักยึด Bearing ทั้ง 6 จุด ด้วยค่า Torque 32 Nm

● ดำเนินการปรับ Line ของยงโย่ และกระบอกดีฟุต โดยโรงงานปรับซ่อมเครื่องยนต์ ทำการเท Chockfast โดยโรงงานช่างต่อเรือใยแก้ว บันทึกและตรวจสอบโดยกองควบคุมคุณภาพ ผลจากการตรวจสอบอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การกวดยึดใบจักรเรือ

บทสรุป

สำหรับบทความในการทำงานหาศูนย์เพลาใบจักรของเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา (เรือ ต.991) ลำนี้ ลำดับการในการปฏิบัติงานสามารถที่นำไปใช้อ้างอิงในการกำหนดแนวทางในการทำงานหาศูนย์ของเรือที่ใช้ เพลาใบจักรแบบท่อนเดียวได้ สำหรับเทคนิคบางอย่างสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน ความสัมฤทธิผลของงานนี้จะต้องใช้ความร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการร่วมแรงร่วมใจของผู้ปฏิบัติงานเป็นอย่างมาก รวมทั้งเครื่องมือที่มีความทันสมัยและมีความแม่นยำในการใช้งานอย่างมากเช่นกัน

สุดท้ายนี้ผู้เขียนมีความเห็นว่า ควรจะมีการสร้างเรือ ลำต่อ ๆ ไปอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นการเพิ่มความสามารถ และประสบการณ์ให้แก่บุคลากรที่มีอยู่ซึ่งมีความหมายรวมถึง การเพิ่มขีดความสามารถในการสนับสนุนกำลังรบของกองทัพเรือเป็นอย่างดีในอนาคตอันใกล้ และยังสอดคล้องกับแนวนโยบายการพึ่งพาตนเองได้เป็นอย่างดี

บรรณานุกรม

มาตรฐานงานช่าง กรมอู่ทหารเรือ ตารางค่าตกท้องช้างของลวด Piano.

Chockfast Orange : Philadelphia Resins.

Railko Water Lubricated Bearing : WARTSILA Lips Defence.

Shaft Alignment Calculations : B001980210 rev 0 WARTSILA Lips Defence.

Shafting Arrangement ของ กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ.

Shafting Arrangement Drawing : B002050482 rev F WARTSILA Lips Defence.

Stern Tube and Strut Barrel ของ กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ.

บทคัดย่อ

ระบบขับเคลื่อนเรือ*นั้นมีทั้งแบบ Mechanical, Hybrid และ Electrical Drives ซึ่งในแต่ละแบบจะให้คุณลักษณะการขับเคลื่อนเรือที่แตกต่างกัน ดังนั้นในแต่ละแบบของการขับเคลื่อนเรือจึงเหมาะสมกับเรือที่มีลักษณะการปฏิบัติงาน (Ship Profile) ที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ว่าเรือที่จะสร้างใหม่นั้นต้องการระบบขับเคลื่อนชนิดใดนั้น จึงจำเป็นต้องกระทำการศึกษาอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบที่เหมาะสมในการใช้งานที่สุด เนื่องจากในปัจจุบันได้มีนักวิทยาศาสตร์ได้วิจัยและพัฒนาการผลิตพลังงานไฟฟ้าและขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีความเป็นไปได้สูงที่จะประสบความสำเร็จ จึงมีโอกาสที่สูงมากที่ระบบขับเคลื่อนเรือทั้งหมดในอนาคตจะเป็นการขับเคลื่อนด้วยกำลังไฟฟ้า (Electric Propulsion) ในบทความนี้จะนำเสนอคุณลักษณะของการนำระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าไปใช้ในเรือรบพร้อมกับตัวอย่างของการนำระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้ในเรือรบในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน*

นาวาโท ทศพร ปราบริปู
นายช่าง แผนกไฟฟ้าระบบอาวุธและบังคับเรือ
กองออกแบบไฟฟ้า กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

การขับเคลื่อนเรือด้วยกำลังไฟฟ้า (Electric Propulsion)

บทนำ

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นได้มีใช้กันมาเป็นเวลานับสิบ ๆ ปีแล้ว ที่เห็นเด่นชัดคือในเรือดำน้ำ และมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว สำหรับการนำมาใช้ในเรือสินค้าที่มีคุณลักษณะการใช้งานเฉพาะ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานเรือต่ำลง การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะได้ประโยชน์คือในขณะที่ระบบขับเคลื่อนหลักและระบบขับเคลื่อนช่วยจะไม่ทำงานเต็มที่พร้อมกัน ดังนั้นความต้องการในการติดตั้งเครื่องกำเนิดพลังงานจึงน้อยกว่าปกติ มีห้องเหลือเพิ่มให้ใช้งานได้มากกว่าปกติ การออกแบบ Compartment ต่าง ๆ มีความอ่อนตัวมากขึ้น

การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นจะใช้ก็ต่อเมื่อระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ ไม่สามารถทำได้อย่างดีที่สุดเท่านั้น สำหรับเรือที่มีลักษณะการใช้งานของระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุดคือเรือบรรทุกสินค้าที่มีการขนส่งเป็นระยะทางไกล ๆ การใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์จะให้ประสิทธิภาพประมาณ 80 - 85 % ซึ่งระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไม่สามารถจะทำได้เพราะว่ามีการสูญเสียที่สูงกว่าจากการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า (Generator) และจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล (Motor)

การนำระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าไปใช้กับเรือรบ

โดยมีวัตถุประสงค์ในการใช้ไฟฟ้าขับเคลื่อนเรือ ดังนี้

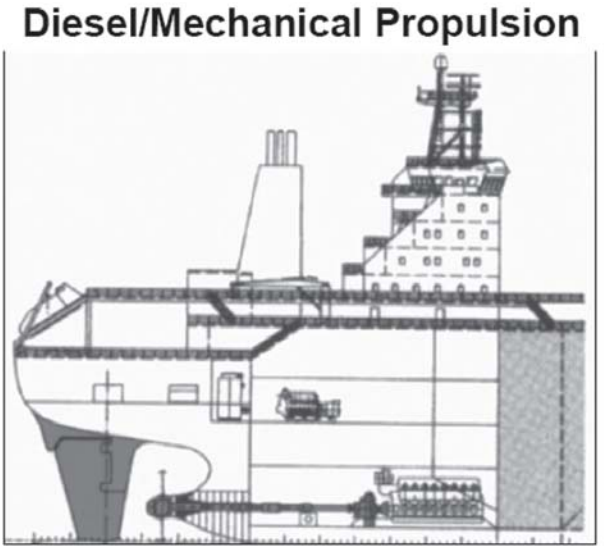
1. ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและการซ่อมทำ

2. ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำ

3. ลดกำลังพลในการทำงานและซ่อมบำรุงระบบขับเคลื่อนลง

4. ปรับปรุง Signature ของเรือ เช่น Sound Signature เป็นต้น

5. เพิ่มขีดความสามารถของการอยู่รอดของเรือเมื่อได้รับการโจมตี

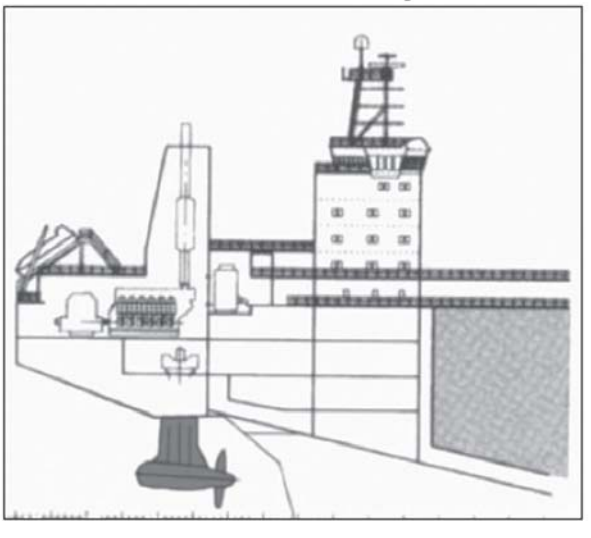


ข้อพิจารณาในการนำระบบขับเคลื่อน ด้วยไฟฟ้าไปใช้กับเรือรบ

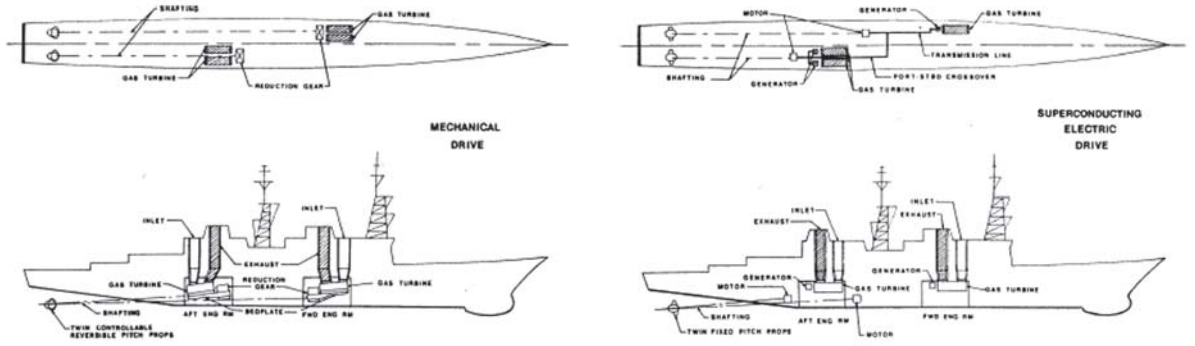
1. การออกแบบติดตั้งเครื่องจักรต่าง ๆ

ความสามารถที่จะทำให้การออกแบบมีความยืดหยุ่นได้ดียิ่งขึ้น ลดความยุ่งยากซับซ้อนในการจัดวางเพลาใบจักร มีความยืดหยุ่นของตำแหน่งที่ตั้งของ Prime Movers มากขึ้น สามารถออกแบบติดตั้งเครื่องกำเนิดให้อยู่ในบริเวณที่สามารถยกเครื่องเข้าออกจากเรือได้ง่ายกว่า ดังแสดงในรูปที่ 1[1]

