เอกสารวิชาการ

เขียนแบบทั่วไป

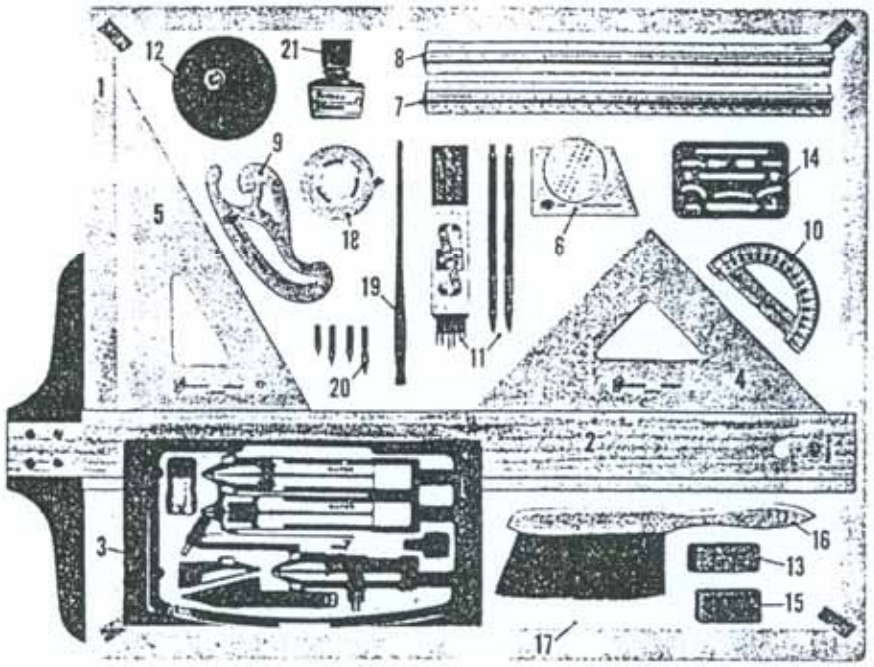
กรมอู่ทหารเรือ

(จัดพิมพ์เมื่อ กันยายน ๒๕๔๘)

บทที่ 1
เครื่องมือ และอุปกรณ์การเขียนแบบ

เครื่องมือ และอุปกรณ์เขียนแบบ มีความสำคัญที่จะช่วยให้การเขียนแบบสำเร็จออกมาได้ด้วยดี และถูกต้อง เครื่องมือและอุปกรณ์การเขียนแบบมีดังต่อไปนี้

1. กระดานเขียนแบบ
2. ไม้ที
3. กล่องเขียนแบบ (ประกอบด้วย ดีไวเดอร์ วงเวียน และชุดประกอบ)
4. บรรทัดสามเหลี่ยม (มุมฉาก และมุม 45 องศา)
5. บรรทัดสามเหลี่ยม (มุมฉาก และมุม 30 องศา คูณ 60 องศา)
6. บรรทัดขีดเส้นขนานสำหรับเขียนตัวอักษร
7. บรรทัดสเกลสามเหลี่ยม (สเกลย่อปกติ สำหรับงานสถาปัตยกรรม)
8. บรรทัดสเกลสามเหลี่ยา (สเกลย่อละเอียด สำหรับงานวิศวกรรม)
9. บรรทัดเขียนส่วนโค้ง
10. บรรทัดสเกลองศา
11. ดินสอเขียนแบบ
12. กบเหลาดินสอ
13. ยางลบดินสอ
14. แผ่นกันลบ
15. ยางลบหมึก
16. แปรงปัดฝุ่น
17. กระดาษปูพื้น
18. เทปติดกระดาษ
19. ด้ามปากกาเขียนหมึก
20. หัวปากกาเขียนหมึก
21. หมึกเขียนแบบ

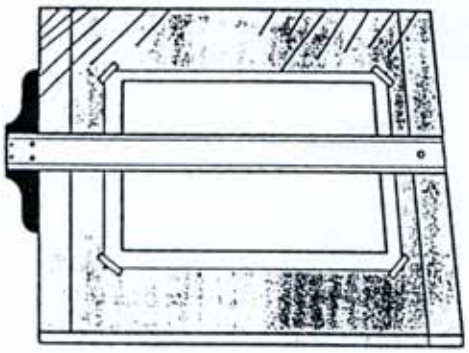


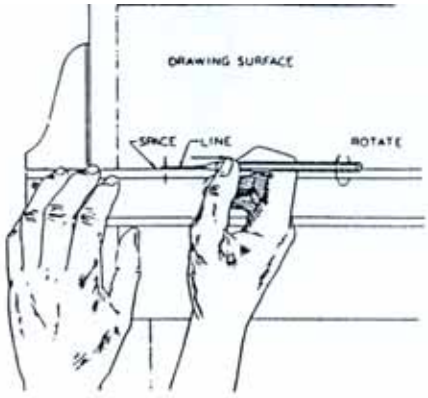
อุปกรณ์สำหรับเขียนแบบ

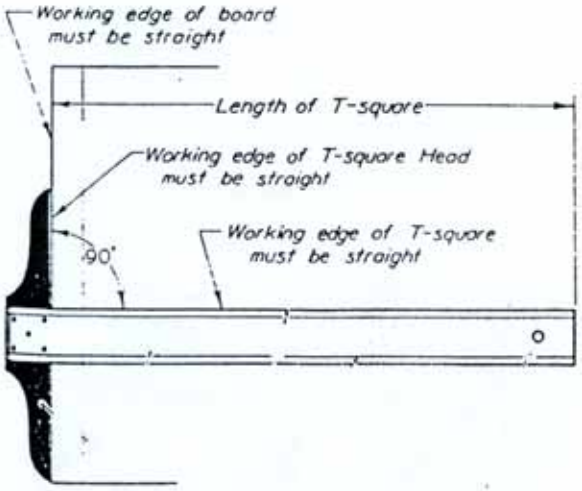
กระดานเขียนแบบ (Drawing Boards)

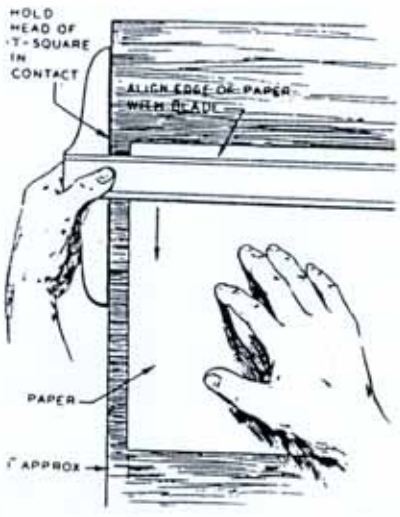
เป็นตัวรองรับกระดาษเขียนแบบ ผิวด้านหน้าของกระดานเขียนแบบจะต้องเรียบสม่ำเสมอตลอดตลอดแผ่น ขอบด้านซ้ายของกระดานเป็นขอบใช้งาน (Working edge) ขอบใช้งานจะต้องตรงตลอด เพราะเป็นส่วนที่หัวไม้ทีสัมผัสในขณะเคลื่อนที่ หรือหยุดเพื่อขีดเส้นในแบบงาน กระดานเขียนแบบมี 2 ชนิด คือ แบบแผ่นกระดานแยกอิสระ และแบบยึดติดกับโต๊ะเขียนแบบ

T - SQUARE AND BOARD



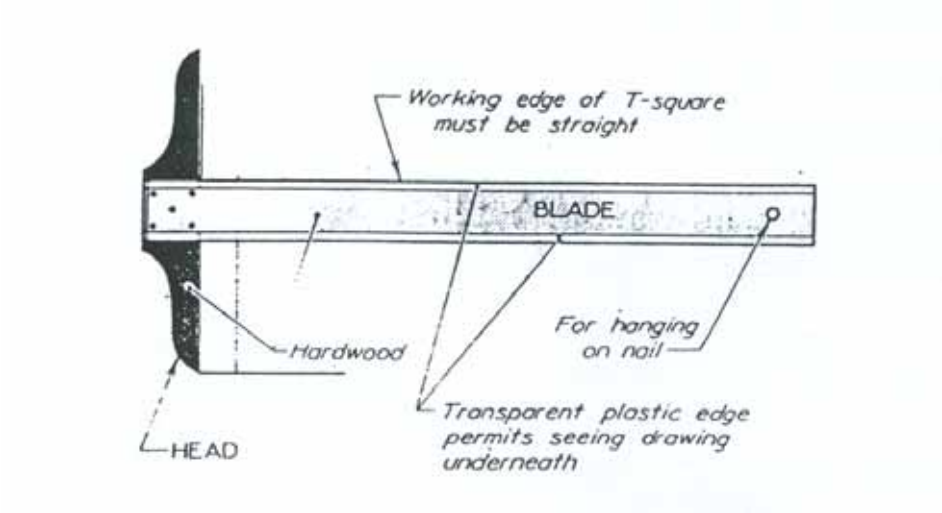






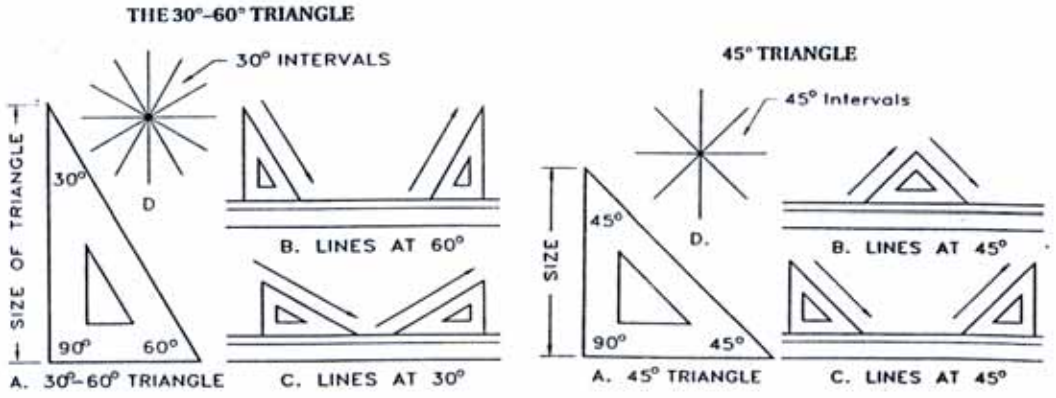
ไม้ที (T-Sqare)

เป็นอุปกรณ์เขียนแบบที่มักจะใช้ร่วมกับบรรทัดสามเหลี่ยม 30^0 X 60^0)
ไม้ทีมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนหัว (Head) และส่วนใน (Blade) ขอบของส่วนใบทำมาจากพลาสติก



บรรทัดสามเหลี่ยม (Traingles)

บรรทัดสามเหลี่ยมที่ใช้ในงานเขียนแบบมีอยู่ 2 แบบ คือ 30^0 x 60^0 และ 45 ^{0} บรรทัดสามเหลี่ยมมักจะใช้ร่วมกับไม้ที ใช้สำหรับเขียนเส้นในแนวดิ่ง แนวขนาน แนวระดับ และแนวเอียงเป็นมุมต่าง ๆ



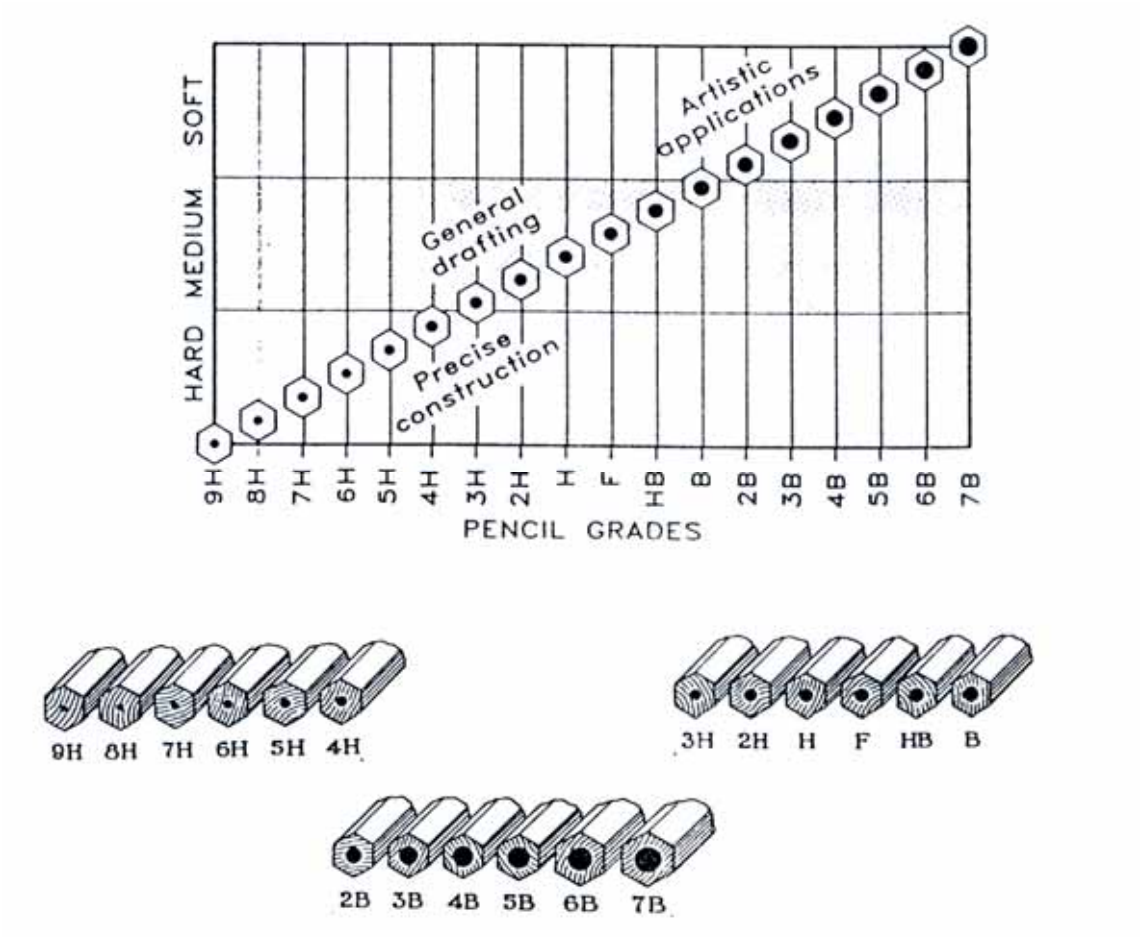
ดินสอที่ใช้งานเขียนแบบแบ่งออกเป็น 3 แบบ

1. ดินสอมีเปลือกไม้มี 3 เกรดดังต่อไปนี้

1.1 ดินสอที่มีไส้แข็ง (Hard pencils) มีตั้งแต่เบอร์ 4H , 5H , 7H ,8H , 9H ใช้สำหรับร่างแบบ เส้นบอกขนาด เขียนเส้นกราฟ เขียนแผนผัง และไดอะแกรม

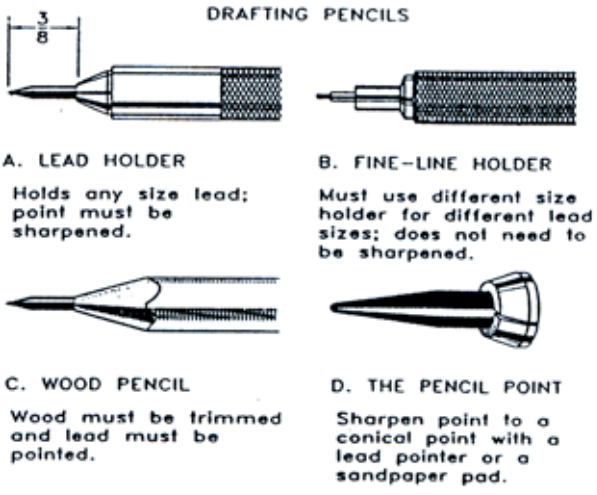
1.2 ดินสอที่มีไส้แข็งปานกลาง (Medium Pencils) มีตั้งแต่เบอร์ B , HB , F , H , 2H 3H ใช้สำหรับการเขียนแบบงานสำเร็จรูป เช่น เส้นขอบของชิ้นงาน เส้นแสดงแนวตัด สัญลักษณ์แนวเชื่อม B , HB ใช้ในการสะเก็ตแบบเขียนตัวอักษร เขียนหัวลูกศร และร่างแบบ 2H, 3H ใช้เขียนเส้นต่าง ๆ ในแบบงาน

1.3 ดินสอที่มีไส้อ่อน (Soft pencils) มีตั้งแต่เบอร์ 2B , 3B , 4B , 5B, 6B ,7B



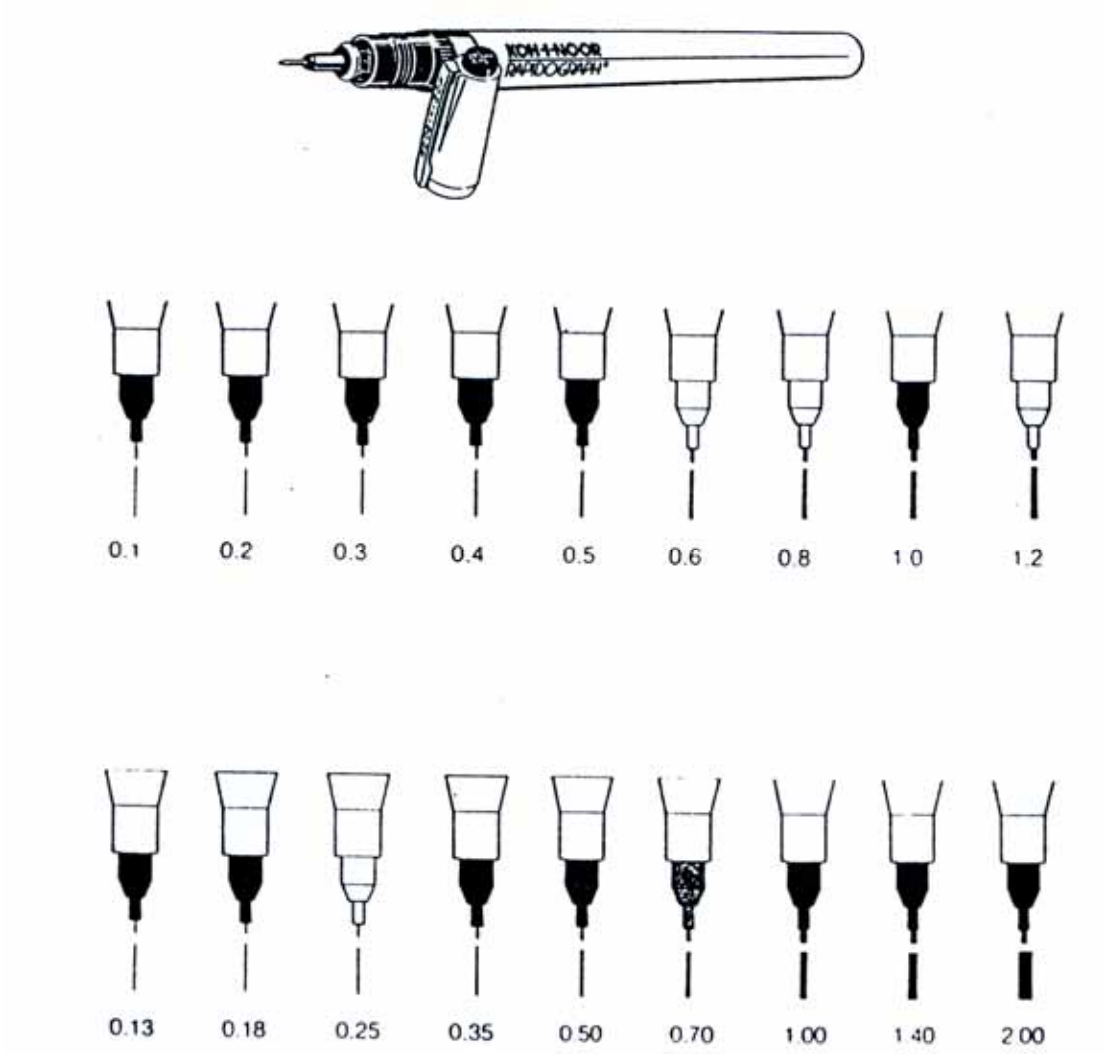
2. ดินสอชนิดไม่ต้องเหลาเปลี่ยนไส้ได้ ดินสอแบบนี้จะขีดเส้นได้ตามมาตรฐาน เช่น 0.3 , 0.5 , 0.7 ใช้สำหรับเขียนเส้นขอบรูป เส้นเต็มบาง เส้นบอกขนาด

3. ดินสอชนิดต้องเหลาเปลี่ยนไส้ได้ ดินสอแบบนี้ ไส้จะมีขนาด 2 มม. ใช้สำหรับเขียนเส้นเต็มหนัก เส้นร่าง



ปากกาเขียนแบบ

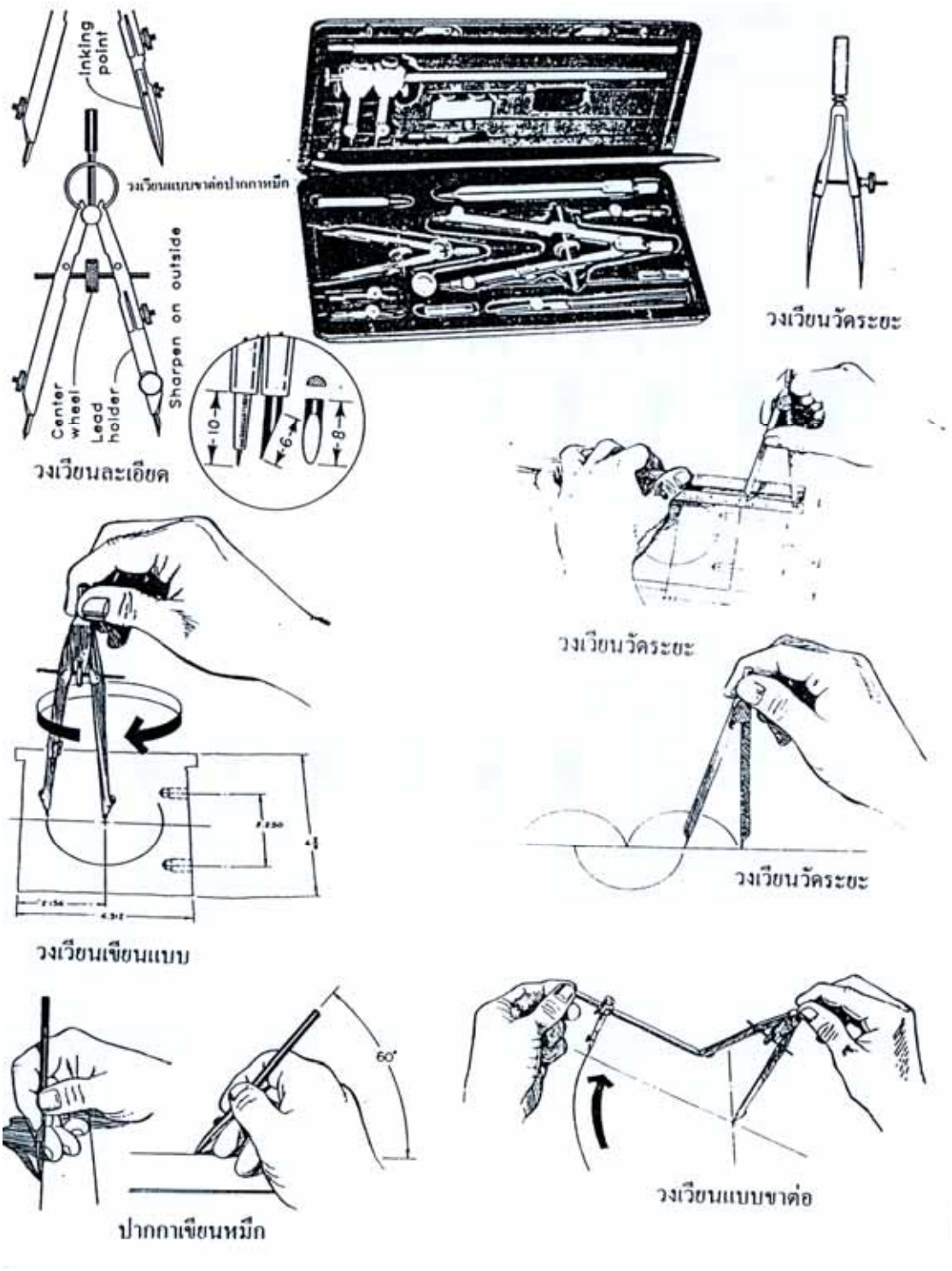
มีขนาดตั้งแต่ 0.1 , 0.2, 0.3, 0.4 , 0.5 , 0.6 , 0.8 , 1.0 , 1.2 และขนาด 0.13 , 0.18 , 0.25 , 0.35 , 0.50 , 0.70 , 1.00 , 1.40 , 2.00



สำหรับเขียนแบบในระบบ ISO ใช้กลุ่มเส้น 0.5 มี 3 ด้าม คือ 0.5 , 0.35 , 0.25 และกลุ่มเส้น 0.7 , มี 3 ด้าม คือ 0.7 , 0.5 , 0.35

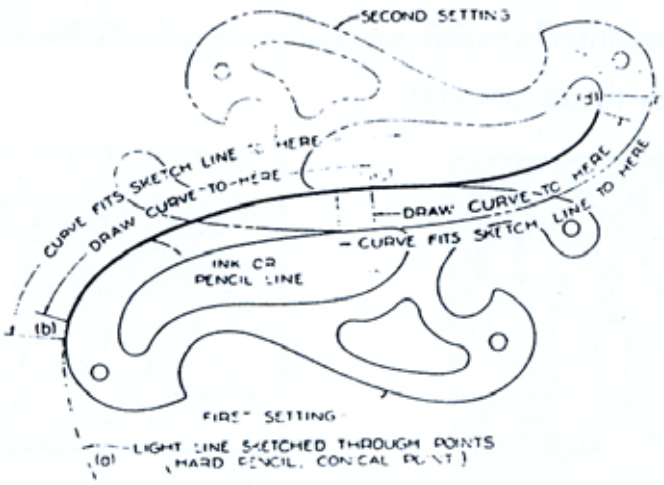
ชุดเครื่องมือเขียนแบบ

ประกอบด้วย วงเวียนเขียนแบบ วงเวียนวัดระยะ วงเวียนละเอียด ปากกาเขียนหมึก

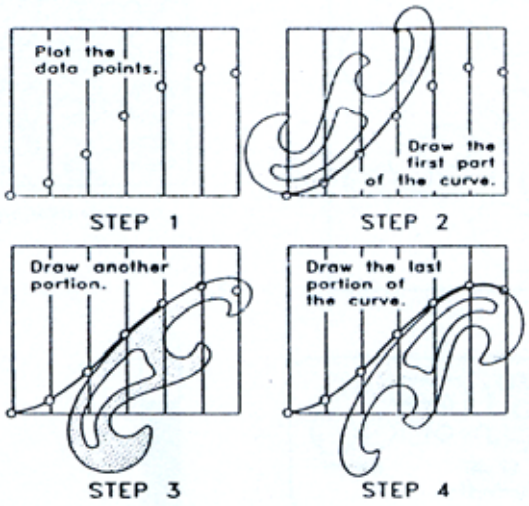


บรรทัดเขียนส่วนโค้ง (Irregular curves)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเขียนส่วนโค้งในลักษณะต่าง ๆ ในแบบงาน การใช้งานเป็น การเขียนเส้นต่อผ่านจุดทางเดินของส่วนโค้งอย่างน้อย 3 จุด หรือมากกว่า บรรทัดเขียนส่วนโค้งที่ใช้มีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบดังต่อไปนี้



USING THE IRREGULAR CURVE



Step 1 Plot data points.

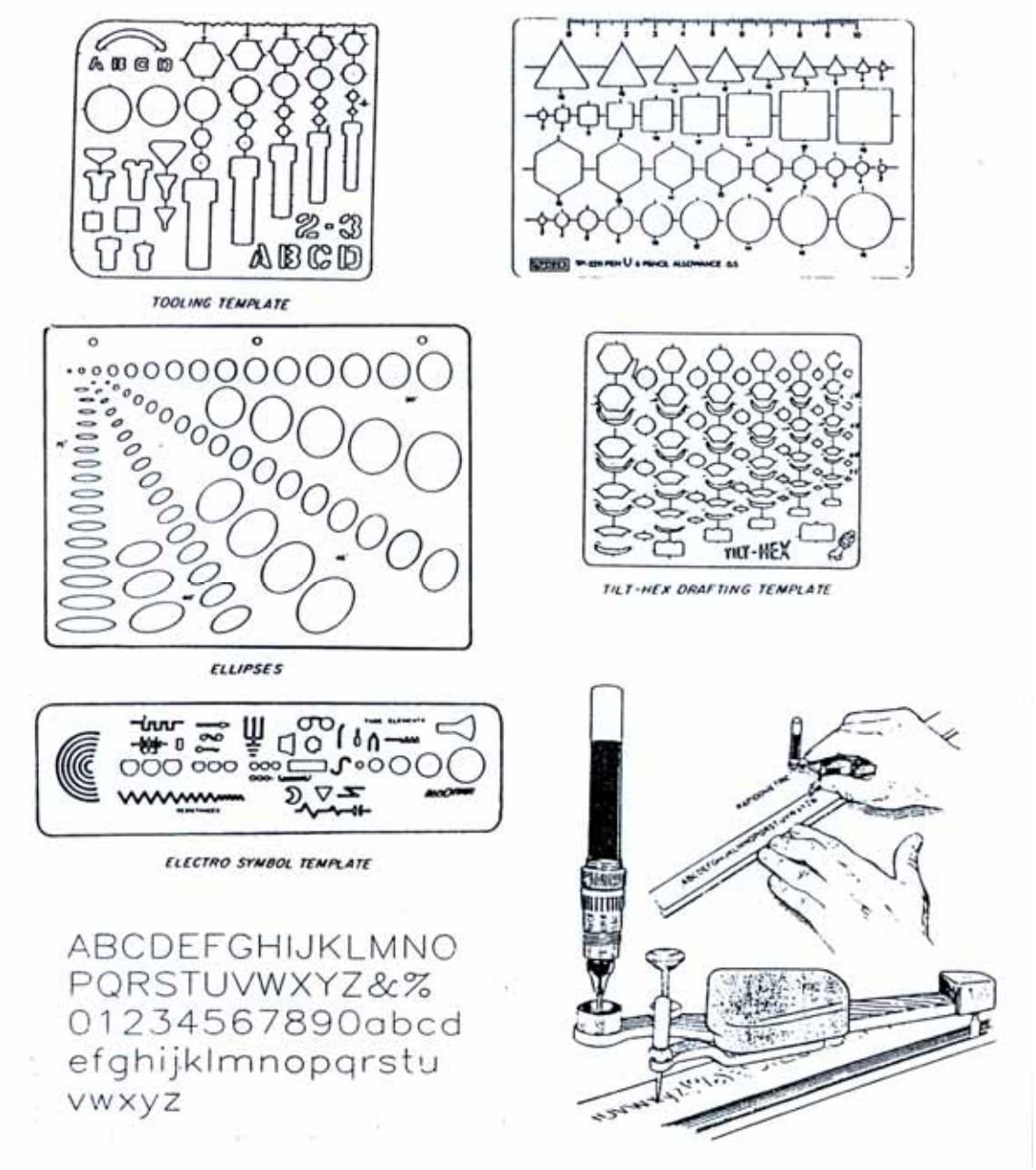
Step 2 Position the irregular curve to pass through as many points as possible and draw that portion of the curve.

Step 3 Reposition the irregular curve and draw another portion of the curve.

Step 4 Draw the last portion to complete the smooth curve.

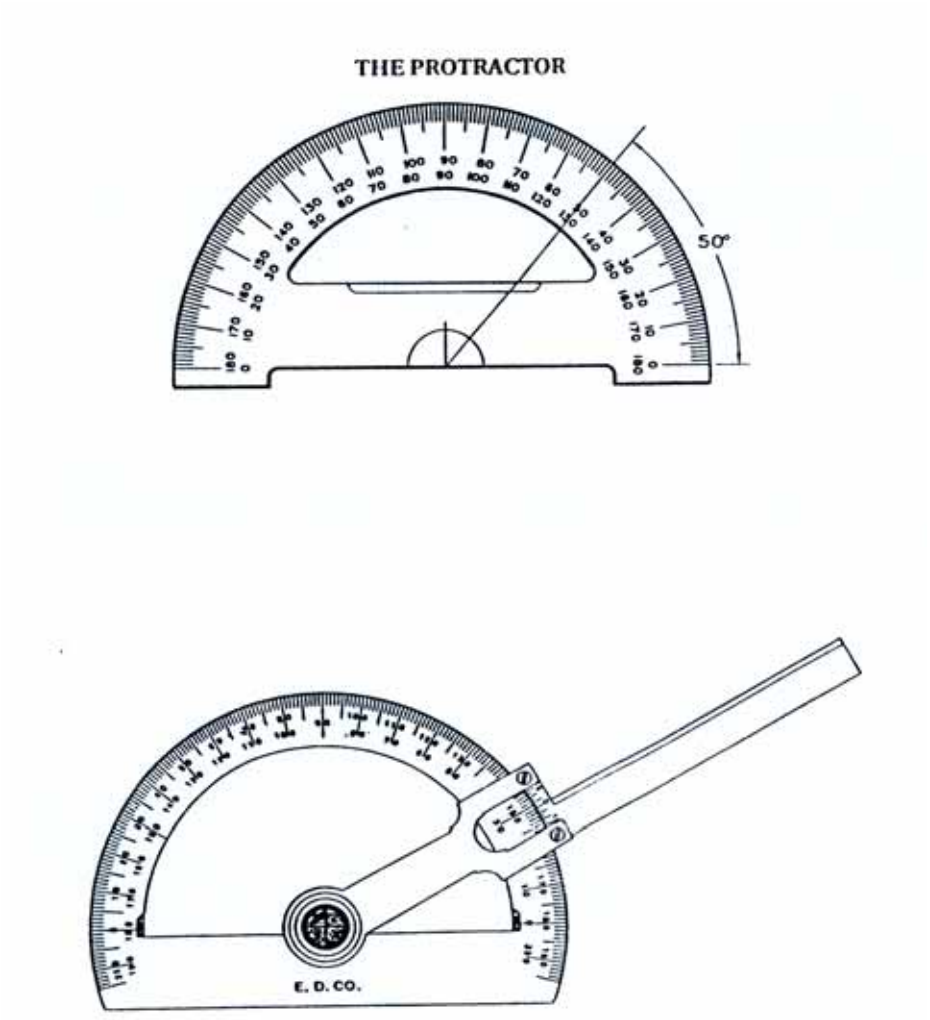
เทมเพลท (Templates)

ใช้ในงานเขียนแบบรูปทรงเรขาคณิต การเขียนเส้น และมุมต่าง ๆ การเขียนรูปทรงเหลี่ยมต่าง ๆ การเขียนรูปทรงกลม การเขียนรูปวงรี รวมทั้งการวัดขนาด เทมเพลทที่ใช้ในงานเขียนแบบไฟฟ้า คือเทมเพลทสัญลักษณ์ของงานติดตั้งไฟฟ้า งานเขียนวงจรควบคุม งานเขียนรูปคลื่นรูปไซน์ และเทมเพลทที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เทมเพลทสำหรับเขียนตัวอักษรตัวตรง ตัวเอนตามมาตรฐาน DIN 16 และ DIN 6776



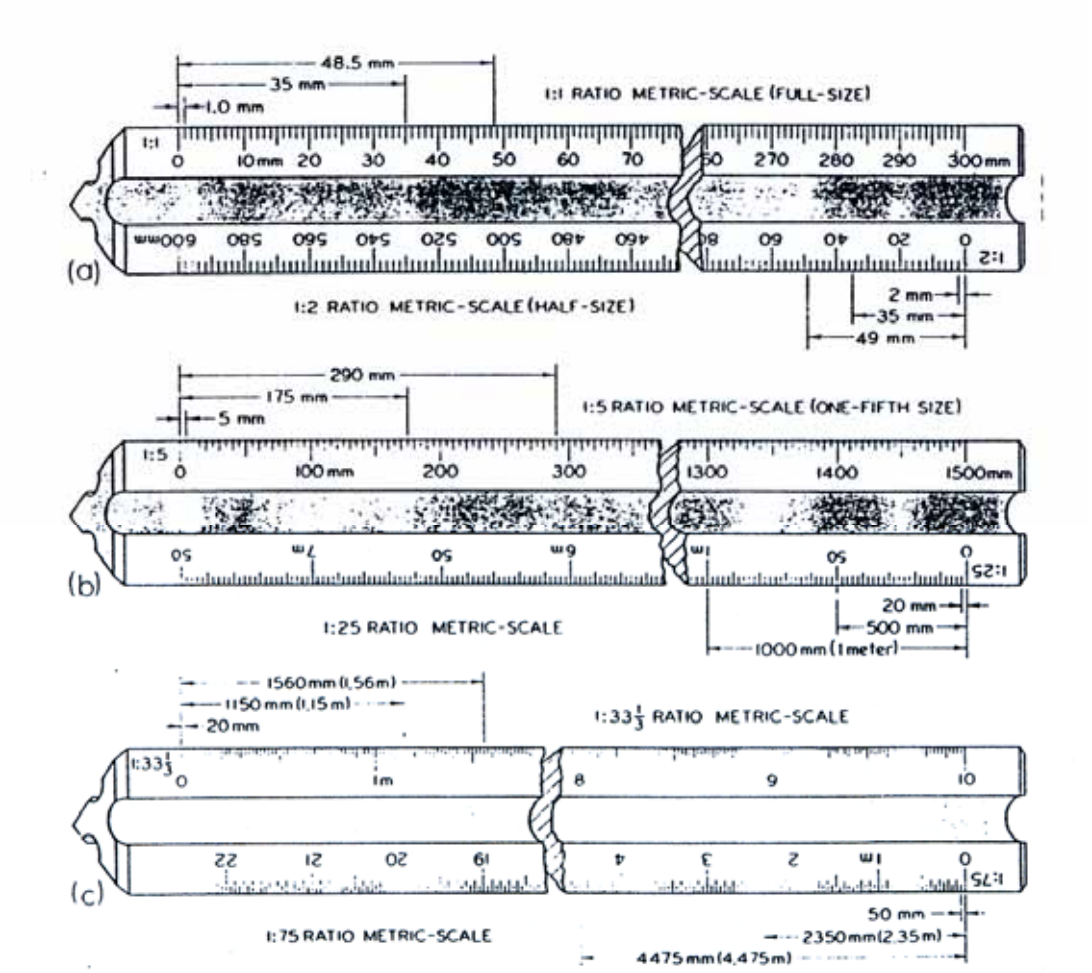
บรรทัดองศา (Protractors)

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดมุม หรือกำหนดมุมที่จะเขียนลงในแบบงาน



บรรทัดสเกลสามเหลี่ยม (Triangular metric scale)

ใช้สำหรับวัดมาตราส่วนจริง มาตราส่วนย่อ มาตราส่วนขยาย



บทที่ 2

มาตรฐานกระดาษเขียนแบบ

กระดาษเขียนแบบที่ใช้โดยทั่วไป ๆ มี 2 ชนิด คือ

1. กระดาษขาวธรรมดา ใช้สำหรับเขียนแบบทั่วไป

2. กระดาษไข เป็นกระดาษเขียนแบบที่มีคุณภาพ โปร่งแสงสามารถนำไปถ่ายพิมพ์เขียวได้ใช้สำหรับเขียนแบบอาชีพ ซึ่งต้องการแบบอันเดียวกันหลาย ๆ ชุด

ขนาดมาตรฐานของกระดาษเขียนแบบ

ขนาดมาตรฐานของกระดาษเขียนแบบ ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งแบ่งขนาด ของกระดาษเขียนแบบออกเป็น 6 ขนาด คือขนาด A0 , A1 , A2, A3, A4, A5 , A6

ขนาดมาตรฐานของกระดาษเขียนแบบ ในระบบ Iso (International Standards Organization) มาตรฐานของ Iso มีหลักการจากสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีอัตราส่วนของด้านเป็น 1: 2 ของขนาดกระดาษ แบ่งออกเป็น 3 มาตรฐานคือ

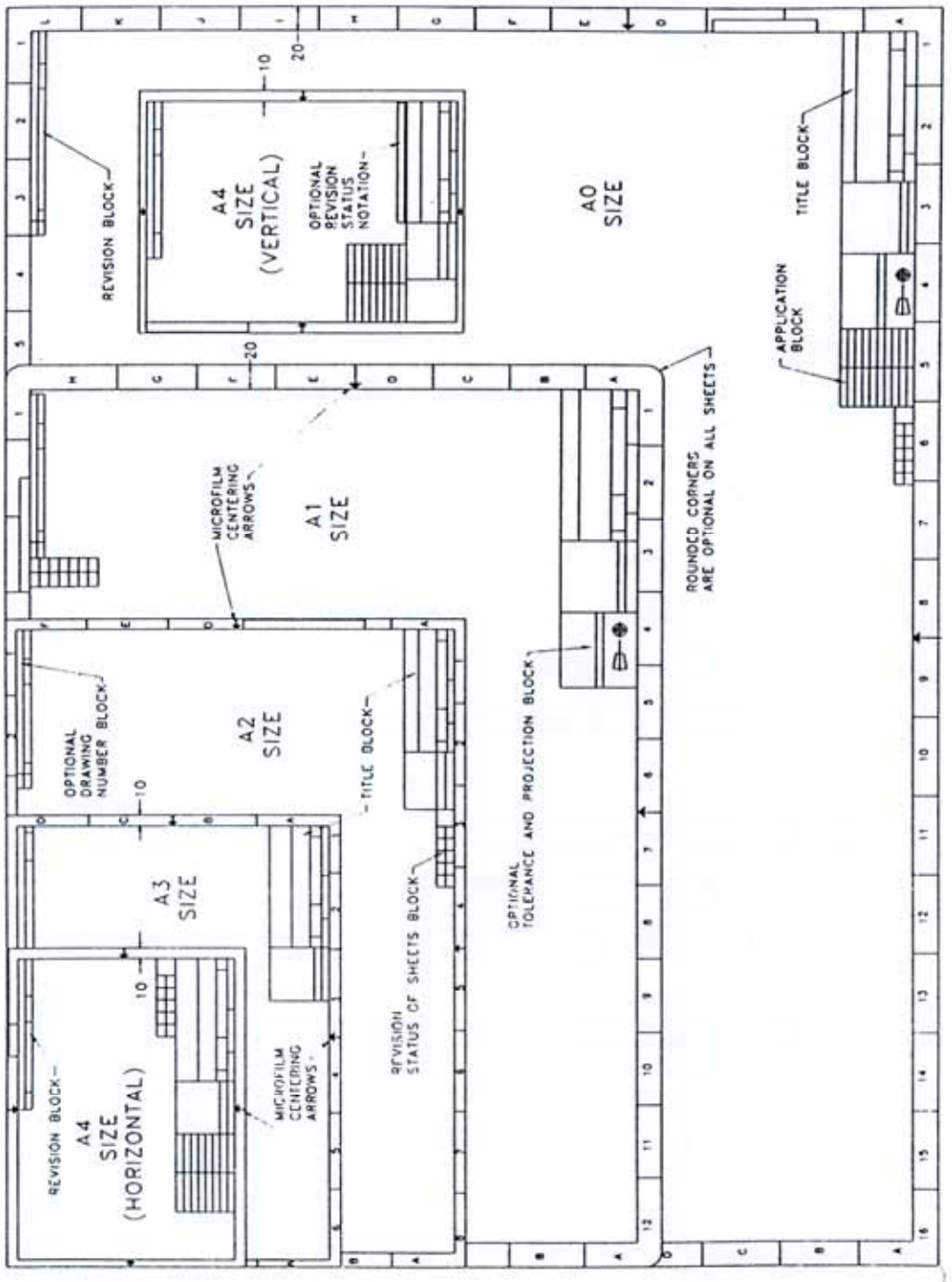
1. มาตรฐาน A ใช้สำหรับงานเขียนแบบมาตรฐาน ขนาดของกระดาษคือ A0 , A1 , A2, A3, A4, A5, A6

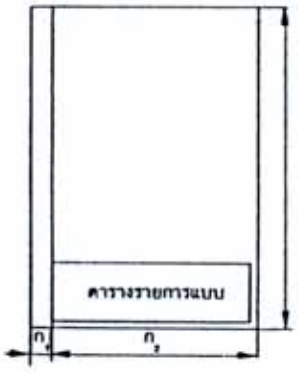
2. มาตรฐาน B ใช้สำหรับงานทำโปสเตอร์ ขนาดของกระดาษจะมีค่าอยู่ระหว่างขนาดมาตรฐาน A สองขนาด เช่ นB1 มีค่าระหว่าง A0 และ A1

3. มาตรฐาน C ใช้สำหรับทำโปสการ์ด กระดาษโฆษณา และเอกสารการท่องเที่ยว

ขนาดมาตรฐาน	เนื้อที่เขียนแบบ (มม.)	ขนาดกระดาษที่พิมพ์แล้ว (มม.)	ขนาดกระดาษไขชนิดแผ่นที่ควรใช้ไม่น้อยกว่า (มม.)	ความกว้างของม้วนกระดาษไขที่ควรใช้ (มม.)	ขนาดกระดาษไขที่ตัดออกจากม้วน (มม.)
A 0	831 x 1179	841 x 1189	880 x 1130	900	-
A 1	584 x 831	594 x 841	625 x 880	660 หรือ 900	660 x 900
A 2	410 x 584	420 x 594	450 x 625	660 หรือ 900	450 x 660
A 3	287 x 410	297 x 420	330 x 450	660หรือ 900	330 x 450
A 4	200 x 287	210 x 297	240 x 330	660	225 x 330
A 5	138 x 200	148 x 210	165 x 240	660	-

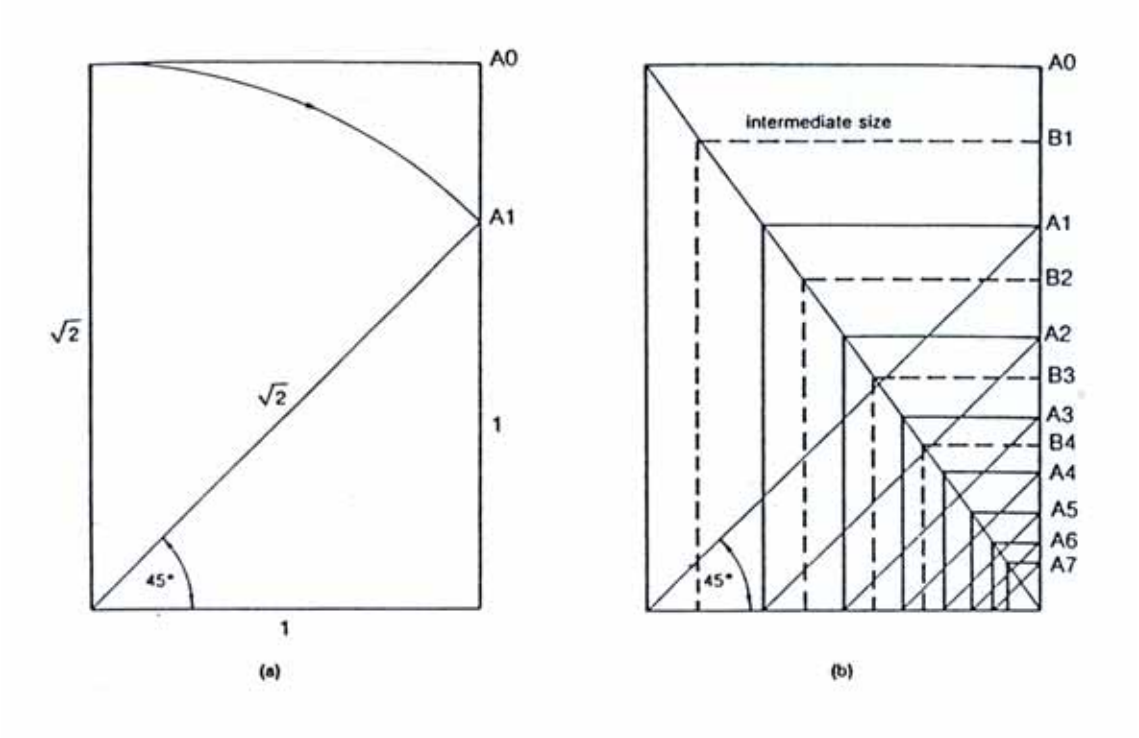
ตารางตัวอย่างขนาดกระดาษเขียนแบบ





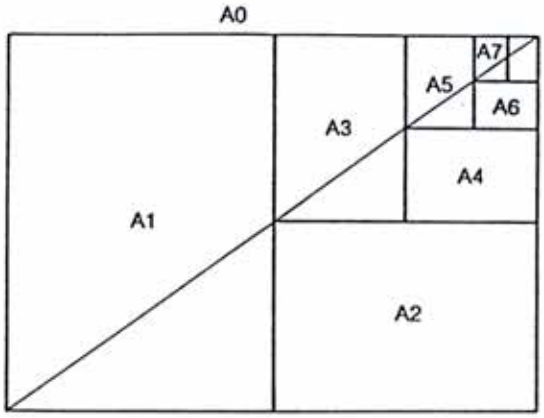
ขนาดกระดาษเขียนแบบ	ก 1	ก 2
A0 A 1 A 3	20	190
A2	18	192

ตารางแสดงขนาดกระดาษเขียนแบบที่พับเสร็จแล้ว



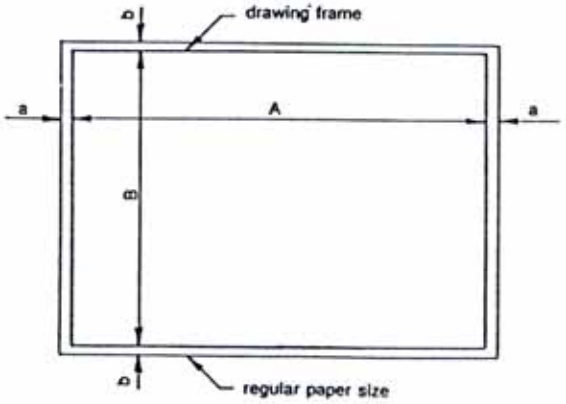
หมายเหตุ ขนาดกระดาษเขียนแบบมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร อัตราส่วน $1 : \sqrt{2}$ พื้นที่กระดาษ AO ขนาด = $1\ m^2$

ขนาดกระดาษ	ความกว้างกระดาษ		พื้นที่สำหรับเขียนแบบ
	ขอบข้าง ขอบบน - ล่าง		
	a	b	A x B
A0	28	20	1133 x 801
A1	20	14	801 x 566
A2	14	10	566 x 400
A3	10	7	400 x 283
A4	7	5	283 x 200



(c)

ขนาดของกรอบและพื้นที่ของกระดาษเขียนแบบ



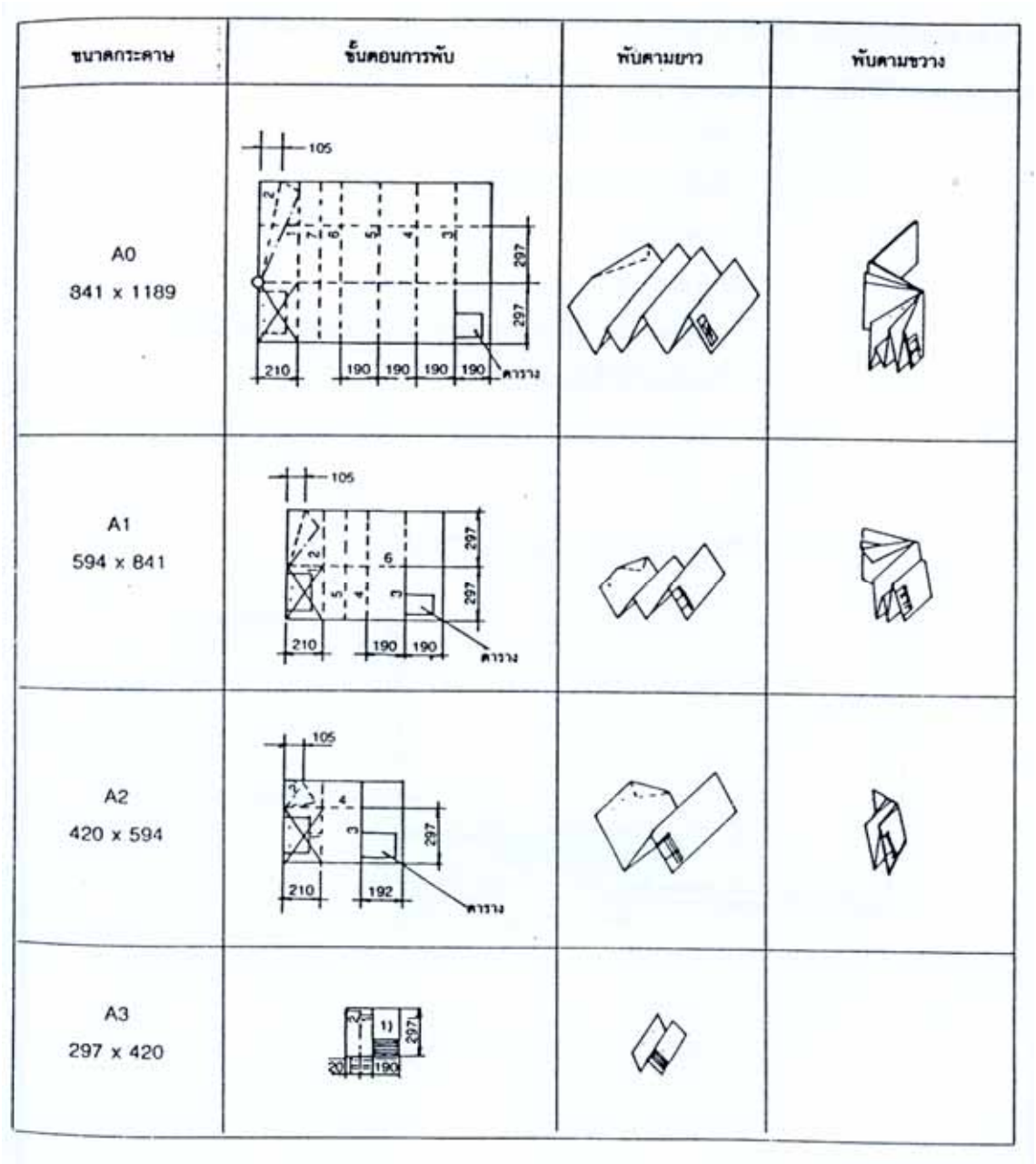
(d)

มาตรฐานกระดาษเขียนแบบ

มาตรฐาน มม	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	841 x 1189	594 x 841	420 x 549	297 x 420	210 x 297	148 x 210	205 x 148

วิธีพับกระดาษเขียนแบบ ขนาดเขียนแบบมาตรฐานตั้งแต่ A0, A1, A2, A3 จะนำมาพับให้ได้ขนาด A4 เพื่อสะดวกในการค้นหาและการเก็บรักษา วิธีการพับกระดาษเขียนแบบจะต้องเอาตารางรายการแบบไว้ด้านหน้าเสมอ

การพับกระดาษให้ได้ขนาด A4 - A3



ตารางรายการแบบ จะต้องแสดงไว้ในแบบ ทางมุมขวาล่างชิดกับเส้นกรอบของเนื้อที่เขียนแบบ

ขนาดของตารางรายการแบบ

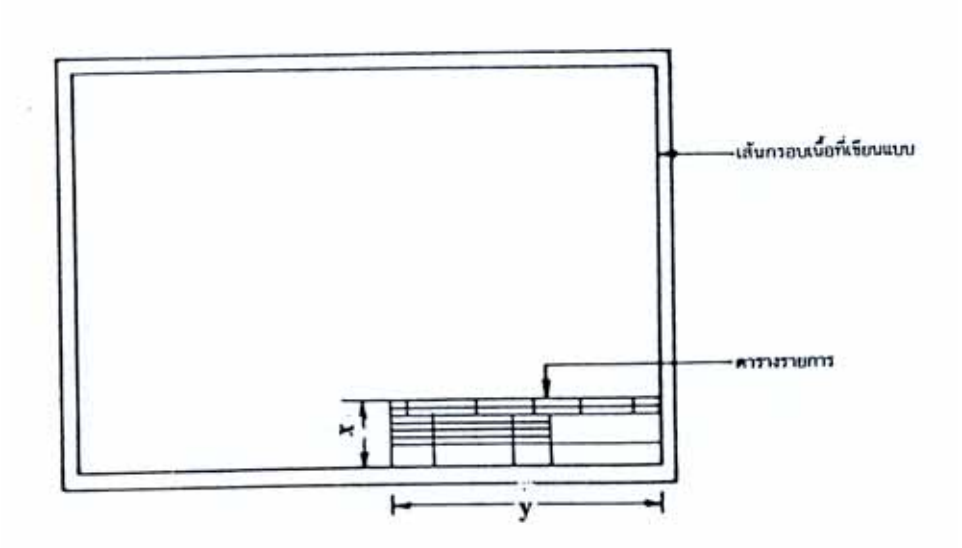
ด้าน X ไม่น้อยกว่า 55 มม. หากจะใช้ขนาดที่ใหญ่ขึ้น ให้เพิ่มขึ้นช่องละ 15 มม.

ด้าน Y ไม่น้อยกว่า 140 มม. หากจะใช้ขนาดที่ใหญ่ขึ้น ให้เพิ่มขึ้นตามสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 215 มม.

ขนาดของเส้นกรอบ ให้ใช้ขนาดเส้นเต็มหนัก หรือเส้นของรูป (Continuous Line)

ตารางรายการแบบ จะต้องมีรายการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ชื่อของชิ้นส่วนที่เขียน
2. ชื่อที่อยู่ของเจ้าของแบบ
3. มาตราส่วน
4. หมายเลขแบบ
5. ชื่อผู้ออกแบบ ผู้เขียนแบบ ผู้ตรวจสอบแบบ และผู้รับผิดชอบ
6. วัน เดือน ปี ที่เขียนแบบ



บทที่ 3

มาตรฐาน ตัวอักษร และตัวเลข

ตัวอักษรและตัวเลขขนาดมาตรฐาน

ในงานเขียนแบบนอกจากจะประกอบด้วยรูปภาพแล้ว ยังจะต้องมีข้อความบอกรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ตัวเลขบอกขนาด ตัวอักษรภาษาไทย ตัวอักษรภาษาอังกฤษ เพื่อบอกรายละเอียดและคำสั่งในแบบงาน เพื่อให้มีมาตรฐานที่แน่นอนในการเขียนอักษรและตัวเลขลงในแบบ จึงได้กำหนดขนาดมาตรฐานนี้ใช้ได้ทั้งอักษรไทย และโรมัน โดยกำหนดตัวอักษรโรมัน และตัวเลขอารบิคมาใช้ในงานเขียนแบบเครื่องกล

ตัวอักษรโรมันและตัวเลขอารบิคที่ใช้ในงานเขียนแบบมี 2 ชนิด คือ อักษรตัวตรง และตัวอักษรตัวเอน

1. ตัวอักษร และตัวเลข แบบตัวเอน

ตัวอักษรแบบเอน แบบตัวอ้วนจะทำมุมเอียงไปทางด้านหลังเป็นมุม 75^0 มีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 10 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (1/10h) เมื่อ h เท่ากับความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ สำหรับความสูงของตัวอักษรเล็กเท่ากับ 7 ใน 10 เท่าของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (7/10h)

ตัวอักษรแบบเอน แบบตัวผอมจะทำมุมเอียงไปทางด้านหลังเป็นมุม 75^0 มีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 14 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (1/14h) สำหรับความสูงของตัวอักษรเล็กเท่ากับ 10 ใน 14 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (1/14h)

ตัวอย่างตัวอักษร และตัวเลขแบบเอน

2. ตัวอักษรแบบตัวตรง

ตัวอักษรแบบตัวตรง ตัวอ้วนมีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 10 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (1/10h) เมื่อ h เท่ากับความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ สำหรับความสูงของตัวอักษรตัวเล็กเล็กเท่ากับ 7 ใน 10 เท่า ของความสูงความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (7/10h)

ตัวอักษรแบบตรง ตัวผอมมีความหนาของเส้นเท่ากับ 1 ใน 14 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ 1/14h สำหรับความสูงของตัวอักษรตัวเล็กเท่ากับ 10 ใน 14 เท่าของความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (10/14h)

ตัวอย่างตัวอักษร และตัวอักษรแบบตรง

ขนาดตัวอักษรและเส้นที่ใช้เขียนตัวอักษร

ขนาดตัวอักษรและความหนาของเส้นที่ใช้ในการเขียนตัวอักษรขนาดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางหน้าที่ 21 ขนาดตัวหนังสือจะโตขึ้นเป็นลำดับตามผลคูณของ < 2 (เช่น 1.8 X <2=2.5) ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมในงานอัดแบบด้วยไมโครฟิลม์อีกครั้งหนึ่ง ก็จะได้ขนาดของตัวอักษรและความหนาของเส้นตามมาตรฐานพอดี

ตารางแสดงขนาดตัวอักษรและเส้นที่ใช้เขียนตัวอักษร

อักษร ขนาดความสูง h	ขนาดความหนาของเส้น	
	อักษรแบบตัวอ้วน	อักษรแบบตัวผอม
1.8	0.18	0.13
2.5	0.25	0.18
3.5	0.35	0.25
5	0.5	0.35
7	0.7	0.5
10	1.0	0.7
14	1.4	1.0
20	2.0	1.4

ตารางแสดงความสูงมาตรฐานของตัวอักษร

รายการ		ความสูงของตัวอักษร มม.			
		2.5	3.5	5	7
ความสูงของตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ (h)	10 / 10 h	2.5	3.5	5	7
ความสูงของตัวอักษรพิมพ์เล็ก (c)	7 / 10 h	-	2.5	3.5	5
ความหนาของเส้น	1 / 10 h	0.25	0.35	0.5	0.7
ระยะห่างระหว่างบรรทัด (b)	14 / 10 h	3.5	5	7	10
ช่องไฟ	2 / 10 h	0.5	0.7	1	1.4

มาตรฐานตัวอักษรภาษาไทย

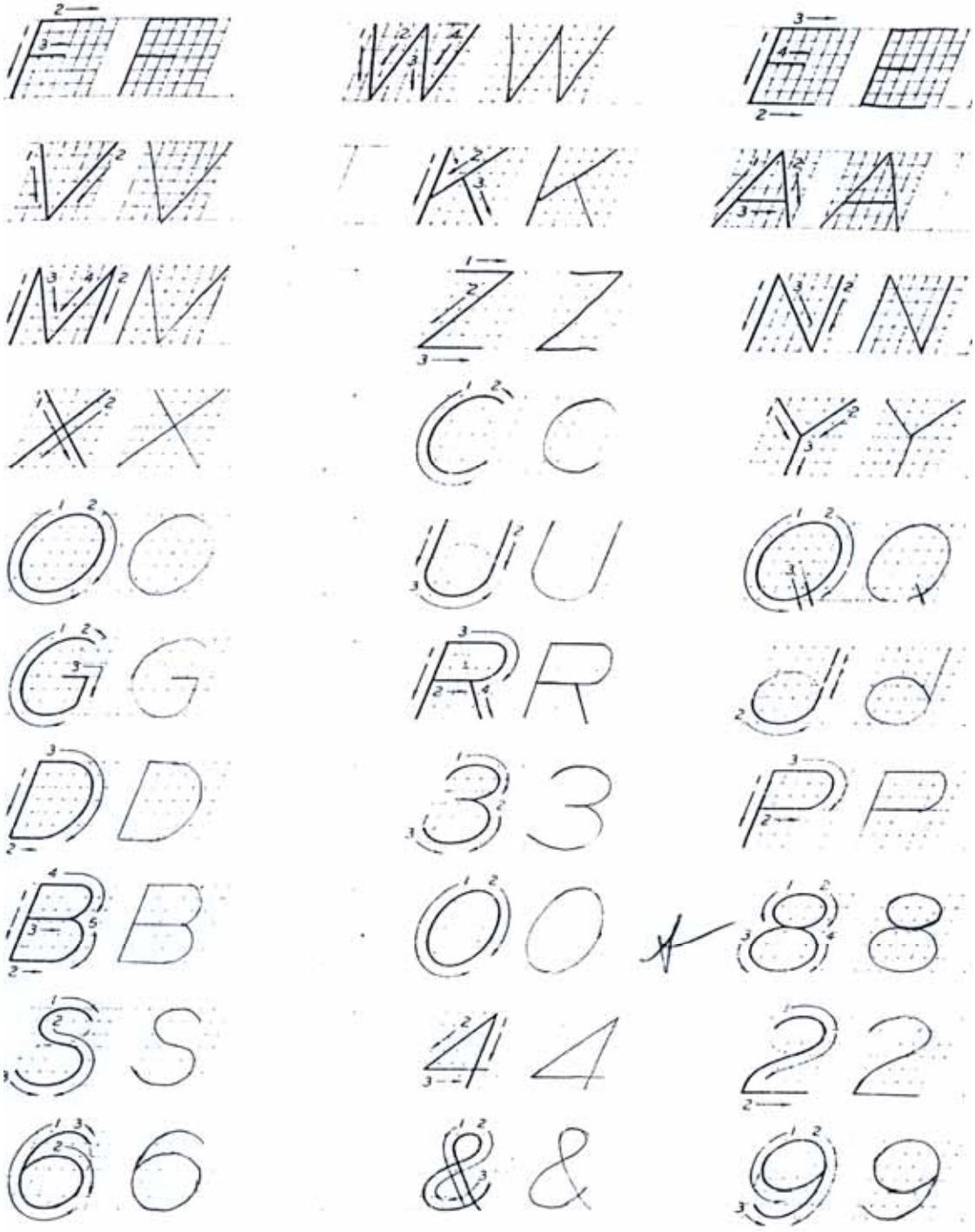
สำหรับมาตรฐานตัวอักษรภาษาไทยที่ใช้ในการเขียนแบบ ซึ่งกำหนดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แบ่งขนาดของตัวอักษรออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ตัวอักษรแบบบรรทัดตัวหนังสือ ตัวอักษรแบบนี้ขนาดความยาวของเส้นเท่ากับ 1 ใน 10 (หรือ 1 ใน 14) เท่าของความสูงของตัวอักษร
2. ตัวอักษรแบบแผ่นอักษรลอก ขนาดความหนาของเส้นของตัวอักษรแบบนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความสวยงาม มีขนาดความสูงของตัวอักษรตั้งแต่ 2.5 , 3.5, 5, 7 ,10, 14 , 20 มม

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA	**กกกกกกกกกกกกกกกกกกกกกกกก**
BBBBBBBBBBBBBBBBBB	**ขขขขขขขขขขขขขขขขขขขขขขขข**
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC	**คคคคคคคคคคคคคคคคคคคคคคค**
DDDDDDDDDDDDDDDDDDDD	**ตตตตตตตตตตตตตตตตตตตตตตตตต**
EEEEEEEEEEEEEEEEEEEE	**ฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆฆ**
FFFFFFFFFFFFFFFFFFFFFF	**งงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงงง**
JJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJJ	**จจจจจจจจจจจจจจจจจจจจจจจจจ**
LLLLLLLLLLLLLLLLLLLL	**ฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉฉ**
mmmmmmmmmmmmmmmmmmmmm	**ชชชชชชชชชชชชชชชชชชชช**
nnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnnn	**ษษษษษษษษษษษษษษษษษษษษษ**
qqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqqq	**ญญญญญญญญญญญญญญญญญญญ**
1111111111111111111111111111	**๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑๑**
2222222222222222222222222222	**๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒**
3333333333333333333333333333	๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓๓
4444444444444444444444444444	๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔๔
ตัวอักษรลอกภาษาอังกฤษ	**ตัวอักษรลอกภาษาไทย**

แบบฝึกหัดชุดที่ 1

1. จงเขียนอักษร และตัวเลขตามตัวอย่างที่กำหนดให้

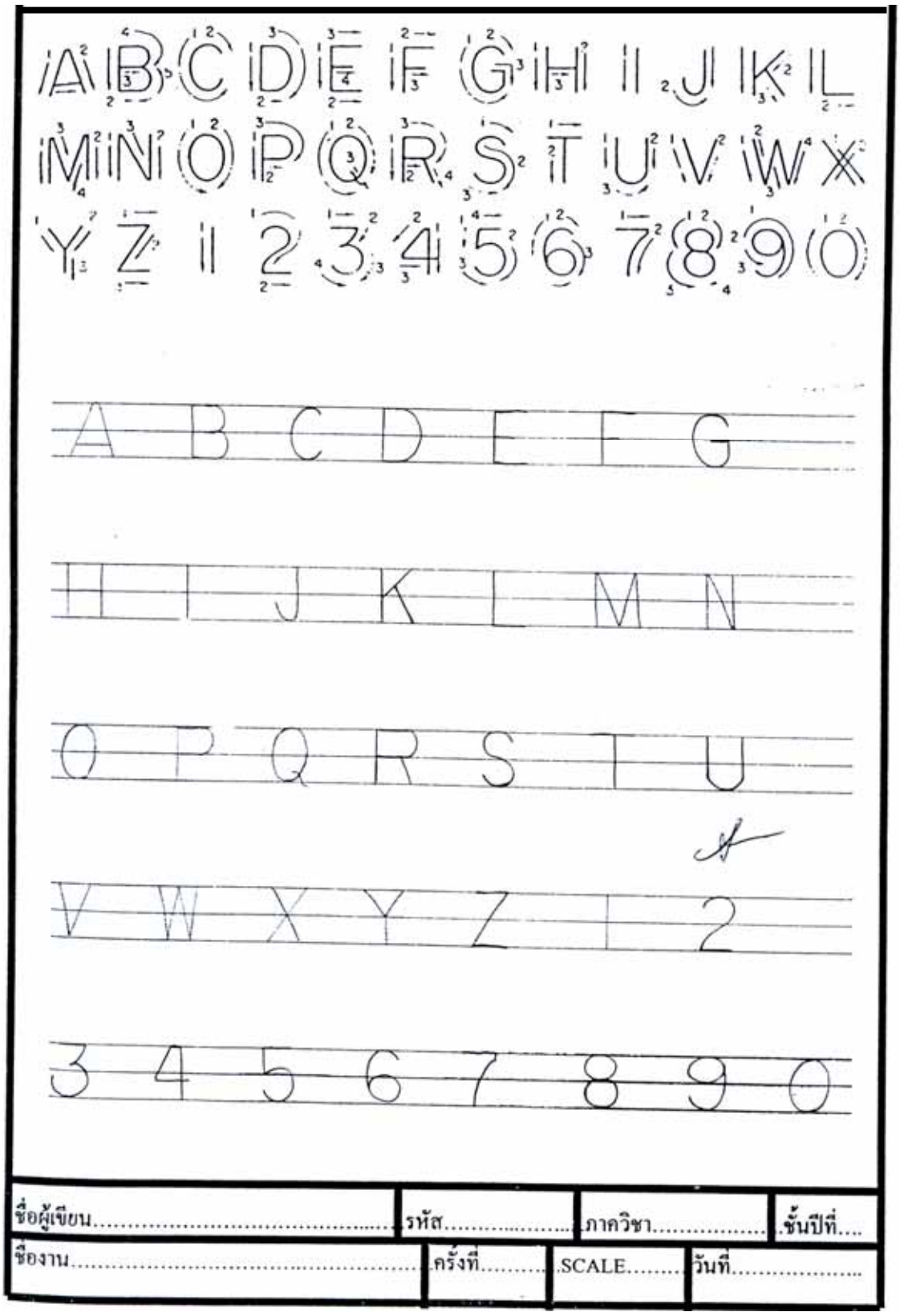


ชื่อ.....	รหัสประจำตัว.....	กาควิชา.....	ชั้นปีที่....

2. จงเขียนอักษร และตัวเลขตามตัวอย่างที่กำหนดให้

ชื่อ.....	รหัสประจำตัว.....	กาควิชา.....	ชั้นปีที่.....

3. จงเขียนอักษรภาษาอังกฤษ และตัวเลข ตามตัวอย่างที่กำหนดให้



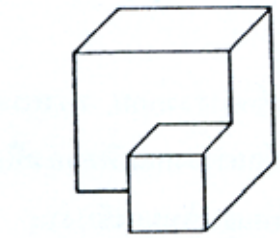
บทที่ 4

มาตรฐานเส้นในการเขียนแบบ

ลักษณะเส้นและการใช้งาน

การเขียนแบบงาน ต้องอาศัยเส้นชนิดต่าง ๆ เพื่อแสดงความหมายของแบบงานเส้นต่าง ๆ ก็มีความหมายเฉพาะตัว ซึ่งจะบอกให้ทราบถึงลักษณะของงาน และทำให้การอ่านแบบมีความสมบูรณ์ตลอดจนสามารถเข้าใจแบบงานได้เป็นอย่างดี เส้นที่ใช้ในการเขียนแบบแบ่งออกได้ 6 ชนิด ดังนี้

1. เส้นเต็มหนัก หรือเส้นขอบรูป (Continous Line) การใช้งานของเส้นมีดังนี้
   - 1.1 เส้นของรูปที่มองเห็น
   - 1.2 สัญลักษณ์แนวเชื่อม
   - 1.3 เส้นรอบรูป
   - 1.4 เส้นกรอบเนื้อที่เขียนแบบ
   - 1.5 เส้นขอบนอกของเกลียว

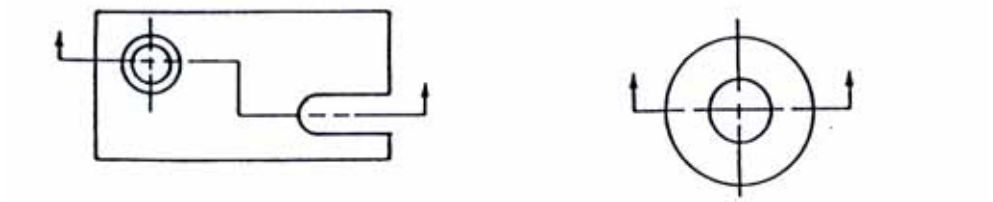


เส้นขอบรูปที่มองเห็น

เส้นเต็มหนัก หรือเส้นของรูป

2. เส้นศูนย์กลางหนัก (Center line) หรือเส้นลูกโซ่หนัก (Chain line) การใช้งานของเส้นมีดังนี้
   - 2.1 เส้นแสดงแนวตัด
   - 2.2 เส้นแสดงแนวตัดขอบเขตการทำงานพิเศษ เช่น การชุบแข็ง และการอบอ่อน การปรับผิวเป็นต้น

เส้นแสดงแนวตัด (Cuttingplane line)



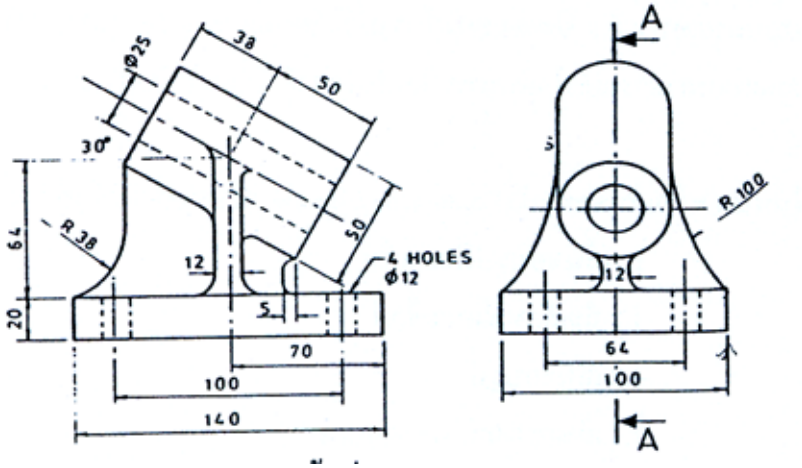
เส้นศูนย์กลางหนัก (center line)

3. เส้นประ (Dashed line) การใช้งานของเส้นมีดังนี้

3.1 เส้นขอบของรูปที่มองไม่เห็น

3.2 เส้นวงกลมโคนฟันเฟือง

3.3 เส้นขอบของวัสดุโปร่งใส



เส้นประ (Dashed Line)

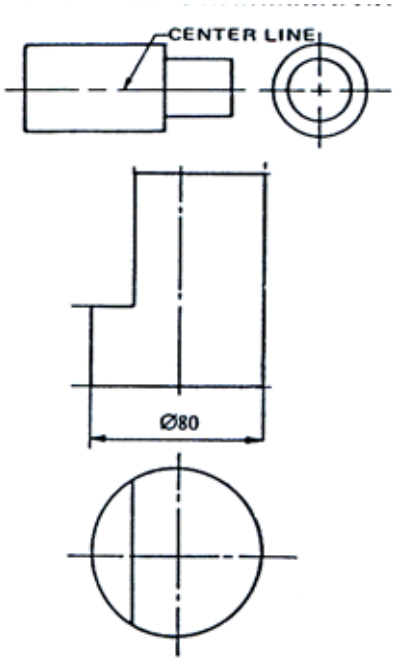
4. เส้นศูนย์กลางเบา (Center line) หรือเส้นลูกโซ่เบา (Chain line) การใช้งานของเส้นมีดังนี้

4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลม , ทรงกระบอก , และทรงกลม

4.2 เส้นผ่านศูนย์กลางวงกลมฟิตของเฟือง

4.3 เส้นแสดงลักษณะเดิมของชิ้นงาน

4.4 เส้นของส่วนที่ต้องทำเพิ่มเติมที่อยู่หน้าหรือหลังแนวตัดที่ต้องการให้เห็น



เส้นศูนย์กลางเบา (Center line)

5. เส้นเต็มเบา การใช้งานของเส้นมีดังนี้

5.1 เส้นกำหนดขนาด

5.2 เส้นช่วยกำหนดขนาด

5.3 เส้นแสดงพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน

5.4 เส้นลายตัดของพื้นที่ ที่ถูกตัด

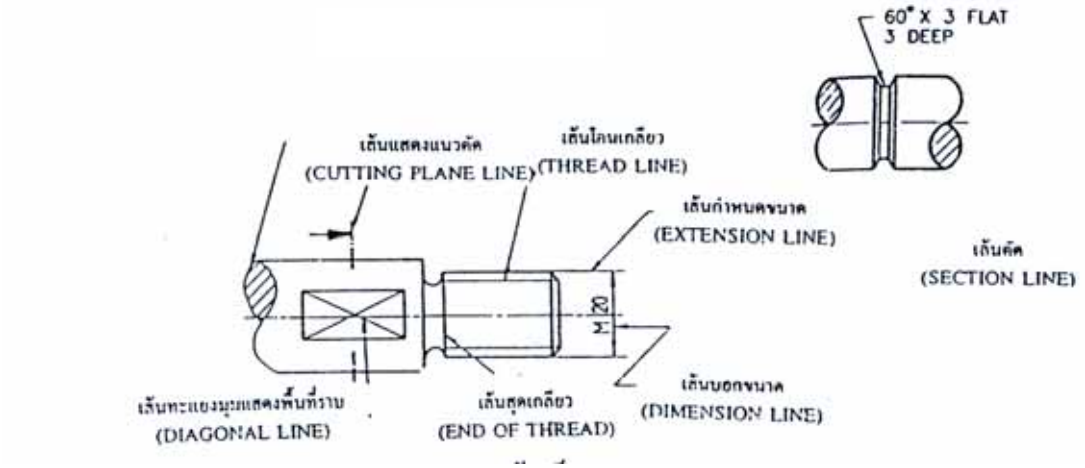
5.5 เส้นทแยงของพื้นที่สี่เหลี่ยม

5.6 เส้นโคนเกลียว

5.7 เส้นของของชิ้นส่วนที่อยู่ใกล้ส่วนที่ต้องการแสดงว่าสัมพันธ์กับแบบ

5.8 เส้นชี้แสดงรายละเอียดของงาน

5.9 เครื่องหมายผิวงาน



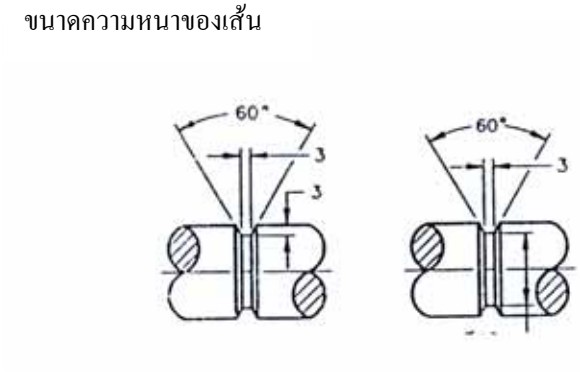
เส้นเต็มเบา

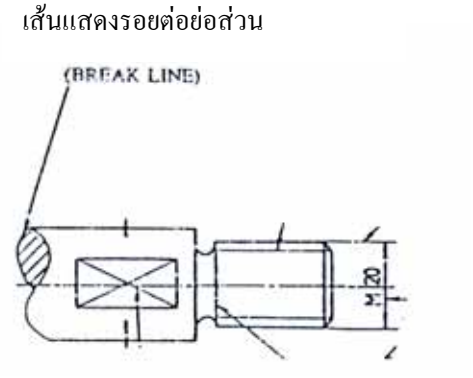
6. เส้นมือเปล่า การใช้งานของเส้นมีดังนี้

6.1 เส้นตัดเฉพาะส่วน

6.2 เส้นตัดย่อความยาวของงานที่มีขนาดยาว ๆ

ขนาดความหนาของเส้น



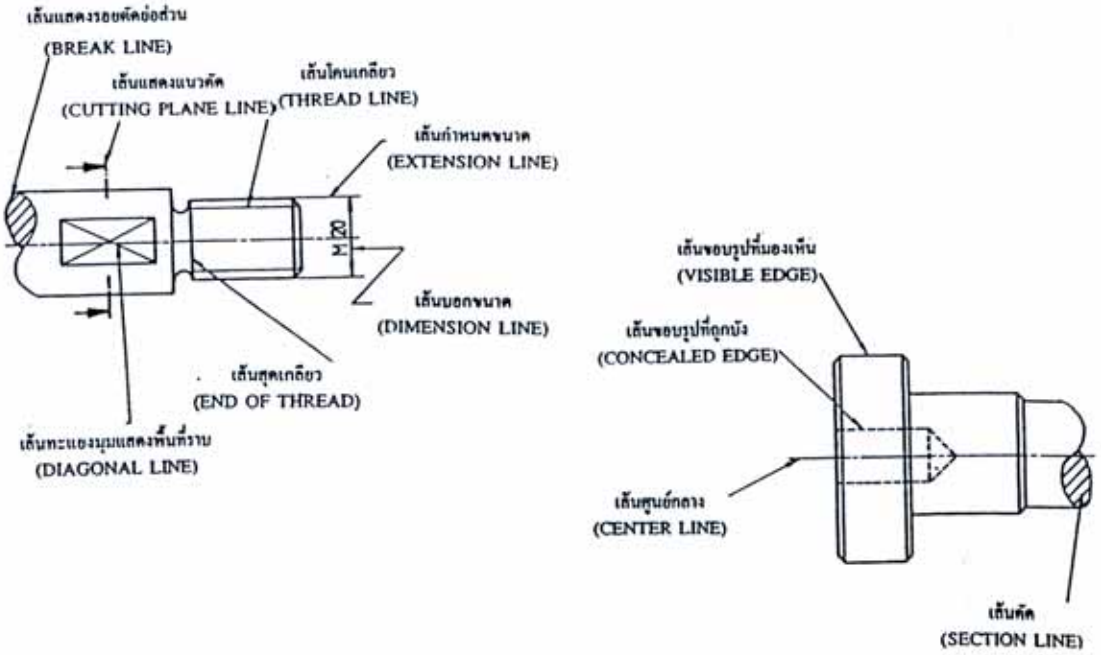


เส้นมือเปล่า

ขนาดความหนาของเส้น

มาตรฐานขนาดความหนาของเส้นชนิดต่าง ๆ แบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีขนาดของเส้นชนิดต่าง ๆ ดังตารางข้างล่าง กลุ่มเส้น 0.5 เป็นกลุ่มที่นิยมใช้ในการเขียนแบบมากที่สุด

กลุ่มเส้นและขนาดความหนาของเส้น					
ชนิดของเส้น	1.0	0.5	0.7	0.25	0.35
เส้นเต็มหนัก	1.0	0.5	0.7	0.25	0.35
เส้นศูนย์กลางหนัก	1.0	0.5	0.7	0.25	0.35
เส้นประ	0.7	0.35	0.5	0.18	0.25
เส้นศูนย์กลางเบา	0.5	0.25	0.35	0.13	0.18
เส้นเต็มเบา	0.5	0.25	0.35	0.13	0.18
เส้นมือเปล่า	0.5	0.25	0.35	0.13	0.28



จากรูป เส้นที่ใช้ในการเขียนแบบ

ชนิดของเส้น	ความหนา (มม.)	ลักษณะการใช้งาน
——————— เส้นรอบรูปหรือเส้นเต็มหนัก	0.5	เส้นของรูปที่มองเห็น (visble edges) เส้นสุดของเกลียว (End of thread)
——————— เส้นเต็มบาง	0.25 0.35	เส้นบอกขนาด (Dimension line) เส้นกำหนดขนาด (Extension line) เส้นโคนเกลียว (Thread line) เส้นทแยงมุมแสดงพื้นที่ราบ (Diagonallines) เส้นตัด (Section lines) เส้นแสดงการตัดย่อส่วน เส้นชี้แสดงรายละเอียด (Part line)
— — — — — — — — — เส้นประ เส้นยาวประมาณ 3-4 ช่องว่าง 1 มม.	0.35 0.5	เส้นขอบรูปที่ถูกบัง (Concealed esges)
— · — · — · — · — · — · เส้นศูนย์กลางใหญ่ เส้นยาวประมาณ 7 มม. ช่องว่าง 1 มม. เส้นสั้นเกือบเป็นจุด	0.5	เส้นแสดงแนวตัด (Cuttingplane line) เส้นแสดงขอบเขตส่วนที่จะถูกกระทำด้วยกรรมวิธีทางความร้อน หรือกรรมวิธีอื่น ๆ เช่น ชุบผิว
เส้นศูนย์กลางเล็ก — ·· — ·· — ·· — ·· — ·· - เส้นยาวประมาณ 10 มม. ช่องว่าง 1 มม. เส้นสั้นเกือบเป็นจุด	0.25	เขียนเส้นผ่าศูนย์กลางวงกลม ทรงกระบอก ทรงกลม เส้นกึ่งกลางของชิ้นงานที่มีลักษณะสมมาตร (Center lines)
เส้นมือเปล่า	0.25 0.35	เส้นแสดงรอยตัดย่อส่วน (Breakline) เส้นแสดงรอยตัดเฉพาะ

แบบฝึกหัดที่ 2

1. จงเขียนเส้นที่ใช้ในงานเขียนแบบ โดยแต่ละเส้นเว้นช่องว่าง 5 มม. ความยาวของเส้นสุดเส้นกรอบ

เส้นเต็มหนัก	เส้นเต็มเบา
เส้นศูนย์กลางเบา	เส้นศูนย์กลางเบา
เส้นประ	เส้นมือเปล่า

บทที่ 5

มาตราส่วน (SCALE)

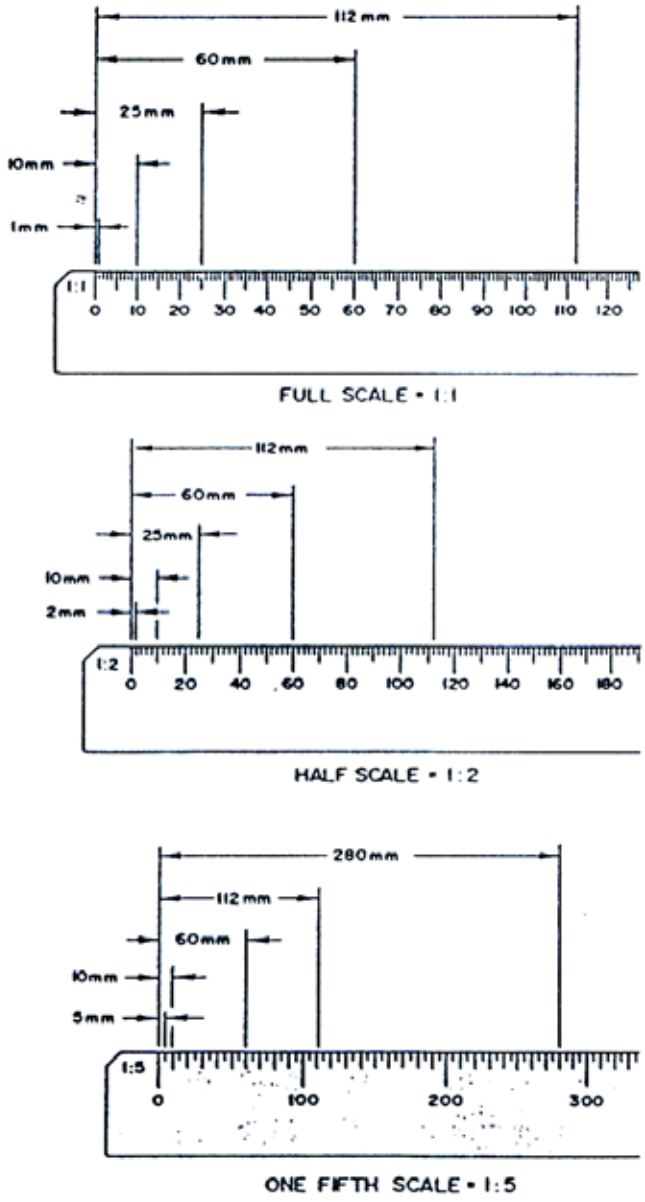
มาตราส่วนที่ใช้งานอุตสาหกรรม มีอยู่ 3 ชนิด

1. มาตราส่วนปกติ คือ 1: 1
2. มาตราส่วนย่อ คือ 1:2 1:5 1:10 1:20 1:50 1:100
3. มาตราส่วนขยาย คือ 2:1 5:1 10:1 50:1 100:1

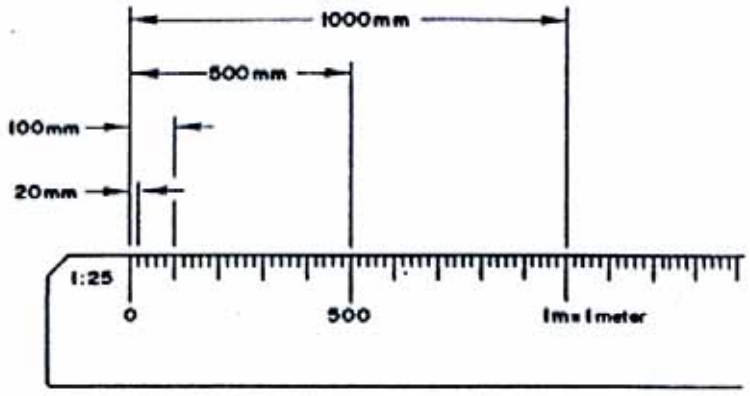
เลขตัวหน้าของมาตราส่วนคือ ขนาดที่ต้องเขียนลงในแบบ

เลขตัวหลังของมาตราส่วนคือ ขนาดสัดส่วนของชิ้นงาน

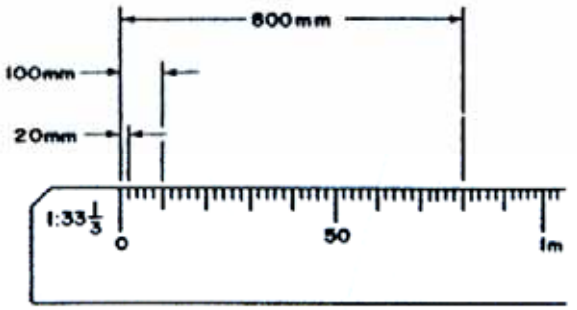
หมายเหตุ ไม่ว่าจะเป็นมาตราส่วนจริง , มาตราส่วนย่อ , มาตราส่วนขยาย ขนาดรูปต้องเขียนไปตามมาตราส่วนที่กำหนดไว้ การกำหนดขนาดลงในแบบจะต้องเป็นขนาดจริงเท่านั้น



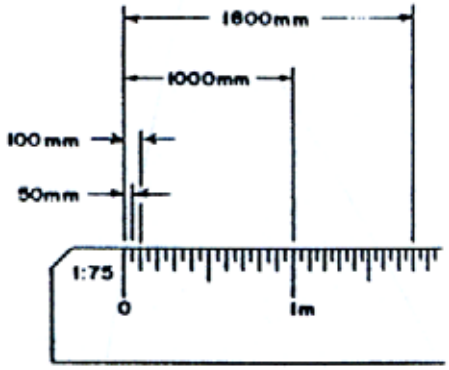
รูปสดงบรรทัดมาตราส่วนต่าง ๆ



ONE TWENTY FIFTH SCALE = 1:25.



