เอกสารวิชาการ

ช่างขยายแบบ

กรมอู่ทหารเรือ

(จัดพิมพ์เมื่อ กันยายน ๒๕๔๘)

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 ทั่วไป

- ความหมายของงานขยายแบบ 1
- ประวัติของงานขยายแบบ 4
- ความแม่นยำของการขยายแบบ 5
- เครื่องมือสำหรับการขยายแบบ 8
- เส้นพื้นฐานหลักที่ใช้ในการเขียนรูปเรือ (SHIP'S LINE) 15

บทที่ 2 ลายเส้น (LINES)

- ลายเส้นตัวเรือ (OUTLINE OF HULL LINES) 17
- วิธีการขยายลายเส้นรูปเรือ 18
- งานเขียนเบื้องต้นในการปฏิบัติงานขยายแบบ 18
- การเขียนลายเส้นตัวเรือ 19
- ลายเส้นแสดงรูปร่าง 20
- ความนูนดาดฟ้า (CAMBER) และความงอนดาดฟ้า (SHEER) 21
- ไม้ที่ใช้ในการปรับแต่งเส้น (BATTENS) 22
- การแฟร์เส้น (FAIRING) 23
  - รูปตัด (BODY PLAN) 24
  - รูปแนวน้ำ (HALF - BREADTH PLAN) 30
  - รูปด้านข้าง (PROFILE OR SHEER PLAN) 31
- เส้นโครงสร้างในรูปตัด (BODY PLAN) 32
  - เส้นกง 32
  - แนวโครงสร้างภายใน 32
  - แนวเปลือกเรือ 32

บทที่ 3 แผ่นขยาย

- การเขียนแบบแผ่นคลี่ 34
  - การเขียนแบบอย่างง่าย 34
  - การเขียนแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน 36

การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี 45
การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก 50
- การขยายแบบแผ่นเหล็ก (SHELL EXPANSION) 56
วิธีที่ ๑ เส้นตรงเป็นเส้นฐาน (BASE LINE METHOD) 56
วิธีที่ ๒ วิธีเส้นฉาก (ORTHOGONAL METHOD) 59
วิธีที่ ๓ การขยายโดยใช้เส้นทะแยงมุม (DIAGENAL METHOD) 61
วิธีที่ ๔ ความสัมพันธ์ของเส้นฉาก 63
(MODIFIED ORTHOGONAL METHOD)
วิธีที่ ๕ GEODISIC LINE METHOD เส้นจีโอเดสิค 65
- การขยายแผ่นมาจิน (MARGINE PLATE EXPANSION) 66

บทที่ 4 การจัดการสำหรับการผลิตโดยวิธีขยายแบบ

- การหมาย (MARKING) 70
- การตัด (CUTTING) 70
- การดัด (BENDING) 71
- การเชื่อม (WELDING) 72
- การวางตำแหน่งรูหมุดย้ำ (RIVET HOLES) 74
- การประกอบชิ้นงาน (ASSEMBLING) 76

บรรณานุกรม 77

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

บทที่ 1

งานขยายแบบ

ความหมายของงานขยายแบบ

โดยทั่วไป เรือที่มีความยาว และความกว้างอย่างใดอย่างหนึ่งในช่วง ๑๐๐ - ๔๐๐ เมตร เช่น เรือขนาดใหญ่ที่มีการสร้างในปัจจุบัน ยิ่งไปกว่านั้น รูปร่างของเรือจะประกอบขึ้นด้วยเส้นโค้งอันสลับซับซ้อนที่บริเวณหัวเรือและท้ายเรือ ซึ่งเป็นการยากที่จะประกอบตัวเรือโดยตรงด้วยแบบที่เขียนขึ้นไว้แล้ว แบบที่ได้ออกแบบไว้โดยทั่วไป เป็นการเขียนที่มีขนาดเล็กกว่าของจริงโดยอัตราส่วน ๑/๑๐ - ๑/๑๐๐ ดังนั้น ความผิดพลาดจึงเกิดขึ้นได้ง่าย เมื่อต้องหาขนาดมิติจริงจากแบบนั้น ถึงแม้ว่าชิ้นส่วนโครงสร้างชิ้นนั้นจะมีรูปร่างทั่วไปแบบง่าย ๆ ก็ตาม

ด้วยเหตุผลที่กล่าวแล้วข้างต้น งานขยายแบบจึงมีความจำเป็นในฐานตัวเชื่อมต่อระหว่างงานออกแบบกับงานประกอบชิ้นส่วนจริงตามที่ออกแบบไว้ ทำให้งานสร้างตัวเรือสามารถดำเนินไปได้โดยราบรื่น

งานหลักของการขยายแบบทั่วไป มีดังนี้

๑. การเขียนลายเส้นตัวเรือ และการปรับแต่งลายเส้นให้ถูกต้องสวยงาม (Fairing) พร้อมทั้งการเขียนเส้นกงเรือตลอดไปถึงการเขียนแนวต่อแผ่นเหล็ก (Seams) และแนวโครงสร้างตามยาว (Longitudinal)

๒. การหาขนาดจริงของชิ้นส่วน, การขยายแผ่นเปลือกเรือ, การคลี่แผ่นเหล็กตามรูปร่าง เช่น ทวนหัวและทวนท้าย และการหาขนาดจริงของชิ้นส่วนรูปร่างต่าง ๆ

๓. ตรวจสอบขนาด และตำแหน่งต่าง ๆ ให้คำแนะนำพร้อมแก้ปัญหาในการประกอบชิ้นส่วนโครงสร้าง ทำไม้แบบและอธิบายเกี่ยวกับอัตราส่วนการขยายให้ชัดเจนให้สามารถประกอบได้โดยง่าย

๔. ทำไม้แบบลองดัด (Curved Templates) เพื่อใช้ในงาน ดัด ขึ้นรูป ชิ้นส่วนตัวเรือ

๕. เตรียมแปลนการหมายตัดแผ่นเหล็กตามรูปร่างของชิ้นส่วน เพื่อให้ประหยัดแผ่นเหล็กให้มากที่สุด และเสนอแนะข้อปฏิบัติในการตัดแผ่นเหล็กนั้น ๆ

ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นว่างานขยายแบบไม่เพียงแต่การขยาย และทำไม้แบบตามที่ได้ออกแบบขึ้นเท่านั้น แต่ยังต้องเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อขัดข้องในงานประกอบชิ้นส่วน ด้วยเหตุนี้งานขยายแบบจึงต้องการองค์ความรู้ในงานที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาเทคนิควิธีการปฏิบัติ และต้องปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง ละเอียดถี่ถ้วนอย่างสูงอีกด้วย

การที่จะต้องปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง ละเอียดถี่ถ้วนอย่างสูง ในงานขยายแบบจำเป็นจะต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการปฏิบัติให้สอดคล้อง ไม่ส่งผลกระทบต่องานประกอบชิ้นส่วนและแผนการดำเนินงานต่าง ๆ ที่วางไว้

งานขยายแบบปัจจุบัน แบ่งออกเป็น ๓ วิธี ดังนี้

๑. การขยายแบบเต็มขนาด

๒. การขยายแบบลดสัดส่วน

๓. การขยายแบบเชิงตัวเลข

แม้ทั้ง ๓ วิธี จะแตกต่างกันในวิธีการทำงาน แต่ขั้นตอนการดำเนินการโดยพื้นฐานแล้วไม่แตกต่างกัน ตามผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการ (รูปที่ 1.1)

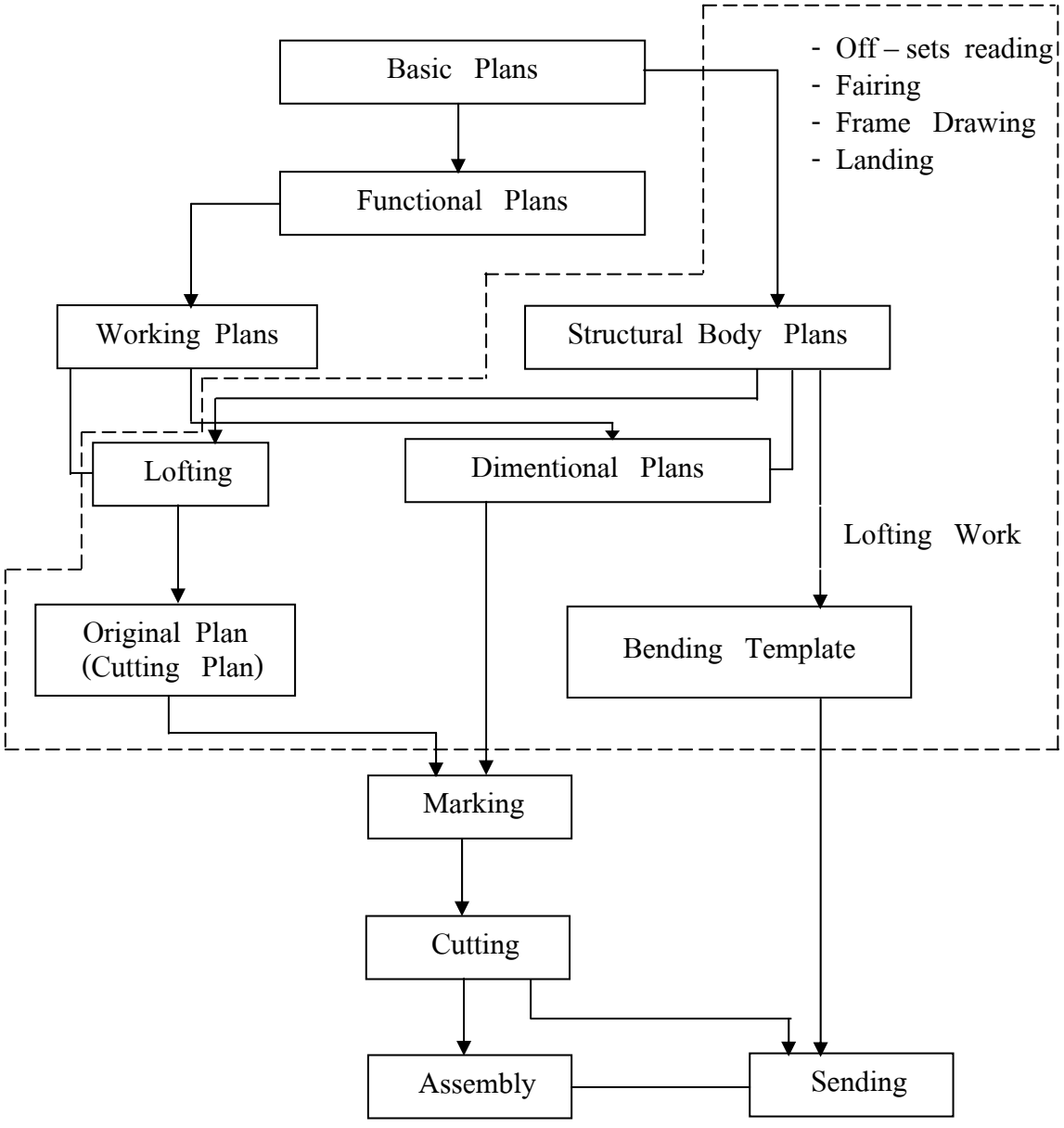


Fig. 1.1

จากรูปที่ 1.1 แบบที่ต้องใช้อ้างอิงในงานขยายแบบ

แบบทั่วไป (Basic plans)

๑. แบบลายเส้น (Lines plan)

๒. แบบรูปตัดกึ่งกลางลำ (Midship section plan)

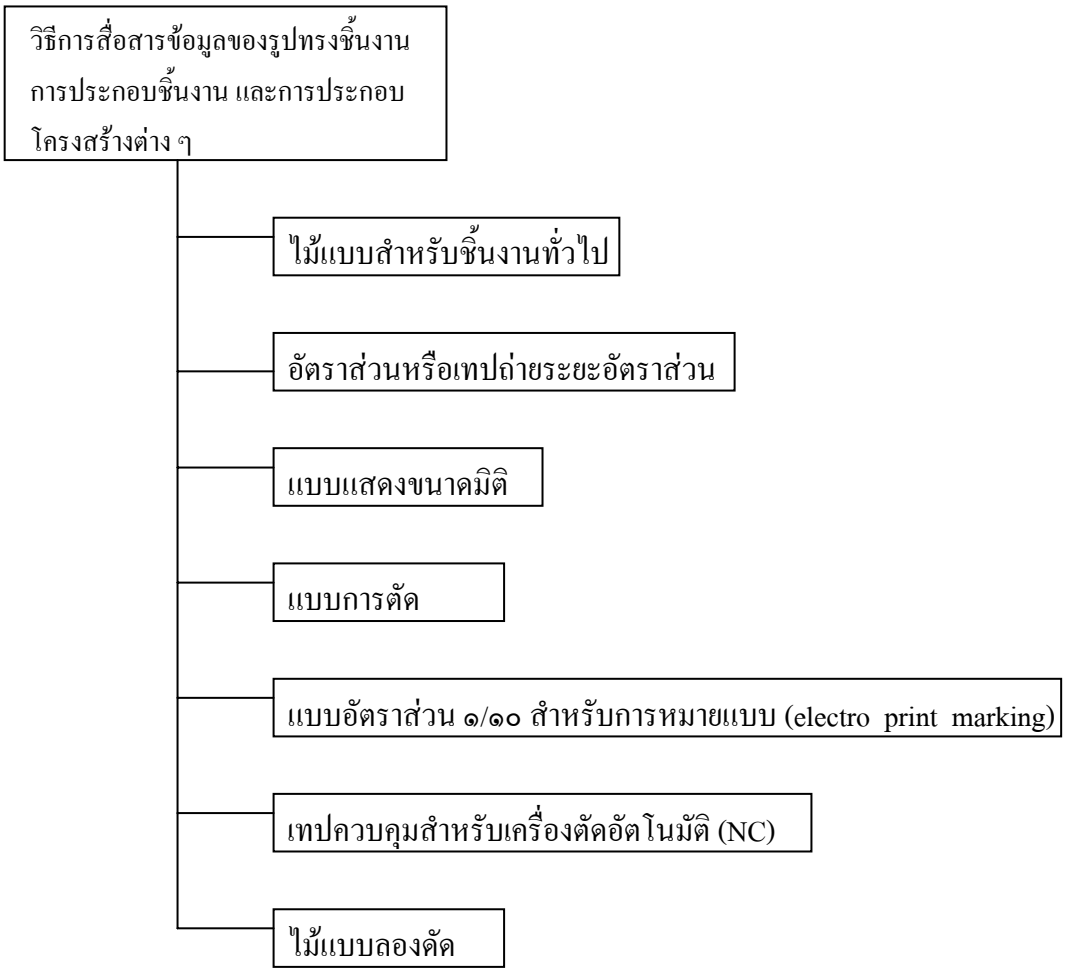
๓. แบบโครงสร้างด้านข้างและแบบพื้นดาดฟ้า (Construction profile and deck plan)

แบบรายละเอียด (Functional plan)

๑. แบบแผ่นเหล็กเปลือกเรือ (Shell expansion plan)

๒. แบบแสดงรายละเอียดต่าง ๆ

วิธีการสื่อสารข้อมูลของรูปทรงชิ้นงาน การประกอบชิ้นงาน และการประกอบโครงสร้างต่าง ๆ ต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับการปรับแต่งวิธีตามการดำเนินงานของโรงงานนั้น ๆ



ประวัติของงานขยายแบบ

ดังได้กล่าวไว้ก่อนหน้าแล้วว่า งานขยายแบบ แบ่งออกเป็น การขยายแบบเต็มขนาด การขยายแบบลดสัดส่วน และการขยายแบบเชิงตัวเลข แต่ละแบบที่กล่าวนี้จะแบ่งเป็นช่วง ๆ ในประวัติของการปฏิบัติงานด้านขยายแบบ โดยเริ่มจากการเปลี่ยนจากการขยายแบบเต็มขนาดมาเป็นการขยายแบบลดสัดส่วน

การขยายแบบเต็มขนาด คือ การสร้างไม้แบบเท่าขนาดจริง ซึ่งเป็นวิธีที่ทำกันมาตั้งแต่ดั้งเดิม ซึ่งจะประกอบด้วยงานเขียนลายเส้นรูปเรือ, งานขยายแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ , งานสร้างไม้แบบ และงานสร้างแบบจำลองโครงสร้างต่าง ๆ

การขยายแบบในแต่ละครั้ง เมื่อใช้การขยายแบบเต็มขนาดเป็นหลักแล้ว จะต้องใช้พื้นที่มาก ขนาดของพื้นที่โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับขนาดของเรือที่จะสามารถสร้างได้ในอู่นั้น ๆ

ไม้แบบหรือไม้วัดระยะ ที่ใช้ในการขยายแบบวิธีนี้ จึงต้องมีขนาดเท่าขนาดจริงของชิ้นส่วนที่จะสร้างเช่นกัน จึงยากต่อการเก็บรักษา เพราะต้องใช้พื้นที่กว้าง ใช้แรงงาน และวัสดุในการปฏิบัติงานมาก ทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงไปเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน ต้องได้รับการซ่อมแซม ถึงแม้ว่าจะเป็นการใช้งานกับเรือลำที่สองก็ตาม ปัญหาเหล่านี้จะยิ่งทวีความรุนแรงขึ้นตามขนาดของเรือ และจำนวนเรือที่สร้างมากขึ้นของอู่เรือ ขนาดของพื้นที่ของงานขยายแบบก็เป็นปัญหาหนึ่งของอู่ต่อเรือนั้น ๆ

เพื่อการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการนำเทคนิควิธีต่อไปนี้มาใช้ในงานขยายแบบลดสัดส่วน

๑. Proto Marking (PM)

๒. Electro Print Marking (EPM)

๓. Gas cutting machine

ด้วยสาเหตุนี้งานต่าง ๆ จึงถูกนำมาปฏิบัติแทนการขยายแบบเต็มขนาด ที่เคยใช้มาแต่ดังเดิม เช่น

- การเขียนลายเส้นด้วยอัตราส่วน ๑/๑๐
- การสร้างแบบลงบนแผ่นฟิล์ม (negative films) สำหรับการถ่ายแบบ
- การปรับแต่งลายเส้น (Fairing) รูปเรือและการขยายแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ บนโต๊ะทำงาน

จากเหตุผลที่กล่าวแล้วข้างต้น ทำให้การใช้พื้นที่ในการขยายแบบน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับการขยายแบบเต็มขนาด

ในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ (computer) ได้มีบทบาทในงานอุตสาหกรรมมากขึ้น การขยายแบบเต็มขนาดและการขยายแบบลดสัดส่วน จึงถูกแทนที่ด้วยโปรแกรมเชิงตัวเลขที่สร้างขึ้นเพื่องานเขียนแบบงานต่าง ๆ จึงสามารถปฏิบัติได้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น

๑. การปรับแต่งลายเส้นรูปเรือโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แทนการปรับแต่งลายเส้นด้วยไม้แฟร์

๒. การขยายแบบชิ้นส่วนต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แทนการขยายแบบเชิงเรขาคณิต

๓. การหมายลายเส้นของชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยการถ่ายโอนข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องหมายและถ่ายแบบอัตโนมัติ

๔. การถ่ายโอนข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องตัดอัตโนมัติ (NC) โดยไม่ต้องหมายตำแหน่งใด ๆ ลงบนแผ่นงานที่จะทำการตัด

ในอนาคตอันใกล้ การขยายแบบโดยโปรแกรมเชิงตัวเลขจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีบทบาทมากขึ้นและจะกลายเป็นสิ่งสำคัญต่อระบบงานต่าง ๆ ทั่วไปหมด รวมทั้งงานการออกแบบด้วย

ความแม่นยำของการขยายแบบ

ในงานขยายแบบ ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลในงานสร้างตัวเรือต่อไป เมื่อพบความผิดพลาดจะเกิดความสูญเสีย ซึ่งหมายความว่าความผิดพลาดและการประกอบชิ้นส่วนผิดพลาดจะได้พบในหลายกรณีระหว่างการประกอบชิ้นส่วนและการประกอบอุปกรณ์ ทำให้สูญเสียแรงงาน วัสดุ ตารางเวลา ความสูญเสียทางด้านจิตใจสำคัญกว่าเมื่อพบว่ามีความผิดพลาดหลังจากได้ประกอบชิ้นส่วนไปแล้ว มากกว่าพบความผิดพลาดขณะเริ่มประกอบชิ้นส่วน

เพื่อเป็นตัวอย่าง ในหน้าต่อไปจะแสดงมาตรฐานความแม่นยำของ J.S.Q.S. (Japan Shipbuilding Quality Standards) เรื่องงานขยายแบบ

มาตรฐานที่กล่าวถึงในหน้าต่อไปสามารถใช้ได้ทั้งการขยายแบบเต็มขนาด และการขยายแบบลดสัดส่วน ในการขยายแบบเต็มขนาด การขยายและการย่อบนพื้นขยายแบบ, ไม้แบบ, ไม้ถ่ายระยะ และอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบมากต่อความแม่นยำ และในการขยายแบบลดสัดส่วน การขยายและการย่อบนแผ่นฟิล์ม และความชัดเจนของเส้นเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการพิจารณา ความแม่นยำโดยทั่วไปจะลดน้อยลงไปตามการย่อขนาด อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการขยายแบบเต็มขนาด จะมีปัญหาต่อความแม่นยำ เช่น สภาพพื้นที่ที่ใช้ในงานขยายแบบ การเขียนลายเส้นอย่างไร การเตรียมไม้แบบ การขนส่ง ในขณะที่การขยายแบบแบบลดสัดส่วนสามารถคาดหวังความแม่นยำได้สูงกว่าการขยายแบบเต็มขนาด เพราะว่าเงื่อนไขในการทำงานปรับได้ด้วยการควบคุมความเข้มของแสงบนโต๊ะทำงาน แต่ลักษณะความแม่นยำโดยภาพกว้างที่กล่าวแล้วเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่สำคัญความแม่นยำส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับความชำนาญ และเทคนิควิธีของผู้ปฏิบัติตราบที่การเขียนแบบยังใช้มือมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการขยายแบบเต็มขนาด หรือการขยายแบบแบบลดสัดส่วนก็ตาม การขยายแบบเชิงตัวเลขโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวแล้ว โดยไม่ยึดติดอยู่กับการปฏิบัติเดิม ๆ การปฏิบัติงานขยายแบบโดยโปรแกรมสำเร็จรูปจากคอมพิวเตอร์เป็นการปรับปรุงข้อผิดพลาดของความแม่นยำได้อย่างน่าทึ่ง เมื่อนำมาทำงานร่วมกับเครื่องถ่ายแบบอัตโนมัติ (Darfting machine) และเครื่องอัตโนมัติ (Cutting machine)

Division		Mould lofting		UNIT : mm	
Section	Subsection	Item	Standard Range	Tolerance limits	Remarks
Template, Marking scale or Mould lofting	General members	Dimensions (height, breadth, length and shape) compared with correct ones.	±1.0 ±1.0	±2.0 ±0.1	In case where the accuracy is specially required, as for members, of same shape, in frequent use.
		Corner angle, compared with correct ones.	$\pm\frac{1.0}{1.000}$ $\pm\frac{1.0}{1.000}$	$\pm\frac{1.5}{1.000}$ $\pm\frac{1.0}{1.000}$	In case where the accuracy is In case where the accuracy is specially requested, as for members, of same shape, in repeated use.
		Standard lines (W. L, B. L, and FR. L.), compared with correct posision.	±1.0	±1.5	
		Location of membere to be fitted, compared with correct position.	±1.0 ±2.0	±1.5 ±3.0	Stiffener, carling etc. without interception to other members.
		Location of slot for through piece compared with correct.	±1.0	±1.5	
		Size and shape, compared with correct ones.	±1.0 ±1.0	±2.0 ±1.0	In case where the accuracy is especially required, as for through piece, through bracket, etc.
		Location of mark for fitting, compared with correct position.	±1.0	±1.5	
		Location of the end of curve or knuckle line, compared with correct position.	±1.0	±2.0	
		Location of scallop for welding, compared with correct position.	±2.0	±3.0	
		Size and shape of scallop, compared with correct ones.	±2.0	±3.0	
		Girder depth or web depth, compared with correct size.	±1.0	±1.5	
		Breadth of face plate, compared with correct one.	±1.0	±1.5	
		Height of tripping bracket, compared with correct one.	±1.0	±1.5	

Division		Mould lofting			UNIT : mm
Section	Subsection	Item	Standard range	Tolerance limits	Remarks
Template, Marking scale or Mould lofting	General members	Location of rivet center line, compared with correct one.	±1.0	±1.5	
		Pitch of rivet, compared with correct one.	±1.0	±1.5	
		Height of hatch coaming and door sill height etc. compared with correct ones.	±1.0	±2.0	
		Sizes of marking scale and templiate for block marking, compared with correct ones.	±1.5	±2.0	
		Location of reference lines (WL, BL, FR.L etc), compared with correct ones.	±1.0	±2.0	
Template for bending (plane or box shape), Angle gage for fitting	Template in box shape	Location of plate edge, compared with correct one.	±1.0	±2.0	
		Shape of curved surface, compared with correct one.	±2.0	±3.0	For large one ±5.0
	Section template	Location of check line for leveling by sight, compared with correct one.	±1.0	±1.5	
		Shape, compared with correct one.	±1.5	±2.0	
	Other templates	Shape, compared with correct one.	$\pm\frac{2.0}{1.000}$	$\pm\frac{3.0}{1.000}$	
	Angle gage for bending	Angle, compared with correct one.	$\pm\frac{1.0}{1.000}$	$\pm\frac{1.5}{1.000}$	In case where the accuracy is especially required, as for margin plate, etc.
	Angle gage for fitting	Angle, compared with correct one.	$\pm\frac{2.0}{1.000}$ $\pm\frac{1.0}{1.000}$	$\pm\frac{3.0}{1.000}$ $\pm\frac{1.5}{1.000}$	In case where the accuracy is especially required, as for gunwale bar, etc.

เครื่องมือสำหรับการขยายแบบ

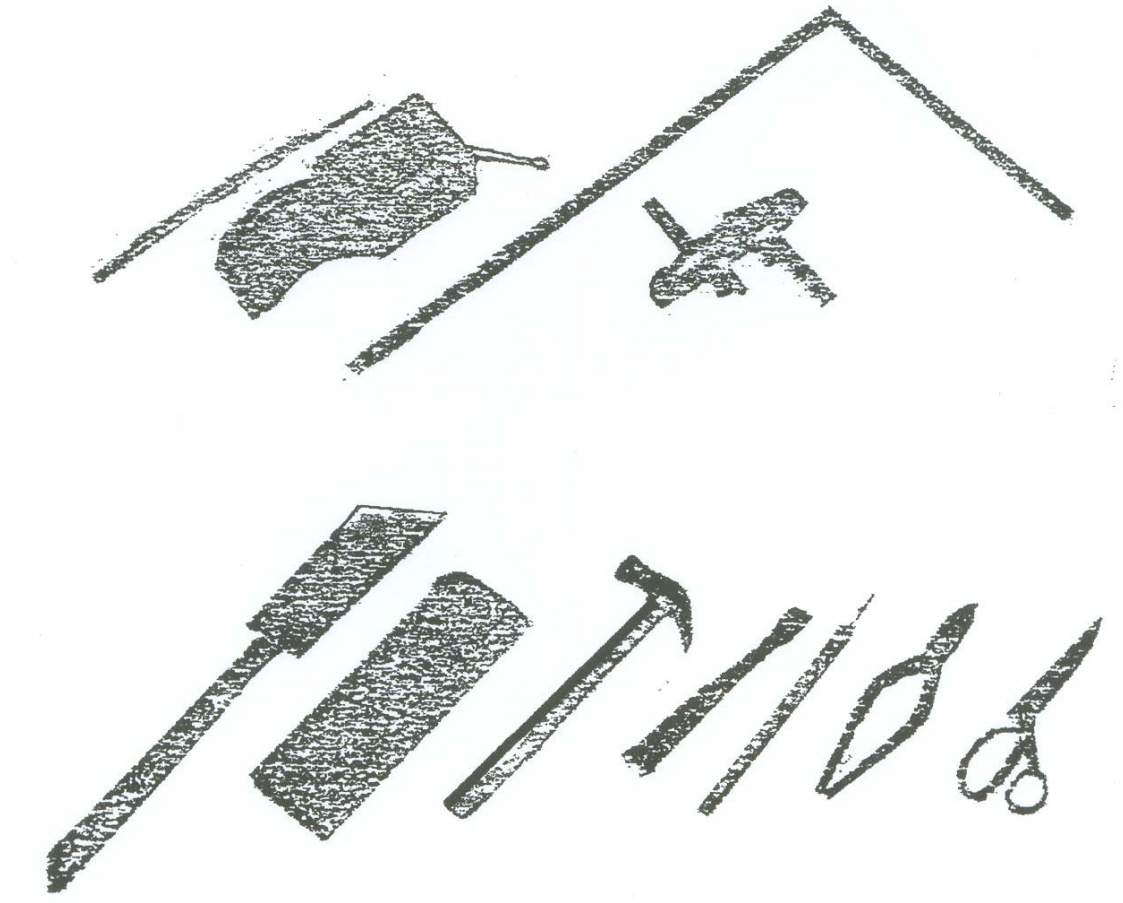
เครื่องมือที่ใช้ในงานขยายแบบส่วนใหญ่ ประกอบด้วยเครื่องมือช่างไม้ จะมีเครื่องมือบางชนิดที่เป็นเครื่องมือที่ใช้เฉพาะสำหรับงานขยายแบบ ดังนี้

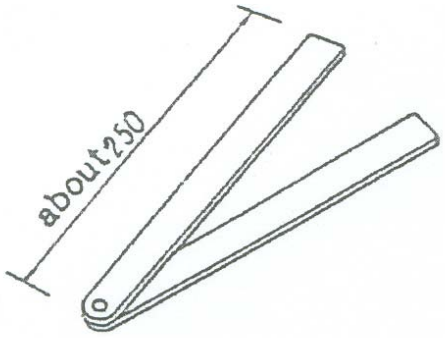
เครื่องมือช่างไม้

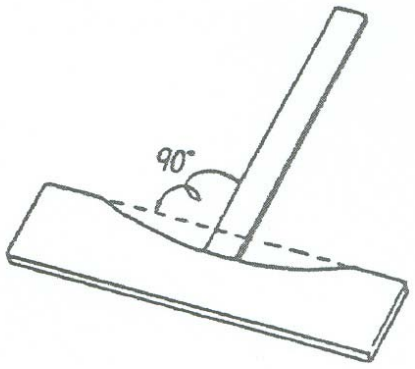
๑. ปากกาเขียนสี
๒. กระปุกสี
๓. ไม้ฉาก
๔. ค้อนช่างไม้
๕. เลื่อยมือ
๖. กบใสไม้
๗. สิ่ว
๘. สว่าน
๙. กรรไกรตัดโลหะ
๑๐. กรรไกรตัดกระดาษ

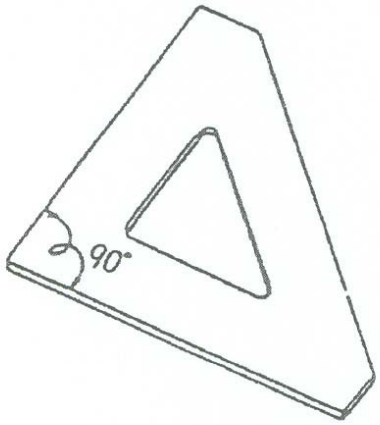
เครื่องมือสำหรับงานขยายแบบ

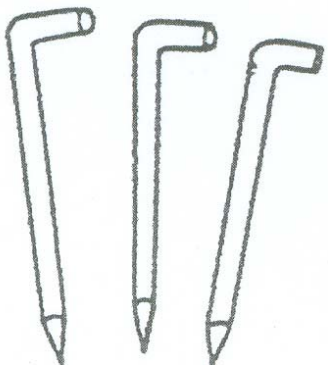
๑. ตะปูงานขยายแบบ
๒. ค้อนงานขยายแบบ
๓. ไม้แฟร์เส้น (Batten)
๔. ไม้บรรทัดวัดมุม
๕. ไม้สามเหลี่ยมฉาก
๖. วงเวียน
๗. เทบวัดระยะ
๘. กระดานมุม