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการปรับปรุงเรือชั้น DD ของประเทศสหรัฐอเมริกา ปรากฏว่า เมื่อเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนจาก Mechanical Drives (รูปที่ 2 ซ้ายมือ) เป็น Electric Drives (รูปที่ 2 ขวามือ) ทำให้ลดพื้นที่การใช้งานภายในเรือ 9 % และลดความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนเรือ 25 % ที่ภาระ ความเร็วและระยะทางเท่ากัน[2]



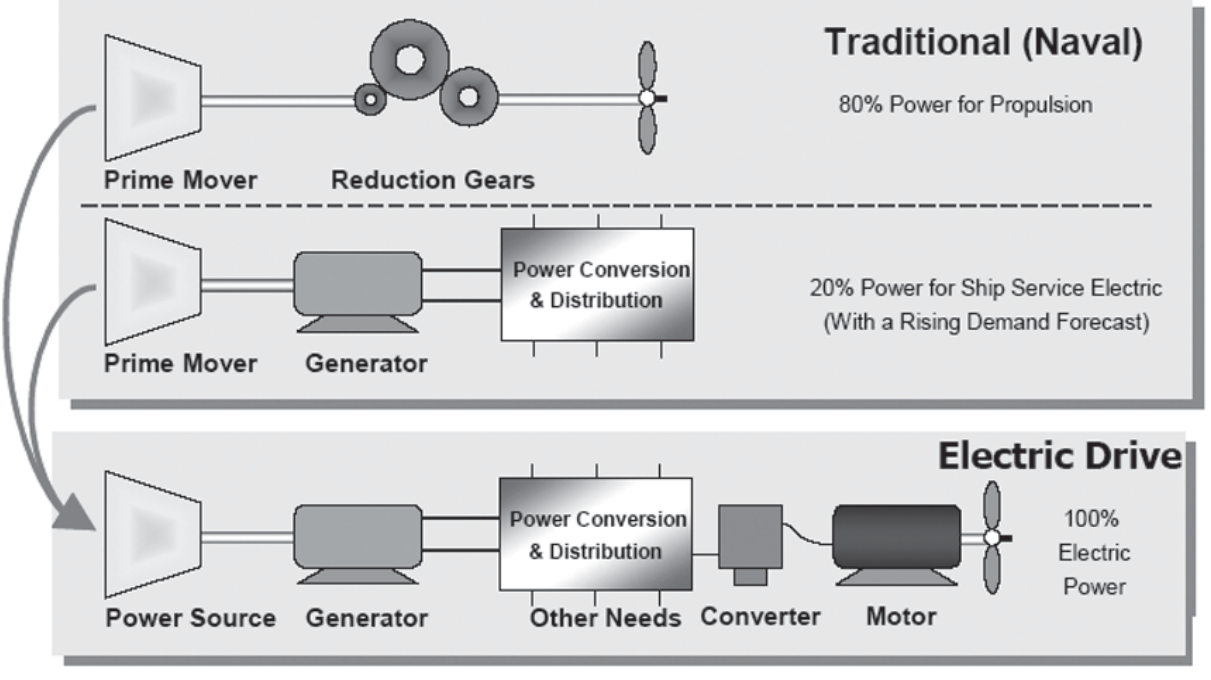
รูปที่ 1 แสดงความอ่อนตัวของการออกแบบเมื่อใช้การขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า



รูปที่ 2 แสดงการปรับปรุงเรือชั้น DD ของประเทศสหรัฐอเมริกา

2. ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของเรือ

การออกแบบเรือแบบ Electrical Drives ทำให้สามารถใช้พลังงานที่ติดตั้งบนเรือสามารถนำมาใช้ได้ 100 % ตลอดเวลา ส่วนการออกแบบเรือแบบ Mechanical Drives จะต้องแบ่งการติดตั้งเครื่องยนต์ให้กับระบบขับเคลื่อนแยกต่างหากจากภาระทางไฟฟ้าอื่น ๆ ของเรือทำให้ไม่สามารถใช้งานพลังงานไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 3[3]



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Mechanical และ Electrical Drives

3. ระบบเหลือเผื่อใช้ (Redundancy)

ในเรือฟริเกตทั่วไปจะมีระบบขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้า โดยระบบไฟฟ้าจะมี 2 Power Centers ในแต่ละ Power Centers จะสามารถจ่ายภาระได้ทั้งหมด ดังนั้น Power Center ที่ 2 จึงเป็นระบบเหลือเผื่อใช้ (Redundancy) แบบ 100% แต่ในเรือที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนจะถูกขับด้วยพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบขับเคลื่อน หากการใช้งานระบบไฟฟ้าเรือเกิดการขัดข้องขึ้น สามารถใช้ไฟจากระบบไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมาแก้ขัดในระบบไฟฟ้าได้ ดังนั้นระบบเหลือเผื่อใช้ (Redundancy) แบบ 100 % จึงไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป ทำให้ระบบไฟฟ้าที่ต้องติดตั้งในเรือจะน้อยกว่าเรือฟริเกตทั่วไป

4. จำนวนของเครื่องกำเนิดที่จะต้องติดตั้งในเรือ

ในระบบเรือฟริเกตที่ใช้ CODOG หรือ CODAG จะประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซล 2 เครื่อง เครื่องยนต์กังหันก๊าซ 1 เครื่อง เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 เครื่อง แต่สำหรับเรือที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้านั้นต้องการเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 เครื่อง และเครื่องยนต์กังหันก๊าซ 1 เครื่อง สามารถลดจำนวนเครื่องยนต์ได้ถึง 2 เครื่อง ผลที่ได้รับ

1. การจัดหาอะไหล่ลดลง เนื่องจากมีการติดตั้งเครื่องยนต์เพียงชนิดเดียว (เครื่องไฟฟ้า)

2. การซ่อมบำรุงลดลง[4]

3. การฝึกกำลังพล ง่ายขึ้น

5. ระบบขับเคลื่อนทุติยภูมิ (Secondary Propulsion)

ในกรณีที่เกิดข้อขัดข้องในระบบขับเคลื่อนหลัก จะสามารถใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าได้ แต่ไม่สามารถทำงานที่ความเร็วสูงได้เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ (อยู่ที่ Concept ของการออกแบบ)

6. ข้อเปรียบเทียบด้านน้ำหนัก

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะให้ Power-to-Weight Ratio ที่ด้อยกว่าระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรือเร็วโจมตีที่ต้องทำความเร็วสูงในการปฏิบัติภารกิจ

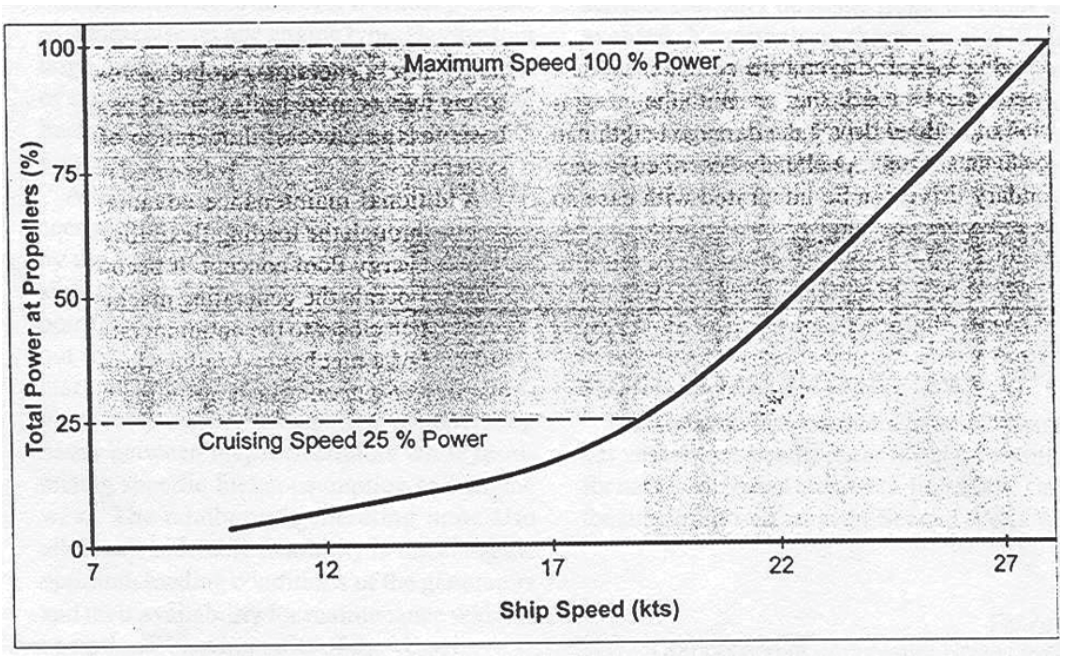
7. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าจะสูงกว่าระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์

8. การขับเคลื่อนลูกผสม (Hybrid Drive)

การทำงานที่ความเร็วต่ำจะใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า แต่เมื่อต้องการความเร็วที่สูง ก็สามารถนำระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์เข้ามาเสริม (Booster Drive) ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4 เมื่อเรือที่มีความเร็วสูงสุด 28 นอต มีความเร็วเดินทาง 20 นอต (Cruising Speed) จะต้องการกำลังงานในการขับเคลื่อนเพียง 25 % ที่ความเร็วเดินทาง (Cruising Speed) และอีก 75 % ที่ต้องการในการเพิ่มความเร็วสูงสุด (เพิ่มอีกประมาณ 8 นอต) เมื่อวิถีการใช้งานของเรือเกิน 76 % จะเดินทางด้วยความเร็วต่ำ

ดังนั้นการที่จะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการเพิ่มกำลังงานอีก 75% ของกำลังงานที่ต้องการนั้นดูแล้วไม่คุ้มค่า (เนื่องจากต้องเพิ่มขนาด Genset และ Motor อย่างมหาศาล) จึงต้องใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบ Hybrid สำหรับเรือที่มีคุณลักษณะการใช้งานที่ความเร็วสูงน้อย

9. แผนการออกแบบเรือ (General Arrangement Plan)

สามารถออกแบบวางตำแหน่งเครื่องกำเนิดเพื่อให้เรือมีความสามารถอยู่รอดสูงสุดได้ เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะไม่ต้องยึดติดกับเพลาอีกต่อไป

10. ระบบเฝ้าสภาพและซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Monitoring and Condition Based Maintenance)