ONE THIRTY THREE AND ONE THIRD SCALE = 1:33 1/3



ONE SEVENTY FIFTH SCALE = 1:75

รูปแสดงมาตราส่วนต่าง ๆ

บทที่ 6

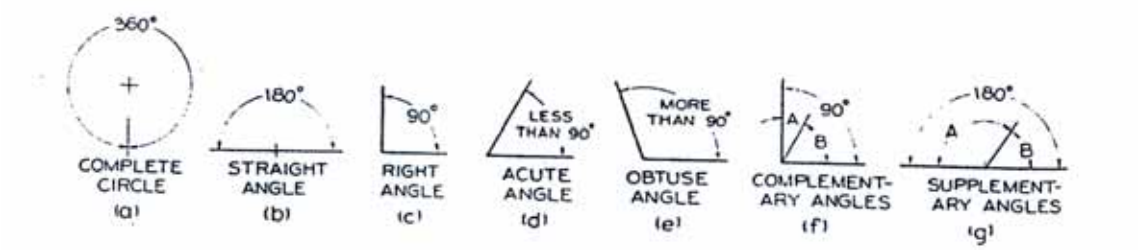
การสร้างรูปทรงเรขาคณิต

(Geometric Constructions)

โดยทั่วไปแล้วงานเขียนแบบมักจะเกี่ยวข้องกับรูปทรงเรขาคณิตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งช่าง เขียนแบบ หรือ วิศวกรจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางด้านรูปทรงเรขาคณิตพอสมควร และสามารถนำไปดัดแปลงเพื่อแก้ปัญหาการเขียนรูปทรงต่าง ๆ ของงานเขียนแบบต่อไป

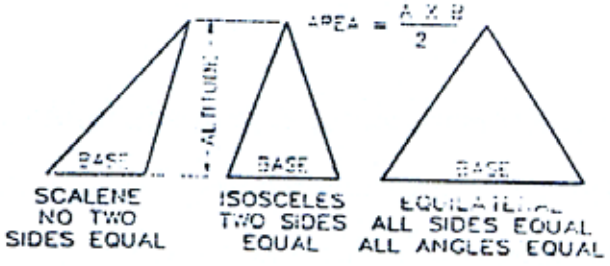
6.1 นิยามของรูปทรงต่าง ๆ

(1) **มุม Angles)** คือรูปทรงที่ได้จากการตัดของเส้นตรงสองเส้น ได้แก่วงกลม (Complete circle) เส้นตรง (Straight line) มุมฉาก (Right angle) มุมแหลม (Acute Angle) มุมป้าน (Obtuse angle) มุมประกอบมุมฉาก (Complementary Angles) มุมประกอบสองมุมฉาก (Supplementary Angles) ดังรูป 6.1



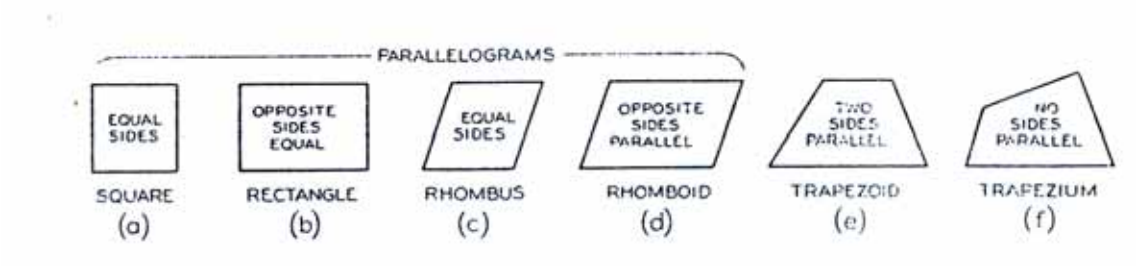
รูปที่ 6.1 มุมแบบต่าง ๆ

(2) **รูปสามเหลี่ยม (Triangles)** หมายถึงรูปทรงบนระนาบที่ประกอบด้วยด้านที่เป็นเส้นตรงสามด้าน มุมภายในสามมุมรวมกันเท่ากับ 180 องศา แบ่งได้เป็น 4 แบบ ได้แก่ สามเหลี่ยมใด ๆ หรือสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Scalene Triangle) สามเหลี่ยมหน้าจั่ว (Lsosceles triangle) สามเหลี่ยมด้านเท่า (Equilateral Triangle) และสามเหลี่ยมมุมฉาก (Right triangle) ดังรูป 6.2



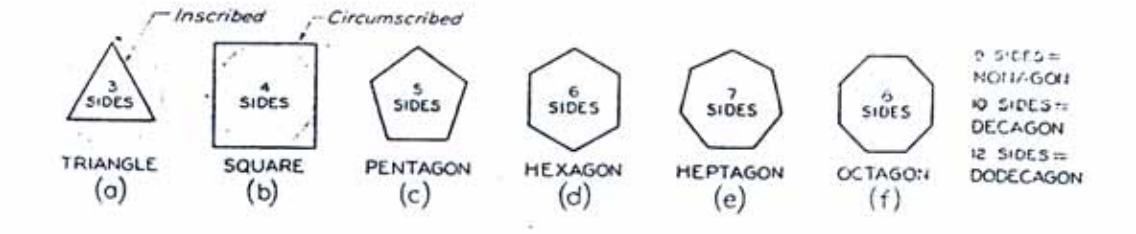
รูป 6.2 สามเหลี่ยมแบบต่าง ๆ

(3) รูปสี่เหลี่ยม (Quadrilaterals) หมายถึงรูปทรงบนระนาบที่ประกอบด้วยด้านที่เป็นเส้นตรงสี่ด้าน มุมภายในสี่มุมรวมกันเท่ากับ 360 องศา ถ้าสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามขนานกันเรียกว่า สี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelogram) ได้แก่ สี่เหลี่ยมจตุรัส (Square) สี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangle) สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (Rhombus) สี่เหลี่ยมด้านขนาน (Rhomboid) สี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid) สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า (Trapezium) ดังรูป 6.3



รูปที่ 6.3 รูปสี่เหลี่ยมแบบต่าง ๆ

(4) รูปหลายเหลี่ยม (Polygons) หมายถึงรูปทรงสี่เหลี่ยมบนระนาบ ประกอบด้วยด้านหลายด้านตั้งแต่สามด้านขึ้นไป ถ้าด้านแต่ละด้านเท่ากันหมด เราเรียกรูปหลายเหลี่ยมนี้ว่า Regular Polygon ซึ่งเราสามารถเขียนบรรจุลงในวงกลม (Inscribed) โดยที่มุมทุกมุมของรูปหลายเหลี่ยมวางอยู่บนเส้นรอบวงของวงกลม หรือเขียนภายนอกวงกลม (Circumscribed) โดยที่ด้านแต่ละด้านสัมผัสอยู่กับเส้นรอบวงกลม ดังรูป 6.4

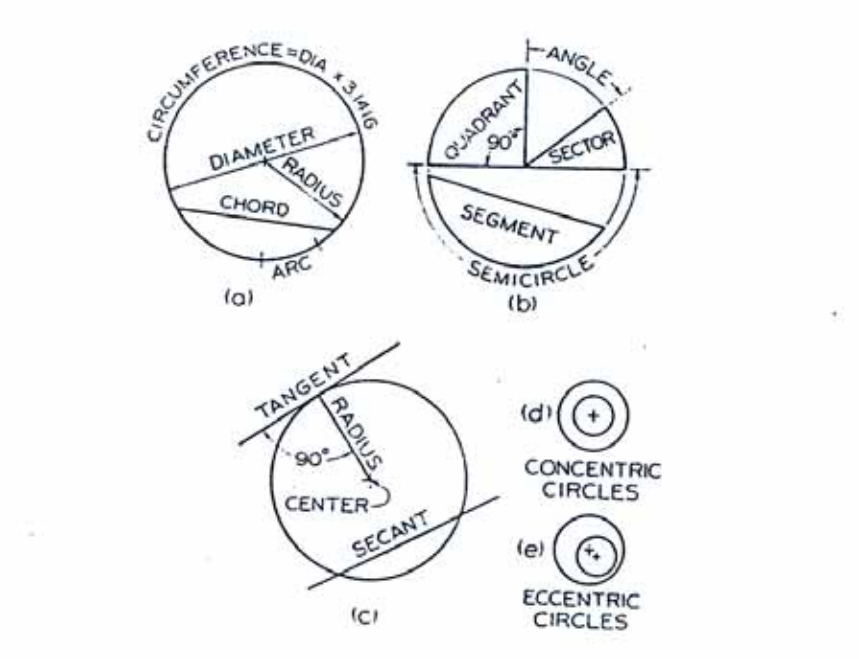


รูปที่ 6.4 รูปหลายเหลี่ยม

ผลรวมของมุมภายในของรูปหลายเหลี่ยมเราสามารถคำนวณได้จากสมการ $S= (n-2)x180^0$
โดยที่ S เป็นผลรวมของมุมภายใน n เป็นจำนวนด้านของรูปหลายเหลี่ยม

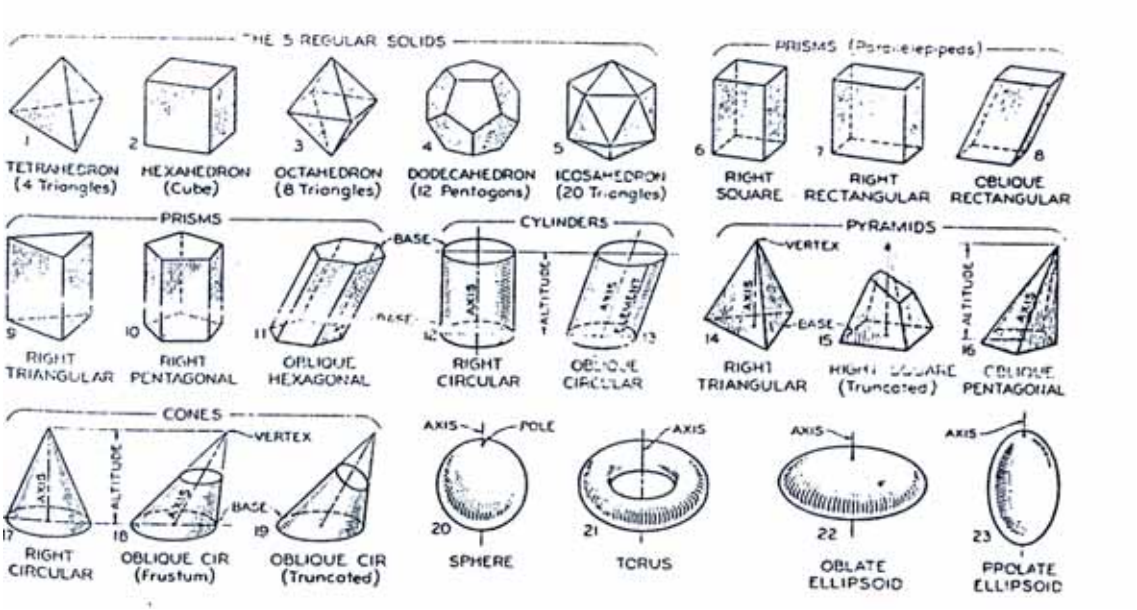
(5) วงกลมแลส่วนโค้งของวงกลม (Circle and Arcs)

วงกลม หมายถึงส่วนโค้งที่มีปลายทั้งสองมาบรรจบกัน โดยที่ทุก ๆ จุดบนส่วนโค้งนี้มีระยะห่างจากจุด ๆ หนึ่ง ที่เรียกว่าจุดศูนย์กลาง (Center) เป็นระยะทางเท่า ๆ กัน ส่วนต่าง ๆ ของวงกลมแบ่งได้ตามชื่อเฉพาะของแต่ละส่วนซึ่งแสดงไว้ในรูป 6.5



รูปที่ 6.5 นิยามส่วนต่าง ๆ ของวงกลม

(6) **รูปทรงตัน (Geometric Solids)** หมายถึง รูปทรงที่ล้อมรอบด้วยพื้นผิวหลายด้านหรือหลายหน้า (Polyhedral) ดังรูป 6.6 ถ้าผิวแต่ละด้านที่ล้อมรอบทรงตันนี้มีรูปร่างและพื้นที่เท่า



รูปที่ 6.6 รูปทรงตันแบบต่าง ๆ

กันทุกด้าน เราเรียกทรงตันนี้ว่า (Regular Polyhedral หรือ Regular solid หรือรูปเหลี่ยมหลายหน้าด้านเท่า ซึ่งประกอบด้วย

ก. **ปริซึม (Prism)** หมายถึง หมายถึงรูปสี่เหลี่ยมหลายหน้าที่มีด้านข้างหรือส่วนสูงขนานกัน จำนวนผิวด้านข้างเท่ากับจำนวนเหลี่ยมของฐาน ซึ่งฐานของปริซึมมีสองด้าน จำนวนเหลี่ยมของฐานมีตั้งแต่ 3, 4 , 5 … เหลี่ยมขึ้นไป

ข. **ปิรามิด (Pyramid**) หมายถึงรูปเหลี่ยมหลายหน้าที่มีผิวด้านข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยที่จุดยอดของรูปสามเหลี่ยมมาบรรจบกันที่จุด ๆ หนึ่งที่เรียกว่าจุดยอด (Vertex) ฐานเป็นรูปหลายเหลี่ยมตั้งแต่ 3 , 4 , 5 … เหลี่ยมขึ้นไป

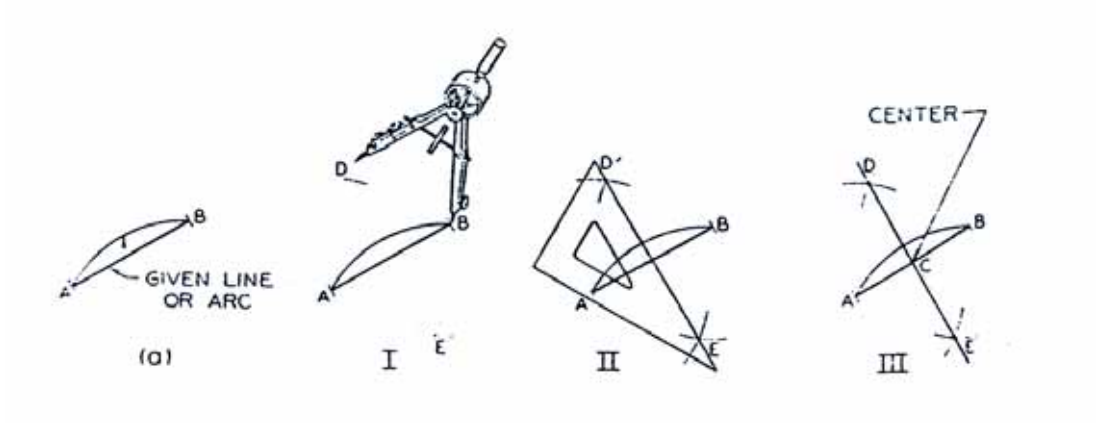
ค. **ทรงกระบอก (Cylinder)** หมายถึงรูปทรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเส้นตรงที่ขนานและหมุนรอบแกนคงที่อันหนึ่ง ผิวโค้งที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเส้นตรงนี้จะขนานกับแกนที่เส้นตรงนั้นหมุนรอบ ดังรูป 6.6

ง. **ทรงกรวย (Cone)** หมายถึงเส้นตรงที่เกิดจากการหมุนเส้นตรงรอบแกนคงที่ โดยที่เส้นตรงและแกนที่หมุนนั้นตัดกันเป็นมุมน้อยกว่า 90 องศา ดังรูป 6.6

จ. **ทรงกลม (Sphere)** หมายถึงรูปทรงที่เกิดจากการหมุมส่วนโค้งครึ่งวงกลมรอบเส้นผ่านศูนย์กลาง ดังรูป 6.6

6.2 การสร้างรูปทรงต่าง ๆ

1. **การแบ่งครึ่งเส้นตรงหรือส่วนโค้ง** (Bisecting a line or a circular Arc)

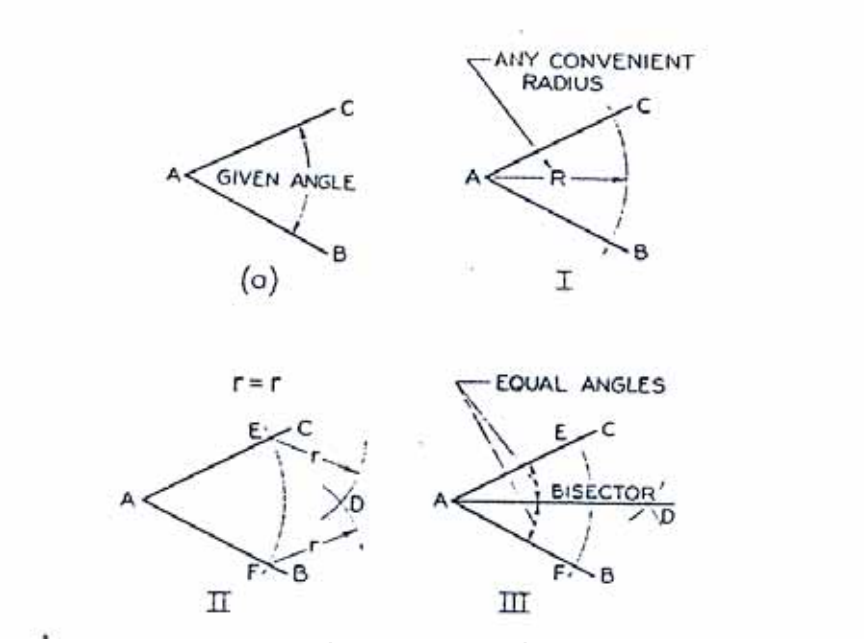


รูปที่ 6.7 การแบ่งครึ่งเส้นตรงหรือส่วนโค้ง

กำหนดเส้นตรงหรือส่วนโค้ง AB ดังรูป 6.7 ต้องการแบ่ง AB ออกเป็นสองส่วนเท่ากัน

วิธีทำ กางวงเวียน รัศมีมากกว่า AB ใช้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางเขียนส่วนโค้งตัดกันที่ D และ E แล้วลาก DE จะได้ AB ถูกแบ่งเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันตามต้องการ

2. **การแบ่งครึ่งมุม** (Bisecting an Angle)

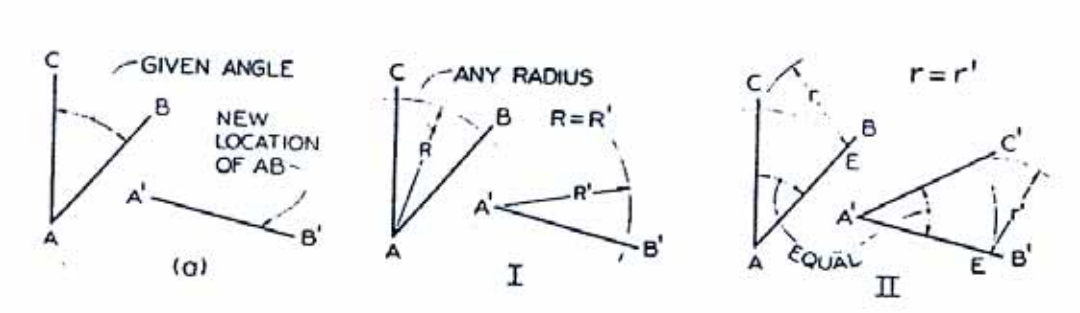


รูปที่ 6.8 การแบ่งครึ่งมุม

กำหนดมุม BAC ดังรูป 6.8 ต้องการแบ่งมุม BAC ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน

วิธีทำ กางวงเวียนออกรัศมี R ใด ๆ ให้ A เป็นจุดศูนย์กลางเขียนส่วนโค้งตัด AB , AC ที่ E และ F เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี r เท่ากันโดยให้ยาวกว่าครึ่งหนึ่งของ EF เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ D ลาก AD จะได้มุม BAC ถูกแบ่งเป็นสองส่วนเท่ากันตามความต้องการ

3. การถ่ายขนาดมุม (Transferring an angle)



รูป 6.9 การถ่ายขนาดมุม

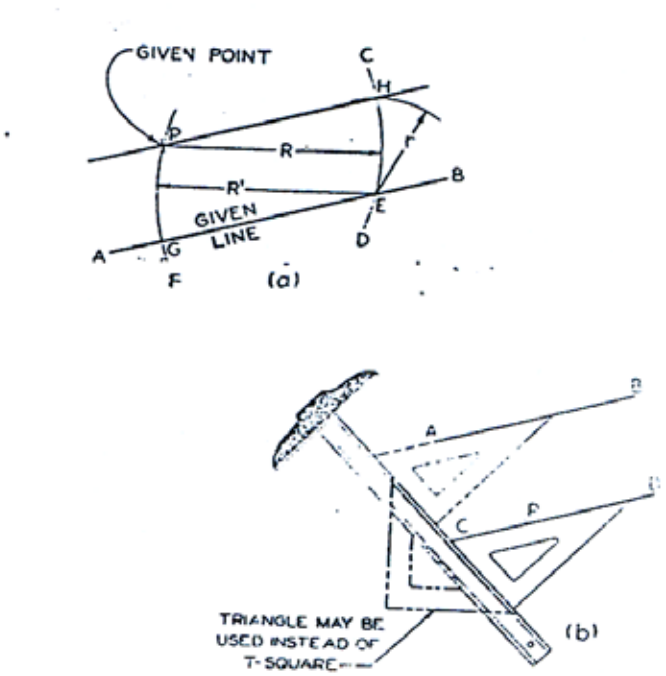
กำหนดให้มุม BAC ต้องการย้ายตำแหน่งใหม่ให้ไปอยู่ที่ A′ B′

วิธีทำ ใช้ A และ A′ เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R ใด ๆ เขียนส่วนโค้งตัด AB , AC ที่ E และ F ขณะเดียวกันก็ตัด AB ที่ E′ ด้วยใช้ E′ เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี EF เขียนส่วนโค้งตัดโค้งเดิมที่ F′ ลาก A′ F′ จะได้มุมที่ย้ายไปตามต้องการ ดังรูป 6.9

4. **การลากเส้นตรงผ่านจุดและขนานกับเส้นตรงที่กำหนดให้** (Drawing a line through a point to a line)

กำหนดจุด P และ เส้นตรง AB มาให้ ต้องการสร้างเส้นตรงให้ขนานกับ AB และผ่านจุ P ด้วย

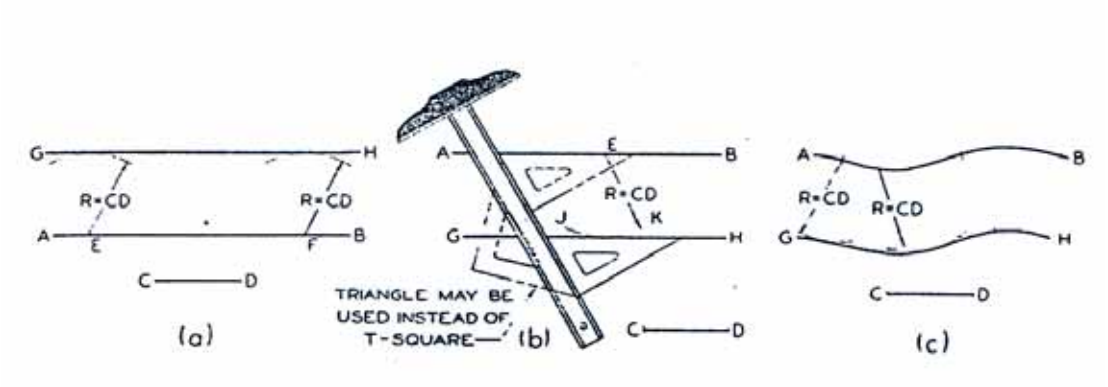
วิธีทำ ให้ P เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R ใด ๆ เขียนส่วนโค้งตัด AB ที่ E ใช้ E เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่าเดิม เขียนส่วนโค้งผ่านจุด P และตัด AB ที่ G ใช้ E เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี r= PG เขียนส่วนโค้งตัดโค้ง CD ที่ H ลากเส้นตรงผ่าน PH จะได้เส้นตรงที่ขนานกับ AB และผ่านจุด P ตามต้องการดังรูป 6.10 a ส่วนรูป 6.10 b เป็นการสร้างโดยใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมประกอบกัน



รูป 6.10 การลากเส้นตรงผ่านจุดและขนานกับเส้นตรงที่กำหนดให้

5. การลากเส้นตรงหรือส่วนโค้งให้ขนานกันโดยกำหนดระยะห่างมาให้ (Drawing a line parallel to a line or an Arc Parallel to an Arc at a Given Distance)

ก.) กรณีของเส้นตรง กำหนดเส้นตรง AB และระยะทาง CD มาให้ ต้องการเขียนเส้นตรงให้ขนานกับ AB โดยมีระยะห่างจาก AB ถึง CD



รูป 6.71 การสร้างเส้นตรงหรือส่วนโค้งให้ขนานกัน

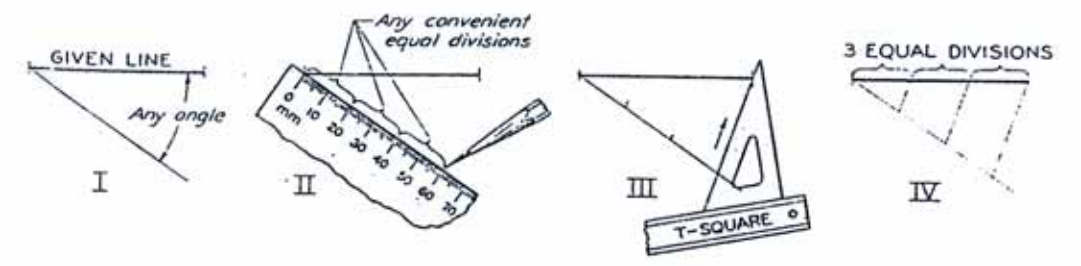
วิธีทำ กำหนดจุด E และ F บน AB ใช้จุด E และ F เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R= CD เขียนส่วนโค้งทิ้งไว้ แล้วลาก GH ให้สัมผัสกับส่วนโค้งที่เขียนทั้งสอง จะได้เส้นตรง GH ขนานกับ AB ตามต้องการ ดังรูป 6.11 a ส่วนรูป 6.11 b ซึ่งเป็นการสร้างโดยใช้ไม้ทีประกอบฉากสามเหลี่ยม

ข.) กรณีของส่วนโค้ง กำหนดให้ AB เป็นส่วนโค้งและ CD เป็นระยะห่างต้องการเขียนส่วนโค้งให้ขนานกับส่วนโค้ง AB

วิธีทำ แบ่งส่วนโค้ง AB ออกเป็นหลาย ๆ ส่วนเท่า ๆ กันใช้จุดแบ่งแต่ละจุดเป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R=CD เขียนส่วนโค้งทิ้งไว้ แล้วใช้บรรทัดเขียนโค้ง (Lrregular curve) เขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับส่วนโค้งที่เขียนไว้ จะได้ส่วนโค้ง GH มีลักษณะเดียวกันและขนานกับส่วนโค้ง AB ดังรูป 6.11 c

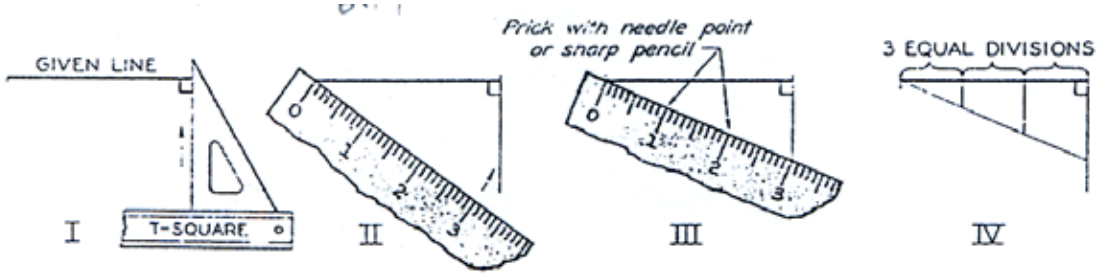
6. การแบ่งเส้นตรงออกเป็นหลาย ๆ ส่วนเท่า ๆ กัน (Dividing a line into Equal parts)
กำหนดเส้นตรงใด ๆ มาให้ ต้องการแบ่งเส้นตรงนี้ออกเป็นหลาย ๆ ส่วนเท่า ๆ กัน

วิธีทำ ลากเส้นตรงเบา ๆ ให้ทำมุมใด ๆ กับปลายข้างใดข้างหนึ่งของเส้นตรง แล้วแบ่งเส้นที่ลากนี้ออกเป็นส่วน ๆ เท่า ๆ กันโดยให้มีจำนวนส่วนตามที่เราต้องการ โดยใช้ดีไวเดอร์หรือ

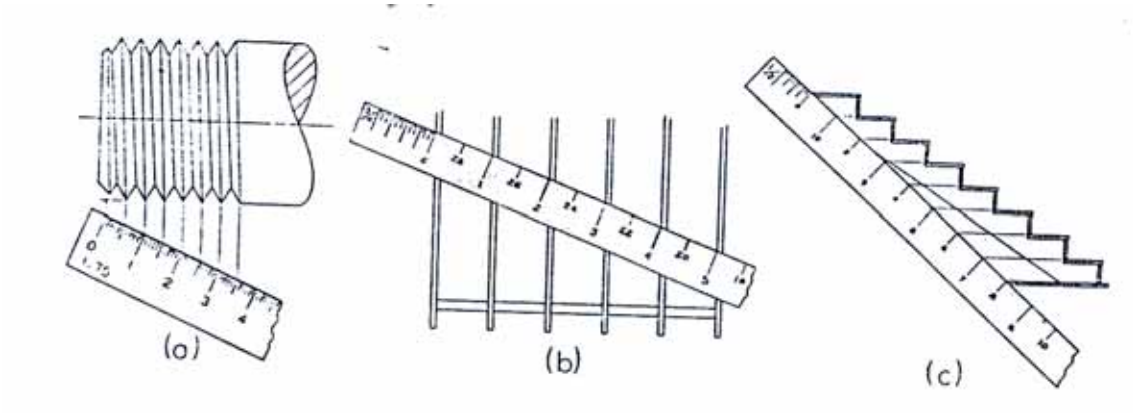


รูปที่ 6.12 การแบ่งเส้นตรงออกเป็นหลายส่วนเท่า ๆ กัน

บรรทัดทำเครื่องหมายแบ่งเอาไว้โดยเริ่มจากส่วนปลายของเส้น แล้วลากเส้นตรงจากจุดแบ่งจุดสุดท้ายไปยังส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของเส้นตรงที่ต้องการแบ่ง จุดอื่น ๆ ให้ลากขนานกับเส้นนี้ไปตัดกับเส้นตรงที่ต้องการแบ่ง จะได้ส่วนแบ่งของเส้นตรงหลายส่วนเท่า ๆ กัน ตามต้องการ ดังรูป 6.12 และรูป 6.13 ส่วนรูป 6.14 นั้นเป็นการประยุกต์การแบ่งเส้นตรงไปใช้กับงานเขียนแบบ



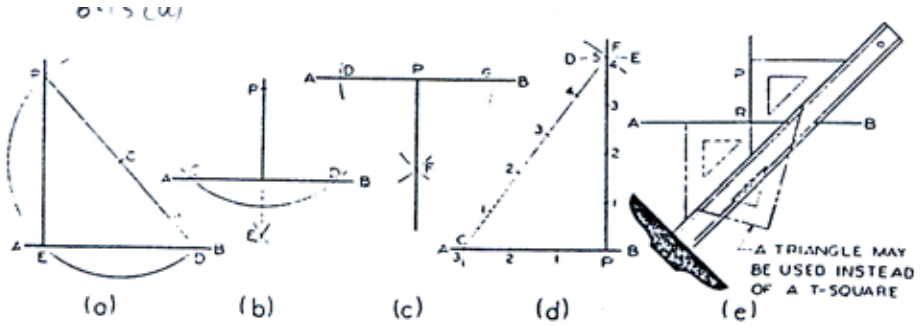
รูป 6.13 การแบ่งเส้นตรงออกเป็นหลาย ๆ ส่วน



รูป 6.14 การประยุกต์การแบ่งเส้นตรงไปใช้กับงานเขียนแบบ

7. การลากเส้นให้ตั้งฉากกับเส้นตรงและผ่านจุดที่กำหนดให้ (Drawing a Perpendicular to a line and through a point)

จากรูป 6.15 a จุด P อยู่นอกเส้นตรง AB ลากเส้นเอียง PD ใด ๆ แล้วหาจุดศูนย์กลาง



รูป 6.15 การลากเส้นให้ตั้งฉากกับเส้นตรงโดยผ่านจุดที่กำหนด

C ของ PD เสร็จแล้วใช้ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี CP เขียนส่วนโค้งผ่าน P และตัด AB ที่ E ลาก PE จะได้ PE ตั้งฉากกับ AB ตามต้องการ

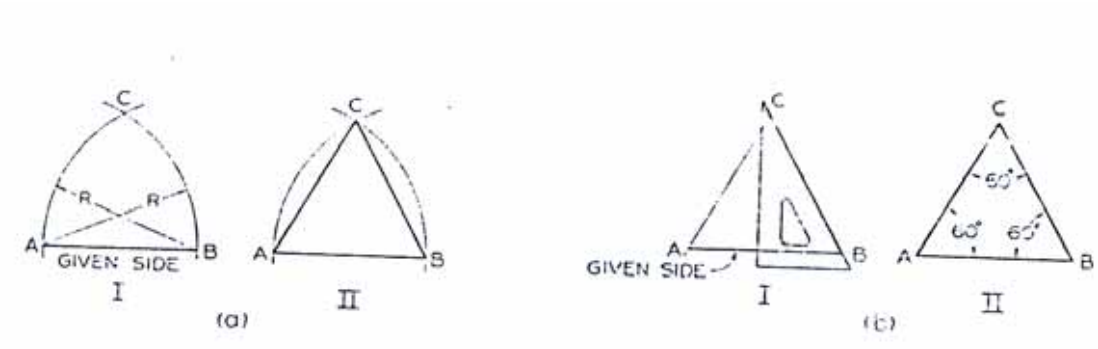
จากรูป 6.15 b ให้ P เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีใด ๆ เขียนส่วนโค้งตัด AB ที่ C และ D ใช้ C และ D เป็นจุดศูนย์กลางรัศมียาวกว่างครึ่งหนึ่งของ CD เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ E ลาก PE จะได้เส้นตั้งฉากตามต้องการ

จากรูป 6.15 (C) กรณีจุด P อยู่บนเส้นตรง AB ใช้ P เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีใด ๆ เขียนส่วนโค้งตัด AB ที่ D และ G แล้วใช้ D และ G เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของ DG เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ F ลาก PF จะได้เส้นตั้งฉากตามต้องการ

จากรูป 6.15 (d) เป็นการสร้างเส้นตั้งฉากโดยอาศัยทฤษฎีของสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีอัตราส่วน 3: 4 : 5

จากรูป 6.15 เป็นการสร้างโดยใช้ไม้ทีกับฉากสามเหลี่ยมประกอบกัน

8. **การสร้างรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า** (Drawing an Equilateral Triangle)



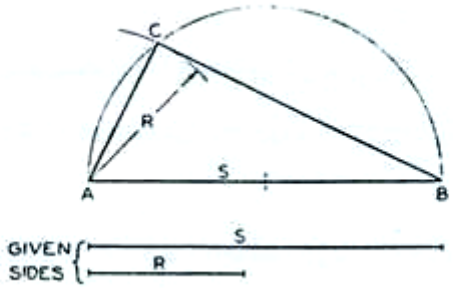
รูปที่ 6.16 การสร้างรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า

จากรูป 6.16 (a) โดยวิธีการใช้วงเวียนซึ่งกำหนดด้าน AB มาให้ ต้องการสร้างสามเหลี่ยมด้านเท่าให้มีความยาวแต่ละด้านเท่ากับ AB ใช้ A และ B เป็นรัศมี AB เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ C แล้วลาก AC , AB จะได้สามเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ

จากรูป 6.16 เป็นการสร้างรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าโดยใช้ฉากสามเหลี่ยมมุม 60 องศา

9. การสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (Drawing a Right Triangle)

กำหนดด้านที่มีความยาว S และ R มาให้ เขียนเส้นตรง AB ให้ยาวเท่ากับ S แล้วให้ AB เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของโค้งครึ่งวงกลม ใช้ A เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนส่วนโค้งตัดกับครึ่งวงกลมที่เขียนไว้ที่จุด C ลาก AC, CB จะได้สามเหลี่ยมมุมฉากตามต้องการ ดังรูป 6.17



รูปที่ 6.17 การสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

10. การสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยกำหนดด้านทั้งสามมาให้ (Drawing a triangle with sides given)

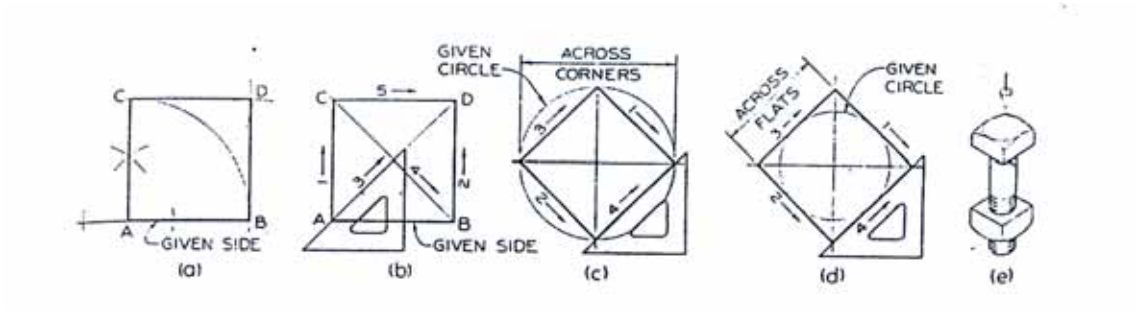
รูป 6.18 การสร้างรูปสามเหลี่ยมโดยกำหนดด้านทั้งสามมาให้

กำหนดให้ A,B,C เป็นความยาวทั้งสามของสามเหลี่ยมที่จะสร้าง

วิธีทำ เขียนด้านที่กำหนดหนึ่งด้านเท่ากับ C ใช้ปลายข้างใดข้างหนึ่งของ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี A เขียนส่วนโค้งทิ้งไว้ แล้วใช้ปลายที่เหลืออยู่ของ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี B เขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนโค้งเดิมที่เขียนไว้ แล้วลากด้าน A และ B จะได้สามเหลี่ยมตามต้องการ ดังรูป 6.18

11. การสร้างรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (Drawing a Square)

จากรูป 6.19 a กำหนดด้าน AB มาให้ ต่อ AB ไปทาง A แล้วลากเส้นตั้งฉาก CA ที่จุด A ใช้ A เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AB เขียนส่วนโค้งตัดเส้นตั้งฉาก AC ที่ C แล้วใช้ B และ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AB เขียนส่วนโค้งตัดกันที่จุด D ลาก CD และ BD จะได้สี่เหลี่ยมจตุรัสตามต้องการ จากรูป 6.19 (b) กำหนดด้าน AB มาให้ ใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมมุม 45 องศา ประกอบกัน โดยการลากเส้นตามขั้นตอนดังรูป ก็จะได้สี่เหลี่ยมจตุรัสตามต้องการ

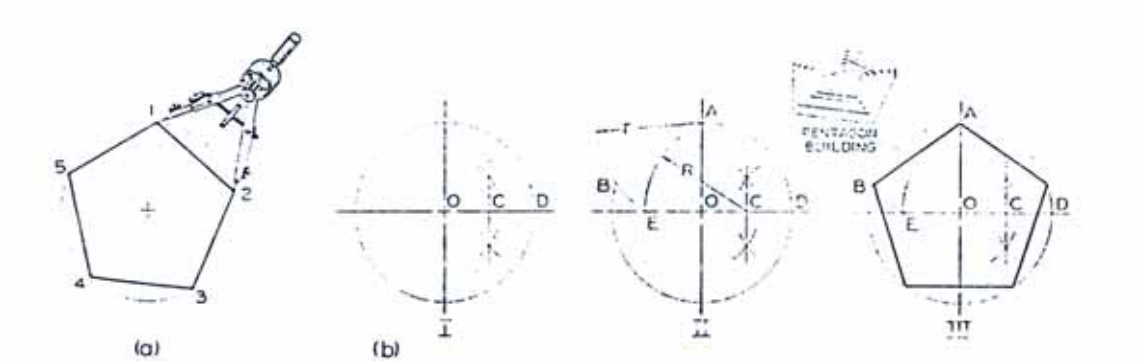


รูป 6.19 การสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จากรูป 6.19 (c) กำหนดวงกลมมาให้ ต้องการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้บรรจุในวงกลมโดยให้ทะแยงมุมทั้งสองของสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม ซึ่งเป็นการใช้ไม้ทีประกอบกับฉากสามเหลี่ยมมุม 45^0 จะได้สี่เหลี่ยมจัตุรัสตามต้องการ

จากรูป 6.19 (d) กำหนดวงกลมมาให้ ต้องการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้บรรจุนอกวงกลม โดย ให้ด้านทั้งสี่ยาวเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม เป็นการสร้างโดยใช้ไม้ทีประกอบกับฉากสามเหลี่ยมมุม 45^0 ดังรูป

12. การสร้างรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่า (Drawing a Pentagon)



รูป 6.20 การสร้างรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่า

กำหนดวงกลมมาให้ ต้องการสร้างรูปห้าเหลี่ยมด้านเท่าให้บรรจุในวงกลม

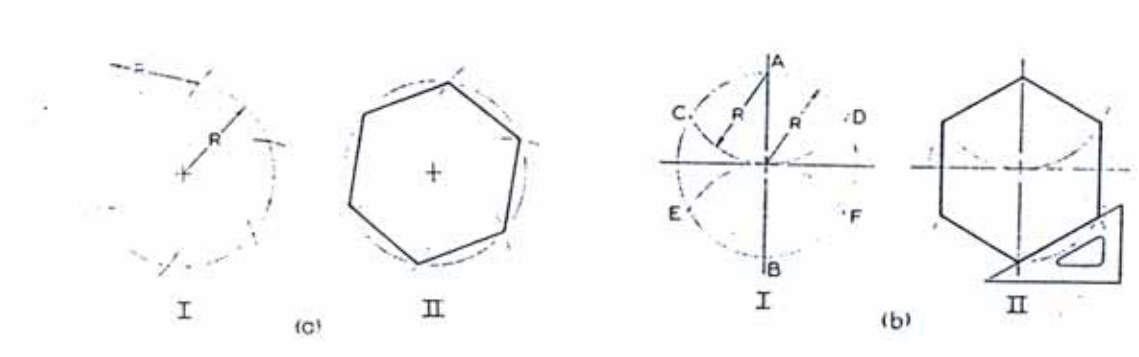
จากรูป 6.20 (a) เป็นวิธีการสร้างโดยพยายามแบ่งส่วนโค้งของเส้นรอบวงกลมออกเป็นห้าส่วนเท่า ๆ กันโดยการใช้ดีไวเดอร์

จากรูป 6.20 (b) เป็นการสร้างโดยวิธีทางเรขาคณิต แบ่ง OD ออกเป็นสองส่วนที่จุด C ใช้ C เป็นจุด ศูนย์กลางรัศมี CA เขียนส่วนโค้ง AE แล้วใช้ A เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AE เขียนส่วนโค้ง

ตัดเส้นรอบวงที่จุด B จะได้ AB เป็นความยาวแต่ละด้านของรูปห้าเหลี่ยม ใช้ดีไวเดอร์รัศมี AB แบ่งเส้นรอบวงออกเป็นห้าส่วน แล้วลากเส้นตรงเชื่อมจุดต่าง ๆ ที่แบ่งไว้ก็จะได้รูปห้าเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ

13. การสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า (Drawing a Hexagon)

จากรูป 6.21 กำหนดวงกลมมาให้ ต้องการสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าบรรจุในวงกลมนี้



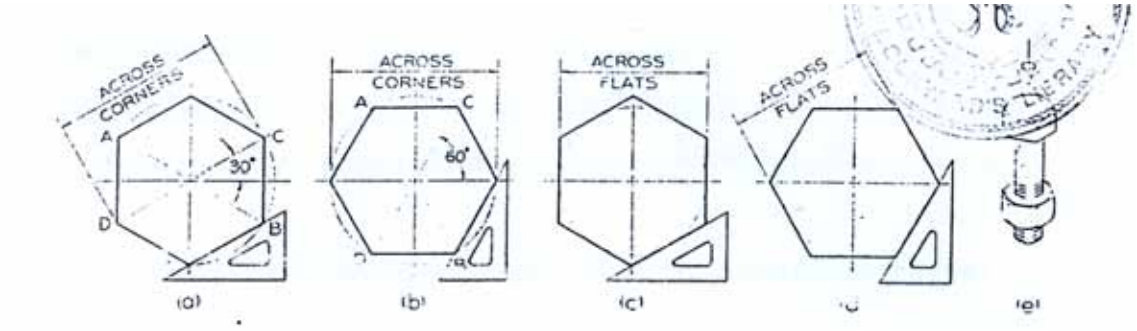
รูป 6.21 การสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่า

รูป 6.21 (a) เป็นการสร้างโดยการใช้วงเวียน จากคุณสมบัติของรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าความยาวแต่ละด้านเท่ารัศมีของวงกลม กางวงเวียนเท่ากับรัศมีของวงกลม แบ่งส่วนโค้งของวงกลมออกเป็นหกส่วน แล้วลากเส้นตรงเชื่อมจุดแบ่งแต่ละจุด ก็จะได้รูปหกเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ

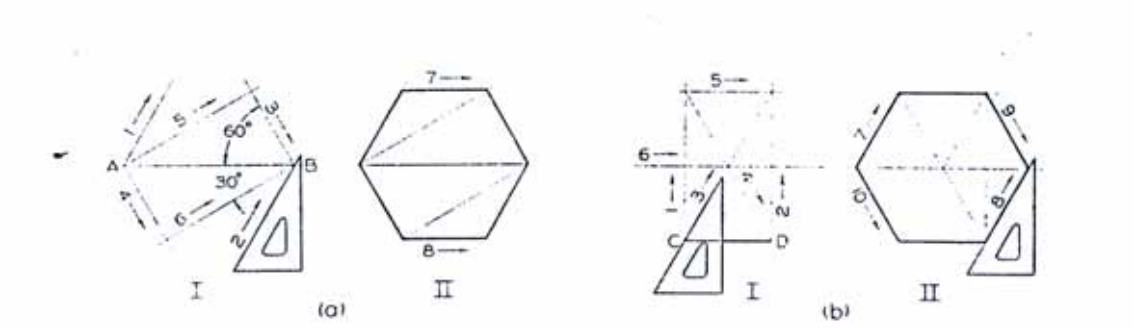
รูป 6.21 (b) เป็นการสร้างโดยวิธีการทางเรขาคณิต เขียนเส้นศูนย์กลางแนวดิ่งและแนวนอน ใช้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่ากับรัศมีของวงกลม เขียนส่วนโค้งตัดส่วนโค้งของวงกลมที่ C,D ,E และ F ลาก AD , DF , FB , BE , EC และ CA ก็จะได้รูปหกเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ

จากรูป 6.22 (a) และ (b) เป็นการสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าบรรจุในวงกลมที่กำหนดโดยใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมมุม 30 องศา X 60 องศา ประกอบกัน เขียนเส้นศูนย์กลางในแนวดิ่งและแนวนอน แล้วลากเส้นทะแยงมุม AB , CD โดยใช้ฉากมุม 30 องศา หรือ 60 องศา เขียนด้านทั้งหกดังรูป

จากรูป 6.22 (c) และ (d) เป็นการสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าบรรจุภายนอกวงกลมที่กำหนดโดยการใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมมุม 30° X 60° ประกอบกัน เขียนเส้นศูนย์กลางตามแนวดิ่งและแนวนอนด้วยฉากสามเหลี่ยมมุม 30° หรือ 60° เสร็จแล้วลากเส้นสัมผัสวงกลมทั้งหกด้าน ก็จะได้รูปหกเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ



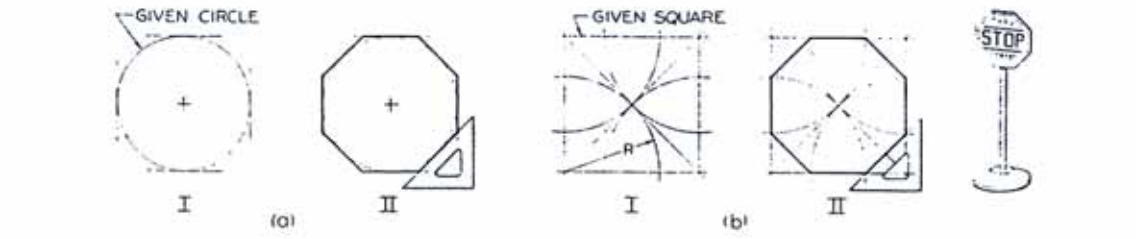
รูป 6.22 การสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าบรรจุภายในและ
นอกวงกลมโดยใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยม



รูป 6.23

จากรูป 6.23 เป็นการสร้างรูปหกเหลี่ยมด้านเท่าอีกวิธีหนึ่ง โดยการใช้ไม้ที และฉากสามเหลี่ยมมุม 30^0 X 60^0 ประกอบกัน โดยเขียนส่วนต่าง ๆ ตามขั้นตอนดังรูป 6.23 ซึ่ง AB จะเป็นเส้นทแยงมุมที่กำหนด ส่วนรูป 6.23 ด้าน CD จะเป็นความยาวด้านทั้งหกที่กำหนด

14. การสร้างรูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า (Drawing an Octagon) จากรูป 6.24 (a) กำหนดวงกลมมาให้ ต้องการเขียนรูปแปดเหลี่ยมบรรจุภายนอกวงกลม ซึ่งเป็นการใช้ไม้ทีและฉาก

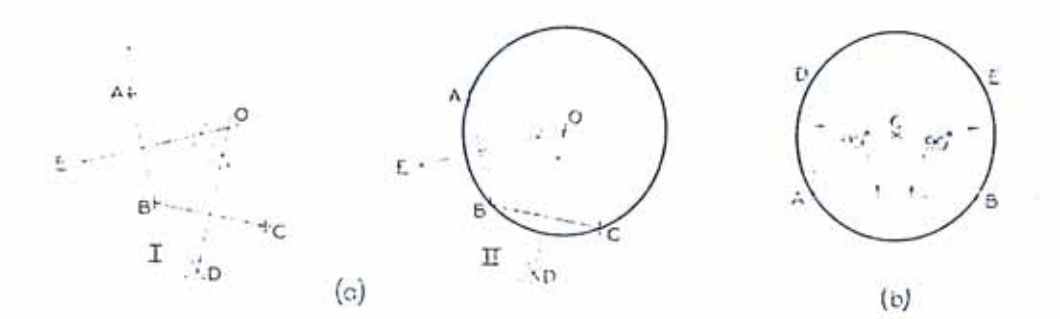


รูป 6.24 การสร้างรูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า

สามเหลี่ยมมุม 45 ^{0} ประกอบกัน

จากรูป 6.24 (b) กำหนดสี่เหลี่ยมจัตุรัสมาให้ ต้องการเขียนรูปแปดเหลี่ยมโดยวิธีทางเรขาคณิต ลากเส้นทแยงมุมทั้งสองแล้วใช้มุมทั้งสี่เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้นทะแยงมุม เขียนส่วนโค้งตัดกับด้านทั้งสี่ แล้วลากเส้นต่อระหว่างจุดตัด จะได้รูปแปดเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ

15. การหาดจุดศูนย์กลางของวงกลมหรือส่วนโค้งวงกลม (Finding Center Circle)



รูป 6.25 การหาจุดศูนย์กลางของวงกลมหรือส่วนโค้ง

กำหนดวงกลมหรือส่วนโค้งที่ไม่ทราบตำแหน่งจุดศูนย์กลางมาให้ ต้องการหาจุดศูนย์กลาง

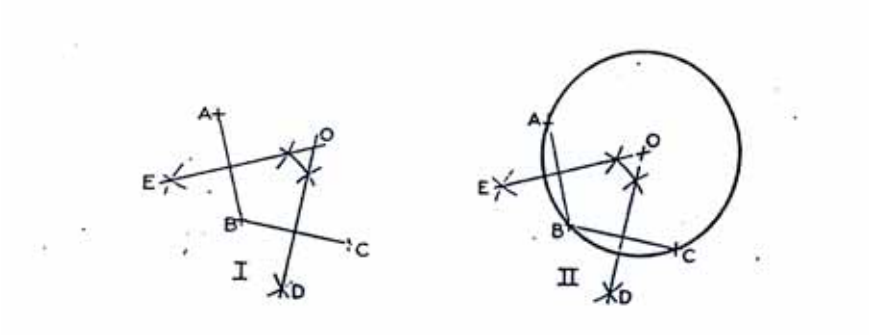
วิธีทำ ลากเส้นคอร์ AB และ CD ใด ๆ แบ่ง AB และ CD ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันแล้วลากเส้นแบ่งทั้งสองให้มาตัดกันที่จุด O จะได้ O เป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมหรือส่วนโค้งตามต้องการดังรูป 6.25 (a)

ส่วนรูป 6.25 (b) เป็นการหาจุดศูนย์กลางของวงกลม โดยใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมประกอบกัน ลากคอร์ด AB ตามแนวนอนโดยใช้ไม้ที เสร็จแล้วเขียนเส้นตั้งฉาก A และ B ให้ตัดกันส่วนโค้งวงกลมที่ D และ E แล้วลากเส้นทะแยงมุม DB และ EA จะได้จุดตัดที่ C ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมของวงกลมตามต้องการ

16. การสร้างส่วนโค้งวงกลมให้ผ่านจุดสามจุดที่กำหนด (Drawing a Circle Through Three Points)

กำหนดจุด A , B และ C ซึ่งเป็นจุดที่ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ต้องการสร้างวงกลมให้ผ่านจุดทั้งสามนี้

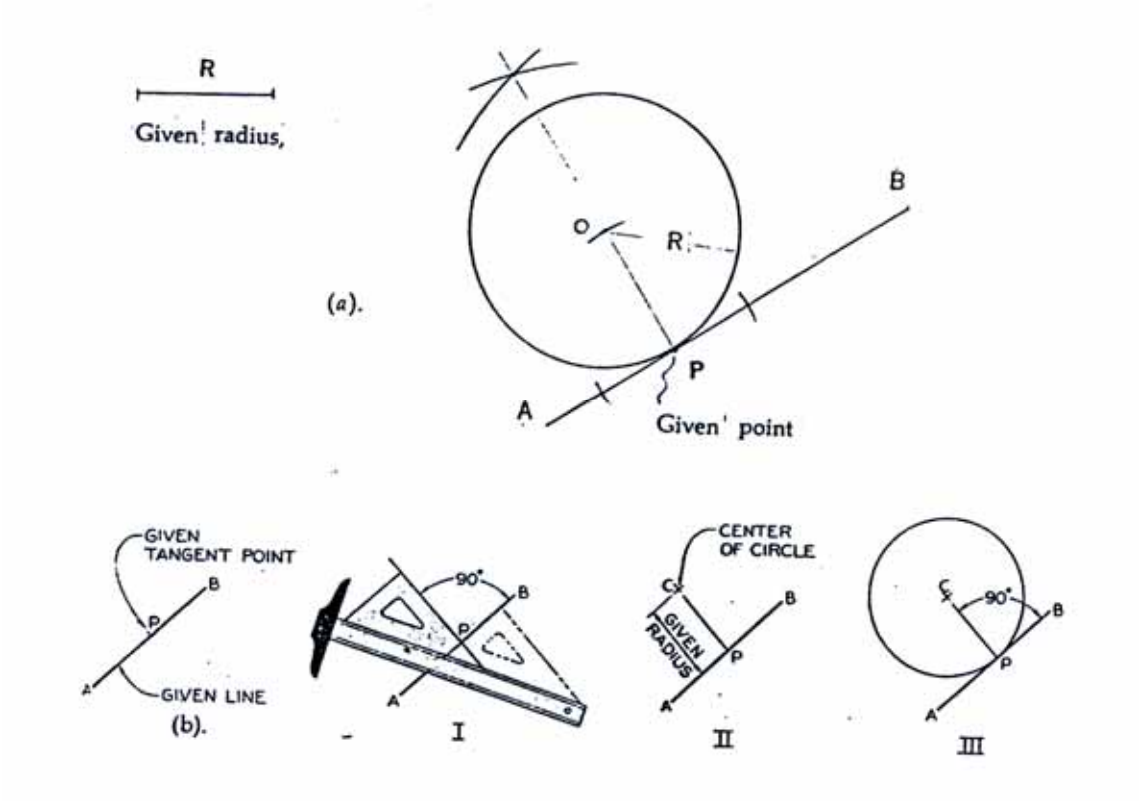
วิธีทำ ลากเส้นตรงเชื่อมจุดทั้งสาม แล้วแบ่ง AB , BC ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันโดยให้เส้นแบ่งทั้งสองตัดกันที่ จุด O ใช้ O เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่ากับ OA = OB = OC เขียนวงกลมจะ



รูป 6.26 การสร้างส่วนโค้งวงกลมให้ผ่านจุดสามจุด

ได้วงกลมผ่านจุด A , B และ C ตามต้องการ

17. การเขียนวงกลมให้สัมผัสกับเส้นตรง ณ จุดที่กำหนด (Drawing a circle tangent to a line at a given point) จากรูป 6.27 a กำหนดเส้นตรง AB จุด P โดยที่ P อยู่บน AB และ รัศมี R มาให้ต้องการเขียนวงกลมให้สัมผัสกับเส้นตรง AB ณ จุด P นี้โดยมีรัศมีของวงกลมเท่ากับ R

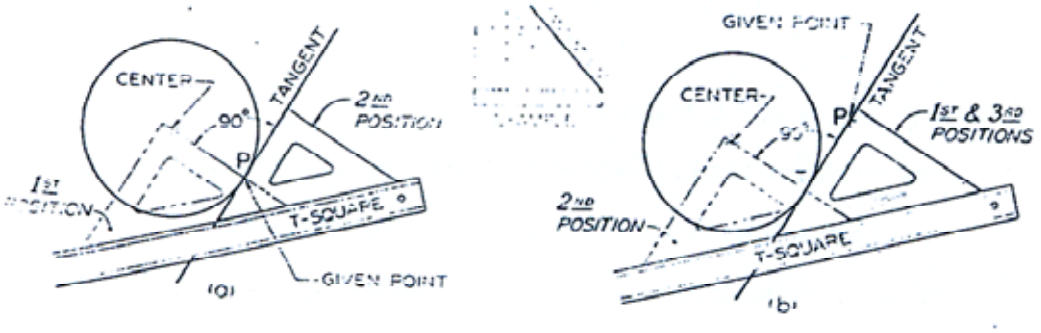


รูป 6.27 การเขียนวงกลมให้สัมผัสกับเส้นตรง ณ จุดที่กำหนด

วิธีทำ ลากเส้นตรงให้ตั้งฉากกับ AB ที่ P แล้วหาจุดศูนย์กลางของวงกลมโดยให้ P เป็น จุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนส่วนโค้งตัดเส้นตั้งฉากที่ O แล้วให้ O เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนวงกลมจะได้วงกลมสัมผัสกับเส้นตรง AB ที่จุด P ตามต้องการ

ส่วนรูป 6.27 (b) เป็นการเขียนวงกลมให้สัมผัสกับเส้นตรงที่จุดกำหนดเช่นเดียวกัน โดยวิธีการใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมประกอบกัน ซึ่งมีขั้นตอนแสดงไว้ในรูป

18. การลากเส้นตรงให้สัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุดทีกำหนด (Drawing a tangent to a circle through a point)



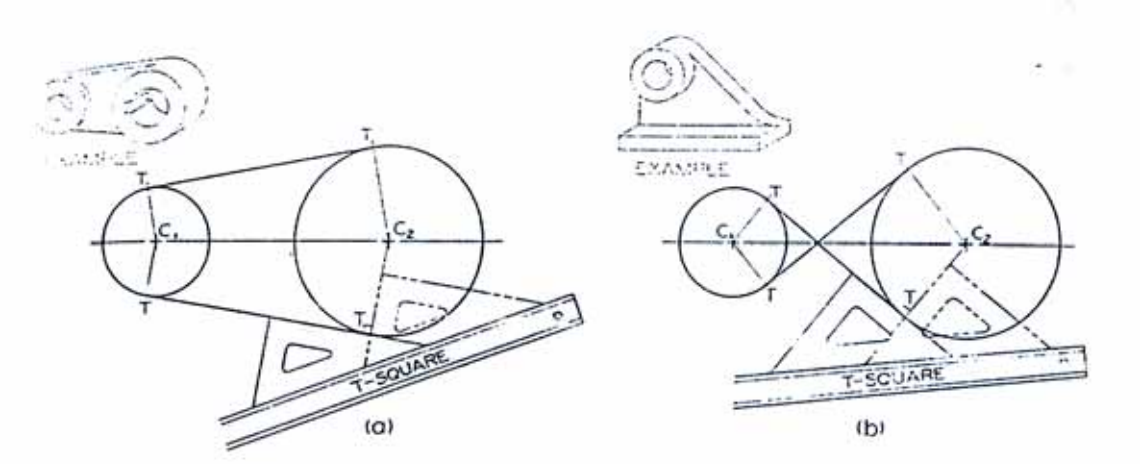
รูป 6.28 การลากเส้นตรงให้สัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุดที่กำหนด

จากรูป 6.28 (a) กำหนดจุด P อยู่บนเส้นรอบวงกลม ต้องการลากเส้นให้สัมผัสกับวงกลมผ่านจุด P โดยใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมประกอบกัน เลื่อนไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมจนกระทั่งด้านอีกด้านหนึ่งของฉากสามเหลี่ยมผ่านจุด P และจุดศูนย์กลางของวงกลม จากนั้นให้เลื่อนฉากสามเหลี่ยมไปจนกระทั่งอีกด้านหนึ่งผ่านจุด P แล้วเขียนเส้นตรง จะได้เส้นสัมผัสกับวงกลมโดยผ่านจุด P ตามต้องการ

จากรูป 6.28 (b) กำหนด P อยู่นอกวงกลมโดยใช้ไม้ทีและฉากสามเหลี่ยมประกอบกันเช่นกันดังรูป

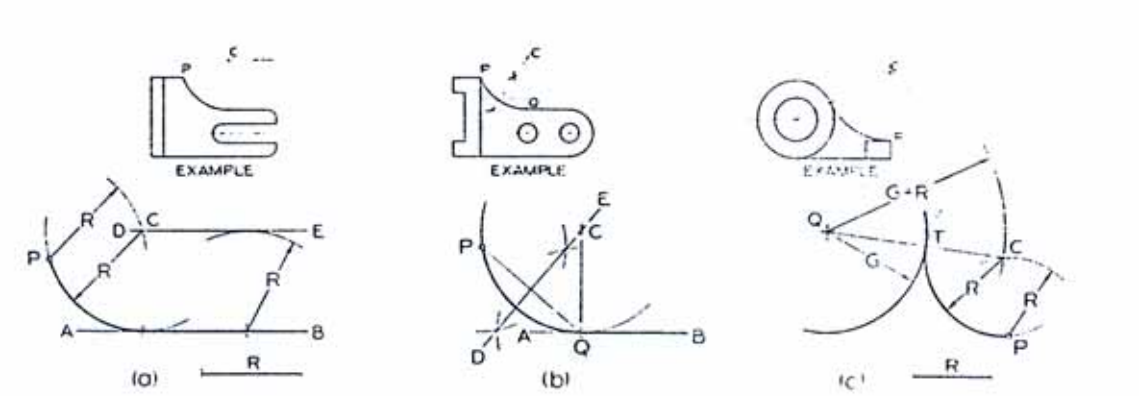
19. การเขียนเส้นตรงให้สัมผัสกับวงกลมสองวง (Drawing tangent to two circles)

โดยการปรับเลื่อนฉากสามเหลี่ยมและไม้ที จนกระทั่งด้านหนึ่งของฉากสามเหลี่ยมสัมผัสกับวงกลมทั้งสอง แล้วตรวจสอบหาจุดสัมผัสทั้งสอง โดยการเลื่อนฉากสามเหลี่ยมจนกระทั่งอีกด้านหนึ่งผ่านจุดศูนย์กลาของวงกลมใดวงหนึ่ง แล้วทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งของจุดสัมผัส ส่วนอีกวงก็ทำเช่นเดียวกัน เมื่อได้ตำแหน่งของจุดสัมผัสเสร็จแล้ว เลื่อนฉากสามเหลี่ยมกลับไปยังตำแหน่งสัมผัสเดิม แล้วลากเส้นสัมผัสระหว่างจุดสัมผัสทั้งสอง จะได้เส้นตรงสัมผัสวงกลมทั้งสองตามต้องการ



รูป 6.29 การเขียนเส้นตรงให้สัมผัสกับวงกลมสองวง

20. การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสเส้นตรงหรือส่วนโค้งโดยผ่านจุดที่กำหนด (Drawing an Arc tangent to a line or Arc and through a point)



รูป 6.30 การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสเส้นตรงหรือส่วนโค้งโดยผ่านจุดที่กำหนด

จากรูป 6.30 (a) กำหนดเส้นตรง AB จุด P และรัศมี R มาให้ ต้องการเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรง AB และผ่านจุด P

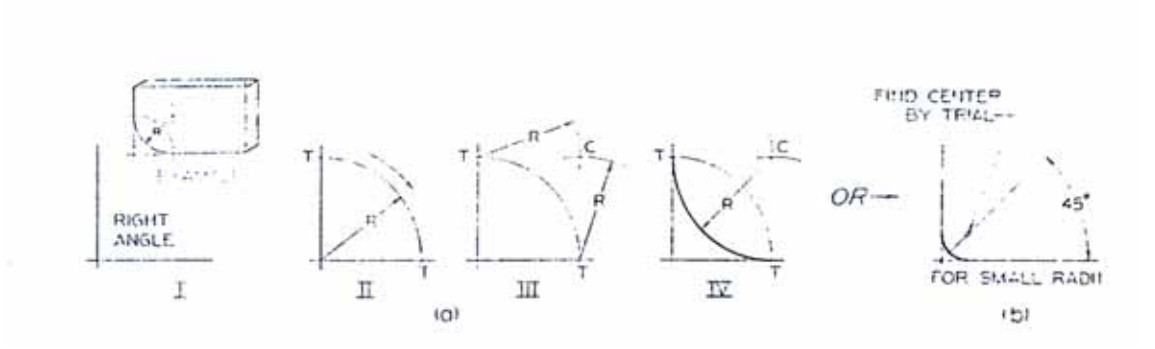
วิธีทำ ลาก DE ให้ขนาน AB โดยมีระยะห่างเท่ากับ R ใช้ P เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนส่วนโค้งตัด DE ที่ C ซึ่งจะได้ C เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่สัมผัสกับ AB โดยผ่านจุด P ตามต้องการ

จากรูป 6.30 (b) กำหนดเส้นตรง AB จุด p และจุดสัมผัส Q ซึ่งอยู่บน AB มาให้ ลาก Q ซึ่งจะเป็นคอร์ดของส่วนโค้งที่ต้องการ แบ่ง PQ เป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ที่จุด Q ลากเส้นตั้งฉากกับ AB ไปตัดกับเส้นแบ่งของ PQ ที่ C แล้วใช้ C เป็นจุดศูนย์กลางเขียนส่วนโค้งได้ตามต้องการ

จากรูป 6.30 (c) กำหนดส่วนโค้งที่มี Q เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี G จุด P และรัศมี R ต้องการเขียนส่วนโค้งให้มีรัศมีเท่ากับ R สัมผัสกับส่วนโค้งที่มี Q เป็นจุดศูนย์กลางโดยให้ผ่านจุด P ด้วย

วิธีทำ ให้ P เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนส่วนโค้งทิ้งเอาไว้ แล้วใช้ Q เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี G+R เขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนโค้งเดิมที่ C จะได้ C เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่มีรัศมี R ผ่านจุด P และสัมผัสกับส่วนโค้งที่มี Q เป็นจุดศูนย์กลางลาก QC จะได้จุดตัดบนส่วนโค้งทั้งสองที่จุด T ซึ่งเป็นตำแหน่งของจุดสัมผัส

21. การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงที่ตั้งฉากกัน (Drawing a tangent arc in a right angle)



รูป 6.31 การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงที่ตั้งฉากกัน

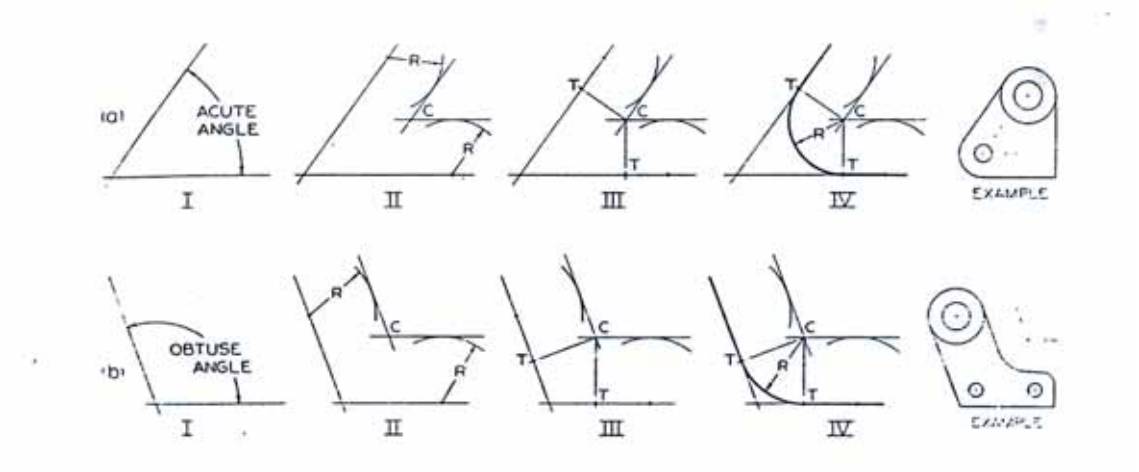
กำหนดเส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกันและรัศมี R มาให้ ต้องการเขียนส่วนโค้งให้มีรัศมีเท่ากับ R สัมผัสอยู่ในเส้นตรงที่ทำมุมฉากกันนี้

วิธีทำ ให้จุดตัดของเส้นตรงทั้งสองเป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนเส้นโค้งตัดเส้นตรงทั้งสองที่ T แล้วใช้ T เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ C แล้วใช้ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เท่าเดิม เขียนส่วนโค้งสัมผัสกับเส้นตรงทั้งสองที่ T ตามต้องการ

22. การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสเส้นตรงที่ทำมุมแหลมหรือมุมป้านต่อกัน (Drawing a tangent arc to two lines at acute or obtuse angle)

กำหนดมุมแหลม (Acute angle) หรือมุมป้าน (Obtuse angle) และรัศมี R มาให้ ต้องการเขียนส่วนโค้งให้มีรัศมีเท่ากับ R สัมผัสอยู่ในเส้นตรงที่ทำมุมแหลมหรือมุมป้านต่อกัน

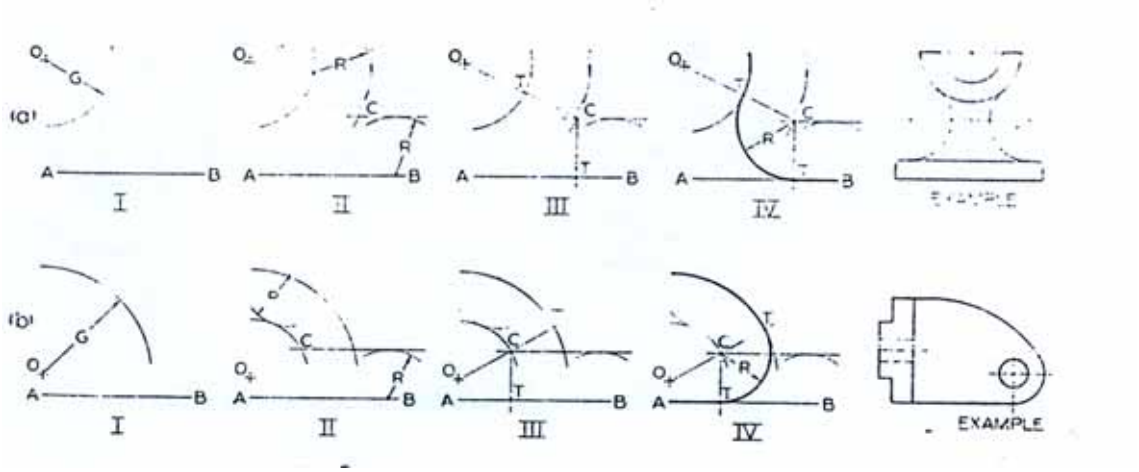
วิธีทำ เขียนส่วนตรงให้ขนานโดยห่างจากเส้นตรงที่กำหนดให้ทั้งสองเท่ากับ R แล้วให้ตดกันที่ C จากจุด C จากจุด C ลากเส้นตรงให้ตั้งฉากกับเส้นตรงที่ทำมุมกันนี้ ณ จุด T จะได้จุด T



รูป 6.32 การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสเส้นตรงที่ทำมุมแหลมหรือมุมป้านต่อกัน

จะได้จุด T เป็นตำแหน่งของจุดสัมผัสที่จะเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงที่ทำมุมแหลมหรือมุมป้านต่อกัน

23.การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับส่วนโค้งและเส้นตรง (Drawing tangent Arc to an Arc and a Straight Line)



รูป 6.33 การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับส่วนโค้งและเส้นตรง

จากรูป 6.33 (a) และ (b) กำหนดส่วนโค้งที่มีรัศมีเท่ากับ G และเส้นตรง AB พร้อมรัศมี R มาให้ต้องการเขียนส่วนโค้งให้มีรัศมีเท่า R สัมผัสกับส่วนโค้งและเส้นตรงที่กำหนด

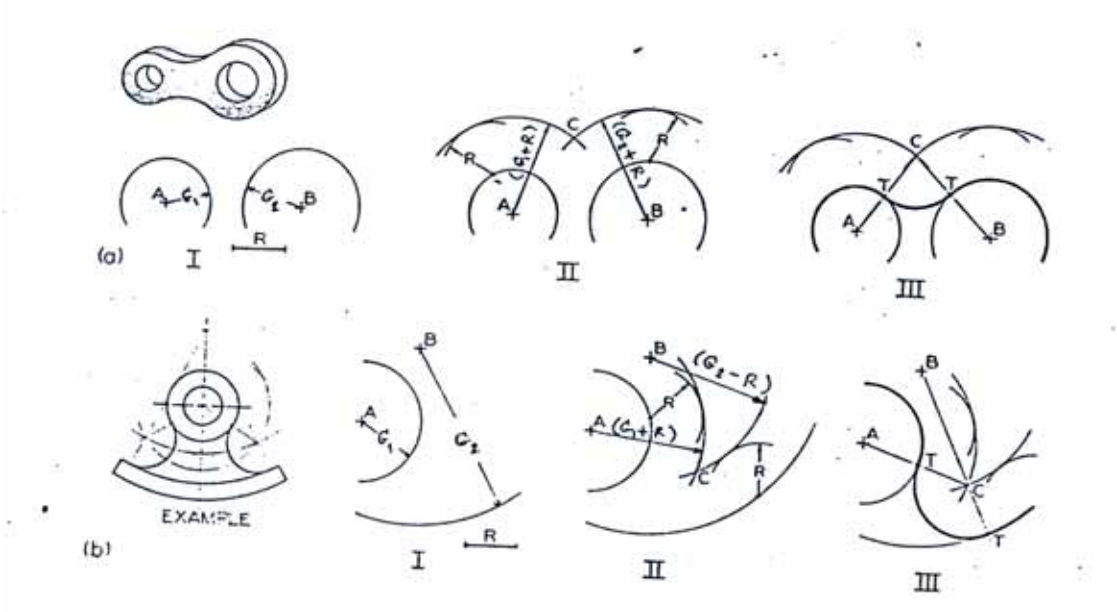
วิธีทำ ลากเส้นตรงให้ขนานและห่างจาก AB เท่ากับ R ใช้ O เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี G+ R

สำหรับรูป 6.33 (a) หรือ G-R สำหรับรูป 6.33 (b) เขียนส่วนโค้งตัดกับเส้นขนานที่ลากขนานกับ AB ที่ C จากจุด C ลากเส้นตั้งฉากให้ตั้งฉากกับ AB ที่ T ลาก OC ให้ตัดกับส่วนโค้งวงกลมที่ T เช่นเดียวกันจะได้จุด T ทั้งสองเป็นจุดสัมผัส ใช้ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R เขียนส่วนโค้งระหว่างจุดสัมผัส T ทั้งสอง จะได้ส่วนโค้งสัมผัสกับส่วนโค้งและเส้นตรงตามต้องการ

24. การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับส่วนโค้งสองส่วนโค้ง (Drawing an Arc Tangent to Two Arc

กำหนดส่วนโค้งที่มี A และ B เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมี R มาให้ดังรูป 6.34 (a) และ (b)

วิธีทำ จากรูป 6.34 (a) ให้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี $G_1 + R$ ตามลำดับเขียนส่วนโค้งตัดกันที่ C ลาก AC และ CB ตัดส่วนโค้งทั้งสองเพื่อหาจุดสัมผัสที่ T จุด C จะเป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่ต้องการเขียนให้สัมผัสกับส่วนโค้งที่กำหนด ณ จุดสัมผัส T

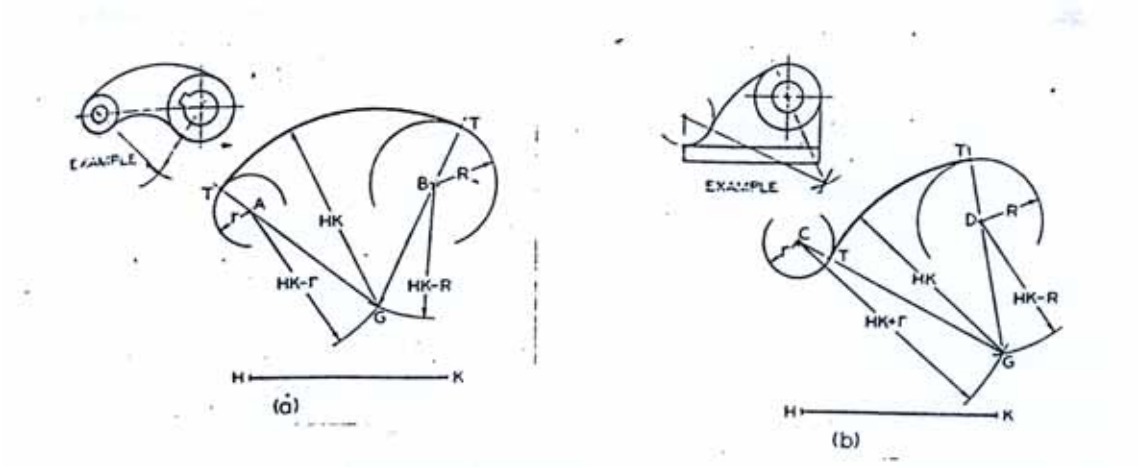


รูป 6.34 การเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับส่วนโค้งสองส่วนโค้ง

วิธีทำ จากรูป 6.34 (b) ให้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี $G_1 + R$ และ $G_2 + R$ ตามลำดับ ขั้นตอนต่อไปเหมือนกับรูป 3.34 (a)

25. การสร้างส่วนโค้งให้สัมผัสกับส่วนโค้งสองอัน โดยล้อมรอบส่วนโค้งทั้งสองหรือส่วนโค้งเดียว (Drawing an Arc Tangent to Two Arcs and Enclosing one or Both)

กำหนดส่วนโค้งสองส่วนโค้งที่มี A และ B เป็นจุดศูนย์กลางและรัศมีส่วนโค้ง HK ที่ต้อง



รูป 6.35

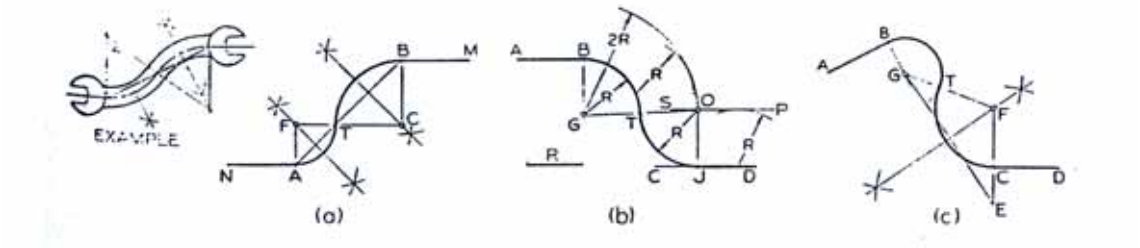
การเขียนมาให้ ดังรูป 6.35

จากรูป 6.35 (a) ต้องการเขียนส่วนโค้งรัศมีเท่ากับ HK ให้สัมผัสและล้อมรอบสองส่วนโค้งที่กำหนด โดยให้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่ากับ HK – r และ HK – R ตามลำดับ เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ G ลากเส้นตรงผ่าน AG และ BG ให้ไปตัดส่วนโค้งที่กำหนดทั้งสอง ณ จุด T จะ ได้ T เป็นจุดสัมผัสและล้อมรอบส่วนโค้งทั้งสองตามต้องการ

จากรูป 6.35 (b) ต้องการเขียนส่วนโค้งให้มีรัศมีเท่ากับ HK ให้สัมผัสและล้อมรอบเพียงส่วนโค้งเดียว โดยใช้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี HK + r และ HK – R ตามลำดับ โดยมีขั้นตอนต่อไปเหมือนในรูป 6.35 (a)

26. การเขียนส่วนโค้งโอกี้ (Drawing an Ogee curve) จากรูป 6.36 (a) กำหนดเส้นขนาน NA และ BM มาให้ ต้องการเขียนเส้นโค้งต่อระหว่างเส้นขนานทั้งสองนี้

วิธีทำ ลากเส้นตรงเชื่อม AB แล้วกำหนดจุด T ที่ตำแหน่งใดก็ได้บน AB (ถ้าต้องการให้



รูป 3.36 การเขียนโค้งโอกี้

ส่วนโค้งมีความยาวเท่ากันจะต้องกำหนดจุด T ที่จุดกึ่งกลางระหว่าง AB) ที่จุด A และ B ลากเส้นตั้งฉาก AF และ BC ให้ไปตัดกับเส้นแบ่ง AT และ BT ที่ F และ C ตามลำดับ ก็จะได้จุด F และ C นี้เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้ง Ogee Curve เชื่อมเส้นตรง NA และ BM ตามต้องการ

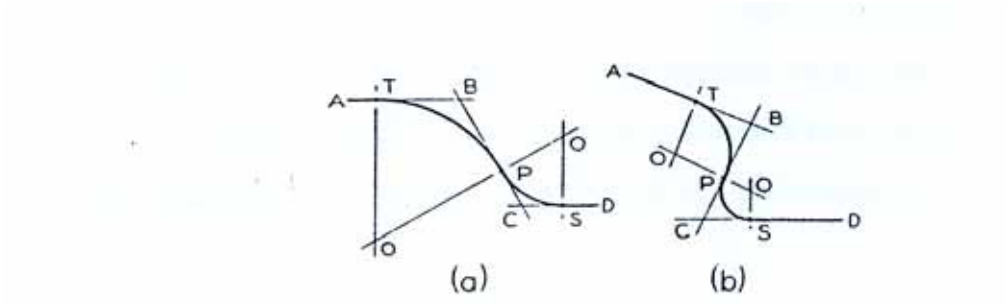
จากรูป 6.36 (b) กำหนดเส้นขนาน AB และ CD และรัศมี R มาให้ ต้องการเขียนส่วนโค้งให้เชื่อมต่อระหว่างเส้นขนานทั้งสองโดยมีรัศมีเท่ากับ R ตามที่กำหนด

วิธีทำ จากจุด B ลาก BG ให้ตั้งฉากกับ AB โดยที่ BG = R แล้วเขียนส่วนโค้งโดยให้ G เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R ทิ้งเอาไว้ ลาก SP ให้ขนานกับ CD โดยมีระยะห่างเท่ากับ R แล้วใช้ G เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี 2R เขียนส่วนโค้งตัดกับ SP ที่ O แล้วลาก OJ ให้ตั้งฉากกับ CD ที่ J เสร็จแล้วลาก GO ซึ่งจะตัดกับส่วนโค้งที่เขียนไว้ที่จุด T ดังนั้นจุด J และ T จะเป็นจุดสัมผัส โดยให้ G และ O เป็นจุดศูนย์กลางเขียนส่วนโค้งซึ่งจะได้ Ogee Curve เชื่อมระหว่างเส้นขนาน AB และ CD ดังรูป 6.36 (b)

จากรูป 6.36 (c) กำหนดเส้นตรง AB และ CD ที่ไม่ได้ขนานกัน ต้องการเขียน Ogee curve เชื่อมเส้นตรงทั้งสอง

วิธีทำ ลาก BG ให้ตั้งฉากกับ AB ที่ B โดย BG นี้ยาวเท่าไรก็ได้ซึ่งจะเป็นรัศมีของส่วนโค้งที่จะต้องเขียนทิ้งไว้ แล้วลาก EF ให้ตัดและตั้งฉาก CD ที่ C โดยที่ CE = BG แล้วแบ่ง GE เป็นสองส่วนเท่ากันโดยให้เส้นแบ่งนี้ไปตัดกับ EF ที่ F จะได้ F เป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งอีกอันหนึ่งที่จะมาเชื่อมต่อเส้นตรง AB และ CD เข้าด้วยกัน ดังรูป 6.36 (c)

27. การสร้างส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงสามเส้นที่ตัดกัน (Drawing a Curve tangent to Tree intersecting line)



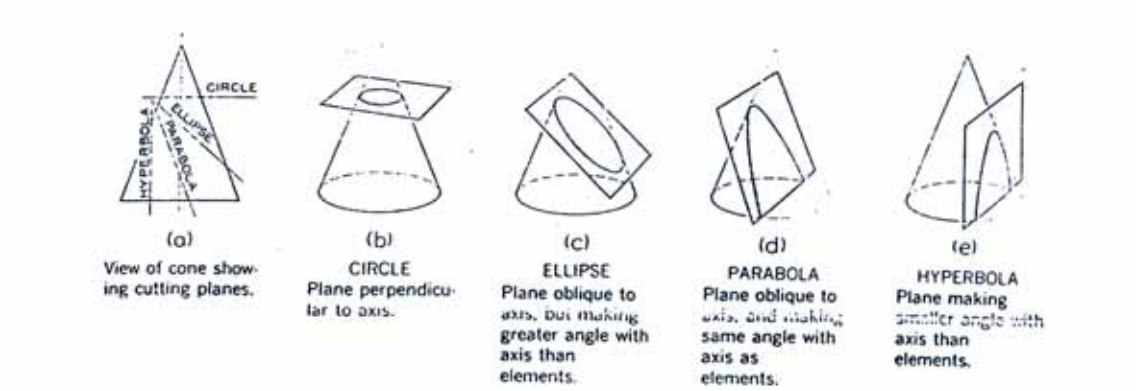
รูป 6.37 การสร้างส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงสามเส้นที่ตัดกัน

กำหนด AB , BC และ CD เป็นเส้นตรงสามเส้นซึ่งตัดกันที่จุด B และ C ต้องการเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงทั้งสาม

วิธีทำ กำหนดจุด P ใด ๆ บน BC หาตำแหน่ง T บน AB โดยให้ระยะ BT ยาวเท่ากับ BP และจุด S บน CD โดยที่ CS เท่ากับ PC เขียนเส้นตรงตั้งฉากที่จุด T, P และ S ให้ไปตัดกันที่ O ดังนั้น จุด O ทั้งสองจะเป็นจุดศูนย์กลางของส่วนโค้งที่สัมผัสกับเส้นตรงทั้งสาม

3.3 การตัดกรวยด้วยระนาบ (Conic Sections)

ถ้านำทรงกรวยมาตัดด้วยระนาบในมุมต่าง ๆ จะเกิดเส้นโค้งขึ้นบนแนวตัดระหว่างระนาบกับผิวทรงกรวย แนวรอยตัดนี้แบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมระนาบทำกับแกนของทรงกรวยคือ



รูป 6.38 การตัดกรวยด้วยระนาบ

1. **วงกลม** (Circle) เกิดจากทรวงกรวยถูกตัดด้วยระนาบที่ตั้งฉากกับแกนของทรงดังรูป 3.38 (b)
2. **รูปวงรี** (Ellipse) เกิดจากการที่ทรงกรวยถูกตัดด้วยระนาบที่ทำมุมกับแกนของทรงกรวยเป็นมุมที่โตกว่ามุมที่ด้านสูงเอียงของทรงกรวยกระทำกับแกนกรวย ดังรูป 6.38 (c)
3. **รูปพาราโบล่า** (Parabola) เกิดจากการที่ทรงกรวยถูกตัดด้วยระนาบที่ทำมุมกับแกนของทรงกรวยเป็นมุมที่เท่ากับมุมของด้านสูงเอียงทำกับแกนของทรงกรวย หรือระนาบตัดนี้ขนานกับผิวเอียงของทรงกรวย ดังรูป 6.38 (d)
4. **รูปไฮเปอร์โบล่า** (Hyperbola) เกิดจากการที่ทรงกรวยถูกตัดด้วยระนาบที่ทำมุมกับแกนกรวยเป็นมุมที่น้อยกว่ามุมที่ด้านสูงเอียงทำกับแกนของทรงกรวย

การเขียนรูปทรงระนาบที่เกิดจากการตัดทรงกรวย สามารถกระทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะให้ความสะดวกต่างกันออกไปแล้วแต่ความเหมาะสม

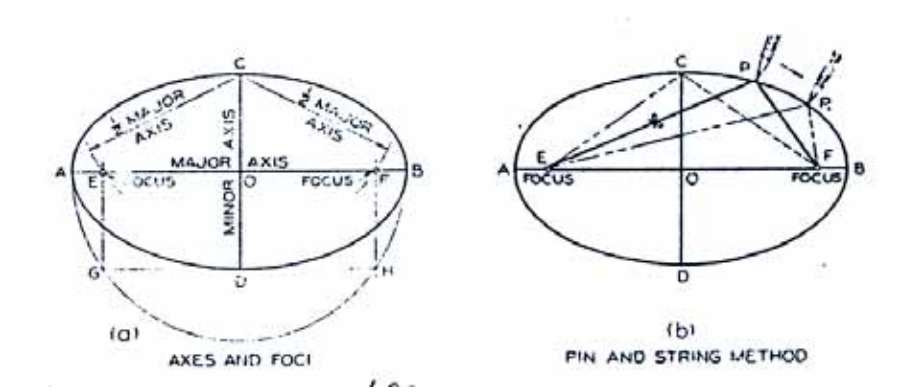
3.4 การสร้างรูปวงรี (Ellipse Constructions)

วงรี คือรูปทรงระนาบทางเรขาคณิตที่ได้จากการตัดทรงกรวยดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.3 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ก. เส้นผ่านศูนย์กลางด้านแกนยาว (Major Axis)

ข. เส้นผ่านศูนย์กลางด้านแกนสั้น (Minor Axis)

ค. จุดโฟกัส (Focus) ๒ จุด



รูป 6.39 การสร้างรูปวงรี

การหาตำแหน่งจุดโฟกัส ให้จุดปลายของ Minor Axis เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่ากับครึ่งหนึ่งของ Major Axis (R= ½ = AB = OB) เขียนส่วนโค้งตัด Major Axis ทั้งสองด้านที่ E, F จะได้ E และ F เป็นจุดโฟกัสของวงรี หรืออาจเขียนวงกลมโดยให้ Major Axis เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางแล้วลากเส้นตรง GH ให้ขนานกับ Major Axis ตัดส่วนโค้งวงกลมที่ G และ H แล้วลากเส้นตรงให้ผ่าน G และ H ไปตัดและตั้งฉากกับ AB ที่ E และ F จะได้ E และ F เป็นจุดโฟกัสตามต้องการ

การสร้างวงรีสามารถทำได้หลายวิธี เช่นวงรีในรูป 6.89 (b) เป็นการสร้างโดยใช้เชือกและดินสอ ซึ่งผลรวมของระยะทางระหว่างจุดปลายของดินสอ (P) ที่เป็นทางเดินของจุดบนโค้งวงรีกับจุดโฟกัส 2 จุด จะมีค่าคงที่และเท่ากับ Major Axis ซึ่งวิธีนี้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้

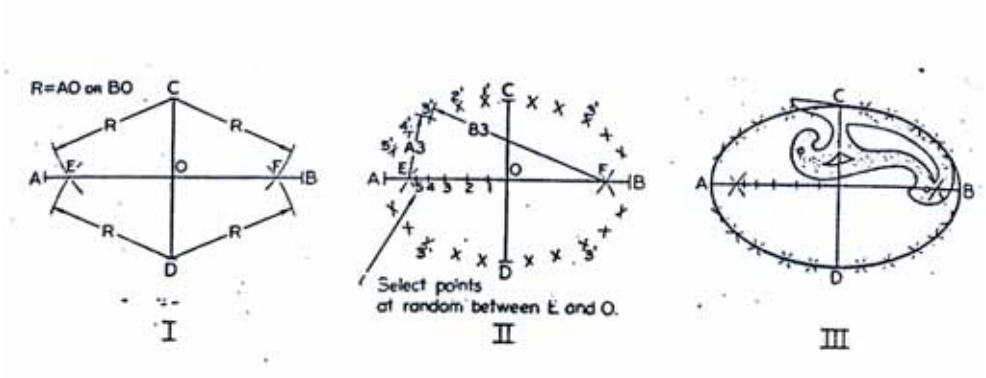
การสร้างรูปวงรีที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเป็นเพียงวิธีที่นิยมใช้กันเท่านั้นคือ

1. การเขียนวงรีโดยอาศัยจุดโฟกัสสองจุด

กำหนด AB และ CD เป็น Major และ Minor Axis ตามลำดับ ตัดกันที่ O ต้องการเขียนวงรีโดยอาศัยจุดโฟกัสสองจุดนี้

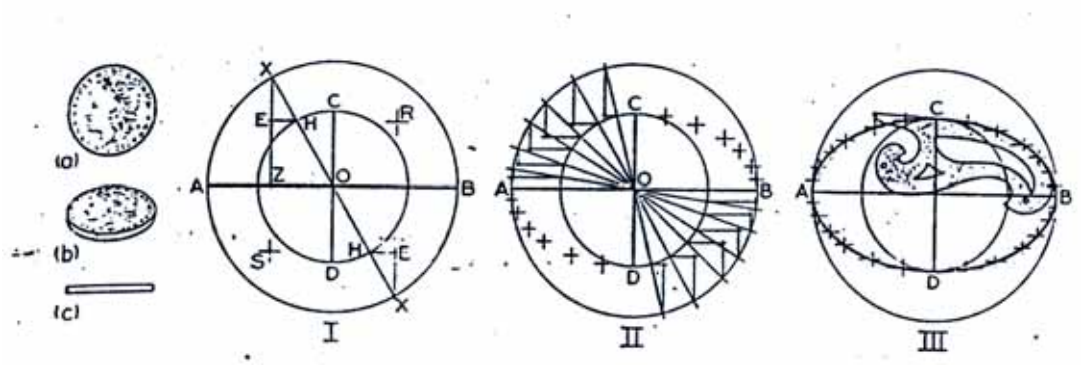
วิธีทำ หาจุดโฟกัส E และ F แบ่ง OE ออกเป็นหลายส่วนเท่า ๆ กันแล้วกำหนดจุดแบ่ง 1 , 2 , 3 … ลงไปให้ E และ F เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี A5 กับ B5 , A4 กับ B4… เขียนส่วนโค้งตัดกันที่ 5’ , 4’,

3’ … ทั้งสองด้านของ Major Axis ซึ่งจะเป็นทางเดินของจุดบนเส้นรอบวงรี แล้วใช้บรรทัดเขียนโค้งเขียนเส้นโค้งต่อกันระหว่างจุดทางเดิน จะได้วงรีตามต้องการ



รูป 6.40 การเขียนวงรีโดยอาศัยจุดโฟกัสสองจุด

2. การเขียนวงรีโดยอาศัยวงกลมร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกันสองวง

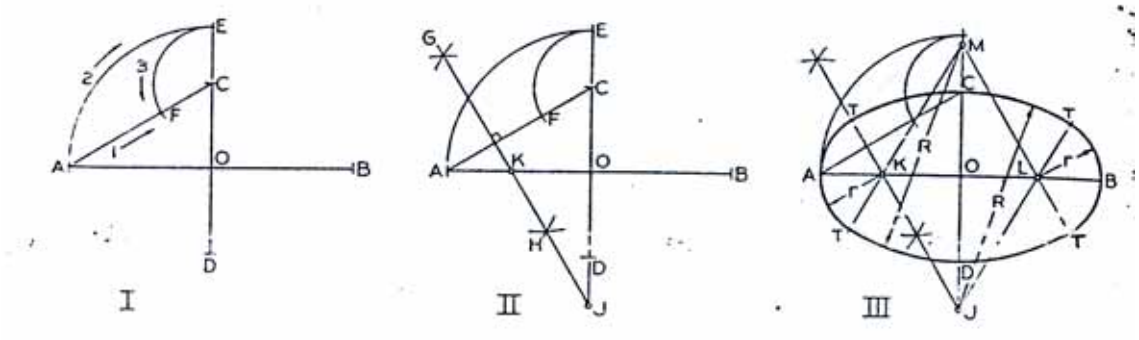


รูป 6.41 การเขียนวงรีโดยอาศัยวงกลมร่วมจุดศูนย์กลางเดียวกันสองวง

กำหนดวงกลมสองวงโดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน โดยให้เส้นผ่านศูนย์กลางวงใหญ่เป็น Major Axis และเส้นผ่านศูนย์กลางวงเล็กเป็น Minor Axis แบ่งวงกลมทั้งสองออกเป็นหลาย ๆ ส่วนโดยให้เส้นแบ่งแต่ละเส้นผ่านจุดศูนย์กลางร่วม O ไปตัดกับเส้นรอบวงกลมทั้งสองที่ X และ H ทั้งสองด้าน แล้วลากเส้นตรงให้ขนาน Major Axis ผ่านจุด X ซึ่งอยู่บนเส้นรอบวงของวงกลมใหญ่ ไปตัดกับเส้นตรงที่ลากขนาน Major Axis ผ่านจุด H ซึ่งอยู่บนเส้นรอบวงของวงกลมเล็ก ณ จุด E แล้วกระทำในทำนองเดียวกันนี้บนเส้นแบ่งวงกลมเส้นอื่น ๆ จะได้จุด E เป็นจุด ทางเดินของเส้นรอบวงรี แล้วใช้บรรทัดเขียนโค้งเขียนเส้นโค้งต่อระหว่างจุดเหล่านี้ จะได้วงรีตามต้องการ ดังรูป 6.41

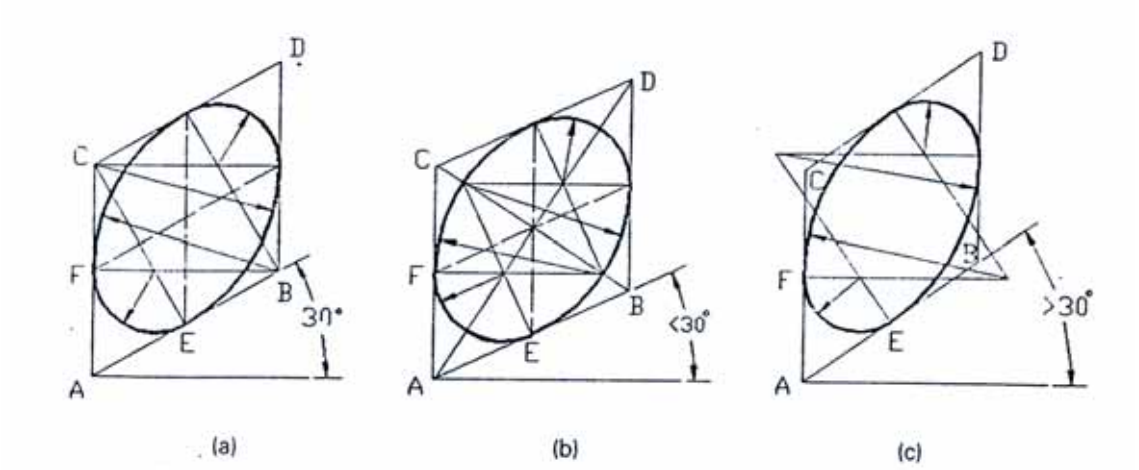
3. การเขียนวงรีโดยประมาณด้วยจุดศูนย์กลางสี่จุด

กำหนดให้ AB และ CD เป็น Major และ Minor Axis ตามลำดับ ตัดกันที่ จุด O วิธีทำ ลาก AC ใช้ O เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี OA เขียนส่วนโค้งผ่านจุด A ไปตัดส่วนต่อของ OC ที่ E เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี CE เขียนส่วนโค้งตัด AC ที่ F แบ่ง AF ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันด้วยเส้นตรง GH ซึ่งจะตัดกับ Major Axis และส่วนต่อของ OD ที่ J จุด K และ J ที่ได้นี้จะเป็นจุดศูนย์กลางสองจุดที่ต้องการ ส่วนอีกสองจุดคือ M และ L หาได้โดยให้ OL = OK และ OM= OJ ดังนั้นจะได้จุด J, K , L และ M เป็นจุดศูนย์กลางทั้งสี่ แล้วเขียนส่วนโค้งให้ต่อกันรัศมี JC, KA, LB และ MD ตามลำดับ จะได้วงรีตามต้องการดังรูป 6.42



รูป 6.42 การเขียนวงรีโดยประมาณด้วยจุดศูนย์กลางสี่จุด

4. การเขียนวงภายในรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนโดยใช้จุดศูนย์กลางสี่จุด



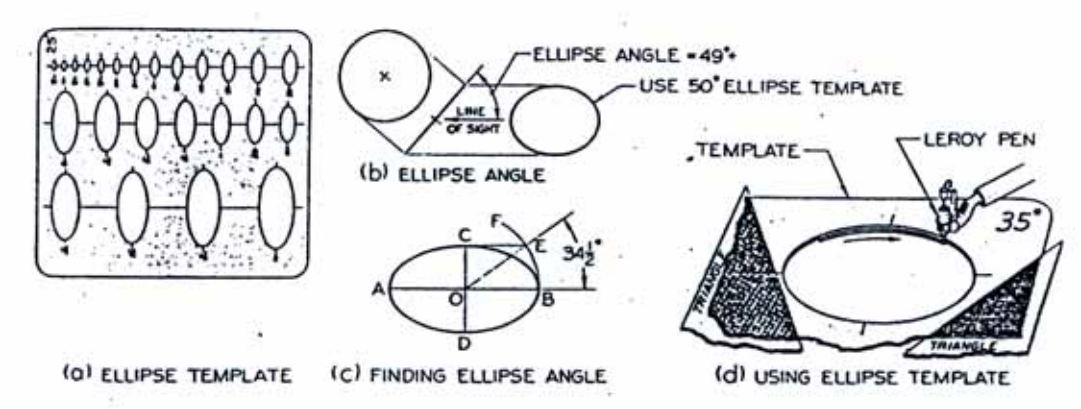
การเขียนวงรีบนภาพ Isometric การเขียนภาพ Oblique

รูป 6.43 การเขียนวงภายในรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนโดยใช้จุดศูนย์กลางสี่จุด

จากวิธีการเขียนส่วนโค้งให้สัมผัสกับเส้นตรงสองเส้นที่ทำมุมแหลมหรือมุมป้านกัน เช่น AB และ AC ในรูป 6.43 (a) ทำมุมแหลมต่อกัน ระยะ AE จะเท่ากับ AF อย่างไรก็ตามในกรณีของสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ส่วนโค้งจะสัมผัสที่จุดกึ่งกลางของด้านทั้งสี่ ดังนั้นจุดศูนย์กลางของแต่ละ

ส่วนโค้งจะอยู่ ณ จุดตัดของเส้นตั้งฉากกับด้านทั้งสี่ของสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

5. การเขียนวงรีโดยใช้แผ่นแบบหรือ Ellipse Template

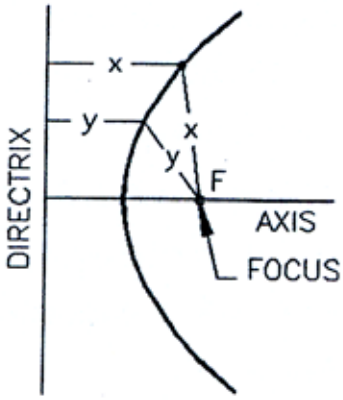


รูป 6.44 การเขียนวงรีโดยใช้แผ่นแบบ

Ellipse Template คือแผ่นแบบหรือบรรทัดสำเร็จรูปที่เจาะเป็นรูปวงรี ขนาดและลักษณะที่เจาะมีหลายขนาด ขึ้นอยู่กับมุมของการมองวงกลมให้เป็นวงรีที่เรียกว่า Ellipse Angle การหามุม Ellipse Angle กระทำได้โดยจากรูป 6.44 (b) ให้ O เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี OB เขียนส่วนโค้งทิ้งไว้จากจุด C ลากเส้นให้ขนานกับ Major Axis ไปตัดกับส่วนโค้งที่เขียนไว้ที่ E แล้วลาก OE วัดหาค่า มุม EOB ซึ่งจะเป็นมุมของวงรีหรือ Ellipse angle

6. การสร้างรูปพาราโบล่า (Drawing A Parabola)

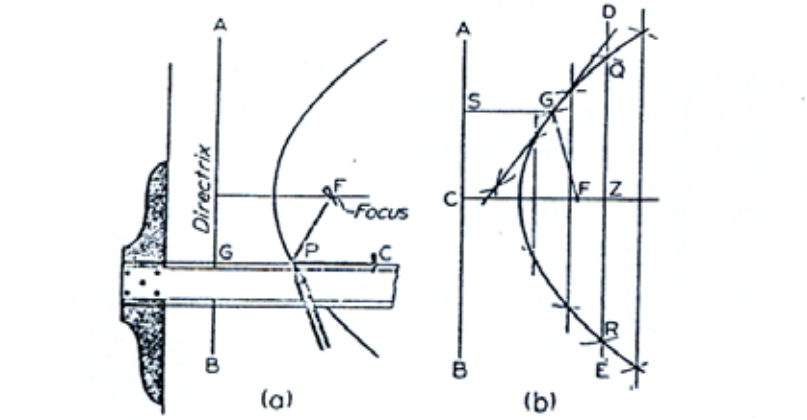
โค้งพาราโบล่า (Parabola) เป็นรูปทรงระนาบที่ได้จากการตัดทรงกรวยดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 6.3 ลักษณะของโค้งพาราโบล่า คือ ทางเดินของจุดบนโค้งพาราโบล่า จะห่างจากจุดโฟกัส (Focus) และเส้นตรงคงที่ (Directrix line) เท่ากันทุก ๆ จุดดังรูป 6.45



รูป 6.45 แสดงจุดโฟกัสและเส้น Directrix ของโค้งพาราโบล่า

การเขียนโค้งพาราโบล่าสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. **การเขียนโค้งพาราโบล่าโดยอาศัยจุดโฟกัสและเส้น** Directrix



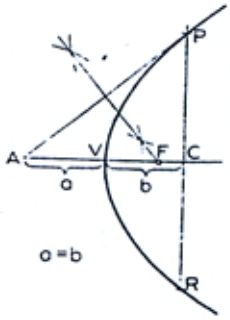
รูป 6.46 การเขียนโค้งพาราโบล่าโดยอาศัยจุดโฟกัสและเส้น Directrix

จากรูป 6.46 กำหนดจุดโฟกัส F และเส้น Directrix AB มาให้ รูป 6.46 (a) เป็นวิธีการสร้างโดยวิธีการใช้เส้นเชือกและดินสอกับไม้ที โดยการยึดเชือกที่จุด F และ C แล้วลากดินสอดังรูปขณะลากดินสอเชือกจะต้องตึงตลอดเวลา

ส่วนรูป 6.46 (b) ก็เป็นการสร้างโค้งพาราโบล่าเช่นเดียวกัน โดยการลาก DE ขนานกับ AB ให้ตัดกับเส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับ AB ที่ Z ใด ๆ ใช้ F เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี CZ เขียนส่วนโค้งตัดเส้นขนานที่ Q และ R ซึ่งจุดทั้งสองนี้จะเป็นจุดบนโค้งพาราโบล่า จุดอื่น ๆ สามารถกระทำได้โดยวิธีเดียวกัน ส่วนตำแหน่งของจุดยอดพาราโบล่าจะอยู่ที่ จุด O ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางระหว่าง CO และ OF

หมายเหตุ เส้นตรงที่ลากสัมผัสกับโค้งพาราโบล่า ณ จุด G ใด ๆ จะเป็นเส้นแบ่งครึ่งมุมระหว่างเส้นตรง FG ที่ลากจากจุดโฟกัส F มายัง G กับเส้นตรง SG ที่ลากจาก G ไปตั้งฉากกับเส้น Directrix