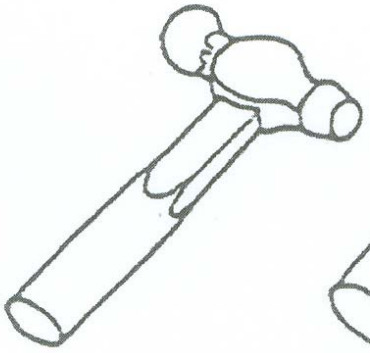


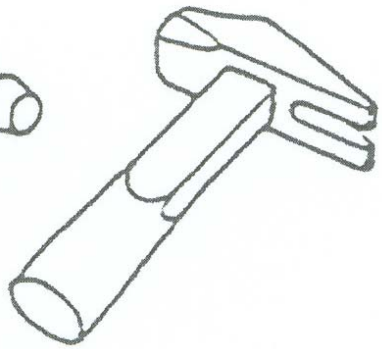

about250

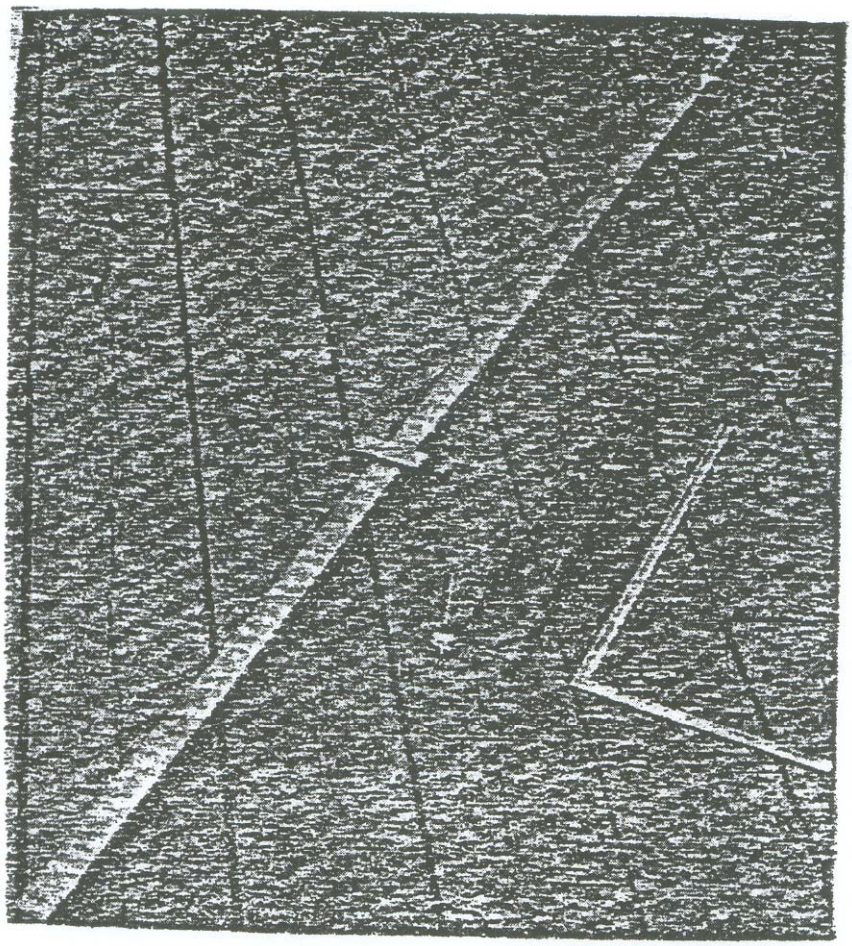

90°

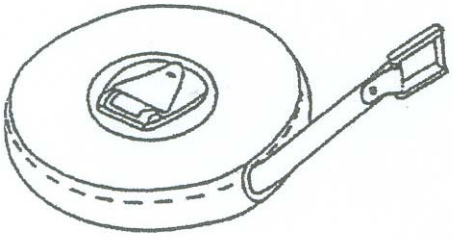

90°

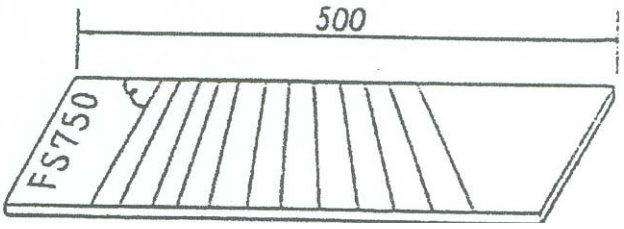


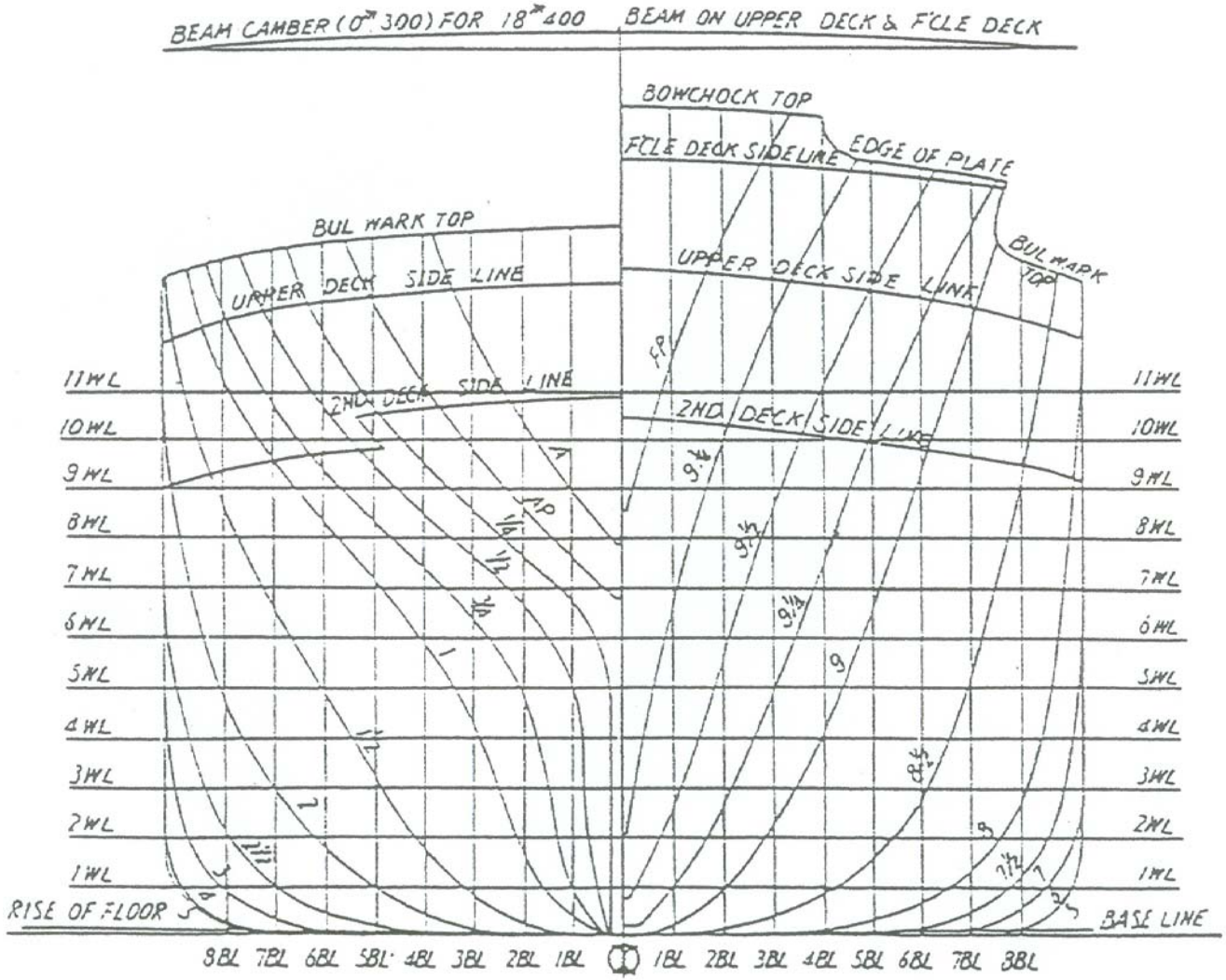




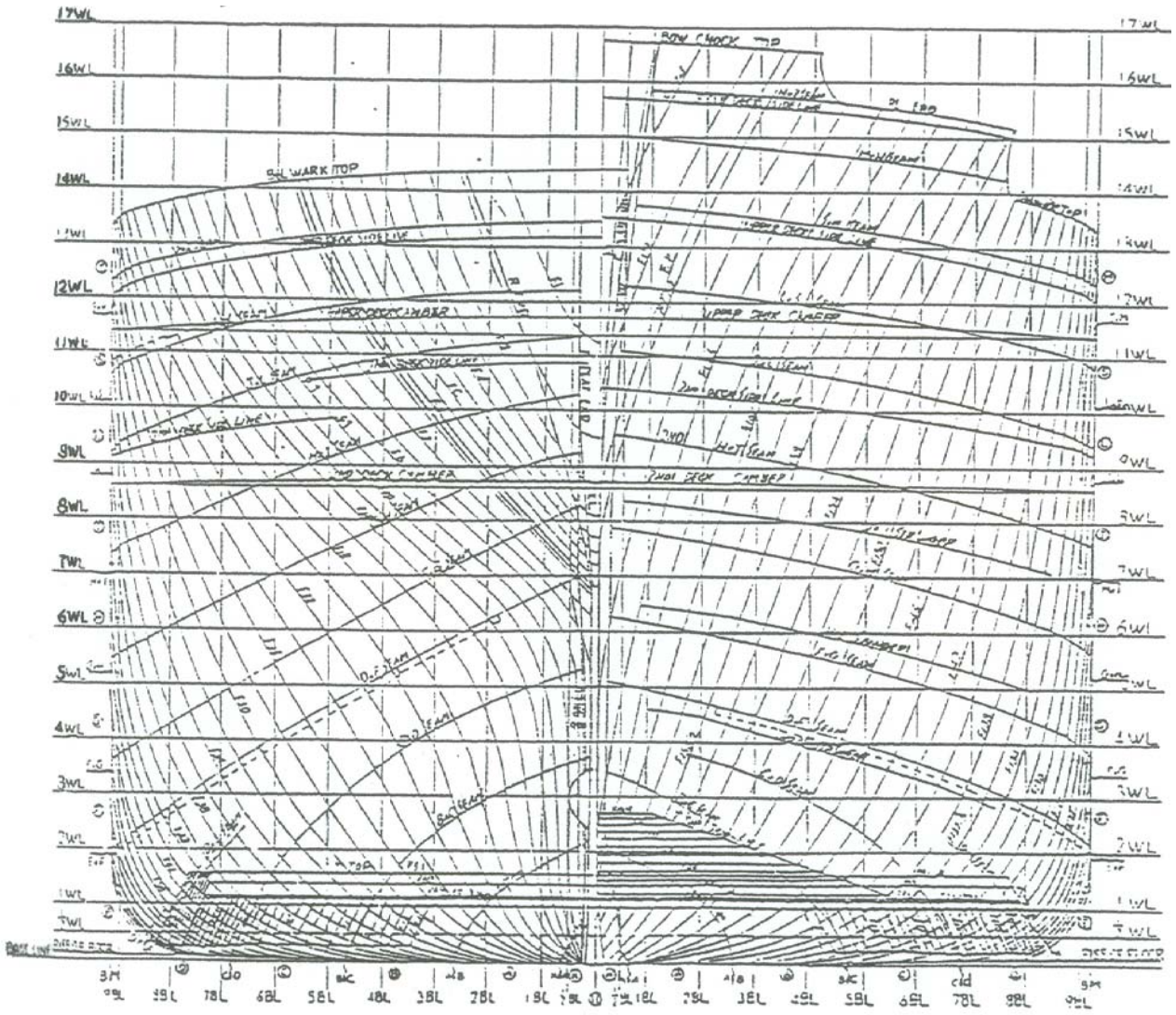





500
FS750

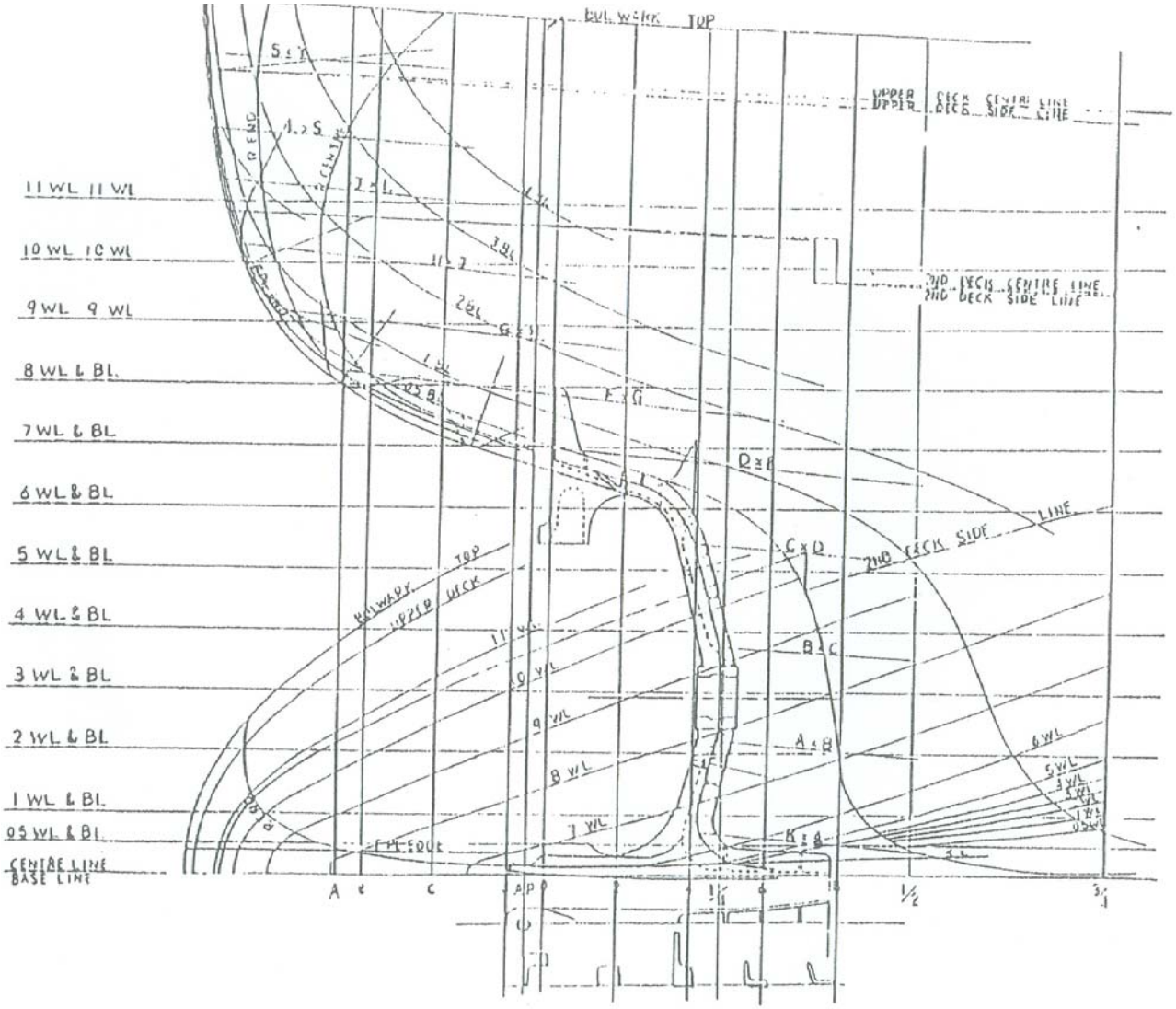


Preliminary hull lines (elevation)



Working hull lines (elevation)

Working hull lines (plan, profile)



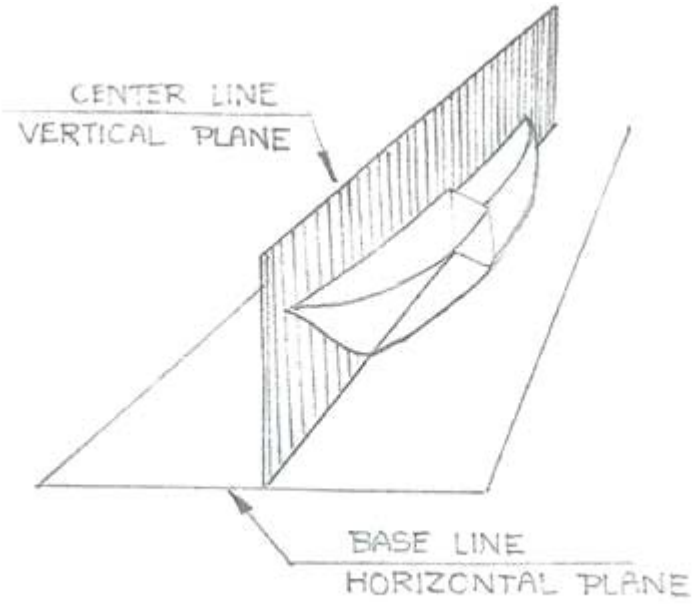
Working hull lines (plan, profile)

เส้นพื้นฐานหลักที่ใช้ในการเขียนรูปเรือ

SHIP'S LINE

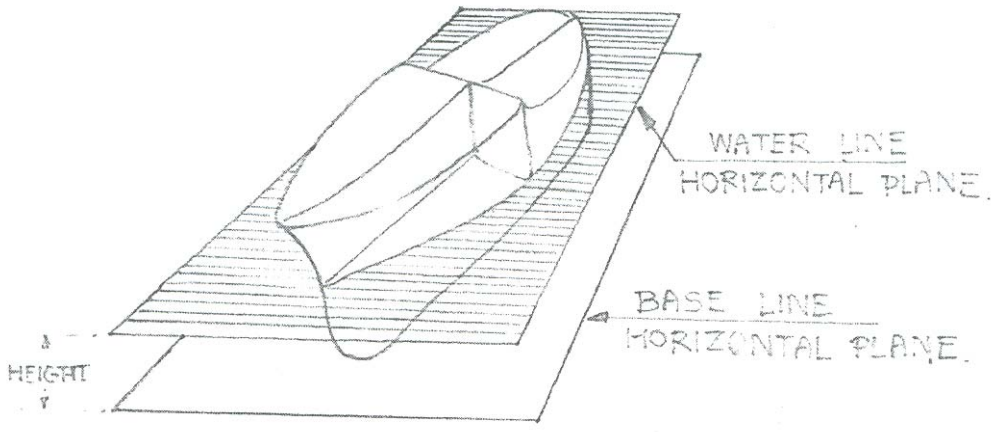
CENTER LINE

เส้นเซนเตอร์ไลน์ เป็นเส้นที่ตัดตามแนวดิ่งกับตัวเรือ ที่จุดกึ่งกลางความกว้างของตัวเรือ เส้นนี้จะตัดฝากั้นของตัวเรือในแนวดิ่งและเขียนลงบนพื้นดาดฟ้าในแนวระนาบ เพื่อเป็นหลักฐานในการวัดระยะต่าง ๆ ในทางระนาบ



BASE LINE

เส้นฐาน (BASE LINE) เป็นเส้นอ้างอิงหลักสำหรับใช้วัดระยะความสูงในทางดิ่งเขียนเป็นเส้นแนวระดับอยู่ใต้สุดของท้องเรือหรือระยะใกล้เคียง ระยะทางความสูงทั้งหมดของเรือจะถูกกำหนดขึ้นจากเส้นระดับนี้

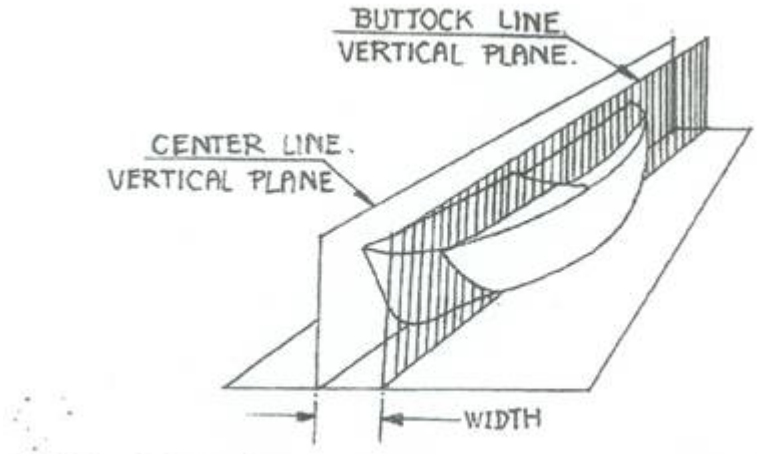


WATER LINE (W.L.)

เส้นแนวน้ำ เป็นเส้นอ้างอิงช่วยเพื่อที่จะวัดระยะทางความสูงจากเส้นฐาน (BASE LINE) จะอยู่ในแนวระดับขนาดกับเส้นฐาน ระยะห่างระหว่างเส้นแนวน้ำแต่ละเส้นจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับการออกแบบ ใช้สำหรับวัดระยะทางความสูงในตำแหน่งที่ห่างจากเส้นฐานเพื่อความแน่นอนในการวัดและตรวจสอบ จึงได้กำหนดเส้นแนวน้ำเป็นเส้นอ้างอิงช่วย

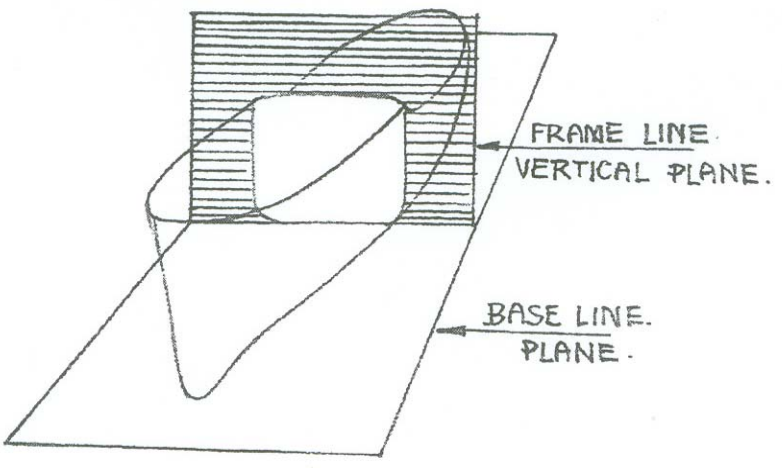
BUTTOCK LINE (B.L.)

เส้นบัตตอด เป็นเส้นที่ตัดตัวเรือในแนวตั้ง ขนานกับเส้นเซนเตอร์ไลน์ (CENTER LINE) ของเรือ เป็นเส้นอ้างอิงช่วยสำหรับการวัดระยะจากเส้นเซนเตอร์ไลน์ ระยะระหว่างเส้นบัตตอดแต่ละเส้นขึ้นอยู่กับการออกแบบ ใช้วัดระยะในทางกว้าง (ทางระนาบ) เมื่อระยะที่จะวัดห่างจากเซนเตอร์มาก ๆ การวัดความกว้างจะทำให้แน่นอนขึ้น เมื่อวัดจากเส้น BUTTOCK LINE



FRAME LINE (F. , FR.)

เส้น FRAME เป็นเส้นที่สร้างขึ้นในระหว่างเส้นตั้งฉาก หัว – ท้าย เส้น FRAME ทั้งหลายจะอยู่ในแนวตั้ง และตั้งฉากกับเส้นเซนเตอร์ไลน์ในแนวระนาบ ตั้งฉากกับเส้นฐานในแนวดิ่ง ระยะของ FRAME ขึ้นอยู่กับการออกแบบ



บทที่ 2

ลายเส้น (LINES)

ลายเส้นตัวเรือ (OUTLINE OF HULL LINES)

งานพื้นฐานหลักที่สำคัญที่สุดของงานขยายแบบ คือ การเขียนลายเส้นตัวเรือจริงเพื่อการสร้าง ภายหลังจากที่มีการกำหนดรูปแบบของเรือขั้นสุดท้าย จาการคำนวณ, การทดสอบ, ทดลองหุ่นจำลอง และการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงขนาดและระยะต่าง ๆ ของเรือจนเป็นที่พอใจตามความต้องการแล้ว งานลำดับเริ่มต้นของการสร้างเรือ คือการจัดทำแบบลายเส้นตัวเรือที่จะใช้ในการสร้าง ลายเส้นเรือที่จัดทำขึ้นนั้นจะประกอบด้วย ลายเส้นรูปเรือ และตาราง OFF – SET ของรูปตัด (Station) ดังแสดงในรูปที่ ……. ถึงรูปที่…… จะเห็นว่ารูปลายเส้นตัวเรือต่าง ๆ จะตัดกับตารางสี่เหลี่ยม (Grid) ของเส้นตัด (Station Line) เส้นแนวน้ำ (Water Line) และเส้นบัตตอด (Buttock Line) ซึ่งเส้นต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในส่วนของตาราง OFF – SET นั้นจะแสดงตำแหน่งของจุดตัดต่าง ๆ ตามความสัมพันธ์ของเส้นดังกล่าว ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดในบทต่อไป

โดยทั่วไปแล้วลายเส้นเรือที่เขียนโดยช่างเขียนแบบ จะใช้อัตราส่วนย่อในการเขียนประมาณ ๑/๕๐ ลงบนกระดาษ เมื่อลายเส้นต่าง ๆ ได้ถูกขยายให้ใหญ่เต็มขนาดแล้ว ลายเส้นที่ปรากฏอาจจะไม่สละสลวยเส้นไม่ราบเรียบ หรือแข็งกระด้าง ส่วนตำแหน่งต่าง ๆ ที่ให้ไว้ในตาราง OFF – SET เมื่อเขียนลายเส้นผ่านตามตำแหน่งนั้น ๆ แล้ว เส้นต่าง ๆ อาจจะไม่สัมพันธ์กันทั้งสามรูป คือ รูปตัดมองด้านหน้า (Body Plan) รูปด้านข้าง (Profile Plan) และรูปแนวน้ำ (Half Breadth Plan) เพราะการเขียนโดยใช้อัตราส่วนย่อมาก ๆ นั้น รายละเอียดของจุดตัดต่าง ๆ ย่อมมีค่าคลาดเคลื่อน

เนื่องจากเหตุผลดังกล่าว จึงต้องมีการปรับแต่งลายเส้น (Fairing) ด้วยขนาดจริง หรือขนาดย่อที่ใกล้เคียงกับขนาดจริง เช่น ๑/๑๐ โดยพิจารณาถึงความเหมาะสม ค่าคลาดเคลื่อนจากแบบที่กำหนดให้น้อยที่สุด และการต่อเนื่องของโครงสร้างทั่วไป

ลายเส้นตัวเรือจริง (แสดงในรูป ๒.๕ – ๒.๗) หลังจากงานขยายลายเส้นสมบูรณ์ มีดังนี้ รูปตัดมองจากด้านหน้า (Body Plan) ประกอบด้วยลายเส้นกงทุก ๆ กง (Frame Line) เส้นแนวต่อแผ่นเหล็ก (Seam Line) เส้นแนวของดาดฟ้าเรือ (Deck Line) เส้นโครงสร้างภายใน , เส้นแนวต่อบล๊อคในกรณีที่เป็นเรือขนาดใหญ่, รูปตัดแนวน้ำ (Half Breadth Plan) และรูปตัดด้านข้าง (Sheer Plan) ของส่วนหัวและส่วนท้ายเรือ ในกรณีที่ต้องการความละเอียดถี่ถ้วน และพื้นที่ในการขยายแบบมีเพียงพอก็จะขยายลายเส้นรูปตัดแนวน้ำ และรูปด้านข้างเต็มลำ หรือครึ่งลำตามยาวทับซ้อนกัน ลายเส้นตัวเรือที่เสร็จสมบูรณ์แล้วนี้ จะเป็นต้นแบบหรือแบบหลักในการสร้างตัวเรือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเรือนั้น ๆ ต่อไป

วิธีการขยายลายเส้นรูปเรือ

เรือลำหนึ่ง ๆ จะมีขนาดที่สมมาตรกับรอบเส้นกึ่งกลางลำ (Center Line) คือ เมื่อเส้นกึ่งกลางแบ่งครึ่งเรือ ออกเป็น ๒ ส่วน ที่เรียกว่า กราบเรือขวา (Starboard) และกราบซ้าย (Port) ในส่วนของรูปร่างตัวเรือกราบขวาจะเท่ากันทุกประการกับรูปร่างของตัวเรือกราบซ้าย ฉะนั้นในการเขียนลายเส้นเรือจึงเขียนเพียงครึ่งความกว้างของเรือก็เพียงพอกับการใช้ในการปฏิบัติ

โดยปกติการกำหนดขนาดของเรือ จะแสดงระยะหลักเป็นดังนี้ ความยาว (Length) ใช้ระยะความยาวเส้นตั้งฉาก (LPP,…..) ความกว้าง (Breadth) ใช้ระยะความกว้างกึ่งกลางลำ (B,…..) และความลึก (Depth) ใช้ระยะความลึกกึ่งกลางลำ แต่ในทางปฏิบัติของการเขียนลายเส้นต้องคำนึงถึงความยาวทั้งหมดของเรือ (L.O.A) และความลึกจะต้องเป็นความลึกจากใต้ท้องเรือถึงปลายสุดของทวนหัว เพื่อคำนวณระยะพื้นที่จริงในการเขียนลายเส้นเต็มขนาด

ข้อปฏิบัติเบื้องต้นในการเขียนลายเส้น

แบบที่ต้องเตรียมไว้เพื่อใช้ในการขยายลายเส้น

๑. แบบลายเส้นตัวเรือพร้อมตารางบอกระยะจุดตัด (Preliminary hull lines station off – set)	- เพื่อใช้เป็นแบบพื้นฐานลายเส้นเรือ
๒. แบบทวนหัวเรือและทวนท้าย (The Drawing of largeastings on bow and Stern)	- เพื่อใช้สำหรับแสดงรายละเอียดของทวนหัวทวนท้ายในการที่ขยายลายเส้นในส่วนนี้ให้เหมาะสมและสวยงาม
๓. แบบแนวต่อเปลือกเรือ (Shell Expansion Plan)	- เพื่อใช้อ้างอิงในการกำหนดแนวต่อแผ่นเหล็กเปลือกเรือและกระดูกงู
๔. แบบแสดงโครงสร้างรูปตัดกลางลำ (Midship Section Plan)	- เพื่อใช้อ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งโครงสร้างภายในและแนวแผ่นเหล็กเปลือกเรือ
๕. แบบโครงสร้างทั่วไป (Various Structural Drawings)	- เพื่ออ้างอิงตำแหน่งชั้นท่องเรือ, กงตามยาว ความลึกของถัง, ดาดฟ้า อื่น ๆ เพื่อให้สัมพันธ์กับแนวแผ่นเหล็กตัวเรือ

งานเขียนเบื้องต้นในการปฏิบัติงานขยายแบบ

เส้นอ้างอิงต่าง ๆ (Basic Lines)

เส้นกึ่งกลาง (Center Line, C.L), เส้นฐาน (Base Line, B.L), เส้นแนวน้ำ (Water Line, W.L), เส้นบัตตอด (Buttock Line, B.L), เส้นตั้งฉากหัว (Fore Perpendiculer, F.P), เส้นตั้งฉากท้าย (Aft Perpendiculer, A.P) และเส้นตัดฉาก (Square Station, Line S.L) เส้นต่าง ๆ เป็นเส้น

อ้างอิงหลักในงานขยายแบบ ลายเส้นตัวเรือ เส้นทุกเส้นจึงต้องเขียนด้วยความระมัดระวังอย่างมาก เพื่อความถูกต้องสมบูรณ์ของลายเส้นรูปเรือที่เขียนขึ้น

การเขียนลายเส้นตัวเรือ

ลำดับเริ่มแรก คือ การเขียนเส้นฐาน (Base Line) ลงบนพื้น โดยการกำหนดจุดขึ้นสองจุดที่หัวและท้ายของพื้นขยายแบบเต็มความยาวพื้น ซึ่งเชือกหรือลวดให้ผ่านจุดสองจุด โดยขึงเชือกหรือลวดให้ตึง เพื่อความตรงของเส้นที่เกิดขึ้นจากนั้นหมายตำแหน่งของเชือกหรือลวดลงบนพื้น ในการหมายตำแหน่งของเชือก หรือลวดลงบนพื้นนั้นอาจให้กระจกเงาเพื่อง่ายในการปฏิบัติ หลังจากนั้นใช้เชือกดีดเส้นหมึกสี ต่อจุดต่าง ๆ เป็นเส้นตรงยาวตลอด

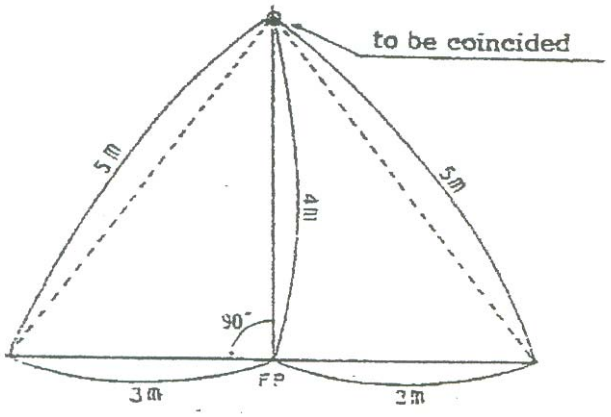


Fig. 2.8 Drawing of perpendicular line

หลังจากการเขียนเส้นฐานเรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไป คือการเขียนเส้นตั้งฉากบนเส้นฐาน โดยใช้หลักทฤษฎีทางคณิตของสามเหลี่ยมมุมฉาก (ด้านทะแยงของสามเหลี่ยมมุมฉากกำลังสองเท่ากับด้านฐานกำลังสองบวกด้วยอีกด้านหนึ่งกำลังสอง) จากรูป.....

