วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี 2560
Royal Thai Naval Dockyard Journal 2017
www.dockyard.navy.mi.th

บรรณาธิการแถลง

วันพฤหัสบดีที่ 13 ตุลาคม พุทธศักราช 2559 เป็นวันแห่งความสูญเสียที่ยิ่งใหญ่ของปวงชนชาวไทย ความโศกเศร้าอาดูรแผ่กระจายทั่วทั้งแผ่นดิน เนื่องด้วย พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มหิตลาธิเบศรรามาธิบดี จักรีนฤบดินทร สยามินทราธิราช บรมนาถบพิตร เสด็จสวรรคต พระองค์ทรงเป็นศูนย์รวมแห่งจิตใจอันเป็นพลังรักและพลังศรัทธาของคนไทยทั้งชาติ เป็นที่ประจักษ์ชัดว่า พระราชกรณียกิจนานัปการที่ทรงปฏิบัติบำเพ็ญด้วยพระอัจฉริยภาพและพระปรีชาญาณล้ำเลิศ เป็นคุณูปการใหญ่หลวงแก่ประเทศชาติและพสกนิกรทั้งมวลผู้อยู่ใต้ร่มพระบรมโพธิสมภาร

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงสนพระราชหฤทัยและทรงศึกษาวิทยาการ ที่ทันสมัยในด้านต่าง ๆ จนทรงมีพระปรีชาสามารถหลากหลายทั้งด้านศิลปกรรม วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ทรงสร้างสรรค์นวัตกรรม เพื่อประโยชน์สุขของราษฎรทั่วทุกภูมิภาค ตลอดระยะเวลา 70 ปี แห่งการครองราชย์ พระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นพ้นที่ได้พระราชทานพระราชดำริให้กองทัพเรือต่อเรือยนต์รักษาฝั่งขึ้นใช้ในราชการ ตั้งแต่พุทธศักราช 2503 ก่อให้เกิดการพัฒนาขีดความสามารถของกรมอู่ทหารเรือด้านการต่อเรือมาอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรมตามแนวพระราชดำริ เพื่อแก้ปัญหาความทุกข์ยากลำบากของประชาชน ล้วนช่วยเสริมสร้างศักยภาพของกรมอู่ทหารเรือให้มีความเข้มแข็งทางวิชาการช่างในหลายสาขา แม้เสด็จสู่สวรรคาลัยแล้ว แต่พระราชปณิธานและพระราชดำริที่พระราชทานไว้ เหล่าทหารเรือจะได้สืบสานและน้อมนำไปปฏิบัติเพื่อความสุขสถาพรอย่างยั่งยืนของประเทศชาติสืบต่อไป

วารสารกรมอู่ทหารเรือ ประจำปี 2560 ฉบับนี้จัดทำขึ้น เพื่อเผยแพร่สาระทางวิชาการด้านวิศวกรรมเรือ ความรู้ทางช่าง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมและสร้างเรือ ในวาระวันคล้ายวันสถาปนากรมอู่ทหารเรือ ครบรอบปีที่ 127 ในวันที่ 9 มกราคม พุทธศักราช 2560 โดยมีบทความหลากหลาย การปฏิบัติงานทางเทคนิคสนับสนุนการดำเนินงานของรัฐบาล ระบบมาตรฐานความปลอดภัยสากล หรือ ISM ที่บังคับใช้กับเรือพาณิชย์ของไทย การปฏิบัติงานควบคุมคุณภาพการสร้างเรือ การใช้ระบบสารสนเทศ เพื่อการบริหารการซ่อมทำเรือของอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ ผลงานและกิจกรรมสำคัญในรอบปีที่ผ่านมาของหน่วยงานต่าง ๆ ในกรมอู่ทหารเรือ

กองบรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือขอขอบพระคุณผู้บังคับบัญชาทั้งในอดีตและปัจจุบัน ผู้เขียนบทความ เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนร่วมในการจัดทำวารสาร กำลังพลกรมอู่ทหารเรือ หน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนที่สนับสนุนการจัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือฉบับนี้ให้สำเร็จลงด้วยความเรียบร้อย

พลเรือตรี

(สมารมภ์ ชั้นสุวรรณ)

เจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

บรรณาธิการวารสารกรมอู่ทหารเรือ

คำปรารภเจ้ากรมอู่ทหารเรือ

การเสด็จสวรรคตของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช มหิตลาธิเบศร รามาธิบดี จักรีนฤบดินทร สยามินทราธิราช บรมนาถบพิตร ในวันพฤหัสบดีที่ 13 ตุลาคม พุทธศักราช 2559 เป็นความเศร้าโศกอาดูรเกินกว่าจะพรรณนาของปวงชนชาวไทยทั้งประเทศ พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงเป็นพระมหากษัตริย์ที่ยิ่งใหญ่ เป็นที่รักและเทิดทูนของพสกนิกรทุกหมู่เหล่า ทรงตั้งพระราชหฤทัยมุ่งมั่นบำเพ็ญพระราชกรณียกิจต่าง ๆ เพื่อประโยชน์สุขของประชาชนชาวไทยทั้งมวลและเพื่อความเจริญมั่นคงของประเทศชาติ ตลอดระยะเวลา 70 ปี แห่งการครองสิริราชสมบัติ

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชทรงมีพระมหากรุณาธิคุณเป็นล้นพ้นต่อกิจการทหารเรือ พระราชทานพระราชดำริและความช่วยเหลือทางด้านวิศวกรรมต่อเรือให้แก่กรมอู่ทหารเรือ ในการต่อเรือยนต์รักษาฝั่ง คือ เรือ ต.91 ตั้งแต่พุทธศักราช 2503 ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นที่วิศวกรของกรมอู่ทหารเรือได้มีโอกาสออกแบบเรือประเภทนี้เป็นลำแรกในประวัติศาสตร์การต่อเรือของประเทศไทย ต่อมา เมื่อกองทัพเรือจัดสร้างเรือตรวจการณ์ใกล้ฝั่งเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา ชุดเรือ ต.991 เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชได้พระราชทานพระบรมราชวินิจฉัยแบบเรือและทรงเอาพระราชหฤทัยใส่ในการสร้างเรือ

ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งถึงพิธีปล่อยเรือลงน้ำ พระปรีชาญาณด้านงานนาวาสถาปัตย์และพระราชดำริที่พระราชทานให้แก่กรมอู่ทหารเรือเป็นแบบอย่างและแนวทางให้กรมอู่ทหารเรือพัฒนาองค์ความรู้และพัฒนาฝีมือช่างการต่อเรือมาอย่างต่อเนื่อง จนถึงปัจจุบันกรมอู่ทหารเรือมีขีดความสามารถการสร้างเรือตรวจการณ์ขนาดใหญ่ได้ และเริ่มดำเนินโครงการสร้างเรือตรวจการณ์ไกลฝั่งลำใหม่ ณ อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือในขณะนี้

พระเมตตาและน้ำพระราชหฤทัยที่พระราชทานให้แก่วงการต่อเรือของไทยและกรมอู่ทหารเรือ เป็นพระมหากรุณาธิคุณล้นพ้นหาที่สุดมิได้ที่จะสถิตแนบแน่นประทับอยู่ในหัวใจของข้าราชการ ลูกจ้างและพนักงานราชการกรมอู่ทหารเรือทุกนายตราบนิรันดร์ และจะน้อมนำพระบรมราโชวาท พระราชดำรัสมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติราชการและการดำเนินชีวิต เพื่อความสงบร่มเย็นของบ้านเมือง

การจัดทำวารสารกรมอู่ทหารเรือ เพื่อเผยแพร่วิชาการด้านวิศวกรรมเรือและวิชาช่างที่เกี่ยวข้องกับการซ่อมและสร้างเรือถือเป็นการสร้างสรรค์สื่อ เพื่อส่งเสริมการศึกษาและพัฒนาสังคม ซึ่งกำลังพลกรมอู่ทหารเรือจะร่วมกันพัฒนาและสืบสาน เพื่อความเจริญก้าวหน้าของประเทศชาติอันเป็นที่รักยิ่งของราชนาวีไทยทุกนายตลอดไป

พลเรือโท
(สุทธินันท์ สกุลภุชพงษ์)
เจ้ากรมอู่ทหารเรือ

คณะทำงานตรวจสอบทางเทคนิค
เกี่ยวกับเรือประมงสนับสนุนภารกิจของ
ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.)

กองแผนงานฝ่ายเรือ
กรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศผู้ส่งออกสินค้าประมงที่สำคัญของโลก มีผลผลิตจากอุตสาหกรรมการประมงในระดับที่มากกว่า 1 ล้านเมตริกตันต่อปี และมีมูลค่าการส่งออกมากกว่าสามแสนล้านบาท ถือว่าเป็นสินค้าอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญและทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมหาศาล นอกจากนี้อาชีพประมงยังมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ โดยเป็นแหล่งของการว่าจ้างงาน และก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องมากมายเช่น อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูปและแช่แข็ง อุตสาหกรรมต่อเรือประมง ร้านขายอาหารทะเลและผลิตภัณฑ์จากทะเล

อย่างไรก็ตามด้วยความวิตกกังวลของนานาประเทศในเรื่องของความไม่ยั่งยืนการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติทางทะเล ซึ่งมีผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารและความมั่นคงทางเศรษฐกิจในระดับโลก โดยมีหนึ่งในสาเหตุสำคัญจากการทำการประมงที่ผิดกฎหมายขาดการรายงาน และไร้การควบคุม (Illegal Unreported and Unregulated Fishing : IUU) จึงได้มีการจัดระเบียบการใช้ประโยชน์ของมนุษย์จากทะเลและมหาสมุทร และเกิดเป็นแผนปฏิบัติการสากลว่าด้วยการป้องกัน ยับยั้ง และขจัดการทำการประมงผิดกฎหมาย ไม่รายงาน และขาดการควบคุม (International Plan of Action to prevent deter and eliminate IUU fishing : IPOA-IUU) โดยมีสหภาพยุโรป (European Union : EU) ซึ่งถือเป็นกลุ่มประเทศที่นำเข้าสินค้าและผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมประมงรายใหญ่ที่สุดของโลก บังคับใช้ข้อกำหนดนี้อย่างเป็นทางการตั้งแต่ปี พ.ศ.2553

ประเทศไทยซึ่งที่ผ่านมาประสบปัญหาด้านการบริหารทรัพยากรธรรมชาติทางทะเล และการบังคับใช้กฎหมายในส่วนที่เกี่ยวข้อง จึงได้รับการเตือนอย่างต่อเนื่องจากสหภาพยุโรปมาโดยตลอด จนในที่สุดสหภาพยุโรปมีมติให้ “ใบเหลือง” (Yellow card warning) และขึ้นบัญชีประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความเสี่ยงที่จะไม่ให้ความร่วมมือในการต่อต้านการทำการประมงที่ผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม เมื่อวันที่ 21 เมษายน พ.ศ.2558 เพื่อเป็นการเตือนอย่างเป็นทางการต่อกรณีที่ไทยไม่มีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งถ้าหากประเทศไทยไม่เร่งรีบดำเนินการแก้ไขประเด็นของปัญหาดังกล่าวอย่างถูกต้องและให้เห็นผลเป็นรูปธรรมชัดเจน สหภาพยุโรปที่ปัจจุบันนำเข้าสินค้าอาหารทะเลจากไทยเป็นมูลค่ากว่า 27,688 ล้านบาท จะใช้มาตรการคว่ำบาตร (boycott) สินค้าอาหารทะเลจากไทยและระงับการนำเข้าโดยทันที ซึ่งจะส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อการส่งออกสินค้าประมงจากไทยไปยังประเทศอื่น ๆ และทำให้เกิดความเสียหายต่ออุตสาหกรรมประมงของประเทศไทยทั้งระบบ

การทำการประมงที่ผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม

การทำการประมงที่ผิดกฎหมาย การประมงที่ขาดการรายงาน และการประมงที่ขาดการควบคุม หรือ IUU Fishing ความหมายโดยละเอียดตามที่นิยามไว้ โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization : FAO) หมายถึง

การประมงที่ผิดกฎหมาย (Illegal Fishing) คือ การทำประมงโดยไม่ได้รับอนุญาตหรือขัดต่อกฎหมาย การทำประมงโดยเรือของประเทศที่เป็นภาคีสมาชิกขององค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO) อันขัดกับมาตรการอนุรักษ์จัดการตามมติขององค์การฯ และการทำประมงที่ฝ่าฝืนข้อผูกพันระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับองค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (Regional Fisheries Management Orgamisations : RFMO) อันขัดกับมาตรการอนุรักษ์จัดการตามมติขององค์การฯ และการทำประมงที่ฝ่าฝืนข้อผูกพันระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับองค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO)

การประมงที่ขาดการรายงาน (Unreported Fishing) คือ การทำประมงที่ไม่ได้แจ้ง หรือรายงาน หรือรายงานเท็จต่อหน่วยงานของรัฐ อันเป็นการกระทำที่ขัดต่อกฎหมายและระเบียบของรัฐ การทำการประมงในพื้นที่ความรับผิดชอบขององค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO) ซึ่งไม่ได้แจ้งหรือรายงาน หรือแจ้งเท็จอันเป็นการขัดต่อวิธีปฏิบัติขององค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO) (สิ่งที่จะต้องรายงานต่อรัฐหรือองค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO) จะถูกระบุไว้ในระเบียบการประมง ซึ่งชาวประมงและเรือประมงที่จดทะเบียนหรือขออนุญาตทำการประมงต้องปฏิบัติตาม ซึ่งการประมงที่ปราศจากการรายงานนั้นนับตั้งแต่การจดทะเบียนเรือ จนถึงการรายงานปริมาณการจับสัตว์น้ำ)

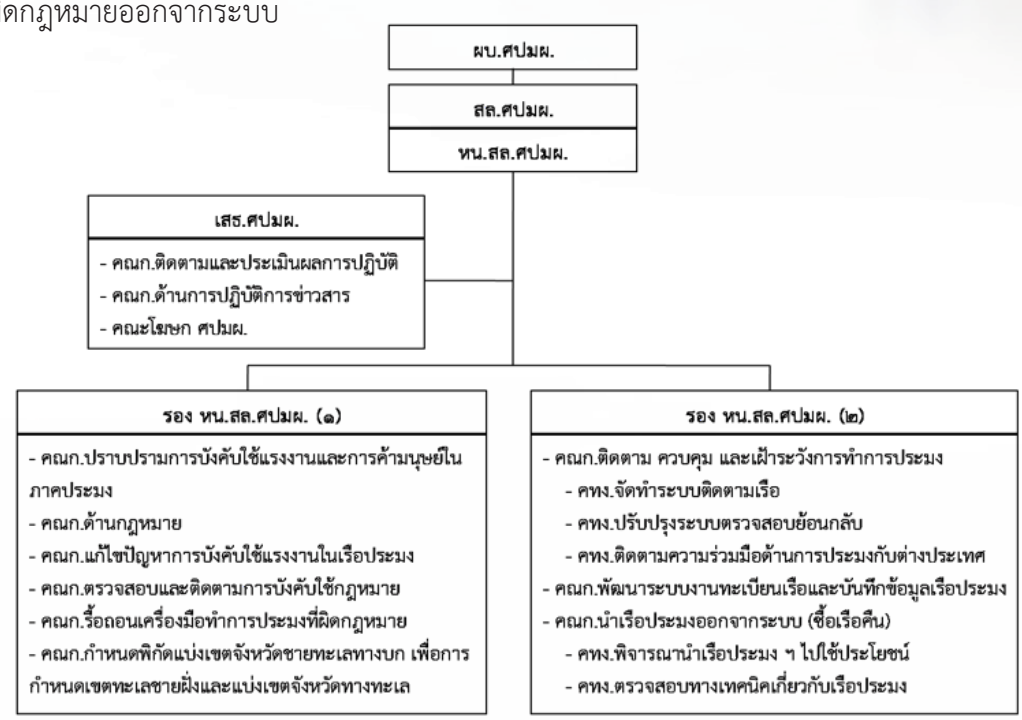
การประมงที่ขาดการควบคุม (Unregulated Fishing) คือ การประมงโดยเรือที่ไม่มีสัญชาติ (ไม่ชักธง) หรือเรือสัญชาติของรัฐที่ไม่ได้เป็นสมาชิกขององค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO) ซึ่งไม่เป็นไปตามหรือขัดกับมาตรการอนุรักษ์จัดการขององค์การ การทำการประมงในพื้นที่ หรือจับสัตว์น้ำประเภทที่ยังไม่มีมาตรการอนุรักษ์จัดการขององค์การบริหารจัดการทรัพยากรระดับภูมิภาค (RFMO) รองรับการประมงที่ไร้การควบคุมอยู่นอกขอบเขตกฎหมายเกี่ยวกับการประมง

ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย

ประเทศไทยภายใต้การนำของคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) ตระหนักในความสำคัญในการรักษาทรัพยากรทางทะเลและกำหนดให้การแก้ไขปัญหาการทำประมงที่ผิดกฎหมายเป็นปัญหาสำคัญระดับชาติ ซึ่งต้องแก้ไขปัญหาอย่างจริงจังโดยเร่งด่วนและต้องอาศัยความร่วมมือของหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง จึงได้มีคำสั่งหัวหน้าคณะรักษาความสงบแห่งชาติ ฉบับที่ 10/2558 เรื่อง การแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม ให้จัดตั้ง “ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย” (Command Center for Combating Illegal Fishing) เรียกโดยย่อว่า ศปมผ. (CCCIF) เป็นศูนย์เฉพาะกิจที่ขึ้นตรงกับนายกรัฐมนตรี โดยมีผู้บัญชาการทหารเรือเป็นผู้บัญชาการศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย มีวัตถุประสงค์หลักในการเร่งรัดการแก้ไขปัญหาให้การทำการประมงสามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืนและเป็นระบบ รวมทั้งยกระดับมาตรฐานการประมงของประเทศไทยให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลและกฎระเบียบข้อบังคับตามที่สังคมโลกกำหนด และเพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของผู้ประกอบการประมง อุตสาหกรรมการประมงต่อเนื่องและผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยมีการบังคับใช้กฎหมาย ออกประกาศ รวมถึงมาตรการต่อต้านการทำการประมงผิดกฎหมาย

โครงสร้างของ ศปมผ. ประกอบด้วย ผู้บัญชาการ ศปมผ. (ผบ.ศปมผ.) หัวหน้าสำนักเลขานุการ ศปมผ. (หน.สล.ศปมผ.) เสนาธิการ ศปมผ. (เสธ.ศปมผ.) รองหัวหน้าสำนักเลขานุการ ศปมผ.ท่านที่ 1 (รอง หน.สล.ศปมผ.1)

และ รองหัวหน้าสำนักเลขานุการ ศปมผ.ท่านที่ 2 (รอง หน.สล.ศปมผ.2) โดยมี เสธ.ศปมผ. รับผิดชอบงานด้านติดตามและประเมินผลการปฏิบัติด้านข่าวสารและการประชาสัมพันธ์ รอง หน.สล.ศปมผ.1 รับผิดชอบงานด้านปราบปรามบังคับใช้แรงงานและการค้ามนุษย์ ด้านกฎหมาย และการกำหนดพิกัดเขตแดน และ รอง หน.สล.ศปมผ.2 รับผิดชอบงานด้านติดตาม ควบคุม เฝ้าระวังการทำการประมง ระบบงานทะเบียนและข้อมูลเรือ และการนำเรือประมงที่ผิดกฎหมายออกจากระบบ



หมายเหตุ คณก.ในที่นี้หมายถึง คณะกรรมการ
คทง. ในที่นี้ หมายถึง คณะทำงาน

มาตรการต่อต้านการทำการประมงผิดกฎหมาย

มาตรการต่อต้านการทำการประมงผิดกฎหมายตามแผนงานหลัก 6 แผนงาน

1. การปรับปรุงพระราชบัญญัติการประมงและกฎหมายลำดับรอง
2. การจัดทำแผนระดับชาติในการป้องกัน ยับยั้ง และขจัดการทำประมงแบบ IUU
3. การเร่งจดทะเบียนเรือประมงและออกใบอนุญาตทำการประมง
4. การพัฒนาระบบควบคุมและเฝ้าระวังการทำประมง โดยเฉพาะการควบคุมการเข้าออกท่าของเรือประมง
5. การจัดทำระบบติดตามตำแหน่งเรือ (Vessel Monitoring System-VMS)
6. การปรับปรุงระบบการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability)

ประเทศไทยได้กำหนดมาตรการทางเทคนิคและมาตรการการจัดการตามแผนงานหลักของมาตรการต่อต้านการทำการประมงที่ผิดกฎหมาย ผ่านประกาศกระทรวงและกฎกระทรวง ซึ่งเป็นกฎหมายลำดับรองที่มีส่วนเชื่อมโยงกับพระราชบัญญัติการประมงฉบับปัจจุบันและพระราชกำหนดการประมง พ.ศ.2558

มาตรการการจัดการ ได้แก่ การจดทะเบียนเรือประมง การออกใบอนุญาตใช้เรือประมง การออกใบอนุญาตทำการประมงบางประเภท การควบคุมจำนวนเครื่องมือประมงอวนลาก ซึ่งรวมเอาเหตุผลทางวิชาการในการใช้มาตรการการจัดการไว้

ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.ผ.)

มาตรการทางเทคนิค ได้แก่ การปกป้องพ่อแม่พันธุ์และสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยใช้วิธีการปิดพื้นที่ตามฤดูกาล การกำหนดเขตการประมงระหว่างประมงพื้นบ้านและพาณิชย์ และการลดประสิทธิภาพของเครื่องมือประมง นอกจากนี้ยังมีการกำหนดจำนวนและขนาดของเครื่องมือประมง และเครื่องปั่นไฟตามประเภทของเรือ เพื่อลดประสิทธิภาพของเครื่องมืออวนลาก

คณะทำงานตรวจสอบทางเทคนิคเกี่ยวกับเรือประมง

สาเหตุหนึ่งของปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย คือการจดทะเบียนเรือประมงที่ไม่มีประสิทธิภาพ อันเกิดจากผู้ประกอบการประมงรายงานข้อมูลกับนายทะเบียนเรือตามกฎหมายว่าด้วยเรือไทย (กรมเจ้าท่า) เกี่ยวกับขนาดตัวเรือและขนาดของเครื่องยนต์เรือที่ไม่เป็นจริง หรือละเลยการรายงานเมื่อได้มีการดัดแปลงแก้ไขขนาดตัวเรือหรือขนาดของเครื่องยนต์เรือแล้ว รวมไปถึงการละเลยการปฏิบัติหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งส่งผลต่อการจัดประเภท/ขนาดของเรือประมง และกฎระเบียบข้อบังคับที่ใช้กับเรือประมงประเภท/ขนาดนั้น ๆ เช่น ขอบเขตพื้นที่ที่อนุญาตให้จับสัตว์น้ำ และการติดตั้งอุปกรณ์ติดตามบนเรือ เพื่อให้การจดทะเบียนข้อมูลเรือประมง ซึ่งนำไปสู่การออกใบอนุญาตทำการประมงหรืออาชญาบัตร เป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ อันเป็นหนึ่งในมาตรการต่อต้านการทำการประมงผิดกฎหมาย จึงได้มีคำสั่งศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย ที่ 10/2558 เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานตรวจสอบทางเทคนิคเกี่ยวกับเรือประมง โดยมี พลเรือตรี สิรภพ สุวรรณดี เจ้ากรมแผนการช่าง กรมอู่ทหารเรือ เป็นหัวหน้าคณะทำงาน มีหน้าที่ความรับผิดชอบโดยสังเขป ดังนี้

1. ดำเนินการตามอำนาจหน้าที่เช่นเดียวกับพนักงานตรวจเรือตามกฎหมาย ว่าด้วยเรือไทย และกฎหมายว่าด้วยการเดินเรือในน่านน้ำไทย

2. ตรวจสอบสภาพเรือประมงที่เจ้าของเรือได้ยื่นคำร้องขอเปลี่ยนแปลงขนาดตัวเรือหรือเปลี่ยนแปลงขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือ ที่อยู่ในฐานข้อมูลของกรมเจ้าท่าที่ผ่านการสำรวจตามคำสั่งของศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย

3. ให้ความเห็นชอบผลการตรวจสอบสภาพเรือประมงเพื่อส่งให้นายทะเบียนเรือตามกฎหมาย ว่าด้วยเรือไทยดำเนินการตามอำนาจหน้าที่ต่อไป

4. ดำเนินการตรวจสอบทางเทคนิคอื่น ๆ ตามที่ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมายมอบหมาย

การดำเนินการที่ผ่านมาของคณะทำงานตรวจสอบทางเทคนิคเกี่ยวกับเรือประมง

1. คณะทำงาน ฯ ได้แจ้งให้ กรมประมง กรมเจ้าท่า ศูนย์ประสานการปฏิบัติในการรักษาผลประโยชน์ของชาติทางทะเลเขต 1 (ศรชล.เขต 1) ศรชล.เขต 2 ศรชล.เขต 3 ประชาสัมพันธ์ สล.ศปมผ. และศูนย์ควบคุมการแจ้งเข้า - ออกเรือประมง (Port In-Port Out : PIPO) ออกประกาศแจ้งให้เจ้าของเรือประมงในพื้นที่ต่าง ๆ ลงทะเบียนเพื่อนัดหมายรับการตรวจสอบเรือประมง ระหว่างวันที่ 12 - 22 มกราคม พ.ศ.2559 ณ สำนักงานเจ้าท่าสาขาที่มีพื้นที่รับผิดชอบติดชายทะเล

ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.)

สำนักงานเจ้าท่าสาขาที่มีพื้นที่รับผิดชอบติดชายทะเล

สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 3

- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสมุทรสาคร
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสมุทรสงคราม
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาเพชรบุรี
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาประจวบคีรีขันธ์

สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 4

- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสงขลา
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาปัตตานี
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขานราธิวาส
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสุราษฎร์ธานี
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาชุมพร
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขานครศรีธรรมราช

สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 5

- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาภูเก็ต
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาตรัง
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขากระบี่
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาระนอง
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสตูล
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาพังงา

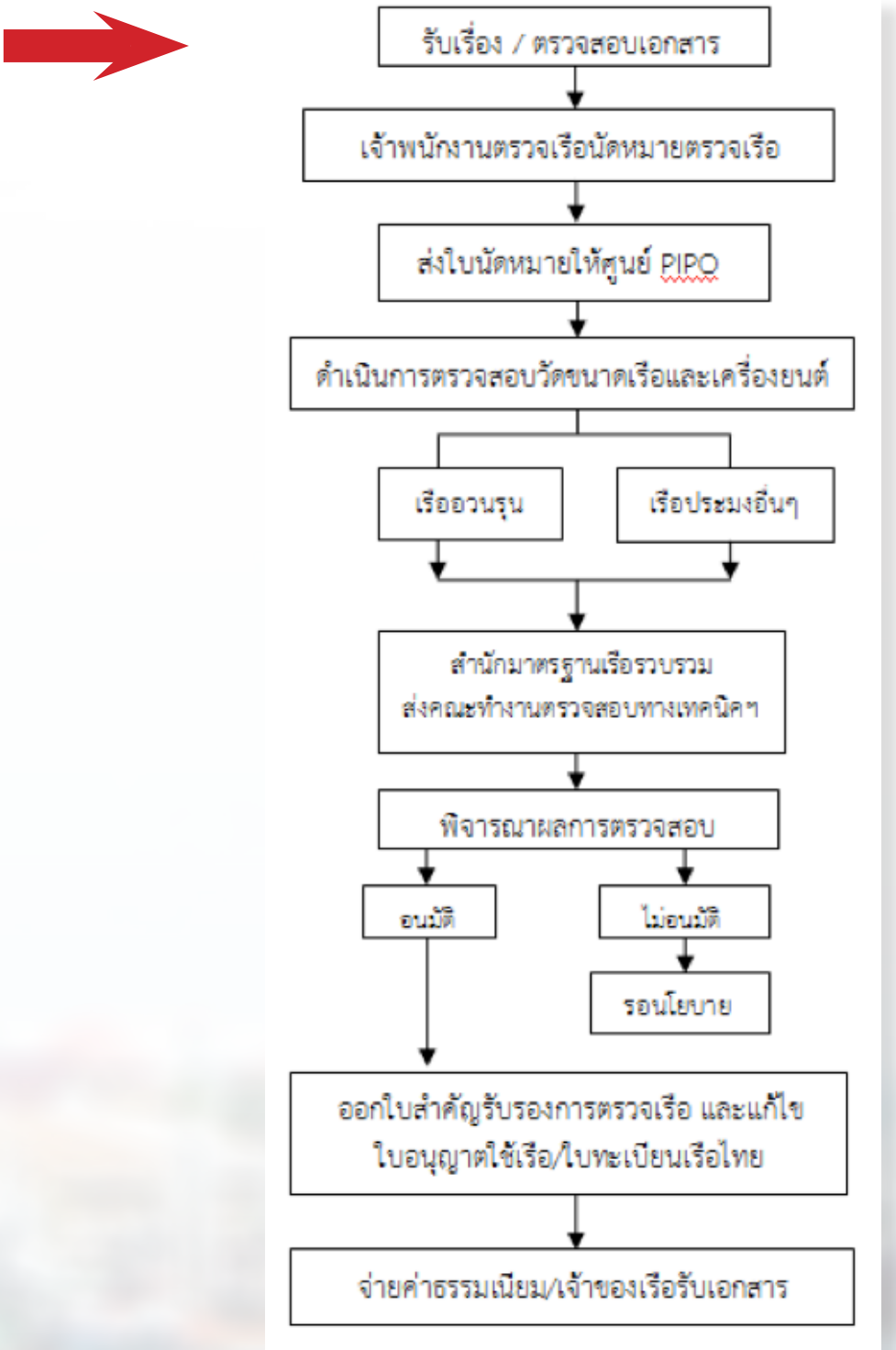
สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 6

- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาฉะเชิงเทรา
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาชลบุรี
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาระยอง
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาจันทบุรี
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาตราด
- สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคสาขาสมุทรปราการ

ศูนย์ปัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.)

2. คณะทำงาน ฯ ให้ กรมประมง ศรชล.เขต 1 ศรชล.เขต 2 ศรชล.เขต 3 จัดเจ้าหน้าที่เข้ารับการอบรมการวัดขนาดตัวเรือ และเป็นผู้แทนในการตรวจสอบสภาพเรือประมงที่เจ้าของเรือได้ยื่นคำร้องขอเปลี่ยนแปลงขนาดตัวเรือหรือเปลี่ยนแปลงขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือ ณ ศูนย์ควบคุมการเข้า-ออกเรือประมง (PIPO) ทั้ง 28 ศูนย์ และให้กรมเจ้าท่าจัดพิธีกรสำหรับการอบรมการวัดขนาดตัวเรือให้กับเจ้าหน้าที่ดังกล่าว

3. คณะเจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมง (ตามคำสั่งคณะทำงานตรวจสอบทางเทคนิคเกี่ยวกับเรือประมง ที่ 1/2559 และที่ 2/2559) ประกอบด้วย ผู้แทนกองทัพเรือ ผู้แทนกรมเจ้าท่าและผู้แทนกรมประมง ดำเนินการตรวจสอบสภาพเรือประมงที่ลงทะเบียนขอรับการตรวจสอบในระหว่างวันที่ 23 มกราคม - 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้



ศูนย์ข้อมูลการประมงแห่งชาติ (ศปมช.)

ในกรณีที่เจ้าของเรือหรือตัวแทนเจ้าของเรือประมงไม่ยินยอมลงนามรับรองผลการตรวจสอบ คณะทำงาน ฯ ได้จัดเจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมงจากส่วนกลาง ดำเนินการตรวจสอบเรือประมงที่มีปัญหาดังกล่าวอีกครั้ง และให้ถือว่าผลการตรวจสอบฯ ของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมงจากส่วนกลางเป็นที่สิ้นสุด

4. คณะทำงานฯ ได้รวบรวมข้อมูลผลการตรวจสอบสภาพเรือประมงเสนอ ศปมผ. เพื่ออนุมัติและเห็นชอบการเปลี่ยนแปลงขนาดตัวเรือหรือเปลี่ยนแปลงขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือเรียบร้อยแล้วในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2559 และให้นายทะเบียนเรือตามกฎหมายว่าด้วยเรือไทย (กรมเจ้าท่า) ดำเนินการตามอำนาจหน้าที่ต่อไป

การประชุมร่วมกันระหว่างเจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมงทั้ง 3 ฝ่าย
(กองทัพเรือ กรมเจ้าท่า และ กรมประมง) ก่อนการดำเนินการตรวจสอบสภาพเรือ

การวัดขนาดเรือและการคำนวณขนาดตันเรือ

การวัดขนาดเรือและการคำนวณขนาดตันเรือของเจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมง อ้างอิงวิธีการตรวจวัดตามราชกิจจานุเบกษา กฎข้อบังคับสำหรับการตรวจเรือ หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการออกใบสำคัญรับรองการตรวจเรือสำหรับเรือกลประมง พ.ศ.2558 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การวัดขนาดเรือ

1.1 ความยาวตลอดลำ ให้วัดบนดาดฟ้าหลัก จากหลังทวนหัวจนถึงด้านหลังของทวนท้าย ถ้าไม่มีทวนท้ายหรือทวนท้ายไม่ได้ยื่นพ้นบนดาดฟ้าหลัก ให้วัดจนถึงท้ายสุดของตัวเรือ

1.2 ความยาวฉาก ให้วัดบนดาดฟ้าหลัก จากหลังทวนหัวจนถึงตอนหน้าของแกนหางเสือ ถ้าไม่มีแกนหางเสือ ให้วัดจนถึงท้ายสุดของตัวเรือ

1.3 ความกว้าง ให้วัดที่กึ่งกลางลำบนดาดฟ้าหลัก โดยวัดจากขอบนอกของกงกราบหนึ่งถึงขอบนอกของกงอีกกราบหนึ่ง สำหรับเรือที่ต่อด้วยโลหะ และวัดจากขอบนอกผิวเปลือกเรือกราบหนึ่งถึงขอบนอกผิวเปลือกเรืออีกกราบหนึ่ง สำหรับเรือที่ต่อด้วยวัสดุอย่างอื่น

1.4 ความลึก ให้วัดจากส่วนบนกระดูกงูขึ้นไปถึงใต้ดาดฟ้าหลักสำหรับเรือที่ต่อด้วยโลหะ และวัดจากส่วนล่างของกระดูกงูขึ้นไปถึงใต้ดาดฟ้าหลักสำหรับเรือที่ต่อด้วยวัสดุอย่างอื่น ในกรณีที่ท้องเรือตรงกลางลำเป็นรูปเว้าหรือเรือที่แผ่เปลือกเรือแนวที่ต่อจากแผ่นกระดูกงูหนามาก ให้วัดจากจุดที่เส้นระดับท้องเรือตัดกับด้านข้างของกระดูกงู

ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.)

สำหรับเรือที่มีขอบกราบเรือโค้ง ให้วัดจากจุดตัดของเส้นดาดฟ้ากับเส้นเปลือกเรือด้านข้างเช่นเดียวกับเรือที่มีขอบกราบเป็นมุม สำหรับเรือที่มีดาดฟ้าเป็นชั้น และดาดฟ้าที่ยกเป็นชั้น ๆ ให้วัดจากเส้นขนานที่ต่อออกมาจากส่วนที่ต่ำที่สุดของดาดฟ้าหลัก

2. การคำนวณขนาดตันเรือประมง ให้คำนวณด้วยวิธีการดังนี้

R = (B+2D) x K1

ตันกรอสส์ (GT) = ((R+B)/2)2 x LBP x K2

ตันเนต (NT) = 0.68 x ตันกรอสส์

โดย

K1 = 0.85 สำหรับเรือท้องกลม และ 0.90 สำหรับเรือท้องแบน

K2 = 0.07 สำหรับเรือที่ต่อด้วยโลหะ และ 0.058 สำหรับเรือที่ต่อด้วยไม้หรือวัสดุอื่น

B = ความกว้าง มีหน่วยเป็นเมตร

D = ความลึก มีหน่วยเป็นเมตร

LBP = ความยาวฉาก มีหน่วยเป็นเมตร

เจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมง
กำลังตรวจวัดขนาดของเรือ

เจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมงกำลังตรวจสอบ
ตราอักษรและขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือ

เจ้าหน้าที่ตรวจสอบสภาพเรือประมงจากส่วนกลางและเจ้าของเรือประมง

ศูนย์ปฏิบัติการประมงทะเลที่ ๑ (ศปมล.)

สรุปผลการดำเนินการตรวจสอบสภาพเรือประมง

1. จำนวนเรือประมงที่ยื่นคำร้องขอเปลี่ยนแปลงขนาดตัวเรือหรือขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือในระหว่างวันที่ 12 - 22 มกราคม พ.ศ.2559 มีจำนวนทั้งสิ้น 4,337 ลำ เจ้าของเรือยกเลิกคำร้อง จำนวน 34 ลำ คงเหลือจำนวนเรือที่จะต้องเข้ารับการตรวจสอบ 4,303 ลำ คณะทำงานฯ ได้ดำเนินการตรวจสอบ ในระหว่างวันที่ 23 มกราคม – 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2559 โดยเจ้าของเรือนำเรือมาเข้ารับการตรวจสอบ จำนวน 4,096 ลำ และไม่นำเรือมาตรวจสอบ 207 ลำ

2. เรือประมงที่ไม่ได้ยื่นคำร้องขอเปลี่ยนแปลงขนาดตัวเรือหรือขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือ แต่ขอเข้ารับการตรวจสอบ มีจำนวน 115 ลำ

3. เรือประมงที่ได้รับการตรวจสอบตามข้อ 1 และ 2 มีจำนวนทั้งสิ้น 4,211 ลำ โดยแยกเป็นเรือประมงที่ขอเปลี่ยนแปลงข้อมูล ดังนี้

3.1 เปลี่ยนแปลงทั้งขนาดตัวเรือและขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือ จำนวน 3,275 ลำ

3.2 เปลี่ยนแปลงเฉพาะขนาดตัวเรือ จำนวน 728 ลำ

3.3 เปลี่ยนแปลงเฉพาะขนาดกำลังของเครื่องยนต์เรือ จำนวน 208 ลำ

4. รายละเอียดข้อมูลผลการดำเนินงานตรวจสอบสภาพเรือประมงในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

หน่วยงาน	จำนวนเรือทั้งหมดที่ยื่นคำขอ 12 - 22 ม.ค. 59	ยกเลิกคำขอ	จำนวนเรือที่ต้องรับการตรวจสอบ 23 ม.ค. - 7 ก.พ.59	ผลการดำเนินการ		จำนวนเรือที่ตรวจสอบเพิ่มเติมโดยไม่มีการยื่นคำขอ	จำนวนเรือที่ได้รับการตรวจสอบ
				ตรวจสอบแล้ว	ไม่นำเรือมาตรวจสอบ		
สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 3							
สาขาสมุทรสาคร	111	-	111	111	-	-	111
สาขาสมุทรสงคราม	165	-	165	159	6	4	163
สาขาเพชรบุรี	336	-	336	333	3	-	333
สาขาประจวบคีรีขันธ์	598	-	598	552	46	-	552
สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 4							
สาขาสงขลา	220	-	220	202	18	7	209
สาขาปัตตานี	312	-	312	312	-	11	323
สาขานราธิวาส	27	-	27	12	15	-	12
สาขาสุราษฎร์ธานี	142	1	141	140	1	14	154
สาขาชุมพร	640	-	640	584	56	-	584
สาขานครศรีธรรมราช	186	-	186	181	5	1	182
สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 5							
สาขาภูเก็ต	84	9	75	71	4	-	71
สาขาตรัง	123	2	121	121	-	-	121
สาขากระบี่	37	1	36	35	1	-	35
สาขาระนอง	221	2	219	218	1	1	219
สาขาสตูล	53	1	52	52	-	-	52
สาขาพังงา	86	-	86	86	-	5	91
สำนักงานเจ้าท่าภูมิภาคที่ 6							
สาขาฉะเชิงเทรา	40	-	40	38	2	-	38
สาขาชลบุรี	195	-	195	192	3	1	193
สาขาระยอง	459	16	443	413	30	-	413
สาขาจันทบุรี	26	2	24	24	-	-	24
สาขาตราด	144	-	144	130	14	1	131
สาขาสมุทรปราการ	132	-	132	130	2	70	200
รวม	**4,337**	**34**	**4,303**	**4,096**	**207**	**115**	**4,211**

ศูนย์ปฏิบัติการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.)

บรรณานุกรม

“กฎข้อบังคับสำหรับการตรวจเรือ หลักเกณฑ์ วิธีการและเงื่อนไขในการออกใบสำคัญรับรองการตรวจเรือสำหรับเรือกลประมง พ.ศ.2558” (25 ธันวาคม 2558). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 132 ตอนที่ 125 ก.