2. การหาตำแหน่งจุดโฟกัสของโค้งพาราโบลา

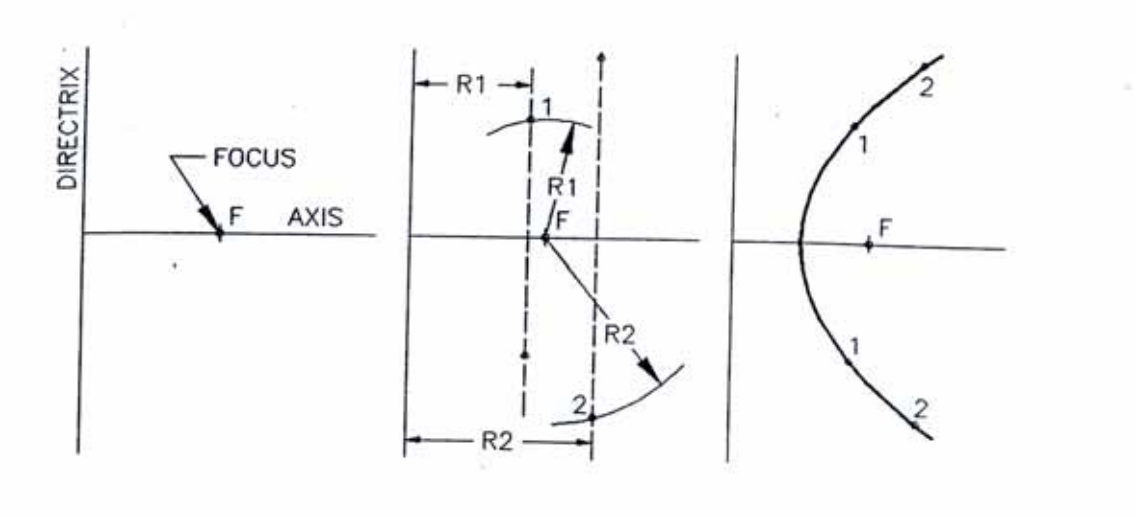


รูปที่ 6.47

กำหนดให้ PVR เป็นโค้งพาราโบล่าดังรูป 3.47 ต้องการหาจุดโฟกัส F

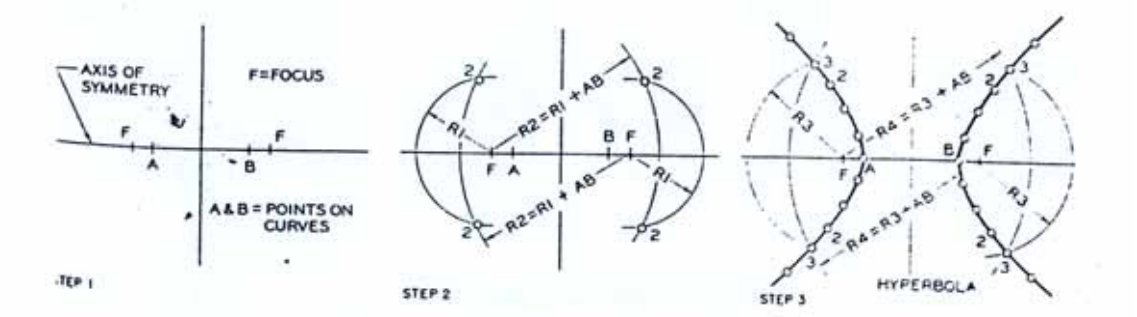
วิธีทำลากเส้นสัมผัส AP ที่จุด P โดยให้ระยะ a = b แบ่ง AP ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ ด้วยเส้นตรงให้ไปตัดกับ AC ที่ F จะได้ F เป็นจุดโฟกัสของโค้งพาราโบล่า PVR ตามต้องการ

3. การเขียนโค้งพาราโบล่าโดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ กำหนดเส้น Directrix ดังรูป 6.48 (b) มาให้



รูป 6.48 การเขียนโค้งพาราโบล่าโดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์

วิธีทำ ลากเส้นตรงซึ่งจะใช้เป็นแกนของโค้งพาราโบล่าให้ตั้งฉากกับเส้น Directrix แล้วกำหนดจุดโฟกัส F หาตำแหน่งจุดทางเดินของโค้งพาราโบล่าโดยการสร้างเส้นตรงให้ขนานกับเส้น Directrix โดยให้ห่างเท่ากับรัศมีอันหนึ่งเท่ากับเท่าใดก็ได้ ซึ่งในที่นี้ให้เท่ากับ R1 , R2 , R3 … ดังรูป แล้วใช้ F เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R1 , R2 , R3 … เขียนส่วนโค้งตัดกับเส้นขนานที่ห่างจากเส้น Directrix เป็นระยะทาง R1 , R2 , R3 … ที่จุด 1, 2 , 3… ตามลำดับซึ่งจะได้จุด 1,2,3…เป็นจุดทางเดินของโค้งพาราโบล่า เมื่อเชื่อมจุดเหล่านี้เข้าด้วยกันก็จะได้โค้งพาราโบล่าตามต้องการดังรูป 6.48



(a) (b) (c)

รูป 6.49 การสร้างรูปโค้งไฮเปอร์โบ**ล่า**

3.6 การสร้างรูปโค้งไฮเปอร์โบล่า (Drawing a Hyperbola)

โค้งไฮเปอร์โบล่า (Hyperbola) เป็นรูปทรงระนาบที่ได้จากการตัดทรงกรวยดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.3 ลักษณะของโค้งไฮเปอร์โบล่า คือ ผลต่างของระยะทางจากจุดโฟกัสสองจุดไปยังจุดใด ๆ บนโค้งไฮเปอร์โบล่าจะคงที่และยาวเท่ากับ Transverse Axis ของไฮเปอร์โบล่า

จากรูป 6.49 กำหนดจุดโฟกัส F ทั้งสองบนแกน Symmetry ดังรูป 6.49 (a)

วิธีทำ

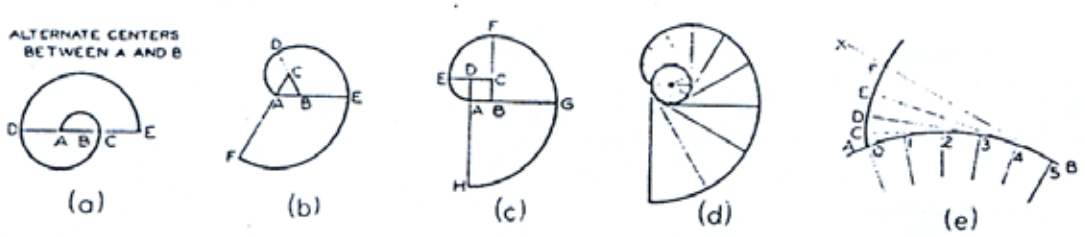
ขั้นที่ 1 ลากเส้นตรงให้ตั้งฉากกับแกน Symmetry โดยให้มีระยะห่างจากจุดโฟกัส F ทั้งสองเท่ากัน แล้วกำหนดจุด A และ B ตรงไหนก็ได้บนแกน Symmetry โดยให้ห่างจากเส้นตั้งฉากที่สร้างขึ้นนี้เท่า ๆ กัน และจะต้องอยู่ระหว่างจุดโฟกัสทั้งสองด้วยระยะ AB นี้เรียกว่า Transverse Axis ซึ่งจะเป็นผลต่างของระยะทางจากจุดโฟกัส F ทั้งสองไปยังจุดบนโค้งไฮเปอร์โบล่า

ขั้นที่ 2 ให้จุดโฟกัส F ทั้งสองเป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R1, R3, R5… ซึ่งเฉพาะ R1 นี้จะต้องไม่น้อยกว่าระยะ AF หรือ BF เขียนส่วนโค้งทิ้งเอาไว้แล้วใช้รัศมี R1 , R3 , R5 … บวกกับ AB เพื่อที่จะหารัศมี R2 , R4 , R6 … เขียนส่วนโค้งโดยให้ F เป็น จุดศูนย์กลางตัดกับส่วนโค้งเดิมที่มี R1, R3,R5.. เป็นรัศมี ณ จุด 2, 3,… ตามลำดับ

ขั้นที่ 3 จุดตัด 2,3… ในขั้นที่ 2 จะเป็นจุดทางเดินของโค้งไฮเปอร์โบล่า โดยการลากเส้นเชื่อมจุดเหล่านี้ก็จะได้โค้งไฮเปอร์โบล่าตามต้องการ

3.7 การเขียนโค้งม้วน (Involutes)

โค้งม้วน (Involute) คือทางเดินของจุดปลายเส้นเชือกที่พันไว้รอบเส้นตรง รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่าหรือวงกลม ดังนั้นเมื่อคลายเส้นเชือกเหล่านี้ออกมาจะได้แนวทางเดินของจุดปลายเส้นเชือกเป็นเส้นโค้งต่อกันดังรูป 6.50



รูป 6.50 โค้งม้วนแบบต่าง ๆ

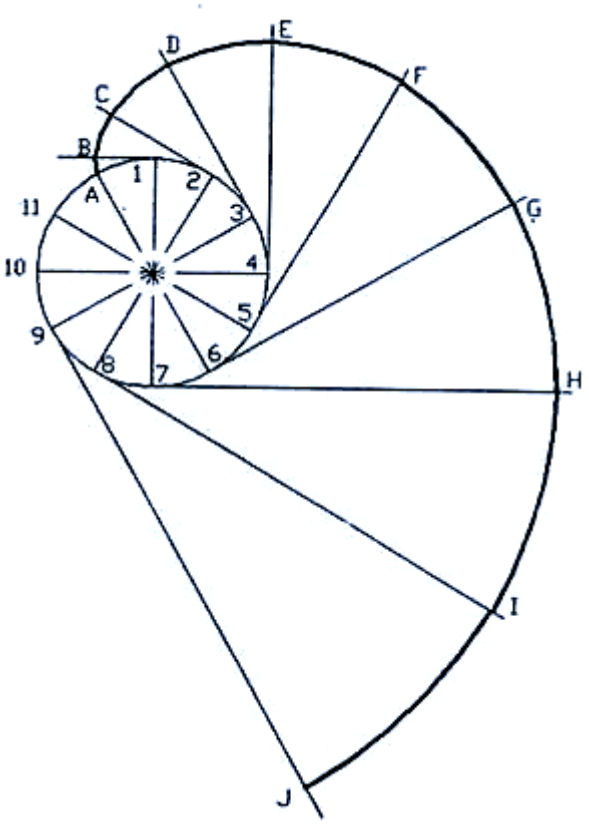
จากรูป 6.50 เป็นโค้งม้วนแบบต่าง ๆ ซึ่งมีวิธีการเขียนแต่ละแบบดังต่อไปนี้

1. **การเขียนโค้งม้วนของเส้นตรง** จากรูป 6.50 (a) กำหนดให้ AB เป็นเส้นตรง โดยการใช้ A และ B เป็นจุดศูนย์กลางสลับกัน ให้ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AB เขียนส่วนโค้งครึ่งวงกลม AC แล้วสลับให้ A เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AC เขียนส่วนโค้งครึ่งวงกลม CD ทำเช่นเรื่อย ๆ ไปจะได้โค้งม้วนตามต้องการ

2. **การเขียนโค้งม้วนของสามเหลี่ยม** จากรูป 6.50 (b) กำหนดให้ ABC เป็นสามเหลี่ยมด้านเท่า ให้ C เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AC เขียนส่วนโค้งตัดกับส่วนต่อของ BC ที่ D ให้ B เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี BD เขียนส่วนโค้งตัดส่วนต่อของ AB ที่ E ใช้ A เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AE เขียนส่วนโค้งตัดส่วนต่อของ CA ที่ F ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปจะได้โค้งม้วนของสามเหลี่ยมด้านเท่าตามต้องการ

3. **การเขียนโค้งม้วนของสี่เหลี่ยมจตุรัส** จากรูป 6.50 (c) กำหนดให้ ABCD เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส โดยให้ D เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี AD เขียนส่วนโค้งตัดส่วนต่อของ CD ที่ E ให้ C, B, A เป็นจุดศูนย์กลางแล้วเขียนส่วนโค้งในลักษณะเดียวกันนี้ตัดส่วนต่อของ BC, AB , DA ที่ F , G และ H ตามลำดับก็จะได้โค้งม้วนของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ต้องการ

4. **การเขียนโค้งม้วนของวงกลม** วงกลมอาจแทนได้ด้วยรูปหลาย ๆ เหลี่ยมด้านเท่า



รูป 6.51 การสร้างโค้งม้วนของวงกลมโดยไม่จำกัดจำนวนด้าน

รูป 6.51 การสร้างโค้งม้วนของวงกลม

ดังนั้นการสร้างโครงม้วนจากวงกลมจึงมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งส่วนโค้งของวงกลมออกเป็นหลาย ๆ ส่วนเท่า ๆ กันที่จุด A , 1,2,3,…

ขั้นที่ 2 ลากเส้นสัมผัสที่จุดแบ่งของแต่ละเส้นที่จุด 1,2,3,4,…

ขั้นที่ 3 ให้จุด 1 เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี 1A เขียนส่วนโค้ง AB ตัดกับเส้นสัมผัส 1B ที่ B

ขั้นที่ 4 ให้จุด 2 เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี 2B เขียนส่วนโค้ง BC ตัดกับเส้นสัมผัส 2C ที่ C

ขั้นที่ 5 ทำในลักษณะเช่นเดียวกันนี้จนกว่าจะได้โค้งม้วนตามต้องการ

หมายเหตุ โค้งม้วนที่ได้จากวงกลมจะนำไปประยุกต์ในการเขียนแบบรูปฟันเฟือง

3.8 การเขียนโค้งไซคลอยด์ (Cycloid)

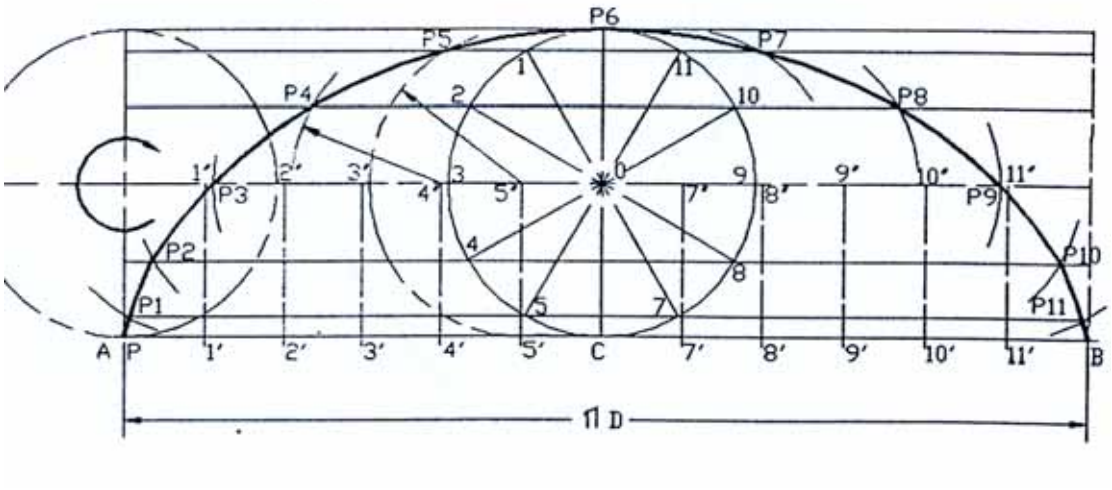
ไซคลอยด์ (Cycloid) คือส่วนโค้งที่เกิดจากทางเดินของจุดบนเส้นรอบวงกลมในขณะที่วงกลมนั้นกลิ้นไปบนเส้นตรง

หมายเหตุ 1 ถ้าวงกลมนั้นกลิ้งไปบนส่วนโค้งด้านนอกของวงกลมอื่น ทางเดินของจุดที่เกิดขึ้นเรียกว่า Epicycloid ทำนองเดียวกันถ้าวงกลมนั้นกลิ้งอยู่ด้านในส่วนโค้งของวงกลมอื่น ทางเดินของจุดที่เกิดขึ้นเรียกว่า Hypocycloid

2. นำไปประยุกต์กับการเขียนแบบฟันเฟือง

โค้ง Cycloid มีวิธีสร้างดังนี้

จากรูป 6.52 กำหนดวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ต้องการและเส้นตรง AB สัมผัสกันที่จุด C ซึ่งจุด C นี้แบ่ง AB ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กันโดยที่ AB ยาวเท่ากับเส้นรอบวงกลม



รูป 6.52 การเขียนโค้งไซคลอยด์

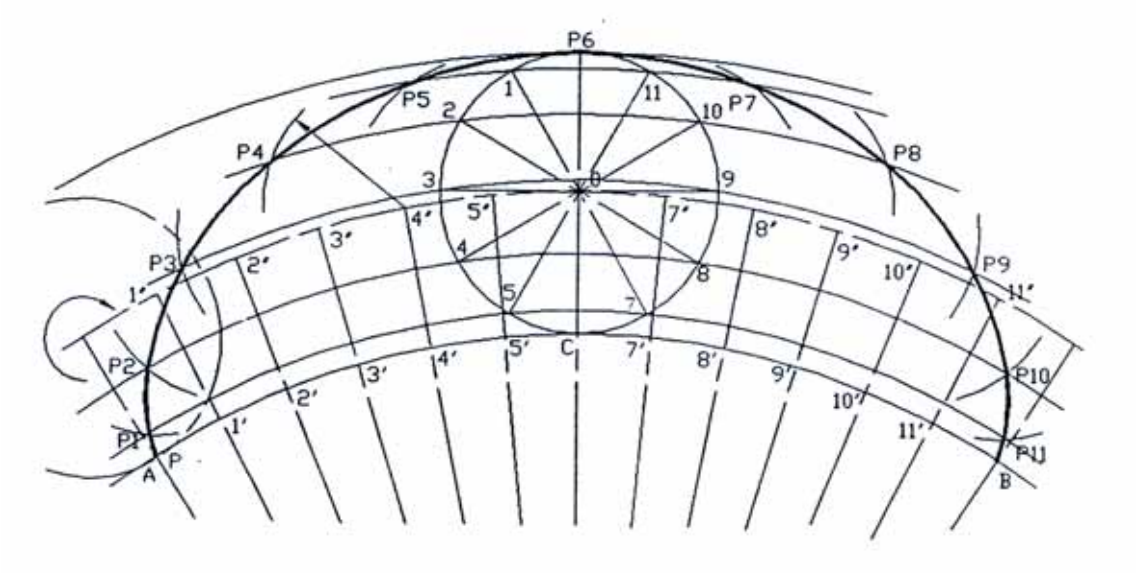
วิธีทำ ขั้นที่ 1 แบ่งส่วนโค้งวงกลมออกเป็นหลาย ๆ ส่วนเท่า ๆ กัน

ขั้นที่ 2 แบ่ง AB ออกเป็นหลาย ๆ ส่วนเท่า ๆ กันโดยให้มีจำนวนส่วนแบ่งเท่ากับจำนวนส่วนแบ่งบนส่วนโค้งวงกลม

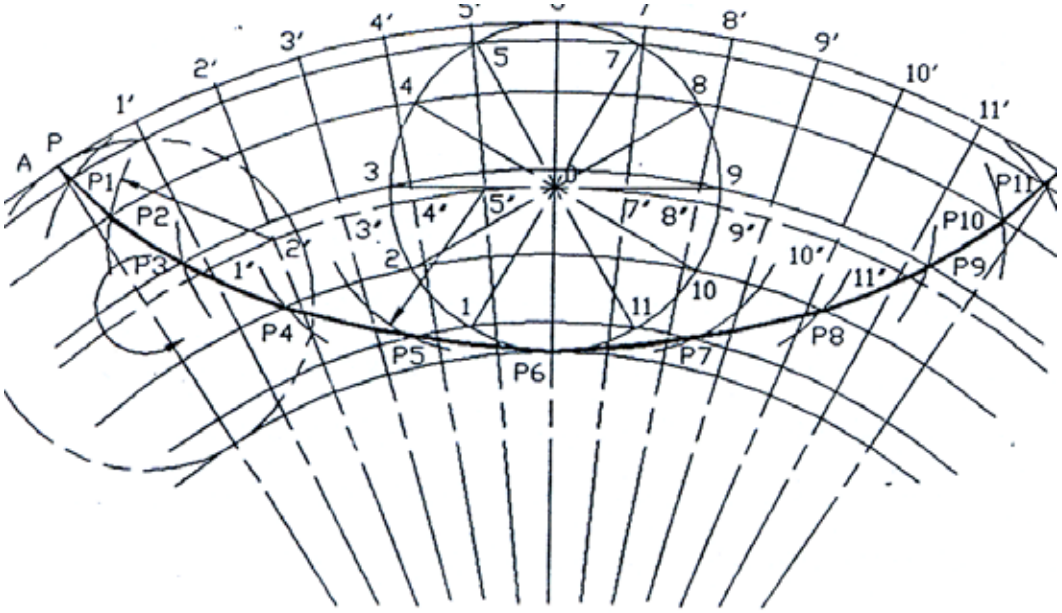
ขั้นที่ 3 ที่จุดแบ่งบน AB ทุกจุดลากเส้นตั้งฉากไปตัดกับเส้นตรงที่ลากขนานกับ AB โดยผ่านจุดศูนย์กลาง O ของวงกลมที่ 1" , 2" , 3"... แล้วใช้จุดตัด 1", 2",3"... เหล่านี้เป็นจุดศูนย์กลางรัศมีเท่ากับรัศมีของวงกลมที่กำหนดให้ เขียนส่วนโค้งตัดกับเส้นตรงที่ลากขนานกับ AB และผ่านจุดแบ่งบนส่วนโค้งวงกลมทุกเส้นที่ P_1 , P_2 , P_3 ... ตามลำดับดังรูป 6.52

ขั้นที่ 4 ถ้าสมมุติให้ P เป็นจุดบนส่วนโค้งวงกลม โดยที่วงกลมเริ่มกลิ้งจากซ้ายไปขวาเริ่มด้วยจุด P ทับอยู่บนจุด A ดังนั้นจะได้ทางเดินของจุด P ค่อย ๆ เลื่อนขึ้นเป็น P_1 , P_2 , P_3 ... ตามลำดับ ซึ่งโค้งที่ได้จากการเคลื่อนที่ของจุด P นี้เรียกว่า Cycloid

3.9 การเขียนโค้งอีพีไซคลอยด์และไฮโปไซคลอยด์ สามารถเขียนได้โดยใช้หลักการแบบเดียวกันกับการเขียนโค้งไซคลอยด์ ดังรูป 6.53 และ 6.54



รูป 6.53 โค้ง Epicycloid



รูป 6.54 โค้ง Hypocycloid

บทที่ 7

การบอกขนาด (DIMENSION)

1. **การบอกขนาดคือ** การเพิ่มข้อมูลรายละเอียดของชิ้นงานลงไปในแบบงาน ให้ถูกต้อง สมบูรณ์ สามารถนำไปทำการผลิตได้ทันที การกำหนดขนาดในแบบงานไม่ว่าจะเป็นความกว้าง ความยาว ความหนา ความโค้ง ของการเขียนแบบ ในระบบ ISO นี้จะใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

ในกรณีที่ขนาดที่จะกำหนดมีค่าเป็นเลขทศนิยม ให้กำหนดขนาดโดยใช้จุดทศนิยมที่ระดับฐานของตัวเลขที่กำหนดขนาด ขนาดที่เป็นเลขทศนิยมต้องนำหน้าด้วยศูนย์เสมอ เช่น 0.5 มม.. 0.7 มม.. 0.8 มม. เป็นต้น

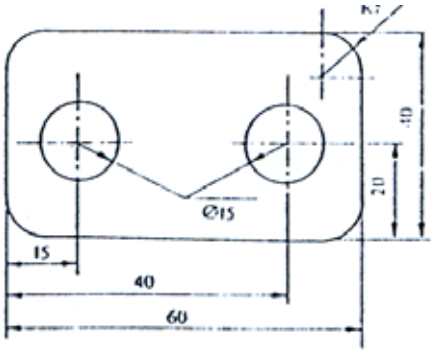
1.1 เส้นบอกขนาดและเส้นกำหนดขนาดจะต้องใช้เส้นเต็มบาง (0.25)

1.2 เส้นขอบรูปใช้เส้นเต็มหนัก (0.5)

1.3 เส้นแรกของเส้นบอกขนาดต้องห่างจากขอบรูปประมาณ 10 มม.

1.4 เส้นบอกขนาดถัดไปห่างจากเส้นแรกประมาณ 7 มม.

ดูรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1

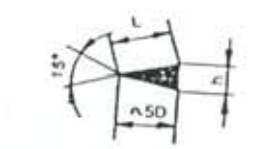
1.5 หัวลูกศรเล็ก ปลายแหลมระบายดำทึบ

d - ความหนาของเส้นขอบชิ้นงานถ้าใช้กลุ่มเส้น 0.5

I - ความยาวของหัวลูกศรประมาณ 2.5 - 3 มม.

H - ความสูงหัวลูกศรประมาณ 0.7 - 1 มม.

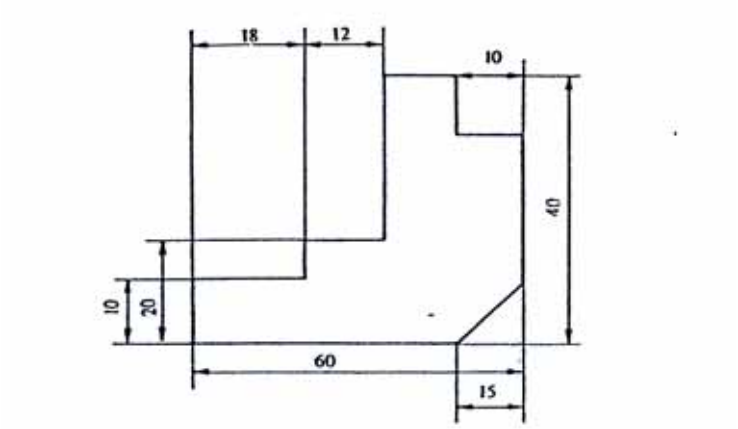
ดูรูป 7.2



รูปที่ 7.2

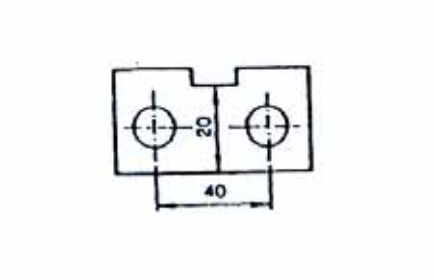
1.6 ตัวเลขบอกขนาดสูง 3.5 มม. อยู่บนเส้นบอกขนาด แต่ไม่เขียนตัวเลขบอกขนาด

1.7 ตัวเลขบอกขนาดแนวตั้งตัวเลขจะบอกขนาดกับเส้นบอกขนาดโดยอ่านตัวเลขได้ทางขวามือ ดูรูปที่ 7.3



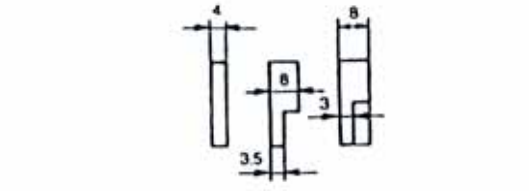
รูปที่ 7.3

1.8 เส้นผ่าศูนย์กลางและเส้นขอบรูปไม่ใช้เป็นเส้นบอกขนาดแต่บางครั้งอาจเป็นเส้นกำหนดขนาดได้ ดูรูปที่ 7.4



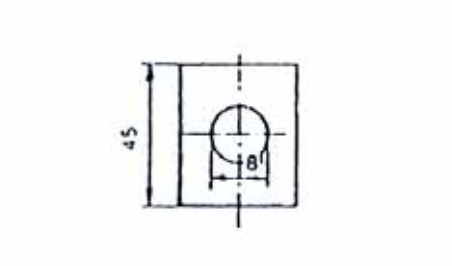
รูปที่ 7.4

1.9 ถ้าชิ้นงานมีน้อยกว่า 10 มม. ให้เอาหัวลูกศรไว้ข้างนอกเส้นกำหนด ดูรูปที่ 7.5



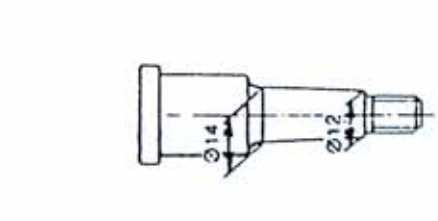
รูปที่ 7.5

1.20 เส้นกำหนดขนาดและเส้นบอกขนาดไม่ควรตัดกับเส้นใด ๆ แต่อาจมีเว้นบางกรณี ดูรูปที่ 7.6



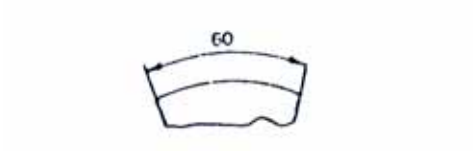
รูปที่ 7.6

1.21 เส้นช่วยบอกขนาดควรจะให้ตามทิศทางตั้งฉากกับขอบของชิ้นงาน ดูรูปที่ 7.7

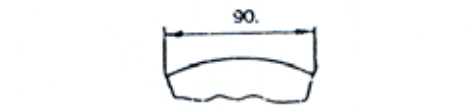


รูปที่ 7.7

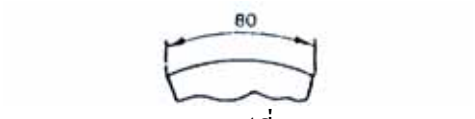
1.22 การให้ขนาดคอร์ด (chord) ส่วนโค้งและมุม เส้นกำหนดขนาดต้องขนานกับชิ้นงาน ดูรูปที่ 7.8, 9, 10



รูปที่ 7.8

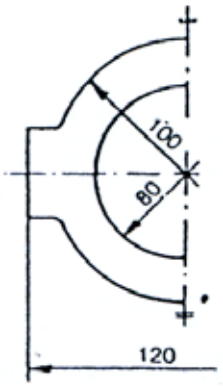


รูปที่ 7.9



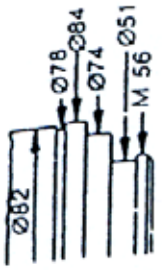
รูปที่ 7.10

1.23 ชิ้นงานที่มีรูปทรงสมมาตรกันทั้งสองข้าง เส้นบอกขนาด ให้เขียนหัวลูกศรหัวเดียวโดยลากเส้นบอกขนาดเลยเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กน้อยและใช้เส้นสั้น ๆ ตัดกับเส้นผ่าศูนย์กลางเพื่อแสดงชิ้นงานมีรูปทรงสมมาตรกัน ดูรูปที่ 7.11



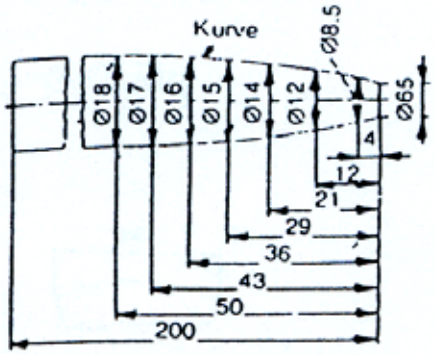
รูปที่ 7.11

1.24 ถ้าชิ้นงานมีพื้นที่ไม่พอที่จะเขียนตัวเลขบอกขนาดให้เขียนสัญลักษณ์และตัวเลขบอกขนาดไว้ด้านนอก โดยเขียนหัวลูกศรหัวเดียวชี้ไปที่ขอบรูปที่จะบอกนั้นเลย ดูรูปที่ 7.12



รูปที่ 7.12

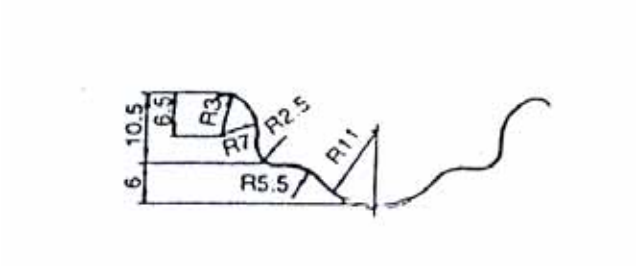
1.25 การกำหนดส่วนโค้งในกรณีพิเศษกรณีที่ไม่ทราบรัศมีที่จะเขียนดูรูปที่ 7.13



รูปที่ 7.13

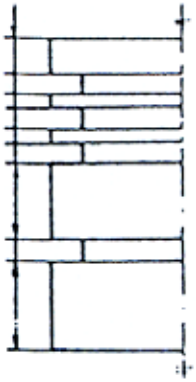
รูปที่ 13

1.26 การกำหนดขนาดชิ้นงานบาง ๆ ต้องเว้นขอบชิ้นงานเพื่อไว้เขียนหัวลูกศร ดูรูปที่ 7.14



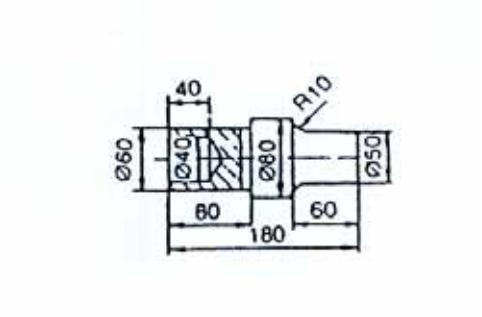
รูปที่ 7.14

1.27 หัวลูกศร ควรเขียนไว้ที่ปลายสุดของเส้นบอกขนาด ถ้าเนื้อที่ไม่พอเขียนหัวลูกศรให้เขียนไว้ภายนอก และใช้จุดแทนหัวลูกศรที่ตำแหน่งที่ต้องการบอกขนาดนั้น ดูรูปที่ 7.15



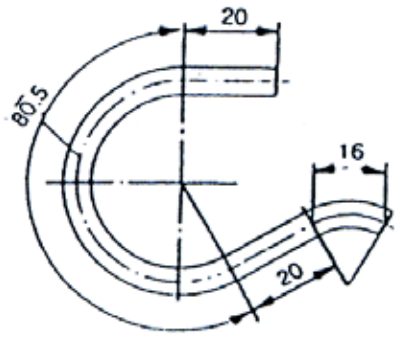
รูปที่ 7.15

1.28 การบอกขนาดชิ้นงานทรงกลมต้องมีเครื่องหมาย O เส้นผ่านศูนย์กลางนำหน้าซึ่งความโตของวงกลม = 3.5 มม. และเส้นตรงลากเอียงทำมุม 75^0 ดูรูปที่ 7.16



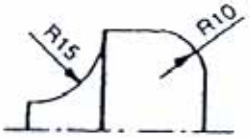
รูปที่ 7.16

1.29 การกำหนดขนาดความยาวของส่วนโค้งของชิ้นงานต้องกำหนดตามแนวเส้นศูนย์กลาง ดูรูปที่ 7.17

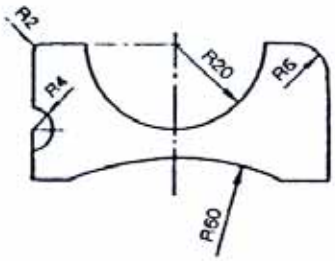


รูปที่ 7.17

1.30 รัศมีโค้งจะเขียนแทนด้วยตัวอักษร R นำหน้าเลขบอกขนาด และใช้หัวลูกศรหัวเดียวชี้ที่ส่วนโค้ง ดูรูปที่ 7 , 18, 19

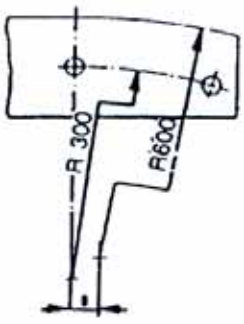


รูปที่ 7.18

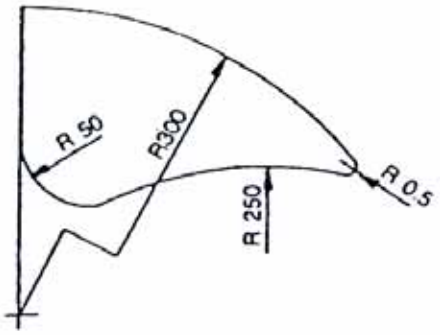


รูปที่ 7.19

1.31 การกำหนดขนาดรัศมีความโค้งมาก การกำหนดต้องกำหนดที่จุดศูนย์กลางแต่พื้นที่ไม่พอเขียนจะต้องเขียนบอกขนาดหักเป็นมุมฉาก ดูรูปที่ 7.20 , 21

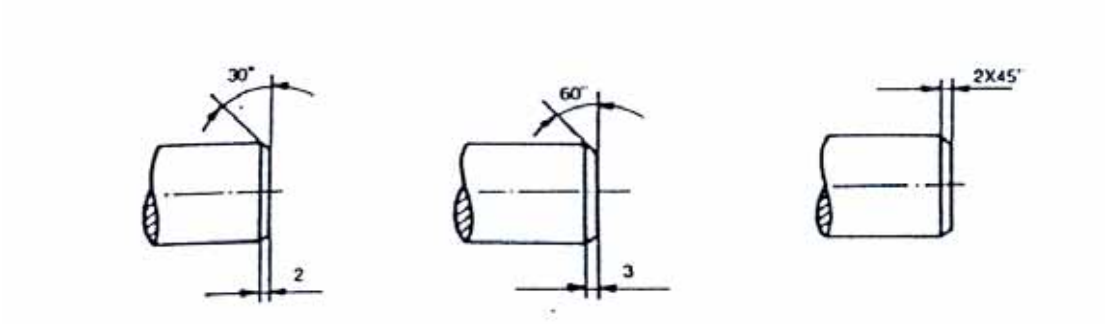


รูปที่ 7.20



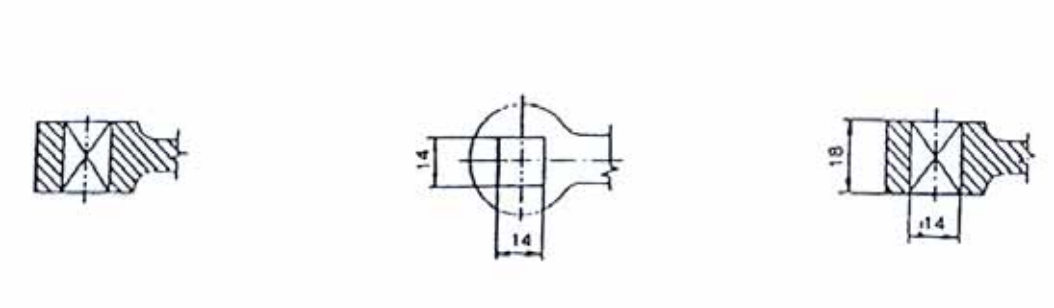
รูปที่ 7.21

1.32 การกำหนดขนาดที่ลบมุมถ้าลบมุม 45^0 ให้บอกความลึกและมุมไว้บรรทัดเดียวกัน แต่ถ้าเป็นมุมอื่นที่นอกเหนือมุม 45^0 ให้บอกขนาดความลึกและมุมตามตำแหน่งจริง ดูรูปที่ 7.22 , 23, 24



รูปที่ 7.22 รูปที่ 7.23 รูปที่ 7.24

1.33 การบอกขนาดรูเจาะที่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสสามารถบอกได้ 2 แบบ ดังรูป 7.25 , 26, 27

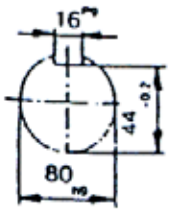


รูปที่ 7.25 รูปที่ 7.26 รูปที่ 7.22

1.34 การบอกขนาดร่องลิ่มที่เซาะร่องไม่ตลอดถึงปลายเพลาดูรูปที่ 7.28 , 29

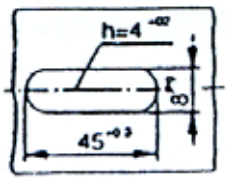
รูปที่ 7.28 รูปที่ 7.29

1.35 การบอกขนาดร่องลิ่มที่เซาะร่องตลอดถึงปลายเพลา ดูรูปที่ 7.30



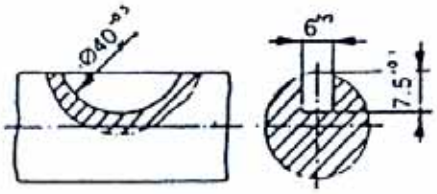
รูปที่ 7.30

1.35 ร่องลิ่มที่เขียนภาพด้านบนด้านเดียวให้บอกความสูงของร่องลิ่ม (h=4) ดูรูป 7.31



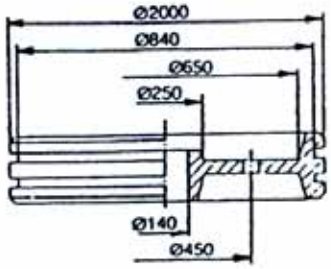
รูปที่ 7.31

1.37 การบอกขนาดลิ่มวงเดือน (Woodruff key) ดูรูปที่ 7.32



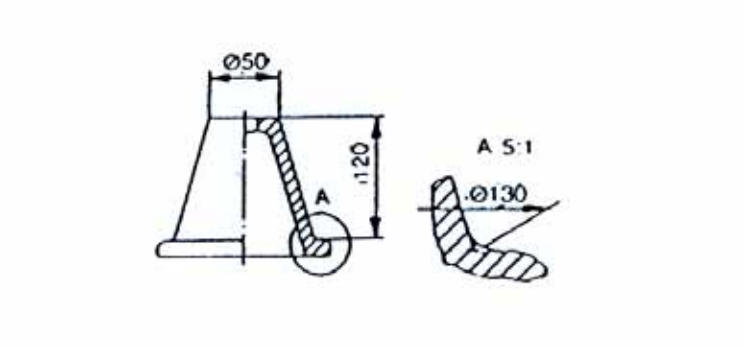
รูปที่ 7.32

1.38 การบอกขนาดภาพตัดครึ่ง กำหนดโดยใช้หัวลูกศรหัวเดียวเส้นกำหนดขนาดต้องลากเส้นผ่านศูนย์กลาง ดูรูปที่ 7.33



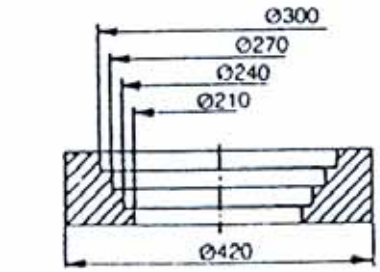
รูปที่ 7.33

1.39 การกำหนดขนาดส่วนโค้ง เมื่อต้องการเขียนภาพให้ชัดเจนใช้วงกลมด้วยเส้นเต็มเบา และเขียนเฉพาะส่วนที่ต้องการขยาย ดูรูปที่ 7.34

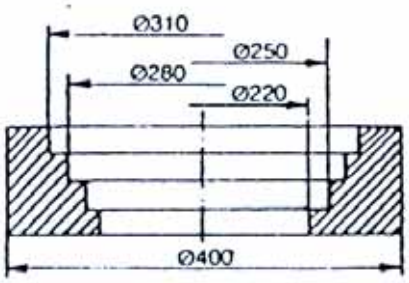


รูปที่ 7.34

1.40 การบอกขนาดลักษณะงานต่อเนื่องกันใช้หัวลูกศรหัวเดียวบอกไปทางเดียวก็ได้หรือจะบอกแบบสลับกันไปมาก็ได้ โดยเส้นบอกขนาดต้องลากเลยเส้นผ่านศูนย์กลาง ดูรูปที่ 7.35 , 36

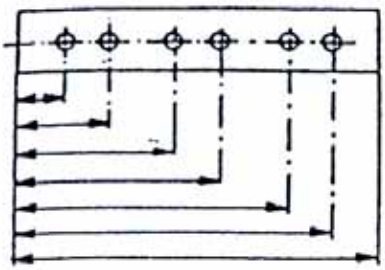


รูปที่ 7.35

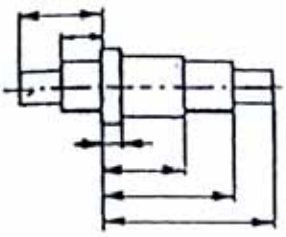


รูปที่ 7.36

1.41 ถ้ามีขนาดอยู่ในทิศทางเดียวกันหลายขนาดจะเริ่มต้นการบอกขนาดจากเส้นขอบเดียว ดูรูปที่ 7.37 , 38

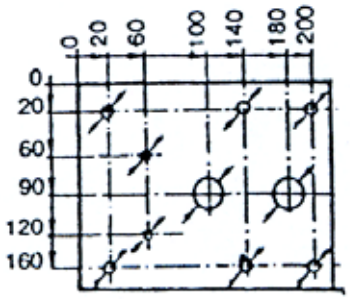


รูปที่ 7.37



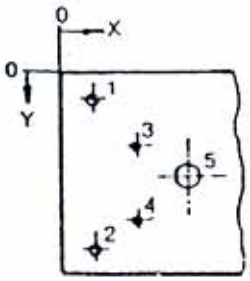
รูปที่ 7.38

1.42 การบอกขนาด ระยะความกว้าง ความยาว ณ จุดนั้นเลย โดยเริ่มต้นจากจุดศูนย์ดูรูปที่ 7.39



รูปที่ 7.39

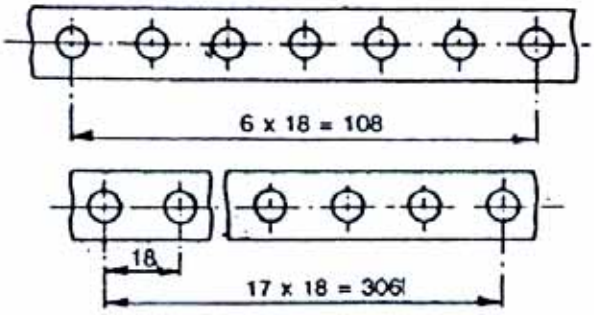
1.43 ถ้าชิ้นงานเดียวกันมีรูเจาะหลายขนาดจะบอกเป็นตารางโดยกำหนดเป็นแกน x, y แล้วเขียนขนาดลงไปในตาราง ดูรูปที่ 7.40



	1	2	3	4	5
X	20	20	60	60	100
Y	20	60	60	120	90
Ø	15.5	13.5	11	13.5	26

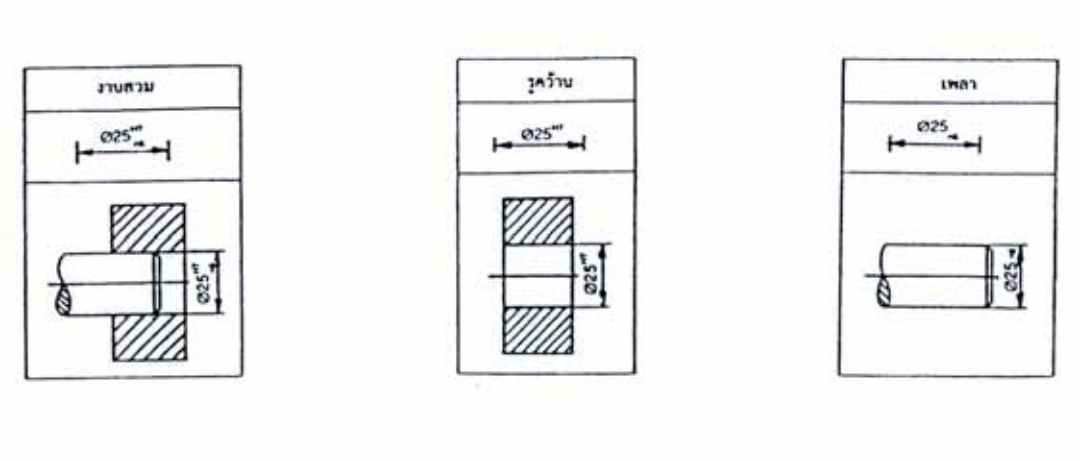
รูปที่ 7.40

1.44 ถ้าชิ้นงานมีขนาดหลายช่วงเท่ากันการให้ขนาดจะใช้วิธีแบบง่ายก็ได้ ดังรูปหรือถ้าต้องการแยกให้รู้ว่าระยะใดการบอกระยะห่างของศูนย์กลางจุดแรกก็พอ ดูรูป 7.41

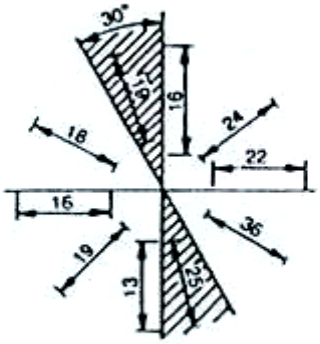


รูปที่ 7.41

1.45 การบอกขนาดพิกัดความเผื่อในแบบ โดยบอกเป็นโค้ดงานสวมแล้วไปเปิดตารางทำค่าพิกัดความเผื่อ

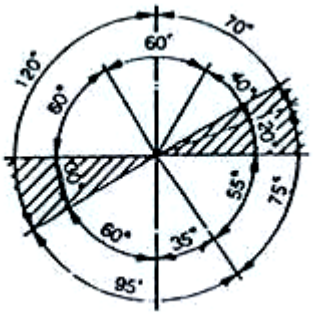


1.46 การเขียนตัวเลขให้ขนาดความยาวในทิศทางต่าง ๆ ตัวเลขบอกขนาดเราต้องอ่านได้ตามแนวนอนจากซ้ายมือไปขวามือหรืออ่านได้ทางขวามือตามแนวดิ่ง ควรหลีกเลี่ยงการกำหนดขนาดในบริเวณเส้นตัดมุม 30 องศา แต่ถ้าจำเป็นต้องบอกขนาด ตัวเลขบอกขนาดอ่านได้ทางซ้ายมือ ดูรูปที่ 7.42



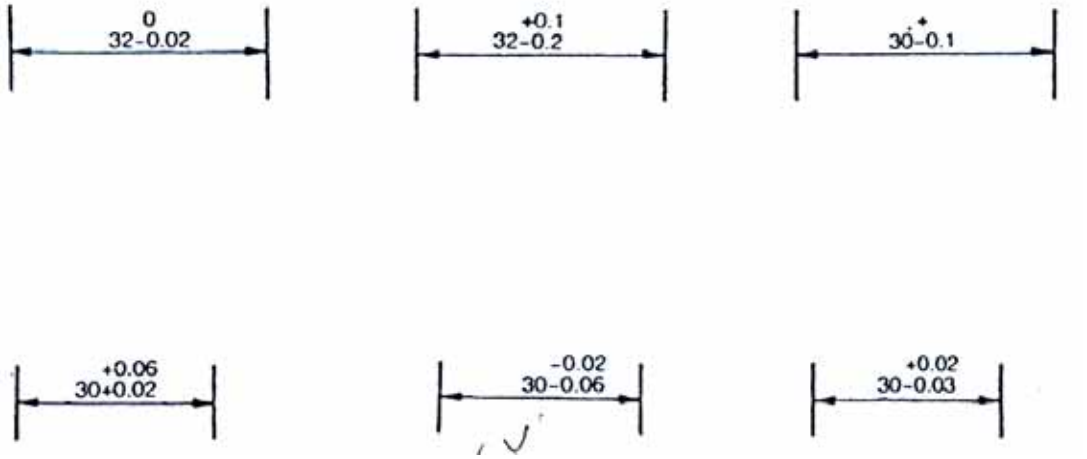
รูปที่ 7.42

1.47 การกำหนดขนาดมุม ตัวเลขบอกขนาดมุมให้เขียนเหนือเส้นบอกขนาดอ่านได้จากซ้ายไปขวาตามแนวนอน หรืออ่านได้ทางขวามือตามแนวดิ่ง ควรหลีกเลี่ยงการกำหนดขนาดในบริเวณเส้นตัดมุม 30 องศา แต่ถ้าจำเป็นต้องบอกขนาดบริเวณนี้ ตัวเลขบอกขนาดมุมต้องอ่านได้ทางซ้ายมือ ดูรูปที่ 7.43

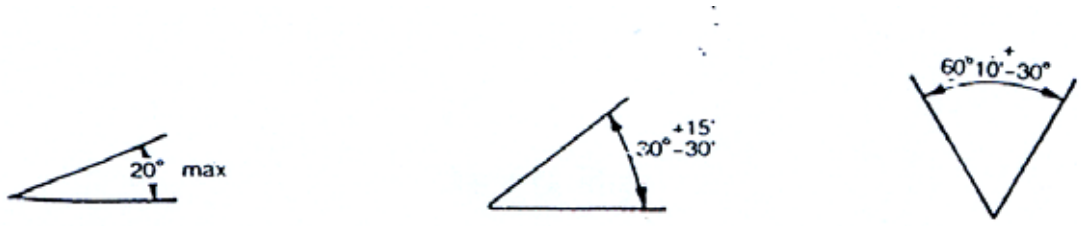


รูปที่ 7.43

1.48 การบอกพิกัดความเผื่อมีค่าพิกัดความเผื่ออยู่กับตัวเลขบอกขนาด ดูรูปที่ 7.44



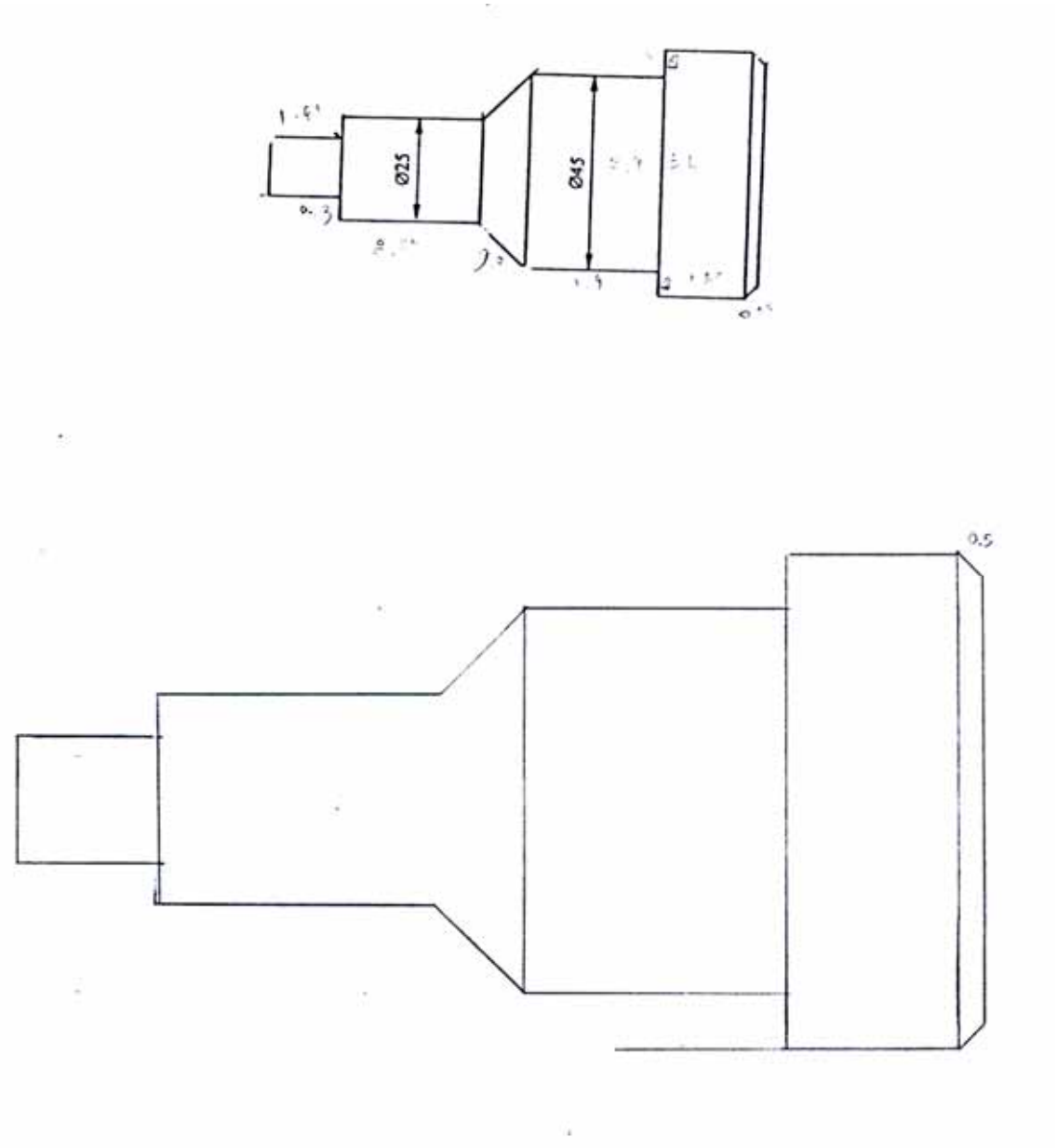
รูปที่ 7.44



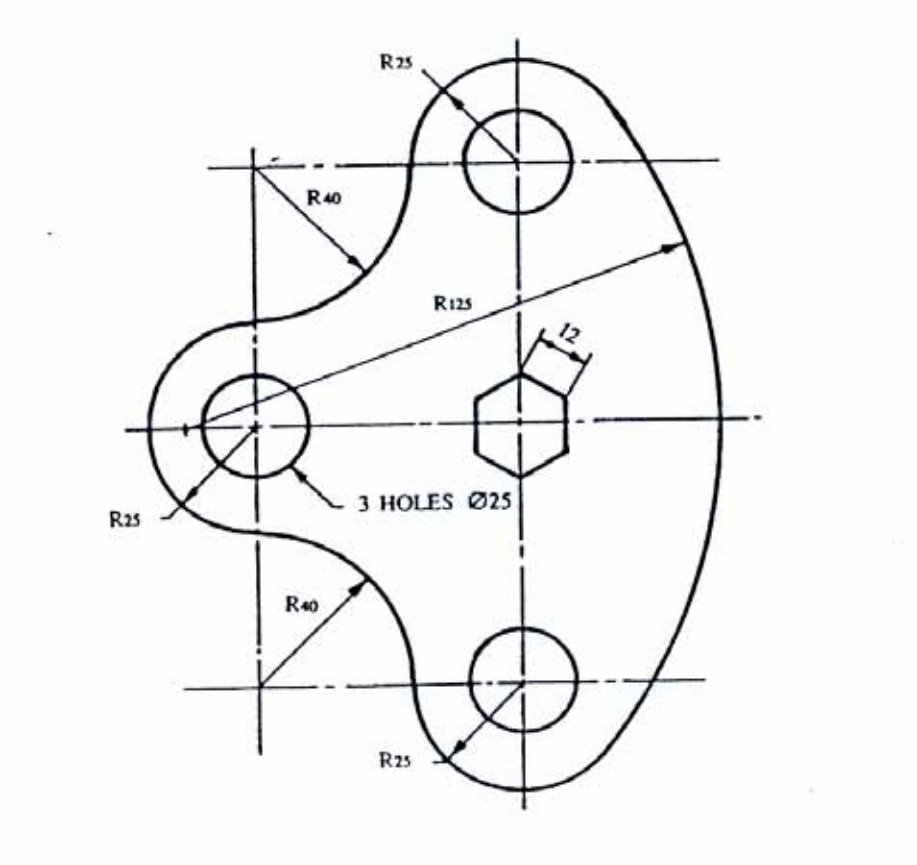
รูปที่ 7.45

แบบฝึกหัดชุดที่ 3

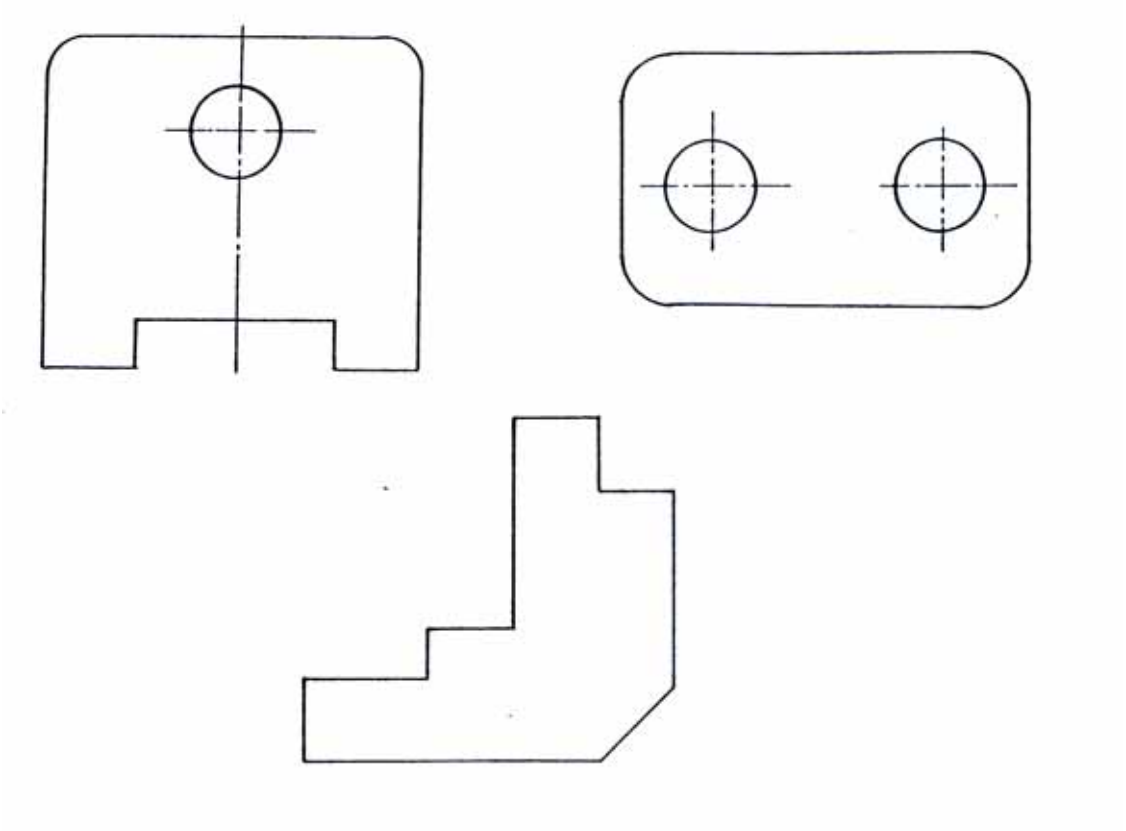
1. จงเขียนแบบจากรูป กำหนดให้มาตราส่วน 2: 1 พร้อมกำหนดขนาดให้เรียบร้อย



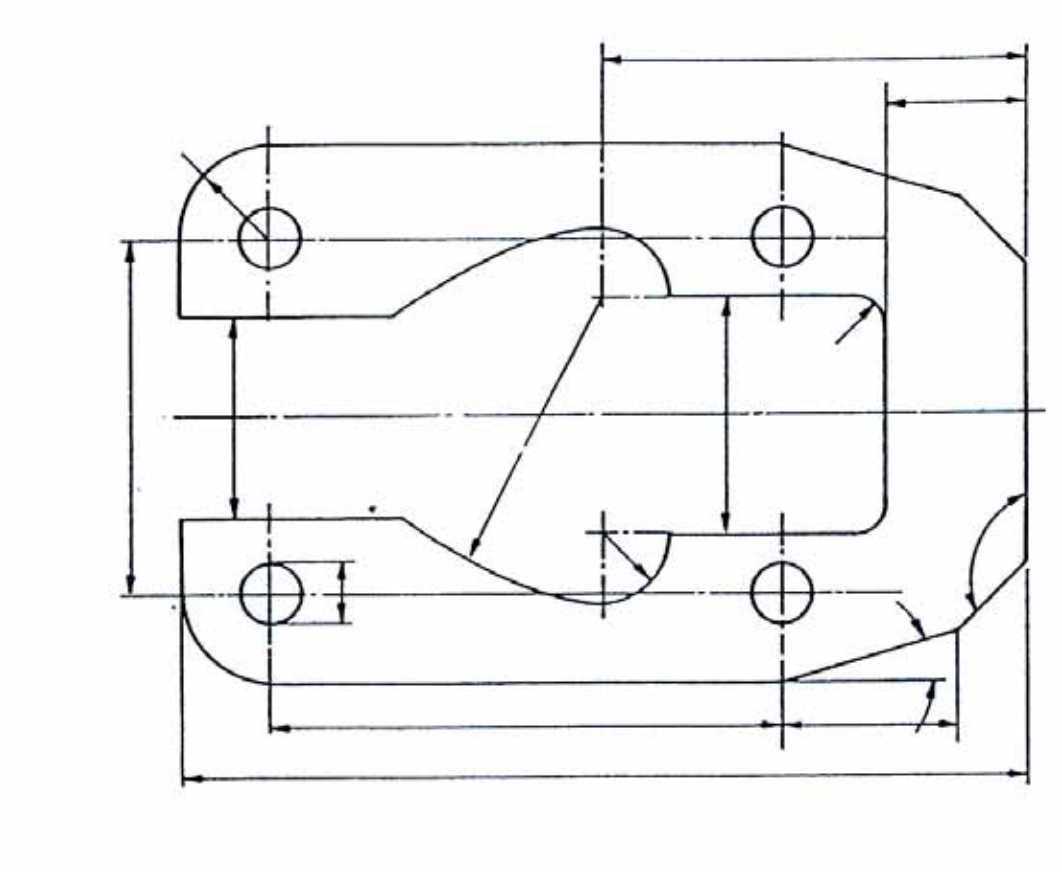
2. จงเขียนแบบจากรูป กำหนดให้มาตราส่วน 1:1 พร้อมกำหนดขนาดให้เรียบร้อย


R25
R40
R125
12
3 HOLES Ø25
R25
R40
R25

3. จงเขียนแบบจากรูป กำหนดให้มาตราส่วน 1:2 พร้อมกำหนดขนาดให้เรียบร้อย



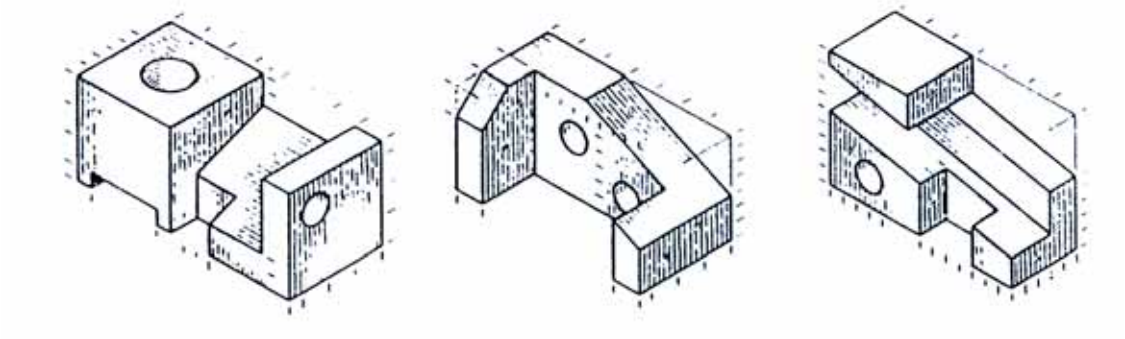
4. จากรูปจงเขียนแบบโดยวัดขนาดจากรูปมาตราส่วน 1:1 พร้อมทั้งกำหนดขนาดให้เรียบร้อย



บทที่ 8

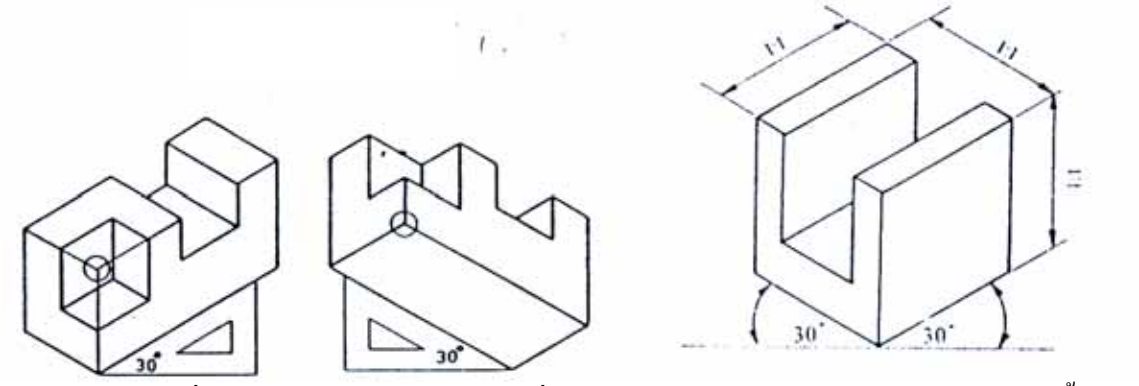
ภาพสามมิติ (Pictorials Drawing)

ภาพสามมิติ หมายถึง ภาพที่แสดงให้เห็นถึงขนาดมิติ 3 ด้าน ในภาพเดียวกันได้ขนาดความกว้าง ความสูง ความลึกของภาพ ลักษณะเหมือนชิ้นงานจริง ในทางปฏิบัติไม่นิยมภาพสามมิติเป็นแบบทำงาน แต่จะใช้สำหรับดูรูปร่างของชิ้นงานเท่านั้น



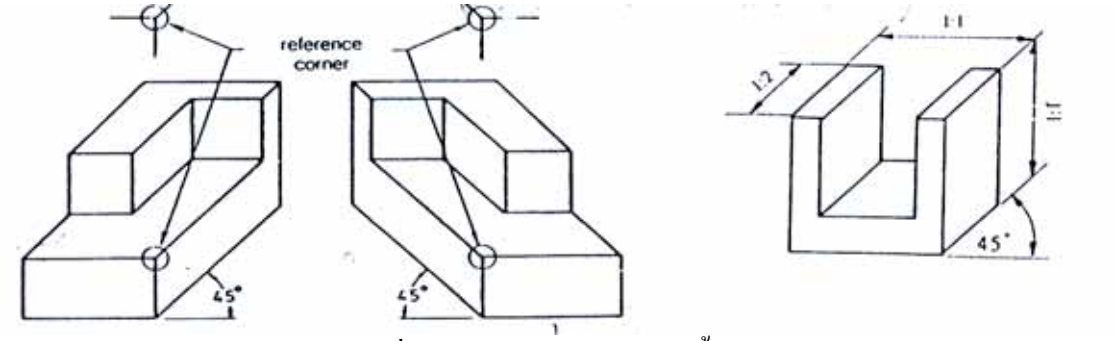
การเขียนภาพสามมิติมีดังต่อไปนี้

1. ISOMETRIC



เป็นภาพสามมิติที่นิยมใช้กับงานเขียนแบบมากที่สุด เพราะเขียนง่ายมีมุมเอียง 30 องศา เท่ากันทั้งสองข้าง ขนาดทุกด้านมีความยาวเท่าขนาดจริง ข้อเสียเมื่อเขียนแล้วมีลักษณะค่อนข้างใหญ่กินเนื้อที่มาก

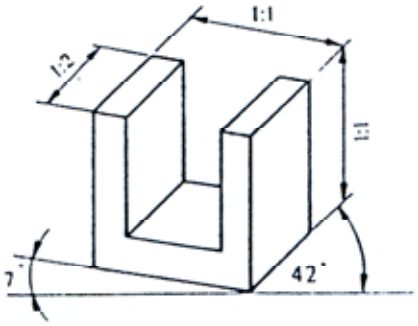
2. OBLIQUE



เป็นภาพสามมิติอีกแบบหนึ่งมีลักษณะไม่ค่อยเหมือนชิ้นงานจริง

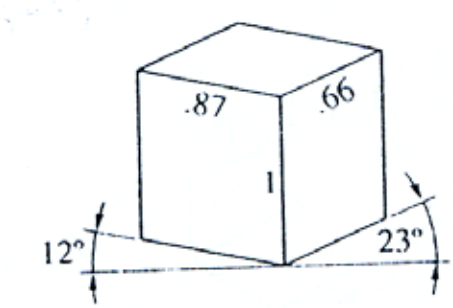
เขียนง่าย สเก็ตด้วยมือเปล่าได้ง่าย เพราะมีด้านเอียงด้านเดียวทำมุม 45 องศา ประหยัดเวลา และเนื้อที่ในการเขียน ข้อเสียรูปร่างไม่เหมือนของจริงทำให้ดูเข้าใจยาก

2. DIMETRIC



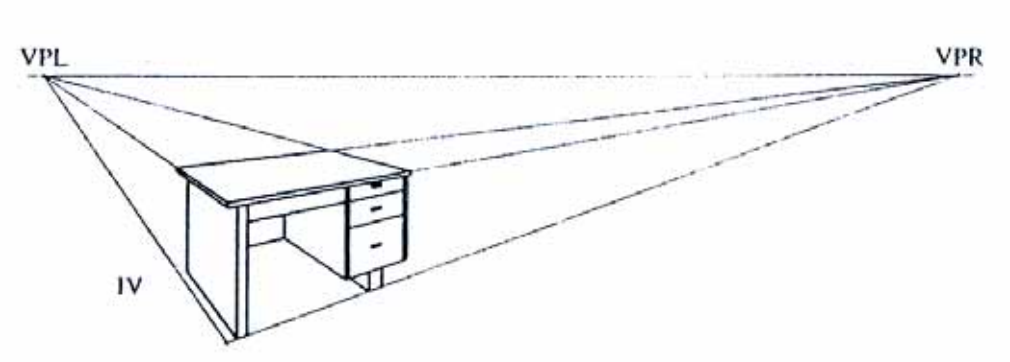
เป็นภาพสามมิติที่มีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงชิ้นงานจริงมากที่สุด ข้อดีเป็นภาพที่มีลักษณะเหมือนชิ้นงานจริงมากที่สุดทำให้ง่ายต่อการอ่านภาพ ข้อเสียเขียนยากเพราะภาพมีมุมเอียง 7 องศา และ 42 องศา ใช้เวลาในการเขียนนาน

3. TRIMETRIC



เป็นภาพสามมิติอีกแบบหนึ่งมีลักษณะเป็นภาพเหลี่ยมที่มีมุมเอียง 12 องศา และ 23 องศา

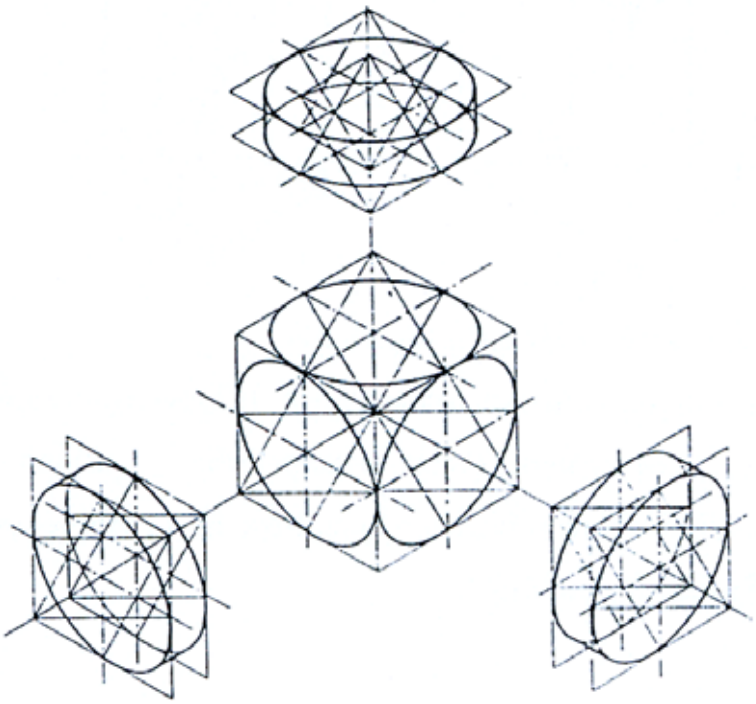
4. PERSPECTIVE



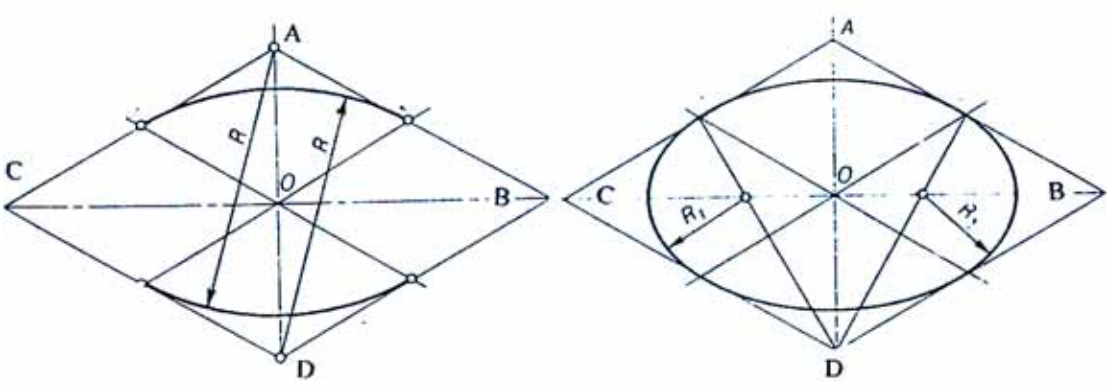
เป็นภาพที่เกิดจากจุดรวมสายตาที่มองเห็น (Vision point : VP) การเขียนภาพที่มองจากความสูงจริงในมุมใดมุมหนึ่ง หรือด้านใดด้านหนึ่งของภาพ แล้วทำการเขียนด้านต่อมาด้วยขนาดที่กำหนดให้เป็นค่าประมาณ เพื่อให้ภาพได้สัดส่วน และเกิดความสวยงาม

การสร้างวงรีบนภาพ ISOMETRIC

ชิ้นงานที่มีรูปทรงกลม เจาะรู มีส่วนโค้ง เมื่อเขียนภาพเป็น ISOMETRIC แล้วจะเป็นวงรีมีลักษณะการวาง 3 ลักษณะดังต่อไปนี้

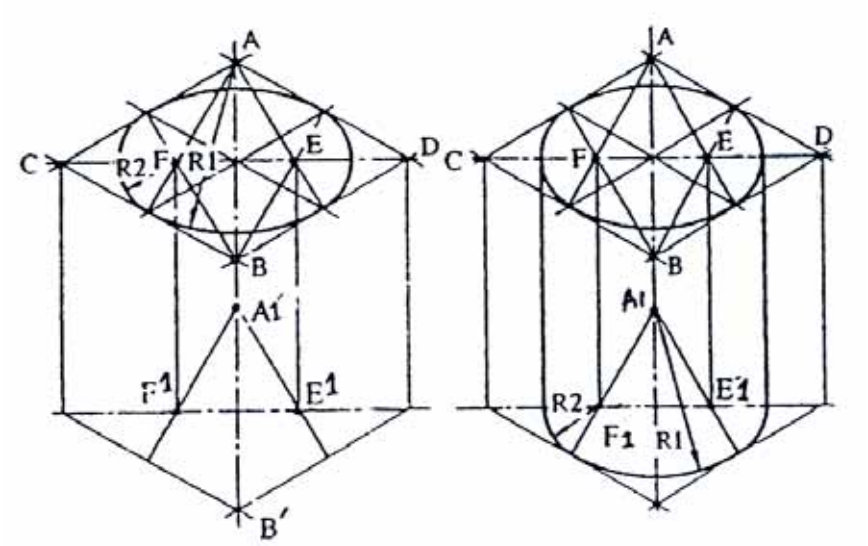


การสร้างวงรี ISOMETRIC



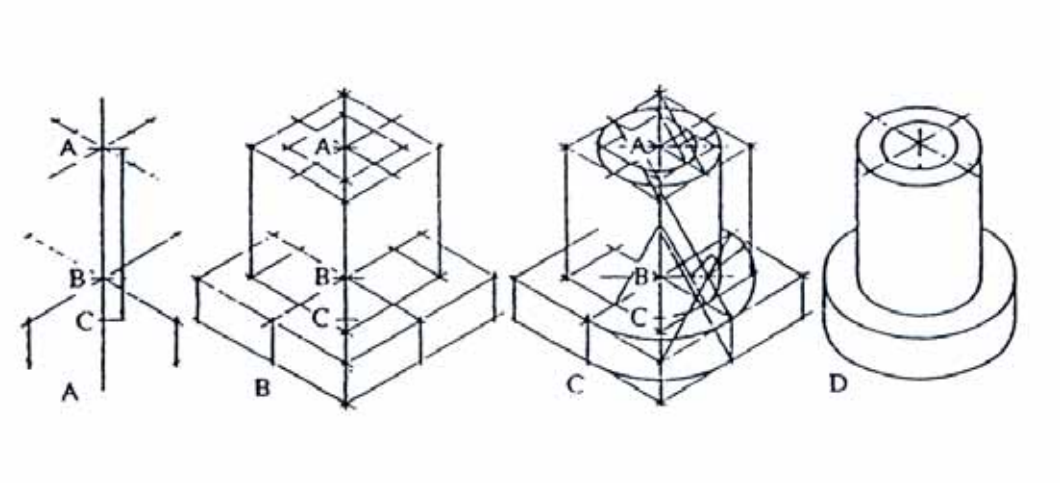
การสร้างวงรี ISOMETRIC

จากรูป จากจุด D ลาก DC และ DB จากมุม 30 องศา กับระนาบสร้างต่อให้เป็นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน DBAC แบ่งครึ่งสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนออกเป็นสี่ส่วนด้วยเส้นศูนย์กลาง ลากเส้นจากจุด D ไปหาจัดตัดที่อยู่ตรงข้ามจุด D,2 เส้น ลากเส้นจากจุด A ไปหาจุดตัดที่อยู่ตรงข้ามจุด A 2 เส้น จะได้จุดตัด 1, 2 เพื่อเขียนส่วนโค้งเล็ก 5 ที่จุด A และ D เขียนส่วนโค้งใหญ่ จะได้วงรีตามต้องการ



การเขียนวงรีโดยวิธีการถ่ายจุดศูนย์กลาง

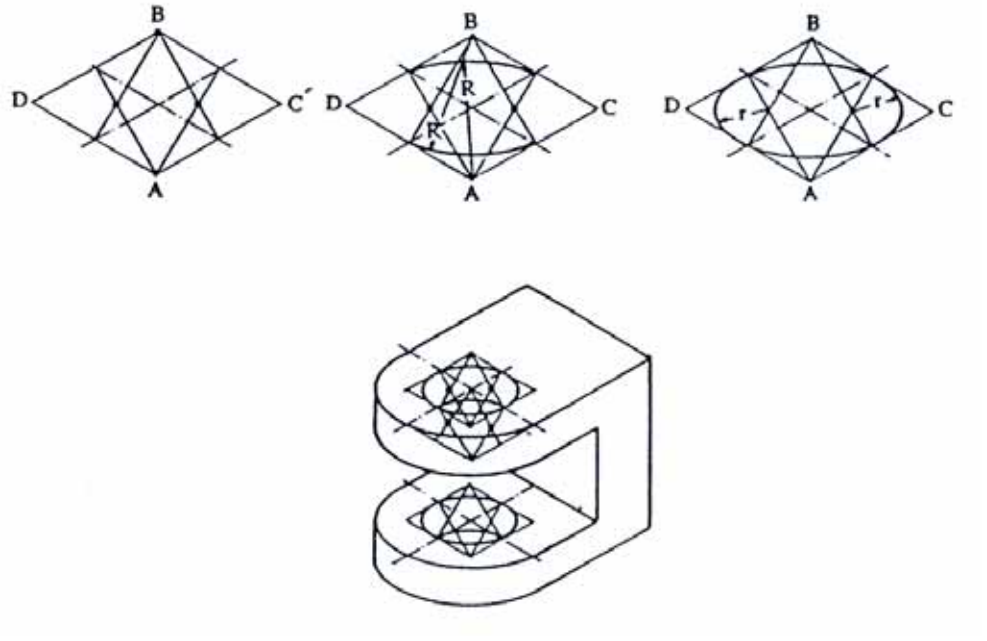
จากจุด A,E,F เป็นจุดศูนย์กลางของวงรีแรก CB ไม่ใช้เพราะถูกบังอยู่ด้านหลัง โดยลากเส้นตรงจากจุด A,E,F ลงมาตามแนวดิ่งเท่ากับความสูงของชิ้นงาน จะได้จุด A1,E1,F1 ใช้ A1 เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R1 เขียนส่วนโค้งใหญ่และใช้จุด E1,F1 เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี R2 เขียนส่วนโค้งเล็กลงเส้นหนักทับส่วนโค้งเดิม



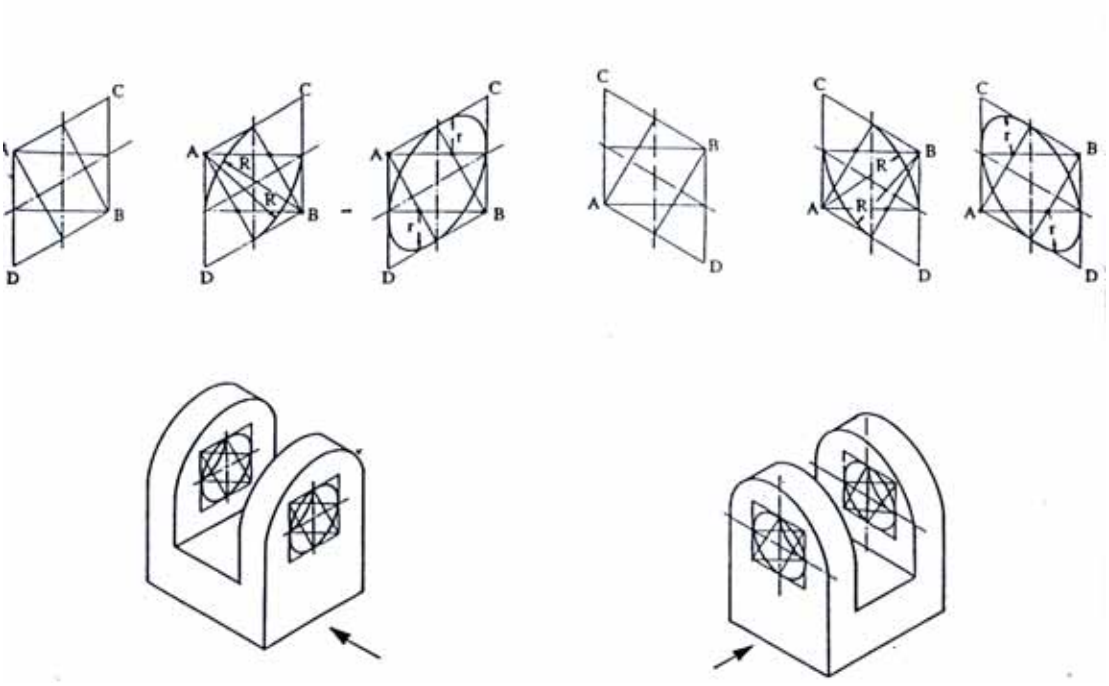
การเขียนภาพ ISOMETRIC รูปทรงกระบอก

กำหนดจุดศูนย์กลาง ABC และเขียนเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 3 จุด โดยระยะห่างตามแบบสร้างกรอบสี่เหลี่ยมตามขนาดของวงกลมและร่างเส้นตามแนวดิ่งสร้างวงรีจากด้านบนสุดลงมาทีละวง ถ้าวงกลมใดมีขนาดเท่ากันคืออาศัยวิธีการถ่ายจุดลงเส้นทับเส้นร่าง

การเขียนวงรีบนภาพ ISOMETRIC ตามลักษณะงาน



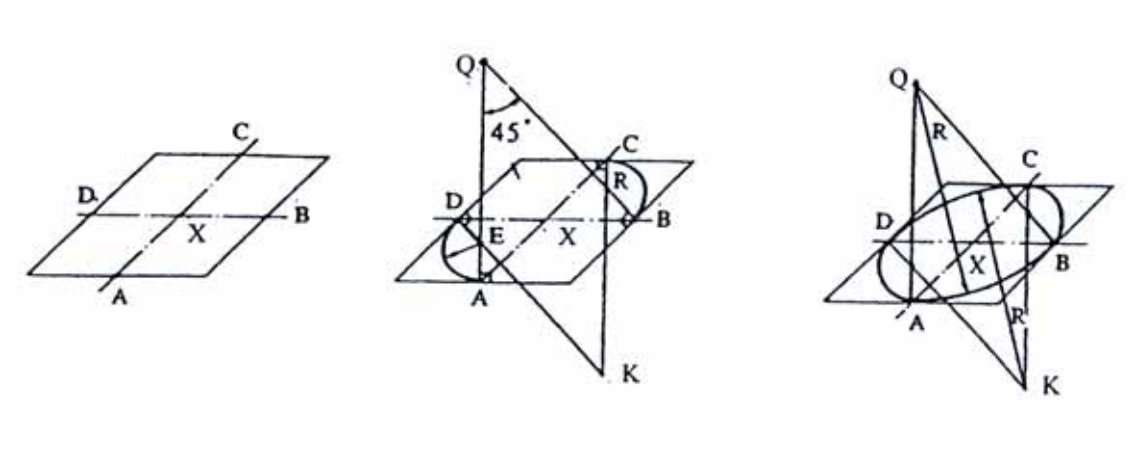
รูเจาะมองจากด้านบน



รูเจาะมองจากด้านหน้าทางขวา

รูเจาะมองจากด้านหน้าทางซ้าย

การสร้างวงรีบนภาพ OBLIQUE

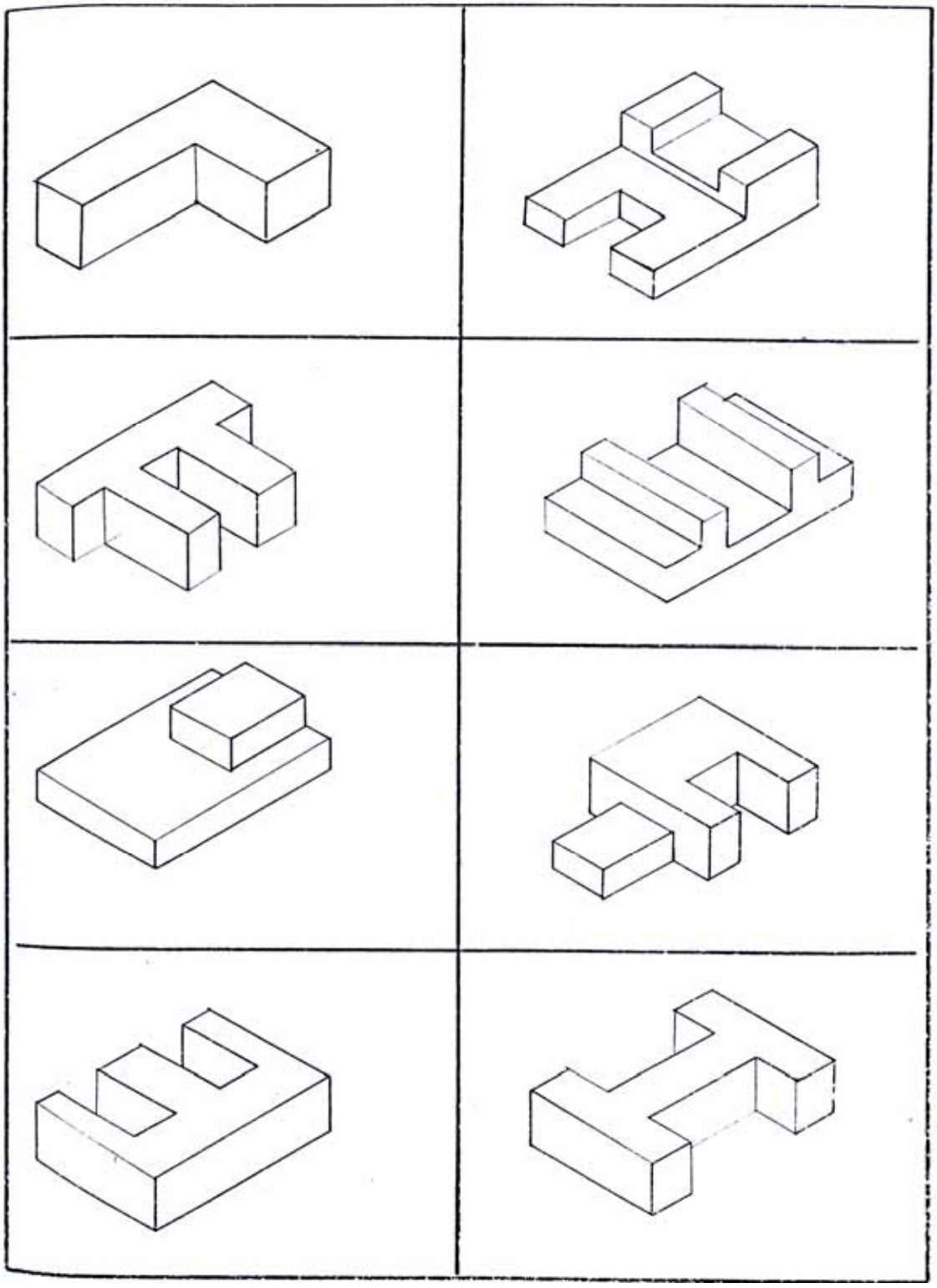


วิธีสร้าง

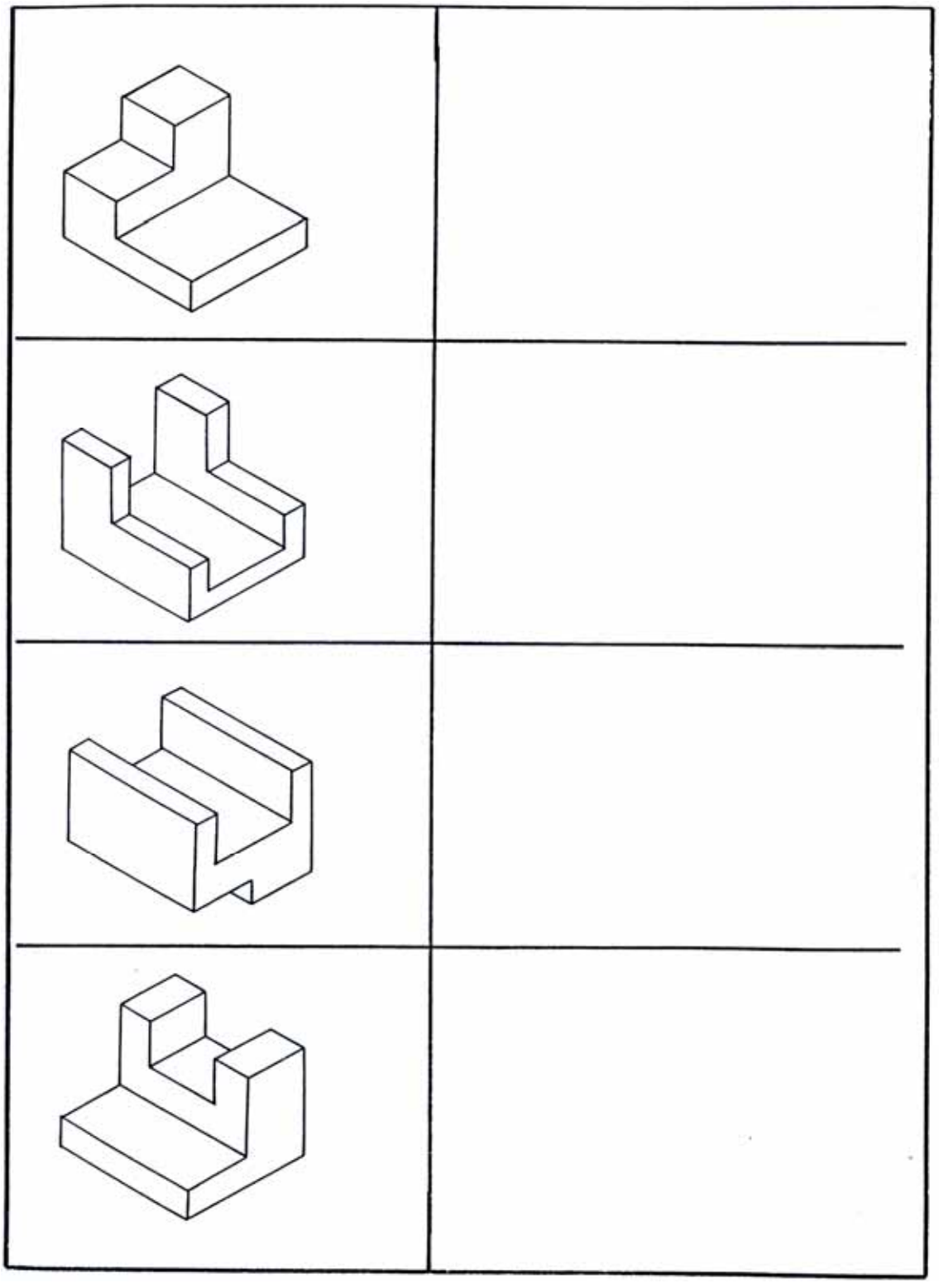
1. กำหนดจุดศูนย์กลาง x แล้วเขียนเส้นผ่าศูนย์กลางตามแนวนอนและแนวเอียง
2. จากจุดศูนย์กลาง x กำหนดขนาด XA, XB, XC,XD ลงบนเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับรัศมี ของวงกลม
3. ที่จุด A,B,C,D ลากเส้นขนาดจะได้กรอบสี่เหลี่ยม
4. ที่จุด A,B,C,D ลากเส้นตั้งฉากกับด้านทั้งสี่ของกรอบสี่เลหี่ยมจะได้จุด Q,K,E,R
5. ใช้จุด E และ R เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี
6. ใช้จุด E และ K เป็นจุดศูนย์กลางรัศมี EA และ HC เขียนโค้งใหญ่ต่อกับเส้นโค้งเล็ก
7. ลงเส้นหนักจะได้วงรีตามต้องการ

แบบฝึกหัดที่ 4

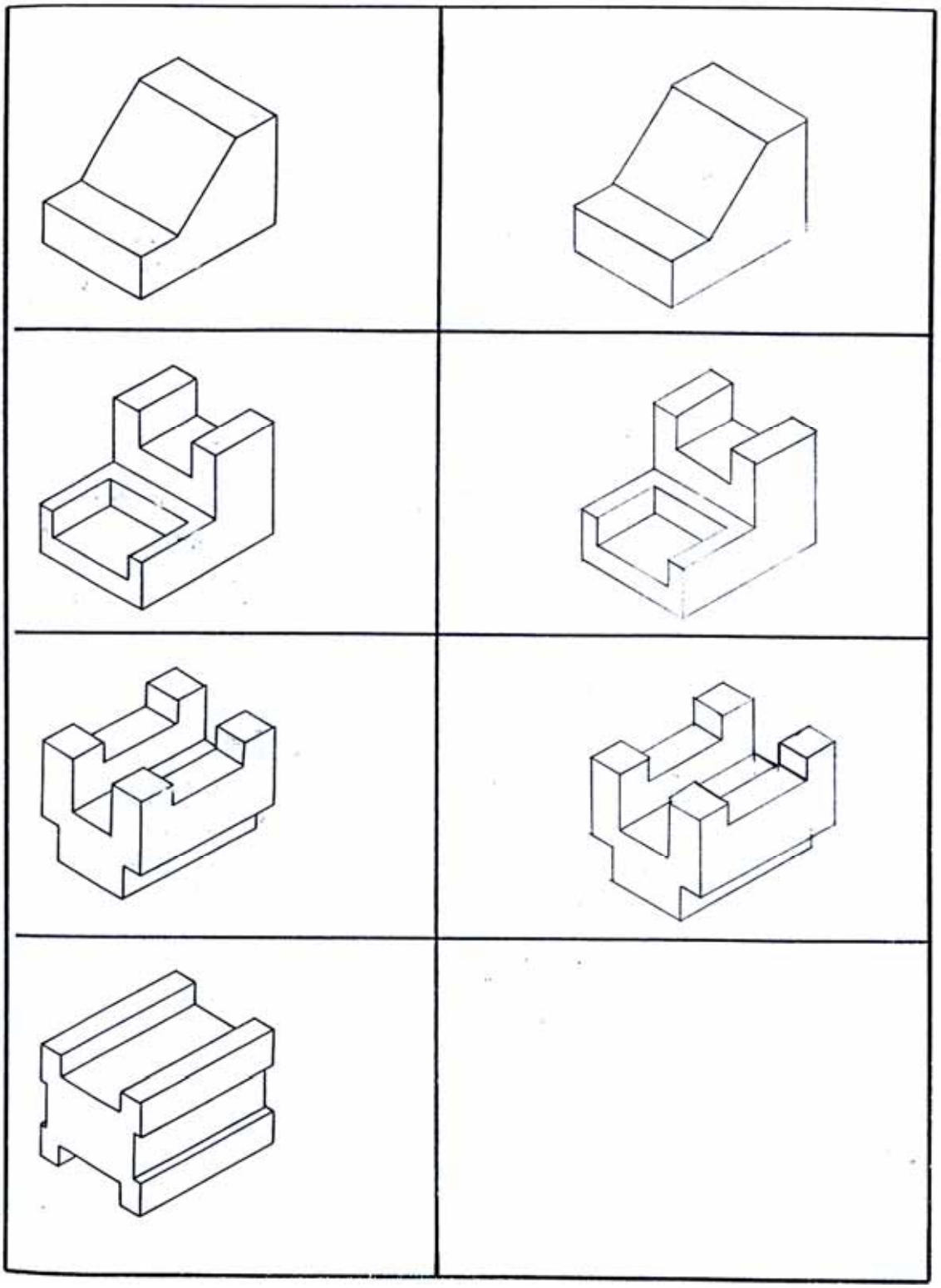
จงเติมเส้นของรูปของภาพ ISOMETRIC ที่ขาดหายไปให้สมบูรณ์



