



# วิธีลดผลกระทบต่องานติดตั้งระบบขับเคลื่อนเรือ ในขั้นตอนการประกอบบล็อกท้ายเรือ

## Methods to Minimize Effects on Propulsion Installation for the Erection of Stern Blocks

น.ท.นพดล ตันวิฒนะ<sup>1</sup>

นายช่างแผนกเครื่องเย็นระบายและปรับอากาศ กองออกแบบกลจักร  
กรมแผนการช่าง กรมอุทหาเรือ

กรมอุทหาเรือ 2369/650 หมู่ 2 ท่าเรือจุกเสม็ด ต.สัตหีบ อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี 20180

### บทคัดย่อ

ค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดและรูปทรงของบล็อกท้ายเรือมีผลกระทบต่อการติดตั้งระบบขับเคลื่อนเรือ โดยอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบขับเคลื่อนลดลง ทำให้เรือไม่สามารถใช้ความเร็วสูงสุดได้ตามการออกแบบ หรือระบบขับเคลื่อนอาจชำรุดก่อนเวลาอันควร มีแนวทางป้องกันผลกระทบดังกล่าว 4 แนวทาง คือ การพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวเรือในการติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อน การประกอบบล็อกท้ายเรือด้วยการอ้างอิงตำแหน่งส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อนกับตำแหน่งที่กำหนดลงบนพื้นลานต่อเรือ การพิจารณาใช้ค่าเผื่อสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลให้กับส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อนที่มีการติดตั้งก่อนการประกอบบล็อกท้ายเรือ และการพิจารณาเลือกกระบบขับเคลื่อนที่มีอุปกรณ์ในการปรับระยะเพื่อชดเชยค่าความคลาดเคลื่อนของตัวเรือ

---

Corresponding Author:

<sup>1</sup> Email: Noppadon.tu@gmail.com, Line ID: taoncl



ในการลดผลกระทบความคลาดเคลื่อนบล็อกท้ายเรือต่อการติดตั้งระบบขับเคลื่อน ฝายตัวเรือและฝายเครื่องกลจะต้องมีความเข้าใจในแนวทางในข้างต้นเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานของแต่ละฝายได้สมบูรณ์

## Abstract

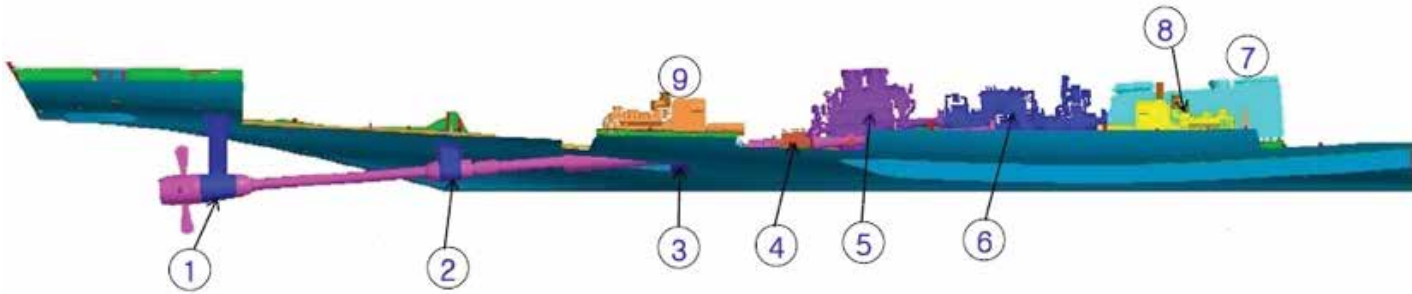
An error in dimension and shape of the stern block can affect to a propulsion installation. It may result of less propulsion efficiency which can cause of unable in propelling at the maximum speed or unexpected fail of the system. There are 4 practical concepts that can be applied during the stern block erection; installing propulsion outfitting with care of hull deformation, referring propulsion ground marking during an erection of the stern block, preparing machining margin for propulsion outfitting and considering to apply a compensate disc for the propulsion system. In order to minimize a dimension and shape error in the stern block, both hull production team and propulsion installation team must fully understand those concepts and be able to apply them into their work processes.

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันกรรมวิธีการต่อเรือแบบเป็นบล็อก (Modular Construction Method) เป็นที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมต่อเรือ ทั้งนี้เพราะทำให้การต่อเรือมีความรวดเร็วขึ้น การต่อเรือในลักษณะนี้จำเป็นต้องมีการจัดการระบบงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เกิดความสัมพันธ์ เพื่อให้งานต่อเรือสามารถดำเนินการได้อย่างต่อเนื่อง งานติดตั้งระบบขับเคลื่อนก็เป็นส่วนหนึ่งที่ต้องจัดการให้สัมพันธ์กับขั้นตอนของการต่อเรือ โดยบล็อกตัวเรือที่มีความสัมพันธ์ต่อการติดตั้งระบบขับเคลื่อนก็คือบล็อกท้ายเรือ (Stern Block) ซึ่งบล็อกท้ายเรืออาจเป็นบล็อกขนาดใหญ่เพียงบล็อกเดียวหรือประกอบด้วย

หลายบล็อกก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบและประเภทของเรือ (The Society of Naval Architects of Japan: Vol 3, 1995) รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนที่ติดตั้งในบริเวณบล็อกท้ายเรือ ตำแหน่งของส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณบล็อกท้ายเรือจะมีการคำนวณถึงความสัมพันธ์เพื่อให้ระบบขับเคลื่อนมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นขนาดและรูปร่างของบล็อกท้ายเรือจึงมีความสำคัญต่อการทำงานของระบบขับเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนบล็อกท้ายเรือส่งผลให้ตำแหน่งการติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือและ

## รูปที่ 1 ตัวอย่างการจัดวางระบบขับเคลื่อนในบริเวณบล็อกท้ายเรือ (เอกสารประกอบการเรียนหัวข้อ Accuracy: DSME, 2016)



1. Main Strut
2. Inter Strut
3. Stern Tube Boss
4. Bearing
5. Diesel Engine
6. Gear Box
7. Gas Turbine
8. Diesel Generator
9. Diesel Generator

อุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนไม่ตรงตามแบบ โดยอาจทำให้ประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนลดลง เช่น มุมเพลลาใบจักรมีค่ามากหรือน้อยกว่าค่ายอมรับได้จากการออกแบบ

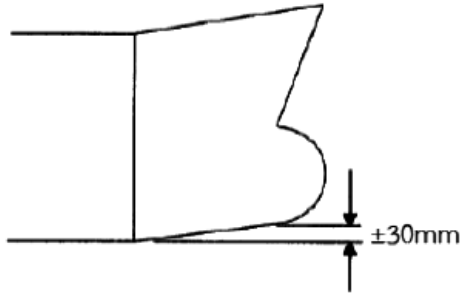
จาก (IACS No.27, 013) ได้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับการต่อเรือ โดยครอบคลุมการทำงานตั้งแต่ระดับชิ้นส่วน (Unit) บล็อก (Block) และตัวเรือ (Hull) รูปที่ 2 เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของรูปทรงตัวเรือส่วนหัวเรือและท้ายเรือที่  $\pm 30$  มม. และ  $\pm 20$  มม. ตามลำดับ พิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้บริเวณท้ายเรือ จะพบว่าตำแหน่งของแนวเพลลา ณ ตำแหน่งส่วนประกอบตัวเรือบริเวณท้ายสุดอาจมีระยะสูงขึ้นหรือต่ำกว่าแนวเพลลาออกแบบ 20 มม. ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนในลักษณะนี้ย่อมส่งผลกระทบต่อ การติดตั้งระบบขับเคลื่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาแนวทางการติดตั้งระบบขับเคลื่อนให้

สัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบบล็อกท้ายเรือ

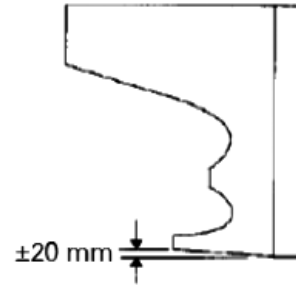
### 2. สาเหตุที่ขนาดและรูปทรงตัวเรือคลาดเคลื่อนจากแบบ

สาเหตุที่ทำให้ขนาดและรูปทรงตัวเรือเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากแบบนั้นมีหลายสาเหตุ ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดในลักษณะการสะสม โดยความบกพร่องอาจเกิดขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการตัดแผ่นเหล็ก การตัด การเชื่อมประกอบชิ้นส่วนย่อย (Unit Construction) การสร้างบล็อก (Block Fabrication) และสุดท้ายคือการประกอบบล็อกตัวเรือ (Block Erection) สาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนสามารถพิจารณาได้ 2 สาเหตุหลัก คือ การควบคุมขนาดและรูปทรงที่ขาดประสิทธิภาพ ปัจจัยแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับบล็อกตัวเรือในระหว่างกระบวนการต่อเรือ

Cocking-up of fore body



Cocking-up of aft-body



รูปที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนของรูปทรงตัวเรือที่ยอมรับได้ในการต่อเรือ (IACS: NO.47, 2013)

## 2.1 การควบคุมขนาดและรูปทรงที่ขาดประสิทธิภาพ (Lack of Accuracy Control)

การควบคุมขนาดและรูปทรงในงานต่อเรือพิจารณาได้ว่ามีความสำคัญมาก โดยต้องมีการควบคุมขนาดและรูปทรงในทุกขั้นตอนของงานต่อเรือตั้งแต่การตัดแผ่นเหล็กไปจนถึงการประกอบปลีอกตัวเรือ ความคลาดเคลื่อนที่ลดลงได้ในแต่ละขั้นตอนย่อมสามารถลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับตัวเรือในลักษณะการสะสมตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายได้ ปัจจัยหลักที่ช่วยให้การควบคุมขนาดและรูปทรงมีความถูกต้องก็คือ ความเข้าใจในธรรมชาติของงานเชื่อมและการตรวจวัดในงานสร้างเรือ ความเข้าใจในธรรมชาติของงานเชื่อมเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้สามารถควบคุมขนาดและรูปทรงตัวเรือได้ โดยต้องมีความสัมพันธ์ของการทำงานตั้งแต่ระดับการออกแบบ (Design) จนถึงงานในการผลิต (Production) ในระดับของการออกแบบ เช่น ต้องพิจารณาผลของการหด

ตัวเนื่องจากการเชื่อม (Erection Shrinkage) สำหรับการกำหนดขนาดแผ่นเหล็กและเหล็กโครงสร้าง ตารางที่ 1 แสดงค่าการหดตัวเนื่องจากการเชื่อมของแผ่นเปลือกเรือและโครงสร้างตามยาว (Longitudinal) ที่ใช้งานในอุ้งเรือ Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering (DSME) ในส่วนของการผลิต เช่น การเสริมโครงสร้างชั่วคราว (Strong Back) เพื่อป้องกันการบิดตัว (Distortion) เนื่องจากการเชื่อมต่อปลีอกตัวเรือ เมื่อเข้าใจธรรมชาติของงานเชื่อมสำหรับงานต่อเรือแล้วต่อไปก็เป็นการตรวจวัดให้การสร้างเรือมีขนาดและรูปทรงตัวเรือตรงตามแบบ

การตรวจวัดขนาดและรูปทรงจำเป็นต้องดำเนินการในทุกขั้นตอนของงานต่อเรือทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนสะสม เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมขนาดและรูปทรงในงานต่อเรือก็ประกอบด้วยเครื่องมือระดับพื้นฐานในการวัดขนาดทั่วไป สายวัด สายดิ่ง สายยางระดับ กล้อง



**ตารางที่ 1** ค่า Standard Erection Shrinkage ที่ใช้ในการออกแบบของ Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering, DSME (เอกสารประกอบการเรียนหัวข้อ Accuracy Control Procedure: DSME, 2016)

SHIP Structure	VLCC, COT		CONTAINER		B/C		RO/RO	
	Plate	Longi.	Plate	Longi.	Plate	Longi.	Plate	Longi.
M.DECK	-	2E	2E	2E	2E	4E	3E	4E
S.SHELL	2E	4E	2E	4E	4E	6E	4E	6E
S.L.BHD	2E	-	2E	4E	-	-	-	-
C.L.BHD	4E	6E	-	-	-	-	-	-
D.BTM	6E	8E	6E	8E	6E	8E	6E	8E

- Longi. Member is 2mm Longer than Plate. Because of Welding Sequence.