ในระบบซ่อมบำรุงตามแผน (PMS) จะทำการซ่อมบำรุงเมื่อการใช้งานเครื่องจักรได้ตามชั่วโมงการใช้งานที่กำหนด ซึ่งไม่มีความจำเป็น เนื่องจากในบางส่วนยังไม่ต้องการการซ่อมบำรุงขณะนั้น ผลที่ตามมาคือค่าซ่อมบำรุงสูงขึ้น แต่ในระบบเฝ้าสภาพและซ่อมบำรุงตามสภาพนั้น จะเป็นการซ่อมบำรุงตามสภาพ ซึ่งจะประหยัดกว่า ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าเป็นระบบที่เหมาะกับระบบเฝ้าสภาพและซ่อมบำรุงตามสภาพมาก เนื่องจากสามารถวัดค่าอุณหภูมิ ความสั่นสะเทือน เพื่อประเมินสภาพของเครื่องว่าถึงเวลาในการซ่อมบำรุงแล้วหรือไม่

11. สามารถออกแบบเรือให้มี Signature ของเรือลดลงได้ [5]

a. Acoustic Signature

b. Infrared Signature

c. Magnetic Signature

ส่วนประกอบสำหรับระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าในอนาคต

การพัฒนาเทคโนโลยีที่อาจจะทำให้เรือบรรทุกสินค้าที่มีการขนส่งเป็นระยะทางไกล ๆ ดังกล่าวข้างต้น พิจารณาใช้ระบบขับเคลื่อนเรือด้วยพลังงานไฟฟ้า (Electric Drives) แทนระบบขับเคลื่อนเรือด้วยเกียร์ (Mechanical Drives) มีดังนี้

a. Permanent Magnet (PM) Motor and Generator

b. High Temperature Superconductor Technology (HTST)

c. Podded Drives

d. Fuel Cell

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าสำหรับเรือฟริเกตแบบต่าง ๆ

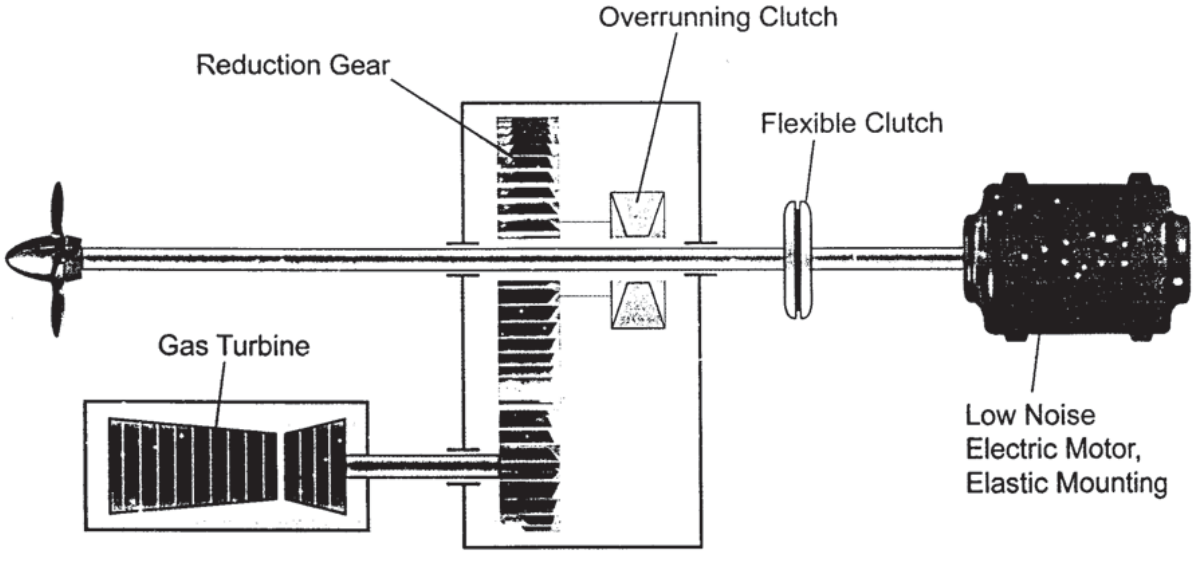
1. Meko D Frigate เป็นเรือที่ออกแบบให้เป็น Multi-Role Frigate ที่สามารถทำงานได้ทั่วโลก โดยการออกแบบให้เรือมีความกว้างท้ายเรือมากขึ้นเพื่อติดตั้งระบบอาวุธใหม่ ๆ มีการติดตั้งขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าทุติยภูมิ

a. ระบบขับเคลื่อนแบบ CODLAG (CODLAG Drive) มอเตอร์ไฟฟ้าจะขับเพลาด้วยคลัตช์ และเกียร์จะแยกจากเพลาด้วยคลัตช์อีกชุดหนึ่ง ดังนั้นจะไม่มีเกียร์ตัวใดที่ไม่ทำงาน เมื่อมอเตอร์ขับเพลาดังรูปที่ 5

b. ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Power Stations)

Gensets จะติดตั้งใน 2 Power Stations ซึ่งเพียงพอที่จะขับเรือด้วยความเร็ว 19 นอต ดังแสดงในรูปที่ 6

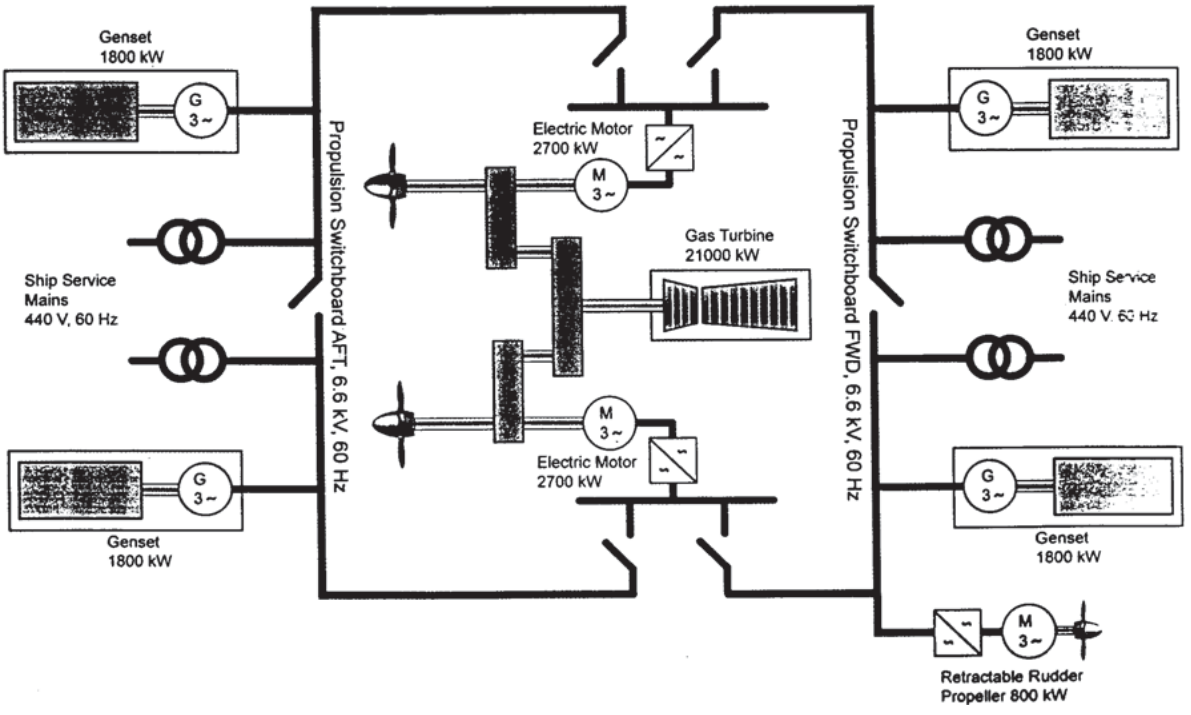
c. ระบบแก๊สเสีย (Exhaust



รูปที่ 5 ระบบขับเคลื่อนที่ใช้ Motor เป็นระบบขับเคลื่อนทุติยภูมิ

Route) มีการออกแบบและจัดวางเพื่อลด IR Signature

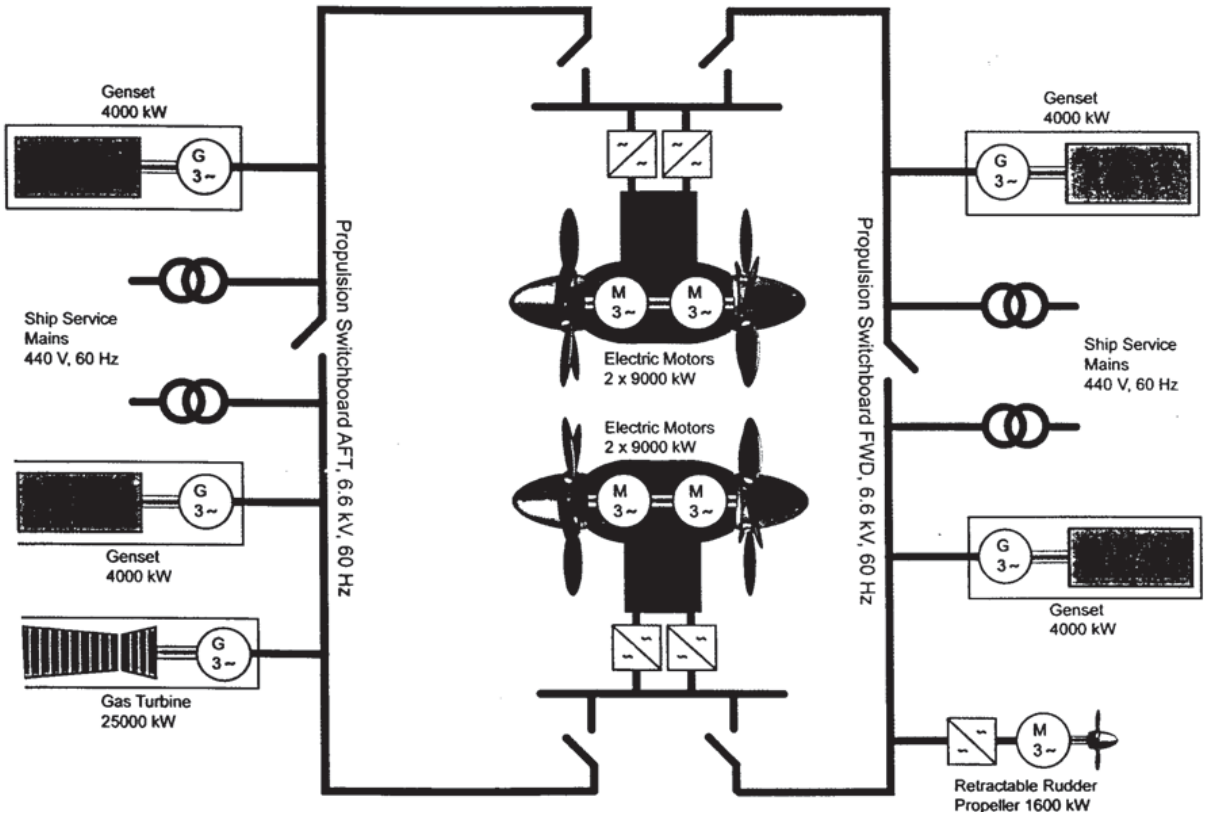
d. ข้อได้เปรียบของเรือชุด Meko D (Meko D Advantage) มีดังนี้