ในด้านทะแยงของสามเหลี่ยมเท่ากับ ๕ เมตร, ด้านฐานของสามเหลี่ยมเท่ากับ ๓ เมตร และด้านเส้นตั้งฉากเท่ากับ ๔ เมตร โดยกำหนดจุดของเส้นตั้งฉากที่จุด A บนเส้นฐานวัดระยะจากจุด B และ C ให้เท่ากันด้านละ ๓ เมตร จากจุด B และ C ใช้สายวัดเหล็กวัดระยะเท่ากับ ๕ เมตร ตัดกันที่จุด D ตรวจสอบระยะ AD ต้องเท่ากับ ๔ เมตร ลากเส้น AD เส้น AD จะตั้งฉากกับเส้นฐาน BC ตามต้องการ เส้นตั้งฉากที่ได้นี้ใช้ในการเขียน เส้นตั้งฉากหัว เส้นตั้งฉากท้าย หรือเส้นกึ่งกลางของรูปตัด (Body Plan) เส้นฐานและเส้นตั้งฉากนี้จะเป็นเส้นอ้างอิงหลักในการเขียนเส้นแนวน้ำ, เส้นบัตตอด และเส้นตัดตามขวางอื่น ๆ ต่อไป

ในกรณีของเรือใหญ่มาก ๆ นั้น โครงสร้างตามยาวรูป บริเวณกลางลำด้านใหญ่จะเป็นแนวตรง ในการเขียนลายเส้นส่วนนี้อาจใช้การลดขนาดลง โดยใช้อัตราย่อ ๑ : ๒ หรือ ๑ : ๔ ก็เพียงพอสำหรับการทำงานแม้ว่าลายเส้นสวนทวนหัว และทวนท้าย (ส่วนท้ายเรือ) จะเขียนด้วยมาตราส่วนเต็มขนาดในรูปแปลน และรูปด้านข้างก็ตาม

ลายเส้นแสดงรูปร่าง (Contouring)

หลังจากการเขียนเส้นอ้างอิงต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มการเขียนลายเส้นแสดงรูปของเรือ ตามลำดับดังนี้

๑. เขียนเส้นขอบกว้างสุดของเรือเส้นนี้เป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นฐานและขนาดกับเส้นกึ่งกลางลำ แสดงความกว้างสุดของเรือที่หน้าตัดตามขวางกึ่งกลางลำ โดยทั่วไปจะเป็นหน้าตัดส่วนที่กว้างที่สุดของเรือ ซึ่งอาจจะไม่อยู่ตรงกึ่งกลางลำของเรือก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของเรือที่ได้ออกแบบขึ้น

๒. เขียนเส้นความสูงหรือความลึกของเรือ (ความลึกที่บอกไว้ในแบบเป็นความลึกที่ไม่รวมความหนาของแผ่นเหล็ก) ของหน้าตัดกึ่งกลางลำวัดในทางดิ่งจากเส้นฐานถึงปลายบีมดาดฟ้าใหญ่

๓. เขียนเส้นยกพื้นท้องเรือ

๔. เขียนเส้นโค้งกระพุ้งท้องเรือ ในกรณีที่เรือมีกระพุ้งท้องเรือเป็นเส้นโค้ง โดยทั่วไปจะเป็นส่วนโค้งของวงกลม

๕. เขียนเส้นกงหรือเส้นสเตชั่นตามแบบที่กำหนด

๖. เขียนเส้นความนูนดาดฟ้า

หลังจากการเขียนลายเส้นรูปเรือในภาพตัด (Body Plan) แล้ว ลำดับต่อไปคือการเขียนเส้นรูปเรือรูปทวนหัว และท้ายในรูปด้านข้าง (Profile Plan) สำหรับเส้นทวนหัวเขียนหลังจากกำหนดตำแหน่งของเส้นตั้งฉากหัว (F.P) แล้ว

๗. เขียนเส้นกระดูกงูโดยใช้ระยะที่กำหนดให้ในแบบ

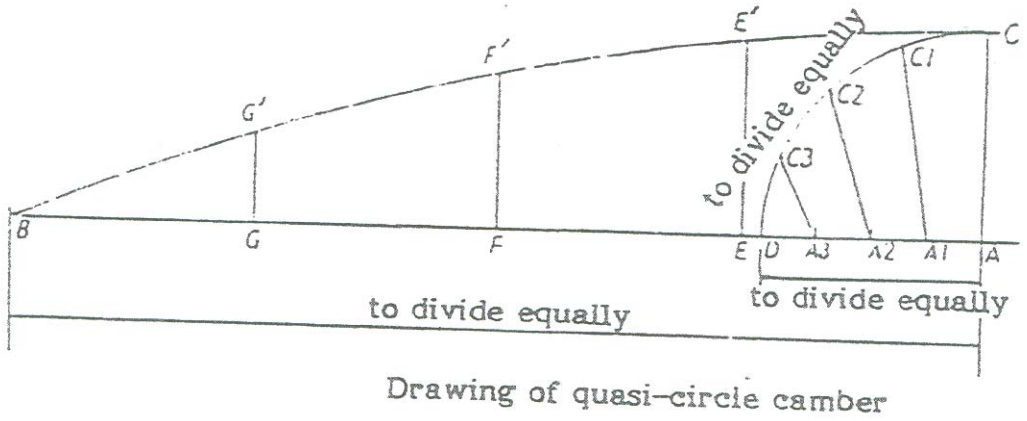
๘. เขียนเส้นทวนหัว

๙. เขียนเส้นรัศมีในสามเหลี่ยม ซึ่งเกิดจากการสัมผัสกันระหว่างเส้นกระดูกงู และเส้นทวนหัว

๑๐. เขียนเส้นแผ่นครอบทวนหัว (Fashion Plate)

ความนูนดาดฟ้า (Camber) และความงอนดาดฟ้า (Sheer)

ความโค้งของดาดฟ้าในรูปตัดเราเรียกว่า ความนูนดาดฟ้า (Camber) โดยปกติจะเป็นส่วนโค้งของวงกลม ความสูงมาตรฐานของความนูนดาดฟ้า (Camber) ที่กึ่งกลาง เท่ากับ ๑/๕๐ ของความกว้างเรือ ซึ่งเป็นความสูงมาตรฐานทั่วไปที่ใช้ในเรือสินค้า ความสูงดังกล่าวสามารถปรับแต่งได้ตามความเหมาะสมในการออกแบบ



Drawing of quasi-circle camber

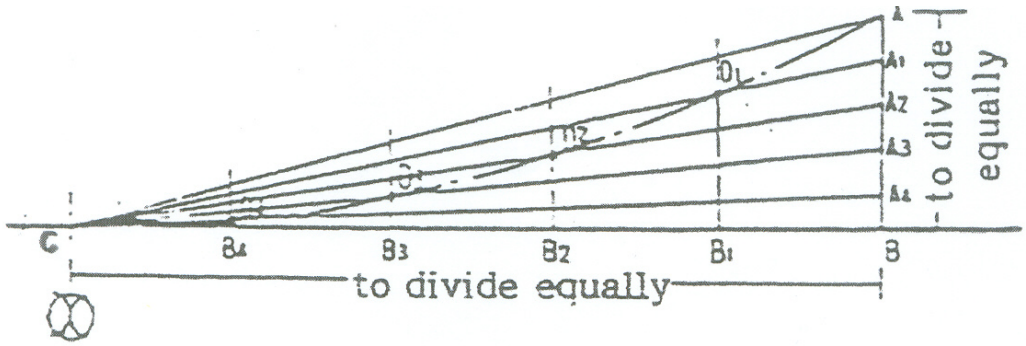
วิธีการเขียนเส้นความนูนดาดฟ้า

เขียนเส้น AB ให้ความยาวของเส้นตรง AB เท่ากับครึ่งหนึ่งของความกว้างเรือ หรือครึ่งหนึ่งของความนูนดาดฟ้าที่จะเขียน ที่จุด A เขียนวงกลมรัศมีเท่ากับ ๑/๕๐ ของความกว้างเรือ หรือความสูงความนูนดาดฟ้าที่กำหนดในแบบ ตัดเส้น AB ที่จุด D , ที่จุด A สร้างเส้นฉาก AC ตัดเส้นรอบวงที่เขียนขึ้นที่จุด C แบ่ง AD ออกเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กัน ที่จุด A1, A2, A3 เช่นเดียวกัน ที่เส้นตรง AB และส่วนโค้ง CD ก็ให้แบ่งเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กันด้วย โดยแบ่งเส้น AB ที่จุด E, G, F และส่วนโค้ง CD ที่จุด C1, C2, C3

ถ่ายระยะ A1C1, A2C2, A3C3 ไปยังจุด E, G, F ตามลำดับ จะได้ความสูงของความนูนดาดฟ้า ณ จุด E, G, F ที่ EE', FF', GG' ต่อจากนั้นเขียนเส้นโค้งต่อจุด จากจุด B ไปยัง G' F' E' และ C ตามลำดับ ส่วนโค้ง BC ที่เกิดขึ้น คือ เส้นโค้งความนูนดาดฟ้าครึ่งความกว้างเรือที่จะนำไปใช้ในการกำหนดความนูนดาดฟ้าของกงต่าง ๆ ของเรือ ตามความแตกต่างของความกว้างเรือ ณ จุดนั้น ๆ

ความโค้งของดาดฟ้าตามยาวจากหัวเรือถึงท้ายเรือ เราเรียกว่า ความงอนดาดฟ้า (Sheer) โดยปกติจะใช้การเขียนแบบเส้นโค้งพาลาโบล่า (Parabola)

วิธีการเขียนความงอนดาดฟ้า (Sheer)



Drawing of sheer line

จากรูป กำหนดเส้น AB สูงเท่ากับความสูงของดาดฟ้า ณ จุดเส้นตั้งฉากหัว (F.P) หรือเส้นตั้งฉากท้าย (A.P) และเขียนเส้น BC ยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวระหว่างเส้นตั้งฉาก (L.B.P.) ซึ่งสามารถเขียนโดยการย่อสเกล แบ่งเส้นตรง AB และ BC ออกเป็น ๕ ส่วน เท่า ๆ กัน โดยแบ่งเส้น AB ที่จุด A1, A2, A3, A4 และแบ่งเส้น BC ที่จุด B1, B2, B3, B4 ตามลำดับ

ที่จุด B1, B2, B3, B4 เขียนเส้นตั้งฉากขนานกับเส้น BC ยาวพอประมาณ ลากเส้นตรงจากจุด C ไปยังเส้นตรง AB ที่จุด A, A1, A2, A3, A4 ตัดเส้นตั้งฉากที่จุด D1, D2, D3, D4 ระยะ B1D1, B2D2, B3D3 และ B4D4 คือความสูงของเส้นความงอนของเรือ ณ จุดระยะความยาวที่แบ่งข้างต้นของเรือ ในการขยายแบบนั้น การเขียนเส้นความงอนของดาดฟ้าเรือจะใช้ตามที่กำหนดไว้ในตารางออฟเซท ซึ่งได้ออกแบบไว้แล้ว วิธีที่แสดงนั้นเป็นเพียงพื้นฐานในการเขียนความงอนดาดฟ้าโดยทั่วไป

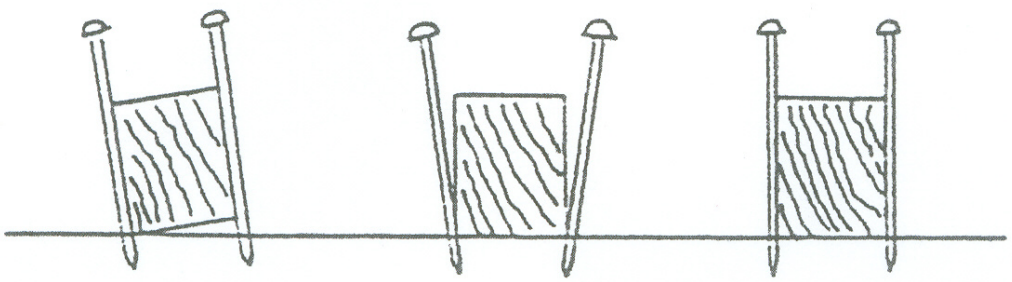
ไม้ที่ใช้ในการปรับแต่งเส้น (Battens)

ไม้ใช้ในการปรับแต่งเส้นหรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า ไม้แฟร์เส้น ไม้ที่จะนำมาใช้งานแฟร์เส้น ในการขยายแบบเต็มขนาดต้องเลือกใช้ไม้ที่มีลายไม้ค่อนข้างตรงตลอดความยาวไม้ มักนิยมใช้ไม้สัก เพราะถ้าใช้ไม้ที่มีลายไม้ไม่ตรงตลอดความยาวไม้มาใช้ในการดัดโค้งไปตามจุดต่าง ๆ ของเส้นที่มีความโค้งมาก ๆ ไม้จะไม่โค้งไปในทิศทางที่ต้องการ หรือไม่เช่นนั้นก็อาจจะเกิดหักได้เพราะไม้จะมีความยืดหยุ่นต่อการดัดโค้งน้อย ไม้แฟร์เส้น อาจจะต้องใช้ต่อกันยาวสองถึงสามท่อนเพื่อให้ความยาวที่เหมาะสมกับการแฟร์เส้นที่สวยงาม เช่น เส้นดาดฟ้าเรือ (deck side line)

การใช้ไม้ (Battens) เข้าจุดต่าง ๆ เพื่อเขียนเส้นโค้งที่สวยงาม ต้องใช้ตะปูบังคับโดยให้ระยะระหว่างตะปู (lofting nail) เท่า ๆ กัน โดยทั่วไประยะห่างประมาณ ๘๐๐ - ๑,๒๐๐ มม. โดยตอกเป็นคู่เสมอกัน การเขียนเส้นต่อจุดตัดต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นตามกงนั้น ๆ ระยะการตอกตะปูบังคับไม้ จะประมาณเท่ากับระยะกงหรือสองกงของงานที่ปฏิบัตินั้น ๆ

หลักทั่วไปในการใช้ไม้แฟร์เส้น (Battens)

- พิจารณาเลือกไม้ที่เหมาะสม, มีความยาวเพียงพอ, มีความยืดหยุ่นดี (ลายไม้ตรง) ตัดโค้งได้เป็นธรรมชาติ และอื่น ๆ ตามความเหมาะสมของงานที่ปฏิบัติ
- การตอกตะปูบังคับไม้ ต้องตั้งฉากกับพื้นขยายแบบอย่าให้เกิดช่องว่างระหว่างไม้กับพื้น และอย่าตอกตะปูอัดลงใต้ไม้



Driving of holding nail

การแฟร์เส้น (Fairing)

การแฟร์ลายเส้นรูปเรือ คือ การเขียนลายเส้นรูปเรือให้มีส่วนโค้งที่สวยงามเส้นแต่ละเส้นราบเรียบไม่หักเห (smooth line) ความสัมพันธ์ของจุดตัดต่าง ๆ ในรูปลายเส้นทั้ง ๓ รูป คือ รูปตัด (Body Plan) , รูปแนวน้ำ (Half Breadth Plan) และรูปด้านข้าง (Profile or Sheer Plan) ถูกต้องตรงกันโดยใช้ข้อมูลจากแบบย่อที่ได้ออกแบบไว้ในอัตราส่วน ๑/๕๐ หรือ ๑/๑๐๐ มาเป็นรูปร่างลายเส้นด้วยอัตราส่วน ๑/๑๐ หรือเต็มขนาด

การแฟร์ลายเส้นรูปเรือโดยทั่วไปมีขั้นตอน ดังนี้

ก. การเขียนเส้นอ้างอิงพื้นฐานต่าง ๆ (การตีกริด)

ข. เขียนเส้นรูปร่างเรือในรูปตัด (Body Plan)

ค. เขียนเส้นรูปร่างเรือส่วนหัวและส่วนท้ายในรูปแนวน้ำ (Half Breadth Plan) และรูปด้านข้าง (Profile or Sheer Plan)

ง. หมายตำแหน่งจุดตัดต่าง ๆ ที่อ่านค่าได้จากตารางออฟเซท (off – set table) ลงที่เส้นแนวน้ำและเส้นบัตตอดในตารางเส้นอ้างอิงที่ได้เขียนขึ้น ใช้ไม้แฟร์ (Battens) ทาบตามแนวจุดต่าง ๆ ที่หมายไว้ ปรับแต่งเส้นที่เกิดจากการต่อจุดต่างนั้นให้ราบเรียบสวยงาม ไม่หักเห และจุดตัดต่าง ๆ ถูกต้องสัมพันธ์กันทั้งสามรูปตามลำดับดังนี้

๑. เขียนและปรับแต่งเส้นตัดสเตชั่น (Station Lines) ให้ถูกต้องราบเรียบโค้งสวยงาม ในรูปตัด (Body Plan) จากค่าที่ได้จากตารางออฟเซท (off –set table)

๒. เขียนและปรับแต่งเส้นแนวน้ำ (Water Lines) ในรูปแนวน้ำ (Half Breadth Plan) โดยการถ่ายตำแหน่งจุดตัดระหว่างเส้นสเตชั่นกับเส้นแนวน้ำในรูปตัด (Body Plan) นำมาแฟร์ปรับแต่ง

๓. เขียนและปรับแตงเส้นบัตตอด (Buttock Lines) ในรูปด้านข้าง (Sheer Plan) โดยการถ่ายตำแหน่งจุดตัดของเส้นบัตตอดที่เกิดขึ้นจากการแฟร์ทั้ง ๒ รูป ข้างต้นนำมาปรับแต่ง

การเขียนและการปรับแต่งลายเส้นรูปเรือที่กล่าวมาข้างต้นทั้งสามรูปต้องมีความสอดคล้องสัมพันธ์กันระหว่างจุดตัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและเส้นต่างที่กล่าวแล้วจะต้องเป็นเส้นที่ราบเรียบสวยงามไม่หักเห โดยมีรายละเอียดในการปฏิบัติ ดังนี้

รูปตัด (Body Plan)

ลำดับแรกหมายตำแหน่งจุดตัดต่าง ๆ ที่อ่านค่าได้ในตารางออฟเซท (OFFSET TABLE) ลงในตารางเส้นอ้างอิงที่ได้เขียนขึ้นไว้ ค่าต่าง ๆ ในตารางออฟเซทจะกำหนดจุดตัดของเส้นสเตชั่นกับเส้นอ้างอิง เช่น เส้นแนวน้ำ (Water Lines) , เส้นบัตตอด (Buttock Lines) และเส้นรูปเรือ เช่น เส้นดาดฟ้า (Deck @ Side), เส้นกระดูกงู (Keel) โดยระยะทางความกว้างเป็นระยะจากเส้นศูนย์กลาง (Center Line) ถึงจุดตัดระหว่างเส้นสเตชั่นกับเส้นแนวน้ำในแนวระนาบ (horizontal) ตามเส้นแนวน้ำนั้น ๆ ส่วนระยะทางความสูงเป็นระยะจากเส้นฐาน (Base Line) ถึงจุดตัดระหว่างเส้นสเตชั่นกับเส้นบัตตอด (Buttock Lines) ในแนวดิ่ง (vertical) ตามเส้นบัตตอดนั้น ๆ ตามตัวอย่างรูปด้านล่าง

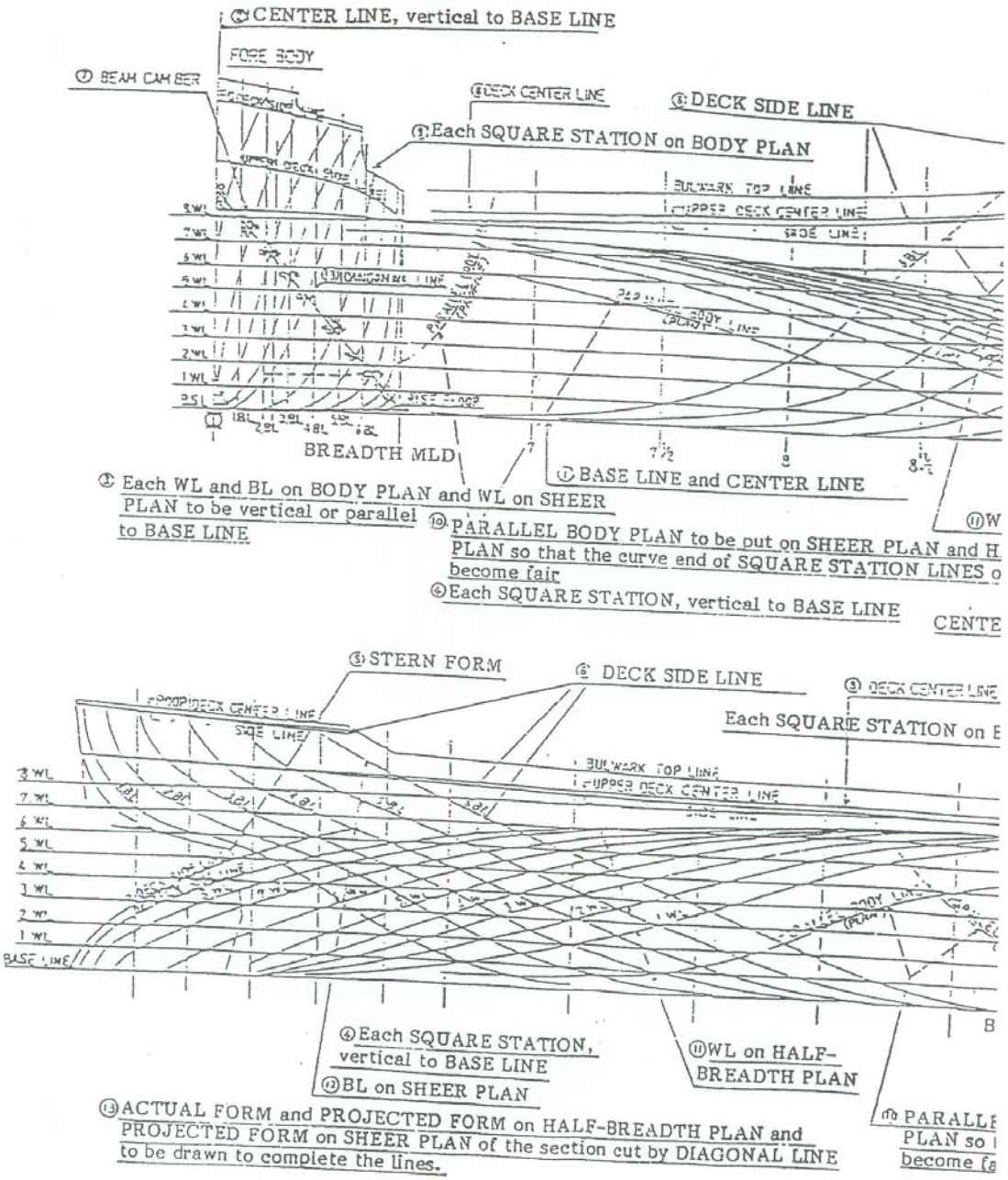
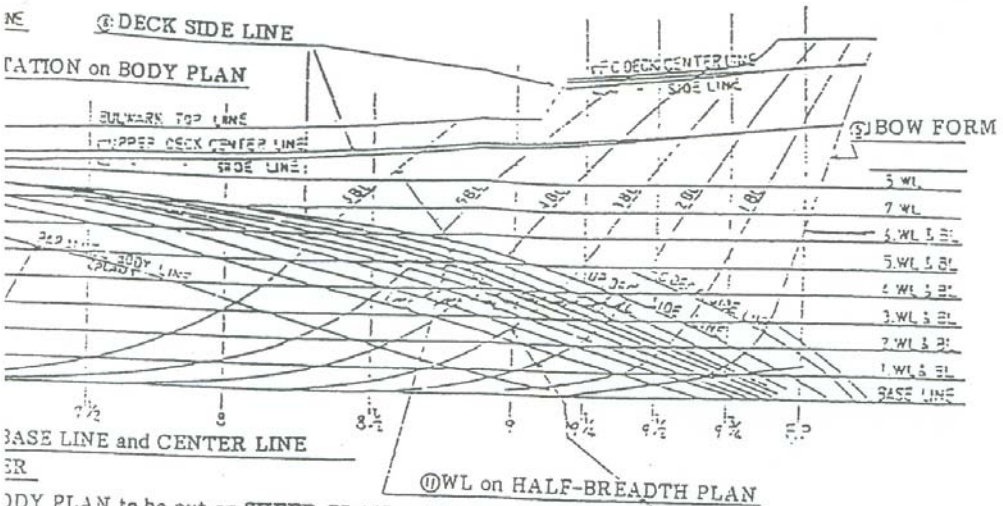


Fig. 2.15 Fairing of lines

NE



BASE LINE and CENTER LINE

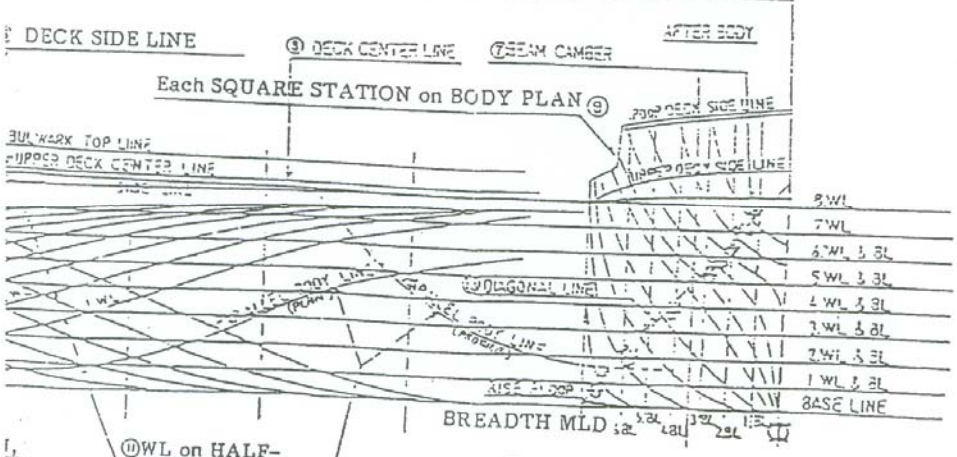
⑪WL on HALF-BREADTH PLAN

⑫BL on SHEER PLAN

DY PLAN to be put on SHEER PLAN and HALF-BREADTH
the curve end of SQUARE STATION LINES on BODY PLAN to

STATION, vertical to BASE LINE

CENTER LINE, vertical to BASE LINE



⑪WL on HALF-BREADTH PLAN

Each WL and BL on BODY PLAN and WL on SHEER
⑫ PLAN to be vertical or parallel to BASE LINE

F-BREADTH PLAN and
ion cut by DIAGONAL LINE

⑩ PARALLEL BODY PLAN to be put on SHEER PLAN and HALF-BREADTH PLAN so that the curve end of SQUARE STATION LINES on BODY PLAN t become fair

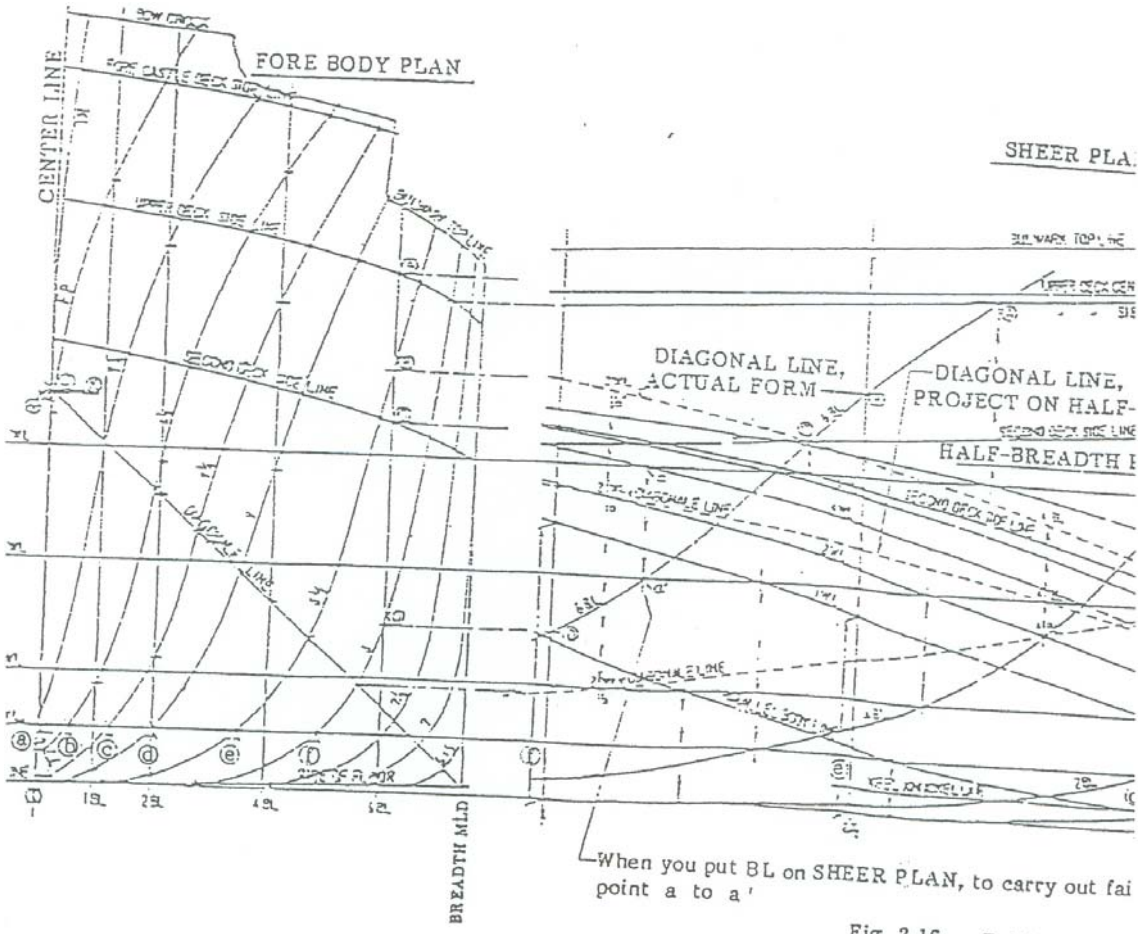
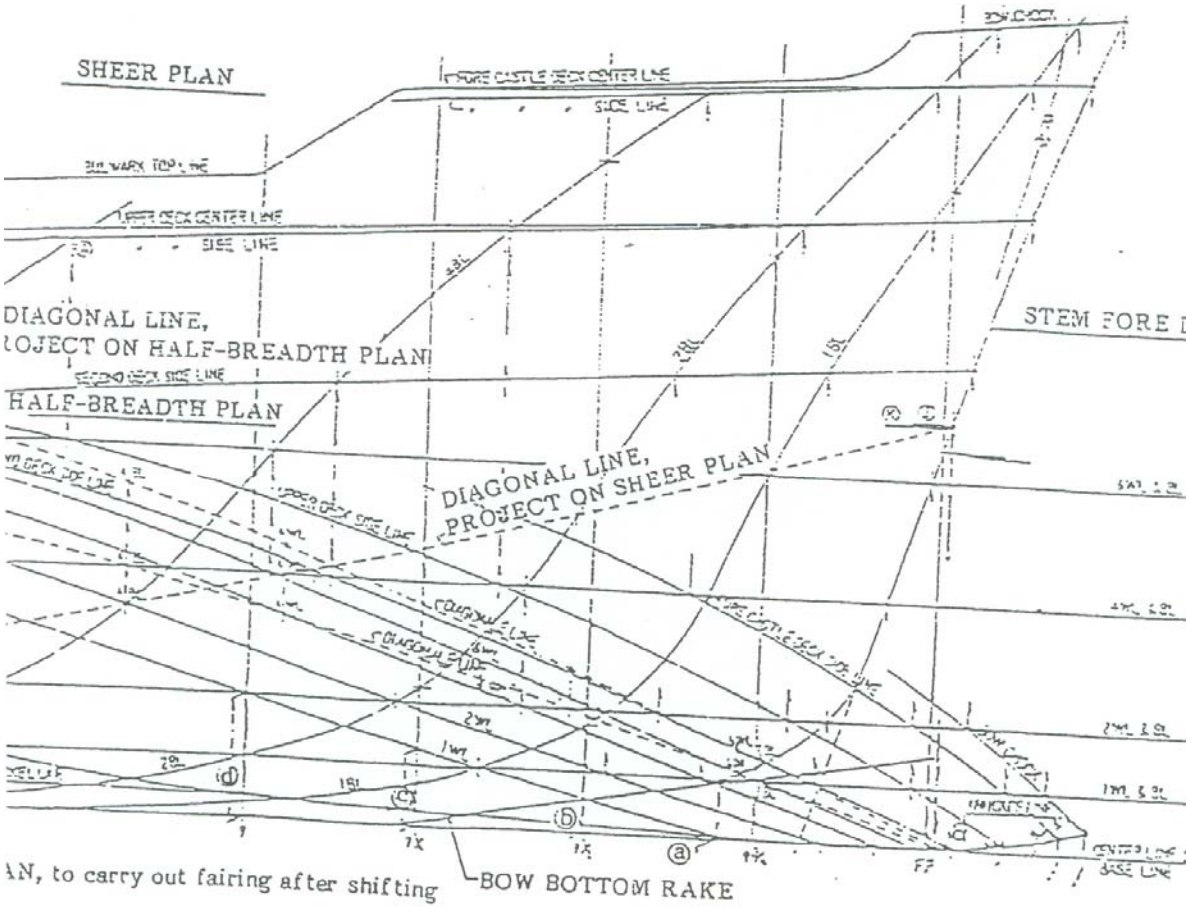


Fig. 2.16 Fairing of line



AN, to carry out fairing after shifting

6 Fairing of lines

TABLE OF OFFSETS

STA.	HALF BREADTH											HEIGHT ABOVE BASE LINE						STA.
	WL1	WL2	WL3	WL4	WL5	WL6	WL7	WL8	WL9	WL10	DECK @ SIDE	B1	B2	B3	DECK @ SIDE	DECK @ CENTER	KEEL	
TRANSOM	-	-	-	2455	2563	2606	2646	2685	2724	-	2744	1226	1226	1223	3800	3865	1226	TRANSOM
0	-	-	-	2457	2565	2610	2651	2692	2733	-	2752	1226	1226	1223	3800	3865	1226	0
½	-	-	-	2528	2613	2660	2705	2750	2794	-	2816	1236	1236	1665	3800	3868	1226	½
1	-	-	2239	2592	2673	2719	2765	2811	2858	-	2882	1143	1159	1500	3800	3871	1096	1
1 ½	-	-	2383	2650	2733	2784	2831	2879	2926	-	2949	976	1020	1381	3800	3873	903	1 ½
2	-	906	2488	2712	2793	2848	2900	2949	2993	-	3014	795	886	1280	3800	3875	725	2
3	98	2181	2634	2814	2896	2956	3009	3058	3106	-	3130	486	635	1090	3800	3880	391	3
4	1509	2377	2724	2887	2974	3032	3084	3135	3186	-	3212	278	455	961	3800	3884	148	4
5	1830	2425	2724	2887	2979	3042	3101	3158	3214	-	3243	115	345	939	3800	3886	2	5
6	1631	2208	2519	2718	2851	2944	3028	3113	3197	-	3251	141	435	1254	3850	3936	-60	6
7	1140	1694	2050	2325	2525	2684	2833	2981	3130	-	3255	252	806	2062	3937	4023	-60	7
8	642	1073	1405	1696	1960	2205	2445	2686	2928	3169	3206	578	1606	2974	4060	4144	-16	8
8 ½	399	745	1033	1291	1539	1794	2068	2366	2694	3016	3128	941	2256	3435	4135	4216	49	8 ½
9	194	448	670	871	1089	1330	1604	1918	2274	2688	2936	1559	2928	3873	4228	4301	136	9
9 ½	11	156	310	465	635	836	1077	1366	1718	2154	2569	2424	3582	4306	4319	4377	374	9 ½
10	-	-	-	67	199	355	545	784	1086	1467	1988	3296	4199	-	4425	4462	1433	10
10 ½	-	-	-	-	-	-	-	189	403	682	1221	4186	-	-	4526	4540	2955	10 ½

ALL DIMENSIONS IN MILLIMETER

จากนั้น ใช้ไม้แฟร์เส้น (Battens) ทาบตามจุดตำแหน่งที่หมายไว้ ของเส้นสเตชั่น นั้น ๆ ตรวจสอบความโค้งของไม้แฟร์เส้น ว่าจุดใดของไม้ไม่ราบเรียบสวยงามเป็นเส้นหัก หรือไม่สามารถดัดไม่ให้ทาบพอดีจุดได้ ต้องดำเนินการปรับแก้ ในการที่ไม้แฟร์ไม่ราบเรียบสวยงาม ต้องพิจารณาถึงจุดใดเป็นจุดเปลี่ยนทิศทางไม้ให้หักเหจากแนว แล้วจึงปรับแก้จุดนั้น การดำเนินการแก้ไขแต่ละเส้นสเตชั่น ควรคำนึงถึงการปรับแต่งต้องให้ได้เส้นที่สวยงามไม่หัก และผ่านจุดที่หมายไว้จากการอ่านตารางออฟเซทมากที่สุด เพื่อรักษารูปทรงของเรือที่ได้ออกแบบและคำนวณค่าต่าง ๆ ไว้ดีแล้ว เมื่อปรับแต่งเส้นแต่ละสเตชั่นเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเขียนเส้น การเขียนเส้นในขั้นตอนนี้จะเขียนด้วยเส้นลาง ๆ หรือเส้นประก่อนก็ได้เพราะลายเส้นเหล่านี้อาจต้องมีการแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

รูปแนวน้ำ (Half Breadth Plan)

หลังจากการเขียนเส้นสเตชั่นในรูปตัดเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การเขียนเส้นแนวน้ำ (Water Lines) ในรูปแปลน (Half Breadth Plan) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ารูปแนวน้ำ โดยถ่ายตำแหน่งจุดตัดระหว่างเส้นสเตชั่นกับเส้นแนวน้ำในรูปตัด (Body Plan) หมายลงที่รูปแปลนตามตำแหน่งของเส้นสเตชั่นนั้น ๆ จากนั้นใช้ไม้แฟร์ทาบตามจุดต่าง ๆ ของเส้นแนวน้ำที่หมายไว้ตามลำดับ เช่น W.L.1, W.L.2, W.L.3 , ……. เป็นต้น ในขั้นตอนนี้ต้องใช้การพิจารณา และประสบการณ์ในการตัดสินใจปรับแต่งลายเส้นที่เกิดขึ้น คือเมื่อทาบไม้แฟร์ไปตามจุดตัดที่หมายแล้ว เส้นที่เกิดขึ้นอาจจะไม่ราบเรียบสวยงาม มีการหักเห หรือไม่สามารถตัดไม้ให้เข้าจุดได้ ต้องมีการปรับแต่งโดยพิจารณาตัดสินใจว่าควรจะแก้ไขจุดใด เพื่อให้ได้เส้นที่สวยงามและแก้ไขจำนวน และตำแหน่งของจุดให้น้อยที่สุด

จากนั้นถ่ายระยะตำแหน่งที่ไม่ตรง หรือคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งที่ถ่ายระยะมาจากรูปตัด นำไปแก้ไขในรูปตัด (Body Plan) ปรับแต่งเส้นสเตชั่นในรูปตัดนั้นใหม่ โดยใช้จุดตัดที่ถ่ายระยะไปจากรูปแนวน้ำนี้ ถ้าปรับแต่งแล้วเส้นสเตชั่นราบเรียบสวยงามตามปกติ ก็แสดงว่าเส้นแนวน้ำที่เขียนขึ้นในรูปแนวน้ำถูกต้องในขั้นตอนนี้ กรณีที่ปรับแต่งแล้วเส้นสเตชั่นที่เกิดขึ้นไม่ราบเรียบสวยงามตรงบริเวณตำแหน่งที่ถ่ายระยะมานั้น ก็ต้องนำระยะตำแหน่งนี้กลับไปแก้ไขที่รูปแนวน้ำอีกครั้ง โดยยึดตำแหน่งจุดตัดเดิมของรูปตัด แล้วปรับแต่งตำแหน่งจุดตัดของเส้นสเตชั่นถัดไป หรือใกล้เคียง เมื่อปรับแต่งเส้นแนวน้ำราบเรียบสวยงามดีแล้ว จึงนำตำแหน่งที่ต้องเปลี่ยนแปลงนำไปปรับแก้ไขในรูปตัด ตามที่ได้กล่าวมาแล้ววิธีการเช่นนี้เรียกได้ว่าเป็นการ “ลองไปลองมา” การที่จะตัดสินใจหรือกำหนดจุดเปลี่ยนต่าง ๆ เพื่อให้เส้นสเตชั่นหรือเส้นแนวน้ำที่ราบเรียบสวยงาม จุดตัดสัมพันธ์กันทั้งสองรูปต้องใช้ความสามารถ ความชำนาญประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติอย่างมาก ดังที่กล่าวมาแล้ว