Theodolite เป็นต้น และเครื่องมือวัดในระบบ 3D Coordinate เช่น Total Station ซึ่งหากตัดความบกพร่องของผู้ทำการวัดแล้ว การควบคุมขนาดและรูปทรงตัวเรือด้วยระบบ 3D Coordinate จะมีความถูกต้องและมีการปฏิบัติงานที่รวดเร็วกว่าเครื่องมือวัดพื้นฐาน

## 2.2 ปัจจัยแวดล้อมที่เกิดขึ้นกับบล็อกตัวเรือระหว่างกระบวนการต่อเรือ

แม้ว่าจะมีการควบคุมขนาดและรูปทรงของบล็อกตัวเรือให้ตรงตามแบบได้ การนำบล็อกเหล่านั้นมาประกอบเป็นตัวเรือก็ยังมีโอกาสที่ทำให้ตัวเรือมีขนาดและรูปทรงที่ความคลาดเคลื่อนจากแบบ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมเกี่ยวข้องในกระบวนการต่อเรือ บล็อกตัวเรืออาจมีการผิดรูปได้จากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ การขนย้ายบล็อกจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง (Transport) เช่น พื้นที่สร้างบล็อกไปยังพื้นที่พ่นสี การพลิกบล็อก (Turn Over)

การจัดวางบล็อกที่ไม่ได้ตำแหน่ง (Storage with Miss-Arrangement) นอกจากนี้ในการต่อบล็อกตัวเรือก็ยังสามารถทำให้เกิดการผิดรูปของรูปทรงตัวเรือได้ สาเหตุของการผิดรูปดังกล่าวว่าเป็นเพราะอิทธิพลของการเชื่อมต่อบล็อกตัวเรือ น้ำหนักของบล็อกตัวเรือที่เพิ่มขึ้นในบริเวณกลางลำ การผิดรูปของบล็อกตัวเรือเองและการผิดรูปของลานต่อเรือจากการรับน้ำหนักของตัวเรือ ปัจจัยแวดล้อมทั้งหมดที่ได้กล่าวมามีส่วนทำให้ตัวเรือมีการผิดรูปไป (The Society of Naval Architects of Japan: Vol 5, 1995) บล็อกท้ายเรือก็มีโอกาสที่จะเกิดการผิดรูปจากปัจจัยต่าง ๆ ในช่วงต้นได้เช่นกัน

## 3. วิธีลดผลกระทบของความคลาดเคลื่อนในบล็อกท้ายเรือต่อการติดตั้งระบบขับเคลื่อน

เป็นสิ่งท้าทายในการควบคุมความคลาดเคลื่อนของการต่อเรือด้วยการประกอบบล็อกตัวเรือ (Modular Construction Method) เพราะมี

ปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ขนาดและรูปทรงคลาดเคลื่อนไปจากแบบดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น แต่เพื่อความรวดเร็วในการต่อเรือจึงจำเป็นต้องพิจารณาหาวิธีการที่สามารถจำกัดความคลาดเคลื่อนของการประกอบบล็อกตัวเรือให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบล็อกท้ายเรือซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบขับเคลื่อน ความคลาดเคลื่อนจากการประกอบบล็อกท้ายเรือจะต้องอยู่ในค่ายอมรับที่สามารถติดตั้งระบบขับเคลื่อนได้ จากประสบการณ์การทำงานของผู้เขียนในฝ่ายผลิต (Production) ของกรมอู่ทหารเรือ และจากการฝึกอบรมการปฏิบัติงานด้านการต่อเรือ (On the Job Training) ที่อู่ต่อเรือ Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering (DSME) ณ สาธารณรัฐเกาหลี ทำให้มีโอกาสได้รวบรวมข้อมูลจากกระบวนการทำงานและข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยสามารถรวบรวมวิธีลดผลกระทบจากค่าความคลาดเคลื่อนของการต่อบล็อกท้ายเรือต่องานการติดตั้งระบบขับเคลื่อนได้ ดังนี้

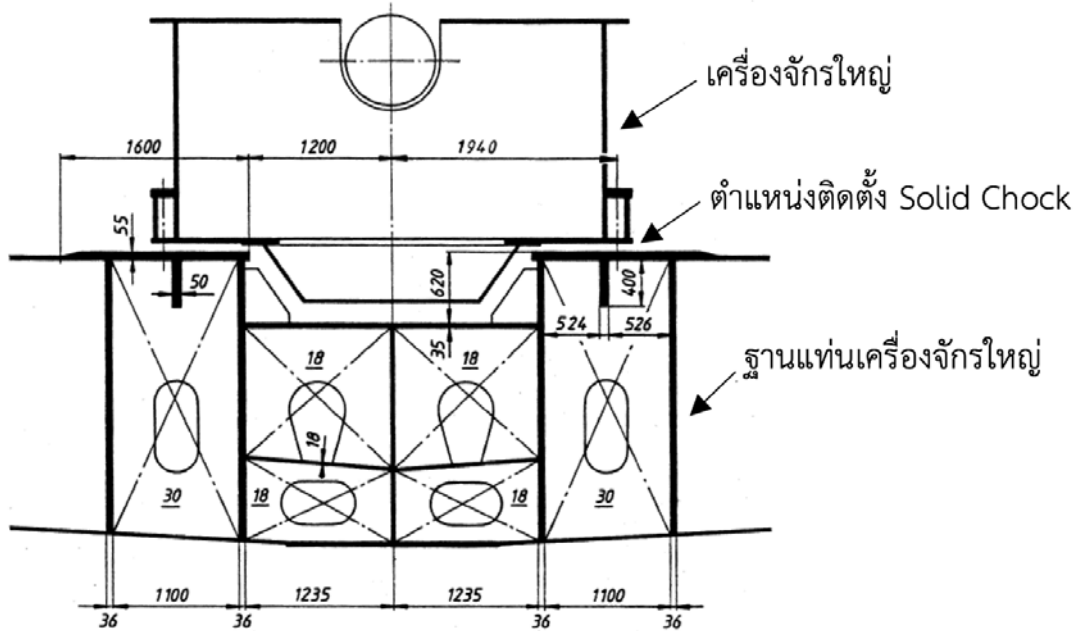
### 3.1 การคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงตัวเรือในระหว่างการประกอบบล็อกตัวเรือ