กรีนพีซ ประเทศไทย Greenpeace Thailand. (2558). Definition of IUU Fishing. สืบค้น 27 ตุลาคม 2559 จาก http://www.greenpeace.org/seasia/th/campaigns/Ocean/IUU/

ข่าว สล.ศปมผ. ด่วนมาก ที่ สล.ศปมผ. 9/05/59 มวว.042045 พ.ค.59

“คำสั่งหัวหน้าคณะรักษาความสงบแห่งชาติ ฉบับที่ 10/2558 เรื่องการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม” (29 เมษายน พ.ศ.2558). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 132 ตอนพิเศษ 99 ง.

คำสั่งศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย ที่ 10/2558 เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานตรวจสอบทางเทคนิคเกี่ยวกับเรือประมง ลงวันที่ 16 ธันวาคม 2558

“ประกาศกรมประมง เรื่อง แผนปฏิบัติการระดับชาติว่าด้วยการป้องกัน ยับยั้งและขจัดการทำการประมงที่ผิดกฎหมายขาดการรายงาน และไร้การควบคุม พ.ศ.2558-2562 และแผนการบริหารจัดการประมงทะเลของประเทศไทยนโยบายแห่งชาติด้านการจัดการประมงทะเล พ.ศ.2558-2562” (29 ธันวาคม พ.ศ.2558) ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 132 ตอนพิเศษ 346 ง.

วิริยะ คล้ายแดง. (31 กรกฎาคม 2558) “การประมงที่ผิดกฎหมาย จากวิกฤตสู่การปฏิรูปประเทศ” สืบค้น 27 ตุลาคม 2558

จาก www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament.../article_20150727111754.pdf

ศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำการประมงผิดกฎหมาย (ศปมผ.)

ระบบมาตรฐานความปลอดภัยสากล (ISM) ที่บังคับใช้กับเรือพาณิชย์ของไทย

(The ISM to enforcement for Thai commercial ships)

นาวาเอก จตุพร ศุขเฉลิม
รองเจ้ากรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

บทนำ

ในวงการพาณิชยนาวีมีกิจการหลายธุรกิจ เช่น สายเรือ การประกันภัย ผู้รับขนส่งทางเรือ (freight forwarder) เป็นต้น แต่ส่วนทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุดคือการทำงานในกองเรือ เช่น การเกิดอัคคีภัยในเรือ การทำน้ำมันรั่วไหลในทะเล เหตุการณ์เหล่านี้มักเกิดซ้ำแล้วซ้ำอีก ผู้เชี่ยวชาญจึงหาวิธีแก้ไขโดยการนำระบบ ISM – International Safety Management เป็นระบบมาตรฐานความปลอดภัยสากลที่ใช้บังคับในกองเรือพาณิชย์นาวีทั่วโลก และเรือทุกลำที่ทำธุรกิจด้านการขนส่งทางทะเลต้องถือปฏิบัติโดยเคร่งครัด หากเพิกเฉยจะไม่สามารถนำเรือออกรับ - ส่งสินค้า เพราะผู้ว่าจ้างหรือผู้เช่าเรือ (charterer) ย่อมคำนึงถึงความปลอดภัยของสินค้าตนเอง เนื่องจากวงเงินประกันราคาสินค้าไม่สามารถคุ้มครอง (cover) ได้ทั้งหมด โดยเหตุนี้ในธุรกิจขนส่งสินค้าทางทะเลที่ต้องอาศัยเรือเป็นพาหนะ (carries) ทุกลำ จึงต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์คงทนทะเล (seaworthiness) ให้ความปลอดภัยแก่สินค้า ตัวเรือ สิ่งแวดล้อม และลูกเรือหรือบุคคลอื่นที่ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของเรือพาณิชย์

ระบบ ISM หากจะเปรียบกับอุตสาหกรรมทางบกคือ ระบบ ISO (อ่านว่าไอโซ่) มิได้ย่อมาจาก International Standardization Organization คำว่า “ไอโซ่” มาจากภาษากรีก ซึ่งแปลว่า เท่ากับ หรือมาตรฐาน คำย่อเดิมคือ IOS (International Organization for Standardization) ดังนั้นเพื่อให้จำง่ายและมีความหมายนักวิชาการจึงเขียนใหม่เป็น ISO ซึ่งมีความหมายดังที่กล่าวไว้เบื้องต้น

ระบบ ISO จะใช้ควบคุมธุรกิจบนแผ่นดิน เช่น ตามโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น กฎหมายข้อบังคับหลัก ๆ จึงเป็นของรัฐหรือประเทศนั้น ๆ แต่ระบบ ISM ใช้บังคับเฉพาะกับกองเรือพาณิชย์ เพราะเรือสามารถสร้างมลพิษไปได้ทุกแห่งของโลก จึงต้องมีองค์กรระหว่างประเทศเข้ามาดูแล คือ IMO (International Maritime Organization) เห็นได้ว่าหากเป็นงานทางทะเลจึงต้องนำระบบ ISM มาใช้ควบคุมเป็นหลัก ส่วน ISO นั้นใช้กับกิจการทางบกปัจจุบันก็มีบาง ISO-code นำมาประกอบการใช้บังคับเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมในทะเลเช่น ISO 14000 อย่างสอดคล้อง (Comply Rule and Regulation ISM-code)

IMO ต้องพิจารณากฎหมายต่าง ๆ ที่ใช้บังคับการขนส่งทางทะเล โดยเฉพาะ carriers ที่มีหลายประเภท ตั้งแต่เรือบรรทุกน้ำมัน (tanker) เรือบรรทุกสินค้าเทกองแห้ง (dry bulk) เป็นต้น อนุสัญญาฉบับแรกที่ออกมาบังคับใช้ก่อนที่จะนำระบบ ISM มาบังคับใช้คือ SOLAS (Safety of Life at Sea)

เพราะเหตุสุดวิสัยหรือความประมาท ก่อให้เกิดความสูญเสียตั้งแต่บุคคล (personal) วัตถุ (object) และสิ่งแวดล้อม (environment) จึงเป็นหน้าที่ของรัฐ เจ้าของสัญชาติเรือที่ต้องดูแลกองเรือของประเทศตนเองให้มีมาตรฐานตามเกณฑ์ที่ SOLAS บัญญัติไว้ นอกจากนี้ยังมีอำนาจในการตรวจเรือสัญชาติอื่นของรัฐภาคีที่เข้ามาในน่านน้ำของตน แต่กฎข้อบังคับของ SOLAS ในบางเรื่องก็ไม่สามารถครอบคลุมได้ทั้งหมด ระบบ ISM จึงถูกเพิ่มเติมเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของอนุสัญญา SOLAS 74 ซึ่งเป็นบทบังคับเด็ดขาด (mandatory) ที่รัฐแห่งภาคีอนุสัญญาจะต้องนำไปบังคับใช้กับกองเรือของตน เพื่อทำให้เรือที่ถือสัญชาติตนเองได้รับมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ปลอดภัย การละเลยขาดการตรวจสอบแก้ไขให้เรือพร้อมออกทะเลหากประสบอุบัติภัย จะนำความสูญเสียสู่ตัวเรือ/สินค้าและสิ่งแวดล้อมในทะเล

ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงความปลอดภัยต้องคำนึงถึง 3 ประการคือ

1. ความปลอดภัยต่อตัวเรือและอุปกรณ์จักรกล (hull and machinery)
2. ความปลอดภัยต่อบุคคลเช่นลูกเรือ (crews) และบุคคลทั่วไป
3. ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม (environment)

ทั้ง 3 ประการนี้ ส่งผลกระทบต่อการทำงาน การนี้ IMO จึงเป็นหน่วยงานหลักที่เข้ามากำกับเป็นตัวแทนขององค์การสหประชาชาติ (United Nation-UN) ที่จะพิจารณามาตรฐานและตรวจสอบสาเหตุอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง เพราะจะมีผลต่อการชดใช้ค่าเสียหายจากบริษัทประกันภัย โดยบางครั้งบริษัทประกันภัย ก็แต่งตั้งที่ปรึกษาที่มีความเชี่ยวชาญเพื่อร่วมสอบสวนสาเหตุ จึงทำให้การสอบสวนเป็นไปโดยยุติธรรม ได้ความจริงปรากฏ สามารถนำมาแก้ไขอย่างถูกต้องเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำสอง จึงเป็นสิ่งที่ผู้เขียนมีความหวังให้กรมอู่ทหารเรือได้นำมาศึกษานำมาใช้ในการปฏิบัติงานซ่อมสร้างเรือ ป้องกันการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน เช่น การเกิดอัคคีภัยจากความร้อนจากประกายไฟ หรือการขาดขั้นตอนทำงานจนเกิดน้ำท่วมห้องเครื่อง เช่นที่ผ่านมา

สำหรับประเทศไทย เริ่มใช้โดยนำ SOLAS 74 มาบังคับ ซึ่งจะเป็นเรื่องอนุสัญญาระหว่างประเทศ ว่าด้วยความปลอดภัยแห่งชีวิตในทะเล ค.ศ.1974 และอนุสัญญา MARPOL 73/78 เป็นเรื่องบังคับดูแลสิ่งแวดล้อมในทะเล (marine pollution) หมายความว่าอนุสัญญา MARPOL 73/78 รัฐภาคีต้องรับทราบการประกาศว่าอนุสัญญานี้ประกาศใช้ในปี ค.ศ.1973 และมีผลบังคับใช้ในปี ค.ศ.1978

ความสำคัญของระบบ ISM ที่ใช้บังคับกองเรือพาณิชย์ทั่วโลกทำให้ประเทศไทยต้องปฏิบัติตามเนื่องจากเป็นภาคีในอนุสัญญาและทำให้เราทราบถึงวิวัฒนาการปรับปรุงกฎข้อบังคับสากลของระบบ ISM ซึ่งจะมีการปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมตลอดเวลา อันเนื่องมาจากเหตุ 2 ประการสำคัญคือ เทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น และผลการสอบสวนสาเหตุพบข้อบกพร่อง โดยข้อบกพร่องนี้ได้รับการพิสูจน์ กระทั่งสามารถหาวิธีการแก้ไขตามหลักวิชาการ IMO จึงประกาศบังคับใช้กับรัฐในภาคีผ่านทางระบบ ISM

ISM กับความสำคัญต่อการประกันภัย

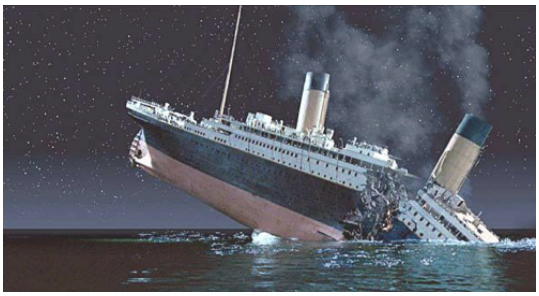
ธุรกิจประกันภัยทางพาณิชยนาวีเริ่มในปี ค.ศ.1854 โดยอังกฤษเป็นประเทศแรกที่ออกกฎหมายเกี่ยวกับพาณิชย์นาวี (merchant shipping act.) ซึ่งได้เพิ่มความรับผิดชอบต่อเจ้าของเรือ และในปี ค.ศ.1880 มีการประกาศใช้กฎหมายว่าด้วยความรับผิดชอบของนายจ้าง ซึ่งได้รวมคำว่าเจ้าของเรือ (owner) ให้เป็นผู้รับผิดชอบต่อลูกเรืออันเนื่องมาจากการว่าจ้าง และมีการออกกฎหมายชดเชยต่อแรงงาน กรณีลูกเรือประสบอุบัติภัยในปี ค.ศ.1897 และ ค.ศ.1906 ตามลำดับ (workmen's compensation act.) เห็นได้ว่าเป็นการเพิ่มภาระความรับผิดชอบโดยตรงต่อเจ้าของเรือ ธุรกิจพาณิชย์นาวีมีต้นทุนที่สูงทั้งตัวเรือและสินค้าที่ต้องรับผิดชอบ ยิ่งรวมเรื่องความเสียหาย

ด้านสิ่งแวดล้อมในทะเลจนไม่อาจทำให้ บ.ประกันภัยเข้ามารับประกัน เจ้าของเรือจึงต้องจัดตั้งกลุ่มเป็นสมาคม เพื่อหาวิธีมาตรการปกป้องคุ้มครองสมาชิก โดยมีมาตรการปกป้องคุ้มครองความรับผิดชอบ ซึ่งเรียกตนเองว่า กลุ่มผู้คุ้มครองเรือ (hull mutual) เจ้าของเรือที่มีประวัติดี ทำธุรกิจถูกต้อง เน้นความถูกต้องปลอดภัยเป็นมาตรฐาน ย่อมมีซึ่งค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น แต่กลุ่มเจ้าของเรือที่นอกลู่นอกทางเอาเปรียบ มักนำพาซึ่งความเสียหาย ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผู้ที่มีประวัติเรือดี จนเจ้าของเรือที่มีประวัติดี ต้องละหนีไปรวมกลุ่มประกันในลอยด์ (Lloyd's) ที่เป็นคู่แข่งแต่เดิม เห็นได้ว่าความรับผิดชอบจำนวนมากนี้สุดวิสัยที่กลุ่มเจ้าของเรือจะอยู่ตามลำพังโดดเดี่ยว ดังนั้นในปี ค.ศ.1855 จึงรวมกลุ่มกันครั้งใหญ่ ทุกฝ่ายได้จัดตั้งให้มี Insurance Asscociation Ltd.โดยทำหน้าที่เฉพาะปกป้องความรับผิดของเจ้าของเรือเท่านั้น

ปลายศตวรรษที่ 19 การเรียกร้องค่าเสียหายจากเจ้าของสินค้ามีมากขึ้น เช่น เรือ M.V.Emily เกิดอุบัติเหตุเกยตื้น สินค้าที่บรรทุกเสียหาย เจ้าของสินค้าเรียกค่าเสียหายจากเจ้าของเรือโดยกล่าวโทษว่าการเกยตื้นเกิดจากความประมาท จากเหตุของเรือลำนี้และกฎข้อบังคับตามสนธิสัญญาระหว่างประเทศ เช่น The Hague Rule 1921 เจ้าของเรือเริ่มวิตกต่อภาระรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้น ความคุ้มครองที่เพิ่มนี้เรียกว่า "indemnity cover" และเป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มคำว่า indemnity ต่อท้ายของกลุ่มที่มีคำว่า "protection" จนกลายเป็น "protection and indemnity" หรือ P & I ในที่สุด และเป็นที่รู้จักดีในปัจจุบัน (ตระกูล, 2548)

IMO เป็นผู้กำหนดมาตรฐาน รูปแบบและรับผิดชอบโดยตรง ประสานความร่วมมือกับ P&I Club สถาบันตรวจเรือนานาชาติ (International Association Classification – IAC) ; สมาคมผู้ประกอบการท่าเรือนานาชาติ (International Port and Harbour – IPAH) มาตรฐานที่ออกมาต้องเป็นที่ยอมรับและสามารถปฏิบัติได้จริง

ลำดับวิวัฒนาการของกฎข้อบังคับมาจากอุบัติภัยที่เกิดขึ้น



"Titanic" (1920.4.14) มีผู้เสียชีวิตนับพันคนอย่างไม่น่าเกิดขึ้น เนื่องจากจำนวนแพชูชีพมีไม่พอต่อผู้โดยสาร จึงมีข้อบังคับออกมาในกฎของ SOLAS (Safety of Life at Sea) ซึ่งได้รับการปรับปรุงกฎข้อบังคับมาโดยตลอดให้ทันสมัย (1929, 1948, 1960, 1974, 1998)

"Torrey Canyon" (1967.3.18) ทำน้ำมันดิบรั่วไหลลงสู่ทะเลจำนวนมหาศาล สภาพแวดล้อมทางทะเลถูกทำลายย่อยยับ บริษัทประกันภัยต้องชดใช้ค่าเสียหายเพื่อฟื้นฟูจำนวนประมาณ 200 ล้านเหรียญสหรัฐ ทำให้เป็นจุดเริ่มต้นกำเนิดของ MARPOL (Marine Pollution) ในปี 1973 และมีผลบังคับใช้กับเรือพาณิชย์ในปี 1978 เราเรียกกันว่า international convention for the prevention of

pollution from ship และ STCW (Standard of Training Certification and Watch keeping for seafaers 1978) ลูกเรือทุกคนต้องมีใบรับรองการศึกษาอบรมด้านความรู้เกี่ยวกับหน้าที่ ขณะเข้าเวรยาม การฝึกเข้าใจขั้นตอนที่ถูกต้องสามารถระงับสถานการณ์ได้ทันท่วงที

“Herald Of Free Enterprise” (1978.3.6) ความเลินเล่อจากลูกเรือและขาดความชำนาญ ไม่ถึงระดับมาตรฐาน แม้ว่าได้รับการฝึกก่อนทำหน้าที่ในเรือ ลูกเรือได้ใบรับรอง STCW แต่เมื่อประสบเหตุการณ์จริงขึ้นมาไม่สามารถระงับเหตุการณ์ได้ หลงลืมขั้นตอนปฏิบัติ ไม่มีคู่มือแนะนำประจำไว้ IMO จึงได้ออกกฎข้อบังคับ ในปี 1998 คือ guideline on management for the safe of operation of ships and pollution prevention บังคับให้เรือทุกลำต้องมีคู่มือเกี่ยวกับการดำเนินการทางด้านความปลอดภัยเพื่อป้องกันมลพิษทางทะเล

“Exxon Valdez” (1983.3.24) น้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเลเนื่องจากลูกเรือละทิ้งหน้าที่เวรยามชั่วระยะเวลาเพียงเล็กน้อย ผู้ประสบเหตุเป็นผู้ไม่มีหน้าที่ และไม่ทราบวิธีปฏิบัติ IMO จึงออกข้อบังคับซึ่งเรียกว่า SOPEP (Shipboard oil Pollution Emergency Plan) ลูกเรือทุกลำต้องทำป้ายแสดงขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน (procedure)

“Scandinavian Star” (1990.4.7) ถึงแม้ IMO ได้แก้ไขปรับปรุงกฎข้อบังคับมาโดยตลอด อนุสัญญาที่เพิ่มเติมเหตุการณ์ยังคงเกิดขึ้น ผลการสอบสวนข้อเท็จจริงเกิดจากการสั่งการและการบริหารงานด้านความปลอดภัยไม่เป็นระบบ กฎ ข้อบังคับต่าง ๆ ออกมามากมายไม่เป็นระบบ (unity) สับสนเรื่องการสั่งการ IMO จึงแก้ไขด้วยการเริ่มต้น Safety Management System (SMS) **นับเป็นจุดกำเนิดของระบบ ISM ขึ้นมา**

อนุสัญญาระหว่างประเทศกับความปลอดภัยสากล

การนำระบบ ISM วางแผนปฏิบัติ ผู้วางแผนจะต้องปฏิบัติให้เป็นไปตามข้อกำหนดการดำเนินงานด้านความปลอดภัยสากล ดังต่อไปนี้

- กฎหมายของรัฐบาลที่เรือชักธง
- อนุสัญญาระหว่างประเทศที่ออกโดยองค์กรทางทะเลระหว่างประเทศ
- กฎหมายของรัฐบาล เจ้าของน่านน้ำ

เรือพาณิชย์จะต้องทำการจดทะเบียนเรือต่อรัฐบาล เพื่อให้เป็นไปตามอนุสัญญาขององค์การสหประชาชาติว่าด้วยกฎหมายทางทะเลที่กรุงเจนีวา ค.ศ.1958 ระบุให้เรือทุกลำจะต้องจดทะเบียน และชักธงของประเทศที่จดทะเบียนตามอนุสัญญาดังกล่าว (มาตรา 5) ดังนั้นเรือใดจดทะเบียนประเทศใด ชักธงประเทศนั้น (fly Its flag)

อนุสัญญาระหว่างประเทศที่ออกโดยองค์กรทางทะเลระหว่างประเทศ

อนุสัญญาใดที่ได้ประกาศใช้ จนเริ่มมีผลบังคับใช้ (Effective Date) เจ้าของเรือต้องมีความรับผิดชอบต่อสถานภาพของเรือเกี่ยวกับระบบความปลอดภัย ซึ่งเกี่ยวเนื่องไปถึงการออกใบ certificate ดังต่อไปนี้

- การกำหนดแนวน้ำบรรทุกสินค้า (International Convention on load line, 1966) บังคับใช้เมื่อ 21 กรกฎาคม 1968 ต้องมีใบรับรองเรียกว่า Load line certificate
- ความปลอดภัยของชีวิตในทะเล (International Convention Safety of line at sea, 1974) มีผลบังคับใช้ 25 พฤษภาคม 1908 เรือจะต้องมีใบรับรองดังต่อไปนี้

ใบรับรองโครงสร้างเพื่อความปลอดภัย (Safety Construction Cert.)
ใบรับรองอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย (Safety Equipment Cert.)
ใบรับรองอุปกรณ์วิทยุเพื่อความปลอดภัย (Safety Radio Cert.)
ใบรับรองการปฏิบัติตามข้อกำหนด (Document of Complianc-DOC)
ใบรับรองจัดการเพื่อความปลอดภัย (Safety Management Cert.-SMC)

อนุสัญญาระหว่างประเทศเกี่ยวกับการป้องกันมลพิษจากเรือ 1973 (International Convention for the Prevention of Pollution from ship, 1973) (ย่อว่า MAPOL 73/78 เริ่มใช้ 1973 มีการแก้ไขปรับปรุงในปี 1978 บังคับใช้เมื่อ 2 ตุลาคม 1983)

นอกจากนี้ผู้เขียนได้สรุปเฉพาะหัวข้อของ ข้อกำหนดอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ที่สนใจในแต่ละข้อบังคับได้ทราบเพื่อสืบค้นหารายละเอียดเพิ่มต่อไปดังนี้คือ

- ข้อกำหนดระหว่างประเทศเกี่ยวกับโครงสร้างและอุปกรณ์สำหรับเรือบรรทุกสารเคมีอันตราย (International Code Equipment of Ship Carrying Dangerous Chemicals in Bulk) ย่อว่า IBC Code
- ข้อกำหนดเกี่ยวกับโครงสร้างและอุปกรณ์สำหรับเรือบรรทุกสารเคมีอันตราย (Code for the Construction and Equipment of Ship Carrying Dangerous Chemical in Bulk) ย่อว่า IGE Code
- ข้อกำหนดเกี่ยวกับโครงสร้างและอุปกรณ์สำหรับเรือบรรทุกแก๊สเหลว (International Code for the Construction and Equipment of ship Carrying Liquid Gases in Bulk) ย่อว่า IGO Code
- อนุสัญญาเพื่อป้องกันการโดนกันในทะเล (Convention on the international regulation for prevention collision at sea, 1972) ย่อว่า COLREG 1972
- อนุสัญญาระหว่างประเทศเกี่ยวกับตู้คอนเทนเนอร์ที่ปลอดภัย, 1972 (International convention for safe containers) CSC 1972 บังคับใช้ 6 กันยายน 1979
- อนุสัญญาระหว่างประเทศเกี่ยวกับการคำนวณค่าตันเนจของเรือ, 1969 (International convention on tonnage measurement 1969) TM 69
- อนุสัญญาระหว่างประเทศเกี่ยวกับการใช้แรงงาน (Convention on international labor organization) ILO convention อนุสัญญาย่อย คือ อนุสัญญาเกี่ยวกับห้องพักอาศัยของคนประจำเรือ (crew accommodation)
- อนุสัญญาระหว่างประเทศเกี่ยวกับมาตรฐานการฝึกอบรม, การออกใบประกาศนียบัตรและการเข้ายามของคนประจำเรือ, 1978 (STCW 78) (International convention on standard of training certificate and watch keeping of seafarers 1978)

บทบาทของสถาบันจัดชั้นเรือกับการตรวจเรือตามอนุสัญญาระหว่างประเทศ

(Ship classification society comply with international convention)

สถาบันตรวจเรือหรือที่เราเรียกกันสั้น ๆ ว่า class เป็นสถาบันที่ได้รับสถานะที่ปรึกษาของ IMO จะดำเนินการจัดทำข้อบังคับลักษณะเชิงวิชาการที่ได้การยอมรับวิศวกรรมทุกสาขา ตรวจสอบโครงสร้างตัวเรือ เครื่องจักรกลและระบบติดตั้งอื่น ๆ ทั่วไปในเรือ อีกทั้งออกใบรับรองการออกแบบงานที่เสนอโดยผู้ผลิต สถาบันต้องตรวจแบบจนถึงขั้นรับรองผลการทดสอบ รวมถึงวัสดุที่ใช้ ขนาดของชิ้นส่วน คุณภาพงานช่างขณะสร้างเรือให้เป็นไปตามกฎข้อบังคับของสถาบันฯ จากนั้นจะประกาศสู่สาธารณชน ในรูปของ “สมุดทะเบียนเรือ” (degister of ship) หลังเรือได้รับรองจาก classification แล้ว จึงสามารถออกทำงาน นอกจากหนังสือรับรองหลักข้างต้นนี้แล้ว สถาบันตรวจเรือเมื่อได้รับมอบอำนาจจากรัฐบาลของแต่ละประเทศ (administration) จะตรวจเรือและออกใบรับรอง (statustory certificate) ตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในนามของรัฐบาลนั้น ๆ ให้เป็นไปตามอนุสัญญาระหว่างประเทศ (international convention)

หน้าที่สถาบันจัดชั้นเรือ

1. จัดทำมาตรฐานเชิงวิชาการ เพื่อใช้ในการออกแบบสร้าง และตรวจเรือเป็นช่วงระยะเวลาเป็นที่ยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญที่เรียกว่า “กฎข้อบังคับ” (rules and regulation)

2. ทดสอบวัสดุและเครื่องจักรที่จะนำลงติดตั้งใช้งานในเรือ ณ สถานที่ผลิต

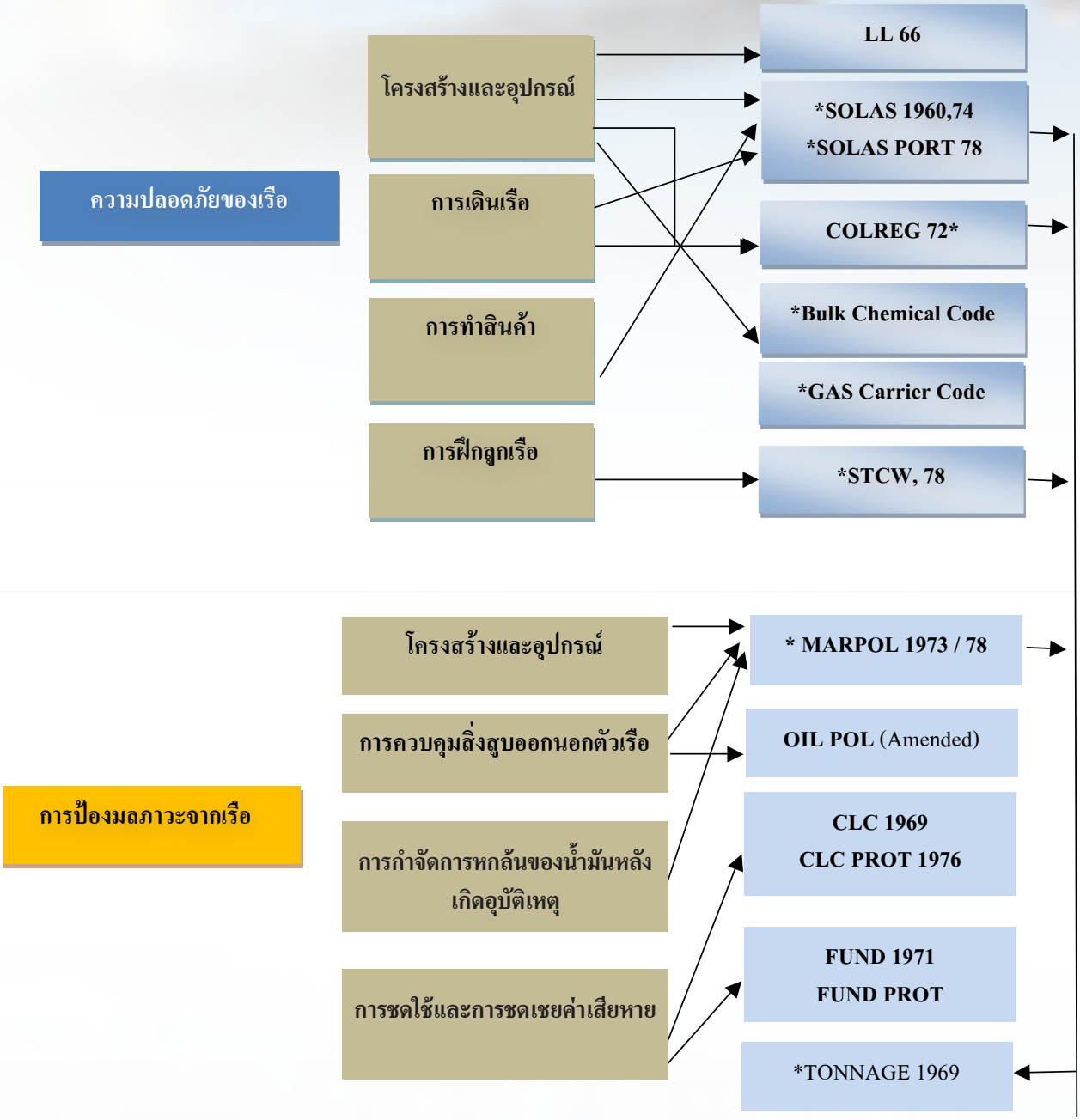
3. ตรวจสอบงานออกแบบตัวเรือ และตรวจเรือระหว่างการสร้างที่อู่ต่อเรือ เพื่อให้ตัวเรือ เครื่องจักร อุปกรณ์และวัสดุที่ใช้มาตรฐานเป็นไปตาม “กฎข้อบังคับ”

4. ตรวจเรือตามระยะเวลา (periodical survey) และตรวจเฉพาะโอกาสเหตุการณ์ (occasional survey) หลังการออกใช้งานว่าเรือยังอยู่ในสภาพปลอดภัย

5. ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาระหว่างผู้ว่าจ้างกับผู้จ้าง เกี่ยวกับงานทางวิศวกรรมทางเรือ ทางสิ่งแวดล้อม กฎหมายในทะเลหรือข้อบังคับสากลที่องค์กรสากลระหว่างประเทศเป็นผู้กำหนด เช่น ISM –code SOLAS MAPOL เป็นต้น

The ISM to enforcement for Thai commercial ships

แผนภูมิ อนุสัญญาระหว่างประเทศที่สถาบันตรวจเรือมีส่วนเกี่ยวข้อง



สถาบันตรวจเรือจะตรวจเรือที่เกี่ยวกับโครงสร้างและอุปกรณ์ที่สำคัญ จะทำงานภายใต้อำนาจในฐานะตัวแทนของรัฐบาล ในส่วนที่แสดงไว้ด้วยเครื่องหมาย (*) คือการวางรูปแบบ ISM จะต้องทบทวนอนุสัญญาและข้อกำหนด

The ISM to enforcement for Thai commercial ships

การจัดทำระบบ ISM

การทำระบบ ISM เจ้าของเรือสามารถว่าจ้างที่ปรึกษาคือสถาบันจัดชั้นเรือ (class) โดยต้องระบุประเภทเรือขนสินค้าใด เช่น น้ำมัน หรือสินค้าเทกอง ฯลฯ เจ้าของเรือต้องแจ้งคุณลักษณะการใช้เรือออกมาให้ตรงกับสินค้าตนเองที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ เขียนออกมาเป็นคู่มือการปฏิบัติ ควบคุม และทบทวน ให้เป็นไปตามกฎของอนุสัญญาสากลอย่างสอดคล้อง (comply with international convention and regulation) จะมีอยู่ทั้งสิ้น 13 หัวข้อ เมื่อเขียนออกมาแล้วจะต้องได้รับการตรวจสอบหรือรับรองโดยรัฐบาลที่เรือนั้นชักธงอยู่ (fly flag) หรือโดยสถาบันจัดชั้นเรือที่ได้รับมอบ administration จากรัฐบาลเรือชักธง กระบวนการตรวจสอบนี้ผู้ตรวจสอบ (acessor) จะต้องเป็นบุคคลจากตัวแทนที่มีอำนาจโดยรัฐที่เรือนั้นชักธงมอบอำนาจให้ เช่น ประเทศไทย อาจมาจากเจ้าหน้าที่กรมเจ้าท่า หรือสถาบันตรวจเรือ เช่น NK Loyd's BV ABS หรือ DNV เป็นต้น หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการมีการแก้ไขแล้วจึงออกใบรับรอง เจ้าของเรือต้องมีหน้าที่ควบคุมระบบ ISM ให้คงอยู่กับกองเรือตลอดไปเพื่อคงสถานะใบรับรอง จึงเห็นได้ว่ากระบวนการของ ISM มีความใกล้เคียงกับระบบ ISO ของอุตสาหกรรมทางบกแต่กฎข้อบังคับส่วนใหญ่ต้อง สอดคล้องกับองค์กรนานาชาติทางทะเลคือ IMO

ผู้อ่านคงพอเข้าใจแล้วว่า ความแตกต่างระหว่าง ISO และ ISM นั้นมีสถานการณ์ใช้ที่ต่างกันยกเว้นเรื่องสิ่งแวดล้อม บาง code เท่านั้นที่พออนุโลมการนำมาใช้เพราะบางครั้งการทำกิจกรรมก็อยู่ชายฝั่งแผ่นดิน จึงต้องออกข้อบังคับมาใช้กับเรือเพื่อป้องกันมลพิษในพื้นที่ของรัฐชายฝั่ง เช่นการทำงานของท่าเทียบเรือ อู่เรือ คลังเก็บสินค้าทั้งประเภทเทกองแห้ง (dry bulk) และเทกองเหลว (liquid bulk).

ข้อกำหนดของ ISM (international safety management code – ISM code)

ISM ต้องประกอบด้วยรายละเอียดอย่างน้อย 13 หัวข้อ เจ้าของเรือต้องปฏิบัติให้ครอบคลุมทั้ง 13 หัวข้อ เพื่อเป็นรูปแบบมาตรฐานของระบบดังต่อไปนี้

1. บททั่วไป (general)

เป็นหัวข้อที่บรรยาย คำจำกัดความ (definitions) ข้อกำหนดของการจัดการเพื่อความปลอดภัยสากล เช่น ข้อกำหนดวิธีการปฏิบัติที่เป็นสากลเพื่อให้การปฏิบัติงานทางเรือมีความปลอดภัยทั้งองค์กรวัตถุ, องค์บุคคลและป้องกันมลพิษทางทะเล ซึ่งนำมาใช้โดยสมัชชา และสามารถแก้ไขได้โดยองค์กรที่มีอำนาจเช่นคำว่า " รัฐบาล (administration) หมายถึง รัฐบาลของรัฐที่เรือชักธงอยู่ "

2. วัตถุประสงค์ (objectives)

วัตถุประสงค์ของข้อกำหนด ISM มีไว้เพื่อสร้างความมั่นใจในการป้องกันอุบัติภัยทางทะเล ป้องกันการบาดเจ็บหรือเสียชีวิต หลีกเลี่ยงการทำอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทั้งปวง โดยต้องจัดหาวิธีการต่าง ๆ เช่น

- วิธีปฏิบัติในการทำงานของเรือและสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย
- จัดทำวิธีปฏิบัติป้องกันความเสี่ยงทั้งหลายที่อาจเกิดขึ้นเหนือความคาดหลาย
- พัฒนาทักษะความรู้ของบุคลากรในหน่วยตนเองอย่างต่อเนื่อง
- เป็นไปตามกฎหมาย ข้อบังคับ อนุสัญญาระหว่างประเทศ บทแก้ไขต่าง ๆ
- สามารถนำคำแนะนำต่าง ๆ จากสมาคมผู้ประกอบการมา พิจารณาจัดทำ

3. การนำมาใช้ (application) หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ต้องสามารถนำมาใช้ได้กับเรือทุกลำโดยมีพื้นฐานการป้องกันอุบัติภัยที่ได้มาตรฐานโดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้ (Functional Requirements for Safety Management System - SMS)

นโยบายความปลอดภัยและปกป้องสิ่งแวดล้อม

คำแนะนำและข้อปฏิบัติเกี่ยวกับการทำงานบนเรืออย่างปลอดภัยและปลอดมลพิษ เป็นไปตามกฎหมายข้อบังคับสากลและของรัฐที่เรือชักธงอยู่

กำหนดผู้มีหน้าที่ในการสั่งการ และการติดต่อสื่อสารระหว่างเรือกับสำนักงาน

ข้อปฏิบัติในการรายงานอุบัติเหตุ และสิ่งที่ผู้ปฏิบัติทำผิดไปจากที่ได้กำหนดไว้

ข้อปฏิบัติเพื่อเตรียมพร้อม และสามารถตอบรับต่อสถานการณ์ฉุกเฉินทุกกรณี

ข้อปฏิบัติสำหรับการรับการตรวจสอบในองค์กรตนเองโดยบุคลากรตนเอง

4. นโยบายเพื่อความปลอดภัยและป้องกันสิ่งแวดล้อม (safety and environmental protection policy)

เจ้าของเรือหรือบริษัทเรือต้องมีนโยบายออกมาจากผู้บริหารระดับสูงสุด โดยเน้นหนักในเรื่องความปลอดภัย และป้องกันสิ่งแวดล้อม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเมื่อมีนโยบายออกมาแล้ว ต้องนำนโยบายมาปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

5. ความรับผิดชอบและอำนาจของบริษัท (company responsibility and authority)

- ถ้าหน่วยงานใดที่มีความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานของเรือ เจ้าของเรือ ต้องรายงานชื่อเต็มและรายงานรายละเอียดของหน่วยงาน

- บริษัทต้องทำออกมาในรูปเอกสารระบุถึงความรับผิดชอบ อำนาจสั่งการและความสัมพันธ์ระหว่างกันของบุคลากรที่มีหน้าที่รับผิดชอบ

- บริษัทต้องรับผิดชอบในเรื่องจัดหาอุปกรณ์ ทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถในการทำหน้าที่ตนเอง

6. บุคคลที่ได้รับการแต่งตั้ง (designated person – DP)

บุคคลที่ได้รับการแต่งตั้ง ต้องเป็นผู้มีความรู้ ความเข้าใจในระบบ ISM สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นผู้ประสานระหว่างเรือกับสำนักงาน กรณีเกิดปัญหาต้องสามารถเข้าถึงผู้บริหารระดับสูงสุดได้ ติดตามผลการปฏิบัติอย่างเคร่งครัด กรณีพบความบกพร่อง ต้องสามารถแก้ปัญหาและกล้ารายงานความจริงโดยตรงต่อผู้บริหาร

7. ความรับผิดชอบและอำนาจของนายเรือ (master's responsibility and authority)

- กำหนดความรับผิดชอบของนายเรือให้ชัดเจน ออกเป็นเอกสารคำสั่ง โดยให้นายเรือเคร่งครัดต่อนโยบายของบริษัท อันได้แก่ การนำนโยบายไปปฏิบัติเพื่อให้ลูกเรือทุกนายเข้าใจในระบบความปลอดภัย และป้องกันสิ่งแวดล้อม/มลพิษทางทะเล เมื่อมีข้อเสนอแนะของลูกเรือต้องรับฟังความคิดเห็นและรายงานตรงต่อ DP

- บริษัทฯ ต้องชี้ชัดลงไปในระบบ ISM เกี่ยวกับด้านความปลอดภัย ว่านายเรือมีอำนาจสั่งการข้ามขั้นตอน (overriding authority) และมีความรับผิดชอบถึงระดับที่จะตัดสินใจใด ๆ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยและป้องกันสิ่งแวดล้อมมลพิษ

8. ทรัพยากรบุคคล (resources and personnel)

- บริษัทต้องคัดเลือกบุคคลทำหน้าที่นายเรือ (กัปตัน) ให้มีคุณสมบัติเหมาะสมครบถ้วนตามกระบวนข้อบังคับของรัฐที่เรือชักธงนั้น

- บริษัทต้องคัดเลือกลูกเรือ (crew) อย่างละเอียด คัดบุคคลที่มีคุณสมบัติ มีประกาศนียบัตรรับรองเป็นไปตามกฎข้อบังคับแห่งรัฐนั้น และกฎหมายสากล

- ต้องจัดทำข้อปฏิบัติเพื่อให้พนักงานใหม่และพนักงานที่โอนย้ายไปทำหน้าที่ใหม่ซึ่งเกี่ยวข้องกับ

ระบบความปลอดภัย สามารถรับรู้อย่างเพียงพอในหน้าที่ คำแนะนำที่จำเป็นต้องแจ้งให้รู้ก่อนเรือออก โดยทำบันทึกระบุไว้ล่วงหน้าเป็นลายลักษณ์อักษร และมอบให้กับพนักงานใหม่ผู้นั้น

9. การพัฒนาแผนปฏิบัติงานในเรือ (development of plans for shipboard operations)

ต้องจัดทำข้อปฏิบัติสำหรับการเตรียมการวางแผน และข้อแนะนำต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการปฏิบัติการทางเรือ ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยของเรือ และปกป้องสิ่งแวดล้อม งานที่เกี่ยวข้องดังกล่าวนี้ต้องมอบหมายให้บุคคลที่มีคุณสมบัติเหมาะสม