รูปที่ 6 การวางระบบขับเคลื่อนและระบบไฟฟ้าของเรือ Meko D Frigate

- ความอยู่รอดสูง (High Survivability)
- ระบบขับเคลื่อนเหลือเผื่อใช้ (Redundancy Drive)
- ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำ (Low Life-Cycle Cost)
- มีความพร้อมในการใช้งานสูง (High Availability)

2. Meko X Frigate เป็นระบบไฟฟ้าเต็มตัว (Fully Electric Drive) สำหรับเรือที่มีขนาด 7,000 - 8,000 ตัน ในการออกแบบจะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล 4 เครื่อง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันก๊าซ 1 เครื่อง เครื่องยนต์ดีเซลนั้นสามารถรับภาระทั้งหมดในขณะเรือใช้ความเร็วเดินทางได้ (Cruising Speed) ระบบนี้จะทำให้สามารถวางเครื่องยนต์กังหันก๊าซบน Main Deck ได้ การจัดวางระบบไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การจัดวางระบบไฟฟ้าขับเคลื่อนเต็มตัวของเรือ Meko X Frigate

บทสรุปและอนาคตของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า

จุดแข็งของระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าคือค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานที่ต่ำกว่า (Life-Cycle Cost) ความต้องการในการซ่อมบำรุงและซ่อมทำที่ต่ำกว่า การจัดเก็บอะไหล่ที่ง่ายกว่าและการฝึกกำลังพล เพื่อใช้งานระบบนั้นง่ายกว่า ส่วนข้อดีอื่น ๆ คือการออกแบบที่สามารถทำได้หลากหลายขึ้น Signature ที่ดีขึ้น และความอยู่รอดในสภาพที่ได้รับเสียหายจากการรบได้ดีกว่า

ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ายังมีข้อดีที่จะแข่งกับระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ได้ แต่ขีดจำกัดในเรื่องของกำลังต่อน้ำหนักที่ไม่สามารถทำได้ดีเท่าระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ดังนั้นเรือเร็วโจมตีและเรือคอร์เวตขนาดเล็กจะต้องใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยเกียร์ต่อไป แต่สำหรับเรือฟริเกตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะมีหนทางเลือกในการใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับแนวความคิดในการสร้างเรือเป็นหลัก แต่ในอนาคตข้างหน้าเมื่อระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าที่มี Power Density ที่สูงขึ้น เช่น HTST เป็นต้นสามารถพัฒนาจนต้นทุนถูกลง ทำให้การออกแบบเรือรุ่นใหม่หันมาใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้าทั้งหมดก็เป็นได้

เอกสารอ้างอิง

1. Gary M. Jebson, “Electric Warship Technology Overview”. Office of the Naval Research, U.S.A. 2 May 2001.
2. Doyle, Steven and Robey, “An Historical Overview of Navay Electric Drive”.
3. Isaac Porche, Henry Willis and Martin Ruszkowski. “Framework for Quantifying Uncertainty in Electric Ship Design”. March, 2004.
4. “Developing Science and Technology List: Section 13 Marine System Technology”. Defense Threat Reduction Agency, July 2002.
5. Developing Science and Technology List: Section 13 Marine System Technology. Defense Threat Reduction Agency, July 2002.

สังเกตการณ์ทดสอบยานบินเบาะอากาศ ณ อ่าวสัตหีบ

นาวาตรี บพิธ ทศเทพพิทักษ์
ประจำแผนกวิจัย กองวิจัยและพัฒนา
กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ช่วงเวลาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2549 - กุมภาพันธ์ 2550 ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศยาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ร่วมกับ บริษัท WIGETWORKS PTE LIMITED ประเทศสิงคโปร์ ขออนุญาตใช้พื้นที่ของกองทัพเรือ ในการบินทดสอบยานบินเบาะอากาศ ณ บริเวณอ่าวสัตหีบ หน้าท่าอู่ราชนาวีมหิดลอดุยเดช กรมอู่ทหารเรือ จังหวัดชลบุรี โดยยานลำนี้เป็นรุ่นที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในภารกิจขนส่ง สามารถบรรทุกผู้โดยสารได้ 6 คน นักบิน และนักบินผู้ช่วย 2 คน รวมเป็น 8 คน ถ้าใช้ในภารกิจทางทหารสามารถติดอาวุธได้ แต่น้ำหนักบรรทุกรวมต้องไม่เกินขีดจำกัดของยานบินเบาะอากาศ ในการทดสอบทดลองครั้งนี้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ บริษัท WIGETWORKS PTE LIMITED มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะของยานบินเบาะอากาศ ซึ่งเป็นยานที่ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศยานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ให้ความสนใจและมีโครงการศึกษาและวิจัยการออกแบบ สร้างและทดสอบการใช้งานยานบินเบาะอากาศ (Wing-In-Ground Effect Technology, WIGET) ซึ่งจะต้องมีการวิจัยและทดสอบต้นแบบของยานบินเบาะอากาศ และกองทัพเรือก็ให้ความสนใจ และอนุญาตให้ใช้พื้นที่บริเวณอ่าวสัตหีบได้ ทั้งนี้เพื่อการศึกษาเกี่ยวกับขีดความสามารถและข้อจำกัดของยานประเภทนี้ โดยให้กองเรือยุทธการ กรมอู่ทหารเรือ และสำนักงานวิจัยและพัฒนากองทัพเรือจัดกำลังพลเข้าร่วมสังเกตการณ์ระหว่างการทดสอบ กรมอู่ทหารเรือได้ตั้ง **คณะทำงานศึกษารวบรวมข้อมูลของยานบินเบาะอากาศ** ขึ้นเพื่อที่จะติดตามและสังเกตการณ์การทดสอบดังกล่าวอย่างใกล้ชิด

ยานบินเบาะอากาศ (Wing-In-Ground Effect)

ยานบินเบาะอากาศมีลักษณะคล้ายกับเครื่องบินทุกประการ ในภาษาอังกฤษมีชื่อว่า 'WIG' เป็นคำย่อมาจากคำว่า "Wing-In-Ground Effect" ยานบินเบาะอากาศนี้จะบินเคลื่อนที่ไปในอากาศที่ระดับความสูงจากพื้นผิวทะเลหรือผิวน้ำไม่มากนัก โดยอาศัยแรงผลักจากเครื่องยนต์ให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ในขณะที่ยานเคลื่อนที่ไปข้างหน้า อากาศระหว่างตัวยานกับพื้นผิวของโลกจะถูกอัด ทำให้เกิดสภาพที่เสมือนหนึ่งมีเบาะอากาศรองรับอยู่ใต้ยาน ทำให้ยานนั้นสามารถลอยตัวอยู่ในอากาศได้ ยานเบาะอากาศนี้ถึงแม้จะมีรูปร่างเหมือนเครื่องบิน แต่มีหลักการทำงานที่แตกต่างจากเครื่องบินโดยสิ้นเชิง เครื่องบินลอยตัวอยู่ในอากาศได้ด้วยแรงยกของอากาศใต้ปีกเครื่องบิน อันเกิดจากการเคลื่อนที่ของอากาศด้านเหนือปีก มีความเร็วมากกว่าด้านใต้ปีก ส่วนยานบินเบาะอากาศจะลอยตัวอยู่บนเบาะอากาศที่เกิดขึ้นจากการอัดอากาศระหว่างยานกับพื้นผิวของโลกที่ยานเคลื่อนที่ผ่านไป ดังนั้นยานบินเบาะอากาศจะไม่สามารถบินสูงจากพื้นผิวของโลกมากนัก เพราะหากบินสูงกว่านี้ปรากฏการณ์เบาะอากาศระหว่างยานกับพื้นผิวของโลกจะไม่เกิดขึ้น ถ้าจะเปรียบไปแล้วยานบินเบาะอากาศนี้จะทำงานในลักษณะคล้ายกับยานโฮเวอร์คราฟต์ (Hovercraft) ซึ่งตัวยานจะลอยตัวอยู่เหนือเบาะอากาศ ขณะที่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าเพียงแต่ว่าเบาะอากาศของยานโฮเวอร์คราฟต์เกิดขึ้นจากการเป่าอากาศเข้าไปภายในกระโปรงของยานที่ทำจากยางปิดกั้นอากาศเอาไว้ แต่เบาะอากาศของยานบินเบาะอากาศเกิดจากการเคลื่อนที่ของยานเอง เนื่องจากยานบินเบาะอากาศจะลอยตัวอยู่ได้ต้องอาศัยเบาะอากาศที่เกิดระหว่างปีกของยานกับพื้นผิวของน้ำ หรือท้องทะเลที่ยานเคลื่อนที่ไป

ยานบินเบาะอากาศจึงเหมาะสมที่จะเคลื่อนไปเหนือพื้นน้ำได้มากที่สุดไม่ว่าจะเป็นพื้นน้ำในทะเลเปิด ในทะเลสาบหรือในแหล่งน้ำขนาดใหญ่อื่น ๆ

