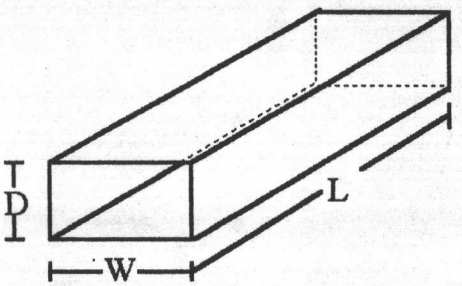
บทที่ 3

รายละเอียดแผ่นคลี่ของชิ้นส่วนท่อลม

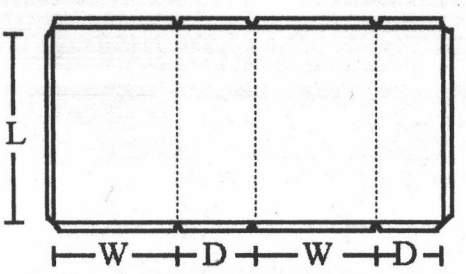
ชิ้นส่วนต่าง ๆ ในระบบท่อลมซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ และ มีความจำเป็นในการสร้างแผ่นคลี่เพื่อนำมาขึ้นรูปทำระบบท่อลม มีดังนี้

<u>ท่อลมตรง</u> (Straight Duct)

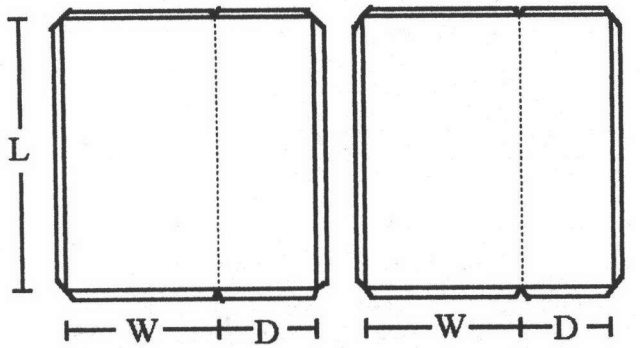
คือ ชิ้นส่วนซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในระบบท่อลม และ ใช้ปริมาณแผ่นสังกะสีมากที่สุด มีลักษณะดังนี้



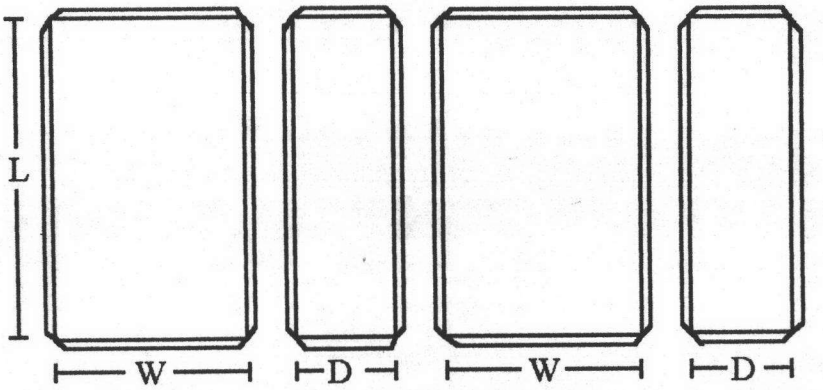
รูปที่ 3.1 ลักษณะของท่อลมตรง



รูปที่ 3.2 ลักษณะแผ่นคลี่สำหรับท่อลมตรงที่มีจำนวนอุดต่อ 1 อุด



รูปที่ 3.3 ลักษณะแผ่นคลี่สำหรับท่อลมตรงที่มีจำนวนจุดต่อ 2 จุด



รูปที่ 3.4 ลักษณะแผ่นคลี่สำหรับท่อลมตรงที่มีจำนวนจุดต่อ 4 จุด

<u>ข้อต่อเปลี่ยนขนาด</u> (Transition Joint)