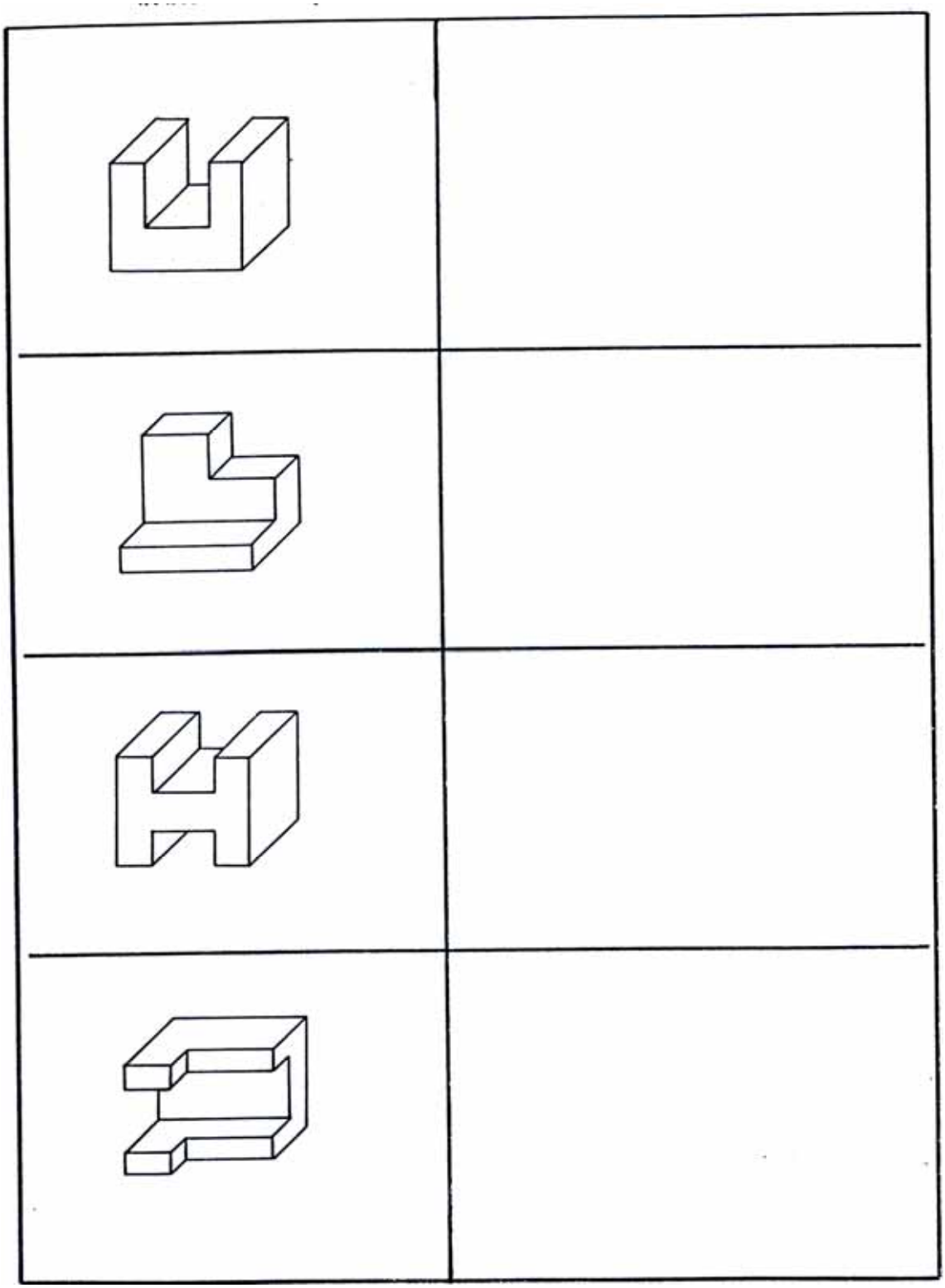
2. จงเขียนภาพ ISOMETRIC ทางด้านช่องขวามือจากภาพที่กำหนดให้ (SCALE 1:1)



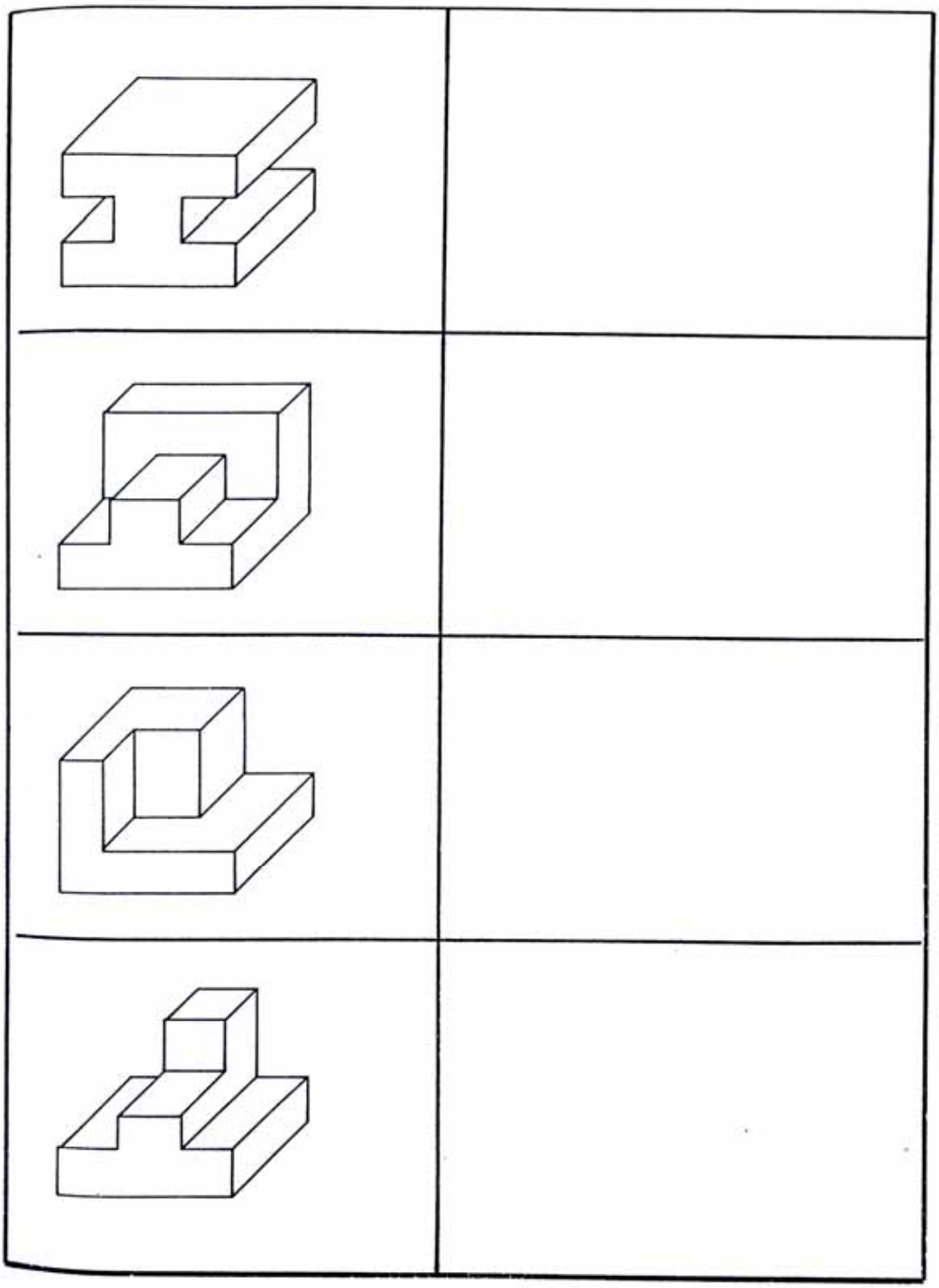
3. จงเขียนภาพ ISOMETRIC ลงในช่องขวามือจากภาพที่กำหนดให้ (SCALE 1:1)



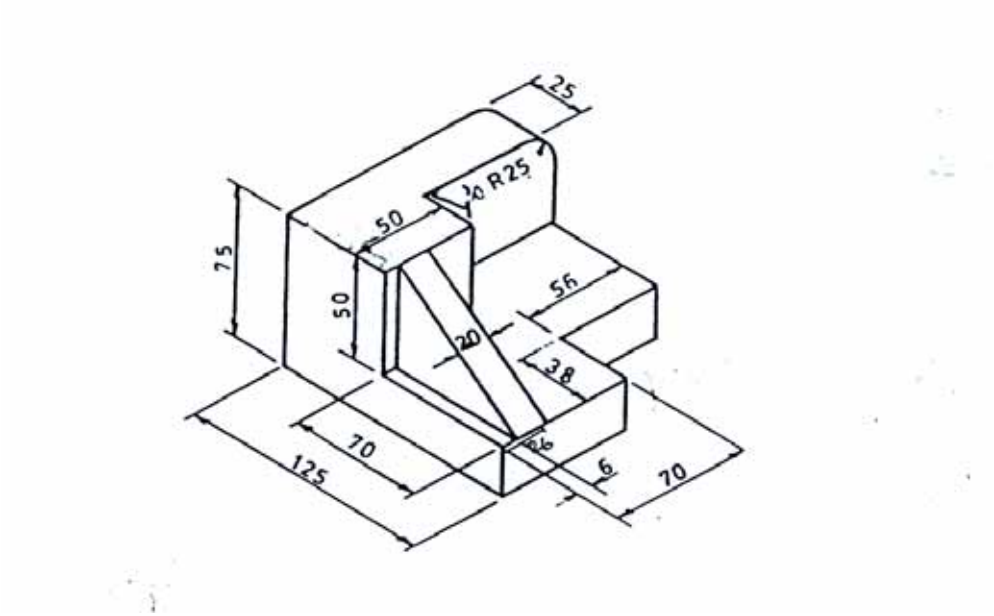
4. จงเขียนภาพ BOLIQUE ลงใน ช่องขวามือจากภาพที่กำหนดให้ (SCALE 1:1)



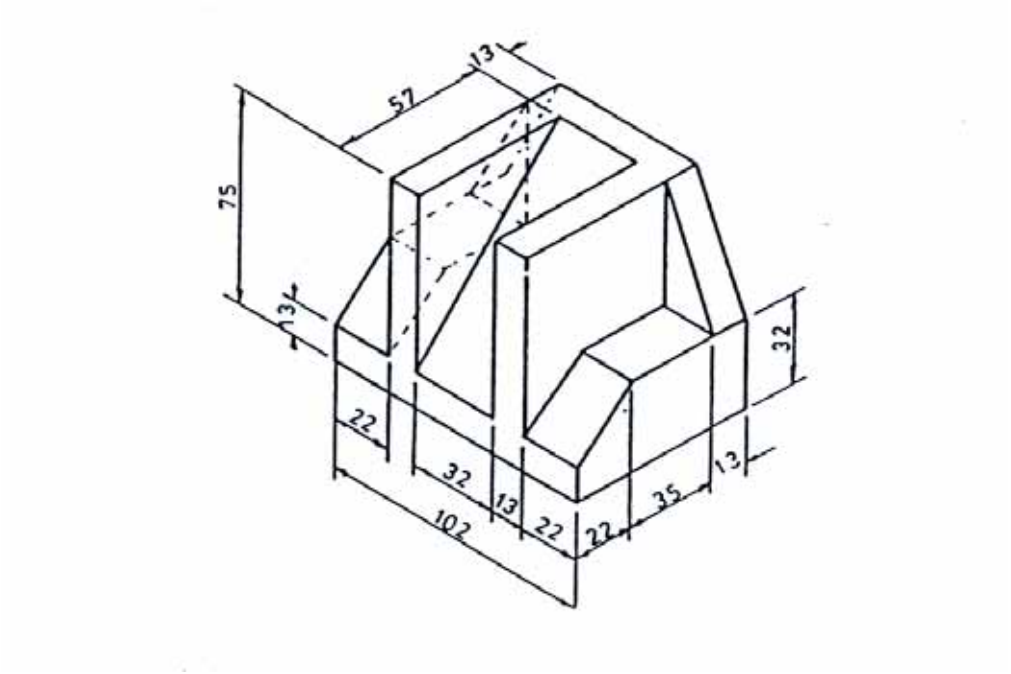
5. จงเขียนภาพ OBLIQUE ลงในช่องขวามือจากภาพที่กำหนดให้ (SCALE 1:1)



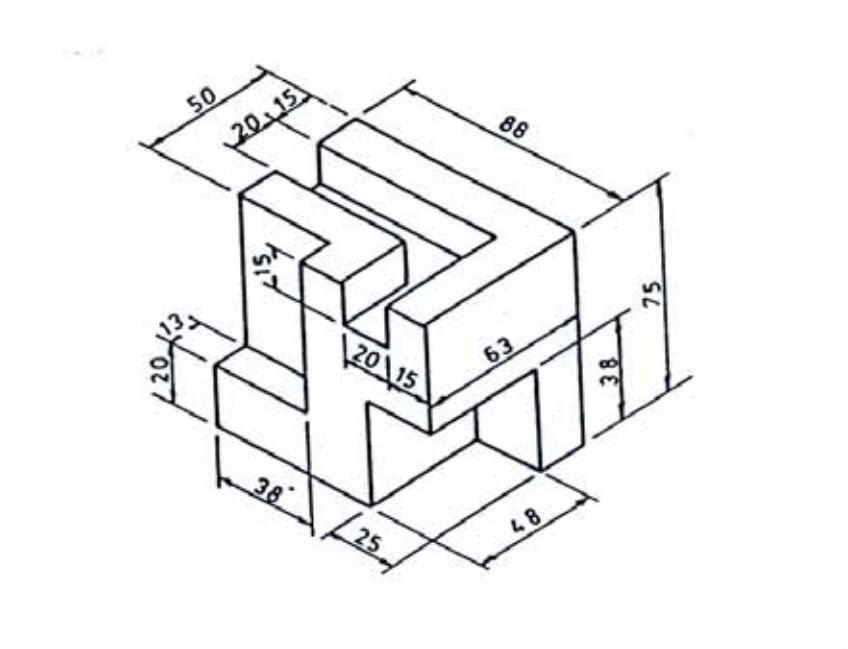
6.จงเขียนภาพ ISOMETRIC มาตรตราส่วน 1 : 1 ลงในกระดาษ A 3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



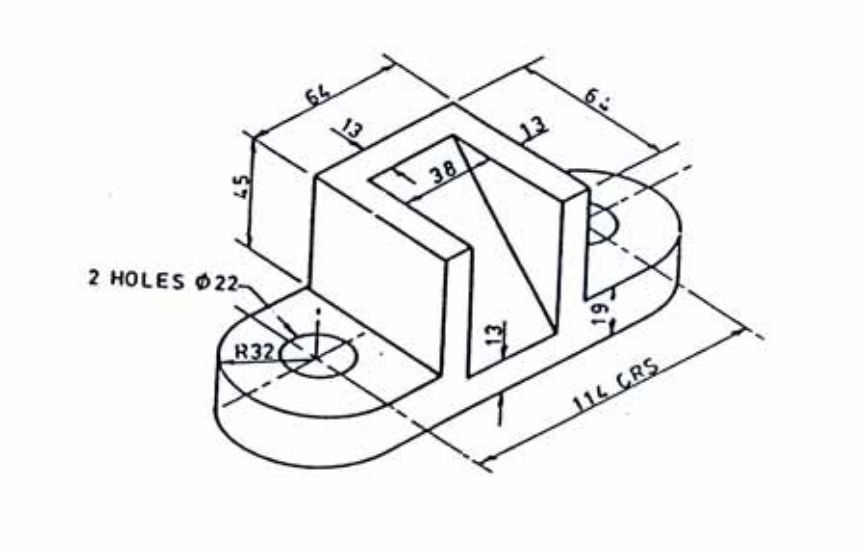
7.จงเขียนภาพ ISOMETRIC มาตราส่วน 1:1 ลงในกระดาษ A3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



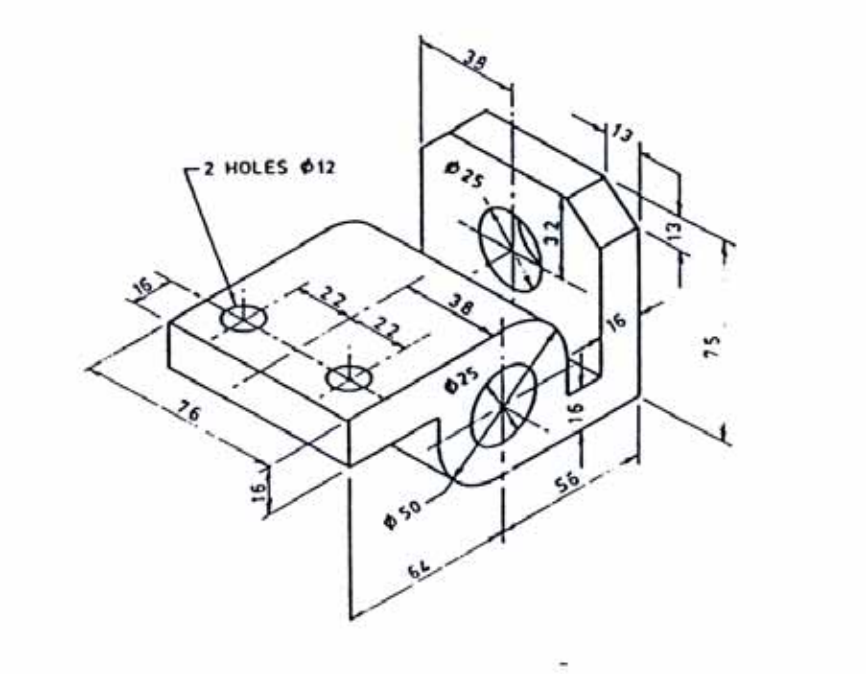
8.จงเขียนภาพ ISOMETRIC มาตราส่วน 1:1 ลงในกระดาษ A3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



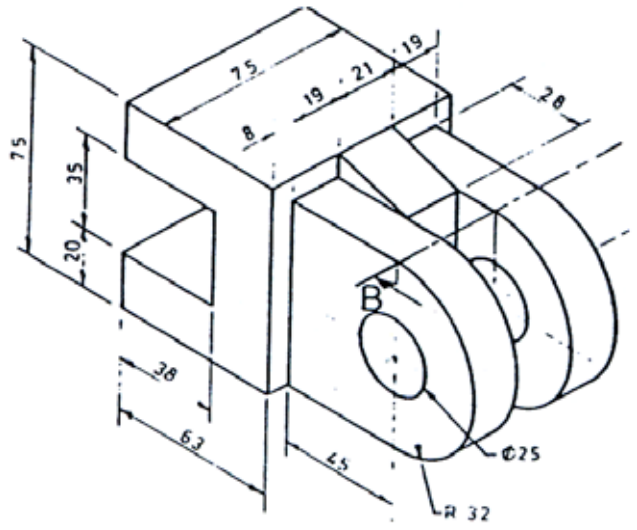
9.จงเขียนภาพ ISOMETRIC มาตราส่วน 1:1 ลงในกระดาษ A3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



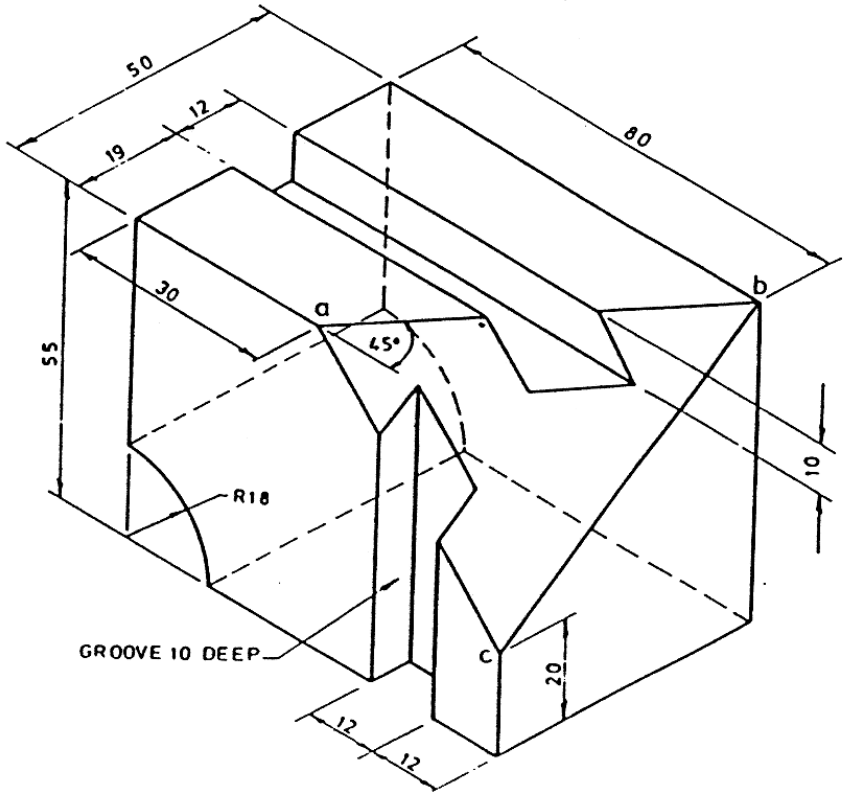
9. จงเขียนภาพ ISOMETRIC มาตราส่วน 1:1 ลงในกระดาษ A3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



11. จงเขียนภาพ ISOMETRIC มาตราส่วน 1:1 ลงในกระดาษ A3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



12. จงเขียนภาพ OBLIQUE มาตราส่วนลงในกระดาษ A3 พร้อมทั้งกำหนดขนาดด้วย



บทที่ 9

การเขียนภาพฉาย (Projections)

9.1 การแบ่งประเภทของการฉายภาพ

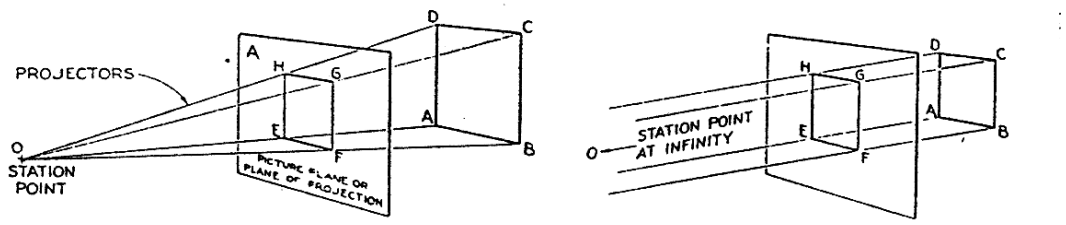
งานเขียนแบบที่เขียนขึ้นมานั้น มีจุดประสงค์เพื่อนำไปสร้างให้เป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะต้องมีรายละเอียดต่าง ๆ อย่างครบถ้วน โดยเขียนจากหลักการของการฉายภาพ (Projections) ซึ่งเป็นการเขียนภาพแสดงรูปร่างของวัตถุ เพื่อให้เห็นขนาดและลักษณะโครงสร้างให้ตรงตามความเป็นจริง องค์ประกอบที่สำคัญของการฉายภาพได้แก่

ก. จุดสังเกตุ Observer eye หรือ Station point

ข. วัตถุ Object

ค. ฉากรับภาพ Plane or Plan of projection

ง. เส้นฉายหรือแนวสายตา Projector or visual rays or line of sight

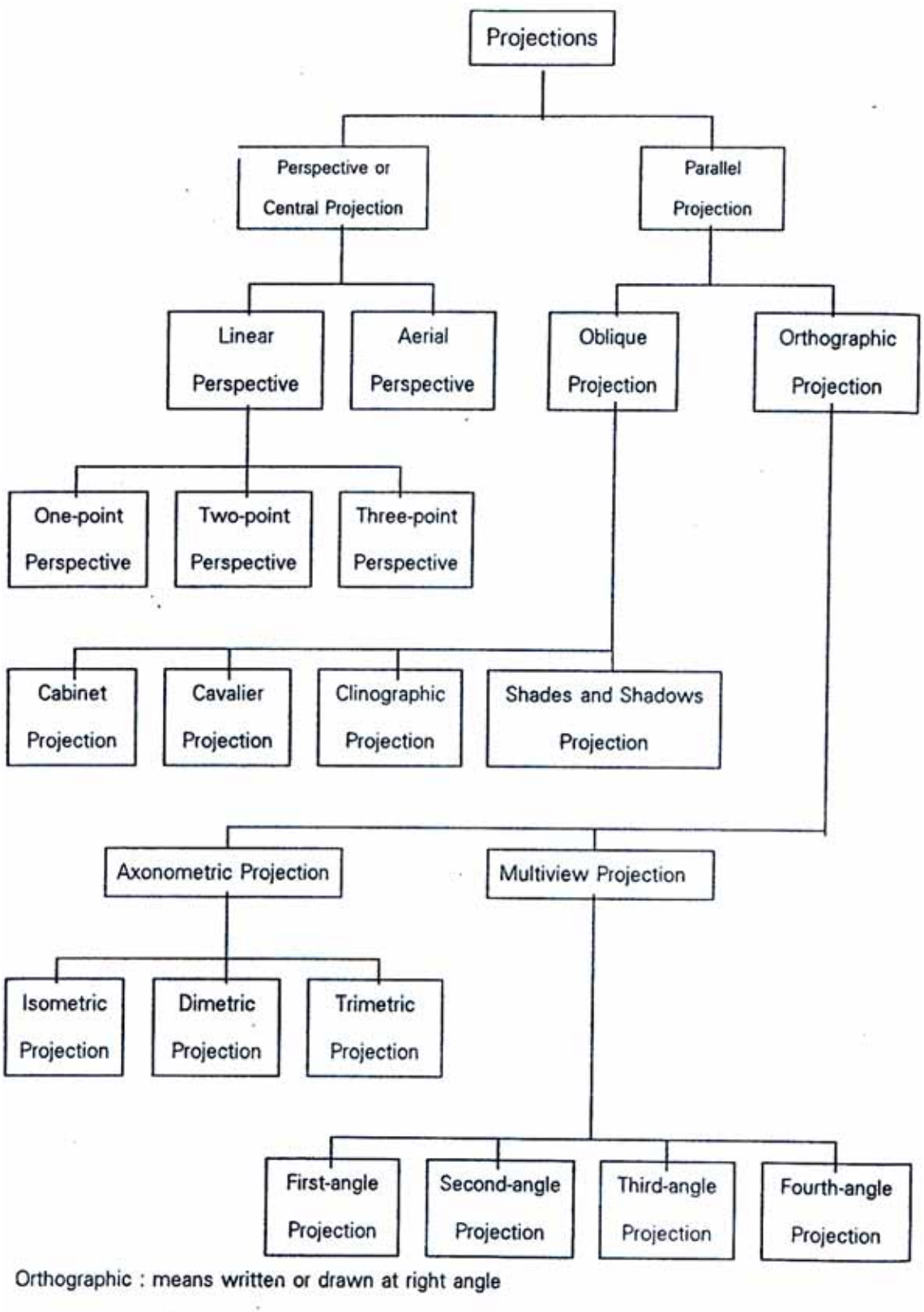


รูป 9.1 ส่วนประกอบและการแบ่งประเภทของการฉายภาพ

การฉายภาพสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของเส้นฉายได้ ๒ แบบ คือ ดูรูป 9.1 และแผนผังในรูป 9.2 ประกอบ

1. การฉายภาพแบบ Perspective เป็นการฉายภาพที่จุดสังเกตุอยู่ใกล้วัตถุ เส้นฉายหรือเส้น Projector แต่ละเส้นจะไม่ขนานกัน โดยจะรวมกันที่จุดสังเกตแล้วกระจายออกเป็นรูป cone หรือทรงกรวย ดังรูป 9.1 (a)
2. การฉายภาพแบบ Parallel projection เป็นการฉายภาพที่จุดสังเกตอยู่ห่างไกลจากวัตถุมาก ๆ อยู่ที่ Infinty หรือสุดสายตา เส้นฉายจะขนานกันทุกเส้น แต่ละเส้นตั้งฉากรับภาพดังรูป 9.1 (a)

การฉายภาพแต่ละแบบยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก ดังแผนรูป 9.2



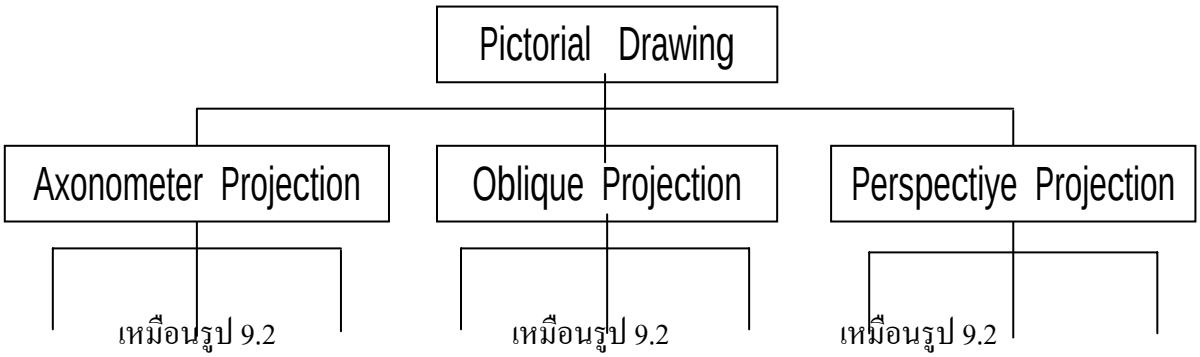
รูปที่ 9.2 ชนิดของการฉายภาพ

ข้อสังเกตุของการฉายภาพแบบต่าง ๆ แสดงในตารางรูป 9.3

ชนิดของการฉายภาพ	ระยะทางจากจุดสังเกตุถึงฉากรับภาพ	ทิศทางของเส้นฉายหรือแนวสายตา
Perspective	ใกล้กับวัตถุ (Finite)	กระจายเป็นรูปกรวยออกจากจุดสังเกต
Parallel	ไกลสุดสายตา (Infinite)	ทุกเส้นขนานกัน
Oblique	ไกลสุดสายตา (Infinite)	ทุกเส้นขนานกันแต่ทำมุมเอียงกับฉากรับภาพ
Orthographic	ไกลสุดสายตา (Infinite)	ตั้งฉากกับฉากรับภาพ
Axonometric	ไกลสุดสายตา (Infinite)	ตั้งฉากกับฉากรับภาพ
Multiview	ไกลสุดสายตา (Infinite)	ตั้งฉากกับฉากรับภาพ

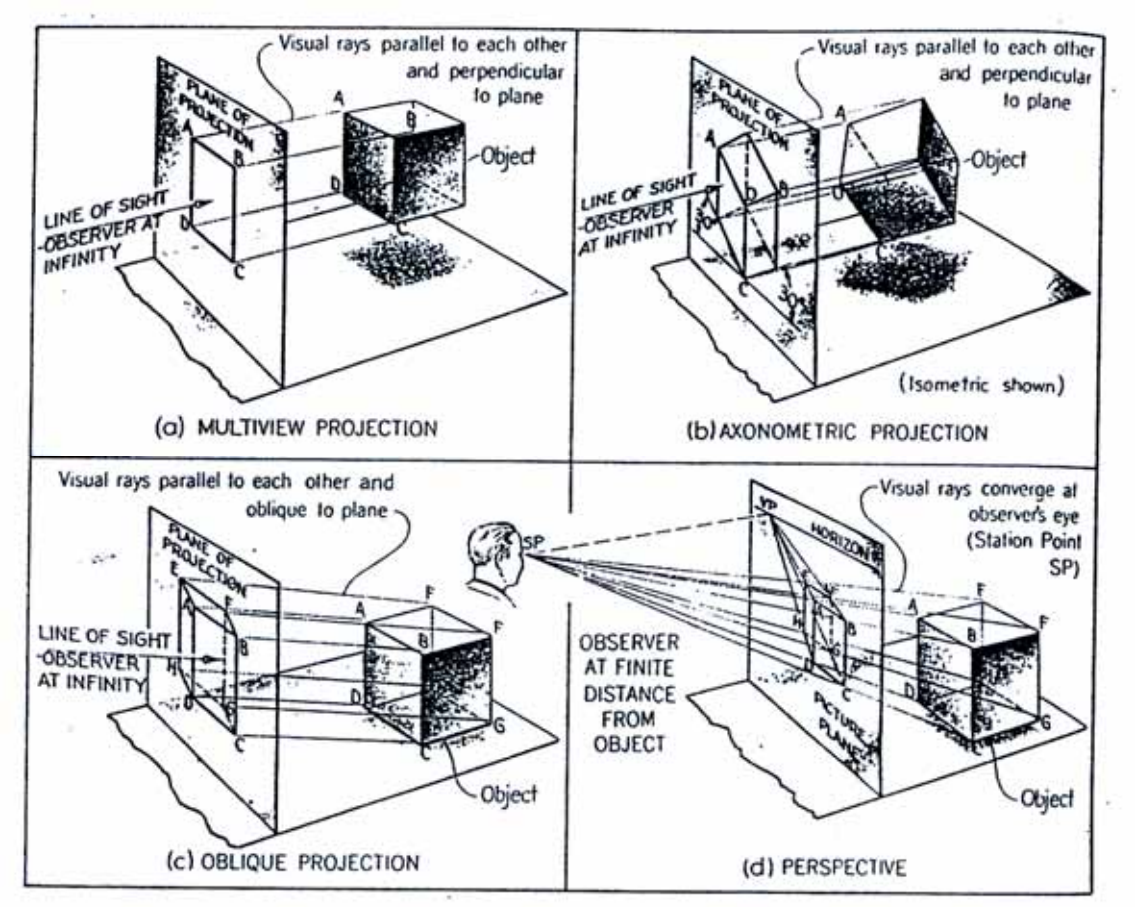
รูป 9.3 ข้อสังเกตของการฉายภาพแบต่าง ๆ

ภาพฉายที่มองเห็นวัตถุได้หลายด้านเป็นลักษณะภาพสามมิติ คือแสดงให้เห็นความกว้าง ความยาว และความสูงไว้ในภาพเดียวกัน เราเรียกว่าภาพ Pictorial drawing หรือภาพสามมิติแบ่งออกเป็นแบบ Axonometric, Oblique และ Perspective ดังแสดงในแผนผังรูป 9.4



รูป 9.4 ชนิดของภาพสามมิติ

หลักการฉายภาพที่นิยมกันโดยทั่วไปแบ่งเป็น 4 แบบใหญ่ได้แก่ แบบ Multiview projection, แบบ Axonometrice projection แบบ Oblique projection และแบบ Perspective projection ดังรูป 9.5



รูปที่ 9.5 หลักการขยายภาพ 4 แบบ

จากรูป 9.5 (a) เป็นการฉายภาพแบบภาพฉายหลายหน้าหรือหลายด้าน (Multiview Projection) ซึ่งจะแสดงให้เห็นด้านกว้างและด้านยาวในลักษณะสองมิติ ส่วนรูป 9.5 (b) และ(c) นั้นจะเป็นการฉายภาพแบบสามมิติ (Pictorial drawing) ซึ่งแสดงให้เห็นทั้งด้านกว้าง ด้านยาว และส่วนสูงในภาพ ๆ เดียว

ภาพฉายแบบ Multiview และ Axonometric จุดสังเกตจะอยู่ ณ ตำแหน่งไกลสุดสายตา (Infinity) เส้นสายตาทุกเส้นอยู่ในแนวระดับ ขนานกันและตั้งฉากกับฉากรับภาพเหมือนกัน จะต่างกันก็คือภาพฉายแบบ Multiview นั้นจะวางด้านใดด้านหนึ่งให้ขนานกับฉากรับภาพ ส่วน Axonometric จะหันสองด้านให้ทำมุมกับฉากรับภาพแล้วยกส่วนบนเอียงขึ้น ดังรูป 9.5 (b)

ภาพฉายแบบ Oblique ในรูป 9.5 (c) จุดสังเกตอยู่ ณ ตำแหน่งไกลสุดสายตา Infinity เส้นสายตาขนานกันทุกเส้นแต่ไม่ตั้งฉากกับฉากรับภาพ

ส่วนภาพฉาย Perspective ในรูป 9.5 (d) จุดสังเกตจะอยู่ใกล้กับวัตถุ เส้นสายตาจะพุ่งออกจากจุดรวมแสงเป็นรูปกรวย

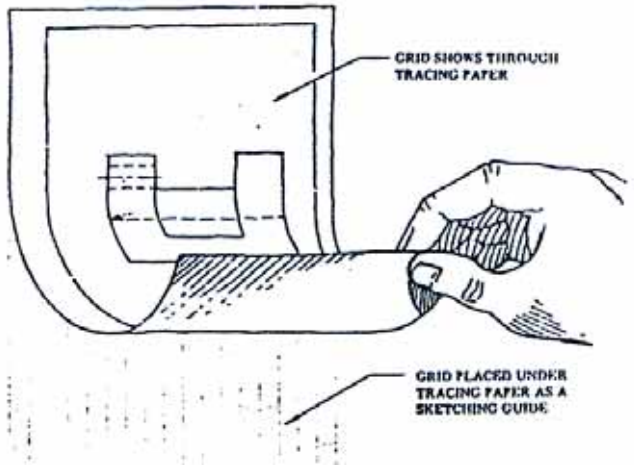
9.2 วิธีการเขียนภาพฉาย

วิธีการเขียนภาพฉายทำได้สองวิธีได้แก่ การเขียนภาพฉายโดยวิธีสเก็ตช์ภาพหรือการร่างภาพด้วยมือเปล่า (Free-hand Sketching) และวิธีการเขียนภาพฉายโดยการใช้เครื่องมือเขียนแบบ

9.2.1 การสเก็ตช์ภาพหรือการร่างภาพ (Sketching)

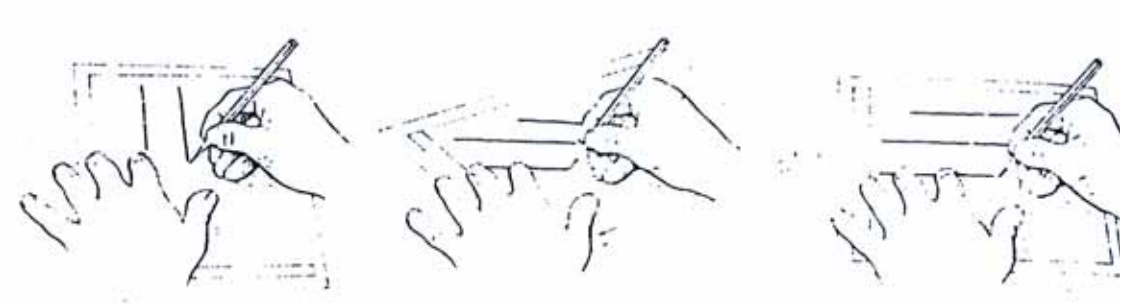
การสื่อความหมายทางวิศวกรรมเพื่อถ่ายทอดจินตนาการหรือแนวความคิดจากผู้ออกแบบไปให้ผู้อื่นได้รับทราบและเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว โดยวิธีเขียนภาพหรือร่างภาพคร่าว ๆ ด้วยมือเปล่า (Free-hand Sketching) การร่างภาพสามารถใช้ได้กับการฉายภาพทุกชนิด แต่ส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้กับการฉายภาพ Orthographic แบบภายฉายหลายด้าน (Multiviews Projection) และ Orthographic แบบ Isometric

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการ่างภาพได้แก่ ดินสอ ยางลบ และกระดาษ ดินสอจะเป็นดินสอเกรดปานกลางได้แก่ H , F หรือ HB ส่วนกระดาษมีอยู่สองแบบได้แก่ กระดาษขาวธรรมดาและกระดาษตาราง กระดาษตารางนั้นมีความสะดวกกว่ากระดาษขาวธรรมดา เพราะสามารถกะขนาดสัดส่วนได้ดีและรวดเร็วกว่า ถ้าเป็นกระดาษขาวธรรมดาที่บางสามารถมองผ่านด้านหลังได้ นำมาใช้ประกอบกับกระดาษตารางก็สามารถจะเขียนขนาดและสัดส่วนได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเสร็จงานแล้วจะไม่มีเส้นตารางให้เห็นบนกระดาษร่างภาพดังรูป 9.6



รูป 9.6 การร่างภาพบนกระดาษขาวทาบบนกระดาษตาราง

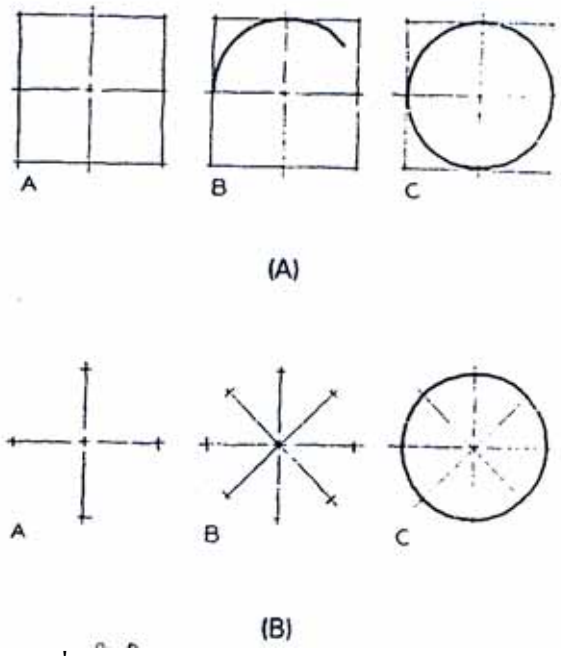
การร่างเส้นตรง เส้นตรงที่ใช้ในการร่างภาพได้แก่เส้นตามแนวนอน แนวดิ่งและเอียง หลักการลากเส้นตรงที่ดีจะต้องหาตำแหน่งจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเส้นที่จะเขียน จากนั้นใช้ดินสอลากเส้นจากจุดเริ่มต้นโดยให้สายตามองไปด้านหน้าของทิศทางที่จะลาก ถ้าเป็นการลากเส้นตามแนวดิ่ง จะต้องลากจากด้านบนล่างดังรูป 9.7 (A) เส้นตามแนวนอนจะต้องลากจากซ้ายไปขวาดังรูป 9.7 (C) และเส้นเอียงจะต้องหมุนกระดาษแล้วลากเส้นจากซ้ายไปขวา ดังรูป 9.7 (B)



vertical streight parallel streight horizental streight

รูป 9.7 เทคนิคการร่างเส้นตรง

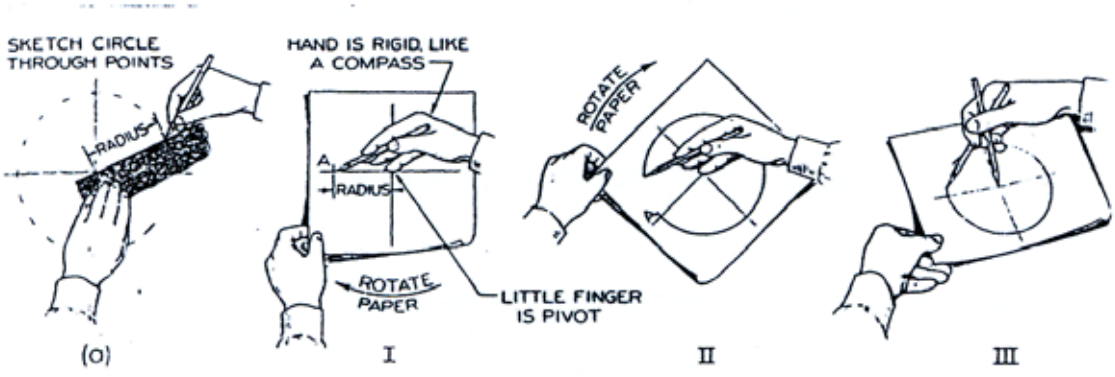
การร่างส่วนโค้งและวงกลม ทำได้หลายวิธีเช่น โดยการร่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเบา ๆ แล้วทำเครื่องหมายจุดกึ่งกลางของแต่ละด้าน แล้วร่างส่วนโค้งให้สัมผัสกับด้านทั้งสี่ ดังรูป 9.8 (A)



รูปที่ 9.8 แสดงวิธีการร่างส่วนโค้งวงกลม

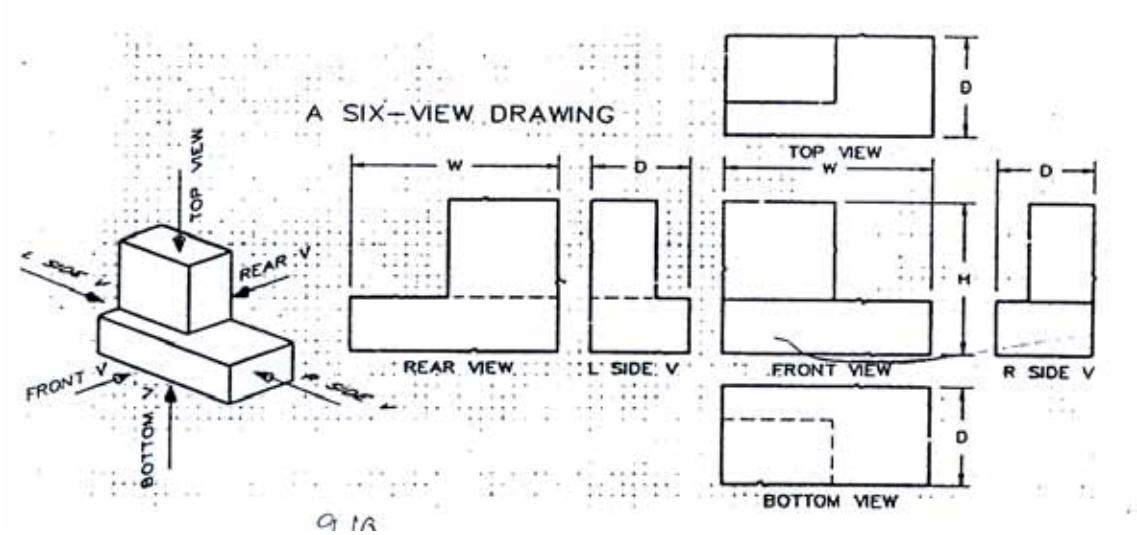
อีกวิธีหนึ่งโดยการร่างเส้นศูนย์กลางหลาย ๆ เส้นให้ทำมุมกันอย่างมาก 45 องศา แล้วทำเครื่องหมายโดยกำหนดระยะรัศมีให้ห่างจากจุดศูนย์กลางของเส้นศูนย์กลางแต่ละด้านเท่า ๆ กัน โดยประมาณ แล้วลากส่วนโค้งให้ต่อกัน โดยตัดผ่านเส้นศูนย์กลาง ณ ตำแหน่งที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ ดังรูป 9.8 (b)

แต่ถ้าจะให้ส่วนโค้งที่ร่างขึ้นมานั้นดีที่สุดทำได้โดยการใช้ขอบกระดาษทำเครื่องหมายความยาวของรัศมีส่วนโค้งให้ห่างจากจุดศูนย์กลางตามต้องการหลาย ๆ จุด เสร็จแล้วลากส่วนโค้งให้ต่อกันระหว่างจุดเหล่านี้ดังรูป 9.9 (a) แต่ถ้าจะให้ดียิ่งกว่านั้นกระทำได้ดังรูป 9.9 (II) และ (III) การทำแบบนี้จะต้องมีความชำนาญเป็นพิเศษ



รูปที่ 9. แสดงวิธีการร่างวงกลมที่ดี

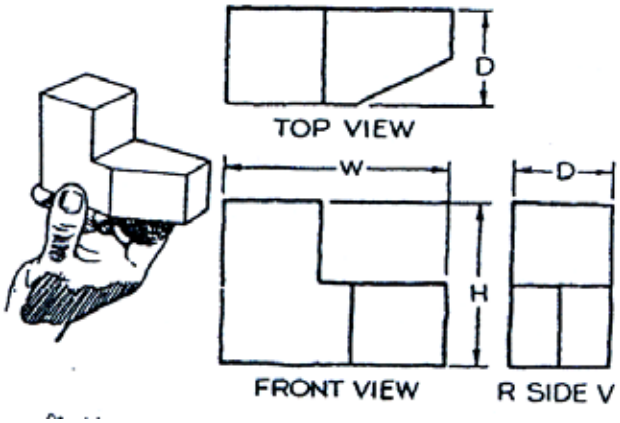
การร่างภาพฉายหลักสามด้าน (Three-view sketching) ภาพของวัตถุที่มีความกว้างยาวและสูงในลักษณะภาพสามมิติ สามารถมองเห็นเป็นภาพฉายหลายด้าน (Multiview projection) ซึ่งจะอยู่ในรูปสองมิติได้ทั้งหมดหกด้าน ดังรูป 9.10 ประกอบด้วยด้านบน ด้านหน้า



รูป 9.10 การร่างภาพฉายหลักหกด้านของวัตถุ

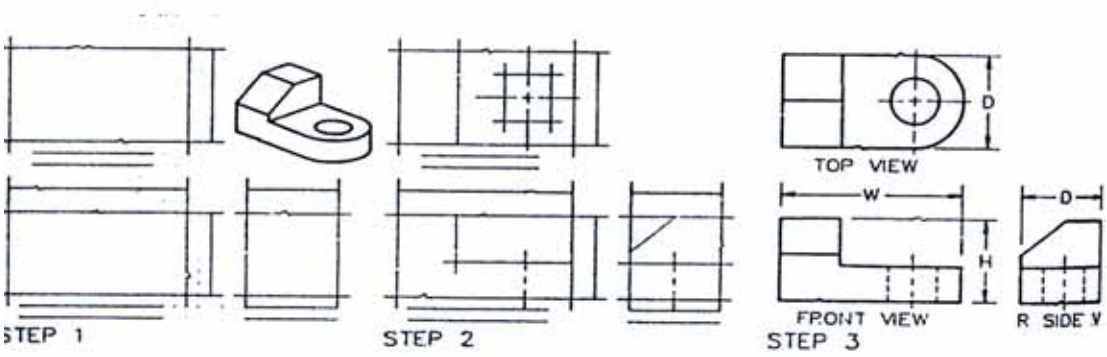
ด้านข้างขวา ด้านข้างซ้าย ด้านหลังและด้านล่าง แต่ภาพฉายหลายด้านของรูปทรงสามมิตินี้มัก

นิยมใช้ภาพหลัก ๆ เพียงสามด้านคือ ด้านบน ด้านหน้าและด้านข้างขวา ดังรูป 9.11 แบบมุมที่สาม ซึ่งเป็นที่นิยมกันในสหรัฐอเมริกาและแคนนาดา ส่วนรายละเอียดจะได้กล่าวในหัวข้อการเขียนภาพฉายโดยการใช้เครื่องมือเขียนแบบต่อไป



รูป 9.11 แสดงการร่างภาพฉายหลักสามด้าน

ส่วนรูป 9.12 แสดงขั้นตอนการร่างภาพฉายหลายด้านดังนี้



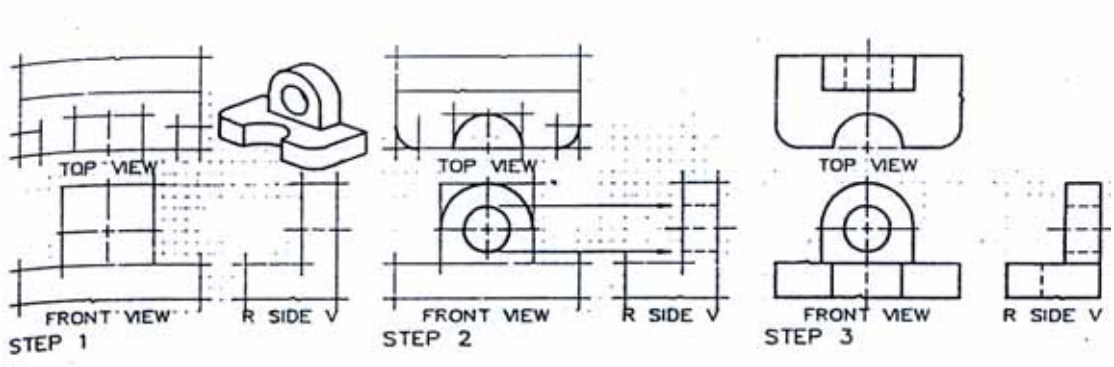
รูป 9.12 แสดงขั้นตอนการร่างภาพฉายหลายด้านที่มีส่วนโค้งวงกลมบางส่วน

ขั้นที่ 1 เขียนกรอบแสดงความกว้าง ยาว ของแต่ละภาพโดยใช้ความกว้าง ยาวสูงสุดของชิ้นงานเป็นหลัก

ขั้นที่ 2 เก็บส่วนรายละเอียดที่เป็นส่วนโค้ง-เว้าต่าง ๆ แล้วฉายไปยังภาพต่าง ๆ ประกอบกัน

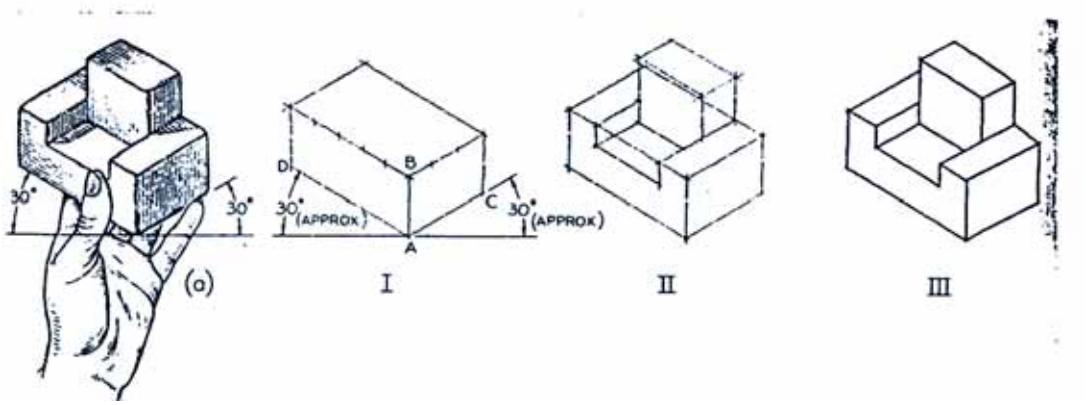
ขั้นที่ 3 ตรวจสอบความถูกต้องของภาพร่าง แล้วลงเส้นหนักในส่วนที่เป็นขอบชิ้นงานพร้อมทั้งกำหนดขนาด

รูป 9.13 แสดงขั้นตอนการร่างภาพฉายหลายด้านของวัตถุที่มีส่วนประกอบเป็นรูปโค้งและวงกลมหลายส่วน



รูป 9.13 แสดงขั้นตอนการร่างภาพฉายหลายด้านที่มี
ส่วนประกอบเป็นโค้งและวงกลมหลายส่วน

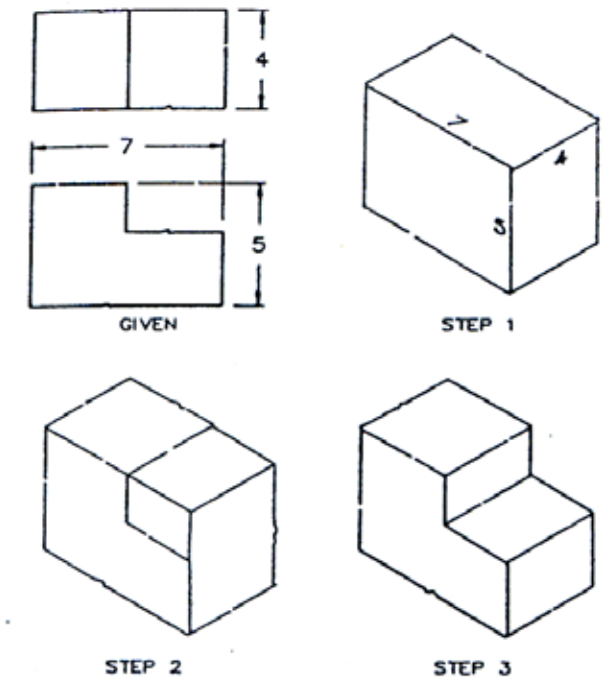
การร่างภาพฉาย Isometric ก่อนการเขียนแบบจริงโดยการใช้เครื่องมือเขียนแบบ การร่างภาพก่อนการเขียนแบบจริงที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่งคือ การร่างภาพฉาย Isometric ดังรูป 9.14 ถ้าถือวัตถุให้อยู่ในตำแหน่งดังรูป 9.14 (a) โดยให้เหลี่ยมมุมด้านหน้าของวัตถุมองเห็นอยู่ในแนวดิ่ง ส่วนเหลี่ยมมุมด้านฐานของวัตถุทั้งซ้ายและขวาให้มองเห็นเป็นมุม 30 องศา กับแนวนอน



รูป 9.14 หลักการร่างภาพฉาย Isometric

ถ้ากำหนดภายฉายหลายด้านมาให้ซึ่งจำเป็นต้องร่างให้เป็นภาพฉายสามมิติแบบ Isometric จะต้องมีขั้นตอนการร่างภาพดังรูป 9.15 คือ

ขั้นที่ 1 นำกระดาษตารางที่ใช้กับการร่างภาพ Isometric มาแล้วร่างรูปกล่องให้มีความกว้าง ยาว และสูงเท่ากับขนาดสูงสุดของชิ้นงาน

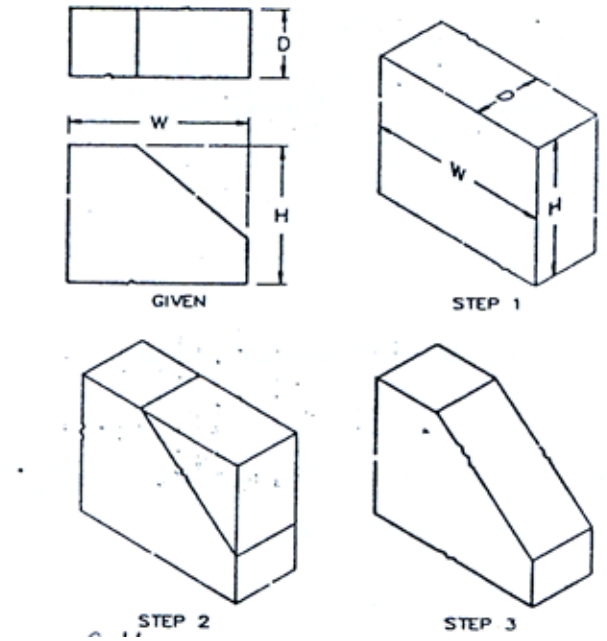


รูป 9.15 ขั้นตอนการร่างภาพฉาย Isometric

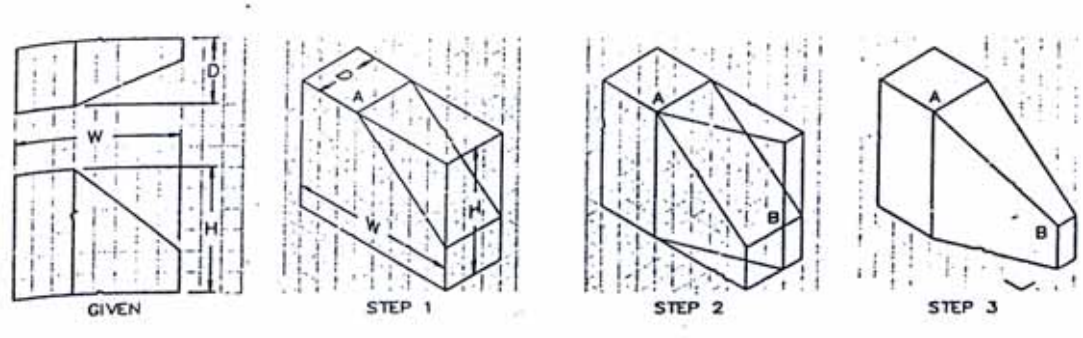
ขั้นที่ 2 เก็บรายละเอียดส่วนโค้ง – เว้าของรูปทรงตามขนาดที่กำหนด โดยให้เป็นไปตามสัดส่วนที่กำหนด

ขั้นที่ 3 เน้นเส้นที่แสดงรายละเอียดของส่วนที่สำคัญ

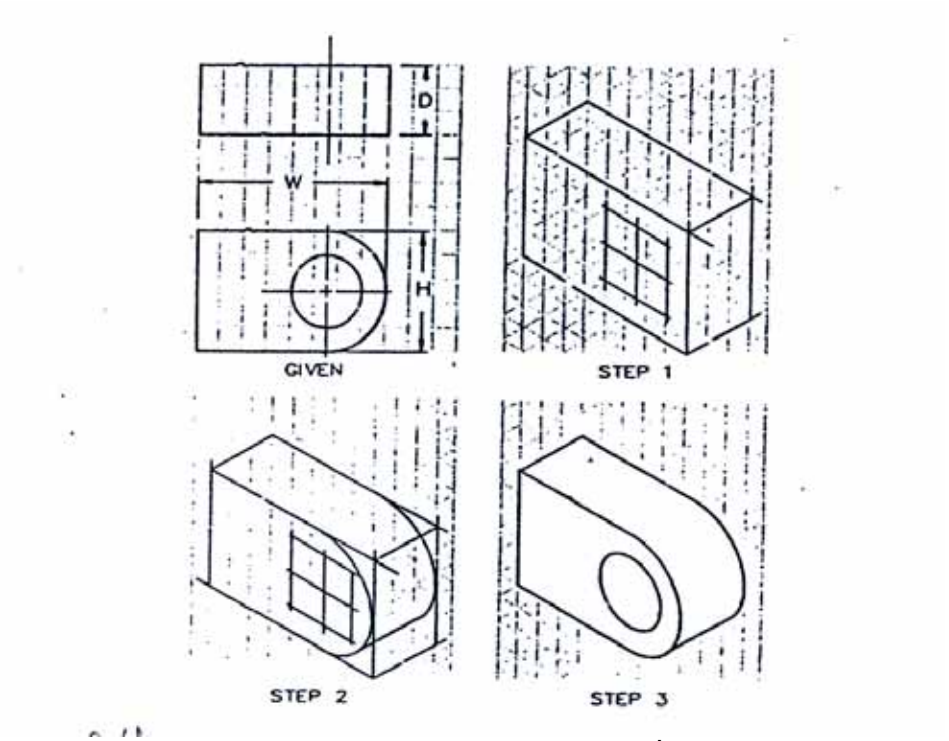
การร่างภาพมุม วงกลม วงรีและทรงกระบอกบนภาพฉาย Isometric สามารถทำได้ดังแสดงในรูป 9.16, 9.17, 9.18,9.19 และ 9.20 ตามลำดับ



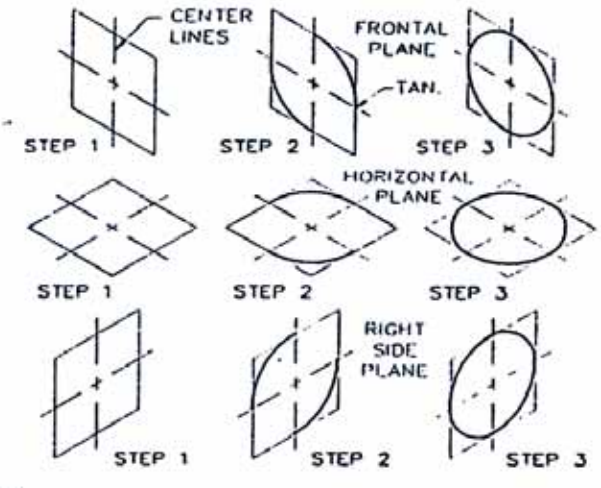
รูป 9.16 การร่างภาพของมุมบนภาพฉาย Isometric



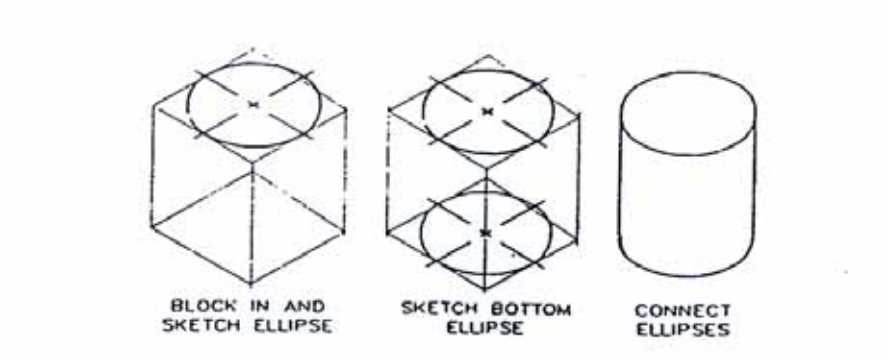
รูป 9.17 การร่างภาพของมุมหลาย ๆ มุมบนภาพฉาย Isometric



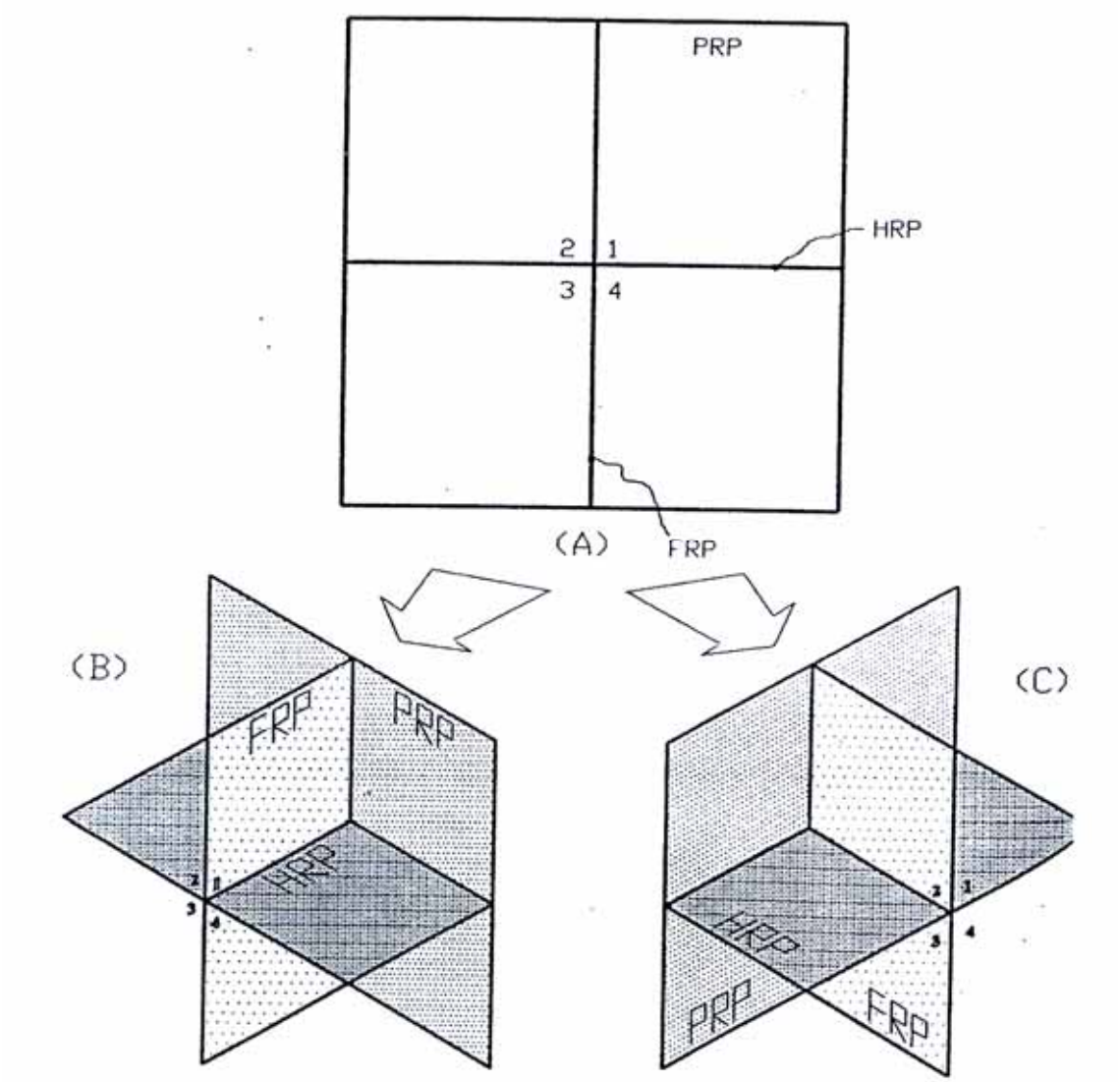
รูป 9.18 การร่างรูปวงกลมบนภาพฉาย Isometric ซึ่งจะเห็นเป็นรูปวงรี



รูป 9.19 การร่างภาพวงรีบนผิวทั้งสามด้านของภาพ Isometric



รูป 9.20 การร่างภาพของรูปทรงกระบอกบนภาพ Isometric



รูป 9.21 ระนาบอ้างอิง HRP , FRP และ PRP ประกอบกันเป็นมุมที่ 1 ,2,3 และ 4

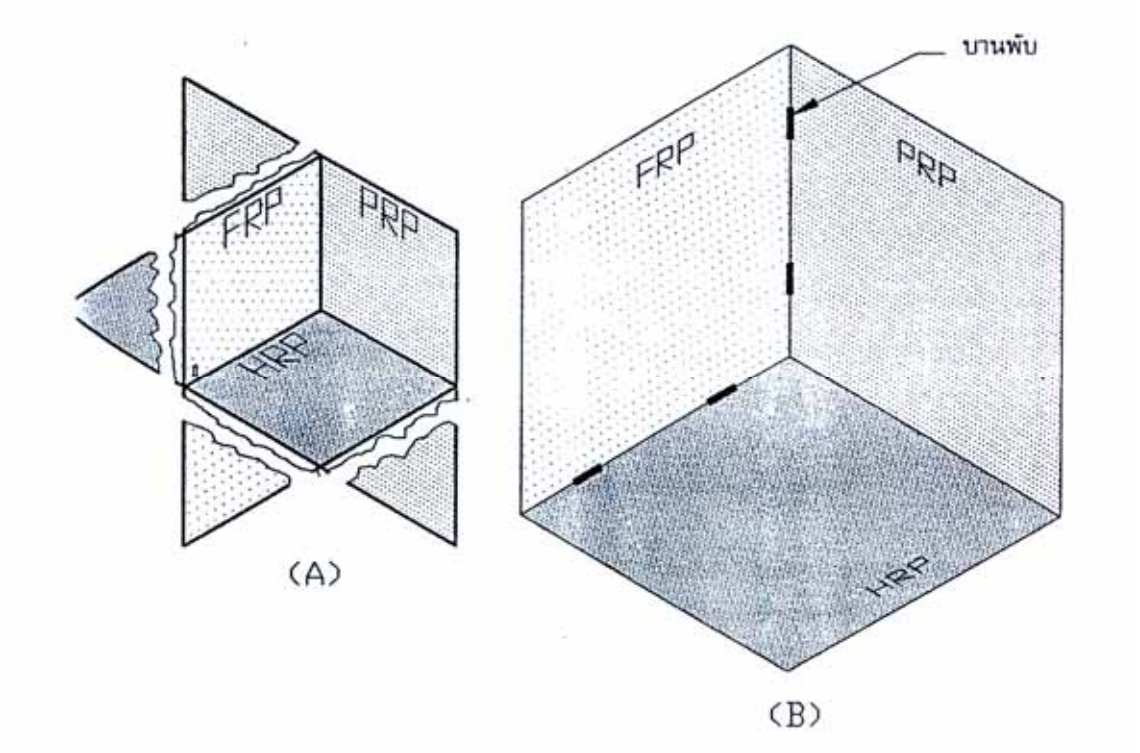
9.2.2 การเขียนภาพฉายโดยการใช้เครื่องมือเขียนแบบ

แบบภาพฉายที่จะต้องกำหนดขนาดและรายละเอียดต่าง ๆ โดยมีมาตราส่วนที่แน่นอน จำเป็นต้องเขียนด้วยเครื่องมือเขียนแบบดังนี้

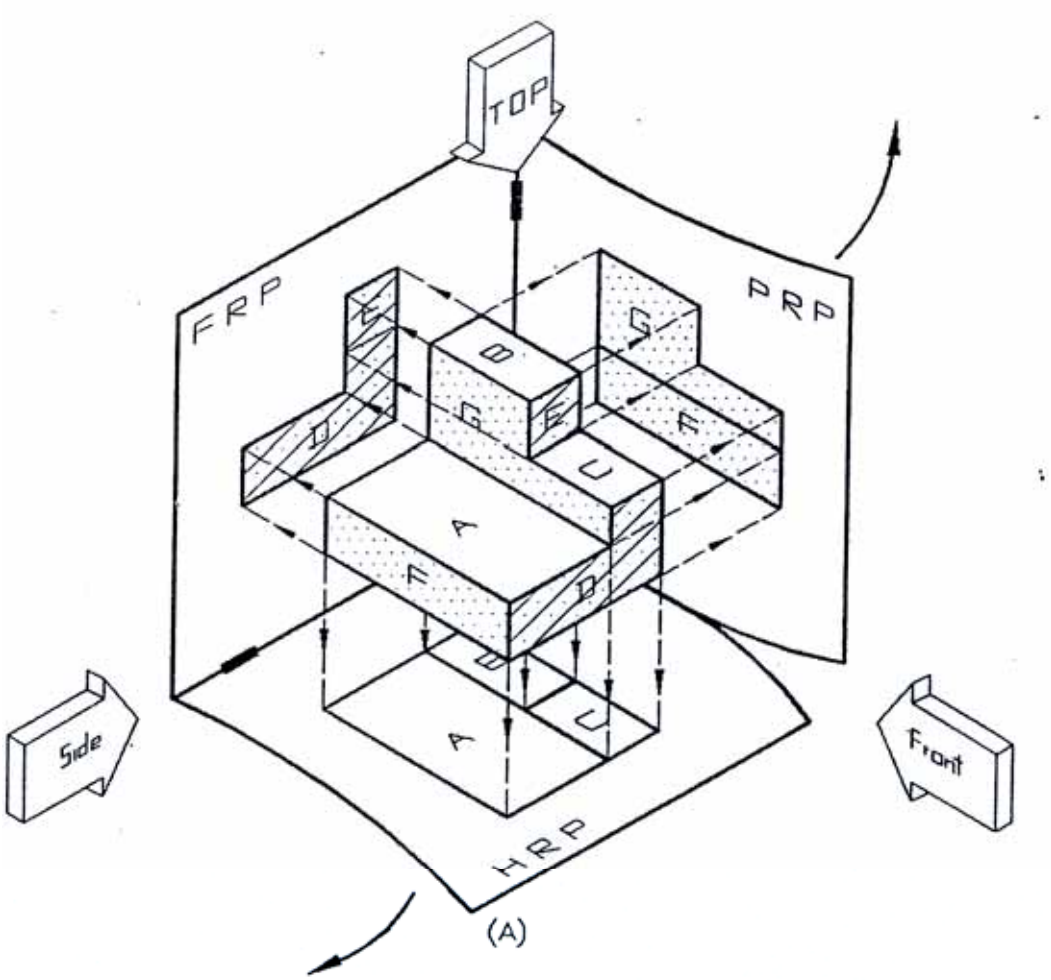
1. การเขียนภาพฉายหลายด้าน (Multiview projection) ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า การฉายภาพแบบ Multiview นั้นสามารถแบ่งได้ 4 ลักษณะคือ การฉายภาพแบบมุมที่ 1,2,3 และ 4 ที่นิยมกันได้แก่ การฉายภาพแบบมุมที่ 1 (First-angle projection) ซึ่งนิยมกันในแถบประเทศยุโรป และการฉายภาพแบบมุมที่ 3 (Third-angle projection) นิยมใช้กันในสหรัฐอเมริกาและแคนนาดา

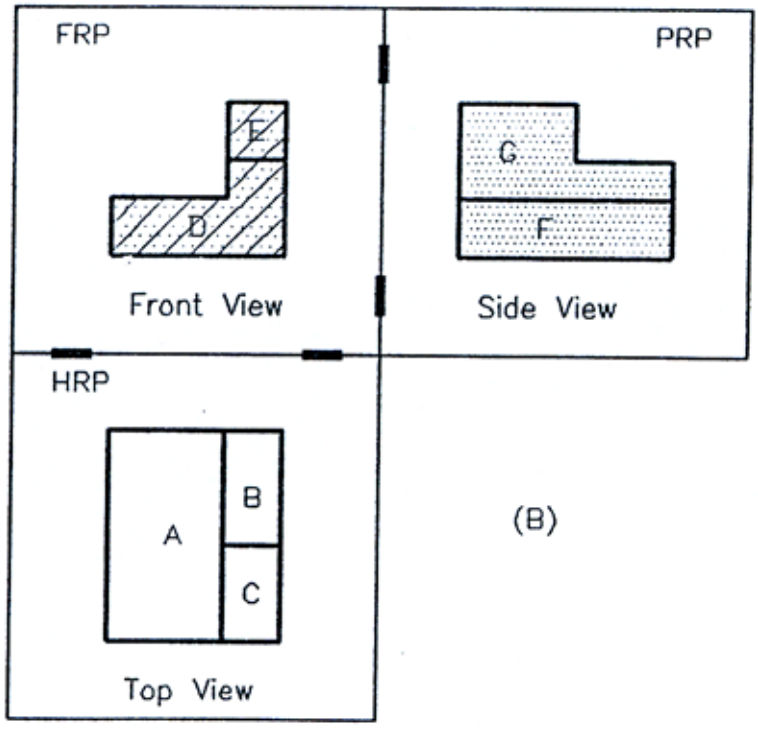
การฉายภาพแบบมุมที่ 1 (Ffirst-angle projection) พิจารณาฉากรับภาพที่เป็นระนาบหลักซึ่งประกอบด้วยระนาบอ้างอิง HRP , FRP และ PRP โดยทำมุมฉากกันดังรูป 9.21

จากรูป 9.21 (b) เราพิจารณาระนาบอ้างอิง HRP,FRP และ PRP ที่ประกอบกันเป็นมุมที่ 1 ซึ่งเขียนได้เป็นรูป 9.22 (b) โดยที่ถือว่าระนาบทั้งสามนั้นเป็นระนาบทึบแสงวัตถุวางอยู่ด้าน



รูป 9.22 แสดงการฉายภาพมุมที่ 1



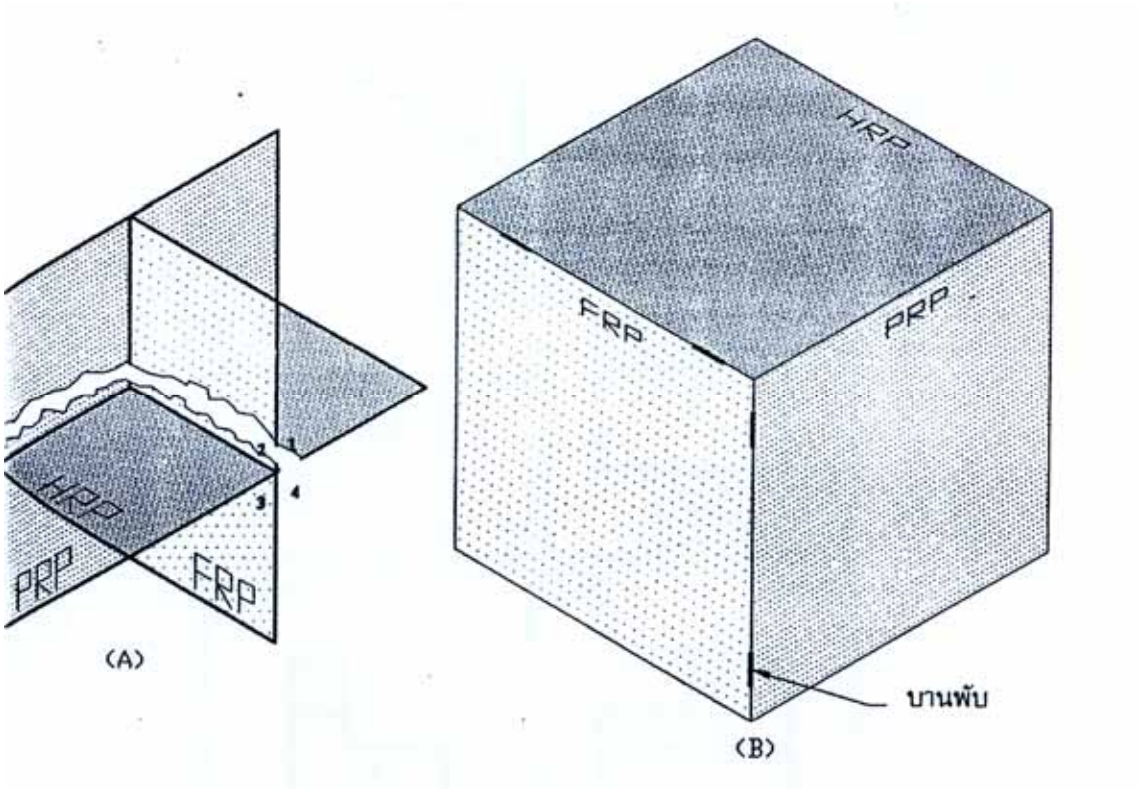


รูป 9.23 ภาพฉายและการจัดวางภาพฉายแบบมุมที่ 1

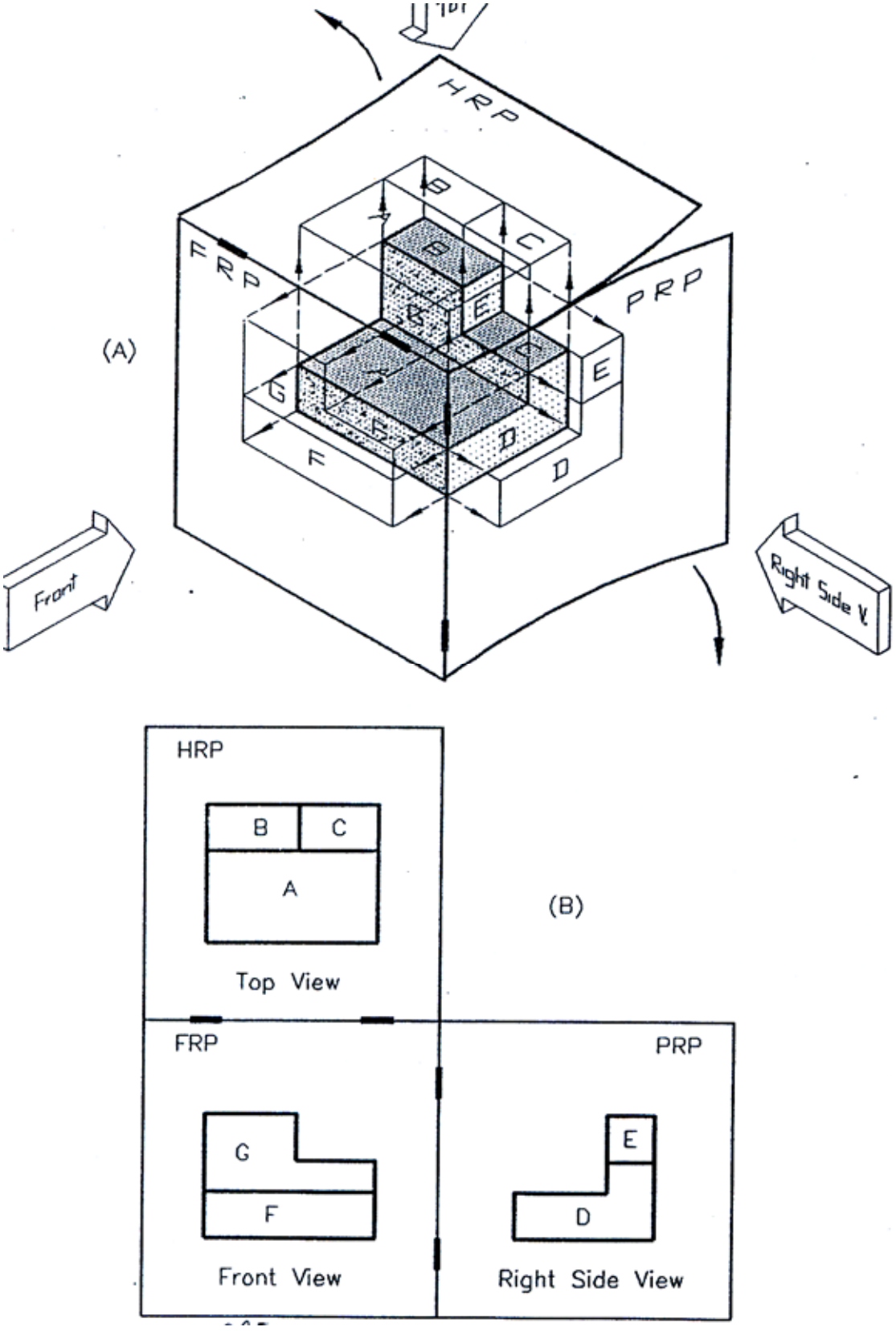
หน้าระหว่างระนาบทั้งสาม เงาของวัตถุจะไปปรากฏบนระนาบทั้งสามดังรูป 9.23 (a) ถ้าเงาของวัตถุไปปรากฏบนระนาบ HRP เราเรียกภาพนี้ว่า ภาพด้านบน (Top view) ทำนองเดียวกันถ้าเงาของวัตถุไปปรากฏบนระนาบ FRP และ PRP เราเรียกภาพนั้นว่า ภาพด้านหน้า (Front view) และภาพด้านข้าง (Side view) ตามลำดับ ตำแหน่งการวางภาพทั้งสามแสดงไว้ในรูป 9.23 (b)

การฉายภาพแบบมุมที่ 3 (Third-angle projection)

จากรูป 9.21 (c) เราพิจารณาเฉพาะระนาบ HRP , FRP และ PRP ที่ประกอบกันเป็นมุมที่ 3 ได้ดังรูป 9.24 (a) ซึ่งเขียนได้เป็นรูป 9.24 (b) โดยถือว่าระนาบทั้งสามเป็นระนาบโปร่งแสง วัตถุอยู่ภายในรูปกล่องสามารถมองเห็นทะลุเห็นวัตถุได้ ตำแหน่งเส้นแนวสายตาที่มองวัตถุตัดกับฉากรับภาพทั้งสามจะปรากฏเป็นรูปของวัตถุบนฉากรับภาพทั้งสามนี้ เงาของวัตถุที่ปรากฏบน HRP, FRP และ PRP เราเรียกว่าภาพด้านบน (Top view) ภาพด้านหน้า (Front view) และภาพด้านข้าง (Side view) ตามลำดับดังแสดงในรูป 9.25 และจัดวางภาพทั้งสามได้ดังรูป 9.25 (b)



รูป 9.24 แสดงการฉายภาพแบบมุมที่ 3

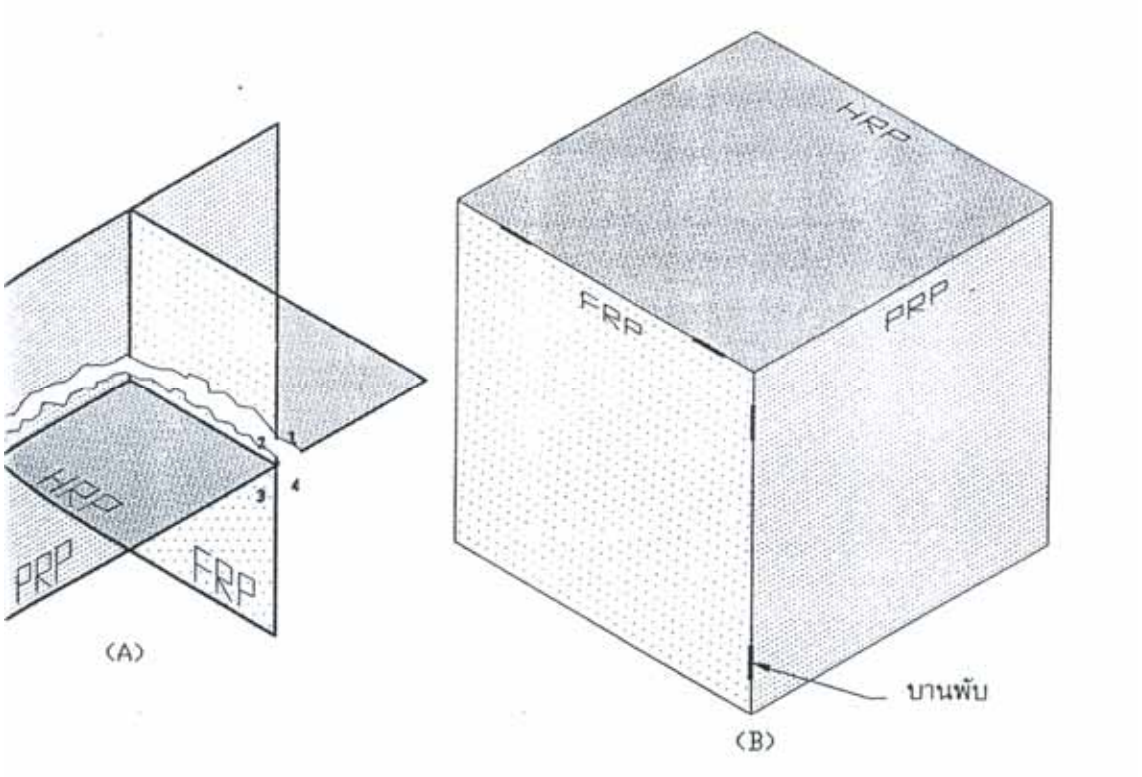


รูป 9.25 ภาพฉายและการจัดวางภาพฉายแบบมุมที่ 3

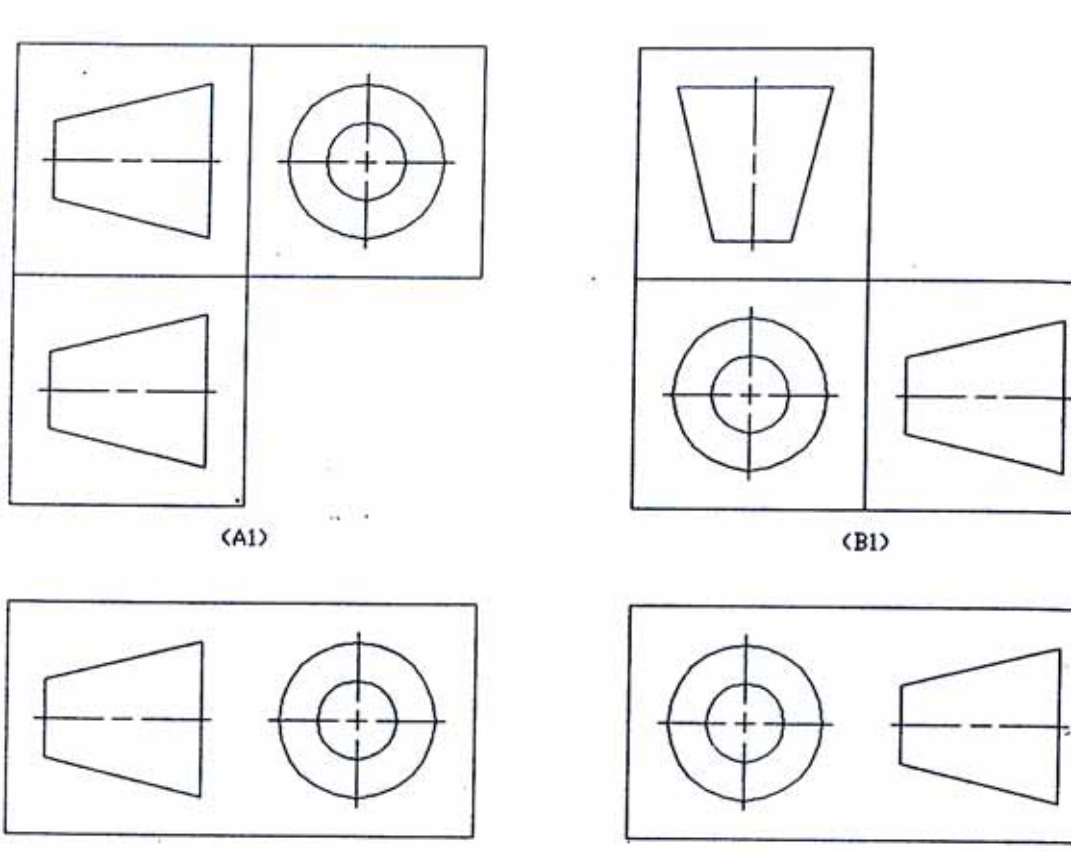
สัญลักษณ์ของภาพฉาย Multiview แบบมุมที่ 1 และมุมที่ 3

ประเทศในแถบยุโรปหรืออีกหลายประเภททั่วโลกที่นิยมเขียนภาพฉายหลายด้านแบบมุมที่ 1 ขณะเดียวกันก็มีอีกหลายประเทศเช่นสหรัฐอเมริกาและแคนนาดาที่นิยมการเขียนภาพฉายหลายด้านแบบมุมที่ 3 ข้อแตกต่างของการฉายภาพทั้งสองคือ แบบมุมที่ 1 วัตถุจะอยู่ระหว่างฉากรับภาพกับจุดสังเกต และถือว่าฉากรับภาพเป็นระนาบทึบแสง ส่วนแบบมุมที่ 3 วัตถุจะด้านหลังของฉากรับภาพ โดยที่ฉากรับภาพจะอยู่ระหว่างวัตถุจะอยู่ระหว่างวัตถุกับจุดสังเกต และถือว่าฉากรับภาพเป็นระนาบโปร่งแสงสามารถมองทะลุได้

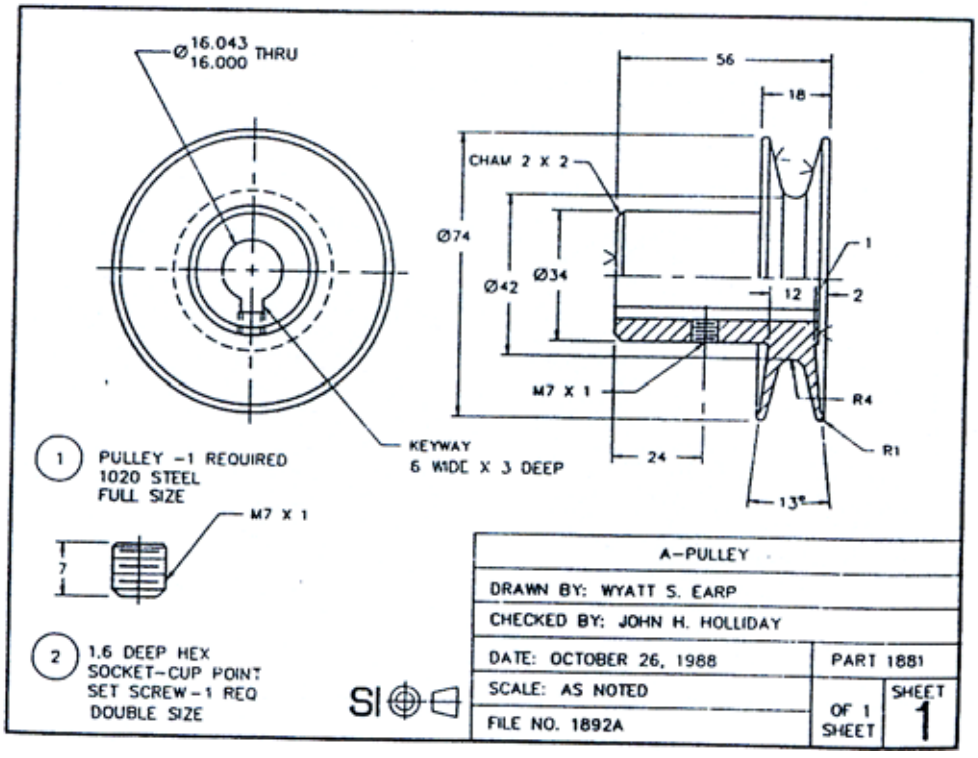
การฉายภาพทั้งสองแบบมีข้อแตกต่างกันพอสมควรซึ่งจะสังเกตได้ว่าแบบมุมที่ 1 นั้นการวางภาพจะวางภาพด้านบนไว้ใต้ภาพด้านหน้า ส่วนภาพด้านข้างซ้ายจะวางไว้ทางด้านขวาของภาพด้านหน้า แต่การฉายภาพแบบมุมที่ 3 นั้นจะวางภาพด้านบนไว้เหนือภาพด้านหน้า ส่วนภาพด้านข้างขวาจะวางไว้างด้านขวาของภาพด้านหน้า อย่างไรก็ตามของการฉายภาพทั้งสองแบบอาจทำให้ผู้ที่คุ้นเคยแบบใดแบบหนึ่งเกิดความสับสน ดังนั้นเพื่อขจัดปัญหาเหล่านี้ จึงได้มีการกำหนดสัญลักษณ์ของภาพฉายแบบมุมที่ 1 และมุมที่ 3 ขึ้นโดยการใช้ภาพฉายของเรียวทรงตันดังรูป 9.26 (a) และ 9.26 (B) เมื่อฉายภาพเป็นภาพฉายหลายด้านแล้วจะได้ดังรูป 9.27 (a2) และ 9.27 (b1) แล้วจะเลือกสัญลักษณ์เหล่านี้ไว้ใต้ภาพฉายหลายด้าน (Multiview) ดังตัวอย่างรูป 9.28



รูป 9.26 เรียวทรงตันวางในมุมที่ 1 และ มุม 3



รูป 9.27 สัญลักษณ์การฉายภาพหลายด้าน (Multiview)

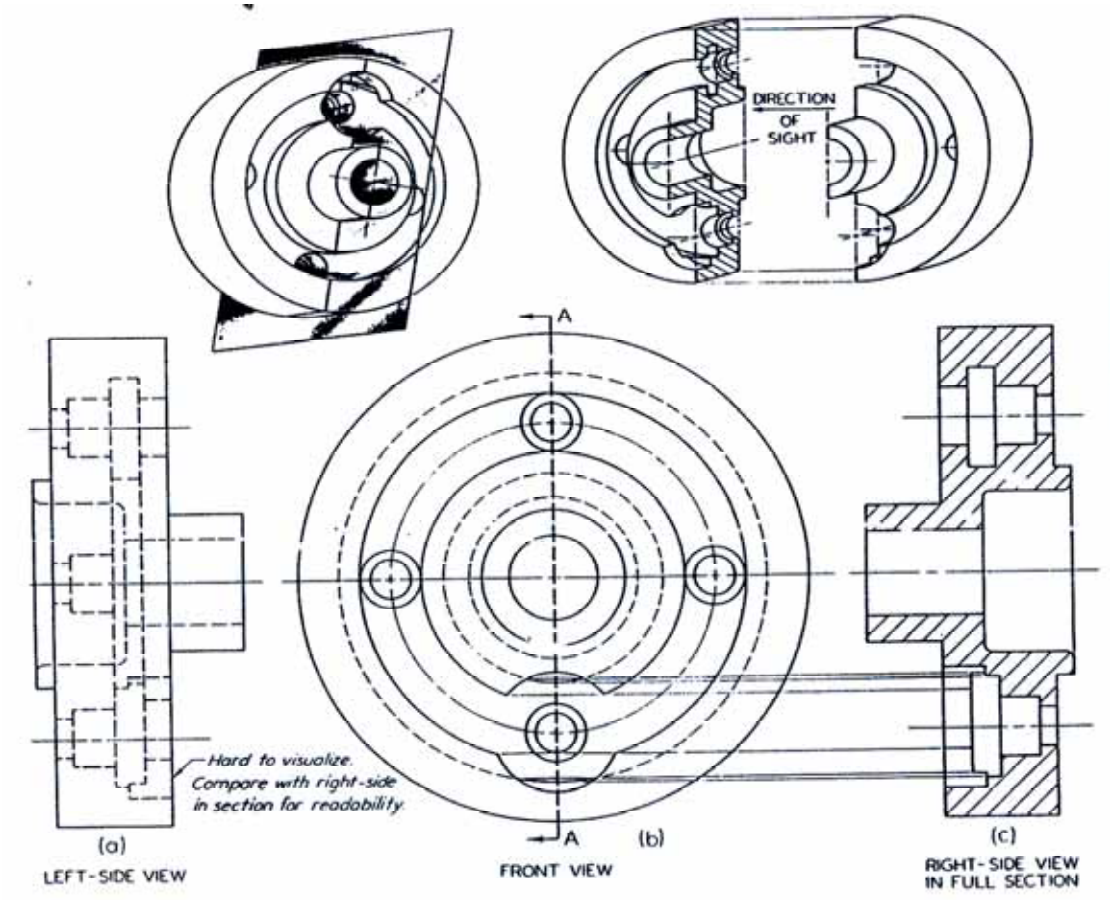


รูป 9.28 สัญลักษณ์ภาพฉายหลายด้าน

บทที่ 10

ภาพตัดเต็ม (FULL SECTION)

ภาพตัดเต็มเป็นการผ่าชิ้นงานออกตามแนวใดแนวหนึ่งออกเป็นสองส่วน โดยการผ่าครึ่งชิ้นงานแนวเส้นศูนย์กลางตลอดแนวชิ้นงาน