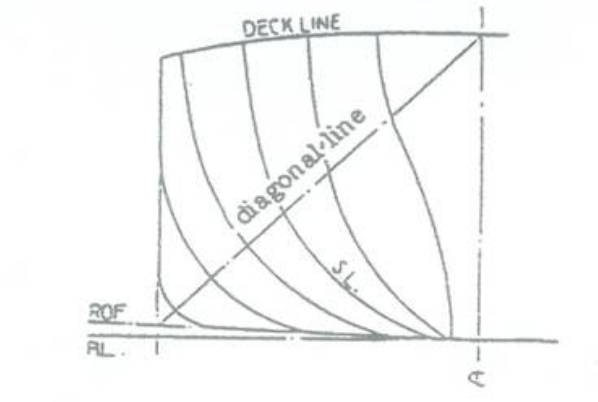
ขั้นตอนนี้ ถ้าจะกล่าวให้ถูกต้อง ก็คือ เป็นการตรวจสอบเส้นสเตชั่นในรูปตัดว่ามีความสัมพันธ์กับเส้นอ้างอิงในแนวระนาบหรือไม่

รูปด้านข้าง (Profile or Sheer Plan)

เมื่อปรับแต่งเส้นสเตชั่นและเส้นแนวน้ำทั้งสองรูปดังกล่าวข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการเขียนเส้นตัดตามยาวหรือเส้นบัตตอด (Buttock Lines) ในรูปด้านข้าง ในขั้นตอนนี้กล่าวได้ว่าเป็นการตรวจสอบลายเส้นสเตชั่นที่เขียนขึ้นในรูปตัด มีความถูกต้องสมบูรณ์หรือไม่ เมื่อตรวจสอบจุดตัดต่าง ๆ กับเส้นอ้างอิงในทางดิ่ง โดยถ่ายตำแหน่งจุดตัดของเส้นสเตชั่น กับเส้นบัตตอดในรูปตัด (Body Plan) และจุดตัดของเส้นแนวน้ำกับเส้นบัตตอดในรูปแปลน (Half Breadth Plan) นำไปหมายลงในรูปด้านข้าง (Profile or Sheer Plan) แล้วใช้ไม้แฟร์ (Battens) ทาบตามตัดที่หมายไว้ตามแนวของเส้นบัตตอดนั้น ๆ เช่น B.L.1, B.L.2 ….. เป็นต้น ขั้นตอนนี้เช่นเดียวกับการเขียนเส้นแนวน้ำ กล่าวคือ หากเส้นบัตตอดที่เกิดขึ้นจากการทาบไม้แฟร์ตามจุดที่ถ่ายมาจากรูปสองรูปข้างต้น เส้นที่ได้ไม่ว่าราบเรียบสวยงามก็ต้องปรับแก้ตำแหน่งจุดตัดนั้น ๆ ทั้งในรูปตัด (Body Plan) และรูปแปลน (Half Breadth Plan) หรือรูปใดรูปหนึ่ง

การปรับแต่งเส้นต่าง ๆ ทั้งสามรูปที่กล่าวมาแล้ว จะต้องปฏิบัติให้ได้เส้นต่าง ๆ ที่สวยงาม ราบเรียบไม่หักเห (เส้นที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ต้องเป็นเส้นโค้งที่สวยงามไม่หักเหราบเรียบตลอดเส้น) และจุดตัดต่าง ๆ ต้องมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันทั้งสามรูป กระบวนการที่กล่าวมาแล้วเราเรียกว่า การแฟร์เส้น (Fairing)

เมื่อได้ลายเส้นที่สมบูรณ์แล้วทั้งสามรูป เพื่อความถูกต้องและสมบูรณ์ของลายเส้นในรูปตัด (Body Plan) ซึ่งจะต้องนำไปเป็นต้นแบบในการกำหนดตำแหน่งระยะหรือทำไม้แบบในการประกอบชิ้นส่วนต่อไป บริเวณท้องเรือด้านข้างโดยมากจะเป็นเส้นโค้ง ซึ่งเส้นโค้งนี้อาจจะไม่ได้ถูกตรวจสอบด้วยกระบวนการข้างต้น เนื่องจากบริเวณดังกล่าวไม่มีเส้นอ้างอิงใด ๆ ตัดผ่าน จึงต้องมีการตรวจสอบโดยการใช้เส้นตรวจ (diagonal line) เขียนทะแยงมุมจากตำแหน่งเส้นกึ่งกลางลำมายังเส้นฐานตัดผ่านเส้นสเตชั่นต่าง ๆ ถ่ายตำแหน่งจุดตัดที่เกิดขึ้น หมายลงในระยะสเตชั่นจริงในรูปแปลนหรือรูปด้านข้างตามตำแหน่งสเตชั่นนั้น ๆ จากนั้นใช้ไม้แฟร์ ทาบต่อจุดต่าง ๆ ที่หมายไว้ เส้นโค้งที่ได้จะต้องเป็นเส้นโค้งที่ราบเรียบสวยงามเช่นกัน ถ้ามีจุดใดหักเกผิดปกติ ก็นำจุดนั้นไปแก้ไขในรูปตัด จนเสร็จสิ้นสมบูรณ์



An example of fairing on body plan

เส้นโครงสร้างในรูปตัด (Body Plan)

หลังจากการเขียนลายเส้นรูปร่างเรือแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการเขียนรายละเอียดโครงสร้างเรือ เพื่อเตรียมการในการปฏิบัติงานต่าง ๆ ของกระบวนการงานขยายแบบ เช่น งานคลี่แผ่นเหล็กตัวเรือ เป็นต้น งานเขียนรายละเอียดโครงสร้างตัวเรือลงในรูปตัด (Body Plan) ที่จะต้องปฏิบัติ เช่น การเขียนลายเส้นกง (Frame Lines) ทุก ๆ กง , แนวโครงสร้างภายใน, แนวเปลือกเรือ เป็นต้น

เส้นกง (Frame Lines)

การเขียนลายเส้นกงเรือ จากการหมายตำแหน่งระยะกงจริงลงที่เส้นฐานของรูปด้านข้าง และ เส้นศูนย์กลางลำในรูปแปลน จากนั้นสร้างเส้นฉากจากจุดนั้น ๆ ตัดเส้นอ้างอิง (เส้นแนวน้ำ, เส้นบัตตอด) ตามลำดับ เส้นตั้งฉากที่เขียนขึ้น คือ เส้นกงจริงจะตัดกับลายเส้นรูปร่างที่เขียนขึ้นก่อนแล้ว โดยตัดกับเส้นแนวน้ำ (W.L) ในรูปแปลน (Half Breadth Plan) และตัดกับเส้นบัตตอด (B.L.) ในรูปด้านข้าง (Sheer Plan) ถ่ายระยะจุดตัดที่เกิดขึ้นไปหมายลงในรูปตัด (Body Plan) จากนั้นทำการเขียนเส้นกงตามตำแหน่งจุดตัดที่หมายไว้การปฏิบัติใช้ไม้แฟร์เส้นทาบจุดตัดต่าง ๆ เช่นเดียวกับการปรับแต่งลายเส้นรูปร่างเรือ (Fairing) ที่กล่าวแล้วข้างต้น

แนวโครงสร้างภายใน (internal Structural Members)

การกำหนดตำแหน่งโครงสร้างภายใน ตามยาวทั้งหมดที่ตัดผ่านกงในรูปตัด (Body Plan) ในการปรับแต่งต้องสอดคล้องกับแนวเปลือกเรือตามยาว โครงสร้างต่างที่จะต้องเขียนลงในรูปตัด เช่น แนวกงตามยาว (Longitudinal Frame) , ฝากั้นตามยาว (Longitudinal Bulkheads) , เกริด์เดอร์ (Girders) , ฝาถัง (Tank top), แนวดาดฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น

ลายเส้นต่าง ๆ ที่เขียนขึ้น จะไม่รวมความหนาของวัสดุโครงสร้างนั้น ๆ โดยทั่วไปลายเส้นจะอยู่กึ่งกลางความหนาในกรณีที่โครงสร้างนั้นอยู่ในตำแหน่งเส้นกึ่งกลางลำ (C.L) ในกรณีดาดฟ้าและพื้นฝาถังเส้นจะอยู่ด้านล่าง และลายเส้นจะอยู่ด้านใน กรณีที่เป็นแผ่นเปลือกเรือ

แนวเปลือกเรือ (Shell Landing)

คือ การจัดแบ่งแนวเปลือกเรือตามยาว (seam lines) ในรูปตัด (Body Plan) โดยเริ่มจากการกำหนดจัดแบ่งแนวเปลือกเรือแต่ละแนวที่เส้นตัดขวางกลางลำก่อน (Amidship section) แล้ว จึงจัดแบ่งแนวแผ่นไปทางส่วนหัวและส่วยท้ายของเรือ วิธีการเขียนแนวเส้นเปลือกเรือเป็นไปตามลักษณะงานเดียวกันกับการปรับแต่งลายเส้นรูปร่างเรือ

โดยทั่วไปแนวเปลือกเรือต่าง ๆ จะถูกกำหนดมาจากการออกแบบโดยวิศวกรออกแบบของอู่เรือนั้น ๆ แล้ว แต่รายละเอียดต่าง ๆ อาจจะไม่สมบูรณ์จากการย่อสัดส่วนในการเขียนแบบหรือแบบที่กำหนดมานั้น ๆ ไม่เหมาะสมกับวัสดุหรือความสามารถของอู่ จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาจัดปรับแต่งแนวแผ่นเปลือกเรือ ในขั้นตอนนี้เพื่อเตรียมการในการคลี่แผ่นเหล็ก และให้สอดคล้องกับตำแหน่งโครงสร้างภายในต่างที่กล่าวข้างต้น การพิจารณาจัดปรับแต่งแนวเปลือกเรือต้องคำนึงถึง

รูปร่างของเรือแนวแผ่นที่ออกแบบไว้แล้ว, ความกว้างของแผ่นวัสดุที่ใช้, แผ่นเปลือกเรือที่ต้องแตกต่างจากแผ่นเปลือกเรือทั่วไป เช่น แผ่นกระดูกงู , แผ่นเชียร์ , แผ่นบิลล์ แนวแผ่นต้องไม่ตรงกับแนวฝากั้นตามยาวทั้งบนและล่าง และความสามารถของเครื่องจักรช่วยต่าง ๆ ของอู่ต่อเรือนั้น ๆ

บทที่ 3

แผ่นขยาย

การเขียนแบบแผ่นคลี่

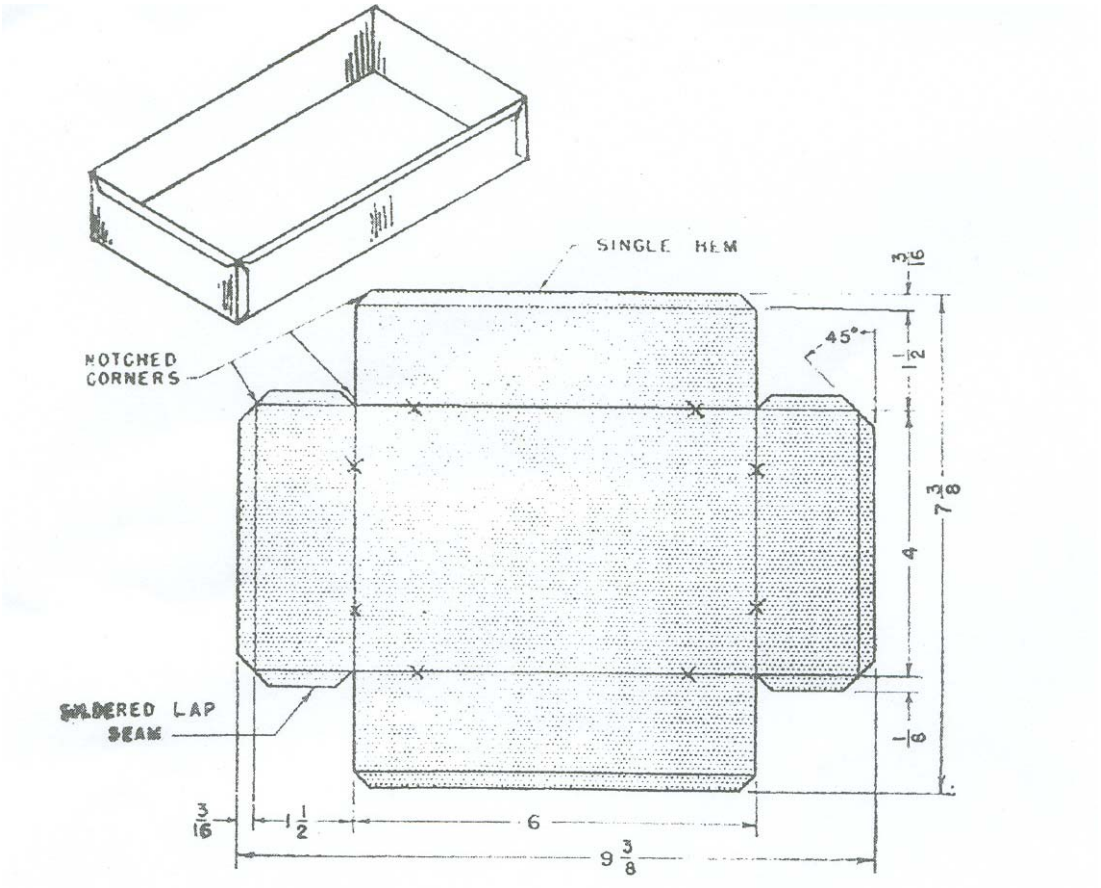
แบบแผ่นคลี่ในงานโลหะแผ่น สามารถจะเขียนได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ 4 วิธีการ คือ การเขียนแบบอย่างง่าย, การเขียนด้วยเส้นขนาน การเขียนด้วยเส้นรัศมีและการเขียนด้วยเส้นสามเหลี่ยม ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

จากการเขียนแบบแผ่นคลี่ 4 วิธีการดังกล่าว ช่างเขียนแบบแผ่นคลี่ในงานโลหะแผ่นจะต้องตัดสินใจเลือกใช้วิธีการเขียนให้เหมาะสมกับรูปร่างของชิ้นงานเพียงวิธีเดียว แต่ทว่ารูปแบบงานหนึ่ง ๆ สามารถจะใช้วิธีการเขียนได้หลายวิธีการ และงานเพียงชิ้นเดียวกันนี้อาจจะนำเอาหลายวิธีการมาประยุกต์เขียนรวมกันก็ได้ เช่นการเขียนแบบรูปกรวยเยื้องศูนย์ เป็นต้น

ผู้ที่จะทำการเขียนแบบแผ่นคลี่ได้สมบูรณ์ดีนั้น จะต้องรู้จักตะเข็บต่าง ๆ ตลอดจนการเผื่อขอบโลหะสำหรับตะเข็บนั้น ๆ รวมทั้งการพับ การเข้ามุมด้วย นอกจากนี้จะต้องรู้จัก น็อช (Notch) คือ ส่วนเกินภายในแผ่นคลี่ เช่น ครีบ ฯลฯ เพื่อให้การพับหรือการขึ้นรูปจะทำได้อย่างถูกต้อง และชิ้นงานไม่เสียรูปทรง

1. การเขียนแบบอย่างง่าย (SIMPLE LAYOUT)

วิธีการเขียนนี้ใช้สำหรับงานง่าย ๆ หรือเป็นงานที่สามารถจะนำขนาดที่บอกจากแบบงานถ่ายออกมาเป็นขนาดของแผ่นคลี่ได้โดยตรงบนแผ่นโลหะ ไม่ต้องหาเส้นจริง (True length) เช่น การเขียนแบบแผ่นคลี่ของกระป๋องกลม หรือกล่องสี่เหลี่ยม เป็นต้น



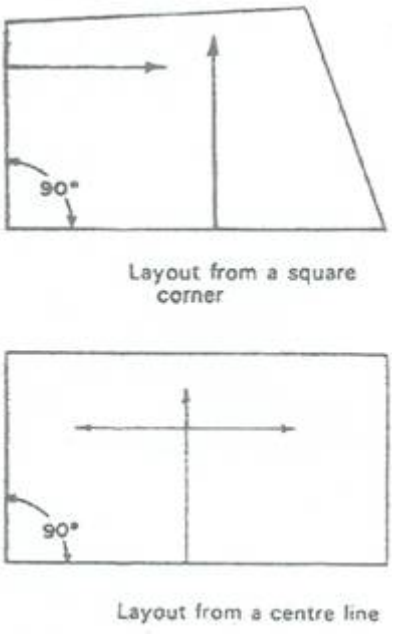
รูปที่ 5.2 แสดงการเขียนแบบอย่างง่ายใช้กับกระป๋องหรือกล่องสี่เหลี่ยม

การเริ่มต้นเขียนแบบลงบนแผ่นของโลหะทำได้ 2 วิธี คือ

1.1 ใช้มุมฉากของแผ่นโลหะเป็นจุดเริ่มต้น สำหรับงานที่มีด้านคู่ขนาน 2 คู่ การวัดขนาดต่าง ๆ มักจะเริ่มต้นจากมุมล่างด้านซ้ายของแผ่นโลหะขึ้นไปทางด้านบนและต่อไปทางด้านขวา

1.2 ใช้เส้นศูนย์กลางเป็นหลักในการร่างแบบ สำหรับงานที่มีด้านคู่ขนานเพียงคู่เดียว และอีก 2 ด้านจะเรียวเข้าหากัน (Taper) ความกว้างของแผ่นโลหะที่ใช้ต้องใหญ่กว่าแผ่นคลี่เล็กน้อย

ดังนั้น ก่อนที่จะตัดแผ่นโลหะออกจากแผ่นเต็ม จะต้องคำนวณความกว้าง และความยาวของชิ้นงานที่จะคลี่แบบเสียก่อน และจะต้องมีมุมข้างหนึ่งเป็นมุมฉากเพื่อใช้เป็นหลักสำหรับหาเส้นศูนย์กลางและเส้นอื่น ๆ ต่อไป



รูปที่ 5.3 แสดงการร่างแบบลงบนโลหะแผ่นงาน

2. การเขียนแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน (PARALLEL LINE DEVELOPMENT)

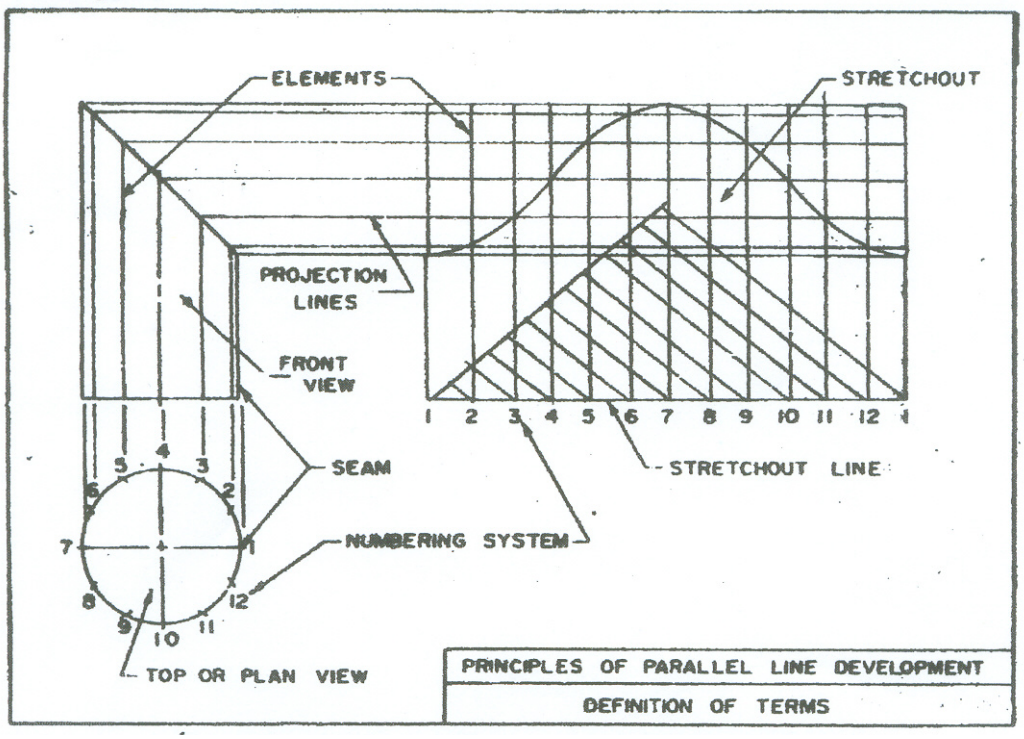
การเขียนแผ่นคลี่วิธีนี้เหมาะสำหรับรูปร่างงานที่มีด้านเป็นเส้นตรง และขนานกัน เช่น แท่งปริซึม (Prism) และแท่งรูปทรงกระบอก (Cylinder) นิยมใช้กันมากสำหรับการเขียนแผ่นคลี่ของท่อกลม ท่อแยกสามทาง และข้องอต่าง ๆ

ก่อนที่จะรู้จักวิธีการเขียนแผ่นคลี่ด้วยวิธีนี้ ควรจะรู้จักความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องก่อน เพื่อสะดวกแก่การเรียกชื่อในขณะที่ทำการเขียนแบบ ได้แก่

ภาพด้านหน้า (Front view) หมายถึง ภาพที่มองเห็นทางด้านหน้าของวัตถุเป็นภาพที่แสดงให้เห็น ความสูง และความกว้างของวัตถุนั้น

ภาพด้านบน (Top or Plan view) หมายถึง ภาพที่มองเห็นทางด้านบนของวัตถุ ภาพด้านบนนี้จะแสดงให้เห็น ความกว้าง และความยาวของวัตถุนั้น

เส้นฐาน (Base line) หมายถึงเส้นที่ใช้เป็นฐานของรูปด้านหน้า เส้นแบ่งส่วนอื่น ๆ จะลากจากภาพด้านบนลงสู่เส้นฐานทั้งสิ้น ถ้าฉายเส้นฐานนี้ออกไปทำการเขียนแผ่นคลี่ เส้นฐานที่เกิดใหม่นี้จะเรียกว่าเส้นฐานรูปแผ่นคลี่ (Stretchout line)



รูปที่ 5.4 แสดงคำจำกัดความเส้นต่าง ๆ ของการเขียนด้วยวิธีเส้นขนาน

เส้นแบ่งส่วน (Element line) เป็นเส้นแบ่งรูปร่างของวัตถุออกเป็นส่วน ๆ โดยการสมมติขึ้นเพื่อให้สะดวกในการเขียนแบบแผ่นคลี่ ซึ่งจะเปรียบได้กับการก่อสร้างอาคารจะต้องนำเอาวัสดุแต่

ละส่วน ๆ มาประกอบกันจนเป็นรูปร่างของอาคาร รูปปริซึมจะมีขอบหรือมุมเพื่อใช้เป็นเส้นแบ่งส่วนได้ สำหรับรูปทรงกระบอกไม่มีมุมหรือขอบในการที่จะใช้แบ่งส่วน ดังนั้นจะต้องสมมติเส้นขึ้นที่ผิวของรูปทรงกระบอกเป็นเส้นตรงตามแนวขนานกับความยาว โดยการแบ่งตามจำนวนองศาและให้จำนวนตัวเลขหรืออักษรเรียงตามลำดับ ระยะห่างของเส้นแบ่งส่วนทุก ๆ เส้นรวมกันจะต้องยาวเท่ากับเส้นรอบรูปจริงของทรงกระบอกด้วย

แบบแผ่นคลี่ (Stretchout) เป็นภาพแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้นจากวัตถุรูปทรงต่าง ๆ ที่ยังมิได้เผื่อขอบตะเข็บและรอยพับต่าง ๆ บางครั้งจะเรียกว่า NET PATTERN

เส้นฐานรูปแผ่นคลี่ (Stretchout line) เป็นเส้นที่ได้จากการฉายลากเส้นฐาน หรือเส้นด้านบนของภาพด้านหน้า เส้นฐานรูปแผ่นคลี่นี้จะยาวเท่ากับจำนวนส่วนแบ่งต่าง ๆ ในภาพด้านบนหรือยาวเท่ากับเส้นรอบรูปของวัตถุ

เส้นฉายภาพ (Projection line) เป็นเส้นที่ลากจากเส้นแบ่งส่วนจากภาพด้านหน้าไปยังแบบแผ่นคลี่ สำหรับหาระยะต่าง ๆ บนแผ่นคลี่

ตัวเลขกำกับเส้น (Numbering system) คือตัวเลขที่เขียนกำกับเส้นแบ่งส่วนต่าง ๆ เพื่อสะดวกในการจำตำแหน่งเส้นต่าง ๆ

หลักการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน

ใช้กับงานส่วนใหญ่ ที่มีด้านคู่ขนานด้านหนึ่งได้แก่ปริซึมทรงต่าง ๆ งานรูปทรงกระบอกและรางน้ำเป็นต้น ซึ่งการเขียนแบบโดยวิธีนี้ยังแบ่งออกได้อีก 3 ประเภท คือ.-

2.1 การเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทที่ 1

ใช้กับชิ้นงานรูปทรงคู่ขนาน เช่น รูปทรงกระบอก และทรงปริซึมชิ้นเดียว ชิ้นงานในประเภทนี้ได้แก่ รูปทรงสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมจตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปหลายเหลี่ยม และท่อกลม เป็นต้น ซึ่งด้านฐานหรือด้านยอดจะถูกตัดเป็นมุมต่าง ๆ โดยจะมีวิธีการเขียนดังนี้

2.1.1 การเขียนภาพแผ่นคลี่ของวัตถุรูปทรงกระบอกและปริซึม

ก. การตัดมุมเพียงข้างเดียว

1. เขียนแบบรูปชิ้นงานด้านหน้าและด้านบน ให้ตะเข็บอยู่ทางข้างใดข้างหนึ่ง

2. แบ่งภาพด้านบนออกเป็นส่วนต่าง ๆ พร้อมทั้งให้ตัวเลขกำกับเส้นแบ่งส่วนด้วย โดยทั่วไปรูปทรงกระบอกนิยมแบ่ง 12 ส่วน และรูปทรงปริซึมแบ่งตามจำนวนเหลี่ยมของชิ้นงาน

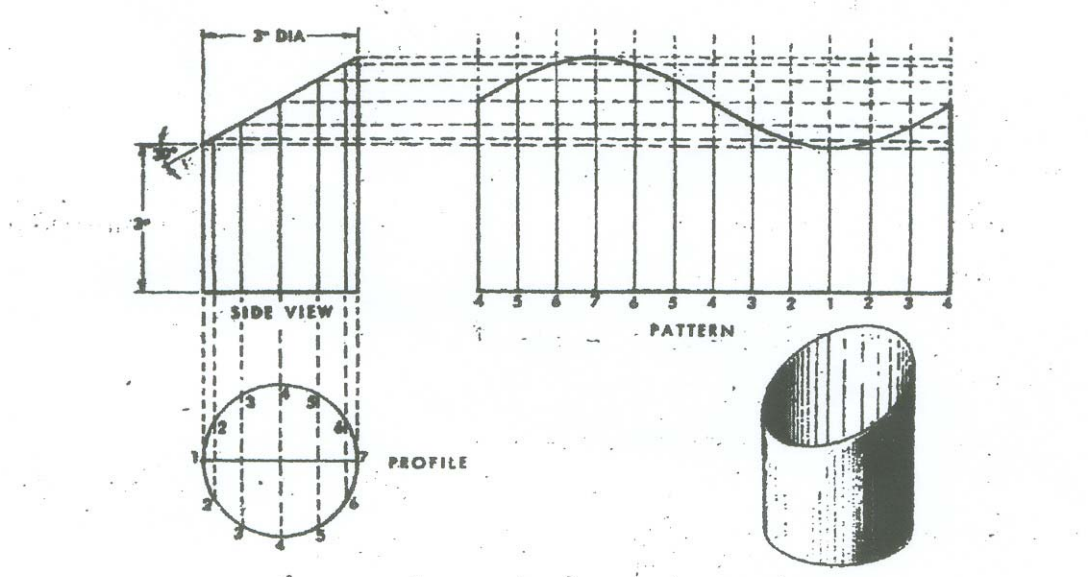
3. เขียนเส้นฉายภาพ ของเส้นแบ่งจากภาพด้านบนไปยังภาพด้านหน้าหรือด้านข้างจนถึงเส้นตัดมุม ดูรูปที่ 5.5 ประกอบ (เฉพาะรูปทรงกระบอก)

4. ลากเส้นฐานของแผ่นคลี่ ให้อยู่ในระดับเดียวกับเส้นฐานของภาพด้านหน้าเท่ากับความยาวเส้นรอบรูปและจำนวนส่วนของภาพด้านบน (ทรงกระบอก)

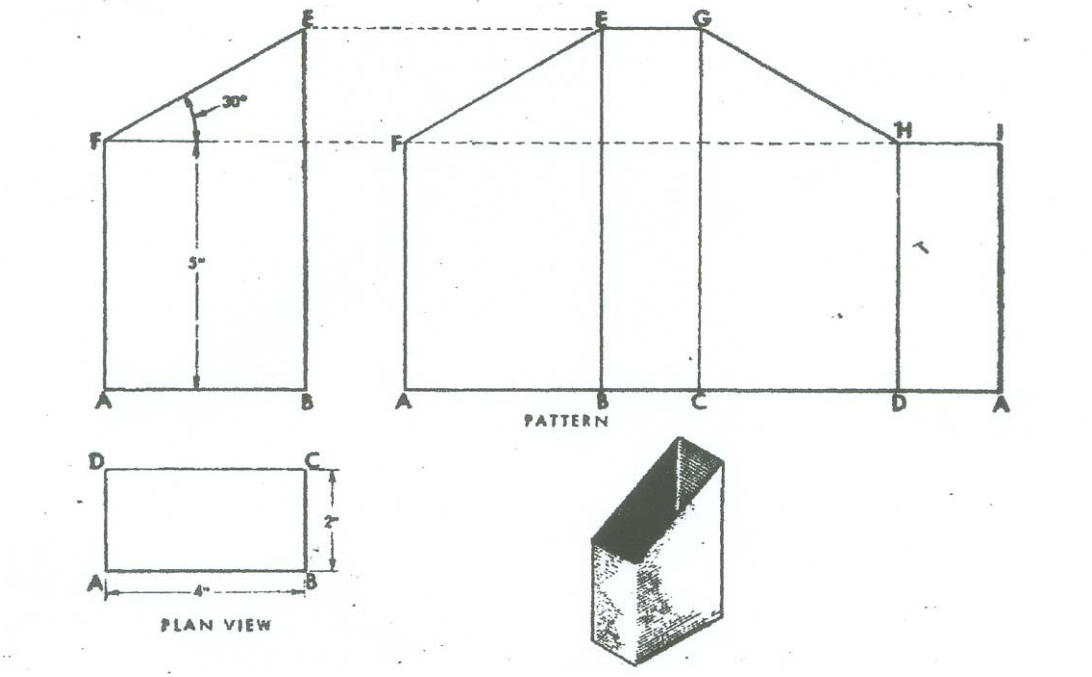
5. ลากเส้นแบ่งส่วนตั้งฉากกับเส้นฐานของแผ่นคลี่ ประมาณความสูงเท่ากับความสูงในภาพด้านหน้า

6. ภาพด้านหน้าจากจุดตัดของเส้นแบ่งส่วนกับเส้นตัดมุม ลากเส้นฉายภาพขนานกันไปตัดยังเส้นแบ่งส่วนของภาพแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้น

7. จากจุดตัดที่เกิดใหม่ในข้อ 6. ทุกคู่เส้น เช่น เส้น 1 ตัดเส้น 1, เส้น 2 ตัดเส้น 2 เป็นต้น ลากเส้นสัมผัสทุก ๆ จุด จะได้ภาพแผ่นคลี่ของงานออกมาเป็นภาพแผ่นคลี่ที่ยังไม่ได้เผื่อขอบตะเข็บ (stretchout)



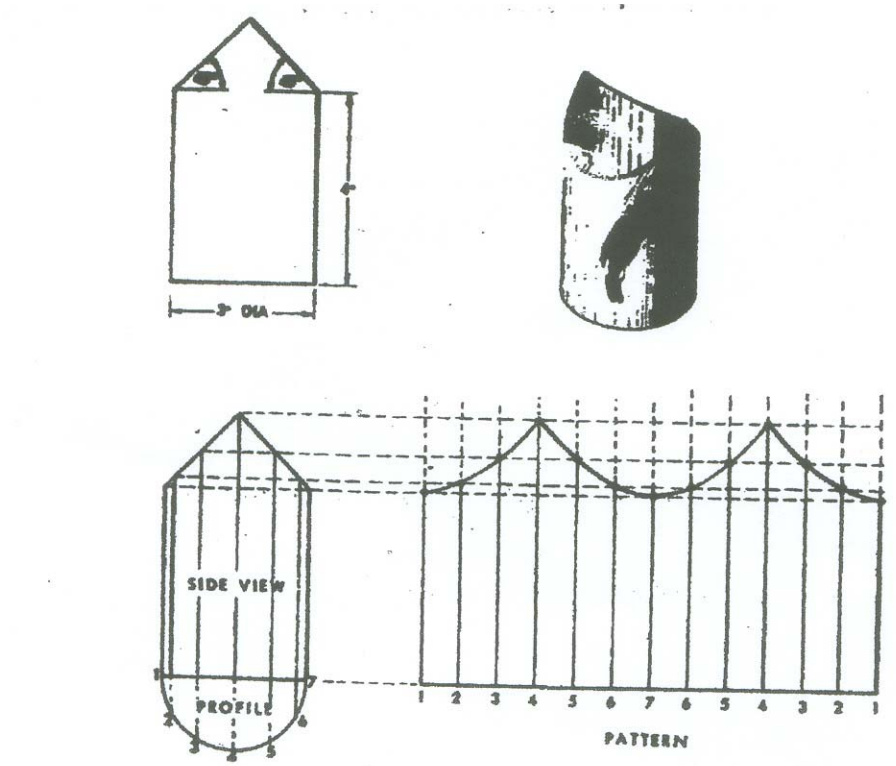
รูปที่ 6.6 การเขียนภาพแผ่นคลี่ ตัดมุมเดียว ข้างเดียวกัน



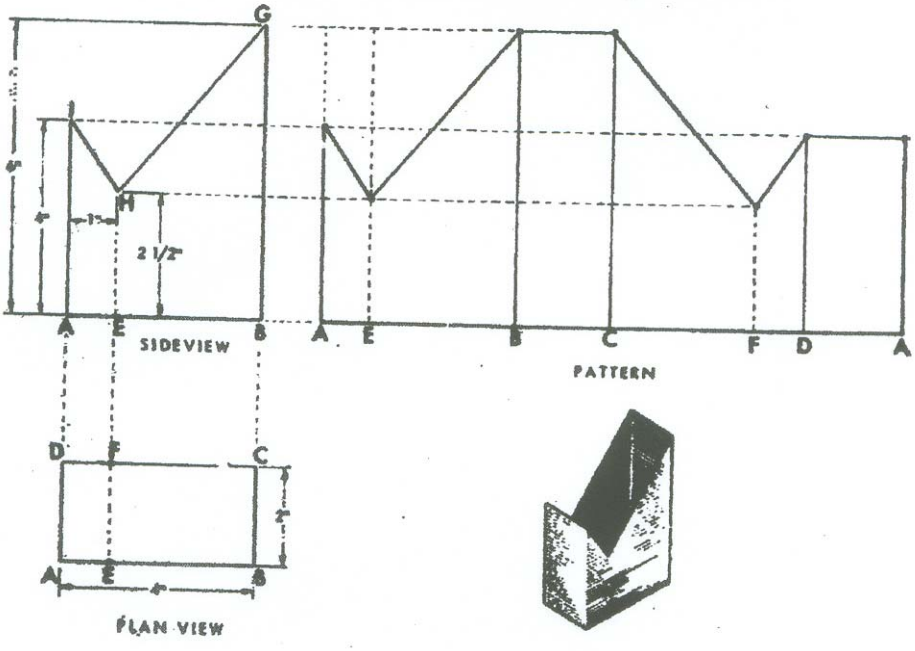
รูปที่ 5.6 การเขียนแบบภาพแผ่นคลี่บากมุมเดียว ข้างเดียวกัน