สำหรับยานบินเบาะอากาศที่ใช้ในการทดสอบลำนี้ บริษัท WIGETWORKS PTE LIMITED ได้ซื้อลิขสิทธิ์จากบริษัทในประเทศเยอรมัน โดยซื้อทั้งตัวเครื่องทั้งลำรวมทั้งแบบทั้งหมดด้วย เพื่อพัฒนาต่อยอดให้เป็นยานบินเบาะอากาศสำหรับใช้ในเชิงธุรกิจ และสนใจที่จะเข้ามาทำการทดสอบการบินในประเทศไทยโดยทำการศึกษาและพัฒนาร่วมกับภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศยาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการทดสอบการบินได้ใช้พื้นที่บริเวณอ่าวสัตหีบ เนื่องจากความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ทำการทดสอบเป็นลักษณะคล้ายอ่าวปิด ปราศจากคลื่นลมแรงเหมาะสมในการทำการทดสอบการบิน และสำหรับยานบิน ที่มาทดสอบลำนี้มีรายละเอียดทางด้านเทคนิค คุณลักษณะ และแผนการทดสอบดังต่อไปนี้

รูปที่ 2-3 การประกอบตัวยานบินเบาะอากาศ บริเวณอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

Operating Limits

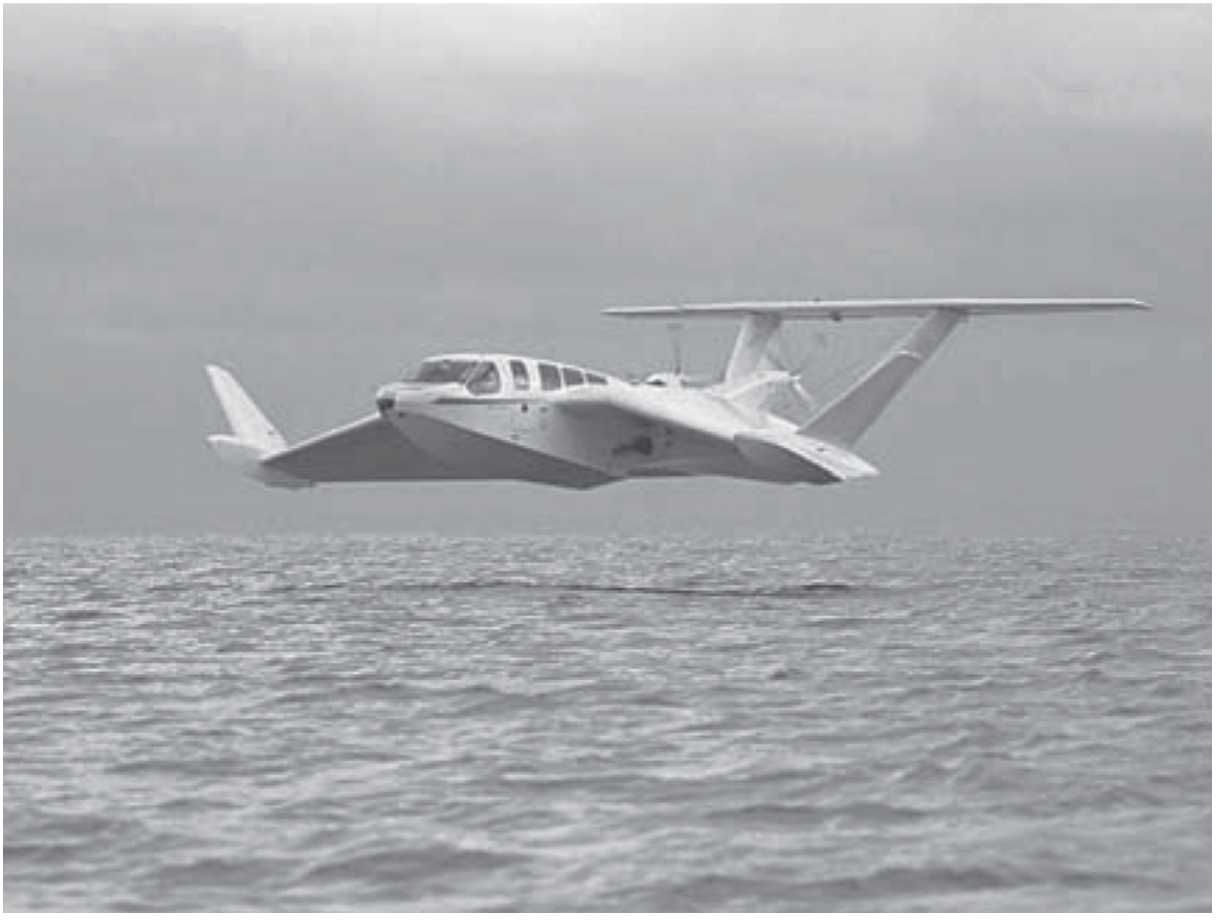
- Max. Operating Loads	4G Vertical
- Max. Turn Rate	6 Deg./Sec.
- Max. Wave Height	4 m.
- Water Drive Speed	11 km./h.
- Take Off Landing Speed	55 kts. (100 km./h.)
- Cruise Speed	86 kts. (160 km./h.)
- Range Fully Loaded	2,200 km.
- Operating Height	3.0 m.
- Wind Speed	25 Kts. (46 km./h.)

รูปที่ 4 ลักษณะของยานบินเบาะอากาศ เมื่อประกอบเรียบร้อยแล้ว

คุณลักษณะเฉพาะและข้อมูลทางเทคนิคของยาน

Masses

- Payload (Crew+equipment) 510 kg.
- Fuel 612 kg.
- Empty Weight 3570 kg.
- Max. Take Off Weight 4750 kg.



รูปที่ 1 ลักษณะการบินของยานบินเบาะอากาศ

Engine

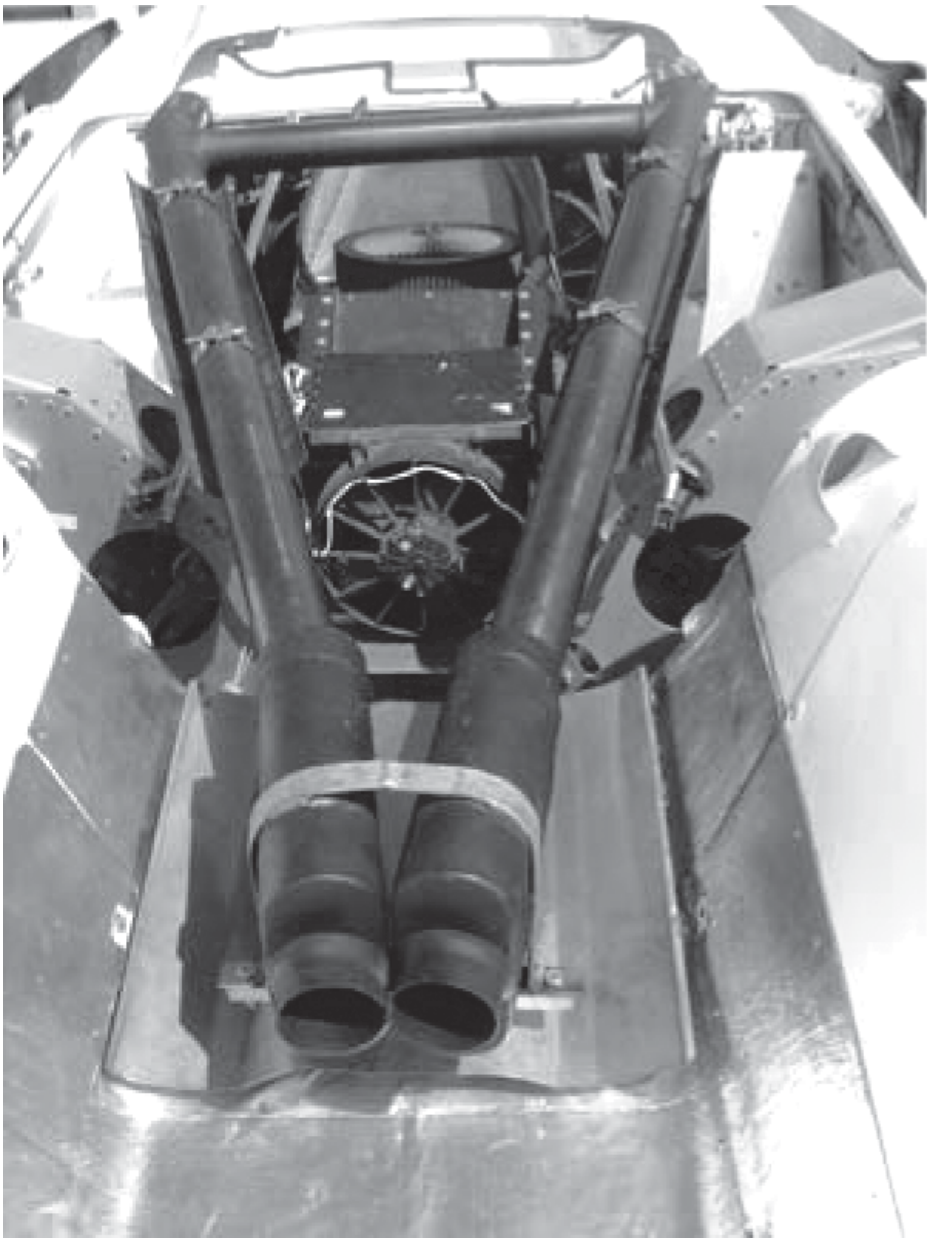
- General Motors 6.5 Liter V8 efi. 450 hp. 337 kw.

Propellers

- 4 Blade Fixed Pith 2.2 m.dia.