10. การเตรียมพร้อมเพื่อตอบรับสถานการณ์ฉุกเฉิน (emergency preparedness)

จัดทำแผน ข้อปฏิบัติ เพื่ออธิบายให้ทุกคนเข้าใจทั้งฝ่ายเรือและฝ่ายสำนักงาน โปรแกรมการฝึก และทดลองปฏิบัติเป็นประจำ ค้นหาความล่าช้า หรือความเข้าใจผิดในการสื่อสาร

11. รายงานและวิเคราะห์สิ่งที่ปฏิบัติผิดไปจากข้อกำหนดจนเกิดอุบัติเหตุหรือสภาพก่อให้เกิดอันตราย (reports and analysis of non-conformity ; accidents and hazardous occurrences)

ต้องมีวิธีการในระบบจัดการความปลอดภัย กรณีเกิดเหตุมีบุคคลปฏิบัติงานผิดพลาดจากวิธีการที่ได้เสนอแนะหรือคู่มือแจ้งไว้ จนเกิดเหตุการณ์ขึ้น ผู้รับผิดชอบต้องรายงานและวิเคราะห์สาเหตุครบทั้งกระบวนการเพื่อให้ได้ข้อเท็จจริง ไม่เบี่ยงเบน จากนั้นจัดทำแผนการปฏิบัตแล้วิแก้ไขให้ถูกต้องเป็นรูปธรรม

12. การวางแผนซ่อมบำรุงเรือและอุปกรณ์ (plan maintenance of ship and equipment)

ต้องจัดทำแผนการซ่อมบำรุงบรรดาอุปกรณ์เครื่องจักรกล ตัวเรือ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของสถาบันตรวจเรือ แผนที่ออกมาต้องปฏิบัติได้จริง ไม่ซับซ้อนจนเป็นงานหนังสือมากกว่างานปฏิบัติดูแลรักษาอุปกรณ์ทั้งปวง โดยยึดหลักการ

12.1 มีการตรวจสอบตามระยะเวลาที่เหมาะสม

12.2 ความบกพร่องที่เกิดขึ้น ต้องได้รับการแก้ไขและบันทึก

12.3 ความชำรุดทางด้านเทคนิคขณะใช้งานอาจก่อให้เกิดอันตราย ให้จัดทำ

12.4 มาตรการเฉพาะโดยผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขา

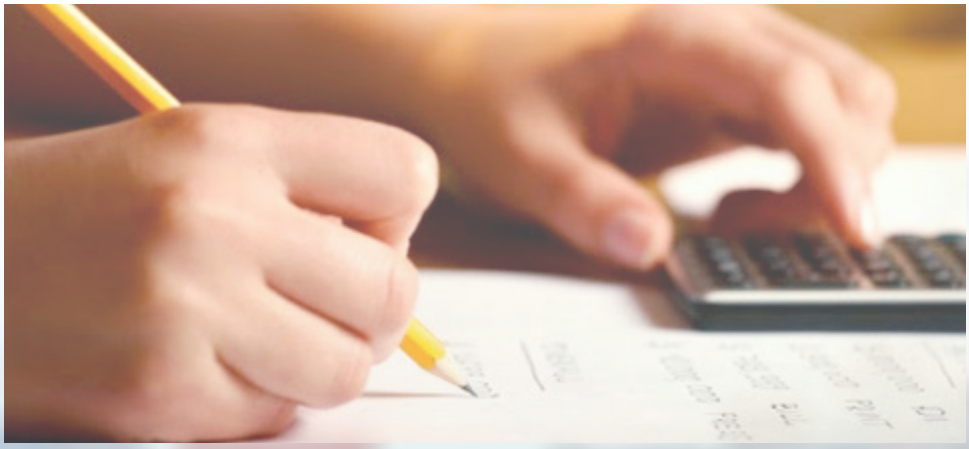
12.5 ทุกกระบวนการดังกล่าวต้องถูกรวบรวมเป็นแผนซ่อมบำรุงขึ้นมา

12.6 งานเอกสารที่เกี่ยวกับการซ่อมทำ (documentation) ต้องจัดทำและกำหนด มาตรการควบคุมระบบงานเอกสารของ ISM เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพ ดังนี้

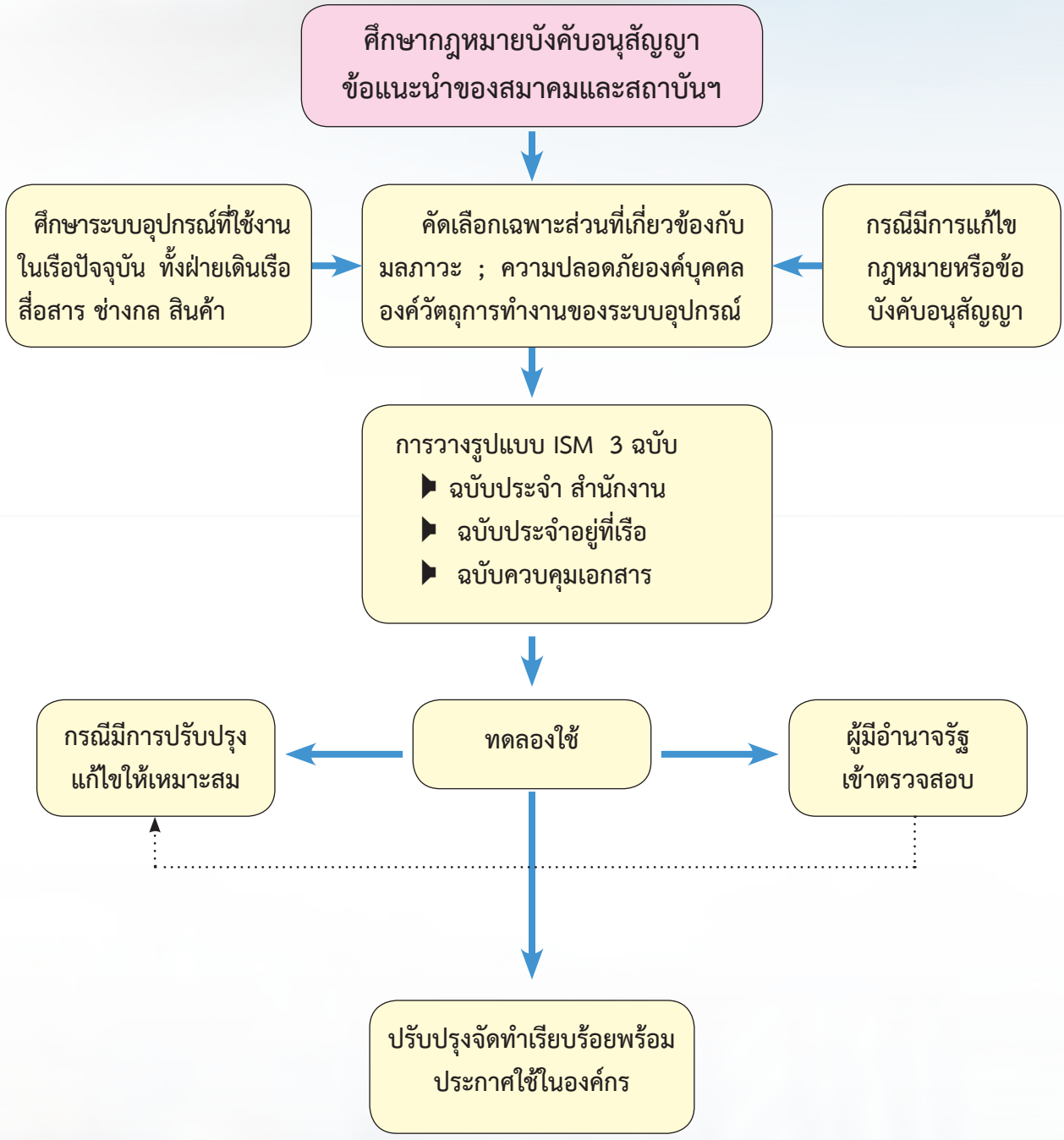
12.6.1 เอกสารที่ต้องใช้ถาวรให้อยู่ทั้งฝ่ายสำนักงานและฝ่ายเรือ

12.6.2 การเปลี่ยนแปลงข้อความใดในเอกสารต้องอนุมัติโดยผู้ที่ได้รับมอบอำนาจ

12.6.3 เอกสารที่ยกเลิกการใช้ ต้องนำออกจากแหล่งเดิมโดยทันที



ลำดับของการวางระบบ ISM



ที่มา : Certification Scheme to the ISM code (2 nd Edition), Loyd's Register

The ISM to enforcement for Thai commercial ships

13. การตรวจสอบ ทบทวน และการประเมินผล (verification review and evaluation)

บริษัทต้องหมั่นตรวจสอบระบบ ISM ทั้งฝ่ายสำนักงานและเรือว่ายังคงมีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง เพียงใดหาโอกาสประเมินผลบุคลากรทุกคน ทุกฝ่าย การตรวจสอบความพร้อมในแผนกต่าง ๆ ควรหาผู้ตรวจสอบจากคนละแผนก เพื่อให้ทราบถึงความบกพร่อง และไม่เบี่ยงเบนไปจากความยุติธรรม ผลการประเมิน (internal auditor) ต้องส่งไปยังผู้บริหารสูงสุดเพื่อออกคำสั่งแก้ไขปรับปรุงในระยะเวลาที่กำหนด และ**ดำเนินการยื่นขอออกใบรับรอง การประเมินผลและการควบคุม (certificate verification and control)** บริษัทจะต้องมีเอกสารรับรองโดยรัฐบาล หรือองค์กรที่รัฐบาลนั้นให้การรับรอง เมื่อบริษัทได้ปฏิบัติตามข้อกำหนดระบบ ISM ใบรับรองจะออกให้โดยผู้มีอำนาจรัฐที่เรือชักธง ซึ่งเรียกว่า “Document of Compliance - DOC” ให้สำเนาเอกสาร DOC นี้ ติดประกาศทุกลำเรือ นอกจากนี้ระบบความปลอดภัยทั้งปวงต้องได้รับการตรวจสอบ รับรองอย่างกวดขัน เมื่อผลออกมาเป็นที่น่าพอใจของผู้มีอำนาจรัฐ จึงสามารถออกใบรับรองการจัดการความปลอดภัย (Safety Management Certificate - SMC) เก็บไว้ที่สำนักงาน

ISM กับกองเรือพาณิชยนาวีของไทย

เจ้าของเรือพาณิชย์นาวีในประเทศไทย รวมกลุ่มจัดตั้งเป็นสมาคมเจ้าของเรือไทย (Thai ship owner’s association) อยู่ภายใต้การสนับสนุนของกระทรวงคมนาคม และยังเข้าเป็นสมาชิกของ asian ship owner’s forum (ASF) ได้เริ่มประชุมกันเพื่อหาข้อสรุปและแนวทางปฏิบัติในองค์กรของตนเองว่าควรดำเนินการอย่างไร เกี่ยวกับการปฏิบัติ ISM กรมเจ้าท่า ทำหน้าที่เป็น port state control ควบคุมในระบบ กฎข้อบังคับต่าง ๆ ทั้งฝ่ายสมาคมเจ้าของเรือไทยและกองตรวจเรือสังกัดกรมเจ้าท่า มีการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันอย่างสม่ำเสมอ ขณะเดียวกันเจ้าหน้าที่ของกรมเจ้าท่ามีบุคลากรที่มีความรู้ทั้งด้านบริหารและเทคนิคพร้อมให้การสนับสนุน แต่เนื่องจากต้องรวบรวมเพื่อนำออกมาประกาศเป็นกฎข้อบังคับ กวดขันเรือที่ชักธงไทย บางครั้งจึงอาจนำมาซึ่งค่าใช้จ่ายสำหรับเจ้าของเรือ เช่น การซ่อมทำเรือตามกำหนดเวลา มีพระราชบัญญัติการเดินเรือ ดังนั้น สมาคมเจ้าของเรือไทยจึงขอให้สถาบันตรวจเรือ (classification) ที่รัฐบาลไทยได้มอบอำนาจแทนในการออกใบรับรอง (certificate) สามารถดำเนินการตรวจสอบรูปแบบของ ISM ที่เจ้าของเรือจัดหาที่ปรึกษา เพื่อวางระบบ ISM ดังนั้นกรมเจ้าท่าจึงแจ้งขั้นตอนต่าง ๆ ผ่านการประชุมคณะกรรมการประสานงานภาครัฐและเอกชน เปิดกว้างเสนอวิธีการด้านปฏิบัติในส่วน ISM ดังนี้

1. ให้เจ้าของเรือที่มีความประสงค์จะให้สถาบันจัดชั้นเรือ (classification society) เป็นผู้ตรวจสอบและออกใบสำคัญรับรองโดยยื่นแสดงความจำนง เฉพาะลำของบริษัทได้ที่กรมเจ้าท่า

2. เจ้าของเรือที่ประสงค์จะให้หน่วยงานของราชการเป็นผู้ตรวจสอบและออกใบสำคัญรับรองให้แสดงความจำนงเฉพาะลำได้ที่กองตรวจเรือ กรมเจ้าท่า

ใบรับรองของระบบ ISM เจ้าของเรือสินค้า ต้องทราบวิธีที่จะดำเนินการของราชการเกี่ยวกับขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติคือ ระบบ ISM Code กำหนดไว้ว่า ผู้มีหน้าที่ในการออกเอกสารและใบสำคัญรับรองการบริหารงานเพื่อความปลอดภัย คือ หน่วยราชการ หรือสถาบันจัดชั้นเรือที่ได้รับมอบหมายจากราชการ แต่โดยข้อเท็จจริง เรื่องการมอบอำนาจของประเทศต่าง ๆ IMO จะเลือกมอบอำนาจให้เพียงสถาบันฯ ที่น่าเชื่อถือ บางประเทศก็ไม่มอบอำนาจให้สถาบัน ฯ ใด มักจะเป็นรัฐขนาดเล็ก เช่น MARCHELL ISLAND, VANUATU, RIBERIA เป็นต้น ดังนั้นราชการเป็นหน่วยงานที่เป็นผู้บริหารย่อมมีความเชี่ยวชาญ เหมาะสมที่จะเป็นผู้ตรวจสอบ เพราะงานของสถาบันฯ หนักไปทางเทคนิคมากกว่างานบริหาร (บันทึกข้อความ กองตรวจเรือ ที่ คค 0506/619 ลงวันที่ 10 พ.ย.2540) ใบรับรองที่เจ้าของเรือต้องมีตามกฎระเบียบ คือ

1. เอกสารรับรองตามระบบ ISM (Document of Compliance – DOC)

2. ใบสำคัญรับรองการบริหารงานเพื่อความปลอดภัย (Safety Management Certificate – SMC)

ระบบ ISM สามารถนำมาแก้ไขการเกิดอุบัติภัย

จากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญทั้งสถาบันจัดชั้นเรือ และบริษัทประกันภัย P&I ได้เสนอแนวทางแก้ไขการทำงานภายในเรือโดยการศึกษาสาเหตุที่เกิดจากอุบัติภัยต่าง ๆ อย่างไม่ปกปิดประเด็นที่แท้จริง จึงสามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้อย่างถูกต้อง หรือที่เรียกกันในหมู่ surveyer และ inspector ว่าไม่เบี่ยงเบนไปจากข้อเท็จจริงข้อแก้ไขเหล่านี้ได้รับการประกาศออกมาผ่าน IMO เป็นข้อบังคับต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์และ class จะเป็นผู้ตรวจสอบกำกับให้คำปรึกษา เช่น

1. จัดทำใบอนุญาตให้ทำงาน (working permit)
   - ให้ทำงานเกี่ยวกับความร้อน (hot work permit) (ดูตัวอย่างท้ายเรื่อง)
   - การทำงานบนที่สูง (permit to work aloft) (ดูตัวอย่างท้ายเรื่อง)
   - ให้ทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า (electrical working permit)
   - ให้ทำงานเกี่ยวกับท่อที่มีกำลังดัน (pressurize pipeline permit)
   - งานเกี่ยวกับถัง/ที่อับอากาศ (closing space permit)
   - ให้ทำงานเกี่ยวกับสินค้าไวไฟ (flammable cargo permit)

2. จัดทำขั้นตอน กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินในเรือ (shipboard emergency) กรณีเกิดน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล ให้เจ้าของเรือจัดตั้งทีมตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉิน กำหนดผู้รับผิดชอบในสำนักงาน หน้าที่แต่ละคนชัดเจนไม่สับสนเมื่อเกิดเหตุซึ่งเรียกว่า “emergency responsibility team” (ERT)

   - กรณีเรือโดนกันในทะเล ต้องจัดทำเสนอกฎระเบียบ ปฏิบัติเป็นขั้นตอน (procedure) ซึ่งเรียกว่า collision regulation
   - กรณีเกิดไฟไหม้ในเรือ (fire protection procedure) จะมีขั้นตอนปฏิบัติขณะเกิดเหตุว่าควรดำเนินการอย่างไร
   - กรณีเรือเกยตื้น (grounding procedure) ได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติเกี่ยวกับการระวังป้องกันด้านความแข็งแรงโครงสร้างเรือ การเตรียมการเมื่อเรือเดินผ่านพื้นที่จำกัดหรือช่องแคบ

3. ประเมินลูกเรือปฏิบัติงานในเรือ (shipboard crews evaluation)
   - ต้องมีใบรับรองผ่านการอบรมตามข้อบังคับ (STCW)
   - มีมาตการควบคุมแอลกอฮอล์ รวมถึงยาเสพติด (alcohol and drug control)
   - รายงานผลการฝึกสถานีเรือป้องกันความเสียหาย ช่วยชีวิตและประเมินผล (shipboard crew evaluation procedure)

4. อำนาจระหว่างสำนักงานกับเรือ (shore and ship responsibility authority)
   - มีการกำหนดตัวบุคคลรับผิดชอบระหว่างระบบ ISM มิใช่ฝ่ายหรือแผนก แต่ทำให้ระบบ ISM ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ DP (designated person)
   - มีข้อบ่งบอกอำนาจสั่งการตามลำดับขั้น ตั้งแต่เรือ จนถึงระดับสำนักงานองค์กรบ่งชี้ อำนาจหน้าที่ผู้บริหารทุกระดับ (line of command and control)

บทสรุป

ในขั้นตอนการเริ่มต้นระบบ ISM หรือจุดกำเนิดระบบฯ เป็นสิ่งที่ IMO ได้ให้ความสำคัญอย่างสูงมีการพัฒนาปรับปรุงมาโดยตลอดระยะเวลา นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1984 ที่เกิดเหตุการณ์จากเรือ Titanic เห็นได้ว่าการปฏิบัติงานด้านเทคนิคนั้น สถาบันจัดชั้นเรือ (classification society) สมาคม องค์กรต่าง ๆ ทางพาณิชยนาวี ได้ร่วมทำงานกันอย่างใกล้ชิด นอกจากนี้ข้อเท็จจริงของอุบัติภัยที่เกิดขึ้นต้องได้รับการสืบสวนสาเหตุอย่างละเอียดจากบริษัทประกันภัย P&I Club ทำให้เราเห็นความถูกต้องในการป้องกันแก้ไขการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยขององค์กรเอกชนภายใต้กฎของ IMO เจ้าของเรือในประเทศไทยต่างเห็นความสำคัญ และกรมเจ้าท่าในฐานะ port state control พร้อมชี้แจงถึงขั้นตอนปฏิบัติการขอใบรับรอง (certificate) จำนวนทั้งสิ้น 2 ฉบับ คือ DOC (document of compliance) ซึ่งหมายถึงบริษัทแห่งนี้ผ่านการรับรองว่านำระบบ ISM มาใช้ในบริษัทของตนเองแล้ว ส่วนใบรับรอง SMC (Safety Management Control) หมายถึง เรือของบริษัททุกลำได้รับการยอมรับถึงมาตรฐานความปลอดภัย โดยมีการควบคุมอย่างใกล้ชิดจากผู้ได้รับมอบอำนาจในฐานะตัวแทน IMO (คือ กรมเจ้าท่าหรือสถาบันจัดชั้นเรือแห่งใดแห่งหนึ่ง) ปัจจุบันนี้ใบรับรองและควบคุมคุณภาพบริษัทเรือเดินทะเลของไทยได้รับการรับรองอย่างทั่วถึงทุกกองเรือ

กรณีที่บริษัทสายเรือไม่สามารถนำระบบ ISM ผ่านการตรวจ บริษัทไม่สามารถนำเรือออกรับงาน เพราะท่าเรือหรือ terminals จะไม่อนุญาตให้เข้าจอดรับ-ส่งสินค้าเด็ดขาด และบริษัทประกันภัย P&I Club จะไม่ให้ความคุ้มครองด้วยความสำคัญเช่นนี้ ผู้เขียนจึงต้องนำเสนอความเป็นมาของระบบ ISM อย่างละเอียด เพื่อให้ผู้สนใจในเรื่องการดูแลความปลอดภัยทั้งคน อุปกรณ์และสิ่งแวดล้อมในทะเล ตระหนักทราบว่าการขนส่งทางทะเลนั้นมีมาตรการที่ต้องเข้มงวดให้เป็นไปตามหลักสากล และลดการเกิดอุบัติภัยในเรือเช่น การทำงานในเรือที่เกี่ยวข้องกับอันตรายต้องได้รับอนุญาต จากผู้มีหน้าที่ เช่น ต้นเรือ ต้นกลเรือ นายยามประจำวัน ออกหลักฐาน working permit

กรมอู่ทหารเรือมีหน้าที่ซ่อมทำเรือรบ มีส่วนพื้นที่อันตรายภายในเรือที่ต้องระวัง เช่นการทำงานเกี่ยวกับความร้อน กระแสไฟฟ้า วัตถุไวไฟ การเชื่อมโลหะ ฯลฯ และบ่อยครั้งเกิดอุบัติเหตุอัคคีภัยขณะทำงานเกิดขึ้นทุกปีและเกิดซ้ำเกือบทุกปี จึงสมควรที่เราต้องทบทวนและนำระบบ ISM นี้มาปรับปรุงการใช้ให้เหมาะสมเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติงาน ให้เป็นไปตามนโยบายกองทัพเรือ คือ ระบบงานมีมาตรฐาน วัดได้ เปรียบเทียบได้ ทำซ้ำได้ สามารถระบุขั้นตอนได้ จะช่วยให้ช่างปฏิบัติงานลดความเสียหายที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานวิชาชีพ marine engineering ที่มีความเป็นสากล (international).

เอกสารอ้างอิง

- LAPH, International Safety Guide for oil Tanker & Terminal, 4 th Edition. Printed in England: Writer & Co.,Ltd, 1996
- Lloyd's Register, Certification Scheme to the ISM code.2 nd Edition.
- P&I club, Internation Convention no Tonage Measurement. TM 69, 1969
- IMO, SOLAS.Protocal 78, 88
- IMO, MARPOL 73/78 Convention, 1978

เอกสารอื่น ๆ

- ระเบียบกองทัพเรือ ว่าด้วยหน้าที่ราชการในเรือหลวง พ.ศ.2531 กรมสารบรรณทหารเรือ.
- ระเบียบปฏิบัติประกอบคำสั่งปฏิบัติการและคำสั่งการฝึกของ ทร. ว่าด้วยการสื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ.2541 อทร.50010 กรมสารบรรณทหารเรือ.

AOR – 003 – 30

ใบอนุญาตให้ทำงานบนที่สูง

PERMIT TO WORK ALOFT

ชื่อเรือ :	วันที่ออก :	เมืองท่า :	รายงานเลขที่ :

ใบอนุญาตนี้ใช้เมื่อจะต้องขึ้นไปทำงานในที่สูงซึ่งเสี่ยงต่อการตกลงมากกว่า 2 เมตร ถ้าการขึ้นไปบนที่สูงเพื่อทำงานที่ซ้ำเป็นต้องออกใบอนุญาต เช่น ทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ต้องขอใบอนุญาตให้ทำงานควบคู่กันทั้งสองใบ

เรือ : _____วันที่_____เวลา_____

รายละเอียดของงาน _____ระบบวงจรไฟฟ้า_____

บริเวณที่ทำงาน _____ชื่อผู้ทำงาน _____

นายประจำเรือผู้ควบคุมงาน _____ตำแหน่ง _____

ส่วนที่ 1 ต้องตรวจสอบโดยนายผู้ควบคุมงาน

	ใช่	ไม่ใช่
1.1 อธิบายขั้นตอนและข้อกำหนดในการทำงานบนที่สูงให้ผู้ที่จะทำงานทราบแล้ว		
1.2 มีคนเพียงพอในการทำงาน		
1.3 ผู้ที่จะขึ้นบนที่สูง สวมเข็มขัดนิรภัยและมีเชือกผูกยึดไว้กับที่ที่มั่นคง		
1.4 ผูกยึดบันได, แท่นยืน, นั่งร้าน, กระดานชุลี หรือสิ่งอื่นที่ใช้ในการขึ้นที่สูงไว้อย่างมั่นคง		
1.5 ของที่นำขึ้นไปใช้งานบนที่สูงผูกเชือกไว้เพื่อป้องกันการตกมาโดนผู้ที่อยู่ข้างล่าง		
1.6 ถ้าการทำงานอยู่ใกล้สิ่งเหล่านี้ พวูด, เสาวิทยุ, Radar Scanner, ท่อระบายที่อาจเป็นอันตราย, ท่อระบายไอจากหม้อน้ำได้ปิดกั้นสิ่งเหล่านี้และติดป้ายเตือนไว้แล้ว		

ตรวจสอบโดย _____ตำแหน่ง_____

ส่วนที่ 2 ตรวจสอบและลงชื่อรับทราบโดยผู้ที่จะทำงาน

ข้าพเจ้าพอใจในการตรวจสอบ, การเตรียมการและการปฏิบัติในส่วนที่ 1 แล้ว

ลงชื่อ _____ ลงชื่อ _____

ส่วนที่ 3 การอนุญาตต้องทำโดยต้นเรือ ในกรณีที่การตรวจสอบหรือการปฏิบัติในข้อใดข้อหนึ่งในใบอนุญาตนี้ไม่สามารถทำได้ การอนุญาตต้องทำโดยผู้บังคับบัญชาที่มีอำนาจเหนือกว่าตามลำดับชั้นขึ้นไป

ข้าพเจ้าได้พิจารณาแล้วเห็นว่ามีการเตรียมการปลอดภัยดี อนุญาตให้ทำงานได้

ลงชื่อ _____ตำแหน่ง _____

ใบอนุญาตนี้เริ่มใช้ตั้งแต่เวลา_____วันที่_____ถึงเวลา_____วันที่ _____

ส่วนที่ 4 การสิ้นสุดงานหรือการยกเลิก (ส่วนนี้จะต้องทำโดยนายประจำเรือผู้ควบคุมงาน)

( ) งานแล้วเสร็จเรียบร้อย อุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ จัดเก็บเข้าที่เรียบร้อย

( ) งานยังไม่แล้วเสร็จ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ยังคงเก็บไว้ในสถานที่ที่ทำงาน

เหตุผล _____

_____

( ) ใบอนุญาตยกเลิกเพราะ _____

ลงชื่อ _____ตำแหน่ง _____วันที่_____เวลา _____

ต้นฉบับ : ให้ติดไว้บริเวณที่ทำงาน สำเนา : ให้เก็บไว้ใน Office ของเรือ

The ISM to enforcement for Thai commercial ships

AOR – 003 – 31 (1/2)

ใบอนุญาตให้ทำงานเกี่ยวกับความร้อน

HOT WORK PERMIT

ชื่อเรือ :	วันที่ออก :	เมืองท่า :	รายงานเลขที่ :

ใบอนุญาตนี้ใช้สำหรับการทำงานที่มีความร้อนหรือประกายไฟเกิดขึ้น ถ้าจะต้องทำงานที่มีความร้อนในที่อับจะต้องมีใบอนุญาตให้ทำงานในที่นั้น และมีใบอนุญาตให้ทำงานเกี่ยวกับความร้อนทั้งสองใบ

เรือชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____

รายละเอียดของงาน _____

บริเวณที่ทำงาน _____ ชื่อผู้ทำงาน _____

นายประจำเรือผู้ควบคุมงาน _____ ตำแหน่ง _____

ส่วนที่ 1 ต้องตรวจสอบโดย ตก.เรือ ผู้ควบคุมงาน	ใช่	ไม่ใช่	ถ้าไม่, ทำไม
1.1 บริษัทที่ทำงานไม่มีสารไวไฟ/วัตถุติดไฟ (ภายในรัศมีไม่ต่ำกว่า.....เมตร)			
1.2 ได้รับการระบายอากาศจนอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย (< 1% LEL)			
1.3 มีการระบาย00ออากาศอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา			
1.4 อีกด้านหนึ่งของผนังหรือพื้นของบริเวณที่จะทำงานปลอดภัยจากการติดไฟ			
1.5 ท่อทางต่าง ๆ ที่ผ่านไปยังสถานที่ทำงานได้ปิดอื้นกั้นไว้แล้ว			
1.6 วัดก๊าซติดไฟในถังน้ำมันเชื้อเพลิงที่อยู่ใกล้บริเวณที่ทำงานแล้วมี < 1 % LEL			
1.7 เตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงไว้พร้อมใช้ในบริเวณที่ทำงาน			
1.8 อุปกรณ์วัดก๊าซไฮโดรคาร์บอนและออกซิเจนอยู่ในสภาพดีพร้อมใช้งาน			

1.9 ระบบฉุกเฉินหรือระบบสัญญาณเตือนที่เกี่ยวข้องในการทำงาน _____

ระบบดังกล่าวทำงานปกติ / ไม่ปกติ เพราะ _____

ข้อควรระวังพิเศษ _____

_____

_____

การตรวจสอบสภาพบรรยากาศบริเวณที่ทำงานครั้งแรก เวลา _____

แก๊ส	สูงสุดไม่เกิน	ตรวจได้	หมายเหตุ หลังจากได้ทำการวัดครั้งแรก
ไฮโดรคาร์บอน (HC) ออกซิเจน	1 % LEL ไม่ต่ำกว่า 20.9% 10 PPM	....	ไปแล้ว ถ้ามีการหยุดพักหรือหยุดทำงาน ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม ก่อนที่จะเข้าไปทำงานอีกครั้งจะต้องทำการตรวจสอบแก๊สใหม่ทุกครั้งเสมอ

- การตรวจสอบวัดบรรยากาศครั้งต่อไปให้ทำทุก _____นาที

ตรวจสอบโดย _____ ตำแหน่ง _____

The ISM to enforcement for Thai commercial ships

การทดสอบทดลอง เรือตรวจการณ์ปืน เรือหลวงแหลมสิงห์ (Harbor Acceptance Test and Sea trial Acceptance Test)

นาวาเอก สมศักดิ์ คงโชติ, ว่าที่ เรือตรีหญิง สุธาสิน เสนานิกรม
กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
Capt. Somsak Kongchote, Sub Lt. Sutasin Senanikrom
Engineering Development Department, The Royal Thai Naval Dockyard
Corresponding author. E-mail address: Somsakk24@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอผลการทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน เรือหลวงแหลมสิงห์ (ร.ล.แหลมสิงห์) จัดเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่งของโครงการการสร้างเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ การทดสอบทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีความมั่นใจว่า **“เรือหลวงแหลมสิงห์”** มีโครงสร้าง ระบบหลัก ระบบย่อยต่าง ๆ สมรรถนะและขีดความสามารถต่าง ๆ ของเรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีหน่วยงานรับผิดชอบร่วมกัน คือกรมอู่ทหารเรือ (อร.) กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ (อล.ทร.) กรมสรรพาวุธทหารเรือ (สพ.ทร.) กรมอุทกศาสตร์ (อศ.) และกรมการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศทหารเรือ (สสท.ทร.) การควบคุมคุณภาพเรือประกอบด้วย 7 ระบบหลัก ทั้งนี้หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบการทดสอบทดลองเรือ ซึ่งส่วนที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมอู่ทหารเรือ ได้แก่ กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพเรือ 3 ระบบ ได้แก่ ระบบตัวเรือ ระบบกลจักร ระบบไฟฟ้า โดยการทดสอบทดลองเรือในท่าดำเนินการแล้วเสร็จเมื่อวันที่ 2-30 มิถุนายน พ.ศ.2559 ณ อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ และการทดสอบทดลองเรือในทะเลดำเนินการแล้วเสร็จ เมื่อวันที่ 5-9 กันยายน พ.ศ.2559 ณ ฐานทัพเรือสัตหีบ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

ผลการทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ แสดงให้เห็นว่า ร.ล.แหลมสิงห์ มีโครงสร้างระบบหลัก ระบบย่อยต่าง ๆ สมรรถนะและขีดความสามารถต่าง ๆ ของเรือที่ดี และสามารถใช้ราชการได้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้จริง ตามลำดับ

คำสำคัญ : การทดสอบทดลอง ร.ล.แหลมสิงห์ การควบคุมคุณภาพ เอกสารควบคุมคุณภาพ

Abstract

This article, presents about H.T.M.S. LAEM SING’s testing which is the important process of Patrol Gun Boat Building Project. The objective of this test is to ensure that H.T.M.S. LAEM SING is the best hull structure for main systems, utility systems and operation capabilities according to naval standard. The co-departments in this project are Royal Thai Naval Dockyard, Naval Electronics Department, Naval Ordnance Department, Hydrographic Department and Naval

Communications and Information Technology Department. Quality controlling consist of 7 main systems. The main department is Quality Control Division, Engineering Development Department, Royal Thai Naval Dockyard. This department controls for 3 systems of Gun Boat's quality such as hull structure systems, machinery systems and electric systems. On 2-30 June 2016, harbor acceptance test completed at Chulachomklao Navy Dockyard, Royal Thai Naval Dockyard, Phra Samut Chedi district, Samut Prakarn province. On 5-9 September 2016, sea trial acceptance test was completed at Sattahip Naval Base, Sattahip district, Chonburi province.

The results of H.T.M.S. LAEM SING test shown that this Patrol Gun Boat is the best hull structure for main systems, utility systems and operation capabilities, respectively.

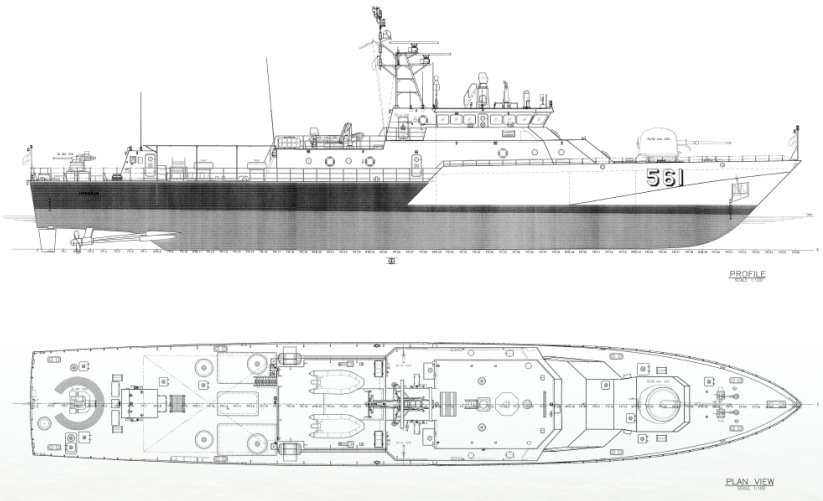
Keyboard : Test and Trial, H.T.M.S. LAEM SING, Quality Control, Quality Control Protocol

บทนำ

เรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ ถูกต่อขึ้นใหม่ ตาม ***แผนยุทธศาสตร์กองทัพเรือ พ.ศ.2551-2560 [1, 2]*** ในหัวข้อทิศทางของยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการกองทัพเรือ "ซ่อมบำรุง ปลดประจำการ ปรับปรุง จัดหาทดแทนอาวุธยุทโธปกรณ์ ที่มีอายุการใช้งานมาก" โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนเรือตรวจการณ์ขนาดกลางที่เริ่มทยอยการปลดประจำการ ทั้งนี้ กองทัพเรือ มอบหมายให้ กรมอู่ทหารเรือ เป็นหน่วยงานหลักรับผิดชอบการออกแบบเรือการสร้างเรือ ตลอดจนการควบคุมคุณภาพเรือ ***โดยหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบการควบคุมคุณภาพเรือ ได้แก่ กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ซึ่งมีหน้าที่หลัก คือ การทดสอบทดลองเรือหลวงแหลมสิงห์ (Test and Trials)*** โดยการทดสอบทดลอง จะแบ่งเป็น 2 อย่าง คือ การทดสอบทดลองเรือในท่า (Harbor Acceptance Test) และการทดลองเรือในทะเล (Sea Trial Acceptance Test)

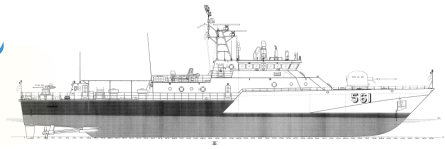
ที่มาของชื่อ "เรือหลวงแหลมสิงห์"

ตามระเบียบของกองทัพเรือ ได้กำหนดหลักเกณฑ์การตั้งชื่อเรือรบตามประเภทของเรือ โดยในส่วนของเรือตรวจการณ์ปืน กำหนดให้ตั้งชื่อตามอำเภอชายทะเล โดยเรือตรวจการณ์ปืนลำใหม่นี้ ได้รับพระราชทานชื่อจากพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ว่า "เรือหลวงแหลมสิงห์" (อำเภอแหลมสิงห์ จังหวัดจันทบุรี)



รูปที่ 1 แสดงแบบเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ [3]

คุณลักษณะทั่วไปของ "เรือหลวงแหลมสิงห์"

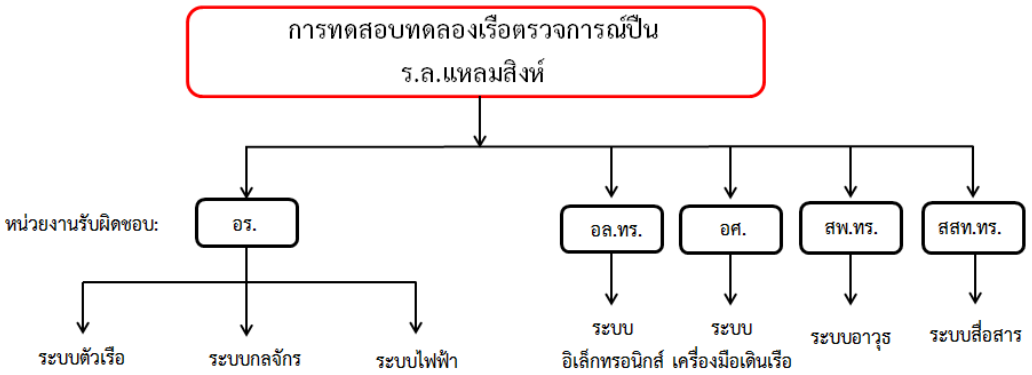


คุณลักษณะทั่วไปของเรือตรวจการณ์ปืน เรือหลวงแหลมสิงห์	
คุณลักษณะเฉพาะ	➢ ขนาดความยาวตลอดลำ 58.00 เมตร ➢ ความกว้างกลางลำ 9.30 เมตร ➢ ความลึกกลางลำ 5.10 เมตร ➢ ระวางขับน้ำเท่ากับ 563.00 ตัน กินน้ำลึกสูงสุด 2.90 เมตร
ขีดความสามารถของเรือตรวจการณ์ปืน	➢ ความเร็วสูงสุดที่ระวางขับน้ำสูงสุด 23.70 นอต ➢ ระยะปฏิบัติการที่ระวางขับน้ำสูงสุด และที่ความเร็วเดินทางไม่ต่ำกว่า 15 นอต เท่ากับ 2,759.00 ไมล์ทะเล ➢ มีห้องและที่พักอาศัยเพียงพอสำหรับกำลังพลประจำเรือตามอัตรา 53 นาย
ขีดความสามารถในการปฏิบัติการ (Operation Capabilities)	➢ ต่อต้านภัยผิวน้ำ ด้วยการซ่อนพราง การใช้อาวุธปืนหลัก/ปืนรอง ของเรือ และการชี้เป้าให้กับเรือผิวน้ำและอากาศนาวี ➢ การโจมตีที่หมายบนฝั่ง ด้วยอาวุธปืนหลัก/ปืนรองของเรือ ➢ การป้องกันฝั่ง การสกัดกั้น และการตรวจค้นด้วยระบบตรวจการณ์ และเรือยางท้องแข็ง ไฟเบอร์กลาสความเร็วสูง (RIB) ➢ การป้องกันภัยทางอากาศในลักษณะการป้องกันตนเอง ด้วยระบบควบคุมการยิง ➢ และการใช้อาวุธปืนหลัก/ปืนรองของเรือ ➢ การค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางทะเลตามแนวชายฝั่ง ➢ การสนับสนุนการป้องกันและต่อต้านการก่อการร้ายในทะเลและท่าเรือ ➢ การสนับสนุนการปฏิบัติการทางเรืออื่น ๆ
อาวุธประจำเรือ	➢ ปืนขนาด 76/62 มิลลิเมตร OTO Melara (Refurbished) จำนวน 1 กระบอก ➢ ปืนกลขนาด 30 มิลลิเมตร MIS จำนวน 1 กระบอก ➢ ปืนกลขนาด 0.50 นิ้ว จำนวน 2 กระบอก

การทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ [3]

การทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ มีหน่วยงานรับผิดชอบรวมทั้งสิ้น 5 หน่วย ได้แก่ กรมอู่ทหารเรือ (อร.) กรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ (อล.ทร.) กรมสรรพาวุธทหารเรือ (สพ.ทร.) กรมอุทกศาสตร์ (อศ.) และกรมการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศทหารเรือ (สสท.ทร.) โดยแบ่งการทดสอบทดลองเรือ ออกเป็น 7 ระบบหลัก คือ (1) ระบบตัวเรือ (2) ระบบกลจักร (3) ระบบไฟฟ้า อยู่ในความรับผิดชอบของกรมอู่ทหารเรือ (4) ระบบอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในความรับผิดชอบของกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ (อล.ทร.) (5) ระบบเครื่องมือเดินเรืออยู่ในความรับผิดชอบของกรมอุทกศาสตร์ (อศ.) (6) ระบบอาวุธ อยู่ในความรับผิดชอบของกรมสรรพาวุธทหารเรือ (สพ.ทร.) และ (7) ระบบสื่อสาร

อยู่ในความรับผิดชอบของกรมการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศทหารเรือ (สสท.ทร.) โดยมีขั้นตอนการการทดสอบทดลองเรือ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ตามลำดับ โดยหน่วยงานทั้ง 5 หน่วย ดำเนินการจัดทำเอกสารควบคุมคุณภาพการสร้างเรือ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการทดสอบทดลองเรือในแต่ละขั้นตอน รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2 3 และ 4 ตามลำดับ

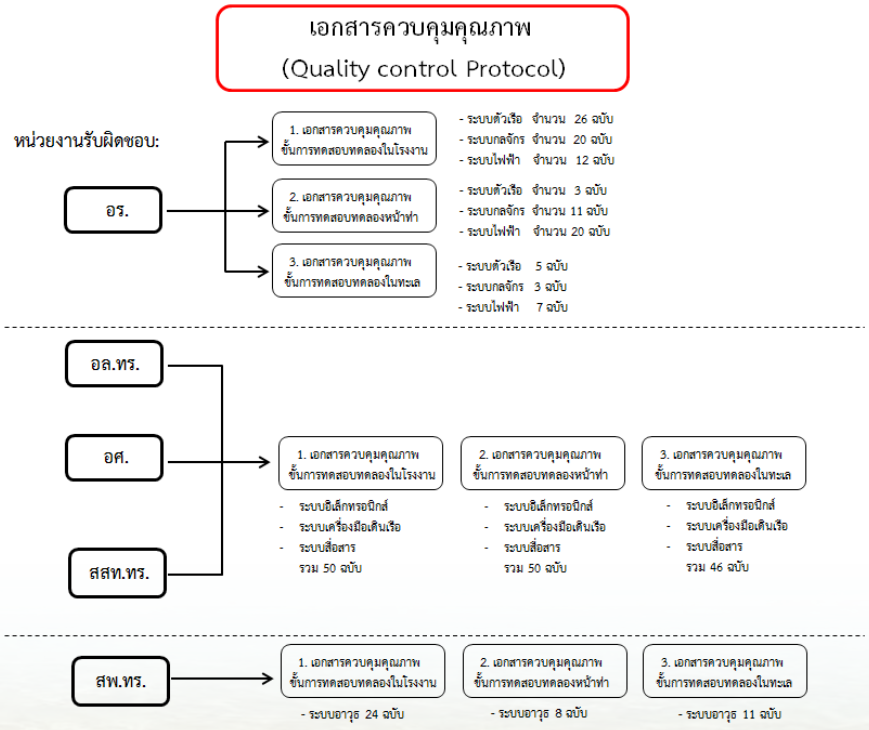


รูปที่ 2 แผนผังแสดงหน่วยรับผิดชอบการทดสอบทดลองเรือตรวจ์การณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์

ขั้นตอนการทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์:

1. การทดสอบทดลองในระหว่างกระบวนการงานสร้างเรือ (In-Process Quality Control, Acceptance Test)
2. การทดสอบทดลองเรือหน้าท่า (Harbor Acceptance Test, HAT)
3. การทดสอบทดลองเรือในทะเล (Sea trial Acceptance Test, SAT)

รูปที่ 3 แผนผังแสดงขั้นตอนการทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์



รูปที่ 4 แผนผังแสดงเอกสารควบคุมคุณภาพที่แต่ละหน่วยรับผิดชอบดำเนินการจัดทำ

โดยเอกสารที่ใช้ประกอบการทดสอบทดลองเรือ มีดังนี้

1. คู่มือคุณภาพ (Quality Manual) รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 5
2. เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol) ประกอบด้วย:
   - ❖ ความมุ่งหมาย
   - ❖ เอกสารอ้างอิง
   - ❖ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ
   - ❖ การเตรียมการก่อนการตรวจสอบ
   - ❖ ขอบเขตของการตรวจสอบ
   - ❖ ลำดับขั้นตอนของการตรวจสอบ
   - ❖ แผ่นบันทึกผลการตรวจสอบ
   - ❖ สรุปผลการตรวจสอบ
   - ❖ การลงนามท้ายแผ่นบันทึกผลการตรวจสอบ

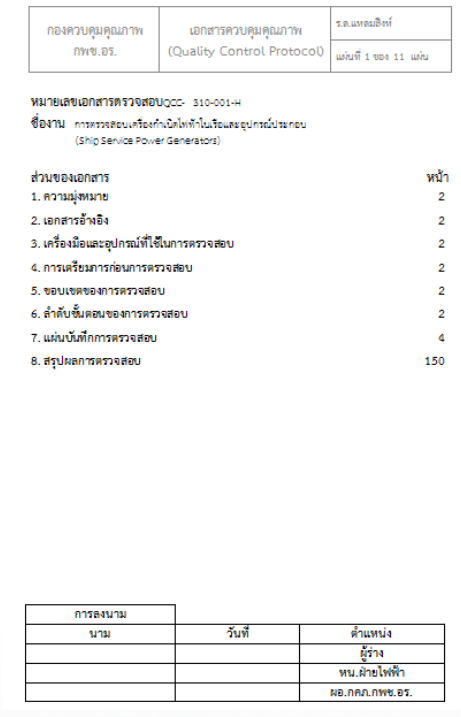
รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 5 ตัวอย่างคู่มือคุณภาพ (Quality Control)

3. เอกสารประกอบการทำงาน อาทิเช่น แบบ (Drawing) คู่มือประกอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการสร้างเรือ รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 1

4. มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบทดลองเรือ อาทิเช่น มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ, มาตรฐานพัสดุช่างกรมอู่ทหารเรือ คำแนะนำทางช่าง กรมอู่ทหารเรือ และมาตรฐานสากลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รายละเอียดแสดงตามรูปที่ 7 และตารางที่ 1

5. คู่มือการเตรียมการและปฏิบัติการสำหรับการทดลองเรือในท่าและการทดลองเรือในทะเล



กองควบคุมคุณภาพ กพช.อร.	เอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)	ร.ล.แหลมสิงห์ แผ่นที่ 1 ของ 11 แผ่น

หมายเลขเอกสารตรวจสอบQCC- 310-001-H
ชื่องาน การตรวจสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในเรือและอุปกรณ์ประกอบ (Ship Service Power Generators)

ส่วนของเอกสาร	หน้า
1. ความมุ่งหมาย	2
2. เอกสารอ้างอิง	2
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ	2
4. การเตรียมการก่อนการตรวจสอบ	2
5. ขอบเขตของการตรวจสอบ	2
6. ลำดับขั้นตอนของการตรวจสอบ	2
7. แผ่นบันทึกการตรวจสอบ	4
8. สรุปผลการตรวจสอบ	150

การลงนาม		
นาม	วันที่	ตำแหน่ง
		ผู้ร่าง
		หน.ฝ่ายไฟฟ้า
		ผอ.กคฉ.กพช.อร.

รูปที่ 6 ตัวอย่างเอกสารควบคุมคุณภาพ (Quality Control Protocol)

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างมาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้การทดสอบทดลองเรือหลวงแหลมสิงห์

ตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบทดลองเรือ		
อร.	ระบบตัวเรือ	1. การทดลองเอียงเรือ พล.ร.ต.ประกอบ นิโครธานนท์ น.อ. ประวิทย์ วิมลโนช และ ร.อ.นเรศร์ สาทสินธุ์ สถาบันวิชาการทหารเรือชั้นสูง มกราคม 2531 2. น.ท.วีรวัฒน์ กลัดอ่ำ และ น.ต.พิสันต์ รัตนภู่เพ็ชร การปฏิบัติ และการเตรียมการสำหรับการทดลองเรือในทะเล กรมยุทธศึกษาทหารเรือ 2530 3. มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ มอร. 200-0002-1148-4
	ระบบกลจักร	1. International Standard Organization ISO 2954 : Mechanical vibration of rotating and reciprocating machinery : Requirements for instruments for measuring vibration severity 2. NAVSHIPS 0991 – 023 – 3000 “Repair of Bronze Ship Propellers Straightening and Welding” 3. คำแนะนำทางช่าง ค.0002 - 28 เรื่อง การทดลองเครื่องจักรใหญ่เรือหลวงขณะจอดในท่า
	ระบบไฟฟ้า	1. มาตรฐานงานช่างกรมอู่ทหารเรือ มอร.300-0002-0932 แรงดันไฟฟ้าตก 2. คำแนะนำทางช่าง ค.0001 – 0251: การทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3. คำแนะนำทางช่าง ค.0002 – 0251: การวิเคราะห์ภาระและกำลังของระบบไฟฟ้าสำหรับเรือผิวน้ำ
อล.ทร.	ระบบอิเล็กทรอนิกส์	1. DIN ISO EN 9001 Quality Control System Requirements for Industry Governmental Quality Inspection in House 2. MIL-STD-167 Mechanical Vibrations of Shipboard Equipment 3. MIL-STD-810E Environmental Test Methods and Engineering Guidelines
อศ.	ระบบเครื่องมือเดินเรือ	1. IMO Performance Standards for Navigational Equipment 2. International Standard IEC61097-6 Global maritime distress and safety system (GMDSS) – Part 6: Narrowband direct-printing telegraph equipment for the reception of navigational and meteorological warnings and urgent information to ships (NAVTEX) 3. IMO Resolution A382(X) Magnetic Compasses
สสท.ทร.	ระบบสื่อสาร	1. BV 3000 Electrical Equipment 2. EN 60950 Safety of Information Technology Equipment including Electrical Business Equipment 3. MIL-STD-461C Electromagnetic Emission and Susceptibility Requirements for the Control of Electromagnetic Interference
สพ.ทร.	ระบบอาวุธ	1. MIL-STD-461D Electromagnetic Emissions and Susceptibility Requirement 2. DOD-STD-1399 Interface Standard for Shipboard System, Section 070 Part 1 3. TNO-IWECO 4747 Handbook for Shock as Consequence of Underwater Explosive.

ผลการทดสอบทดลองเรือหน้าท่า (HAT) และการทดสอบทดลองเรือในทะเล (SAT) (ส่วนที่ อร. เป็นหน่วยรับผิดชอบ) สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 ระบบตัวเรือ

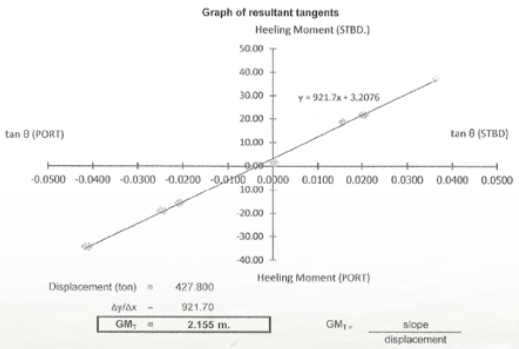
1.1.1 การทดลองเอียงเรือ

การทดลองเอียงเรือจัดเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการทรงตัวของเรือ โดยอาศัยหลักการสมดุลในการลอยของวัตถุ (เรือ) ร่วมกับความรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายน้ำหนักภายในเรือและธรรมชาติของการลอยของเรือ ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการชี้วัดความสามารถในการทรงตัวของเรือ คือ ระยะความสูงศูนย์เสถียรของเรือ (Metacentric Height, GM) [4] ตัวแปรดังกล่าวสามารถหาค่าได้ เมื่อทราบค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองเอียงเรือ ได้แก่ อุณหภูมิน้ำ ความถ่วงจำเพาะของน้ำ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ระดับกินน้ำลึกที่กลางลำ หัวเรือและท้ายเรือ มุมเอียงเรือเริ่ม (Residual List) ก่อนทำการทดลอง ปริมาณน้ำหนักที่เคลื่อนย้ายในแต่ละครั้ง ความสูงจุดศูนย์ถ่วงน้ำหนักที่เคลื่อนย้ายขึ้นสูงหรือ ต่ำกว่าแนวเดิม ระยะที่เคลื่อนย้าย ระยะที่สายดิ่งเบี่ยงเบนไปหรือมุมเอียงที่เกิดขึ้นหลังทำการทดลอง

ในการทดลองการเอียงเรือ ร.ล.แหลมสิงห์ ดำเนินการทดลองเอียงเรือ ณ อ่างจอดเรือ อจปร.อร.ที่ระดับความลึกน้ำ 7.15 เมตร อุณหภูมิน้ำในอ่าง 32 องศาเซลเซียส (˚C) ความชื้นสัมพัทธ์ 66 เปอร์เซนต์ (%) ทิศทางลม Stem Quartering (stbd) ความเร็วลม 5.70 นอต ระดับกินน้ำลึกหัวเรือ กราบซ้าย 2.340 เมตร กราบขวา 2.350 เมตร ระดับกินน้ำลึกท้ายเรือ กราบซ้าย 2.220 เมตร กราบขวา 2.300 เมตร โดยการทดลองมีการใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 3,125 กิโลกรัม จำนวน 4 ลูก วางบริเวณท้ายเรือ สภาพการทรงตัวของเรือปกติ จากการทดลองเอียงเรือ ทำให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญ รายละเอียดแสดงตามตารางที่ 2 หลังจากนั้นนำข้อมูลข้างต้น มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์เอียงเรือกับค่าแทนเจนต์ของมุมเอียง ทำให้ทราบค่าระยะความสูงศูนย์ของเรือ รายละเอียดแสดงตามรูปที่ 8 และตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 *แสดงข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองเอียงเรือ*

Group	Weight ton	Offset CL. m.	Shift Distance m.	Step	Weight Groups Position PORT	Weight Groups Position STBD.	Heeling Moment ton-m.	Pendulum 1 (AFT.) Length = 2999 Deflection mm.	Pendulum 1 (AFT.) Length = 2999 tan θ	Pendulum 1 (FWD.) Length = 2998 Deflection mm.	Pendulum 1 (FWD.) Length = 2998 tan θ	Average tan θ
A	3.125	2.500	5.000	0	A,C	B,D	1.563	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B	3.125	2.500	6.000	1	A,B,C	D	-15.625	63.0	0.0210	-61.5	-0.0205	-0.0208
C	3.125	2.500	6.000	2	A,B,C,D	-	-34.375	-125.0	-0.0417	-122.5	-0.0409	-0.0413
D	3.125	2.500	6.000	3	B,C,D	A	-18.750	-75.0	-0.0250	-72.5	-0.0242	-0.0246
				4	B,D	A,C	0.000	-11.5	-0.0038	-11.5	-0.0038	-0.0038
Complement at start = 1.5625 ton-m				5	D	A,B,C	18.750	46.5	0.0155	47.0	0.0157	0.0156
				6	-	A,B,C,D	37.500	109.0	0.0363	109.0	0.0364	0.0364
				7	A	B,C,D	21.875	62.0	0.0207	60.0	0.0200	0.0203
				8	A,C	B,D	1.563	1.5	0.0005	1.0	0.0003	0.0004



ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองเอียงเรือ

No.	Item	Value	Unit
1	***Displacement***	***427.800***	***ton***
2	KM_T	6.028	m
3	GM_T	2.155	m
4	KB	1.593	m
5	LCB	23.272	m
6	Heel Angle	0.600	deg.
7	***VCG***	***3.873***	***m***
8	***LCG***	***23.268***	***m***
9	***TCG***	***0.023***	***m***

(**from maxsurf software)

รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมเมนต์เอียงเรือและค่าแทนเจนต์ของมุมเอียง (tan θ)

Harbor Acceptance Test and Sea trial Acceptance Test

จากการทดลองเอียงเรือ ปรากฏว่า เรือมีค่าระยะความสูงศูนย์เสถียรของเรือ ที่ระวางขับน้ำ 1.5625 ตัน-เมตร ประมาณ 2.155 เมตร ซึ่งค่าระยะความสูงศูนย์เสถียรของเรือดังกล่าว เป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

1.1.2 การทดลองความเร็วเรือ

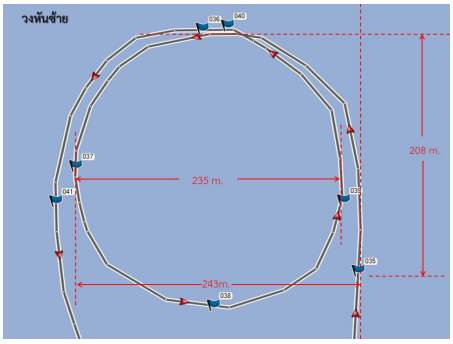
การทดลองความเร็วเรือ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเร็วเรือที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของเพลาใบจักรที่สภาพการกินน้ำลึกและค่าทริม (Trim) จำเพาะอันหนึ่งที่ได้รับการออกแบบไว้สำหรับการทดลองความเร็ว [5] การทดลองความเร็วเรือ ณ อ่าวสัตหีบ บริเวณหลักไมล์เกาะแสมสาร ที่ระดับความลึกน้ำ 40 เมตร อุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส (˚C) สภาพท้องทะเล Sea State 1 อุณหภูมิอากาศ 30 องศาเซลเซียส (˚C) ความชื้นสัมพัทธ์ 69 เปอร์เซนต์ (%) ก่อนออกจากท่าเทียบเรือ เรือมีระดับกินน้ำลึกหัวเรือ 3.5 เมตร ระดับกินน้ำลึกท้ายเรือ 2.35 เมตร พร้อมเจ้าหน้าที่ทดลองบนเรือ 215 นาย ระวางขับน้ำ 563 ตัน ผลจากการทดลองความเร็วเรือ ปรากฏว่า เรือสามารถทำความเร็วได้สูงสุด 23.7 นอต เป็นไปตามเกณฑ์ความเร็วสูงสุดตามข้อกำหนดในสัญญาไม่ต่ำกว่า 23 นอต

1.1.3 การทดสอบความคล่องตัวของเรือ

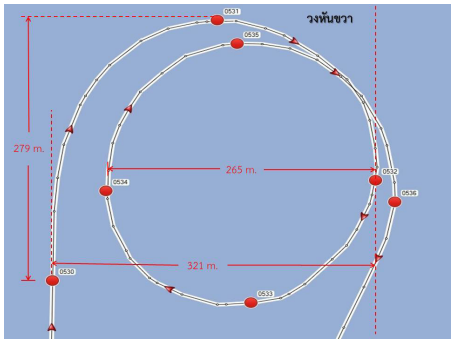
ทำการทดสอบความคล่องตัวของเรือ ณ อ่าวสัตหีบ ที่ระดับความลึกน้ำ 40 เมตร อุณหภูมิน้ำ 30 องศาเซลเซียส (˚C) สภาพท้องทะเล Sea State 1 อุณหภูมิอากาศ 30.3 องศาเซลเซียส (˚C) ความชื้นสัมพัทธ์ 69 เปอร์เซนต์ (%) ก่อนออกจากท่าเทียบเรือ เรือมีระดับกินน้ำลึกหัว 3.5 เมตร ระดับกินน้ำลึกท้ายเรือ 2.35 เมตร และเจ้าหน้าที่ทดลองบนเรือ 215 นาย ระวางขับน้ำ 563 ตัน ผลจากการทดลองความคล่องตัวเรือปรากฏว่าเรือมีสภาพความคล่องตัวอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดที่ระบุในสัญญา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1.3.1 วงหัน

การหันเลี้ยวฉกาจซ้ายด้วยมุมหางเสือสูงสุด 35 องศา ที่ความเร็ว 23 นอต ตัวเรือจะเอียงประมาณ 5 องศา ขณะเข้าวงหัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางวงหันซ้าย 235 เมตร การหันเลี้ยวฉกาจขวาด้วยมุมหางเสือสูงสุด 35 องศา ที่ความเร็ว 23 นอต ตัวเรือทั้ง 2 กราบจะเอียงประมาณ 5 องศา ขณะเข้าวงหัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางวงหันขวา 265 เมตร รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 แสดงวงหันซ้าย



รูปที่ 10 แสดงวงหันขวา

1.1.3.2 Momentum

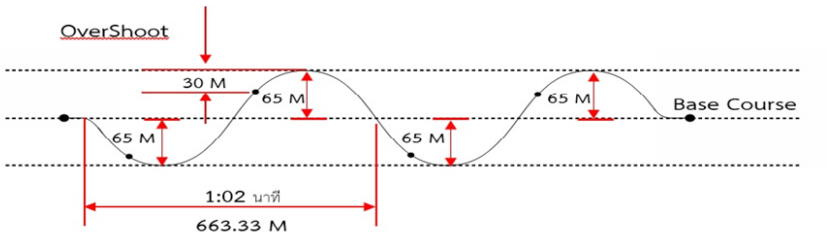
ที่ความเร็วสูงสุดเรือมีระยะ Momentum 503 เมตร ใช้เวลา 2 นาที 31 วินาที

1.1.3.3 Crash Stop

ระยะ Crash Stop 214 เมตร ใช้เวลา 44 วินาที

1.1.3.4 แล่นซิกแซก

เรือสามารถแล่นซิกแซกได้อย่างคล่องตัว ระยะ Overshoot 30 เมตร ใช้ระยะเวลาเมื่อวิ่งครบ 1 รอบ เท่ากับ 1 นาที 2 วินาที รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงการแล่นซิกแซก

1.1.4 การวัดเสียง

ความดังเสียงในห้องต่าง ๆ ภายในเรือส่วนใหญ่จะมีค่าความดังเสียงต่ำกว่า 65 dBA ยกเว้น ห้องรับประทานอาหารจ่า (PO Crew's Mess) ห้องรับประทานอาหารพันจ่า (CPO Crew's Mess) ห้องปฐมพยาบาล (Sick Bay) มีค่าความดังเสียงระหว่าง 70-75 dBA ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง ควรมีการปรับปรุงแก้ไขส่วนห้องเครื่องจักรที่มีค่าความดังเสียงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงต่อไป

1.1.5 ระบบอื่น ๆ

1.1.5.1 การตรวจวัดการสั่นสะเทือน

1.1.5.1.1 การตรวจวัดการสั่นสะเทือนระบบขับเคลื่อน

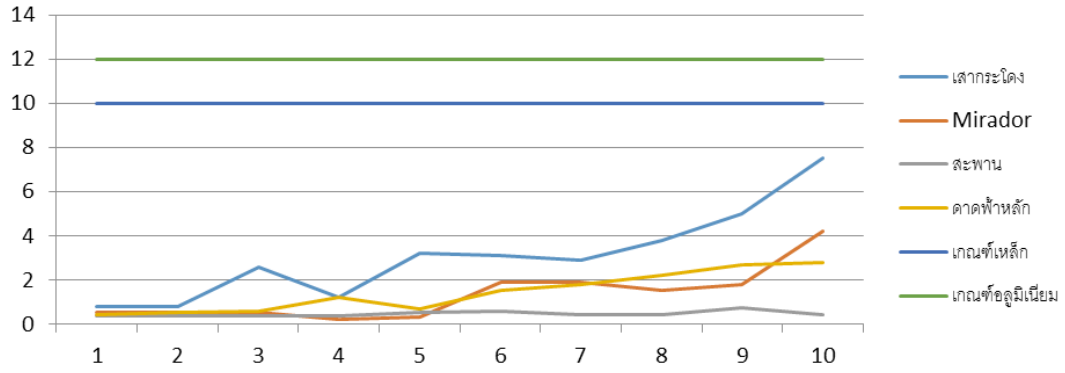
การทดสอบการสั่นสะเทือนของระบบขับเคลื่อนเรือที่บริเวณเครื่องจักรใหญ่ เกียร์ และเพลาใบจักร ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 900, 1,300 และ 1,800 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 12 ผลปรากฏว่า ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 900 และ 1,300 รอบต่อนาที มีค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอร. 200-0002-1148-4 สำหรับความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,800 รอบต่อนาที ตรวจพบค่าการสั่นสะเทือนสูงที่ตำแหน่ง CG (Coupling end of Gear) โดยมีค่าสูงที่ความถี่ 1 เท่า และ 2 เท่าของความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่ จากลักษณะของสเปกตรัม (Spectrum) ดังกล่าวเป็นลักษณะของ Misalignment ของระดับเครื่องจักรใหญ่และเกียร์ ซึ่งไม่มีเกณฑ์มาตรฐาน และเกิดขึ้นโดยทั่วไป เนื่องจากในทางปฏิบัติในการติดตั้ง ดังนั้นข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลตั้งต้นของการติดตั้ง ไม่สามารถทำให้เกียร์และเครื่องจักรใหญ่มีระดับเดียวกันได้ 100 เปอร์เซนต์ (%) ควรมีการติดตามค่าความสั่นสะเทือนอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 12 แสดงการตรวจวัดการสั่นสะเทือนของระบบขับเคลื่อนที่บริเวณเครื่องจักรใหญ่โดยใช้เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Vibration Analyzer)

1.1.5.1.2 การตรวจวัดการสั่นสะเทือนโครงสร้างตัวเรือ

การสั่นสะเทือนบริเวณฐานเรดาร์บนเสากระโดง และ ฐานเครื่องควบคุมการยิง (Mirador) มีค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีค่าการสั่นสะเทือนต่ำที่ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่ต่ำ จากนั้นค่าการสั่นสะเทือนจะค่อย ๆ สูงขึ้นตามการเพิ่มความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่ สำหรับที่รอบความเร็วเครื่องจักรใหญ่ 1,800 รอบต่อนาที การสั่นสะเทือนของฐานเรดาร์บนเสากระโดงเรือ มีค่า 7.5 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec) กับบริเวณฐานเครื่องควบคุมการยิง มีค่า 4.2 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec) (เกณฑ์มาตรฐาน 15 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec)) และค่าการสั่นสะเทือน

ที่โครงสร้างของตัวเรือ มีค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (เกณฑ์มาตรฐาน 12 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec)) โดยลักษณะการสั่นสะเทือนจะมีค่าต่ำที่ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่ต่ำและค่าการสั่นสะเทือนจะค่อย ๆ สูงขึ้นอย่างช้า ๆ ตามการเพิ่มขึ้นของความเร็วรอบของเครื่องจักรใหญ่ แสดงตามกราฟแสดงค่าความการสั่นสะเทือนของโครงสร้างตัวเรือของ ร.ล.แหลมสิงห์ (รูปที่ 13) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการสั่นสะเทือนด้วยสภาวะ Resonance ของโครงสร้างตัวเรือจะไม่เกิดขึ้นในช่วงความเร็วรอบใช้งานของเครื่องจักรใหญ่



รูปที่ 13 กราฟแสดงค่าความสั่นสะเทือนโครงสร้างตัวเรือของ ร.ล.แหลมสิงห์

1.1.5.1.3 การตรวจวัดการสั่นสะเทือนเครื่องไฟฟ้า

เครื่องไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่อง มีค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (เกณฑ์เครื่องยนต์ขับ 45 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) เครื่องไฟฟ้า (Generator) 19 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s))

1.1.5.2 การตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืน

จากผลการทดสอบความแข็งแรงของฐานแท่นปืน โดยใช้อุปกรณ์วัดความเครียด (strain Gage) ปรากฏว่า ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) ของโครงสร้างฐานแท่นปืน ที่ตรวจสอบได้ คือ 120-126 เมกะปาสคาล (mPa) ซึ่งน้อยกว่าค่ามาตรฐานของเหล็กที่ใช้ทำโครงสร้าง (Lloyd Grade A) เท่ากับ 400-490 เมกะปาสคาล (mPa) ดังนั้น โครงสร้างของฐานแท่นปืนจึงมีความแข็งแรง สามารถทนต่อแรงความเค้นที่เกิดขึ้นจากการยิงปืนได้ ค่าการสั่นสะเทือนขณะยิงปืน 76/62 ที่เครื่องควบคุมการยิง (Mirador) มีค่าการสั่นสะเทือนสูงสุด 9.3 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) บริเวณเสากระโดงเรือ 32 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) ฐานแท่นปืน 10.56 มิลลิเมตรต่อวิ นาที (mm/s) ค่าการสั่นสะเทือนขณะยิงปืน 30 มิลลิเมตร ที่เครื่องควบคุมการยิง (Mirador) มีค่าการสั่นสะเทือนสูงสุด 6.6 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) บริเวณเสากระโดงเรือ 9.2 มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/s) เมื่อทำการวิเคราะห์ผลโดยละเอียดแล้ว โครงสร้างฐานแท่นปืน มีความแข็งแรงเพียงพอผ่านเกณฑ์มาตรฐานความแข็งแรงทางวิศวกรรม

รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดความเครียด (Strain Gauge) ที่บริเวณฐานแท่นปืนหัวเรือขนาด 76/62 มิลลิเมตร OTO Melara (Refurbished)

1.2 ระบบกลจักร

1.2.1 ระบบขับเคลื่อน

1.2.1.1 ระบบขับเคลื่อนเรือ

การทดลองเครื่องจักรใหญ่ทั้ง 3 เครื่อง ด้วยความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่ 900, 1,100, 1,300, 1,500 และ 1,800 รอบต่อนาที ปรากฏว่าเครื่องจักรใหญ่ทั้ง 3 เครื่อง ทำงานเป็นปกติ โดยมีค่าตัวแปรต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิน้ำจืด อุณหภูมิน้ำมันหล่อ กำลังดันน้ำมันหล่อ อุณหภูมิแก๊สเสีย กำลังดันน้ำมันเชื้อเพลิง อุณหภูมิอากาศดีเข้าเครื่อง (Charge air Temperature) และกำลังอากาศดีเข้าเครื่อง (Charge air Pressure) ค่ากำลังดันกลับของท่อแก๊สเสีย (Back Pressure) และค่าตัวแปรอื่น ๆ อยู่ในเกณฑ์กำหนดของบริษัทผู้ผลิตซึ่งค่าตัวแปรดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับค่าใน Test Bench Record ในการทดลองความเร็วสูงสุดต่อเนื่อง 4 ชั่วโมง เครื่องจักรใหญ่ทั้ง 3 เครื่อง สามารถให้กำลังขับเคลื่อนเรือให้มีความเร็วสูงสุดต่อเนื่อง (Maximum Continuous Speed) ไม่ต่ำกว่า 23 นอต โดยใช้กำลังของเครื่องยนต์ไม่เกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราเร็วสูงสุดต่อเนื่อง (Maximum Continuous Rating) โดยที่เกียร์ทดคลัทช์ คับปลิ้ง เพลาใบจักร ทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยค่าตัวแปรต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์กำหนดของบริษัทผู้ผลิต

การทดลองขับเคลื่อนเรือด้วย Mode ต่าง ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการสั่งจักร ความเร็วรอบความเร็วเรือ ผลการทดลองเป็นไปตามเอกสารควบคุมคุณภาพหมายเลข QCC-233-001-S เมื่อขับเคลื่อนเรือด้วย Normal sailing mode เรือทำความเร็วสูงสุด 17 นอต ขับเคลื่อนเรือด้วย Booster mode เรือทำความเร็วสูงสุด 23.5 นอต ขับเคลื่อนเรือด้วย Separate mode โดยใช้เพลาใบจักรแบบขับเคลื่อนชุดข้างซ้าย-ขวา (FPP) 2 เครื่อง เรือทำความเร็วสูงสุด 20.8 นอต

การทดลองระบบขับเคลื่อน โดยการเดินเครื่องจักรใหญ่ขับเคลื่อนเพลาใบจักรเดียว ผลจากการทดลองเดินเครื่องจักรใหญ่หมายเลข 1 เครื่องเดียว ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่สูงสุดที่ทำได้ 1,658 รอบต่อนาที เดินเครื่องจักรใหญ่หมายเลข 2 เครื่องเดียว ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่สูงสุดที่ทำได้ 1,660 รอบต่อนาที เดินเครื่องจักรใหญ่หมายเลข 3 เครื่องเดียว ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่สูงสุดที่ทำได้ 1,800 รอบต่อนาที โดยที่เกียร์ทด คลัทช์ คับปลิ้ง เพลาใบจักร ทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยค่าตัวแปรต่างๆ อยู่ในเกณฑ์กำหนดของบริษัทผู้ผลิต

การทดสอบการขับเคลื่อนเรือถอยหลังด้วยเครื่องจักรใหญ่ทั้ง 3 เครื่อง ที่ความเร็วรอบเครื่องจักรใหญ่สูงสุด สามารถทำความเร็วได้สูงสุด 12 นอต แต่ไม่ควรใช้เรือถอยหลังเป็นเวลานาน เนื่องจากการถอยหลังจะทำให้เกิดฟองอากาศใต้ตัวเรือมาก ส่งผลให้ช่องทางดูดน้ำระบายความร้อน (Sea Chest) ดูดฟองอากาศเข้าไปในระบบ ทำให้เกิดสภาพ air block ในระบบทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนเสียไป จนทำให้เครื่องจักรใหญ่มีอุณหภูมิร้อนเกินเกณฑ์

1.2.1.2 ระยะปฏิบัติการ

การหาระยะปฏิบัติการ ที่ระวางขับน้ำสูงสุด (Full Load Displacement) และที่ความเร็วเดินทาง (Cruising Speed) ไม่ต่ำกว่า 15 นอต โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร้อยละ 95 ของความจุเต็มที่ของถังน้ำมันเชื้อเพลิง จากการทดลองปรากฏว่า แบบ (Mode) การใช้งานที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดคือ การใช้เครื่องจักรใหญ่ทั้ง 3 เครื่องขับเคลื่อนเรือ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

การหาระยะปฏิบัติการที่ระวางขับน้ำสูงสุด

$$= \frac{\text{ร้อยละ } 95 \text{ ของความจุเต็มที่ของถังน้ำมันเชื้อเพลิง}}{\text{ความสิ้นเปลือง}} \times \text{ความเร็วเรือ}$$

$$= \frac{84,075}{457} \times 15 = 2,759 \text{ ไมล์ทะเล}$$

1.2.2 ระบบเครื่องจักรช่วย

1.2.2.1 การทดสอบเครื่องจักรบนดาดฟ้า

การทำงานของกว้านสมอหัวเรือมอเตอร์ขับกว้านขณะเดินกว้านตัวเปล่า (เดินหน้า - ถอยหลัง) มีค่ากระแสไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ปกติ การทดลองทิ้งสมอลงน้ำหน้าท่า ตรวจพบว่าระหว่างที่ทิ้งสมอ โซ่หลุดออกจากตัวบังคับ (Chain stopper) และระหว่างที่ดึง (หะเบส) สมอขึ้น การเลื่อนไหลของโซ่สมอไม่มีความต่อเนื่อง มีการสะดุดและโซ่สมอหลุดออกจาก Gypsy ซึ่งต่อมาได้ทำการแก้ไขแล้วสามารถใช้งานได้ตามปกติ การทดลองการทิ้งสมอในทะเล กว้านสมอหมายเลข 1 ทิ้งที่ความลึกน้ำ 30 เมตร ปล่อยสมอ 110 เมตร การทำงานเป็นปกติ ใช้เวลาในการเก็บสมอ 11.26 นาที คิดเป็นความเร็ว 9.62 เมตรต่อนาที กว้านสมอหมายเลข 2 ทิ้งที่ความลึก 30 เมตร ปล่อยสมอ 82.5 เมตร การทำงานเป็นปกติ ใช้เวลาในการเก็บสมอ 8.33 นาที คิดเป็น 9.64 เมตรต่อนาที

การทดสอบการทำงานเครนยกเรือยาง (Rib Crane) สามารถใช้งานได้ตามปกติ แต่ไม่มีความคล่องตัวสำหรับการใช้งานจริง เนื่องจากการทำงานของเครนได้แบ่งเป็น 2 จังหวะ ที่ไม่สัมพันธ์กัน กล่าวคือ หากใช้งานต้องทำการยืดสลิงออกจนได้ความยาวออกจากแขนเครน จังหวะต่อไปจึงจะยืดแขนเครนได้ (ไม่สามารถทำพร้อมกันทั้ง 2 จังหวะได้) ทำให้เวลาในการใช้งานในภาพรวมนาน

การทำงานของกว้านท้ายเรือ สามารถทำงานได้ตามปกติ แต่ตำแหน่งของตู้ควบคุมกว้านอยู่คนละตำแหน่งกับตัวกว้าน ทำให้ไม่สามารถบังคับกว้านได้โดยสะดวก ควรมีการแก้ไขปรับปรุง

1.2.2.2 ระบบหางเสือ

เครื่องหางเสือมีความมั่นคง แข็งแรง และทำงานเป็นปกติ ค่าการตรวจวัดทางไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ปกติ ผลจากการทดลองเปลี่ยนมุมหางเสือจากซ้าย 35 องศา ไปขวา 35 องศา ด้วยเครื่องหางเสือ 1 (Hydraulic Power Unit 1) ใช้เวลา 19 วินาที และด้วยเครื่องหางเสือ 2 (Hydraulic Power Unit 2) ใช้เวลา 19 วินาที เป็นไปตามข้อกำหนด (ไม่เกิน 24 วินาที) ผลจากการทดลองเปลี่ยนมุมหางเสือด้วยพังงาอะไหล่ (Manual Emergency Steering Device) จากมุมหางเสือ 0 องศา ไปทางขวา 15 องศา หรือซ้าย 15 องศา ต้องใช้จำนวนรอบของพังงาอะไหล่ 11 รอบ จากมุมหางเสือขวา 15 องศาไปซ้าย 15 องศาต้องใช้จำนวนรอบของพังงาอะไหล่ 23.5 รอบ จากมุมหางเสือซ้าย 15 องศาไปขวา 15 องศา ต้องใช้จำนวนรอบของพังงาอะไหล่ 22.5 รอบ

1.2.2.3 ระบบอากาศอัด

เครื่องอัดอากาศ หมายเลข 1 และ 2 และอุปกรณ์ในระบบทำงานเป็นปกติสามารถอัดอากาศเข้าขวดเก็บอากาศได้ โดยมีผลการทดสอบดังนี้

- เวลาในการใช้เครื่องอากาศอัด 1 เครื่อง อัดอากาศเข้าขวดลม 1 ขวด ใช้เวลาประมาณ 50 นาที
- เวลาในการใช้เครื่องอากาศอัด 1 เครื่อง อัดอากาศเข้าขวดลม 2 ขวด ใช้เวลาประมาณ 96 นาที
- เวลาในการใช้เครื่องอากาศอัด 2 เครื่อง อัดอากาศเข้าขวดลม 1 ขวด ใช้เวลาประมาณ 22 นาที
- เวลาในการใช้เครื่องอากาศอัด 2 เครื่อง อัดอากาศเข้าขวดลม 3 ขวด ใช้เวลาประมาณ 75 นาที

1.2.2.4 ระบบระบายอากาศ

อุปกรณ์ของระบบระบายอากาศ เช่น พัดลมดูดอากาศ และพัดลมระบายอากาศทำงานเป็นปกติ ค่าการตรวจวัดทางไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลมระบบระบายอากาศอยู่ในเกณฑ์ปกติ ผลจากการตรวจสอบปริมาณอากาศของพัดลมดูดและระบายอากาศผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด

1.2.2.5 ระบบปรับอากาศ

อุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ เช่น Compressor Sea Water Pump ปั๊มสูบน้ำเย็น (Chill Water Pump) และชุดแผงควบคุมการทำงาน (Control Panel) ทำงานเป็นปกติ ไม่พบการรั่วไหลของสารทำความเย็น น้ำเย็น และน้ำระบายความร้อนค่าการตรวจวัดทางไฟฟ้าของมอเตอร์ และกำลังดันของสารทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุณหภูมิของ Chill Water Unit 1 มีค่า 10 องศาเซลเซียส (°C) และอุณหภูมิของ Chill Water Unit 2 มีค่า 10 องศาเซลเซียส (°C) อุณหภูมิตามห้องต่างๆ มีค่าไม่เกินเกณฑ์ 25 องศาเซลเซียส (°C) ยกเว้นห้อง Fwd Ammunition Store และ Small Arm Room วัดได้ 25.9 องศาเซลเซียส (°C) และ 27 องศาเซลเซียส (°C) ความชื้นสัมพัทธ์ตามห้องต่าง ๆ วัดได้แต่บางห้องมีค่าสูงเกินร้อยละ 55 เนื่องจากมีการเปิดปิดประตูห้องในระหว่างการทดสอบและมีเจ้าหน้าที่อยู่จำนวนมาก