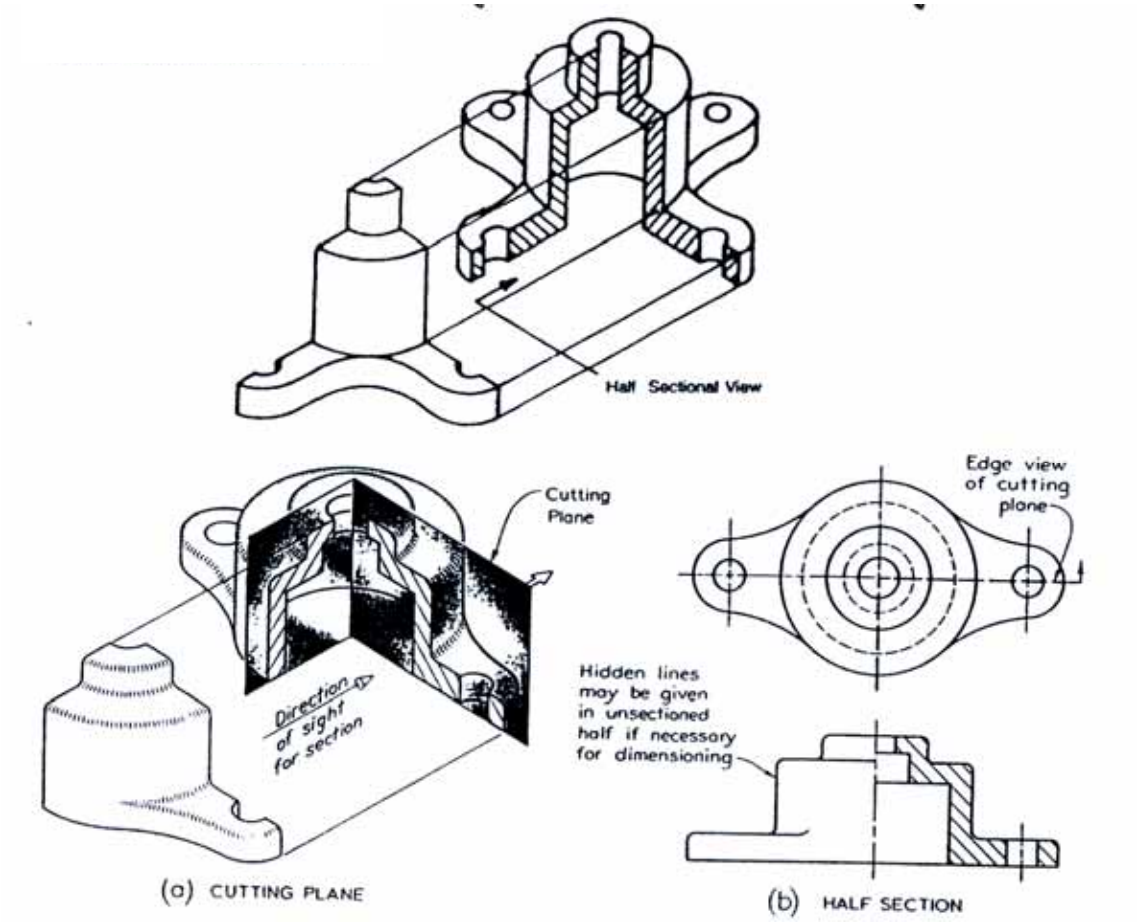


หลักการเขียนภาพตัดเต็ม

1. เส้นตัด (cutting plan) เป็นเส้นศูนย์กลางใหญ่ โดยลากห่างจากขอบชิ้นงาน 10 มม. เขียนหัวลูกศรที่ปลายเส้นศูนย์กลาง หัวลูกศรจะต้องใหญ่กว่าหัวลูกศรปกติ 1.5 เท่า และเขียนตัวอักษรกำกับไว้ปลายเส้นของเส้นตัดเป็น A-A หรือ B-B
2. การเขียนภาพต้องดูที่หัวลูกศร ถ้าชี้ขึ้นไปทางด้านหน้า ภาพตัดเกิดที่ภาพด้านหน้า
3. ถ้าหัวลูกศรชี้ไปทางภาพด้านข้าง ภาพตัดเกิดที่ภาพด้านข้าง
4. ส่วนภาพที่อยู่บนหัวลูกศรให้พลิกภาพขึ้นไปเขียนแบบ
5. ส่วนภาพที่อยู่หลังหัวลูกศรไม่ใช้
6. ที่ภาพตัดเขียนคำว่า Section A-A หรือ Section B-B ตามแนวตัดนั้น
7. ส่วนที่ผ่าถูกเนื้อชิ้นงานให้เขียนเส้นตัดเอียง 45 องศา
8. ส่วนที่ไม่ถูกตัดให้เว้นไว้

ภาพตัดครึ่ง (HALF SECTION)

ภาพตัดครึ่งเป็นภาพของชิ้นงานที่ถูกตัดออก ¼ ของชิ้นงาน ดังนั้นจะเห็นรูปร่างทั้งภายนอกและภายในของชิ้นงาน

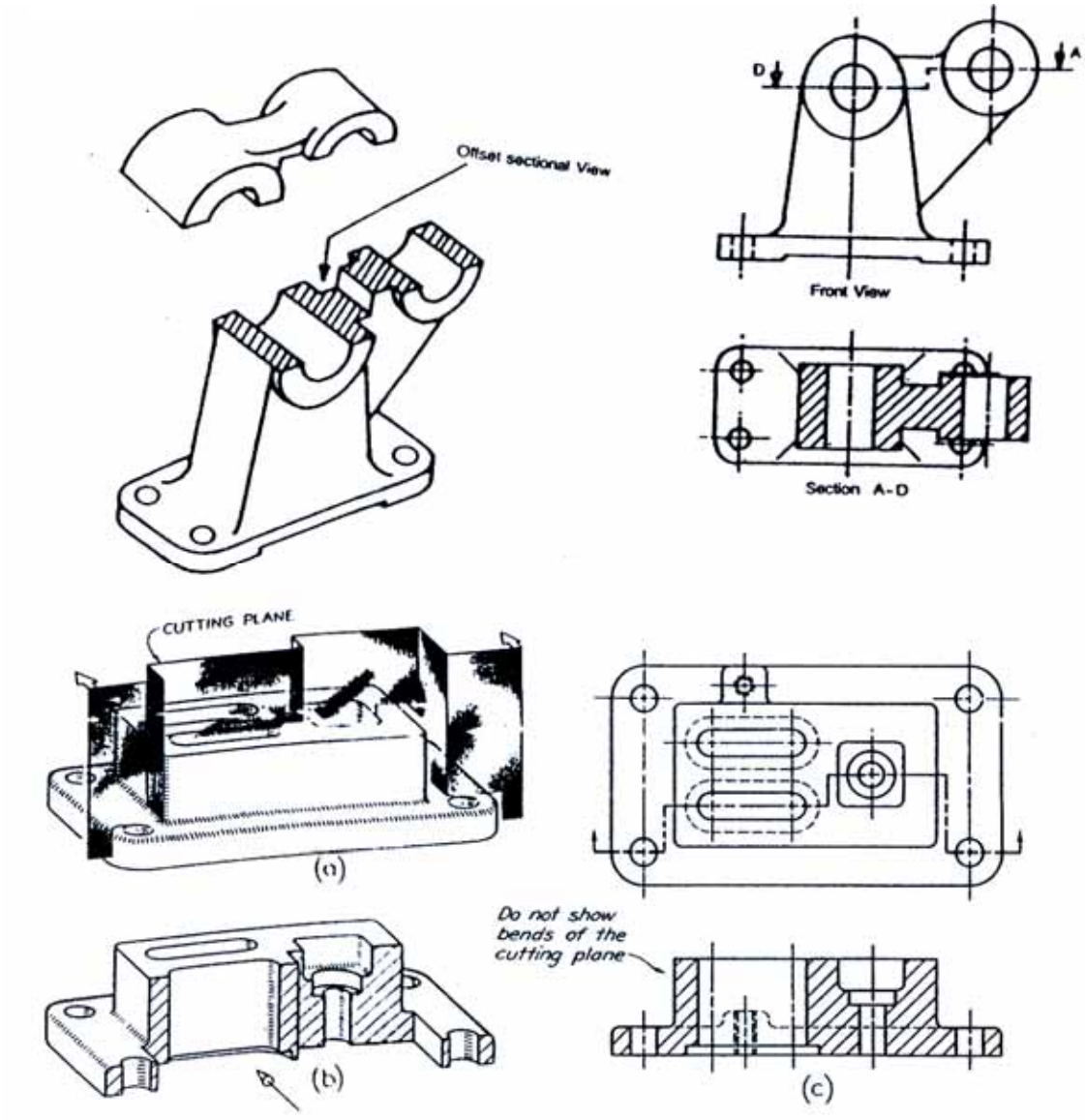


หลักการเขียนภาพตัดครึ่ง

1. การเขียนภาพตัดครึ่ง ส่วนมากจะใช้กรณีชิ้นงานนี้มีรูปทรงสมมาตรกัน
2. สามารถเห็นทั้งรูปร่างผิวภายนอก และภายใน
3. เส้นแบ่งครึ่งกึ่งกลางให้ใช้เส้นศูนย์กลางเล็ก
4. เส้นแนวตัดใช้เส้นศูนย์กลางใหญ่ ตรงกลางชิ้นงานใช้เส้นหักมุม (O)
5. เส้นประจะไม่แสดงที่ภาพตัดครึ่ง
6. การกำหนดขนาดของรู ที่เราเห็นให้กำหนดขนาดหัวลูกศรหัวเดียว โดยเส้นกำหนดขนาดเลยจากเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กน้อย
7. เส้นประจะไม่แสดงที่ภาพตัดครึ่ง
8. การเขียนภาพตัดครึ่งแนวตั้งรูปร่างผิวภายนอกจะอยู่ทางซ้ายมือ
9. รูปร่างผิวภายในจะอยู่ทางขวามือเสมอ

ภาพตัดแยกแนว (OFFSET SECTION)

ภาพตัดแยกแนว คือการที่เราไม่สามารถจะตัดชิ้นงานให้เป็นแนวเส้นตรงได้ เพราะเนื่องมาจากชิ้นงานมีรายละเอียดไม่เหมือนกัน ภาพตัดแยกแนวสามารถนำรายละเอียดมาอยู่ในภาพเดียวกันได้

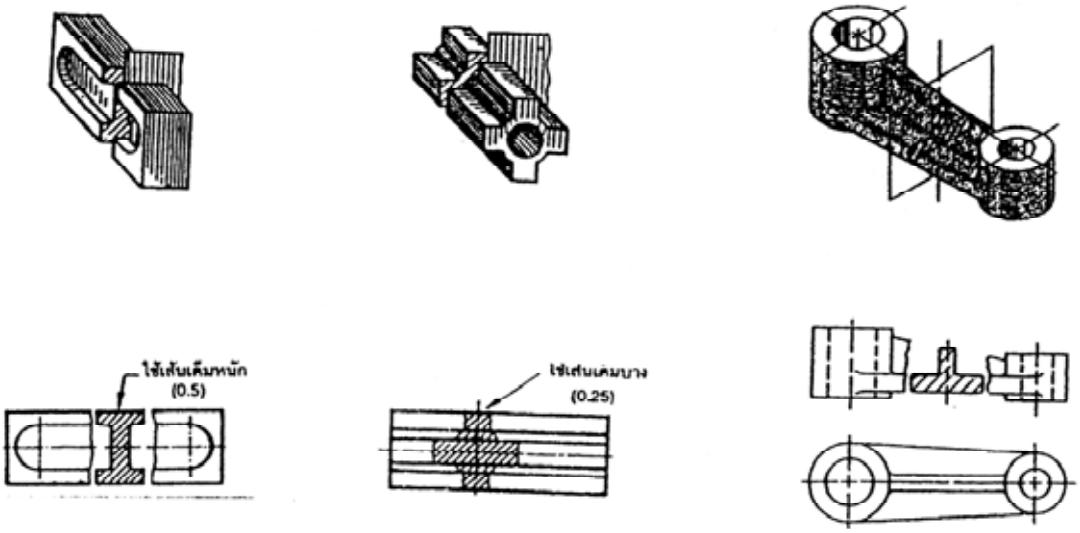


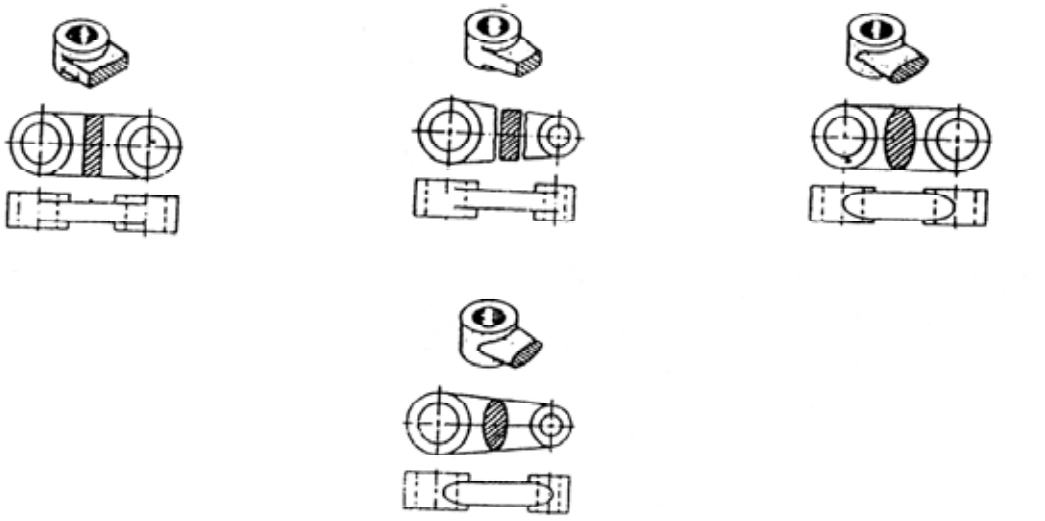
การเขียนภาพตัดแยกแนว

1. เขียนเฉพาะชิ้นงานที่มีรายละเอียด รายละเอียดไม่เหมือนกัน ในชิ้นงานเดียวกัน
2. ตำแหน่งหักมุมเพื่อต้องการแสดงรายละเอียดภายในของภาพใช้เส้นศูนย์กลางใหญ่
3. เขียนแนวตัด A-A ไว้ที่ปลายเส้นศูนย์กลางห่างจากของชิ้นงาน 10 มม.
4. ตำแหน่งที่หักมุมจะเห็นเป็นเหลี่ยมหรือเป็นเส้นขอบ เราจะไม่เขียนเส้นเต็มลงไปในแบบคือเส้น (X,Y) ให้ถือว่าเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนกับการเขียนภาพตัดเต็ม

ภาพตัดหมุนข้าง (ROTATED SETION)

ภาพตัดหมุนข้าง คือ การแสดงภาพตัดเฉพาะพื้นที่หน้าตัดชิ้นงานที่ถูกตัดต้องหมุนไป 90 องศา แล้วนำไปเขียนลงในภาพฉาย ภาพตัดหมุนข้างนี้จะใช้แสดงภาพตัดของก้าน, ซี่ล้อหรือชิ้นงานอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน

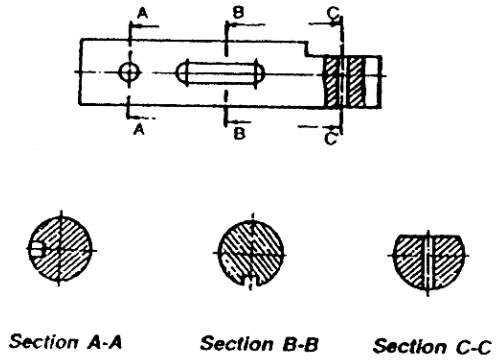


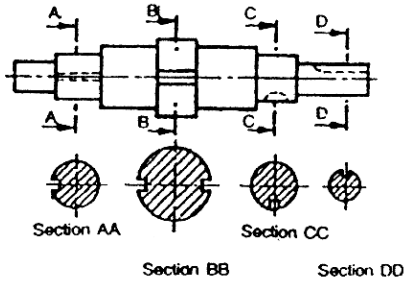


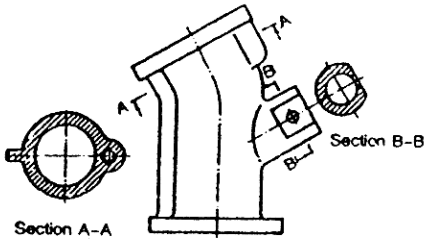
ภาพตัดหมุนข้างนี้จะใช้แสดงภาพตัดของก้าน ซี่ล้อหรือชิ้นงานอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน

ภาพตัดเคลื่อนที่ (Removed Section)

ภาพตัดเคลื่อนที่เป็นการตัดคล้ายกับภาพตัดหมุน แต่ภาพตัดเคลื่อนที่ภาพที่ตัดจะนำมาเขียนไว้ข้างนอกภาพในแนวเดียวกับเส้นแนวตัด



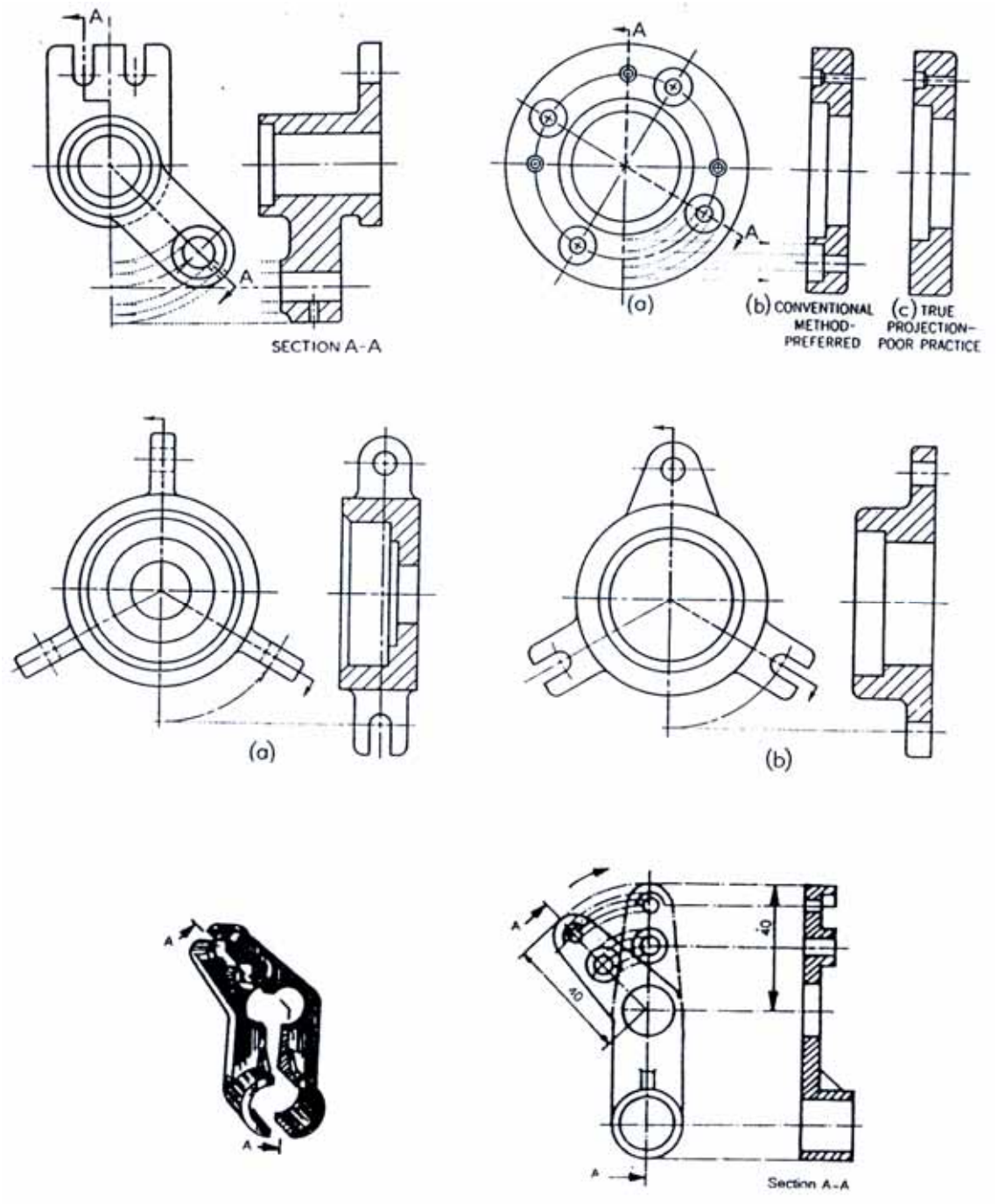




การเขียนภาพตัดเคลื่อนที่นี้นิยมใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างไม่เหมือนกันในชิ้นงานเดียวกัน เพื่อสะดวกในการมองภาพ

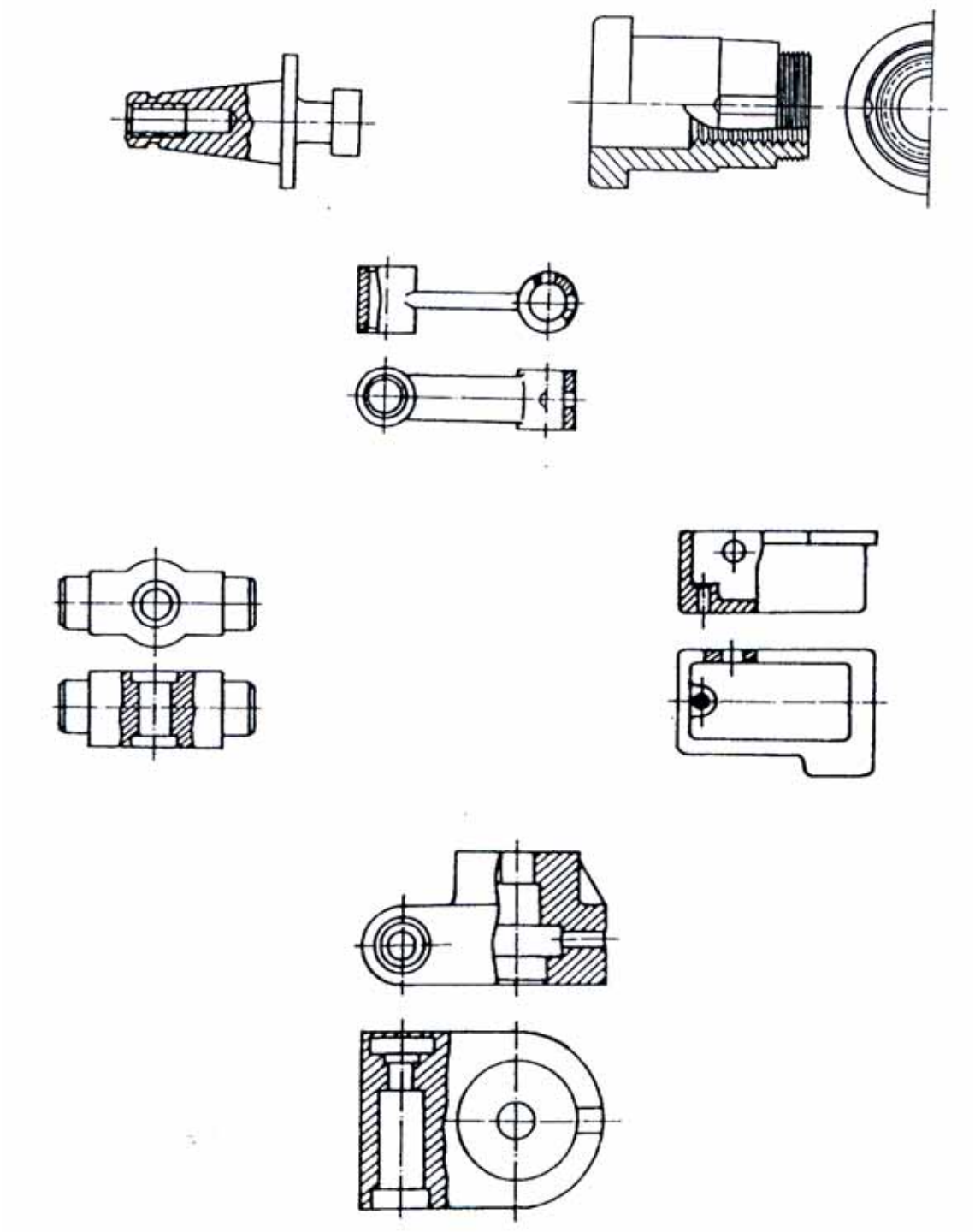
ภาพตัดหมุนโค้ง (REVOLVED SECTION)

ภาพตัดหมุนโค้งนี้จะแสดงภาพตัดได้ดี รายละเอียดชัดเจน ลักษณะงานต้องตัดหมุนโค้ง เช่น พลู่เลย์ หน้าแปลน เป็นต้น ชิ้นงานบางแบบมีลักษณะภายในที่จำเป็นต้องทราบรายละเอียด แต่ไม่อยู่ในแนวศูนย์กลางเดียวกันสามารถแสดงได้โดยการหมุนเอาส่วนที่อยู่นอกแนวศูนย์ให้เข้าอยู่ในศูนย์ จากนั้นจึงถ่ายขนาดมายังภาพตัด



ภาพตัดเฉพาะส่วน (BTOK-OUT SECTION)

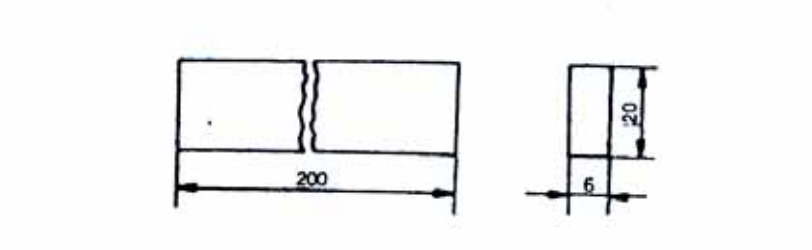
ภาพตัดเฉพาะส่วน ตัดเพียงบางส่วนที่เราอยากรู้รายละเอียดเฉพาะบางจุดเส้นที่ใช้ตัดเฉพาะส่วนต้องเป็นเส้นมือเปล่า



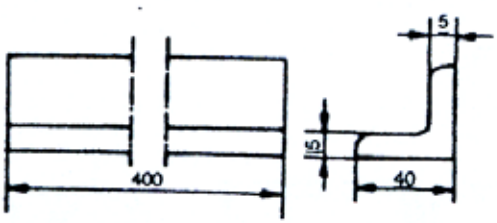
ภาพตัดย่อส่วน

การเขียนแบบชิ้นงานยาวมาก ๆ มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอด และไม่สามารถเขียนลงในกระดาษเขียนแบบเท่ากับความยาวชิ้นงานได้ จึงต้องอาศัยการตัดย่อส่วนเพื่อให้ชิ้นงานนั้นสั้นลง แต่การกำหนดขนาดความยาวชิ้นงาน จะกำหนดเท่าความยาวจริง

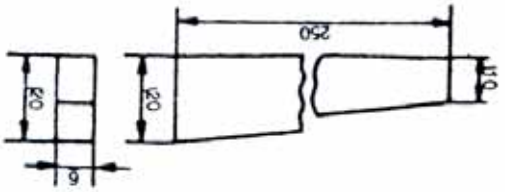
1. ชิ้นงานเป็นแท่งโลหะ แผ่นโลหะจะตัดย่อส่วนด้วยเส้นมือเปล่า



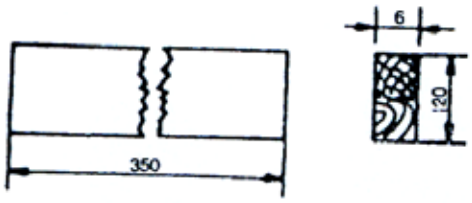
2. การตัดย่อส่วนเหล็กโครงสร้าง เช่น เหล็กตัวยู เหล็กฉาก เหล็กตัวไอ ใช้เส้นเป็นศูนย์กลางเส้นตัดย่อส่วน



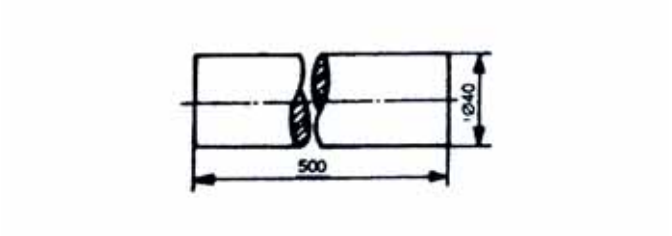
3. การตัดย่อส่วนลิ่มเอียงพวกแท่งโลหะใช้เส้นมือเปล่าเป็นเส้นแสดงแนวตัด



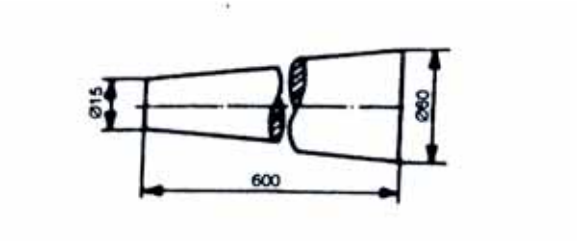
4. การตัดย่อส่วนไม่ในงานก่อสร้างเช่นคานไม้จะมีการตัดดังรูปใช้เส้นมือเปล่าแล้วเขียนา



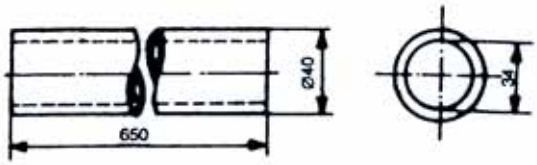
5. การตัดย่อส่วนเป็นเพลากลมด้านใช้เส้นมือเปล่าเป็นเส้นแสดงแนวตัด



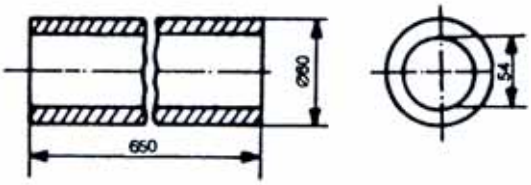
6. การตัดย่อส่วนเพลากลมเอียงตัดเหมือนเพลากลม



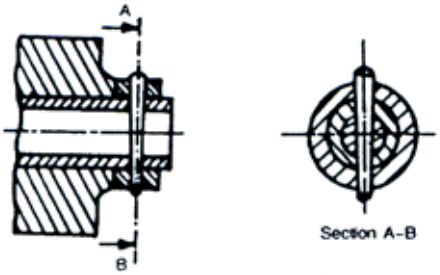
7. การตัดย่อส่วนเพลากลมกลวงหรือท่อ ใช้เส้นมือเปล่าเป็นเส้นแสดงแนวตัดแล้วเขียนเส้นเอียง 45 องศา เป็นเส้นเต็มบาง



8.การตัดย่อส่วนท่อ เพลากลมกลวงใช้เส้นมือเปล่าเป็นเส้นตัดย่อส่วน

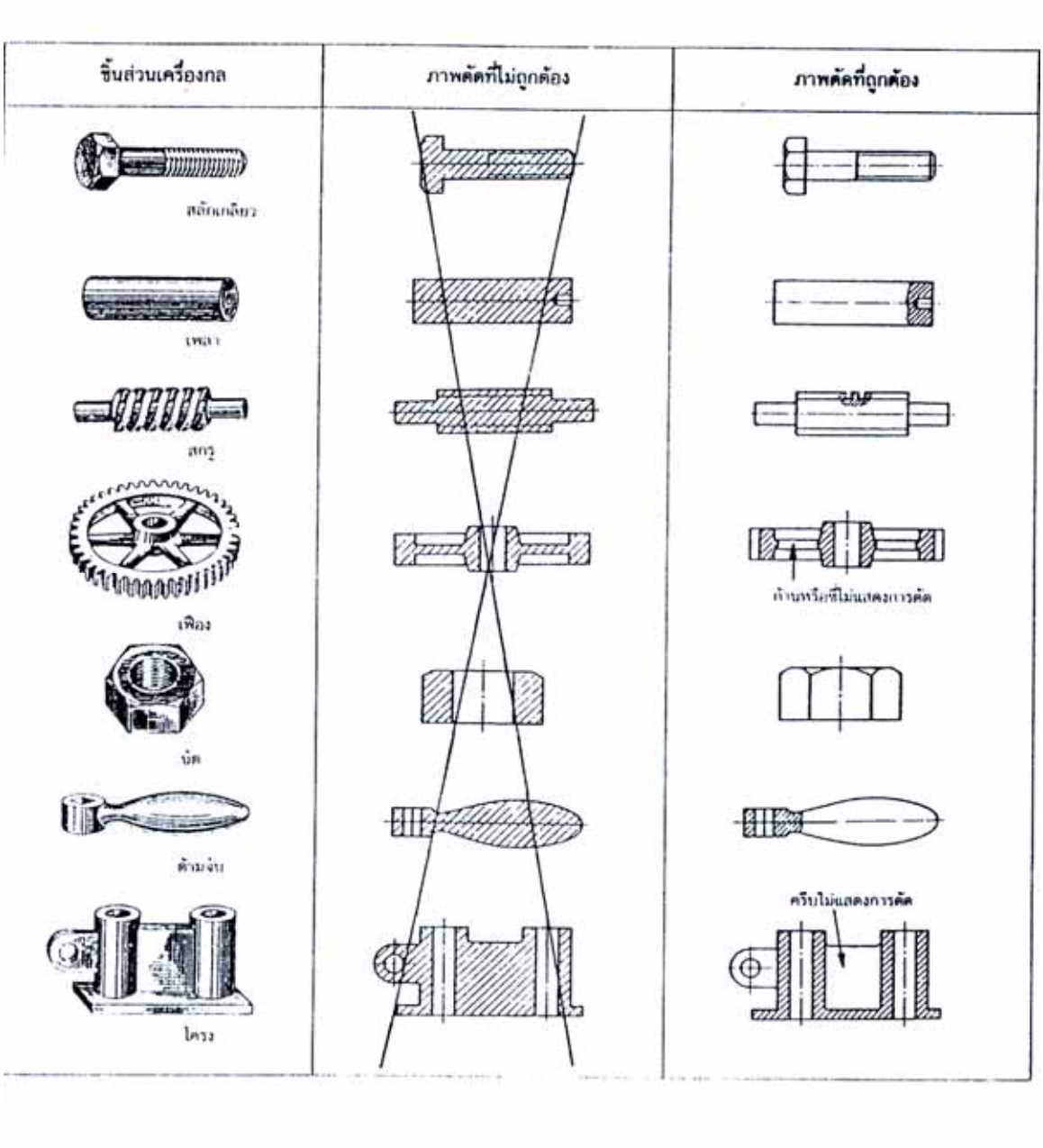


9. ในบางครั้งภาพประกอบบางส่วนไม่ต้องการจะแสดงรายละเอียด จึงใช้เส้นมือเปล่าเป็นเส้นแสดงแนวตัดเพื่อย่อส่วนให้สั้นลง



ชิ้นส่วนที่ไม่ต้องแสดงการตัด (SECTION LINE)

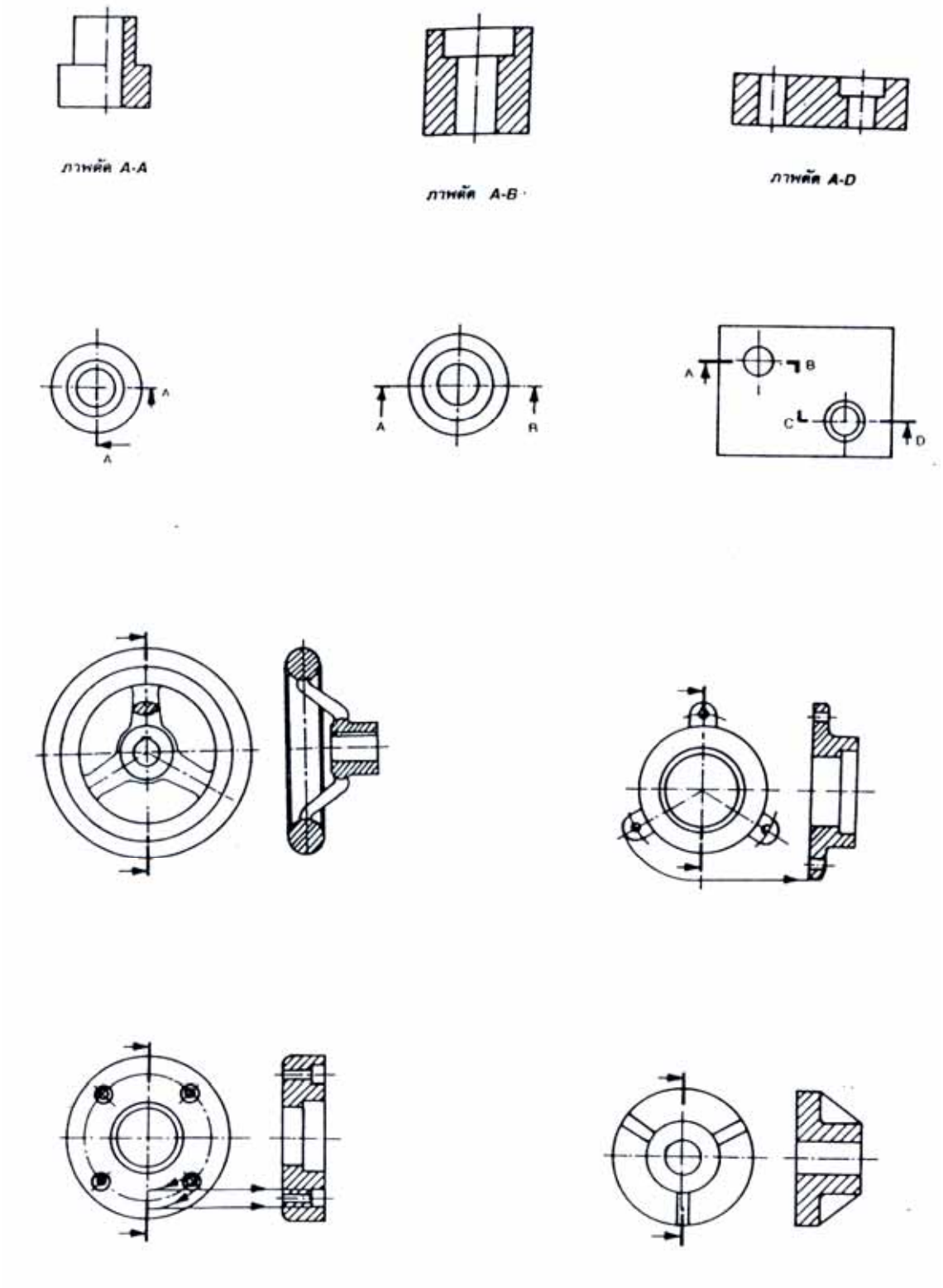
การเขียนแบบเครื่องกล ชิ้นส่วนบางส่วนถึงแม้ว่าจะถูกเส้นแสดงแนวตัดผ่านก็ไมต้องแสดงแนวการตัดดังตารางข้างล่าง



หมายเหตุ นอกจากนี้ยังมีชิ้นส่วนอื่นอีก เช่น เพลา , โซ่ , ลิ่ม ,ลูกปืน , ครีบก้านหรือซี่,แหวนรองลูกปืน , หมุดย้ำ ฯลฯ

การเขียนเส้นแสดงแนวตัด

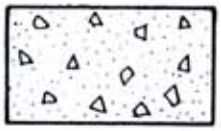
การเขียนเส้นแสดงแนวตัดสามารถเขียนแสดงได้ทั้ง 3 ภาพ



สัญลักษณ์ผิวงานที่ถูกตัด

เหล็กหล่อ, ใช้กับผิวงานทั่ว ๆ ไป

แมกนีเซียม, อะลูมิเนียม, อะลูมิเนียมผสม



คอนกรีต

เหล็กกล้า

ยาง, พลาสติก, ฉนวนไฟฟ้า

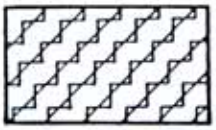
ฉนวนป้องกันเสียง

สังกะสี, ตะกั่ว ,โลหะผสมตีบุก, ทองแดง

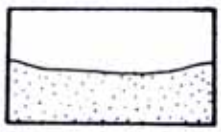
บรอนซ์, ทองเหลือง, โลหะผสม

หิน

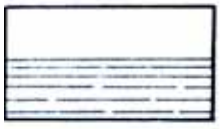
หินอ่อน, หินชนวน, แก้ว



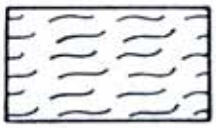
ฉนวนป้องกันความร้อน



ทราย



น้ำและของเหลวอื่น ๆ



สักหลาด, ไม้คอร์ก, หนังสัตว์, สิ่งทอ

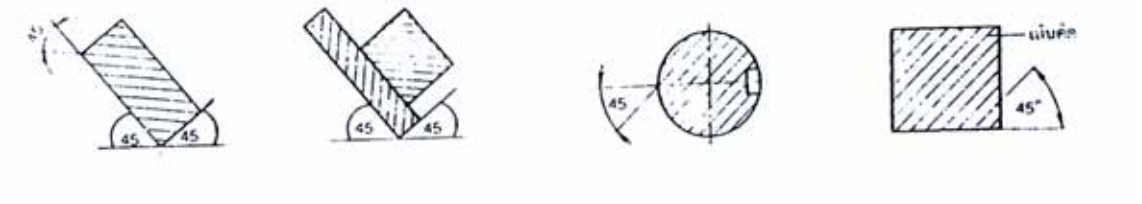
1. ไม้ตามแนวขวาง
2. ไม้ตามแนวยาว

กฎเกณฑ์การเขียนภาพตัด

1. เส้นแสดงแนวตัด (Cutting plane)

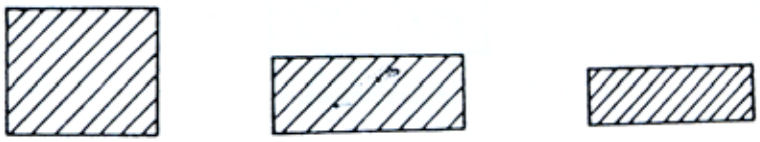
เส้นแสดงแนวตัด คือเส้นที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ทิศทางการตัดหรือให้ทราบว่าตัดผ่านชิ้นงานตำแหน่งใดบ้าง ใช้เส้นศูนย์กลางใหญ่ 0.5 เป็นเส้นแสดงแนวตัด

2. เส้นตัด (Section line)



เส้นตัด คือเส้นที่ใช้เป็นสัญลักษณ์แสดงพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน เส้นตัดจะเอียงทำมุมกับชิ้นงาน 45 องศา เส้นตัดจะเขียนด้วยเส้นเต็มบาง (0.25)

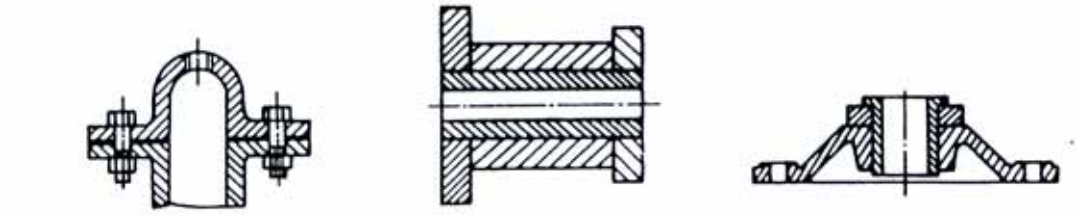
3. ระยะห่างระหว่างเส้นตัด



เส้นตัดเอียง 45 องศา จะต้องมีระยะห่างเท่ากันตลอดในพื้นที่หน้าตัดเดียวกันประมาณ 2-3 mm พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานเล็กระยะห่างระหว่างเส้นตัดจะแคบกว่าพื้นที่ใหญ่

4. ชิ้นงานประกอบกันหลายชิ้นแล้วถูกตัด

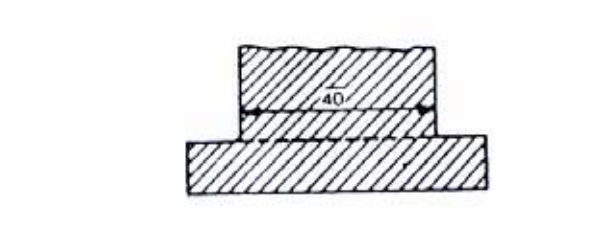
ชิ้นงานที่ประกอบกันหลายชิ้นและถูกตัดจะต้องเขียนเส้นตัด (Section line) ไปคนละทิศทางกัน ระยะห่างเส้นตัดให้แตกต่างกัน



5. ชิ้นงานพื้นหน้าตัดแคบ

ถ้าชิ้นงานพื้นหน้าตัดแคบ ๆ เช่น แผ่นโลหะบาง ๆ ไม่ต้องแสดงเส้นตัดใช้การเขียนระบายพื้นที่หน้าตัดทึบ พื้นที่โลหะที่ประกอบกันจะต้องมีช่องว่างแบ่งลักษณะของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานนั้น

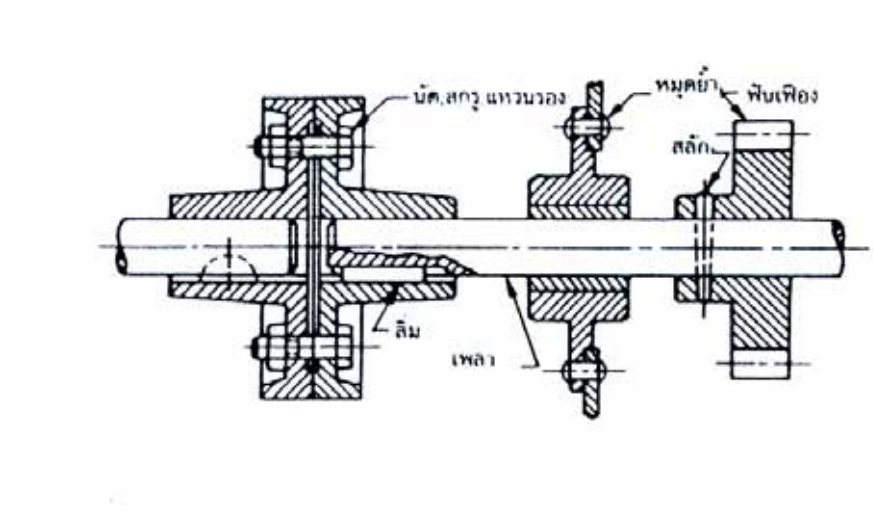
6. การกำหนดขนาดในภาพตัดในกรณีที่ไม่สามารถบอกนอกภาพได้



การกำหนดขนาดในภาพตัดในกรณีที่ไม่สามารถบอกนอกภาพได้

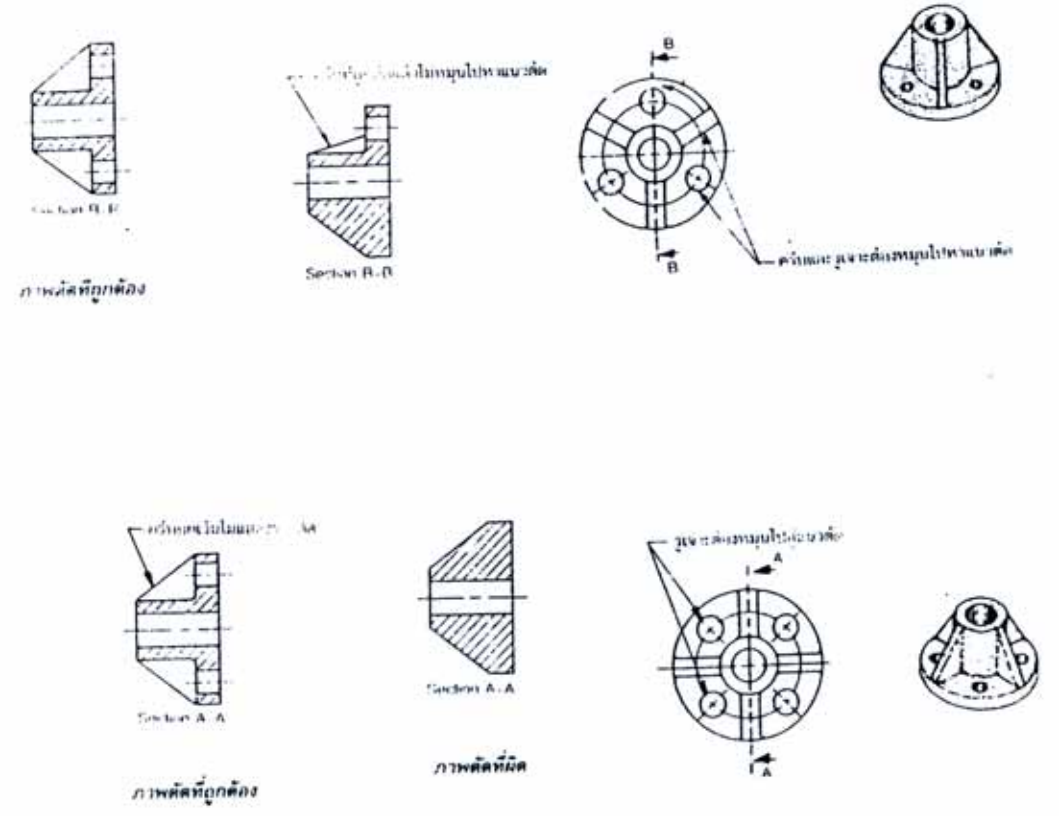
จะต้องเว้นช่องลายตัดสำหรับตัวเลขบอกขนาดและในการเขียนภาพตัดไม่ต้องเขียนเส้นประยกเว้นกรณีให้มีเส้นประได้จะได้อ่านแบบง่าย ใช้กับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนมาก ๆ

7. ชิ้นส่วนเครื่องกลยกเว้นไม่แสดงลายตัด

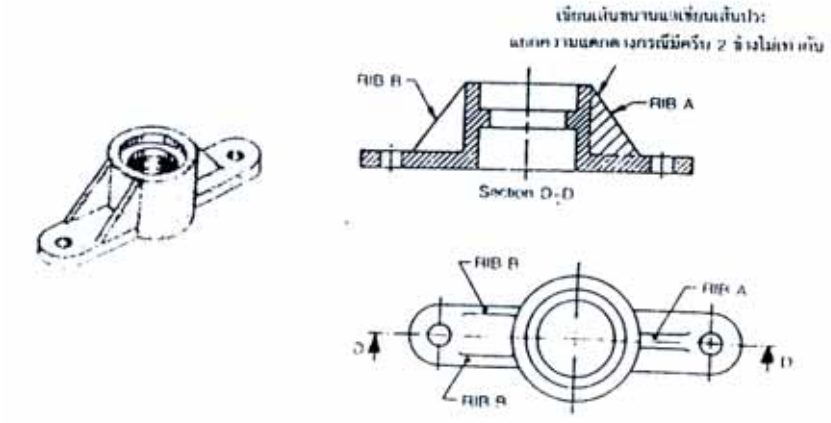


จากภาพประกอบมีเพลา สกรู นัท แหวนรอง ลูกปืน หมุดย้ำ ลิ่ม สลัก ชิ้นส่วนทั้งหมดนี้จะยกเว้นไม่แสดงลายตัด เพื่อสะดวกในการอ่านแบบง่ายขึ้น

8. ชิ้นงานที่มีครีบ จะไม่แสดงลายตัดที่ครีบจะเว้นว่างไว้

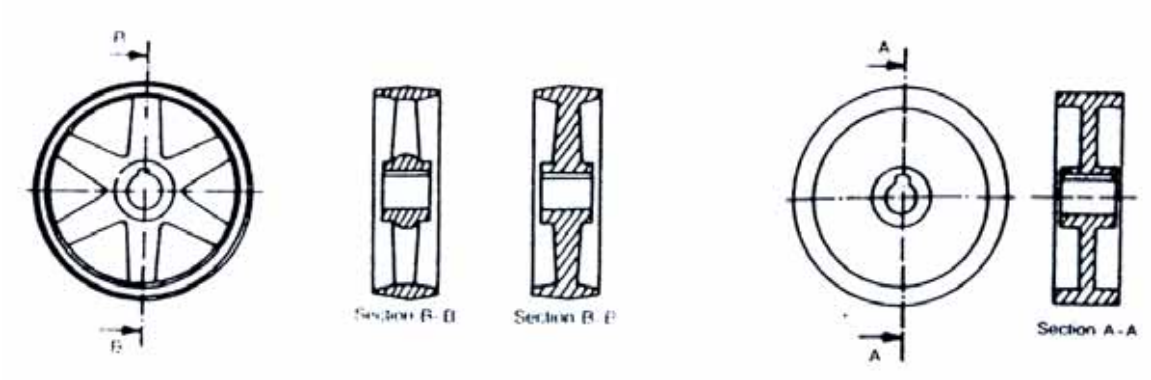


9. ภาพแสดงชิ้นงานที่ถูกตัดผ่านรูและครีบ



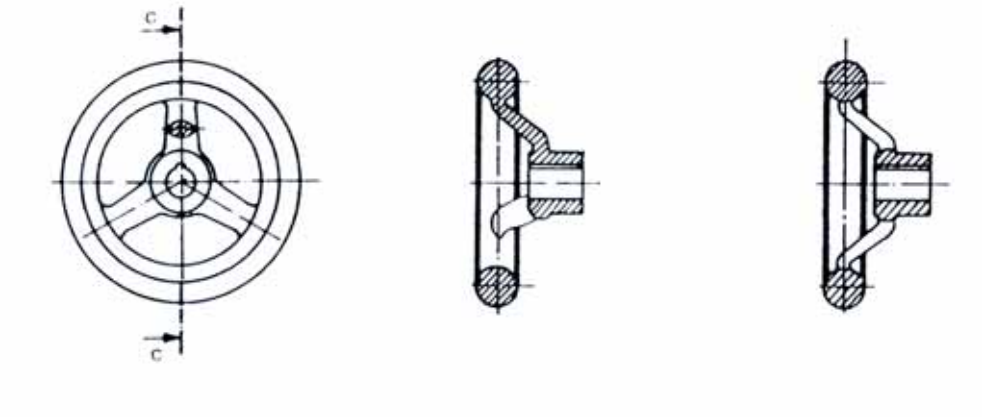
ภาพแสดงชิ้นงานที่ถูกตัดผ่านรูและครีบ

10. การเขียนชิ้นงาน เช่น พลูเลย์ พวงมาลัย ซี่ล้อ ถ้าตัดตามแนวตัดจะยุ่งยากในการอ่านแบบ และเขียนแบบจึงเขียนดังรูป



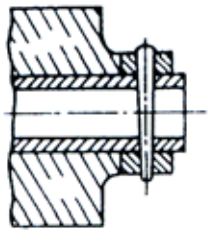
ถูกต้อง ผิด ภาพตัดล้อสายพาน

ภาพตัดมูเลย์ซึ่งแนวตัดผ่านแขนเมื่อเขียนภาพตัดจะไม่แสดงลายตัดที่แขน

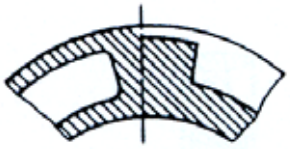


ผิด ถูกต้อง

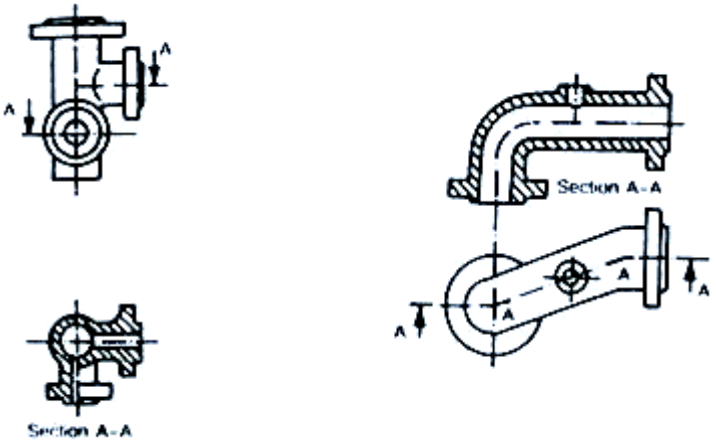
11.ถ้าเขียนเส้นตัดชิ้นงานประกอบกับเส้นตัดไปคนละทางกัน และเส้นลายต้องควรเลือกให้ได้สัดส่วนกับพื้นที่ถูกตัด ถ้าเป็นพื้นที่ใหญ่ การเขียนเส้นตัดให้เขียนเส้นสั้น ๆ ติดกับเส้นขอบรูป



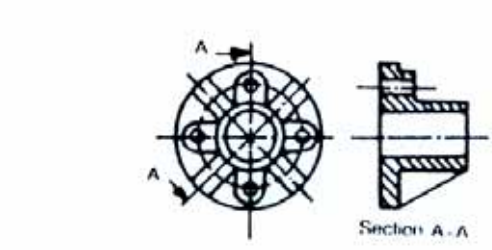
12. การเขียนภาพตัดเป็นชิ้นงานเดียวกัน ต่างระนาบกันแต่ระนาบขนานกัน และอยู่ติดกันเส้นลายตัดต้องมีระยะห่างเท่ากัน และต้องเขียนสลับกันเพื่อให้เห็นตำแหน่งที่แตกต่างกัน



13. การเขียนภาพตัดที่มีระนาบต่างกัน และเอียงทำมุมจะเขียนเป็นภาพตัด จะถือว่าภาพตัดอยู่ในระนาบเดียวกัน



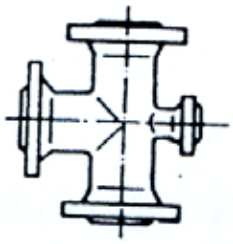
14. การเขียนภาพตัดบาง แสดงภาพตัดจริงแล้วรูปตัดจะออกไม่เหมาะสมจะต้องจัดภาพตัดใหม่ ต้องหมุนแนวตัดให้ในอยู่แนวระนาบ



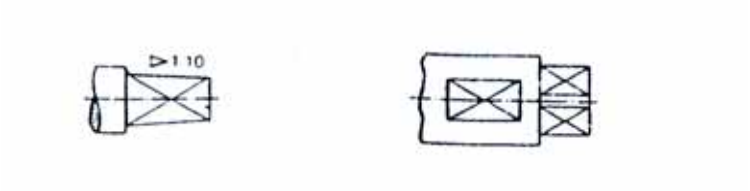
15. พื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนจะแสดงไว้ในภาพได้โดยการตัดแล้วหมุนภาพไปวางไว้บนชิ้นส่วนนั้น โดยใช้เส้นเต็มบางแล้วจะเห็นพื้นที่หน้าตัดตรงส่วนนั้นว่าเป็นแบบใด

16. ถ้าจำเป็นต้องเขียนรูปให้ติดกับชิ้นส่วนข้างเคียงด้วยเส้นเต็มบาง และชิ้นส่วนข้างเคียงจะต้องไม่บังชิ้นส่วนที่ถูกต้อง แต่ชิ้นส่วนที่ถูกต้องบังส่วนข้างเคียงได้

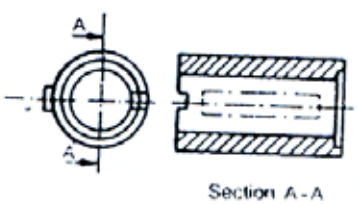
17. เส้นแสดงรอยต่อของชิ้นงานซึ่งแสดงให้เห็นว่ารอยต่อเป็นส่วนโค้งหรือมุมโค้งให้แสดงด้วยเส้นเต็มบาง



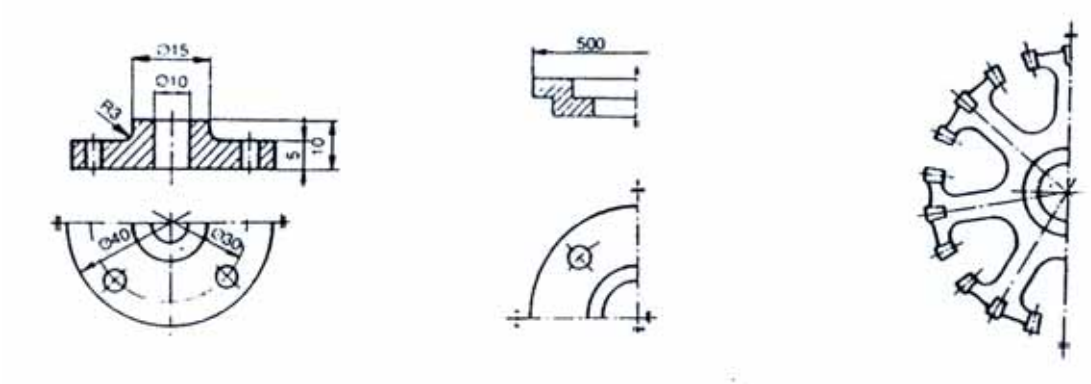
18. พื้นที่สี่เหลี่ยม , สี่เหลี่ยมเอียง (Tapered square) หรือพื้นที่ราบบนชิ้นงานกลมให้แสดงโดยการเขียนเส้นทะแยงมุมทั้งสองของสี่เหลี่ยมด้วยเส้นเต็มบาง



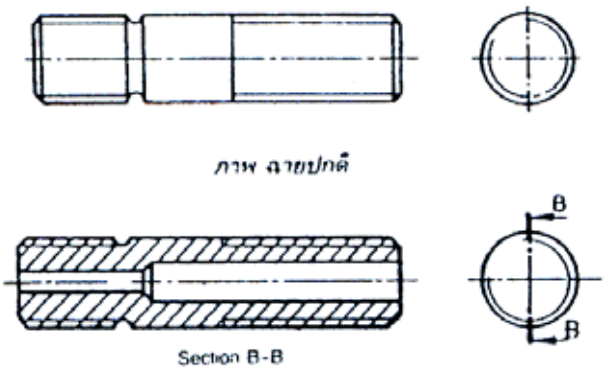
19. ส่วนที่อยู่หลังระนาบตัดถ้าจำเป็นต้องแสดงส่วนที่อยู่หน้าภาพตัด ซึ่งปกติถูกตัดออกไปแต่ต้องแสดงรายละเอียด ไว้ที่ภาพตัดเพื่อการมองภาพชัดเจนขึ้นใช้เส้นศูนย์กลางเล็ก



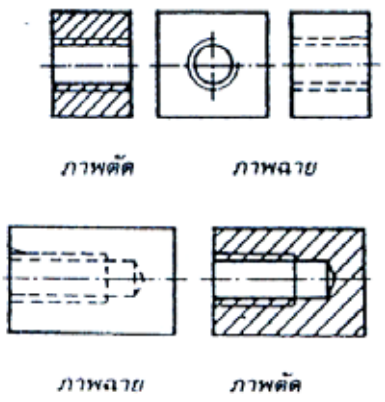
20. การแสดงภาพตัดชิ้นงานที่มีรูปร่างทรงสมมาตรกัน เพื่อประหยัดพื้นที่ที่เขียนแบบรูปทรงให้สมมาตรกันให้แสดงไว้เพียงส่วนเดียว และเพื่อแสดงรูปทรงสมมาตรกันให้ขีดเส้นขนานสั้น ๆ ไว้ที่เส้นผ่านศูนย์กลางทั้งสองข้าง



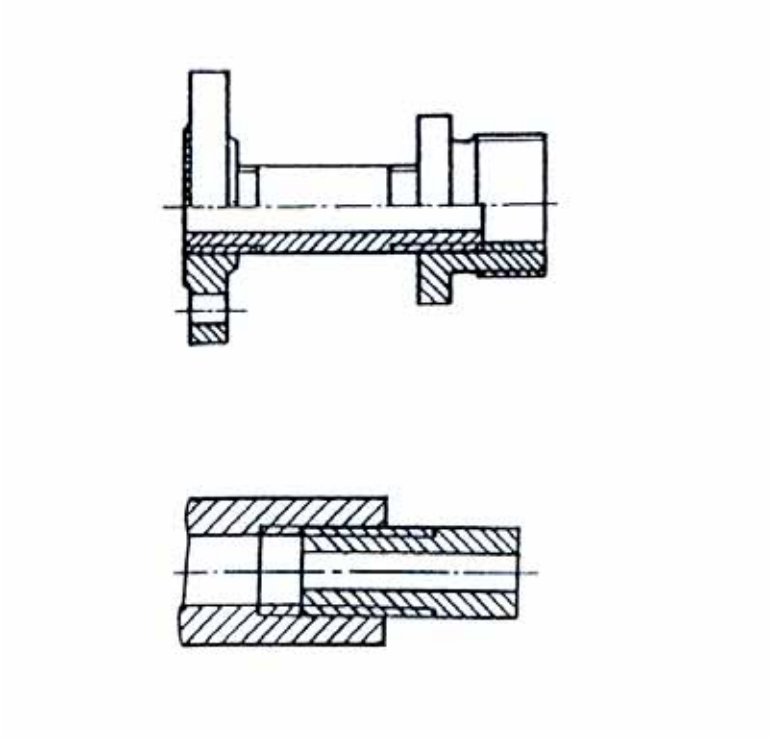
21. การเขียนเส้นเกลี่ยวนอกที่มองเห็นให้ใช้เส้นเต็มหนักเป็นเส้นยอดเดียว และเส้นเต็มเบาเป็นเส้นโคนเกลียว และการเขียนเกลียวที่ภาพด้านข้างเส้นโคนเกลียว ใช้เส้นเต็มเบาเขียนเพียง ¾ ของวงกลม



22. การเขียนภาพตัดเกลียวใน ให้แสดงลายตัดจนถึงยอดเกลียว เส้นสิ้นสุดของเกลียวใช้เส้นเต็มหนัก และเส้นที่เขียนวงกลมเขียนด้วยเส้นเต็มเบาเขียนประมาณ ¾ ของวงกลม ถ้าเป็นภาพฉายเขียนเกลียวให้ใช้เส้นประโยคเขียนสลับขนานกัน

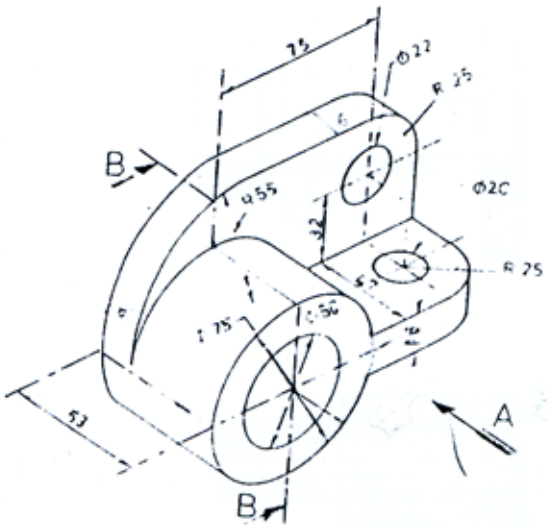


23. ในกรณีที่เส้นเกลียวใน และเกลียวนอกทับกัน จากการเขียนภาพตัดประกอบให้เขียนเป็นเส้นเกลียวนอกส่วนที่เหลือเป็นเกลียวใน และเส้นสิ้นสุดของเกลียวในให้ใช้เส้นเต็มหนัก

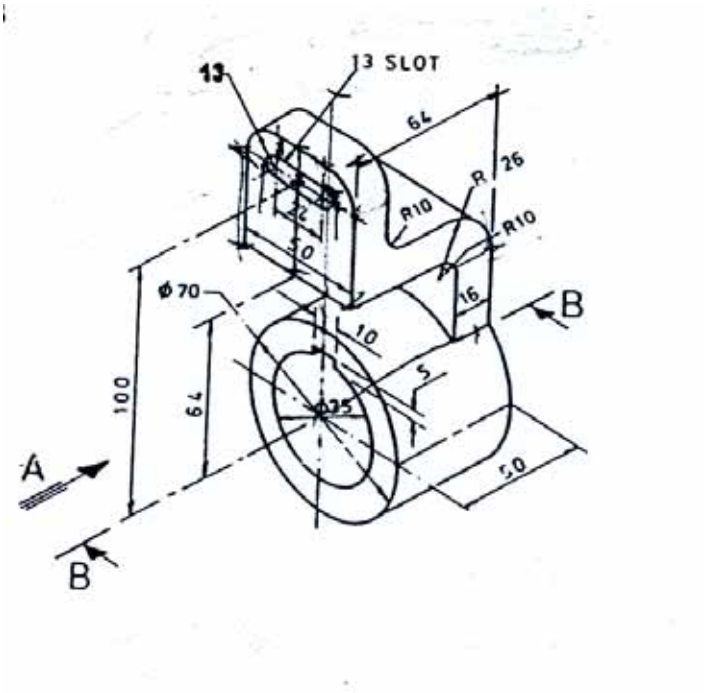


แบบฝึกหัดชุดที่ 5

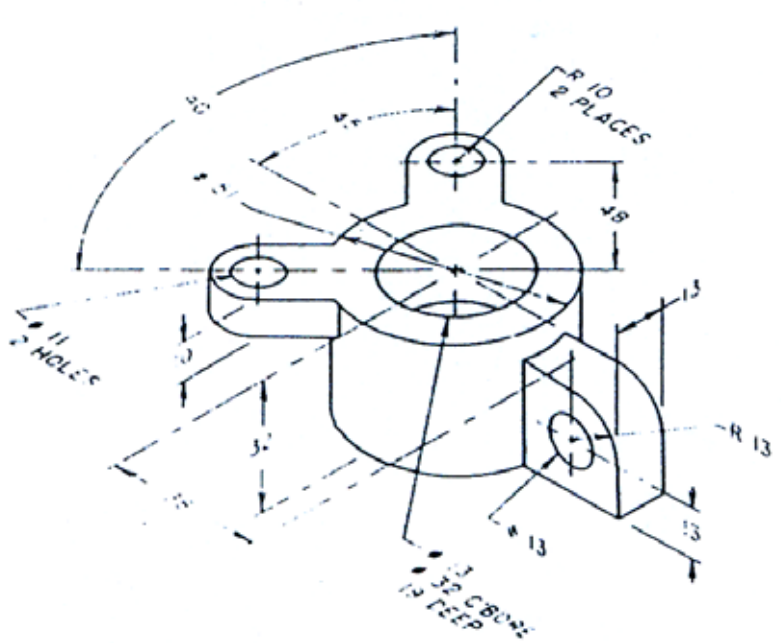
1. จากรูปจงเขียนภาพตัดเต็ม (Full Section) มาตราส่วน 1:1 พร้อมทั้งกำหนดขนาดให้เรียบร้อยลงในกระดาษ A3



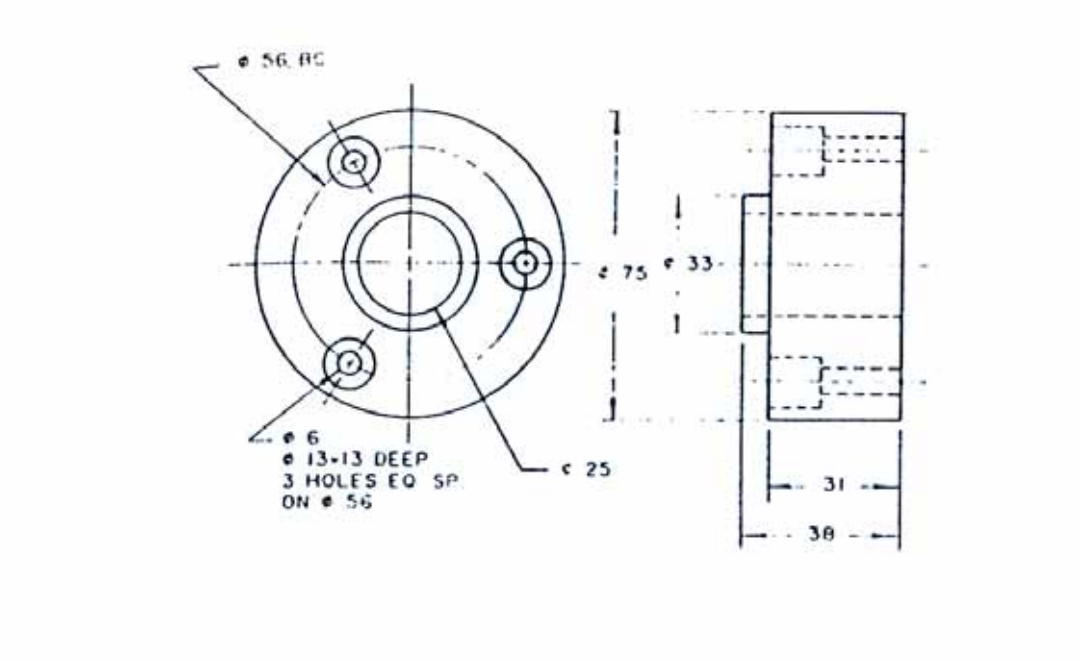
2. จากรูปจงเขียนภาพตัดเต็ม (Full Section) มาตราส่วน 1:1 พร้อมทั้งกำหนดขนาดให้เรียบร้อยลงในกระดาษ A3



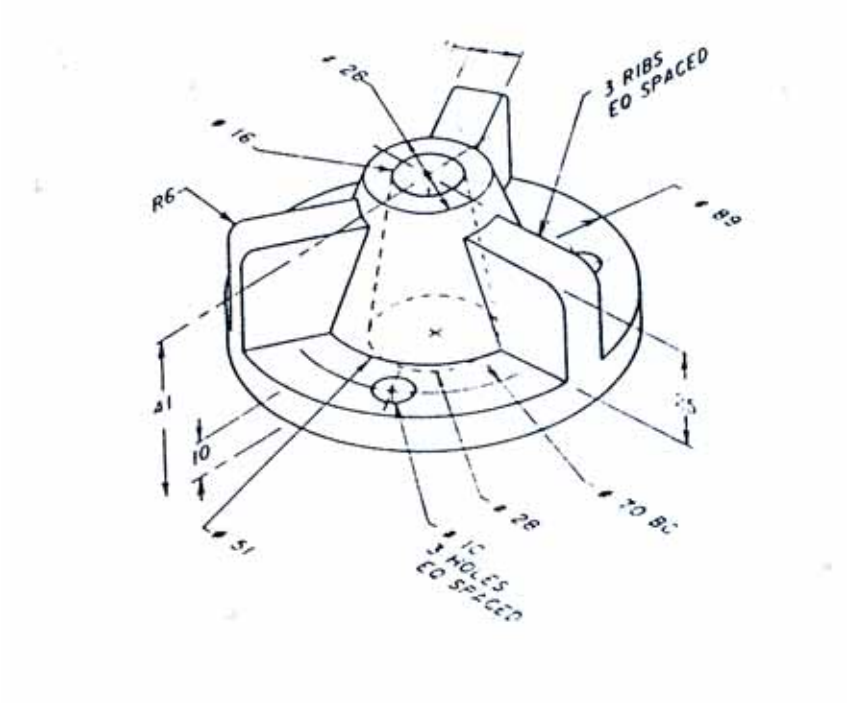
3. จากรูปจงเขียนภาพตัดเต็ม (Full Section) มาตราส่วน 1:1 พร้อมทั้งกำหนดขนาดให้เรียบร้อยลงในกระดาษ A3



4. จากรูปจงเขียนภาพตัดเต็ม (Full Section) มาตราส่วน 1:1 พร้อมทั้งกำหนดขนาดให้เรียบร้อยลงในกระดาษ A3



5. จากรูปจงเขียนภาพตัดเต็ม (FULL SECTION) มาตราส่วน 1:1 พร้อมทั้งกำหนดขนาดให้เรียบร้อยลงในกระดาษ A 3

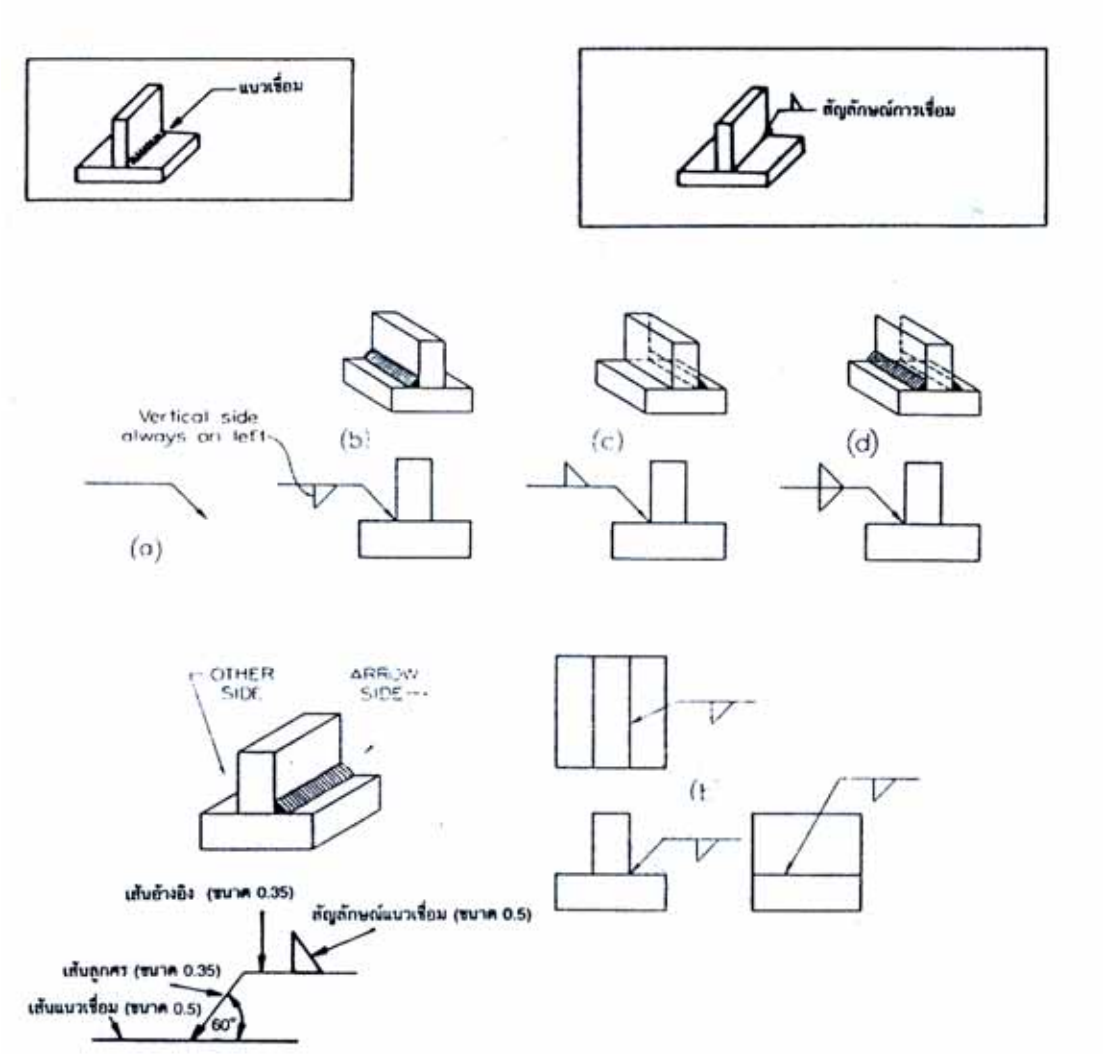


บทที่ 11

การเขียนแบบสัญลักษณ์งานเชื่อม

การเขียนแบบงานเชื่อม

การเขียนแบบงานเชื่อม ถ้าเราเขียนแบบตามลักษณะงานจริงจะเสียเวลาและยุ่งยากสำหรับการเขียนแนวเชื่อมและยังได้รายละเอียดไม่ครบถ้วน ดังนั้นการเขียนแบบงานเชื่อมจึงนิยมใช้สัญลักษณ์แทน



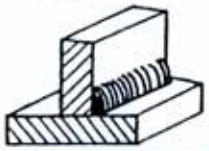
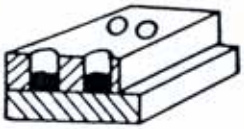
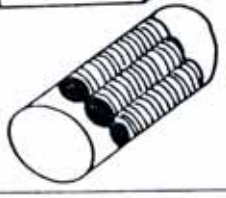
เขียนแบบด้วยสัญลักษณ์

การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมจะแบ่งออกเป็นชนิดได้ 4 ชนิด

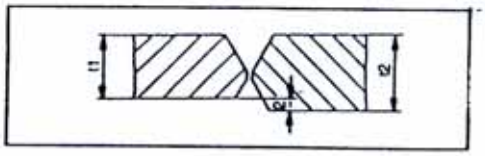
1. การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมเบื้องต้น
2. การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมแบบผสม
3. การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมแบบบอกผิวแนวเชื่อม
4. การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมแบบรวมแล้วกำหนดขนาดแนวเชื่อม

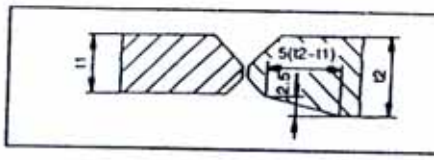
การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมเบื้องต้น

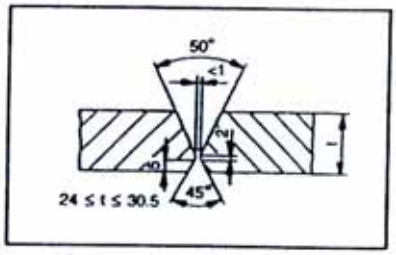
NO	*ชื่อรอยต่อแนวเชื่อม*	*ภาพชิ้นงาน*	*สัญลักษณ์*
1	เชื่อมต่อชนแบบล้มขอบ (Butt weld with raised edges		
2	เชื่อมต่อชนแบบขอบขนาน (Square butt weld)		
3	เชื่อมต่อชนแบบบากตัว (V) (Single V butt weld)		
4	เชื่อมต่อชนแบบบากตัว (V) ด้านเดียว (Single bevel butt weld)		
5	เชื่อมต่อชนแบบบากตัว (V) มีรากหรือตัว (Y) (Single V butt weld with board root face)		
6	เชื่อมต่อชนแบบบากข้างเดียวมีรากหรือตัววายข้างเดียว (Single bevel butt weld with board root face)		
7	เชื่อมต่อชนแบบบากตัว (U) (Single U butt weld)		
8	เชื่อมต่อชนแบบบากตัว (J) (Single J weld)		

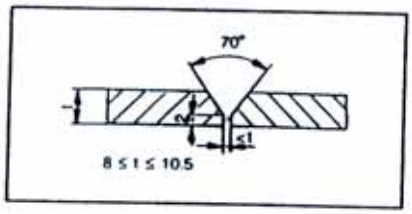
No.	ชื่อรอยต่อแนวเชื่อม	ภาพชิ้นงาน	สัญลักษณ์
9.	เชื่อมตัวชนแนวเชื่อมซึมลึกออกข้างหลัง (Backing run)		
10.	เชื่อมชนฉาก หรือเชื่อมตัวที (Fillet weld)		
11.	เชื่อมต่อเกยแบบเชื่อมเป็นร่อง ๆ (Plug weld)		
12.	เชื่อมต่อเกยแบบจุด หรือเชื่อมสปอต (Spot weld)	 	
13.	เชื่อมต่อเกยแบบเชื่อมตะเข็บ (Scam weld)	 	
14.	เชื่อมพอก	 	

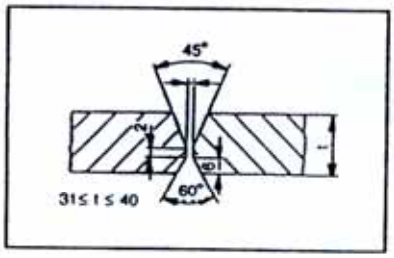
มาตรฐานการบากชิ้นงาน

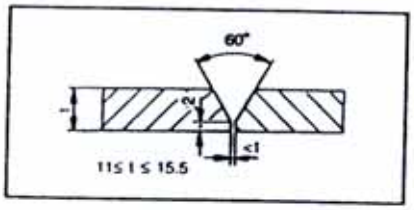


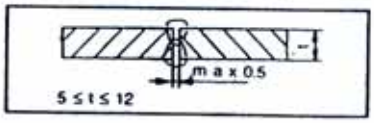


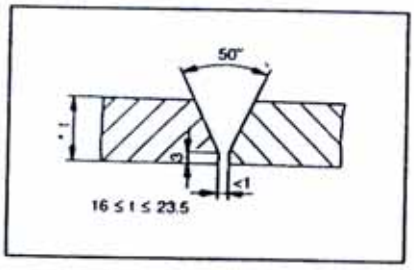


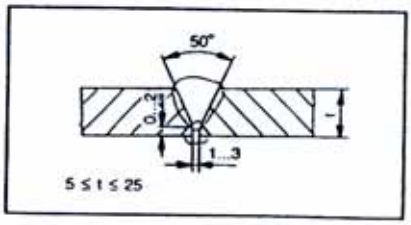


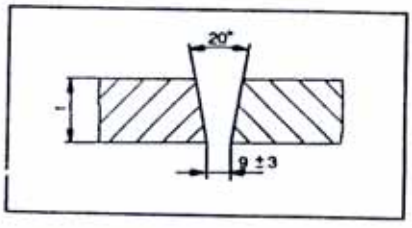


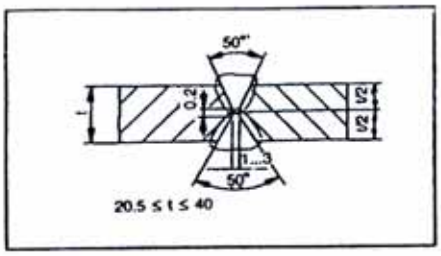


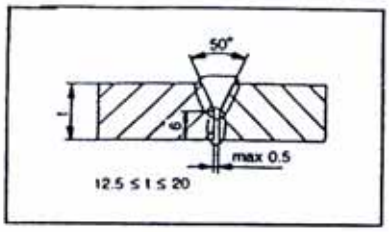


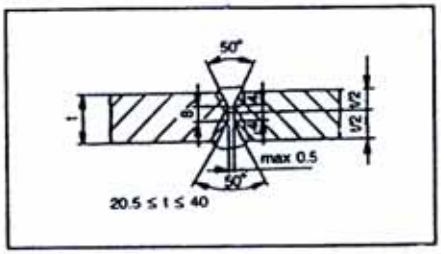


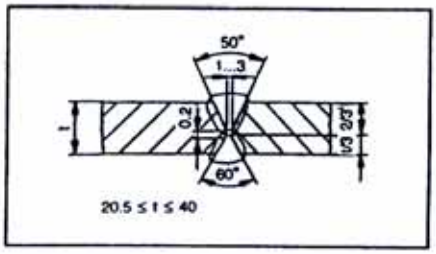


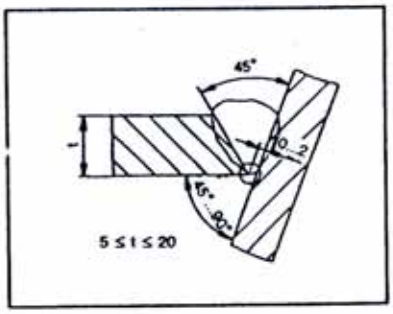


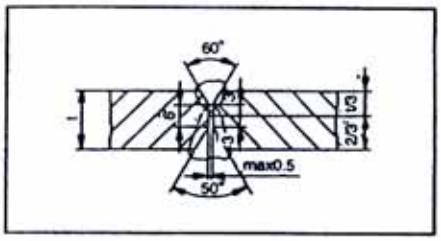

50°
0.2
t/2
t/2
1...3
50°
20.5 ≤ t ≤ 40

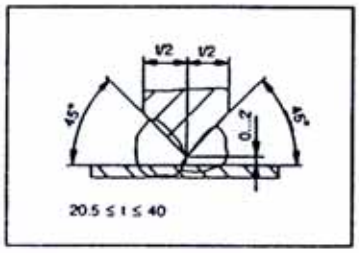

50°
t
6
max 0.5
12.5 ≤ t ≤ 20


50°
6
t/2
t/2
max 0.5
50°
20.5 ≤ t ≤ 40

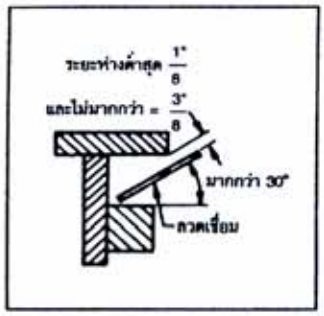

50°
1...3
0.2
t/3
2/3t
60°
20.5 ≤ t ≤ 40

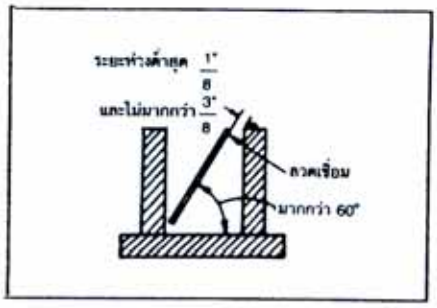

45°
t
2...3
45°...90°
5 ≤ t ≤ 20

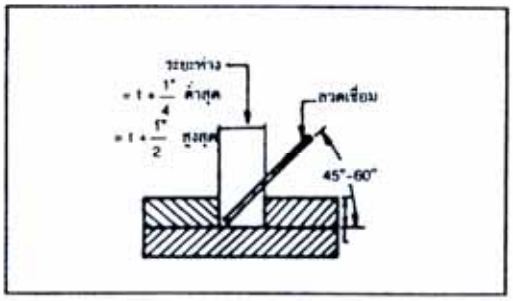

60°
3
6
t
1...3
t/3
2/3t
max0.5
50°


t/2
t/2
45°
45°
0...2
20.5 ≤ t ≤ 40

การวางตำแหน่งงานเชื่อม

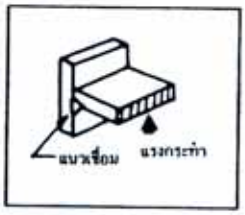






ข้อดีข้อเสียของตำแหน่งการเชื่อมในความสัมพันธ์กับแรงหลายทิศทาง

ผิด



ถูกต้อง

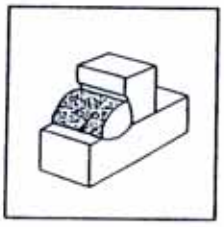
การต่อชนแบบฉาก

ผิด

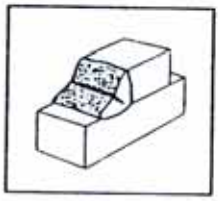
ถูกต้อง

การต่อชนแบบตัววีข้างเดียว

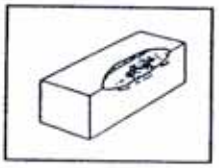
ข้อดีข้อเสียในงานเชื่อม



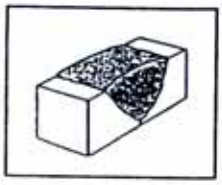
(D)
แนวเชื่อมต่ำกว่าแนวชิ้นงาน



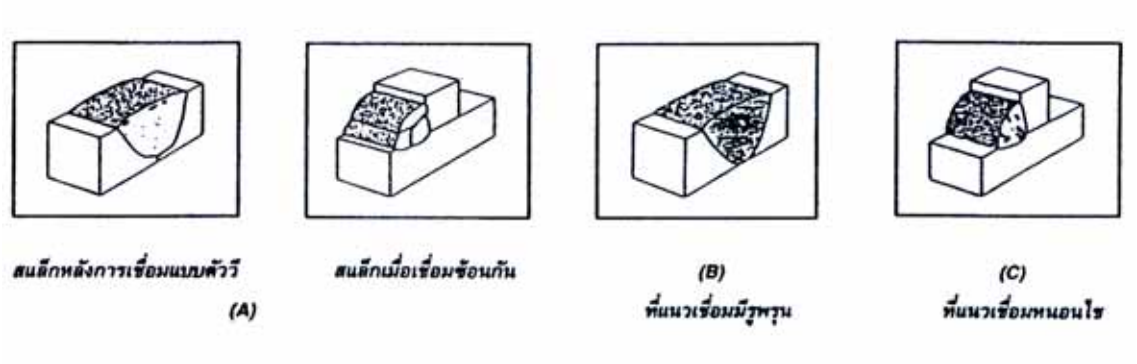
(E)
แนวเชื่อมเป็นรอยแยก



(F)
แนวเชื่อมยังไม่เป็นแนวแยก



(G)
มีช่องว่างไม่เต็มรอยมาก



ตำแหน่งการวางสัญลักษณ์งานเชื่อม

ตำแหน่งการวางสัญลักษณ์รอยเชื่อมจะมีมาตรฐานการวาง 4 มาตรฐาน

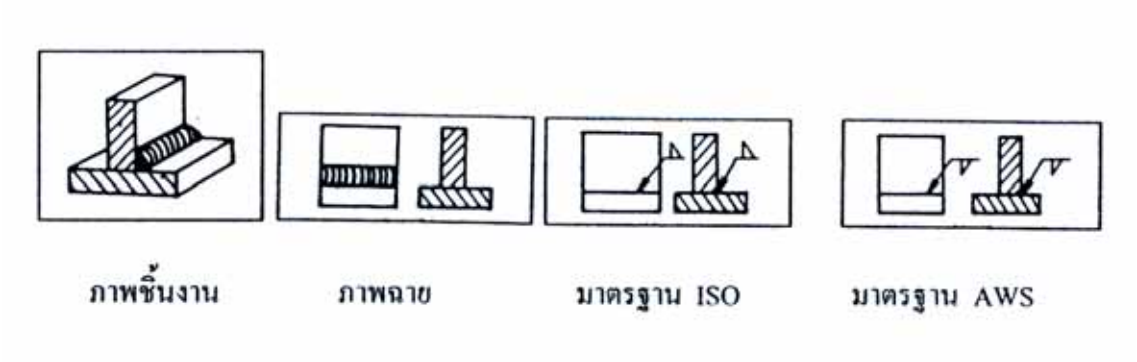
1. มาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization)
2. มาตรฐาน DIN (Deutxcheindustrie Normen)
3. มาตรฐาน AWS (American Welding Society)
4. มาตรฐาน JIS (Japanese Industrial Standard)

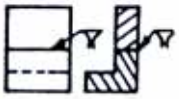
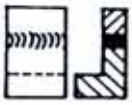
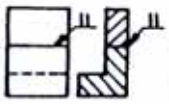
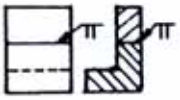
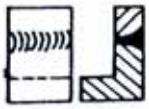
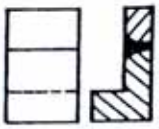
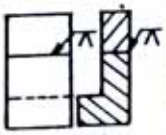
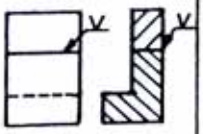
ในการเขียนแบบงานเชื่อมนี้จะเขียนสัญลักษณ์จะใช้มาตรฐาน 2 มาตรฐาน เพราะมาตรฐาน ISO จะเหมือนมาตรฐาน DIN มาตรฐาน AWS จะเหมือนกับมาตรฐาน JIS ในการใช้เขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมที่นิยมใช้มี 2 มาตรฐาน

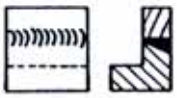
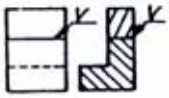
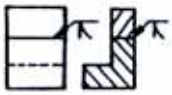
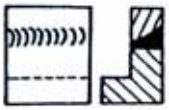
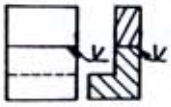
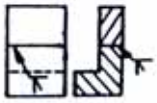
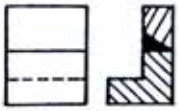
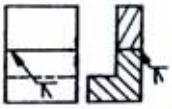
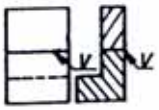
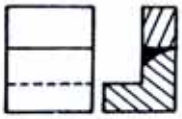
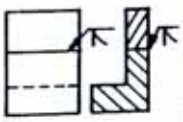
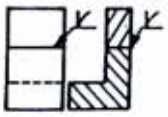
(1). มาตรฐาน ISO

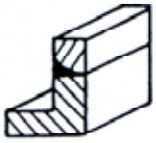
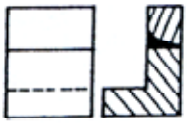
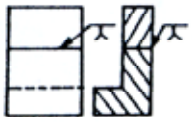
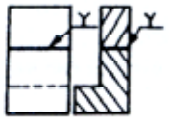
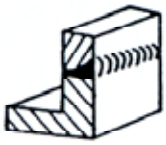
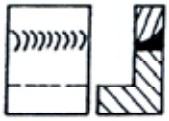
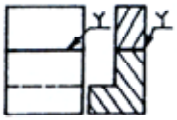
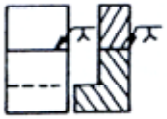
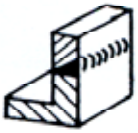
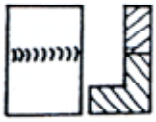
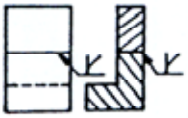
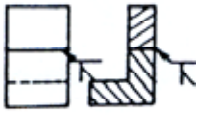
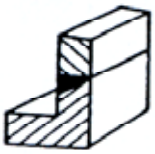
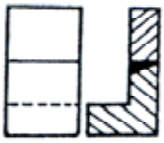
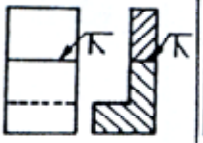
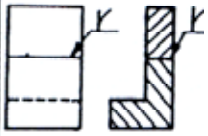
(2). มาตรฐาน AWS

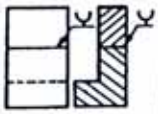
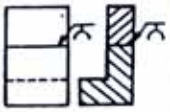
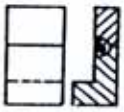
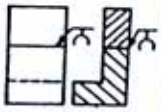
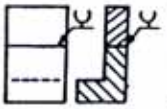
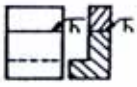
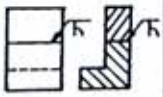
แต่จะใช้กันมากคือ มาตรฐาน ISO สัญลักษณ์งานเชื่อมตามมาตรฐาน ISO กับ AWS จะแตกต่างกันตรงที่วางตำแหน่งสัญลักษณ์

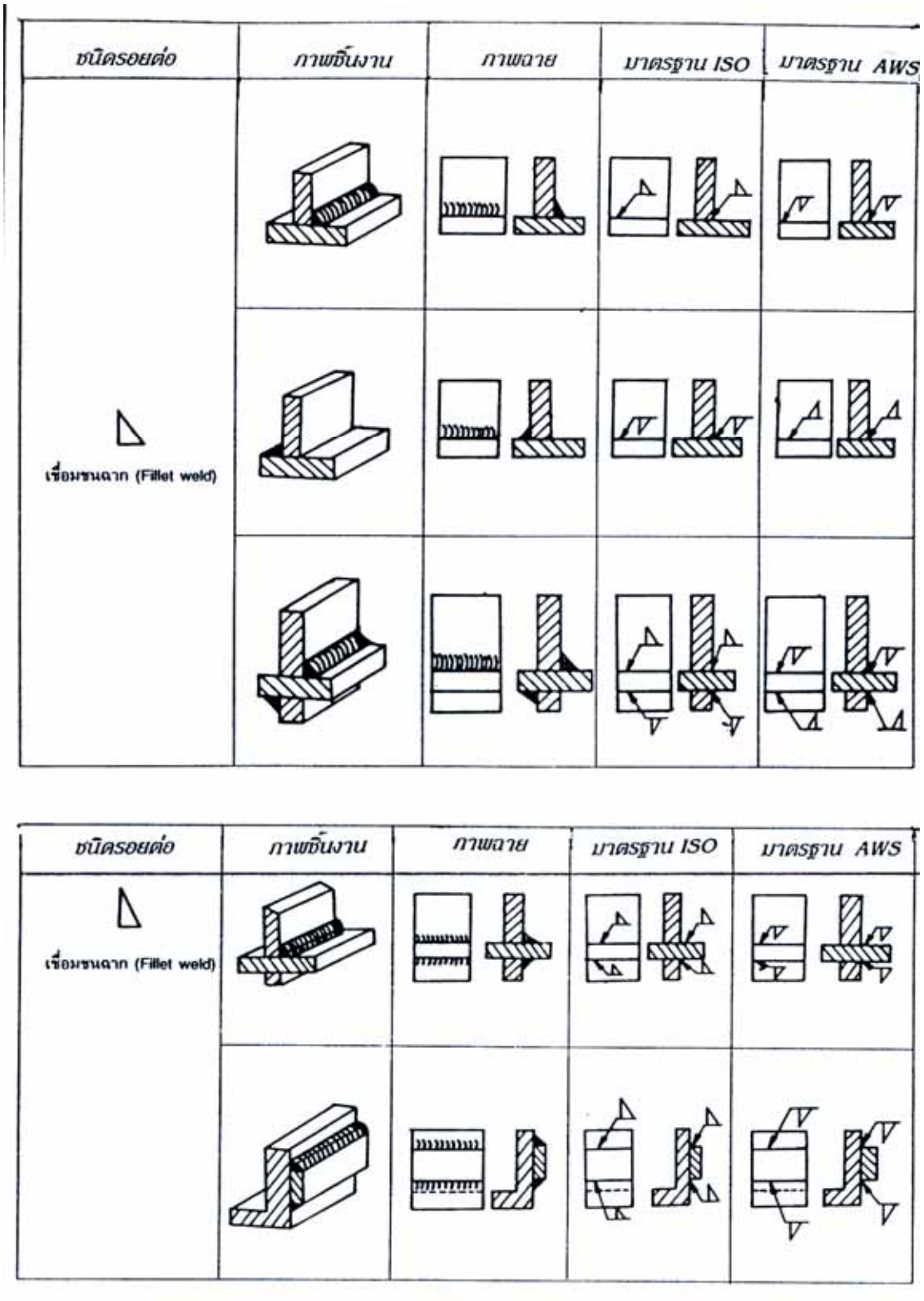


ชนิดรอยต่อ	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	มาตรฐาน ISO	มาตรฐาน AWS
)(เชื่อมต่อชนแบบส้มขอบ (Butt weld between plates with raised edges)				
II เชื่อมต่อชนแบบขอบขนาน (Square butt weld)				
V เชื่อมต่อชนแบบบากตัววี (Single-v Butt weld)				
				

