บทที่ ๔
การลดค่าใช้จ่ายในการต่อตัวเรือ

การลดค่าใช้จ่ายในการผลิต หมายถึง การใช้ทรัพยากรในการผลิตจำนวนเท่าเดิม แต่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมากขึ้น หรือผลิตได้จำนวนเท่าเดิม แต่ใช้ทรัพยากรในการผลิตลดลง ดังนั้นการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตก็คือ การเพิ่มผลผลิตนั่นเอง

ทรัพยากรในการผลิต ได้แก่ (๗)

ก. ที่ดิน และสิ่งปลูกสร้าง รวมถึงสถานที่ที่เหมาะสมแก่การสร้างโรง–งาน และการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องจักรต่าง ๆ ในการดำเนินงานของหน่วยงาน

ข. พัสดุภัณฑ์ รวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโดยตรง สารเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ และพัสดุเพื่อการหีบห่อ

ค. เครื่องจักรกล รวมถึงเครื่องจักรที่ใช้ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการผลิต และขนส่งรับถ่ายวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังรวมถึงอุปกรณ์ปรับอากาศ ไฟฟ้า น้ำ และเครื่องใช้สำนักงานอื่น ๆ

ง. แรงงาน รวมถึงแรงงานชาย – หญิง ที่ใช้ในการดำเนินงานผลิต วางแผน และควบคุมออกแบบวิจัย งานในสำนักงาน และงานซื้อขาย

ทรัพยากรที่ใช้รวมถึงสิ่งของ และการบริการ ซึ่งจะต้องลงทุนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ การเพิ่มผลผลิตที่สูงขึ้นจึงสามารถวัดได้ในเชิงของมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากทรัพยากรที่ใช้ไปในรูปของค่าใช้จ่ายต่อผลตอบแทนเป็นเงินที่สูงขึ้นต่อหน่วยการผลิตนั่นเอง

การเพิ่มผลผลิตสามารถกระทำได้ดังนี้

ก. การเพิ่มผลผลิตโดยการจัดการ

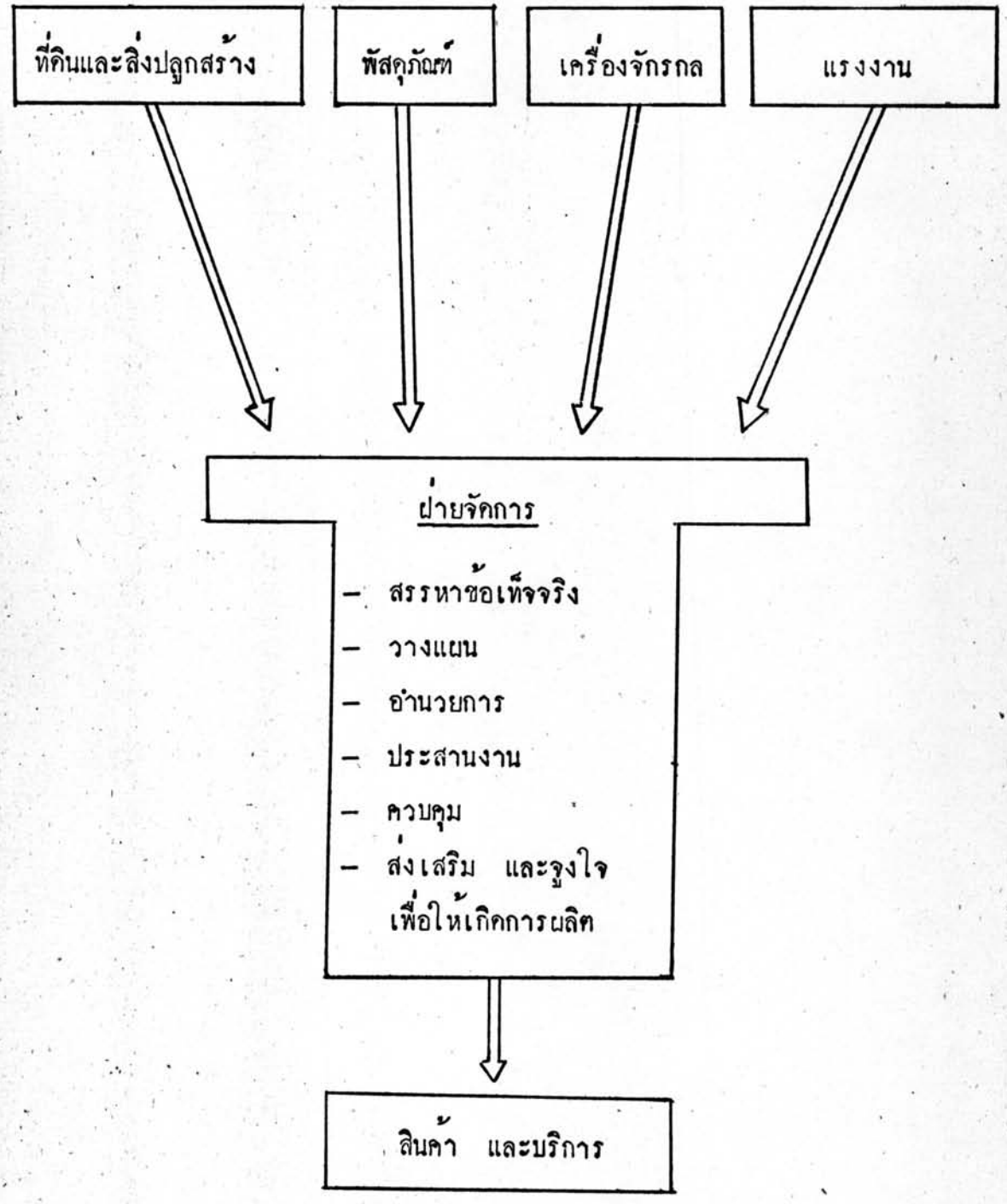
ข. การเพิ่มผลผลิตของพัสดุ

ค. การเพิ่มผลผลิตของที่ดิน อาคารสิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักร และแรงงาน

ก. การเพิ่มผลผลิตโดยการจัดการ

ฝ่ายจัดการมีหน้าที่ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์ต่อการผลิตสูงสุด โดยพยายามในการที่จะให้หน่วยงานในองค์การร่วมมือกันดำเนินการให้สามารถใช้ทรัพยากรดังกล่าวข้างต้นให้บรรลุเป้าหมายที่ได้วางไว้ จะต้องศึกษาปัญหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับการทำงาน เช่น สถานที่ตั้งโรงงาน พัสดุภัณฑ์ที่จะต้องใช้ เครื่องจักรกลที่เหมาะสม และขบวนการผลิตที่ดี และจะต้องสามารถวางแผนงานให้ทุกอย่างสามารถดำเนินการไปได้ด้วยดี จะต้องมีความสามารถในการส่งเสริม และจูงใจเพื่อให้ผู้ร่วมงานในทุกระดับยินดีให้ความร่วมมือกัน เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุเป้าหมาย ดังในรูปที่ ๔.๑

รูปที่ ๔.๑
แสดงหน้าที่ของฝ่ายจัดการโดยสังเขป



ข. การเพิ่มผลผลิตของพัสดุ

อุตสาหกรรมการต่อเรือนั้นต้นทุนของวัตถุดิบสูงมาก และวัตถุดิบส่วนมากจะต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตของวัตถุดิบจึงมีความสำคัญในการต่อเรือในประเทศไทยมาก

หลักการเพิ่มผลผลิตในด้านวัตถุดิบมีดังนี้

๑. ออกแบบผลิตภัณฑ์ และขบวนการผลิตที่เหมาะสม

๒. ดำเนินการให้ถูกต้อง เพื่อให้การผิดพลาดมีน้อย เป็นการลดการสูญเสียพัสดุ

๓. มีการเก็บรักษาพัสดุที่ดี

ค. การเพิ่มผลผลิตของที่ดิน อาคารสิ่งปลูกสร้าง เครื่องจักร และแรงงาน

การเพิ่มผลผลิตของที่ดิน และอาคาร หมายถึง การออกแบบผังโรงงานอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถใช้พื้นที่ และอาคารอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน การเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักร และแรงงาน หมายถึง การใช้เครื่องจักรและแรงงานอย่างมีประสิทธิภาพสามารถผลิตได้จำนวนมากขึ้นโดยจำนวนชั่วโมงการทำงานของคน และเครื่องจักรเท่าเดิม

เวลาที่ใช้ในการทำงานของคน และเครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยสามารถแบ่งได้ดังนี้คือ

๑. ส่วนของงานเบื้องต้น

๒. ส่วนของงานที่เป็นส่วนเกิน

๓. เวลาไร้ประสิทธิภาพ

ส่วนของงานเบื้องต้น หมายถึง เวลาที่ใช้ในการผลิต หรือทำงานได้สมบูรณ์ปราศจากการสูญเสียเวลาการทำงานเพิ่มเติมอันเนื่องมาจากสาเหตุใด ๆ ก็ตาม หรือกล่าวได้ว่าส่วนของงานเบื้องต้น คือ เวลาที่น้อยที่สุดตามทฤษฎีที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย

ส่วนของงานที่เป็นส่วนเกิน หมายถึง งานที่ต้องทำเพิ่มขึ้นถ้าระบบงานไม่สมบูรณ์ เป็นงานที่เสียเวลาไปโดยสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตลดลง ซึ่งประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้ คือ

(ก) ส่วนของงานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้อบกพร่องของการออกแบบ หรือกำหนดรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ เช่น

(๑) การออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่ดี ทำให้ไม่สามารถใช้ขบวนการผลิตที่ประหยัดได้

(๒) การผลิตผลิตภัณฑ์มากชนิดเกินไป ทำให้ปริมาณการผลิตแต่ละชนิดต่ำ ไม่สามารถใช้เครื่องจักรชนิดเฉพาะการผลิตได้

(๓) การมีมาตราฐานของคุณภาพไม่ถูกต้อง ทำให้ต้องมีการควบคุมคุณภาพมากขึ้น

(๔) การออกแบบส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ไม่ดีต้องเสียพัสดุทิ้งไปมาก ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในพัสดุสูง และต้องเสียเวลาในการขจัดพัสดุที่เป็นส่วนเกิน

(ข) ส่วนของงานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากวิธีการทำงานที่ขาดประสิทธิภาพ เช่น

(๑) ใช้ชนิด หรือขนาดของเครื่องจักรไม่ถูกต้อง

(๒) ขบวนการผลิตไม่ถูกต้อง เช่น ไม่ได้ป้อนงานด้วยความเร็วที่เหมาะสม

(๓) ใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง

(๔) วางผังโรงงานไม่ดี ทำให้ต้องมีการเคลื่อนย้ายพัสดุเกินความจำเป็น

เวลาไร้ประสิทธิภาพ หมายถึง เวลาที่ทำให้การผลิต หรือการทำงานต้องหยุดชะงักไปชั่วคราว โดยปราศจากผลผลิต หรือผลงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น ๒ ลักษณะ คือ

(ก) เวลาไร้ประสิทธิภาพ เนื่องจากความบกพร่องของฝ่ายบริหาร เป็นเวลาไร้ประสิทธิภาพอันมีผลมาจากการวางแผนงานไม่ดี ขาดการอำนวยการ และการประสานงานที่ดี เช่น

(๑) การออกแบบไม่เหมาะสมต้องเปลี่ยนแปลงแบบบ่อย ๆ ทำให้งานหยุดชะงัก

(๒) ขาดการวางแผนขั้นตอนการทำงานที่ดี ทำให้การทำงานไม่ต่อเนื่อง

(๓) บกพร่องในการจัดหาพัสดุ เครื่องมือ และอุปกรณ์จำเป็นอื่น ๆ ทำให้งานหยุดชะงักเนื่องจากรอพัสดุ และเครื่องมือ

(๔) ขาดการวางแผนในเรื่องการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต ทำให้การผลิตต้องหยุดไปเนื่องจากเครื่องจักรชำรุด

(๕) ขาดการจัดสภาพการทำงานที่ดี ทำให้คนงานไม่สามารถทำงานได้สม่ำเสมอ

(๖) ขาดการวางมาตราการในเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน ทำให้เกิดอุบัติเหตุในเวลาทำงาน

(ข) เวลาไร้ประสิทธิภาพเนื่องจากฝ่ายแรงงาน เป็นเวลาไร้ประสิทธิภาพอันมีผลเนื่องมาจากฝ่ายแรงงานเอง เช่น

(๑) คนงานหยุดงานบ่อย ๆ มาสาย หรือเกียจคร้านในการทำงาน

(๒) คนงานทำงานโดยไม่ระมัดระวัง มีผลทำให้ของเสียหาย ต้องเสียเวลาในการซ่อม

(๓) คนงานไม่รักษากฎเกณฑ์ในเรื่องการรักษาความปลอดภัย ทำให้เกิดอุบัติเหตุโดยประมาท ต้องเสียเวลาในการทำงานไป

จากการศึกษาการทำงานในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งที่กรมอู่ทหารเรือประมาณ ๘ เดือน โดยได้ซักถามนายทหาร ตลอดจนผู้ปฏิบัติงานคนอื่น ๆ ศึกษาขั้นตอน และวิธีการทำงาน ตลอดจนจับเวลาในการทำงาน ได้พบวิธีการต่าง ๆ ที่จะเสนอแนะเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดค่าแรงงานทางอ้อม และค่าใช้จ่ายโรงงาน ดังวิธีต่อไปนี้

<u>การเพิ่มผลผลิตโดยการลดเวลาไร้ประสิทธิภาพต่าง ๆ</u>

ความรับผิดชอบของฝ่ายบริหารในการจัดการให้ได้ผลผลิตที่สูงขึ้นนั้นมีอยู่มากมายหลายประการ และการวางแผนการผลิตโดยการจัดการในเรื่องการจ่ายงานก็เป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต เพราะถ้ามีการจ่ายงานให้แก่คนงานที่เหมาะสมในการทำงาน และด้วยเวลาที่พอเหมาะก็จะทำให้งานดำเนินไปอย่างราบรื่น จากการสังเกตการจ่ายงานของหน่วยต่าง ๆ ในกรมอู่ทหารเรือ ปรากฏว่าทุกหน่วยงานใช้วิธีการในการจ่ายงานโดยการให้คนงานทุกคนมาเข้าแถวเพื่อรับทราบคำสั่งในการจ่ายงานจากหัวหน้างาน ในวันหนึ่งจะมีการเข้าแถวจ่ายงานสองครั้ง คือ ตอนเช้า เวลา ๐๘.๐๐ น. และตอนบ่าย เวลา ๑๓.๐๐ น. ในการเข้าแถวจ่ายงานแต่ละครั้งจะเสียเวลาประมาณ ๑๐ – ๑๕ นาที เวลาที่เสียไปนี้ คือ เวลาไร้ประสิทธิภาพ เพราะเป็นเวลาที่คนงานทุกคนเสียเวลาไปโดยไม่ได้ผลงานขึ้นมา เวลาไร้ประสิทธิภาพส่วนนี้สามารถขจัดออกไปได้โดยการใช้บัตรจ่ายงานที่จะเสนอแนะแทนการเข้าแถวจ่ายงาน ซึ่งบัตรจ่ายงานนี้จะใช้ได้ทั้งงานผลิต และงานซ่อม ซึ่งได้ออกแบบให้มีขนาดที่กระทัดรัด (๘) สามารถติดกับแผงเสียบบัตรที่ลงเวลามาทำงานประจำวันของคนงานกรมอู่ทหารเรือได้ ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถนำมาใช้กับแผงเสียบบัตรมาตราฐานที่เบิกจากพลาธิการทหารเรือได้

บัตรจ่ายงานประจำวันที่กรมอู่ทหารเรือใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ ดังในรูปที่ ๔.๒ มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมการใช้แรงงานประจำสัปดาห์ส่งไปให้กับกองจัดแผนงาน และเป็นหลักฐานในการจ่ายงานของผู้บังคับบัญชาเท่านั้น การลงเวลาในการปฏิบัติงาน ผู้จ่ายงานก็เป็นผู้ลงเวลาเอง และเป็นการลงเวลารวบยอดตามชั่วโมงการทำงานประจำวันเท่านั้น เช่น เช้า ๔ ชั่วโมง บ่าย ๔ ชั่วโมง หรือมีการทำงานล่วงเวลากี่ชั่วโมง บัตรจ่ายงานแบบนี้จึงไม่สามารถให้รายละเอียดของการปฏิบัติงานที่แท้จริงได้ เพราะในการทำงานบางครั้งงานนั้นอาจใช้เวลาไม่ครบ ๔ ชั่วโมง หรือครบ ๘ ชั่วโมง และการปฏิบัติงานบางครั้งก็อาจมีอุปสรรคต่าง ๆ เช่น รอพัสดุ รอการสนับสนุนจากหน่วยอื่น รอเครื่องมือ เป็นต้น อุปสรรคต่าง ๆ เหล่านี้จะไม่สามารถทราบได้จากบัตรจ่ายงานในปัจจุบันที่ใช้กันอยู่ ทำให้ไม่สามารถได้ข้อเท็จจริงในการปฏิบัติงาน ซึ่งทำให้การวางแผนในการทำงานมีข้อผิดพลาดได้มาก

รูปที่ ๔.๒
ตัวอย่างบัตรจ่ายงานประจำวันที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

หมายเลขแบบฟอร์ม ๓๐๐.๑.๑

บัตรจ่ายงานประจำวัน

ผู้บังคับบัญชาที่จ่ายงาน ร.ท. สุชาติ ฯลฯ																							รวม ชม	
วันที่สิ้นสุดสัปดาห์ 7 ม.ค 24				ชื่อช่าง ประยงค์ สันปริวรรณ							หมายเลขช่าง ๑๐๕๑													
หมายเลขใบสั่งงาน	จันทร์			อังคาร			พุธ			พฤหัสบดี			ศุกร์			เสาร์	อาทิตย์	รวม ชม						
	ช	บ	ล	ช	บ	ล	ช	บ	ล	ช	บ	ล	ช	บ	ล	ล	ล	ป						
เชื่อม 95 2113.243 044 ติดตั้ง กร.บ ต้นเพลิงจิ๋ว										4	4	-	4	4	-	8	8	-						
หมายเหตุ																								

ช. ภาคเช้า. บ. ภาคบ่าย. ล. ล่วงเวลา. ป. ปกติ.

๑.๔๔/๐๙ ๐๐๐.๐

ก. คำชี้แจงในการลงแบบฟอร์มใบสั่งงานที่เสนอแนะ

บัตรจ่ายงานที่เสนอแนะมีแบบฟอร์มดังแสดงในรูปที่ ๔.๓ และมีรายละเอียดในการลงแบบฟอร์มดังนี้คือ

๑. ผู้ปฏิบัติงาน ให้ลงชื่อผู้ปฏิบัติงาน ในกรณีที่มีหลายชื่อ ชื่อคนแรกคือ หัวหน้าชุด และเป็นผู้รับผิดชอบในการลงเวลาในการปฏิบัติงาน และเสียบบัตร

รูปที่ ๔.๓
แสดงบัตรจ่ายงานที่เสนอแนะ

ผู้ปฏิบัติงาน ๑. ..... ๒. ..... ๓.		ฉอง แผนก		
งาน				
เวลา ว.ค.ป.	เริ่ม – หยุด	รวม(ช.ม.) ปกติ	ล. เวลา	หมายเหตุ

๒. แผนก ให้ลงแผนกที่ผู้ปฏิบัติงานสังกัดอยู่

๓. งาน ให้ลงการปฏิบัติงานโดยย่อรวมทั้งหมายเลขใบสั่งงาน

๔. เริ่ม – หยุด ให้เริ่มลงเวลาเริ่มทำงานจนหยุดงานแต่ละครั้ง ถ้ารองานไม่ว่าสาเหตุใดเกิน ๑๐ นาที ให้ลงเวลาหยุด และลงสาเหตุในการรองานในช่องหมายเหตุ

๕. เวลาปกติ คือ เวลาที่ทำงานในเวลาปกติ คิดจากเริ่มทำจนหยุด ในการรวมเวลาในการทำงานให้หักเวลาในการพักออก และถ้าเกิน ๗ นาที ให้ปัดเป็น ๑๕ นาที ถ้าน้อยกว่าให้ปัดทิ้ง

๖. ล. เวลา คือ เวลาที่ทำงานนอกเวลาปกติ ให้ลงเวลาในลักษณะเดียวกับเวลาปกติ

๗. หมายเหตุ ลงเหตุผลที่ทำให้งานต้องหยุดชะงักไป เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น

(ก) รอพัสดุ

(ข) รองาน เนื่องจากข้อขัดข้องจากแผนกอื่น เช่น รอการประกอบ

(ค) รอเครื่องมือ

(ง) รอการสนับสนุนจากแผนกอื่น

(จ) อื่น ๆ

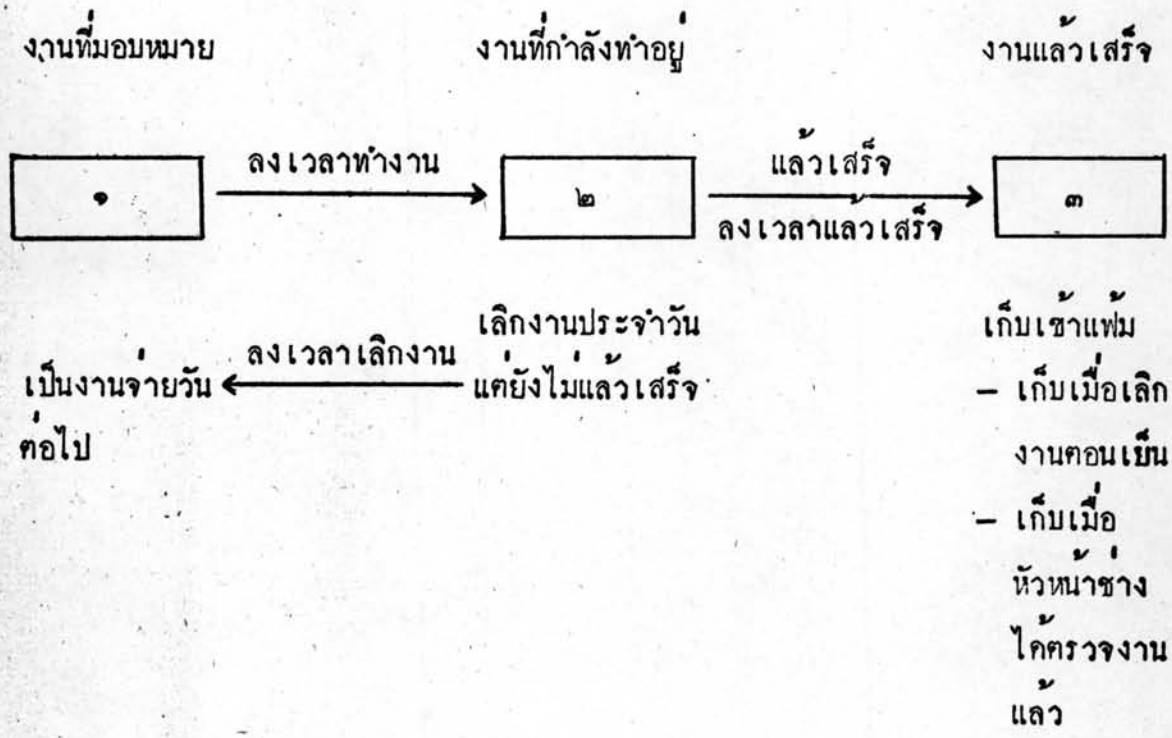
ในการใช้บัตรเสียบที่แผงเสียบบัตร ตำแหน่งของแผงที่เสียบจะมีความหมายอยู่ในตัว ซึ่งแผงเสียบบัตรจะแบ่งออกเป็น ๓ ช่อง รายละเอียดของการเสียบบัตร และความหมายของบัตรตามตำแหน่งต่าง ๆ มีดังในรูปที่ ๔.๔ และรูปที่ ๔.๕