ด้วยเพราะแนวทางการต่อเรือแบบ Modular Construction Method ที่ต้องการความรวดเร็วในการต่อเรือ จึงต้องมีการติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือ (Outfitting) ให้มากที่สุดตั้งแต่ในขั้นตอนของการสร้างชิ้นส่วนย่อย (Unit Assembly) และการสร้างบล็อกตัวเรือ (Block Assembly) เช่น พุกยึดท่อ (Pipe Support) ฐานแท่นของอุปกรณ์ (Foundation) ท่อในระบบต่าง ๆ ในส่วนของ

ระบบขับเคลื่อนก็มีการติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ในขั้นตอนการสร้างบล็อกเช่นกัน แต่เพื่อให้การติดตั้งในส่วนของระบบขับเคลื่อนไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงตัวเรือในระหว่างการประกอบบล็อก การดำเนินการติดตั้งจึงดำเนินการใน 2 ลักษณะ

3.1.1 การติดตั้งแบบสมบูรณ์ในขั้นตอนการสร้างบล็อกตัวเรือ ตัวอย่างของส่วนประกอบตัวเรือที่มีการติดตั้งแบบนี้ประกอบด้วย ฐานแท่นเครื่อง ฐานแท่นเกียร์ ฐานแท่นแบร์ริงรับเพลลาในเรือ การติดตั้งในลักษณะนี้อยู่บนพื้นฐานของการคาดการณ์ว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวเรือในขั้นตอนการประกอบบล็อกตัวเรือมีผลต่อตำแหน่งของอุปกรณ์ดังกล่าวเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ระดับของการเปลี่ยนแปลงตัวเรือจะไม่เกินค่าการเผื่อในการติดตั้งระบบขับเคลื่อน ตัวอย่างเช่น ระดับของฐานแท่นเครื่อง ฐานแท่นเกียร์และฐานแท่นแบร์ริงรับเพลลา ตำแหน่งของอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนสามารถปรับให้ถูกต้องตามแบบด้วยระบบการเสริมแผ่นปรับระดับ (Solid Chock) ซึ่งในอุตสาหกรรมต่อเรือมีใช้ 2 ประเภท คือกลุ่มโลหะ Cast-Iron Foundation Chock และ Steel Foundation Chock และกลุ่ม Epoxy Resin Chock Liner รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างตำแหน่งการติดตั้งแผ่นปรับระดับ (Solid Chock) ของเครื่องจักรใหญ่ (Rowen, 1992)

3.1.2 การติดตั้งแบบชั่วคราวในขั้นตอนการสร้างบล็อกตัวเรือ การประกอบส่วนประกอบตัวเรือแบบชั่วคราวในขั้นตอนการสร้างบล็อกตัวเรื่อนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งให้เป็นไปตาม



รูปที่ 3 ตัวอย่างระบบ Liner เพื่อปรับระดับเกียร์ (Rowen, 1992)

การออกแบบและการประกอบแบบชั่วคราวนั้นก็ต้องแข็งแรงเพียงพอสำหรับการยกและเคลื่อนย้ายบล็อกในขั้นตอนต่าง ๆ ตัวอย่างของส่วนประกอบตัวของระบบขับเคลื่อนที่ควรติดตั้งแบบชั่วคราว เช่น โยงโย่ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของโยงโย่ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดแนวเพลลาซึ่งจะดำเนินการได้หลังจากที่มีการประกอบบล็อกตัวเรือแล้วเสร็จ ดังนั้นหากทำการติดตั้งโยงโย่แบบสมบูรณ์ในขั้นตอนการสร้างบล็อก ผลของการเปลี่ยนแปลงของบล็อกท้ายเรือในขั้นตอนของการประกอบบล็อกตัวเรือที่มากถึง  $\pm 20$  มม. ดังที่กล่าวในข้างต้น อาจทำให้ไม่สามารถกำหนดแนวเพลลาให้สัมพันธ์กับตำแหน่งศูนย์กลางของโยงโย่ได้ ดังนั้นการติดตั้งโยงโย่แบบชั่วคราวจึงทำให้การประกอบบล็อกท้ายเรือความ

รวดเร็วเพราะไม่ต้องคำนึงถึงตำแหน่งศูนย์กลางของโยงโย่ในขณะทำการประกอบบล็อก เพราะตำแหน่งของโยงโย่จะได้รับการปรับแต่งภายหลังจากการประกอบบล็อกตัวเรือแล้วเสร็จ ขั้นตอนการติดตั้งโยงโย่อาจแตกต่างกันไปตามความชำนาญและเครื่องมือของแต่ละเรือ โดยอาจทำการเจาะตัวเรือเพื่อติดตั้งโยงโย่หลังจากที่ประกอบบล็อกตัวเรือแล้วเสร็จแทนที่การติดตั้งแบบชั่วคราว แต่การดำเนินการในลักษณะนี้จะทำให้ขั้นตอนการติดตั้งเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องปฏิบัติงานในการยกโยงโย่ในบริเวณใต้ท้องเรือซึ่งมีพื้นที่จำกัด แต่การติดตั้งโยงโย่แบบชั่วคราวตั้งแต่วขั้นตอนการสร้างบล็อกจะมีความสะดวกเนื่องจากสามารถใช้เครนโรงงานในการช่วยประกอบได้ รูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้ง Main Strut แบบชั่วคราว