1.2.2.6 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

การทำงานของปั๊มสูบถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Transfer Pump) หมายเลข 1 และหมายเลข 2 ทำงานเป็นปกติ จากการตรวจสอบการทำงานของระบบปรากฏว่าสามารถสูบถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างถังได้ ตามที่ออกแบบไว้ การทดลองการทำงานของ Purifier การทดลองจ่ายน้ำมันจากถังใช้การผ่านชุด Manifold การทดลองระบบน้ำมันกลับ Over Flow ผ่าน Fuel Oil Cooler เป็นไปตามที่ออกแบบไว้

1.2.2.7 ระบบน้ำมันหล่อ

การทำงานของปั๊มสูบถ่ายน้ำมันหล่อ (Lube Oil Transfer Pump) และปั๊มสูบถ่ายน้ำมันสกปรก (Dirty Oil Pump) ทำงานเป็นปกติ สามารถสูบถ่ายน้ำมันหล่อได้ตามที่ออกแบบไว้ ปั๊มสูบโยกด้วยมือ (Hand Pump) สำหรับสูบถ่ายน้ำมันสกปรกจากเครื่องจักรใหญ่ เครื่องไฟฟ้า และเกียร์ ไม่สามารถทดลองได้ เนื่องจากไม่มีน้ำมันสกปรก

1.2.2.8 ระบบน้ำไฟร์เมนและสูบน้ำท้องเรือ

สูบน้ำไฟร์เมน (Fire Main) หมายเลข 1 และหมายเลข 2 ทำงานเป็นปกติ สามารถจ่ายน้ำไปยังหัวต่อดับเพลิงในเรือได้ตามที่ออกแบบไว้ กำลังดันของสูบน้ำไฟร์เมน (Fire Main) หมายเลข 1 และหมายเลข 2 มีค่าประมาณ 7 บาร์ การทดลองฉีดน้ำจากหัวฉีดดับเพลิงโดยเปิดหัวฉีดดับเพลิงพร้อมกัน 2 จุด บริเวณหัวเรือและท้ายเรือสามารถฉีดน้ำไกลประมาณ 12 เมตร ที่กำลังดัน 4.2 บาร์ การทดสอบการสูบน้ำท้องเรือ (Eductor) ทั้ง 3 ตัว สามารถทำงานได้ตามปกติ การทดลองสูบน้ำตามห้องต่าง ๆ สามารถสูบน้ำท้องเรือได้ตามที่ออกแบบไว้ ยกเว้นห้องคลังกระสุนหัวและท้าย ไม่สามารถทดสอบได้ เนื่องจากเป็นคลังเก็บสรรพาวุธ ดังนั้นสภาพห้องในการใช้งานต้องแห้งและปราศจากความชื้นโดยสิ้นเชิง จึงงดเว้นการทดสอบทดลองกับน้ำจริง (ทดสอบโดยใช้มือสัมผัสการทำงานของท่อทางดูดพบว่ามีการดูดอากาศ)

1.2.2.9 ระบบน้ำทะเล

ปั๊มสูบน้ำทะเล (Sea Water Service Pump) หมายเลข 1 และหมายเลข 2 ทำงานได้ตามปกติ ถังกำลังดัน (Pressure Tank) ปั๊มหมายเลข 1 จะต่อการทำงานที่ 1.8 บาร์ และจะตัดการทำงานที่ 2.2 บาร์ ปั๊มหมายเลข 1 จะต่อการทำงานที่ 1.6 บาร์ และจะตัดการทำงานที่ 2.2 บาร์ สามารถจ่ายน้ำไปยังจุดต่าง ๆ เช่น โถปัสสาวะ โถส้วม

1.2.2.10 ระบบบำบัดน้ำเสีย

การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย (Sewage Treatment Unit) และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานเป็นปกติ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

1.2.2.11 ระบบน้ำจืด

ปั๊มสูบน้ำจืด

ปั๊มสูบน้ำจืด ทั้ง 2 เครื่อง และสูบน้ำจืดถ่ายถัง ทำงานเป็นปกติ ค่าการตรวจวัดทางไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มอยู่ในเกณฑ์ปกติ ถังกำลังดัน (Pressure Tank) ทำงานปกติ สามารถสูบจ่ายน้ำจืด ส่งไปยังจุดต่าง ๆ และสูบถ่ายระหว่างถังได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยปั๊มหมายเลข 1 จะต่อการทำงานที่ 1.5 บาร์ และจะตัดการทำงานที่ 2 บาร์ ปั๊มหมายเลข 2 จะต่อการทำงานที่ 1.6 บาร์ และจะตัดการทำงานที่ 3.9 บาร์ ลิ้นเปิด – ปิดน้ำจืด เข้าเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ ทำงานเป็นปกติ การทำงานของระบบการเติมน้ำทั้งกราบซ้ายและกราบขวา เป็นไปด้วยความเรียบร้อย ไม่มีข้อบกพร่องและการรั่วไหล

เครื่องผลิตน้ำจืด

เครื่องผลิตน้ำจืด ทั้ง 2 เครื่อง ทำงานเป็นปกติ ค่าการตรวจวัดทางไฟฟ้าของมอเตอร์ปั๊มอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ละเครื่องสามารถผลิตน้ำจืดได้ไม่ต่ำกว่า 8,000 ลิตรต่อวัน (ทดสอบที่ 3,800 ลิตรต่อชั่วโมง) ปกติระบบท่อทางที่ต่อกับเครื่องเป็นไปอย่างเรียบร้อย ไม่พบข้อบกพร่อง และการรั่วไหล

1.2.3 ระบบขจัดคราบน้ำมัน

การทดลองเครื่องขจัดคราบน้ำมัน (Oily Water Separator) พบว่า สามารถทำงานได้ตามปกติ

1.2.4 เครื่องทำความเย็น

การทดสอบการทำงานของเครื่องทำความเย็นที่ใช้ในเรือได้แก่ ตู้แช่เนื้อ ตู้แช่ผักและไข่ ปรากฏว่าเครื่องทำความเย็นหมายเลข 1 สามารถทำงานได้เป็นปกติ ค่าการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและสารทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ปกติ ตู้แช่เนื้อมีอุณหภูมิ - 22 องศาเซลเซียส (˚C) (เกณฑ์ – 20 องศาเซลเซียส (˚C)) ตู้แช่ผักและไข่ วัดได้ – 4 องศาเซลเซียส (˚C) (เกณฑ์ – 15 องศาเซลเซียส (˚C)) เครื่องทำความเย็น หมายเลข 2 สามารถทำงานได้เป็นปกติ ค่าการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าและสารทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ปกติ ตู้แช่เนื้อมีอุณหภูมิ – 22 องศาเซลเซียส (˚C) (เกณฑ์ -20 องศาเซลเซียส (˚C)) ตู้แช่ผักและไข่ วัดได้ – 7 องศาเซลเซียส (˚C) (เกณฑ์ – 15 องศาเซลเซียส (˚C))

1.3 ระบบไฟฟ้า

1.3.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

- ทำการทดสอบระบบป้องกันอันตรายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทดสอบระบบสัญญาณเตือนเมื่อเครื่องทำงานผิดปกติ เช่น กำลังดันน้ำมันหล่อต่ำกว่าเกณฑ์ (1.5 บาร์), อุณหภูมิน้ำจืดหล่อเย็นสูงเกินเกณฑ์ (93 องศาเซลเซียส (˚C)) การรั่วของน้ำมันเชื้อเพลิงภายในท่อ (Leak in fuel oil pipes) กำลังดันน้ำหล่อเย็นต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (Low cooling water pressure, LT.) เป็นต้น ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่อง รวมถึงการทดสอบระบบดับเครื่องฉุกเฉิน เช่น ความเร็วรอบเครื่องสูงผิดปกติ (1,725 รอบต่อนาที) กำลังดันน้ำมันหล่อต่ำกว่าเกณฑ์ (1.0 บาร์) อุณหภูมิน้ำจืดหล่อเย็นสูงเกินเกณฑ์ (97 องศาเซลเซียส (˚C)) ผลการทดสอบระบบป้องกันอันตรายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปรากฏว่าระบบป้องกันอันตรายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ปกติ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

- การทดสอบภาระ (load) ที่ร้อยละ 0 ร้อยละ 25 ร้อยละ 50 ร้อยละ 75 ร้อยละ 100 และร้อยละ 110 ผลการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ สามารถใช้งานได้ทั้ง 3 เครื่อง โดยระหว่างทดลองที่ภาระ (Load) ต่าง ๆ ได้ทำการวัดค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย สรุปได้ดังนี้

ภาระ	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 1	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 2	เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3
0	6.69	6.71	6.79
25	20.45	20.22	19.35
50	38.29	36.73	35.29
75	58.06	54.54	52.94
100	72.25	69.23	75.00

- ทดสอบการขนานเครื่อง โดยได้ทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่อง และไฟบก ในแบบปรับด้วยมือ (Mode Manual) แบบกึ่งอัตโนมัติ (Mode Semi-Auto Synchronize) และแบบอัตโนมัติ (Mode Auto Synchronize) ผลการทดสอบการขนานเครื่อง ปรากฏว่า ระบบการขนานเครื่อง สามารถใช้งานได้

- การทดสอบ Over Droop เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้ง 3 เครื่อง ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที

- การทดลองระบบเริ่มเดินและจ่ายภาระ (Load) โดยอัตโนมัติ กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งดับฉุกเฉิน ซึ่งปรากฏว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกเครื่องหนึ่งจะเริ่มเดินด้วยตัวเอง และจ่ายภาระ (Load) โดยอัตโนมัติทันที

- การขนานเครื่องและการเฉลี่ยภาระ (Load) โดยอัตโนมัติ กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งรับภาระ (Load) ถึงร้อยละ 85 ของขนาดเครื่อง ซึ่งปรากฏว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกเครื่องหนึ่งจะเริ่มเดินโดยอัตโนมัติ พร้อมกับเข้าขนานและเฉลี่ยภาระ (Load) ทันที และปลดการขนานและดับเครื่องโดยอัตโนมัติ กรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 2 เครื่อง กำลังขนานกันและรับภาระ (Load) ลดลงถึงร้อยละ 35 ของขนาดเครื่อง ซึ่งปรากฏว่าอุปกรณ์ควบคุมการทำงานจะปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งตามโหมดที่เลือกออกจากการขนาน และดับเครื่องเองโดยอัตโนมัติ

รูปที่ 15 แสดงการทดสอบทดลองเครื่องแปลงความถี่โดยใช้เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Power Quality Analyzer)

1.3.2 แผงสวิตช์บอร์ดและตู้จ่ายไฟย่อย

ทดสอบตู้จ่ายไฟ 440 โวลต์ 380 โวลต์ 220 โวลต์ 110 โวลต์ และ 24 โวลต์ (VDC) โดยการทดสอบอุปกรณ์ควบคุมชุดแสดงสถานะและทดสอบแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า (Voltage & Current) ผลการทดสอบทุกอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ และอุปกรณ์ควบคุมการขนานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้ง 3 เครื่อง ทำงานเป็นปกติ เบรกเกอร์หลัก (Main Breaker) และ เบรกเกอร์ย่อย (Consumer Breaker) เช่น สวิตช์เริ่ม/หยุด (Start/Stop) สวิตช์ควบคุมความถี่ (Frequency Control) สวิตช์ Synchronizing On/Off และสวิตช์ Synchronizing Selector ใน

โหมดต่าง ๆ ทำงานเป็นปกติ การเปลี่ยนจากไฟเรือเป็นไฟบก หรือจากไฟบกเป็นไฟเรือ สามารถทำการขนานกันได้โดยไม่ต้องทำการดับไฟทั้งลำ ตู้จ่ายไฟย่อยต่าง ๆ สามารถจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ตามที่ออกแบบ สวิตช์ Change Over ทำงานเป็นปกติสามารถปรับเปลี่ยนหรือเลือกการจ่ายไฟได้ตามที่กำหนด

1.3.3 อุปกรณ์ไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า และเครื่องประจุแบตเตอรี่ (Battery Charger) ทำงานเป็นปกติสามารถรับภาระ (Load) ได้ตามเกณฑ์กำหนด ค่าแรงดันไฟฟ้าบริเวณขาเข้า/ขาออก (Input/Output Voltage) และค่ากระแสไฟฟ้าบริเวณขาเข้า/ขาออก (Input/Output Current) อยู่ในเกณฑ์กำหนด อุณหภูมิของขดลวด (Coil) และแกน (Core) อยู่ในเกณฑ์ปกติสวิตช์และเต้ารับไฟฟ้าทำจากวัสดุที่ได้มาตรฐานมีจำนวนถูกต้อง ครบถ้วนตรงตามแบบ การทำงานเป็นไปอย่างปกติ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ตามเกณฑ์กำหนด ค่าแรงดันไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์ปกติ เครื่องประจุแบตเตอรี่ทำงานเป็นปกติ สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเข้าชุดแบตเตอรี่ได้ตามเกณฑ์กำหนด

1.3.4 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ไฟแสงสว่าง ไฟแสงสว่างฉุกเฉิน ไฟพราง ไฟสัญญาณและไฟเรือเดิน ทำงานเป็นปกติ ค่าความเข้มของการส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์กำหนด

สรุป

จากผลการทดสอบทดลองเรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ แสดงให้เห็นว่า เรือตรวจการณ์ปืน ร.ล.แหลมสิงห์ มีโครงสร้าง ระบบหลัก ระบบย่อยต่าง ๆ สมรรถนะและขีดความสามารถต่าง ๆ ของเรือที่ดี และสามารถใช้ราชการได้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้จริง รวมทั้งผลการทดสอบทดลองที่ได้จะเป็นบทเรียนที่สำคัญของผู้เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ออกแบบ ผู้สร้าง ผู้ติดตั้งอุปกรณ์ ทำให้เกิดองค์ความรู้และบทเรียนในการแก้ไขปรับปรุงระบบต่าง ๆ ให้ดีขึ้นและข้อมูลการทดสอบทดลองที่ได้ยังเป็นข้อมูลเริ่มต้นประจำเครื่องจักรนั้น ๆ เพื่อจะเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการซ่อมทำในอนาคต การปฏิบัติภารกิจครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการทำงานร่วมมือกันของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทางด้านการทดสอบทดลองเรือ และถือเป็นความภาคภูมิใจหนึ่งของกรมอู่ทหารเรือและหน่วยที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติภารกิจนี้ มีข้อขัดข้องบ้างทางด้านขาดแคลนเครื่องมือเพื่อใช้ในการทดสอบทดลองเรือเช่นกัน ดังนั้นเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการทดสอบทดลองเรือ เพื่อทำให้กรมอู่ทหารเรือและหน่วยที่เกี่ยวข้อง มีความเป็นมืออาชีพและมุ่งเข้าสู่ To become the best ในด้านการทดสอบทดลองเรือต่อไปอย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] แผนยุทธศาสตร์กองทัพเรือ พ.ศ.2551-2554 ตามพระราชกฤษฎีกา ว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ.2546

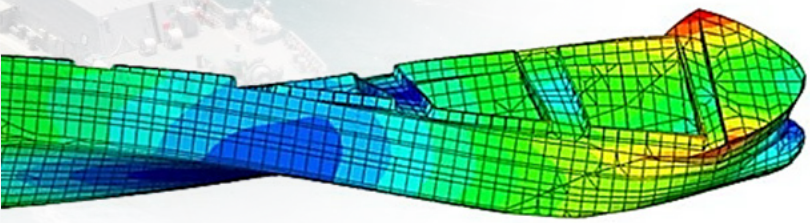
[2] แผนยุทธศาสตร์กองทัพเรือ พ.ศ.2555-2558 ตามพระราชกฤษฎีกา ว่าด้วยหลักเกณฑ์และวิธีการบริหารกิจการบ้านเมืองที่ดี พ.ศ.2546

[3] เอกสารวิชาการ ร.ล.แหลมสิงห์ พ.ศ.2559

[4] การทดลองเอียงเรือ (Inclining Experiments), น.อ.สมศักดิ์ แจ่มแจ้ง วารสารโรงเรียนนายเรือ ฉบับมกราคม - มีนาคม 2544 ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 หน้า 20-31

[5] มอร. 100-0002-0631 การทดลองความเร็วเรือกับหลักไมล์มาตรฐาน

การวัดความสั่นสะเทือนตัวเรือ



นาวาเอก สมศักดิ์ คงโชติ, นาวาเอก ภูษิต แสงจันทร์
กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ
Capt. Somsak Kongchote, Capt. PhusitSangjun
Engineering Development Department, The Royal Thai Naval Dockyard
Corresponding author. E-mail address: Somsakk24@hotmail.com

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพของการซ่อมและสร้างเรือเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในทุกขั้นตอนของการซ่อมและสร้างเรือ การวัดความสั่นสะเทือนของอุปกรณ์เคลื่อนไหวต่าง ๆ ของเรือ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การวัดความสั่นสะเทือนของตัวเรือจะเป็นเกณฑ์ชี้วัดคุณภาพอย่างหนึ่งของการสร้างเรือที่สำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากตามทฤษฎีของความสั่นสะเทือนนั้นจะประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบร่วมกัน ได้แก่ การออกแบบโครงสร้างเรือ การติดตั้งเครื่องจักร การหาศูนย์เพลาใบจักร ปัจจัยและองค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลถึงความสั่นสะเทือนทั้งสิ้น ในบทความนี้จะเป็นการนำเสนอการวัดค่าความสั่นสะเทือนตัวเรือ ได้ใช้ข้อมูลการตรวจวัดค่าความสั่นสะเทือนของเรือหลวงแหลมสิงห์ ซึ่งเป็นเรือตรวจการณ์ปืนลำใหม่ที่อู่ทหารเรือธนบุรี กรมอู่ทหารเรือได้สร้างเสร็จ ในเดือนกันยายน 2559 ที่ผ่านมา ซึ่งผลการตรวจวัดค่าสรุปได้ว่าความสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ซึ่งหมายถึงการสร้างเรือได้สร้างอย่างเป็นมาตรฐาน มีคุณภาพดี

ในการวัดความสั่นสะเทือนตัวเรือนั้น นอกเหนือจากองค์ความรู้ด้านทฤษฎีแล้ว ความรู้ความชำนาญของเจ้าหน้าที่ตรวจวัดก็มีความสำคัญโดยตรงเนื่องด้วยต้องใช้เครื่องมือเฉพาะด้าน และต้องนำมาวิเคราะห์ผลได้อย่างถูกต้องที่สุด ดังนั้นการสร้างมาตรฐานด้านบุคลากรและมาตรฐานด้านเครื่องมือจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้กรมอู่ทหารเรือมีการปฏิบัติงานที่เป็นมาตรฐาน (Standard Navy) อย่างมืออาชีพ และก้าวไปสู่ To become the best ตามนโยบายกองทัพเรือในที่สุด

Abstract

Quality control of the shiprepair and the ship building is extremely important in all stages. Especially,measuringthe ship vibration will be the one to indicate the quality of the ship building that is extremely important.According to the theory of vibration, it is composed of several factors that are common elements include ship design, machinery installation, and propeller shaft alignment. The factors and these components will affect the vibration. In this time, the paper presentsthe measuring vibration of the ship using the data measured from H.T.M.S Laem Sing, which is the gun ship docked at Thonburi Naval Dockyard.The ship was completed in September 2016 by the Royal Thai Naval Dockyard.The measuring results conclude that the vibration measurements were normal, which means ship buildercreated a standard quality.

To measure the vibration of the ship, besides the theory, the expertise of the staff is vital. The staff can use some specialized toolsand the data acquired must be analyzed accurately as possible also.Thus, the creation of the standards and the standards of equipmentare necessary to perform consistently. Definitely, thesestandardswill take the Royal Thai Naval Dockyardto reach the professional standards. Finally, the aim of the policy “To become the best” will be reached as well.

บทนำ

การควบคุมคุณภาพเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ขาดไม่ได้ในงานสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ ซึ่งกำลังพลทุกภาคส่วนทุกฝ่ายทุกระดับ จะต้องตระหนักถึงความสำคัญของการควบคุมคุณภาพในงานที่ตนรับผิดชอบ เพื่อเป็นการสร้างคุณภาพให้เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต มิใช่เน้นเฉพาะบางขั้นตอน หรือในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการส่งมอบเท่านั้น อีกทั้งยังเป็นการสร้างความพึงพอใจ และความเชื่อมั่น ในภาพลักษณ์ขององค์กร ให้กับผู้รับบริการ ซึ่งก็คือ ผู้ใช้เรือ หรือกองเรือยุทธการ ในผลงานการสร้างเรือของกรมอู่ทหารเรือ ว่ามีคุณภาพได้มาตรฐานตามที่กำหนด โดย ร.ล.แหลมสิงห์ เป็นเรือตรวจการณ์ปืนลำใหม่ที่กรมอู่ทหารเรือได้รับมอบหมายในการสร้างเพื่อทดแทนเรือเดิมประเภทเดียวกัน ที่จะทยอยปลดประจำการตามยุทธศาสตร์ของ ทร. พ.ศ.2551-2560 ซึ่ง ร.ล.แหลมสิงห์ จะต้องผ่านการควบคุมคุณภาพโดยการทดสอบทดลองและผ่านการวัดความสั่นสะเทือนตัวเรือ

ผลการทดลองการวัดความสั่นสะเทือนโครงสร้างตัวเรือ ร.ล.แหลมสิงห์ นี้ เป็นวิธีการหนึ่งของกระบวนการควบคุมคุณภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบหาค่าการสั่นสะเทือนของโครงสร้างตัวเรือ ตามความเร็วรอบเครื่องต่าง ๆ ของเรือว่าเกินเกณฑ์ค่ามาตรฐานการสั่นสะเทือนตามมาตรฐานกรมอู่ทหารเรือ (มอร.) กำหนดไว้หรือไม่ อีกทั้งการเก็บข้อมูลดังกล่าวยังเป็นข้อมูลที่เป็นเกณฑ์เริ่มต้น (Initial Condition) ในประวัติเรือ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการซ่อมทำเรือในอนาคต ไม่ว่าจะเป็นการวางแผนซ่อมทำ การทำนายความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะเป็นขบวนการของการดำเนินการในระบบการซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ที่กองเรือยุทธการ กรมอู่ทหารเรือ และกรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ ได้ดำเนินการร่วมกัน

หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์โครงสร้าง

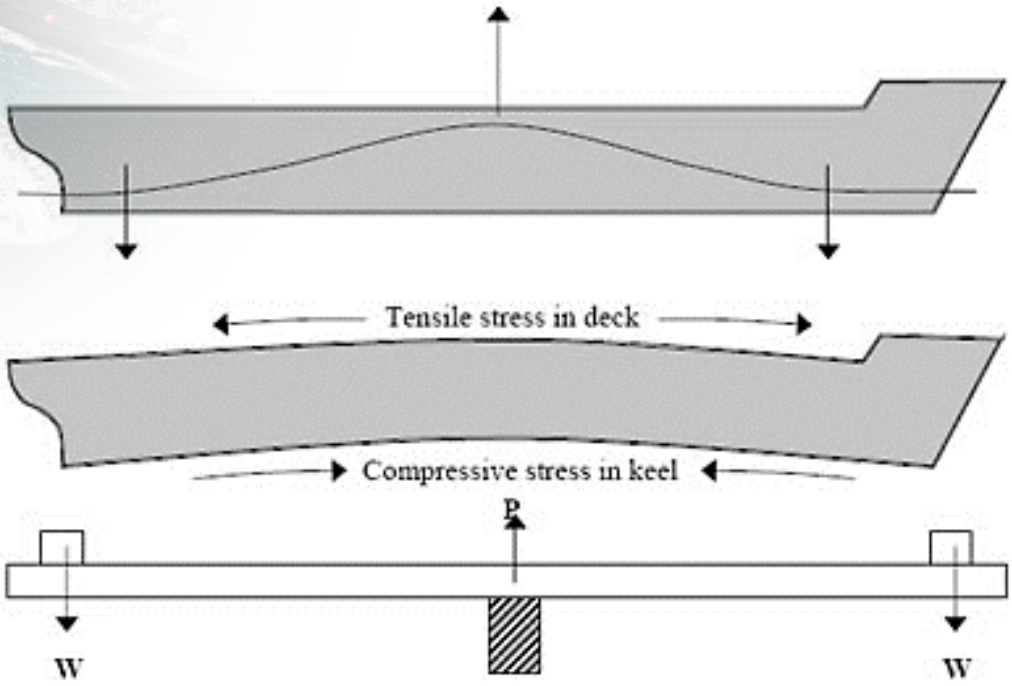
แรงที่กระทำกับโครงสร้างตัวเรือ เป็นแรงที่กระทำอยู่เสมอ เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมในแต่ละขณะ ส่วนใหญ่เป็นแรงที่มาจากภายนอกตัวเรือและมีหลายทิศทาง หากแรงที่กระทำเกินขนาด หรือโครงสร้างใดมีความแข็งแรงน้อยกว่าเดิม โครงสร้างในส่วนนั้นอาจเสียหายในลักษณะที่ผิดรูป (Distorts) หรือแตกร้าว (Cracks) โดยสามารถแยกแรงได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. แรงสถิต (Static Forces) เป็นแรงที่กระทำกับตัวเรือในลักษณะค่อนข้างคงตัว และมักเกิดเป็นประจำ เช่น แรงของน้ำหนักจากชิ้นส่วนต่าง ๆ และแรงต้านจากน้ำ

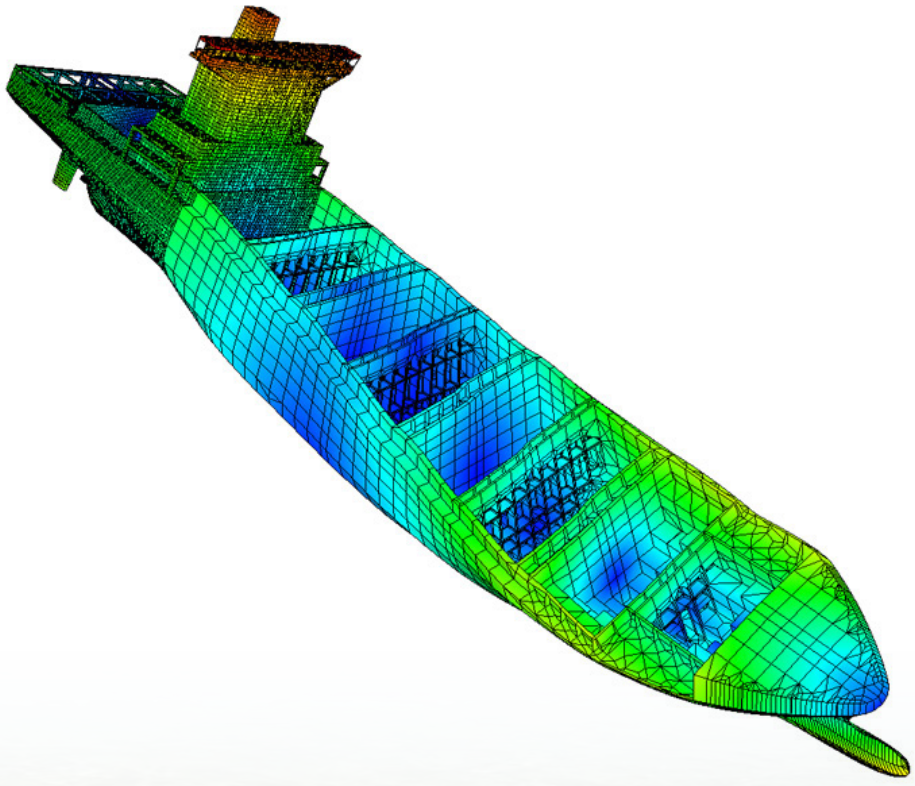
2. แรงพลวัต (Dynamic Forces) เป็นแรงส่วนใหญ่ที่เกิดจากเรือเคลื่อนที่ และจากแรงกระทำภายนอก เช่น คลื่นลม การขนถ่ายสินค้า การกระแทก และความสั่นสะเทือน เป็นต้น

นอกจากนี้ยังสามารถแยกประเภทของแรงที่กระทำกับโครงสร้างตัวเรือดังกล่าว ออกเป็น 5 ชนิด

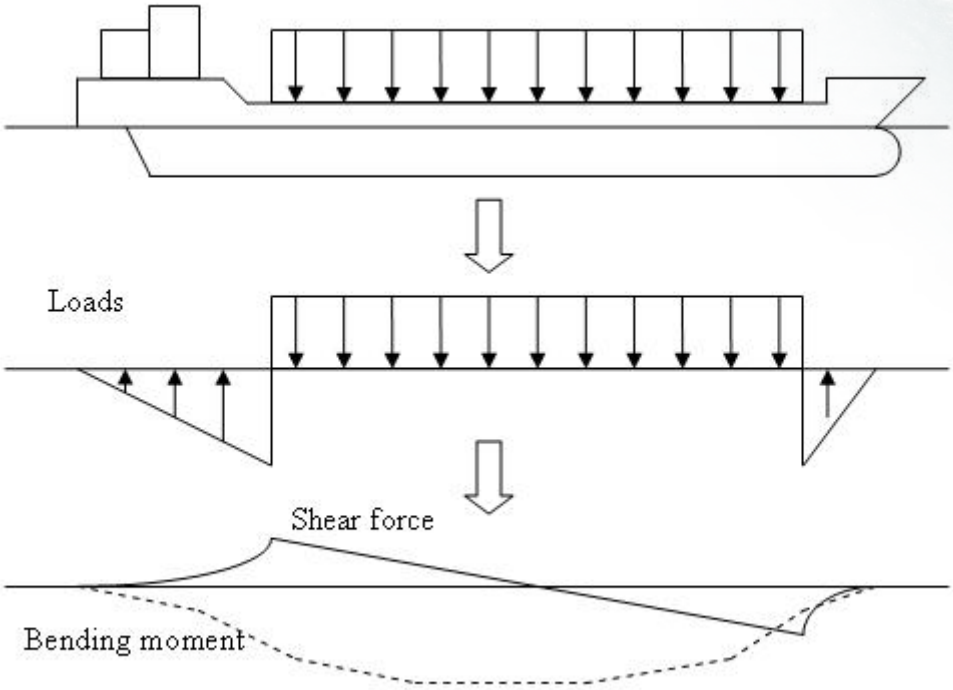
1. แรงกด (Compressive Forces)
2. แรงดึง (Tensile Forces)
3. แรงเฉือน (Shear Forces)
4. แรงบิด (Torques)
5. โมเมนต์ดัด (Bending Moments)



แรงกดและแรงดึง



แรงบิด



แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด

ความเค้น (Stresses) คือ ปริมาณแรงต้านที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อถูกกระทำด้วยแรงใด ๆ เช่น แรงอัด แรงดึง แรงเฉือน หรือแรงบิด เป็นต้นโดยขนาดของแรงต้านนี้นิยมวัดในลักษณะของปริมาณแรงที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งแต่ละขณะวัตถุอาจถูกกระทำด้วยแรงหลายชนิดพร้อม ๆ กันได้ ถ้าวัตถุเกิดความเค้นมากไปอาจเกิดการเปลี่ยนรูปถาวร (Permanently Deformed) หรืออ่อนแอ (Weakened) ซึ่งภาวะเช่นนี้เรียกว่าวัสดุเกิดอาการล้า (Strained) ทำให้ไม่สามารถทนทานต่อการใช้งานดังเดิมได้ และอาจเสียหายในที่สุด

ประโยชน์ของความรู้เกี่ยวกับความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุขณะใช้งาน และหลังการใช้งานจะนำไปสู่ความสามารถในการเลือกวัสดุ หรือการออกแบบรูปร่างของวัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งาน และเข้าใจลักษณะการใช้งานที่เหมาะสม ต่อไปความเค้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ความเค้นโดยตรง (Direct Stresses) คือ ความเค้นที่เกิดจากการกระทำของแรง (Load) ต่อพื้นที่หน้าหรือพื้นที่ที่ขนานกับแนวแรงโดยตรง แบ่งเป็น

1.1 ความเค้นอัด (Compressive Stresses) คือ แรงภายในที่กระทำกับหน้าตัดที่ตั้งฉาก กับแนวแรงในลักษณะอัดวัตถุ

1.2 ความเค้นดึง (Tensile Stresses) คือ แรงภายในที่กระทำกับหน้าตัดที่ตั้งฉาก กับแนวแรงในลักษณะดึงวัตถุให้ยืด

1.3 ความเค้นเฉือน (Shear Stresses) คือ แรงภายในที่เกิดในทิศทางที่ขนานกับพื้นที่หน้าตัด ซึ่งจะทำให้วัตถุขาดหรือแยกออกจากกันในลักษณะเฉือน หรือขาดออกจากกัน

2. ความเค้นทางอ้อม (Indirect Stresses) คือ ความเค้นที่เกิดจากอิทธิพลของแรงที่กระทำกับหน้าตัดของวัตถุทางอ้อม เช่น จากการบิดวัตถุ (Twist) หรือการพยายามดัด (Bend) ให้วัตถุโค้งงอ แบ่งออกเป็น

2.1 ความเค้นบิด (Torsional Stresses) คือ ความเค้นที่เกิดขึ้นในวัตถุเมื่อถูกบิดด้วยแรงภายนอก

แรงนี้จะอยู่ในรูปของแรงบิด (Torques) ที่กระทำเฉือนต่อระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแกนของวัตถุ ผลจากแรงบิดจะทำให้วัตถุหมุนรอบแกนดังกล่าวเรียกว่า เกิดการบิด (Torsion) และพยายามเฉือนให้หน้าตัดที่ตั้งฉาก กับแกนบิดขาดจากกัน ในลักษณะหมุนแยกตัวคนละทางกัน

2.2 ความเค้นดัด (Bending Stresses) คือ ความเค้นที่เกิดจากการกระทำของโมเมนต์ดัด (Bending Moments) ที่พยายามทำให้วัตถุเกิดการโก่งตัวทั้งในทางขวาง และทางยาว

จากแรง และความเค้นสำคัญประเภทต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเรือที่กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น ก่อให้เกิดความเค้นทั้งระบบ (Global Stresses) ทำให้เกิดความสั่นสะเทือนของโครงสร้างตัวเรือ ที่ต้องมีการขยับไปมา เกิดความเค้นโดยรอบบริเวณที่สั่น และถ่ายทอดไปสู่โครงสร้างอื่น ๆ ในบางครั้งการสั่นเพียงเล็กน้อยอาจทำความเสียหายให้กับโครงสร้างตัวเรือได้ เพราะการสั่นนั้นไปตรงกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่รุนแรงมากขึ้นจากการถ่ายเทพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การสั่นพ้อง (Resonance) ในการซ่อมบำรุงตามสภาพ (Condition Based Maintenance : CBM) ที่เป็นการซ่อมบำรุงเครื่องจักร ตามแนวคิดการซ่อมบำรุงเชิงคาดการณ์ (Predictive Maintenance Concept) โดยการคาดคะเนอัตราการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร จากผลการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือ หรือวิธีการให้ได้มาโดยนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ และคาดการณ์สภาพที่แท้จริงของเครื่องจักรได้จะช่วยทำให้การวางแผนซ่อมทำเครื่องจักรเป็นไปอย่างถูกต้องอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันเครื่องมือ หรือวิธีการที่นิยมใช้ในการตรวจสภาพเครื่องจักรตามหลักการของ CBM มี 6 วิธี 1 ใน 6 วิธีนั้น ได้แก่ การตรวจวัดการสั่นสะเทือน ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการตรวจสอบสภาวะทางพลวัต (Dynamic) ของเครื่องจักร อุปกรณ์ และตัวเรือ ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

1. Simple harmonic การเคลื่อนที่ที่เป็นไปตาม Sine function

2. Amplitude, displacement ค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดของการเคลื่อนที่แบบ Simple harmonic ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร (mm)

3. Amplitude, velocity ค่าขนาดความเร็วสูงของการสั่นสะเทือนของการเคลื่อนที่แบบ Simple harmonic

4. ความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) ความถี่ของระบบที่เกิดขึ้นโดยลักษณะ และวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นอุปกรณ์นั้น ๆ โดยไม่มีแรง หรือมีแรงภายนอกมากระทำ แต่ไม่กระทำอย่างต่อเนื่องกับระบบนั้น ๆ ความถี่ธรรมชาตินี้อาจจะสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการดังนี้

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \ , \ f_n = \frac{60}{2\pi}\omega_n \text{โดยที่}$$

ω_n = ความถี่ธรรมชาติ มีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที (Radian/sec)

f_n = ความถี่ธรรมชาติ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)

k = ค่าความแข็งแรง (Stiffness) ของระบบ หรืออุปกรณ์นั้น ๆ มีหน่วยเป็น นิว

m = น้ำหนักของระบบ หรืออุปกรณ์นั้น มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (kg)

5. Resonance ปรากฏการณ์กำธร ซึ่งเป็นผลมาจากการที่อุปกรณ์นั้น ๆ ถูกกระตุ้นให้เกิดการสั่นสะเทือนโดยแรงที่มากระตุ้น (Excitation force) นั้นมีความถี่ในการกระตุ้นมีค่าใกล้เคียง หรือเทียบเท่ากับความถี่ธรรมชาติของอุปกรณ์นั้น ๆ และทำให้ขนาดการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์นั้น ๆ มีค่าเข้าสู่อนันต์ (Infinity, ∞)

6. ค่าสูงสุด (Peak value) ค่า Amplitude สูงสุดของการเคลื่อนที่ ความเร็ว หรือความเร่ง

7. ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (Root means square value, rms) ขนาดของการเคลื่อนที่ ความเร็ว หรือความเร่ง ที่สามารถคำนวณได้จากรากที่สองของค่านั้น ๆ กำลังสองเฉลี่ยสามารถคำนวณได้จาก

7.1 ความถี่และคาบ (Frequency & Period)

ความถี่ (Frequency) คือ จำนวนรอบที่เคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา (f) $= \frac{1}{T} = \frac{1}{\text{คาบ}}$ หน่วยเป็น Cycle/second (Hz) หรือ Cycle/minute (CPM, RPM)

คาบ (T) $= \frac{1}{\text{f}} = \frac{1}{\text{ความถี่}}$ หน่วยเป็น Second/cycle หรือ Miniute/cycle

7.2 เวลาในการสุ่มตัวอย่าง และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเส้น (จำนวนความถี่ (#Line)) และจำนวนตัวอย่าง (#Sample) สำหรับการเฉลี่ย 1 ครั้ง

$$t_{\max(\text{sec})} = \frac{(60)(FFT\ Lines)}{F_{\max}} = \frac{(60)(Sample)}{(2.56)(F_{max})}$$

$$F_{\max(\text{CPM})} = \frac{(60)(\#FFT\ Lines)}{t_{\max}} = \frac{(60)(Sample\ Size)}{(2.56)(t_{max})}$$

เมื่อ $t_{\max}$ =ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจนได้ข้อมูลหนึ่งช่วงเวลา (Total sampling periodrequired to capture one time block of data in second)

$F_{\max}$ =ช่วงความกว้างของความถี่ (Maximum Spectral Frequency or Frequency Span-CPM)

$Sample\ Size$ = จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการแปลงข้อมูลจากอนาล็อก เป็นข้อมูลแบบดิจิตอล

7.3 เวลาในการสุ่มตัวอย่าง และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเส้น (จำนวนความถี่ (#Line)) และจำนวนตัวอย่าง (#Sample) เมื่อทำการเฉลี่ยมากกว่า 1 ครั้ง

$$t_{\text{avg(sec)}} = \frac{(60)(\#FFT\ Lines)(\#\text{Averages})}{Frequency\ Span\ (CPM)} (Assuming\ no\ overlap\ processing)$$

7.4 ค่าการสั่นสะเทือน

Peak-to-Peak Vibration = 2.000 x Peak Vibration

Peak-to-Peak Vibration = 2.828 x RMS

Peak Vibration = 0.500 x Peak-to-Peak Vibration

Peak Vibration = 1.414 x RMS. Vibration

RMS Vibration = 3.54 x Peak-to-Peak Vibration

RMS Vibration = 0.707 x Peak Vibration

7.5 การแปลงหน่วย

$$V = \frac{DF}{27{,}010}$$

$$D = \frac{27{,}010V}{F}$$

$$A = \frac{DF^2}{2.53x10^9}$$

$$D = \frac{2.53x10^9 A}{F^2}$$

$$V = \frac{66{,}170A}{F}$$

$$A = \frac{VF}{66{,}170}$$

เมื่อ A = RMS. Acceleration (g)

V = RMS. Velocity (mm/s)

D = Peak-to-Peak Displacement (microns)

F = Frequency (CPM, RPM)

CPM = 60 x Hz

8. แนวแกน (Axial) ทิศทางการตรวจวัดในแนวแกนเพลาของอุปกรณ์ที่มีส่วนหมุน เช่น เพลา หรือเพลาข้อเสือ

9. แนวระดับ (Horizontal) ทิศทางการตรวจวัดที่แกนของหัวตรวจวัดทำมุม 90 องศา (ตั้งฉาก) กับทิศทางในแนวแกน โดยที่หัวตรวจวัดอยู่ในลักษณะขนานกับพื้นโลก