รูปที่ ๔.๔
แสดงวิธีเสียบบัตรจ่ายงานที่แผงเสียบบัตร

ความหมาย	ช่องที่ ๑	ช่องที่ ๒	ช่องที่ ๓
๑. ไม่มีงาน รอจ่ายงาน	ว่าง	ว่าง	บัตรงานเสร็จแล้วถ้ามี
๒. รอพัสดุ – รอเครื่องมือ ฯลฯ	บัตรจ่ายงานอื่นถ้ามี	บัตรงานที่กำลังทำอยู่ – ลงเวลาเริ่มรอ – บันทึกสาเหตุในการรอในช่องหมายเหตุ	บัตรงานแล้วเสร็จในวันนั้น
๓. กำลังปฏิบัติงานอยู่	บัตรจ่ายงานอื่นถ้ามี	บัตรงานกำลังทำ	บัตรงานแล้วเสร็จในวันนั้น

รูปที่ ๔.๕

แสดงการลงเวลาทำงาน และการเสียบบัตร



ข. <u>คำชี้แจงในการลงเวลา และการเสียบบัตร</u>

ช่องแรกของแผงเสียบบัตรจะเป็นที่เสียบบัตรจ่ายงานที่มอบหมายให้ทำในแต่ละวัน โดยผู้ที่ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้จ่ายงานจะต้องนำมาเสียบที่แผงก่อนเวลาจ่ายงาน เมื่อได้เวลาทำงาน คนงานจะมารับบัตรจ่ายงานนี้ที่ช่องแรกไป และเมื่อลงเวลาเริ่มทำแล้วก็ให้นำมาเสียบไว้ในช่องที่สอง

ช่องที่สองของแผงเสียบบัตรจะเป็นที่เสียบบัตรงานที่กำลังทำอยู่ และเมื่องานนั้นเสร็จแล้ว ก็จะมาลงเวลาแล้วเสร็จ แล้วนำบัตรนี้มาเสียบที่ช่องที่สามของแผงเสียบบัตร และรับบัตรจ่ายงานจากช่องแรกเพื่อทำงานต่อไป ในกรณีที่งานไม่แล้วเสร็จใน

วันนั้น ผู้จ่ายงานจะนำบัตรจ่ายงานเดิมมาเสียบในช่องแรกเพื่อเป็นงานจ่ายในวันต่อไป-

ช่องที่สามของแผงเสียบบัตรจะเป็นที่เสียบบัตรงานแล้วเสร็จ ผู้ที่มีหน้าที่ตรวจงานจะมาดูรายการงานแล้วเสร็จในช่องที่สามนี้ และจะไปตรวจสอบงานแล้วเสร็จหลังจากตรวจงานเรียบร้อยแล้วก็จะเก็บบัตรนี้ไปเข้าแฟ้มงานแล้วเสร็จเพื่อเป็นหลักฐานต่อไป

ค. <u>ประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้บัตรจ่ายงานที่เสนอแนะมีดังนี้</u>

๑. ประโยชน์ทางตรง เป็นการลดเวลาไร้ประสิทธิภาพเนื่องจากการเข้าแถวจ่ายงานเวลาที่เสียไปในการเข้าแถวจ่ายงานประมาณวันละ ๑/๓ ชั่วโมง คนงานที่ใช้ในการต่อตัวเรือเฉพาะโรงงานต่อเรือเหล็ก และโรงงานเชื่อมมีจำนวน ๔๓ คน

จำนวนเวลาที่ต้องเสียไปวันละ	๔๓ x ๑/๓ = ๑๔.๓	ชั่วโมง
เวลาที่ใช้ในการต่อตัวเรือ (ค. ๔๔)	๒๖๐	วันงาน
ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายโรงงานชั่วโมงละ	๓๔.๒๐	บาท
ประหยัดเงินได้ประมาณ	๑๔.๓ x ๒๖๐ x ๓๔.๒๐	บาท
	= ๑๒๗,๑๕๕.๖๐	บาท

๒. ประโยชน์ทางอ้อม

(ก) เป็นการกระจายอำนาจความรับผิดชอบลงไปตามลำดับชั้น และคนงานจะหมดความรู้สึกเบื่อหน่ายในการที่จะต้องมาเข้าแถวรับฟังการจ่ายงานทุกวัน

(ข) ผู้บังคับบัญชาระดับสูงสามารถตรวจสอบเกี่ยวกับการจ่ายงานของหัวหน้างาน และตรวจสอบการปฏิบัติงานของคนงานได้ทุกเวลา

(ค) สามารถจ่ายงานสำลองได้ล่วงหน้า และตรวจสอบงานแล้วเสร็จได้ทุกโอกาส ลดการเสียเวลาในการจ่ายงาน และการตรวจงาน

(ง) หัวหน้างานมีอิสระในการควบคุม และให้คำแนะนำในการปฏิบัติงาน

(จ) คนงานจะมีบันทึกผลงานของตนเอง สะดวกในการพิจารณาความดีความชอบของผู้บังคับบัญชา

(ฉ) หน่วยงานสามารถเก็บข้อมูล สถิติต่าง ๆ สำหรับจัดทำมาตราฐานการทำงาน ซึ่งใช้ประโยชน์ในการวางแผนการทำงาน

(ช) จากการบันทึกสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้ต้องรองานจะเป็นการช่วยกระตุ้นการทำงานของหน่วยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยทางอ้อม เพราะทำให้ทราบว่าสาเหตุของการรองานเกิดจากความบกพร่องของหน่วยใด และยังเป็นหนทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้ถูกจุดอีกด้วย

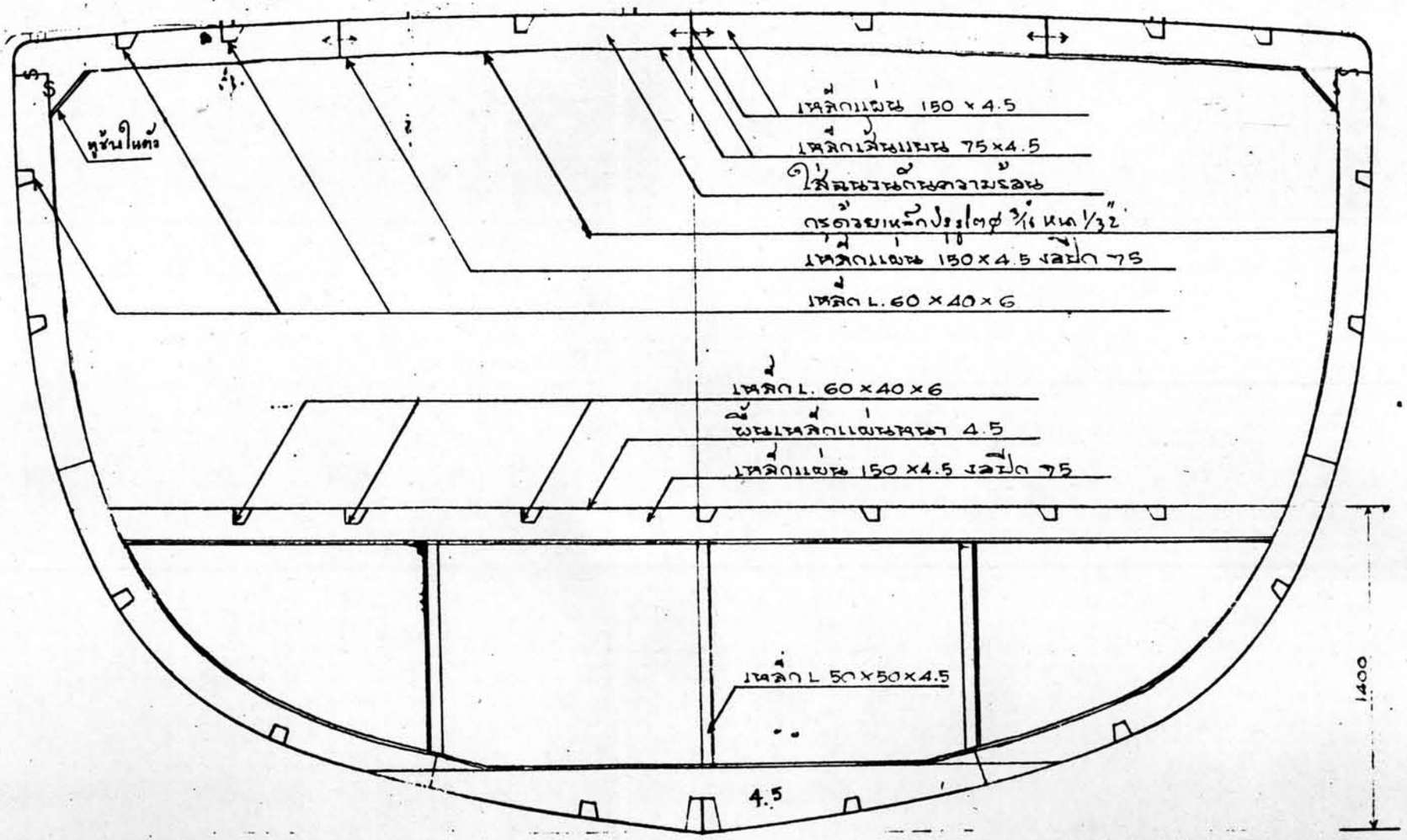
<u>การออกแบบผลิตภัณฑ์ และใช้กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม</u>

ก. <u>การลดเศษของแผ่นเหล็ก (scraps) โดยการเปลี่ยนแปลงแบบ</u>

จากการออกแบบบีมคาดฟ้า ดังในรูปที่ ๔.๖ จะเห็นได้ว่าตรงส่วน

รูปที่ ๔.๖

แบบของบีมคาดฟ้าของเรือยนต์รักษาฝั่ง



มาตราส่วน 1 : 25

ปลายทั้งสองข้างของบีมคาดฟ้าซึ่งต่อกับกงทางขวางนั้นมีส่วนที่แหลมยื่นออกมาซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการถ่ายน้ำหนักจากบีมไปสู่กงทางขวาง ส่วนที่ยื่นออกมานี้เป็นชิ้นส่วนเดียวกันกับบีมคาดฟ้าซึ่งเรียกว่าเป็นหูช้างในตัว หูช้างแบบนี้ในการตัดแผ่นเหล็กจะทำให้เหลือเศษแผ่นเหล็กมาก เพราะเศษที่เหลือซึ่งกว้างประมาณ ๑๘ เซนติเมตร และยาวประมาณ ๕ เมตร จะสามารถนำไปทำบีมคาดฟ้าได้เฉพาะบีมที่มีขนาดสั้น เช่น ที่บริเวณหัวเรือ และท้ายเรือเท่านั้น

ความยาวของบีมคาดฟ้าที่กงต่าง ๆ มีดังนี้

กงที่	๑	ยาว	๔.๘	เมตร
กงที่	๒	เป็นฝากั้น		
กงที่	๓	ยาว	๕.๐	เมตร
กงที่	๔	ยาว	๕.๑๕	เมตร
กงที่	๕	ยาว	๕.๒๕	เมตร
กงที่	๖	ยาว	๕.๔	เมตร
กงที่	๗	ยาว	๕.๕๕	เมตร
กงที่	๘	ยาว	๕.๖	เมตร
กงที่	๙	ยาว	๕.๖๕	เมตร
กงที่	๑๐	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๑๑	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๑๒	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๑๓	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๑๔	เป็นฝากั้น		
กงที่	๑๕	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๑๖	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๑๗	ยาว	๕.๗	เมตร

กงที่	๑๘	ยาว	๕.๗	เมตร -
กงที่	๑๙	ยาว	๕.๗	เมตร
กงที่	๒๐ เป็นฝากั้น			
กงที่	๒๑	ยาว	๕.๔	เมตร
กงที่	๒๒	ยาว	๕.๒๕	เมตร
กงที่	๒๓	ยาว	๕.๐	เมตร
กงที่	๒๔	ยาว	๔.๕๕	เมตร
กงที่	๒๕	ยาว	๔.๐	เมตร
กงที่	๒๖	ยาว	๓.๒	เมตร
กงที่	๒๗	ยาว	๒.๒	เมตร

<u>หมายเหตุ</u>

การนับกงนับจากทางท้ายเรือ

จากรูปที่ ๔.๗ จะเห็นได้ว่าถ้าตัดแผ่นเหล็กตามแบบเดิมจะต้องใช้แผ่นเหล็กดังนี้

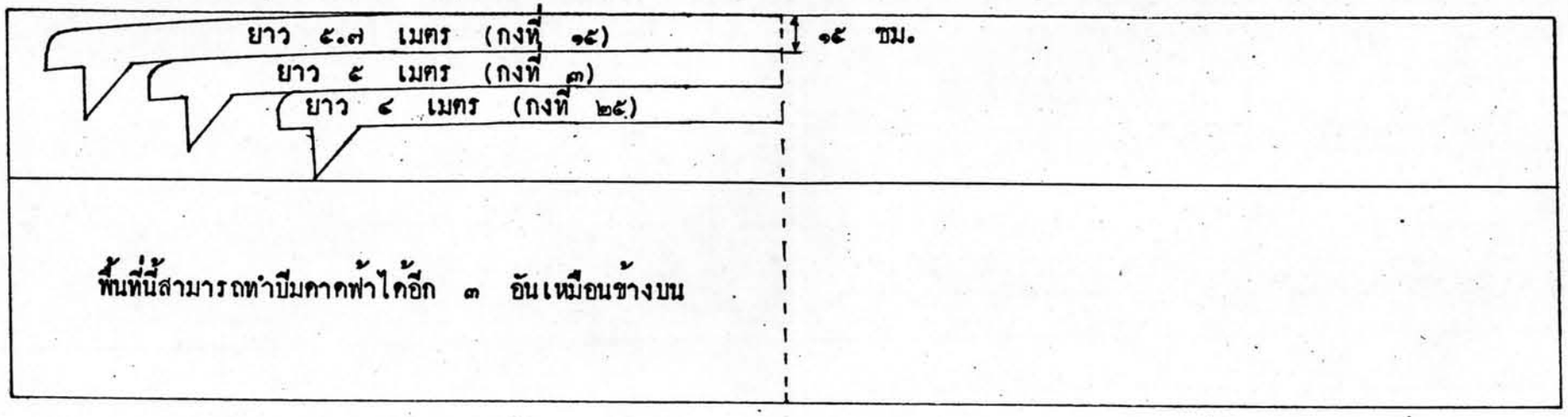
แผ่นเหล็กแผ่นที่ ๑ จะสามารถทำปีมคาดฟ้าที่กงที่ ๑๕, ๓, ๒๕, ๑๖, ๔ และ ๒๖

แผ่นเหล็กแผ่นที่ ๒ จะสามารถทำปีมคาดฟ้าที่กงที่ ๑๗, ๑, ๒๗, ๑๘ และ ๒๓ ที่ทำได้เพียง ๕ อันเท่านั้น เพราะเศษที่เหลือไม่มีปีมขนาดสั้นที่จะสามารถทำได้

ปีมที่เหลือ คือ ปีมคาดฟ้าที่กงที่ ๕, ๖, ๗, ๘, ๙, ๑๐, ๑๑, ๑๒, ๑๓, ๑๙, ๒๑ และ ๒๒ รวม ๑๒ อันนั้น เป็นปีมคาดฟ้าที่มีขนาดยาว ซึ่งแผ่นเหล็ก ๑ แผ่น สามารถตัดได้เพียง ๓ อันเท่านั้น ดังในรูปที่ ๔.๘ ดังนั้นปีมจำนวน ๑๒ อัน จะต้องใช้แผ่นเหล็ก ๔ แผ่น

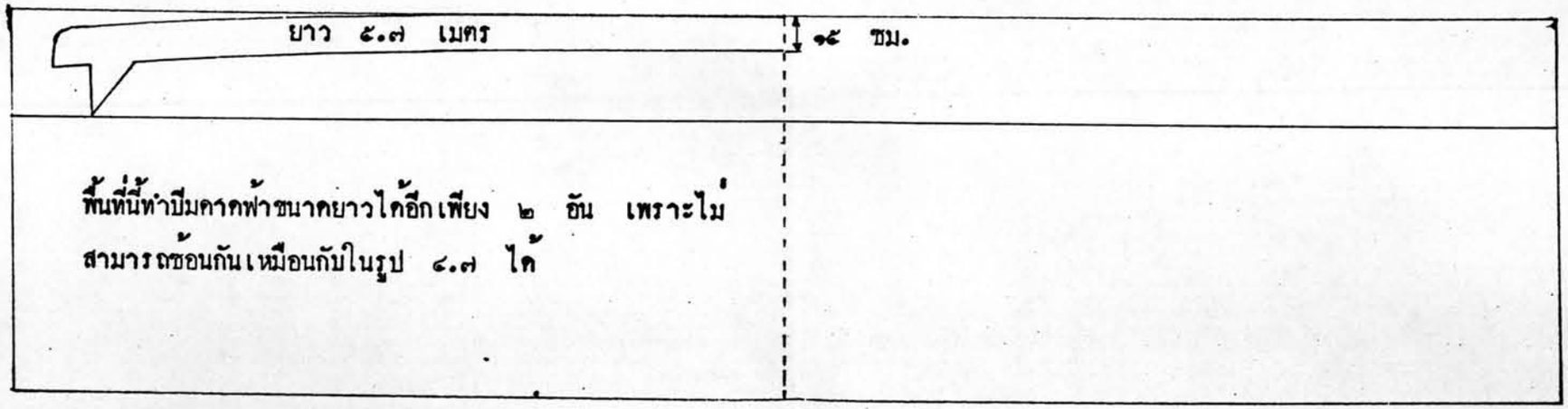
รูปที่ ๔.๗

แสดงการหมายแบบตัดแผ่นเหล็กทำปีมคาดฟ้าของเรือยนต์รักษาฝั่ง



รูปที่ ๔.๘

แสดงการหมายแบบตัดแผ่นเหล็กสำหรับทำปีมคาดฟ้าขนาดยาว



มาตราส่วน 1:25 (แผ่นเหล็กกว้าง ๕ ฟุต ยาว ๒๐ ฟุต)

รวมจำนวนแผ่นเหล็กทั้งหมดที่ใช้เป็นจำนวน ๖ แผ่น

จากการออกแบบบีมคาดฟ้าในปัจจุบัน (๔) ดังในรูปที่ ๔.๔ จะเห็นได้ว่าสามารถทำหูช้างโดยแยกต่างหากจากบีมคาดฟ้าได้ ซึ่งหูช้างนี้สามารถตัดจากเศษของแผ่นเหล็กที่เหลือจากการทำชิ้นส่วนตัวเรืออื่น ๆ ได้ และนำมาเชื่อมติดกับบีมคาดฟ้า การทำหูช้างต่างหากนี้จะเป็นการประหยัดแผ่นเหล็กต่อเรือได้มาก

จากรูปที่ ๔.๑๐ จะเห็นได้ว่าถ้าทำหูช้างต่างหากแผ่นเหล็ก ๑ แผ่น จะสามารถทำบีมคาดฟ้าได้มากอันกว่าแบบเดิมโดยใช้แผ่นเหล็กดังนี้

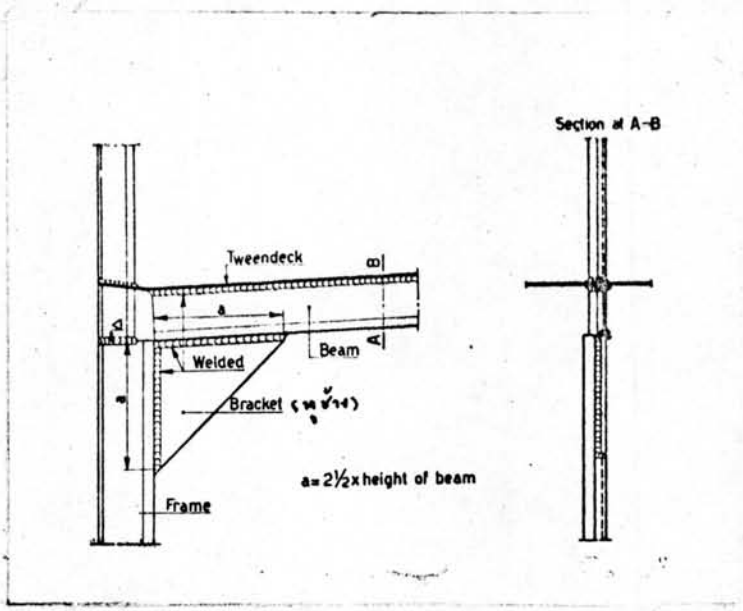
แผ่นเหล็กแผ่นที่ ๑ สามารถทำบีมคาดฟ้าขนาดยาว และขนาดสั้นได้ประมาณ ๔ อัน

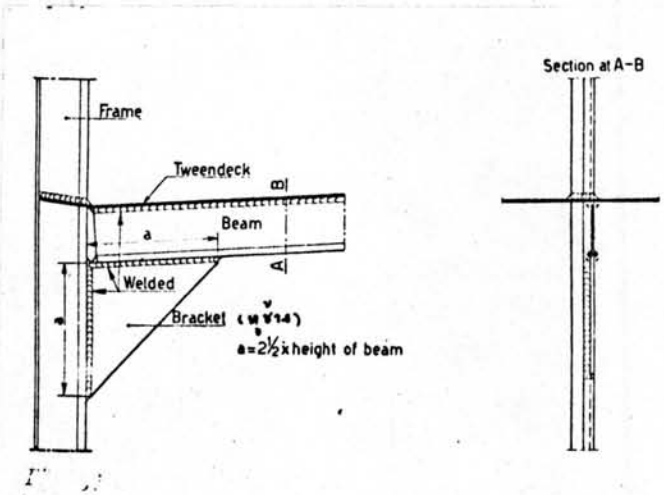
สำหรับบีมที่มีขนาดยาวแผ่นเหล็ก ๑ แผ่น จะสามารถทำบีมได้ประมาณ ๗ อัน ดังนั้นจำนวนบีมคาดฟ้าที่เหลือประมาณ ๑๕ อัน จะใช้แผ่นเหล็กประมาณ ๒ ๑/๗ แผ่น