ข. การตัดมุม 2 ข้างด้านเดียว

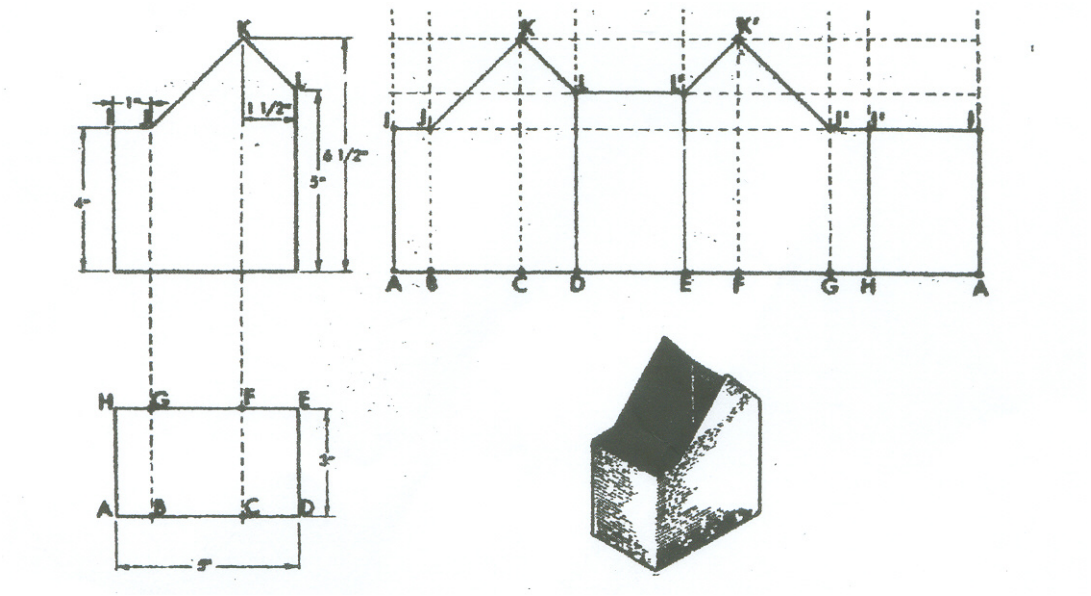
การเขียนภาพแผ่นคลี่ของรูปทรงกระบอก และรูปทรงปิรามิด ตัดมุม 2 ข้าง และรูปร่างอื่น ๆ จะมีวิธีการเขียนแผ่นคลี่ในลักษณะเดียวกันกับการตัดมุมเพียงข้างเดียว



รูปที่ 5.7 การเขียนภาพแผ่นคลี่ของท่อกลมตัด 2 มุมด้านเดียวกัน



รูปที่ 5.8 แสดงการเขียนแผ่นคลี่ของท่อสี่เหลี่ยมตัด 2 มุม ข้างเดียวกัน



รูปที่ 5.9 ภาพแผ่นคลี่ของท่อสี่เหลี่ยมตัดเป็นมุมต่าง ข้างเดียวกัน

2.1.2 การเขียนภาพแผ่นคลี่ของข้องอ (ELBOW)

การเขียนภาพแผ่นคลี่ข้องอธรรมดาจะเขียนแบบได้โดยอาศัยการเขียนแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นขนาน สำหรับข้องอที่ลดหรือเพิ่มขนาดจะไม่สามารถเขียนได้ด้วยวิธีนี้

การเขียนแบบข้องอ ขั้นแรกจะต้องเขียนภาพด้านหน้าและด้านบนของข้องอเช่นเดียวกับการเขียนแบบแผ่นคลี่รูปทรงกระบอกที่ตัดมุมข้างเดียว

ก. การวางตำแหน่งตะเข็บของข้องอที่ใช้ทั่ว ๆ ไป มี 2 วิธี คือ

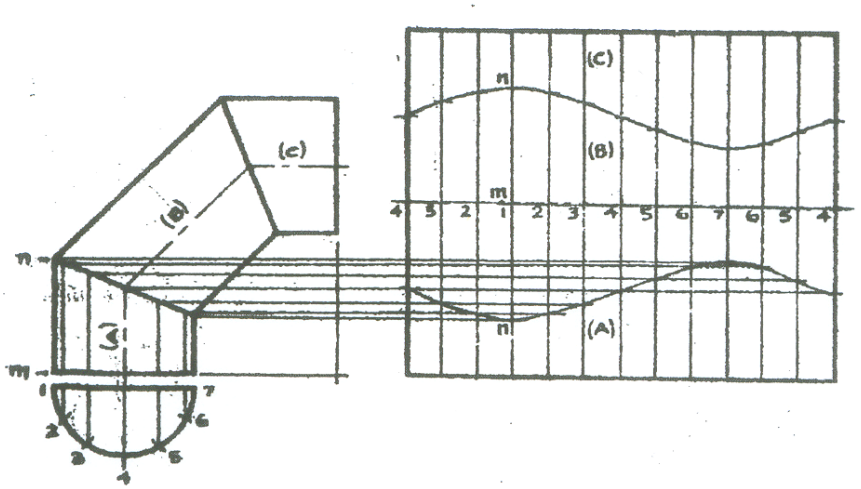
1. การวางตะเข็บไว้ที่ขอบรัศมีด้านใน (Throat) กับขอบหลัง (Heel) ของข้องอสลับกันไป
2. วางตะเข็บไว้ที่เส้นแกนกลางความโตของข้องอ

ข. การเขียนแบบข้องอนี้ตามธรรมดารัศมีของขอบด้านใน (Throat radius) จะยาวเท่ากับครึ่งหนึ่ง, เท่ากับ, หรือยาวเป็น 2 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของข้องอ จำนวนชิ้นของข้องออาจจะแบ่งเป็น 2, 3 หรือกี่ชิ้นก็ตามให้คูณจำนวนชิ้นงานด้วย 3 และให้ลบด้วย 2

สำหรับข้องอ 3 ชิ้น จะแบ่งภาพด้านหน้าได้เท่ากับ $(2\times3)-2$ หรือเท่ากับ 4 ส่วนเท่า ๆ กัน ชิ้นข้องอแรกและชิ้นสุดท้ายจะต้องยาวเท่ากัน พร้อมทั้งการให้ตะเข็บจะต้องตรงกันด้วย สำหรับชิ้นข้องอกลางจะยาวเป็น 2 เท่าของชิ้นข้องอแรกและสุดท้าย ส่วนตะเข็บก็จะอยู่ตรง

ข้ามกับชิ้นงานแรกและสุดท้ายด้วย (การวางตะเข็บตามวิธีที่ 1) หรืออาจจะให้ตะเข็บอยู่ตรงกันก็ได้ (การวางตะเข็บวิธีที่ 2)

ส่วนกรรมวิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการเขียนแผ่นคลี่ของรูปทรงกระบอกและปริซึมที่ตัดมุมเพียงข้างเดียว ดังที่ได้อธิบายแล้วในตอนต้น



รูปที่ 5.10 แสดงการเขียนข้องอ 3 ชิ้น

2.2 การเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทที่ 2 รูปทรงกระบอกหรือปริซึมตัดกัน

เป็นการเขียนภาพแผ่นคลี่ชิ้นงานต่อชน 2 ชิ้น หรือ 3 ชิ้น เป็นรูปตัวที (T) หรือรูปร่างงานที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ลำดับขั้นการเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทงานรูปตัวที (T)

1. เขียนภาพ ด้านหน้า ด้านบน และด้านข้าง

2. แบ่งส่วนภาพด้านบนและภาพด้านข้าง จากจุดแบ่งส่วนลากเส้นฉายภาพไปยังภาพด้านหน้า

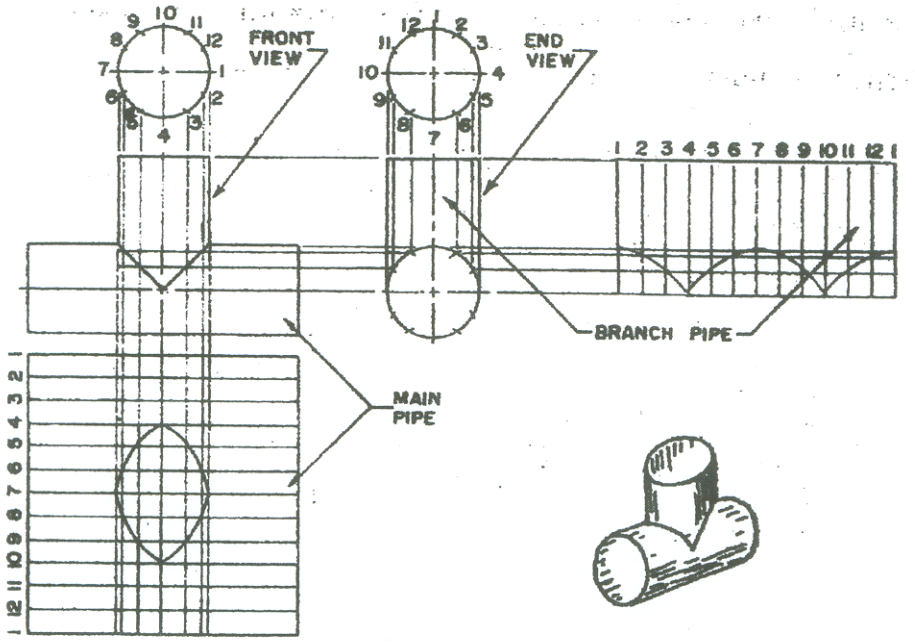
3. จากขนาดความยาวของท่อใหญ่ (Main pipe) ลากเส้นขนานตั้งฉากกับเส้นแกนกลางของท่อให้ยาวพอสมควร (เท่ากับเส้นรอบวงของท่อใหญ่)

4. แบ่งเส้นขนานออกเป็นส่วน ๆ เท่ากับส่วนที่แบ่งในภาพด้านหน้า แล้วลากเส้นแบ่งส่วนนั้นทุกจุดขนานกับท่อใหญ่

5. ลากเส้นฉายภาพจากภาพด้านหน้าลงมายังภาพแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้นใหม่

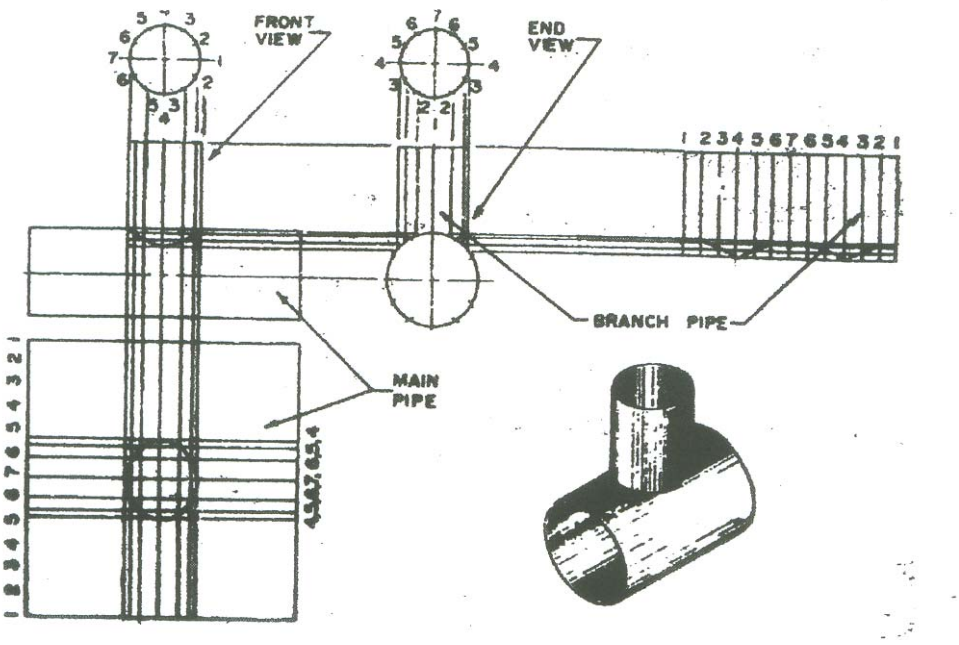
6. จากจุดตัดกันในภาพแผ่นคลี่ลากเส้นสัมผัสจุดควบคู่ต่างก็จะได้แผ่นคลี่ที่ถูกต้อง

7. การเขียนภาพแผ่นคลี่ของท่อแยก (Branch pipe) จะเหมือนกับการเขียนภาพแผ่นคลี่ของรูปทรงกระบอกตัดมุม 2 ข้างด้านเดียว ดังที่อธิบายแล้วในตอนต้น



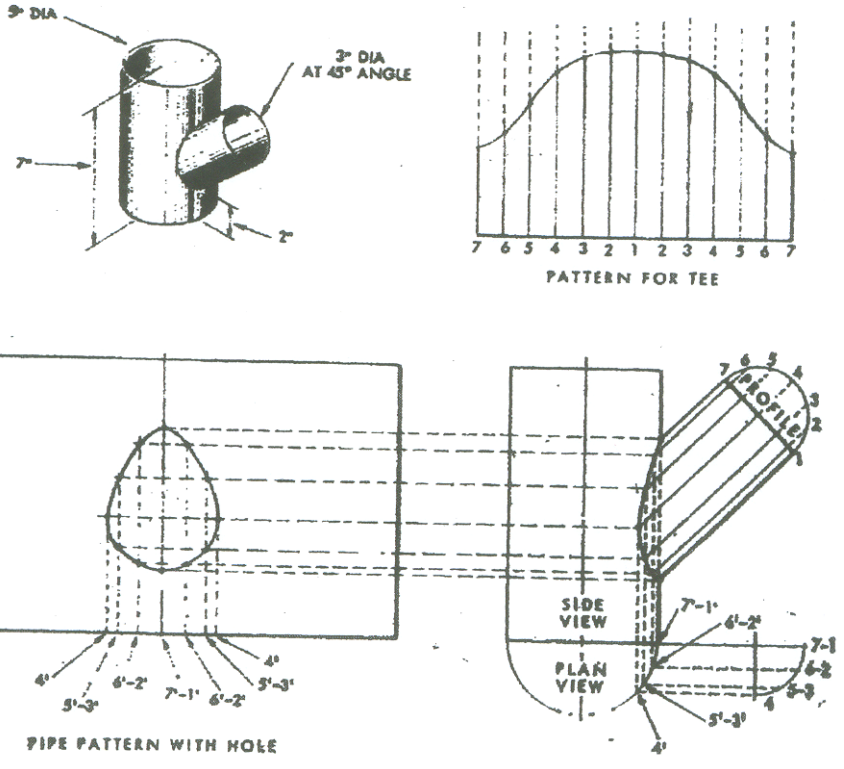
รูปที่ 5.11 ข้อต่อท่อกลมรูปตัวที (T) มุม 90° ขนาดท่อเท่ากัน

การเขียนภาพแผ่นคลี่ของการต่อท่อลักษณะตัวที (T) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เท่ากันจะมีลักษณะการเขียนเช่นเดียวกับการเขียนภาพแผ่นคลี่ของการต่อท่อตัวที (T) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน ดังแสดงในรูป



รูปที่ 5.12 ข้อต่อรูปตัวที (T) ท่อมุมฉากที่มีขนาดท่อต่างกัน

สำหรับการเขียนภาพแผ่นคลี่ของการต่อท่อแยกในลักษณะที่เป็นมุมต่าง ๆ จะใช้วิธีการเขียนด้วยวิธีเส้นขนานได้เช่นเดียวกัน ภาพแผ่นคลี่ของท่อใหญ่ (Main pipe) จะใช้วิธีการเขียนเหมือนการเขียนภาพแผ่นคลี่ท่อแยกตั้งฉากทุกประการ



รูปที่ 5.13 ข้อต่อท่อกลมมุม 45° ท่อต่างขนาดกัน

ส่วนการเขียนภาพแผ่นคลี่ท่อแยก (Branch pipe) สามารถจะเขียนด้วยวิธีเส้นขนานได้เช่นเดียวกัน หรือจะใช้วิธีการวัดระยะในภาพด้านข้าง หรือด้านหน้าไปเขียนเป็นแผ่นคลี่ก็ได้ ซึ่งมีวิธีการเขียนดังนี้

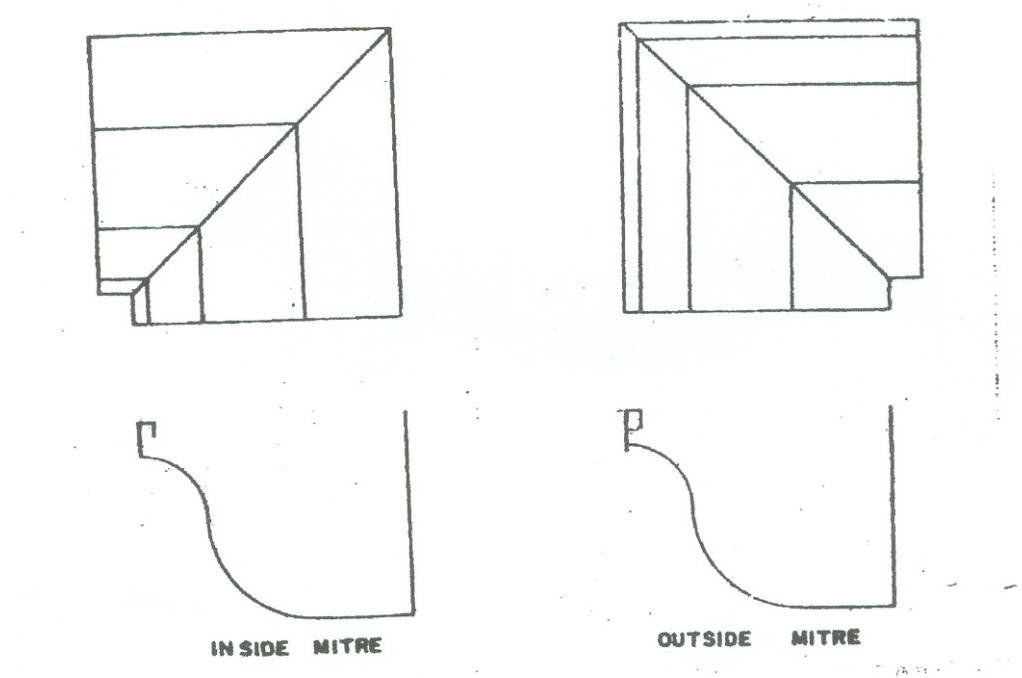
1. ลากเส้นให้ยาวเท่ากับเส้นรอบวงของท่อแยก
2. แบ่งเส้นออกเป็นส่วนต่าง ๆ เท่ากับจำนวนส่วนในภาพบนด้านหน้าหรือด้านข้าง
3. ลากเส้นแบ่งส่วนตั้งฉากกับเส้นตรงดังกล่าว (ข้อ 1) ทุก ๆ จุด
4. วัดระยะความยาวจากภาพด้านข้าง ถ่ายลงบนเส้นแบ่งส่วนในข้อ 4 ทุกเส้นเป็นคู่ ๆ ไป เช่น ระยะเส้น 7 ในภาพด้านข้างก็ถ่ายลงบนเส้น 7 หรือระยะเส้น 1 ในภาพด้านข้างก็ไปถ่ายลงบนเส้น 1 ในภาพแผ่นคลี่ที่สร้างใหม่ เป็นต้น

การแบ่งส่วนบนภาพด้านบนและด้านหน้าจะเป็นเท่าไรก็ได้ไม่จำกัด แต่การแบ่งนี้จะต้องแบ่งให้มีจำนวนเท่ากันทั้งสองท่อ คือ ทั้งท่อใหญ่ (Main pipe) และท่อแยก (Branch pipe)

2.3 การเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทที่ 3 การเขียนแผ่นคลี่รางน้ำ

การเขียนแบบแผ่นคลี่ของรางน้ำชายคาบ้าน สามารถเขียนด้วยวิธีเส้นขนานได้โดยไม่ยากนักการต่อรางน้ำเป็นมุมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นมุม 90 องศา หรือมุมอื่น ๆ ก็ตามเพื่อให้การเข้ามุมจดต่อกันพอดี จะต้องใช้วิธีการแบ่งเป็นส่วน ๆ เช่นเดียวกับการแบ่งส่วนของวงกลม

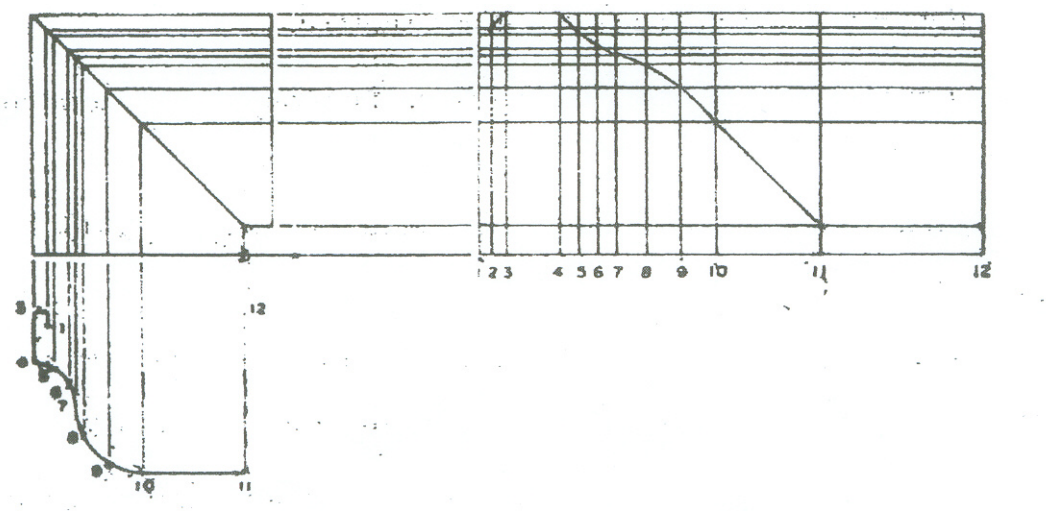
มุมการต่อของรางน้ำมี 2 ชนิด คือ ต่อเป็นมุมหันเข้าหาตัวอาคาร (Inside mitres) และต่อเป็นมุมหันออกนอกตัวอาคาร (Outside mitres) การเขียนภาพแผ่นคลี่ของการต่อมุมรางน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ จะมีวิธีการเขียนที่คล้ายกันทุกประการ



รูปที่ 5.14 รอยต่อมุมของรางน้ำ (ซ้าย) ต่อมุมใน (ขวา) ต่อมุมนอก

สำหรับการเขียนภาพแผ่นคลี่ การต่อมุมของรางน้ำทั้ง 2 ชนิด ดังกล่าวจะใช้วิธีการเขียนคล้ายกันแต่ลำดับขั้นในการเขียนจะกลับกัน ดังมีลำดับขั้นในการเขียนดังนี้

1. เขียนแบบภาพด้านบน และด้านหน้าตัดของรูปแบบชายคา
2. แบ่งภาพด้านหน้าตัดออกเป็นส่วน ๆ พร้อมทั้งให้เลขกำกับเส้น
3. ลากเส้นขนานจากจุดแบ่งส่วนทุกจุด ตรงไปยังภาพด้านหน้าจนถึงเส้นต่อมุม
4. ลากเส้นฉายภาพจากเส้นฐานของภาพด้านบนไปทางด้านขวาให้ยาวพอสมควร
5. วัดระยะส่วนต่าง ๆ ในภาพตัดด้านข้างทุกระยะลงบนเส้นฉายในข้อ 4 พร้อมทั้งใช้เลขกำกับเส้น
6. จากจุดแบ่งส่วนลากเส้นตั้งฉากกับเส้นในข้อ 4 ทุกจุด
7. จากภาพด้านบน ลากเส้นฉายภาพทุกจุดที่ตัดกับเส้นต่อมุมของรางน้ำไปยังเส้นตั้งฉากในข้อ 6
8. จากจุดตัดของคู่เส้นทุกคู่ลากจุดสัมผัสทุกจุด จะได้ภาพแผ่นคลี่ของรางน้ำ

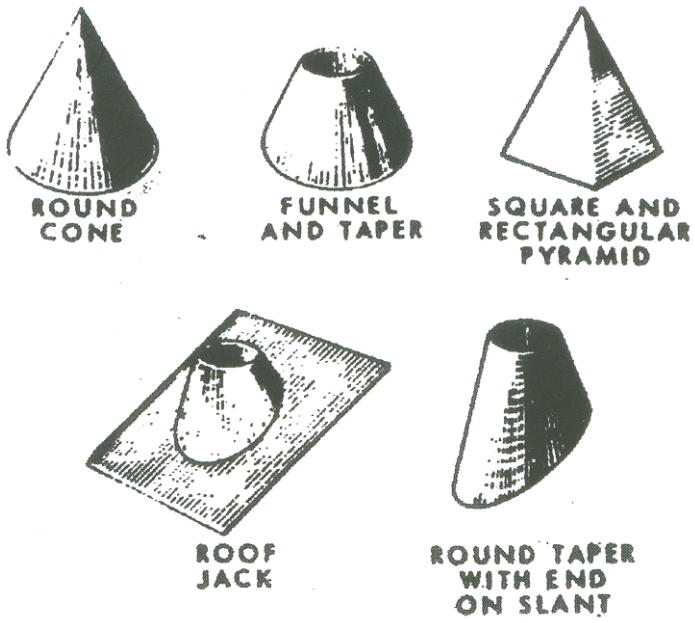


รูปที่ 5.15 แสดงการเขียนภาพแผ่นคลี่ของรางน้ำ

จากวิธีการเขียนภาพแผ่นคลี่ของวัตถุรูปทรงกระบอก, ทรงปริซึม และทรงขนานทุกรูปแบบ สามารถเขียนได้ด้วยวิธีเส้นขนาน ซึ่งจะเป็นวิธีเขียนที่ง่ายวิธีหนึ่ง ถ้าผู้ทำการเขียนมีความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

3. การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี (BADIAL LINE DEVELOPMENT)

การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีนี้ จะใช้สำหรับการเขียนแบบแผ่นงานที่มีเส้นแบ่งส่วนเป็นเส้นรัศมี รูปร่างทั่วไปจะเรียว (Taper) เช่น กรวย (cone) ปิรามิด (pyramid) กรวยหรือปิรามิดยอดตัด (frustum) โดยยอดตัดนั้นขนานกับฐาน (base)



รูปที่ 5.16 ตัวอย่างงานที่ใช้วิธีการเขียนด้วยเส้นรัศมี

คำจำกัดความต่าง ๆ ของการเขียนแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี

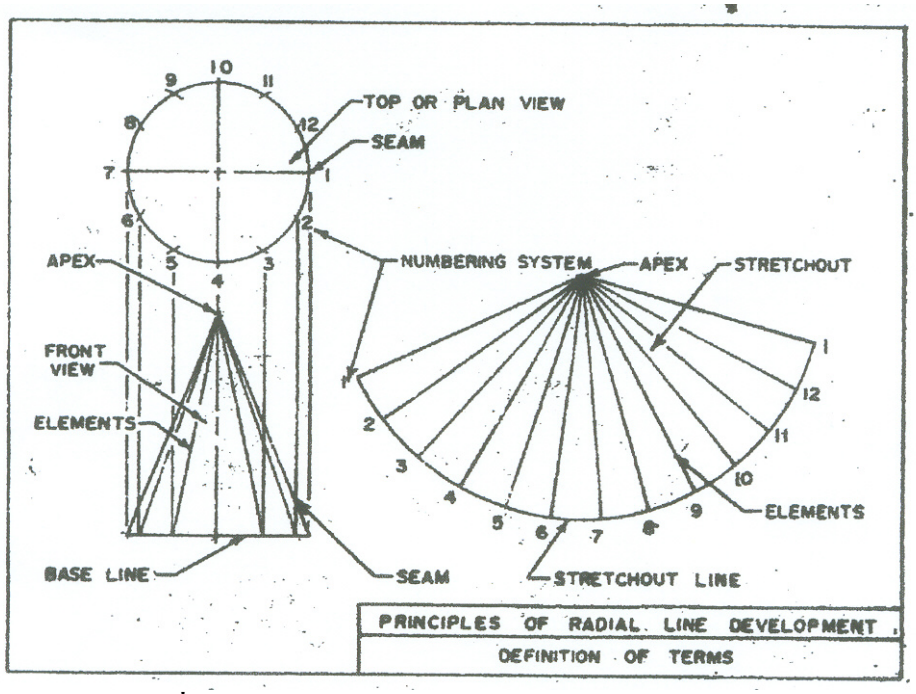
ภาพด้านหน้า (Front view) หมายถึงภาพที่แสดงให้เห็นส่วนสูง (height) และด้านกว้าง หรือเส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุ

ภาพด้านบน (Top view) หมายถึงภาพที่มองจากจุดยอดของวัตถุ แสดงให้เห็นความยาว (Length) และความกว้าง หรือเส้นผ่าศูนย์กลาง

เส้นฐาน (Base Line) หมายถึงเส้นขอบล่างด้านหน้าของวัตถุ ซึ่งเส้นแบ่งส่วนจากภาพด้านบนจะตัดเส้นฐานนี้ และจุดแบ่งส่วนที่เส้นฐานจะถูกลากผ่านไปยังจุดยอดของภาพด้านหน้าอีก

เส้นแบ่งส่วน (Element Line) เป็นเส้นที่สมมติและเขียนขึ้น ใช้แบ่งชิ้นงานออกเป็นส่วน ๆ เพื่อสะดวกสำหรับการเขียนภาพแผ่นคลี่ งานทรงกลมยอดแหลม เช่น กรวย ต้องใช้เส้นแบ่งส่วนนี้จะทำให้การเขียนภาพแผ่นคลี่ถูกต้องและรวดเร็วขึ้น สำหรับงานรูปทรงปิรามิด จะใช้เหลี่ยมหรือมุมเป็นเส้นแบ่งส่วนได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องสมมติเส้นขึ้นอีก จำนวนเส้นแบ่งส่วนของภาพแผ่นคลี่จะต้องเท่ากับจำนวนเส้นแบ่งส่วนในภาพด้านบนหรือภาพด้านข้างด้วย

เส้นรัศมีของภาพแผ่นคลี่ (Stretchout Arc) เป็นเส้นแรกของการเขียนภาพเฉพาะแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี เส้นแบ่งส่วนทุก ๆ เส้นจะมีระยะห่างเท่ากับระยะในภาพด้านบน และจะตั้งได้ฉากกับเส้นนี้ความยาวของเส้นรัศมีขอบภาพแผ่นคลี่นี้จะมีความยาวเท่ากับเส้นรอบรูปของภาพด้านบน



รูปที่ 5.17 แสดงเส้นต่าง ๆ ของการเขียนด้วยวิธีเส้นรัศมี

หลักการเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมี

ภาพด้านบนและภาพด้านหน้าของรูปชิ้นงานที่จะนำมาเขียนแบบแผ่นคลี่ จะต้องเลือกให้ภาพด้านหน้าแสดงเส้นความสูงจริงของเส้นรัศมีด้วย จะทำให้การเขียนถูกต้องและรวดเร็ว การ

เขียนภาพด้านบนและภาพด้านหน้าให้แสดงเส้นสูงจริง จะทำได้โดยการเขียนภาพด้านบนให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางหรือเส้นรัศมีของฐานที่ยาวที่สุดขนานกับเส้นฐานในภาพด้านหน้าขอบภาพด้านหน้าก็จะมีความสูงที่แท้จริงของเส้นรัศมี

การออกแบบตะเข็บสำหรับแผ่นคลี่นิยมจะใช้เส้นตรงกลางช่วงที่สิ้นสุด หรือตรงมุมด้านสั้น

3.1 การเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทที่ 1

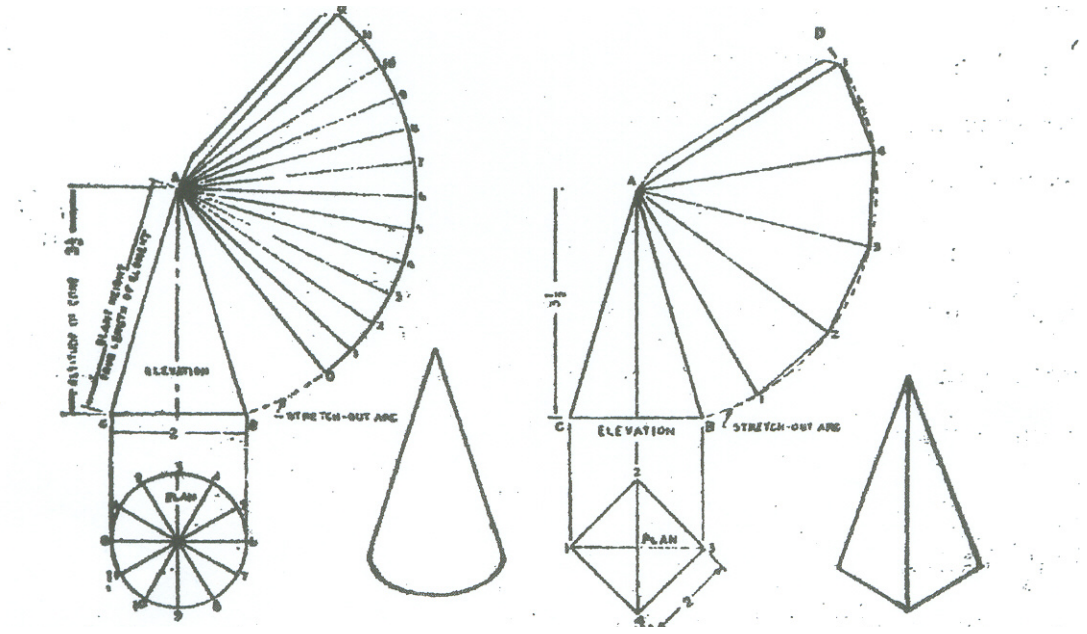
ใช้สำหรับการเขียนภาพแผ่นคลี่ของกรวยกลมและปิรามิดทรงยอดแหลม ซึ่งมีลำดับขั้นการเขียนดังนี้

1. เขียนภาพด้านบนและภาพด้านหน้าที่แสดงเส้นความสูงจริง (เส้นผ่าศูนย์กลางของกรวยและปิรามิดจะต้องขนานกับเส้นฐานในภาพด้านหน้า จึงจะได้เส้นความสูงจริงจากเส้นขอบภาพด้านหน้า)

2. แบ่งภาพด้านบนออกเป็นส่วนต่าง ๆ ตามความจำเป็นพร้อมทั้งให้ตัวเลขกำกับ โดยปกติกรวยกลมนิยมแบ่งเป็น 12 ส่วน สำหรับปิรามิดไม่ว่าจะเป็นสี่เหลี่ยมหรือหกเหลี่ยมจะแบ่งตามมุมหรือเหลี่ยมของปิรามิดนั้น

3. ลากเส้นฉายภาพแบ่งส่วนจากภาพด้านบนไปยังเส้นฐานในภาพด้านหน้า

4. จากจุดตัดของเส้นแบ่งส่วนกับเส้นฐานในภาพด้านหน้า ลากเส้นไปสู่จุดยอดของกรวยหรือปิรามิด