### 3.2 การประกอบบล็อกท้ายเรือโดยการอ้างอิงจากระบบขับเคลื่อน

การตรวจสอบตำแหน่งกึ่งกลางของการประกอบบล็อกตัวเรือจะมีการอ้างอิงตำแหน่งการประกอบบล็อกตัวเรือจากเส้น Center Line Ground Marking (เส้นกึ่งกลางลำเรือที่ได้หมายไว้ที่พื้นของลานต่อเรือ) แต่สำหรับการประกอบบล็อกท้ายเรือซึ่งเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนจะต้องมีการหมายตำแหน่ง Sighting and Ground Marking เพื่อช่วยในการตรวจสอบตำแหน่งของการประกอบบล็อกท้ายเรือ

เพิ่มจากเส้น Center Line Ground Marking การหมายตำแหน่ง Sighting and Ground Marking ประกอบด้วยข้อมูลตำแหน่งของส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อน เช่น ตำแหน่งอ้างอิง (Datum Point) ในการกำหนดแนวเพลลาใบจักร (Shaft Line) ตำแหน่งกระบอกดีฟุต ตำแหน่งโยงโย่ ตำแหน่งดุมใบจักร ตำแหน่งศูนย์กลางของกระบอกหางเสือ ซึ่งส่วนประกอบตัวเรือและอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนจะอ้างอิงมาจากตำแหน่งอ้างอิงในการกำหนดแนวเพลลา (Datum Point) ดังนั้นการประกอบบล็อกท้ายเรือรวมถึงการติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อนด้วยการ





การใช้ดิ่งในการตรวจสอบ  
ตำแหน่งกระบอกลงเรือ

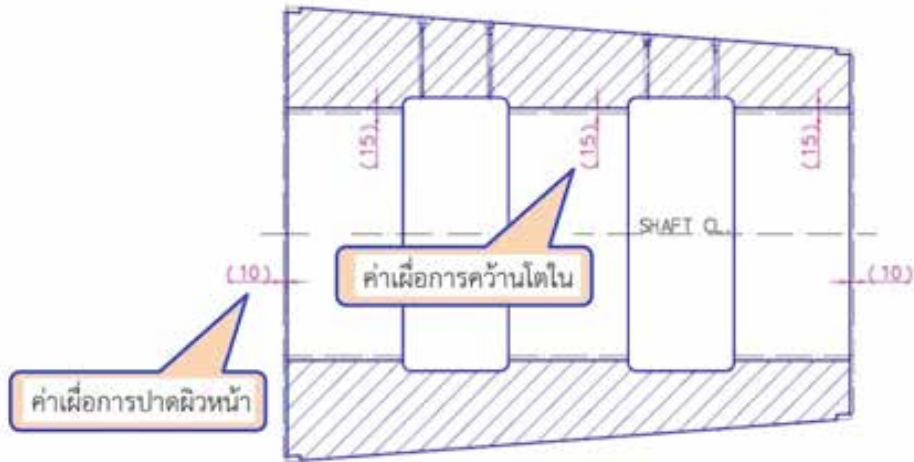
**รูปที่ 5** Rudder Ground Marking และ การตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางกระบอกลงเรือ  
ขณะทำการประกอบบล็อกท้ายเรือ

อ้างอิงจากตำแหน่งให้เป็นไปตามตำแหน่งที่ได้  
หมายไว้ตาม Sighting and Ground Marking ก็  
จะมีระยะถูกต้องจากการอ้างอิงจากตำแหน่งของ  
Datum Point หรือถูกต้องตามการออกแบบ ระยะ  
ห่างระหว่างตำแหน่งเบริงรับเพลลา ความสูงของเกียร์  
ระยะห่างของใบจักรกับท้องเรือ มุมเพลลาใบจักร  
และตำแหน่งหางเสือ เป็นต้น การหมายตำแหน่ง  
Sighting and Ground Marking จึงทำให้สามารถ  
ตรวจสอบตำแหน่งของส่วนประกอบตัวเรือของ  
ระบบขับเคลื่อนในขั้นตอนของการประกอบบล็อก  
ท้ายเรือได้ถูกต้อง เช่น ทำให้สามารถตรวจสอบ  
ตำแหน่งของกระบอกลีฟุต (ที่ทำการติดตั้งแบบ  
สมบูรณ์ในขั้นตอนการสร้างบล็อก) ทำให้สามารถ

ตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลางของกระบอกลงเรือ  
รูปที่ 5 แสดงการตรวจสอบตำแหน่งศูนย์กลาง  
กระบอกลงเรือกับตำแหน่งศูนย์กลางของหางเสือ  
ที่ได้หมายตามแบบ Sighting and Ground  
Marking ขณะทำการประกอบบล็อกท้ายเรือ

### 3.3 การเผื่อขนาดของส่วนประกอบตัวเรือเพื่อให้ สามารถทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล (Machine) ภายหลังจากการประกอบบล็อกตัวเรือ

จุดประสงค์ของการเผื่อขนาดการขึ้นรูปด้วย  
เครื่องมือกล (Machine) ให้กับส่วนประกอบตัวเรือ  
ของระบบขับเคลื่อนคือต้องการให้สามารถทำการ  
ขึ้นรูปเพื่อแก้ไขตำแหน่งของส่วนประกอบตัวเรือ ฯ



รูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าเผื่อการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลที่เป็นกระบอกตีฟุต  
(เอกสารประกอบการเรียนหัวข้อ Accuracy: DSME, 2016)