ดังนั้นจำนวนแผ่นเหล็กทั้งหมดที่ใช้เป็นจำนวน ๓ ๑/๗ แผ่น
จำนวนแผ่นเหล็กที่ใช้ลดลงไป ๒ ๖/๗ แผ่น
ราคาแผ่นเหล็กขนาด ๓/๑๖" x ๕′ x ๒๐′ (กองพัสดุช่าง, กรมอู่ทหารเรือ) แผ่นละ ๕,๘๖๕ บาท
สามารถลดค่าใช้จ่ายลงไปได้ประมาณ ๕,๘๖๕ x ๒.๘๖ บาท
= ๑๕,๖๓๐ บาท

รูปที่ ๔.๔

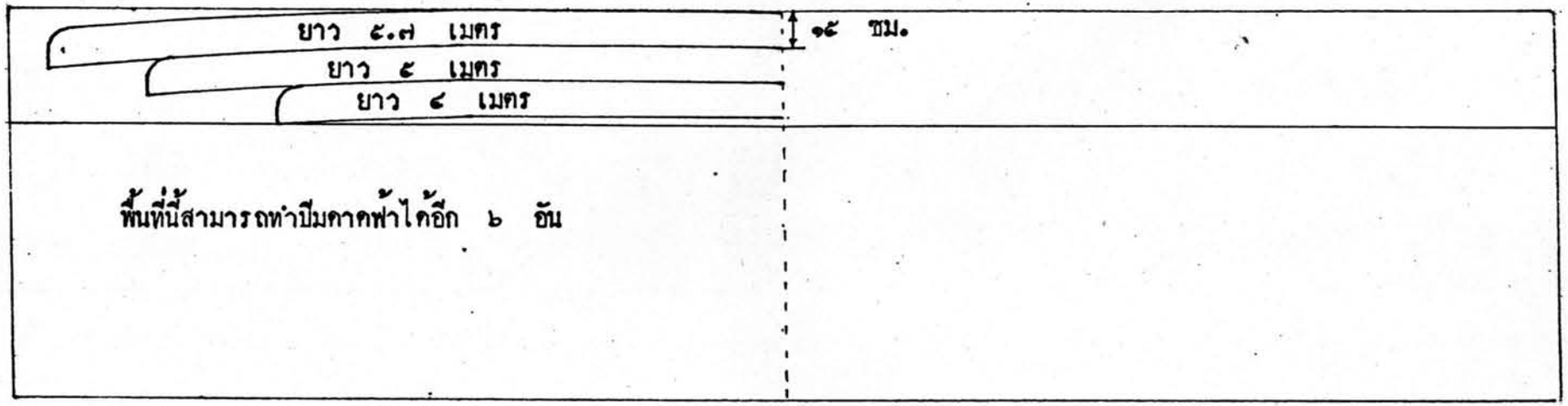
การประกอบปีมคาดฟ้าเข้ากับกงหางขวางโดยใช้หูช้าง (Bracket)





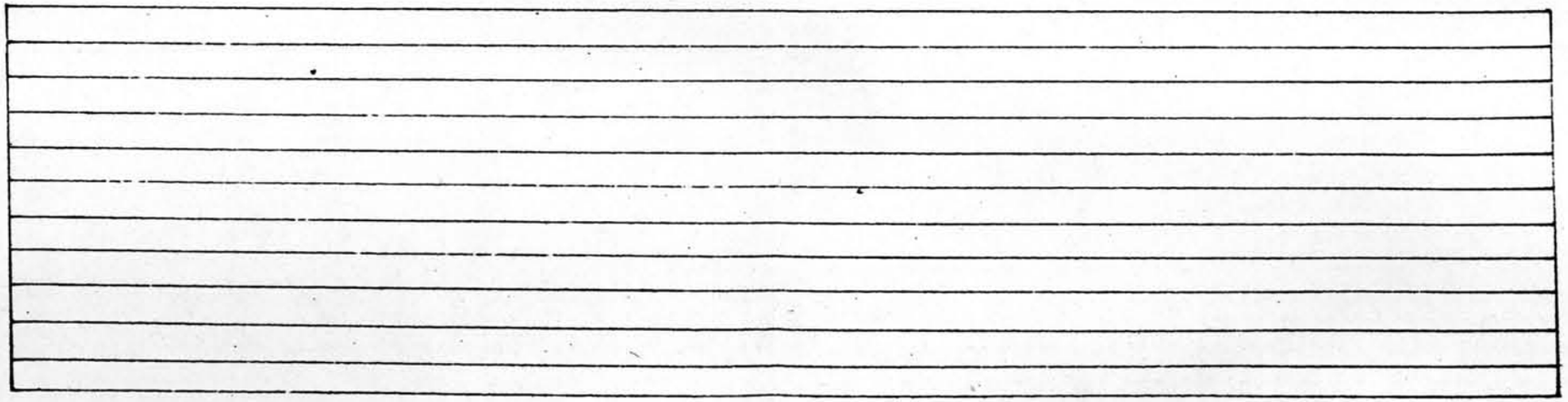
รูปที่ ๔.๑๐

แสดงการหมายแบบตัดแผ่นเหล็กทำปีมคาดฟ้าโดยไม่มีหูช้าง



รูปที่ ๔.๑๑

แสดงการหมายแบบตัดแผ่นเหล็กทำปีมคาดฟ้าวิธีที่เสนอแนะ



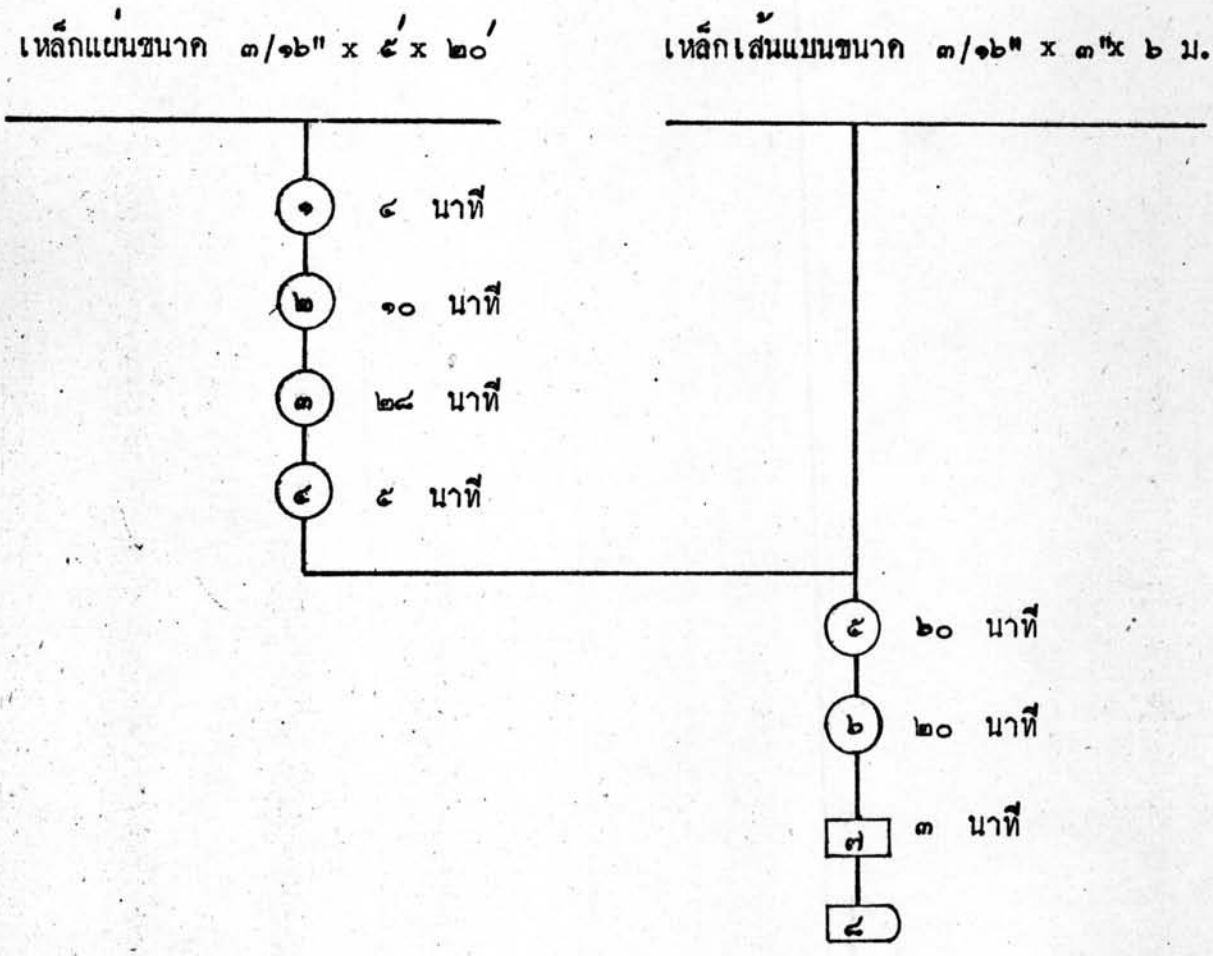
มาตราส่วน 1:25 (แผ่นเหล็ก กว้าง 5 ฟุต ยาว 20 ฟุต)

ข. การเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิตเพื่อประหยัดพัสดุ และแรงงาน

๑. การตัดแผ่นเหล็กทำบีมดาดฟ้าแบบเก่า

เนื่องจากพื้นดาดฟ้าของเรือยนต์รักษาฝั่งจะมีความนูนที่บริเวณกึ่งกลางลำเรือ ซึ่งเรียกว่า Camber การที่ดาดฟ้าเรือเป็น Camber ก็เพื่อที่จะให้น้ำที่เข้าดาดฟ้าเรือไหลออกข้างกราบเรือทั้งสองข้าง ดังนั้นบีมดาดฟ้าจึงต้องโค้งตามดาดฟ้าเรือด้วย การทำบีมดาดฟ้าแบบเดิมมีขั้นตอนในการทำดังแสดงในรูปที่ ๔.๑๒

รูปที่ ๔.๑๒
แผนภูมิขบวนการผลิตอย่างสังเขปของการทำบีมดาดฟ้าแบบเก่า



การปฏิบัติงานที่ ๑ หมายแบบลงบนแผ่นเหล็กตามไม้แบบ

การปฏิบัติงานที่ ๒ ตอกนำศูนย์ตามแนวเส้นระยะห่างประมาณ ๑ นิ้ว

การปฏิบัติงานที่ ๓ ตัดแผ่นเหล็กตามแนวเส้นโดยใช้แก๊สตัดโดยวิธีใช้มือ (Mannual cutting)

การปฏิบัติงานที่ ๔ ขัดผิวโลหะให้เรียบตามแนวตัดโดยใช้มอเตอร์หินขัด

การปฏิบัติงานที่ ๕ ประกอบเหล็กเส้นแบนเข้ากับปีม

การปฏิบัติงานที่ ๖ ดัดให้เข้ารูปตามแบบ

การปฏิบัติงานที่ ๗ ตรวจสอบขนาด และความโค้งกับไม้แบบ

การปฏิบัติงานที่ ๘ รอประกอบเข้ากับกงทางขวาง

<u>หมายเหตุ</u>

เป็นเวลาในการทำปีมดาดฟ้ายาว ๕.๗ เมตร

การหมายแบบลงบนแผ่นเหล็กนั้น จะเป็นรูปโค้ง (Camber) เหมือนกับในรูปที่ ๔.๑๐ และเนื่องจากแผ่นเหล็กได้รับการทาสีเพื่อกันสนิมมาก่อนที่จะทำการตัด ดังนั้นความร้อนจากแก๊สอเซทีลีนที่ใช้ตัดแผ่นเหล็กจะทำให้สีที่ทาไว้ไหม้ ทำให้มองแนวเส้นไม่เห็นจึงต้องตอกนำศูนย์เพื่อที่จะมองเห็นแนวที่จะตัด นอกจากนี้ความร้อนของแก๊สที่ใช้ตัดซึ่งสูงมาก ทำให้เหล็กเกิดการขยายตัว ดังนั้นปีมที่ตัดตามแบบจะมีความโค้งมากกว่าเดิมจึงต้องมาดัดให้เข้ารูปเดิมอีกครั้ง

๒. พัฒนาวิธีการตัดแผ่นเหล็กทำปีมดาดฟ้าใหม่

จากการใช้แก๊สตัดแผ่นเหล็กพบว่า ปีมที่ตัดออกมาจะโค้งไปจากเดิม เนื่องจากเหล็กได้รับความร้อน ดังนั้นถ้าเปลี่ยนวิธีการตัดปีมดาดฟ้าโดยการตัดเป็นแนวตรง ดังในรูปที่ ๔.๑๑ มีความกว้างเท่ากับ ๑๕ เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับความกว้าง

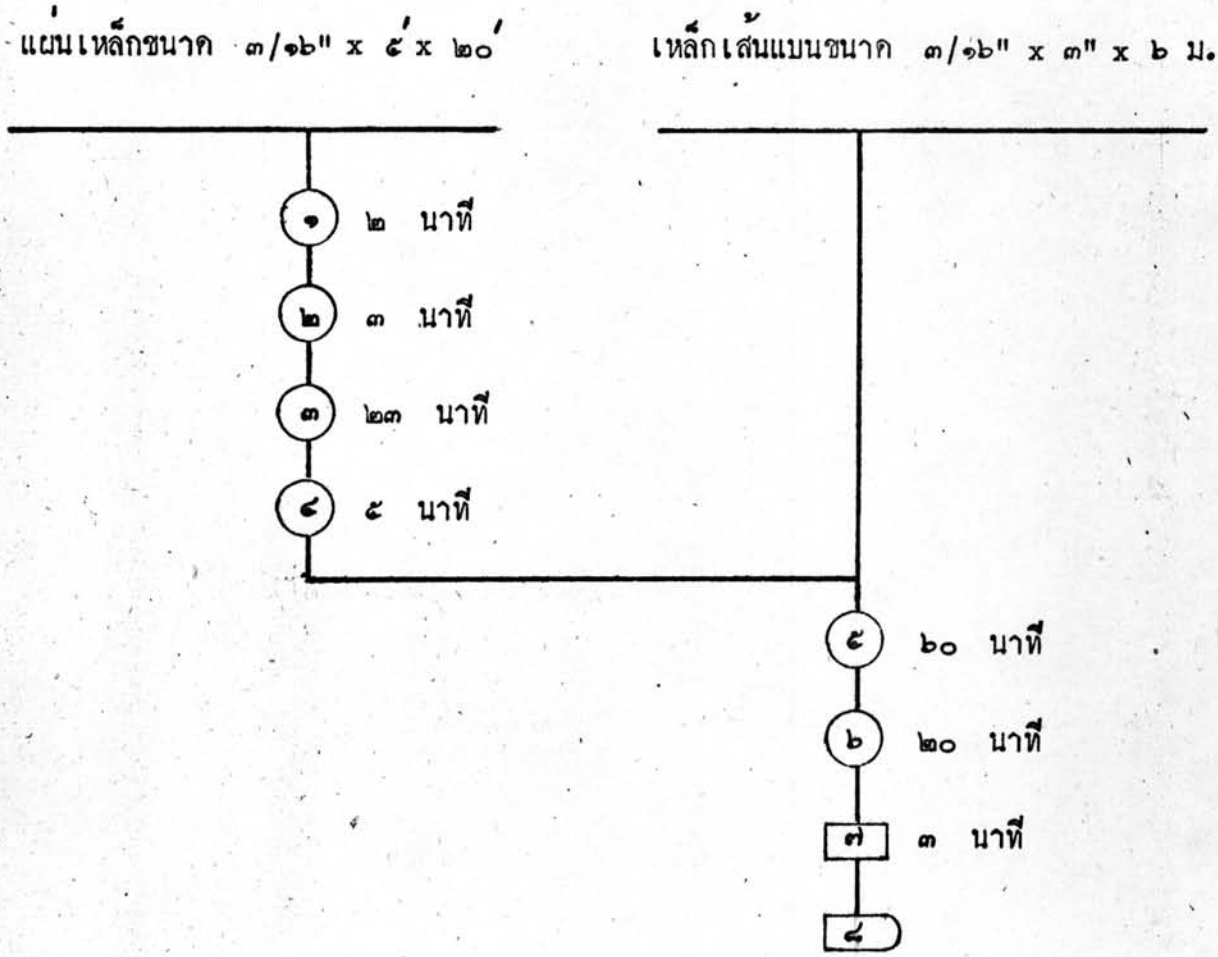
ของปีมดาดฟ้า ชิ้นงานที่ตัดออกมาก็จะโค้ง และมีลักษณะใกล้เคียงกับความโค้งของ Camber ซึ่งใช้เวลาในการดัดให้เข้ารูปใกล้เคียงกับการตัดเป็นเส้นโค้งแบบเก่านั่นเอง แต่การตัดปีมดาดฟ้าเป็นแนวตรงจะได้ผลดี ๒ ประการ คือ

๑. เป็นการประหยัดแผ่นเหล็ก คือ แผ่นเหล็ก ๑ แผ่น สามารถตัดปีมดาดฟ้าได้ถึง ๑๐ อัน

๒. การตัดเป็นแนวตรงสามารถใช้เครื่องตัดที่มีมอเตอร์ขับหัวตัดวิ่งไปตามรางเป็นเส้นตรงได้ ทำให้การตัดกระทำได้เร็วกว่า และแนวตัดมีความสวยงามกว่าการตัดโดยใช้มือ

รูปที่ ๔.๑๓

แผนภูมิขบวนการผลิตอย่างสังเขปของการทำบีมคาดฟ้าที่เสนอแนะ



การปฏิบัติงานที่ ๑ ตีเส้นตรงยาวเท่ากับความยาวของบีมแต่ละเส้นห่างกัน ๑๕ เซนติเมตร

การปฏิบัติงานที่ ๒ วางราง และปรับหัวตัดให้ตรงแนวตัดโดยให้ล้อของตัวขับอยู่บนรางเพื่อที่จะได้เคลื่อนที่เป็นแนวตรง

การปฏิบัติงานที่ ๓ ตัดแผ่นเหล็กตามแนวเส้น

การปฏิบัติงานที่ ๔ ขัดผิวโลหะบริเวณแนวตัดให้เรียบโดยใช้

มอเตอร์หินขัด

การปฏิบัติงานที่ ๕ ประกอบเหล็กเส้นแบนเข้ากับบีม

การปฏิบัติงานที่ ๖ ดัดให้เข้ารูปตามแบบ

การปฏิบัติงานที่ ๗ ตรวจสอบขนาด และความโค้งกับไม้แบบ

การปฏิบัติงานที่ ๘ รอประกอบเข้ากับกงทางขวาง

หมายเหตุ

เป็นเวลาในการทำบีมคาดฟ้ายาว ๕.๗ เมตร

ผลของการเปลี่ยนแปลงการตัดแผ่นเหล็กทำบีมคาดฟ้า

๑. การตัดแผ่นเหล็กตามแนวโค้งตามแบบเดิมใช้แผ่นเหล็กประมาณ ๓ ๑/๗ แผ่น แต่การตัดเป็นแนวเส้นตรงใช้แผ่นเหล็ก ๒ ๑/๒ แผ่น สามารถลดแผ่นเหล็กลงไปได้ ๐.๖๔ แผ่น ลดค่าใช้จ่ายลงไปเป็นเงิน ๐.๖๔ x ๕,๔๖๕ = ๓,๕๑๓ บาท

๒. จากรูปที่ ๔.๑๒ เปรียบเทียบกับรูปที่ ๔.๑๓ จะเห็นได้ว่าสามารถลดเวลาในการทำบีมคาดฟ้าที่ยาว ๕.๗ เมตร ลงไป ๑๔ นาทีต่ออัน

สรุปการลดค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนแปลงแบบ และกรรมวิธีการผลิตได้ผลดังนี้

๑. การทำหูช้างต่างหาก และใช้การตัดแผ่นเหล็กเป็นแนวตรงแทนการตัดเป็นแนวโค้งตามลักษณะ Camber สามารถลดจำนวนการใช้แผ่นเหล็กจาก ๖ แผ่น ลงเหลือ ๒ ๑/๒ แผ่น หรือสามารถลดค่าใช้จ่ายลงไปได้เป็นเงิน ๑๕,๖๓๐ + ๓,๕๑๕ = ๑๙,๑๔๓ บาท

หมายเหตุ

การทำหูช้างต่างหากถึงแม้ว่าจะต้องเสียเวลา และพัสดุเพิ่มเติม เช่น เวลาในการตัดเศษเหล็กทำหูช้าง และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเชื่อมหูช้างติดกับบีม

แต่ค่าใช้จ่ายเหล่านี้มีมูลค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นเหล็กที่ประหยัดได้

<u>การลดค่าใช้จ่ายในการเชื่อมตัวเรือ</u>

งานส่วนใหญ่ในการต่อตัวเรือ คือ งานเชื่อมโลหะ คือ ตั้งแต่การประกอบชิ้นส่วนย่อยในโรงงานไปจนถึงการประกอบตัวเรือในอู่ และการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เรือเหล็กขนาดใหญ่งานเชื่อมตัวเรือมีประมาณร้อยละ ๓๓ ของงานต่อเรือทั้งหมด การต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งในปัจจุบันมีการเชื่อมที่ใช้ในการต่อตัวเรือ ๒ ชนิด คือ

ก. การเชื่อมแบบอาร์คด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้ม (Shield Metal Arc - Welding, SMAW) เป็นการเชื่อมที่ใช้ในการทำชิ้นส่วนย่อย และการเชื่อมตัวเรือที่เป็นเหล็กทั้งหมด

การเชื่อมเหล็กโดยการเชื่อมแบบอาร์คด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้มมีข้อเสียดังนี้ คือ

๑. ความเร็วในการเชื่อมต่ำ

๒. สิ้นเปลืองลวดเชื่อมมาก เพราะไม่สามารถใช้ได้หมดทั้งเส้น ต้องทิ้งไปประมาณ ๑๐ เปอร์เซ็นต์

๓. ต้องเสียเวลาในการกำจัด Slag

ข. การเชื่อมแบบ Metal Inert Gas Welding, MIG ใช้สำหรับการเชื่อมชิ้นส่วนโครงสร้างที่เป็นอลูมิเนียมแอลลอยด์ เช่น การทำเก๋งผนึกน้ำ (Superstructure)

<u>การเพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อมตัวเรือ</u>

การเพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อมตัวเรือ คือ การนำวิธีการเชื่อมที่มีประสิทธิภาพกว่ามาใช้แทนวิธีการเดิมที่ใช้อยู่ โดยเปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ถึงผลที่ได้จากวิธีการใหม่ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ขอเสนอแนะวิธีการเชื่อมตัวเรือแบบ

Metal Inert Gas Welding, MIG ซึ่งในปัจจุบันการเชื่อมระบบนี้ได้พัฒนาจนสามารถเชื่อมเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเชื่อมระบบ MIG เป็นขบวนการเชื่อมที่ใช้แก๊สเฉื่อย หรือแก๊สผสม (Shielding gas) ปกคลุมแนวเชื่อมเพื่อป้องกันมิให้**แก๊สออกซิเจน** และไนโตรเจนจากอากาศเข้าไปรวมตัวกับโลหะที่กำลังหลอมละลาย ความร้อนที่เกิดขึ้นในการเชื่อมได้จากการอาร์คของกระแสไฟฟ้าซึ่งเกิดขึ้นระหว่างลวดเชื่อมที่มีการหลอมละลายกับโลหะชิ้นงาน