10. แนวตั้ง (Vertical) ทิศทางการตรวจวัดที่แกนของหัวตรวจวัดทำมุม 90 องศา (ตั้งฉาก) กับทิศทางในแนวแกน โดยที่หัวตรวจวัดอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นโลก

11. แนวรัศมี (Radians) ทิศทางการตรวจวัดในแนวรัศมีแกนเพลาของอุปกรณ์ ในกรณีที่ไม่สามารถตรวจวัดในแนวระดับ หรือแนวตั้งได้

12. ค่าความไว (Sensitivity) ค่าความไวในการตรวจจับการสั่นสะเทือนของหัวตรวจวัด ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของแต่ละหัวตรวจวัด

13. ค่าการสั่นสะเทือนรวม (Overall Vibration) ค่าการสั่นสะเทือนที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของ Amplitude ทั้งหมดที่สามารถตรวจวัดได้ในแต่ละแนวแกนของแต่ละรอบความเร็วของการปฏิบัติงานของอุปกรณ์หรือระบบนั้น ๆ ในแต่ละจุดวัด ซึ่งสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$x_{overall} = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^3 + \cdots + x_i^2}$$

14. ความเร่ง (Acceleration) อัตราการเปลี่ยนความเร็ว มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวินาที^{2} หรือ G's (1G=9.81 mm/s^2) การวัดความเร่งสามารถวัดได้โดยใช้ หัววัดแบบความเร่ง (Accelerometers)

15. ขนาดค่าการสั่นสะเทือน (Vibration Amplitude) ขนาดของการเคลื่อนที่แบบพลวัตร (Dynamic motion) หรือขนาดของการสั่นสะเทือน โดยที่ขนาดของการสั่นสะเทือนแสดงอยู่ในเทอมของ Peak-to-Peak, Zero-to-Peak หรือ rms = 0.707 x Zero-to-Peak; Peak-to-Peak = 2 x Zero-to-Peak

16. การปรับเทียบ (Calibration) คือการตรวจสอบ หรือปรับแต่งเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำตามที่กำหนดไว้

17. ระยะทาง (Displacement) การเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง หรือการเปลี่ยนระยะหรือตำแหน่งเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง

18. หัววัดแบบระยะทาง (Displacement Transducer) หัววัดการสั่นสะเทือน ชนิดที่ค่าการสั่นสะเทือนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทาง

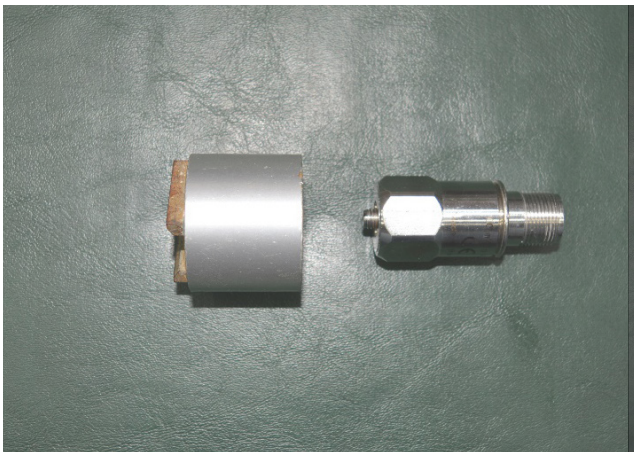
19. Harmonic องค์ประกอบของความถี่ที่เป็นจำนวนเต็มคูณกับความถี่พื้นฐาน (Fundamental frequency) เช่น 1^{st} Harmonic คือ 1 x Fundamental frequency, 2^{st} Harmonic คือ 2 x Fundamental frequency เป็นต้น

20. ค่าความละเอียด (Resolution) ค่าระยะห่างระหว่างช่วงคำนวณของการแสดงผลบนเครื่องมือตรวจวัดการสั่นสะเทือน เช่น ตั้งค่าความถี่ไว้ที่ 400 ค่าช่วงความถี่ในการตรวจวัด (Frequency range) เท่ากับ 16000 CPM ดังนั้น ระยะห่างของแต่ละช่วงคำนวณจะมีค่าเท่ากับ 16000/400=40 CPM เป็นต้น

การตรวจวัด และการวิเคราะห์

ในการตรวจวัดค่าการสั่นสะเทือนนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด และวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือนต้องเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยที่ค่าสัญญาณที่ตรวจวัดได้ (Signal) ต้องทำการวิเคราะห์โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถทำการวิเคราะห์แบบ Fast Fourier Transform (FFT) ได้ หรือโดยใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมในการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนที่ปฏิบัติงานบนเครื่องคำนวณ (PC-based) ซึ่งโดยปกติแล้วผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปของกราฟสองมิติ ที่มีแกนในแนวนอนแสดงค่าความถี่ (Frequency axis) และแกนในแนวตั้งแสดงค่าขนาด (Amplitude) ของ Spectrum

1. เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด และวิเคราะห์



หัวแม่เหล็กและหัวเซ็นเซอร์

สายนำสัญญาณ

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนรุ่น Mascon 48 online monitoring unit Procon monitoring and analysis software

1.2 หน่วยที่ใช้ในการตรวจวัดให้ใช้ระบบ เมตริกซ์

1.2.1 ระยะทาง (Displacement) ให้ใช้หน่วย มิลลิเมตร (mm)

1.2.2 ความเร็ว (Velocity) ให้ใช้หน่วย มิลลิเมตร (mm/s)

1.2.3 ความเร่ง (Acceleration) ให้ใช้หน่วย มิลลิเมตรต่อวินาทีกำลังสอง (mm/s^2)

1.3 ในการวิเคราะห์ช่วงคลื่นต้องใช้ Window function ที่สามารถให้ความถูกต้องเพียงพอที่จะแสดงค่าสูงสุดในแต่ละยอดสัญญาณได้ ซึ่งโดยปกติแล้ว Window function ที่ใช้งานมีอาทิเช่น Flat top window, Hanning window สำหรับในการตรวจวัด ถ้ามิได้กำหนดเป็นกรณีพิเศษแต่อย่างใดแล้ว ให้ใช้ Hanning window ในการวิเคราะห์ช่วงคลื่น

1.4 ค่าความละเอียดในการตรวจวัด ต้องใช้ค่าความละเอียดของเครื่องตรวจวัดไม่น้อยกว่า 400 เส้น และย่านความถี่ต้องครอบคลุมความถี่ใช้งานของอุปกรณ์ และส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องจักรที่ตรวจวัด

1.5 ช่วงเวลาในการตรวจวัดแต่ละตำแหน่งต้องใช้เวลาเพียงพอที่จะตรวจวัดได้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้องของค่าการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งนั้น โดยปกติแล้วจะใช้เวลาในการตรวจวัดไม่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

2. เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่จะทำการตรวจวัด

2.1 เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ต้องผ่านการทำงานในช่วงทดสอบเรียบร้อยแล้ว

2.2 พื้นผิวที่จะใช้ในการตรวจวัด ต้องผ่านการเตรียมการให้เหมาะสมกับการติดตั้งหัวตรวจวัดดังที่ระบุในคู่มือใช้งานของหัวตรวจวัดประเภทต่าง ๆ ที่จะใช้งาน

2.3 เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ต้องผ่านการทำสมดุล (Balancing) และการตั้งศูนย์ (Alignment) ตามมาตรฐานสากล หรือตามที่กำหนดไว้โดยบริษัทผู้ผลิตให้เรียบร้อยก่อนการตรวจสอบ และวิเคราะห์ค่าการสั่นสะเทือน

2.4 ในกรณีที่มีการปฏิบัติแตกต่างจากข้อปฏิบัติในมาตรฐานนี้ ต้องจดบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ไว้เพื่อการตรวจสอบในภายหลัง

3. บุคลากรในการตรวจวัด

3.1 ผู้ปฏิบัติงานในการตรวจวัด ต้องผ่านการฝึกอบรมตามหลักสูตรของกรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือมาตรฐานการฝึกอบรมอื่น ๆ ที่เทียบเท่า หรือดีกว่า

3.2 ผู้ทำการวิเคราะห์ ต้องผ่านการฝึกอบรมตามหลักสูตรของกรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ ตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือมาตรฐานการฝึกอบรมอื่น ๆ ที่เทียบเท่า หรือดีกว่า

4. รูปแบบการเก็บข้อมูล

4.1 การควบคุมข้อมูล ให้เป็นไปตามระเบียบ ว่าด้วยการรักษาความลับของทางราชการ พ.ศ.2544

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลของหน่วยตรวจวัด และวิเคราะห์ให้ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยแยกเป็นข้อมูลของเรือแต่ละลำให้เด่นชัดโดยใช้หมายเลขประจำเรือแต่ละลำแทนชื่อเรือที่ตรวจวัด เช่น ร.ล.กระบุรี มีหมายเลขประจำเรือคือ 457 ให้ใช้หมายเลข 457 แทนชื่อ ร.ล.กระบุรีเพื่อให้ง่าย และสะดวกต่อการค้นหา สำหรับเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเรือให้ใช้คำย่อที่ปรากฏในเอกสาร มอร. ปฏิบัติ

4.3 ข้อมูลที่สำคัญ และใช้กรอกในรายงานอาจจะเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลประเภทต่าง ๆ (Excel, Access, dBase, Fox pro, My SQL ฯลฯ) เพื่อแสดงผลทางระบบเครือข่ายได้ ทั้งนี้ข้อมูลที่เป็นรายงานต้องเก็บรักษาไว้ ณ หน่วยที่ทำการตรวจสอบ และวิเคราะห์เป็นเวลา 2 ปี จึงจะพิจารณาดำเนินการต่อไป ส่วนข้อมูลที่เป็นค่าการตรวจวัดนั้น ให้ทำการบันทึกสำรองข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ทุก ๆ 1 ปี แล้วเก็บรักษาไว้เพื่อการตรวจสอบ เปรียบเทียบและประเมินผลในอนาคต

เกณฑ์ในการวัดมาตรฐานสำหรับโครงสร้างตัวเรือ

1. ทิศทางในการตรวจวัด ต้องสอดคล้องกับแกนของเรือทั้งสามแกนอันได้แก่ ตามแนวยาว (Longitudinal) ตามแนวขวาง (Transverse) และตามแนวดิ่ง (Vertical)

2. เงื่อนไขในการตรวจวัด

2.1 การบันทึกข้อมูลในการตรวจวัดให้กระทำเมื่อเรือแล่นด้วยความเร็วคงที่

2.2 ระวางขับน้ำต้องเป็นระวางขับน้ำปกติของเรือ

2.3 ในการเดินเรือต้องเดินหน้าในลักษณะไม่มีสิ่งกีดขวาง ซึ่งขณะที่ตรวจวัดต้องใช้หางเสือในอัตราที่มุม 0 ±2 องศา (ใช้หางเสือให้น้อยที่สุด)

2.4 เครื่องยนต์เดินที่รอบคงที่

2.5 การตรวจสอบต้องกระทำในทะเลเรียบ สภาพทะเลต้องมีสภาพไม่เกิน Sea state 3

2.6 พื้นที่ตรวจวัดการสั่นสะเทือนต้องวัดในบริเวณพื้นที่ที่มีความลึกของท้องทะเลหรือพื้นที่ของสนามทดลองไม่ต่ำกว่า 3 เท่าของอัตราการกินน้ำลึกของเรือที่ระวางขับน้ำปกติ

2.7 ตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดต้องสามารถส่งถ่ายการสั่นสะเทือนของโครงสร้างตัวเรือออกมาได้ สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่อาจต้องพิจารณาเพิ่มเติมตำแหน่งในการตรวจวัดตามความเหมาะสม

2.8 ในการปฏิบัติที่ต้องแตกต่างจากการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้ที่ทำการตรวจวัดต้องบันทึก และระบุอย่างชัดเจนในรายงานการตรวจสอบ

3. ขั้นตอนในการตรวจวัด

3.1 ในแต่ละห้องที่ทำการตรวจวัด ต้องทำการตรวจวัดที่บริเวณกลางห้องทั้ง 3 ทิศทาง (ถ้าสามารถกระทำได้) และตรวจวัดในตำแหน่งมุมห้องทั้งสี่มุมในแนวดิ่ง (Vertical direction) และแนวรัศมี (Radial direction) ส่วนในตำแหน่งอื่น ๆ ที่สนใจตรวจสอบเป็นการเฉพาะในแนวดิ่ง เท่านั้น

3.2 ย่านความถี่ในการตรวจวัด ระหว่าง 1Hz ถึง 100Hz

3.3 ระยะเวลาในการตรวจวัดต้องไม่ต่ำกว่า 1 นาที แต่ถ้าย่านความถี่ต่ำกว่า 2 Hz ระยะเวลาในการตรวจวัดต้องไม่ต่ำกว่า 2 นาทีต่อครั้ง

4. เกณฑ์การประเมินผลสำหรับโครงสร้างตัวเรือโดยที่ค่าการสั่นสะเทือนของโครงสร้างตัวเรือมีองค์ประกอบจาก

4.1 ขนาดของการสั่นสะเทือนที่มากระตุ้น (Magnitude of excitation force)

4.2 การเกิดปรากฏการณ์ Resonance (Presence of resonance condition)

4.3 ขนาดของตัวหน่วงของโครงสร้าง (Damping of structure)

เกณฑ์การสั่นสะเทือนที่ปรากฏนี้ได้มาจากผลการประเมินสภาพโครงสร้างอย่างเต็มรูปแบบ ซึ่งการสั่นสะเทือนของโครงสร้างเป็นผลมาจากตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือความแข็งแรงของโครงสร้างเรือ (Stiffened boundaries) การสั่นสะเทือนของเสากระโดง (Mast vibration) และการสั่นสะเทือนของท่อทางต่าง ๆ (Piping vibration) ดังนั้นการวิเคราะห์สภาพจึงจำกัดอยู่ที่การสั่นสะเทือนเฉพาะที่ ซึ่งเป็นผลมาจากความแข็งแรงของโครงสร้างเหล็กที่สัมพันธ์กับขอบเขตที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเหล่านั้น นอกจากนี้ การที่การสั่นสะเทือนของโครงสร้างของเรือมีความซับซ้อนอันจะส่งผลให้เกิดการแตกร้าว เนื่องจากความล้า (Fatigue crack) และรอยตำหนิ (Stippled zone) รวมทั้งอาจจะมีการสั่นสะเทือนในรูปแบบอื่น ๆ ที่อาจจะเป็นผลมาจากกรณีดังต่อไปนี้

4.4 ความเค้นเฉพาะจุด (Stress concentration factor) เช่น องค์ประกอบของโครงสร้าง (Structural configuration) แบบ (Geometry) และรายละเอียดของการเชื่อม (Weld details)

4.5 สภาวะแวดล้อม เช่น การกัดกร่อน (Corrosion) ที่เกิดขึ้น

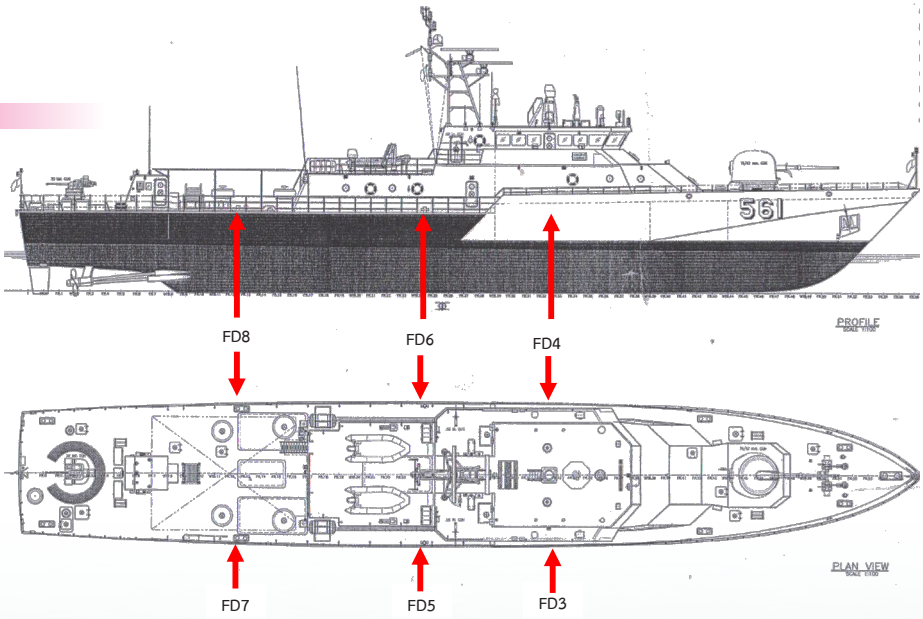
4.6 ฝีมือการทำงานของช่าง (Workmanship)

4.7 รูปแบบของการสั่นสะเทือน (Vibration mode)

4.8 โครงสร้างที่เป็นเหล็ก ค่าการสั่นสะเทือนที่ยอมรับได้ ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 mm/s (Peak)

4.9 โครงสร้างเรือที่เป็นอะลูมิเนียม ค่าการสั่นสะเทือนที่ยอมรับได้ ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 mm/s (Peak)

รูปตำแหน่งวัดเรือ



ตำแหน่งวัดเรือ

ตัวอย่างส่วนหนึ่งของการตารางแสดงผลการทดสอบ ณ ตำแหน่งกลางลำกราบขวา (FD5)

Speed Engine	Direction	Standard/Unit (mm/sec Peak)	ผลการตรวจวัดการสั่นสะเทือน		
			Overall	Peak	Frequency cpm
10 %	A	12	0.38	0.26	150
	H	12	0.49	0.28	2812.5
	V	12	0.84	0.58	2812.5
20 %	A	12	0.41	0.20	2812.5
	H	12	0.60	0.31	412.5
	V	12	0.96	0.96	187.5
30 %	A	12	0.36	0.14	0.15
	H	12	0.74	0.40	3712.5
	V	12	1.28	0.76	225
40 %	A	12	0.62	0.37	4875
	H	12	0.71	0.30	4875
	V	12	1.63	1.11	187
50 %	A	12	0.72	0.27	4462
	H	12	1.29	0.76	4462
	V	12	1.86	0.84	187.5
60 %	A	12	1.10	0.59	150
	H	12	1.31	0.73	150
	V	12	2.78	1.54	1800
70 %	A	12	1.07	0.38	3600
	H	12	3.11	2.73	1.50
	V	12	3.22	2.19	1800
80 %	A	12	1.13	0.34	900
	H	12	1.30	0.5	900
	V	12	3.43	2.35	1800
90 %	A	12	1.42	0.42	3600
	H	12	1.83	1.41	150
	V	12	3.83	2.73	1800
100 %	A	12	1.65	1.62	3600
	H	12	2.23	1.46	150
	V	12	3.85	2.80	1800

ผลการทดสอบการสั่นสะเทือนโครงสร้างตัวเรือ

การสั่นสะเทือนบริเวณฐานเรดาร์บนเสากระโดงเรือ ฐานเครื่องควบคุมการยิง (Mirador) และโครงสร้างของตัวเรือ มีค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่าการสั่นสะเทือนจะแปรผันตามรอบความเร็วของเครื่องจักรใหญ่ ทั้งนี้ที่รอบความเร็วสูงสุดของเครื่องจักรใหญ่ 1,800 รอบ/นาที ค่าการสั่นสะเทือนที่ฐานเรดาร์บนเสากระโดงเรือ เท่ากับ 7.5 mm/sec (เกณฑ์มาตรฐาน 15 mm/sec) ค่าการสั่นสะเทือนฐานเครื่องควบคุมการยิง เท่ากับ 4.2 mm/sec (เกณฑ์มาตรฐาน 15 mm/sec) และค่าการสั่นสะเทือนโครงสร้างของตัวเรือ เท่ากับ 4.2 mm/sec (เกณฑ์มาตรฐาน 12 mm/sec) จึงสรุปได้ว่า โครงสร้างตัวเรือมีความแข็งแรง สามารถทนทานกับแรงที่มากระทำต่าง ๆ กับตัวเรือได้

สรุป

จะเห็นได้ว่าการวัดค่าความสั่นสะเทือนของโครงสร้างตัวเรือ มีทั้งทฤษฎี สูตร เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้วัดที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ มากมายแล้ว ยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญ และขาดไม่ได้เช่นกัน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ที่ดำเนินการวัดกับเจ้าหน้าที่ที่นำผลการวัดมาวิเคราะห์จนได้ผลดังที่แสดงให้เห็นในตอนต้นแล้วนั้น ต้องเป็นเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการเรียนในภาคทฤษฎี และฝึกอบรม ฝึกปฏิบัติจนมีความสามารถ ความชำนาญ และความเชี่ยวชาญ ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ผลมีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด การที่จะสร้างเจ้าหน้าที่ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะดังกล่าวจึงต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ การฝึกปฏิบัติที่มาก อีกทั้งปัจจุบัน เครื่องมือ อุปกรณ์ในการวัด มีความทันสมัยของเทคโนโลยีมากขึ้น ความรู้ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต้องมีมากเพียงพอในการใช้เครื่องมือเหล่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงควรต้องสร้างมาตรฐานด้านบุคคลากรที่เป็นเจ้าหน้าที่ที่ต้องมีความเชี่ยวชาญเฉพาะในด้านต่าง ๆ พร้อมกับการสร้างมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องมือเฉพาะทางในด้านนั้น ๆ เพื่อให้กรมอู่ทหารเรือมีความก้าวหน้าอย่างมั่นคงและยั่งยืน มีมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (Standard Navy) เพื่อก้าวไปสู่ความเป็นมืออาชีพ (Professional Navy) เป็นไปตามนโยบายของกองทัพเรือที่กล่าวว่า To become the best ในที่สุด

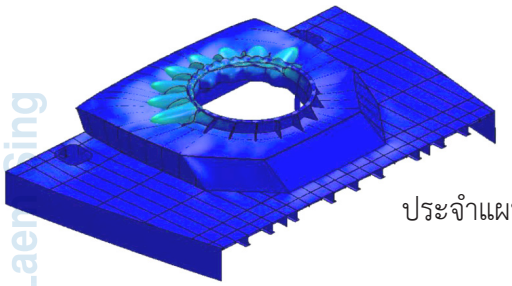
เอกสารอ้างอิง

สมศักดิ์ แจ่มแจ้ง ร.น., น.อ. (2555). Ship Construction. สมุทรปราการ: ฝ่ายบริหารงานทั่วไป ศูนย์ฝึกพาณิชย์นาวี.

คณะทำงานจัดทำมาตรฐานการวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนในเรือ. (2548). มอร.200-0002-1148 การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในเรือ. กรุงเทพฯ. กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ.

การตรวจวัดความแข็งแรงฐานแท่นปืน

(Measuring the Strength of the Base of Guns H.T.M.S. Laem Sing)



นาวาเอก สมศักดิ์ คงโชติ

ผู้อำนวยการกองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

นาวาโท ภาสกร ธนาวชิรานันท์

ประจำแผนกวิเคราะห์งานช่าง กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ

Capt. Somsak Kongchote, Cdr. Passakorn Thanawachiranun

Engineering Development Department, The Royal Thai Naval Dockyard

Corresponding author. E-mail address: passakornd@gmail.com

บทคัดย่อ

การตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนของ ร.ล.แหลมสิงห์ ซึ่งมีปืนหัวคือ ปืนขนาด 76/62 mm. OTO Melara รุ่น Compact และปืนท้ายคือ ปืน 30 mm. MSI การตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนนี้ได้ทำในขณะยิงปืนที่มุมการยิงต่าง ๆ โดยใช้ชุดเครื่องมือวัดสเตรนเกจ (Strain Gage) และเปรียบเทียบผลค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืนจากแบบจำลองในคอมพิวเตอร์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) พบว่าผลการตรวจวัดค่าความแข็งแรงจากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกัน นอกจากนี้การวิเคราะห์ผลค่าคุณสมบัติทางกลเทียบกับค่าความเค้นคราก (Yield Strength) พบว่าความเค้นที่เกิดขึ้นที่ฐานแท่นปืนทั้งปืนหัวและปืนท้ายมีค่าน้อยกว่าความเค้นครากของฐานแท่นปืน ดังนั้นแรงกระแทกจากปืนทั้งแรงกดและแรงดึงจึงไม่สามารถทำให้ฐานแท่นปืนเกิดความเสียหายได้ การตรวจวัดนี้จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการตรวจวัดความแข็งแรงที่มีความถูกต้องเพียงพอที่สามารถใช้งานได้ ซึ่งในการพัฒนาการตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนนี้ จะเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ในการออกแบบและสร้างเรือที่มีขนาดใหญ่และทันสมัยได้ในอนาคต

คำหลัก : ความแข็งแรง สเตรนเกจ ความเค้นคราก ระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์

Abstract

Measuring the strength of the base of the guns H.T.M.S. Laem Sing. The gun type is 76/62 mm OTO Melara Compact version, and 30 mm MSI. The test was made while firing shots at different angles and elevations using strain gage. Likewise, the strength measuredwas compared to models generated usingfinite element method.The measurements showed that the strength of these two methods are similar and consistent.In addition, analysis of the mechanical properties compared to the yield strength displayed that stresses at the base of the guns were less than the yield strength.Thus,compression and tension are not able to make the base of the guns damaged.

Then, this test is a way to measure the strength that is accurate enough to be used.Development of measuring the strength of the base of the guns will develop the knowledge to design and build large and modern ships in the future.

Keywords : Strength, Strain gage, Yield strength, Finite element method

๑. บทนำ

กรมอู่ทหารเรือได้รับการมอบหมายจากกองทัพเรือให้เป็นหน่วยรับผิดชอบในการสร้างเรือตรวจการณ์ปืนลำใหม่ของกองทัพเรือ คือ ร.ล.แหลมสิงห์ กรมอู่ทหารเรือได้ใช้พื้นที่ของอู่ทหารเรือธนบุรีเป็นสถานที่ต่อเรือ การต่อเรือในครั้งนี้เป็นการดำเนินการตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียงและเป็นการพึ่งพาตนเองกับทั้งเป็นการพัฒนาขีดความสามารถของกรมอู่ทหารเรือไปในคราวเดียวกัน กรมอู่ทหารเรือได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการสร้างเรือออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกทำการต่อเฉพาะตัวเรือ รวมถึงระบบเครื่องจักร ณ อู่แห้งหมายเลข 1 อู่ทหารเรือธนบุรี มีระยะเวลาในการดำเนินการประมาณ 13 เดือนและในระยะที่ 2 หลังจากที่เรือได้ถูกปล่อยลงน้ำแล้ว ได้ทำการประกอบในส่วนของหอบังคับการเรือ ระบบอาวุธ และเสาสื่อสารต่าง ๆ (Superstructure) ณ อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า ซึ่งใช้ระยะเวลาในการดำเนินการประมาณ 10 เดือน

ระบบอาวุธของ ร.ล.แหลมสิงห์ มีปืนหัวคือ ปืนขนาด 76/62 mm. OTO Melara รุ่น Compact จำนวน 1 กระบอก ถูกติดตั้งอยู่บริเวณหัวเรือ นอกจากนั้นยังมีปืนกลขนาด 30 mm. MIS จำนวน 1 กระบอก และปืนกลขนาด .50 นิ้ว จำนวน 2 กระบอก โดยที่ระบบอาวุธดังกล่าวนี้ได้ถูกติดตั้งบนฐานแท่นปืนที่อยู่บนดาดฟ้าเรือ ซึ่งต้องมีความแข็งแรงที่จะสามารถรองรับน้ำหนักของปืนและรองรับแรงกระแทกจากการยิงปืนได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าแบบเรือลำนี้ได้รับการออกแบบและพัฒนามาแล้วอย่างดี แต่เมื่อเรือถูกสร้างเสร็จแล้วจำเป็นต้องถูกตรวจวัดค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืนของเรืออีกครั้ง เพื่อเป็นเครื่องยืนยันถึงความพร้อมของเรือและความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

กองควบคุมคุณภาพ กรมพัฒนาการช่าง กรมอู่ทหารเรือ จึงได้ทำการตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนของ ร.ล.แหลมสิงห์ ซึ่งมีความมุ่งหมายเพื่อตรวจวัดความแข็งแรงโครงสร้างตัวเรือบริเวณฐานแท่นปืนซึ่งมีความสำคัญมากทั้งในการรองรับน้ำหนักปืนในเวลาปกติและรับแรงกระแทกของปืนในระหว่างการยิง การตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนนี้ได้ทำในขณะยิงปืนที่มุมการยิงต่าง ๆ โดยใช้ชุดเครื่องมือวัดสเตรนเกจ (Strain Gage) และเปรียบเทียบผลค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืน จากแบบจำลองในคอมพิวเตอร์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method)

2. วิธีการตรวจวัด

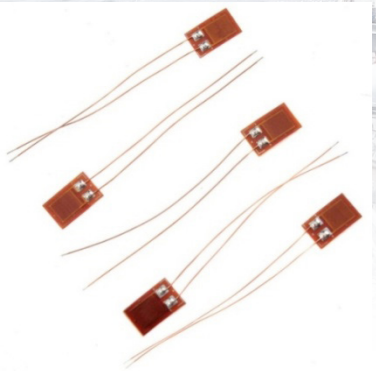
2.1 อุปกรณ์การตรวจวัด

การตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนของ ร.ล.แหลมสิงห์ นี้ จากการศึกษาพบว่ามีอุปกรณ์และวิธีการวัดความแข็งแรงอยู่หลายแบบซึ่งในการตรวจวัดครั้งนี้ได้ใช้อุปกรณ์สเตรนเกจตามภาพที่ 1 มาใช้ในการตรวจวัดเนื่องจากมีความถูกต้องแม่นยำในการวัดและเป็นที่น่าเชื่อถือเมื่อเทียบกับราคาที่ไม่สูงมากนัก สเตรนเกจเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าความเครียด (Strain)[1] ของวัตถุ ถูกคิดค้นโดย เอ็ดเวิร์ด อี ซิมมอนส์ และ อาร์เธอร์ ซี รูค ในปี ค.ศ.1938 สเตรนเกจสามารถตรวจวัดค่าความเครียด (Strain)[1] ที่เกิดขึ้นจากแรงที่มากระทำบนเส้นลวดนี้ และสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ การวัดความแข็งแรง การวัด

---

[1] *ความเครียด (Strain) คือ อัตราส่วนระหว่างความยาวที่เปลี่ยนแปลงต่อความยาวเดิม (ไม่มีหน่วย) ใช้สัญลักษณ์ ε อักษรกรีก เรียกว่า Epsilon เป็นการเปลี่ยนแปลงของวัตถุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเป็นการเปลี่ยนแปลงต่อขนาดเดิม โดยมีสมการคือ $\varepsilon = \Delta L / L$*

ความดัน การวัดน้ำหนัก หรือการเคลื่อนที่ เป็นต้น ส่วนใหญ่สเตรนเกจ จะทำจากเส้นลวดโลหะขนาดเล็กขดเป็นรูปร่างต่าง ๆ อยู่บนแผ่นฉนวน นอกจากนั้นยังมีเสตรนเกจแบบอุปกรณ์กึ่งตัวนำ ซึ่งมีความไวสูงกว่าและขนาดเล็กกว่าแบบลวดโลหะ แต่ก็มีราคาแพงกว่าเช่นกันสำหรับหลักการทำงานของสเตรนเกจนั้น สเตรนเกจเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณที่ใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าภายในเส้นลวด สเตรนเกจ จะถูกติดลงบนชิ้นงานโดยตรง เมื่อชิ้นงานอยู่ภายใต้แรงกระทำ เสตรนเกจก็จะถูกแรงกระทำด้วย และจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ได้แก่ ยืด หด บิด งอ ในขณะเดียวกันทำให้ความต้านทานของวัตถุนั้นเปลี่ยนไปตามแรงที่กระทำ โดยสัญญาณทางไฟฟ้าจากสเตรนเกจจะถูกส่งไปยังเครื่อง PCD - 300A ตามภาพที่ 2 และนำเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลต่อไป



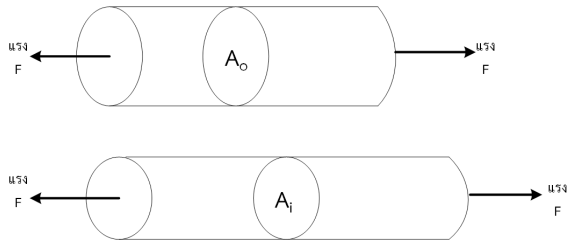
ภาพที่ 1 สเตรนเกจ (Strain Gage)

สำหรับเสตรนเกจที่ใช้ในครั้งนี้เป็น Type : KFG – 5 -120 – C1 – 11 โดยที่ KFG = General - Purpose foil strain gage, Gage Length = 5 mm., Gage resistance (24°C, 50 % RH) = 120.4 ± 0.4 Ω, C1 = Gage pattern, Uniaxial : Leads at one end, Adaptable thermal expansion = 11.7 PPM/°C, Gage Factor (24°C, 50% RH) = 2.07 ± 1.0%

ภาพที่ 2 เครื่อง PCD – 300A

ตามสมการที่ (1) เมื่อ R = ความต้านทางของสเตรนเกจ (Ω), p = ค่าความต้านทานคงที่ของโลหะ (Ωm) L = ความยาวของเส้นลวด (m) A = พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ (m^2) เมื่อสเตรนเกจยืดออก ความยาวของเส้นลวดก็จะเพิ่มขึ้นในขณะที่พื้นที่หน้าตัดจะลดลงตามภาพที่ 3 เป็นผลให้ความต้านทานของเส้นลวดจะเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามหากสเตรนเกจหด ความยาวของเส้นลวดจะลดลงในขณะที่พื้นที่หน้าตัดจะเพิ่มขึ้นเป็นผลให้ความต้านทานของเส้นลวดจะลดลงซึ่งเป็นไปตามสมการดังกล่าว

$$R = \frac{pL}{A} \qquad (1)$$



ภาพที่ 3 การยืดตามยาวและการหดตัวตามขวางของสเตรนเกจ (Strain Gage)

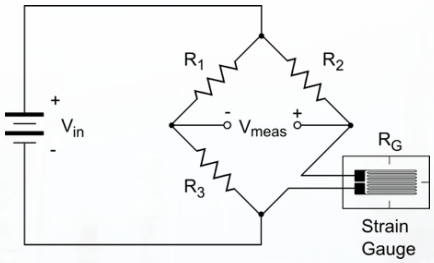
เมื่อความยาวของเกจเปลี่ยนแปลงจะส่งผลเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของสเตรนเกจ (Gage resistance) ซึ่งสามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์เป็นอัตราส่วนที่เรียกว่าเกจแฟกเตอร์ (Gage Factor) ตามสมการที่ (2) โดย K = เกจแฟกเตอร์ R = ความต้านทานเริ่มต้น (Ω), ΔR = ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลง (Ω), L = ความยาวเริ่มต้น (m) ΔL = ความยาวที่เปลี่ยนแปลง (m)

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} \qquad (2)$$

และ $\varepsilon = \Delta L / L$ สามารถเขียนสมการเป็น

$$K = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon} \qquad (3)$$

การนำไปใช้จะใช้การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์[2] (Wheatstone bridge) [1] เพื่อหาความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าเมื่อความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป ดังได้แสดงในภาพที่ 4 วงจรวีทสโตนบริดจ์ประกอบด้วยตัวต้านทานที่ต่อขนานกัน 2 สาขา แต่ละสาขาจะประกอบด้วยตัวต้านทาน 2 ตัวต่ออนุกรม ในภาพที่ 4 วงจรจะมีตัวต้านทาน 4 ตัว คือ R_1 R_2 R_3 และ R_G มีแหล่งจ่ายไฟซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (V_{in}) คร่อมแขนของวงจรที่จุด A และจุด B ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านวงจรและที่จุด D และ C จะมีตัวตรวจวัดกระแสที่ปลายแขนวงจรตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วงจรวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone bridge)

จากวงจรวีทสโตนบริดจ์ในภาพที่ 4 สามารถคำนวณค่าแรงดันออก (V_{meas} หรือ V_{out}) ได้ตามสมการที่ (4)

---

[2] *วงจรบริดจ์นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการวัดค่าองค์ประกอบของวงจร เช่น ความต้าน, ความเหนี่ยวนำ, ความสามารถเก็บประจุรวมทั้งความถี่, มุมเฟส และอุณหภูมิ เป็นต้น เนื่องด้วยการวัดด้วยวงจรบริดจ์คือ การเปรียบเทียบระหว่างตัวที่ไม่ทราบค่ากับตัวที่รู้ค่าแน่นอน (ตัวมาตรฐาน) สามารถวัดได้ความถูกต้องสูง ดังนั้นการอ่านค่าการปรับเทียบจะดูที่เข็มชี้ค่าศูนย์ (Null indication) เมื่อบริดจ์สมดุล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวชี้ค่าศูนย์ (Null detector) โดยมีทฤษฎีการคำนวณและการวัดของวงจรบริดจ์ได้หลายวิธี*

$$V_{out} = \left[\frac{R_G}{R_G+R_2} - \frac{R_3}{R_3+R_1}\right] V_{in} \qquad (4)$$

2.2 ระบบการตรวจวัด

อุปกรณ์ในระบบทดสอบ ประกอบด้วย เครื่องตรวจวัดค่า Strain gage ยี่ห้อ KYOWA พร้อมหัวเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ประกอบ (PCD – 300A) โปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ค่า Strain gage ชุดกระดาษทรายขัดละเอียด กาวและดินน้ำมัน

ขอบเขตของการตรวจสอบ

1. โครงสร้างตัวเรือบริเวณฐานแท่นปืนหัวเรือและบริเวณฐานแท่นปืนท้ายเรือ
2. ตรวจวัดความแข็งแรงของโครงสร้างตามมุมการยิง ทั้งยิงทีละนัดและยิงเป็นชุด

ลำดับขั้นตอนของการตรวจสอบ

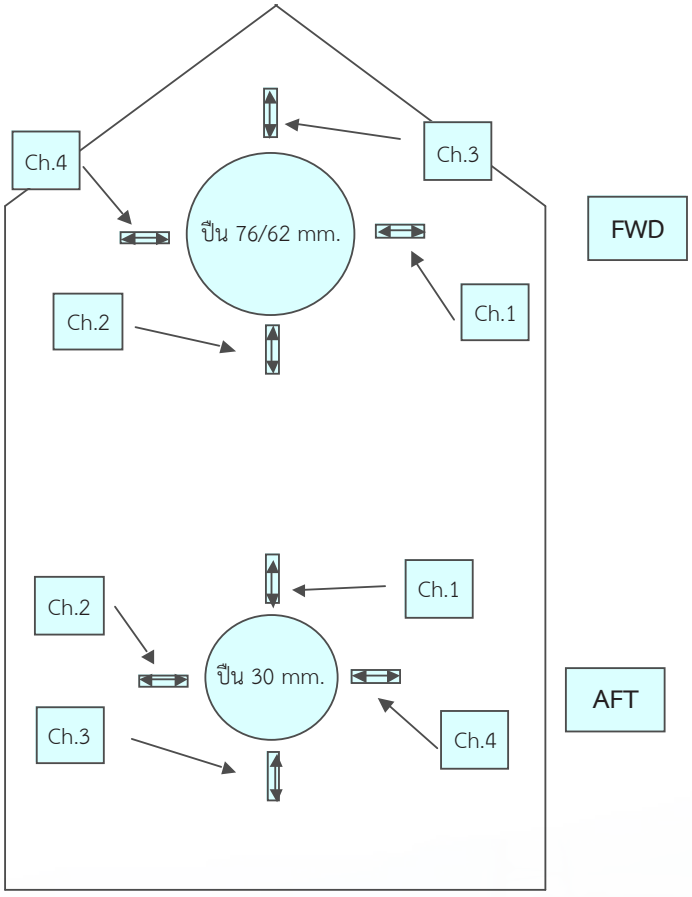
1. ตรวจสอบสภาพพื้นผิวของโครงสร้างตัวเรือบริเวณฐานแท่นปืนที่จะตรวจสอบ
2. ขัดพื้นผิวบริเวณที่จะติดหัวเซ็นเซอร์พร้อมทำความสะอาด
3. ติดตั้งหัวเซ็นเซอร์ตามทิศทางที่ต้องการ ตัวอย่างการติดตั้งสเตรนเกจตามภาพที่ 5
4. ต่อสายสัญญาณเข้ากับหัวเซ็นเซอร์พร้อมกับติดตั้งเครื่องวัด
5. ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องวัดให้อยู่ในเกณฑ์ตามคู่มือเครื่อง สังเกตการเปลี่ยนแปลง
6. ทำการปรับเทียบค่าตามหัวเซ็นเซอร์ก่อนการบันทึกค่า
7. ทำการตรวจวัดค่าความแข็งแรงตามมุมการยิงและลักษณะการยิง
8. วิเคราะห์ผลการตรวจวัดค่า Strain gage และบันทึกผลในแบบบันทึก