รูปที่ 5.18 การเขียนภาพแผ่นคลี่กรวยและปิรามิดยอดแหลม

5. เขียนเส้นรัศมีขอบภาพแผ่นคลี่ เท่ากับเส้นความสูงจริงจากขอบภาพด้านหน้าให้มีความยาวประมาณเท่ากับเส้นรอบรูปของภาพด้านบน

6. แบ่งเส้นรัศมีของภาพแผ่นคลี่ในข้อ 5 ออกเป็นส่วน ๆ เท่ากับจำนวนส่วนในภาพด้านบน

7. ลากเส้นแบ่งส่วนต่าง ๆ สู่จุดศูนย์กลางของวงกลม (สำหรับกรวยกลมไม่จำเป็นต้องลากทั้งหมดก็ได้ แต่จะต้องลากเส้นที่อยู่ปลายทั้งสองข้างของเส้นรัศมีขอบภาพแผ่นคลี่เสมอ จึงจะได้ภาพแผ่นคลี่ออกมา สำหรับปิรามิดจะต้องลากทุกเส้นเพื่อใช้สังเกตในขณะที่พับขึ้นรูป)

8. ลากเส้นจากจุดตัดของเส้นแบ่งส่วนกับเส้นรัศมีขอบภาพแผ่นคลี่ตามลำดับทุกจุด จะได้ภาพแผ่นคลี่ออกมา (เฉพาะปิรามิด)

3.2 การเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทที่ 2

การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีนี้ จะใช้สำหรับกรวยกลมหรือปิรามิดยอดตัด ซึ่งมีลำดับขั้นของการเขียนดังนี้

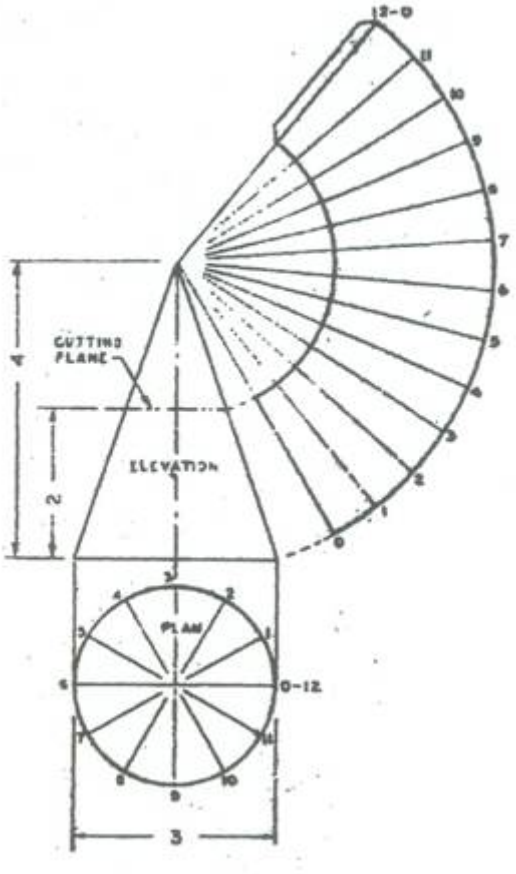
1. เขียนภาพด้านบนและภาพด้านหน้าของรูปชิ้นงาน ซึ่งแสดงความยาวของเส้นรัศมีจริง

2. แบ่งภาพด้านบนออกเป็นส่วนต่าง ๆ พร้อมทั้งลากเส้นฉายภาพไปยัง base line ของภาพด้านหน้า

3. จากจุดตัดที่เกิดขึ้นใหม่ในข้อ 2 ลากเส้นเข้าสู่จุดยอดของภาพ จากนั้นวัดเส้นสูงจริงจากขอบภาพด้านหน้า

4. วัดความสูงจริงจากเส้นขอบของภาพด้านหน้า แล้วนำไปเขียนเส้นขอบรัศมีให้ยาวเท่ากับระยะของจุดแบ่งส่วนต่าง ๆ ทุก ๆ จุดบนภาพด้านบนรวมกัน พร้อมทั้งให้ตัวเลขกำกับส่วนต่าง ๆ นั้นด้วย

5. ลากเส้นจากจุดแบ่งส่วนในภาพแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้นใหม่ทุก ๆ จุดไปสู่จุดยอด (Apex) หรือจุดศูนย์รวมของรัศมี เหมือนกับการเขียนแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นรัศมีประเภทที่ 1 ทุกประการ



รูปที่ 5.19 การเขียนภาพแผ่นคลี่กรวยยอดตัดตรง

6. จากจุดยอดของเส้นขอบภาพด้านหน้า ใช้วงเวียนถ่ายระยะรัศมีไปยังภาพแผ่นคลี่ในข้อ 5

7. สำหรับทรงปิรามิด จะต้องลากเส้นระหว่างจุดตัดของเส้นรัศมีในข้อ 6 กับเส้นที่ลากในข้อ 5 พร้อมทั้งลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดที่ฐาน

3.3 การเขียนภาพแผ่นคลี่ประเภทที่ 3

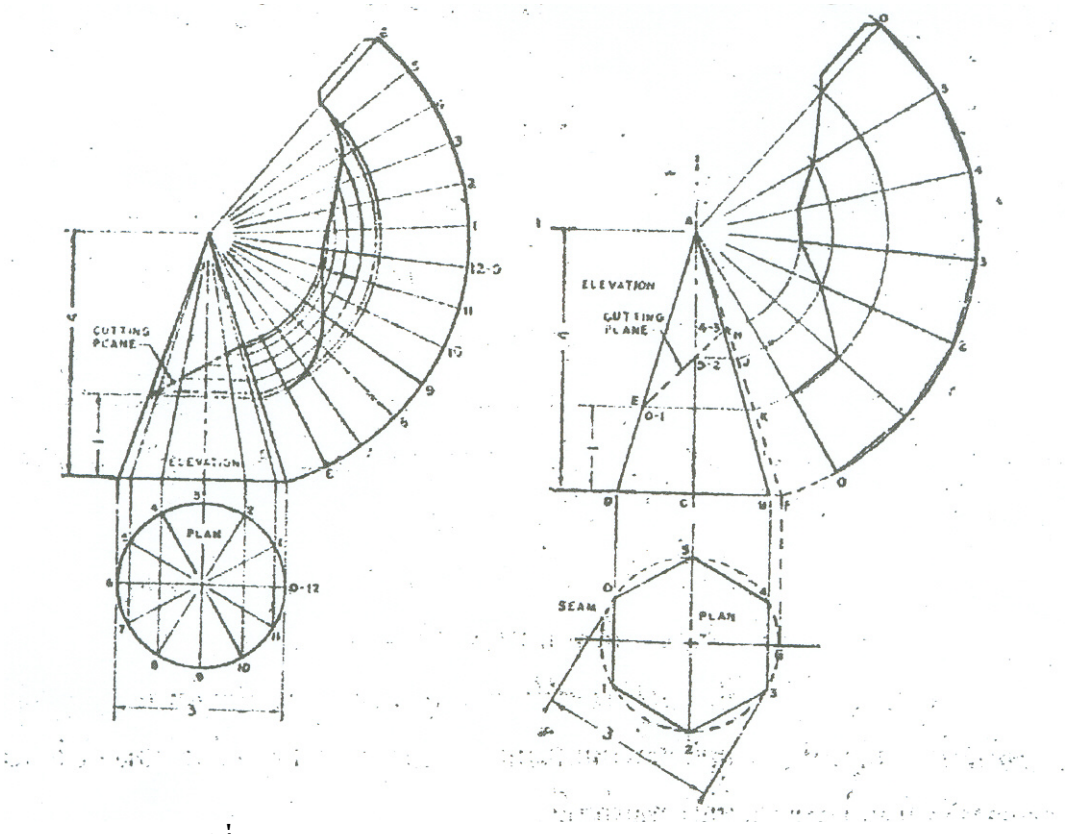
การเขียนภาพแผ่นคลี่รูปทรงกรวยหรือปิรามิดยอดตัด หรือฐานเฉียง จะใช้วิธีการเขียนแบบด้วยวิธีเส้นรัศมีได้เช่นเดียวกันกับการเขียนรูปทรงกรวยกลมหรือปิรามิดธรรมดา ดังมีวิธีการเขียนดังนี้

1. เขียนภาพด้านหน้าและภาพด้านบน (Top or Plan view) เต็มรูป หรือครึ่งรูป (Semi section)

2. แบ่งภาพด้านบนออกเป็นส่วน ๆ พร้อมทั้งลากเส้นจากจุดแบ่งส่วนขนานกับแกนตั้งไปยังภาพด้านหน้าตัดกับ base line และลากเส้นจากจุดตัด (base line กับ element line) ไปยังจุดยอด

3. จากจุดตัดระหว่างเส้นแบ่งส่วน (element line) กับเส้นตัดเฉียงทุกจุด ลากเส้นขนานไปกับฐานจนตัดเส้นขอบภาพด้านหน้า (รัศมี)

4. เริ่มสร้างแผ่นคลี่คล้ายกับวิธีการเขียนในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 จนถึงการให้ตัวเลขกำกับจุดและลากเส้นจากจุดตัด (ระหว่างขอบรัศมีกับเส้นแบ่งส่วน) ขึ้นไปสู่จุดยอดของภาพ



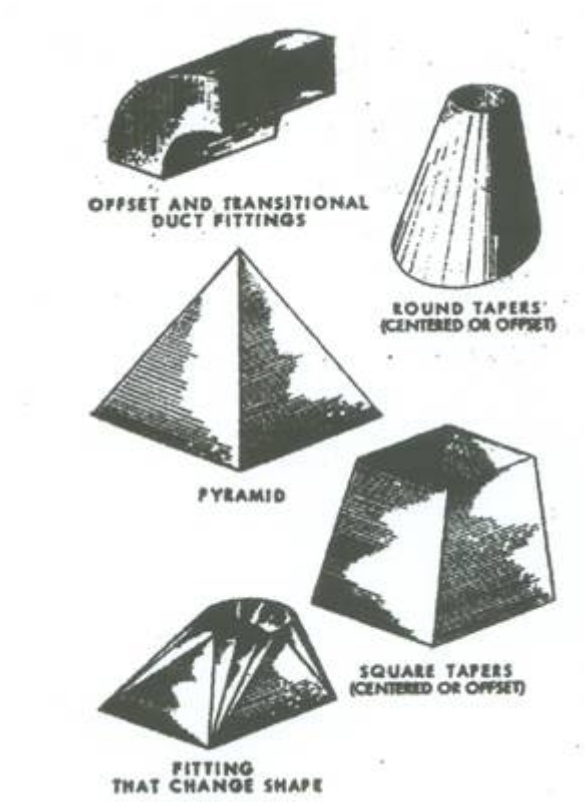
รูปที่ 5.20 การเขียนภาพแผ่นคอกรวย และปิรามิดยอดตัดเฉียง

5. จากภาพด้านหน้าใช้วงเวียนถ่ายระยะจากปลายที่ลากขนานตัดกับเส้นขอบภาพ(ข้อ 3) ไปถ่ายลงในแบบแผ่นคลี่ที่สร้างขึ้นใหม่ (ข้อ 4) ตามเลขกำกับเส้นเป็นคู่ ๆ ไป

6. จากจุดตัดที่ได้จากข้อ 5 ลากเส้นสัมผัสทุก ๆ จุด จะได้ภาพแผ่นคลี่ทรงกรวยหรือปิรามิดตัดเฉียง

4. การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก (TRIANGULATION LINE)

การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีนี้จะใช้หลักการหาเส้นความสูง (ยาว) จริงจากเส้น 2 เส้น ที่ทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ความห่างของปลายเส้นทั้งสองที่ทำมุมฉากกันจะเป็นเส้นความสูงจริงที่นำมาให้เขียนภาพแผ่นคลี่



รูปที่ 5.21 แสดงแบบงานต่าง ๆ ที่เขียนด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก

การหาเส้นสูงจริงทุกครั้งจะต้องนำเส้น 2 เส้นมาทำมุมฉากกันเสมอ ดังนั้นจึงเรียกการเขียนด้วยวิธีนี้ว่า เส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก หรือ Triangulation line

การเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีนี้จะใช้เขียนแผ่นคลี่ของงานโลหะแผ่นรูปทรงต่าง ๆ ทุกรูปที่ไม่สามารถจะเขียนด้วยวิธีอื่น ๆ ได้อย่างถูกต้องรูปแบบงานดังกล่าวได้แก่ข้อต่อกลมกับท่อเหลี่ยม (Square to round transition) ท่อกลม และท่อเหลี่ยมเยื้องศูนย์ หรือข้อต่องานท่อ Duct เป็นต้น

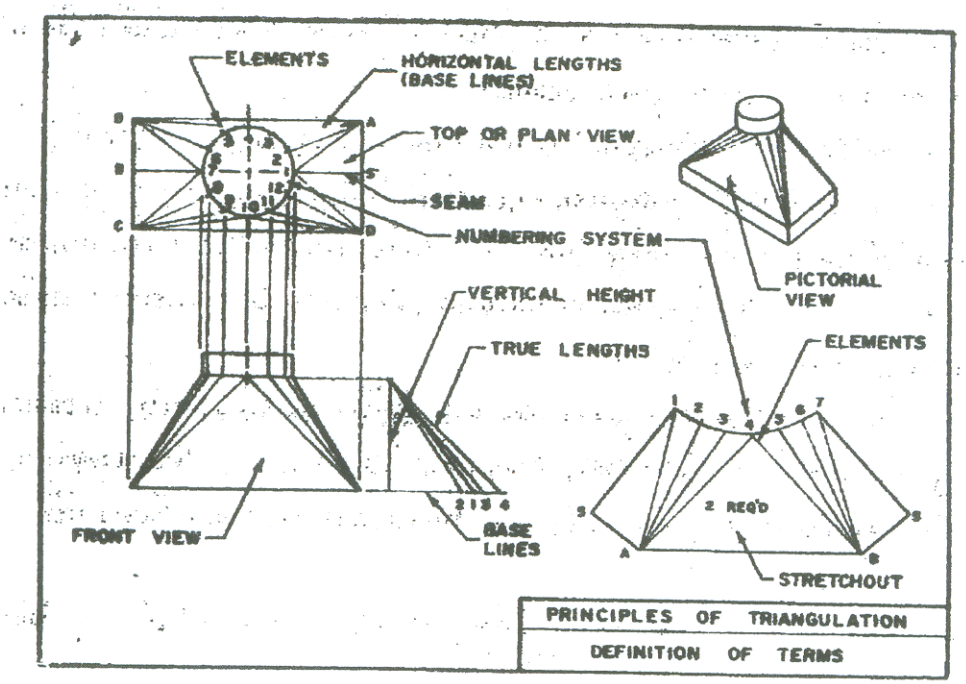
คำจำกัดความของเส้นต่าง ๆ

ชนิดของเส้นต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนแผ่นคลี่จะคล้ายกับการเขียนด้วยวิธีเส้นขนาน หรือเส้นรัศมี ความยาวของเส้นที่ปรากฏจากขอบภาพด้านหน้าจะไม่ใช่ความสูงจริง เหมือนกับวิธีเส้นขนาน หรือวิธีเส้นรัศมี คำจำกัดความที่ต่างกัน ได้แก่

Vertical height จะเป็นชื่อเรียกของเส้นตั้งหรือเส้นดิ่งสำหรับใช้หาความสูงจริง

Base line จะเป็นชื่อเรียกของเส้นนอนที่สำหรับใช้หาความสูงจริง

True length เป็นเส้นความสูงจริงที่ได้จากการนำเอาระยะจากภาพด้านบน ภาพด้านหน้าหรือภาพด้านข้างคู่หนึ่งมาทำมุมฉากซึ่งกันและกัน ระยะห่างจากปลายเส้นทั้งสองจะเป็นระยะของเส้นความสูงจริงที่ใช้สำหรับการเขียนภาพแผ่นคลี่



รูปที่ 5.22 แสดงเส้นต่าง ๆ ของการเขียนด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก

หลักของการเขียนภาพแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก

ประเภทที่ 1 ท่อเหลี่ยมต่อท่อกลม

จะเป็นการเขียนแบบแผ่นคลี่ของรูปงานที่มีการเปลี่ยนขนาด และรูปทรงบนเส้นแกนกลางเดียวกัน เช่น ข้อต่อท่อสี่เหลี่ยมต่อท่อกลม (Square to round fitting transition) ข้อต่อท่อ รูปวงรีต่อท่อกลม (Oval to round fitting transition) เป็นต้น และข้อต่อท่อสี่เหลี่ยมต่อท่อกลมเยื้องศูนย์ก็จะเขียนแบบแผ่นคลี่ในประเภทนี้เช่นเดียวกัน

ข้อต่อท่อรูปสี่เหลี่ยมต่อท่อกลมมีลำดับขั้นการเขียนภาพแผ่นคลี่ดังนี้

1. เขียนภาพด้านบนและภาพด้านหน้าของแบบรูปงานตามต้องการ
2. แบ่งภาพด้านบนออกเป็นส่วนต่าง ๆ พร้อมทั้งให้สัญลักษณ์หมายเลขกำกับเส้นทุก ๆ จุด
3. ลากเส้นจากจุดตัดแบ่งส่วนในข้อ 2 ไปยังมุมต่าง ๆ ของรูป (ด้านบน)
4. ลากเส้นฉายภาพจากภาพด้านบนทุก ๆ จุดแบ่งไปยังภาพด้านหน้า
5. จากจุดตัดที่เกิดจากเส้นฉายภาพลากตัดกับภาพด้านหน้าในข้อ 4 ให้ลากเส้นแบ่งส่วนไปยังมุมของฐาน
6. ลากเส้นความสูงจากภาพด้านหน้าแล้วนำไปเขียนเส้นตั้ง (Vertical line)
7. ลากเส้นนอน (base line) ให้ตั้งฉากกับเส้นตั้งให้ยาวพอสมควร

8. จากภาพด้านบน (top view) ถ่ายระยะความยาวของเส้นแบ่งส่วนทุกเส้นลงในเส้นนอน (ข้อ 7) โดยเริ่มต้นจากจุดตัดของมุมฉาก พร้อมทั้งให้หมายเลขกำกับจุดตามเส้นแบ่งส่วนของภาพด้านบนด้วย

9. ระยะที่ได้ใหม่จะลากจากจุดต่าง ๆ ในข้อ 8 ไปยังจุดปลายของเส้นตั้ง (ข้อ 6) ซึ่งเส้นที่ได้ใหม่นี้จะเรียกว่าเส้นความสูงจริง (true lengths)

10. นำระยะความยาวของฐานจากภาพด้านหน้าไปขีดเพื่อเขียนภาพแผ่นคลี่

11. จากจุดปลายสุดของเส้นในข้อ 10 ให้ใช้ระยะความสูงจริงที่ได้จากข้อ 9 เฉพาะเส้นที่มีความสัมพันธ์กับด้านฐานและสั้นมากที่สุด (เส้น 4) นำไปเขียนเป็นจุดตัดเริ่มต้นของแผ่นคลี่

12. นำระยะจากจุดแบ่งส่วนจากภาพด้านบน ส่วนต่อ ๆ ไป (จากข้อ 2) ไปเขียนระยะโดยจุดตัดที่ได้จากข้อ 11 เป็นจุดเริ่มต้น

13. นำระเยจากเส้นความสูงจริงจากข้อ 9 เส้นที่มีความสัมพันธ์ถัดไป ไปเขียนระยะลงโดยเริ่มมุมของฐานของสามเหลี่ยม (A, B) ตัดระยะของเส้นแบ่งส่วนในข้อ 12 ได้เป็นจุดตัด 3, 5

14. จากจุดตัดที่ได้จากข้อ 13 (3, 5) ให้นำระยะจากจุดแบ่งส่วนที่ถัดจากข้อ 12 ไปเขียนระยะอีก (3 - 2, และ 5 - 6)

15. แล้วนำระยะของเส้นความสูงจริงเส้นถัดไปตัดระยะแบ่งส่วนในข้อ 14 ได้เป็นจุดตัด 2 และ 5 ตามลำดับ

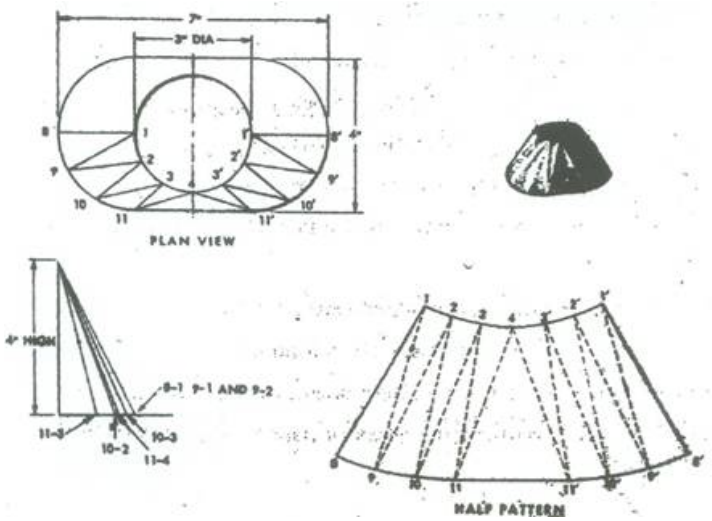
16. จากจุด 2 และ 5 ที่ได้ใช้ระยะแบ่งส่วนที่เหลือ (2 - 1 และ 6 - 7) เขียนเส้นแบ่งส่วนอีก

17. ใช้เส้นความสูงจริงที่เหลือเขียนระยะได้เป็นจุด 1 และ 7 ตามลำดับ

18. จากจุด 1 และ 7 ให้ใช้ระยะขอบตะเข็บ (S-1 และ S-7) แต่ละด้าน (ได้จากเส้นขอบรูปด้านหน้าของแต่ละเส้น) เขียนรัศมี

19. จากจุด A-S และ B-S จะได้จากเส้นระยะจากขอบถังตะเข็บ (A-S และ B-S) ในภาพด้านบนเขียนระยะโดยเริ่มจาก A และ B ตัดเส้นรัศมีในข้อ 18 จะได้จุด S ทั้งสองข้าง

20. ลากเส้นสัมผัสจุดทุกจุดจะได้ครึ่งแบบแผ่นคลี่ของรูปทรงงานตามต้องการ ดังรูป 5.22

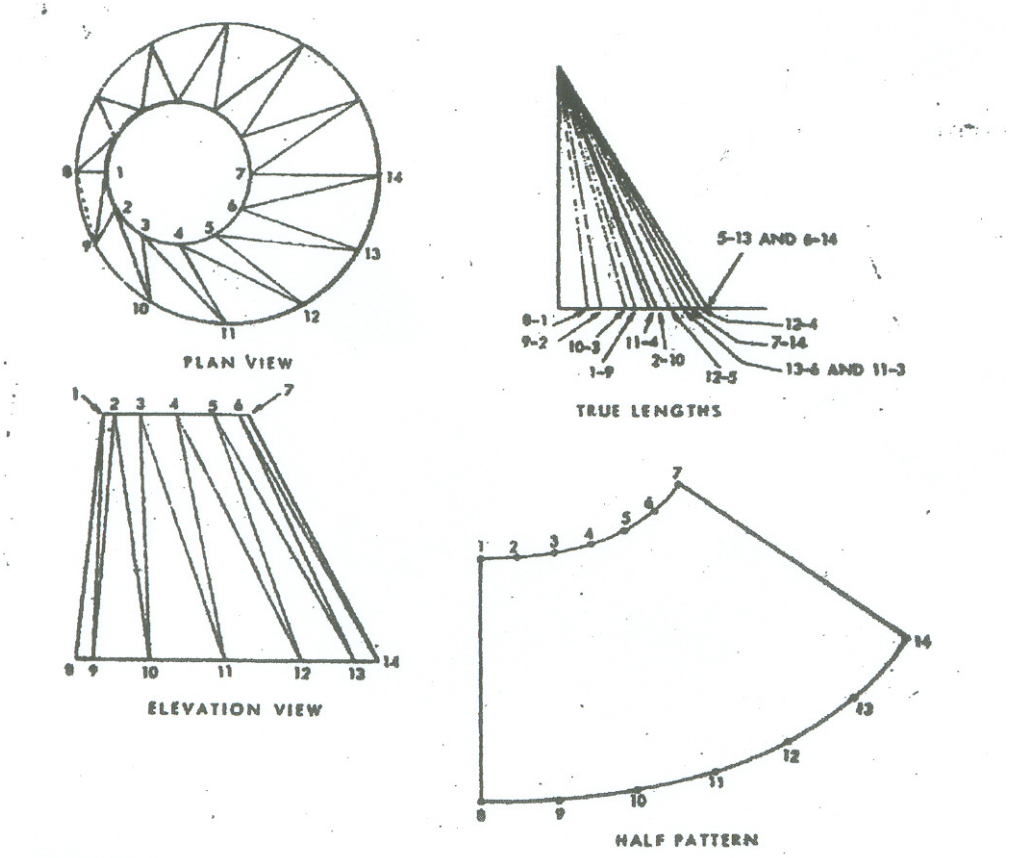


รูปที่ 5.23 แสดงภาพแผ่นคลี่ของข้อต่อท่อวงรีต่อท่อกลม

สำหรับข้อต่อรูปวงรีต่อท่อกลม ก็จะมีวิธีการเขียนภาพแผ่นคลี่เช่นเดียวกับข้อต่อท่อสำหรับต่อท่อกลม ดังแสดงในรูปที่ 5.23

ประเภทที่ 2 ท่อเหลี่ยมหรือท่อกลมลดขนาดและเยื้องศูนย์

เป็นการเขียนแบบภาพแผ่นคลี่ของรูปงานท่อกลมหรือรูปงานหลายเหลี่ยมลดขนาด และเยื้องศูนย์ ซึ่งมีวิธีการเขียนคล้ายกับวิธีการแบบแผ่นคลี่ด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยนมุมฉากที่ได้กล่าวมาแล้วในประเภทที่ 1



รูปที่ 5.24 แสดงข้อต่อท่อกลมลดขนาดและเยื้องศูนย์

วิธีการเขียนแบบแผ่นคลี่ของข้อต่อเยื้องศูนย์ และลดขนาดทุกแบบที่ใช้วิธีการเขียนด้วยวิธีเส้นสามเหลี่ยมมุมฉาก จะต้องหาเส้นสูงจริงหลายเส้น ทั้งเส้นสูงจริงในแนวตั้ง * และเส้นสูงจริงในแนวทะแยง ** ก่อน แล้วจึงนำเส้นสูงจริงทั้งสองไปเขียนจุดตัดกับระยะของเส้นแบ่งส่วนสลับกันไป มีวิธีการเขียนดังต่อไปนี้

หมายเหตุ * เส้นสูงจริงในแนวตั้งตรง หมายถึง เส้นสูงที่ลากจากจุดแบ่งถึงจุดแบ่งส่วน สำหรับงานกลมคือเส้นแบ่งส่วน, ส่วนรูป เหลี่ยมคือเส้นขอบเหลี่ยม

**** เส้นสูงจริงในแนวทะแยงหมายถึง เส้นสูงที่ลากจากปลายเส้นแบ่งส่วนที่ปลายด้านหนึ่ง ไปยังเส้นแบ่งอีกปลายด้าน หนึ่งของเส้นแบ่งส่วนอีกเส้นหนึ่งในลำดับถัดไป**

1. เขียนภาพด้านบนและภาพด้านหน้าของรูปแบบชิ้นงาน

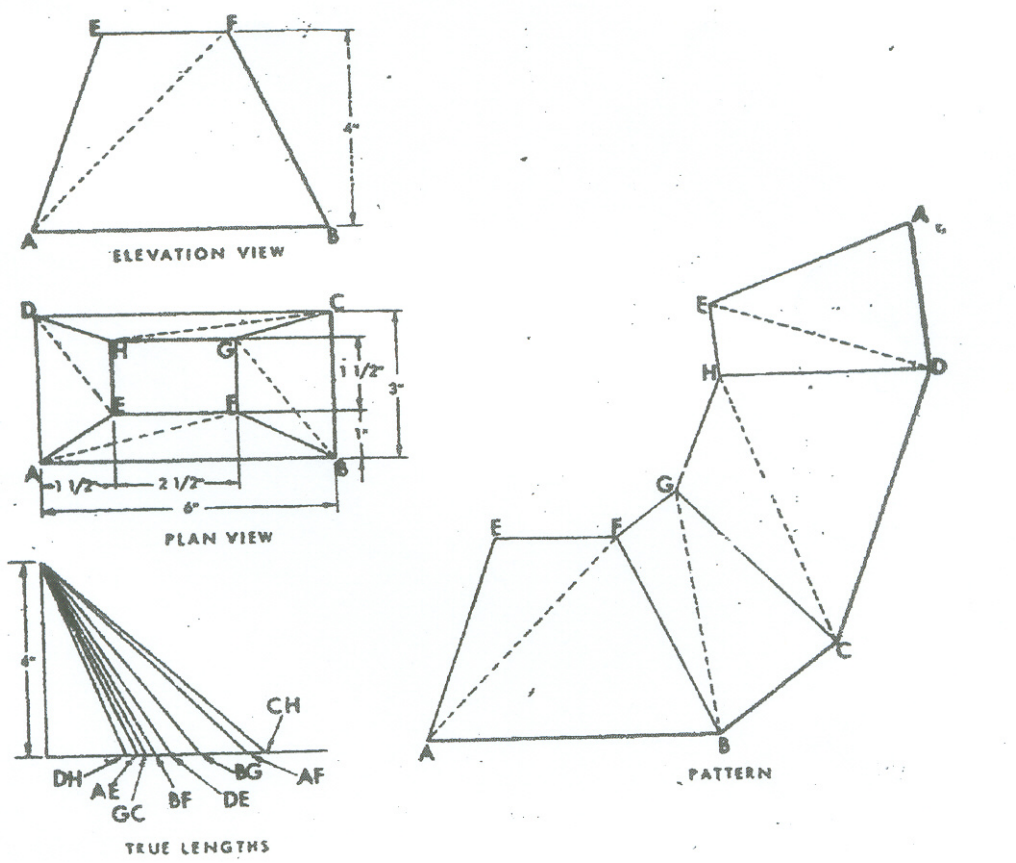
2. แบ่งส่วนด้านบนออกเป็นส่วนต่าง ๆ เท่ากับงานบนเหลี่ยมของรูปงานสำหรับงานหลายเหลี่ยม ส่วนงานกลมโดยปกติจะแบ่งเป็น 12 ส่วน

3. ลากเส้นแบ่งส่วนทั้งที่เป็นสูงจริงตรงและสูงจริงทะแยงในภาพด้านบน

4. ลากเส้นตั้งเท่ากับความสูงด้านหน้าของรูปแบบชิ้นงาน

5. ลากเส้นนอนให้ตั้งฉากกับเส้นตั้งให้ยาวพอสมควร

6. นำระยะจากเส้นแบ่งส่วน (ทั้งเส้นที่อยู่ในแนวตั้งตรงและแนวทะแยง) จากภาพด้านบนแต่ละชุด ๆ ไปถ่ายลงบนเส้นฐาน (ข้อ 5) โดยเริ่มต้นจากจุดตัดตั้งฉาก พร้อมทั้งให้หมายเลขหรือสัญลักษณ์กำกับจุดด้วย



รูปที่ 5.24 ข้อต่อท่อสี่เหลี่ยมลดขนาดและเยื้องศูนย์

7. ลากเส้นจากจุดแบ่งส่วนในข้อ 8 ไปยังจุดยอดของเส้นตั้งในข้อ 4 จะได้เป็นเส้นสูงจริง 2 ชุด คือเส้นสูงจริงตรงและเส้นสูงจริงทะแยงซึ่งจะใช้ความยาวของเส้นทั้งสองชุดนี้สร้างเป็นภาพแผ่นคลี่ต่อไป

8. นำระยะจากเส้นแบ่งส่วนด้านสั้นที่สุด หรือยาวที่สุดก็ได้ จากชุดเส้นสูงจริงตรงเป็นจุดเริ่มต้นของการเขียน สำหรับงานเหลี่ยมจะใช้ด้านฐานเป็นจุดเริ่มต้น หรือจะใช้ระยะความสูงจริงจากเส้นแบ่งส่วนเป็นจุดเริ่มต้นก็ได้

สำหรับงานกลมจะใช้ด้านสั้นที่สุด (1 - 8) ส่วนงานเหลี่ยมจะใช้เส้นสูงจริง (A, E) เป็นจุดเริ่มต้นของการเขียน

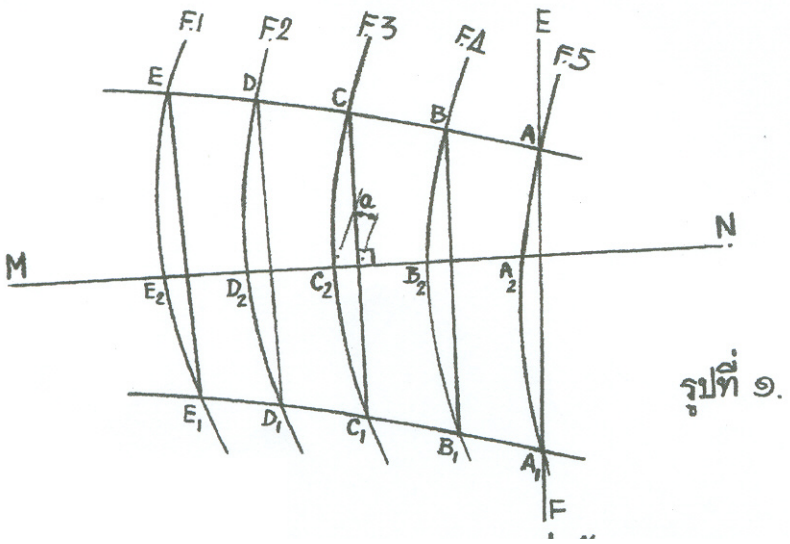
ข้อต่องานกลม	ข้อต่องานเหลี่ยม
9. ใช้จุด 1 เป็นจุดเริ่มต้นเขียนรัศมี 1- 9	ใช้จุด A เป็นจุดเริ่มต้นเขียนรัศมี AE
10. จากจุดปลายอีกด้านหนึ่งคือจุด 9 ใช้ระยะเส้นแบ่งส่วน 8 - 9 จากภาพด้านบนขีดตัดกับเส้นรัศมี 1- 9 จะได้จุด 9	จากจุด E ใช้ระยะเส้นแบ่งส่วน EF จากภาพด้านบนขีดตัดกับเส้นรัศมี AF จะได้จุด F
11. จากจุด 9 เขียนระยะความสูงจริง โดยใช้ระยะของเส้น 9 - 2	จากจุด F เขียนระยะความสูงจริงโดยใช้เส้น BF
12. จากจุด 1 ใช้ระยะห่างของเส้นแบ่งส่วนในภาพด้านบน เขียนรัศมีตัดเส้น 9 - 2 ที่จุด 2	จากจุด A ใช้ระยะห่างของเส้น AB ในภาพด้านบนเขียนรัศมีตัดเส้น BF ที่จุด B
13. จากจุด 2 ใช้เส้นความสูงจริงทะแยงหาจุดตัดใหม่ต่อไป โดยใช้ระยะเส้น 2 - 10 เขียนรัศมี	จากจุด B ใช้เส้นความสูงถึงทะแยงหาจุดตัดใหม่ต่อไป โดยใช้ระยะเส้น BG เขียนรัศมี
14. จากจุด 9 ใช้ระยะของเส้นแบ่งส่วนในภาพด้านบน จาก 9-10 เขี่ยนรัศมีตัดเส้น 2-10 ที่จุด 10	จากจุด F ใช้ระยะของเส้นแบ่งส่วนในภาพด้านบนจาก FG เขียนรัศมีตัดเส้น BG ที่จุด G
15. จากจุด 10 ก็จะใช้หาจุด 3 จากจุด 3 ก็ใช้หาจุด 11 จากจุด 11 ก็จะใช้หาจุด 4 และจากจุด 4 ก็จะใช้หาจุด 12 เรียงต่อไปจนครบทุกเส้นทุกจุด	จากจุด G ก็จะใช้หาจุด C จากจุด C ก็จะใช้หาจุด H จากจุด H ก็จะใช้หาจุด D จากจุด D ก็จะใช้หาจุด E และจากจุด E ก็จะใช้หาจุด A

16. ลากเส้นสัมผัสจุดต่าง ๆ ทุกจุดเรียงตามลำดับจะได้ภาพแผ่นคลี่ออกมา

สำหรับข้อต่องานกลมจะใช้เขียนครึ่งภาพแผ่นคลี่หรือจะเขียนเต็มภาพก็ได้ ถ้าเขียนเต็มแผ่นจะต้องเริ่มจากกึ่งกลางภาพออกสู่ด้านข้างทั้งสองข้างจนครบทุกเส้น

<u>การขยายแบบแผ่นเหล็ก</u> (SHELL EXPANSION)

<u>วิธีที่ 1</u> เส้นตรงเป็นเส้นฐาน (BASE LINE METHOD)



รูปที่ ๑.