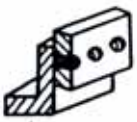
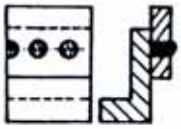
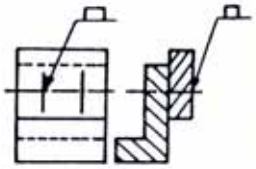
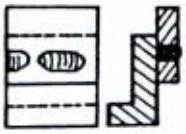
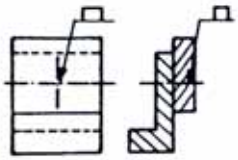
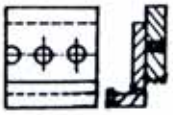
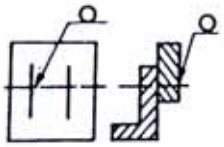
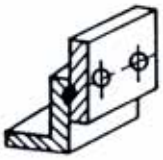
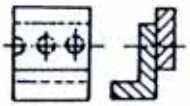
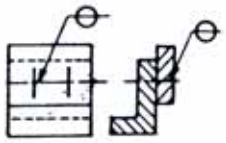
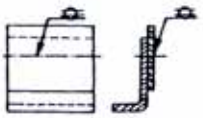
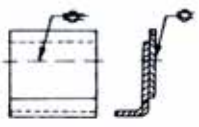
ชนิดรอยต่อ	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	มาตรฐาน ISO	มาตรฐาน AWS
V เชื่อมต่อชนบากวีข้างเดียว (Single-bevel butt weld)				
				
				
				

ชนิดรอยต่อ	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	มาตรฐาน ISO	มาตรฐาน AWS
เชื่อมต่อชนแบบวี (v) ข้างเดียวมีรากหรือตัววาย (y) (Single-v butt weld with board root face)				
				
เชื่อมต่อชนแบบบากร่องข้างเดียวมีราก (Single bevel weld with board root face)				
				

ชนิดรอยต่อ	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	มาตรฐาน ISO	มาตรฐาน AWS
เชื่อมต่อชนแบบบากด้วยตัวยู (U) (Single-U butt weld)				
				
เชื่อมต่อชนแบบบากตัวเจ (J) (Single-J butt weld)				
				

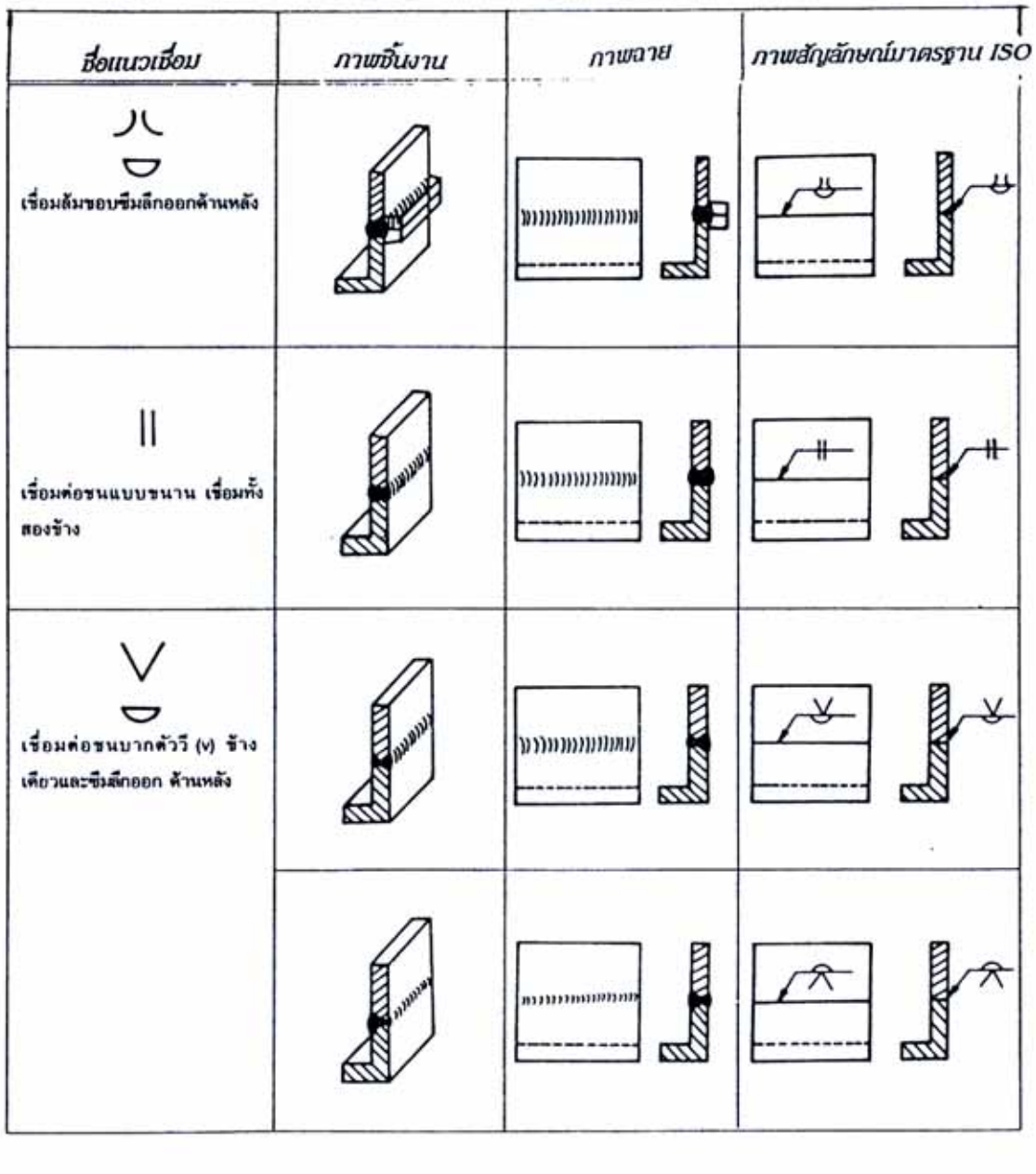


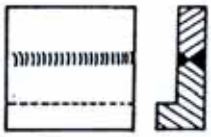
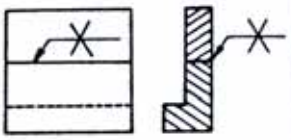
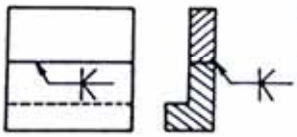
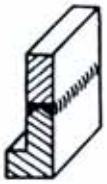
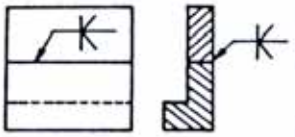
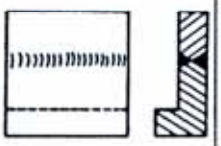
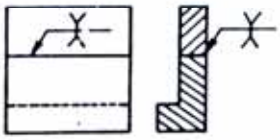
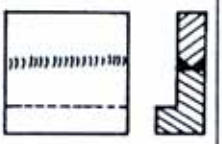
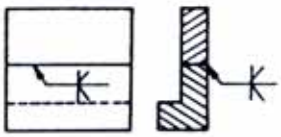
จากสัญลักษณ์งานเชื่อมมาตรฐาน ISO กับมาตรฐาน AWS จะมีสัญลักษณ์เหมือนกันจะแตกต่างกันที่วางสัญลักษณ์ ฉะนั้นตารางสัญลักษณ์งานเชื่อมต่อไปนี้จะมีสัญลักษณ์มาตรฐาน ISO เท่านั้น

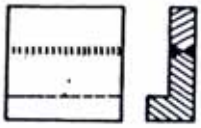
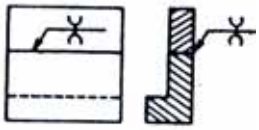
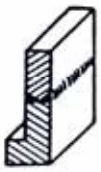
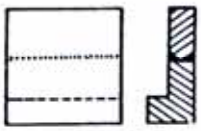
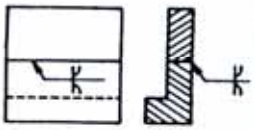
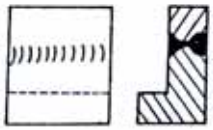
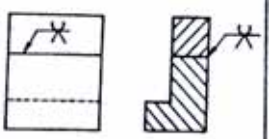
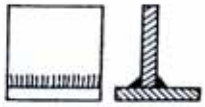
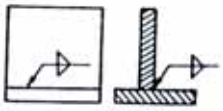
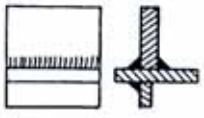
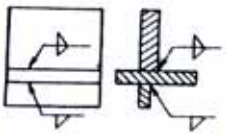
ชนิดรอยต่อ	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	สัญลักษณ์มาตรฐาน ISO
เชื่อมต่อเกยเชื่อมเป็นช่อง ๆ (Plug weld)			
			
เชื่อมต่อเกยแบบจุด (Spot weld)			
			
เชื่อมต่อ[illegible]มมิดเข็บ (Seam [illegible])			
			

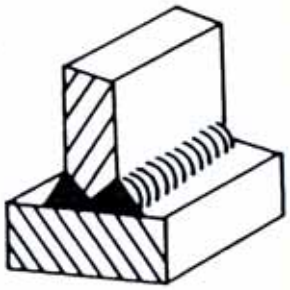
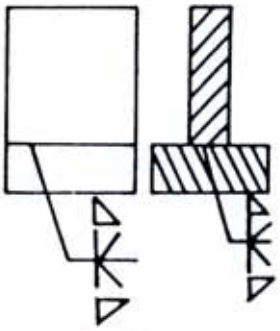
การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมแบบผสม

งานเชื่อมบางครั้งต้องเชื่อมงานที่มีความหนามาก ๆ จำเป็นต้องเชื่อมทั้งสองข้าง คือ ด้านหน้า และ ด้านหลัง ดังนั้นการเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมต้องกำหนดเป็นแบบผสม



ชื่อแนวเชื่อม	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	ภาพสัญลักษณ์มาตรฐาน ISO
เชื่อมต่อชนบากตัววี (V) ทั้งสองข้าง			
เชื่อมต่อชนบากตัววี (V) ข้างเดียว เชื่อมทั้ง 2 ข้าง			
			
เชื่อมต่อชนแบบตัววายทั้ง 2 ข้าง			
เชื่อมต่อชนบากสองข้างมีราก			

ชื่อแนวเชื่อม	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	ภาพสัญลักษณ์มาตรฐาน ISO
เชื่อมต่อชนบากตัวยู (U) เชื่อมทั้ง 2 ข้าง			
เชื่อมต่อชนบากตัวเจ @ ทั้ง 2 ข้าง			
เชื่อมต่อชนบากตัววี และบากตัวยู			
เชื่อมต่อชนฉากหลายมุม			
			

ภาพชิ้นงาน	การระบุสัญลักษณ์	ภาพรอยเชื่อม
	 (ไม่แนะนำให้ใช้)	(แนะนำให้ใช้)

ในแบบแยกเฉพาะส่วน (Separated sdetch) ไม่ควรเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมรวมกันหลายๆ สัญลักษณ์ในตัวอย่างการแสดงภาพ แต่ให้เขียนภาพรอยเชื่อมแทน

การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมแบบบอกผิวแนวเชื่อม

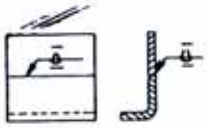
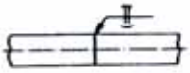
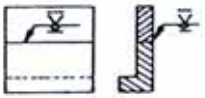
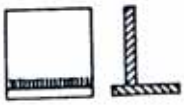
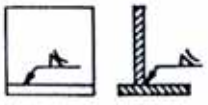
จะเป็นสัญลักษณ์บ่งบอกผิวงานเชื่อม ซึ่งผิวงานเชื่อมจะมี 3 ลักษณะ

สัญลักษณ์ผิวแนวเชื่อม:

รูปร่างลักษณะผิวแนวเชื่อม	สัญลักษณ์
แนวเชื่อมราบชัดเรียบ (Flat)	
แนวเชื่อมนูน (Convex)	
แนวเชื่อมเว้า (Concane)	

ชื่อเรียกแนวเชื่อม	ภาพแสดง	สัญลักษณ์
การเชื่อมต่อชนแบบรูปตัววี (v) ด้านเดียว แนวเชื่อมราบชัดเรียง		
การเชื่อมต่อชนแบบรูปตัววี (v) ทั้ง 2 ด้าน ผิวเชื่อมนูน		
การเชื่อมต่อชนฉากผิวเชื่อมเว้า		
การเชื่อมต่อชนแบบรูปตัววี (v) ด้านเดียว ซึมลึกด้านหลัง ผิวเรียบทั้ง 2 ข้าง		

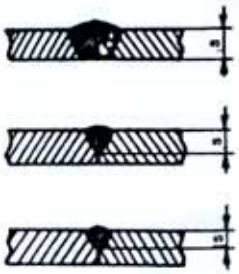
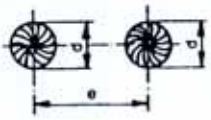
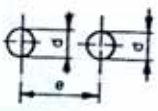
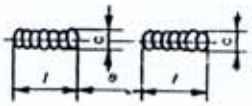
ตัวอย่างสัญลักษณ์ผิวแนวเชื่อมกับสัญลักษณ์การเชื่อมลงในแบบงาน

ชื่อแนวเชื่อม	ภาพชิ้นงาน	ภาพฉาย	ภาพสัญลักษณ์
เชื่อมต่อชนแบบล้มขอบ ขึมลึกด้านหลังผิวเรียบทั้ง 2 ด้าน			
เชื่อมต่อชนขอบชนานผิว นูนรอบขึ้นงาน			
เชื่อมต่อชนบากตัววี (V) ผิวเรียบขึมลึกด้านหลัง			
เชื่อมต่อชนแบบตัววี (V) ทั้ง 2 ข้างผิวนูน			
เชื่อมต่อชนฉากผิวแนวเชื่อมเว้า			

การเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมแบบรวมแล้วกำหนดขนาดแนวเชื่อม

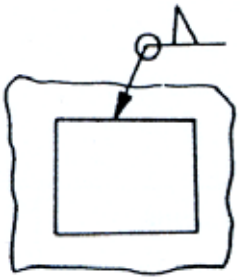
เมื่อเขียนสัญลักษณ์ได้แล้วสิ่งต่อไปนี้จำเป็นมากสำหรับงานเขียนแบบ คือการบอกขนาดแนวเชื่อม ขนาดที่กำหนดในแนวเชื่อมมีดังนี้

1. ขนาดความโค้งพื้นที่หน้าตัวแนวเชื่อม (a, s, c, d)
2. ระยะความยาวแนวเชื่อม (l)
3. ระยะระหว่างแนวเชื่อม (e)
4. จำนวนแนวเชื่อม (n)

ลำดับ	ชื่อ	รายละเอียด	การกำหนด
1)	การเชื่อมต่อชน		S= ระยะต่ำสุดจากผิวของชิ้นงานถึงด้านล่างของรอยเชื่อมซึ่งจะต้องไม่เกินความหนาของชิ้นงานชิ้นที่บางกว่า
2)	การเชื่อมต่อชนระหว่างแผ่นทีพับขอบ		S= ระยะต่ำสุดจากผิวนอกของรอยเชื่อมถึงด้านล่างรอยเชื่อม
3)	การเชื่อมตะเข็บ		c n X l (e) C= ความกว้างของแนว E= ระยะห่างระหว่างแนว
4)	การเชื่อมอุดรู		d n X(e) d = ความโต Ø ร่องเชื่อม
5)	การเชื่อมจุด		d n X (e) d = ความโต Ø จุดเชื่อม

สัญลักษณ์เพิ่มเติม

การเชื่อมบางครั้งต้องกำหนดรายละเอียดสัญลักษณ์ลงไปเพิ่มเติม เพื่อให้งานเชื่อมที่ออกมาตามความต้องการต้องระบุสัญลักษณ์เพิ่มที่สัญลักษณ์งานเชื่อม

(1) ถ้าต้องการเชื่อมโดยรอบชิ้นงาน ให้ระบุสัญลักษณ์วงกลม

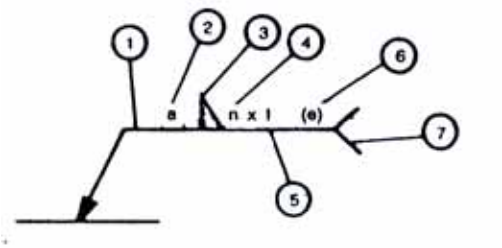


(2) ถ้าต้องการเชื่อมหน้างาน ซึ่งหมายถึงงานในสนามหรืองานที่อยู่นอกโรงงาน ให้ระบุสัญลักษณ์เป็นรูปธง

(3) ถ้าต้องการระบุกระบวนการเชื่อมตัวเลข 21 เป็นกระบวนการเชื่อมให้เป็นไปตาม ISO 4063

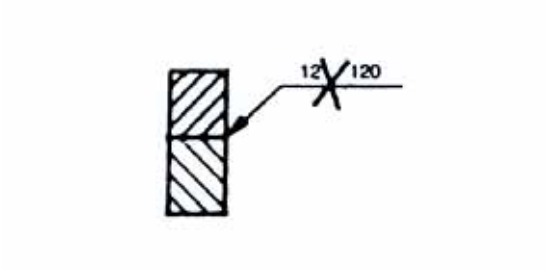
การกำหนดขนาดต่าง ๆ โดยใช้สัญลักษณ์

1. เส้นอ้างอิงและเส้นลูกศร
2. ขนาดความโตงานเชื่อม
3. สัญลักษณ์การเชื่อม
4. จำนวนแนวเชื่อม
5. ความยาวแนวเชื่อม
6. ระยะห่างระหว่างแนวเชื่อม
7. ส่วนห่างแสดงกระบวนงานเชื่อม

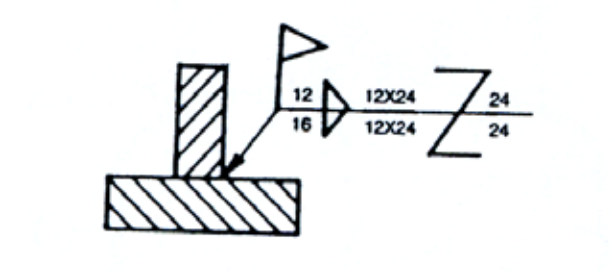


การกำหนดขนาดสัญลักษณ์แนวเชื่อม

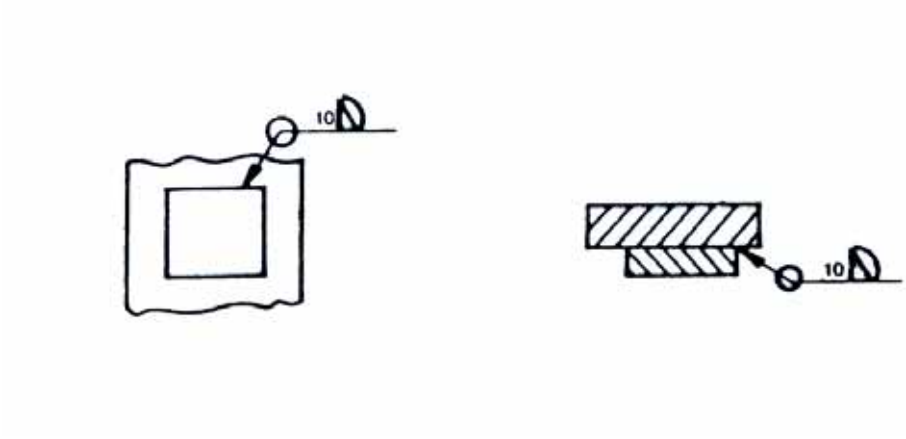
เชื่อมต่อชนแบบรูปตัววี (V) ทั้ง 2 ด้าน ขนาดแนวเชื่อม -12 มม. ความยาวแนวเชื่อม - 120 มม.



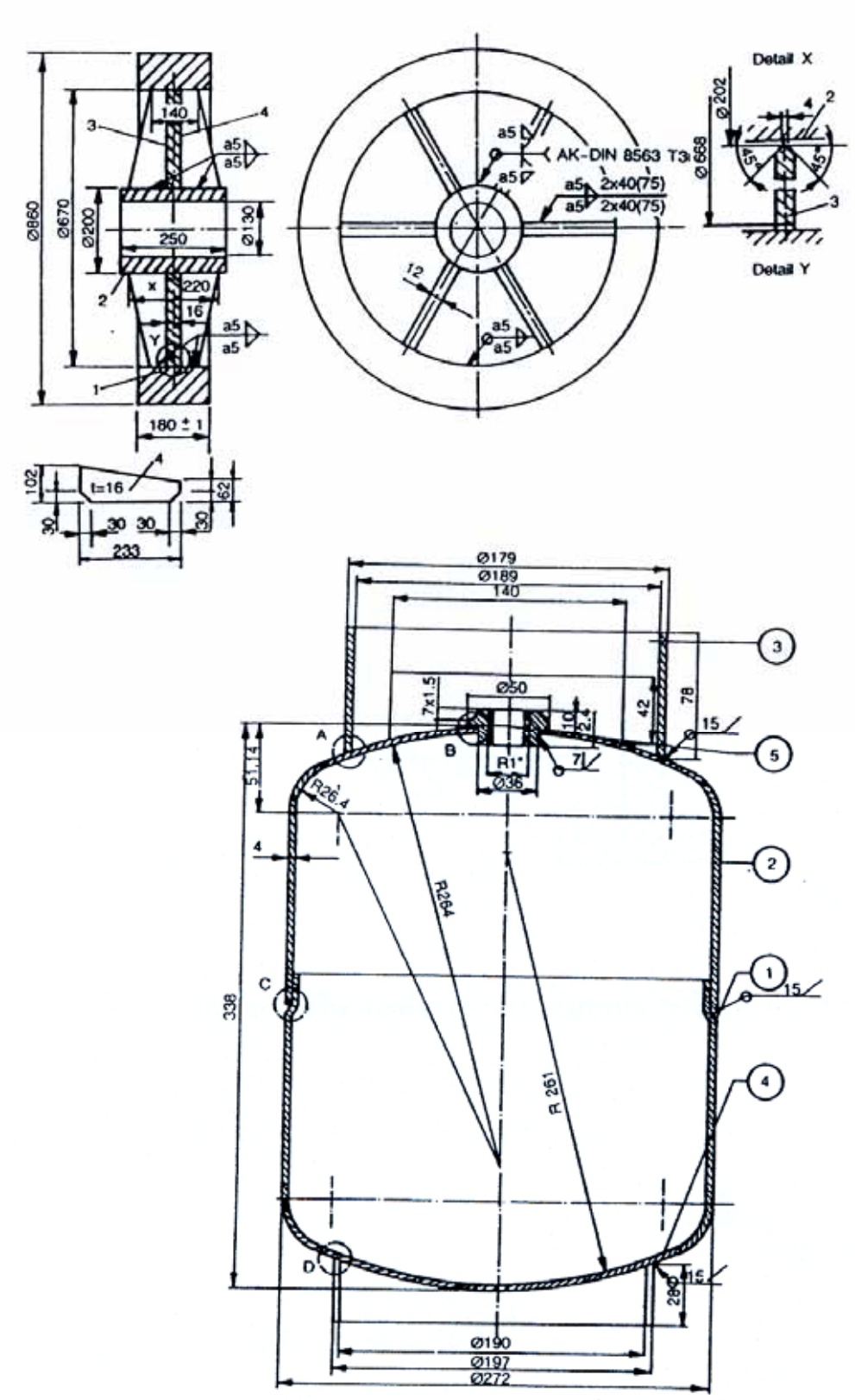
เชื่อมต่อฉาก (Fillet) เชื่อมทั้ง 2 ด้าน ด้านหน้าแนวเชื่อมโต 12 มม. เชื่อมเป็นช่วง ๆ ทั้งหมด 12 แนว แต่ละแนวยาว 24 มม. แนวเชื่อมด้านหลังโต 16 มม. ทั้งหมด 12 แนว แต่ละแนวยาว 24 มม. และห่างกัน 24 มม. เชื่อมที่สนามงานเชื่อม



เชื่อมต่อชนฉากผิวนูนเชื่อมโดยรอบชิ้นงาน ความโตแนวเชื่อม 10 มม.

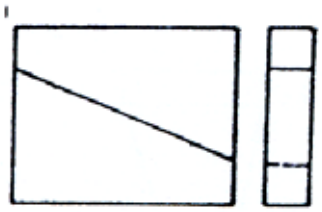


ตัวอย่างการบอกสัญลักษณ์งานเชื่อม

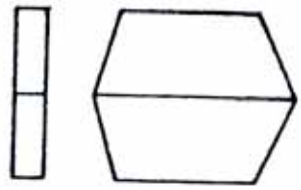


แบบฝึกหัดชุดที่ 6

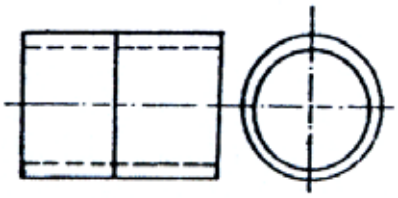
1. จงขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมบากตัว U



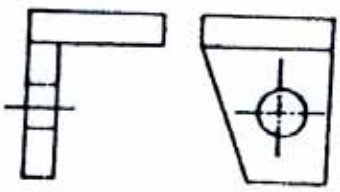
2. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมบากตัว X



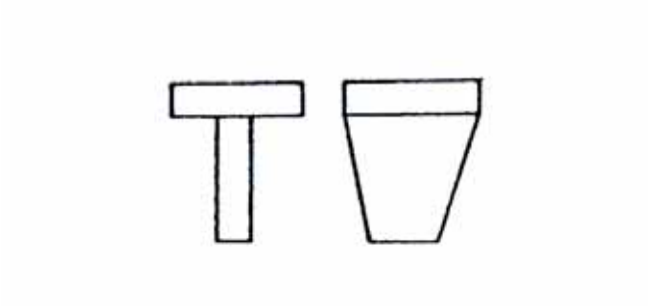
3. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมบากตัว V



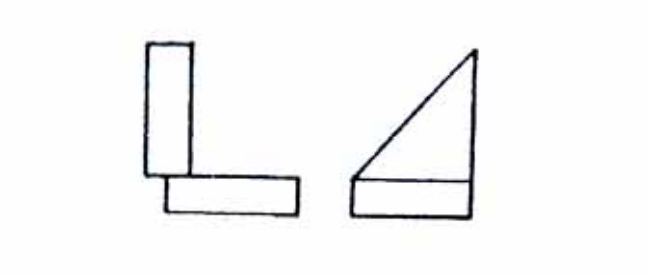
4. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมบากตัว V และเชื่อมต่อตั้ง



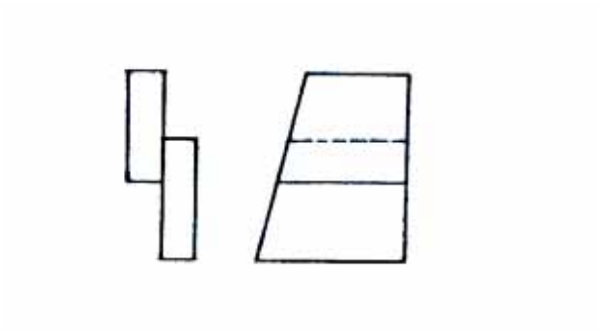
5. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมต่อตั้งตะเข็บคู่



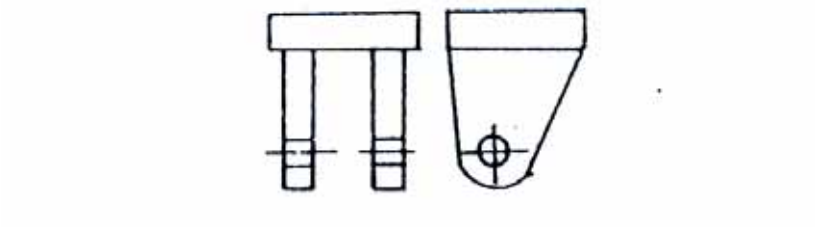
6. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมต่อตั้งตะเข็บนูน



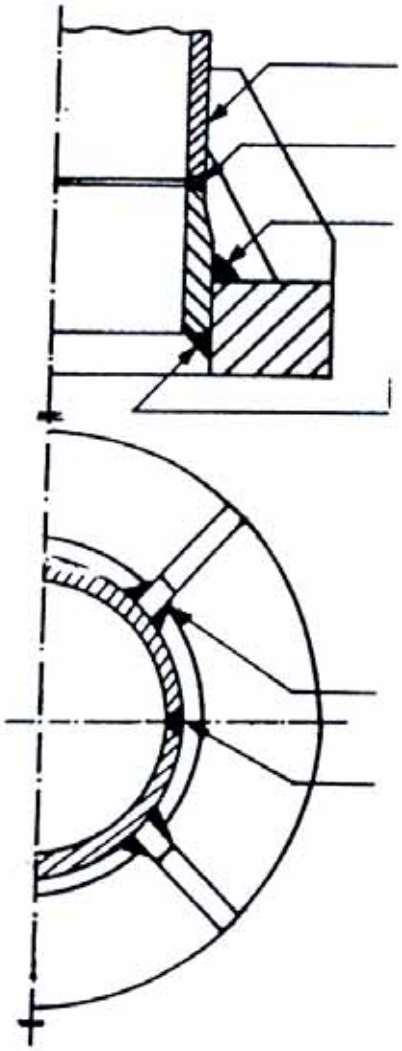
7. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมต่อเกย ตะเข็บคู่



8. จงเขียนสัญลักษณ์งานเชื่อมบากตัว K



9. จากรูปจงเขียนสัญลักษณ์แนวเชื่อมตรงลูกศรชี้



บทที่ 12

แบบทำงาน (WORKING DRAWING)

Working Drawing หมายถึง แบบงานต่าง ๆ สำหรับใช้ในการผลิต เช่น แบบสร้างเครื่องจักรกล สร้างเครื่องมือกล ฯลฯ โดยที่วิศวกรเป็นผู้ออกแบบและให้แผนกเขียนแบบเขียนแบบให้สมบูรณ์ชัดเจนขึ้น พร้อมที่จะนำแบบไปสร้างหรือผลิตให้ชิ้นส่วนหรือชิ้นงานตามที่แบบกำหนด ฉะนั้นแบบทำงานจะต้องมีรายละเอียดต่าง ๆ ที่จะต้องแสดงลงไปในแบบงานอย่างครบถ้วน

Working Drawing จะต้องมีรายละเอียดดังนี้

1. ต้องเป็นแบบแสดงรูปของชิ้นงานเป็นภาพแยกชิ้นทุกชิ้นยกเว้นชิ้นส่วนมาตรฐาน
2. ขนาดต่าง ๆ ของแต่ละชิ้นส่วนต้องละเอียดสมบูรณ์
3. รายละเอียดคำสั่งทำงานต่าง ๆ ของแต่ละแบบ การบอกพิกัดความเผื่อ, การระบุผิวงานในแบบต้องมีความถูกต้องสมบูรณ์
4. ตารางรายการชิ้นส่วน และรายการวัสดุ หมายเลขแบบจำนวนชิ้นงานที่ผลิต

แบบ WORKING DRAWING

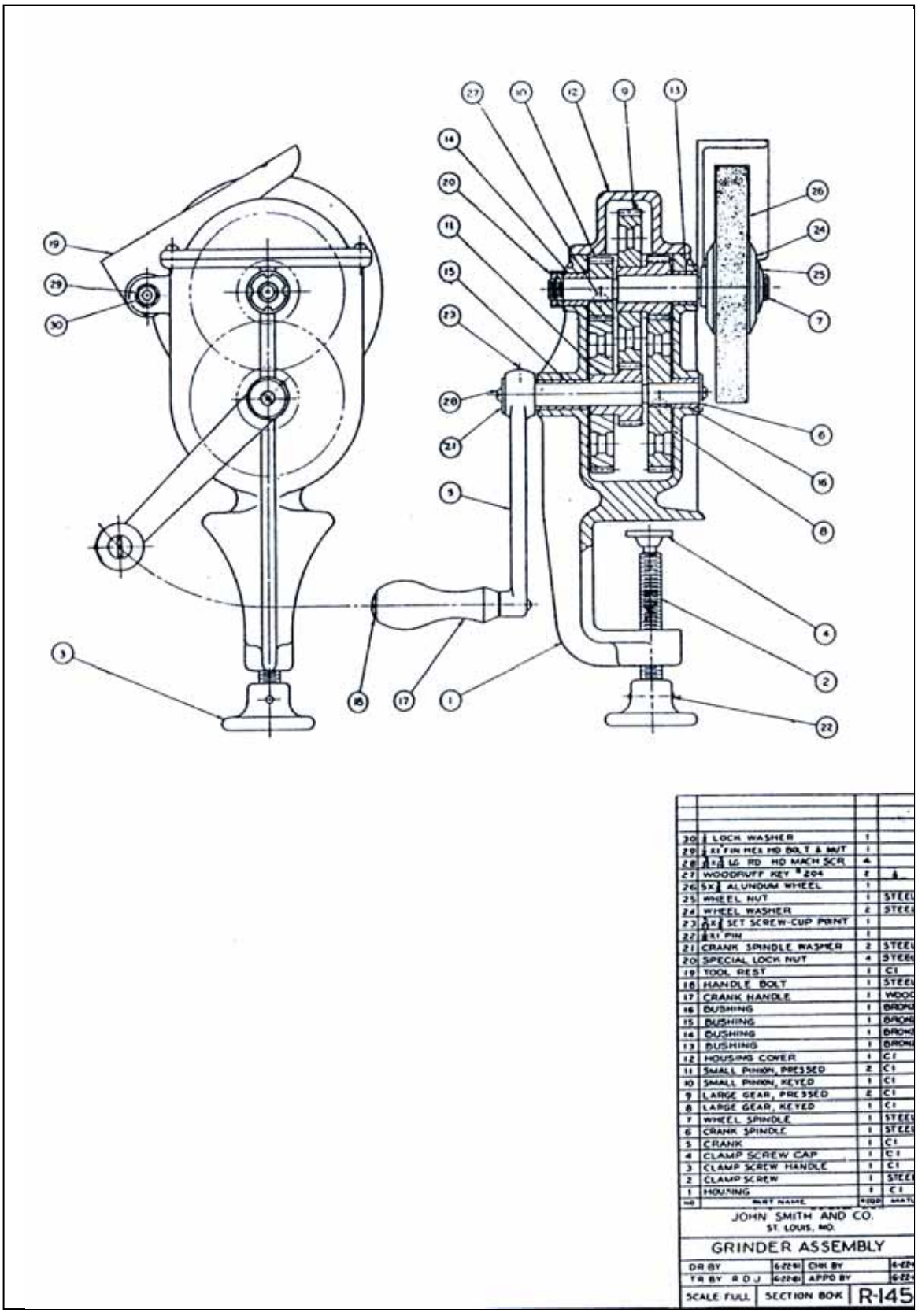
แบบ Working Drawing จะมี 2 อย่าง คือ

1. แบบแยกชิ้น (Detail Drawing) เป็นแบบแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นจากภาพประกอบ
2. แบบประกอบ (Assembly Drawing) เป็นแบบประกอบรูปร่างของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นนำมาประกอบกันจะมีตารางรายการแบบแสดงชื่อชิ้นส่วนที่ประกอบกัน รวมทั้งวัสดุและขนาดวัสดุ

การเขียนภาพประกอบ (ASSEMBLY DRAWING)

การเขียนภาพประกอบ เพื่อแสดงให้เห็นวิธีการในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้ามาเป็นชิ้นงาน เช่น แบบประกอบแม่พิมพ์ แบบประกอบโมลด์ฉีดพลาสติก อุปกรณ์จับยึดต่าง ๆ การเขียนภาพประกอบจะต้องแสดงรายละเอียดให้ชัดเจน เช่น ตำแหน่งการประกอบ การยึดประกอบเข้าด้วยกัน หน้าที่ ลักษณะการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนนั้น เช่น ตัวอย่างการเขียนภาพ ดังรูป

ตัวอย่างการเขียนตัวเลขชี้ส่วนของภาพประกอบ

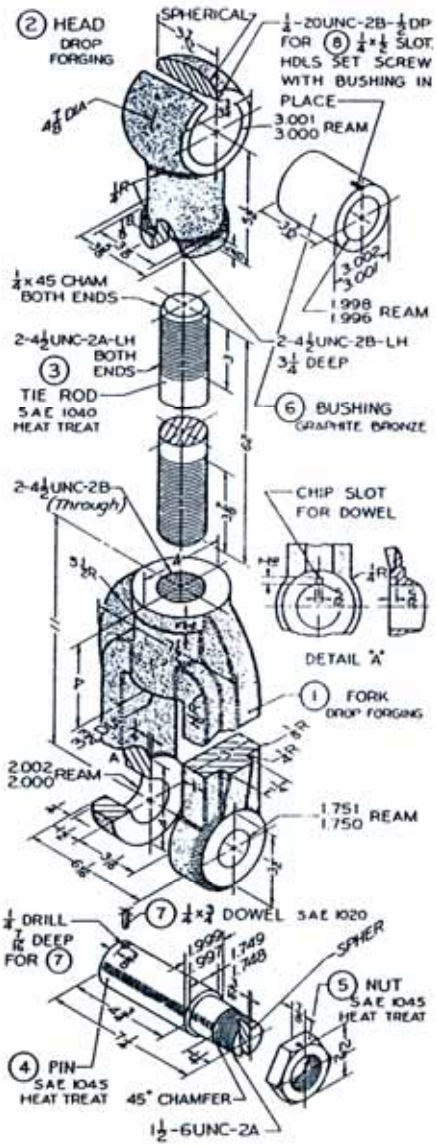


สรุปรายละเอียดของการเขียนภาพประกอบ

1. การเขียนภาพประกอบ ควรเป็นภาพฉาย เพราะแสดงชิ้นส่วนของแบบต่าง ๆ ได้ละเอียดและชัดเจนในการเขียนภาพประกอบจะเขียนเป็นภาพฉายด้านหน้า ภาพด้านข้าง หรือ ด้านหน้า ด้านบน แล้วเขียนเป็นภาพตัดประกอบ
2. ในการเขียนภาพประกอบไม่นิยมบอกขนาด เพราะจะทำให้ยุ่งยากสับสนในการอ่านแบบ จะบอกขนาดได้เป็นบางส่วนคือบอกขนาดความโตสุด ความยาวทั้งหมด ความสูง ความกว้าง ของชิ้นงานประกอบกันแล้ว นอกจากนี้ยังบอกถึงตำแหน่ง รูเจาะ สำหรับงานสวมประกอบยึดติดกัน
3. การเขียนภาพประกอบ จะต้องมีรายการแบบแสดงรายละเอียดทุกชิ้น เช่น ลำดับชิ้นที่ ชื่อชิ้นส่วน วัสดุที่ใช้ทำ ขนาดวัสดุ ชิ้นส่วนมาตรฐาน หมายเลขแบบ จำนวนชิ้น
4. กำหนดหมายเลขแบบในภาพประกอบ จะกำหนดขึ้นมาเองจากหน่วยงาน หรือโรงงานที่ผลิต
5. การเขียนภาพประกอบต้องมีตัวเลขกำหนดชิ้นส่วน จะกำหนดชิ้นที่ 1 จะเป็นชิ้นฐานหรือชิ้นที่ใหญ่ ส่วนชิ้นเล็กรองให้กำหนดเป็นส่วนชิ้นต่อไป ตัวเลขบอกชิ้นส่วน สูง 5 มม.
6. เส้นชี้กำหนดให้เขียนด้วยเส้นเต็มบาง ควรลากจากชิ้นส่วนและเอียงทำมุมเล็กน้อยกับชิ้นส่วน
7. ตัวเลขบอกชิ้นส่วนควรเขียนวงกลมไว้ด้วย ในกรณีที่แบบมีมาก ชิ้นส่วนประกอบต้องป้องกันการสับสนในการอ่านแบบ

การเขียนภาพประกอบเป็นภาพ ISOMETRIC

การเขียนภาพประกอบกันเป็นภาพสามมิติ ชิ้นส่วนที่ประกอบช่างผู้อ่านแบบจะสามารถมองเห็นการเรียงลำดับการผลิตของแต่ละชิ้นส่วนและวิธีการประกอบได้ง่าย รวดเร็ว และแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ก่อนนำมาประกอบเข้าด้วยกันอย่างละเอียด เช่น แบบประกอบรถยนต์ แบบประกอบโมลด์ แบบประกอบรถมอเตอร์ไซด์

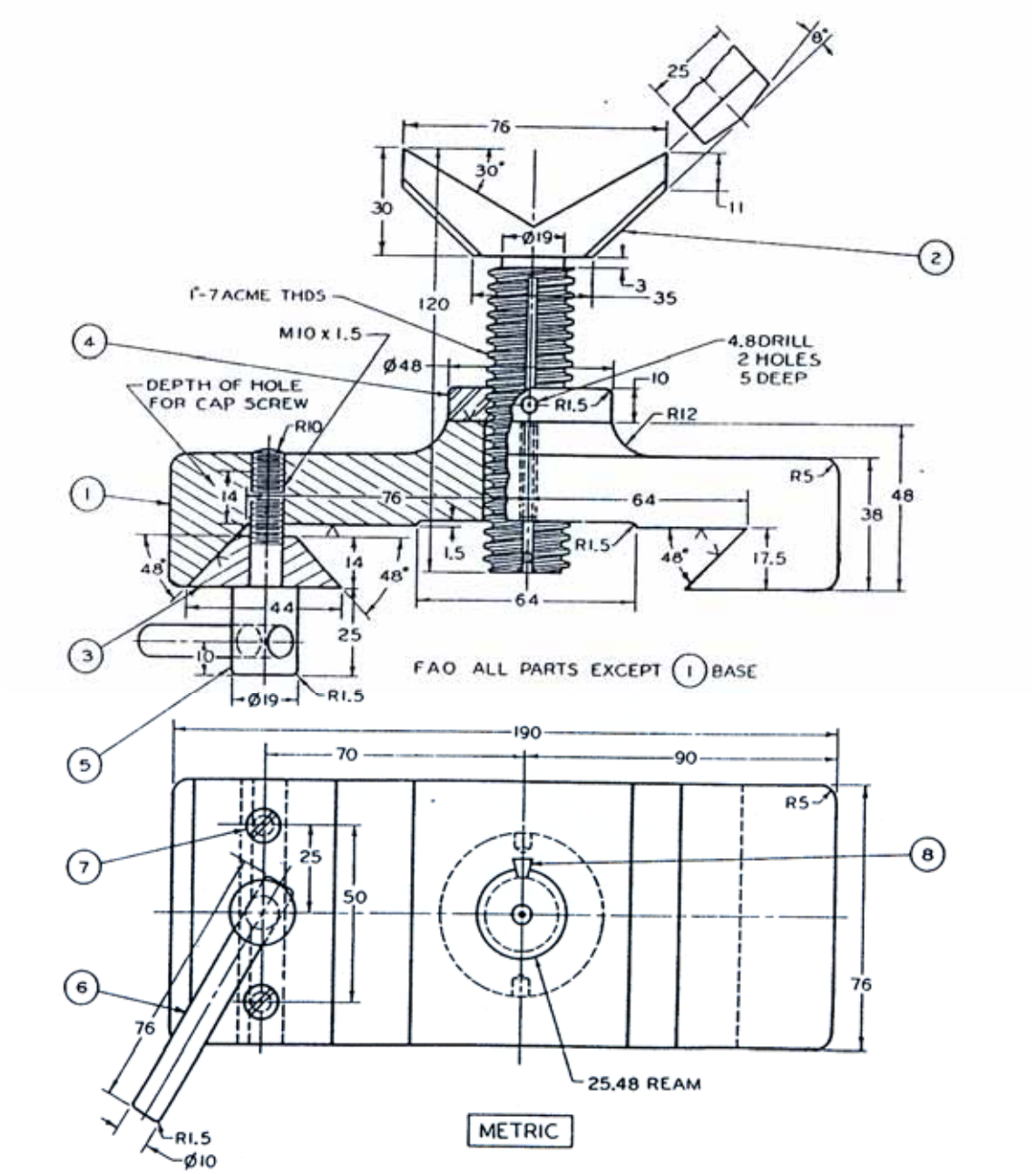


การเขียนภาพประกอบเป็นภาพ Isometric

การเขียนภาพแยกชิ้น (Detail Drawing)

จุดมุ่งหมายของการเขียนแบบแยกชิ้นส่วน แต่ละชิ้นส่วนที่นำมาเขียนเป็นภาพประกอบเข้าเป็นแบบประกอบหรือเป็นชุดงาน และเขียนแบบแยกชิ้นเพื่อไปทำการผลิตชิ้นส่วนตามความต้องการของงานแบบต่าง ๆ

ตัวอย่างการเขียนแบบแยกชิ้น CENTERING REST



CENTERING REST

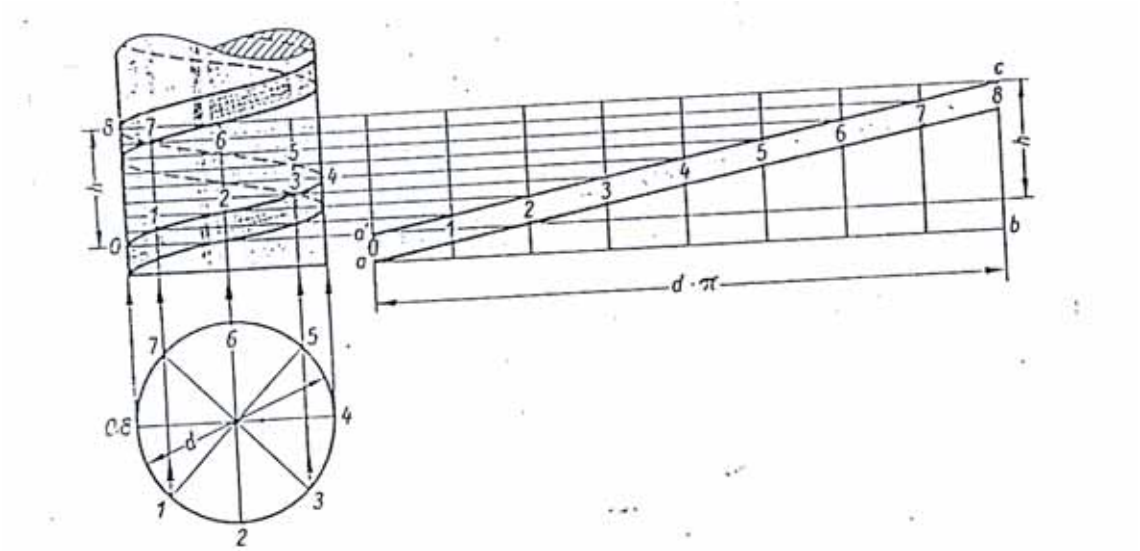
PARTS LIST

NO.	PART NAME	MATL	REQD	NO.	PART NAME	MATL	REQD
1	BASE	C I	1	5	CLAMP SCREW	SAE 1020	1
2	REST	SAE 1020	1	6	CLAMP HANDLE	SAE 1020	1
3	CLAMP	SAE 1020	1	7	M6 x 1-25LG FIL HD CAP SCREW		2
4	ADJUSTING NUT	SAE 1020	1	8	5.5 x 5.5 x 3.2 - 25 LG KEY	SAE 1030	1

บทที่ 13
เกลียว อุปกรณ์จับยึด และสปริง
(Screw Threads, Fasteners and Spring)

โครงสร้างหรือเครื่องจักรกลต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้นที่นำมาต่อเข้าด้วยกันหรือขันให้ติดกัน ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ชิ้นส่วนเหล่านั้นเกิดการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ต่อกัน อุปกรณ์ที่ใช้ยึดชิ้นส่วนเหล่านี้ได้แก่ สลักเกลียว (Bolts) สลักเกลียวฝัง (Studs) ลิ่ม (Keys) และหมุดย้ำ (Rivets) นอกจากนั้นยังมีการเชื่อม (Weldings) การประกอบรัดแน่น (Shrinkage fits) และการประกอบสวมแน่น (Interference fits) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะอุปกรณ์จับยึดที่เป็นเกลียวและหมุดย้ำเท่านั้น

13.1 เกลียว (Screw Treads หรือ Treads)

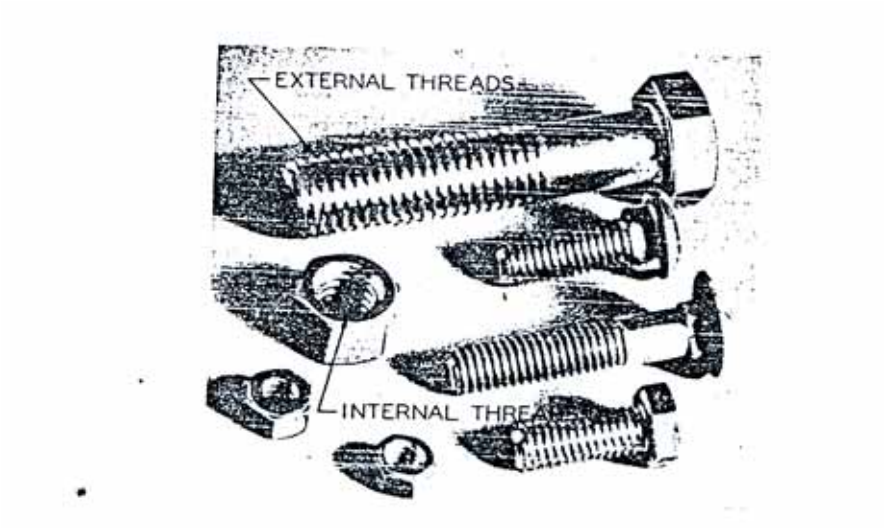


13.1 การเกิดเส้นเกลียวหรือสกรู

เกลียว (Threads) หมายถึงร่องบากที่ทำไว้ตามแนวเส้น Helix ที่มีลักษณะเป็นขดวงรอบผิวทรงกระบอก เมื่อมาครบหนึ่งรอบจะเกิดจุดเยื้องกัน ซึ่งแนวร่องบากนี้ได้จากการขดม้วนรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่ทำมุมเอียง α ประมาณ 2° - 4° ไปรอบ ๆ ภายนอกและภายในผิวทรงกระบอก ดังรูป 14.1

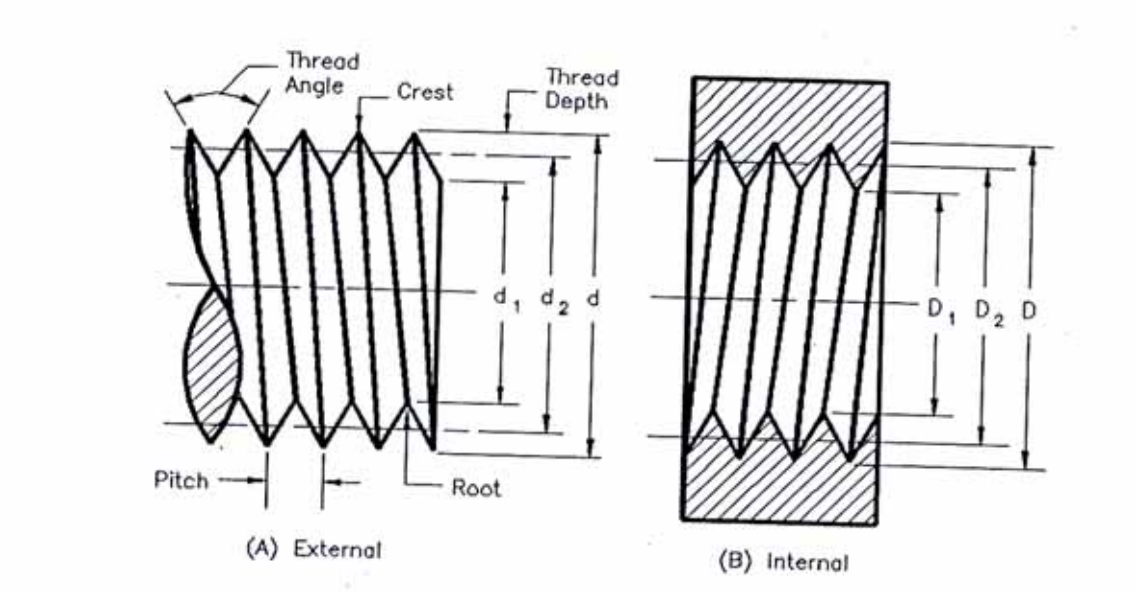
ถ้าร่องบากนั้นอยู่ภายนอกผิวทรงกระบอก เราเรียก **เกลียวนอก** (External Thread)

ซึ่งหมายถึงสกรู (Screw) หรือสลักเกลียว (Bolt) ทำนองเดียวกันถ้าร่องบากนั้นอยู่ภายในทรงกระบอกเราเรียกว่า **เกลียวใน** (Internal Thread) ซึ่งหมายถึงแป้นเกลียว (Nut) ดังรูป 13.2และ 13.3



รูป 13.2 ตัวอย่างแสดง เกลียวนอกและเกลียวใน

13.2 การเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของเกลียว (Tread Terminology)



รูปที่ 13.3 ชื่อส่วนต่าง ๆ ของเกลียว

Major Diameter : **เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่** เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตสุดของเกลียว การบอกขนาดเกลียวมักจะบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เป็นขนาดระบุ

(Norminal Size) สัญลักษณ์ที่ใช้เป็นอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ D หมายถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวใน ส่วนอักษรตัวพิมพ์เล็ก d หมายถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ของเกลียวนอก

Minor Diameter : **เส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก** เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดหรือเส้นผ่านศูนย์กลางรองของเกลียว หรืออาจเรียกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางโคนเกลียว สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ D_1 สำหรับเกลียวใน และ d_1 สำหรับเกลียวนอก

Pitch Diameter : **เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์** เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่อยู่ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กับเส้นผ่านศูนย์กลางโคนเกลียว ใช้สัญลักษณ์ D_2 สำหรับเกลียวใน และ d_2 สำหรับเกลียวนอก

Lead : **ระยะขันเกลียวต่อรอบ** เป็นระยะทางการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของสกรู เมื่อสกรูหมุนครบหนึ่งรอบ (360°)

Pitch : **ระยะพิตช์** เป็นระยะที่วัดจากจุด ๆ หนึ่งของเกลียวไปตามแนวแกนจนถึงตำแหน่งเดียวกันบนเกลียวถัดไป ปกติแล้วจะวัดระยะจากยอดเกลียวถึงยอดเกลียว ใช้สัญลักษณ์ P ส่วนใหญ่การกำหนดขนาดเกลียวจะกำหนดเป็นจำนวนเกลียวต่อความยาวหนึ่งนิ้ว เช่น 8 เกลียวต่อนิ้ว ซึ่งก็คือเกลียวที่มีระยะ Pitch เท่ากับ 1/8 นิ้วนั่นเอง โดยการใช้สูตร

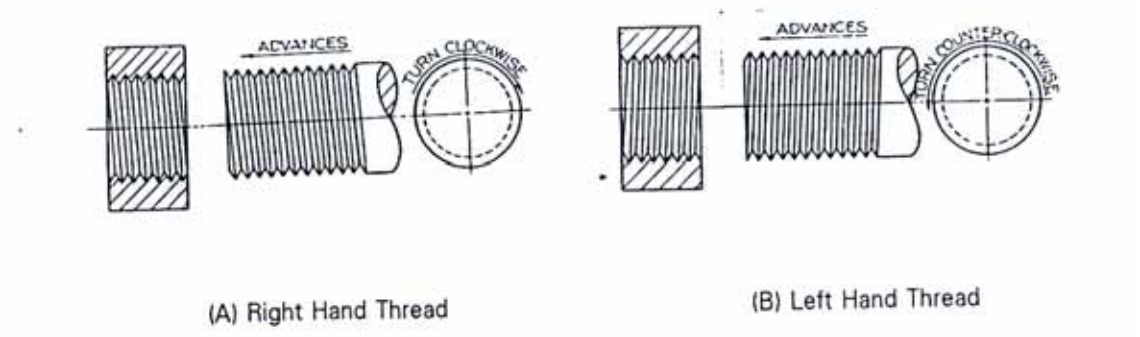
$$P = \frac{1}{\text{ขนาดจำนวนเกลียวต่อนิ้ว}}$$

Crest : **ส่วนยอดสุดของฟันเกลียว** หรือสันเกลียว

Tread Angle : **มุมฟันเกลียว** เป็นมุมที่วัดระหว่างผิวของฟันเกลียวซึ่งเกิดจากเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเกลียว ปกติเท่ากับ 60°

Root : **ส่วนล่างสุดของฟันเกลียว**

Side : ผิวด้านข้างของฟันเกลียวที่อยู่ระหว่างส่วนยอดสุดและล่างสุดของฟันเกลียว

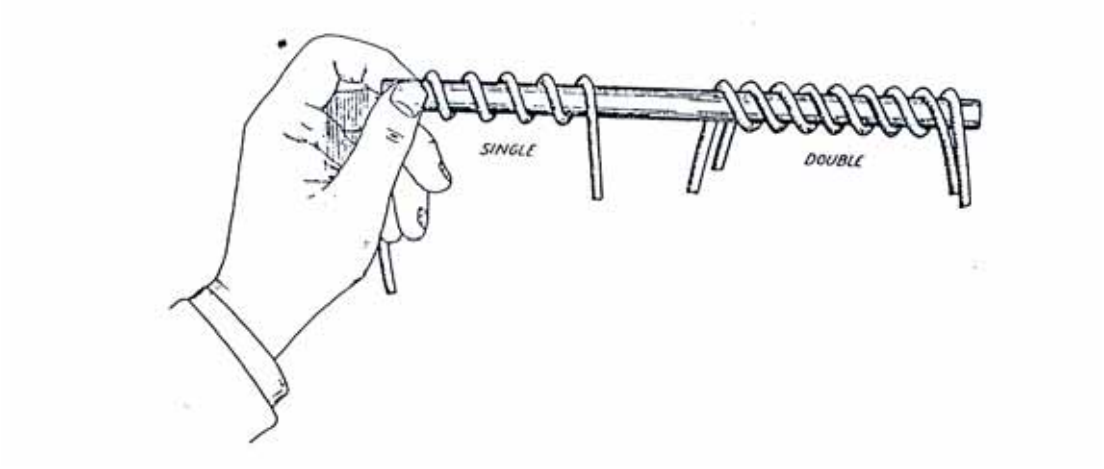


รูปที่ 13.4 ลักษณะเกลียวขวาและเกลียวซ้าย

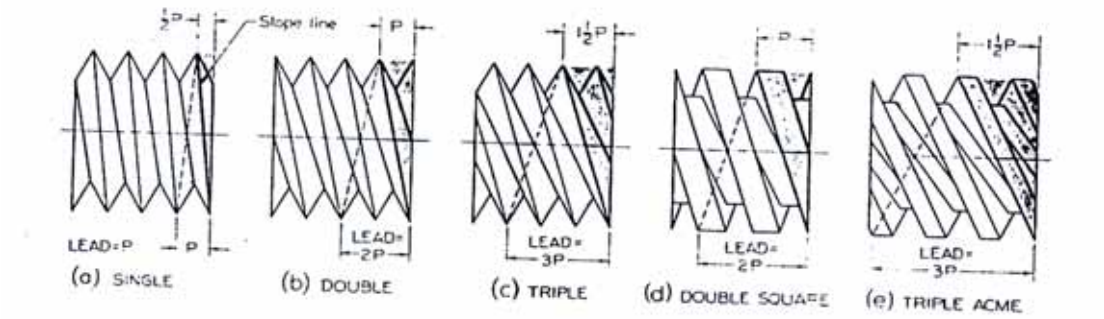
Right – hand Tread : **เกลียวขวา** หมายถึงเกลียวที่มีทิศทางการเคลื่อนที่เข้า ถ้าหมุนเกลียวไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ดังรูป 13.4 (a)

Left – hand Tread : **เกลียวซ้าย** หมายถึงเกลียวที่มีทิศทางเคลื่อนที่เข้า ถ้าหมุนเกลียวให้มีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังรูป 13.4 (b)

Single and Multiple Threads : เกลียวหนึ่งปาก (Single Tread) หมายถึงเกลียวที่มีระยะ lead เท่ากับระยะ Pitch แต่ถ้าเกลียวมีระยะ Lead เป็น 2 เท่าของระยะ Pitch เรียกว่าเกลียวสองปาก (Double Tread) และถ้าเกลียวมีระยะ Lead เป็น 3 เท่าของระยะ Pitch เรียกว่าเกลียวสามปาก (Triple Tread) ปกติแล้วเกลียวที่มีปากมากกว่าสองปากขึ้นไปเรานิยมเรียกว่าเกลียวหลายปาก (Multiple Thread) ดังรูป 13.5



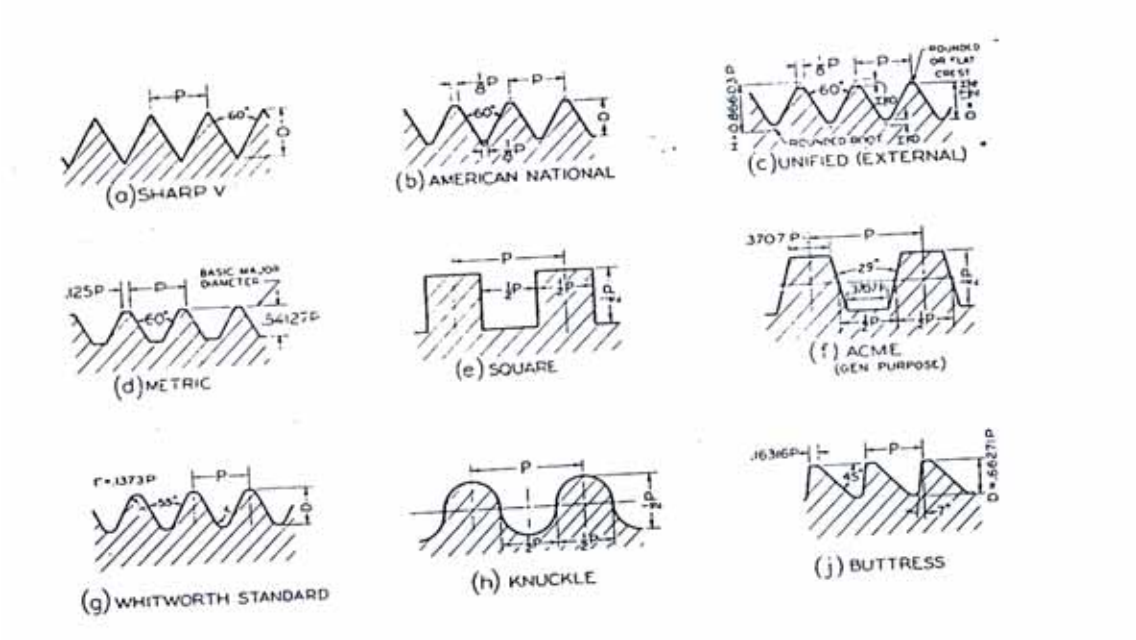
(A) สาธิตการเกิดเส้นเกลียวปากเดียวและหลายปาก



(B) เปรียบเทียบเกลียวหลายปาก

รูปที่ 13.5 เกลียวปากเดียวและเกลียวหลายปาก

Tread Form : รูปร่างหรือรูปแบบของเกลียว เป็นภาคตัดที่แสดงให้เห็นรูปร่างของฟันเกลียวที่ถูกตัดผ่านด้วยระนาบตามแนวแกน ดังรูปที่ 13.6



รูปที่ 13.6 รูปแบบมาตรฐานของเกลียวชนิดต่าง ๆ

13.3 การแบ่งประเภทของเกลียวตามลักษณะภาคตัดของยอดเกลียว

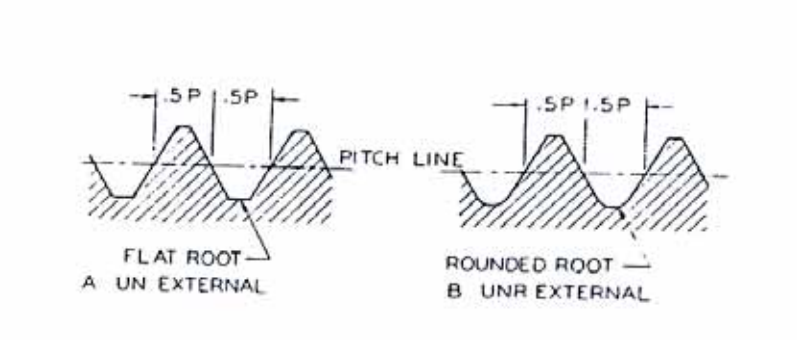
เราแบ่งประเภทของเกลียวตามลักษณะภาคตัดของฟันเกลียวหรือยอดเกลียวหรือรูปแบบหน้าข้าง (Profile) ของฟันเกลียวได้ดังนี้

1. **เกลียวยอดแหลม** (Sharp-V Thread) หรือเกลียวสามเหลี่ยม เดิมเรียกว่า United State Standard Thread หรือ Sellers Thread ดังรูป 13.6 (a)

2. **American National Thread, (N)** ลักษณะคล้ายเกลียวสามเหลี่ยม แต่ส่วนยอดและโคนของเกลียวถูกตัดให้ราบ ดังรูปที่ 13.6 (b) เกลียวแบบนี้สามารถใช้แทนแบบ Sharp-V ได้

3. **Unified National Thread, (UN)** หรือ Unified Thread เป็นเกลียวมาตรฐานที่เกิดจากข้อตกลงของสามประเทศได้แก่ อังกฤษ อเมริกา และแคนนาดา ในปี 1948 ทั้งสามประเทศได้กำหนดรูปแบบของเกลียว โดยส่วนยอดเกลียวนั้นอาจจะเป็นแบบราบ (Flat) หรือโค้งมน (Round) และส่วนโคนมีลักษณะโค้งมน ซึ่งลักษณะส่วนใหญ่จะคล้ายกับเกลียวแบบ American Nation Tread (N) ดังรูป 13.6 (C)

รูปแบบอีกอย่างหนึ่งของเกลียว UN คือ Unified National Rolled (UNR) เกลียวแบบนี้มีใช้เฉพาะเกลียวนอกเท่านั้น โดยไม่มีใช้กับเกลียวใน ดังรูป 13.7



รูปที่ 13.7 (A) The UN external thread has a flat root (roundded root is optional)
(B) The UNR has a rounded root formed by rolling. The UNR form does not apply to internal treads.

4. Metric Thread : เกลียวเมตริก เป็นเกลียวมาตรฐานที่กำหนดขึ้นโดย The International Organization for Standardization, ISO หรือองค์การกำหนดมาตรฐานนานาชาติ มีลักษณะส่วนยอดและส่วนโคนของฟันเกลียวเป็นแบบราบ (ในทางปฏิบัติจะมีความโค้งมนเล็กน้อย) ลักษณะส่วนใหญ่จะคล้ายกับ American National และ Unified Threads แต่มีความลึกน้อยกว่า และมีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร ดังรูป 13.6 (d)

5. Square Thread : เกลียวสี่เหลี่ยมจตุรัส เป็นเกลียวที่มีลักษณะผิวของฟันเกลียวตั้งฉากกับแนวแกนเกลียว ดังรูป 13.6 (e)

6.Acme Thread : เป็นเกลียวที่ดัดแปลงจาก Squarde Thread แต่มีความแข็งแรงมากกว่า ดังรูป 13.6 (f)

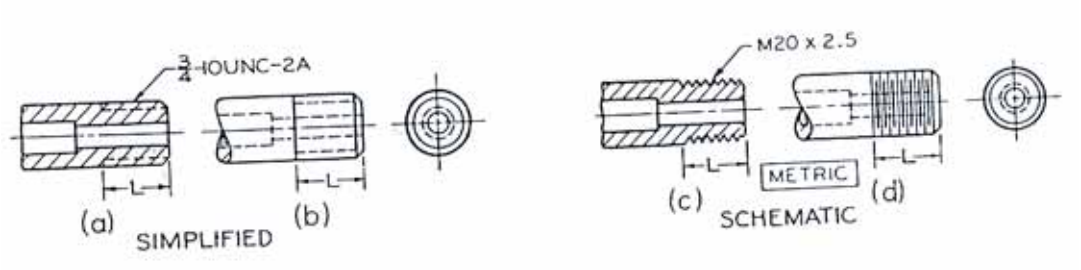
7. Whitworth Thread : เกลียววิตเวอร์ต เป็นเกลียวมาตรฐานของอังกฤษ ส่วนยอดและโคนเกลียวมีลักษณะเป็นโค้งมน สามารถใช้แทนเกลียวแบบ Unified Thread และ American National Thread ได้ดังรูป 13.6 (g)

8.Knuckle Thread : เกลียวกลมมน เป็นเกลียวที่ทำขึ้นมาโดยวิธีรีดบนโลหะแผ่น ใช้กับงานที่มีความสกปรกจากฝุ่นผงและรับความร้อนสูง เช่นเกลียวขั้วหลอดไฟฟ้า หรือเกลียวที่ปากขวด ดังรูป 13.6 (h)

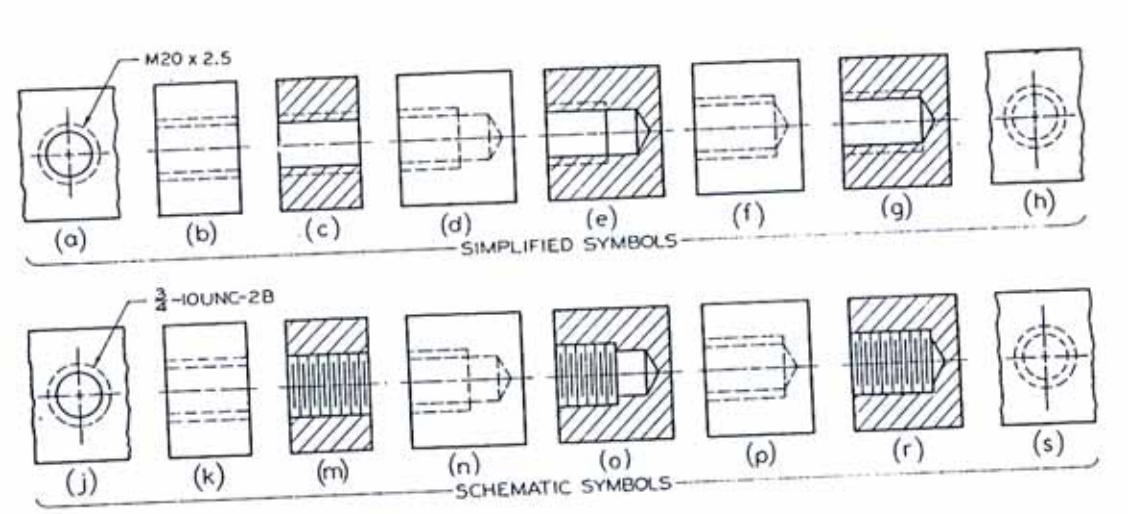
9. Buttress Thread : เป็นเกลียวที่มีลักษณะโคนหนาคล้ายฟันเลื่อย เหมาะกับงานส่งกำลัง ดังรูป 13.6 (j)

13.4 **การเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียว** (Thread Symbois or Thread Representations)

การเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวในงานเขียนแบบกระทำได้ 3 แบบได้คือ แบบ Simplified, แบบ Schematic และแบบ Pictorial หรือ Detailed การเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Simplified และ Schematic ส่วนใหญ่จะใช้กับเกลียวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 1 นิ้ว (25.4 mm) ลงมา โดยจะใช้สัญลักษณ์แทนเกลียวเป็นแบบเดียวกันหมด ทั้งเกลียว Metric, Unified, Square และ Acme ดังรูป 13.6 และ 13.9



รูป 13.8 การเขียนสัญลักษณ์เกลียวนอกแบบ Simplified และ Schematic

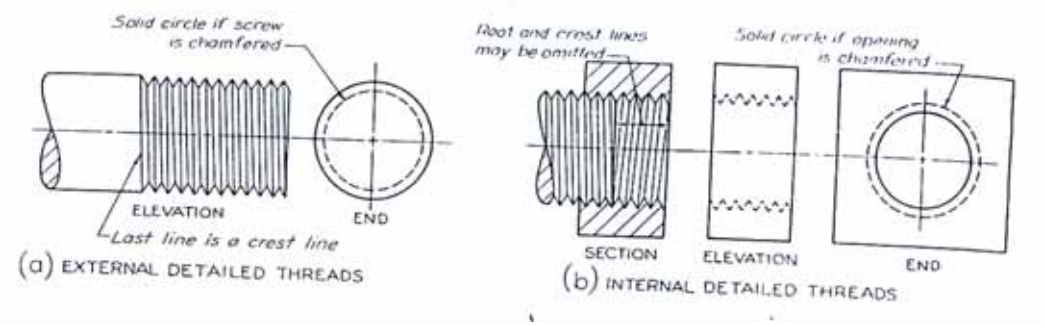


รูป 13.9 การเขียนสัญลักษณ์เกลียวในแบบ Simplified และ Schemtic

สัญลักษณ์แทนเกลียวทั้งสองแบบนี้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ที่นิยมกันมากที่สุดจะเป็นแบบ Simplified Form เพราะจะไม่ทำให้เกิดความสับสนกับส่วนประกอบอื่นของแบบชิ้นงาน

ส่วนการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Detailed เป็นการเขียนแบบเกลียวคล้ายเกลียวจริง โดยปกติแล้วแนวสันของฟันเกลียวจะต้องเขียนเป็นแบบโค้ง Helical Curve แต่เพื่อลดงานที่

จะต้องทำการ plot หรือเขียนโค้ง Helix จึงยกเว้นโดยการเขียนเฉพาะรูปหน้าข้าง (Profiles) ของเกลียว (แต่ละชนิดของเกลียว) ส่วนที่เป็น Helical Curve แทนด้วยแนวของเส้นตรง ดังรูป 13.10



รูป 13.10 การเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Detailed
(a) เกลียวนอก (b) เกลียวใน

13.5 การกำหนดคุณลักษณะของเกลียว (Thread Specifications)

13.5.1เกลียวนิ้ว (English System)

Thread Series จำนวนเกลียวต่อนิ้วที่เป็นชุดตัวเลขสำหรับขนาดเกลียวเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวมีขนาดต่างกันออกไป เราเรียกว่า Thread Series เกลียวอเมริกันแบบUN, UNR แบ่งเป็น 3 Series ได้แก่แบบหยาบ (Coarse, C) แบบละเอียด (Fine) ซึ่งแบบละเอียดนี้ยังแยกออกเป็นแบบละเอียดธรรมดา (Fine, F) และแบบละเอียดพิเศษ
(Extra fine, EF) ส่วนแบบสุดท้ายคือแบบพิตช์คงที่ (Constant Pitch) โดยแยกออกเป็น 8 Series ย่อยได้แก่ 4, 6, 8, 12, 20, 28 และ 32 เกลียวต่อนิ้ว

การใช้อักษรย่อในโน้ต (Note) ของการกำหนดขนาดเกลียวในงานเขียนแบบ กระทำได้ดังนี้

Unified National Form แบบ Coarse-thread series ใช้คำย่อเป็น UNC หรือ UNRC
แบบ Fine-thread series ใช้คำย่อเป็น UNF หรือ UNRF
แบบ Extra-fine series ใช้คำย่อเป็น UNEF หรือ UNREF

ทำนองเดียวกันเกลียวแบบ American National Form ก็สามารถเขียนเป็น NC, NF และ NEF ซึ่งเกลียวแบบ UNC/UNRC หรือ NC เหมาะกับสลักเกลียว (Bolts), หรือสกรู (Screws), และแป้นเกลียว (Nuts) ที่ทำจาก Cast iron เพื่อนำไปใช้กับงานทั่ว ๆ ไป แต่ถ้าเป็นสลักเกลียว หรือสกรู และแป้นเกลียวที่ทำจากโลหะที่มีความอ่อนตัว (Soft metals) หรือพลาสติก เพื่อนำไปใช้กับงานที่มีความต้องการความคับแน่นสูงและไม่คลายตัวง่าย เช่นงานที่เกี่ยวกับโลหะแผ่นบาง หรืองานที่

มีอาการสั่นตัวเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ส่วนใหญ่จะใช้เกลียวแบบ UNF/UNRF หรือ NF และ UNEF/UNREF หรือ NEF

ชั้นพิกัดการเผื่อความคับงานสวมของเกลียว (Class of Fits)

การแบ่งระดับชั้นของเกลียว (Thread Classes) ที่ใช้ในการบ่งบอกถึงความคับแน่นระหว่างสลักเกลียว (Bolts) กับแป้นเกลียว (Nuts) หรือระหว่างเกลียวใด ๆ ที่นำมาสวมกัน ชั้นความคับแน่นของเกลียวนั้นจะบอกด้วยตัวเลข 1, 2 และ 3 แล้วตามด้วยตัวอักษร A หรือ B แล้วแต่ว่าเกลียวนั้นจะเป็นเกลียวนอกหรือเกลียวใน เช่นถ้าตามด้วย A ก็หมายถึงเกลียวนอก ส่วน B หมายถึงเกลียวใน

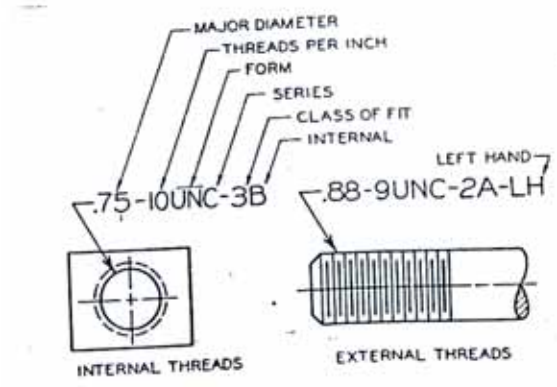
Class 1A และ1B เป็นชั้นความคับแน่นของเกลียวที่มีความหลวมมากมาก ๆ นั่นคือช่องว่างระหว่างสลักเกลียวกับแป้นเกลียวจะมีมากกว่าชั้นอื่น ๆ เหมาะกับงานที่ต้องการขันเข้าและคลายออกได้ง่าย

Class 1A และ2B เป็นชั้นความคับแน่นของเกลียวที่มีความหลวมน้อยกว่าชั้นแรกที่กล่าวมาแล้ว เหมาะกับสลักเกลียวและแป้นเกลียวที่ใช้ในเครื่องจักรกลทั่วไป

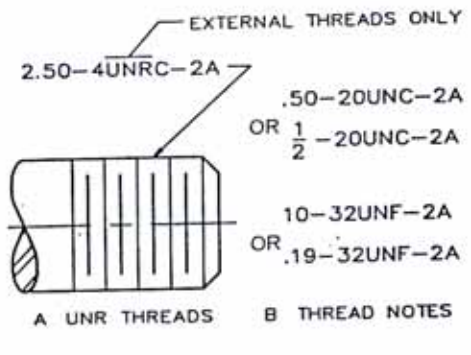
Class 3A และ 3B เป็นชั้นความคับแน่นของเกลียวที่มีความคับสูง เหมาะที่จะใช้กับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง ต้านทานความเค้นและการสั่นตัวได้ดี

การกำหนดขนาดเกลียวนิ้วโดยใช้โน้ต (Thread Notes)

การเขียนแบบเกลียวนั้นส่วนใหญ่จะใช้สัญลักษณ์แทนเกลียว แล้วอธิบายรายละเอียดของเกลียวด้วยข้อความที่เรียกว่า โน้ต (Notes) กำกับอีกครั้งหนึ่ง เพื่อแสดงคุณลักษณะของเกลียวให้ทราบ



รูป 13.11 ตัวอย่างการกำหนดขาดเกลียวโดยใช้โน้ต



รูป 13.12 (A) การใช้โน้ตกับเกลียวแบบ UNR ซึ่งใช้กับเกลียวนอกเท่านั้น (B) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวบนโน้ตอาจกำหนดเป็นทศนิยมหรือเศษส่วน

การกำหนดขนาดเกลียวนิ้วจะต้องขึ้นต้นด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์ระบุหรือเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ (Major diameter) ตามด้วยขนาดจำนวนเกลียวต่อนิ้ว (Threads per inch) รูปแบบของเกลียว (Form) และชั้นพิกัดการเผื่อความคับของเกลียว (Class of fit) ตัวอย่างการวางตำแหน่งและความหมายต่าง ๆ ของข้อความในโน้ตแสดงไว้ดังรูป 13.11 และ 13.12

การใช้ตารางเพื่อกำหนดขนาดเกลียวนิ้ว (Using Thread Tables)

ตาราง 13.1

American National Standard unified inch screw threads (UN and UNR thread form)

Sizes *		Basic Major Diameter	Threads per inch											Sizes
			Series with Graded Pitches			Series with Constant Pitches								
Primary	Secondary		Coarser UNC	Fine UNF	Extra Fine UNEF	4UN	6UN	8UN	12UN	16UN	20UN	28UN	32UN	
1		1.0000	8	12	20	-	-	UNC	UNF	16	UNEF	28	32	1
	1 1/16	1.0625	-	-	18	-	-	8	12	16	20	28	-	1 1/16
1 1/8		1.1250	7	12	18	-	-	8	UNF	16	20	28	-	1 1/8
	1 3/16	1.1875	-	-	18	-	-	8	12	16	20	28	-	1 3/16
1 1/4		1.2500	7	12	18	-	-	8	UNF	16	20	28	-	1 1/4
	1 5/16	1.3125	-	-	18	-	-	8	12	16	20	28	-	1 5/16
1 3/8		1.3750	6	12	18	-	UNC	8	UNF	16	20	28	-	1 3/8
	1 7/16	1.4375	-	-	18	-	6	8	12	16	20	28	-	1 7/16
1 1/2		1.5000	6	12	18	-	UNC	8	UNF	16	20	28	-	1 1/2
	1 9/16	1.5625	-	-	18	-	6	8	12	16	20	-	-	1 9/16

*By using this table, a diameter of 1 1/2 inches that is to be threaded with a fine thread would have the following thread note: 1 1/2 -12 UNF - 2A

Source: Courtesy of ANSI; B1.1

รูป 13.13 การใช้ตารางกำหนดขนาดเกลียวนิ้ว

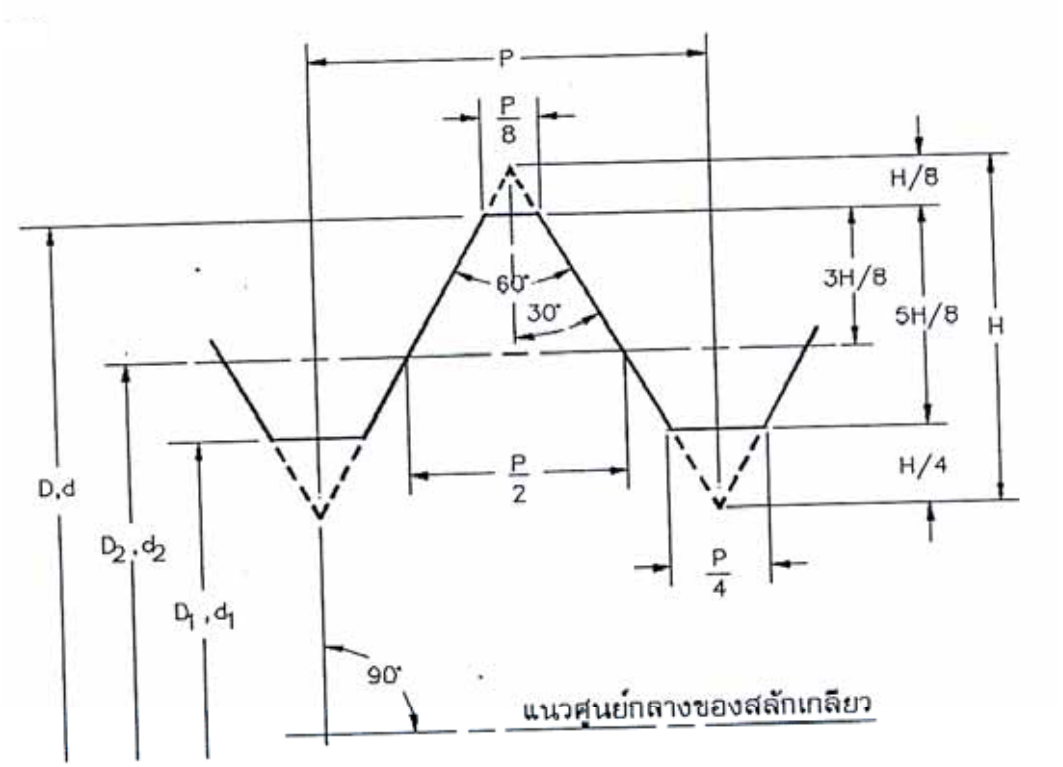
จากรูป 13.13 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของตารางที่ได้จากผนวก ข 11. ซึ่งเป็นคุณลักษณะของเกลียว UN และ UNR ถ้าสลักเกลียวมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระบุเท่ากับ 1 ½ นิ้ว เกลียวเป็นแบบเกลียวนอก ชนิดเกลียวละเอียด 12 เกลียวต่อนิ้ว เราสามารถเขียนเป็นโน้ต (Note) เพื่อกำหนดขนาดของเกลียวได้ดังนี้คือ

$$1\frac{1}{2} \text{ - 12 UNF – 2A} \quad \text{หรือ} \quad 1.500 \text{ – 12 UNF – 2A}$$

ถ้าเกลียวเป็นเกลียวในหรือแป้นเกลียวโน้ตกำหนดขนาดก็ยังเขียนเหมือนเดิมเพียงแต่เปลี่ยนอักษรจาก A เป็น B แทนเท่านั้นคือ 1.500 – 12 UNF – 2B

13.5.2 เกลียวเมตริก หรือ ISO (Metric Thread Specifications)

คุณลักษณะของเกลียวเมตริกได้รับการยอมรับจาก ISO (The International Standard Organization) ให้เป็นเกลียวมาตรฐานหน่วยเมตริก โดยมีขนาดของส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 13.14



รูป ๑๓.๑๔ รูปแบบพื้นฐานของเกลียวเมตริก

ขนาดรากฐานส่วนต่าง ๆ ของเกลียวเมตริกที่แสดงไว้ในรูป ๑๓.๑๔ มีดังนี้

H = ความสูงของสามเหลี่ยมมูลฐาน = $\frac{\sqrt{3}}{2}P$ = 0.866 P

$\frac{5}{8}H$ = 0.541 P

$\frac{3}{8}H$ = 0.325 P

$\frac{H}{4}$ = 0.217 P

$\frac{H}{8}$ = 0.108 P

ตาราง 13.2

รายละเอียดขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ของเกลียวเมตริก

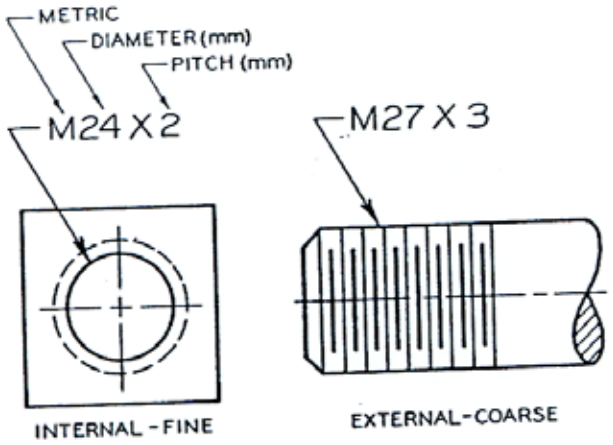
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

Pitch P	H	$\frac{5}{8}H$	$\frac{3}{8}H$	$\frac{H}{4}$	$\frac{H}{8}$
0.2	0.173	0.108	0.065	0.043	0.022
0.25	1.217	0.135	0.081	0.054	0.027
0.3	0.260	0.162	0.097	0.065	0.032
0.35	0.303	0.189	0.114	0.076	0.038
0.40	0.346	0.217	0.130	0.087	0.043
0.45	0.390	0.244	0.140	0.097	0.049
0.50	0.433	0.271	0.162	0.108	0.054
0.60	0.520	0.325	0.195	0.130	0.065
0.70	0.606	0.379	0.227	0.152	0.076
0.75	0.650	0.406	0.244	0.162	0.081
0.80	0.693	0.433	0.260	0.173	0.087
1	0.866	0.541	0.325	0.217	0.108
1.25	1.083	0.677	0.406	0.271	0.135
1.5	1.299	0.812	0.487	0.325	0.162
1.75	1.516	0.947	0.568	0.379	0.189
2	1.732	1.083	0.650	0.433	0.217
2.5	2.165	1.353	0.812	0.541	0.271
3	2.598	1.624	0.974	0.650	0.325
3.5	3.031	1.894	1.137	0.758	0.079
4	3.464	2.165	1.299	0.866	0.433
4.5	3.897	2.436	1.461	0.974	0.487
5	4.330	2.706	1.624	1.083	0.541
5.5	4.763	2.977	1.786	1.191	0.595
6	5.196	3.248	1.949	1.299	0.650
8	6.928	4.330	2.598	1.732	0.866

รูป 13.15 รายละเอียดขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ของเกลียวเมตริก

ชนิดของเกลียวเมตริกแบ่งตามความหยาบ - ละเอียดได้ 2 Series คือแบบหยาบ (Coarse) หรือปกติ และแบบละเอียด (Fine) การกำหนดขนาดของเกลียวเมตริกโดยการใช้โน้ตกระทำได้ 2 ลักษณะคือ

(1) แบบรากฐาน (Basic Designations) จะต้องขึ้นต้นด้วยอักษร M ซึ่งหมายถึงเกลียวเมตริก ตามด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเกลียว (หมายถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่) แล้วคั้นด้วยเครื่องหมาย x แล้วต่อด้วยขนาดของพิตช์ ดังรูป 13.16



รูป 13.16 การกำหนดขนาดเกลียวเมตริกแบบรากฐาน

ปกติแล้วเครื่องหมายที่แสดงว่าเป็นเกลียวหยาบหรือละเอียดของเกลียวเมตริกนี้ จะไม่แสดงให้เห็นเหมือนกับเกลียวนิ้ว แต่จะทราบได้โดยการดูที่ขนาดของพิตช์

ตาราง 13.3 เป็นส่วนหนึ่งของตารางในผนวก ก 10. ซึ่งแสดงให้เห็นถึงขนาดของเกลียวเมตริกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่าง ๆ

(2) แบบสมบูรณ์ (Complete Designations) บางครั้งการเขียนโน้ตบอกขนาดเกลียวลงในงานเขียนแบบ จำเป็นต้องแสดงให้มีใจความสมบูรณ์ ดังเช่นในรูป 13.18

ส่วนแรกของโน้ตจะต้องขึ้นต้นด้วยอักษร M เช่นเดียวกันกับแบบรากฐาน ในส่วนที่สองจะบอกชั้นพิกัดเผื่อความคับ (Tolerance) ของ Pitch diameter และของ Crest diameter รวมทั้งชนิดของเกลียวว่าเป็นเกลียวนอกหรือเกลียวใน ซึ่งในส่วนหลังนี้จะขียนแยกจากส่วนแรกโดยใช้เครื่องหมายขีด (--) กั้นไว้ ตัวอย่างนี้ เลข 5 และ 6 เป็นตัวเลขที่แสดงถึง Tolerance grades ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรากฐาน เกรด 6 เป็นพิกัดความเผื่อปานกลางเมื่อเทียบกับ Class 2A และ 2 B ของเกลียว Unified thread แล้วจะ

ใกล้เคียงกัน เกรดที่น้อยกว่า 6 ลงมาจะใช้กับเกลียวละเอียดที่มีระยะความยาวของเกลียวสั้น ส่วนเกรดที่สูงกว่า 6 ขึ้นไป จะใช้กับเกลียวหยาบที่มีระยะเกลียวยาว

ตาราง 13.3

Basic thread designations for commercial series of ISO metric thread

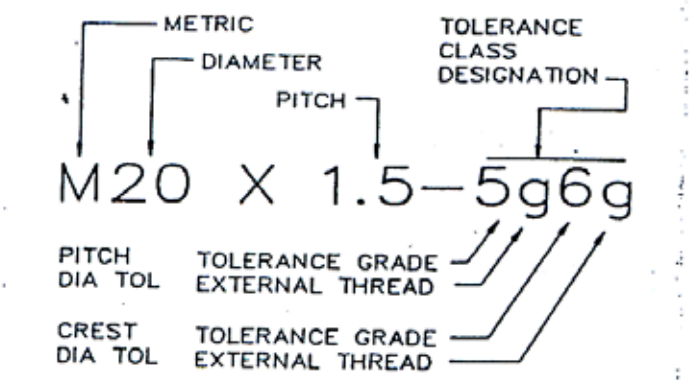
Nominal Size (mm)	Pitch P (mm)	Basic Thread Designation	Nominal Size (mm)	Pitch P (mm)	Basic Thread Designation	Nominal Size (mm)	Pitch P (mm)	Basic Thread Designation
1.6	0.35	M1.6		1.25	M8		2.5	M22
1.8	0.35	M1.8	8	1	M8 x 10	22	1.5	M22 x 1.5
2	0.40	M2		1.5	M10		3	M24
2.2	0.45	M2.2	10	1.25	M10 x 1.25	24	2	M24 x 2
2.5	0.45	M2.5		1.75	M12		3	M27
3	0.50	M3	12	1.25	M12 x 1.25	27	2	M27 x 2
3.5	0.60	M3.5		2	M14		3.5	M30
4	0.70	M4	14	1.5	M14 x 1.5	30	2	M30 x 2
4.5	0.75	M4.5		2	M16		3.5	M33
5	0.80	M5	16	1.5	M16 x 1.5	33	2	M33 x 2
6	1	M6		2.5	M18		4	M36
7	1	M7	18	1.5	M18 x 1.5	36	3	M36 x 3
				2.5	M20		4	M39
			20	1.5	M20 x 1.5	39	3	M39 x 3

*U.S. practice is to include the pitch symbol even for the coarse pitch series.

Basic designation shown are as specified in ISO recommendations.

Source : Courtesy of Greenfield Tap and Die Corp.

รูป 13.17 ตารางแสดงรายละเอียดของเกลียวเมตริก



รูป 13.8 การกำหนดขนาดเกลียวเมตริกแบบสมบูรณ์

ตาราง 13.4 แสดงชั้นพิกัดการเผื่อความคับ สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ (Major diameter), เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (Pitch diameter) และเส้นผ่านศูนย์กลางรอง (Minor diameter) ของเกลียวในและเกลียวนอก

ตาราง 13.4

Tolerance grades, ISO threads

Tolerance grades, ISO threads

External Thread		Internal Thread	
Major Diameter (d)	Pitch Diameter (d_2)	Major Diameter (D)	Pitch Diameter (D_2)
-	3	-	-
4	4	4	4
-	5	5	5
6	6	6	6
-	7	7	7
8	8	8	8
-	9	-	-

Grade 6 is medium; smaller nubers are finer, and larger nubers are coarser.

Source : Courtesy of ANSI; B1.

รูป 13.19 ตารางแสดงชั้นพิกัดการเผื่อความคับของเกลียว ISO

ตัวอักษรที่เขียนต่อท้ายตัวเลขพิกัดความเผื่อแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของพิกัดการเผื่อความคับ (Tolerance positions) และการที่จะทราบได้ว่าเป็นเกลียวนอกหรือเกลียวในนั้น สังเกตได้จากตัวอักษร ถ้าเป็นอักษรพิมพ์เล็ก e, g และ h ซึ่งแทนค่าระยะเว้น (Allowance) มาก น้อย และไม่มีระยะเว้นเลยตามลำดับ โดยที่อักษรพิมพ์เล็กนี้จะบ่งบอกว่าเป็นเกลียวนอก นั่นก็หมายถึงสลักเกลียว (Bolt) นั่นเอง ส่วนอักษรพิมพ์ใหญ่ซึ่งจะมีแค่ G และ H จะแทนค่าระยะเว้นน้อยและไม่มีเลยตามลำดับ โดยจะเป็นตัวบ่งบอกว่าเกลียวนั้นเป็นเกลียวใน อักษรเหล่านี้จะเขียนอยู่ด้านหลังของตัวเลขที่แสดงค่า Tolerance grade

ตัวอย่างเช่น 5g หมายหถึงค่าพิกัดความเผื่อปานกลาง (Medium tolerance) สำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (Pitch diameter) ของเกลียวนอก ซึ่งจะมีระยะเว้นระหว่างสลักเกลียวและแป้นเกลียวน้อย (Small allowance) ส่วน 6H หมายถึงค่าพิกัดความเผื่อปานกลางสำหรับเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ (Major diameter) หรือเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของเกลียวใน โดยไม่มีระยะเว้นระหว่างสลักเกลียวและแป้นเกลียวเลย

การเลือกชั้นของค่าพิกัดการเผื่อความคับ (Preferred tolerance class)

การเลือกชั้นของค่าพิกัดการเผื่อความคับแน่นสำหรับเกลียวเมตริก เลือกได้ 3 ชั้นคือ หยาบ ปานกลางและละเอียด ดังแสดงในตาราง 13.5

ตาราง 13.5

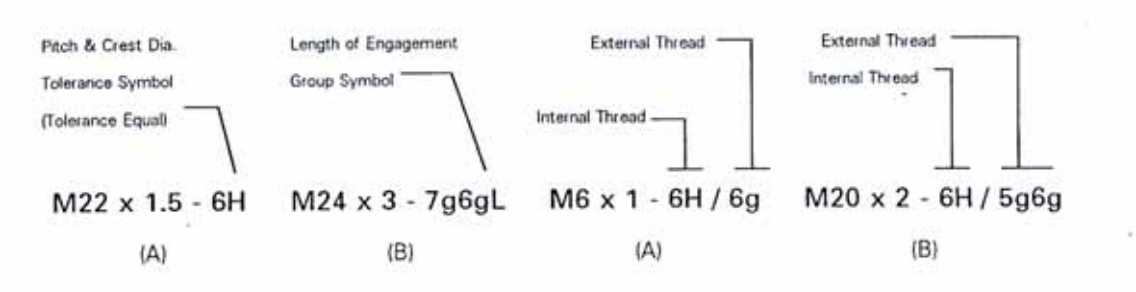
Preferred tolerance classes, ISO threads

Quality	External threads (Bolts)									Internal thread (Nuts)					
	Tolerance Position, e (large Allowance)			Tolerance Position, g (Small Allowance)			Tolerance Position, h (No Allowance)			Tolerance Position, G (Small Allowance)			Tolerance Position, H (No Allowance)		
	length of engagement			length of engagement			length of engagement			length of engagement			length of engagement		
	Group			Group			Group			Group			Group		
	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L	S	N	L
Fine							3h4h	4h	5h4h				4H	5H	6H
Medium		**6e**	7e6e	5g6g	**6g**	7g6g	5h6h	6h	7h6h	5G	6G	7G	**5H**	**6H**	**7H**
Coarse					8g	9g8g					7G	8G			

รูป 13.20 การเลือกชั้นพิกัดการเผื่อความคับของเกลียว ISO

ตามตาราง 13.5 ในรูป 13.20 นี้จะบอกให้ทราบถึงค่า Tolerance grade, Tolerance position และความยาวของเกลียว (Length of engagement) ซึ่งมีทั้งสิ้น (Short, S) ปกติ (Normal, N) และ ยาว (Long, L) ความยาวของเกลียวนี้สามารถหาได้จากตารางในผนวก ก 11.