ประวัติการเชื่อมระบบ MIG (๑๐)

การเชื่อมระบบ MIG ได้วิวัฒนาการมาจากการเชื่อมระบบ Gas Tungsten Arc - Welding, TIG โดยการดัดแปลงเอาลวดเชื่อมที่มีคุณสมบัติเหมือนกับชิ้นงานมาทำหน้าที่เป็น electrode แทนการใช้ Tungsten electrode ในครั้งแรกได้นำการเชื่อมระบบ MIG มาใช้เชื่อมอลูมิเนียม ปรากฏว่าสามารถเชื่อมงานได้เร็วกว่าการเชื่อมระบบ TIG ถึง ๔ เท่า ต่อมาในปี ค.ศ. ๑๙๕๑ สามารถนำระบบการเชื่อมแบบ MIG มาใช้ในการเชื่อม Stainless และ Carbon steel ได้เป็นผลสำเร็จ และได้พบว่าการผสมออกซิเจนปริมาณเล็กน้อยกับแก๊สเฉื่อย จะมีผลทำให้การอาร์คดีขึ้นโดยที่ Stainless steel และ Carbon steel ไม่เกิดผลเสียหายต่อคุณลักษณะในการเชื่อมแต่อย่างใด ต่อมาได้มีการนำเอาแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้เป็น Shielding gas เพื่อเชื่อม Carbon steel ปรากฏว่าใช้ได้ผลดี และประหยัดเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีราคาถูก

ข้อดีของการเชื่อมระบบ MIG (๑๐)

๑. สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม
๒. ผลงานมีคุณภาพสูง
๓. ไม่เสียเวลาในการกำจัด Slag

๔. ไม่มีการสูญเสียปลายลวดเชื่อมเหมือนกับการเชื่อมแบบอาร์คด้วยลวดเชื่อมชนิดสารพอกหุ้ม

๕. เชื่อมด้วยความเร็วสูง การบิดงอของงานมีน้อย

๖. ให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงทั้งงานผลิต และงานซ่อม

๗. สามารถเชื่อมโลหะได้หลายชนิด เช่น Aluminium, Stainless steel, Carbon steel ฯลฯ

<u>การส่งผ่านโลหะเชื่อมไปยังแนวเชื่อม (Transfer) แบ่งเป็น ๓ ลักษณะ คือ</u> (๑๑)

๑. Spray Arc - tranfer เป็นการส่งผ่านโลหะเชื่อมไปยังแนวเชื่อมในลักษณะเป็นเม็ด หรือพ่นเป็นฝอยจากปลายของลวดเชื่อมไปสู่ชิ้นงาน โดยอาศัยความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูง เกิดขึ้นโดยการใช้แก๊สอาร์กอน หรือแก๊สอาร์กอนผสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็น Shielding gas

๒. Globular transfer เป็นการส่งผ่านโลหะเชื่อมไปยังแนวเชื่อมในลักษณะที่เป็นหยด หรือเม็ดโต ๆ เกิดขึ้นโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็น Shielding gas และใช้กระแสไฟฟ้าสูง

๓. Short circuit transfer เป็นการส่งผ่านโลหะเชื่อมไปยังแนวเชื่อมโดยการ Short - circuit โดยมีน้ำโลหะซึ่งหลอมละลายอันเกิดจากปลายลวดเชื่อมสัมผัสกับบ่อหลอมละลาย การ Short - circuit ของลวดเชื่อมกับชิ้นงานจะเกิดขึ้นประมาณ ๒๐ – ๒๐๐ ครั้งต่อวินาที ลักษณะการส่งผ่านโลหะแบบนี้มีชื่อเรียกว่า Micro Wire การส่งผ่านโลหะเชื่อมแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อใช้แก๊สคาร์บอน–ไดออกไซด์ หรือแก๊สอาร์กอน ๗๕ เปอร์เซ็นต์ผสมกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ๒๕ เปอร์เซ็นต์ โดยใช้กระแสไฟฟ้า และแรงเคลื่อนต่ำกว่าทั้งสองแบบแรก คือ กระแสไฟฟ้าอยู่ระหว่าง ๕๐ – ๒๒๕ แอมป์ และแรงเคลื่อนระหว่าง ๑๒ – ๒๒ โวลท์ ดังนั้นการเชื่อมโดยวิธีนี้การบิดงอของโลหะจึงมีน้อย และไม่มีผลกระทบกระเทือนทางโลหะวิทยาต่อโลหะที่เชื่อม จึงเหมาะสำหรับการเชื่อมโลหะบางโดยสามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

การเลือกวิธีการส่งผ่านโลหะเชื่อมไปยังแนวเชื่อมแบบใดนั้น ขึ้นอยู่กับความหนาของโลหะ ท่าเชื่อม รูปร่างแนวเชื่อม และเครื่องเชื่อม ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ ๔.๑

ตารางที่ ๔.๑

แสดงการเปรียบเทียบการเชื่อมเหล็กด้วยวิธีการต่าง ๆ ในระบบ MIG (๑๒)

วิธีการเชื่อม	Globular	Micro Wire	Spray
๑. แก๊สชีล	CO_2	CO_2 หรือ Ar ๙๕% + CO_2 ๒๕%	Ar ผสม O_2 ๑ – ๕%
๒. ความหนาของโลหะ	๐.๑๔" – ๑/๒"	๐.๐๓๔" – ๑/๔"	๑/๔" – ๑/๒" ในทางปฏิบัติเชื่อมได้ทุกความหนา
๓. ท่าเชื่อม	ท่าราบ และท่าแนวนอน	ทุกท่ารวมทั้งเชื่อมท่อ	ท่าราบ และท่าแนวนอน
๔. ข้อดีที่สำคัญ	เชื่อมได้เร็วมีการละลายลึกสูง	เชื่อมโลหะบางแนวต่อชนสนิท และไม่ต้องทำความสะอาดมาก	แนวเชื่อมเรียบสม่ำเสมอ ความเร็วสูง การกินลึกสูง
๕. ข้อจำกัด	ต้องทำความสะอาดเม็ดโลหะที่กระเด็นบริเวณแนวเชื่อม	ไม่ประหยัดในการเชื่อมโลหะหนาในท่าราบ	ไม่เหมาะสำหรับเชื่อมโลหะบาง

ตารางที่ ๔.๑ (ต่อ)

วิธีการเชื่อม	Globular	Micro Wire	Spray
๖. รูปร่างแนวเชื่อม	เรียบ สม่ำเสมอ มีเม็ดโลหะบ้าง	เรียบ สม่ำเสมอ มีเม็ดโลหะกระเด็นเล็กน้อย	เรียบ สม่ำเสมอ มีเม็ดโลหะกระเด็นน้อยมาก
๗. ความเร็ว	ได้ถึง ๒๕๐ นิ้ว/นาที	สูงสุด ๕๐ นิ้ว/นาที สำหรับกึ่งอัตโนมัติ	ได้ถึง ๑๕๐ นิ้ว/นาที
๘. ขนาดลวดเชื่อม	.๐๔๕", ๑/๑๖", ๕/๖๔", ๓/๓๒", ๑/๘"	.๐๓๐", .๐๓๕", .๐๔๕"	๓/๓๒", ๗/๖๔", ๑/๑๖", ๑/๘", ๕/๓๒"
๙. ราคาค่าเชื่อม	ต่ำสุดสำหรับโลหะหนาปานกลาง	ต่ำมากสำหรับโลหะบาง หรือเชื่อมท่าอื่น ๆ	ต่ำถ้าเชื่อมเหล็กผสมต่ำ

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเชื่อมระบบ SMAW ที่ใช้ในการเชื่อมตัวเรือในปัจจุบัน กับการเชื่อมแบบ MIG ที่เสนอแนะนั้น การเชื่อมระบบ MIG ใช้การส่งผ่านโลหะเชื่อมในแบบ Microwire ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้คือ (ดูตารางที่ ๔.๑ ประกอบ)

๑. เหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งส่วนใหญ่จะมีความหนา ๑/๔ นิ้ว และ ๓/๑๖ นิ้ว ซึ่งความหนาของแผ่นเหล็กขนาดนี้สามารถใช้การเชื่อม

ระบบ MIG แบบ Microwire ได้

๒. ระบบ Microwire ใช้กระแสไฟในการเชื่อมต่ำ ทำให้เกิดการปิดตัวของโลหะน้อย ซึ่งมีผลดีในการประกอบชิ้นส่วนตัวเรือ และการเชื่อมตัวเรือ เพราะทำให้งานแก้ไขในการประกอบน้อยลง

๓. สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

๔. เครื่องเชื่อมระบบ Microwire เป็นเครื่องที่กรมอู่ทหารเรือมีอยู่แล้ว แต่ได้นำไปใช้ในการเชื่อมอลูมิเนียมแอลลอยด์อย่างเดียวไม่ได้ใช้สำหรับการเชื่อมเหล็กตัวเรือ ดังนั้นสามารถนำเครื่องเชื่อมดังกล่าวมาทดลองใช้ และฝึกคนในการเชื่อมระบบ Microwire ได้

<u>การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายจะพิจารณาในองค์ประกอบต่อไปนี้คือ</u>

๑. ค่าแรงในการเชื่อม หมายถึง ค่าแรงงานทางตรงรวมทั้งค่าใช้จ่ายโรงงาน

๒. ค่าความหมดเปลือง หมายถึง ค่าลวดเชื่อม ค่าแก๊ส หรือ Flux ที่ใช้ในการเชื่อม

๓. ค่าเครื่องจักร หมายถึง มูลค่าของการใช้เครื่องจักรรวมทั้งค่าซ่อมและบำรุงรักษา

๔. ค่าของพลังงาน หมายถึง มูลค่าของพลังงานที่ใช้ในการเชื่อม เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า

<u>ข้อกำหนดในการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายมีดังนี้</u>

๑. เป็นการเชื่อมแผ่นเหล็กตัวเรือขนาดความหนา ๔.๕ ม.ม. ในการเชื่อมแบบ Fillet ในท่าราบ (Flat Position)

๒. เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่อความยาวแนวเชื่อม ๑ เมตร

๓. คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง

๔. อายุการใช้งานของเครื่องเชื่อม ๑๐ ปี และไม่มีราคาเมื่อหมดอายุ

การใช้งาน

๕. ค่าบำรุงรักษาเฉลี่ยต่อปีประมาณ ๓ เปอร์เซ็นต์ของราคาเครื่องเชื่อม

๖. อัตราดอกเบี้ย ๑๕ เปอร์เซ็นต์ต่อปี

สำหรับการเชื่อมแบบ SMAW นั้นได้ทำการจับเวลาในการเชื่อมโดยใช้เครื่อง Hobart รุ่น TR - ๓๐๐ ซึ่งเป็นเครื่องเชื่อมที่โรงงานเชื่อมประสานมีใช้อยู่ โดยจับเวลาในการเชื่อมเหล็กเส้นแบนติดกับบีมคาดฟ้า การจับเวลานี้ชิ้นงานได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว โดยการเชื่อม TACK ไว้ก่อน ระยะทางในการเชื่อมประมาณ ๕.๗๐ เมตร โดยใช้กระแสไฟในการเชื่อม ๑๕๐ แอมป์ และแรงเคลื่อน (Arc Voltage) ๒๔ โวลท์ ลวดเชื่อมโต ๔ ม.ม. ผลของการเชื่อมเป็นในตารางที่ ๔.๒

ตารางที่ ๔.๒

ผลของการเชื่อมแบบ SMAW จากการทดลอง

คนที่	เวลา	เวลาที่ใช้ (นาที)	ความเร็ว (ม./ชม.)
๑	๐๙๑๐ – ๐๙๔๑	๓๑	๑๑.๓๓
๒	๐๙๕๐ – ๑๐๑๕	๒๕	๑๓.๒๔
๓	๑๐๒๐ – ๑๐๔๗	๒๗	๑๒.๒๗
๔	๑๑๐๐ – ๑๑๒๙	๒๙	๑๑.๗๙
๕	๑๓๑๐ – ๑๓๓๙	๒๙	๑๑.๗๙
รวม		๑๔๑	๖๐.๕๖
ความเร็วเฉลี่ย			๑๒.๒๐

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเชื่อมแบบ SMAW และแบบ Microwire นั้น ค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีรายละเอียดดังในตารางที่ ๔.๓

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔.๓

รายละเอียดของการเชื่อมที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

	แบบ SMAW (TR - ๓๐๐)	แบบ Microwire (RC - ๒๕๖)
๑. ราคาเครื่องเชื่อม	๓๕,๐๐๐ บาท	๘๐,๐๐๐ บาท
๒. กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม	๑๕๐ แอมป์	๑๘๐ แอมป์
๓. อาร์คโวลเทจ	๒๔ โวลท์	๒๐ โวลท์
๔. ความเร็วในการเชื่อม	๑๒.๒ ม./ชม.	๑๔ นิ้ว/นาที (๒๗.๔ ม./ชม.)
๕. ขนาดของลวดเชื่อม	๔ ม.ม.	๐.๐๔๕ นิ้ว
๖. ราคาลวดเชื่อม	๒๑ บาท/ก.ก.	๔๖ บาท/ก.ก.
๗. อัตราการไหลของแก๊สซิล (CO_2)	–	๒๐ ลบ.ฟุต/ชม.
๘. ราคาแก๊สซิล (CO_2)	–	๑๐ บาท/ก.ก.
๙. ประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อม	๘๔ เปอร์เซ็นต์	๔๐ เปอร์เซ็นต์
๑๐. กำลังไฟเมื่อ No load	๐.๓๕ กิโลวัตต์	๐.๔๐ กิโลวัตต์
๑๑. กำลังไฟของเครื่องป้อนลวดเชื่อม	–	๐.๒๐ กิโลวัตต์
๑๒. Arc time factor (๑๓)	๐.๓๐	๐.๔๕
๑๓. ค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วย (๑๔)	๑.๔๕ บาท	๑.๔๕ บาท

หมายเหตุ

๑. ราคาเครื่องเชื่อม ลวดเชื่อม และแก๊สซิล ได้จากการสืบถามราคาจากบริษัทตัวแทนจำหน่ายในกรุงเทพฯ ประมาณปลายปี ๒๕๒๔

๒. กระแสไฟ อาร์คโวลเทจ ความเร็วในการเชื่อม และความสิ้นเปลืองลวดเชื่อมในการเชื่อมแบบ SMAW ได้มาจากการทดลอง แต่แบบ Microwire ได้จากคู่มือเครื่องเชื่อมดังในตารางที่ ๔.๔ โดยใช้ค่าความเร็วในการเชื่อมต่ำสุดเป็นเกณฑ์

๓. ประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อม กำลังไฟเมื่อ No load และกำลังไฟของเครื่องป้อนลวด (แบบ Microwire) ได้จากคู่มือเครื่องเชื่อม

๔. ค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วยสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ที่เกิน ๔๐๐ หน่วยต่อความต้องการพลังไฟฟ้าหนึ่งกิโลวัตต์

ตารางที่ ๔.๔

รายละเอียดการเชื่อมระบบ Microwire All Position (๑๒)

ความหนาของโลหะ (นิ้ว)	ขนาดลวดเชื่อม (นิ้ว)	กระแสไฟ (แอมป์)	อาร์คโวลเทจ (โวลท์)	อัตราการป้อนลวดเชื่อม (นิ้ว/นาที)	อัตราการไหลของแกสชีล (ลบ.ฟุต/ชม.)	ความเร็วของการเชื่อม (นิ้ว/นาที)
๑/๑๖	.๐๓๕	๘๐–๑๑๐	๑๗–๒๐	๑๒๐ ๑๘๐	๒๐–๒๕	๓๐–๓๕
๕/๖๔	.๐๓๕	๑๐๐–๑๓๐	๑๘–๒๐	๑๖๐ ๒๒๐	๒๐–๒๕	๒๕–๓๐
๑/๘	.๐๓๕	๑๒๐–๑๖๐	๑๔–๒๒	๒๑๐ ๒๔๐	๒๐–๒๕	๑๕–๒๕
๑/๘	.๐๔๕	๑๘๐–๒๐๐	๒๐–๒๔	๒๑๐ ๒๔๐	๒๐–๒๕	๒๗–๔๕
๓/๑๖	.๐๓๕	๑๔๐–๑๖๐	๑๔–๒๒	๒๔๐ ๒๔๐	๒๐–๒๕	๑๐–๑๔
๓/๑๖	.๐๔๕	๑๘๐–๒๐๕	๒๐–๒๔	๒๑๐ ๒๔๕	๒๐–๒๕	๑๘–๒๘
๑/๔	.๐๓๕	๑๔๐–๑๖๐	๑๔–๒๒	๒๔๐ ๒๔๐	๒๐–๒๕	๑๑–๑๖
๑/๔	.๐๔๕	๑๘๐–๒๒๕	๒๐–๒๔	๒๑๐ ๒๔๐	๒๐–๒๕	๒๐–๒๔

หมายเหตุ

๑. ตารางข้างบนนี้สำหรับใช้กับการเชื่อมท่าราบ ในกรณีเชื่อมท่าตั้ง และท่าเหนือศีรษะให้ลดกระแสไฟลง ๑๐ ถึง ๑๕%

๒. แก๊สที่ใช้ CO_2 หรือ C ๒๕ (๗๕% Argon และ ๒๕% CO_2)

สูตรการคำนวณ (๑๓)

๑. ค่าแรงในการเชื่อม = $\frac{\text{ค่าแรงงานโดยตรง + ค่าใช้จ่ายโรงงาน}}{\text{ความเร็วในการเชื่อม x Arc time factor}}$

๒. ค่าความหมดเปลือง

ก. ค่าลวดเชื่อม = ความสิ้นเปลืองลวดเชื่อม x ราคาลวดเชื่อม

ข. ค่าแก๊สซิล = ความสิ้นเปลืองแก๊สซิล x ราคาแก๊ส

๓. ค่าเครื่องจักร

ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ ชั่วโมงการใช้งาน

$= \frac{\text{ค่าเสื่อมราคาต่อปี + ค่าบำรุงรักษาต่อปี}}{\text{ชั่วโมงการใช้เครื่องจักรต่อปี}}$

ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ เมตร

$= \frac{\text{ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ ชั่วโมงการใช้งาน}}{\text{ความเร็วในการเชื่อม}}$

๔. ค่าพลังงาน

ค่าพลังงานในการเชื่อมต่อ ๑ ชั่วโมงการใช้งาน

= ค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วย x ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าต่อชั่วโมง

ค่าพลังงานในการเชื่อมต่อ ๑ เมตร

$$= \frac{\text{ค่าพลังงานในการเชื่อมต่อ} \times \text{ชั่วโมงการใช้งาน}}{\text{ความเร็วในการเชื่อม}}$$

การคำนวณ (ดูตารางที่ ๔.๓ ประกอบ)

๑. ค่าแรงในการเชื่อม $= \frac{\text{ค่าแรงงานโดยตรง} + \text{ค่าใช้จ่ายโรงงาน}}{\text{ความเร็วในการเชื่อม} \times \text{Arc time factor}}$

แบบ SMAW $= \frac{๑๑.๗๔ + ๒๒.๔๒}{๑๒.๒ \times ๐.๓}$

$= ๔.๓๔$ บาท/เมตร

แบบ Microwire $= \frac{๑๑.๗๔ + ๒๒.๔๒}{๒๗.๔ \times ๐.๔๕}$

$= ๒.๗๗$ บาท/เมตร

๒. ค่าความหมดเปลือง

ก. ลวดเชื่อม

ค่าลวดเชื่อม = ความสิ้นเปลืองลวดเชื่อม x ราคาลวดเชื่อม

แบบ SMAW

ความหมดเปลืองลวดเชื่อมจากการทดลองใช้ลวดเชื่อมไป

๑๑๕ เส้น

ลวดเชื่อม ๑ ก.ก. (๔ ม.ม.) มีประมาณ

๑๔ เส้น

ความสิ้นเปลืองลวดเชื่อม $= \frac{๑๑๕}{๑๔}$

$= ๖.๐๕$ ก.ก.

ระยะทางที่เชื่อมได้ทั้งหมด (จากการทดลอง)

= ๕.๗ x ๕

= ๒๘.๕ เมตร

ความสิ้นเปลืองลวดเชื่อมต่อเมตร

= $\frac{๖.๐๕}{๒๘.๕}$

= ๐.๒๑ ก.ก.

ราคาลวดเชื่อมประมาณกิโลกรัมละ ๒๑ บาท

= ๐.๒๑ x ๒๑

∴ ค่าลวดเชื่อม = ๔.๔๑ บาท/เมตร

แบบ Microwire

จากตารางที่ ๔.๔ ที่ความหนาของโลหะ ๓/๑๖ นิ้ว (๔.๗๕ ม.ม.) ซึ่งใกล้เคียงกับค่า ๔.๕ ม.ม. และเลือกใช้ลวดเชื่อมขนาด ๐.๐๔๕ นิ้ว ความเร็วในการป้อนลวดเชื่อมเท่ากับ ๒๑๐ นิ้ว/นาที (ค่าน้อย)

จากตารางที่ ๔.๕ ลวดเชื่อมยาว ๒,๒๑๐ นิ้ว หนัก ๑ ปอนด์

ความสิ้นเปลืองลวดเชื่อม = $\frac{๒๑๐ \times ๖๐}{๒,๒๑๐}$

= ๕.๗๐ ปอนด์/ชม.

= ๒.๕๔ ก.ก./ชม.