ที่ได้รับผลกระทบจากความคลาดเคลื่อนของบล็อกท้ายเรือ ทั้งนี้ค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวต้องน้อยกว่าค่าเผื่อสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล (Machine) ตัวอย่างเช่น การกำหนดค่าเส้นผ่าศูนย์กลางโตโนของกระบอกตีฟุตในกระบวนการผลิตให้เล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการตามการออกแบบของการติดตั้ง (รูปที่ 6) การดำเนินการลักษณะนี้จะทำให้สามารถดำเนินการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลด้วยการคว้าน (Boring) เพื่อปรับตำแหน่งศูนย์กลางของกระบอกตีฟุตและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้เป็นไปตามแบบการติดตั้ง ทั้งนี้หากบล็อกท้ายเรือไม่มีความคลาดเคลื่อนเลยการขึ้นรูปก็เป็นการคว้านเพื่อปรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (Concentric Boring) แต่หากมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นก็ต้องใช้การคว้านเยื้องศูนย์กลาง (Eccentric

Boring) เพื่อแก้ไขตำแหน่งศูนย์กลางของโยงโยให้ถูกต้องตามแบบการติดตั้ง สิ่งที่สำคัญในการดำเนินการตามแนวทางนี้คือการกำหนดค่าเผื่อ ๆ ให้สัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์นั้น ๆ

การกำหนดค่าเผื่อสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล (Machine) ให้กับส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อนมี 2 วิธี วิธีแรกได้จากการเก็บสถิติความคลาดเคลื่อนจากการประกอบบล็อกของการต่อเรือที่ผ่านมา ทั้งนี้ควรต้องพิจารณาตำแหน่งความคลาดเคลื่อนตัวเรือ ณ ตำแหน่งที่มีการติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือนั้น ๆ โดยหากการเก็บสถิติได้จากเรือที่มีขนาดและรูปร่างเดียวกันก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง วิธีที่สองสำหรับกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลเชิงสถิติของการต่อเรือ การเผื่อขนาดการขึ้นรูปตั้ง

กล่าวสามารถกระทำได้โดยพิจารณาค่ายอมรับได้สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนตัวเรือ ณ ตำแหน่งติดตั้งส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อน เช่น ข้อมูลที่แสดงในรูปที่ ๒ ซึ่งมีค่ายอมรับได้ของค่าความคลาดเคลื่อนที่บล็อกท้ายเรือ  $\pm 20$  มม. ทำให้พิจารณาได้ว่าหากตำแหน่งโยงโยอยู่ท้ายเรือก็จะต้องมีการกำหนดค่าเพื่อการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลด้วยการกำหนดให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตในของโยงโยในขั้นตอนการผลิตเล็กกว่าการแบบการติดตั้ง 40 มม. การปฏิบัติตามวิธีที่สองอาจทำให้มีความสิ้นเปลืองและใช้เวลาการขึ้นรูปนานกว่าวิธีแรก เพราะอาจเป็นการเผื่อที่ในค่ามากที่สุด แต่การกำหนดค่าเผื่อ ๆ ตามวิธีแรกก็มีข้อพิจารณาว่าข้อมูลเชิงสถิติของค่าความคลาดเคลื่อนของตัวเรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการทำงานและความชำนาญของแต่ละอยู่เรือ ข้อมูลการต่อเรือจากอยู่ต่อเรือหนึ่งไม่สามารถนำไปอ้างอิงเพื่อใช้กับอยู่ต่อเรืออื่นได้อย่างสมบูรณ์

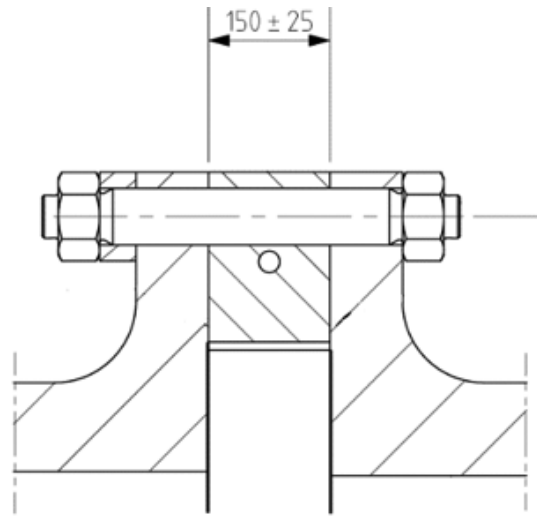
### 3.4 การออกแบบให้อุปกรณ์ในระบบขับเคลื่อนสามารถชดเชยความคลาดเคลื่อนจากการประกอบบล็อกตัวเรือ

แนวทางสุดท้ายนี้เป็นแนวความคิดการออกแบบจากผู้ผลิตระบบขับเคลื่อนเพื่อให้การติดตั้งระบบขับเคลื่อนมีความอ่อนตัวตามความคลาดเคลื่อนของการประกอบบล็อกท้ายเรือ กรณีที่ระบบขับเคลื่อนประกอบด้วยระบบเพลลาใบจักรที่ยาว ความยาวของเพลลาใบจักรอาจต่อเนื่องในบล็อกท้ายเรือจำนวนหลายบล็อกดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งอาจทำให้ตำแหน่งของอุปกรณ์และส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อนได้รับผลกระทบจากความคลาด