ภาพที่ 5 การติดตั้งสเตรนเกจ

3. ผลการตรวจวัด

3.1 ภาพแสดงตำแหน่งและรายละเอียดจุดวัด

การตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนของ ร.ล.แหลมสิงห์ ในครั้งนี้ ได้ทำทั้งปืน 76/62 mm. OTO Melara (ปืนหัว) และปืน 30 mm. MSI (ปืนท้าย) เพื่อตรวจวัดตามตำแหน่งได้แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ภาพแสดงตำแหน่งจุดวัด

ในภาพที่ 7 เป็นภาพแสดงการทดสอบการยิงปืน 76/62 mm. (ปืนหัว) และภาพที่ 8 เป็นการทดสอบการยิงปืน 30 mm. MSI (ปืนท้าย) ของ ร.ล.แหลมสิงห์

ภาพที่ 7 การทดสอบการยิงปืน 76/62 mm. (ปืนหัว)

ภาพที่ 8 การทดสอบการยิงปืน 30 mm. MSI (ปืนท้าย)

3.2 ผลการตรวจวัดฐานแท่นปืน 76/62 mm. (ปืนหัว)

ลำดับที่	ตำแหน่งหัวตรวจวัด	มุมยิง		จำนวนนัด	VALUE			
		มุมหัน (องศา)	มุมกระดก (องศา)		STRAIN (μm)	STRESS (N/mm^2)	YIELD STRENGTH (N/mm^2)	RESULT
1	Ch.1	0	0	1	31.40	6.59	235.00	อุ่นปืน
	Ch.2				36.23	7.61	235.00	
	Ch.3				24.64	5.17	235.00	
	Ch.4				28.50	5.99	235.00	
2	Ch.1	0	10	5	25.12	5.28	235.00	Accept
	Ch.2				17.39	3.65	235.00	Accept
	Ch.3				0.00	0.00	235.00	Accept
	Ch.4				4.35	0.91	235.00	Accept
3	Ch.1	0	45	10	48.31	10.15	235.00	Accept
	Ch.2				91.30	19.17	235.00	Accept
	Ch.3				41.06	8.62	235.00	Accept
	Ch.4				23.67	4.97	235.00	Accept

ลำดับที่	ตำแหน่งหัวตรวจวัด	มุมยิง		จำนวนนัด	VALUE			
		มุมหัน (องศา)	มุมกระดก (องศา)		STRAIN (μm)	STRESS (N/mm^2)	YIELD STRENGTH (N/mm^2)	RESULT
4	Ch.1	0	30	1	78.74	16.54	235.00	Accept
	Ch.2				133.82	28.10	235.00	Accept
	Ch.3				53.14	11.16	235.00	Accept
	Ch.4				33.33	7.00	235.00	Accept
5	Ch.1	6	45	1	99.52	20.90	235.00	Accept
	Ch.2				157.00	32.97	235.00	Accept
	Ch.3				75.36	15.83	235.00	Accept
	Ch.4				58.45	12.27	235.00	Accept
6	Ch.1	60	40	1	128.02	26.88	235.00	Accept
	Ch.2				260.39	54.68	235.00	Accept
	Ch.3				208.69	43.82	235.00	Accept
	Ch.4				200.48	42.10	235.00	Accept
7	Ch.1	90	1	1	135.75	28.51	235.00	Accept
	Ch.2				327.54	68.78	235.00	Accept
	Ch.3				219.32	46.06	235.00	Accept
	Ch.4				187.44	39.36	235.00	Accept
8	Ch.1	130	5	1	109.66	23.03	235.00	Accept
	Ch.2				253.14	53.16	235.00	Accept
	Ch.3				171.50	36.02	235.00	Accept
	Ch.4				139.61	29.32	235.00	Accept
9	Ch.1	230	30	1	192.75	40.48	235.00	Accept
	Ch.2				598.55	125.70	235.00	Accept
	Ch.3				278.74	58.53	235.00	Accept
	Ch.4				184.54	38.75	235.00	Accept
10	Ch.1	270	50	1	294.68	61.88	235.00	Accept
	Ch.2				430.43	90.39	235.00	Accept
	Ch.3				381.64	80.14	235.00	Accept
	Ch.4				381.35	80.08	235.00	Accept

ลำดับที่	ตำแหน่งหัวตรวจวัด	มุมยิง		จำนวนนัด	VALUE			
		มุมหัน (องศา)	มุมกระดก (องศา)		STRAIN (μm)	STRESS (N/mm^2)	YIELD STRENGTH (N/mm^2)	RESULT
11	Ch.1	300	0	1	174.88	36.72	235.00	Accept
	Ch.2				323.19	67.86	235.00	Accept
	Ch.3				293.72	61.68	235.00	Accept
	Ch.4				223.19	46.87	235.00	Accept
12	Ch.1	315	60	1	166.18	34.90	235.00	Accept
	Ch.2				305.80	64.22	235.00	Accept
	Ch.3				275.84	57.93	235.00	Accept
	Ch.4				208.80	43.85	235.00	Accept

3.3 ผลการตรวจวัดฐานแท่นปืน 30 mm. MSI (ปืนท้าย)

ลำดับที่	ตำแหน่งหัวตรวจวัด	มุมยิง		จำนวนนัด	VALUE			
		มุมหัน (องศา)	มุมกระดก (องศา)		STRAIN (μm)	STRESS (N/mm^2)	YIELD STRENGTH (N/mm^2)	RESULT
1	Ch.1	180	0	1	14.49	3.04	235.00	อุ่นปืน
	Ch.2				34.30	7.20	235.00	
	Ch.3				38.16	8.01	235.00	
	Ch.4				55.56	11.67	235.00	
2	Ch.1	180	0	1	49.28	10.35	235.00	อุ่นปืน
	Ch.2				50.24	10.55	235.00	
	Ch.3				59.90	12.58	235.00	
	Ch.4				33.33	7.00	235.00	
3	Ch.1	180	0	1	80.19	16.84	235.00	Accept
	Ch.2				31.40	6.60	235.00	Accept
	Ch.3				34.78	7.30	235.00	Accept
	Ch.4				10.14	2.13	235.00	Accept

ลำดับที่	ตำแหน่งหัวตรวจวัด	มุมยิง		จำนวนนัด	VALUE			
		มุมหัน (องศา)	มุมกระดก (องศา)		STRAIN (μm)	STRESS (N/mm^2)	YIELD STRENGTH (N/mm^2)	RESULT
4	Ch.1	180	15	1	54.59	11.46	235.00	Accept
	Ch.2				29.47	6.19	235.00	Accept
	Ch.3				47.83	10.04	235.00	Accept
	Ch.4				14.98	3.15	235.00	Accept
5	Ch.1	270 (90 Red)	0	1	2.42	0.51	235.00	Accept
	Ch.2				37.68	7.91	235.00	Accept
	Ch.3				70.53	14.81	235.00	Accept
	Ch.4				63.28	13.29	235.00	Accept
6	Ch.1	270 (90 red)	min	1	20.29	4.26	235.00	Accept
	Ch.2				46.38	9.74	235.00	Accept
	Ch.3				85.51	17.96	235.00	Accept
	Ch.4				74.88	15.72	235.00	Accept
7	Ch.1	Max (Red)	0	1	15.46	3.24	235.00	Accept
	Ch.2				32.37	6.80	235.00	Accept
	Ch.3				47.83	10.04	235.00	Accept
	Ch.4				69.56	14.61	235.00	Accept
8	Ch.1	Max (Green)	0	1	36.71	7.71	235.00	Accept
	Ch.2				33.33	7.00	235.00	Accept
	Ch.3				16.43	3.45	235.00	Accept
	Ch.4				5.80	1.22	235.00	Accept
9	Ch.1	90 (90 Green)	0	1	15.46	3.25	235.00	Accept
	Ch.2				69.56	14.61	235.00	Accept
	Ch.3				28.50	5.99	235.00	Accept
	Ch.4				14.49	3.04	235.00	Accept
10	Ch.1	180	0	5	25.60	5.38	235.00	Accept
	Ch.2				25.60	5.38	235.00	Accept
	Ch.3				90.82	19.07	235.00	Accept
	Ch.4				57.49	12.07	235.00	Accept

ลำดับที่	ตำแหน่งหัวตรวจวัด	มุมยิง		จำนวนนัด	VALUE			
		มุมหัน (องศา)	มุมกระดก (องศา)		STRAIN (μm)	STRESS (N/mm^2)	YIELD STRENGTH (N/mm^2)	RESULT
11	Ch.1	180	0	10	18.84	3.96	235.00	Accept
	Ch.2				43.00	9.03	235.00	Accept
	Ch.3				99.03	20.79	235.00	Accept
	Ch.4				61.35	12.88	235.00	Accept
12	Ch.1	270 (90 red)	0	10	7.25	1.52	235.00	Accept
	Ch.2				2.90	0.61	235.00	Accept
	Ch.3				68.12	14.31	235.00	Accept
	Ch.4				38.65	8.12	235.00	Accept

3.4 การอภิปรายผลการตรวจวัดฐานแท่นปืนหัวและปืนท้าย

จากผลการตรวจวัดค่าความเครียด (Strain) ในข้อ 3.2 ผลการตรวจวัดฐานแท่นปืน 76/62 mm. (ปืนหัว) และ ข้อ 3.3 ผลการตรวจวัดฐานแท่นปืน 30 mm. MSI (ปืนท้าย) นั้น สามารถคำนวณค่าความเค้น (Stress) ณ จุดวัดได้จากสมการที่ (5)

$$\sigma_{Test} = E\varepsilon_{Strain\ Gage} \qquad (5)$$

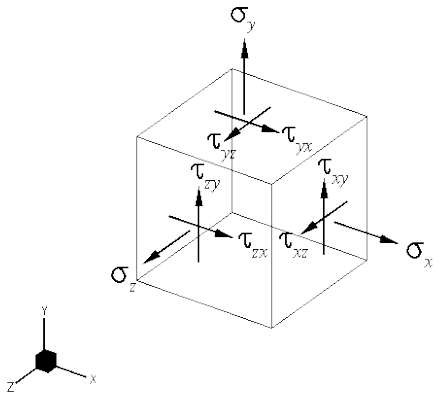
เมื่อค่าความเค้น (σ_{Test} ; Stress) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของค่า E คือ มอดูลัสของยัง (Young's modulus) หรือมอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Modulus of elasticity หรือ Elastic modulus) เป็นค่าบอกระดับความแข็งเกร็ง (Stiffness) ของวัสดุ ค่า E ในการตรวจวัดครั้งนี้ใช้ค่าในช่วง 201 – 210 GPa ซึ่งเป็นค่า E ของเหล็กเกรดเหล็กกล้าผสมต่ำ (Low Alloy Steel) และค่าความเครียด ($\sigma_{Strain\ Gage}$: Strain) ที่ตรวจวัดได้

ค่าความเค้น (σ_{Test} : Stress) ที่เกิดขึ้นที่ฐานแท่นปืนทั้งปืนหัวและปืนท้ายต้องไม่เกินค่าของความเค้นจุดคราก (Yield Stress) หรือ Yield Strength เนื่องจากค่า Yield Strength เป็นจุดแบ่งระหว่างพฤติกรรมการคืนรูปกับพฤติกรรมการคงรูป และในกรณีของโลหะจะเป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ยังคงใช้ประโยชน์ได้โดยไม่เกิดความเสียหายสำหรับเหล็กตัวเรือเกรด ABS EH 36 ของ ร.ล.แหลมสิงห์ มีค่าความเค้นจุดคราก (Yield Strength) เท่ากับ 235 N/mm^2 หากพิจารณาจากผลการคำนวณค่าความเค้นจุดคราก (Yield Strength) ของแท่นปืนทั้งปืนหัวและปืนท้ายในข้อ 3.2 และ 3.3 จะเห็นได้ว่าค่าความเค้นจุดคราก (Yield Strength) ในทุกตำแหน่งการตรวจวัด (Ch.1, Ch.2, Ch.3, Ch.4) และทุกมุมยิงของปืน ค่าความเค้น (σ_{Test} : Stress) ที่แท่นปืนทั้งสองมีค่าน้อยกว่าค่าความเค้น

จุดคราก (Yield Strength) หรือ (σ_{Test}, ปืนหัว < σ_y และ σ_{Test}, ปืนท้าย < σ_y) จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแรงกระแทกจากการยิงปืนในมุมยิงต่าง ๆ จะไม่สามารถทำให้แท่นปืนหัวและแท่นปืนท้ายเกิดความเสียหายได้

3.5 เปรียบเทียบผลค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืนกับแบบจำลองในคอมพิวเตอร์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method)

ผลการคำนวณค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืน 76/62 mm. (ปืนหัว) [2] ด้วยแบบจำลองในคอมพิวเตอร์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) ในวิธีนี้ได้ใช้เกณฑ์ความเสียหาย (Failure Criterion) ของ Von Mises Stress โดยเป็นค่าความเค้นที่กระทำกับวัสดุระดับหนึ่งที่ทำให้วัสดุถึงจุดคราก (Yield Point) หรือเสียรูปถาวร (Plastic Deformation) ซึ่งสามารถคำนวณจากค่าความเค้นจากทั้ง 3 แกน ตามภาพที่ 9



ภาพที่ 9 3-D State of Stress

Von Mises Stress (σ_{vm}) สามารถแสดงเป็นสมการที่ประกอบด้วยค่าความเค้นทั้ง 6 ค่าได้ตามสมการที่ (6)

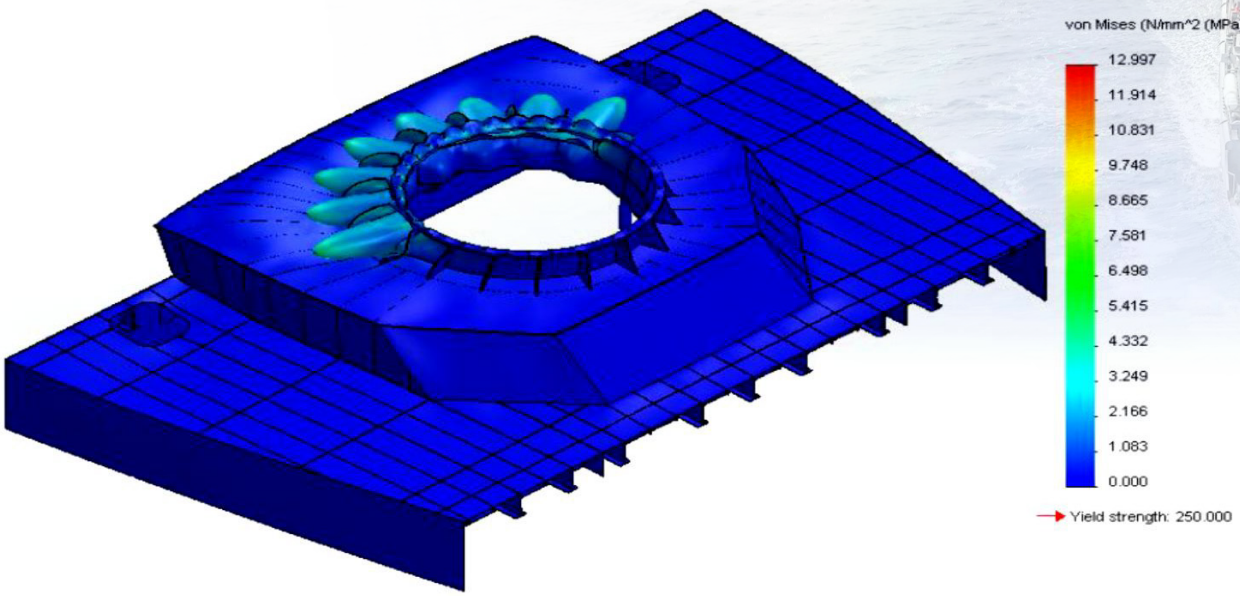
$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_x-\sigma_y)^2+(\sigma_y-\sigma_z)^2+(\sigma_z-\sigma_x)^2\right]+\left[\tau_{xy}^2+\tau_{yz}^2+\tau_{zx}^2\right]} \qquad (6)$$

และยังสามารถแสดงสมการให้อยู่ในรูปของความเค้นหลัก (Principal Stress) ตามสมการที่ (7)

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{1}{2}\left[(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2+(\sigma_3-\sigma_1)^2\right]} \qquad (7)$$

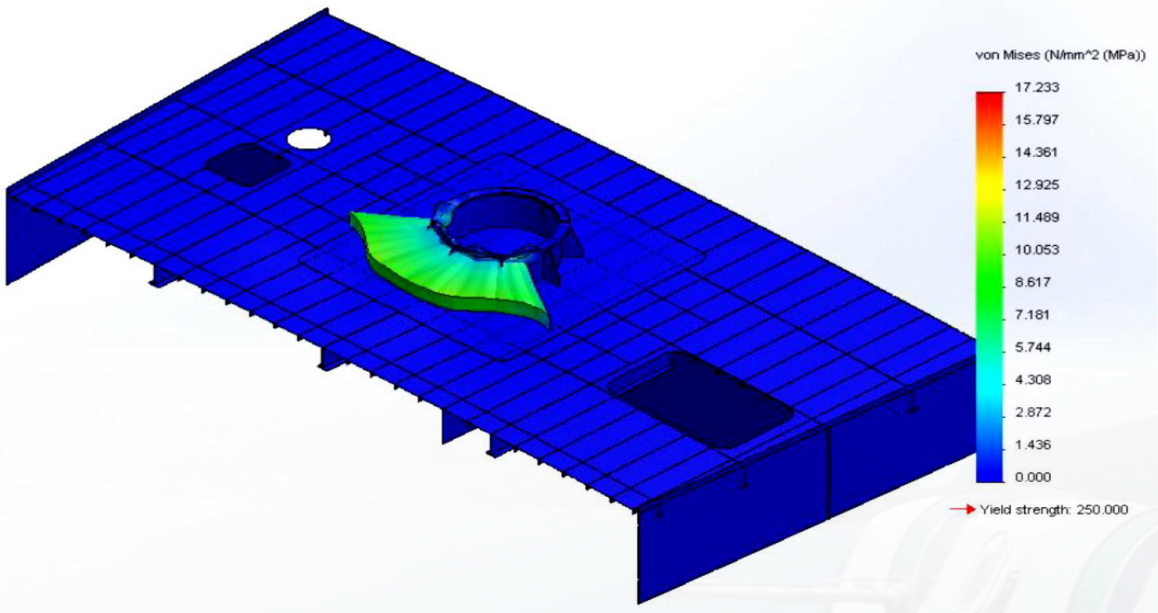
ผลการคำนวณค่าความเค้นแท่นปืนหัวด้วยแบบจำลองที่มุมหัน 0 องศา มุมกระดก 0 องศา โหลด 1.1 ×10 5 N ตามภาพที่ 10 คำนวณได้ค่าความเค้นดึงสูงสุดเท่ากับ 12.997 N/mm^2 และค่าความเค้นดึงเฉลี่ยเท่ากับ 7.581 N/mm^2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จากสเตรนเกจในข้อ 3.2 ลำดับที่ 1 ตำแหน่งหัวตรวจวัด Ch.2 ได้ค่าความเค้นเป็น 7.61 N/mm^2 ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าความเค้นที่ได้จากแบบจำลองโดยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์และมีค่าไม่เกินค่าความเค้นคราก และมีค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) ประมาณ 33 เท่า

ผลการคำนวณค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืน 30 mm. MSI (ปืนท้าย) [3] ด้วยแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ โดยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) และใช้เกณฑ์ความเสียหาย (Failure Criterion) ของ Von Mises Stress เช่นเดียวกันกับการคำนวณค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืน 76/62 mm.



ภาพที่ 10 ผลการคำนวณค่าความเค้นด้วยแบบจำลองของแท่นปืนหัว

ผลการคำนวณค่าความเค้นแท่นปืนท้ายด้วยแบบจำลองตามภาพที่ 11 ที่มุมหัน 180 องศา มุมกระดก 0 องศา โหลด 3.56 × 10 4 N ตามคำนวณได้ค่าความเค้นกดสูงสุดเท่ากับ 17.233 N/mm^2 และค่าความเค้นกดเฉลี่ยเท่ากับ 10.053 N/mm^2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดได้จากสเตรนเกจในข้อ 3.3 ลำดับที่ 1 ถึง 3 ที่ตำแหน่งหัวตรวจวัด Ch.3 ได้ค่าความเค้นเป็น 8.01 N/mm^2, 12.58 N/mm^2, และ 7.30 N/mm^2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงและสอดคล้องกับค่าความเค้นที่คำนวณได้จากแบบจำลองโดยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์และมีค่าไม่เกินค่าความเค้นคราก นอกจากนี้คำนวณค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) ได้ประมาณ 25 เท่า



ภาพที่ 11 ผลการคำนวณค่าความเค้นด้วยแบบจำลองของแท่นปืนท้าย

4. สรุปผลการตรวจวัด

จากการตรวจวัดความแข็งแรงของฐานแท่นปืนของ ร.ล.แหลมสิงห์ โดยใช้สเตรนเกจ (Strain Gage) วัดค่าความเครียดแล้วคำนวณความเค้นและเปรียบเทียบผลของค่าความแข็งแรงของฐานแท่นปืนกับผลที่ได้จากแบบจำลองโดยระเบียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ (Finite Element Method) ผลการตรวจวัดค่าความแข็งแรงจากทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงและสอดคล้องกัน นอกจากนี้การวิเคราะห์ผลค่าคุณสมบัติทางกลเทียบกับค่าความเค้นคราก (Yield Strength) ความเค้นที่เกิดขึ้นที่ฐานแท่นปืนทั้งปืนหัวและปืนท้ายมีค่าน้อยกว่าความเค้นครากของฐานแท่นปืน ดังนั้นแรงกระแทกจากปืนทั้งแรงกดและแรงดึงจึงไม่สามารถทำให้ฐานแท่นปืนเกิดความเสียหายได้ จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการตรวจวัดโดยวิธีนี้เป็นแนวทางหนึ่งในการตรวจวัดความแข็งแรงที่มีความถูกต้องเพียงพอที่สามารถใช้งานได้ อย่างไรก็ตามตำแหน่งในการติดตั้งสเตรนเกจในการตรวจวัดค่าความเครียดในครั้งนี้ครอบคลุมโครงสร้างฐานแท่นปืนในระดับที่ยอมรับได้ หากมีการตรวจวัดในครั้งต่อไปอาจมีการพิจารณาเพิ่มเติมการติดตั้งสเตรนเกจในตำแหน่งอื่น ๆ ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเค้นสะสมที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายต่อฐานแท่นปืนได้ และที่สำคัญตำแหน่งของสเตรนเกจที่จะติดตั้งต้องพิจารณาถึงโครงสร้างเรือและฐานแท่นปืนรวมถึงการวัดระยะห่างจากจุดอ้างอิงต่าง ๆ ของแต่ละตำแหน่งของสเตรนเกจควรมีความสอดคล้องกันและเท่ากัน เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของผลการตรวจวัดได้แม่นยำมากขึ้น

องค์ความรู้จากการตรวจวัดฐานแท่นปืนนี้ จะเป็นพื้นฐานสำคัญที่จะเป็นแนวทางการออกแบบโครงสร้างเรือที่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะประกอบด้วยระบบอาวุธที่ทันสมัยมากยิ่งขึ้น จะยังผลให้กรมอู่ทหารเรือมีความก้าวหน้าในการพัฒนาการออกแบบเรือ และสร้างเรือที่มีความทันสมัยต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] White Papers of National Instruments, Measuring Strain with Strain Gages, May 25, 2016.

[2] กองทัพเรือ ร่วมกับ บริษัท มาร์ซัน จำกัด, “DECK STIFFNESS CALCULATION (FOR 76 mm. GUN AT BOW),” 21/3/2015.

[3] กองทัพเรือ ร่วมกับ บริษัท มาร์ซัน จำกัด, “DECK STIFFNESS CALCULATION (FOR 30 mm. GUN AT STERN),” 21/3/2015.

การติดตั้ง SECTIONAL DOCK GATE

ที่ 110 % เพื่อการสนับสนุนซ่อมทำประตูอู่แห้งอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

นาวาโท มานพ เลิศสกุณี
หัวหน้าแผนกเชือกรอกและการอู่ กองสนับสนุน อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

กล่าวนำ

ประตูอู่แห้งนั้นเป็นหัวใจหลักของอู่แห้งใช้สำหรับผนึกกันน้ำทะเลไม่ให้เข้าอู่แห้งขณะมีการซ่อมทำเรือภายในอู่แห้ง ซึ่งประตูอู่นี้จะปิด - เปิดตลอดเวลาในช่วงเรือเข้า-ออก นับตั้งแต่เปิดใช้อู่แห้งของอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ (อรม.อร.) มาจนถึงปัจจุบันเป็นเวลายาวนานกว่า 10 ปีแล้ว ในปีงบประมาณ 60 นี้ อรม.อร. ได้รับการจัดสรรงบประมาณมาซ่อมทำประตูอู่แห้ง ซึ่งเป็นประตูอู่หลัก ในช่วงเดือน มกราคม พ.ศ.2560 แผนกเชือกรอกและการอู่ กอง กสน.อรม.อร. มีภารกิจที่จะต้องนำ SG. ลงไปติดตั้งในตำแหน่งที่ 110% ใช้เป็นประตูอู่สำรองเพื่อให้การซ่อมทำประตูอู่หลักเป็นไปด้วยความเรียบร้อย

SG. แต่ละ MODULE

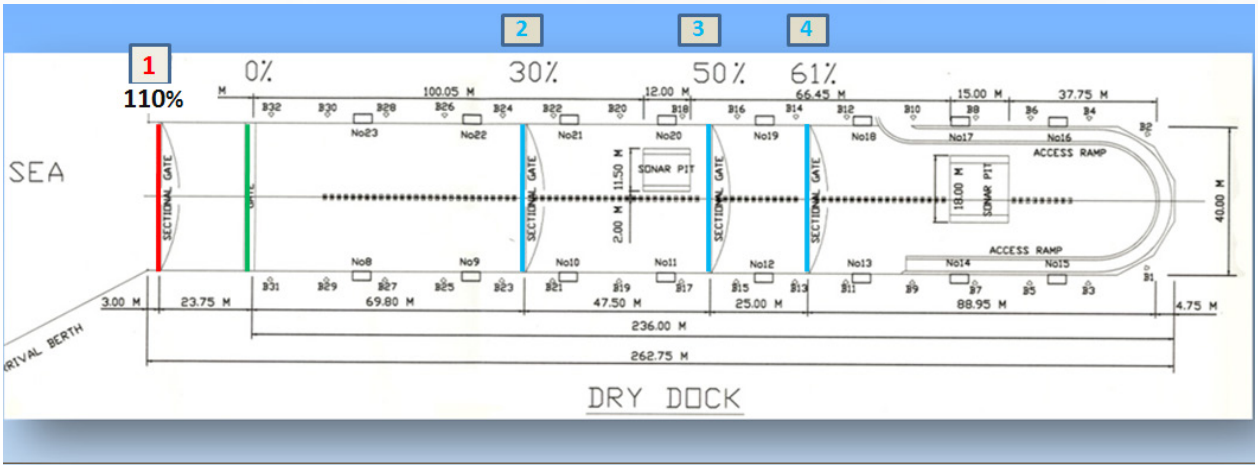
ภาพเปรียบเทียบระหว่างประตูอู่หลักกับประตูอู่สำรอง

สถาบันส่งเสริมการเรียนรู้ กรมอู่ทหารเรือ

การติดตั้ง – รื้อถอน SECTIONAL DOCK GATE (หน้าประตูอู่แห้ง) ที่ 110 %

จะติดตั้งตำแหน่งที่ 1 ปกติแล้วในการวาง SECTIONAL DOCK GATE (SG.) ของอู่แห้ง นั้น มีอยู่ 4 ตำแหน่ง ด้วยกัน ซึ่งการจะเลือกวางที่ตำแหน่งใดนั้นขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้งาน โดยตำแหน่งต่างๆ สามารถแบ่งพื้นที่อู่แห้งได้ดังนี้

ตำแหน่งที่ 1 ห่างจากประตูอู่หลักออกไปด้านนอก 23.75 เมตร สำหรับวางเป็นประตูอู่สำรอง
ตำแหน่งที่ 2 ห่างจากประตูอู่หลักเข้าไปด้านใน 69.80 เมตร แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน 30 : 70
ตำแหน่งที่ 3 ห่างจากประตูอู่หลักเข้าไปด้านใน 117.30 เมตร แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน 50 : 50
ตำแหน่งที่ 4 ห่างจากประตูอู่หลักเข้าไปด้านใน 142.30 เมตร แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วน 61 : 39



- วัตถุประสงค์ ในการติดตั้ง SECTIONAL DOCK GATE (SG.) ที่ 110 % คือ ใช้เป็นประตูอู่สำรองเมื่อการทำงานของประตูอู่หลักขัดข้อง

- จำนวน MODULE ที่ติดตั้ง จะใช้เพียง 10 ชุด ชุดที่ 1 อยู่บนสุดเรียงตามลำดับจนถึงชุดที่ 10 อยู่ล่างสุด (จากจำนวน MODULE ทั้งหมดของ SG. มี 12 ชุด การติดตั้งภายในอู่แห้งจะใช้จำนวน 12 ชุด)

การวางแผนติดตั้ง SG. ตำแหน่งที่ 110 % หลักๆ มีดังนี้

1. การประชุมชี้แจงลำดับการปฏิบัติงาน
2 .กำหนดหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในตำแหน่งต่างๆ
3 .การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการติดตั้ง รื้อถอน
4. การสำรวจตำบลพื้นที่และการเตรียมการต่าง ๆ ทั่วไป
5. วิธีการตั้ง SG.
6. วิธีการรื้อถอน SG.

วิธีการปฏิบัติ/การติดตั้ง SECTIONAL DOCK GATE (SG.) ที่ 110 % (ตำแหน่งที่ 1)

1. การติดตั้ง เตรียมชุดคานยกซึ่งประกอบด้วย สลิงเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 2 เส้น คานยก สเกล โซ่ รอกแม่แรง ขนาด 20 ตัน และขอเกี่ยวสเกลโดยใช้รถยกลำเลียงใส่รถชานต่ำจากคลังไปยังตำบล ที่วาง SG. เมื่อประกอบชุดคานยกพร้อมใช้งานแล้วผูกเชือกนำที่บริเวณเหนือขอโซ่ทั้ง 4 เส้น แล้วใช้รถหัวลากดึงเชือกนำเพื่อให้ขอของโซ่มาเกี่ยวกับสเกลที่ประกอบไว้แล้วกับหู SG.ทั้ง 4 ตำแหน่ง

สถาบันส่งเสริมการทำประตูอู่แห้ง อรม.อร.

หมายเหตุ

การวางแผนติดตั้ง SG. ตำแหน่งที่ 110 % ข้อ 1-6 รายละเอียดอยู่ในหนังสือคู่มือ รายงาน วิธี หรือแนวทางการปฏิบัติที่เป็นเลิศ แผนกเชือกรอกและการอู่ กอง กสน.อรม.อร.

2. การวัดค่าระดับการตั้งฉากของ SECTIONAL DOCK GATE (SG.) แต่ละ MODULE มีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง-รื้อถอน SG. ลงไปในร่อง SG. หากไม่ได้ค่าที่ต้องการจะก่อให้เกิดอุปสรรคในการติดตั้ง/รื้อถอนอย่างมาก อาจเกิดการติดขัดในร่อง SG. วิธีการหาค่าตั้งฉากกระทำโดยใช้เครนประจำอู่ ขนาด 75 ตัน ยก SG. สูงจากพื้นประมาณ 50 ซม. แล้วใช้เครื่องมือวัดระดับด้านหน้าและด้านข้างให้ได้ค่าที่ต้องการ หากมีการปรับแต่งให้หะเรียโซ่ลงและปรับแต่งแก้ไขข้อผิดพลาดที่รอกแม่แรง โดยการนับข้อโซ่หมายตำแหน่งไว้ พร้อมบันทึกการปรับแต่งไว้ เมื่อปรับแต่งได้ค่าที่ต้องการแจ้งให้ผูกเชือกนำ SG. ทั้ง 2 ข้าง และผูกเชือกดึงโซ่ที่ขอเกี่ยวโซ่ทั้ง 4 เส้น เพื่อให้ความสะดวกในการปลด/เกี่ยวโซ่

สนับสนุนข้อมูลโดย กสน.อร.

3. การขนย้าย SG. ไปยังที่ติดตั้ง โดยใช้เครนประจำอู่ ขนาด 75 ตัน ยก SG. ให้สูงจากพื้นประมาณ 50-100 ซม. ไปแนวขนานกับรางเครน เพื่อความปลอดภัยควรใช้ความเร็วเครนระดับ 1 ในการขับเคลื่อนมายังตำบลที่ติดตั้งหัวหน้าเจ้าหน้าที่สั่งให้หยุดเครนตรงกับช่องกั้น SG. เพื่อความสะดวกในการควบคุมการปฏิบัติ ซึ่งต้องขนย้ายตัว SG. MODULE ที่ 10 ไปก่อน แล้วตามด้วย MODULE ที่ 9,8,7,6,5,4,3,2,1 ตามลำดับในการติดตั้ง โดยใช้เจ้าหน้าที่ประดาน้ำ จำนวน 11 นาย ร่วมกับ เจ้าหน้าที่แผนกเชือกรอกและการอู่ ตามข้อ 2 การปฏิบัติงานใต้น้ำในการติดตั้ง SG. จะใช้การดำน้ำแบบ SURFACE SUPPLIED

4. ประกอบฐานเสาค้ำยัน SG. MODULE ที่ 10 จำนวน 3 ต้น ตามแบบให้ครบก่อนนำ MODULE ที่ 10 ลงไปติดตั้งที่พื้นหน้าประตูอู่แห้ง ตำแหน่งที่ 110 % เป็น MODULE แรก

5. การติดตั้งหรือการสอดใส่ SG. ลงในช่อง SG.หน้าประตูอู่แห้ง เมื่อนายทหารควบคุมเห็นว่าทุกอย่างพร้อมแล้วให้สั่งการ หัวหน้าเจ้าหน้าที่ (ช่างชั้น 3) ดำเนินการต่อไป โดยสั่งการไปยังเจ้าหน้าที่เครน เพื่อยก/ลดบูม หรือหันบูม ไปซ้าย/ขวา หะเบส/หะเรีย โดยระมัดระวังขอบยาง SG. ครูด ถู กับช่อง SG. อาจเกิดการชำรุดเสียหาย แก่ยางกันน้ำที่ขอบของ SG. ทั้ง 3 ด้าน ทำให้ไม่สามารถกั้นน้ำได้ ระยะเบียดควรอยู่ระหว่าง 2-4 ซม. แล้วหย่อน SG. ลงไปในช่อง SG. ประมาณ 15 ซม. ให้หยุดและแก้เชือกนำทั้ง 2 เส้นออก แล้วหย่อน SG. ลงไปช้า ๆ เป็นระยะ ๆ เมื่อปรับแต่งจนกระทั่ง SG. ลงไปถึงพื้นหน้าประตูอู่แห้ง ให้หยุด SG. และให้ เจ้าหน้าที่ประดาน้ำลงไปตรวจสอบความเรียบร้อย ตามตำแหน่งต่าง ๆ และตรวจสอบตำแหน่งยางป้องกันน้ำทุกจุด หากพบข้อบกพร่องให้แก้ไขก่อนให้เสร็จสิ้นเมื่อทุกอย่างถูกต้องสมบูรณ์แล้ว ให้ เจ้าหน้าที่ประดำน้ำปลดขอโซ่ออกจากสเกล และให้ทำเช่นนี้ตามลำดับทุก MODULE ที่ติดตั้งทั้ง 10 ชุด

6. การปลดขอโซ่ออกจากสเกลให้สั่งเครนประจำอู่ ขนาด 75 ตัน ลดบูมลงมาเพื่อให้ด้านตรงข้ามกับเครนหย่อนเพื่อสะดวกในการปฏิบัติงานให้ เจ้าหน้าที่ประดาน้ำปลดขอโซ่ทั้ง 2 ด้านที่สเกล SG. ทั้ง 4 ตัว และทำการติดตั้งขั้นต่อไปจนครบ 10 ชั้น

7. การประกอบชุดสะพาน เมื่อติดตั้ง SG. ทั้ง 10 ชุด เรียบร้อยแล้ว ให้ประกอบทางเดิน (PEDESTRIAN WALKWAY) ทั้ง 4 ชุด เข้าด้วยกันบน SG. ชุดที่ 1 โดยเครนประจำอู่ ขนาด 75 ตัน เจ้าหน้าที่ปลดชุดคาน SG. ออกวางไว้ก่อน จากนั้นใช้สลิงยกชุดสะพานชุดที่ 1 ประกอบฝั่งตรงข้ามก่อน โดยวางให้ตรงกับช่องรับอย่างแนบสนิท แล้วประกอบชุด 2,3,4 ต่อไปจนครบ

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

การรื้อถอน SECTIONAL DOCK GATE (SG.) ที่ 110 % (ตำแหน่งที่ 1)

สนับสนุนข้อมูลโดย กรม อร.ทร.

1. เพื่อความพร้อมสำหรับการปฏิบัติงานรื้อถอน SG. ต้องเติมน้ำเข้าอู่แห้งให้ได้ระดับเดียวกับระดับน้ำทะเลด้านนอกเพื่อลดแรงดันน้ำที่ไหลเข้าอู่ขณะรื้อถอน

2. ให้รื้อถอนชุดสะพานทั้ง 4 ชุดที่ติดตั้งบน SG.ชุดที่ 1 (ชั้นบนสุด) ออกให้หมดโดยใช้สลิงเกี่ยวสเกลด้านบนยกชุด 4,3,2 และ 1 ตามลำดับโดยใช้เครนประจำอู่ตัวที่ 1 ปฏิบัติงานยกย้ายชุดสะพาน

3. ให้ใช้เครนประจำอู่ตัวที่ 1 เป็นตัวยก SG. ชุดที่ 1-10 ตามลำดับ

4. ประกอบชุดคานยกโซ่ ให้ปรับแต่งโซ่ที่รอกแม่แรง ตามค่าระดับที่ได้จากการบันทึก หรือทำเครื่องหมายไว้ก่อน การติดตั้ง SG. เพื่อความสะดวกในการรื้อถอน ซึ่งจะช่วยได้อย่างมาก เมื่อ SG. อยู่ในน้ำแล้วผูกเชือกดึงโซ่ที่ขอเกี่ยวทั้ง 4 เส้น ผูกมัดเหล็กถ่างโซ่ขยายออกไปเกี่ยวขอโซ่สเกล SG. ผูกเชือกนำแล้วเคลื่อนย้ายเครนไปยังตำบลรื้อถอน SG.

5. การเกี่ยวสเกล หัวหน้าเจ้าหน้าที่สั่งการให้เครนประจำอู่ 1 ลดบูมลงจนโซ่หย่อน ด้านตรงข้าม กับเครน เพื่อใช้ขอโซ่เกี่ยวสเกล โดยใช้เชือกดึงเพื่อบังคับทิศทาง (การเกี่ยวขอโซ่โดยการหงาย) ใช้ จนท.การอู่ ปฏิบัติส่วนที่พ้นน้ำ ส่วนการปฏิบัติใต้น้ำจะใช้ จนท.ประดาน้ำทำการเกี่ยวขอโซ่ ซึ่งการรื้อถอน SG. จะใช้การ ดำน้ำแบบ SURFACESUPPLIED โดยทีมนักประดาน้ำจาก แผนกเชือกรอกและการอู่ กอง กสน.อรม.อร. จำนวน 3 นาย, กรมโรงงาน ฐท.สส. จำนวน 3 นาย และจาก สพ.ทร. จำนวน 5 นาย ที่ร่วมปฏิบัติงานสนับสนุน

6. การรื้อถอนเมื่อทุกอย่างพร้อมแล้วนายทหารควบคุม ฯ สั่งการให้ หัวหน้าเจ้าหน้าที่ (ช่างชั้น 3) ดำเนินการรื้อถอน ชุดที่ 1 (ชั้นบนสุด) ก่อนโดยการยก/ลด บูม หะเบส/หะเรีย อย่างช้า ๆ โดยตรงสอบระยะเบียดของ SG. ทั้ง 2 ด้าน อย่างระมัดระวัง หลีกเลี่ยงการครูด ถู ของยางกันน้ำทั้ง 3 ด้าน SG. หากติดขัดให้หยุดเครนประจำอู่ทันทีและพิจารณาแก้ไข ขณะยก เจ้าหน้าที่เครน 1 จะต้องแจ้งรายละเอียดแรงยกขึ้นของเครน ให้ หัวหน้าเจ้าหน้าที่ทราบเป็นระยะ ๆ อย่าให้แรงยกนั้นเกิน 7 ตัน จะทำให้ SG. ขัดตัวกับขอบประตู ซึ่งอาจเกิดข้อยุ่งยากในการแก้ไขเมื่อยก SG. ขึ้นเกือบพ้นขอบประตูอู่ประมาณ 15 ซม. (ขอบอู่ด้านนอก) ให้หยุดเพื่อ ผูกเชือกนำป้องกันการเหวี่ยงหมุนของ SG. ขณะเคลื่อนที่โดยผูกเชือกกับ SG. แล้วดึงขึ้นด้วยขอตะเภาอย่างระมัดระวัง ต่อมาดำเนินการรื้อถอนชุดที่ 2,3,4,5,6,7,8,9 และ ชุดที่ 10 ชั้นสุดท้าย ซึ่งชุดที่ 10 นั้น มีเสาค้ำต้องถอดถอนเสาค้ำออกให้หมดก่อนนำไปเก็บ

7. การเคลื่อนย้าย SG. ไปยังที่เก็บให้ยก SG. สูงประมาณ 50-100 ซม. โดยใช้เชือกนำ 2 เส้น ควบคุมการเหวี่ยงแล้วเคลื่อนเครนประจำอู่ไปยังที่วางด้วยความเร็วระดับ 1

8. การเก็บวาง SG. ไม่ควรวาง SG. ห่างเกินไปจนไม่สามารถยกได้ด้วยเครนตัวเดียว หากใช้เครน 2 ตัวจะต้องติดตั้งคานใหม่ ทำให้เสียเวลาก่อนวาง SG. การยกควรให้ลอยพ้นจากพื้นประมาณ 20 ซม. ใช้ไม้ขนาด 3 x 1 1/2 x 12 นิ้ว ประมาณ 20 – 25 ท่อน รองรับพื้นด้านล่างของ SG. ตลอดแนว เป็นการป้องกันไม่ให้ยางป้องกันน้ำชำรุดเสียหาย เมื่อรองไม้ตามตำแหน่งที่ต้องการแล้วให้หะเรีย SG. ลงปลดโซ่ ถอดสเกล และเชือกนำออกไปเก็บที่คลัง

9. ใช้รถน้ำจาก แผนกขนส่ง กองสนับสนุน อู่ราชนาวีมหิดล ล้างทำความสะอาด SG. ให้สะอาดปราศจากสิ่งสกปรก และคราบน้ำทะเลที่เกาะผิว SG.