1. เริ่มปฏิบัติในรูป Body Plan

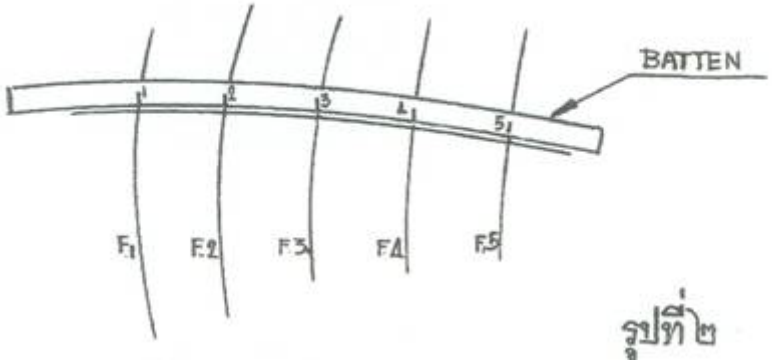
1.1 ลากเส้นกงสมมุติ โดยลากจากจุดที่เส้นกงตัดกับแนวขอบแผ่นเหล็กบนมายังแนวขอบแผ่นเหล็กล่างของกงเดียวกัน คือลากเส้นตรง EF ให้ผ่านจุด A, A_1 ทำด้วยวิธีเดียวกันนี้ทุก ๆ กง (รูปที่ 1)

1.2 ประมาณว่ากงใดอยู่กึ่งกลางแผ่น ใช้กงนั้นเป็นหลักในการขยาย จากรูปที่ 1 กงที่ 3 เป็นกงที่อยู่กึ่งกลางแผ่น แบ่งครึ่งเส้นตรง CC_1 ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ที่จุด O

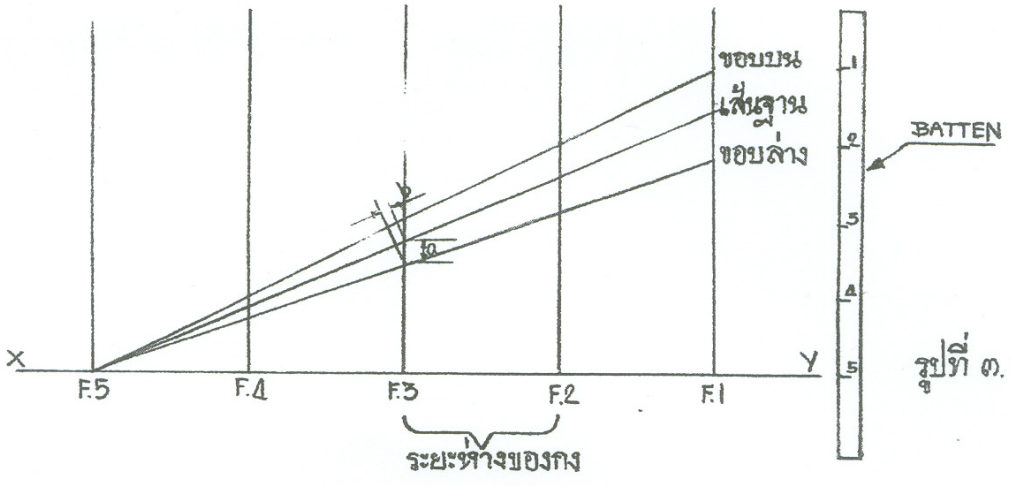
1.3 ที่จุด O สร้างเส้นตั้งฉาก MN ตัดผ่านเส้นกง EE_1 ที่จุด E_2, DD_1 ที่จุด D_2, CC_1 ที่ C_2, BB_1 ที่ B_2, AA_1 ที่ A_2 เส้น MN นี้จะเป็นเส้นฐานของแผ่นเหล็ก

2. ขยายความยาวจริงของเส้นขอบแผ่นเหล็กทั้งแนวบน แนวล่าง และเส้นฐานด้วยวิธีดังนี้

2.1 ใช้ไม้ถ่ายความยาวซึ่งดัดโค้งได้ ทาบไปตามแนวขอบแผ่นเหล็ก ตามความโค้งของเส้นขอบแผ่นเหล็กนั้น ถ่ายตำแหน่งของกงต่าง ๆ ลงในไม้ถ่าย เส้นฐานและเส้นขอบล่างก็ปฏิบัติด้วยวิธีเดียวกัน (รูปที่ 2)



รูปที่ ๒



2.2 ขยายความยาวจริงของแนวขอบแผ่นเหล็ก (รูปที่ 3) ระยะกงที่ปรากฏในรูปเป็นระยะแต่ละช่วงกงจริงของเรือ นำไม้ถ่ายความยาวจริงที่ถ่ายตำแหน่งกงไว้ โดยเริ่มจากแนวขอบบน นำไม้ถ่ายแนวขอบบนทาบลงที่เส้นกงที่ 4 โดยให้จุดที่หมายตำแหน่งกงที่ 5 อยู่ที่เส้น XY หมายตำแหน่งของกงที่ 4 ลงที่เส้นกงที่ 4 นำไม้ถ่ายเดิมทาบไปที่กงที่ 3 ให้ตำแหน่งจุดที่หมายตำแหน่งกงที่ 5 นั้นอยู่บนเส้นฐาน XY เช่นเดิม ถ่ายตำแหน่งของกงที่ 3, กงที่ 2 และ 1 ก็ปฏิบัติเช่นเดียวกัน

2.3 ลากเส้นจากจุดที่เส้นกงที่ 5 ตัดเส้นฐาน XY ผ่านจุดต่าง ๆ ที่ได้หมายไว้แต่ละกง ระยะความยาวของเส้นที่ลากผ่านจุดต่าง ๆ นี้ คือความยาวจริงของแนวขอบแผ่นเหล็กแต่ละช่วงกง แนวขอบแผ่นเหล็กล่างและเส้นฐาน ก็ขยายความยาวจริงด้วยวิธีเดียวกันนี้

3. หาความยาวจริงของเส้นกง (ความกว้างของแผ่นเหล็ก)

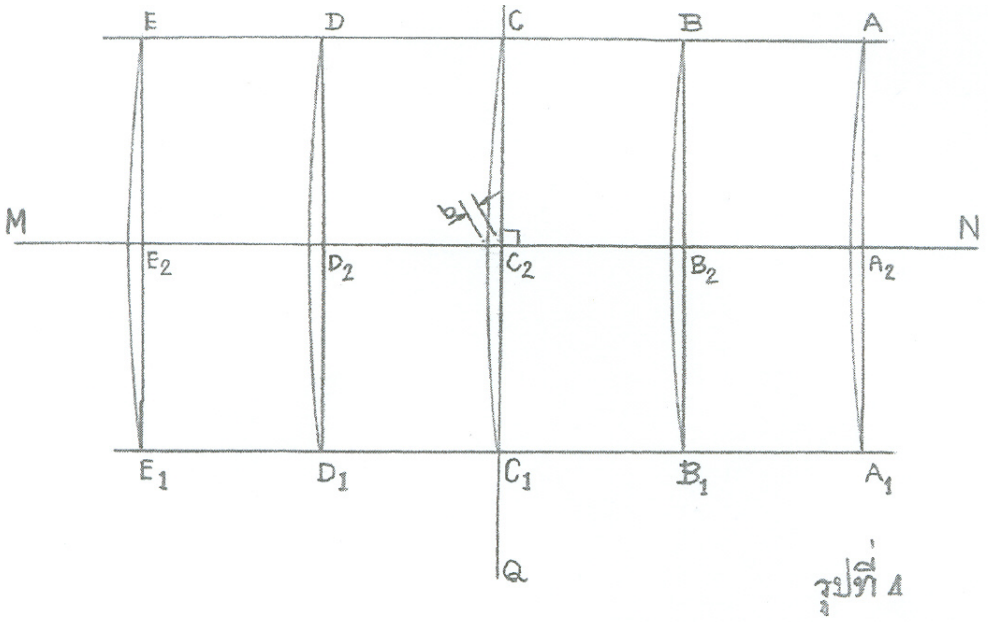
นำไม้ถ่ายความยาวซึ่งดัดโค้งได้ (Batten) ทาบไปตามความโค้งของกง โดยให้จุดกึ่งกลางของไม้ถ่ายซึ่งได้หมายไว้ที่ไม้ถ่ายนั้น ตรงกับจุดที่เส้นฐานตัดกับเส้นกง ถ่ายตำแหน่งจุดตัดระหว่างเส้นกงกับแนวขอบแผ่นเหล็กทั้งสองไว้ที่ไม้ถ่าย ปฏิบัติเช่นนี้ทุก ๆ กง

4. สร้างรูปแผ่นเหล็กเท่าขนาดจริง

4.1 เริ่มจากการเขียนเส้นฐาน MN

4.2 สร้างเส้นฉาก PQ แบ่งครึ่งและตั้งฉากกับเส้นฐาน MN จุดแบ่งครึ่งนี้คือ จุด C_2

4.3 นำไม้ถ่ายความยาวจริงของกงทาบที่เส้นฉาก PQ โดยให้จุดกึ่งกลางไม้ถ่ายอยู่ตรงตำแหน่งจุด C_2 ถ่ายระยะของกงที่ 3 ลงที่เส้น PQ ทั้งตำแหน่งแนวขอบบนและแนวขอบล่าง

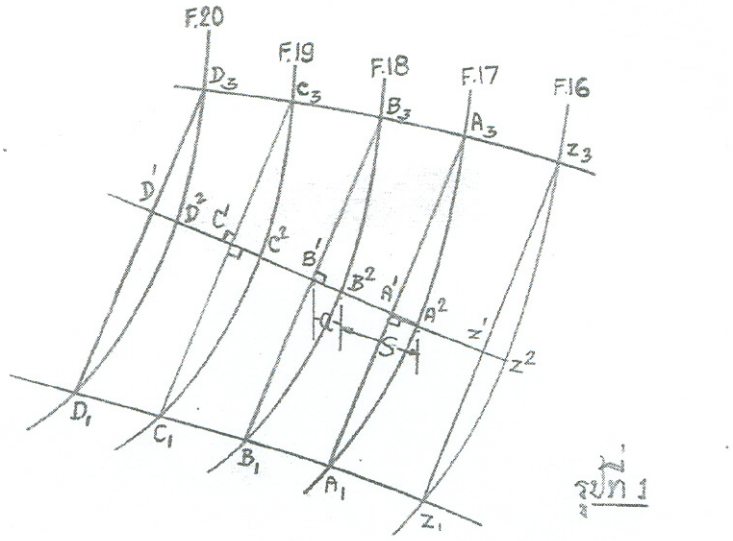


รูปที่ 4

4.4 ที่เส้นฐาน MN นำไม้ถ่ายความยางจริงของเส้นฐาน ซึ่งถ่ายมาจากความยาวจริงของเส้นฐาน MN มาทาบที่เส้นตรง MN โดยให้ตำแหน่งกงที่ 3 ตรงกับจุด C_2 แล้วถ่ายระยะกงต่าง ๆ ลงที่เส้น MN ที่จุด E_2, D_2, B_2, A_2

4.5 สร้างจุดตัดระหว่างเส้นแนวขอบบน, เส้นกง และเส้นแนวขอบล่างกับเส้นกง โดยใช้ความยาวจริงของแนวขอบแผ่นเหล็กจากความยาวจริง (รูปที่ 3) และความยาวจริงของเส้นกงต่าง ๆ ที่ได้จากข้อ 3 มาสัมพันธ์กัน โดยตัดกันตามตำแหน่งของกงแต่ละกง

5. นำระยะ Back - Set จากรูปที่ 3 คือระยะ “ B ” ซึ่งได้มาจากระยะ “A” ซึ่งระยะ “A” คือระยะความยาวบนเส้นฐาน ระหว่างจุดตัดของกงจริงกับจุดตัดของเส้นกงที่สร้างขึ้นนำระยะ “B” มาใส่ในรูปที่ 4 จากจุดตัดของกงกับเส้นฐานไปทางที่แผ่นเหล็กโค้งปรากฏในรูป Body และ FAIR เส้น Back - Set นั้น ทุก ๆ กง



<u>วิธีที่ 2</u> วิธีเส้นฉาก (ORTHOGPNSL METHOD)

1. ในรูป BODY เขียนเส้นตรงสมมุติขึ้นจากสุดขอบแผ่นเหล็กบนมาขอบแผ่นเหล็กล่างจะได้เส้นตรง $A_3 A_1$, $B_3 B_1$, $C_3 C_1$, $D_3 D_1$, $Z_3 Z_1$

2. คำนวณดูว่ากงใดอยู่กลางของแผ่นเหล็กที่ขยาย จากรูปที่ 1 สมมุติให้กงที่ 18 เป็นกงที่อยู่กึ่งกลางแผ่นเหล็ก เริ่มปฏิบัติโดยการแบ่งครึ่งเส้นตรง $B_1 B_3$ ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันที่ จุด B'

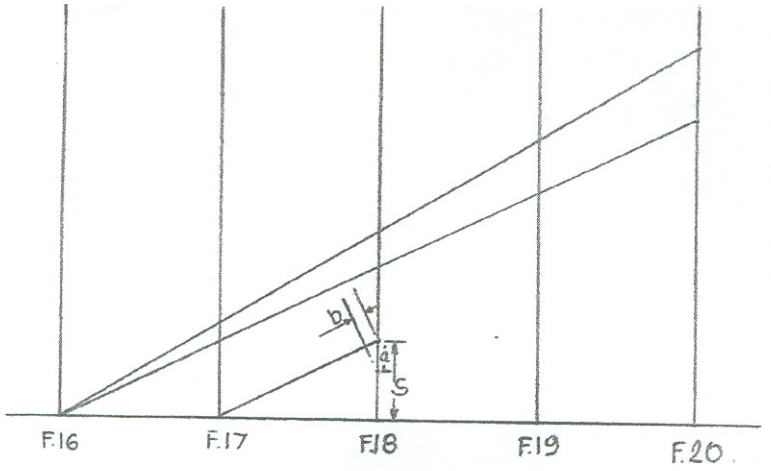
3. ณ. จุด B' สร้างเส้นตั้งฉากถึงกงจริงที่ 19 และกงจริงที่ 17 ที่จุด C_2 และ A_2 ตามลำดับ โดยผ่านเส้นกงจริงที่ 18 ที่ B^2

4. บนเส้นตรง $C_3 C_1$ สร้างเส้นฉากให้ผ่านจุด ของเส้นกงจริง และต่อไปยังเส้นกงจริงที่ 20 ที่จุด D_2

5. ถ้ามีกงต่อไปจากกงที่ 20 คือกงที่ 21 สร้างเส้นฉากบนเส้นตรง $D_3 D_1$ มายังจุด D_3 ต่อไปยังเส้นกงจริงที่ 21 ต่อไป

6. บนเส้นตรง $A_3 A_1$ สร้างเส้นฉากจาก ไปยังเส้นกงจริง 16 ที่ จุด Z_2 และผ่านเส้นกงจริงที่ 17 ที่จุด A^2 ด้วย

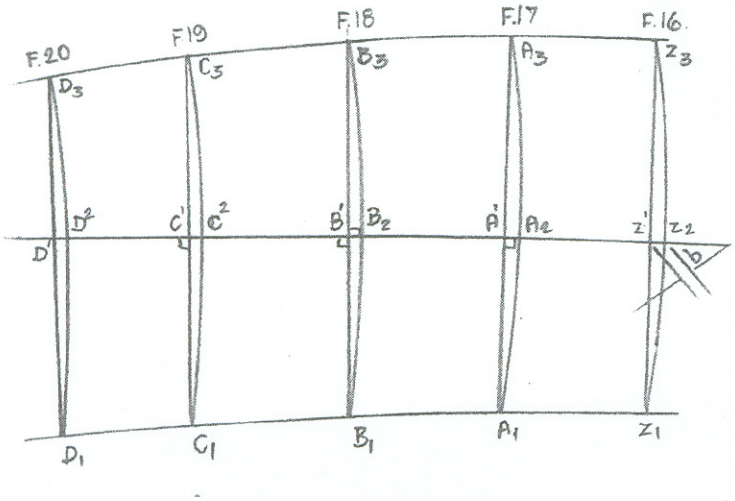
ถ้ามีกงที่ 15 ต่อไปอีก ก็ปฏิบัติในวิธีการเดียวกันกับข้อ 5 หรือข้อ 6 เช่นกัน



รูปที่ 2

7. หาความยาวจริงของขอบแผ่นเหล็กบนและล่าง (ด้วยวิธีการเดียวกันกับการขยายแผ่นเหล็กวิธีที่ 1)

8. หาความยาวจริงของเส้นกงแต่ละกง (ด้วยวิธีการเดียวกันกับการขยายแผ่นเหล็กวิธีที่ 1)



รูปที่ 3

9. เขียนเส้นตรง B_3B_1 ยาวเท่ากับความยาวจริงของกง 18 ที่ถ่ายมาจากรูป BODY ตามข้อ 8 แบ่งครึ่งเส้นตรง B_3B_1 ที่จุด B'

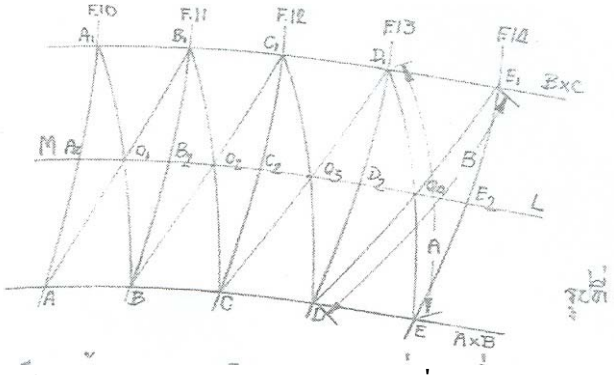
10. จากจุด B' สร้างเส้นฉากกับเส้นตรง B_1B_3 ไปทางจุด (ตามรูป 3) ยาวพอประมาณ ใช้ไม้ถ่ายความยาวจริงของกงที่ 17 ในรูป BODY ทาบขวางกับเส้นตั้งฉากให้จุด A^2 ในไม้ถ่ายอยู่ตรงกับเส้นฉาก ในขณะที่ใช้ไม้ถ่ายความยาวจริงของระยะห่างของกงที่แนวขอบแผ่นเหล็กบนและล่างบังคับ จะได้ตำแหน่ง A^3 และ A^1 ลากเส้นตรง A^3และ A^1 ผ่านเส้นฉากที่จุด A'

11. จากกงที่ 17 ไปยังกงที่ 16 และกงที่ 18 ถึงกงที่ 19 หรือกงที่ 19 ถึงกงที่ 20 ให้ทำวิธีการเช่นเดียวกันกับข้อ 10 โดยทำ กงต่อกง

12. เขียนเส้นขอบแผ่นเหล็กบนและล่าง โดยแฟร์ต่อจุด $D_3C_3B_3A_3Z_3$ และ $D_1C_1B_1A_1Z_1$ ตามลำดับ

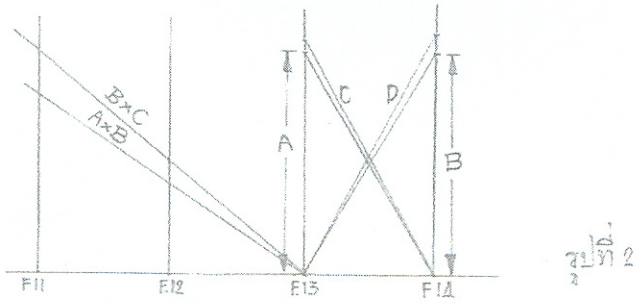
13. ทำระยะ BACK – SET จากรูปที่ 2 มาใส่ในกงแต่ละกงที่รูปที่ 3 คือระยะ “ b” ซึ่งได้มาจากระยะ “a” ในรูปที่ 1 นำมาหาระยะจริงในรูปที่ 2 (ดูภาพประกอบ) FAIR เส้นกงจริงทุก ๆ เส้น

<u>วิธีที่ 3</u> การขยายโดยใช้เส้นทะแยงมุม



รูปที่ 1

1. ในรูป BODY เขียนเส้นฐาน ML โดย FAIR ผ่านจุดกึ่งกลางของกงจริง คือ กึ่งกลางระหว่างจุดตัดขอบแผ่นเหล็กทั้งบนและล่างของกงนั้น ๆ วิธีปฏิบัติใช้ไม้ถ่ายความยาวทาบตามความโค้งของเส้นกงในรูป BODY หมายตำแหน่งของจุดตัดเส้นกงกับแนวขอบแผ่นเหล็กบนและล่างไว้ แล้วนำระยะนี้มาแบ่งครึ่ง แล้วหมายจุดแบ่งครึ่งลงในไม้ถ่ายกลับไปถ่ายใส่ในกงเดิมเป็นจุดกึ่งกลางของเส้นกงนั้นในแผ่นเหล็กนั้น ปฏิบัติเช่นเดียวกันทุกกง แล้วแฟร์จุดกึ่งกลางต่าง ๆ เป็นเส้นเดียวกัน จะได้เส้นฐาน ML
2. ในแต่ระยะช่วงกงของเส้น ML ให้แบ่งครึ่งทุก ๆ ช่วงกง จากรูปที่ 1 แบ่งครึ่ง A_2B_2, B_2C_2 C_2B_2, D_2B_2 ที่จุด O_1, O_2, O_3, O_4 ตามลำดับ
3. ในแต่ละช่วงกงสร้างเส้นทแยงมุม จากจุดสุดเส้นขอบของกงหนึ่ง ถึงจุดสุดท้ายของกงที่ขอบแผ่นเหล็กอีกกงหนึ่งโดยการ FAIR ผ่านจุดกึ่งกลางของเส้นฐาน ในแต่ละช่วงกงด้วย จากรูปสร้างเส้นทะแยงมุมจาก A_1 ถึง B และ B_1 ถึง A โดยให้สองเส้นตัดกันที่จุด O_1 ในระยะช่วงกง $10-11$ และปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้ทุก ๆ ช่วงกง

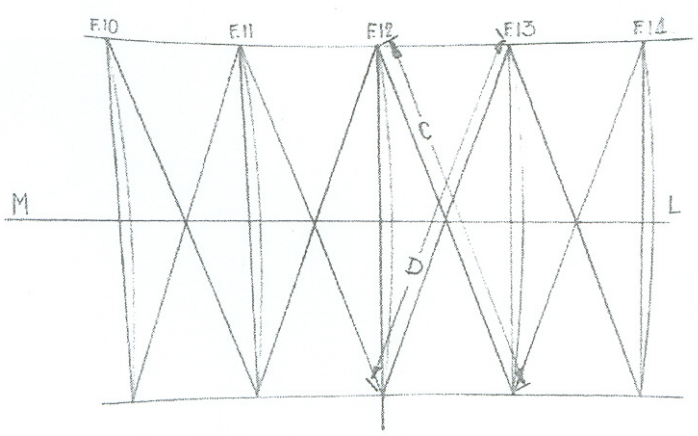


รูปที่ 2

4. จากรูปที่ 2 ขยายความยาวจริงของเส้นขอบแผ่นเหล็กทั้งบนและล่าง (ปฏิบัติวิธีเดียวกับการขยายแบบแผ่นเหล็กวิธีที่ 1)

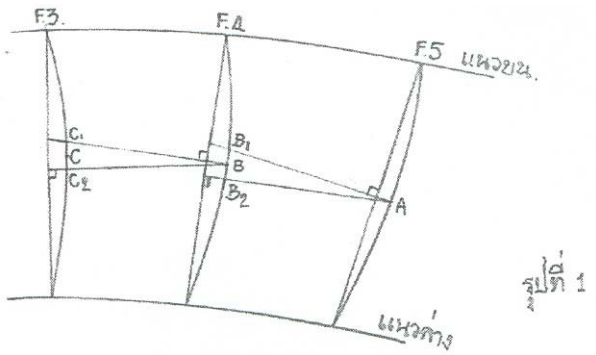
หาความยาวจริงของเส้นทะแยงมุม โดยการนำความยาวของเส้นทะแยงมุมจากรูปที่ 1 ในช่วงกงหนึ่ง มาถ่ายใส่ไว้ในเส้นกงในรูปที่ 2 จากนั้นสร้างเส้นทะแยงมุมขึ้นใหม่ลากจากมุมสุดของความยาวเส้นทะแยงมุมเดิมมายังมุมตรงข้าม รูปจากรูป 1 และ 2 ประกอบ เส้นทะแยงมุมที่เกิดขึ้นใหม่ คือ ความยาวจริงของเส้นทะแยงมุมทำเช่นนี้ทุก ๆ ช่วงกง โดยปฏิบัติ กงต่อกง

5. ในรูป BODY ถ่ายความยาวจริงของเส้นกงที่ยาวจากขอบแผ่นเหล็กหนึ่งไปถึงอีกขอบแผ่นเหล็กหนึ่ง (ปฏิบัติวิธีเดียวกันกับการขยายแบบแผ่นเหล็กวิธีที่ 1)
6. ในการปฏิบัติการขยายเป็นแผ่นเหล็กจริง เริ่มจากการเขียนเส้นตรงตามแนวตั้งสมมุติฐานให้เป็นกงที่ 12 ซึ่งเป็นกงที่อยู่ประมาณกึ่งกลางแผ่นเหล็กโดยให้ยาวเท่ากับความยาวจริงของกงซึ่งได้ถ่ายไว้ในข้อ 5
7. ที่จุดกึ่งกลางที่ 12 นี้ สร้างเส้นตั้งฉากยาวพอประมาณความยาวจริงของแผ่นเหล็ก ซึ่งเส้นฉากนี้คือเส้นศูนย์กลางแทน ML
8. จากจุดปลายทั้งสองของเส้นกงที่ 12 ใช้เส้นทะแยงมุมจริงที่ปรากฏในรูปที่ 2 ซึ่งเป็นเส้นทะแยงมุมของระยะช่วงกงที่ 12 – 13 นำมาเขียนขึ้น โดยให้จุดตัดของเส้นทะแยงมุมตัดกันที่เส้น ML และระยะจากปลายเส้นกงที่ 12 บนถึงปลายสุดเส้นทะแยงมุมบน เท่ากับความยาวจริงของขอบแผ่นเหล็ก บนช่วงกงที่ 12 – 13 ซึ่งได้ถ่ายไว้ในข้อ 4 แนวขอบล่างก็เช่นกัน
9. เมื่อได้ตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วลากเส้นจากปลายเส้นทแยงมุมบนถึงเส้นทแยงมุมล่างเส้นนี้ จะเป็นเส้นกงที่ 13 จากนั้นนำความยาวจริงของกงที่ 13 ซึ่งได้ถ่ายไว้ในข้อ 5 มาทาบตรวจสอบดูแก้ไขให้ถูกต้อง เมื่อตำแหน่งทุกอย่างถูกต้องแล้ว เส้นนี้จะเป็นเส้นกงที่ 13 จึงเริ่มปฏิบัติขยายช่วงกงที่ 13 – 14 โดยใช้ขั้นตอนเดียวกันนี้ (ข้อ 8 และ ข้อ 9) ปฏิบัติเช่นกัน ส่วนช่วงกงที่ 11 – 12 และ 10 – 11 ก็ปฏิบัติวิธีเดียวกันนี้เช่นกัน
10. FAIR เส้นขอบแผ่นเหล็กบน และขอบแผ่นเหล็กล่าง
11. ขั้นตอนการหา BACK – SET ก็ใช้วิธีการเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วในการขยายแผ่นเหล็กวิธีที่ 1 และ 2 เมื่อได้ระยะ BACK – SET มาแล้วก็ถ่ายลงในเส้น ML และ FAIR เส้นกงจริงทุก ๆ กง



รูปที่ 3.

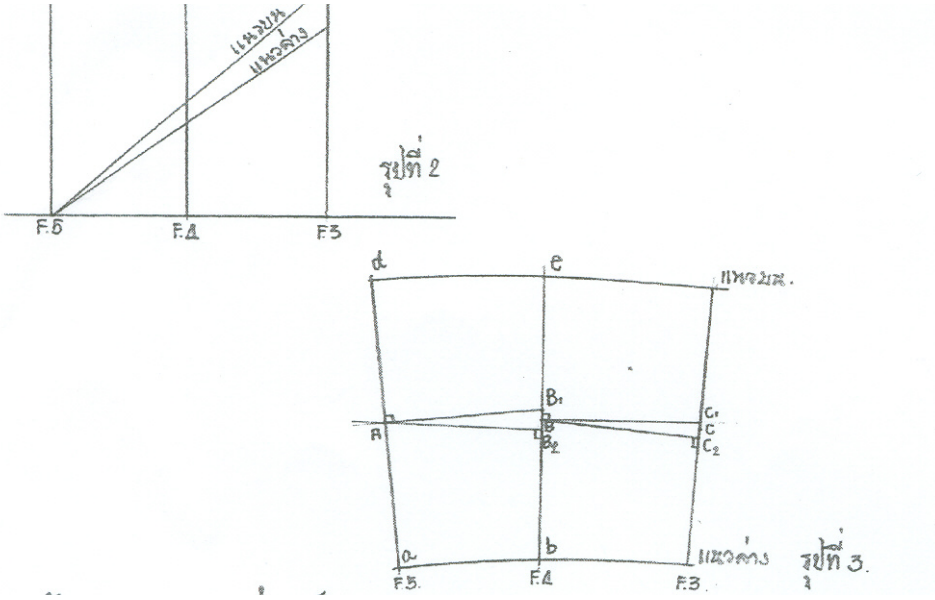
<u>วิธีที่ 4</u> ความสัมพันธ์ของเส้นฉาก (MODIFIED ORTHOGONAL METHOD)



รูปที่ 1

1. เริ่มปฏิบัติในรูป BODY แบ่งครึ่งกงจริงที่ 5 ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันที่จุด A
2. เขียนเส้นกงสมมุติ โดยลากเส้นตรงจากจุดตัดของกงกับแนวแผ่นเหล็กบน ถึงจุดตัดของกงกับแนวแผ่นเหล็กล่าง ปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้ ทุก ๆ กง
3. ที่เส้นกงสมมุติของกงที่ 5 สร้างเส้นฉากโดยให้เส้นฉากที่เกิดขึ้นผ่านจุด A และต่อมาสัมผัสเส้นกงสมมุติของกงที่ 4 โดยผ่านเส้นกงจริงที่ 4 ที่จุด B_1 ด้วย
4. ที่เส้นกงสมมุติที่ 4 สร้างเส้นฉากโดยให้เส้นฉากที่สร้างขึ้นผ่านจุด A และผ่านเส้นกงจริงที่ 4 ที่สุด B_2 ด้วย
5. แบ่งระยะความยาว B_1B_2 ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันที่จุด B (บนเส้นกงจริงกงที่ 4)
6. ที่เส้นกงสมมุติกงที่ 4 สร้างเส้นฉากโดยให้เส้นฉากที่สร้างขึ้นผ่านจุด B และต่อมาสัมผัสเส้นกงสมมุติของกงที่ 3 โดยผ่านเส้นกงจริงที่ 3 ที่จุด C_1
7. ที่เส้นกงสมมุติกงที่ 3 สร้างเส้นฉากโดยให้เส้นฉากที่สร้างขึ้นนี้ ผ่านจุด B และผ่านเส้นกงจริงที่ 3 ที่จุด C_2

   หากมีกงต่อ ๆ ไปอีก ก็แบ่งครึ่ง C_1C_2 และปฏิบัติเช่นเดียวกันกับขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วตั้งแต่ข้อ 3, 4, 5, 6
8. ขยายความยาวจริงของแนวขอบแผ่นเหล็กล่างและแนวขอบแผ่นเหล็กบน โดยปฏิบัติดังได้กล่าวมาแล้วในการขยายแบบแผ่นเหล็กวิธีที่ 1
9. ถ่ายความยาวจริงของกงแต่ละกง ในรูป BODY โดยวิธีเดียวกันที่ได้กล่าวมาแล้ว



ขั้นตอนการขยายแผ่นเหล็กจริง

10. เริ่มจากการเขียนเส้นตรง ad มีความยาวเท่ากับความยาวจริงที่ถ่ายมาจากกงที่ 5 ในรูป BODY และแบ่งครึ่งเส้น ad ที่จุด A
11. ที่จุด A บนเส้นตรง ad เขียนเส้นฉากยาวพอประมาณ บนเส้นฉากนี้หาตำแหน่งจุด โดยใช้ความยาวจริงของแนวขอบแผ่นเหล็กบนและล่างซึ่งได้หาไว้ในรูปที่ 2 ของช่วงกงที่ 5 - 4 บังคับ และความยาว B_1, b และ e ตามลำดับนั้นหรือ be เท่ากับความยาวจริงของกงที่ 4
12. ที่เส้นตรง be สร้างเส้นตั้งฉาก โดยให้เส้นตั้งฉากผ่านจุด A บน ad และมาร์กจุด B_2 ซึ่งเป็นจุดที่เส้นตั้งฉากนี้ผ่านบน eb ไว้
13. แบ่งระยะ $B_2 - B_1$ ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ที่จุด B
14. ที่จุด B บนเส้นตรง be สร้างเส้นตั้งฉากยาวพอประมาณ บนเส้นฉากนี้ หาตำแหน่งจุด C_1 โดย

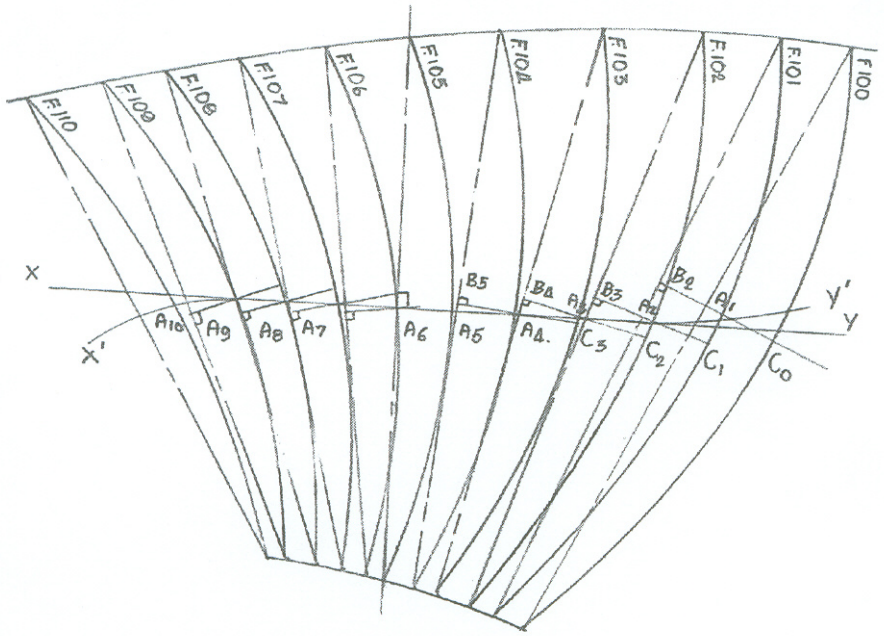
    ใช้ความยาวจริงแนวขอบแผ่นเหล็กบนและล่างซึ่งได้หาไว้ในรูปที่ 2 ของช่วงกงที่ 4 – 3 บังคับ และความยาว B_1F และ E ตามลำดับหรือ EF เท่ากับความยาวจริงของกงที่ 3
15. บนเส้นตรง EF สร้างเส้นตั้งฉาก โดยให้เส้นตั้งฉากนั้นสัมผัสผ่านจุด B บนเส้นตรง be และหมายจุด C_2 บน EF ซึ่งเส้นฉากนี้ผ่าน
16. แบ่งครึ่ง C_1 และ C_2 ที่ C หากมีกงต่อไปในแผ่นนี้ ก็ใช้จุด C นี้เป็นจุดสมมุติฐานต่อไปตามวิธีการเดียวกันกับข้อ 11 – 15
17. FAIR เส้นแนวขอบแผ่นเหล็ก ทั้งบนและล่างโดยแนวบน FAIR เส้นผ่านจุด d e E แนวล่างผ่านจุด a b F ตามลำดับ