ความเร็วในการเชื่อม (จากตารางที่ ๔.๔)

= ๑๔ นิ้ว/นาที

= ๒๗.๔ เมตร/ชั่วโมง

ตารางที่ ๔.๕

ตารางเปรียบเทียบความยาวต่อน้ำหนักของลวดเชื่อม Microwire (๑๒)

(หน่วย : นิ้ว/ปอนด์)

ขนาดของลวดเชื่อม (นิ้ว)	โลหะหรือโลหะผสม								
	อลูมินั่ม	บรอนซ์อลูมินัม ๑๐%	บรอนซ์ซิลิคอน	ทองแดง	ทองแดงนิเกิล	แมก-นีเซียม	นิเกิล	เหล็กเหล็ก-เหนียว	เหล็กสเตน-เลสส์
๐๓๒๐	๓๒,๔๐๐	๑๑,๖๐๐	๑๐,๓๐๐	๔,๘๐๐	๔,๔๕๐	๕๐,๕๐๐	๔,๔๐๐	๑๑,๑๐๐	๑๐,๔๕๐
๐๒๕	๒๒,๓๐๐	๗,๔๖๐	๗,๑๐๐	๖,๗๕๐	๖,๔๒๐	๓๔,๗๐๐	๖,๔๒๐	๗,๖๔๐	๗,๕๕๐
๐๓๐	๑๔,๔๒๐	๕,๑๕๐	๔,๖๐๐	๔,๗๖๐	๔,๔๗๐	๒๒,๔๐๐	๔,๔๐๐	๔,๔๖๐	๔,๔๘๐
๐๗๕	๑๐,๖๐๐	๗,๗๘๐	๗,๗๘๐	๗,๒๐๐	๗,๒๖๐	๑๖,๕๐๐	๗,๒๔๐	๗,๖๕๐	๗,๕๔๐
๐๔๐	๘,๑๒๐	๒,๔๐๐	๒,๕๘๐	๒,๔๕๐	๒,๔๔๐	๑๒,๖๐๐	๒,๔๘๐	๒,๗๔๐	๒,๗๕๐
๐๔๕**	๖,๔๑๐	๒,๒๔๐	๒,๐๔๐	๑,๔๔๐	๑,๔๗๐	๔,๔๔๐	๑,๔๖๐	๒,๒๑๐**	๒,๑๗๐
๐๖๒๒	๓,๗๘๒	๑,๑๒๐	๑,๐๗๐	๑,๐๒๐	๑,๐๔๐	๕,๒๗๐	๑,๐๓๐	๑,๑๖๐	๑,๑๔๐
๐๗๘	๒,๑๒๐	๗๕๖	๖๗๕	๖๔๐	๖๕๐	๓,๓๐๐	๖๔๗	๗๒๐	๗๑๘
๐๔๓	๑,๕๑๐	๕๓๘	๕๑๐	๔๕๕	๔๖๒	๒,๓๕๐	๔๖๐	๕๑๔	๕๑๐

ตารางที่ ๔.๕ (ต่อ)

ขนาดของลวดเชื่อม (นิ้ว)	โลหะหรือโลหะผสม								
	อลูมินั่ม	บรอนซ์อลูมินัม ๑๐%	บรอนซ์ซิลิคอน	ทองแดง	ทองแดงนิเกิล	แมก–นีเซียม	นิเกิล	เหล็กเหล็ก–เหนียว	เหล็กสเตน–เลสส์
๐๒๕	๘๒๕	๒๔๕	๒๒๓	๒๔๔	๒๕๓	๑,๒๘๐	๒๕๒	๒๘๔	๒๓๔
๐๕๖	๕๓๐	๑๘๔	๑๖๔	๑๖๐	๑๖๓	๘๒๕	๑๖๒	๑๘๒	๑๓๔
๐๘๗	๓๑๗	๑๓๔	๑๒๐	๑๑๔	๑๑๖	๕๘๗	๑๑๕	๑๓๐	๑๒๗
๐๒๕๐	๒๐๖	๗๔	๖๖	๖๒	๖๔	๓๒๐	๖๓	๗๑	๗๐

ความสิ้นเปลืองลวดเชื่อมต่อเมตร

$$= \frac{๒.๕๔}{๒๗.๔}$$

$$= ๐.๐๙๔ \text{ ก.ก.}$$

ราคาลวดเชื่อมประมาณกิโลกรัมละ ๔๖ บาท

$$= ๐.๐๙๔ \times ๔๖$$

∴ ค่าลวดเชื่อม = ๔.๓๒ บาท/เมตร

ข. แก๊สซิล (เฉพาะแบบ Microwire)

ค่าแก๊สซิล = ความสิ้นเปลืองแก๊ส x ราคาแก๊ส

การเชื่อมระบบ SMAW นั้นไม่ต้องใช้แก๊สซิล แต่ระบบ Microwire ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สซิล ความดันของแก๊สขณะใช้งาน (จากการสอบถามช่างเชื่อมที่เคยเชื่อมระบบ Microwire ประมาณ ๕๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว อุณหภูมิของแก๊สในถังประมาณ ๗๐° F

จาก Gas Law (๑๕) $pV = wRT$

$$w = \frac{pV}{RT}$$

w = น้ำหนักของแก๊ส

p = ความดันแก๊ส = ๕๐ ปอนด์/ตารางนิ้ว

V = ปริมาตรของแก๊ส (ในที่นี้คือ Flow rate) = ๒๐ ลบ.ฟุต/ชั่วโมง

R = Gas Constant (๑๕)

= ๓๕.๑ ฟุต – ปอนด์/ปอนด์–°R–

T = Absolute temperature

= ๔๖๐ + ๗๐ °R

แทนค่า

$$w = \frac{๕๐ \times ๒๐ \times ๑๔๔}{๕๓๐ \times ๓๕.๑}$$

= ๗.๗๔ ปอนด์/ชั่วโมง

= ๓.๕๑ ก.ก. /ชั่วโมง

ความเร็วในการเชื่อม ๒๗.๔ เมตร/ชั่วโมง

ความสิ้นเปลืองแก๊สซิล $= \frac{๓.๕๑}{๒๗.๔}$

= ๐.๑๒๘ ก.ก. /เมตร

ราคาแก๊สซิล (CO_2) ประมาณกิโลกรัมละ

๑๐ บาท

ค่าแก๊สซิล = ๐.๑๒๘ x ๑๐

= ๑.๒๘ บาท/เมตร

๓. ค่าเครื่องจักร

<u>แบบ SMAW</u>

ค่าเสื่อมราคาต่อปี (๑๖) = ๓๕,๐๐๐ (A/P , ๑๕%, ๑๐)

= ๓๕,๐๐๐ (๐.๑๙๒๕)

= ๖,๗๑๓.๗๕ บาท

ค่าบำรุงรักษาต่อปี = ๓๕,๐๐๐ x ๐.๐๓

= ๑,๐๕๐ บาท

ชั่วโมงการใช้เครื่องจักรประมาณ ๖๐๐ ชั่วโมง/ปี

ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ ชั่วโมง = $\frac{๖,๔๓๓.๓๕ + ๑,๐๕๐}{๖๐๐}$

= ๑๓.๓๓ บาท

ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ เมตร = $\frac{๑๓.๓๓}{๑๒.๖}$

= ๑.๐๔ บาท

แบบ Microwire

ค่าเสื่อมราคาต่อปี (๑๖) = ๘๐,๐๐๐ (A/P, ๑๕%, ๑๐)

= ๘๐,๐๐๐ (๐.๑๙๘๒๕)

= ๑๕,๙๔๐ บาท

ค่าบำรุงรักษาต่อปี = ๘๐,๐๐๐ x ๐.๐๓

= ๒,๔๐๐ บาท

ชั่วโมงการใช้เครื่องจักรประมาณ ๖๐๐ ชั่วโมง/ปี

ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ ชั่วโมง = $\frac{๑๕,๙๔๐ + ๒,๔๐๐}{๖๐๐}$

= ๓๐.๕๗ บาท

ค่าเครื่องจักรต่อ ๑ เมตร = $\frac{๓๐.๕๗}{๒๗.๔๐}$

= ๑.๑๒ บาท

๔. ค่าพลังงาน

ค่าพลังงานในการเชื่อมต่อ ๑ ชั่วโมงการใช้งาน

= ค่ากระแสไฟฟ้าต่อหน่วย x ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าต่อชั่วโมง

ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าต่อชั่วโมง

= $\frac{(I.V)}{n} . Z . ๑๐^{-๓} + Eo\ (๑ - Z)$ กิโลวัตต์

I = กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม

V = อาร์คโวลเทจ

n = ประสิทธิภาพของเครื่องเชื่อม

Z = Arc time factor

Eo = กำลังไฟเมื่อ No load

<u>แบบ SMAW</u>

จากตารางที่ ๔.๓

I = ๑๕๐ แอมป์

V = ๒๔ โวลท์

n = ๐.๘๔

Z = ๐.๓๐

Eo = ๐.๗๕ กิโลวัตต์

แทนค่า

ค่าพลังงานต่อ ๑ ชั่วโมงการใช้งาน

$$= ๑.๔๕\left[\frac{(๑๕๐ \times ๒๔ \times ๐.๓ \times ๑๐^{-๓})}{๐.๘๔} + ๐.๗๕\ (๑ - ๐.๓)\right]$$

= ๒.๖๒ บาท

ค่าพลังงานต่อการเชื่อม ๑ เมตร

$$= \frac{\text{ค่าพลังงานในการเชื่อมต่อ ๑ ชั่วโมง}}{\text{ความเร็วในการเชื่อม}}$$

$$= \frac{๒.๖๒}{๑๒.๒๐}$$

= ๐.๒๒ บาท

แบบ Microwire

เนื่องจากระบบ Microwire นั้น จะมีมอเตอร์สำหรับป้อนลวดเชื่อม ซึ่งมอเตอร์นี้จะทำงานในขณะที่ทำการเชื่อมเท่านั้น มอเตอร์ของเครื่องป้อนลวดเชื่อมเปลืองไฟประมาณ ๐.๒ กิโลวัตต์ ดังนั้นปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าต่อ ๑ ชั่วโมง ในระบบ Microwire จะต้องคิดความสิ้นเปลืองไฟของเครื่องป้อนลวดเชื่อมด้วย

ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าต่อชั่วโมง

$$= \left(\frac{I.V}{n} \cdot ๑๐^{-๓} + F\right) Z + Eo\ (๑ - Z) \text{ กิโลวัตต์}$$

จากตารางที่ ๔.๓ I = ๑๘๐ แอมป์

V = ๒๐ โวลท์

n = ๐.๘๐

Z = ๐.๘๕

Eo = ๐.๘๐ กิโลวัตต์

F = ความสิ้นเปลืองไฟของเครื่องป้อนลวดเชื่อม = ๐.๒๐ กิโลวัตต์

แทนค่า

ค่าพลังงานต่อ ๑ ชั่วโมงการใช้งาน

$$= ๑.๘๕ \left[\frac{(๑๘๐ \times ๒๐ \times ๑๐^{-๓}}{๐.๘๐} + ๐.๒)\ ๐.๘๕ + ๐.๘\ (๑ - ๐.๘๕)\right]$$

$$= ๓.๐๖ \text{ บาท}$$

ค่าพลังงานต่อการเชื่อม ๑ เมตร

$$= \frac{\text{ค่าพลังงานในการเชื่อมต่อ ๑ ชั่วโมง}}{\text{ความเร็วในการเชื่อม}}$$

$$= \frac{๓.๐๖}{๒๗.๔๐}$$

$$= ๐.๑๑ \quad \text{บาท}$$

ผลของการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเชื่อมแบบ SMAW กับแบบ Microwire ได้ผลดังในตารางที่ ๔.๖

ตารางที่ ๔.๖
ผลของการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายระหว่างการเชื่อมแบบ SMAW กับแบบ Microwire

	แบบ SMAW (บาท/เมตร)	แบบ Microwire (บาท/เมตร)
๑. ค่าแรงในการเชื่อม	๔.๓๔	๒.๗๗
๒. ค่าความหมดเปลือง		
ก. ค่าลวดเชื่อม	๔.๔๑	๔.๓๒
ข. ค่าแก๊สซิล	—	๑.๒๔
๓. ค่าเครื่องจักร	๑.๐๔	๑.๑๒
๔. ค่าพลังงาน	๐.๒๒	๐.๑๑
รวม	๑๕.๐๖	๔.๖๐

<u>การลดค่าใช้จ่ายสำหรับการนำการเชื่อมแบบ Microwire มาใช้แทนการเชื่อมแบบ SMAW</u>

ในระยะแรกของการใช้การเชื่อมแบบ Microwire แทนการเชื่อมด้วยอาร์คชนิดสารพอกหุ้มนั้น ผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรใช้เชื่อมชิ้นส่วนในโรงงานก่อน เพราะเป็นการเชื่อมในทาราบ (Flat Position) เช่น การประกอบกง ฟลอร์ ฝากั้น

ดาดฟ้า และเมื่อเชื่อมแบบ Microwire จนชำนาญแล้ว ก็ควรนำมาเชื่อมตัวเรือในอู่ เพราะการเชื่อมแบบ Microwire สามารถเชื่อมได้ทุกท่า และเครื่องป้อนลวดเชื่อมสามารถถอดออกจากเครื่องเชื่อมเคลื่อนย้ายไปยังที่ต่าง ๆ ได้ ทำให้สามารถนำมาใช้เชื่อมในอู่ได้

ระยะทางในการเชื่อมชิ้นส่วนในโรงงาน เช่น การประกอบกง ฟลอร์ ฝากั้น ดาดฟ้า จากการอ่านแนวเชื่อมจากแบบคิดเป็นระยะทางในการเชื่อมประมาณ

๖๗๐ เมตร

จากตารางที่ ๔.๖ การเชื่อมแบบ Microwire สามารถลดค่าใช้จ่ายลงจากการเชื่อมแบบ SMAW ลงไปได้ประมาณ ๕.๘๖ บาท/เมตร

ดังนั้น การนำวิธีการเชื่อมแบบ Microwire มาเชื่อมตัวเรือเฉพาะการเชื่อมชิ้นส่วนตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งแทนการเชื่อมแบบ SMAW สามารถลดค่าใช้จ่ายลงไปได้ประมาณ

๖๗๐ x ๕.๘๖

= ๓,๖๕๘.๒๐ บาท

<u>การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการผลิต</u>

วิธีการต่อตัวเรือสามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีขึ้นอยู่กับสถานที่ ขนาดของเรือ เครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ และความชำนาญ แต่สำหรับการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งที่กรมอู่ทหารเรือต่อขึ้นนั้น เป็นการต่อโดยการประกอบเป็นตัวเรือทั้งลำในอู่ เริ่มต้นตั้งแต่การวางกระดูกงูแล้วประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างอื่น ๆ ตามลำดับจากฝากั้น กง ฟลอร์ จนถึงดาดฟ้า การต่อตัวเรือวิธีนี้เรียกว่า การต่อตัวเรือแบบ Conventional System ดังในรูปที่ ๔.๑๔ ซึ่งแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น ๓ ขั้น คือ (๑๗)

๑. การแปรรูปเหล็ก (Fabrications) เป็นขั้นตอนของการแปรรูปเหล็กต่าง ๆ โดยการตัด หรือดัดให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามไม้แบบ หรือแบบขยาย

ขั้นตอนนี้จะกระทำในโรงงาน

๒. การทำชิ้นส่วนย่อย (Components) คือ การนำเหล็กต่าง ๆ ที่ได้รับการแปรรูปแล้วมาประกอบเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ ของตัวเรือโดยการเชื่อม ชิ้นส่วนเหล่านี้ ได้แก่ กระดูกงู กง ฝากั้น ฟลอร์ ฯลฯ การประกอบโดยการเชื่อมในขั้นตอนนี้จะทำในโรงงาน หรือบริเวณรอบ ๆ โรงงาน

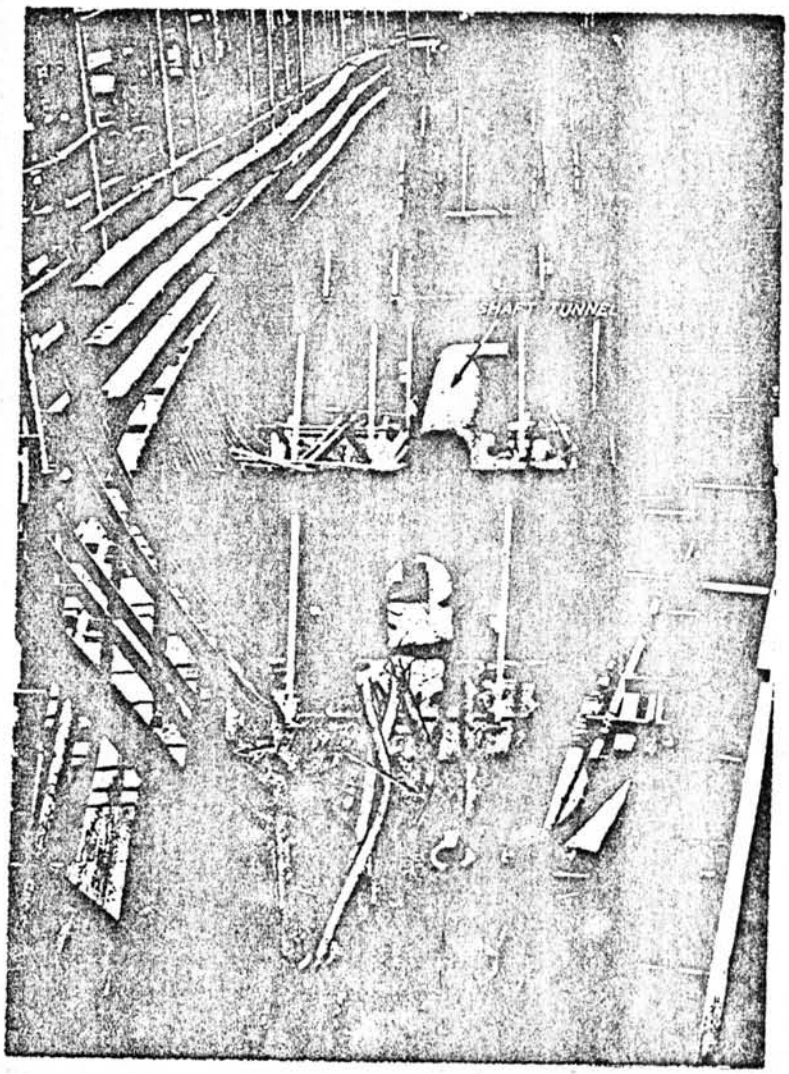
๓. การประกอบในอู่ (Berth) เป็นขั้นตอนของการนำชิ้นส่วนย่อยของตัวเรือมาประกอบเป็นตัวเรือที่สมบูรณ์ในอู่ การประกอบ และการเชื่อมในขั้นนี้จะกระทำในอู่ทั้งหมด ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มวางกระดูกงูจนถึงประกอบตัวเรือเสร็จ และปล่อยเรือลงน้ำ ประมาณ ๙ เดือน การต่อตัวเรือแบบ Conventional มีข้อเสีย คือ การทำชิ้นส่วนย่อยในโรงงานนั้น จะต้องทำชิ้นส่วนเป็นจำนวนมาก และชิ้นส่วนเหล่านี้จะต้องวางในโรงงานเพื่อรอการประกอบในอู่ ทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บมาก ซึ่งโรงงานมีเนื้อที่คับแคบอยู่แล้ว ทำให้การทำงานไม่สะดวก นอกจากนี้การประกอบในอู่เป็นระยะเวลานาน ทำให้ไม่สามารถใช้อู่ในการทำประโยชน์อย่างอื่น เช่น การนำเรือเข้ารับการทำความสะอาดท้องเรือ หรือซ่อมแซมตัวเรือใต้แนวน้ำได้ และการทำงานในอู่ก็สะดวกสบายสู้การทำงานในโรงงานไม่ได้ เพราะจะต้องเสียเวลาในการเดินขึ้นลง และเคลื่อนย้ายเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ไปอยู่บริเวณอู่ที่ประกอบตัวเรือ ทำให้การทำงานไม่มีประสิทธิภาพ และไม่ปลอดภัย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนะวิธีการต่อตัวเรือแบบที่มีประสิทธิภาพ และกำลังเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในการต่อตัวเรือในอู่ต่างประเทศ วิธีการต่อตัวเรือแบบนี้ เรียกว่า การต่อแบบบล็อก (Block system) การต่อตัวเรือแบบนี้ จะแบ่งตัวเรือออกเป็นส่วน ๆ แล้วทำการสร้างชิ้นส่วนเหล่านี้ในโรงงานแล้วยกชิ้นส่วนเหล่านี้มาประกอบเป็นตัวเรือในอู่ ถ้าเป็นเรือขนาดเล็กก็อาจแบ่งเป็น หัวเรือ กลางลำ และท้ายเรือ แต่ถ้าเป็นเรือขนาดใหญ่ก็จะแบ่งย่อยลงไปอีกตามความเหมาะสมของสถานที่ และเครื่องมือยกบล็อกไปประกอบเป็นตัวเรือในอู่

ก. <u>การแบ่งตัวเรือออกเป็นบล็อกต่าง ๆ</u> (๔)

การแบ่งตัวเรือออกเป็นบล็อกต่าง ๆ มีหลักในการพิจารณาดังนี้ คือ

รูปที่ ๔.๑๔

แสดงการต่อตัวเรือแบบ Conventional System



๑. ความสามารถของเครนที่ใช้ในการยกบล็อกไปประกอบเป็นตัวเรือ

๒. พื้นที่สำหรับวางบล็อก

๓. ขนาดของบล็อกควรมีขนาดที่พอเหมาะ โดยสามารถใช้แผ่นเหล็กขนาดมาตราฐานได้ เพื่อที่จะทำให้เหลือเศษแผ่นเหล็กจากการตัดน้อย

๔. การประกอบบล็อกในโรงงาน จะต้องสามารถใช้เครนในโรงงานยก และเคลื่อนย้ายออกจากโรงงานได้

๕. ในการแบ่งบล็อกจะต้องพยายามลดการเชื่อมแนวเหนือศีรษะ และแนวตั้งในอู่ลงให้มากที่สุด

๖. พยายามให้แนวต่อของแผ่นเหล็ก และแนวต่อของชิ้นส่วนโครงสร้างภายในอยู่ไม่ตรงกัน เพราะแนวเชื่อมจะเป็นจุดอ่อนของตัวเรือ ถ้าอยู่ในแนวเดียวกันอาจจะทำให้ตัวเรือหัก หรือแตกได้ง่าย

ข. <u>การต่อตัวเรือแบบบล็อก แบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็น ๔ ขั้นตอน ดังในรูปที่ ๔.๑๕ คือ</u> (๔)

๑. การแปรรูปเหล็ก (Fabrications) ขั้นตอนนี้เป็นการแปรรูปเหล็กต่าง ๆ เหมือนกับขั้นตอนของการต่อตัวเรือแบบ Conventional ซึ่งงานในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย

(ก) การขยายแบบ

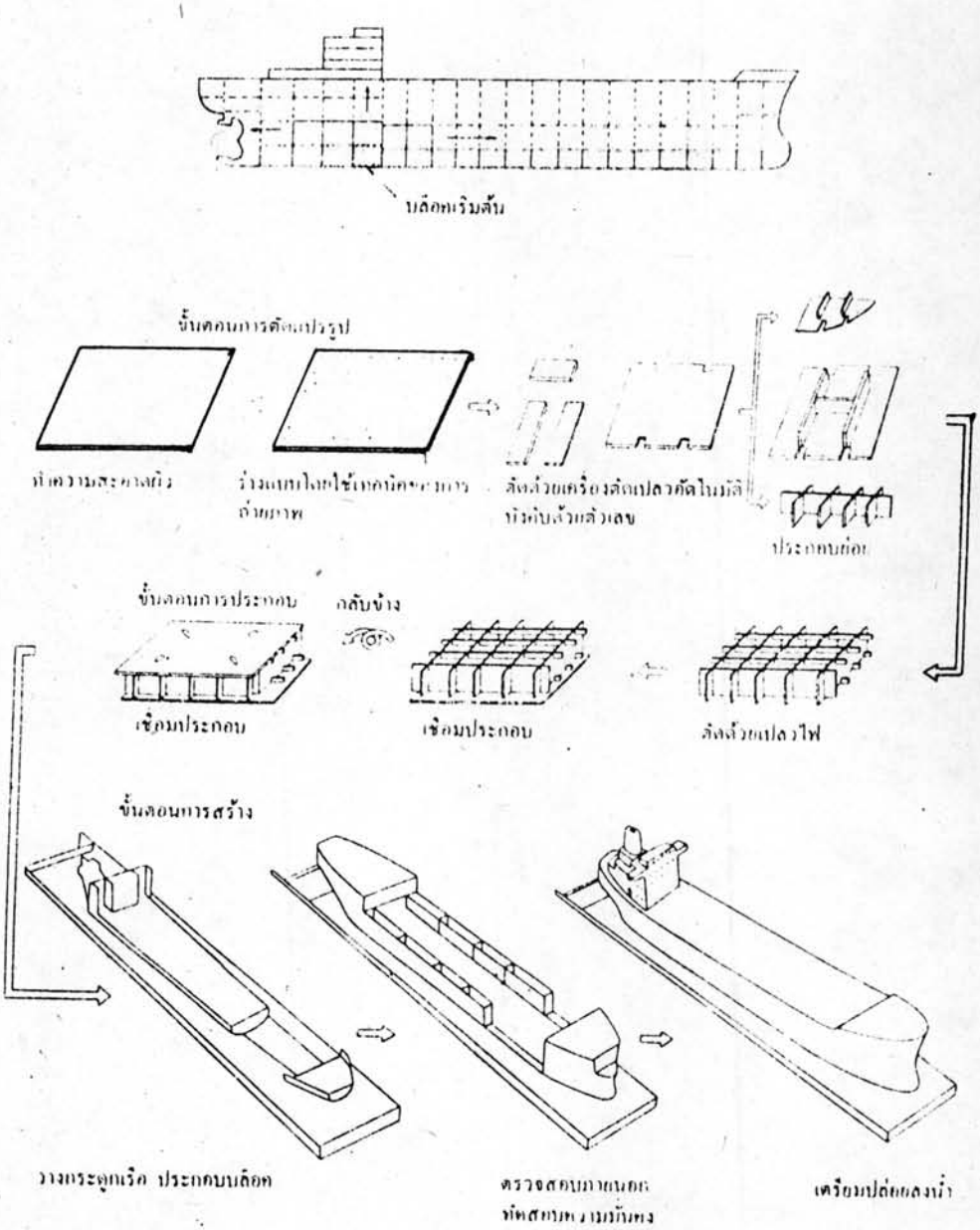
(ข) การทำไม้แบบ

(ค) การตัดแผ่นเหล็ก

(ง) การดัดแผ่นเหล็ก

๒. การประกอบชิ้นส่วนย่อย (Sub - assembly) คือ การนำเหล็กที่แปรรูปแล้วมาประกอบเป็นส่วน ๆ ซึ่งเรียกว่า บล็อกย่อย (Sub - block) เพื่อความสะดวกในการประกอบบล็อก โดยเฉพาะบล็อกที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งการแบ่งบล็อกออกเป็นบล็อกย่อยมีประโยชน์ดังนี้

รูปที่ ๔.๑๕
แสดงขั้นตอนการต่อเรือแบบบล็อก



(ก) สามารถทำบล็อกย่อยในโรงงาน หรือในสถานที่อื่นได้

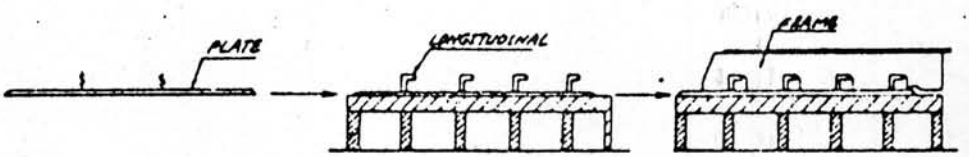
(ข) การประกอบ และการเชื่อมทำได้ง่ายขึ้น

(ค) ลดการทำงานในที่แคบ และสูง ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

๓. การประกอบบล็อก (Assembly Block) เป็นขั้นตอนของการนำบล็อกย่อย และชิ้นส่วนอื่นจากการแปรรูปเหล็กมาประกอบ และเชื่อมติดกันเป็นรูปบล็อกที่สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปประกอบเป็นตัวเรือในอู่ การประกอบบล็อกจะประกอบบน Jig ซึ่งอยู่ในโรงงาน หรือนอกโรงงานก็ได้ แต่ควรจะอยู่ใกล้กับบริเวณที่จะประกอบตัวเรือ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย Jig ที่บล็อกวางอยู่จะเป็นตัวรับน้ำหนักและรักษารูปทรงของบล็อกไว้ การประกอบบล็อกมีวิธีการประกอบ ๒ วิธี คือ

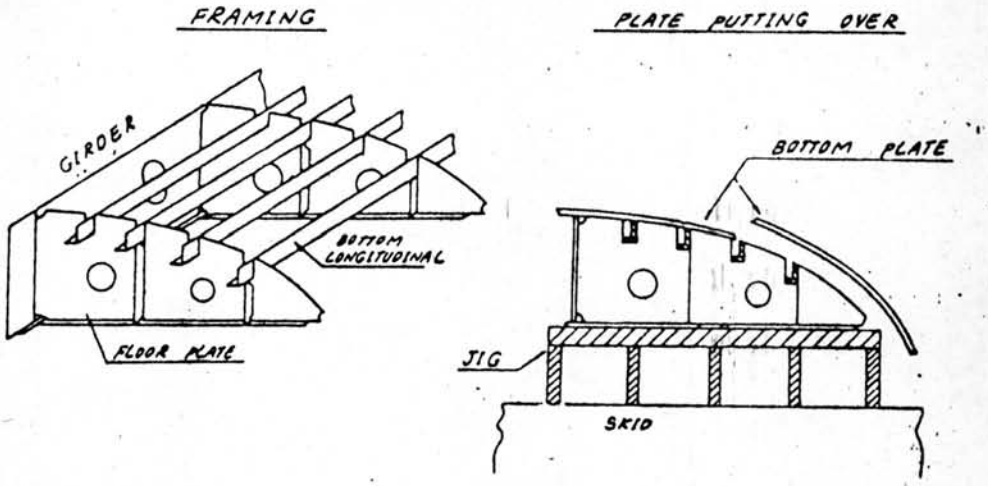
(ก) การประกอบโดยการแยกชิ้นส่วนโครงสร้าง การประกอบแบบนี้จะแบ่งชิ้นส่วนโครงสร้างภายใน เช่น กง Longitudinal ออกจากแผ่นเหล็กตัวเรือ และจะประกอบชิ้นส่วนเหล่านี้เข้ากับแผ่นเหล็กตัวเรือตามลำดับ การประกอบบล็อกแบบนี้เหมาะสำหรับเรือที่ดาดฟ้าไม่มี Camber ดังในรูปที่ ๔.๑๖

รูปที่ ๔.๑๖
แสดงการประกอบบล็อกโดยการแยกชิ้นส่วนโครงสร้าง



(ข) การประกอบโดยการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างภายในก่อน การประกอบแบบนี้เป็นการประกอบตรงข้างกับแบบแรก คือ จะประกอบ กง ฟลอร์ และ Longitudinal ก่อน แล้วจึงประกอบแผ่นเหล็กตัวเรือภายหลัง ดังในรูปที่ ๔.๑๗

รูปที่ ๔.๑๗
แสดงการประกอบบล๊อกโดยการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างภายในก่อน



การประกอบบล๊อกจะต้องใช้ความระมัดระวังมาก เพราะถ้ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นมาก จะทำให้การประกอบตัวเรือทำได้ยาก และการแก้ไขก็ทำได้ยากด้วย

ข้อระมัดระวังในการประกอบบล๊อกมีดังนี้ (๔)

(๑) จะต้องตรวจสอบระดับของพื้นที่ที่จะติดตั้ง Jig ให้อยู่ในแนวระดับจริง ๆ การทำ Jig จะต้องตรวจสอบอย่างถี่ถ้วน เพราะถ้า Jig ไม่ถูกต้อง

แล้ว จะทำให้ระยะต่าง ๆ ผิดไปหมด

(๒) แผ่นเหล็กที่ทำ Jig และฐานของ Jig จะต้องมั่นคงแข็งแรง สามารถรับน้ำหนักของบล็อกแต่ละบล็อกได้โดยไม่มีการทรุดตัว

(๓) การประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ภายในบล็อก จะต้องถูกต้องตามขั้นตอน เพราะถ้าผิดขั้นตอนอาจทำให้ประกอบไม่ได้

(๔) ตำแหน่งของชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ จะต้องมีเส้นบอกตำแหน่งไว้เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบ และประกอบ เช่น ตำแหน่งของ กง เส้นแนวน้ำ รอยต่อของแผ่นเหล็ก ฯลฯ

(๕) จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งของ Jig อยู่เสมอว่ามีการทรุดตัวบ้างหรือเปล่า เพราะในการประกอบ น้ำหนักของบล็อกจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

๔. การประกอบตัวเรือ (Erection) เป็นขั้นตอนของการนำบล็อกต่าง ๆ มาประกอบเป็นรูปตัวเรือที่สมบูรณ์ โดยการเชื่อมบล็อกต่าง ๆ เข้าด้วยกันในอู่ งานในขั้นตอนนี้มีดังนี้

(ก) การวางหมอน และการเตรียมการสำหรับปล่อยเรือลงน้ำ

(ข) การกำหนดจุดต่าง ๆ ในอู่เพื่อเป็นจุดหลักในการประกอบ เช่น เส้นกึ่งกลางลำเรือ เส้นฐาน และเส้นอื่น ๆ ที่จำเป็น

(ค) การจัดลำดับขั้นตอนของการประกอบตัวเรือ

(ง) การเชื่อมต่อบล็อกเข้าด้วยกัน

ในการเชื่อมบล็อกแต่ละบล็อกเข้าด้วยกันนั้น บริเวณหัวเรือ และท้ายเรือจะเกิดการยกตัวขึ้นซึ่งเรียกว่า Cocking up ดังในรูปที่ ๔.๑๘ การยกตัวขึ้นนี้เกิดขึ้นจากการยืดตัวของแผ่นเหล็ก เนื่องจากความร้อนจากการเชื่อม ปริมาณการเกิด Cocking up ขึ้นอยู่กับขนาดของเรือ โครงสร้าง ระยะเวลาในการประกอบ และวิธีการเชื่อม การแก้ไขกระทำได้ดังนี้

(๑) หาน้ำหนักมาถ่วงบริเวณหัวเรือ และท้ายเรือไว้ขณะทำการเชื่อม

(๒) ลดการเชื่อมในอู่ให้น้อยลงโดยการทำส่วนของหัวเรือ และท้ายเรือเป็นแบบบล๊อกเดียว (Three dimension block) และพยายามจัด Sequence ของการเชื่อมให้ความร้อนที่เกิดจากการเชื่อมแผ่กระจายไปทั่ว ๆ ลำเรือ

(๓) หาค่าของการยกตัวของส่วนหัว และท้ายจากข้อมูลเก่า ๆ ในการต่อเรือ แล้วแก้ค่าความคลาดเคลื่อนอันนี้โดยการประกอบให้ต่ำลงมาเท่ากับค่าที่เกิดการ Cocking up ซึ่งเรียกว่า Cocking down ดังในรูปที่ ๔.๑๔

ค. <u>ข้อดีของการต่อตัวเรือแบบบล๊อกเปรียบเทียบกับการต่อแบบ Conventional</u>

๑. ระยะเวลาในการต่อตัวเรือเร็วขึ้น

๒. เครื่องมือ อุปกรณ์ และเครื่องจักรต่าง ๆ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะงานส่วนใหญ่ทำในโรงงาน

๓. การเชื่อมส่วนใหญ่เป็นการเชื่อมในแนวราบ ทำให้เชื่อมง่าย และคุณภาพในการเชื่อมดีกว่าการต่อแบบ Conventional ซึ่งจะมีการเชื่อมแนวเหนือศีรษะมาก

๔. การควบคุมการปฏิบัติงานทำได้ง่าย และทั่วถึง โดยแต่ละกลุ่มจะรับผิดชอบเฉพาะบล๊อกนั้น ๆ และเกิดการแข่งขันกันไปในตัว

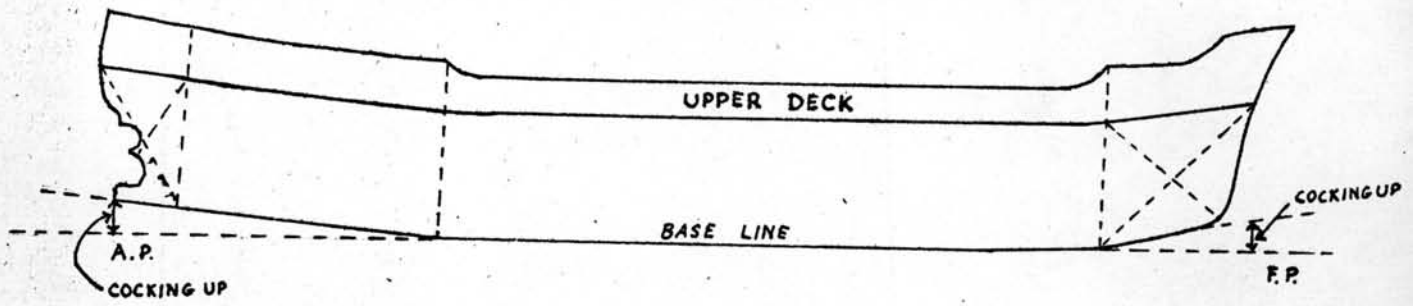
๕. สภาพแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น และมีความปลอดภัยสูงขึ้น

๖. ลดการทำงานในตำแหน่งเหนือศีรษะ เช่น การประกอบท่อทางต่าง ๆ การทาสี การเชื่อม ซึ่งงานในลักษณะนี้จะต้องเสียเวลา และต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญ

๗. ระยะเวลาที่เรืออยู่ในอู่สั้น สามารถใช้อู่ในการทำงานอื่น ๆ ได้อีก เช่น ซ่อมตัวเรือใต้แนวน้ำ ทำความสะอาดท้องเรือ และซ่อม หรือเปลี่ยนเพลาใบจักร

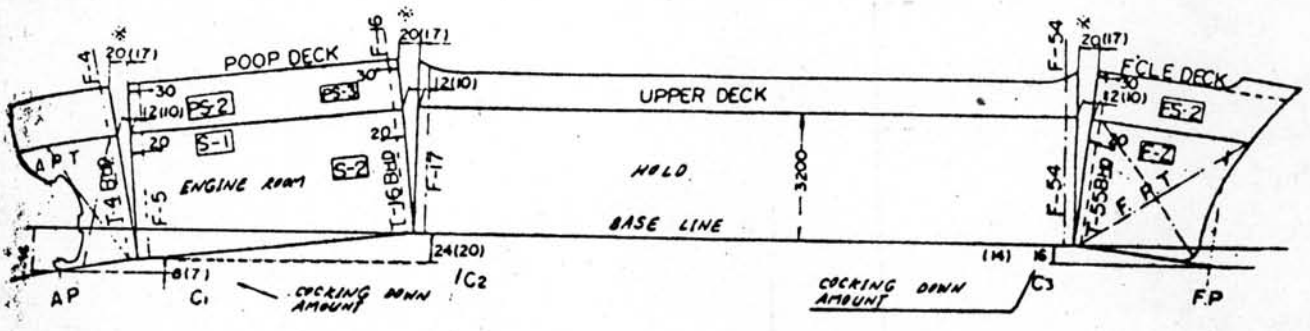
รูปที่ ๔.๑๘

แสดงการเกิด "cocking up"



รูปที่ ๔.๑๙

แสดงวิธีการแก้การเกิด "cocking up"



ง. ข้อเสียของการต่อตัวเรือแบบบล็อกมีดังนี้ คือ

๑. จะต้องมีเครื่องมือยกที่สามารถยกน้ำหนักได้มากเพื่อใช้ในการยกบล็อกไปประกอบในอู่ จึงต้องลงทุนในการซื้อเครื่องมือยก เช่น รถเครน หรือเครนประจำที่

๒. จะต้องมี Jig เพื่อรองรับบล็อก จึงต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นการต่อตัวเรือแบบบล็อกจะนิยมมากในการต่อตัวเรือแบบเดียวกันหลาย ๆ ลำ เพราะสามารถใช้ Jig อันเดิมได้

๓. จะต้องมีเนื้อที่สำหรับวางบล็อก

จ. การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุน

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการลงทุน และผลตอบแทนที่จะได้รับนั้น จะทำการเปรียบเทียบระหว่างการต่อตัวเรือแบบ Conventional และการต่อตัวเรือแบบบล็อก โดยที่สภาพของเครื่องมือ และเครื่องจักรรวมทั้งจำนวนคนงานเท่าเดิม จะเพิ่มเติมเฉพาะที่จำเป็น เช่น เครนที่ใช้ยกบล็อกไปประกอบเป็นตัวเรือที่อู่ และ Jig ที่รองรับบล็อกเท่านั้น สำหรับเรือยนต์รักษาฝั่งซึ่งมีความยาว ๓๔ เมตร น้ำหนักตัวเรือไม่รวมเก๋งผนึกน้ำจะหนักประมาณ ๕๒ ตัน ในการแบ่งบล็อกนั้น ผู้วิจัยสมมุติว่าแบ่งเป็น ๔ บล็อก โดยถือบริเวณฝากั้นเป็นที่แบ่ง เพราะมีความแข็งแรงดี แต่ละบล็อกจะหนักประมาณ ๑๐ – ๑๕ ตัน และมีความยาวประมาณ ๘ – ๙ เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ไม่ใหญ่นัก

การลงทุนในการต่อตัวเรือแบบบล็อก

๑. เครน เครนที่ใช้ในการยกมี ๒ ชนิด คือ เครนประจำที่ และรถเครน สำหรับเครนประจำที่นั้น แม้ว่าจะราคาถูกกว่ารถเครน แต่ก็ใช้งานได้เฉพาะบริเวณอู่เท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันอู่แห่งนี้ใช้ในการต่อเรือ และซ่อมเรือขนาดเล็ก ดังนั้นการใช้เครนขนาดใหญ่ในการยกของที่มีน้ำหนักมากจึงมีน้อยครั้ง ดังนั้นรถเครนจึงมีความเหมาะสมกว่า เพราะสามารถไปใช้งานที่อื่นได้ แต่รถเครนที่กรมกู้หารเรือมีอยู่นั้นเป็น

รถขนาดเล็กสามารถยกน้ำหนักได้สูงสุดประมาณ ๑๓ ตันเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถยกบล็อกไปประกอบที่อู่ได้ จากการสอบถามบริษัทผู้ขายรถเครน ปรากฏว่าในการยกบล็อกหนักประมาณ ๑๕ ตัน ไปวางในอู่ซึ่งกว้าง ๑๑.๒ เมตร โดยที่ตัวเรือมีความสูง ๓.๔ เมตรนั้น จะต้องใช้รถเครนขนาดอย่างน้อย ๓๖ ตัน ราคาประมาณคันละ ๓ ล้านบาท ซึ่งราคาแพงมากถ้าใช้งานในการต่อตัวเรือเพียงอย่างเดียว เพราะในปีหนึ่งจะมีการยกบล็อกเพื่อประกอบตัวเรือประมาณ ๒ ครั้งเท่านั้น ดังนั้นในระยะเริ่มแรกซึ่งการต่อเรือยังมีจำนวนน้อยนี้สมควรจะว่าจ้างบริษัทภายนอกมาทำการยกบล็อกไปก่อนเช่นเดียวกับบริษัทอู่กรุงเทพ จำกัด ซึ่งได้ว่าจ้างรถเครนมาทำการยกบล็อกในการต่อตัวเรือแบบบล็อก ค่าใช้จ่ายในการยกบล็อกเป็นเงินประมาณ ๓๐,๐๐๐ บาท โดยใช้เวลา ๑ วัน

๒. Jig เนื่องจากการต่อตัวเรือแบบบล็อกจะต้องมี Jig เพื่อรับน้ำหนักของบล็อก ค่าใช้จ่ายในการทำ Jig ในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งนั้น ผู้วิจัยได้ให้ผู้จัดการโรงงานของบริษัทอิศิลไทยมารีน จำกัด ซึ่งเคยทำ Jig ในการต่อเรือยนต์ตรวจการของกองทัพเรือ เป็นผู้คำนวณค่าพัสดุ และแรงงานในการทำ Jig ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

<u>พัสดุ</u>

เหล็กแผ่นขนาด ๑/๔" x ๕' x ๒๐'	จำนวน ๒๔	แผ่น
เหล็ก U ขนาด ๖" x ๓" หนา ๖.๕ ม.ม.	ยาว ๖ เมตร ๓๐	เส้น
เหล็ก L ขนาด ๑/๔" ยาว ๖ เมตร	๒๕	เส้น

<u>ราคาพัสดุ</u>

เหล็กแผ่นขนาด ๑/๔" x ๕' x ๒๐' ซึ่งเป็นเหล็กธรรมดาราคาแผ่นละ	๓,๔๔๒	บาท
เหล็ก U ขนาด ๖" x ๓" หนา ๖.๕ ม.ม.	ยาว ๖ เมตร	
ราคาเส้นละ	๔๘๐	บาท

เหล็ก L ขนาด ๑/๔" ยาว ๖ เมตร ราคาเส้นละ

๒๔๐ บาท

ค่าพัสดุในการทำ Jig เป็นเงินทั้งสิ้น

= ๓,๔๘๒ x ๒๔ + ๔๔๐ x ๓๐ + ๒๔๐ x ๒๕

= ๑๓๓,๔๔๖ บาท

<u>ค่าแรง และค่าใช้จ่ายโรงงาน</u>

แรงงานที่ใช้ในการทำ Jig ประมาณ ๑,๐๐๐ ชั่วโมง

ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายโรงงานชั่วโมงละ ๓๔.๒๐ บาท

ค่าแรง และค่าใช้จ่ายโรงงานเป็นเงินทั้งสิ้น

= ๑,๐๐๐ x ๓๔.๒๐

= ๓๔,๒๐๐ บาท

รวมค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นในการต่อตัวเรือแบบบล็อกเป็นเงิน

= ๑๓๓,๔๔๖ + ๓๔,๒๐๐ + ๓๐,๐๐๐

= ๑๙๘,๐๔๖ บาท

<u>ผลตอบแทนที่จะได้รับจากการต่อตัวเรือแบบบล็อก</u>

๑. ความเร็วของการเชื่อม และคุณภาพของการเชื่อม การต่อตัวเรือแบบ Conventional นั้น จะมีการเชื่อมแนวเหนือศีรษะเป็นจำนวนมาก ซึ่งการเชื่อมแนวเหนือศีรษะนี้ ช่างเชื่อมของกรมอู่ทหารเรือจะไม่สามารถเชื่อมได้ทุกคน จะต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญในการเชื่อม ทำให้การทำงานไม่คล่องตัว เพราะไม่สามารถใช้ช่างเชื่อมได้ทุกคน และคุณภาพของการเชื่อมก็คือสู้การเชื่อมในแนวราบไม่ได้ การเชื่อมแนวเหนือศีรษะสำหรับการต่อตัวเรือแบบ Conventional ของเรือยนต์รักษาฝั่ง จากการคำนวณแนวเชื่อมจากแบบของเรือ คิดเป็นระยะทางได้ดังนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ก) แนวคาน (Girder) ติดกับพื้นดาดฟ้าชั้นบนประมาณ ๕๐๑ เมตร
แนวคานติดกับพื้นดาดฟ้าชั้นล่างประมาณ ๒๗๐ เมตร