10. จนท.การอู่ ปิดประตูอู่ประกอบราวกันตกบนทางเดินบานประตูอู่แห้งทั้ง 2 ข้าง ให้เรียบร้อยเข้าที่เดิม สูบน้ำออกจากอู่แห้ง และฉีดน้ำล้างทำความสะอาดประตูอู่แห้งให้เรียบร้อย

ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการทำงาน

1. มีแผนปฏิบัติงานที่ดีและมีการควบคุมทุกขั้นตอน
2. มีองค์บุคคลและองค์วัตถุพร้อมที่จะปฏิบัติงาน
3. ผู้บังคับบัญชาเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาให้หน่วยรองอันเป็นปัญหาที่หน่วยรองไม่สามารถแก้ได้

สรุป

ภารกิจในการรักษาอู่แห้งของอู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ และอุปกรณ์ประจำอู่แห้งทั้งหมดที่อยู่ในความรับผิดชอบของแผนกเชือกรอกและการอู่ กองสนับสนุน อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ นั้น อุปกรณ์ทุกประเภทต้องพร้อมใช้งานตลอดเวลาหากเกิดปัญหาข้อขัดข้องต้องสามารถดำเนินการแก้ไขได้ทันที หนึ่งในจำนวนนั้นคือการรับผิดชอบในการติดตั้งรื้อถอน SG. ตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่อู่แห้ง เมื่องานซ่อมทำประตูอู่หลักสำเร็จเรียบร้อยสามารถใช้งานได้ตามปกติก็จะต้องมีการติดตั้ง SG. ในอู่แห้งตามสั่งการของ กองแผนและประมาณการช่าง อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ เพื่อให้การสร้างเรือ OPV. ลำที่สองในอู่แห้งดำเนินการต่อไปจนจบสิ้น

เอกสารอ้างอิง

1. INTERMEDIATE GATE OPERATING AND MAINTENANCE MANUAL บ.UNITHAI S&E

2. คู่มือรายงาน วิธี หรือแนวทางการปฏิบัติงานที่เป็นเลิศ แผนกเชือกรอกและการอู่ กองสนับสนุน อู่ราชนาวีมหิดลอดุลยเดช กรมอู่ทหารเรือ

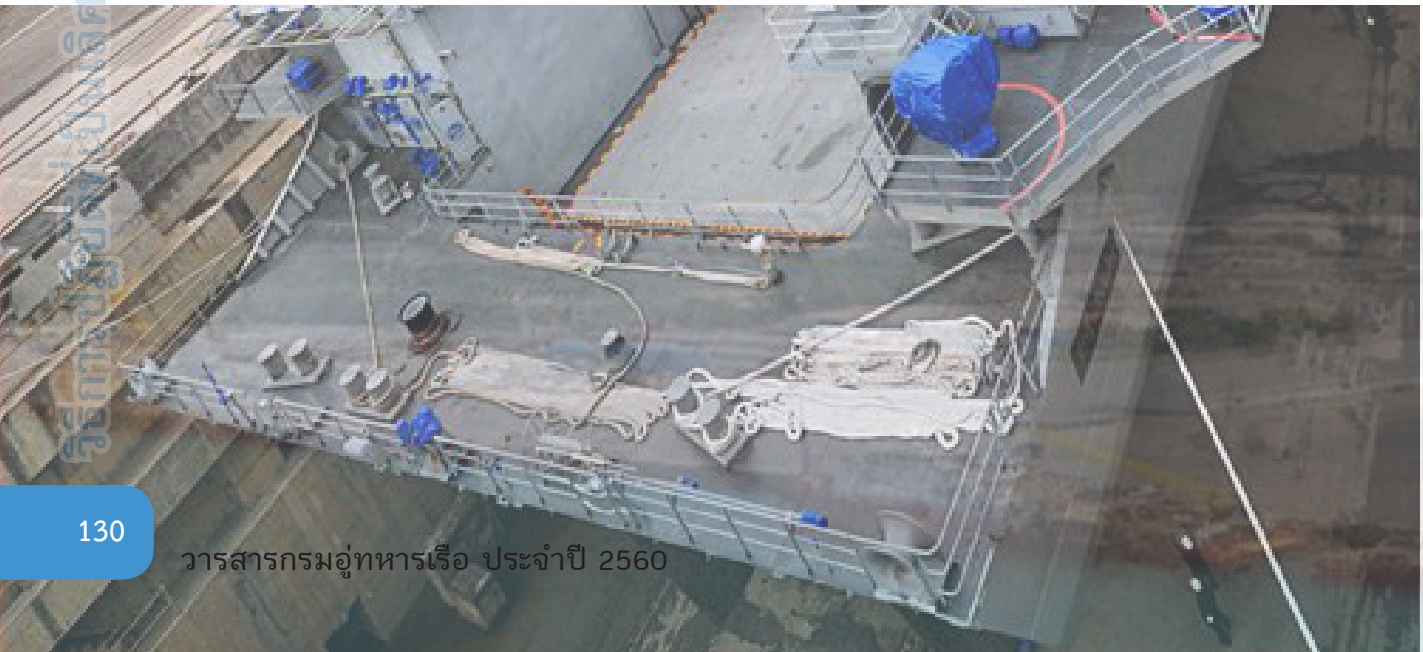
สนับสนุนต่อเนื่องทางยุทธศาสตร์ อย่างมืออาชีพ

กระบวนการสวมกระบอกทองเหลือง (Sleeve) รัดเพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิม โดยไม่แตกร้าว

นาวาโท บพิธ ทศเทพพิทักษ์
ประจำแผนกจัดแผนงาน กองกำกับการซ่อมสร้าง อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ
นาวาตรี บรรพต มิตรพระพันธ์
นายช่างโรงงานเครื่องกล กองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ

บทคัดย่อ

วิธีการปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหากระบวนการสวมกระบอกทองเหลือง (Sleeve) รัดเพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิมโดยไม่แตกร้าว เป็นวิธีการที่แก้ปัญหาจากการศึกษา ค้นคว้าทางทฤษฎี ผสมผสานกับประสบการณ์ของคณะทำงานในกองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ (กรก.อจปร.อร.) ทำให้เกิดการแก้ปัญหาการซ่อมทำเพลาใบจักรของชุดเรือระบายพลขนาดใหญ่ (รพญ.) ได้แก่ ร.ล.มันนอก ร.ล.มันใน และ ร.ล.มันกลาง โดยสมบูรณ์ ซึ่งในอดีตที่ผ่านมา การสวมกระบอกทองเหลืองโดยให้ความร้อนเพื่อให้เกิดการขยายตัวเพื่อสวมเข้ากับเพลาเหล็กและปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง ไม่เคยพบปัญหาการแตกร้าวมาก่อน แต่ด้วยวัสดุเพลาของชุดเรือ รพญ. เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) วิธีปฏิบัติแบบเดิมไม่สามารถใช้ได้ผล ทำให้เกิดการแตกร้าวขึ้น การแก้ปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการระดมความคิดจากประสบการณ์และในส่วนทฤษฎีด้านโลหะวิทยาทำให้ทราบว่าการขยายตัวเชิงความร้อนของวัสดุใด ๆ มีความแตกต่างกัน เมื่อวัสดุคนละชนิดกัน ย่อมมีการขยายตัวและหดตัวต่างกัน นั่นคือสมบัติทางฟิสิกส์ในแต่ละวัสดุ คือ การขยายตัวเชิงความร้อน (Thermal Expansion) ด้วยความเข้าใจทางด้านทฤษฎี ประกอบกับประสบการณ์การทำงานของบุคลากร ทำให้สามารถกำหนดวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศได้ในขั้นตอนหลังจากสวมกระบอกทองเหลืองเข้ากับเพลาแล้ว ให้คงการให้ความร้อนต่อกระบอกทองเหลืองต่อไปจนอุณหภูมิของกระบอกทองเหลืองกับเพลาเหล็กกล้าไร้สนิมใกล้เคียงกัน จึงสามารถปล่อยให้เย็นตัวลงไปที่อุณหภูมิห้องได้ เพื่อป้องกันการขยายตัวและหดตัวอย่างรวดเร็วของทั้งสองวัสดุ ด้วยวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวถือเป็นหนึ่งในวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศของ อจปร.อร. และได้รับรางวัลชนะเลิศ ในการประกวดการจัดการความรู้ของ อร. ประจำปี 2559 ถือเป็นความสำเร็จและความภาคภูมิใจของชุมชนนักปฏิบัติของโรงงานเครื่องกล กรก.อจปร.อร. และพร้อมที่จะส่งต่อวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศดังกล่าวให้ชนรุ่นหลังสืบไป



นิยามศัพท์

เพลาใบจักร (Propeller shaft) กระบอกทองเหลือง (Sleeve) การสวมรัด (Hole Fit) การขยายตัวเชิงความร้อน (Thermal Expansion) สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวเชิงความร้อน (Coefficients of Thermal Expansion)

บทนำ

เพลาใบจักรเป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบขับเคลื่อนของเรือทุกลำ เมื่อเพลาใบจักรถูกใช้งานไปในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ย่อมเกิดการชำรุดเสียหายจากปัจจัยหลายๆ ประการ โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้เพลาใบจักรเกิดการชำรุด คือ การเสียดสีเมื่อเพลาใบจักรทำงานโดยการหมุนอยู่ใต้น้ำเพื่อส่งกำลังให้เรือเคลื่อนที่ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการซ่อมทำเพลาใบจักร ให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โรงงานเครื่องกล กรก.อจปร.อร. เป็นหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบและให้การสนับสนุนงานซ่อมทำกิจกรรมทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล โดยเฉพาะระบบเพลาใบจักร (Propeller Shaft) ที่จำเป็นต้องมีการซ่อมบำรุงให้กับเรือที่มีแผนการซ่อมตัวเรือใต้แนวน้ำโดยตลอด เพลาใบจักรที่ใช้อยู่ในเรือของกองทัพเรือมี 3 ประเภทหลัก ได้แก่ เพลาใบจักรเหล็กกล้าสวมรัดกระบอกทองเหลือง เพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิม และเพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิมสวมรัดกระบอกทองเหลือง [1]

สำหรับเพลาใบจักรที่สวมรัดด้วยกระบอกทองเหลือง หลังจากผ่านการใช้งานในระยะหนึ่ง ความเสียหายจากการสึกหรอจะเกิดขึ้นที่กระบอกทองเหลือง หากพบว่ามีความเสียหายเกินกว่าร้อยละ 30 จะต้องดำเนินการเปลี่ยนกระบอกทองเหลืองโดยวิธีการสวมรัด (Hole Fit) [2] ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากกระบอกทองเหลืองจะทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเพลาที่สัมผัสกับแบริ่ง (Bearing) รับเพลา เพื่อรองรับการเสียดสีและสึกหรอ จากประสบการณ์ที่ผ่านมา การเปลี่ยนกระบอกทองเหลืองโดยการสวมรัดกับเพลาใบจักรเหล็กกล้าด้วยวิธีการให้ความร้อน ไม่เคยประสบปัญหากระบอกทองเหลืองแตกร้าวหลังจากสวมกระบอกทองเหลืองแล้วเสร็จและปล่อยให้เย็นตัวจนกระทั่ง ในปี พ.ศ.2553 การเปลี่ยนกระบอกทองเหลืองรัดเพลาใบจักร ร.ล.มันใน ซึ่งเป็นเพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อให้ความร้อนที่กระบอกทองเหลืองเพื่อให้ขยายตัวและสวมรัดที่เพลาใบจักรพบว่าเกิดการแตกร้าวขึ้นหลังจากปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ ดังรูปที่ 1 ทำให้เกิดการสูญเสียงบประมาณและเวลาในการซ่อมทำเรือ จากปัจจัยแห่งปัญหานี่เองที่เกื้อหนุนให้เกิดพลังขับเคลื่อนของชุดทำงาน ร่วมกันคิด วิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ดังรูปที่ 2 จนนำมาสู่การจัดการความรู้และพัฒนาเป็นวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศของชุดทำงานซ่อมทำเพลาใบจักร โรงงานเครื่องกล กรก.อจปร.อร. จนถึงปัจจุบัน ทำให้ลดการสูญเสียงบประมาณและเวลาในการส่งมอบเรือ ซึ่งมีเรือที่ใช้ราชการอยู่ในกองทัพเรือในปัจจุบันอย่างน้อย 3 ลำ คือ ร.ล.มันใน ร.ล.มันนอก และ ร.ล.มันกลาง ที่ใบจักรประเภทนี้

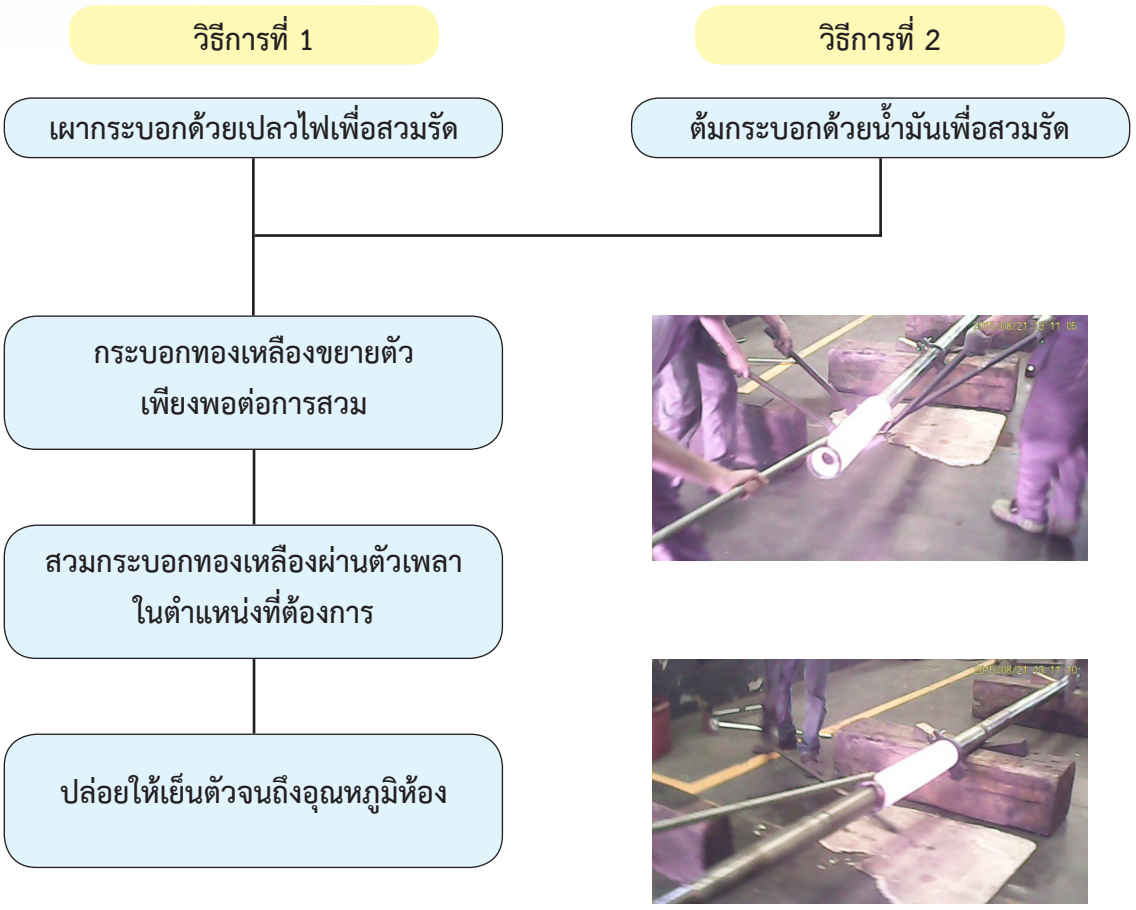
รูปที่ 1 แสดงการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองหลังปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ

รูปที่ 2 การระดมความคิดของชุดช่าง โรงงานเครื่องกล กรก.อจปร.อร. เพื่อแก้ปัญหาแตกร้าวของกระบอกทองเหลือง

วิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศสำหรับการทดสอบครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองในงานเปลี่ยนกระบอกทองเหลืองกับเพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิม และเพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการซ่อมทำเพลาใบจักรภายในโรงงานเครื่องกล กรก.อจปร.อร. ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น รวมถึงเพื่อบริหารจัดการองค์ความรู้ในตัวบุคคลผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่ามิให้สูญหายไปกับตัวผู้ปฏิบัติงาน อันจะนำมาซึ่งวิธีการปฏิบัติที่เป็นแบบแผนในการแก้ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองต่อไป

ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติ

การเปลี่ยนกระบอกทองเหลืองรัดเพลาใบจักร เป็นวิธีการซ่อมทำเพลาใบจักรวิธีการหนึ่ง ที่มีการปฏิบัติมาตลอด โดยใช้วิธี***การสวมรัด*** ด้วยการให้ความร้อนแก่กระบอกทองเหลือง เพื่อให้กระบอกทองเหลืองเกิดการขยายตัวจนสามารถสวมเข้าไปในตำแหน่งที่ต้องการได้ เมื่อกระบอกทองเหลืองเย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง กระบอกทองเหลืองจะหดและเกิดการรัดเพลาใบจักร รายละเอียดขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3 ดังนี้



รูปที่ 3 แผนผังแสดงวิธีการและขั้นตอนการสวมรัดกระบอกทองเหลืองที่เพลาใบจักร

จากรูปที่ 3 แสดงแผนผังวิธีการและขั้นตอนการสวมรัดกระบอกทองเหลืองที่เพลาใบจักร โดยการให้ความร้อนที่กระบอกทองเหลือง จนมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 400 - 500 °C ซึ่งมี 2 วิธี คือ การเผาด้วยเปลวไฟ และการต้มด้วยน้ำมัน ซึ่งทั้ง 2 วิธี มีวัตถุประสงค์เดียวกัน คือ การทำให้กระบอกทองเหลืองขยายตัว เส้นผ่านศูนย์กลางจะใหญ่ขึ้นเพียงพอต่อการสวมเข้าไปที่เพลาใบจักรในตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นปล่อยให้กระบอกทองเหลืองเย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง กระบอกทองเหลืองจะหดตัวและรัดติดแน่นอยู่กับตัวเพลาใบจักร [3] จากนั้นทำการกลึงปรับแต่งขนาดและขัดเงาก็สามารถนำเพลาใบจักรกลับไปใช้งานได้ดังเดิม สำหรับกระบอกทองเหลืองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่จะใช้วิธีการให้ความร้อนด้วยวิธีการต้มด้วยน้ำมัน เพราะจะทำให้ความร้อนทั่วถึงมากกว่าวิธีการเผาด้วยเปลวไฟ

ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองที่เกิดขึ้น จะเกิดในกระบวนการหลังจากการสวมเข้ากับเพลาใบจักรและปล่อยให้เย็นตัว อธิบายได้ว่า ในขณะที่กระบอกทองเหลืองขยายตัวจากการเผา โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง

400 – 500°C และสามารถสวมเข้ากับเพลาเรียบร้อย โดยในระหว่างทำการสวมกระบอกทองเหลืองนั้น เพลาซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่ามาก เมื่อได้รับความร้อนจากกระบอกทองเหลือง จะทำให้เพลามีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดการขยายตัว ในขณะเดียวกันอุณหภูมิของกระบอกทองเหลืองลดลงจากการถ่ายเทความร้อนให้กับเพลา ทำให้เกิดการหดตัว ซึ่งการขยายตัวของเพลาและการหดตัวของกระบอกทองเหลืองจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้าม จึงเกิดการแตกร้าวขึ้น จากการศึกษาทางทฤษฎี ทำให้ทราบว่าปัญหาดังกล่าว เกิดจากอัตราการขยายตัวและหดตัวที่รวดเร็วของโลหะทั้ง 2 ชนิด และด้วยอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากระหว่างกระบอกทองเหลืองกับเพลา จึงทำให้การหดและขยายตัวแตกต่างกัน นำมาซึ่งการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองดังกล่าว

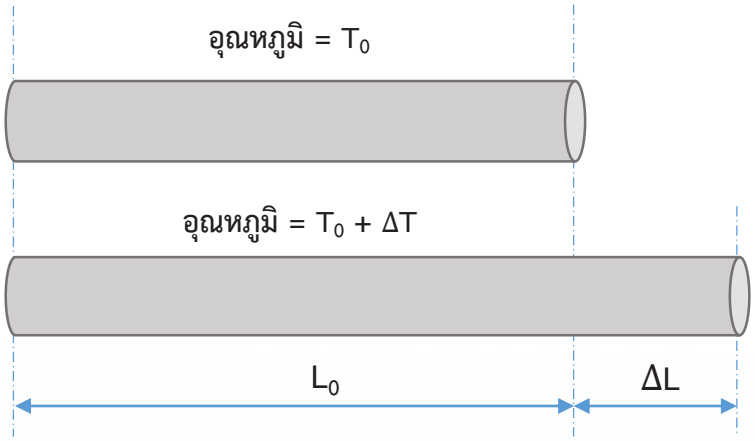
รูปที่ 4 แสดงการเผากระบอกทองเหลืองหลังจากสวมเข้ากับเพลาเพื่อเพิ่มอุณหภูมิเพลาใบจักรให้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของกระบอกทองเหลือง ก่อนที่จะปล่อยให้เย็นตัวพร้อมกัน

รูปที่ 5 แผนผังกระบวนการนำไปสู่การปฏิบัติที่เป็นเลิศ

วิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหานี้ จะต้องทำให้อัตราการขยายตัวและหดตัวมีอัตราที่สอดคล้องกัน ในขณะที่สวมกระบอกทองเหลืองเข้ากับเพลาแล้ว จะต้องดำเนินการคงการให้ความร้อนในบริเวณกระบอกทองเหลืองต่อไปดังแสดงในรูปที่ 4 เพื่อให้เพลาที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่อย ๆ มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจนใกล้เคียงกับกระบอกทองเหลือง จากนั้นลดอุณหภูมิอย่างช้า ๆ และต่อเนื่องโดยการค่อย ๆ ลดปริมาณการเผาไฟ และปล่อยให้เย็นตัวลงพร้อม ๆ กันจนถึงอุณหภูมิห้อง เพื่อป้องกันการแตกร้าวของกระบอกทองเหลือง วิธีปฏิบัติเพื่อการแก้ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลือง แสดงตามแผนผังในรูปที่ 5 ตั้งแต่เริ่มต้นการให้อุณหภูมิกระบอกทองเหลือง การสวมกระบอกเข้ากับเพลา การให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง การลดปริมาณความร้อนอย่างช้า ๆ จนถึงการปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจากแผนผังดังกล่าวจะเห็นว่าในขั้นตอนการให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง การลดปริมาณความร้อนอย่างช้า ๆ เป็นหัวใจสำคัญของการแก้ปัญหาและถือเป็นวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศของกระบวนการทั้งหมด

ผลการปฏิบัติและวิเคราะห์

จากวิธีการปฏิบัติตามแผนผังกระบวนการในรูปที่ 5 สามารถแก้ปัญหาการสวมรัดกระบอกทองเหลืองกับเพลาใบจักรเหล็กกล้าไร้สนิมโดยไม่แตกร้าวเมื่อปล่อยให้เย็นตัวได้อย่างสมบูรณ์ สามารถอธิบายได้ว่า ภายหลังจากที่ให้ความร้อนแก่กระบอกทองเหลือง (อุณหภูมิประมาณ 400 - 500 °C) จนขยายตัวเพียงพอต่อการสวมไปที่เพลาในตำแหน่งที่ต้องการ และยังคงให้อุณหภูมิอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งอุณหภูมิของเพลาและกระบอกทองเหลืองมีค่าใกล้เคียงกัน จากนั้นให้กระบอกทองเหลืองมีอัตราการเย็นตัวช้าที่สุด [4] ด้วยการลดปริมาณความร้อนอย่างช้า ๆ เพื่อให้กระบอกทองเหลืองหดตัวอย่างช้า ๆ ด้วย จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้องได้โดยไม่พบการแตกร้าวของกระบอกทองเหลือง



รูปที่ 6 แสดงการขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อน

จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายในทางทฤษฎีได้ว่า โลหะทุกชนิดจะเกิดการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน [5] ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวทางฟิสิกส์ของโลหะแต่ละชนิดเรียกว่า การขยายตัวเชิงความร้อน (Thermal Expansion) เมื่อ T_0 คือ อุณหภูมิเริ่มต้น ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ในขณะที่ L0 คือความยาวเริ่มต้น และ ΔL คือความยาวที่เพิ่มขึ้นหลังจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิเท่ากัน วัสดุ 2 ชนิดจะมีอัตราการขยายตัวที่แตกต่างกัน สามารถอธิบายได้ในตัวแปรของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงความร้อน (Coefficients of Thermal Expansion) ซึ่งมีทั้งเชิงปริมาตร (Coefficients of Volume Thermal Expansion; α) และเชิงเส้น (Coefficients

of Linear Thermal Expansion; α) [6] ซึ่งสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวจากความร้อนเชิงปริมาตรสามารถวัดในทุกสถานะทั้งของเหลวและของแข็ง ส่วนการขยายตัวจากความร้อนเชิงเส้นสามารถวัดได้ในสถานะของแข็ง ดังแสดงในสมการที่ 1

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T \tag{1}$$

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \tag{2}$$

จากสมการที่ 2 ให้ α เป็นค่าคงที่เฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดเชิงเส้นของวัสดุ คือ อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของความยาวต่อระดับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ [7] ดังแสดงในสมการที่ 3 ดังนี้

$$\alpha = \frac{1}{L_0} \frac{\partial L}{\partial T} \tag{3}$$

จากสมการที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวหรือหดตัวของวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่วัตถุได้รับ ค่าสัมประสิทธิ์จะเป็นค่าเฉพาะตัวของแต่ละวัตถุ ซึ่งต้องมาพิจารณาเมื่อเราออกแบบโครงสร้างขนาดใหญ่ และในการประยุกต์ทางวิศวกรรมอื่น ๆ ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง เนื่องจากวัตถุที่มีค่า α สูง จะมีอัตราการขยายตัวที่สูง ซึ่งอาจส่งผลต่อโครงสร้างที่มีความเกี่ยวเนื่องกัน และเกิดความเสียหายได้ ค่าสำหรับ α ของวัสดุทั่วไปนั้นจะให้ในหน่วย หนึ่งในล้านส่วนต่อองศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Coefficients of Thermal Expansion for Solids and Liquids [8]

Substance	Coefficient of Thermal Expansion $(°C)^{-1}$	
	Linear (α)	Volume (β)
Solids		
- Aluminum	23×10^{-6}	69×10^{-6}
- Brass	19×10^{-6}	57×10^{-6}
- Concrete	12×10^{-6}	36×10^{-6}
- Copper	17×10^{-6}	51×10^{-6}
- Stainless Steel	17.3×10^{-6}	-
- Glass (common)	8.5×10^{-6}	26×10^{-6}
- Glass (Pyrex)	3.3×10^{-6}	9.9×10^{-6}
- Gold	14×10^{-6}	42×10^{-6}
- Iron or Steel	12×10^{-6}	36×10^{-6}
- Lead	29×10^{-6}	87×10^{-6}
- Nickel	13×10^{-6}	39×10^{-6}
- Quartz (Fused)	0.5×10^{-6}	1.5×10^{-6}
- Silver	19×10^{-6}	57×10^{-6}

วิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศ (Best Practice)

Substance	Coefficient of Thermal Expansion $(°C)^{-1}$	
	Linear (α)	Volume (β)
Liquids		
- Benzene	-	1240×10^{-6}
- Carbon tetrachloride	-	1240×10^{-6}
- Ethyl alcohol	-	1120×10^{-6}
- Gasoline	-	950×10^{-6}
- Mercury	-	182×10^{-6}
- Methyl alcohol	-	1200×10^{-6}
- Water	-	207×10^{-6}

[a]The values for α and β pertain to a temperature near 20°C

[b]Since liquids do not have fixed shapes, the coefficient of linear expansion is not defined for them.

จากตารางที่ 1 พบว่า α ของทองเหลือง (Brass) มีค่า 19 x 10-6 $(°C)^{-1}$ สูงกว่าของเหล็ก (Iron or Steel) ซึ่งมีค่า 12 x 10-6 $(°C)^{-1}$ หมายถึง ทองเหลืองจะมีอัตราการขยายตัวมากกว่าเหล็กเมื่อได้รับความร้อน [9] ดังนั้น ในขณะที่กระบอกทองเหลืองเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว แต่เพลาเหล็กกับขยายตัวอย่างช้า ๆ เมื่อได้รับความร้อนจากกระบอกทองเหลืองและขยายตัวเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีค่า α น้อยกว่าทองเหลืองมาก จึงไม่ส่งผลต่อกระบอกทองเหลืองที่กำลังหดตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้วิธีการปฏิบัติที่ผ่านมาไม่เกิดการแตกร้าวขึ้น แต่เมื่อมีการสวมกระบอกทองเหลืองกับเพลาเหล็กกล้าไร้สนิมของชุดเรือระบายพลขนาดใหญ่ (รพญ.) ด้วยกระบวนการเดิมนั้น เกิดการแตกร้าวขึ้น สามารถอธิบายได้ว่า เพลาเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีค่า α เท่ากับ 17.3 x 10-6 $(°C)^{-1}$ ซึ่งมีอัตราการขยายตัวใกล้เคียงกับทองเหลืองมาก เมื่อสวมกระบอกทองเหลืองที่มีอุณหภูมิสูงกับเพลาเหล็กกล้าไร้สนิมแล้ว เพลาจะเกิดการขยายตัวอย่างมาก ในขณะที่กระบอกทองเหลืองเกิดการหดตัวอย่างรวดเร็ว ด้วยทิศทางการขยายและหดตัวที่ตรงกันข้ามกัน จึงเกิดการแตกขึ้น ดังนั้น การคงอุณหภูมิของกระบอกทองเหลืองเพื่อรอให้อุณหภูมิของเพลามีค่าใกล้เคียงกัน ก่อนที่จะค่อย ๆ ลดอุณหภูมิของกระบอกทองเหลืองลง และปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง จึงสามารถแก้ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองได้ ทำให้วิธีการปฏิบัติดังกล่าว สามารถดำเนินการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของเรือชุด ร.ล.มันใน ร.ล.มันกลาง และ ร.ล.มันนอก ได้โดยไม่พบการแตกร้าว สามารถประเมินผลได้จากการซ่อมทำระบบเพลาใบจักรของ ร.ล.มันนอก เมื่อเดือน พฤษภาคม พ.ศ.2558 ด้วยการสวมรัดกระบอกทองเหลืองกับเพลาเหล็กกล้าไร้สนิมโดยไม่พบการแตกร้าว จากประสบการณ์นี้เอง จึงถือได้ว่าบุคลากรที่รวมกลุ่มกันทำงานจนประสบความสำเร็จ โดยการแลกเปลี่ยนแบ่งปันความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ผสมผสานกับความรู้ทางทฤษฎีด้านวิศวกรรมจนเกิดเป็นรูปธรรมขึ้น สามารถพัฒนาขั้นตอนการทำงานที่มีอุปสรรค ข้อขัดข้องจนประสบผลสำเร็จ และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อ รง.เครื่องกล กรก.อจปร.อร. และ อจปร.อร.จนสามารถกำหนดเป็นแนวทางเพื่อใช้ในการปฏิบัติต่อไปได้ในอนาคต

สรุปผลการปฏิบัติ

อจปร.อร.ถือเป็นหน่วยเทคนิคของ อร. ที่มีภารกิจในการซ่อมสร้างเรือตามแผน และมีการสะสมองค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมในการซ่อมสร้างเรือจำนวนมาก ด้วยความก้าวหน้าของเรือที่มีความทันสมัยมากขึ้น การพัฒนาต่อยอดจากองค์ความรู้เดิมผสมผสานกับทฤษฎีทางด้านวิศวกรรมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ อร.ก้าวขึ้นสู่ความเป็นเลิศได้อย่างสมบูรณ์ การแก้ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองเมื่อถูกสวมรัดกับเพลาใบจักรเหล็กกล้า

ไร้สนิม ถือเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถตอบสนองต่อวิสัยทัศน์ของ อจปร.อร. และ อร. ได้ โดยอาศัยองค์ความรู้จากการปฏิบัติกันมาในอดีต ผสมผสานกับเทคนิคและทฤษฎีวิศวกรรม ทำให้สามารถลดการสูญเสียงบประมาณของ อร. ตลอดจนลดผลกระทบต่อแผนการส่งมอบเรือของ อจปร.อร. ได้อย่างมีนัยสำคัญ ด้วยวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศจึงเป็นส่วนหนึ่งที่นำมาซึ่งการก้าวขึ้นสู่ความเป็นเลิศในการซ่อมสร้างเรืออย่างเป็นรูปธรรมของ อร. ต่อไป กล่าวโดยสรุปถึงผลการดำเนินงานได้ดังนี้

- เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระดมความคิด รวมถึงการแบ่งปันประสบการณ์ระหว่างทีมงาน
- สามารถนำความรู้ที่ได้ผสมผสานกับความรู้ทางทฤษฎี มาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากแนวทางการแก้ปัญหาได้อย่างสอดคล้องและลงตัวถึงการแก้ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองหลังจากสวมรัดเพลาด้วยเปลวความร้อน
- เกิดการพัฒนากระบวนการสวมกระบอกทองเหลืองเข้ากับเพลาด้วยวิธีทางความร้อนโดยไม่เกิดการแตกร้าว
- นำองค์ความรู้ที่ได้ไปขยายผลสู่การปฏิบัติสำหรับเรือในชุดเดียวกัน รวมทั้งเป็นองค์ความรู้พื้นฐานในการนำไปต่อยอดกับการสวมกระบอกทองเหลืองให้กับเรือลำอื่น

บทเรียนหรือประสบการณ์ที่ได้รับ

- กระบวนการแก้ปัญหาการแตกร้าวของกระบอกทองเหลืองเมื่อสวมรัดกับเพลา อาจใช้ประสบการณ์ของบุคลากรยังไม่เพียงพอ ต้องใช้ความรู้ทางทฤษฎีวิศวกรรมนำมาเป็นส่วนร่วมในการคิดถึงเหตุของปัญหาและวิเคราะห์ถึงแนวทางการแก้ปัญหาโดยอาศัยพื้นฐานทางทฤษฎีควบคู่กัน
- องค์ความรู้ในการแก้ปัญหาการสวมรัดกระบอกทองเหลืองของ ร.ล.มันใน สามารถที่จะนำไปแก้ปัญหาให้กับเรือในชุดเดียวกันได้อย่างต่อเนื่อง และเป็นความรู้พื้นฐานในการแก้ปัญหาที่เกิดในลักษณะใกล้เคียงกันได้
- เป็นการผสมผสานระหว่างองค์ความรู้ที่ชุดช่างมีประสบการณ์กับพื้นฐานทางทฤษฎีวิศวกรรม ก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้กลายเป็นวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศในการแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์
- การระดมความคิดเห็นระหว่างผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้อง นับเป็นการเปิดโอกาสให้ทุกฝ่ายได้มีโอกาสให้ข้อมูล แสดงความคิดเห็น ชี้แจง และซักถามต่อหนทางปฏิบัติต่าง ๆ ทำให้ภาพรวมของกลุ่มมีองค์ความรู้เพิ่มขึ้น

ปัจจัยความสำเร็จ

- ความร่วมมือและจิตสำนึกในการปฏิบัติงานก่อให้เกิดผลสำเร็จของทีม ซึ่งมาจากการระดมความคิด (Brain Strom) ของทุกส่วนที่เกี่ยวข้อง
- ผู้บังคับบัญชาระดับสูงของ อจปร.อร. ให้ความสำคัญต่อการบริหารจัดการความรู้ และกำหนดเป็นนโยบายในการดำเนินการที่ชัดเจน
- ทีมงานมีความเข้าใจถึงวิธีการทำงานเป็นทีมและทำงานร่วมกันเป็นอย่างดี รวมถึงมีความมุ่งมั่นที่จะแก้ปัญหา เพื่อตอบสนองต่อภารกิจของ อจปร.อร. ในการส่งมอบเรือให้ทันตามแผนส่งมอบเรือที่กำหนด
- ทีมงานมีทักษะ ความเชี่ยวชาญ และความสามารถ รวมถึงประสบการณ์ในการทำงานเป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

การให้ความร้อนแก่กระบอกทองเหลืองจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสวมเข้ากับเพลา จะอาศัยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) ในการวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกระบอกทองเหลืองในขณะที่ให้ความร้อนต่อเนื่อง จนกระทั่งเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดใหญ่พอที่จะสวมเข้ากับเพลาได้ จึงจะทำการสวมเข้ากับเพลา ไม่สามารถบอกได้ว่าต้องให้ความร้อนแก่กระบอกทองเหลืองจนถึงอุณหภูมิเท่าไร จึงจะทำให้กระบอกทองเหลืองมี

เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงพอที่จะสวมเข้ากับเพลา เนื่องจากยังไม่มีการทดสอบหาค่าการขยายตัวเชิงความร้อนให้กับทองเหลือง ดังนั้น หากจะเก็บข้อมูลเพื่อเป็นองค์ความรู้สำคัญสำหรับแต่ละวัสดุ จำเป็นต้องมีการทดสอบต่อไป

- วิธีการให้ความร้อนแก่กระบอกทองเหลืองด้วยการต้มด้วยน้ำมันและการเผาด้วยเปลวไฟ จะใช้เวลาค่อนข้างมาก รวมถึงมีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติได้โดยง่าย เห็นควรศึกษาวิจัยเพิ่มเติมถึงวิธีการให้ความร้อนในรูปแบบอื่น ๆ อาทิ เทคโนโลยีขดลวดเหนี่ยวนำ (Induction coil) การสร้างห้องอบวัสดุ ฯลฯ จะช่วยให้เกิดการพัฒนากระบวนการทำงานให้มีความทันสมัย ปลอดภัย และประหยัดเวลามากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

- การศึกษาค้นคว้านี้สำเร็จและสมบูรณ์เป็นวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศได้ ด้วยความกรุณาของผู้บังคับบัญชาที่กรุณาให้โอกาสในการทำงาน คณะทำงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการปฏิบัติที่เป็นเลิศนี้ จะเป็นประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จะนำทางไปสู่การแก้ปัญหาการทำงานของกรมอู่ทหารเรือได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือการบริหารจัดการความรู้ (Knowledge Management) กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงานซ่อมทำเพลาใบจักร โรงงานเครื่องกล กองโรงงานเครื่องกล อู่ทหารเรือพระจุลจอมเกล้า กรมอู่ทหารเรือ
2. ISO Standards Handbook 1999 2nd Edition, Limits, fits and surface properties, ISBN 92-67-10293-1. This book is also shown after Chapter 5.
3. https://mdmetric.com/Ch6.8wGO.pdf
4. Callister, W.D., 2000, “Materials science and engineering; an introduction”, John Wiley & Sons.
5. Brown, M.E., 2001, “Introduction to thermal analysis”, Kluwer.
6. http://www.thaiceramicsociety.com/ch_heat.php
7. Hideko H, Mieko W., Hideaki I., 2000, “Measurement of thermal expansion coefficient of LaCrO3” Thermochimica acta 359 (2000) 77-85p.
8. https://th.wikipedia.org
9. https://www.rsu.ac.th/science/physics/pom/physics1/heat/heat.pdf