Construction

- Structure FRP Cored Epoxy Composite
- Armoring Honeywell Spectra Shield PCR



รูปที่ 5 ลักษณะการวางเครื่องยนต์ของยานบินเบาะอากาศ

รูปที่ 6 การเคลื่อนย้ายยานบินเบาะอากาศลงทะเล บริเวณหน้าท่า อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

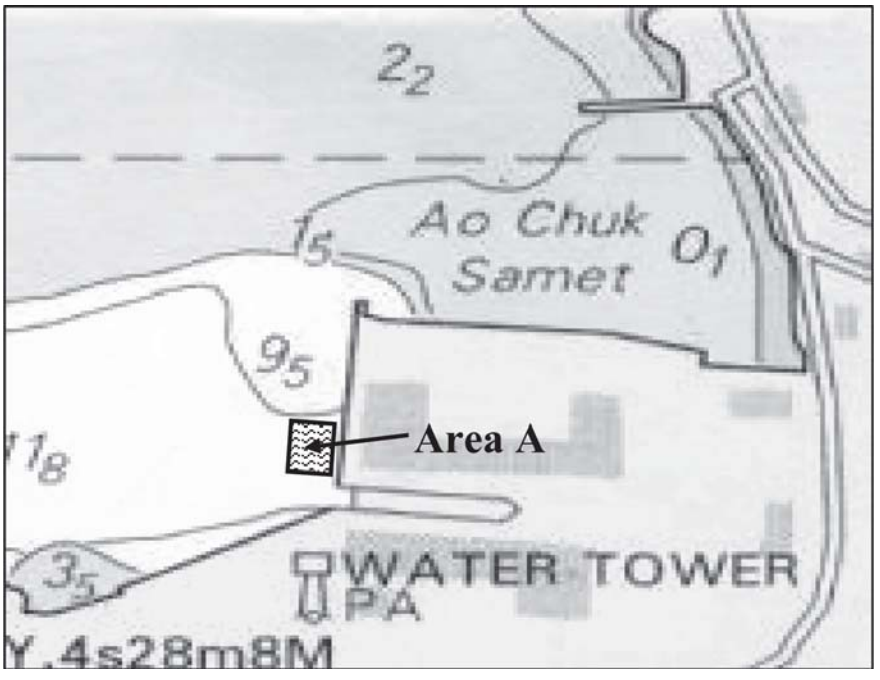
การทดสอบสมรรถนะของยานบินเบาะอากาศ บริเวณอ่าวสัตหีบ

การทดสอบสมรรถนะและขีดความสามารถของยาน ได้ทำการทดสอบบริเวณอ่าวสัตหีบ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 พื้นที่ พื้นที่แรกคือ พื้นที่ A ในรูปที่ 7 บริเวณหน้าท่า อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ทดสอบระบบเครื่องยนต์และเตรียมความพร้อมต่าง ๆ โดยการติดเครื่องยนต์และทดสอบระบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นระบบนำร่อง ระบบเรดาร์ ระบบโซนาร์ ฯลฯ โดยยังไม่มีการเคลื่อนที่ของยาน เรียกการทดสอบนี้ว่า Static Test พื้นที่ที่สองคือ พื้นที่ B ในรูปที่ 9 บริเวณหน้าอ่าวสัตหีบ ระยะทางประมาณ 2 กม. ทดสอบการวิ่งบนผิวน้ำด้วยความเร็วสูง และตรวจสอบความเที่ยงตรงของระบบนำร่องต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้ไม่ได้ทำการบิน เพียงแต่ทดสอบการวิ่งของยานบนผิวน้ำ และพื้นที่สุดท้ายคือ พื้นที่ C ในรูปที่ 10 บริเวณหน้าอ่าวสัตหีบ ระยะทางประมาณ 3.5 กม. ทดสอบการวิ่งบนผิวน้ำด้วยความเร็วสูง และทดสอบการบิน

โดยรายละเอียดในการทดสอบ แต่ละพื้นที่มีดังนี้

- พื้นที่ทดสอบส่วน A (Area A) แสดงดังรูปที่ 7

- 100 m. by 100 m.
- Bollard For Tie Down During ST Test
- Test Only Conducted Under
- No Wind And Strong Wave Condition
- High Tide Condition Due To Elevation Of Shore To Sea

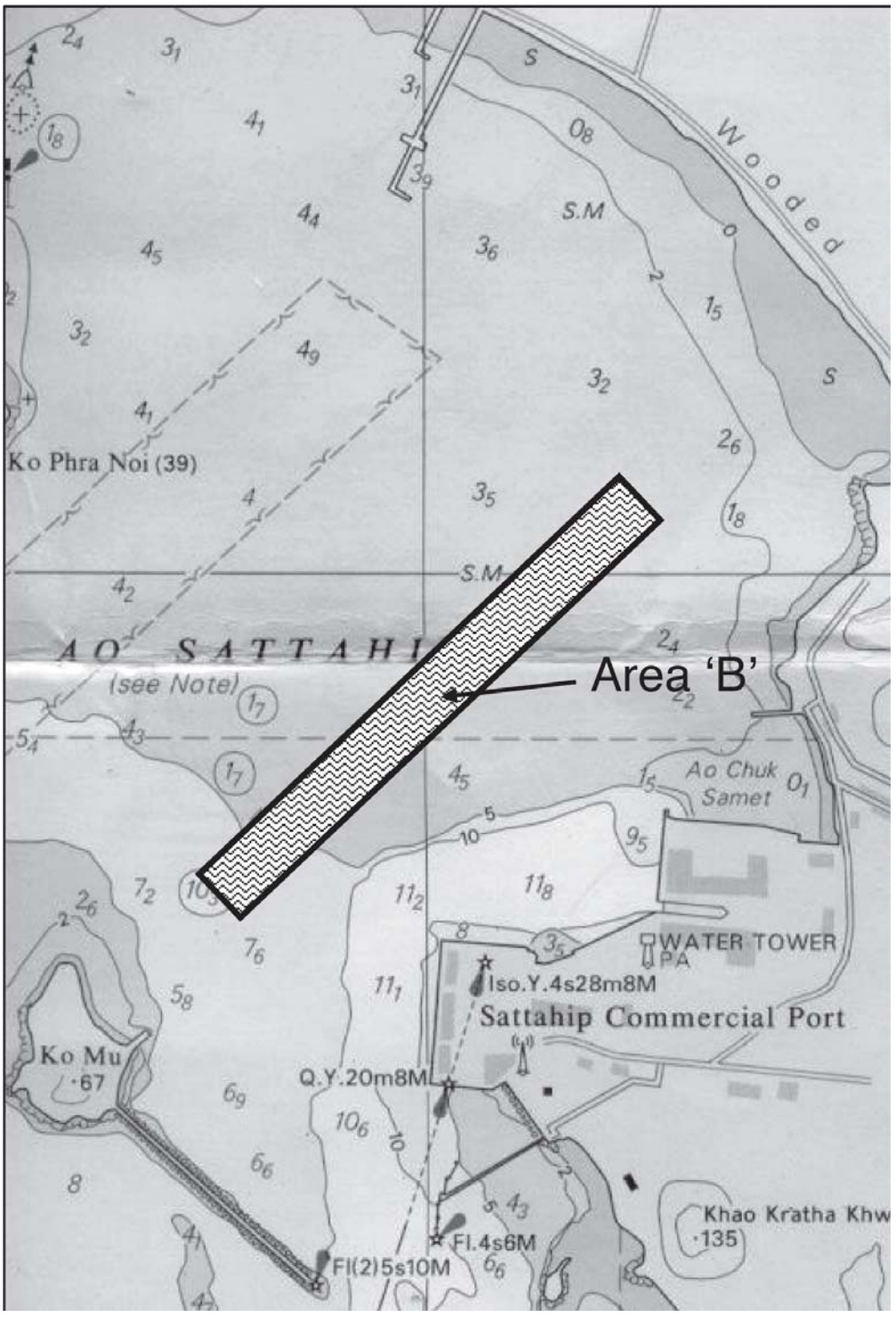


รูปที่ 7 พื้นที่ทดสอบระบบต่าง ๆ

รูปที่ 8 การทดสอบระบบต่าง ๆ ของยาน บริเวณหน้าท่าอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

- **พื้นที่ทดสอบส่วน B (Area B)** แสดงดังรูปที่ 9

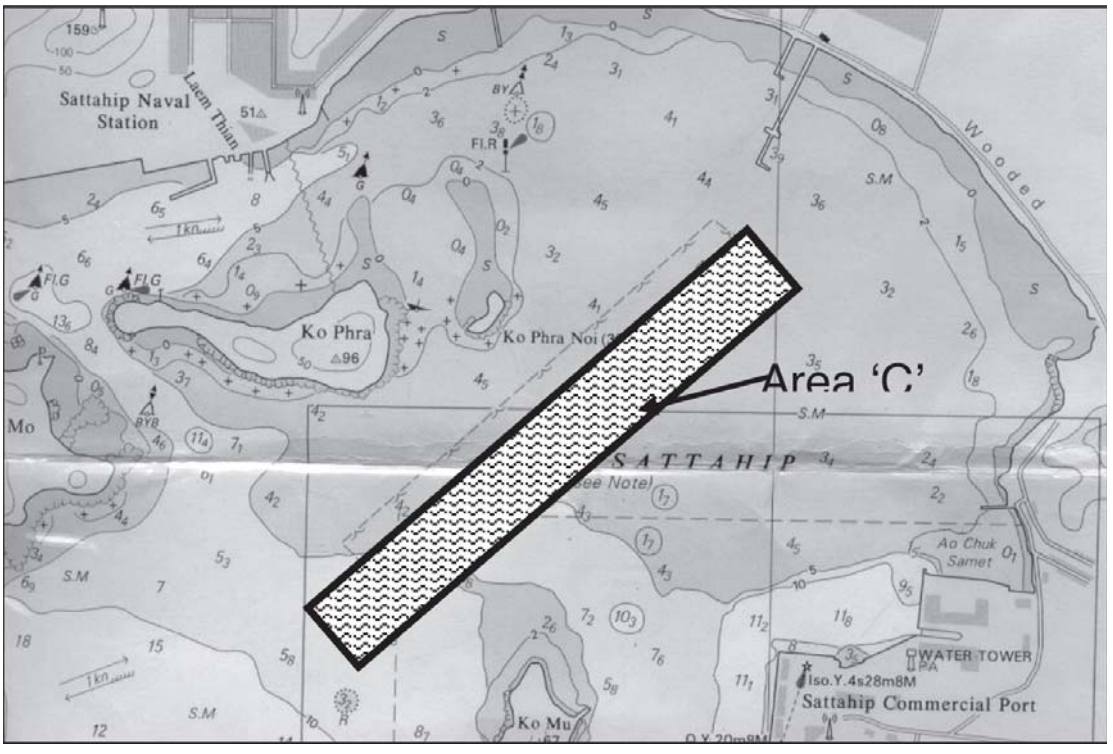
- 2 km. by 0.25 km.
- Low Speed Test
- South-Westerly Run