(ข) ปีนดาดฟ้าติดกับดาดฟ้าประมาณ ๑๕๖ เมตร

(ค) แนวต่อของแผ่นเหล็กตัวเรือบริเวณแผ่น K, A, B และ C ประมาณ ๒๐๔ เมตร

(ง) กงหางช้าง (Side) ติดกับแผ่นเหล็กตัวเรือประมาณ ๑๗๐ เมตร
รวมแนวเชื่อมเหนือศีรษะประมาณ ๑,๓๐๑ เมตร

ความเร็วในการเชื่อมตัวเรือในอู่นั้น เนื่องจากการเชื่อมตัวเรือในอู่มีความยากลำบากกว่าการเชื่อมในโรงงานมาก เพราะมีสิ่งกีดขวางมาก ทำให้การเคลื่อนที่ของช่างเชื่อมลำบาก และการถ่ายเทอากาศก็ไม่ดี จากการจับเวลาในการเชื่อม Longitudinal ติดกับแผ่นเหล็กตัวเรือ ซึ่งเป็นการเชื่อมในแนวราบแบบ Fillet ปรากฏว่าความเร็วในการเชื่อมโดยเฉลี่ยประมาณ ๗.๕ เมตร/ชั่วโมง และการเชื่อมแบบ Fillet แนวเหนือศีรษะซึ่งเป็นการเชื่อมคานติดกับพื้นดาดฟ้าชั้นบนซึ่งการเคลื่อนตัวของช่างเชื่อมจะลำบากกว่าการเชื่อมในแนวราบ และจะต้องคอยระมัดระวังเปลวไฟที่กระเด็นจากการเชื่อม รวมทั้งมีความเมื่อยล้ากว่าการเชื่อมในแนวราบ จากการจับเวลาปรากฏว่าความเร็วในการเชื่อมโดยเฉลี่ยประมาณ ๓ เมตร/ชั่วโมง

การคำนวณชั่วโมงแรงงานที่ลดลงในการเชื่อม

(๑) การต่อแบบ Conventional

แนวเชื่อมเหนือศีรษะ	๑,๓๐๑	เมตร
ความเร็วโดยเฉลี่ยในการเชื่อม	๓	เมตร/ชั่วโมง
ใช้เวลาในการเชื่อม	$\frac{๑,๓๐๑}{๓}$	
	= ๔๓๓.๖	ชั่วโมง

(๒) การต่อแบบบล็อก เนื่องจากการต่อแบบบล็อกจะลดการเชื่อมแนวเหนือศีรษะมาเป็นแนวราบ ทั้งนี้เพราะจะเป็นการต่อแบบคว่ำ โดยที่จะเอาพื้นดาดฟ้าวางอยู่บน Jig ทำให้การเชื่อมดานติดกับพื้นดาดฟ้าเปลี่ยนจากการเชื่อมแนวเหนือศีรษะมาเป็นแนวราบ สำหรับส่วนอื่น ๆ เช่น แนวต่อของแผ่นเหล็กตัวเรือบริเวณแผ่น K, A, B และ C ด้านนอก และกงทางข้าง (Longitudinal) ก็จะเปลี่ยนจากแนวเหนือศีรษะมาเป็นแนวราบเช่นกัน ส่วนการเชื่อมแนวต่อของแผ่นเหล็กตัวเรือด้านใน และกงทางข้าง ซึ่งขณะที่คว่ำอยู่บน Jig เป็นแนวเหนือศีรษะก็จะไปเชื่อมในอู่ซึ่งตอนยกบล็อกไปประกอบในอู่จะพลิกบล็อกลงไปวางบนหมอนซึ่งจะทำให้แนวเชื่อมเหล่านี้เปลี่ยนมาเป็นแนวราบ

ระยะแนวเชื่อม	๑,๓๐๑	เมตร
ความเร็วในการเชื่อมในแนวราบ	๗.๕๐	เมตร/ชั่วโมง
ใช้เวลาในการเชื่อม	= $\frac{๑,๓๐๑}{๗.๕}$	
	= ๑๗๓.๕๐	ชั่วโมง

การต่อตัวเรือแบบบล็อกจะลดเวลาในการเชื่อมลงไป

= ๔๓๓.๖ − ๑๗๓.๕

= ๒๖๐.๑๐ ชั่วโมง

ค่าแรง และค่าใช้จ่ายโรงงานเป็นเงิน

๓๔.๒๐ บาท/ชั่วโมง

การต่อตัวเรือแบบบล็อกเมื่อเปรียบเทียบกับการต่อตัวเรือแบบ Conventional จะลดค่าใช้จ่ายในการเชื่อมตัวเรือลงไปได้ประมาณ

= ๒๖๐.๑ x ๓๔.๒๐

= ๘,๘๔๔.๔๐ บาท

หมายเหตุ

สำหรับเรื่องคุณภาพของแนวเชื่อมนั้น ถ้ามีการ X - ray การเชื่อมแนวเหนือศีรษะแล้วปรากฏว่าแนวเชื่อมไม่ผ่านการทดสอบ ก็จะต้องใช้แก๊สเผาแนวเชื่อมออกแล้วเชื่อมใหม่ซึ่งเสียค่าใช้จ่าย และเสียเวลามาก

๒. ประสิทธิภาพในการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงานดีขึ้น ทั้งนี้เพราะการต่อตัวเรือแบบบล็อกนั้นงานส่วนใหญ่จะทำในโรงงาน หรือบริเวณรอบ ๆ โรงงาน ทำให้การใช้เครื่องมือเครื่องจักรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และการต่อตัวเรือแบบบล็อกนี้เมื่อแบ่งออกเป็นบล็อกแล้วก็จะแบ่งคนงานรับผิดชอบเฉพาะแต่ละบล็อกไป ทำให้เป็นการกระจายคนออกเป็นชุด ๆ และเกิดมีความชำนาญงานในบล็อกของตน ซึ่งแต่ละบล็อกงานก็แตกต่างกันออกไป ส่วนการต่อตัวเรือแบบ Conventional นั้น เวลาประกอบตัวเรือในอู่คนงานจะไปรวมกันทำงานทำให้เกิดการทำงานที่สับสน การใช้เครื่องมือเครื่องจักรไม่สะดวก เสียเวลาในการขึ้น - ลงอู่ และการควบคุมการทำงานทำได้ยาก สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้การต่อตัวเรือแบบบล็อกใช้เวลาสั้นกว่าการต่อตัวเรือแบบ Conventional นอกเหนือไปจากความเร็วในการเชื่อม แต่เนื่องจากสิ่งเหล่านี้จะต้องใช้เวลาในการหาข้อมูลเป็นเวลานาน เพราะการต่อเรือแต่ละลำใช้เวลานานมาก และอู่ต่อเรือในเมืองไทยที่ต่อเรือแบบบล็อกขนาดใหญ่มีน้อยแห่ง คือ มีเฉพาะที่บริษัทอู่กรุงเทพ จำกัด เท่านั้น สำหรับบริษัทอิตัลไทยมารีน จำกัด ก็เพิ่งรับงานการต่อเรือขนาดใหญ่จากกองทัพเรือ และการต่อยังไม่แล้วเสร็จ แม้ว่าจะมีสูตรในการคำนวณ

หาชั่วโมงแรงงานในการต่อตัวเรือแบบบล็อกโดยประมาณ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง. แต่ผลของการคำนวณก็มีชั่วโมงแรงงานค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เป็นเพราะสูตรนี้ใช้ในประเทศอังกฤษ ซึ่งมีเครื่องมือเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพดีกว่าอู่ต่อเรือในเมืองไทยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลการต่อตัวเรือแบบบล็อกจากบริษัทอู่กรุงเทพ จำกัด มาเปรียบเทียบกับการต่อตัวเรือแบบ Conventional ที่กรมอู่ทหารเรือใช้ในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่ง ดังรายละเอียดในตารางที่ ๔.๗ อู่แห่งนี้เป็นรัฐวิสาหกิจ ขึ้นกับกองทัพเรือ ซึ่งมีเครื่องมือเครื่องจักรใกล้เคียงกับกรมอู่ทหารเรือ

ตารางที่ ๔.๗

แสดงชั่วโมงแรงงานที่ใช้ในการต่อตัวเรือ

ชนิดชุดการต่อตัวเรือ	ชื่อเรือ	ระวางขับน้ำ (ตัน)	น้ำหนักตัวเรือ (ตัน)	แรงงาน (ชม.)	แรงงาน/น้ำหนักตัวเรือ (ชม./ตัน)
แบบบล็อก	ศุกร์	๑,๔๐๐	๕๖๐	๔๖๗,๖๐๐	๔๓๕
	ถลาง	๑,๒๐๐	๔๘๐	๓๕๖,๔๐๐	๗๔๒.๕
	เรือยกพลขึ้นบก	๓๙๖	๑๕๗	๘๑,๔๐๐	๕๒๑.๕
แบบ Conventional	เรือยนต์รักษาฝั่ง (ต. ๔๕, ๔๖)	๑๑๗	๕๕	๕๗,๔๐๐	๑,๐๔๓.๖

ที่มา : ผู้รับเหมางานต่อตัวเรือของบริษัทอู่กรุงเทพ จำกัด และกองจัดแผนงาน กรมอู่ทหารเรือ

จากตารางที่ ๔.๗ จะเห็นได้ว่าแรงงานต่อน้ำหนักตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งซึ่งเป็นการต่อตัวเรือแบบ Conventional นั้น สูงกว่าการต่อตัวเรือที่บริษัทกรุงเทพ จำกัด ซึ่งต่อตัวเรือแบบบล็อกมาก โดยเฉพาะเรือยกพลขึ้นบก ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าเรือยนต์รักษาฝั่งประมาณ ๓ เท่า แต่แรงงานต่อตันที่ใช้ในการต่อตัวเรือน้อยกว่าถึง ๒ เท่า สำหรับการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งแบบบล็อก ถ้าใช้จำนวนแรงงานต่อตันของเรือศุกร์ ซึ่งเป็นแรงงานที่สูงที่สุดในการต่อตัวเรือแบบบล็อกของบริษัทกรุงเทพ จำกัด เป็นเกณฑ์แล้วจะสามารถหาจำนวนแรงงานที่ใช้ในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่ง โดยการต่อแบบบล็อกได้ดังนี้

น้ำหนักตัวเรือ ๕๕ ตัน

แรงงานต่อน้ำหนักตัวเรือ (ร.ล. ศุกร์)

๘๓๕ ชั่วโมง/ตัน

แรงงานที่ใช้ในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาในการต่อแบบบล็อก

= ๘๓๕ x ๕๕

= ๔๕,๘๒๕ ชั่วโมง

แรงงานในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่ง โดยการต่อแบบ Conventional = ๕๗,๔๐๐ ชั่วโมง

การต่อตัวเรือแบบบล็อกสามารถประหยัดแรงงานได้

= ๕๗,๔๐๐ − ๔๕,๘๒๕

= ๑๑,๔๗๕ ชั่วโมง

ค่าแรง และค่าใช้จ่ายโรงงานชั่วโมงละ

๓๔.๒๐ บาท

ประหยัดเงินได้ = ๑๑,๔๗๕ x ๓๔.๒๐

= ๓๙๒,๔๔๕ บาท

แรงงานที่ใช้ในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่ง ส่วนใหญ่จะเป็นแรงงานจากแผนกต่อเรือเหล็ก และจากโรงงานเชื่อมซึ่งมีจำนวนคนงานทั้งหมด ๔๓ คน

(ดังในตารางที่ ๓.๔)

แรงงานที่ใช้ในการต่อตัวเรือมีชั่วโมงการทำงานในหนึ่งวัน

= ๔๓ x ๘

= ๓๔๔ ชั่วโมง

ชั่วโมงแรงงานที่ลดลงในการต่อตัวเรือแบบบล็อก

๑๑,๘๓๕ ชั่วโมง

ลดเวลาการทำงานลงไป = $\frac{๑๑,๘๓๕}{๓๔๔}$

= ๓๓.๔ วัน

เวลาในการต่อตัวเรือตั้งแต่เริ่มทำชิ้นส่วนในโรงงานจนถึงปล่อยเรือลงลงน้ำประมาณ ๑ ปี

ดังนั้นระยะเวลาในการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งจะลดลงจากประมาณ ๑ ปี เหลือเพียงประมาณ ๑๐ เดือนครึ่งเท่านั้น

๓. ระยะเวลาที่เรืออยู่ในอู่สั้นเข้า จากการต่อตัวเรือแบบ Conventional ซึ่งจะประกอบตัวเรือโดยการวางกระดูกงูนั้น ทำให้ระยะเวลาในการที่เรืออยู่ในอู่นานมาก การต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่ง (ต. ๔๕, ต. ๔๖) นั้น ระยะเวลาที่เรืออยู่ในอู่ตั้งแต่วางกระดูกงูจนถึงปล่อยเรือลงน้ำใช้เวลาประมาณ ๗ เดือน ซึ่งในระยะเวลา ๗ เดือนนี้ อู่แห่งนี้ไม่สามารถนำเรืออื่นมาเข้ารับการซ่อมทำได้เลย แต่ถ้าการต่อตัวเรือแบบบล็อกแล้ว จากการสอบถามผู้รับเหมาในการต่อตัวเรือของเรือยกพลขึ้นบกปรากฏว่าระยะเวลาการเชื่อมต่อบล็อกแต่ละบล็อกเข้าด้วยกันในอู่จนเป็นตัวเรือที่สมบูรณ์ใช้เวลาประมาณ ๓ เดือน ซึ่งระยะเวลาที่เหลือสามารถนำเรือขนาดเล็กเข้ารับการซ่อมตัวเรือได้ การนำเรือเข้าอู่นั้นทางกองทัพเรือไม่ได้คิดค่าการเข้าอู่ และการที่เรือจอดในอู่เป็นจำนวนเงินเอาไว้ ดังนั้นจึงประเมินราคาการเข้า – ออกอู่ และเรือจอดอยู่ในอู่โดยถือเอาราคาจากบริษัทอู่กรุงเทพ จำกัด ดังตารางที่ ๔.๘

ตารางที่ ๔.๘
ค่าเข้า – ออกอู่ และค่าจอดอยู่ในอู่

น้ำหนักเรือ	เข้า และออกอู่	จอดอยู่ในอู่ต่อ ๑ วัน
ต่ำกว่า ๕๐๑	๑๒,๐๐๐	๔,๕๐๐
๕๐๑ – ๑,๐๐๐	๑๔,๐๐๐	๕,๔๐๐
๑,๐๐๑ – ๒,๐๐๐	๑๗,๐๐๐	๗,๒๐๐
๒,๐๐๑ – ๓,๐๐๐	๒๐,๐๐๐	๔,๔๐๐

หมายเหตุ

๑. เป็นราคาตั้งแต่ ๑ มีนาคม ๒๕๒๔

๒. การนำเรือเข้า และออกอู่นอกเวลางานปกติ จะต้องเสียเพิ่มอีก ๕๐ เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ ๔.๘ จะเห็นได้ว่าในกรณีที่มีความจำเป็นที่จะต้องนำเรือขนาดเล็ก (ต่ำกว่า ๕๐๑ ตัน) เข้ารับการซ่อม หรือทำความสะอาดตัวเรือใต้แนวน้ำในอู่แล้วไม่มีอู่ว่างที่จะให้เรือเข้าอู่ได้ ต้องไปเข้าอู่ที่บริษัทกรุงเทพ จำกัด จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเข้าอู่ และจอดอยู่ในอู่ประมาณวันละ ๑๖,๕๐๐ บาท และถ้ามีการเปลี่ยนแผ่นเหล็ก ถอดเพลาใบจักร หรือหาสี ก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีก

สรุป

๑. การต่อตัวเรือแบบบล็อกแทนการต่อตัวเรือแบบ Conventional จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

การลงทุนเพิ่มขึ้นเป็นเงิน ๑๔๘,๐๙๖ บาท

ผลตอบแทนที่ได้รับ

ลดค่าใช้จ่ายในการเชื่อมตัวเรือลงไปประมาณ

๘,๘๔๕.๔๐ บาท

ลดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงานประมาณ

๓๙๒,๔๔๕ บาท

รวม ๔๐๑,๓๔๐.๔๐ บาท

ประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปเป็นเงินประมาณ

= ๒๐๓,๒๔๔.๔๐ บาท

๒. ระยะเวลาในการต่อตัวเรือเร็วขึ้นประมาณ ๓๓.๔ วัน หรือประมาณ เดือนครึ่ง

<u>หมายเหตุ</u>

ไม่ได้รวมการใช้ประโยชน์จากการที่เรืออยู่ในอู่สั้นลงไปประมาณ ๔ เดือน

การต่อตัวเรือแบบบล็อกนี้สามารถทำได้หลายแบบ ซึ่งแล้วแต่ความเหมาะสมของเครื่องมือเครื่องจักร และสถานที่ ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างการต่อตัวเรือแบบบล็อกจากอู่ต่อเรือต่างประเทศแห่งหนึ่งมาแสดงให้เห็นถึงการแบ่งตัวเรือออกเป็นบล็อก การทำ Jig ของแต่ละบล็อก และลำดับขั้นของการประกอบตัวเรือ ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ.

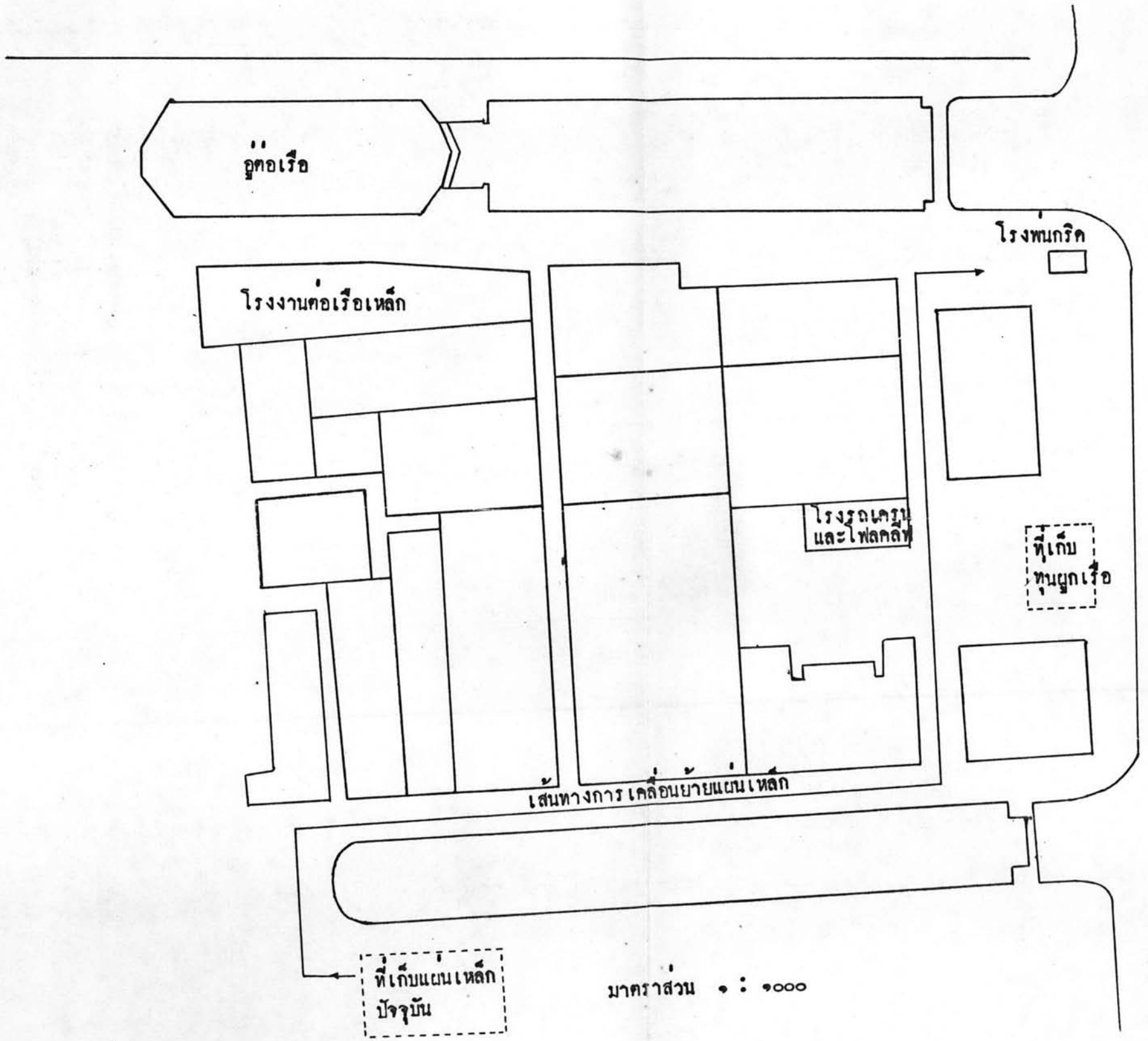
<u>การเพิ่มประสิทธิภาพโดยการปรับปรุงผังโรงงาน</u>

เนื่องจากเดิมที่อู่แห่งนี้มีภาระกิจหลักในการให้การซ่อมบำรุงเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ แก่หน่วยต่าง ๆ ของกองทัพเรือ ทำให้มีภาระกิจในการซ่อมมากมาย แต่พื้นที่ และอาคารที่มีอยู่จำกัด ดังนั้นจึงได้มีการแบ่งแผนกย่อย ๆ ลงไปมากมายเพื่อที่จะสามารถปฏิบัติงานซ่อมครอบคลุมให้แก่ทุกหน่วยงาน ทำให้ผังโรงงานมองดูสับสนไม่