ขั้นตอนการใช้ตาราง 13.5 นี้ ขั้นแรกจะต้องตัดสินใจก่อนว่าจะเลือกใช้คุณภาพงานสวมในชั้นใด หยาบ (Coarse) ปานกลาง (Medium) หรือละเอียด (Fine) จากนั้นก็กำหนดคุณลักษณะเกลียวโดยการเลือกแบบของเกลียวที่อยู่ภายใต้ช่องของข้อความที่เป็นอักษรพิมพ์ตัวหนาเป็นอันดับแรก (เลือกเกลียวนอกหรือเกลียวใน) อันดับที่สองเลือกขนาดที่อยู่ภายใต้ช่องของข้อความที่เลือกไว้ในอันดับแรก เสร็จแล้วเลือกขนาดที่แสดงด้วยตัวอักษรพิมพเล็กที่อยู่ภายใต้ช่องข้อความที่เลื อกไว้อันดับที่สองเป็นอันดับสุดท้าย ขนาดที่เขียนไว้ในกรอบเป็นเกลียวที่ใช้ในทางการค้าโดยทั่วไป



รูป 13.21 (A) ค่าชั้นพิกัดความเผื่อของทั้ง Pitch Dia. และ Crest Dis. ของเกลียวในเท่ากัน, (B) อักษร S, N และ L เป็นตัวบอกขนาดความยาวของเกลียว

รูป 13.22 ใช้เครื่องหมาย/(Slash) เพื่อแสดงการเข้าคู่กันระหว่างเกลียวในและเกลียวนอกขณะประกอบสวมกัน

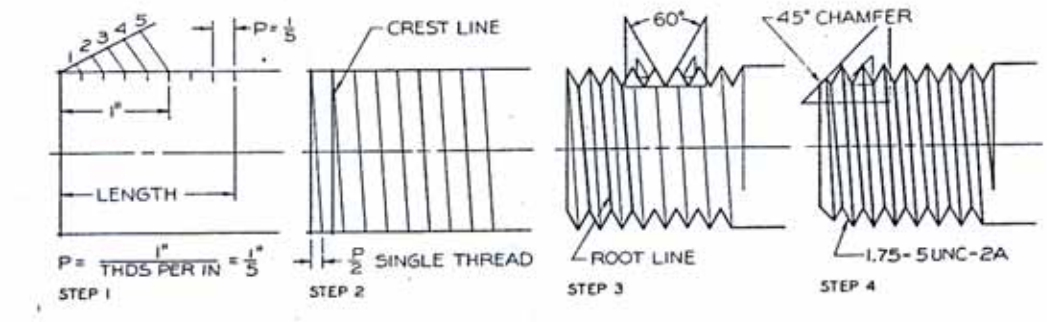
รูป 13.21 แสดงให้เห็นถึงการกำหนดขนาดเกลียวโดยการใช้โน้ตแบบสมบูรณ์ ซึ่งค่าชั้นพิกัดการเผื่อความคับแน่นที่เขียนไว้ในรูป 13.21 (A) เป็น 6H นั้นหมายถึงขนาดค่าชั้นพิกัดการเผื่อความคับของ Crest และ Pitch diameter สำหรับเกลียวในมีค่าเท่ากัน ส่วนรูป 13.21 (B) นั้นแสดงให้ทราบว่าเป็นเกลียวยาว

รูป 13.22 แสดงการกำหนดขนาดโดยการใช้โน้ตแบบสมบูรณ์ของเกลียวขณะที่สวมกันอยู่ โดยที่เครื่องหมาย / จะเป็นตัวแยกค่าชั้นพิกัดการเผื่อความคับของเกลียวในและเกลียวนอก

13.6 ตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวลงในงานเขียนแบบ

13.6.1 แบบ Detailed (Pictorial) threads หรือแบบคล้ายเกลียวจริง

(1) เกลียว UN / UNR หรือ Metric



รูป 13.23 ขั้นตอนการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Detailed

รูป 13.23 เป็นการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Detailed ซึ่งเป็นการเขียนแบบเกลียวคล้ายเกลียวจริง ทั้งเกลียวนิ้วแบบ UN / UNR และเกลียวเมตริก (Metric) หรือ SI โดยใช้สัญลักษณ์แบบเดียวกันทั้งหมด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1. จากโน้ตที่บอกถึงคุณลักษณะของเกลียว 1.75 – 5 UNC – 2 A ซึ่งในที่นี้เป็นเกลียวระบบอังกฤษหรือเกลียวนิ้วแบบ UN เกลียวหยาบ (C) ที่กำหนดให้ คำนวนหาระยะพิตช์โดยใช้สูตรดังนี้

$$P = \frac{1}{\text{จำนวนเกลียวต่อนิ้ว}} = \frac{1}{5} \text{ นิ้ว}$$

เสร็จแล้ววางระยะพิตช์ลงบนแนวยาวของเกลียว

ขั้นที่ 2. จากคุณลักษณะของเกลียวที่กำหนดไว้ในโน้ตของขั้นที่หนึ่ง ไม่ได้บอกว่าเป็นเกลียวปากเดียวหรือหลายปาก รวมทั้งไม่ได้บอกว่าเป็นเกลียวซ้ายหรือขวา ให้ถือว่าเกลียวโดยทั่วไปถ้าไม่ได้บอกส่วนนี้มาให้ก็ให้ถือว่าเป็นเกลียวขวา (Right-hand thread) และเป็นเกลียวปากเดียว (Single thread) เขียนเส้นตรงจากจุดแบ่งระยะดพิตช์ด้านบนลงมาในแนวเอียงไปทางขวาเท่ากับ ½ P ทุกเส้นซึ่งจะเป็นแนวของเส้น Crest line โดยใช้ดินสอเกรด H หรือ F

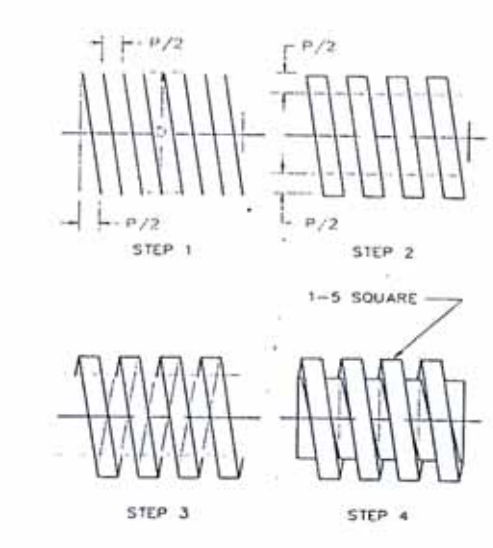
ขั้นที่ 3. หาเส้น Root line โดยการเขียนเส้นให้เป็นรูป V มุม 60° ระหว่างเส้นแบ่งของพิตช์ซึ่งจะได้ตำแหน่งของ Root line ที่ส่วนล่างของรูป V เสร็จแล้วลากแนวของ Root line ซึ่งแต่ละเส้นของแนว Root line จะขนานกันทั้งหมด แต่ไม่ใช่ขนานกับเส้น Crest line

ขั้นที่ 4. เขียน Chamfer ด้วยมุม 45° ที่ส่วนปลายของเกลียว ณ ตำแหน่ง Minor diameter เสร็จแล้วเขียนเน้นน้ำหนักของทุกเส้น พร้อมทั้งเขียนโน้ตกำหนดขนาดเกลียวกำกับไว้ด้วย

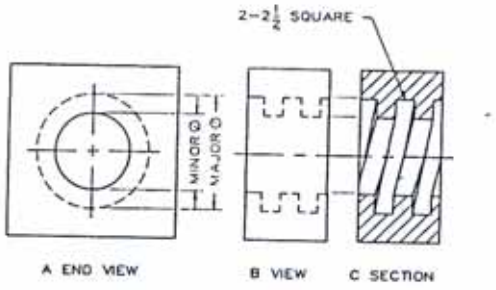
2.เกลียวสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square thread)

ขั้นที่ 1. ขนาดเกลียว 1 – 5 SQUARE เขียนเส้นแสดงโครงร่างของ Major diameter แล้วแบ่งช่องของ Crest line แต่ละช่องเท่ากับ ½ P เขียนเส้นตรงให้มีความลาดเอียงไปทางขวา (สำหรับเกลียวขวา)

ขั้นที่ 2. เขียนเส้นต่อระหว่างคู่ของ Crest line แล้วหาตำแหน่งของ minor diameter โดยการวัดระยะจาก Major diameter เข้ามาเป็นระยะทางเท่ากับ ½ P



รูป 13.24 แบบสัญลักษณ์เกลียวสี่เหลี่ยมจัสตุรัส



รูป 13.25 แบบสัญลักษณ์เกลียวสี่เหลี่ยมจัสตุรัส (เกลียวใน)

ขั้นที่ 3. ลากเส้นเบา ๆ ต่อระหว่าง Crest line ที่อยู่ตรงข้ามกัน เส้นนี้จะเป็นเส้นที่แสดงรูปร่างด้านข้าง (Profile) ของเกลียว

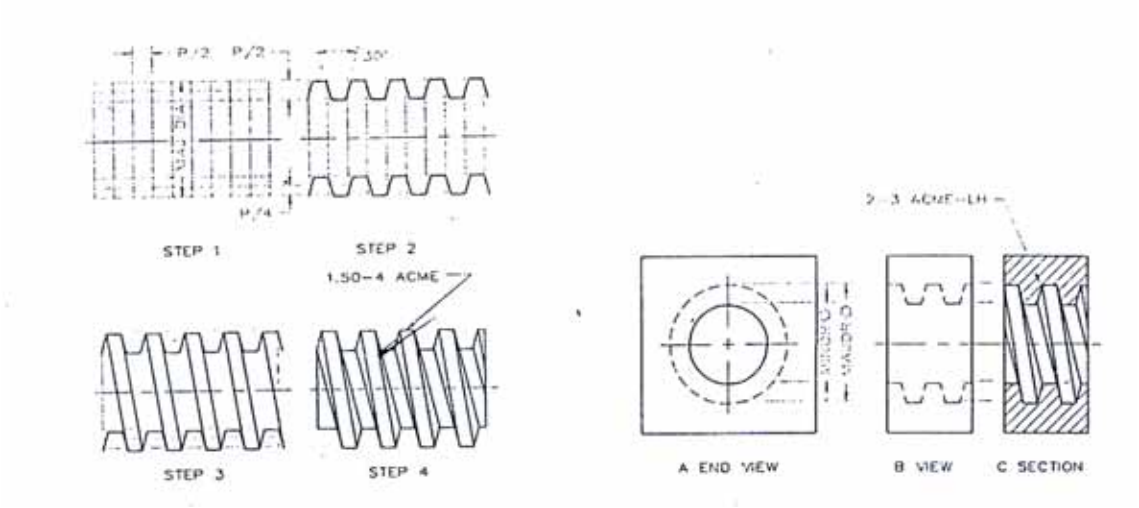
ขั้นที่ 4. ลากเส้นเบา ๆ ระหว่าง Crest line ให้ตั้งฉากกับเส้นศูนย์กลางของเกลียวไปตัดกับแนวของ Minor diameter แล้วลากเส้นจากจุดตัดนี้ไปสิ้นสุดที่แนวศูนย์กลาง เสร็จแล้วเขียนเน้นทุกเส้นให้หนัก แล้วเขียนโน้ตกำหนดขนาดของเกลียวกำกับไว้

(3) เกลียวแอ็กแม่ (Acme thread)

ขั้นที่ 1. จากขนาดเกลียว 1.5 – 4 ACME เขียนแนวของ Major diameter และความยาวเกลียวแล้วแบ่งระยะตามแนวแกนเกลียวออกเป็นส่วน ๆ ส่วนละเท่ากับ ½ P แล้วเขียนแนวของ Minor diameter และ Pitch diameter โดยวัดจากแนวของ Major diameter เข้ามาเท่ากับ ½ P และ ¼ P ตามลำดับ

ขั้นที่ 2. ลากเส้นให้ทำมุม 15° กับแนวดิ่งตลอดแนวของ Pitch diameter ซึ่งจะได้ผลรวมของมุมเท่ากับ 30° ดังแสดงในรูป 13.26

ขั้นที่ 3. เขียนเส้น Root line และโน้ตกำหนดขนาด จะได้รูปสัญลักษณ์แทนเกลียวของเกลียว Acme ตามต้องการ

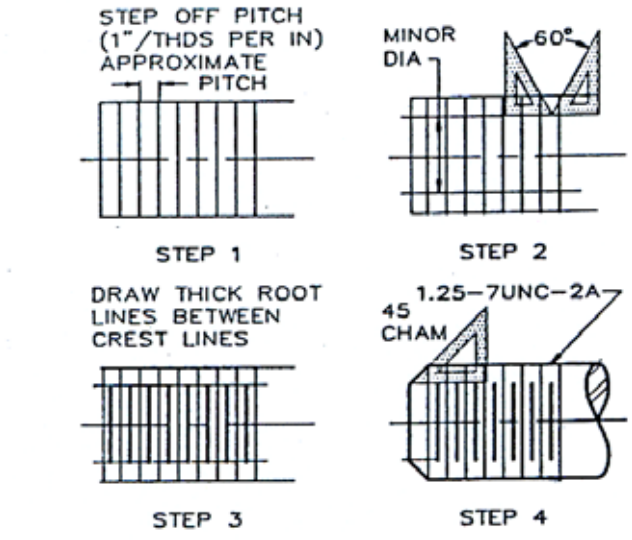


รูป 13.26 แบบสัญลักษณ์เกลียว Acme

รูป 13.27 แบบสัญลักษณ์เกลียว Acme (เกลียวใน)

<u>หมายเหตุ</u> ขนาดมาตรฐานของเกลียวจัตุรัสและแอ๊กเม่หาได้จากตารางในผนวก ข12.

13.6.2 แบบ Schematic threads หรือแบบแผนภาพ



รูป 13.28 การเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ schematic

รูป 13.28 แสดงการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวนิ้ว แบบ Schematic ซึ่งเป็นการเขียนแบบเกลียวแบบแผนภาพโดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1. เขียนแนวโครงร่างของ Major diameter แล้วแบ่งระยะตามแนวแกนเกลียวออกเป็นช่อง ๆ ให้มีระยะห่างเท่ากับ P แล้วลากแนวของ Crest line เบา ๆ

ขั้นที่ 2. หาแนว Minor diameter โดยการลากเส้นระหว่าง Crest line ทั้งด้านบนและล่างให้มาตัดและทำมุมกันเท่ากับ 60°

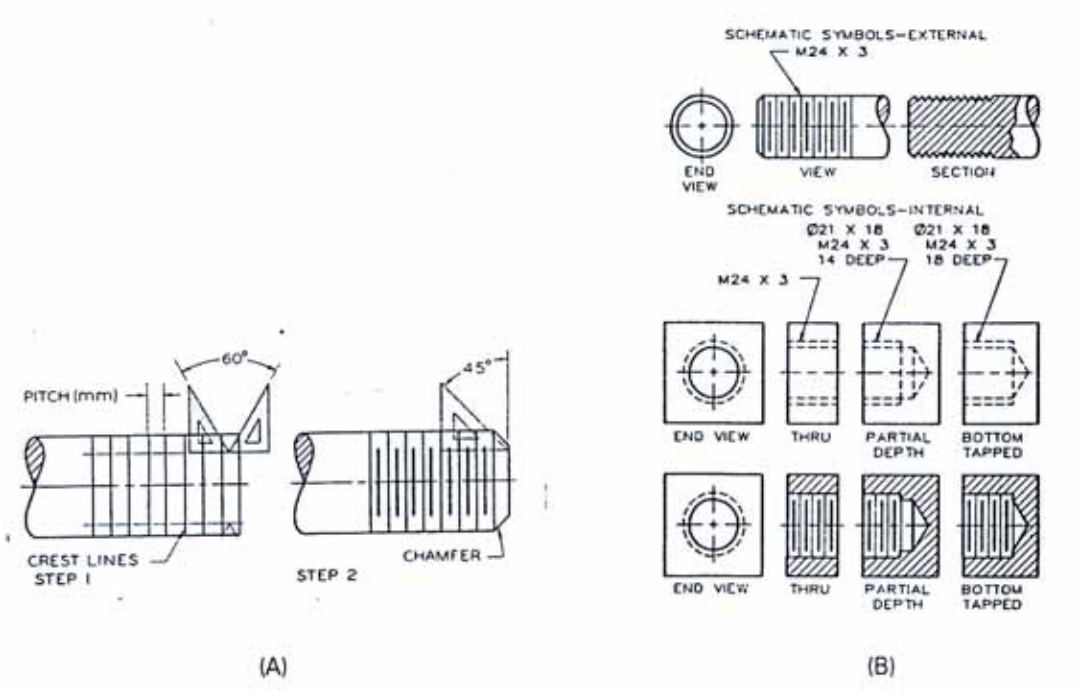
ขั้นที่ 3. ลากเส้น Root line ที่อยู่ระหว่าง Crest line ด้วยเส้นหนัก

ขั้นที่ 4. เขียน Chamfer ที่ส่วนปลายของเกลียวจากตำแหน่ง Minor diameter แล้วเขียนโน้ตการบอกขนาดเกลียวกำกับไว้

ส่วนรูป 13.29 (A) แสดงการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวเมตริกแบบ Schemtic โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1. ระยะพิตช์ ของเกลียวเมตริกที่ใช้ สามารถนำมาจากตารางคุณลักษณะของเกลียวเมตริก ได้โดยตรง ซึ่งเราสามารถใช้ขนาดพิตช์อันนี้คำนวณหาขนาด Minor diameter ได้

ขั้นที่ 2. เขียนเส้น Root line ระหว่าง Crest line ให้หนัก แล้วเขียน Chamfer ที่ส่วนปลายเกลียว



รูป 13.29 การเขียนสัญลักษณ์เกลียวเมตริกแบบ Schematic

และรูป 13.29 (B) เป็นตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Schematic ของเกลียวเมตริก ทั้งเกลียวนอกและเกลียวใน

13.6.3 **แบบ Simplified threads**

เป็นการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวที่ง่ายกว่าสองแบบแรกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพียงแต่เขียนเส้นประและโน้ตบอกขนาดกำกับเอาไว้เท่านั้น ดังรูป 13.30 (A) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1. เขียนโครงสร้างของ Major diameter แล้วหาระยะพิตช์จากสูตร

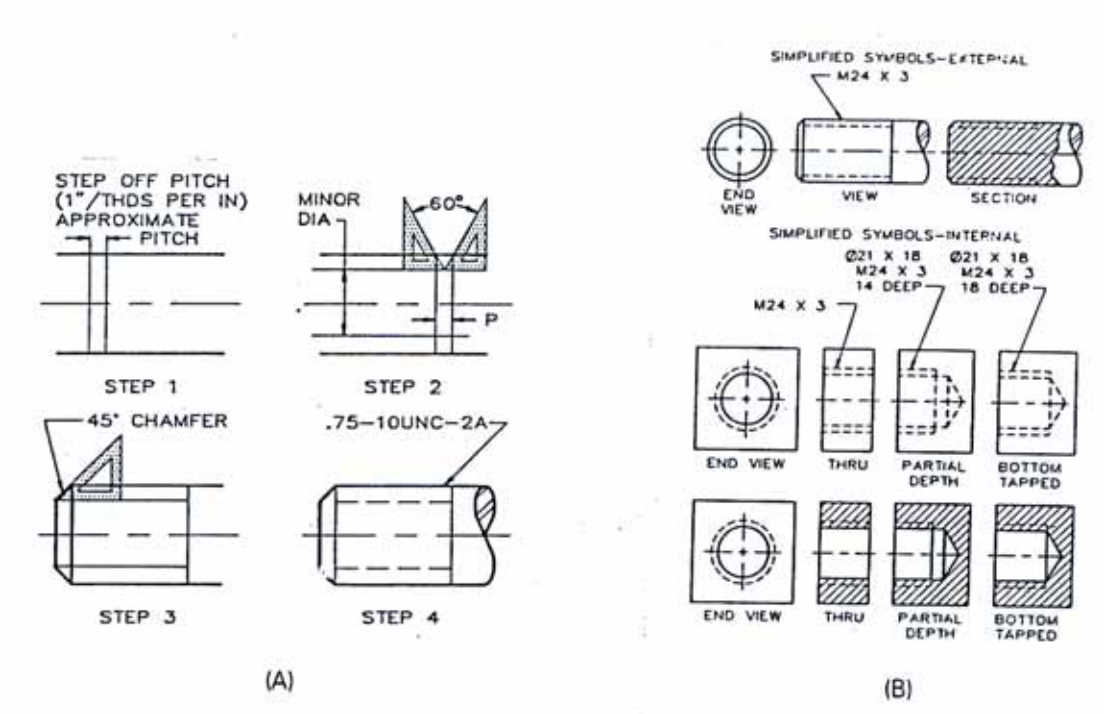
$$P = \frac{1}{\text{จำนวนเกลียวต่อนิ้ว}} \quad ; \text{(สำหรับเกลียวนิ้ว)}$$

แล้วลากเส้นสองเส้นให้ตั้งฉากกับแนวแกนของ Major diameter โดยให้มีระยะห่างกันตามแนวแกนเท่ากับระยะ P

ขั้นที่ 2. หาตำแหน่งของแนว Minor diameter โดยการสร้างมุม 60° ระหว่างเส้นทั้งสองที่เขียนไว้ ในขั้นที่ 1. ทั้งด้านบนและล่าง

ขั้นที่ 3. เขียน Chamfer มุม 45° จากตำแหน่ง Minor diameter

ขั้นที่ 4. เขียน Minor diameter ด้วยเส้นประ แล้วเขียนโน้ตกำหนดขนาดกำกับไว้

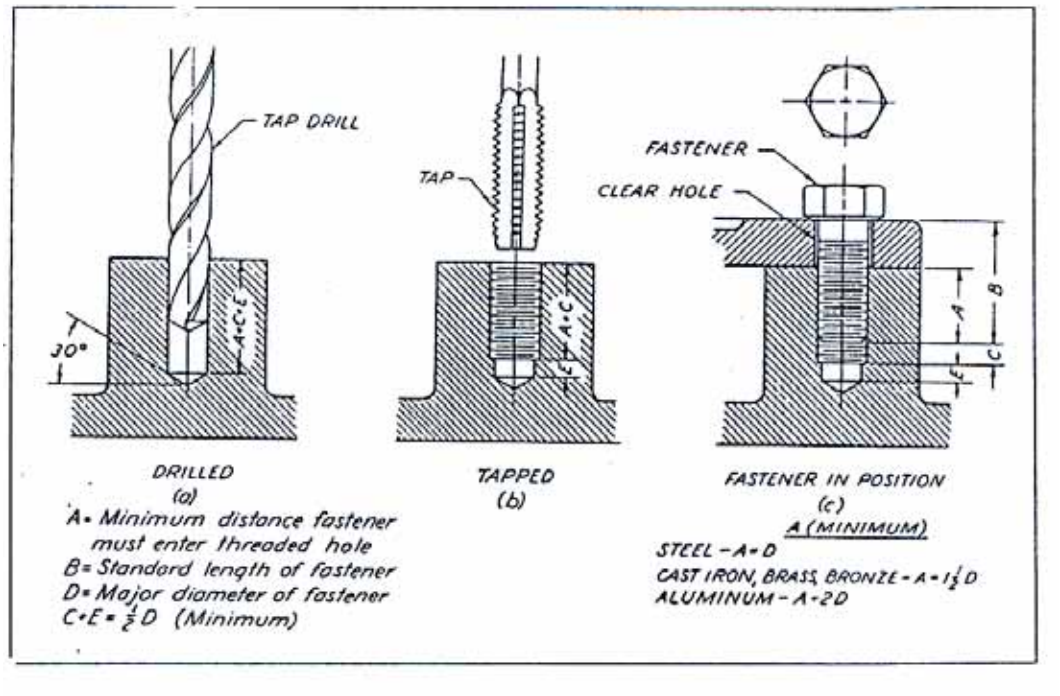


รูป 13.30 การเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ simplified

ส่วนรูป 13.30 (B) เป็นตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์แทนเกลียวแบบ Simplified ของเกลียวเมตริกทั้งเกลียวนอกและเกลียวใน

<u>หมายเหตุ</u> การทำเกลียวใน ก่อนทำเกลียวจะต้องเจาะรูก่อนเสมอ ถ้าไม่ได้กำหนดความลึกของรูที่จะต้องเจาะมาให้ จำเป็นจะต้องเจาะเผื่อส่วนปลายของตัวจับยึด (Fastener) และตัวทำเกลียว

(Tap) ไว้อีกประมาณ ½ นิ้ว (25.4 มม.) ดังแสดงในรูป 13.31 ขนาดรูเจาะ (Tap drill size) ของเกลียวเมตริกหาได้จากตารางในผนวก ก 12. ส่วนเกลียวนิ้วหาได้จากตารางในผนวก ข 15.



รูป 13.31 การเจาะรูทำเกลียวและการยึดด้วยตัวจับยึดที่เป็นเกลียว

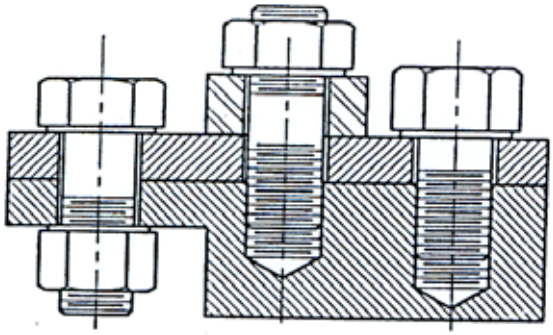
13.7 ตัวจับยึดที่เป็นเกลียว (Threaded Fasteners)

ตัวจับยึดที่เป็นเกลียว คือเครื่องมือกลอันหนึ่งที่ใช้ในการจับยึดหรือประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเข้าด้วยกัน ซึ่งแบ่งตามวิธีจับยึดได้แก่ สลักเกลียวและแป้นเกลียว (Bolts and Nuts) สลักเกลียวฝัง (Stud Bolts) หมุดเกลียว (Cap Screws) หมุดเกลียวจักรกล (Machine Screws) และหมุดเกลียวปรับ (Set Screws)

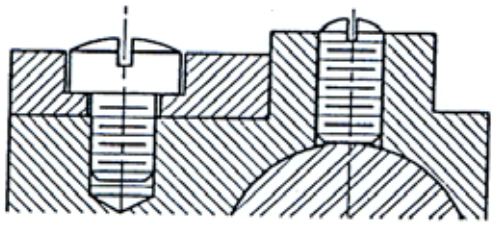
13.7.1 สลักเกลียวและแป้นเกลียว (Bolts and Nuts)

สลักเกลียว (Bolts) หมายถึงตัวจับยึดที่มีเกลียวอยู่รอบนอก ลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ปลายข้างหนึ่งมีเกลียวและอีกข้างหนึ่งมีหัวเป็นสี่เหลี่ยมหรือหกเหลี่ยม เพื่อเอาไว้จับหมุนสลักเกลียว ใช้คู่กับแป้นเกลียว (Nuts) เพื่อขันยึดชิ้นงานสองอันเข้าด้วยกัน ดังรูป 13.32 (A) ส่วนรูป 13.33 แสดงรูปแบบต่าง ๆ ของหัวสลักเกลียวและแป้นเกลียว

การยึดด้วยสลักเกลียวและแป้นเกลียวนี้ ใช้ในบริเวณที่สามารถหมุนหัวของสลักเกลียวหรือแป้นเกลียวได้สะดวก เช่นรอยต่อของหน้าแปลน ลักษณะของหัวสลักเกลียวแสดงไว้ในสรูป 13.33 โดยลักษณะหัวของสลักเกลียวและแป้นเกลียวนั้นแบ่งได้สองแบบคือ แบบ Regular และ Heavy ทั้งสองแบบนี้ต่างกันที่ความหนาของหัวสลักเกลียวและแป้นเกลียว โดยแบบ Heavy จะมีความหนามากกว่าและใช้กับงานที่ต้องการให้มีการขันรับแรงอัดมาก ๆ



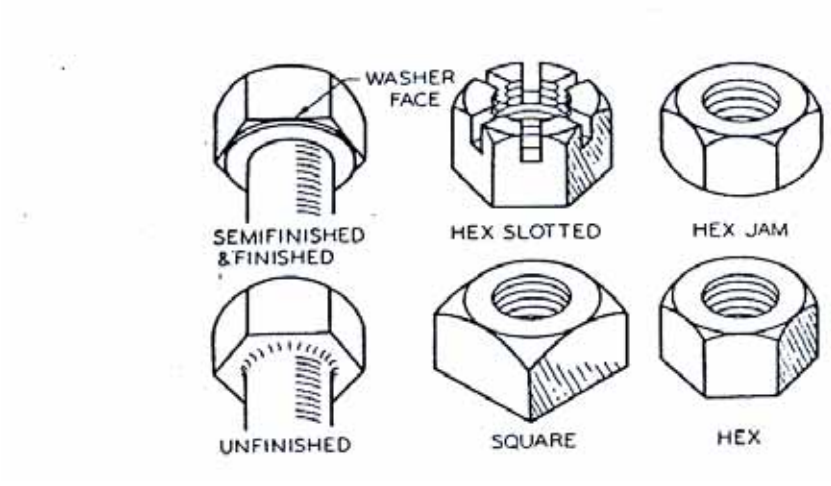
(A) Bolt (B) Stud (C) Cap screw



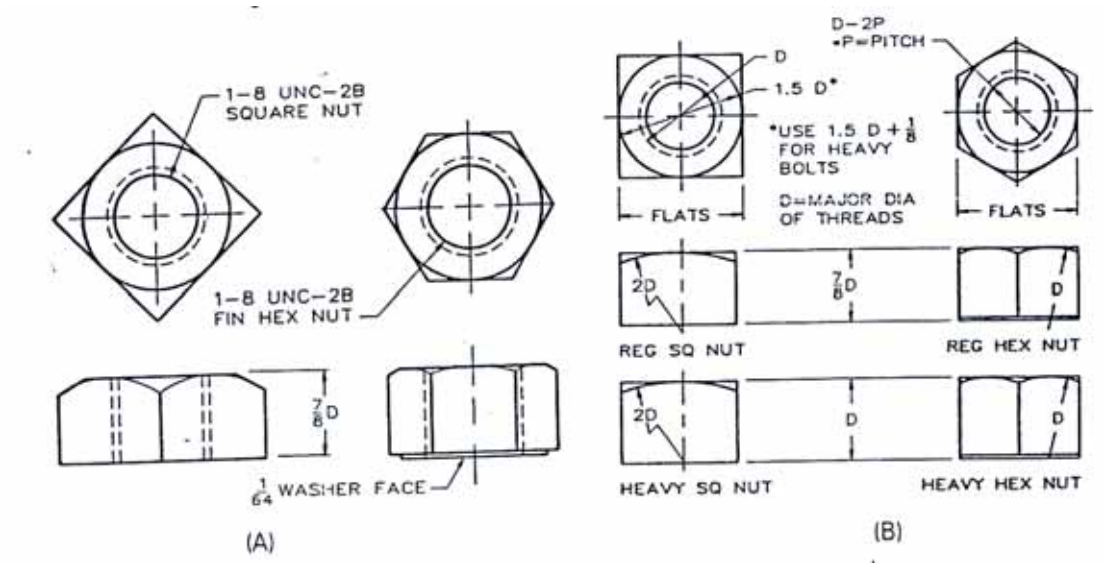
(D) Machine screw (E) Set screw

รูป 13.32 แบบต่าง ๆ ของสลักเกลียวและสกรู

ลักษณะส่วนโคนระหว่างลำตัวกับหัวสลักเกลียวก็ยังแบ่งได้เป็นสองแบบได้แก่ Finished และ Unfinished โดยที่แบบ Undiniahws Head จะไม่มีการตกแต่งผิวส่วนโคนระหว่างตัวสลักกับหัวสลัก แต่แบบ Finished Head จะมีการตกแต่งผิวหน้าส่วนโคนระหว่างตัวสลักกับหัวสลักใหส้มี่ความหนายื่นออกมา ทั้งนี้เพื่อให้เป็นผิวรับแรงได้ดีขึ้น ส่วนแป้นเกลียว (Nut) หัวหกเหลี่ยมที่เป็นแบบ Jam Nut ผิวหน้าจะไม่ราบแบนเหมือนแป้นเกลียวธรรมดา แต่จะทำเป็นลักษณะปาดหน้าลบมุมเอาไว้ทั้งสองด้าน



รูป 13.33 รูปแบบต่าง ๆ ของหัวสลักเกลียวและแป้นเกลียว

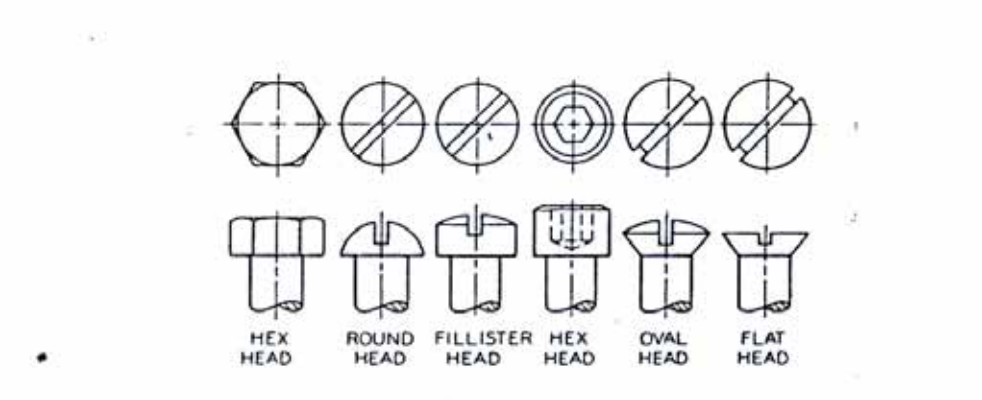


รูป 13.34 เปรียบเทียบลักษณะแป้นเกลียว (A) แป้นเกลียวสี่เหลี่ยม จัตุรัสกับหกเหลี่ยม (B) แป้นเกลียวแบบ Regular กับ Heavy

13.7.2 สลักเกลียวฝัง (Studs)

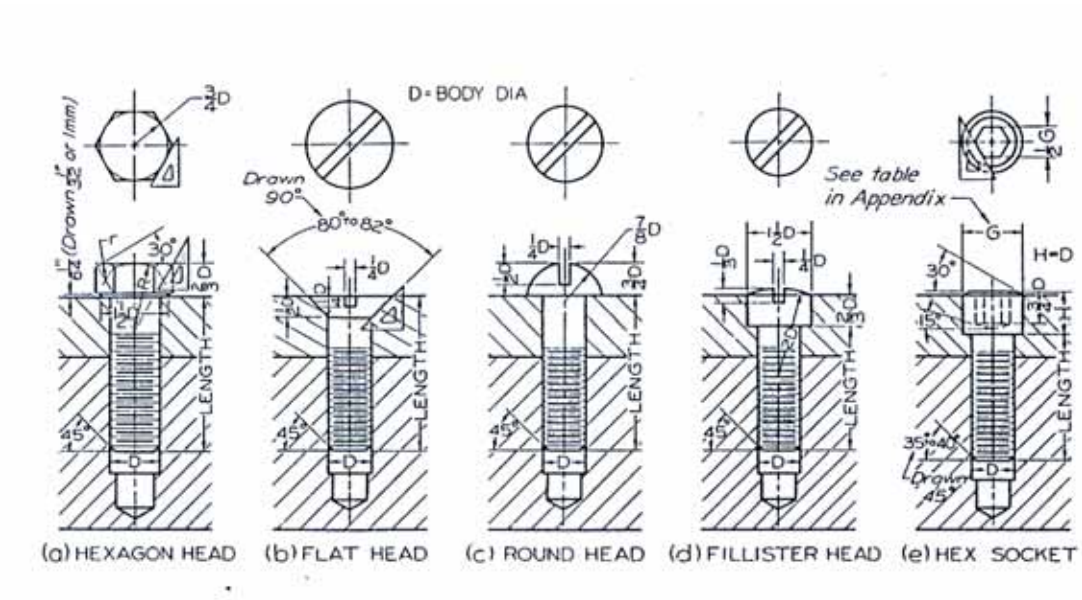
ลักษณะเป็นทรงกระบอกมีเกลียวที่ปลายทั้งสองข้าง การยึดด้วยสลักเกลียวฝังนี้ทำได้โดยการขันด้านใดด้านหนึ่งให้ฝังเข้าไปในชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งซึ่งทำเป็นเกลียวรองรับเอาไว้ ส่วนอีกด้านที่เหลือจะเป็นเกลียวสำหรับขันแป้นเกลียว ดังรูป 13.32 (B) การยึดด้วยสลักเกลียวฝังนี้จะใช้กับงานที่ไม่สามารถสอดสลักเกลียวธรรมดาผ่านเข้าไปได้ เนื่องจากชิ้นงานหนามากเกินไป หรือรอยต่อนั้นต้องการให้มีการถอดบ่อย ๆ และต้องการยึดรอยต่อหลาย ๆ จุด เมื่อใช้สลักเกลียวฝังจะทำให้ง่ายต่อการประกอบให้ตรงศูนย์ เช่นฝาสูบเครื่องยนต์เป็นต้น

หมุดเกลียว (Screw) หมายถึงตัวจับยึดที่เป็นเกลียวคล้ายกับสลักเกลียว ต่างกันที่เวลาใช้ไม่ต้องมีแป้นเกลียว แต่จะใช้หมุนเข้าไปในชิ้นงานอีกชิ้นหนึ่งที่ทำเป็นเกลียวในเอาไว้โดยตรงหมุดเกลียวนี้ได้แก่ หมุดเกลียวธรรมดา (Cap Screw) หมุดเกลียวจักรกล (Machine Screw) และหมุดเกลียวปรับ (Set Screw) ดังนี้



รูป 13.35 ลักษณะทั่วไปของหัวหมุดเกลียวแบบต่าง ๆ

13.7.2 หมุดเกลียวธรรมดา (Cap Screws) หรือบางครั้งเรียกว่าหมุดเกลียว



รูป 13.36 รูปแบบมาตรฐานของหมุดเกลียว

หมุดเกลียวมีลักษณะเช่นเดียวกันกับสลักเกลียว ต่างกันก็คือ หมุดเกลียวนี้ใช้ขันเข้าไปในชิ้นงานที่ทำเป็นเกลียวเอาไว้โดยไม่ต้องใช้แป้นเกลียว ดังรูป 13.32 (C) ใช้กับงานที่ไม่อาจใช้สลักเกลียวได้ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อที่จำกัด หรือใช้กับรอยต่อที่ไม่ต้องการถอดบ่อย ๆ เพราะจะทำให้เกลียวบนชิ้นงานนั้นเสียหายได้ ส่วนลักษณะของหัวหมุด

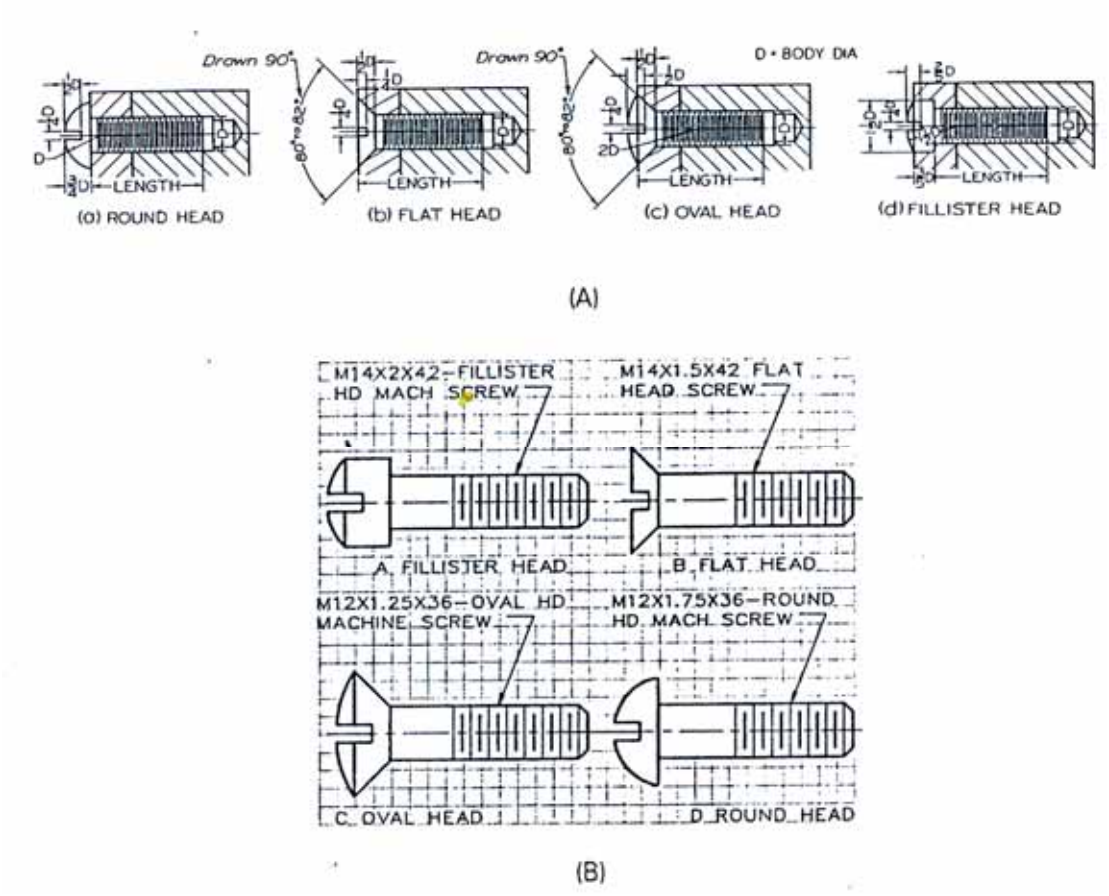
เกลียวแบบต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูป 13.35 และ รูป 13.36

ขนาดส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียว หมุดเกลียวและแป้นเกลียวหาได้จากตารางในผนวกท้ายเล่ม ถ้าเป็นขนาดในระบบเมตริกหรือมิลลิเมตรหาได้จากตารางในผนวก ก 13. ถึง ก 20 ส่วนขนาดในระบบอังกฤษหรือนิ้วหาได้จากตารางในผนวก ข 15 ถึง ข 18

13.7.4 หมุดเกลียวจักรกล (Machine Screws)

มีลักษณะเหมือนกับหมุดเกลียว (Cap screw) แต่ขนาดเล็กกว่า ส่วนใหญ่มักจะทำหัวเป็นร่องเพื่อให้ใช้ไขควงขันได้ ใช้ในการประกอบชิ้นงานขนาดเล็กเข้าด้วยกันดังรูป 13.31 (D) จะทำเป็นเกลียวไว้ตลอดความยาวถ้าหมุดเกลียวนั้นมีความยาวต่ำกว่า 2 นิ้ว ลงมา

ตัวอย่างของขนาดหมุดเกลียวจักรกลพร้อมทั้งโน้ตการกำหนดขนาดได้แสดงไว้ในรูป 13.37 ส่วนรายละเอียดของขนาดส่วนต่าง ๆ ของหมุดเกลียวจักรกลสามารถหาได้จากตารางในผนวกท้ายเล่ม (ระบบเมตริก) จากผนวก ก 21 และ (ระบบอังกฤษ) ตั้งแต่
ผนวก ข 19 ถึง ข 20

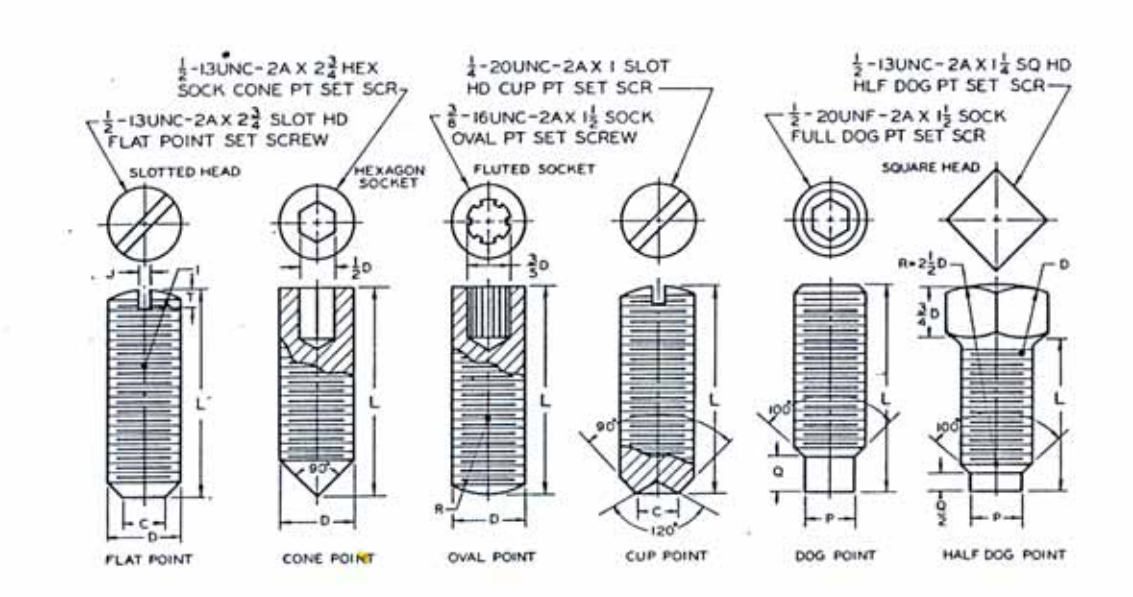


รูป 13.37 แบบมาตรฐานของหมุดเกลียว**จักรกล**

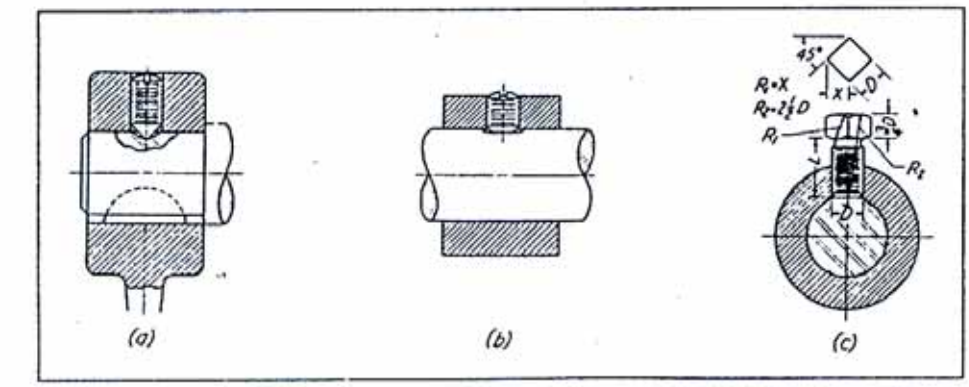
13.7.5 หมุดเกลียวปรับ (Set Screws) เป็นหมุดเกลียว

เป็นหมุดเกลียวชนิดกึ่งยึด ซึ่งใช้ป้องกันไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่างผิวเลื่อนสองผิวที่อยู่ติดกันโดยใช้ผลจากความเสียดทาน เช่นยึดปลอกเพลาให้ติดกับเพลา หรือยึดดุมล้อสายพานให้ติดกับเพลาเป็นต้น หมุดเกลียวปรับมีลักษณะของหัวและปลายหลายแบบดังแสดงในรูป 13.38 ส่วนลักษณะการใช้งานของหมุดเกลียวปรับได้แสดงไว้ในรูป 13.39

ขนาดส่วนต่าง ๆ ของหมุดเกลียวปรับในระบบเมตริกหาได้จากตารางในผนวก ก 22 ส่วนตาราง 13.6 เป็นตารางแสดงขนาดส่วนต่าง ๆ ว ของหมุดเกลียวปรับในระบบอังกฤษ และถ้าต้องการหาขนาดของหมุดเกลียวปรับนอกเหนือที่กำหนดไว้ในตาราง 13.6 ก็สามารถหาได้จากตารางในผนวก ข 21 ถึง ข 23



รูป 13.38 รูปแบบต่าง ๆ ของหมุดเกลียวปรับ



รูป 13.39 ลักษณะการใช้งานของหมุดเกลียวปรับ

ตาราง 13.6

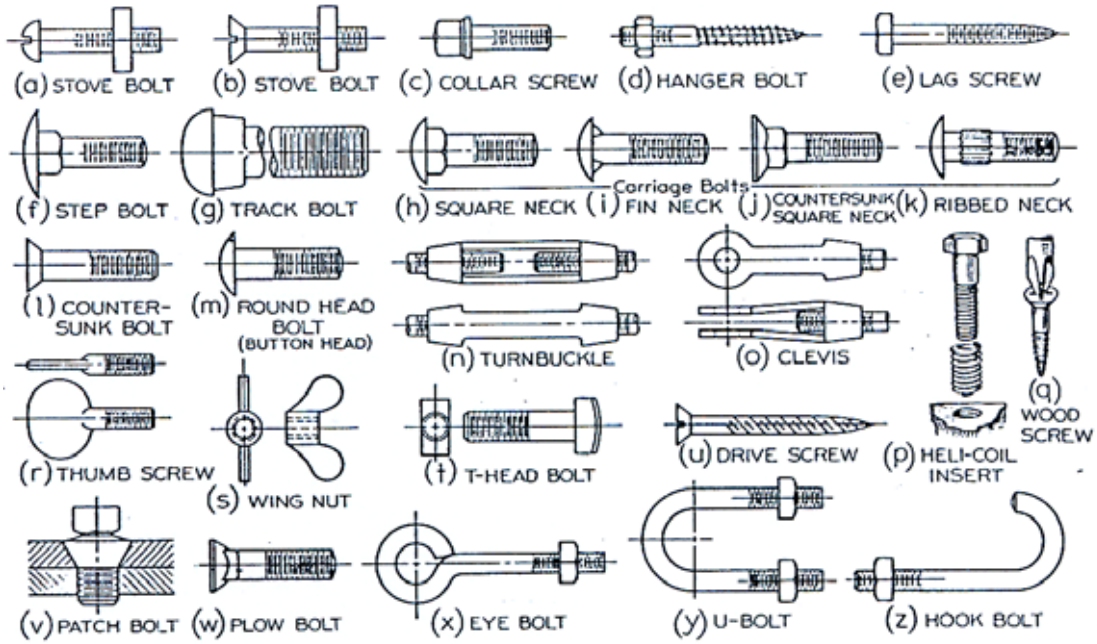
ขนาดส่วนต่างของหมุดเกลียวปรับที่แสดงในรูป 13.38

D	I	J	T	R	C		P		Q	q
Nominal Size	Radius of Headless Crown	Width of Slot	Depth of Slot	Oval Point Radius	Diameter of Cup and Flat Points		Diameter of Dog Point		Length of Dog Point	
					Max	Min	Max	Min	Full	Half
5 0.125	0.125	0.023	0.031	0.094	0.067	0.057	0.083	0.078	0.060	0.030
6 0.138	0.138	0.025	0.035	0.109	0.047	0.064	0.092	0.087	0.070	0.035
8 0.164	0.164	0.029	0.041	0.125	0.087	0.076	0.109	0.103	0.080	0.040
10 0.190	0.190	0.032	0.048	0.141	0.102	0.088	0.127	0.120	0.090	0.045
12 0.216	0.216	0.036	0.054	0.156	0.115	0.101	0.144	0.137	0.110	0.055
1/4 0.250	0.250	0.045	0.063	0.188	0.132	0.118	0.156	0.149	0.125	0.063
5/16 0.3125	0.313	0.051	0.076	0.234	0.172	0.156	0.203	0.195	0.156	0.078
3/8 0.375	0.375	0.064	0.094	0.281	0.212	0.194	0.250	0.241	0.188	0.094
7/16 0.4375	0.438	0.072	0.109	0.328	0.252	0.232	0.297	0.287	0.219	0.109
1/2 0.500	0.500	0.081	0.125	0.375	0.291	0.270	0.344	0.344	0.250	0.125
9/16 0.5625	0.563	0.091	0.141	0.422	0.332	0.309	0.391	0.379	0.281	0.140
5/8 0.625	0.625	0.102	0.156	0.469	0.371	0.347	0.469	0.456	0.313	0.156
3/4 0.750	0.750	0.129	0.188	0.563	0.450	0.425	0.563	0.549	0.375	0.188

Dimension in inches

Source : Courtesy of ANSI; B18.6.2.

13.7.6 หมุดเกลียวแบบเบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Screws)

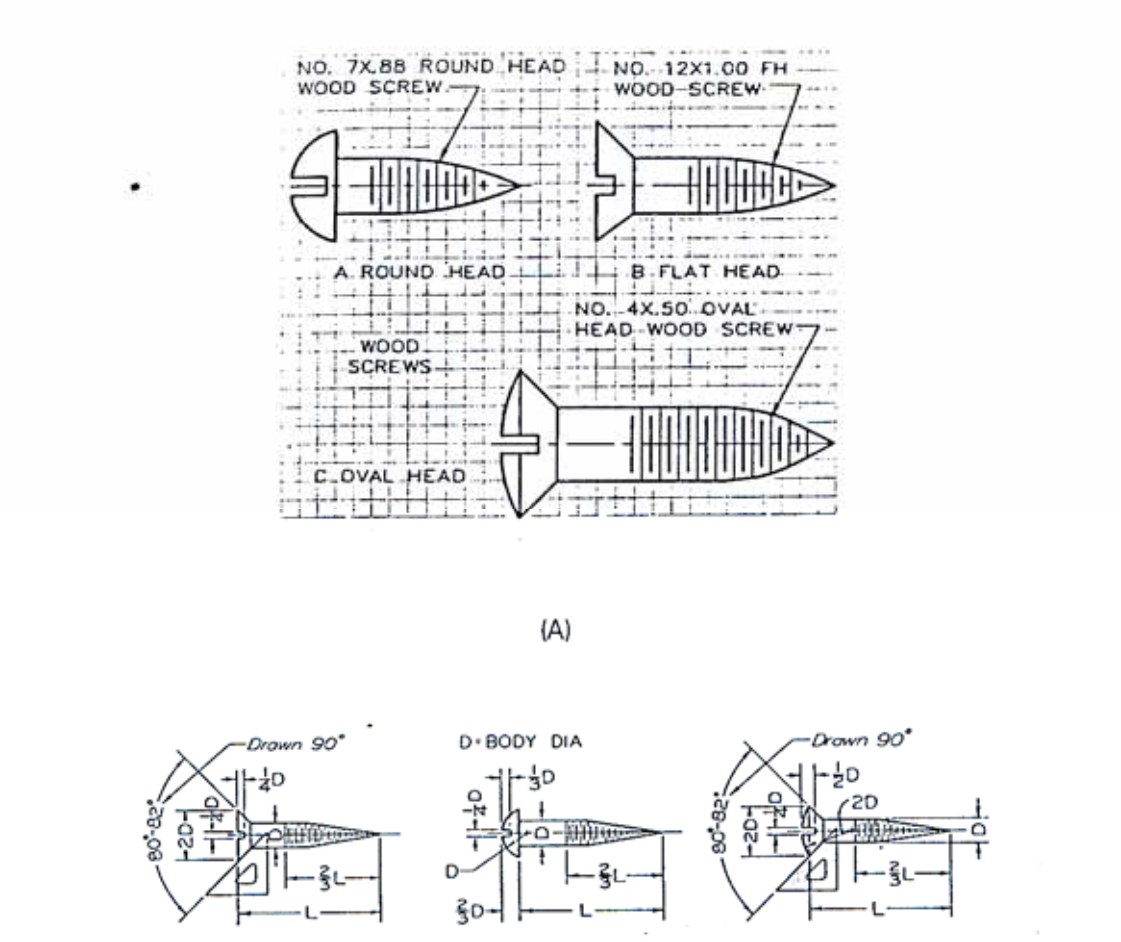


รูป 13.40 สลักเกลียวและหมุดเกลียวเบ็ดเตล็ดแบบอื่น ๆ

หมุดเกลียวแบบอื่น ๆ ที่ใช้ในงานต่าง ๆ รวมทั้งสลักเกลียวแบบพิเศษนอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นได้แสดงไว้ในรูป 13.40

13.7.7 หมุดเกลียวงานไม้ (Wood Screws)

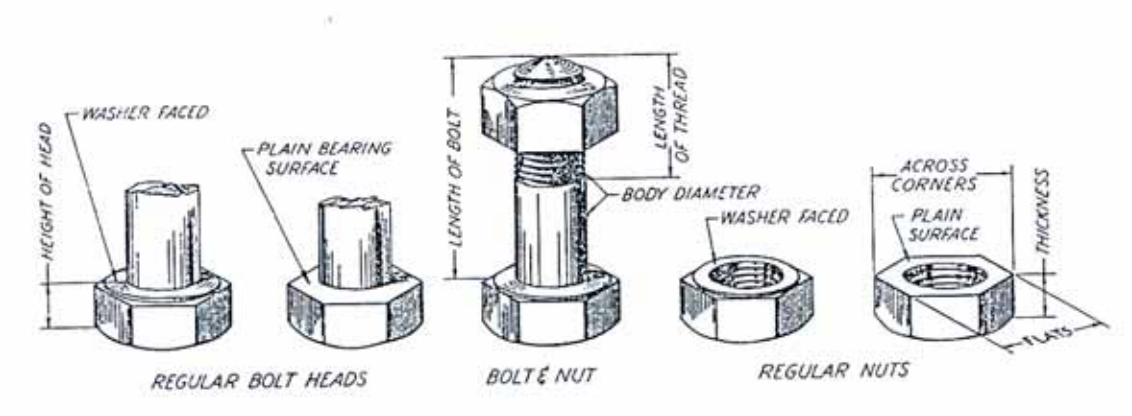
หมุดเกลียวที่ใช้กับงานไม้จะมีลักษณะเป็นเกลียวหยาบ ปลายแหลม ที่นิยมใช้กันทั่วไปมีอยู่สามแบบ ดังรูป 13.41



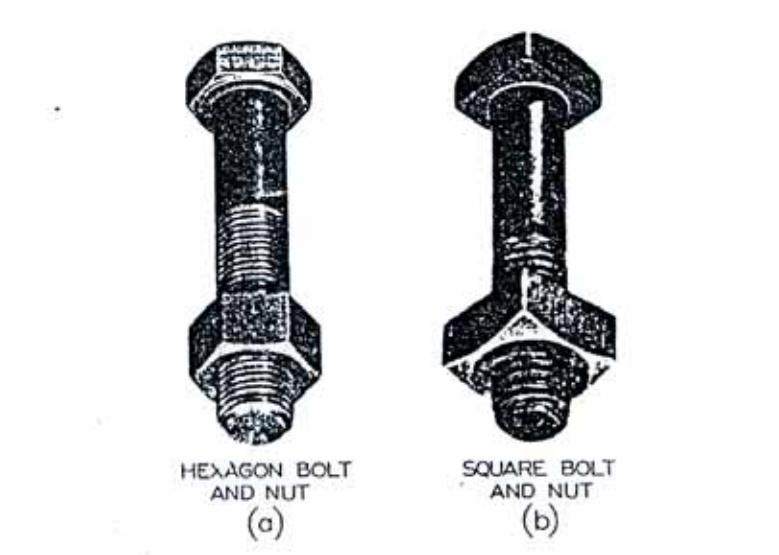
รูป 13.41 แบบมาตรฐานของหมุดเกลียวงานไม้

13.8 การเขียนแบบสลักเกลียวและแป้นเกลียว

ลักษณะรูปร่างของสลักเกลียวและแป้นเกลียวที่แสดงในรูป 13.42 เป็นลักษณะเกลียวและแป้นเกลียวที่ใช้งานโดยทั่วไป ส่วนรูป 13.43 เป็นการเปรียบเทียบลักษณะเกลียวและแป้นเกลียวระหว่างหัวหกเหลี่ยมกับสี่เหลี่ยมจัตุรัส

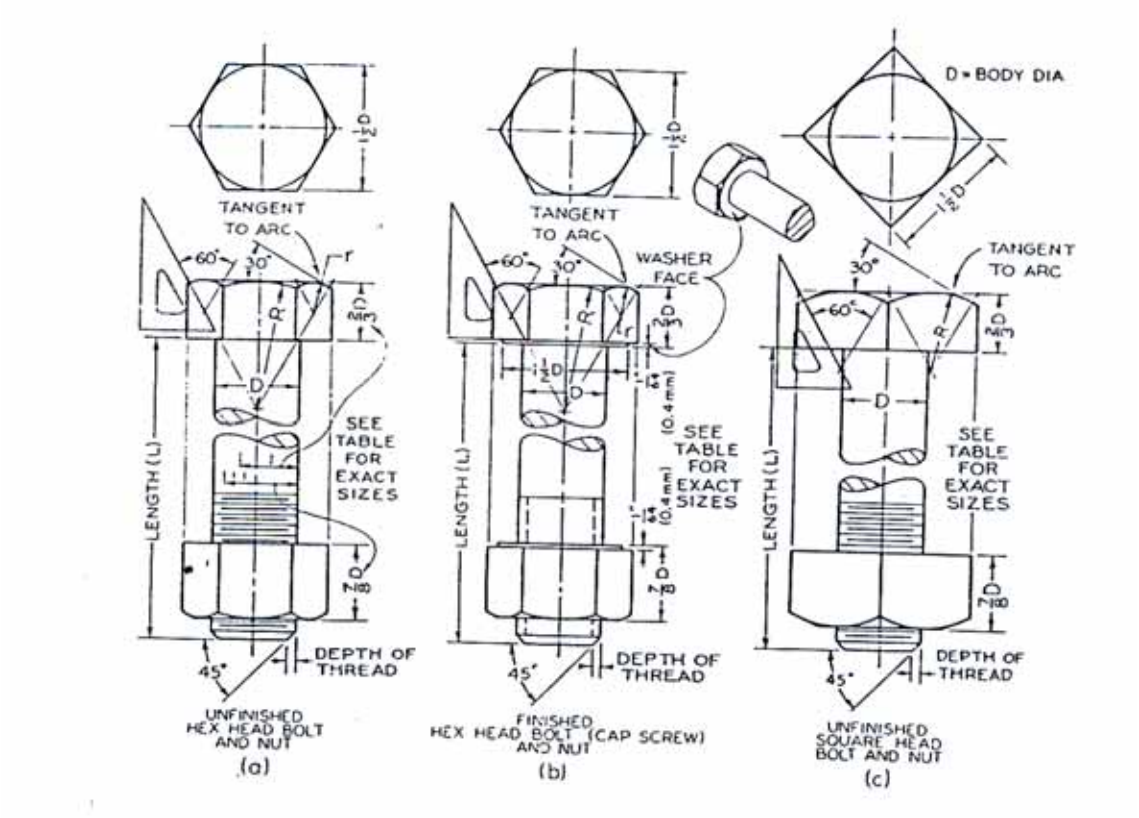


รูป 13.42 ลักษณะของสลักเกลียวและแป้นเกลียว

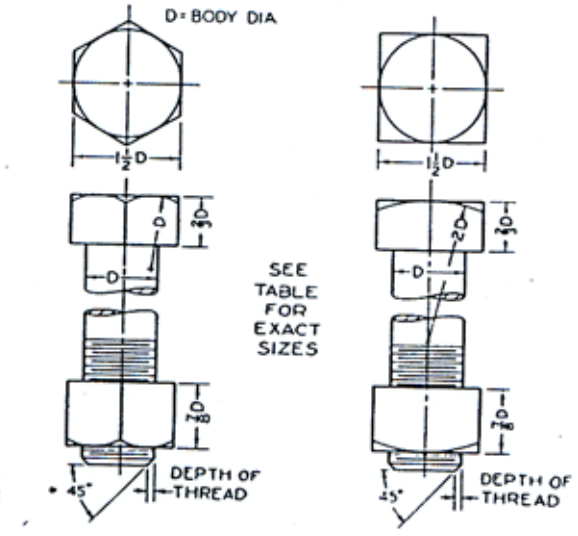


รูป 13.43 เปรียบเทียบสลักเกลียวและแป้นเกลียว
ระหว่างหัวหกเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ส่วนรูป 13.44 แสดงให้เห็นสัดส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียวและแป้นเกลียวแบบธรรมดา (Regular) หัวสี่เหลี่ยมจัตุรัสและหกเหลี่ยม ส่วนรูป 13.45 แสดงสัดส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียวและแป้นเกลียวโดยการมองขนานกับด้านผิวราบของหัวสลัก (Across flat)



รูป 13.44 สัดส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียวและแป้นเกลียวแบบธรรมดา



รูป 13.45 สัดส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียวเมื่อมองขนานด้านผิวราบของหัวสลัก

การคำนวณหาขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียวและแป้นเกลียวเพื่อเขียนแบบ หาได้โดยการใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสลักเกลียวเป็นหลัก โดยสัดส่วนนี้นำไปใช้กับสลักเกลียวและแป้นเกลียวในระบบเมตริกได้ด้วย (Threads) สำหรับ Bolts และ Nuts

ในระบบอังกฤษแบบ Unfinished และ Finished ถ้าเป็น Unfinished bolts จะมีเกลียวเป็นแบบหยาบชั้น 2 A ขณะที่หมุดเกลียวหัวหกเหลี่ยมแบบ Finished มีเกลียวเป็นแบบหยาบ ละเอียด หรือ 8 พิตช์ต่อนิ้วชั้น 2A ส่วน Unfinished nuts จะมีเกลียวเป็นแบบหยาบชั้น 2B

ขนาดสัดส่วนของส่วนต่าง ๆ ของสลักเกลียวและแป้นเกลียว กำหนดหาได้จากสูตรต่อไปนี้

สลักเกลียวและแป้นเกลียวแบบธรรมดา (Regular) หัวหกเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$$W = 1\frac{1}{2}D$$

$$H = \frac{2}{3}D$$

$$T = \frac{7}{8}D$$

สลักเกลียวและแป้นเกลียวแบบ Heavy หัวหกเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมจัตุรัส

$$W = 1\frac{1}{2}D + \frac{1}{8} \text{ นิ้ว หรือ } + 3 \text{ มม.}$$

$$H = \frac{2}{3}D$$

$$T = \frac{7}{8}D$$

<u>หมายเหตุ</u> W = ความกว้างของหัวสลักเกลียวและแป้นเกลียวเมื่อวัดระหว่างหน้าเรียบ

H = ความสูงของหัวสลักเกลียว

T = ความสูงของแป้นเกลียว

ขนาดความยาวเกลียว (Thread lengths) สามารถคำนวณหาได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

ถ้าความยาวของสลักเกลียวต่ำกว่า 6 นิ้ว (150 มม) ลงมาจะได้

ความยาวเกลียว = 2D + ¼ นิ้ว (สำหรับเกลียวนิ้ว)

= 2D + 6 mm (สำหรับเกลียวเมตริก)

ถ้าความยาวของสลักเกลียวมากกว่า 6 นิ้ว (150 มม) ขึ้นไปจะได้

ความยาวเกลียว = 2D + ½ นิ้ว (สำหรับเกลียวนิ้ว)

= 2D + 12 mm (สำหรับเกลียวเมตริก)

ขนาดความยาวของสลักเกลียวไม่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานเอาไว้ให้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการทางด้านอุตสาหกรรมที่จะนำไปใช้ ซึ่งจะหาข้อมูลนี้ได้จาก Catalogs ของโรงงานผู้ผลิตแต่จะมีวิธีพิจารณาไว้คราว ๆ ดังนี้

ถ้าเป็นสลักเกลียวหัวหกเหลี่ยม ตัวสลักเกลียวจะมีความยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ ¼ นิ้ว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวต่ำกว่า 8 นิ้วลงมา และจะยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ ½ นิ้ว ว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวอยู่ระหว่าง 8 – 20 นิ้ว และจะเพิ่มขึ้นช่วงละ 1 นิ้ว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวอยู่ระหว่าง 20 – 30 นิ้ว แต่ถ้าเป็นสลักเกลียวหัวสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตัวสลักเกลียวจะมีความยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ 1/8 นิ้ว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวอยู่ระหว่าง ½ - ¾ นิ้ว ;
และจะยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ ¼ นิ้วว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวอยู่ระหว่าง ¾ - 5 นิ้ว , และจะยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ ½ นิ้ว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวอยู่ระหว่าง 5 – 12 นิ้ว; และจะยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ 1 นิ้ว ถ้าสลักเกลียวมีความยาวอยู่ระหว่าง 12 – 30 นิ้ว

ลักษณะส่วนปลายของเกลียวอาจทำไว้เป็นรูปโค้งมนหรือเป็น Chamfer มุม 45° จากแนวความลึกของเกลียว ดังรูป 13.44

13.9 ขั้นตอนการเขียนสลักเกลียวและแป้นเกลียว

ก่อนเขียนสลักเกลียวและแป้นเกลียว จะต้องพิจารณาคุณลักษณะของเกลียวเสียก่อนว่ามีคุณลักษณะครอบคลุมตามรายการต่อไปนี้หรือไม่

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของสลักเกลียว (Nominal size of bolt body)
2. ขนาดเกลียว (Thread specification)
3. ความยาวของสลักเกลียว (Length of bolt)
4. Finish of bolt
5. รูปแบบของหัวสลัก (Style of head)
6. ชื่อของสลักเกลียวหรือหมุดเกลียว (สกรู)

ตัวอย่างเช่น

$\frac{3}{4}$ - 10 UNC – 2 A $\times 2\frac{1}{2}$ HEXAGON CAP SCREW (แบบเต็ม)

$\frac{3}{4} \times 2\frac{1}{2}$ HEX CAP SCR (แบบย่อ)

M 6.3 $\times$ 1 – 40, HEX CAP SCR (แบบเมตริก)

ส่วนแป้นเกลียวสามารถกำหนดได้ดังนี้

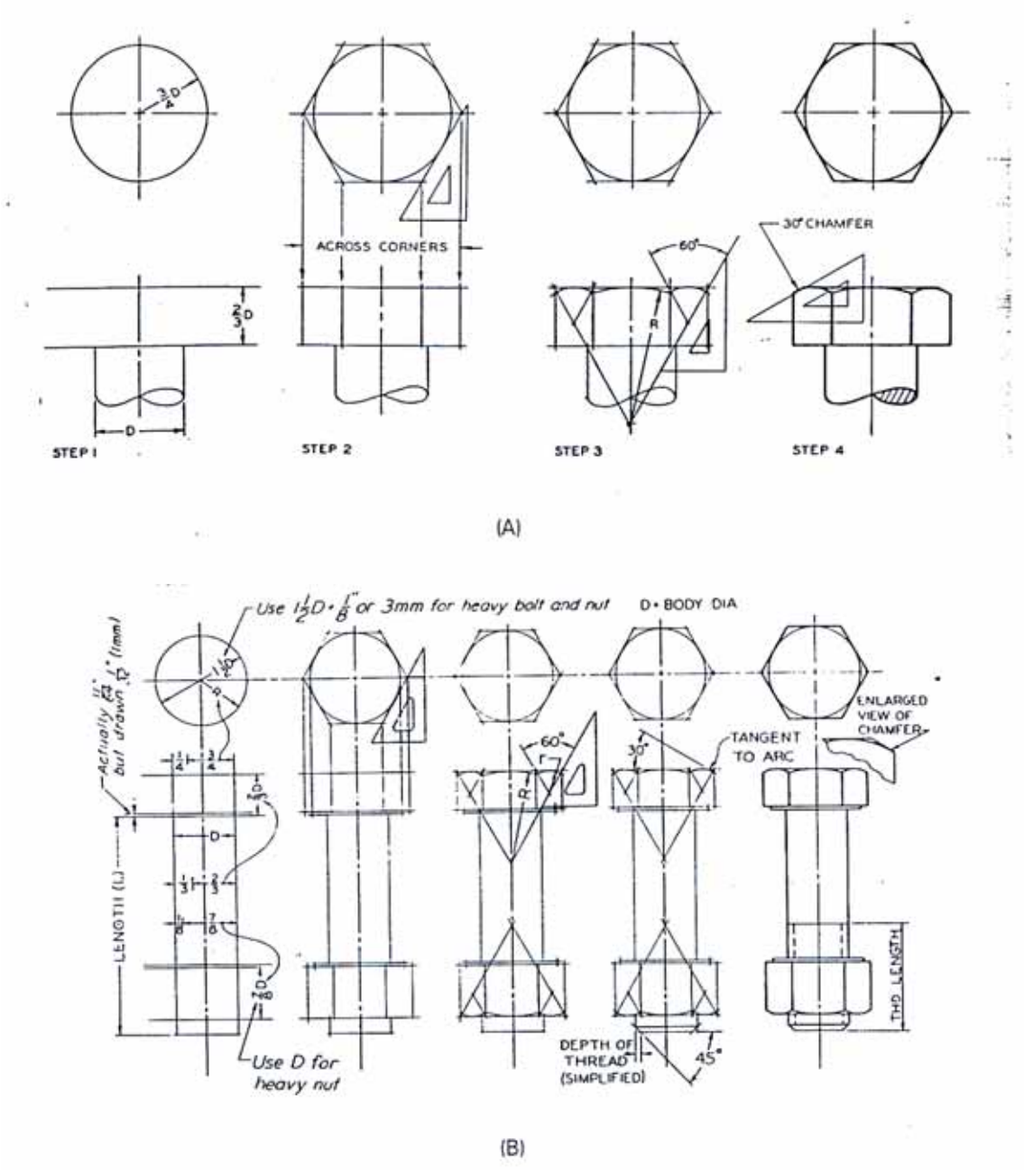
$\frac{5}{8}$ - 11 UNC – 2B SQUARE NUT (แบบเต็ม)

$\frac{5}{8}$ - SQ NUT (แบบย่อ)

M 6.3 $\times$ 1 HEX NUT (แบบเมตริก)

ขั้นตอนการเขียนสลักเกลียว หมุดเกลียว และแป้นเกลียวหัวหกเหลี่ยมที่แสดงไว้ในรูป 13.46 (A) และ (B) มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เขียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ D แล้วใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D นี้เป็นตัวกำหนดขนาดความกว้างและความหนาของหัวสลักโดยการคำนวณจากสูตร

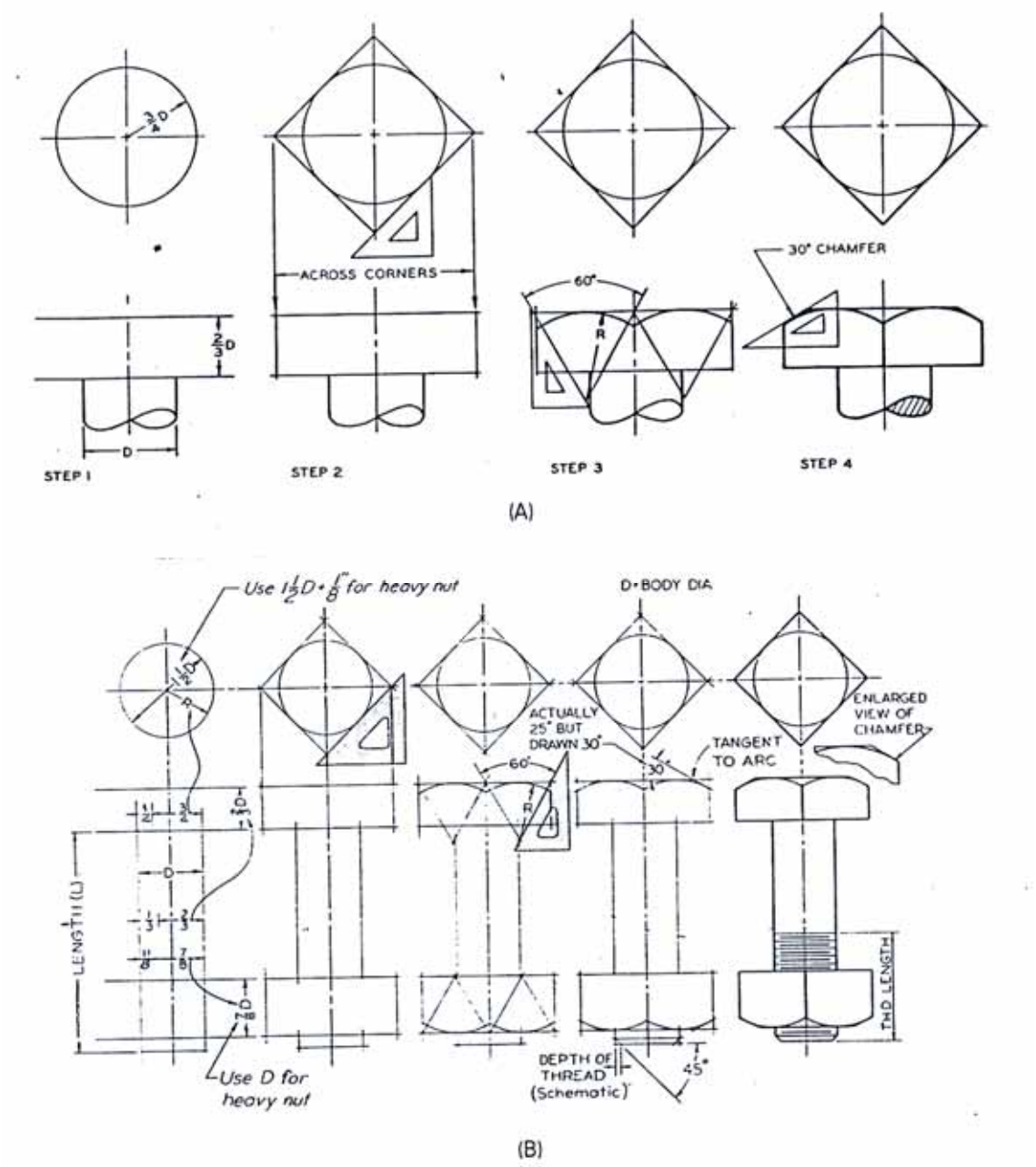


รูป 13.46 ขั้นตอนการเขียนสลักเกลียว หมุดเกลียวและแป้นหัวหกเหลี่ยม

ขั้นที่ 2 สร้างรูปหกเหลี่ยมโดยใช้ฉากสามเหลี่ยมมุม $30^\circ \times 60^\circ$ เพื่อกำหนดความกว้างของหัวสลักเกลียวตามแนวทะแยกมุมของส่วนที่เป็นเหลี่ยม

ขั้นที่ 3 เขียนรัศมีโค้งของหัวสลักเกลียวแป้นเกลียวในส่วนที่ปาดหน้าลบมุม

ขั้นที่ 4 เขียนเส้นเพื่อแสดงการปาดหน้าลบมุม 30° ให้สัมผัสกับส่วนโค้งที่เขียนไว้ในขั้นที่ 1



รูป 13.47 ขั้นตอนการเขียนสลักเกลียวและแป้นเกลียวหัวสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ส่วนรูป 13.47 (A) และ (B) แสดงขั้นตอนการเขียนสลักเกลียว หมุดเกลียวและแป้นเกลียว หัวสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เขียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ D แล้วใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D นี้เป็น ตัวกำหนดขนาดความกว้างและความหนาของหัวสลักโดยการคำนวณจากสูตร

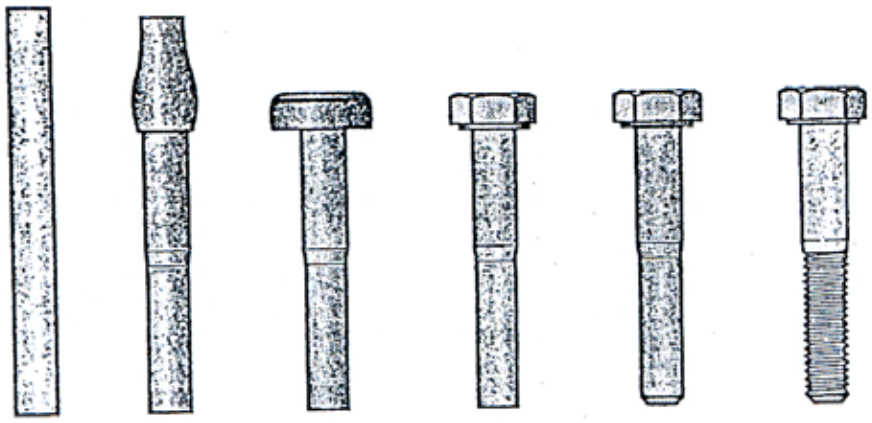
ขั้นที่ 2 เขียนสี่เหลี่ยมจัตุรัสส่วนที่เป็นหัวของสลักเกลียวด้วยฉากสามเหลี่ยมมุม 45°

ขั้นที่ 3 เขียนรัศมีโค้งของหัวสลักเกลียวและแป้นเกลียวในส่วนที่ปาดหน้าลบมุม

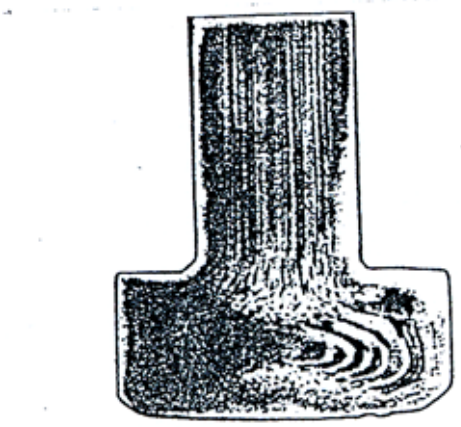
ขั้นที่ 4 เขียนเส้นเพื่อแสดงการปาดหน้าลบมุม 30° ให้สัมผัสกับส่วนโค้งที่เขียนไว้ในขั้นที่ 1

13.9 คุณสมบัติทางกลของสลักเกลียว

การผลิตสกรูส่วนใหญ่จะผลิตโดยการขึ้นรูปแบบไม่ปาดผิว (Non cutting) ดังรูป 13.48



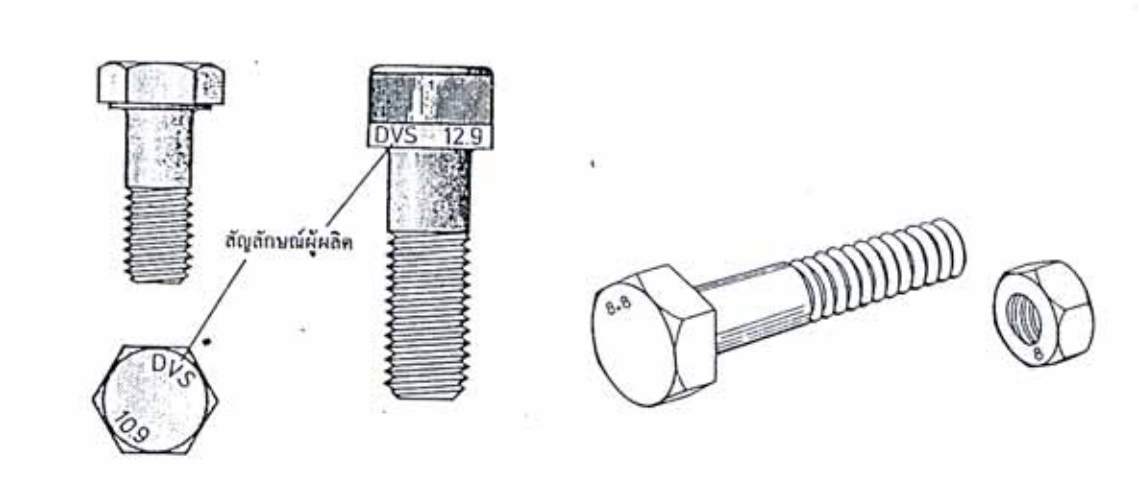
รูป 13.48 ขั้นตอนการผลิตสกรู



รูป 13.49 แนวการไหลของเม็ดเกร็นจากการที่สกรูถูกอัดขึ้นรูป

การผลิตขึ้นรูปโดยไม่ปาดผิวจะใช้ผลิตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำตัวเกลียวได้ถึง

24 มม ด้วยการอัดร้อน ส่วนบริเวณเกลียวจะผลิตด้วยการรีด สกรูที่ผลิตด้วยการขึ้นรูปโดยไม่ปาดผิวจะมีแนวการไหลของเม็ดเกร็นต่อเนื่องกัน ซึ่งจะทำให้มีค่าความเค้นสูง ดังรูป 12.49



รูป 13.50 สัญลักษณ์เกรดความแข็งของสกรูและนัตหรือแป้นเกลียว

รูป 13.50 แสดงตัวเลขเกรดความแข็งแรก ซึ่งเป็นค่าความต้านทานแรงดึงของสกรูโดยกำหนดไว้ 2 ตัว เช่น 8.8, 10.9 หรือ 12.9 เป็นต้น ตัวแรกจะบอกค่า 1/100 ของความต้านทานแรงดึงต่ำสูง หน่วยเป็น Mpa ส่วนตัวเลขตัวที่สองเป็นค่าประมาณ 1/10 ของอัตราส่วนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างค่าความต้านทานแรงดึงครากต่ำสุด กับค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดค่าความต้านทานแรงดึงครากโดยประมาณอาจหาได้จากผลคูณของเลขตัวแรกกับตัวที่สอง แล้วคูณด้วย 10 เช่น สลักเกลียวมีชั้นคุณสมบัติทางกล 12.9 หมายถึง :-

มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดเท่ากับ $12 \times 10 = 1{,}200$ Mpa

ความต้านทานแรงดึงครากโดยประมาณเท่ากับ $12 \times 9 \times 10 = 1{,}080$ Mpa

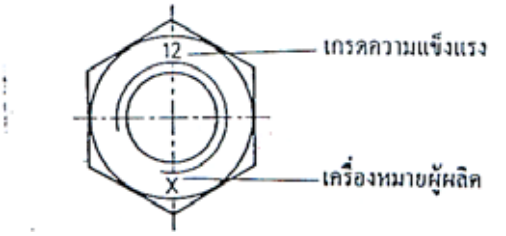
คุณสมบัติของสลักเกลียวและหมุดเกลียวแสดงไว้ในตาราง 13.7

ตาราง 13.7 ค่าความแข็งแรงของสกรูตามมาตรฐาน DIN 267

เกรดความแข็งแรงสกรู	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9
ความต้านแรงดึงต่ำสุด MPa	340	400	400	500	500	600	600	600	800	1000	1200	1400
$\frac{\text{ความเค้นครากต่ำสุด}}{\text{ความเค้นแรงดึงต่ำสุด}} \times 10$	6	6	8	6	8	6	8	9	8	9	9	9

ส่วนแป้นเกลียว (Nut) สัญลักษณ์ค่าความแข็งแรงจะต้องคูณด้วย 100 จึงจะเป็นค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดของวัสดุที่ใช้ทำ Nut มีหน่วยเป็น Mpa เช่น Nut 12 = 12×100 = 1,200 Mpa

ตาราง 13.8 ค่าความแข็งของแป้นเกลียว

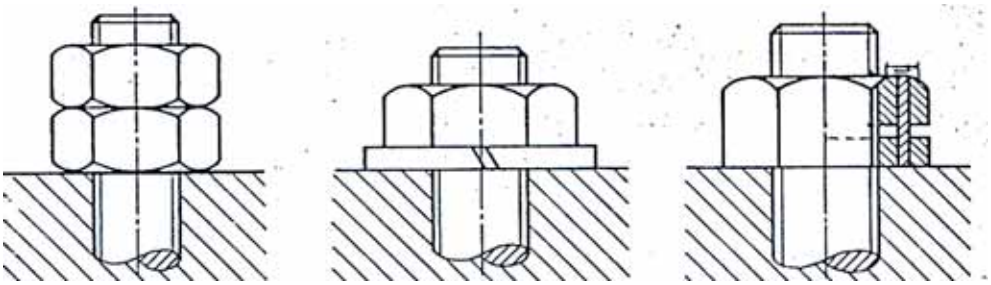


เกรดความแข็งแรงสกรู	5	6	8	10	12	14
ความต้านแรงดึงต่ำสุด Mpa	500	600	800	1000	1200	1400
เกรดความแข็งแรงสกรูที่เหมาะสมใช้กับแป้นเกลียว	3.6,4.6 4.8,5.6 5.8	6.6 6.8 6.9	8.8	10.9	12.9	14.9

13.11 อุปกรณ์ล๊อค (Locking devices)

การประกอบชิ้นงานให้ติดกันด้วยเกลียว โดยทั่วไปจะต้องคิดถึงแรงสองชนิดที่เกิดขึ้นบนรอยต่อซึ่งมีผลตรงข้ามกันดังนี้

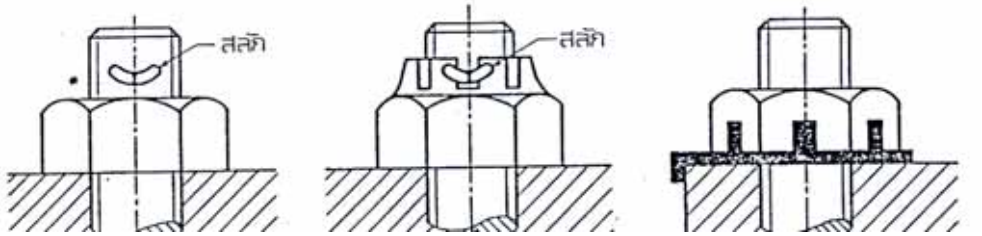
1. แรงที่ทำให้รอยต่อหลวมซึ่งเกิดจากแรงในแนวแกน หรือแรงที่เกิดจากการสั่น พยามทำให้เกลียวคลายตัว
2. แรงที่เกิดจากความเสียดทาน ซึ่งต้านทานการคลายตัวของเกลียว



ล็อคด้วยแป้นเกลียว ล็อคด้วยแหวนสปริง ล็อคด้วยแป้นเกลียวแบบแยก

รูป 13.51 อุปกรณ์ล็อคโดยอาศัยความเสียดทาน

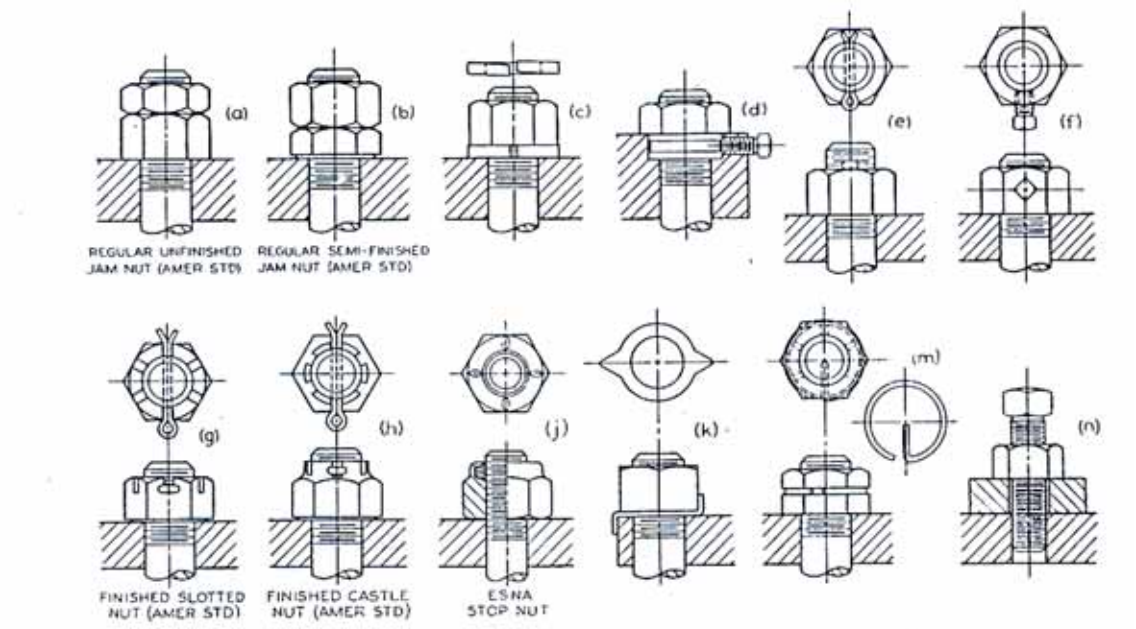
การออกแบบรอยต่อชิ้นงานด้วยเกลียว จะต้องออกแบบให้มีแรงเสียดทาน เพื่อป้องกันการคลายตัว ปกติรอยต่อจะต้องแน่นเมื่ออยู่ภายใต้แรงตายตัว แต่อย่างไรก็ตามรอยต่อส่วนมากจะอยู่ภายใต้แรงเปลี่ยนแปลงหรือแรงจากการสั่นตัว ซึ่งจะทำให้รอยต่อหลวมได้ ดังนั้นรอยต่อประเภทนี้จึงต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อต่อต้านการคลายตัว แทนที่จะใช้ความเสียดทานจากเกลียวแต่เพียงอย่างเดียว อุปกรณ์ล๊อคมีใช้กันอยู่มากโดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ชนิดคือ ล๊อคโดยอาศัยความเสียดทาน ดังรูป 13.51 และล็อคการเคลื่อนที่โดยตรงดังรูป 13.52 ส่วนรูป 13.53, 13.54 และ 13.55 แสดงอุปกรณ์ล็อคแบบต่าง ๆ



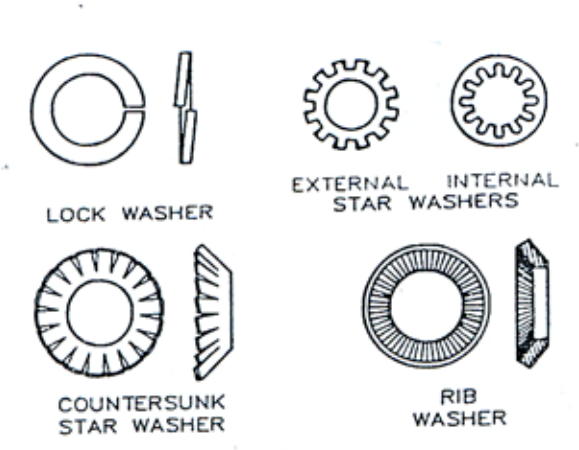
ล็อคด้วยสลัก ล็อคด้วยแป้นเกลียว ล็อคด้วยแผ่นกันคลาย

แบบหัวผ่า (Castle nut) (Star Washer)

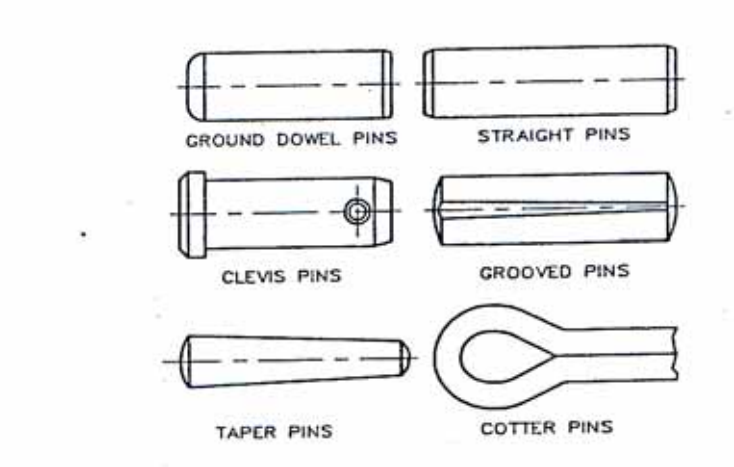
รูป 13.52 อุปกรณ์ล็อคการเคลื่อนที่โดยตรง



รูป 13.53 Locknuts and locking devices

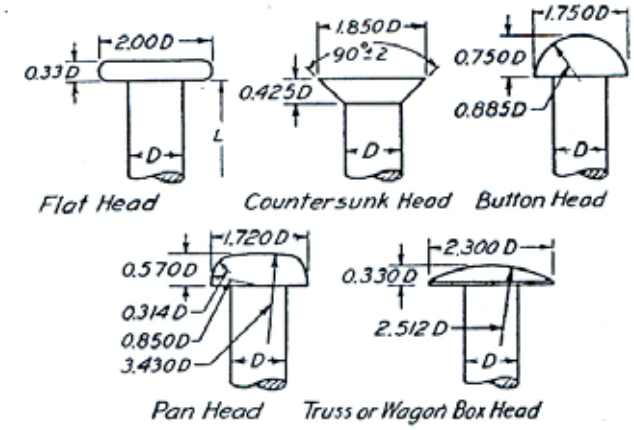


รูป 13.54 Types of lock washers and locking devices.



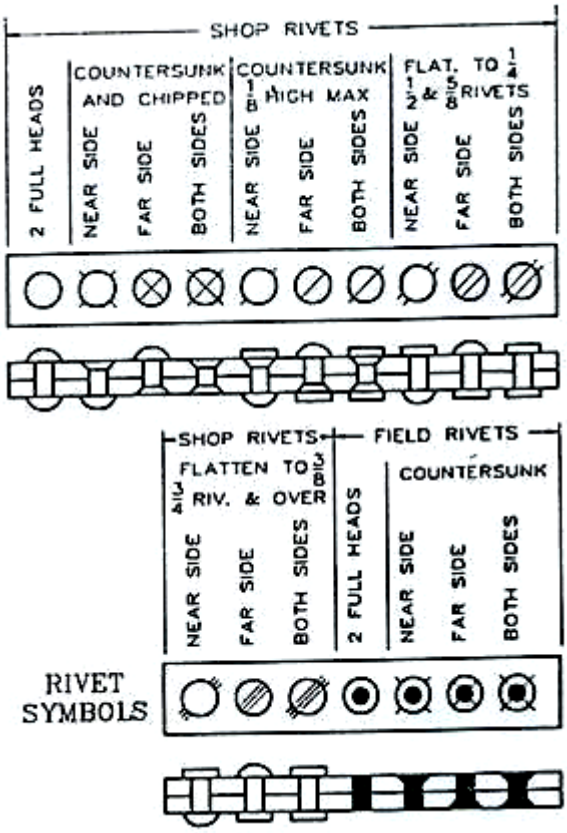
รูป 13.55 Types of pins used to fix parts together.

13.12 หมุดย้ำ (Rivets)



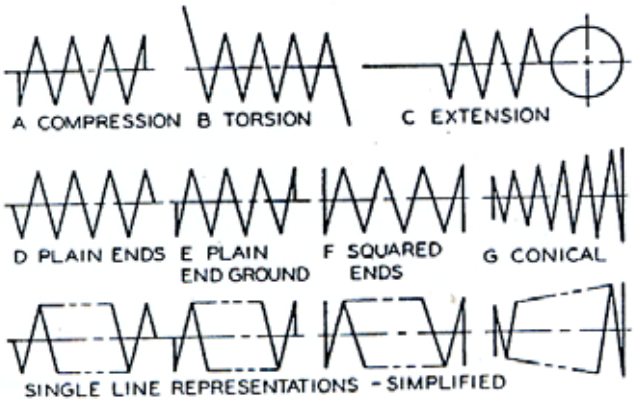
รูป 13.56 ชนิดและขนาดสัดส่วนต่าง ๆ ของหมุดย้ำขนาดเล็ก

การประกอบชิ้นงานบางอย่างจำเป็นต้องยึดให้ติดกันโดยถาวร นอกจากการยึดโดยการเชื่อมแล้วยังมีการยึดอีกวิธีหนึ่งคือ การยึดด้วยหมุดย้ำ ซึ่งใช้กับการยึดชิ้นงานที่ต่อโดยการทาบกัน ขนาดและรูปร่างของหมุดย้ำแบบต่าง ๆ แสดงไว้ในรูป 13.56 ส่วนสัญลักษณ์ที่ใช้แทนหมุดย้ำในงานเขียนแบบ แสดงไว้ในรูป 13.57



รูป 13.57 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนหมุดย้ำในงานเขียนแบบ

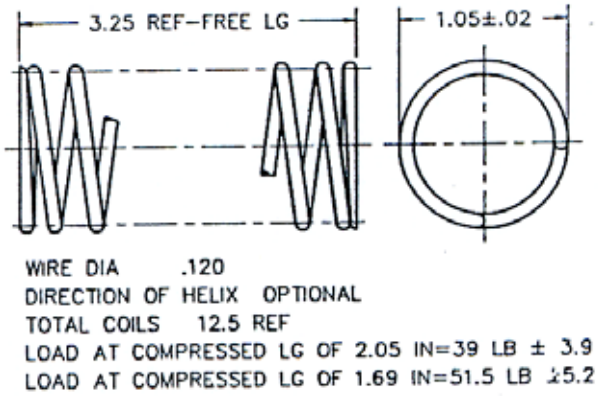
13.13 สปริง (Springs)



รูป 13.58 การเขียนสัญลักษณ์แทนสปริงแบบต่าง ๆ โดยใช้เส้นเดี่ยว

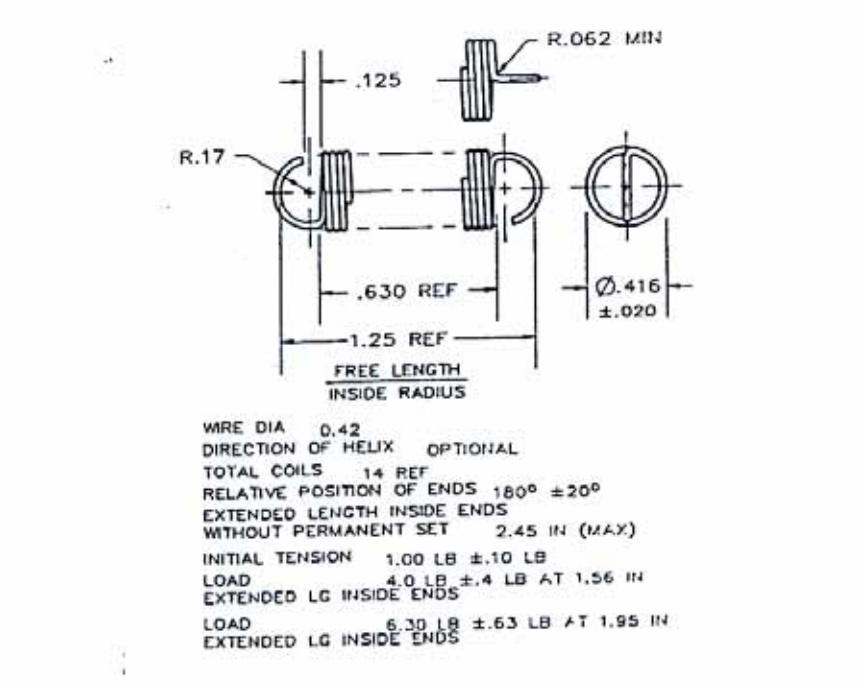
โดยทั่วไปสปริงขดแบ่งออกเป็นหลายแบบเช่น Compression, Torsion, Extension, Flat และแบบ Constant force

รูป 13.58 แสดงการเขียนสัญลักษณ์แทนสปริงในงานเขียนแบบ ของสามแบบแรกที่กล่าวมาโดยใช้เส้นเดี่ยว (Single line) รวมทั้งแสดงลักษณะส่วยปลายของสปริงแบบ Compression และสัญลักษณ์แบบง่าย ๆ แทนสปริงขด



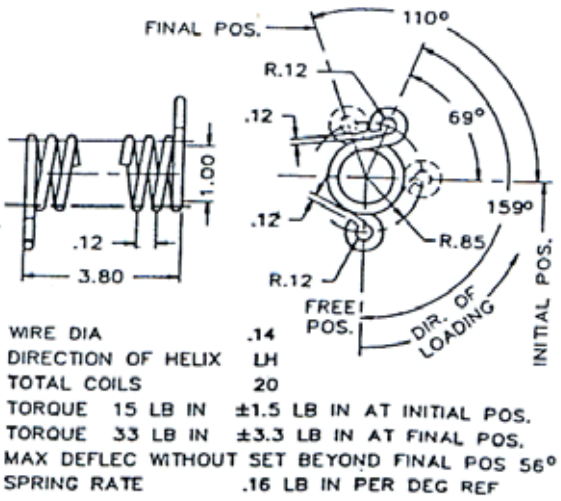
รูป 13.59 การเขียนสัญลักษณ์ของสปริงกดแบบขดโดยใช้เส้นคู่

รูป 13.59 แสดงสัญลักษณ์แทนสปริงขดแบบกดในงานเขียนแบบโดยใช้เส้นคู่ (Double line) ซึ่งจะเขียนบางส่วนแล้วละเอาไว้อีกเป็นบางส่วนโดยที่รายละเอียดของคุณลักษณะของสปริงจะกำหนดไว้ในตารางใต้ภาพ



รูป 13.60 การเขียนสัญลักษณ์แทนสปริงแบบยืดโดยใช้เส้นคู่

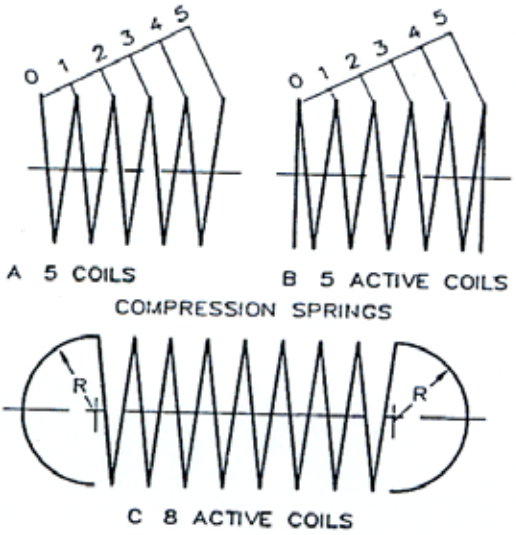
ส่วนการเขียนสัญลักษณ์แทนสปริงแบบ Extension และ Torsion แสดงไว้ในรูป 13.60 และ 13.61



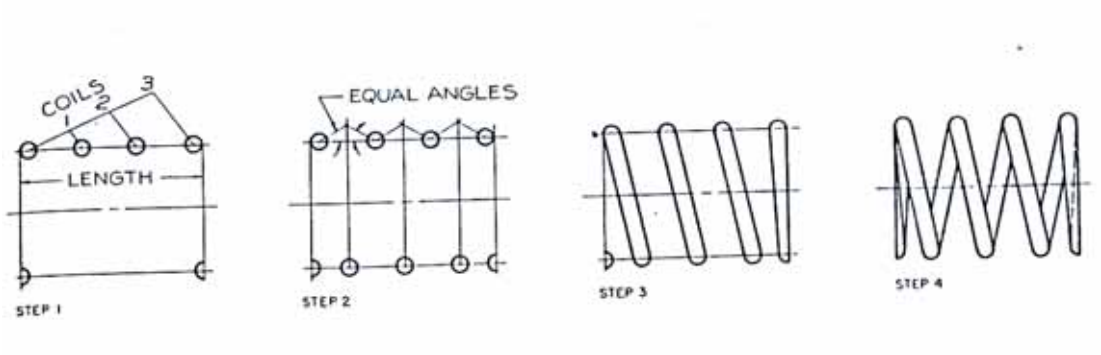
รูป 13.61 การเขียนสัญลักษณ์แทนสปริงขดแบบบิดโดยใช้เส้นคู่

13.14 การเขียนแบบสปริง (Drawing springs)

การเขียนแบบสปริงอาจทำได้สองแบบคือ แบบ Schematic โดยการใช้เส้นเดี่ยว (Single line) และแบบ Detailed โดยการใช้เส้นคู่ (Double line) ดังแสดงในรูป 13.62 และ 13.63



รูป 13.62 Schematic drawing of springs.