เคลื่อนของระยะตามความยาวเรือ ผู้ผลิตระบบที่เพลลาใบจักรที่มีลักษณะดังกล่าวจะออกแบบให้ติดตั้งแผ่นชดเชยระยะ (Compensate Disc) เพื่อให้สามารถปรับแต่งความยาวของระบบเพลลาได้ตามลักษณะแวดล้อมของบล็อกท้ายเรือหลังจากการประกอบบล็อกตัวเรือแล้วเสร็จ รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างของแผ่นชดเชยระยะ (Compensate Disc) ของระบบเพลลาใบจักรแบบปรับพิทช์ใบจักรได้ (Controllable Pitch Propeller, CPP) โดยยอมให้มีการปรับแต่งด้วยระยะถึง  $\pm 25$  มม. จากค่าออกแบบ ซึ่งระยะดังกล่าวเป็นระยะที่สัมพันธ์กับค่ายอมรับได้ของความคลาดเคลื่อนตามความยาวเรือจากการประกอบบล็อกท้ายเรือที่กำหนดให้  $\pm 25$  มม. สำหรับระยะระหว่าง After Perpendicular, AP ถึง Forward Bulkhead of the Engine Room (The Society of Naval Architects of Japan: Vol 5, 1995) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ทหาระยะระหว่าง AP ถึง Forward Bulkhead of the Engine Room มีความคลาดเคลื่อนภายในค่ายอมรับที่  $\pm 25$  มม. ก็สามารถทำการปรับแต่งความหนาของแผ่นชดเชยระยะ (Compensate Disc) เพื่อให้ความยาวของเพลลาใบจักรตรงตามแบบการติดตั้ง

## 4. บทสรุป

ภายใต้แนวทางการต่อเรือด้วยการประกอบบล็อก (Modular Construction Method) ที่มีการสร้างบล็อก (Block Assembly) ก่อนนำมาประกอบเข้าด้วยกันเป็นลำเรือ (Block Erection) อาจทำส่งผลให้ขนาดและรูปทรงของตัวเรือเกิดความคลาดเคลื่อน ทั้งนี้อาจด้วยเหตุผลจากการ



รูปที่ 7 ตัวอย่างแผ่นชดเชยระยะ (Compensate Disc) ของระบบเพลลาใบจักรแบบปรับพิชท์ได้

เชื่อมและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการ แม้ว่าจะมีการกำหนดค่ายอมรับได้สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของการประกอบบล็อกตัวเรือ การประกอบบล็อกท้ายเรือโดยไม่คำนึงถึงแนวทางการติดตั้งของระบบขับเคลื่อนอาจทำให้ความคลาดเคลื่อนของการประกอบบล็อกท้ายเรือส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบขับเคลื่อนได้แม้ว่าความคลาดเคลื่อนนั้นจะอยู่ในเกณฑ์ของค่าที่ยอมรับได้ก็ตาม เพื่อให้การประกอบบล็อกท้ายเรือตามแนวทางการต่อเรือแบบ Modular Construction Method สัมพันธ์กับงานติดตั้งระบบขับเคลื่อน ควรต้องพิจารณาให้การสร้างบล็อกและการประกอบบล็อกบริเวณท้ายเรือมีการดำเนินการตามแนวทางดังนี้ ให้มีการคาดการณ์ถึงการเปลี่ยนแปลงตัวเรือในระหว่างการประกอบบล็อกตัวเรือเพื่อให้พิจารณาติดตั้งส่วนประกอบตัว

เรือของระบบขับเคลื่อนได้เหมาะสม ให้มีการอ้างอิงตำแหน่ง Datum Point ของระบบขับเคลื่อนในการประกอบบล็อกท้ายเรือ ให้มีการกำหนดค่าเพื่อสำหรับส่วนประกอบตัวเรือของระบบขับเคลื่อน เพื่อให้สามารถทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล (Machine) หลังจากการประกอบบล็อกตัวเรือ และสุดท้ายให้พิจารณาเลือกระบบขับเคลื่อนที่สามารถชดเชยความคลาดเคลื่อนจากการประกอบบล็อกตัวเรือได้ เพื่อให้การประกอบบล็อกท้ายเรือสามารถดำเนินการได้รวดเร็วตามแนวทางการต่อเรือแบบ Modular Construction Method งานด้านการต่อเรือและงานติดตั้งระบบขับเคลื่อนต้องมีความสัมพันธ์และต้องทำงานประสานกันอย่างใกล้ชิด เพื่อให้แน่ใจว่าความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นไปตามการคาดการณ์ของงานทั้งสองระบบ



## เอกสารอ้างอิง

- [1] เอกสารประกอบการเรียนหัวข้อ Accuracy, หลักสูตร Accuracy Control: 7049-DSM-RTN-OJT-G-038H7049 Accuracy, การฝึกอบรม “การถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีขั้นการสร้างเรือ”, Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering (DSME), สาธารณรัฐเกาหลี, 2016
- [2] เอกสารประกอบการเรียนหัวข้อ Accuracy Control Procedure, หลักสูตร Accuracy Control: 7049-DSM-RTN-OJT-G-009H7049 Accuracy Control Procedure, การฝึกอบรม “การถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีขั้นการสร้างเรือ”, Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering (DSME), สาธารณรัฐเกาหลี, 2016
- [3] IACS, NO.47 Shipbuilding and Repair Quality Standard. Part A: Shipbuilding and Remedial Quality Standard for New Construction, IACS Rec. 1996/Rev: 7, The International Association of Classification Societies and International Association of Classification Societies Limited June 2013
- [4] Rowen L. Alan, Ed: Roy L Harrington, Marine Engineers, ISBN: 0-939773-10-4, N.J., USA, 1992
- [5] The Society of Naval Architects of Japan, Shipbuilding Technology Series: Hull Construction Part, Fabrication Volume. 3, กรมพัฒนาการช่าง, กรมอุทกทหารเรือ. 1995
- [6] The Society of Naval Architects of Japan, Shipbuilding Technology Series: Hull Construction Part, Erection Volume. 5, กรมพัฒนาการช่าง, กรมอุทกทหารเรือ. 1995



## คำแนะนำสำหรับผู้ประสงค์ส่งบทความลงตีพิมพ์ ในวารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

### คำแนะนำทั่วไป

1. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์จะต้องไม่ได้รับการเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง
2. ต้นฉบับที่ส่งตีพิมพ์ต้องเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษเท่านั้น
3. ต้นฉบับต้องผ่านการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิและได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ
4. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสาร

### นโยบายพิจารณากลับกรองบทความ

วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รับผิดชอบบทความวิชาการบทความวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี โดยวารสารฯ จะนำเสนอบทความคุณภาพที่สามารถแสดงถึงประโยชน์เชิงทฤษฎีสำหรับนักวิจัยในการพัฒนาหรือสร้างองค์ความรู้ใหม่ และประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ ดังนั้นบทความที่จะได้รับลงตีพิมพ์จะต้องผ่านการพิจารณากลับกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง และจะต้องเป็นบทความที่แสดงให้เห็นถึงคุณภาพในทางวิชาการดังกล่าวข้างต้น

### กระบวนการการพิจารณากลับกรองบทความ (Review Process)

บทความที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารฯ จะต้องผ่านการพิจารณาจากกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องโดยมีกระบวนการดังต่อไปนี้

1. กองบรรณาธิการจะแจ้งให้ผู้ส่งบทความทราบเมื่อกองบรรณาธิการได้รับบทความเรียบร้อยแล้วสมบูรณ์
2. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบหัวข้อและเนื้อหาของบทความถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสารฯ รวมถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ



3. ในกรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความพิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะตีพิมพ์หรือไม่ เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณาถ้อยแถลงบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะตัดสินใจโดยอิงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้นๆ ควรได้รับการตีพิมพ์ หรือควรส่งกลับให้กับผู้ส่งบทความเพื่อแก้ไขก่อนพิจารณาอีกครั้งหนึ่งหรือปฏิเสธการลงตีพิมพ์

## ข้อกำหนดของบทความต้นฉบับ (Manuscript Requirements)

1. ผู้เขียนบทความควรใช้ฟอนท์ Sarabun ขนาด 16 พอยน์ สำหรับบทความภาษาไทย และบทความภาษาอังกฤษ โดยบทความที่จะส่งไม่ควรยาวเกิน 7,000 คำ
2. ชื่อบทความควรมีความกระชับและได้ใจความชัดเจนทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
3. บทความต้องระบุชื่อและสถานที่ทำงานหรือสถานศึกษา วุฒิการศึกษาชั้นสูง/หรือตำแหน่งทางวิชาการ (ถ้ามี)
4. ผู้ส่งบทความจะต้องเขียนบทคัดย่อ (ความยาวไม่ควรเกิน 250 คำ) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
5. ผู้ส่งบทความควรตรวจสอบความถูกต้องของการพิมพ์ต้นฉบับ เช่น ตัวสะกด วรรคตอน และความเหมาะสม ความสละสลวยของการใช้ภาษา เป็นต้น
6. ผู้ส่งบทความจะต้องเขียนอ้างอิงเอกสารอื่นโดยจัดให้อยู่ในรูปแบบ APA Style (สามารถดูรายละเอียดได้ที่ [http://en.wikipedia.org/wiki/APA\\_list](http://en.wikipedia.org/wiki/APA_list)) และจะต้องตรวจสอบความถูกต้องและ ความสมบูรณ์ของการอ้างอิง ในกรณีที่ผู้ส่งบทความต้องการอ้างอิงเอกสารภาษาไทย ควรใช้ชื่อตามด้วย ปีที่ตีพิมพ์ในวารสาร เช่น (ประเสริฐ คณาวัฒน์ไชย, 2551) และ (ประเสริฐ คณาวัฒน์ไชย และคณะ, 2551) ในกรณีที่ผู้แต่งมากกว่า 6 คนขึ้นไป
7. ผู้ส่งบทความต้องกำหนดประเภทของบทความให้ชัดเจนว่าเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัย องค์ประกอบของบทความทั้ง 2 ประเภทมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทความวิชาการ บทความควรชี้ประเด็นที่ต้องการนำเสนอให้ชัดเจนและมีลำดับเนื้อหาที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ชัดเจน รวมถึงมีการใช้ทฤษฎีวิเคราะห์และเสนอแนะประเด็นอย่างชัดเจน

บทความวิจัย บทความควรนำเสนอการวิจัยและผลที่ได้รับอย่างเป็นระบบโดยบทความควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือองค์ประกอบที่แตกต่างได้)

บทนำ (introduction) ที่ครอบคลุมความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัยพร้อมทั้งเสนอภาพรวมของบทความ

บททวนวรรณกรรม (Literature Review)



ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology) ที่สามารถอธิบายวิธีดำเนินการวิจัยรวมถึงการเก็บข้อมูลหรือเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยอย่างชัดเจน

ผลการศึกษา (Research Finding)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย (Discussion/Conclusion)

เอกสารอ้างอิง (References)

## การเตรียมและส่งบทความต้นฉบับ

ผู้เขียนสามารถส่งบทความต้นฉบับ ผ่านทางเว็บไซต์ <http://www.rtna.ac.th/pages/tci.html> หรือทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ E-mail: [rtna.edu.ee@gmail.com](mailto:rtna.edu.ee@gmail.com) พร้อมแนบบทความต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ Microsoft word ที่มีเนื้อหา ตาราง และภาพประกอบอยู่ในไฟล์เดียวกัน

## สิ่งที่ผู้เขียนจะได้รับตอบแทน

กองบรรณาธิการจะมอบเงินรางวัลการวารสารฉบับที่บทความของผู้เขียนได้รับการตีพิมพ์บทความละ 2 ฉบับ

## หมายเหตุ

ข้อคิดเห็นที่ปรากฏและแสดงในเนื้อหาบทความต่างๆ ในวารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถือเป็นลิขสิทธิ์เฉพาะของโรงเรียนนายเรือ หากบุคคลหรือหน่วยงานใดต้องการนำทั้งหมดหรือส่วนหนึ่งส่วนใดไปเผยแพร่ต่อหรือเพื่อกระทำการใดๆ จะต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากโรงเรียนนายเรือก่อนเท่านั้น