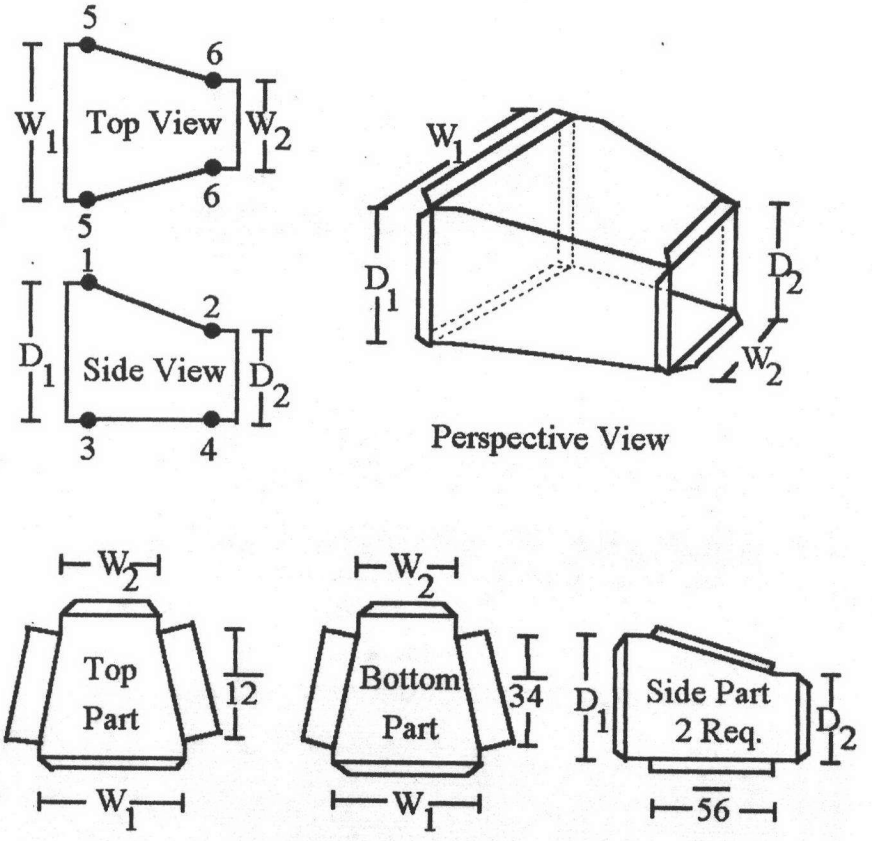
คือ ชิ้นส่วนซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างท่อลม 2 ขนาด ที่มีขนาดพื้นหน้าตัดท่อลมไม่เท่ากัน ในการหาขนาดความยาวของข้อต่อเปลี่ยนขนาดขึ้นอยู่กับ ค่าผลต่างความยาวของด้านกว้าง ($W_1 - W_2$) หรือ ด้านลึก ($D_1 - D_2$) ของท่อลมทั้งสอง ค่ามาตราฐานที่ SMACNA ได้กำหนดไว้ในการหาขนาดความยาวของข้อต่อเปลี่ยนขนาด คือ 4 เท่าของผลต่างที่มีค่ามากที่สุดระหว่างผลต่างค่าความยาวของด้านกว้าง ($W_1 - W_2$) หรือ ผลต่างค่าความยาวของด้านลึก ($D_1 - D_2$)

รูปแบบของข้อต่อเปลี่ยนขนาดขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ ลักษณะของแผ่นคลี่มีทั้งหมด 4 ส่วน คือ แผ่นคลี่ด้านบน, แผ่นคลี่ด้านล่าง, แผ่นคลี่ด้านซ้าย และ แผ่นคลี่ด้านขวา ดังนี้

I16699142

1. <u>ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 1 ด้าน</u>

(Transition Joint with One Side Straight)



รูปที่ 3.5 แผ่นคลี่สำหรับข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 1 ด้าน

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อจากด้านบนด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $(D_1 - D_2)$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(\tfrac{W_1 - W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \qquad (3.1)$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) ด้านล่างของข้อต่อเป็นด้านตรง ดังนั้น สามารถหาขนาดความยาวของเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = 4(\tfrac{W_1 - W_2}{2}) \quad \text{หรือ} \quad 4(D_1 - D_2) \qquad (3.2)$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 56 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้าง จากด้านซ้าย และ ด้านขวา ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $(\frac{W_1-W_2}{2})$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 56 จากสมการ

$$\overline{56} = \sqrt{[\tfrac{W_1-W_2}{2}]^2 + [4(\tfrac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[\tfrac{W_1-W_2}{2}]^2 + [4(D_1-D_2)]^2} \qquad (3.3)$$