รูป 13.63 Detailed drawing of a spring.

รูป 13.63 แสดงการเขียนแบบสปริงโดยการใช้เส้นคู่ (Double line) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เขียนโครงสร้างของเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของสปริงแล้วกำหนดตำแหน่งของขดสปริง (พิตช์)

ขั้นที่ 2 หาตำแหน่งขดสปริงทางด้านล่าง โดยใช้ตำแหน่งจุดตัดของเส้นที่อยู่ระหว่างกึ่งกลางของขดสปริงด้านบนลงมาในแนวดิ่งตัดกับแนวเส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่าง

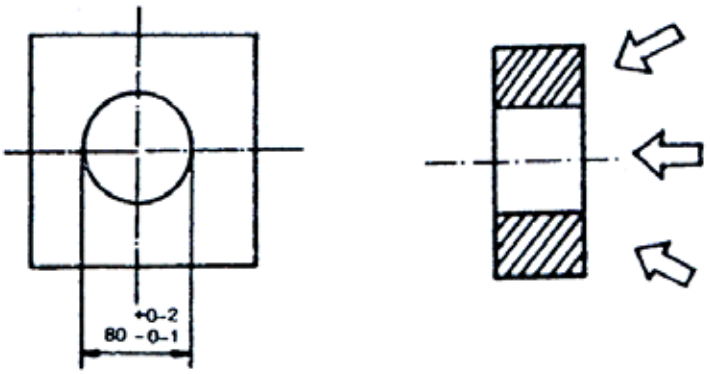
ขั้นที่ 3 ลากเส้นต่อระหว่างขดให้เฉียงขวา (ในกรณีที่สปริงเป็นแบบ Right-hand coil)

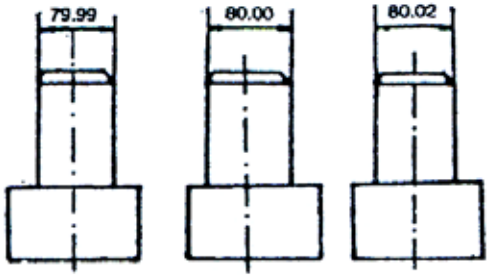
ขั้นที่ 4 ลากเส้นต่อระหว่างขดของสปริงที่ถูกบังหรือมองไม่เห็น และส่วนปลายให้สมบูรณ์

บทที่ 14

ค่าพิกัดความเผื่อ (TOLERANCE)

เป็นค่าที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนของระบบงานสวมได้ ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหรือผลิตชิ้นงานจำนวนเป็นมาก ๆ ขนาดต้องเที่ยงตรงตามแบบที่กำหนดเพื่อนำชิ้นงานผลิตไปประกอบเป็นรูปร่างชิ้นงาน ฉะนั้นในการผลิตชิ้นส่วนจำนวนมากนั้นขนาดจะเที่ยงตรงตามแบบที่ กำหนดเป็นการยาก อนุญาตให้มีขนาดผิดพลาดได้บ้าง
แต่ต้องอยู่ในช่วงที่กำหนดมาให้เราเรียกว่า พิกัดความเผื่อ

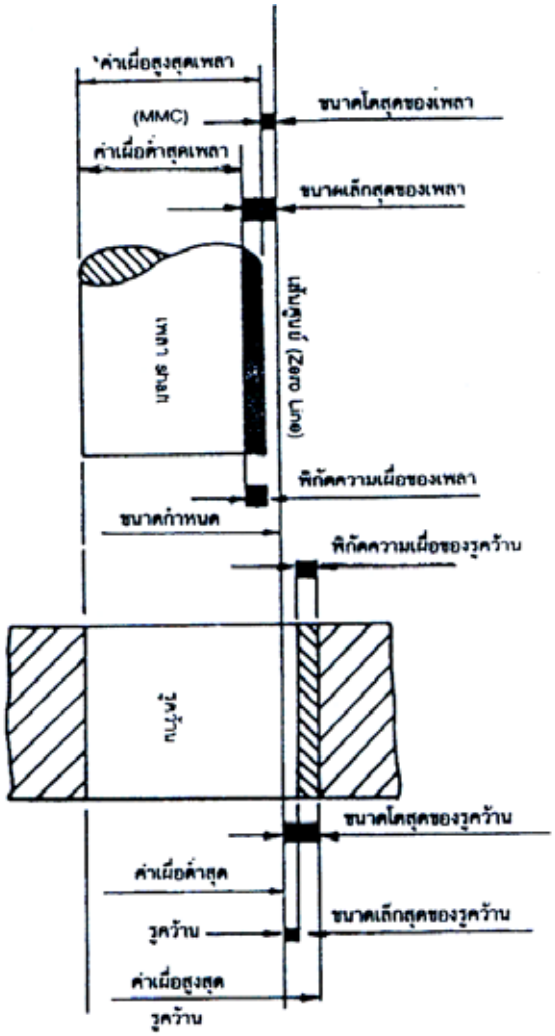




รูปชิ้นงานสวมที่อยู่ในพิกัดเผื่อ

ระบบมาตรฐานพิกัดความเผื่อ

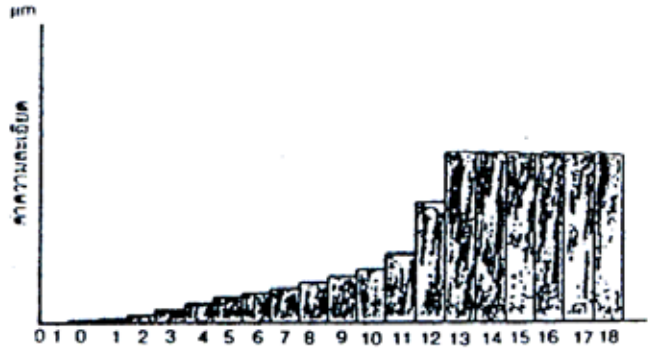
1. ขนาดกำหนด (Nominal Size) คือ ขนาดของชิ้นงานซึ่งกำหนดลงในงานเขียนแบบ
2. ขนาดจริง (Actual Size) คือขนาดที่วัดได้จากชิ้นงานผลิตออกมาอยู่ในพิกัดความเผื่อ
3. เส้นศูนย์ (Zero Line) คือเส้นแสดงตำแหน่งเริ่มต้นของขนาดกำหนด
4. ค่าเผื่อต่ำสุด (Allowance Below Nominal Size) คือค่าความแตกต่างระห่างขนาดเล็กสุดโดยวัดจากเส้นศูนย์
5. ค่าเผื่อสูงสุด (Allowance Above Nominal) คือค่าความแตกต่างระหว่างขนาดโตสุดโดยวัดจากเส้นศูนย์
6. พิกัดความเผื่อ (Tolerance) คือค่าความตกต่างระหว่างขนาดโตสุดและขนาดเล็กสุดที่ยอม



มาตรฐานพิกัดความเผื่อ

ระดับความละเอียดของพิกัดเผื่อ

ระบบพิกัดความเผื่อแบ่งออกได้ 20 ระดับตามมาตรฐานของความละเอียด (IT 01 ถึง IT 18)



หมายเหตุ ตัวเลข IT มาก ค่าพิกัดความเผื่อมา และตัวเลข IT มากค่าพิกัดความเผื่อน้อย

IT 01-IT 5 ใช้สำหรับงานละเอียดมาก ๆ เช่น งานผลิตเครื่องมือวัด

IT 6-IT 11 ใช้สำหรับงานสวมประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

IT 12-IT 18 ใช้สำหรับงานหยาบ ๆ เช่น งานหล่อ งานเชื่อม งานไสโลหะ

ตารางกำหนดค่าพิกัดความเผื่อ

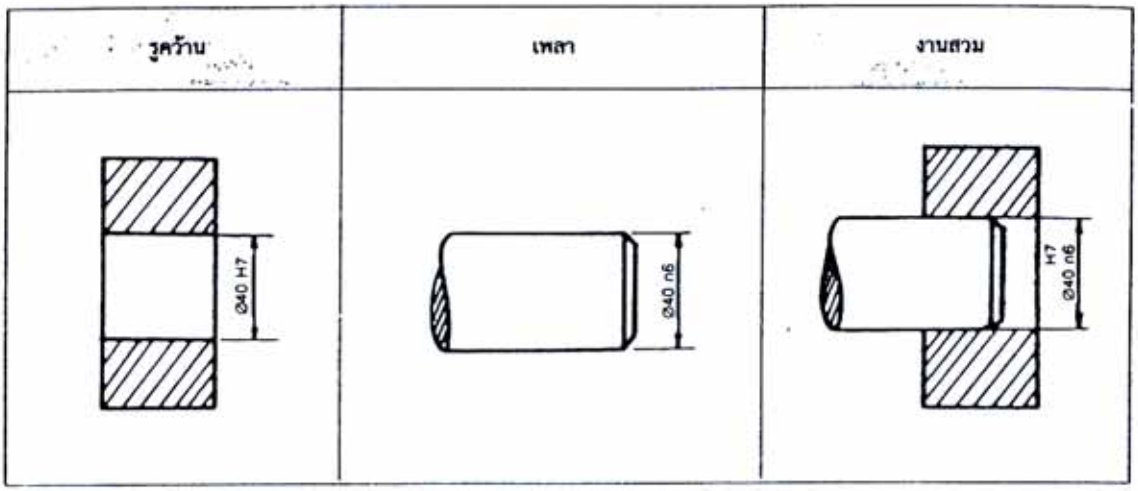
พิกัดพื้นฐานตามระบบ ISO ค่าพิกัดความเผื่อเป็น (1 μ m = 0.001 mm) DIN 7151 (11.64)

ขนาดกำหนด ช่วง โตกว่า..ถึง	IT																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
โตกว่า 1-3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	-	-
3-6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	-	-
6-10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	-
10-18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
18-30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
30-50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
50-80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
80-120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
120-180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
180-250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
250-315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
315-400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
400-500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

ตัวอย่างของพิกัดความเผื่อตามระบบ ISO ที่คุณภาพ 15 ใช้ IT 15 ซึ่ง (ย่อมาจาก ISO-Tolerance-series, Quality grade 15)

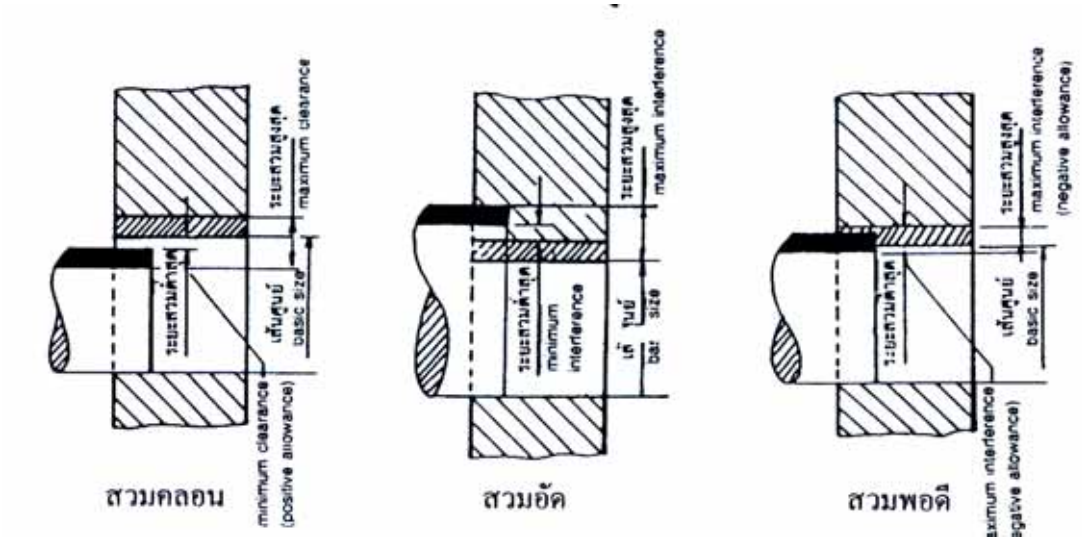
ตัวอย่างจากตารางข้างบน : เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลขนาดของเพลา 28 มม. ใช้ IT8 จะได้ค่าพิกัดความเผื่อ = 33 um หรือ 0.033 mm.

การกำหนดค่าพิกัดความเผื่อลงในแบบงาน



งานสวมประกอบของเพลากับรูควานมีด้วยกัน 3 ประเภท

1. สวมคลอน (Clearance Fit) เมื่อสวมแล้วเพลาจะเล็กกว่ารูควานเสมอ จึงมีระยะคลอนเกิดขึ้นสามารถทำให้เพลาหมุนให้รูควาน เช่น ก้านสูบ ลูกสูบ แบริ่งบนข้อเหวี่ยง
2. สวมพอดี (Transition Fit) เมื่อสวมแล้วขนาดเพลากับรูควานจะพอดีกัน เช่น ประกอบเพลากับลูกปืน
3. สวมอัด (Interference Fit) เพลาจะใหญ่กว่ารูควานจำเป็นต้องอัดเข้าไปในรูควานเมื่อสวมเข้ากันแล้วจะเกิดความเครียดขึ้นที่ผิวงานทั้งสอง เช่น ล้อช่วยแรงและล้อสายพาน เพลาที่อัดอยู่ในเฟือง



รูปแสดงงานสวมประกอบของเพลากับรูปควาน

ระยะอัด และระยะคลอน

ระยะอัดมากสุด = ขนาดเพลาโตสุด-ขนาดรูคว้านเล็กสุด ระยะอัดน้อยสุด = ขนาดเพลาเล็กสุด-ขนาดรูคว้านโตสุด

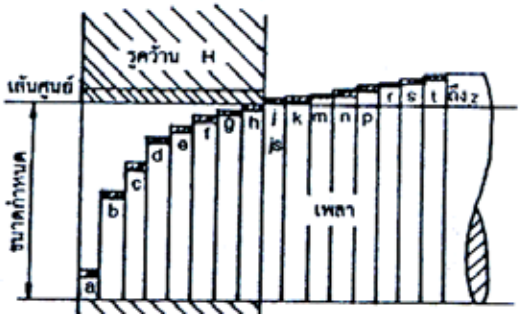
ระยะคลอนมากสุด = ขนาดคูคว้านโตสุด-ขนาดเพลาเล็กสุด ระยะคลอนน้อยสุด = ขนาดรูคว้านเล็กสุด-ขนาดเพลาโตสุด

ระบบงานสวมรูคว้านคงที่

ระบบรูคว้านคงที่ คือ ระบบงานสวมประกอบที่ใช้รูคว้านเป็นหลัก ค่าพิกัดความเผื่อของรูคว้านจะเริ่มจากเส้นศูนย์ คือ ตำแหน่ง H

ส่วนค่าพิกัดของเพลาสามารถเลือกตำแหน่งเริ่มต้นของค่าพิกัดความเผื่อตามความต้องการของชนิดงานสวมนั้น เช่น งานสวมพอดี ตำแหน่งเริ่มต้นของค่าพิกัดความเผื่อเพลาที่ตำแหน่ง j เป็นต้น

งานสวมระบบรูคว้านคงที่



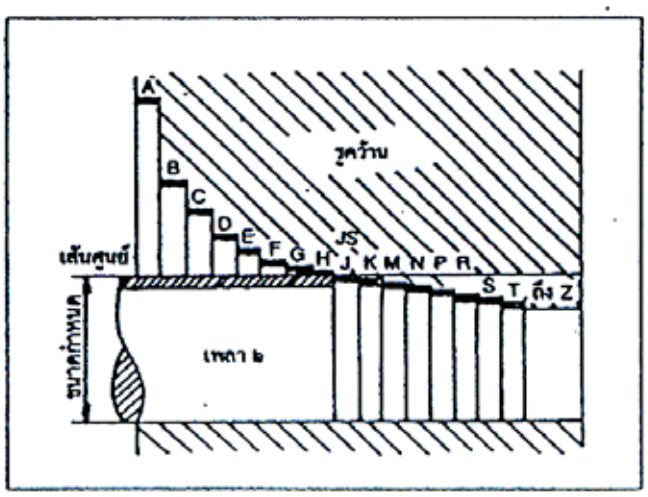
รูปงานสวมระบบรูคว้านคงที่

หมายเหตุ รูคว้านซึ่งมีพิกัดความเผื่อ H (รูคว้านคงที่) เมื่อสวมกับเพลาพิกัดความเผื่อ A ถึง H จะเป็นงานสวมคลอน J ถึง N จะเป็นงานนสวมพอดี และ P ถึง Z เป็นงานสวมอัด

ระบบงานสวมเพลาคงที่

ระบบเพลาคงที่ คือ ระบบงานสวมประกอบที่ทใช้เพลาเป็นหลักในงานบางอย่าง การปรับขนาดที่เพลาทำได้ยาก ดังนั้นงานสวมอาจต้องใช้เพลาคงที่โดยกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของค่าพิกัดความเผื่อของเพลาที่เส้นศูนย์ คือที่ตำแหน่ง h แล้วเลือกตำแหน่งเริ่มต้นของค่าพิกัดความเผื่อที่รูคว้านตามความต้องการ

งานสวมระบบเพลาคงที่

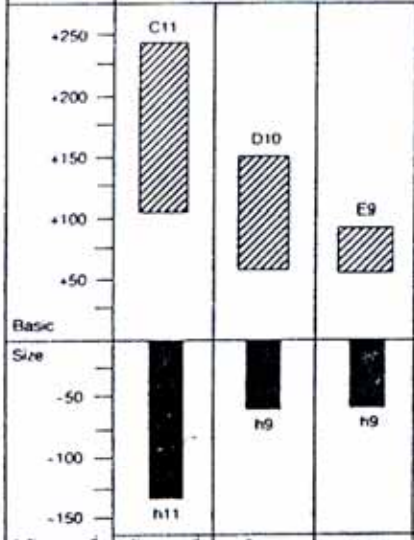


รูปงานสวมระบบเพลาคงที่

หมายเหตุ เพลาซึ่งมีค่าพิกัดความเผื่อ h (ระบบเพลาคงที่) เมื่อสวมกับรูคว้านว ซึ่งมีพิกัดความเผื่อ A ถึง H จะเป็นงานสวมคลอน J ถึง N เป็นงานสวมพอดี และ P ถึง Z เป็นงานสวมอัด

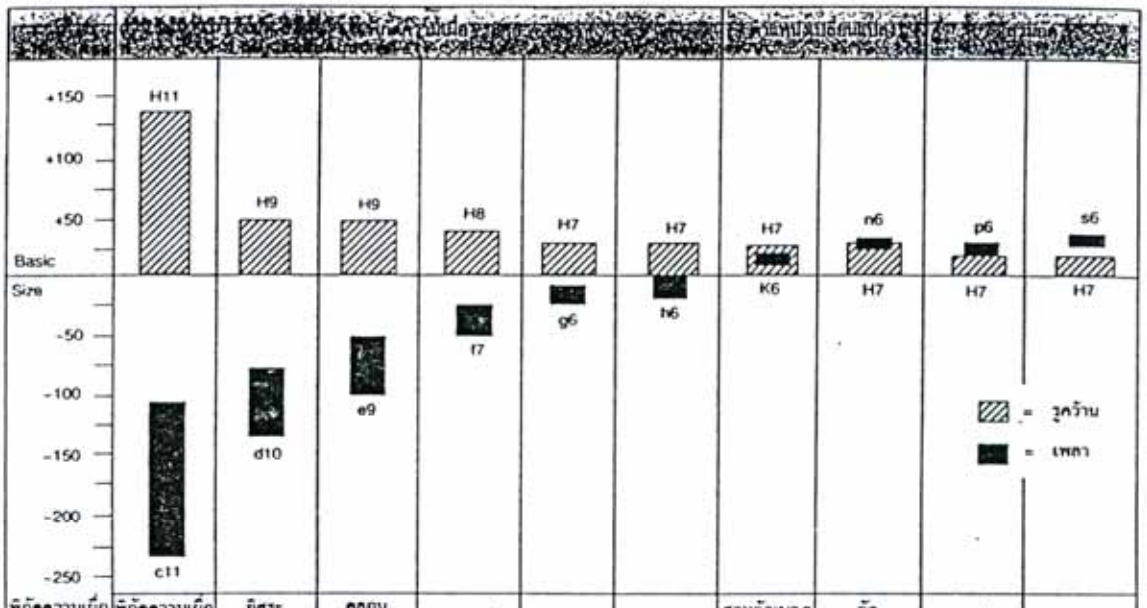
การสวมทั่ว ๆ ไปแล้ว การประกอบกันจะถือระบบรูคว้านคงที่เป็นหลัก เนื่องจากชิ้นงานสำเร็จที่ผิวภายในจะทำยากกว่าทำชิ้นงานสำเร็จที่ผิวภายนอก ดังนั้นงานสวมประกอบจึงนิยมปรับแต่งที่ชิ้นงานสำเร็จที่ผิวภายนอก เพราะทำง่ายกว่าเช่น เพลาประกอบลูกปืนจะใช้รูคว้านเป็นหลัก

ตารางงานสวมระบบเพลาคงที่



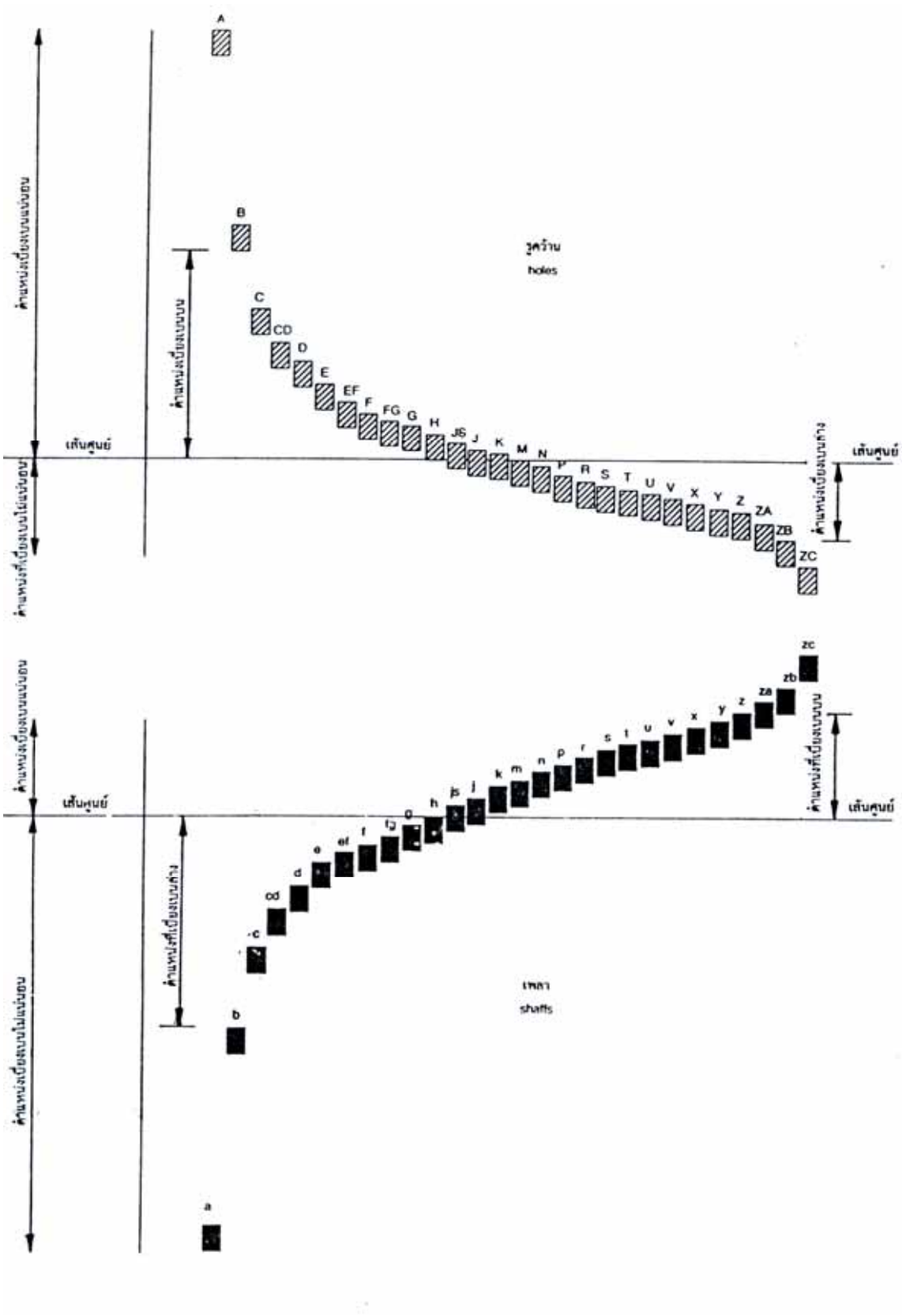
พิกัดความเผื่อ		พิกัดความเผื่อ	อิสระ	คลอน				ค่าแหน่งเปลี่ยนแปลง		สวมอัด	
unit = 0.001 mm		หยาบ	สวมคลอน		สวมพอดี	สวมพอดี	ค่ามาตรฐาน	สวมอัดเบาๆ	อัด	สวมอัด	
ขนาดกำหนด (mm)		C11-h11	D10-h9	E9-h9	F8-h7	G7-h6	H7-h6	K7-h6	N7-h6	P7-h6	S7-h6
over	to							สวมอัด			
0	3	+120 0 +60 -60	+60 0 +20 -25	+39 0 +14 -25	+20 0 +6 -10	+12 0 +2 -6	+10 0 0 -6	0 0 -10 -6	-4 0 -14 -6	-6 0 -16 -6	-14 0 -24 -6
3	6	+145 0 +70 -75	+78 0 +30 -30	+50 0 +20 -30	+28 0 +10 -12	+16 0 +4 -8	+12 0 0 -8	+3 0 -9 -8	-4 0 -16 -8	-8 0 -20 -8	-15 0 -27 -8
6	10	+170 0 +80 -90	+98 0 +40 -36	+61 0 +25 -36	+35 0 +13 -15	+20 0 +5 -9	+15 0 0 -9	+5 0 -10 -9	-4 0 -19 -9	-9 0 -24 -9	-17 0 -32 -9
10	18	+205 0 +95 -110	+120 0 +50 -43	+75 0 +32 -43	+43 0 +16 -18	+24 0 +6 -11	+18 0 0 -11	+6 0 -12 -11	-5 0 -23 -11	-11 0 -29 -11	-21 0 -39 -11
18	30	+240 0 +110 -130	+149 0 +65 -52	+92 0 +40 -52	+53 0 +20 +21	+28 0 +7 -13	+21 0 0 -13	+6 0 -15 -13	-7 0 -28 -13	-14 0 -35 -13	-27 0 -48 -13
30	40	+280 0 +120 -160	+180 0	+112 0	+64 0	+34 0	+25 0	+7 0	-8 0	-17 C	-34 0
40	50	+290 0 +130 -16(	+8(-62	+50 -60	+25 -25	+9 -16	0 -16	-18 -16	-33 -16	-42 -16	-59 -16
50	65	+330 0 +140 -190	+220 0	+134 0	+76 0	+40 3	+30 0	+9 0	-9 0	-21 0	-42 0 -72 -19
65	80	+340 0 +150 -190	+100 -74	+60 -74	+30 -30	+10 -19	0 -19	-21 -19	-39 -19	-51 -19	-48 0 -78 -19
80	100	+390 0 +170 -220	+260 0	+159 0	+90 0	+47 0	+35 0	+10 0	+10 0	-24 0	-58 0 -93 -22
100	120	+400 0 +180 -220	+120 -87	+72 -87	+36 -35	+12 -22	0 -22	-24 -22	-45 -22	-59 -22	-66 0 -101 -22
120	140	450 0 +200 -250									-77 0 -117 -25
140	160	+460 0 +200 -250	+350 0 +145 -100	+189 0 +85 -100	+106 0 +43 -40	+54 0 +14 -25	+40 0 0 -25	+12 0 -28 -25	-12 0 -52 -25	-28 0 -68 -25	-85 0 -125 -25
160	180	+480 0 +230 -250									-93 0 -133 -25
180	200	+530 0 +240 -290									-105 0 -151 -29
200	225	+550 0 240 -290	+350 0 +170 -115	+215 0 +100 -115	+122 0 +50 -46	+61 0 +15 -29	+46 0 0 -29	+13 0 -33 -29	-14 0 -60 -29	-33 0 -79 -29	-113 0 -159 -29
225	250	+570 0 280 -290									-123 0 -169 -29
250	280	+620 0 +300 -320	+400 0	+240 0	+137 0	+69 0	+52 0	+16 0	-14 0	-36 0	-138 0 -190 -32
280	315	+650 0 +330 -320	+190 -130	+110 -130	+56 -52	+17 -32	0 -32	-36 -32	-66 -32	-88 -32	-150 0 -202 -32
315	355	+720 0 +360 -360	+440 0	+265 0	+151 0	+75 0	+57 0	+17 0	-16 0	-41 0	-169 0 -226 -36
355	400	+760 0 +440 -360	+210 -140	+125 -140	+62 -57	+18 -36	0 -36	-40 -36	-73 -36	-98 -36	-187 0 -244 -36
400	450	+840 0 +440 -440	+480 0	+290 0	+165 0	+83 0	+63 0	+18 0	-17 0	-48 0	-209 0 -272 -40
450	500	+880 0 +480 -400	+230 -155	+135 -155	+68 -63	+20 -40	0 -40	-45 -40	-80 -40	-108 -40	-229 0 -292 -40

ตารางงานสวมระบบเพลาคงที่

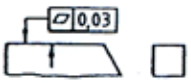
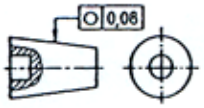
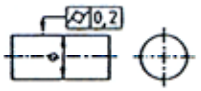
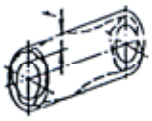
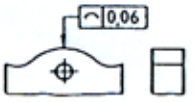
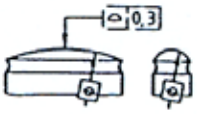
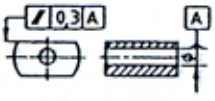


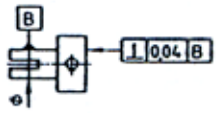
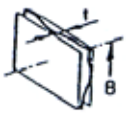
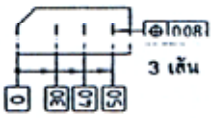
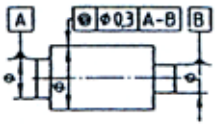
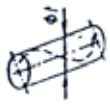
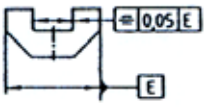
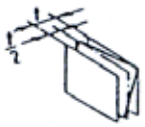
พิกัดความเผื่อ		พิกัดความเผื่อ	ยึดระ	คลอน	สวมพอดี	สวมพอดี	ค่ามาตรฐาน	สวมยัดเบาๆ	ยัด	สวมยัด	สวมยัด
unit = 0.001 mm		หยาบ	สวมคลอน					สวมยัด			
Basic sizes (mm)		H11-c11	H9-d10	H9-e9	H8-f7	H7-g6	H7-h6	K7-k6	H7-n6	H7-p6	H7-s6
over	to										
0	3	+60 -60 0 -120	+25 -20 0 -60	+25 -14 0 -39	+14 -6 0 -16	+10 -2 0 -8	+10 0 0 -6	+10 +6 0 0	+10 +10 0 +4	+10 +12 0 +6	+10 +20 0 +14
3	6	+75 -70 0 -145	+30 -30 0 -50	+30 -20 0 -50	+18 -10 0 -28	+12 -4 0 -12	+12 0 0 -8	+12 +9 0 +1	+12 +16 0 +8	+12 +20 0 +12	+12 +27 0 +19
6	10	+90 -80 0 -170	+36 -40 0 -98	+36 -25 0 -61	+22 -13 0 -28	+15 -5 0 -14	+15 0 0 -9	+15 +10 0 +1	+15 +19 0 +10	+15 +24 0 +15	+15 +32 0 +23
10	18	+110 -95 0 -205	+43 -50 0 -120	+43 -32 0 -75	+27 -16 0 -34	+18 -6 0 -17	+18 0 0 -11	+18 +12 0 +1	+18 +23 0 +12	+18 +29 0 +18	+18 +39 0 +28
18	30	+130 110 0 -240	+52 -65 0 -149	+52 -40 0 -92	+33 -20 0 -41	+21 -7 0 -20	+21 0 0 -13	+21 +15 0 +2	+21 +28 0 +15	+21 +35 0 +22	+21 +48 0 +35
30	40	+160 0	-120 -280 -130 -290	+62 -80 0 -180	+62 -50 0 -112	+39 -25 0 -50	+25 -9 0 -25	+25 0 0 -16	+25 +18 0 +2	+25 +33 0 +17	+25 +42 0 +26	+25 +59 0 +43	
40	50												
50	65	+190 0	-140 -3.00 -150 -340	+74 -100 0 -270	+74 -60 0 -134	+46 -30 0 -60	+30 -10 0 -29	+30 0 0 -19	+30 +21 0 +2	+30 +39 0 +20	+30 +51 0 +32	+30 0	+72 +53 +78 +59
65	80												
80	100	+200 0	-170 -390 -180 -400	+87 -12 0 -260	+87 -72 0 -159	+54 -36 0 -71	+35 -12 0 -22	+35 0 0 -22	+35 +25 0 +3	+35 +25 0 +23	+35 +59 0 +37	+35 0	+93 +71 +101 +79
100	120												
120	140	+250 0	-200 -450 -210 -460 -230 -480	+100 -145 0 -305	+100 -84 0 -185	+63 -43 0 -83	+40 -14 0 -39	+40 0 0 -25	+40 +28 0 +3	+40 +52 0 +27	+40 +68 0 +43	+40 0	+117 +92 +125 +100 +133 +108
140	160												
160	180												
180	200	+290 0	-240 -530 -260 550 -280 -570	+115 -170 0 -355	+115 -100 0 -215	+72 -50 0 -96	+46 -15 0 -44	+46 0 0 -29	+46 +33 0 +4	+46 +60 0 +31	+46 +79 0 +50	+46 0	+151 +122 +159 +130 +169 +140
200	225												
225	250												
250	280	+320 0	-300 -620 -330 -650	+130 190 0 -400	+130 -110 0 -240	+81 -56 0 -108	+52 -17 0 -49	+52 0 0 -32	+52 +36 0 +4	+52 +66 0 +34	+52 +88 0 -56	+52 0	+190 +158 +202 +170
280	315												
315	355	+360 0	-360 -720 -400 -760	+140 -210 0 -440	+140 -125 0 -265	+89 -62 0 -119	+57 -18 0 -54	+57 0 0 -36	+57 +40 0 +4	+57 +73 0 +37	+57 +99 0 +62	+57 0	+226 +190 +244 +208
355	400												
400	450	+400 0	-440 -840 -480 -880	+155 -230 0 -480	+155 -135 0 -290	+97 -68 0 -131	+63 -20 0 -60	+63 0 0 -40	+63 +45 0 +5	+63 +80 0 +40	+63 +108 0 +68	+63 0	+272 +232 +292 +252
450	500												

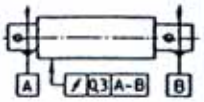
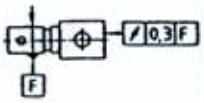
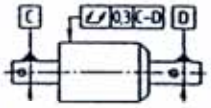
การกำหนดตำแหน่งช่วงพิกัดความเผื่อ

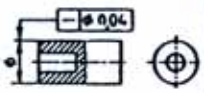
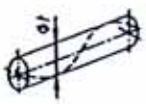


ตารางสัญลักษณ์พิกัดความเผื่อตำแหน่งและรูปร่าง

ประเภทความเผื่อ	สัญลักษณ์ และคุณสมบัติ		สัญลักษณ์กำหนดในแบบงาน	คำอธิบาย	โซนพิกัดความเผื่อ
พิกัดความเผื่อรูปร่าง	▱	ความเรียบ		พิกัดความเผื่อรูปลักษณ์ จะมีระยะเบี่ยงเบนจากระนาบขนาน 2 ระนาบ ไม่เกิน t = 0,03 mm	
พิกัดความเผื่อรูปร่าง	○	ความกลม		ในแต่ละระนาบตัดที่ตั้งฉากกับแนวแกนให้มีพิกัดความเผื่ออยู่ในระหว่างเส้นรอบรูปวงกลม 2 วง ไม่เกิน t = 0,08 mm (วงกลมนี้มีศูนย์กลางเดียวกัน)	
พิกัดความเผื่อรูปร่าง	⌓	ความทรงกระบอก		พิกัดความเผื่อของผิวทรงกระบอกให้มีพิกัดความเผื่ออยู่ระหว่าง 2 ผิวทรงกระบอก (ที่มีแกนร่วมกัน) ไม่เกิน t = 0,02 mm	
พิกัดความเผื่อรูปร่าง	⌒	ความโค้ง		พิกัดความเผื่อแนวโค้งจะต้องอยู่ภายในเส้นโค้ง 2 เส้น ที่มีระยะห่างเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม t ≤ 0,6 mm	
พิกัดความเผื่อรูปร่าง	⌓	รูปร่างผิว		พิกัดความเผื่อผิว จะต้องอยู่ระหว่างผิวโค้ง 2 ผิวที่มีระยะห่างลักษณะทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง t ≤ 0,3 mm	
พิกัดความเผื่อตำแหน่ง	//	ความขนาน		พิกัดความเผื่อผิว (รูปลักษณ์) จะต้องอยู่ระหว่างแกนอ้างอิง 2 แกนระนาบขนาน t ≤ 0,3 mm ที่ตั้งฉากกับแกนอ้างอิง A	

ประเภทความเผื่อ		สัญลักษณ์ และคุณสมบัติ		สัญลักษณ์กำหนดในแบบงาน	คำอธิบาย	โซนพิกัดความเผื่อ
พิกัดความเผื่อตำแหน่ง	พิกัดความเผื่อทิศทาง	⊥	ความตั้งฉาก		พิกัดความเผื่อผิวราบจะต้องอยู่ระหว่างระนาบขนาน 2 ระนาบ t ≤ 0,04 mm ที่ตั้งฉากกับแกนอ้างอิง B	
		∠	ความเอียง		พิกัดความเผื่อผิวเอียงจะต้องอยู่ระหว่างระนาบขนาน 2 ระนาบ t ≤ 0,02 mm ที่เอียงทำมุมกับระนาบอ้างอิง 60° (ทางทฤษฎี)	
	พิกัดความเผื่อที่ตั้ง	⌖	ตำแหน่ง		พิกัดความเผื่อของเส้นขีดหมายแต่ละเส้นจะต้องอยู่ระหว่างระนาบขนาน t ≤ 0.08 mm และมีระยะห่างทาง (ทฤษฎี) เรขาคณิตเท่ากัน	
		◎	ร่วมศูนย์และร่วมแกน		แกนของพิกัดความเผื่อชิ้นส่วนเพลาจะต้องอยู่ระหว่างแกนอ้างอิง A-B ที่มีทรงกระบอกร่วมศูนย์มีค่า t ≤ 0,3 mm	
		≡	ความสมมาตร		พิกัดความเผื่อระนาบกึ่งกลางของร่องจะต้องอยู่ระหว่างระนาบขนานที่มีระยะห่าง t ≤ 0,05 mm ที่สมมาตรกับระนาบ E ของผิวด้านนอกทั้งสอง	

ประเภทความเผื่อ		สัญลักษณ์ และคุณสมบัติ		สัญลักษณ์กำหนดในแบบงาน	คำอธิบาย	โซนพิกัดความเผื่อ
พิกัดความเผื่อตำแหน่ง	พิกัดความเผื่อการหมุน		ความหมุนกลม		ในการหมุนของเพลารอบแกนอ้างอิง A-B อนุญาตให้ความเบี่ยงเบนของความกลมในแต่ละระนาบที่วัดตั้งฉากกับแกน มีค่า $t \leq 0.3$ mm	
			ความราบปาดหน้า		ในการหมุนของเพลารอบแกนอ้างอิง F อนุญาตให้ความเบี่ยงเบนด้านหน้าเรียบ ในแต่ละจุดวัดทรงกระบอกมีค่า $t \leq 0.03$ mm	
	พิกัดความเผื่อการหมุน	ทั้งหมด	ความกลม		ในการหมุนของเพลาหลาย ๆ ครั้ง รอบแกนอ้างอิง C-D และในการขยับตามแนวแกนทุก ๆ จุดบนผิวจะต้องมีค่า $t \leq 0.3$ mm	
			ความราบปาดหน้า		ในการหมุนของเพลาหลาย ๆ ครั้งรอบแกนอ้างอิง F และในการขยับตามแนววัดมี ทุก ๆ จุดบนผิวจะต้องมีค่า $t \leq 0.2$ mm	

ประเภทความเผื่อ	สัญลักษณ์ และคุณสมบัติ		สัญลักษณ์กำหนดในแบบงาน	คำอธิบาย	โซนพิกัดความเผื่อ
พิกัดความเผื่อรูปร่าง	—	ความตรง		พิกัดความเผื่อแกนของทรงกระบอก (บริเวณผิว) จะต้องอยู่ภายในเส้นผ่านศูนย์กลางทรงกระบอกเบี่ยงเบนได้ $t \geq 0.04$ mm	

บทที่ 15
การเขียนแบบงานท่อ
(Piping Drawing)

ท่อคืออุปกรณ์สำหรับส่งถ่ายหรือลำเลียงของไหล เช่นของเหลวและก๊าซ ท่อที่ใช้ในงานวิศวกรรมส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลมด้านในกลวงเพื่อให้ของไหลไหลผ่าน การใช้ท่อเพื่อลำเลียงของไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ที่มีระยะทางไกล ๆ จำเป็นต้องนำท่อหลาย ๆ ท่อนมาต่อเข้าด้วยกัน โดยใช้ข้อต่อชนิดต่าง ๆ นอกจากนั้นจะต้องมีอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ เช่น ประตูหรือลิ้น เปิด-ปิด เพื่อควบคุมการไหลของไหล เป็นต้น การนำเอาข้อต่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ มาต่อกันเพื่อส่งถ่ายของไหลนี้ เราเรียกว่า ระบบท่อ (Piping Systems) ระบบท่อนี้จำเป็นต้องมีการคำนวณออกแบบเพื่อกำหนดขนาดของท่อและข้อต่อรวมทั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อคำนวณออกแบบเสร็จแล้ว จำเป็นต้องมีการเขียนแบบเพื่อให้การติดตั้งระบบท่อเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและรวดเร็วตามต้องการ

15.1 ชนิดของท่อ

ท่อโดยทั่วไปนิยมแบ่งตามชนิดของวัสดุที่นำมาทำท่อนั้น ๆ ซึ่งวัสดุที่นำมาทำท่อมีอยู่มากมากหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กันได้แก่ ท่อเหล็กหล่อ (Cast iron pipe) ท่อเหล็กเหนียว (Steel pipe) ท่ออะลูมิเนียม (Aluminum pipe) ท่อทองเหลือง (Brass pipe) ท่อทองแดง (Copper pipe) ท่อคอนกรีต (Concrete pipe) และท่อพลาสติก (Plastic pipe)

การเลือกใช้ท่อเพื่อนำมาส่งถ่ายของไหลนั้นจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของของไหลด้วย เช่น ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหลและคุณสมบัติทางเคมี เช่นการทำปฏิกิริยาทางเคมีหรือการกัดกร่อน

ตัวอย่างชนิดของท่อที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ ท่อเหล็กเหนียวส่วนใหญ่จะใช้เพื่อการส่งน้ำ ไอน้ำ น้ำมันและก๊าซ ทั้งนี้เนื่องจากท่อเหล็กเหนียวมีความคงทนต่อความดัน และอุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี ท่อเหล็กหล่อมักจะใช้ทำเป็นท่อน้ำเสียหรือน้ำทิ้ง ส่วนท่อพลาสติกนิยมใช้เป็นท่อน้ำประปาหรือท่อน้ำทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจากท่อพลาสติกมีความคงทนต่อการกัดกร่อนได้ดี

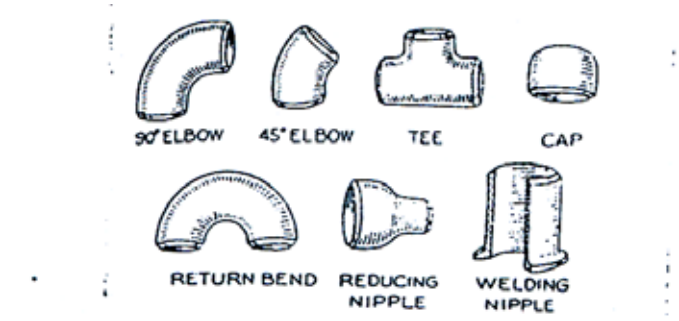
15.2 ระบบท่อทาง (Piping systems)

ท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาประกอบต่อกันเพื่อใช้ส่งถ่ายของไหล โดยทั่วไปแล้วนิยมแบ่งประเภทของระบบท่อออกตามชนิดของของไหลที่ใช้ลำเลียงเช่น ระบบท่อน้ำเย็น ระบบท่อน้ำร้อน ระบบท่ออากาศ ระบบท่อน้ำทิ้ง และระบบท่อไอน้ำ ฯลฯ ระบบท่อเหล่านี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ 4 ส่วนด้วยกันคือ

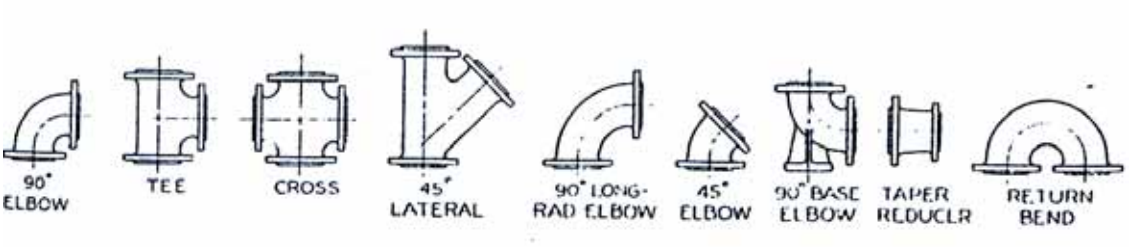
15.2.1 ตัวท่อ (Pipe) ตัวท่อจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ซึ่งจะกำหนดด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งอาจเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Inside diameter) หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (Outside diameter) หรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (Nominal diameter) ซึ่งเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใกล้เคียงกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ นอกจากนั้นขนาดของท่อยังกำหนดได้จากขนาดความหนาของผนังท่อได้อีกด้วยเช่น ถ้าท่อมีขนาดความหนาปกติเราเรียก Standard pipe แบบความหนามาก เรียกว่า Extra-Strong pipe และแบบความหนาพิเศษเรียกว่า Double-Strong pipe เป็นต้น

ท่อที่ผลิตออกมาโดยทั่วไปจะทำเป็นท่อน ๆ ความยาวมาตรฐาน 6 เมตรหรือ 4 เมตร ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการผลิตและขนย้าย รวมทั้งการเก็บรักษาและการติดตั้ง แต่มีท่อบางประเภทที่อ่อนตัวได้ อาจผลิตออกมาเป็นม้วน ๆ ท่อแบบนี้เรียกว่า Tube เช่นท่อทองแดงเป็นต้น

รูป 15.1 ข้อต่อท่อแบบมีเกลียว (Screwed Fittings)



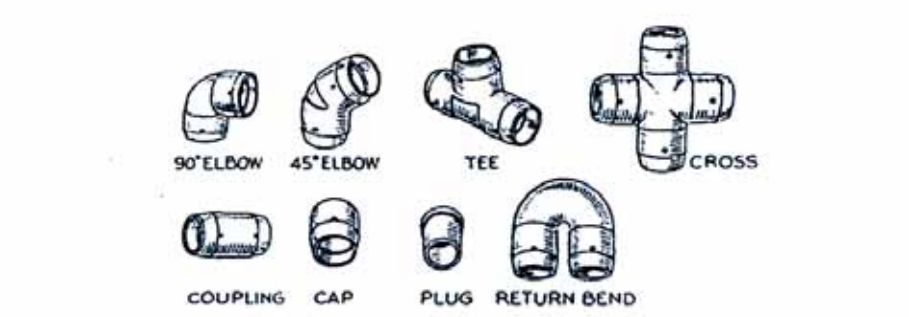
รูป 15.2 ข้อต่อท่อแบบเชื่อมต่อ (Butt-Welded Fittings)



รูป 15.3 ข้อต่อแบบหน้าแปลน (Flanged Fittings)

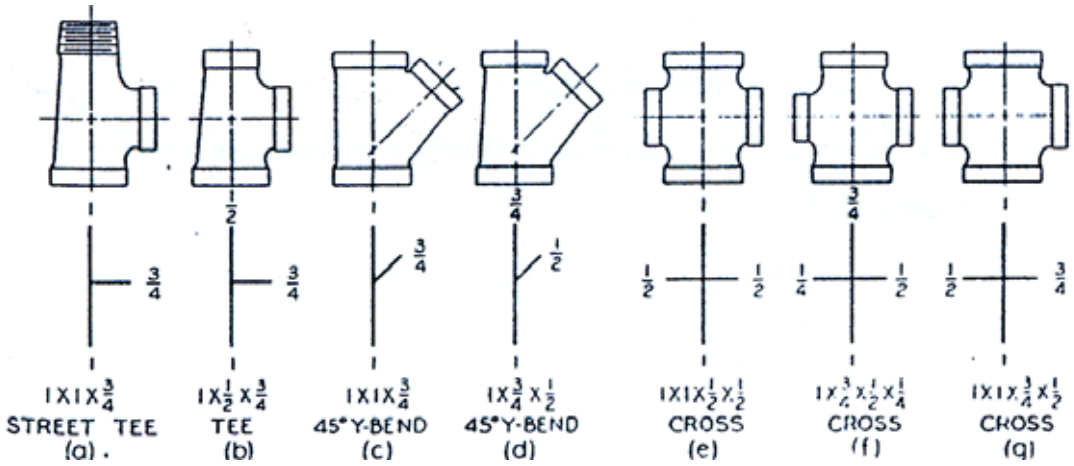
15.2.2 ข้อต่อท่อ (Pipe fittings) คือชิ้นส่วนที่ใช้ในระบบท่อเพื่อลดขนาดแยกหรือ เพื่อให้ทิศทางการลำเลียงมีทิศทางตามที่ต้องการ ถ้าแบ่งตามลักษณะของรอยต่อจะมีทั้งแบบเกลียว (Screwed Fittings) แบบเชื่อมต่อ (Welded Fittings) และแบบหน้าแปลน
(Flanged Fittings) ดังแสดงไว้ในรูป 15.1, 15.2 และ 15.3

ส่วนข้อต่อแบบต่อโดยวิธีบัดกรีได้แสดงไว้ในรูป 15.4



รูป 15.4 ข้อต่อท่อแบบบัดกรี (Solder Fittings)

บางครั้งในระบบท่ออาจจำเป็นต้องมีการลดขนาดของท่อ หรือให้ของไหลที่ต้องการลำเลียงในท่อมีการไหลลดลง แยกทางกัน ซึ่งจะต้องใส่ข้อต่อท่อแบบลดขนาด หรือข้อต่อท่อแยกดังนั้นข้อต่อท่อแบ่งตามลักษณะรูปร่างได้ดังแสดงในรูป 15.5



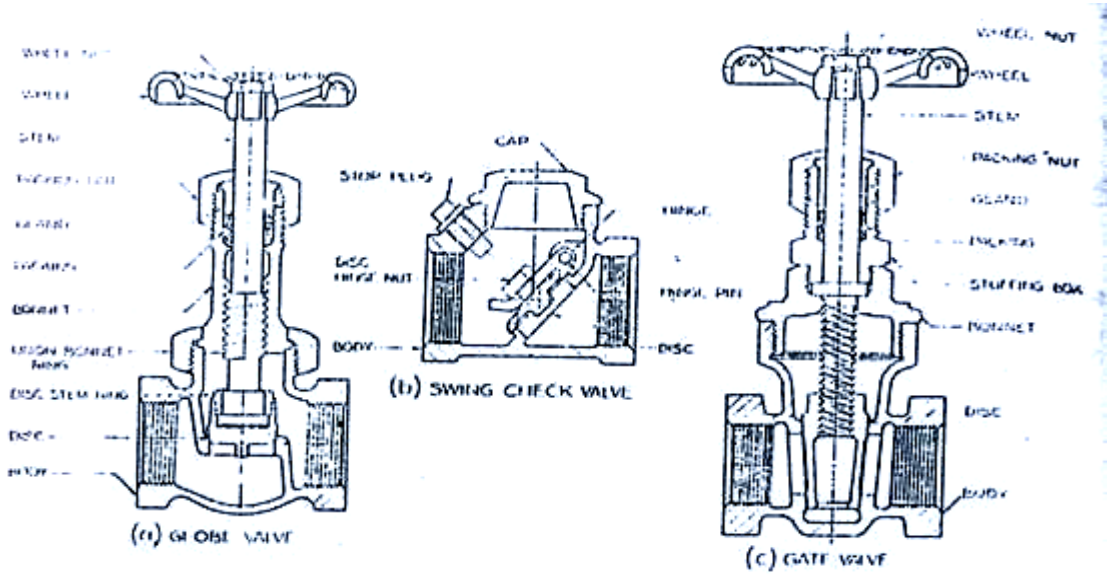
รูป 15.5 ข้อต่อท่อลดขนาดและข้อต่อท่อแยกแบบต่าง ๆ

15.2.3 ลิ้น (Valves) ใช้ทำหน้าที่เพื่อ ปิด-เปิด หรือควบคุมการไหลของของไหล มีอยู่หลายแบบ แต่ที่นิยมกันมากได้แก่

(ก) ลิ้นแบบประตูบานเลื่อน (Gate Valve) ใช้ควบคุมอัตราการไหลของไหลโดยวิธีปรับบานเลื่อนขึ้นลงดังรูป 15.6 (C) ลิ้นแบบประตูบานเลื่อนนี้ยังแบ่งออกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของก้านลิ้นได้ 2 แบบ คือ แบบก้านลิ้นเลื่อนขึ้นเวลาเปิด (Rising stem gate valve) และแบบก้าน

ลิ้นไม่เลื่อนขึ้นเวลาเปิด (Non-Rising stem gate valve) ซึ่งลิ้นที่แสดงไว้ในรูป 15.6 (C) เป็นลิ้นประตูบานเลื่อนแบบก้านไม่เลื่อนขึ้นเวลาเปิด

(ข) ลิ้นแบบฝาเปิด – ปิด (Globe Valves) ใช้ควบคุมอัตราการไหลเช่นเดียวกันกับลิ้นแบบประตูบานเลื่อน แต่การเปิด – ปิด จะเป็นแบบฝาเปิด – ปิดแทน ดังรูป 15.6 (a)



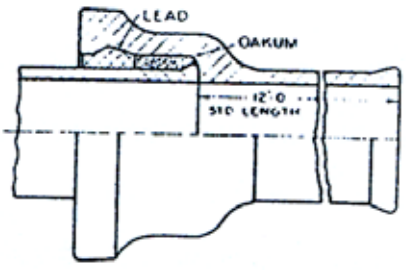
รูป 15.6 แบบต่าง ๆ ของลิ้น (a) Globe Valve, (b) Check Valve, (C) Gate Valve

(ข) ลิ้นแบบกันกลับ (Check Valve) ลิ้นแบบนี้จะใช้ควบคุมทิศทางการไหลของของไหลให้ไหลได้ในทิศทางเดียว ซึ่งมี 2 แบบได้แก่ แบบลิ้นแกว่ง (Swing check valve) และแบบลิ้นยก (Lift check valve) ในรูป 15.6 (b) นั้นเป็นแบบลิ้นแกว่ง

15.2.4 อุปกรณ์พิเศษต่าง ๆ ซึ่งได้แก่อุปกรณ์เพิ่มความดันเช่นเครื่องสูบ (Pump) อุปกรณ์วัด เช่นมาตรวัดความดันและมาตรวัดอัตราการไหลเป็นต้น

15.3 รอยต่อท่อ (Pipe Joints)

ระบบท่อที่ใช้ในการลำเลียงของไหลจำเป็นต้องนำเอาท่อหลาย ๆ ท่อนมาต่อกันด้วยข้อต่อท่อ ลิ้นและอุปกรณ์ต่าง ๆ การต่อนั้นจะต้องทำได้ง่ายและมั่นคง ไม่ทำให้เกิดการรั่วซึม รอยต่อท่อที่นิยมใช้กันแบ่งได้ 5 แบบคือ



รูปที่ 15.7 รอยต่อท่อแบบ Bell and Spigot Joint

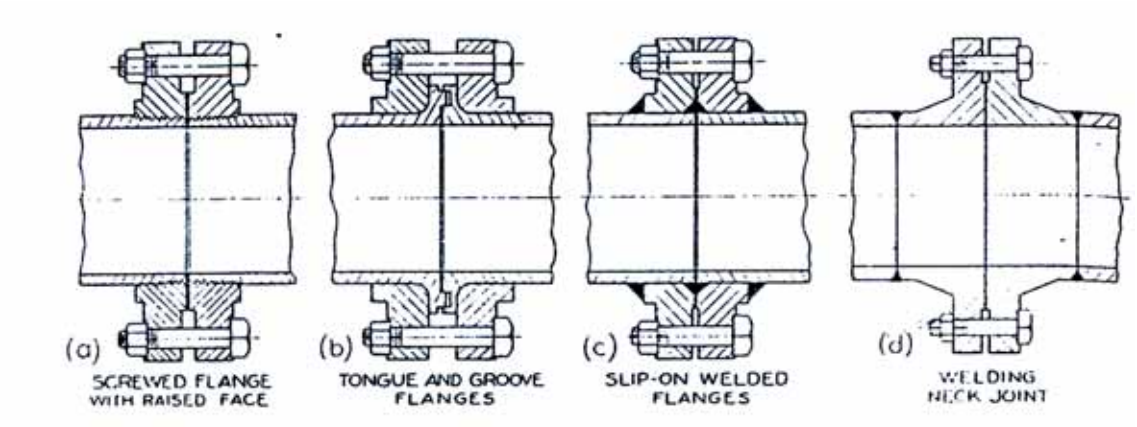
15.3.1 รอยต่อท่อแบบสวม (Bell snd Spigot Joint) เป็นการต่อท่อโดยปลายท่อด้านหนึ่งทำเป็นปากบานเอาไว้เพื่อสวมกับปลายท่ออีกข้างหนึ่ง เมื่อสวมกันแล้วจะมีช่องว่างซึ่งจะต้องอุดด้วยเชือกป่าน ตะกั่ว หรือซีเมนต์ให้เต็มช่องว่างเพื่อป้องกันการรั่วซึม ดังรูป 15.7

15.3.2 รอยต่อท่อแบบหน้าแปลน (Flanged Joint) เป็นการต่อท่อโดยใช้หน้าแปลนเจาะรูร้อยด้วยสลักเกลียวและแป้นเกลียว ดังรูป 15.8 (a) รอยต่อท่อแบบหน้าแปลนนี้ยังแบ่งออกเป็นแบบพิเศษต่าง ๆ อีกหลายแบบดังรูป 15.8 (b) และ 25.9

ส่วนขนาดมาตรฐานของข้อต่อท่อเหล็กหล่อ (Cast lron Pipe) แบบหน้าแปลนหาได้จากตารางในผนวก ข 27 และ ข 28

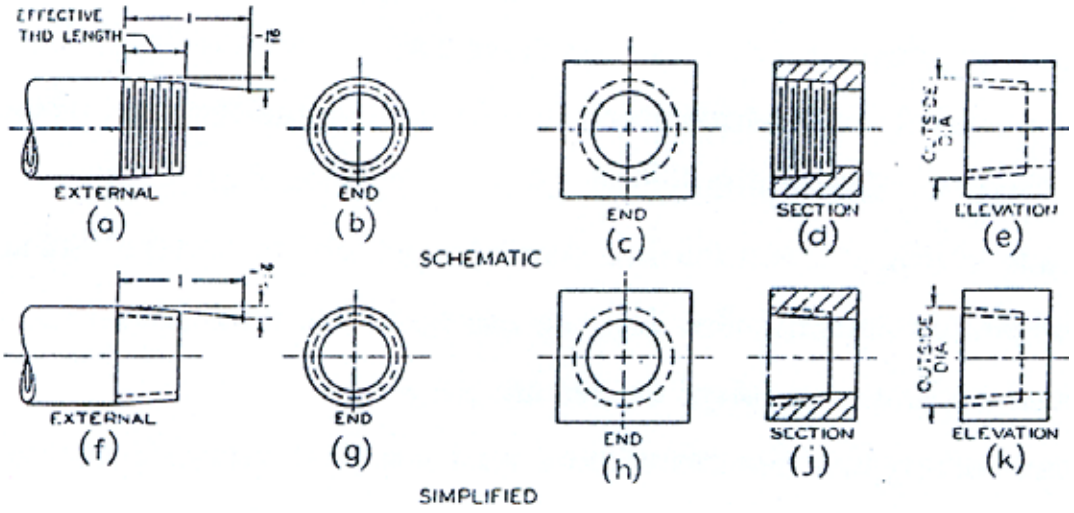
(a) Flanged Joint (b) Mechanical

รูป 15.8 รอยต่อท่อแบบหน้าแปลน

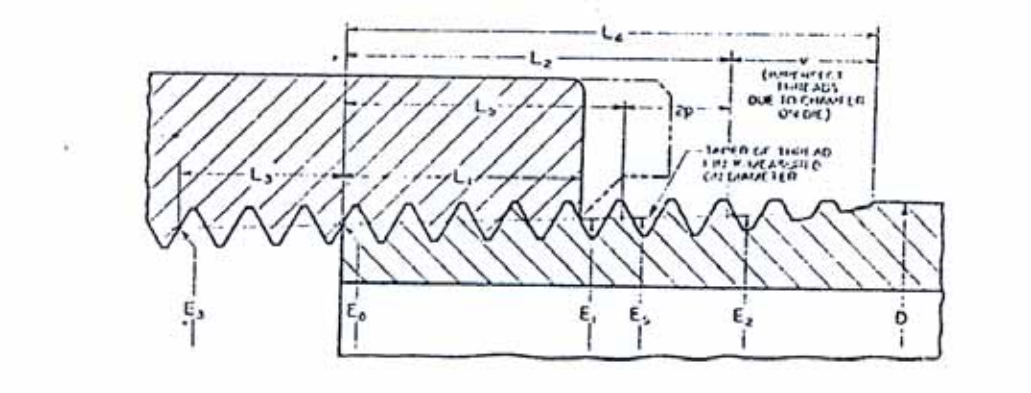


รูป 15.9 รอยต่อท่อแบบหน้าแปลนพิเศษ

15.3.3 รอยต่อท่อแบบเกลียว (Screwed Joint) เป็นการต่อท่อสองท่อนเข้าด้วยกันโดยใช้ข้อต่อเป็นตัวเชื่อม ว ถ้าปลายทั้งสองของท่อที่จะนำมาต่อกันนั้นเป็นเกลียวนอกทั้งคู่ จะต้องใช้ข้อต่อตรง (Coupling) ซึ่งเป็นเกลียวในทั้งสองด้านมาเป็นตัวต่อ แต่ถ้าปลายทั้งสองของท่อเป็นเกลียวในทั้งคู่ก็จะต้องใช้ข้อต่อที่มีเกลียวนอกซึ่งเรียกว่า Nipple มาเป็นตัวต่อ สัญลักษณ์แทนเกลียวท่อได้แสดงไว้ในรูป 15.10 ซึ่งเกลียวที่ใช้กับท่อจะเป็นแบบเรียว ดังรูป 15.11 โดยมีสัดส่วนต่าง ๆ ดังนี้



รูป 15.10 สัญลักษณ์แทนเกลียวท่อ



รูป 15.11 มาตรฐานเกลียวท่อ (American National Standard Taper Pipe thread)

$$E_o = D - (0.05D) + 1.1) \frac{1}{n}$$

$$E_1 = E_o + 0.0625L_1$$

$$L_2 = (0.8D + 6.8) \frac{1}{n}$$

โดยที่ D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตนอกของท่อ

E_o = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียว ณ ส่วนปลายท่อที่เป็นเกลียวนอก

E_1 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียว ณ ส่วนปลายท่อที่เป็นเกลียวใน

L_1 = ระยะขันเกลียวปกติโดยใช้มือหมุน

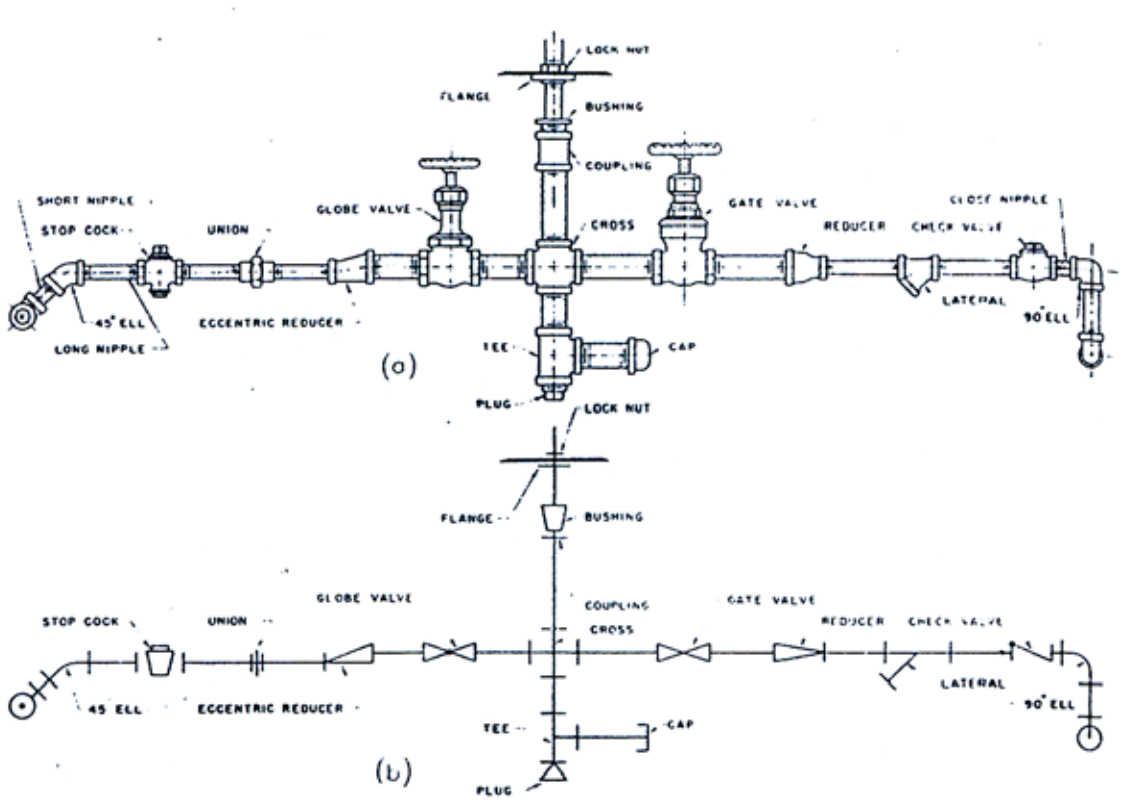
n = จำนวนเกลียวต่อนิ้ว

ขนาดมาตรฐานของเกลียวท่อหาได้จากตารางในผนวก ข 29 ส่วนขนาดมาตรฐานของข้อต่อท่อเหล็กหล่อแบบเกลียวหาได้จากตารางในผนวก ข 30 และ ข 31

15.4 การเขียนแบบระบบท่อ (Piping Drawing)

การเขียนแบบระบบท่อ คือการจำลองเอาระบบท่อที่ผู้ออกแบบได้กำหนดขึ้น นำมาเขียนลงบนกระดาษเพื่อให้การทำงานในการติดตั้งระบบท่อได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว การเขียนแบบระบบท่อที่ใช้กันโดยทั่วไปมี 2 แบบคือ

15.4.1 การเขียนแบบระบบท่อโดยการใช้เส้นคู่ (Double Line Drawing) เป็นการเขียนโดยการใช้ขนาดจริงและให้มีรูปร่างคล้ายของจริง ดังนั้นแนวของท่อก็จะแทนด้วยเส้นตรงสองเส้นซึ่งห่างกันเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ ส่วนข้อต่อท่อ ลิ้นและอุปกรณ์อื่น ๆ ก็จะแสดงด้วยสัญลักษณ์โดยมีขนาดเท่ากับของจริง การเขียนแบบท่อโดยการใช้เส้นคู่นี้บางครั้งเรียกว่า Scale Lalyout ซึ่งจะใช้กับงานท่อที่มีระยะ ต่าง ๆ มีความสำคัญเช่น ระบบท่อสำหรับหม้อน้ำเป็นต้น

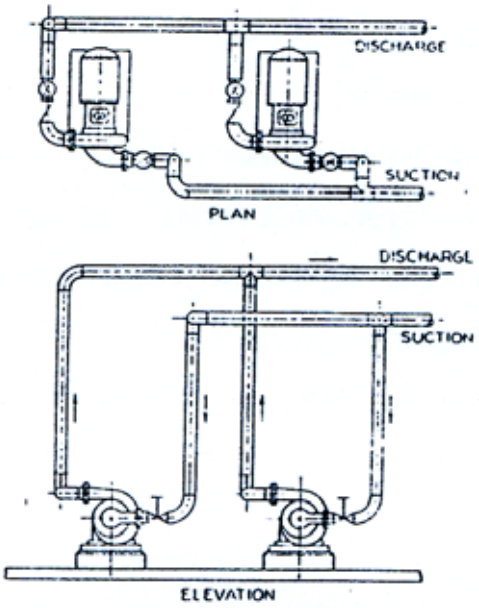


รูป 15.12 สัญลักษณ์การเขียนแบบระบบท่อ (a) แบบ Double line

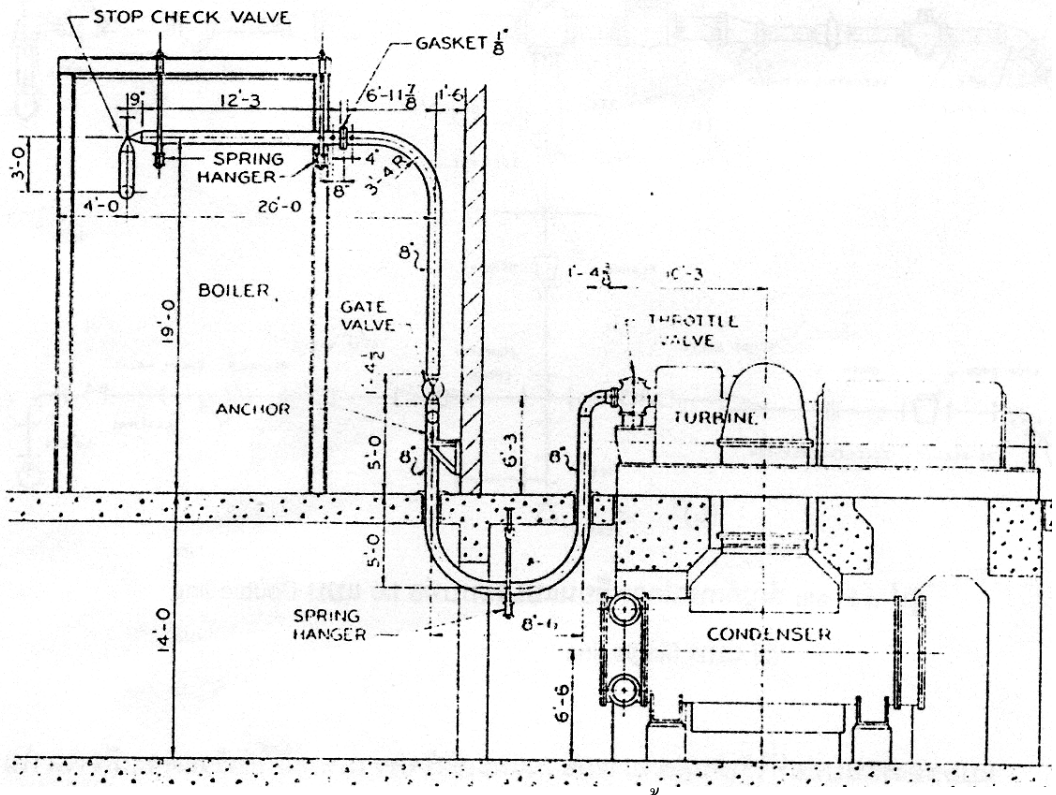
(b) แบบ Single line

แบบของระบบท่อที่ใช้เส้นคู่สามารถอ่านและเข้าใจความหมายได้เร็วแต่จะเสียเวลาในการเขียนมากโดยมีวิธีวางภาพได้ 2 แบบ คือ

(ก) แบบภาพฉายหลายด้าน (Multiview Projections) ดังรูป 15.12, 15.13 และ 15.14



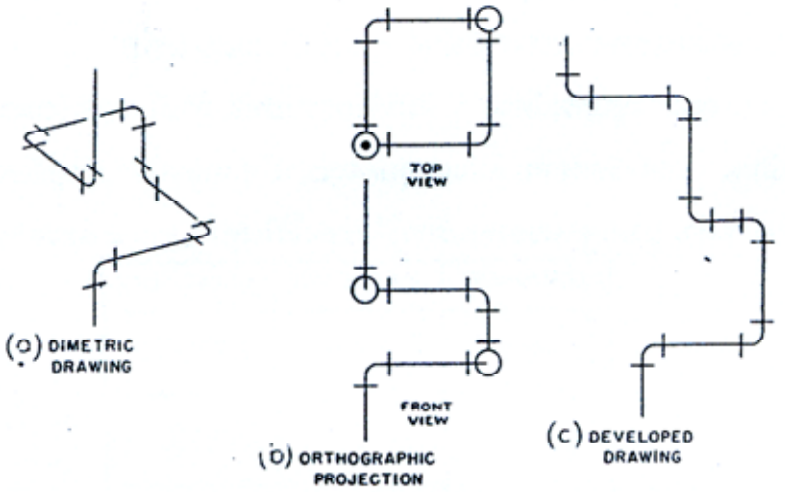
รูป 15.13 การใช้เส้นคู่เขียนสัญลักษณ์งานท่อของระบบสูบน้ำโดยการวางภาพแบบ Multiview



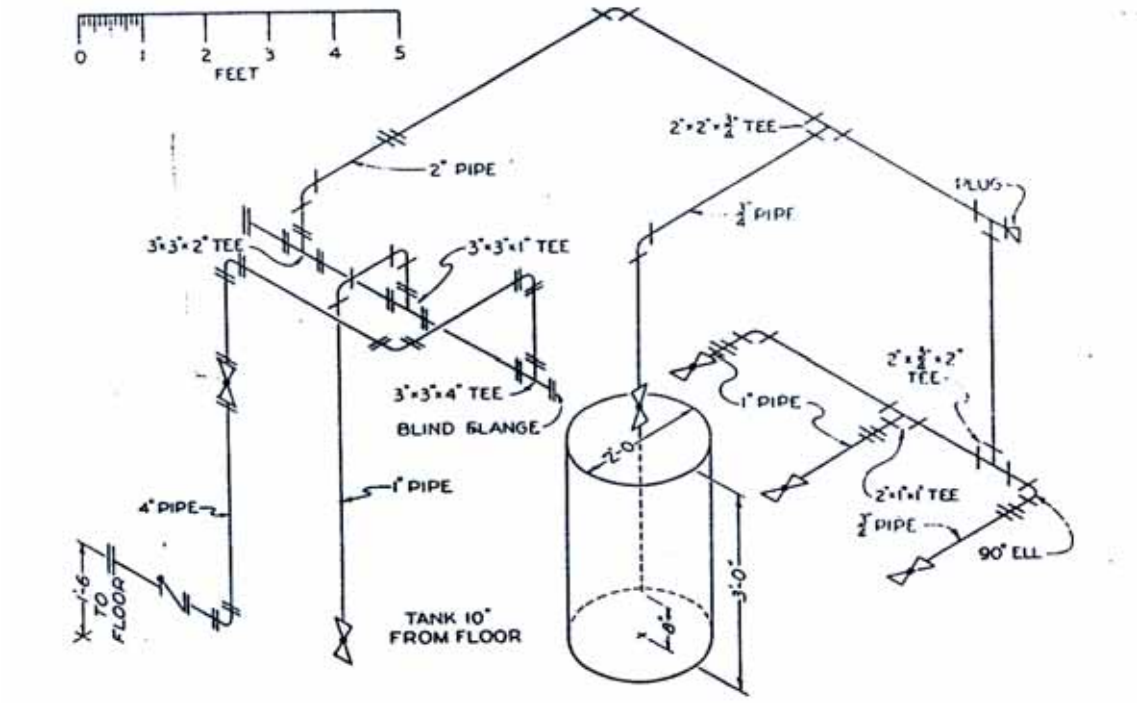
รูป 15.14 การใช้เส้นคู่เขียนสัญลักษณ์งานท่อของระบบสูบน้ำโดยการวางภาพแบบ Multiview พร้อมทั้งการกำหนดขนาด

(ข) แบบภาพสามมิติ (Axonometric) ซึ่งอาจจะเป็นแบบ Isometric หรือ Oblique ก็ได้

15.4.2 การเขียนแบบระบบท่อโดยการใช้เส้นเดี่ยว (Single Line Drawing) เป็นการแสดงแนวท่อด้วยเส้นแนวศูนย์กลางเพียงเส้นเดียวไม่ว่าท่อนั้นจะมีขนาดเท่าใดก็ตาม แนวของท่อจะปรากฏเป็นเส้นตรงเส้นเดียว ส่วนข้อต่อท่อ ลิ้นและอุปกรณ์อื่น ๆ จะใช้สัญลักษณ์ซึ่งเขียนด้วยเส้นเดี่ยวแทนเช่นกัน ดังรูป 15.15 (b) การวางภาพกระทำได้ 3 แบบ คือ



รูป 15.16 สัญลักษณ์การเขียนแบบระบบท่อโดยการใช้เส้นเดี่ยว (a) แบบสามมิติ (b) แบบภาพฉายหลายด้าน (c) แบบปรับปรุง



รูป 15.17 การเขียนแบบระบบท่อโดยการใช้เส้นเดี่ยววางภาพแบบสามมิติ

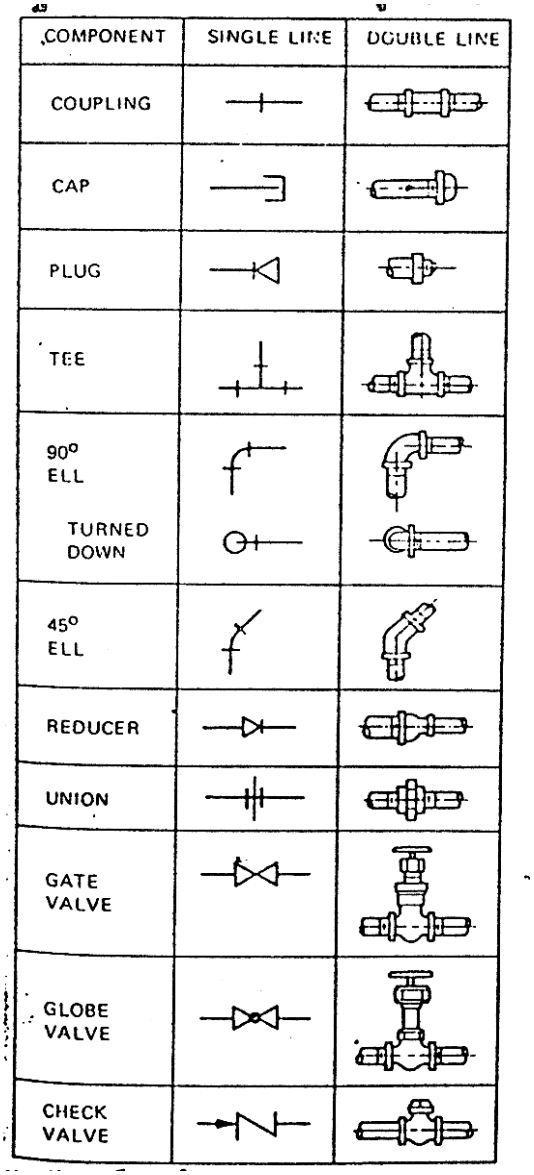
(ก) แบบภาพฉายหลายด้าน (Multiview Projection) ดังรูป 15.15 (b), 15.16(b)

(ข) แบบภาพฉายปรับปรุง (Develop) เป็นการเขียนแบบระบบท่อแบบภาพฉาย โดยให้เห็นทุกส่วนในระนาบเดียวกันดังรูป 15.16 (c) การเขียนตนแบบระบบท่อแบบปรับปรุง สามารถคำนวณหาความยาวท่อ จำนวนข้อต่อท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้สะดวก

(ค) แบบภาพสามมิติ (Axonometric) ซึ่งอาจเป็นแบบ Isometric หรือ Oblique ก็ได้ ดังรูป 15.16 (a) และ 15.17

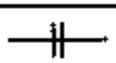
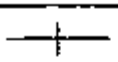
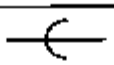
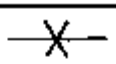
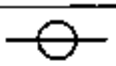
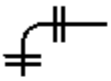
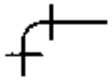
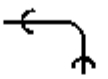
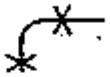
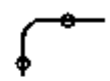
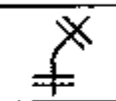
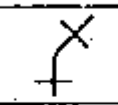
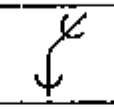
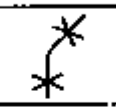
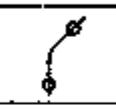
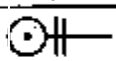
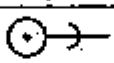
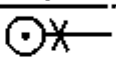
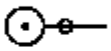
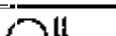
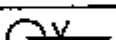
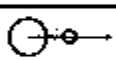
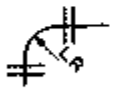
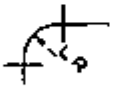
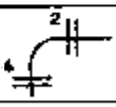
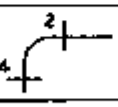
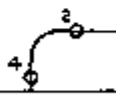
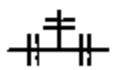
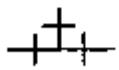
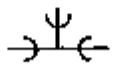
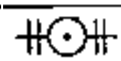
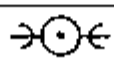
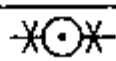
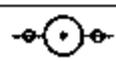
15.5 สัญลักษณ์และความหมายต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบท่อ

ข้อต่อท่อ ลิ้นและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีใช้ในระบบท่อ ถ้าเป็นการเขียนแบบระบบท่อโดยใช้เส้นเดี่ยว จำเป็นต้องแสดงข้อต่อท่อ ลิ้นและอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้ด้วยสัญลักษณ์ ซึ่งสัญลักษณ์และความหมายต่าง ๆ ตามมาตรฐานของอเมริกาได้แสดงไว้ในรูป 15.18 และตาราง 15.1



รูป 15.18 สัญลักษณ์แทนข้อต่อท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ แบบเกลียว

ตาราง 15.1 สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในระบบท่อ

	FLANGED	SCREWED	BELL & SPIGOT	WELDED	SOLDERED
1. Joint					
2 Elbow 90°					
3. Elbow 45°					
4. Elbow Turned Up					
5. Elbow Turned Down					
6.. Elbow Long Radius					
7 Reducing.. Elbow					
8.. Tee					
9.. Tee Outlet Up					
10.. Tee Outlet Down					
11.. Side Outlet Tee Outlet Up					
12.. Cross					
13.. Reduce - Concentric					
14.. Reduce - Eccentric					
15.. Lateral					
16.. Gate Valve Elev					
17.. Globe Valve Elev					
18.. Check Valve					
19.. Stop Valve					
20.. Safety Valve					
21.. Expansion Joint					
22.. Union					
23.. Sleeve					
24.. Bushing					

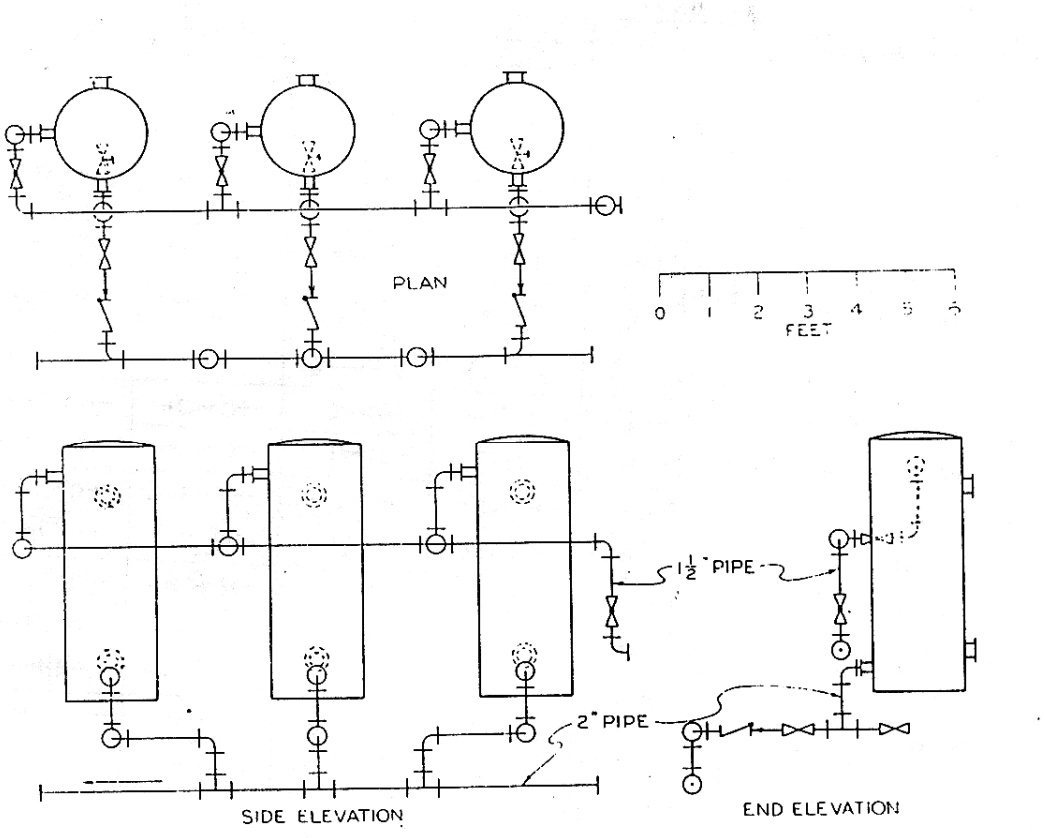
แบบฝึกหัด

ข้อ 1 จงเขียนแบบระบบท่อโดยใช้เส้นคู่ซึ่งประกอบด้วย ข้อต่อท่อ 45° Y-bend 1 ตัว, Eccentric reducer 1 ตัว, Globe valve 1 ตัว, Tee 1 ตัว, Stopcock 1 ตัวและ 45° Elbow 1 ตัว ท่อเป็นแบบ Wrought – Steel Pipe ขนาด 1/2 นิ้วและ 1 นิ้ว ข้อต่อท่อเป็น Cast-iron แบบเกลียว 250 Lb ความยาวท่อกำหนดเองให้เหมาะสมกับหน้ากระดาษ

ข้อ 2 จงเขียนแบบระบบท่อโดยใช้เส้นเดี่ยวซึ่งประกอบด้วยข้อต่อท่อแบบ 45° Elbow 1 ตัว, Union 1 ตัว, 45° Elbow 1 ตัว, Union 1 ตัว, 45° Y-bend 1 ตัว, Eccentric reducer 1 ตัว, Tee 1 ตัว, Reducer 1 ตัว, Gate valve 1 ตัว, Plug 1 ตัว, Cap 1 ตัวและ

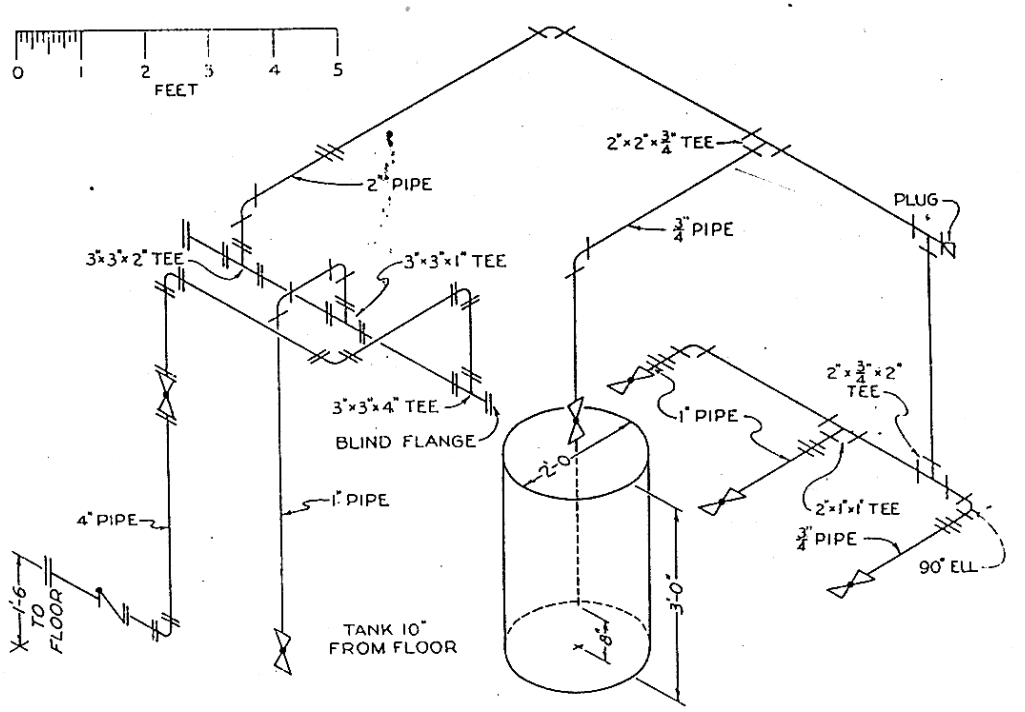
Cross 1 ตัว โดยใช้รอยต่อท่อเป็นแบบหน้าแปลน ความยาวท่อกำหนดเองให้เหมาะสมกับหน้ากระดาษ

ข้อ 3 จากแบบระบบท่อ Single line แบบ Multiview projection ที่กำหนดให้ดังรูป จงเขียนแบบระบบท่อโดยใช้ Single line แบบ lsometric โดยใช้ Scale 3/4 นิ้วเท่ากับ 1 ฟุต ลงในกระดาษขนาด A2



Pipe Layout for Battery of Air Receivers

ข้อ 4. จากแบบระบบท่อ Single line แบบ Isometric ที่กำหนดให้ดังรูป จงเขียนแบบระบบท่อโดยใช้ Single line แบบ Multiview projection โดยใช้ Scale 1 นิ้วเท่ากับ 1 ฟุต ลงในกระดาษขนาด A2

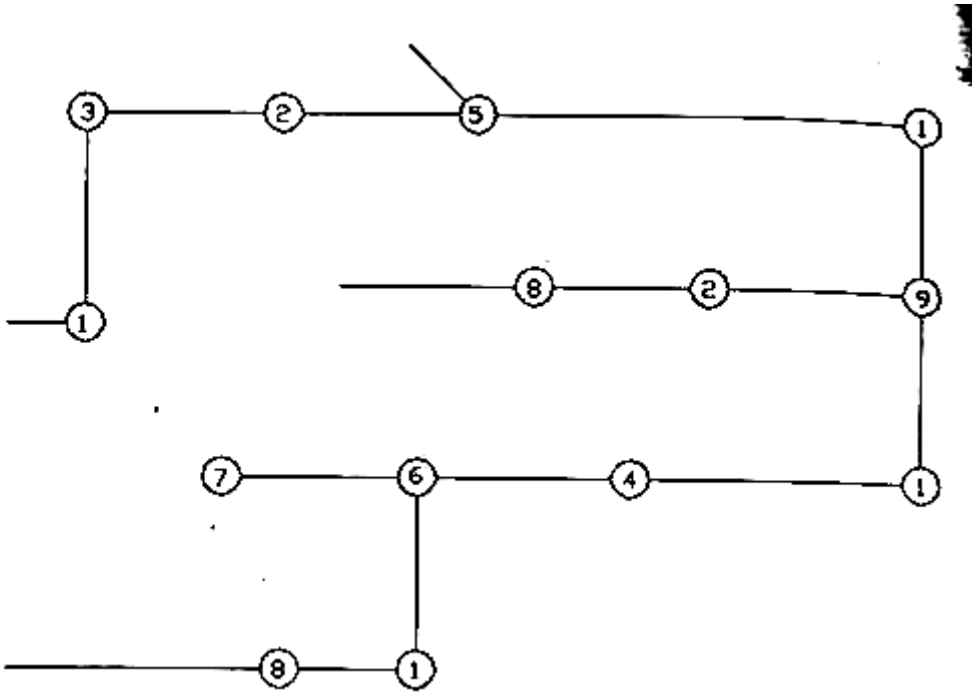


Isometric Pipe Layout

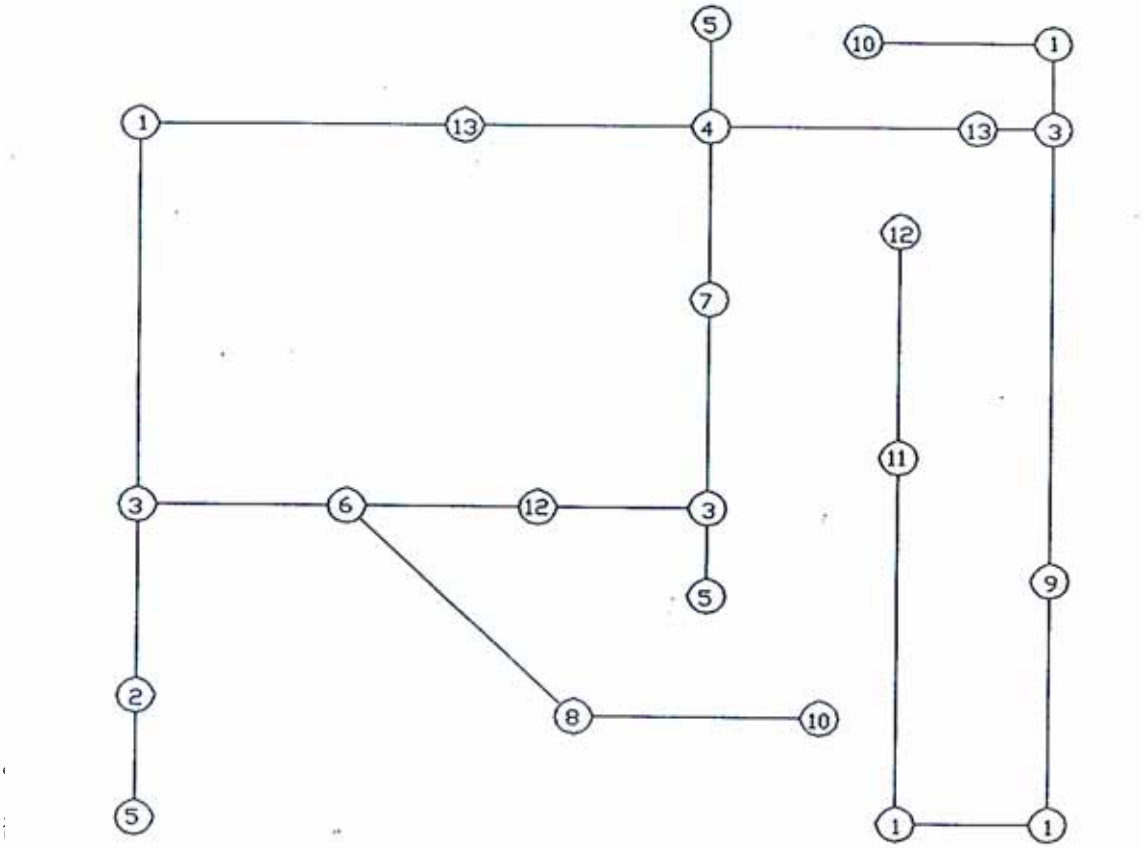
ข้อ 5. จากรูปข้อ 4. จงเขียนแบบระบบท่อโดยใช้ Double line แบบ Multiview projection โดยการกำหนด Scale เอง ท่อเป็น Wrought-steel pipe ทั้งหมด ถ้าท่อขนาดโตกว่า 2 นิ้วขึ้นไปให้ใช้ข้อต่อท่อ Cast-iron, 250 Lb แบบหน้าแปลน แต่ถ้าท่อขนาด 2 นิ้วและเล็กกว่า 2 นิ้ว ให้ใช้ข้อต่อท่อ Cast-iron, 250 Lb แบบเกลียว

ข้อ 6. จงเขียนแบบระบบท่อให้สมบูรณ์ โดยใช้เส้นเดี่ยวตามแผนที่กำหนดให้ รอยต่อท่อให้ใช้รอยต่อแบบเกลียว ขนาดท่อและข้อต่อต่าง ๆ กำหนดเองให้เหมาะสมกับหน้ากระดาษ

(1) ๙๐° Elbow
(2) Union
(3) Gate valve
(4) Globe valve
(5) Lateral
(6) Tee
(7) Cap
(8) Concentric reducer
(9) Cross



ข้อ 7. จงเขียนแบบระบบท่อให้สมบูรณ์ โดยใช้เส้นเดี่ยวตามแผนที่กำหนดให้ รอยต่อท่อให้ใช้รอยต่อแบบหน้าแปลน ขนาดท่อและข้อต่อต่าง ๆ ให้กำหนดเอง



1 ตัว ข้อต่อลดขนาด 1 ตัว ฝาปิด 1 ตัว และข้อต่ออื่น ๆ อีกให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น การวางภาพให้เป็นแบบภาพฉายหลายด้าน รอยต่อท่อและขนาดต่าง ๆ กำหนดขึ้นเองให้เหมาะสมกับหน้ากระดาษ

บรรณานุกรม

การเขียนแบบวิศวกรรม 1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
เรียบเรียงโดย อาจารย์ ธวัชชัย ขาวประเสริฐ

เขียนแบบวิศวกรรม หลักสูตร รร.นร. พ.ศ.2539 เรียบเรียงโดย
นาวาเอก วีรพัฒน์ เดชกุญชร