รูปที่ 9 บริเวณทดสอบการวิ่งของยานบินเบาะอากาศบนผิวน้ำ

- **พื้นที่ทดสอบส่วน C (Area C)** แสดงดังรูปที่ 10

- 3.5 km. by 0.5 km.
- High Speed Test/Ground Effect Flight
- South-Westerly Run



รูปที่ 10 บริเวณการทดสอบการวิ่งด้วยความเร็วสูงและการทดสอบการบิน

รูปที่ 11 ภาพการทดสอบการบิน

ผลการทดสอบสมรรถนะของยานบินเบาะอากาศ

จากการทดสอบยานบินเบาะอากาศที่บริเวณอ่าวสัตหีบในสภาพอากาศปกติ ได้ความเร็วในบริเวณผิวทะเล จังหวะ Take Off Landing Speed ความเร็วประมาณ 50 นอต และความเร็วเหนือผิวทะเล (Cruise Speed) ที่ประมาณ 80 นอต สภาพเครื่องยนต์ปกติ สรุปได้ว่ายานบินเบาะอากาศลำนี้สามารถทำการทดสอบการบินเหนือผิวน้ำได้ผลเป็นอย่างดี ยานบินเบาะอากาศลำนี้ใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 Liter V8 efi 450 hp. 337 kw. ซึ่งเป็นเครื่องรถยนต์ปกติทั่วไป

ยานบินเบาะอากาศถูกออกแบบให้สามารถขับเคลื่อนและยกตัวยานบินเบาะอากาศด้วยเครื่องยนต์ General Motors 6.5 Liter V8 efi. 450 hp. 337 kw. สามารถแล่นขณะลอยตัวอยู่บนบกและบนน้ำได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าในบางช่วงของการทดสอบจะมีอุปสรรคอยู่บ้างกับสภาพอากาศที่แปรปรวน แต่เมื่อทดสอบที่สภาวะปกติก็สามารถทำการบินทดสอบได้ผลดี

จังหวะเผินน้ำ

ในช่วงจังหวะเผินน้ำ คือจังหวะที่ตัวยานพ้นผิวน้ำ จะมีความเร็ว (Cruise Speed) ที่ 86 kts. หรือ 160 km./h.

จังหวะเริ่มต้น

ในช่วงจังหวะเริ่มต้น คือจังหวะ Take Off Landing Speed ซึ่งในจังหวะนี้จะใช้ความเร็วที่ 55 kts. หรือประมาณ 100 km./h.

รูปที่ 12 ผลการทดสอบการบิน บริเวณพื้นที่ C อ่าวสัตหีบ

รูปที่ 13 ภาพยานบินเบาะอากาศติดอาวุธ

ข้อสังเกต

ยานบินเบาะอากาศส่วนใหญ่จะถูกผลิตมาเพื่อใช้ในทะเลสาบ ในด้านการขนส่ง ซึ่งถ้าเป็นลำใหญ่บรรทุกคนได้ถึง 35 ที่นั่ง ความสามารถในการต้านทานแรงลม และคลื่นมีอยู่น้อย จึงใช้ขนส่งในทะเลสาบเป็นส่วนใหญ่ มีความรวดเร็วและคล่องตัวพอสมควร สามารถเข้าปฏิบัติภารกิจได้หลากหลาย ในพื้นที่ที่เรือใหญ่ไม่สามารถเข้าถึง หรือเป็นพื้นที่อนุรักษ์ทรัพยากรใต้ทะเล เนื่องจากท้องยานกินน้ำตื้นมาก อีกทั้งใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 6.5 Liter V8 efi. 450 hp. 337 kw. ในการเป็นต้นกำลังขับ ซึ่งเป็นเครื่องรถยนต์ปกติทั่วไป ทำให้การบำรุงดูแลรักษาทางด้านเครื่องยนต์ไม่เป็นปัญหายุ่งยาก และประหยัดเชื้อเพลิง เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องบิน

- **ด้านความปลอดภัย**

มีความปลอดภัยสูงเนื่องจากการบินต่ำ สูงจากผิวทะเลเพียงแค่ 3 เมตร สามารถที่จะข้ามสิ่งกีดขวาง เช่น เรือประมงได้ ถ้ามองเห็นในระยะไกล ก็สามารถที่บินสูงขึ้นได้ ตัวเรือผลิตจากวัสดุผสม (Composite Material) ซึ่งมีความแข็งแรง ทนแรงกระแทกและฉีกขาดได้สูง

- **ด้านเทคโนโลยี**

ด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในยานบินเบาะอากาศ เป็นเทคโนโลยีปกติไม่ว่าจะเป็นเครื่องต้นกำลังขับก็เป็นเครื่องยนต์รถยนต์ ตัวเรือก็เป็นวัสดุผสม (Composite Material) ที่ประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตขึ้นใช้เองในประเทศ นอกจากนั้นยังมีความคงทนต่อน้ำทะเล และที่สำคัญมีน้ำหนักเบาอีกด้วย ส่วนระบบนำร่อง เรดาร์ หรือโซนาร์ ก็เป็นระบบนำร่องที่ใช้กันในเรือโดยสารและเครื่องบินที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

- **ด้านภารกิจทหาร**

สำหรับการนำมาใช้งานในภารกิจทางทหาร ยานบินเบาะอากาศประเภทนี้สามารถรอดพ้นจากอันตรายจากทุ่นระเบิดที่ขึงอยู่ใต้น้ำเพราะลำตัวเรือลอยจากผิวน้ำ และสามารถใช้ในการขนส่งกำลังทหารและยุทโธปกรณ์ไปยังพื้นที่เป้าหมาย เช่น เกาะในทะเล หรือพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึงของเรือรบขนาดใหญ่ กระทำการได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นยัง สามารถที่จะติดอาวุธเพื่อเสริมเขี้ยวเล็บได้อีกด้วย

บทสรุป

ยานบินเบาะอากาศ ในปัจจุบันยังไม่เป็นที่รู้จักหรือใช้งานกันแพร่หลายมากนัก เนื่องจากเรายังมียานพาหนะอื่น ๆ เป็นทางเลือกอยู่ แต่อย่างไรก็ตามด้วยความจำเป็นในอนาคตที่จะต้องใช้ยานพาหนะที่จะต้อง มีประสิทธิภาพและประหยัดเชื้อเพลิงได้มากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง คาดว่ายานบินเบาะอากาศจะมีการพัฒนาประสิทธิภาพและความปลอดภัยมากขึ้น จนสามารถนำมาใช้งานได้อย่างเป็นรูปธรรมในอนาคตอันไม่ไกลนัก และเมื่อถึงวันนั้นกองทัพเรือไทยอาจนำยานเบาะอากาศนี้มาใช้ประโยชน์ทางด้านยุทธการต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นยานขนส่ง ยานตรวจการณ์ตลอดจนใช้เป็นยานในการแทรกซึมเพื่อปฏิบัติการทางลับ ทั้งนี้เพื่อช่วยในการคุ้มครองและรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเลต่อไป ก็อาจเป็นได้

ข้อเสนอแนะของคณะทำงานศึกษารวบรวมข้อมูลของยานบินเบาะอากาศ

ควรมีการตั้งคณะทำงานเพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ในการพัฒนายานบินเบาะอากาศขึ้นใช้ในกองทัพเรือ ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร ทั้งในด้านภารกิจของกองทัพเรือ ไม่ว่าจะเป็นการป้องกันประเทศและภัยคุกคามต่าง ๆ การลาดตระเวนตรวจการณ์ รวมทั้งการส่งกำลังบำรุง ถ้าพิจารณาจากเทคโนโลยีในยานบินเบาะอากาศที่ทางภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศยานของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ร่วมกันทดสอบนั้น จะเห็นว่าไม่ได้ใช้เทคโนโลยีที่สูงมากนัก ไม่ว่าจะเป็นด้านตัวยาน ทางกรมอู่ทหารเรือก็มีผู้เชี่ยวชาญทางด้านกลศาสตร์ของไหล อากาศพลศาสตร์ วิศวกรรมเครื่องกลเรือ โลหะวิทยา การออกแบบต่อเรือ ฯลฯ ทางด้านเครื่องต้นกำลังขับของยานก็ใช้เครื่องยนต์รถยนต์ปกติ ที่เราสามารถที่จะบำรุงรักษาได้ง่าย อีกทั้งอะไหล่ต่าง ๆ ก็สามารถหาทดแทนได้ในประเทศ รวมถึงนักบินของกองทัพเรือ ก็มีศักยภาพในการบินยานบินเบาะอากาศ หากรวมศักยภาพของหน่วยต่าง ๆ ในกองทัพเรือร่วมกันพัฒนายานบินเบาะอากาศเพื่อใช้ในภารกิจของกองทัพเรือ ยานบินเบาะอากาศลำแรกของกองทัพเรือก็ไม่ไกลเกินฝัน

บทคัดย่อ

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

นาวาเอก ประพันธ์ ศรีเหนี่ยง
หัวหน้าแผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

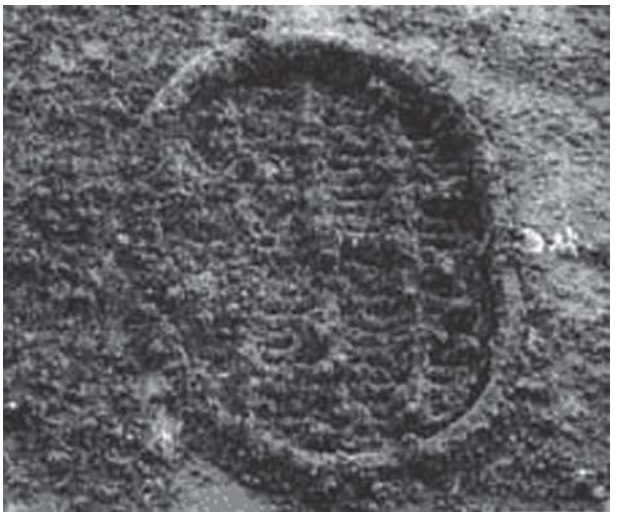
นาวาตรี พินัย มุ่งสันติสุข
รักษาราชการหัวหน้านายช่างโรงงานหล่อหลอมและไม้แบบ
แผนกโรงงานเครื่องกล กองโรงงาน อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือ

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

1. บทนำ

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

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



(a)

(b)

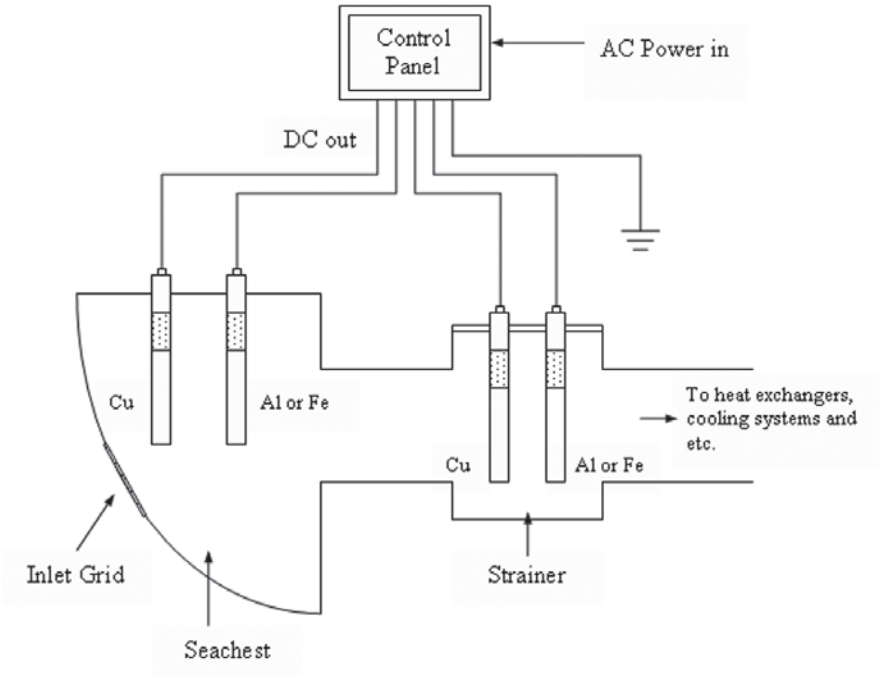
รูปที่ 1 การอุดตันบริเวณท่อทางเข้า (a) และภายในท่อทาง (b) ของระบบน้ำทะเลภายในเรืออันเนื่องมาจาก Marine Fouling

2. Electrolytic Antifouling System (EAS)

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

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

สำหรับ Aluminium Anode เมื่อได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจาก Rectifier จะแตกตัวเป็นไอออนของอะลูมิเนียม ซึ่งต่อมาจะทำปฏิกิริยากับน้ำทะเลกลายเป็นไฮดรอกไซด์ของอะลูมิเนียม (Aluminium Hydroxide) และจะเข้าจับตัวกับไอออนของทองแดงที่เกิดจาก Copper Anode กลายเป็น *"Copper-Aluminium Hydroxide Floc"* ซึ่งมีความเหนียวและการยึดเกาะสูง (Highly Gelatinous) เมื่อ Hydroxide Floc ดังกล่าวถูกพัดพาเข้าไปในระบบน้ำทะเล Hydroxide Floc จะเข้ายึดเกาะพื้นผิวภายในท่อน้ำทะเลบริเวณที่มีอัตราการไหลของน้ำทะเลต่ำ ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะเป็นบริเวณที่ Marine Organisms มักจะมาเกาะอาศัยอยู่ ทำให้ Marine Organisms ที่ผ่านเข้าไปในระบบน้ำทะเลไม่สามารถยึดเกาะกับพื้นผิวของท่อในบริเวณดังกล่าวได้ และถูกพัดพาออกไปนอกตัวเรือในที่สุด ในขณะเดียวกันบนพื้นผิวของท่อน้ำทะเลจะมี Cupro-Aluminium Film เกิดขึ้น ซึ่งฟิล์มดังกล่าวมีความเสถียรในน้ำทะเลสูง ทำให้บนพื้นผิวเหล็กมี Protective Film มาปกคลุมไว้ ทำให้การกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้นกับท่อน้ำทะเลที่ทำจากโลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous Metals) ลดลง สำหรับในกรณีที่ท่อน้ำทะเลทำจากโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-Ferrous Metals เช่น ท่อ Cupro-Nickel) Soft Iron Anode จะถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของท่อน้ำทะเลแทน Aluminium Anode



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

2.1 ชนิดและประเภทของ Anodes

Anodes ในระบบ Electrolytic Antifouling System สามารถที่จะแบ่งออกได้ 3 ชนิด ตามลักษณะของการใช้งาน คือ

1. Copper Anode : ติดตั้งเพื่อป้องกัน Marine Organisms จำพวกแบคทีเรีย สาหร่าย ตะไคร่ และเพรียง ที่จะมาเกาะอาศัยบริเวณท่อทางเข้าและภายในท่อทางน้ำทะเล อันเป็นสาเหตุทำให้เกิด Marine Fouling

2. Aluminium Anode : ติดตั้งเพื่อป้องกันการกัดกร่อนภายในของท่อที่ทำมาจากโลหะกลุ่มเหล็ก (Ferrous Metals)

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

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของ Anodes ออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

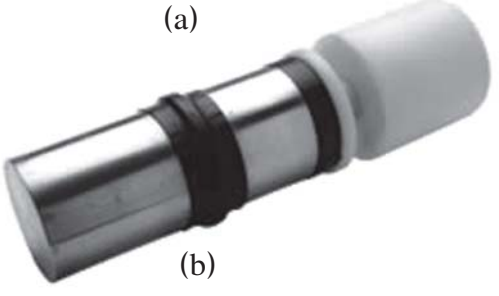
1. Single Purpose Anode คือ Anode ที่มีจุดมุ่งหมายในการใช้งานเพียงอย่างเดียว โดย Anode 1 แท่ง จะทำหน้าที่เพียงหนึ่งอย่างเท่านั้น คือป้องกัน Marine Fouling หรือป้องกันการกัดกร่อนของท่อ สำหรับ Anode ประเภทนี้จะสังเกตได้จาก DC Power Line 1 เส้น จะมี Anode เชื่อมต่ออยู่เพียงชนิดเดียวเท่านั้น ดังแสดงให้เห็นในรูปที่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

2. Dual Purpose Anode คือ Anode 1 แท่ง สามารถใช้ทำหน้าที่ป้องกันได้ทั้ง Marine Fouling และการกัดกร่อนของท่อโลหะได้ในเวลาเดียวกัน Anode ประเภทนี้จะสังเกตได้จาก Anode 1 แท่ง จะมี Anode อยู่ 2 ชนิดในแท่งเดียวกัน โดยชนิดของ Anode ที่ประกอบอยู่ในแท่งเดียวกัน อาจจะเป็นได้ทั้ง Copper/Aluminium Anode หรือ Copper/Soft Iron Anode สำหรับ Anode ประเภทนี้มักจะใช้มากในเรือที่มีขนาดของบริเวณพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง เช่น Strainers มีขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถใช้ Single Purpose Anodes ได้ เช่น ในเรือรบประเภทต่าง ๆ เป็นต้น ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 3b ในส่วนของ ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส ได้ติดตั้ง Anodes ประเภท Dual Purpose Anode แบบ Copper/Soft Iron

2.2 การติดตั้ง Anodes และการควบคุม

Anodes ในระบบ Electrolytic Antifouling System มักจะติดตั้งอยู่บริเวณ Seachests และ Strainers เพื่อที่จะทำให้

(a)



(b)

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

ไอออนที่แตกตัวสามารถป้องกันการเกาะตัวของสิ่งมีชีวิตในระบบท่อทางน้ำทะเลได้อย่างทั่วถึง ปริมาณการแตกตัวเป็นไอออนของ Anodes สามารถควบคุมได้ทั้งแบบ Manual และ Automatic การควบคุมแบบ Manual สามารถกระทำได้โดยการปรับแต่งปริมาณของไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายออกมาจาก Control Panel ไปที่ Anodes ส่วนการควบคุมแบบ Automatic สามารถกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือการ Interlock กระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายออกจาก Control Panel ไปยัง Anodes เข้ากับ Main Pump Controller กล่าวคือ ในขณะที่เครื่องสูบน้ำยังไม่ทำงาน กระแสไฟฟ้าจาก Control Panel จะถูกจ่ายไปที่ Anodes ปริมาณเล็กน้อยในระดับที่เพียงพอจะป้องกันพื้นที่ในบริเวณ Seachest และ Strainer และเมื่อเครื่องสูบน้ำทำงาน กระแสไฟฟ้าจาก Control Panel ก็จะถูกจ่ายในปริมาณที่มากขึ้นให้เหมาะสมกับอัตราการไหลของน้ำทะเลในระบบ

3. คุณลักษณะของระบบ EAS ร.ล.ปัตตานี

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

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของระบบ EAS ร.ล.ปัตตานี

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

บทสรุป

EAS เป็นระบบที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อป้องกันการอุดตันและการกัดกร่อนของระบบท่อทางน้ำทะเลภายในเรือและระบบท่อทางของโครงสร้างสร้างต่าง ๆ ที่อยู่ในทะเล เช่น แท่นขุดเจาะ ซึ่งระบบป้องกันนี้จะช่วยลดการอุดตันและการกัดกร่อนของท่อน้ำทะเลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถยืดระยะเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงได้มากขึ้น นอกจากนี้ ระบบ EAS ยังมีการทำงานและการติดตั้งที่ไม่ซับซ้อนมากนัก จึงเป็นไปได้ว่า ในอนาคตกรมอู่ทหารเรือจะสามารถสร้าง EAS เพื่อติดตั้งใช้งานในเรือรบของกองทัพเรือ ได้ต่อไป

บรรณานุกรม

Jones, D. A. Principles and Prevention of Corrosion. 2nd ed., New Jersey : Prentice-Hall, Inc., 1996.

Masterton, W. L. and Hurley, C. N. Chemistry : Principles & Reactions. 2nd ed., Saunders College Publishing, 1993.

Sample Anti-Fouling and Corrosion Prevention System : Instruction Manual Installation and Commissioning (OPV) ของ ร.ล.ปัตตานี และ ร.ล.นราธิวาส.

http://www.cathelco.com

991
24
22
20
18
16

การทดลองเรือ ต.991 ในทะเล

เมื่อวันที่ 4 กันยายน 2550