18. ขั้นตอนสุดท้าย หาระยะ BACK – SET ของกงตามวิธีเดิมซึ่งได้อธิบายไว้แล้วในการขยายแผ่นเหล็กวิธีที่ 1 และ 2
19. ถ่ายระยะ BACK – SET ที่หาได้ลงทุกกงและแฟร์เส้นกงจริงที่เกิดขึ้นทุก ๆ กง

<u>วิธีที่ 5</u> GEODESIC LINE METHOD (เส้นจีโอเดสิค)

1. ในรูป BODY เริ่มปฏิบัติ ที่กงที่ 105 ซึ่งเป็นกงประมาณกึ่งกลางแผ่นเหล็กหมายตำแหน่ง A_5 ที่เส้นกงที่ 105 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่กึ่งกลางกง
2. เขียนกงสมมุติ ทุก ๆ กง โดยลากเส้นตรงจากจุดตัดกงกับแนวแผ่นเหล็กบนถึงจุดตัดกงกับแนวแผ่นเหล็กล่างของแต่ละกง
3. ที่เส้นกงสมมุติ F 105 สร้างเส้นฉากโดยให้เส้นฉากนี้ผ่านจุด A 5 และลากผ่านทุก ๆ กง ตลอดแผ่น กำหนดให้เป็นเส้นตั้งฉาก xy
4. หมายตำแหน่งจุด A_4 และ A_6 ที่กงใกล้เคียงคือ กงที่ 104 และ 106 ตรงจุดที่เส้นตั้งฉาก XY ลากผ่านเส้นกงนั้น ๆ
5. สร้างเส้นตั้งฉากใหม่ ที่เส้นกงสมมุติ 104 ให้เส้นลากผ่านจุด A_5 และต่อยาวมาสัมผัสเส้นกงจริง 105 และ 103 ที่จุด B_5 และ C_3 ตามลำดับ
6. กำหนดจุด A_3 บนเส้นกง 103 โดยให้ส่วนโค้ง $B_5A_5 = C_3A_3$ ในทางตรงข้ามกัน โดยเส้นฉาก XY เป็นหลัก
7. สร้างเส้นตั้งฉากใหม่ที่กงสมมุติ 103 โดยให้เส้นฉากนี้ผ่านจุด A_3 และต่อไปสัมผัสเส้นกง 104 และเส้นกง 102 ที่จุด B_4 และ C_2 ตามลำดับ
8. กำหนดตำแหน่งจุด A_2 บนเส้นกง 102 โดยให้ระยะส่วนโค้ง $B_4A_4 = A_2C_2$ ในทางตรงข้ามกัน โดยเส้นฉาก XY เป็นหลัก
9. จากนั้นในการหาจุดต่าง ๆ คือ A_0 ..... A_{10} ใช้วิธีการเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3 ถึงข้อ 8
10. FAIR จุดต่างคือจุด A_0 ..... A_0 เป็นเส้นเดียวกับเส้นนี้คือเส้น GEODESIC ซึ่งใช้เป็นเส้นฐานในการขยายขั้นต่อไป
11. หาความยาวจริงของแนวแผ่นเหล็กบน – ล่าง ความยาวจริงของเส้น GEODESIC และความยาวจริงของกงต่าง ๆ โดยวิธีเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาแล้วในการขยายความยาวจริงในวิธีขยายแผ่นเหล็กวิธีที่ 1
12. ขั้นตอนการขยายแผ่นเหล็กจริง
    เขียนเส้นตรง $X'Y'$ ซึ่งเส้นนี้คือเส้น GEODESIC ในรูปที่ 1
13. บนเส้นแกน $X'Y'$ สร้างเส้นฉาก MN ณ จุดกึ่งกลางเส้นแกน $X'Y'$ เส้นนี้ คือเส้นกง 105

14. ถ่ายความยาวจริงของกงที่ 105 มาใส่ในเส้นฉาก MN โดยให้จุดกึ่งกลางกงทาบบนเส้นแกน $X'Y'$ ที่จุด 0
15. ในการเขียนเส้นกงต่อไปทุก ๆ กงนั้นใช้ขั้นตอนเดียวกันกับการขยายแผ่นเหล็กวิธีที่ 1 (วิธีเส้นฐาน) โดยให้ยึดเส้น GEODESIC ($X'Y'$) เป็นเส้นฐานตลอด
16. แฟร์จุดต่าง ๆ ในแนวแผ่นเหล็กเดียวกัน ทั้งล่างและบน
17. ใส่ระยะ BACK – SET ทุก ๆ กง

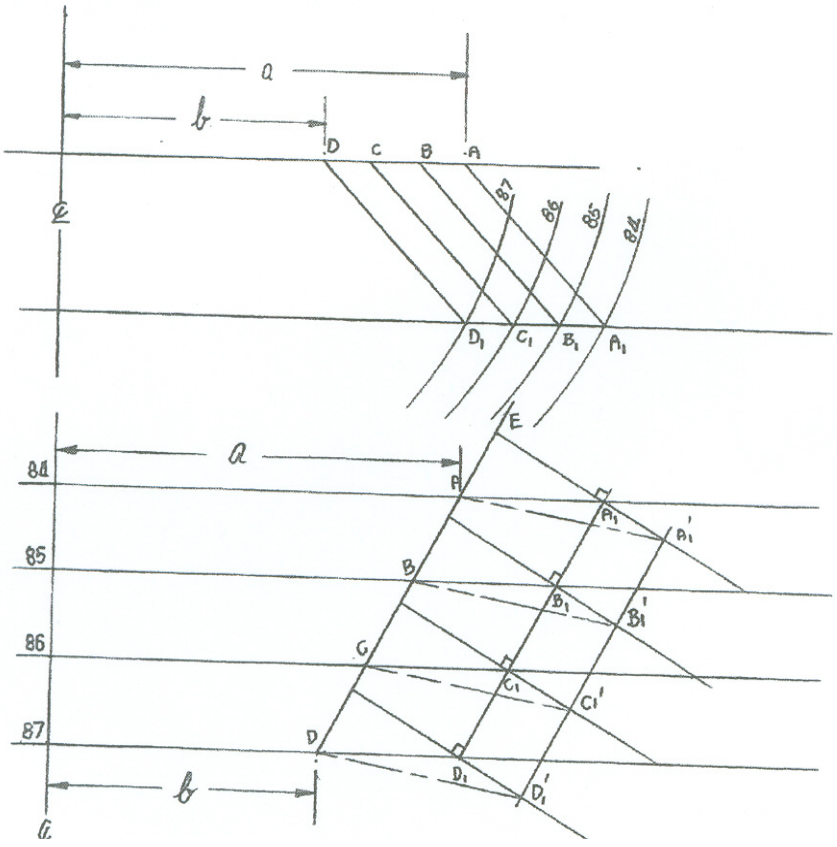


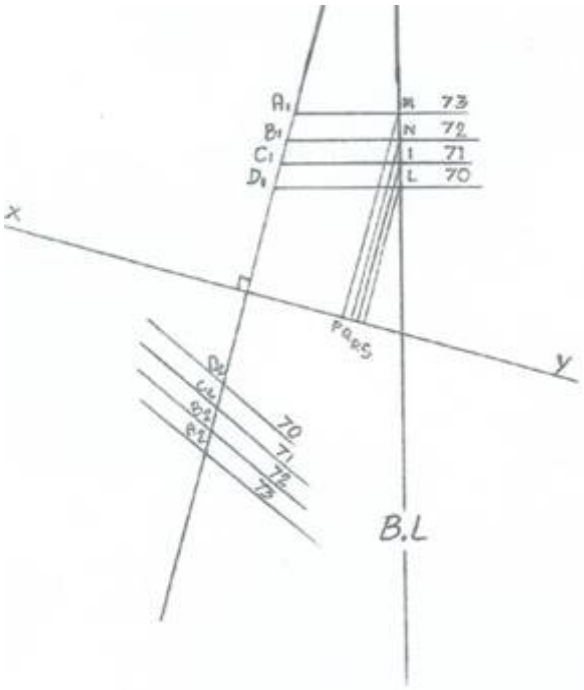
วิธีที่ 1 พื้น TANK TOP ราบเรียบ

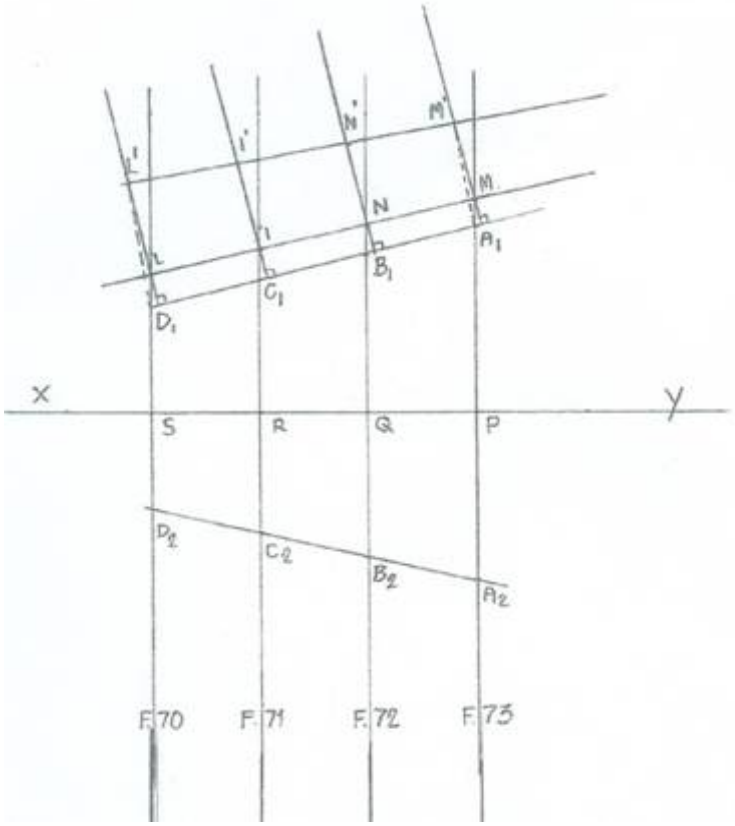
การขยายแผ่นมาจิน (MARGIN PLATE EXPANSION)

1. ในรูป BODY เขียนเส้นกงในแผ่นมาจินจากจุดหักถึงแผ่นเหล็กตัวเรือ ที่กงต่าง ๆ ทุก ๆ กง เช่น AA_1, BB_1, CC_1 และ DD_1 (จากภาพประกอบ)

2. ในรูป HOLF BREODTH PLAN เขียนเส้น KNUCKLE หรือเส้นที่แผ่นมาจินหักเข้าหาแผ่นเปลือกเรือคือเส้น ABCD โดยถ่ายจากระยะห่างจาก CENTER ของแต่ละกง มาลงในรูป HOLF BREADTH และถ่ายเส้นสุดขอบแผ่นมาจินตรงสัมผัสกับเปลือกเรือโดยวิธีเดียวกันมายังรูป HOLF BREADTH เช่นกันที่จุด $A_1B_1C_1D_1$
3. เขียนเส้นฉาก จากจุด $A_1B_1C_1$ และ D_1 มายังเส้น KNUCKLE A B C D
4. ที่เส้นฉากทุกเส้นหมายจุด A_1', B_1', C_1' และ D_1' ของแต่ละเส้นโดยให้ระยะ AA_1' เท่ากับระยะ AA_1 ในรูป BODY และทำเช่นนี้ทุกเส้น
5. FAIR จุด A_1',B_1',C_1' และ D_1' ซึ่งจะเป็นเส้นสุดแผ่นมาจินในรูปขยายจริง แล้วเขียนเส้นกงจริงลงในแผ่นมาจิน เช่น AA_1, BB_1', CC_1', DD_1', ตามลำดับรูป AA_1' D_1' D คือแผ่นมาจินที่ขยายเรียบร้อยแล้ว




A1
B1
C1
D1
M 73
N 72
I 71
L 70
X
Y
P&S
70
71
72
73
B.L


M'
N'
I'
L'
M
N
I
L
A1
B1
C1
D1
X
Y
S
R
Q
P
D2
C2
B2
A2
F.70
F.71
F.72
F.73

วิธีที่ 2 แผ่น TANK TOP เป็นมุมเอียง

1. ในรูป BODY PLAN เขียนเส้น XY กะประมาณให้แบ่งครึ่งแผ่นมาจินและตั้งฉากกับเส้นความเอียงของแผ่นมาจิน (ซึ่งเส้นเอียงของแต่ละกงจะขนานกัน) เส้น XY นี้ จะเป็นเส้นฐานในการขยายแบบแผ่นมาจิน

2. ในรูปขยาย (รูปที่ 2) ใช้เส้น XY เป็นหลัก ซึ่งเราจะขยายแผ่นมาจินได้โดยการใช้เส้น XY เป็นหลัก (โดยเส้น XY ผ่านเส้นกงซึ่งเป็นระยะจริงที่แผ่นมาจินบรรจุอยู่) ถ่ายความกว้างจริงของแผ่นในแต่ละกงโดยใช้เส้น XY เป็นหลักในรูป BODY มาใส่ในรูปขยายคือ หาระยะ D_1D_2 ลงใส่ในเส้นกงที่ 70 C_1C_2 ลงในเส้นกงที่ 71 .....ตามลำดับ จากนั้น FAIR เส้นต่อจุดต่าง ๆ ทั้งแนวบนและแนวล่างของแผ่น ฉะนั้น $D_1D_2A_2A_1$ คือ แผ่นมาจินที่ได้ขยายกว่าของจริงแล้ว ต่อไปเป็นการขยายแผ่น TANK – TOP ซึ่งหักออกจากแผ่นมาจินที่เส้นหัก $A_1B_1C_1D_1$ เริ่มในรูป BODY PLAN โดยทำในส่วนบนของเส้น XY ซึ่งได้เขียนไว้ในการขยายแผ่นมาจิน ให้หมายจุดแต่ละจุดซึ่งเส้น TANK TOP ของแต่ละกงตัดกับเส้น BL ที่จุด MNIL ลากเส้นตรง MP, NQ, IR และ LS มายังเส้น XY โดยตั้งฉาก ถ่ายความยาวของระยะ MP, NQ, IR และ LS ไว้ขั้นต่อไปปฏิบัติในรูปขยายโดยนำระยะที่ได้ถ่ายไว้ใส่ลงในเส้นกงแต่ละกงโดยเส้น XY เป็นหลัก คือ ระยะ MP ใส่ในเส้นกง 73 โดยให้จุด P อยู่ที่เส้น XY ถ่ายความยาวขึ้นไปทางด้านบนของเส้น XY ทำเหมือน ๆ กันทุก ๆ กง เขียนเส้นต่อจุดต่าง ๆ ดังนั้นเส้น MPIL จึงเป็นเส้น BL ที่รูปขยาย

3. ที่เส้น $D_1C_1B_1A_1$ สร้างเส้นฉากของแต่ละกงผ่านจุด LIMN ตามลำดับ ถ่ายความกว้าระยะในรูป BODY คือ MA_1, NB_1, IC_1, และ LP_1 ใส่ในเส้นฉากของแต่ละกงนั้น ๆ ในรูปขยายที่จุด M'N'I' และ L'

4. เขียนเส้นต่อจุดต่าง ๆ คือ M'N'I' และ L' แล้วจึงลากเส้น D_1L' และ A_1M' ก็จะได้แผ่นมาจิน และ TANK TOP ที่ขยายเสร็จเรียบร้อยแล้ว

บทที่ 4

การจัดการสำหรับการผลิตโดยวิธีขยายแบบ

ในการปฏิบัติงานขยายแบบในขั้นตอนนี้ ต้องใช้ความละเอียดถี่ถ้วนระมัดระวังในข้อผิดพลาดเพื่อการปฏิบัติงานในขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนย่อย เป็นไปด้วยความราบรื่นเรียบร้อย ในโรงงานประกอบชิ้นส่วน หรือโรงงานประกอบอุปกรณ์ต้องใช้เทคนิคหลายด้านในการปฏิบัติงาน ตลอดถึงหลักเกณฑ์การควบคุมความถูกต้องแม่นยำของชิ้นส่วน โครงสร้างตัวเรือแต่ละชิ้นตามมาตรฐานและคู่มือการทำงานรวมถึงความสามารถของเครื่องจักรช่วย สิ่งอำนวยความสะดวกของโรงงานนั้น ๆ

การหมาย (marking)

การทำเครื่องหมายใด ๆ ลงบนแผ่นเหล็กเพื่อแสดงรูปทรงของการตัดชิ้นส่วนหรือตำแหน่งของการประกอบชิ้นส่วน โดยปกติจะหมายลงในด้านใดด้านหนึ่งของแผ่นเหล็กเพียงด้านเดียว ดังนั้นการหมายจึงขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่ขยายแบบว่าจะหมายลงด้านใด เช่น หมายลงในด้านที่มีการติดตั้งโครงสร้างเสริมความแข็งแรง เมื่อมีการเตรียมแนวเชื่อมต่อขอบของแผ่นเหล็กรูปแบบของรอยต่อจะต้องระบุไว้ให้ถูกต้องบนด้านที่ทำการหมาย

การตัด (cutting)

ความเครียดที่เกิดจากความร้อนจากหัวตัดแก๊สเป็นสิ่งที่คาดการณ์ล่วงหน้าได้ ตัวอย่างเช่นการตัดให้มีส่วนที่เหลืออยู่เพื่อรักษารูปทรงของชิ้นส่วนที่เป็นเหล็กตามภาพ 5.1 จะต้องมีการกำหนดโดยงานขยายแบบว่าจะให้มีการเปิดกว้างที่ขอบด้านใดของแผ่น ในทำนองเดียวกันการตัดส่วนที่เหลือต้องทำที่ด้านที่เล็กกว่าด้วยเช่นกัน

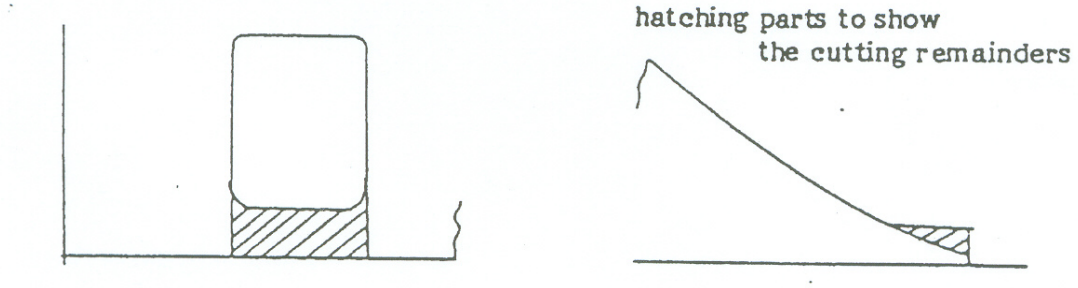


Fig. 5.1 Cutting remainders against cutting strain

ระยะเผื่อในการตัดด้วยเครื่องตัดแก๊ส จะต้องมีเมื่อมีการตัดชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้นจากแผ่นเหล็กแผ่นเดียวกัน ระยะเผื่อการตัดนี้ต้องใช้ในการตัดชิ้นส่วนโดยตัดนอกเส้นบอกขนาดจริงเป็นระยะประมาณ 1.5 – 2 มิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของหัวตัดแก๊ส

การดัด (bending)

ปริมาณการยืดตัวหรือหดตัวจะแตกต่างกันออกไปตามวิธีการ การกดอัด การม้วน หรือการเผา ความยาวรวมของชิ้นส่วนจะต้องกำหนดโดยการพิจารณาจากปริมาณการยืดตัวหรือหดตัวเหล่านี้จากงานขยายแบบ ตัวอย่างเช่น การตัดมุมโดยวิธีการกดอัด ดังรูปที่ 5.2

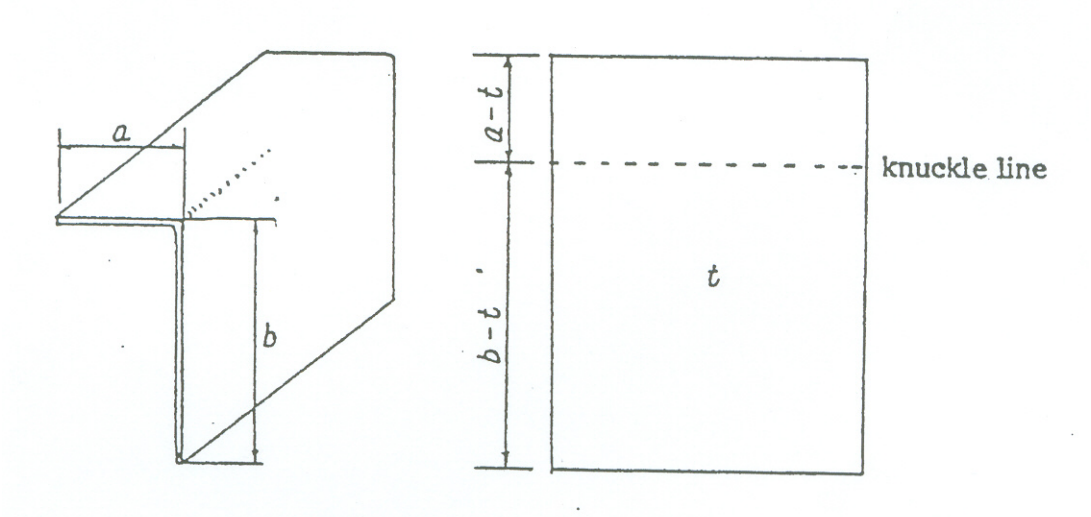


Fig. 5.2 An example of elongation by bending

ปริมาณการหดตัวโดยการดัดด้วยความร้อน (เป็นเส้น, เป็นจุด หรือ แบบเผาจนแผ่นเป็นสีแดง) การหดตัวจะต่างกันแล้วแต่ขนาดพื้นที่การให้ความร้อน

ระยะเผื่อการจับชิ้นงานเป็นค่าเผื่อขนาดของชิ้นส่วน ซึ่งต้องมีเพื่อการจับยึดในกรณีที่มีการดัดบริเวณขอบแผ่น ค่าเผื่อนี้จะมีความแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้การดัดของแต่ละอู่เรือ ในการนี้ต้องมีการหมายกำหนดเส้นขอบเขตปกติหรือขนาดจริงไว้และเมื่อทำการดัดแล้วต้องตัดส่วนที่เผื่อไว้ออก

โดยทั่วไป ค่อนข้างยากสำหรับการรักษาความถูกต้องแม่นยำของชิ้นส่วนเมื่อมีการดัด โดยปกติ การเลือกลักษณะของไม้แบบลองดัดและตำแหน่งรอยต่อของชิ้นส่วนแต่ละชิ้น ต้องตัดสินใจหลังจากได้มีการปรึกษาทำความเข้าใจกับผู้ดัดแล้ว ยิ่งไปกว่านั้นการทำเครื่องหมายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำก็ต้องกำหนดไว้ด้วยเมื่อจำเป็น

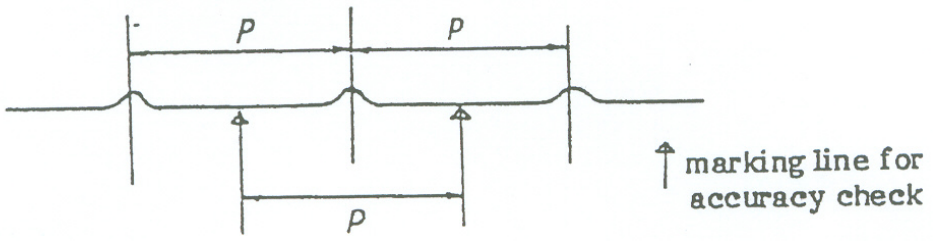


Fig. 5.3 Marking for accuracy check

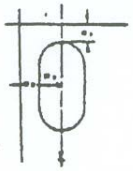
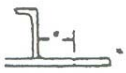
ในกรณีของการทำผนังลูกฟูก ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการสร้าง ซุปเปอร์สตัคเจอร์ (Superstructure) จะยากขึ้นเล็กน้อยที่จะวัดความยาวระหว่างส่วนยอดของลอนรอยย่นและการหมายกำหนดเส้นตรวจสอบความถูกต้องเมื่อดัดแล้วเสร็จ

เจ้าหน้าที่ขยายแบบจักต้องรู้จักอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานดัดของอู่เรือ โดยเฉพาะในกรณีของการดัดโดยการม้วน และการกดดัด

การเชื่อม (Welding)

เจ้าหน้าที่ขยายแบบต้องตรวจสอบโครงสร้างต่าง ๆ ของตัวเรือเพื่องานเชื่อมและเมื่อตรวจพบชิ้นส่วนที่ไม่สามารถทำการเชื่อมได้หรือเป็นการยากที่จะเชื่อมให้สมบูรณ์ การปรับโครงสร้างหรือการปรับเปลี่ยนตำแหน่งรอยต่อ จำเป็นต้องทำหลังจากปรึกษากับฝ่ายผู้ออกแบบแล้ว ตำแหน่งที่การเซาะ และการเชื่อมไม่สามารถปฏิบัติในด้านตรงข้ามได้จะต้องอธิบายการทำแผ่นรองหลัง (backing strip)

ข้อจำกัดในพื้นที่บางอย่างของแนวเชื่อม คือ ความต่อเนื่องของแนวเชื่อมถูกปิดกั้น มีโครงสร้างอื่นข้ามผ่าน หรือแนวเชื่อมต้องตัดผ่านซึ่งกันและกัน สิ่งเหล่านี้ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างชัดเจนจากการขั้นตอนการขยายแบบ

Division		Mould lofting (structural details) UNIT : mm		
Section	Subsection	Item	Tolerance limits	Remarks
Minimum distance of weld to adjacent weld or rivet	Butt weld to butt weld		a 1 ~ 3 ≧ 30	Detail of the construction is decided in mold loft or application planning section, in case where it is not described in the approved plan. The numerals indicated hear-after do not include any working error.
			$a = 0$ or $a \geqq 75$	
	Butt weld to fillet weld	In main structure 	20 ≧ t $a \geqq 30$ 20 < t $a \geqq 1.5$ t Both beads should not be overlapped	
		In super-structure 	$a \geqq 0$	
	Butt weld in erection joint		$a \geqq 17.5$	

ข้อบกพร่องของแนวเชื่อมที่เกิดขึ้นที่ปลายขอบทั้งสองของแนวเชื่อมแก้ไขได้โดยการทำเศษแผ่นชิ้นงานมารองรับจุดหยุดการเชื่อมแล้วตัดออกภายหลังที่เชื่อมเสร็จสมบูรณ์แล้ว ดังตัวอย่างแสดงในรูป 5.4

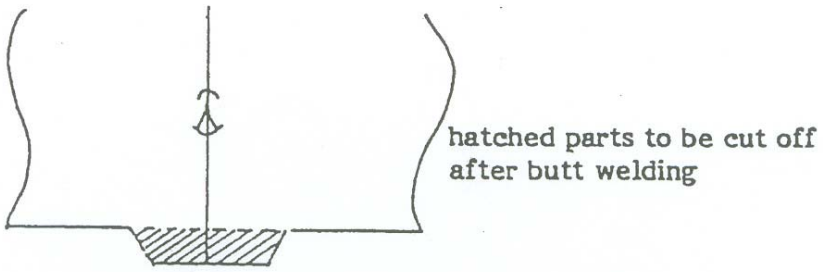
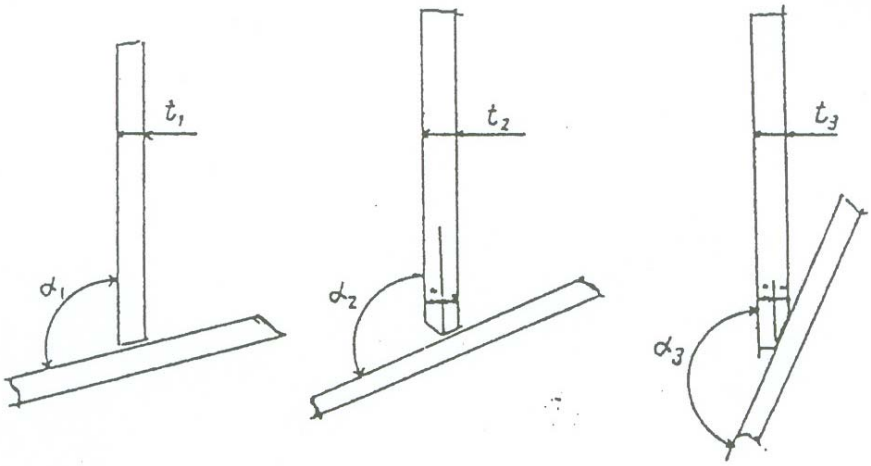
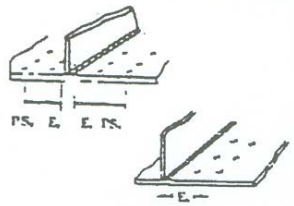
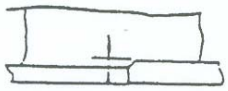
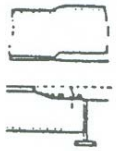


Fig. 5.4 Run of tab



การวางตำแหน่งรูหมุดย้ำ (Rivet Holes)

เมื่อไม่นานมานี้ การใช้โครงสร้างหมุดย้ำมีข้อจำกัดมาก ในบางครั้งใช้กับงานกระดูกงูปีก (bilge keel), งานขอบปากระวางและงานกราบอ่อน (Bulwarks) และบางทีใช้กันมากในส่วนของฝาปิดดาดฟ้า (Hatch) งานขยายแบบต้องพิจารณาถึงระยะห่างของหมุดย้ำตำแหน่งการเจาะ และกำหนดระยะการต่อแนวต่าง ๆ ดังตารางเกณฑ์การกำหนดการเจาะและประกอบหมุดย้ำในตารางต่อไปนี้

Division		Mould lofting (structural details) UNIT : mm		
Section	Subsection	Item	Tolerance limits	Remarks
Minimum distance of weld to adjacent weld or rivet	Fillet weld to rivet seam			
		Welding before riveting Welding after riveting Allowance of rivet pitch for rearranging.	E 1. 2. 3 ≧ 1.2d E 1. 2. 3 ≧ 10d PS 1 ≦ PS + 1.0d PS 2 ≧ 2.5d	
	Pitch of rivet	General correction, as in a frame space.	PS 1 < PS + 2	PS 1 = Actual pitch PS = Standard pitch in aprroved plan
		In case where the pitch of rivet is close and comes in way of other members.		Total number of rivets to be secured for the frame space.
		Caulking side	PS 1 < PS + 0.5d	Total number of rivets to be secured for the frame space.
		Non-caulking side	PS 1 < PS + 1d	
Gap between members	Gap between plate and stiffenink member	Stiffening member located perpendicularly to plate.  Both procedures are acceptable, in case where C > 3 	C ≦ 3	Gap betweem members is to be less than 3 ㎜, in case where it is inevitable to make flush the plate surface of non-stiffening side.
		Stiffening member located obliquely to plate.	B ≦ 3	

การประกอบชิ้นงาน (Assembling)

ชิ้นส่วนที่จัดทำขึ้นแล้ว จะส่งต่อไปยังโรงงานประกอบชิ้นส่วนย่อยเมื่อประกอบเป็นชิ้นส่วนย่อยแล้วจึงส่งต่อไปยังสถานที่ประกอบบล๊อค และการประกอบในอู่หรือคานต่อเรือต่อไป สำหรับขั้นตอนการสร้างเรือต่าง ๆ เหล่านี้ งานขยายแบบจะเป็นผู้กำหนด ระยะเผื่อ รูปทรงขอบเขตแผ่น เส้นพื้นฐานอ้างอิงต่าง ๆ และการกำหนดขนาดของการประกอบฐานรองรับต่าง ๆ (JIG) ตลอดทั้งกำหนดขนาดระยะต่าง ๆ ของบล๊อค

1) ค่าเผื่อที่ขอบแผ่นเหล็ก

การเพิ่มระยะเผื่อต่าง ๆ ที่ขอบแผ่นต้องกำหนดลงโดยเจ้าหน้าที่ขยายแบบตามการวางแผนงานของอู่เรือว่าจะใช้ระยะเผื่อเท่าใดและขั้นตอนการตกแต่งขอบและเตรียมแนวเชื่อมก็ต้อง 4 กอธิบายไว้ด้วยเช่นกัน

2) เส้นพื้นฐานใช้ในการอ้างอิง

เส้นศูนย์กลางลำตามยาว, เส้นแนวน้ำ, เส้นบัตตอค และอื่น ๆ เส้นที่ต้องใช้ในการอ้างอิงในการประกอบแผ่นเหล็กหรือประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ และการพิจารณากำหนดตำแหน่งการต่อบล๊อคในอู่แห้ง ดังนั้นเส้นอ้างอิงเหล่านี้จะต้องระบุลงในทุกชิ้นส่วนหรือในบางครั้งที่จำเป็นก็ต้องเพิ่มข้อมูลอื่นเข้าไปอีก เพื่อชี้ตำแหน่งสำหรับการประกอบ สำหรับชิ้นส่วนที่ไม่มีเส้นพื้นฐานอ้างอิงหรือกงทางขวางที่เส้นกงถูกปิดทับเมื่อประกอบอยู่ในตำแหน่งนั้นแล้ว

3) ตารางรายการขนาดมิติของ จิ๊ก (JIG) สำหรับประกอบการและการทำเครื่องหมายตรวจสอบบนบล๊อค

สำหรับการประกอบบล๊อคที่มีรูปร่างโค้ง การตั้งฐานรองรับ (JIG) เพื่อเป็นการรักษารูปทรงของบล็อกระยะต่าง ๆ ของบล๊อคจะถูกกำหนดไว้ในตารางของการประกอบฐานรองรับ จะต้องมีการกำหนดเครื่องหมายตรวจสอบมิติ และรูปทรงของบล๊อคเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการประกอบทั้งขณะประกอบและหลังการประกอบเสร็จสิ้นสมบูรณ์

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

บรรณานุกรม

เกษมชัย บุญเพ็ง. พื้นฐานโลหะแผ่น. กรุงเทพ ฯ, 2541

THE COOPERATION OF THE JAPAN SHIP INDUSTRY FOUNDATION. SHIPBUILDING TECHNOLOGY SERIES MOLD LOFTING VOLUME 3 - 1 OF HULL CONSTRUCTION PART.

☆ ☆ ☆ ☆ ☆