เหมาะที่จะเป็นโรงงานผลิต ดังในรูปที่ ๔.๒๐ แต่ในปัจจุบันนี้ เรือส่วนใหญ่ได้ไปเข้ารับการซ่อมที่อู่พระจุลจอมเกล้า ดังนั้นการซ่อมในอู่เก่านี้จึงมีน้อย คือ มีการซ่อมเฉพาะเรือขนาดเล็ก และหน่วยงานบนบกเท่านั้น สำหรับการต่อเรือใหม่นั้นกองทัพเรือก็มีนโยบายที่จะต่อที่อู่เก่านี้ ดังนั้นจึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่ควรจะมีการปรับปรุงการวางผังโรงงานใหม่ให้เหมาะสมกับขบวนการผลิต และควรพิจารณานำเครื่องจักร และเทคนิคใหม่ ๆ มาปรับปรุงการต่อเรือเพื่อให้การต่อเรือดำเนินไปอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากรูปที่ ๔.๒๐ จะเห็นได้ว่าการวางผังโรงงานสำหรับการต่อตัวเรือมีความไม่เหมาะสมตามหลักของการวางผังโรงงาน ทำให้มีการเคลื่อนย้ายพัสดุสำหรับการผลิตเป็นระยะทางไกล ทำให้เสียเวลา และค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น เพราะแผ่นเหล็กซึ่งใช้ในการต่อตัวเรือจะต้องไปเข้ารับการพ่นกริด และทาสีก่อนที่จะไปทำการแปรรูปเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ของตัวเรือ แต่สถานที่เก็บแผ่นเหล็กอยู่ห่างจากโรงพ่นกริดมาก คือ อยู่ห่างประมาณ ๒๗๐ เมตร และโรงรถเครน และรถโฟล์คลีฟ ซึ่งใช้ในการยกแผ่นเหล็กก็อยู่บริเวณใกล้กับโรงพ่นกริดนั่นเอง จึงต้องเสียเวลาวิ่งไปยังที่เก็บแผ่นเหล็กอีกประมาณ ๒๕๐ เมตร รวมเป็นระยะทาง ๕๒๐ เมตร แผ่นเหล็กซึ่งวางตั้งอยู่จะถูกรถเครนยกขึ้นใส่เทลเลอร์แล้วใช้รถโฟล์คลีฟลากเทลเลอร์มายังโรงพ่นกริด และเมื่อถึงโรงพ่นกริดแล้วก็จะใช้รถโฟล์คลีฟยกแผ่นเหล็กลงวางหน้าโรงพ่นกริดเพื่อรอการนำเข้าไปพ่นต่อไป การบรรทุกแต่ละครั้งจะบรรทุกแผ่นเหล็กได้ประมาณ ๑๐ แผ่น การพ่นกริดจะพ่นได้ครั้งละ ๒ แผ่น และใช้เวลาในการพ่นประมาณ ๒ ชั่วโมง หลังจากพ่นเสร็จแล้วก็จะทำการทาสีรองพื้นเพื่อป้องกันสนิม เมื่อแห้งแล้วก็จะนำไปยังโรงงานต่อเรือโดยใช้รถโฟล์คลีฟบรรทุกไป แผ่นเหล็กต่อตัวเรือ ๑ ลำ มีประมาณ ๑๔๑ แผ่น ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค. ดังนั้นจะต้องมีการบรรทุกแผ่นเหล็กมายังโรงพ่นกริดประมาณ ๒๐ เที่ยว ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายแผ่นเหล็กในช่วงนี้ ควรหาสถานที่เก็บแผ่นเหล็กใหม่ให้อยู่ใกล้กับบริเวณโรงพ่นกริด เพราะการย้ายโรงพ่นกริดทำได้ยากกว่า สถานที่ที่ผู้วิจัยเห็นว่าควรจะเป็นที่เก็บแผ่นเหล็ก

รูปที่ ๔.๒๐
แสดงการวางผังโรงงานในปัจจุบัน



ที่ใช้ในการต่อตัวเรือได้ดีก็คือ บริเวณตรงข้ามกับโรงรถเครนนั่นเอง ซึ่งปัจจุบันบริเวณนี้เป็นที่วางทุ่นผูกเรือที่นำขึ้นมาเพื่อทำความสะอาด และทาสีใหม่ มีเนื้อที่เพียงพอสำหรับเก็บแผ่นเหล็กที่ใช้ในการต่อตัวเรือ และเป็นที่โล่งไม่มีหลังคาสามารถใช้รถเครนในการยกแผ่นเหล็กได้สะดวก ส่วนที่วางทุ่นนั้นควรวางในบริเวณท่าเทียบเรือหลังโรงพ่นกริต ซึ่งการยกทุ่นลงจากเรือมาวางก็มีความสะดวกสบายมาก การย้ายทุ่นจากที่เดิมมายังที่ใหม่ก็เสียค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายเฉพาะครั้งแรกเท่านั้น ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อยมาก การเปลี่ยนแปลงสถานที่เก็บแผ่นเหล็ก และการย้ายที่เก็บทุ่นใหม่ดังในรูปที่ ๔.๒๑

<u>การเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการจัดผังโรงงานใหม่</u>

ก. การเคลื่อนย้ายแผ่นเหล็กโดยวิธีปัจจุบัน จากการสอบถามเจ้าหน้าที่โรงงานเชือกรอก และการรู้ซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบในการใช้แรงงานยกแผ่นเหล็กมีรายละเอียดดังนี้

๑. รถเครน ๑ คัน เวลาในการทำงานของรถเครนประมาณ ๒๐ นาที หรือ ๑/๓ ชั่วโมง

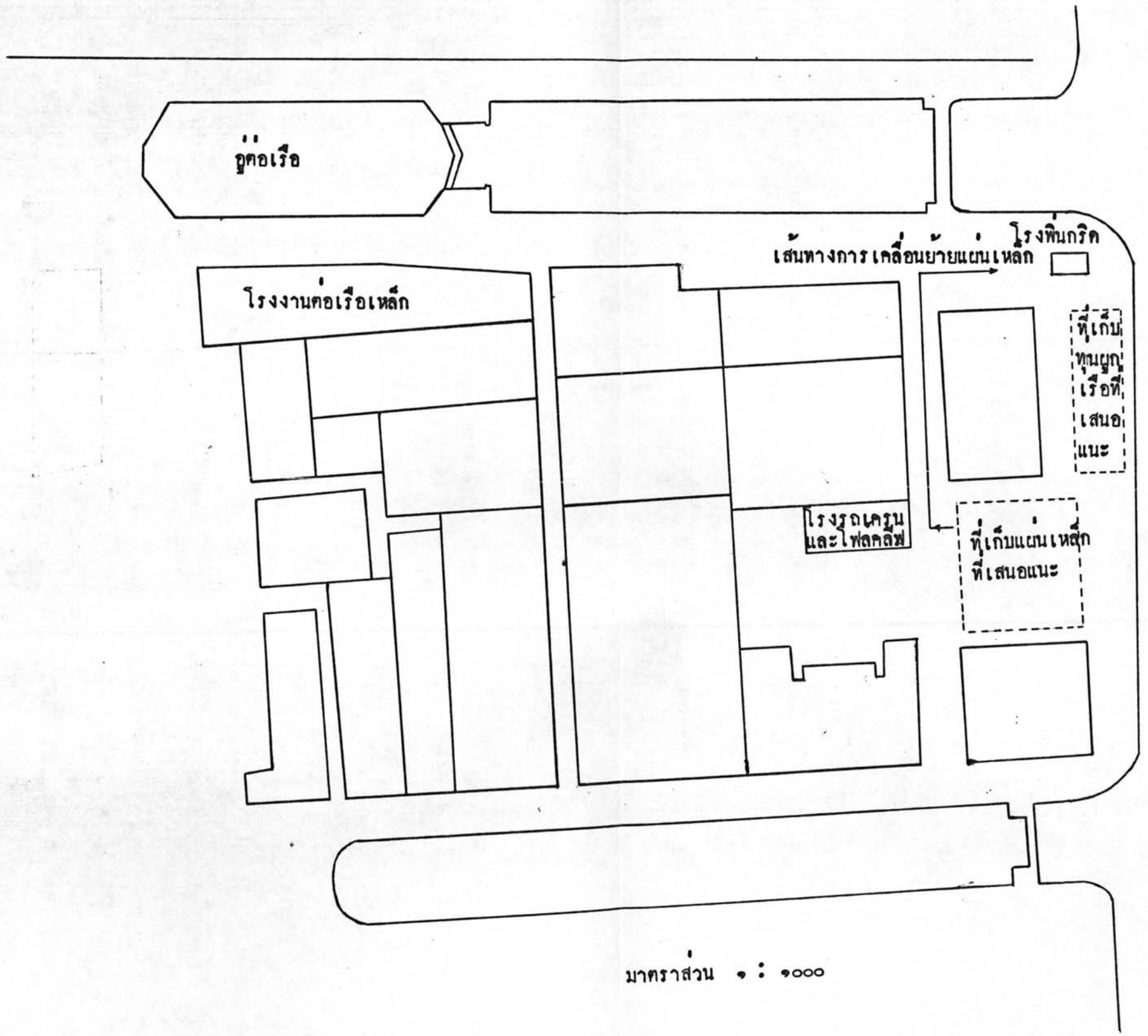
๒. รถโฟล์คลีฟ ๑ คัน สำหรับลากเทลเลอร์ และยกแผ่นเหล็กลงจากเทลเลอร์ เวลาการทำงานของรถโฟล์คลีฟประมาณ ๔๐ นาที หรือ ๒/๓ ชั่วโมง

๓. เวลาในการทำงานทั้งหมดประมาณ ๑ ชั่วโมง โดยใช้คนงาน ๓ คน คนขับรถเครนเมื่อเสร็จงานยกใส่เทลเลอร์แล้วก็เสร็จงาน จึงทำงานเพียง ๑/๓ ชั่วโมงเท่านั้น แต่อีก ๒ คน ทำงานเต็มเวลา ๑ ชั่วโมง

๔. ความหมดเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซล)

- รถเครนประมาณ ๕ ลิตรต่อชั่วโมง
- รถโฟล์คลีฟประมาณ ๔ ลิตรต่อชั่วโมง

รูปที่ ๔.๒๑
การวางผังโรงงานที่เสนอแนะ



มาตราส่วน ๑ : ๑๐๐๐

ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกแผ่นเหล็กต่อเรือ ๑ เที่ยว

ปริมาณน้ำมันดีเซล = เวลาเครื่องจักรทำงาน x ปริมาณความหมดเปลืองน้ำมัน

= ๑/๓ x ๕+ ๒/๓ x ๔

= ๔.๓ ลิตร

ราคาน้ำมันดีเซล (จากคลังเชื้อเพลิง กรมพลาธิการทหารเรือ) ลิตรละ

๓.๓๔ บาท

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเงิน

๔.๓ x ๓.๓๔ = ๓๑.๔๐ บาท

แรงงานที่ใช้ไป = เวลาในการทำงาน x จำนวนคนงาน

= ๑/๓ x ๑ + ๑ x ๒

= ๒.๓๓ ชั่วโมง

ค่าแรง และค่าใช้จ่ายโรงงาน

๓๔.๒๐ บาท/ชั่วโมง

ค่าแรงงานคิดเป็นเงิน ๓๔.๒๐x ๒.๓๓

= ๗๔.๗๐ บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการบรรทุกแผ่นเหล็กต่อเที่ยว

๑๑๑.๕๐ บาท

ข. การเคลื่อนย้ายแผ่นเหล็กเมื่อเปลี่ยนสถานที่เก็บแผ่นเหล็กใหม่ เมื่อย้ายสถานที่เก็บแผ่นเหล็กใหม่ ทำให้ระยะทางลดลงมาเหลือประมาณ ๕๐ เมตรเท่านั้น ทั้งนี้เป็นเพราะบริเวณที่เก็บแผ่นเหล็กใหม่นี้อยู่ห่างจากโรงพ่นกริดประมาณ ๕๐ เมตร และอยู่ใกล้กับโรงรถเครน ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการวิ่งรถเปล่าไปยังบริเวณที่จะยกไกล และสามารถใช้รถเครนในการยกแผ่นเหล็กจากที่เก็บไปวางหน้าโรงพ่นกริดได้เลย โดยไม่ต้องยกใส่เทลเลอร์แล้วใช้รถโฟล์คลีฟลากไปเหมือนกับแบบที่ทำในปัจจุบัน รายการใช้เครื่องทุ่นแรง และแรงงานประมาณได้ดังนี้

๑. รถเครน ๑ คัน เวลาในการทำงานประมาณ ๓๐ นาที-หรือ ๑/๒ ชั่วโมง

๒. เวลาในการทำงานทั้งหมดประมาณ ๔๐ นาที หรือ ๒/๓ ชั่วโมง โดยใช้คนงาน ๒ คน

<u>ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกแผ่นเหล็ก ๑ เที่ยว</u>

ปริมาณน้ำมันดีเซล ๑/๒ x ๕

= ๒.๕ ลิตร

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นเงิน = ๒.๕ x ๗.๓๙

= ๑๘.๕๐ บาท

แรงงานที่ใช้ไป = ๒x $\frac{๒}{๓}$ ชั่วโมง

= ๑ ๑/๓ ชั่วโมง

ค่าแรงคิดเป็นเงิน = ๑ ๑/๓ x ๓๙.๒๐

๔๕.๕๐ บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการบรรทุกแผ่นเหล็กต่อเที่ยว

๖๔ บาท

แต่ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกแผ่นเหล็กก่อนปรับปรุงโรงงานเป็นเงิน

๑๑๑.๕๐ บาท/เที่ยว

สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบรรทุกแผ่นเหล็กได้

๔๗.๕๐ บาท/เที่ยว

การต่อตัวเรือ ๑ ลำ มีการบรรทุกแผ่นเหล็กประมาณ

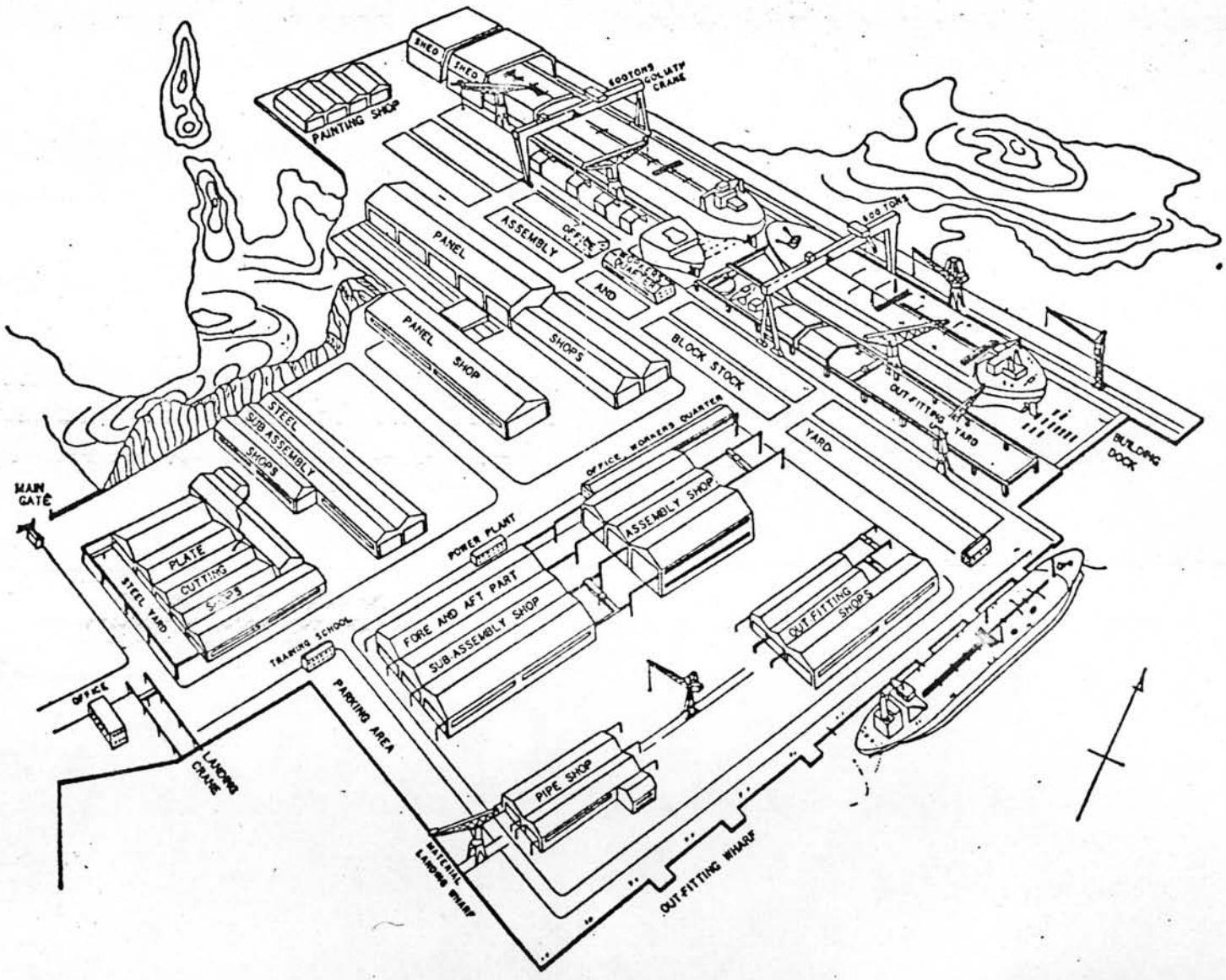
๒๐ เที่ยว

สามารถลดค่าใช้จ่ายลงไปเป็นเงินทั้งสิ้น

๙๕๐ บาท/ลำ

สำหรับโรงงานต่อเรือเหล็กนั้น เป็นทั้งโรงงานแปรรูปเหล็ก และโรงงานประกอบชิ้นส่วนย่อยรวมกัน อาคารโรงงานมีเนื้อที่ประมาณ ๖๖๐ ตารางเมตร โครงสร้างของอาคารเป็นเหล็กหลังคามุงสังกะสี เนื่องจากเป็นอาคารที่เก่ามากมีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง และไม่สูงพอที่จะติดตั้งเครนในโรงงานได้ ดังนั้นในการยกแผ่นเหล็กในโรงงานเพื่อนำไปตัด หรือดัดต้องใช้แรงงานคนจึงทำให้การทำงานต้องล่าช้า และเปลืองแรงงานมาก เครื่องจักรต่าง ๆ ในโรงงานต่อเรือเหล็กส่วนมากเป็นเครื่องเก่า และบางเครื่องก็ไม่ได้ใช้งานในการต่อตัวเรือเลย เพราะเป็นเครื่องสำหรับงานซ่อมตัวเรือ เช่น เครื่องม้วนแผ่นเหล็กขนาดใหญ่ซึ่งใช้ในการทำท่อขนาดใหญ่ การต่อตัวเรือ ซึ่งกำลังทำอยู่ในปัจจุบันเป็นการต่อตัวเรือแบบ Conventional ซึ่งการทำชิ้นส่วนย่อยจะต้องเสร็จเป็นส่วนใหญ่แล้วจึงไปประกอบตัวเรือในอู่ ดังนั้นจึงต้องเปลืองเนื้อที่ในการเก็บชิ้นส่วนย่อยเหล่านี้ในโรงงาน หรือบริเวณรอบ ๆ โรงงาน ซึ่งทำให้สถานที่ทำงานซึ่งตามปกติก็คับแคบอยู่แล้ว เพิ่มความคับแคบลงไปอีก ทำให้การทำงานไม่สะดวก ซึ่งหนทางหนึ่งที่จะแก้ไขได้ก็คือ การต่อตัวเรือแบบบล็อก เพราะชิ้นส่วนย่อยต่าง ๆ จะนำไปประกอบเป็นบล็อกได้เลยโดยไม่ต้องวางทิ้งไว้ในโรงงาน แต่อย่างไรก็ตามในการต่อตัวเรือ โรงงานแปรรูปเหล็ก และโรงงานประกอบชิ้นส่วนย่อยควรจะแยกออกจากกันเพื่อให้การทำงานสะดวกรวดเร็วขึ้น ดังนั้นถ้ากองทัพเรือมีนโยบายที่จะต่อเรือใช้ในราชการต่อไปเรื่อย ๆ แล้วก็ควรที่จะมีการจัดวางผังโรงงานใหม่ทั้งหมดโดยการวางผังตามขั้นตอนของขบวนการผลิต ดังตัวอย่างการวางผังโรงงานในรูปที่ ๔.๒๒ และควรนำเครื่องจักร เช่น เครื่องตัดแผ่นเหล็กที่ทันสมัย สามารถตัดได้ด้วยความรวดเร็ว และตัดได้ครั้งละหลาย ๆ ชิ้นในเวลาเดียวกัน เพราะในปัจจุบันการต่อเรือมักจะต่อแบบเดียวกันหลาย ๆ ลำ ซึ่งชิ้นส่วนต่าง ๆ ก็จะเหมือนกันด้วย และควรนำเทคนิคใหม่ ๆ มาใช้ เช่น การควบคุมการตัดแผ่นเหล็กด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถตัดแผ่นเหล็กโดยไม่ต้องหมายแบบลงที่แผ่นเหล็ก ซึ่งจะสามารถลดขั้นตอนของการขยายแบบ และการทำไม้แบบลงไปจะทำให้การต่อเรือรวดเร็วขึ้น และประหยัด เพราะในปัจจุบันไม้ที่นำมาทำไม้แบบก็มีราคาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ นอกจากนี้เครื่องทุ่นแรงในโรงงานโดยเฉพาะเครนก็มีความจำเป็น เพราะงานต่อตัวเรือนั้นเป็นงานที่ต้องมีการยกของหนัก ๆ

รูปที่ ๔.๒๒
ตัวอย่างการวางผังโรงงานของอู่ต่อเรือแห่งหนึ่งในประเทศญี่ปุ่น



อยู่เสมอ แม้ว่าสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะมีราคาค่อนข้างแพง แต่ถ้ากองทัพเรือสามารถต่อเรือใช้ในราชการได้เองอย่างรวดเร็วทันกับความต้องการโดยไม่ต้องไปจ้างต่อจากต่างประเทศก็จะทำให้เงินตราไม่ต้องรั่วไหลไปยังต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มขีดความสามารถของเจ้าหน้าที่ของกรมอู่ทหารเรือ และเพิ่มความมั่นคงให้แก่กองทัพเรือและประเทศชาติอีกด้วย

<u>การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของการบริหารงานการต่อเรือ</u>

ปัญหาทางด้านการบริหารเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อการต่อตัวเรือของเรือยนต์รักษาฝั่งมาก ทั้งนี้เป็นเพราะกรมอู่ทหารเรือเป็นหน่วยงานที่ใหญ่ แบ่งเป็น กรม กอง แผนก และโรงงานต่าง ๆ มากมาย ดังนั้นการติดต่อประสานงาน การสั่งการจึงต้องผ่านขั้นตอนมากมาย ทำให้การปฏิบัติงานในการต่อตัวเรือเกิดความไม่คล่องตัว ดังนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่าถ้าจะให้การต่อตัวเรือเป็นไปอย่างรวดเร็วสมควรที่จะต้องมีการจัดสายงานในการบริหารใหม่แยกต่างหากจากสายการบังคับบัญชาเดิม โดยให้เป็นหน่วยงานพิเศษซึ่งมีหน้าที่ในการต่อเรือตามเป้าหมายของกองทัพเรือ โดยมีผู้อำนวยการที่ขึ้นตรงกับกรมอู่ทหารเรือเป็นผู้รับผิดชอบ และจัดสายงานการบริหารขึ้นมาใหม่ โดยยึดหลักการจัดสายงานของกิจการอู่ต่อเรือทั่ว ๆ ไป สำหรับผู้บริหารงานคนอื่น ๆ และคนงานก็คัดมาจากหน่วยงานในกองทัพเรือที่เกี่ยวข้องกับการต่อเรืออยู่แล้ว สำหรับการจัดสายงานในด้านการต่อตัวเรือที่เสนอแนะนั้น ควรมีการจัดสายงานดังในรูปที่ ๘.๒๓ (๑๘)

รูปที่ ๔.๒๓
แสดงการจัดสายงานด้านการต่อตัวเรือที่เสนอแนะ