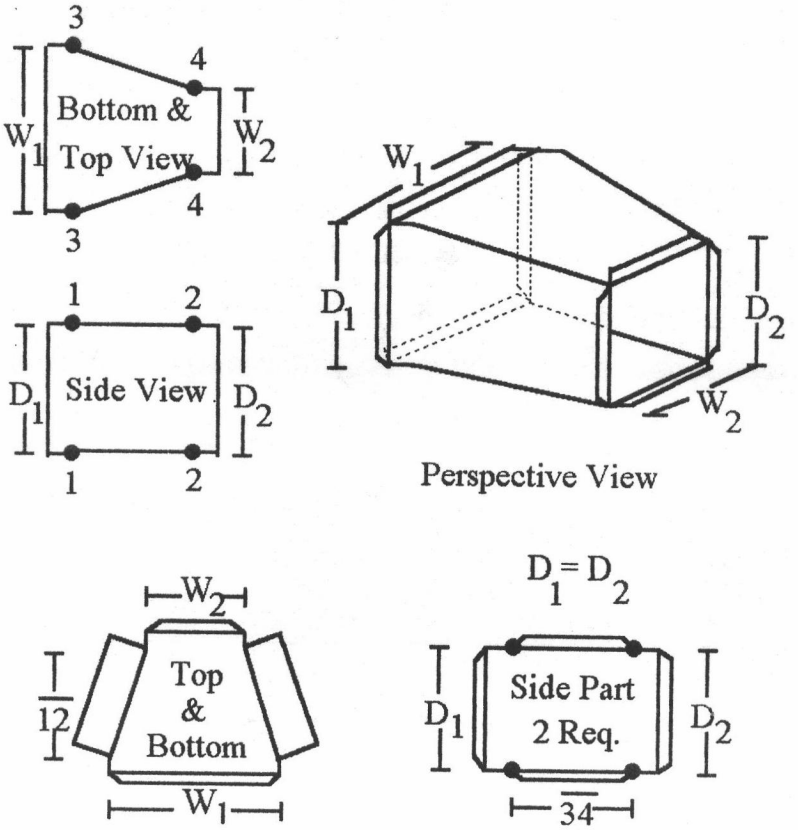
หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $(\frac{W_1-W_2}{2})$ หรือ (D_1-D_2) คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 3 บ้างต้น

2. <u>ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 2 ด้าน</u>

(Transition Joint with Two Sides Straight)

2.1 <u>ชนิดด้านบนและด้านล่างเป็นด้านตรง</u>

(Flat On Top & Flat On Bottom, F.O.T & F.O.B)



รูปที่ 3.6 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 2 ด้าน ชนิด F.O.T & F.O.B

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) ค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อ $(D_1 - D_2)$ มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น สามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

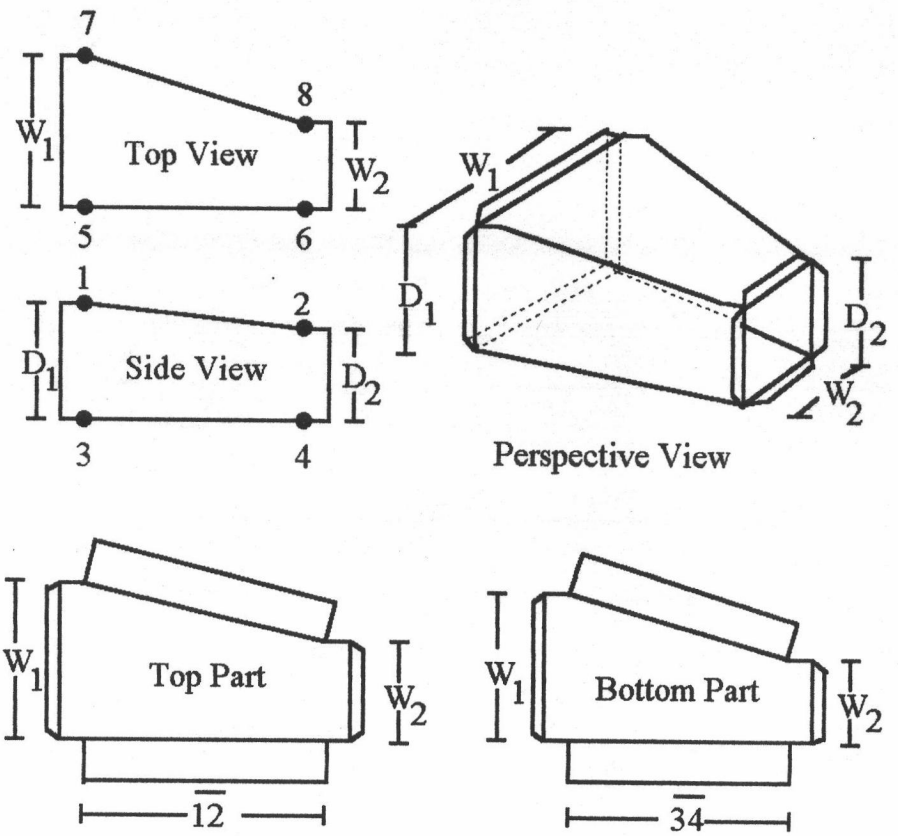
$$\overline{12} = 4(\frac{W_1 - W_2}{2}) \qquad (3.4)$$

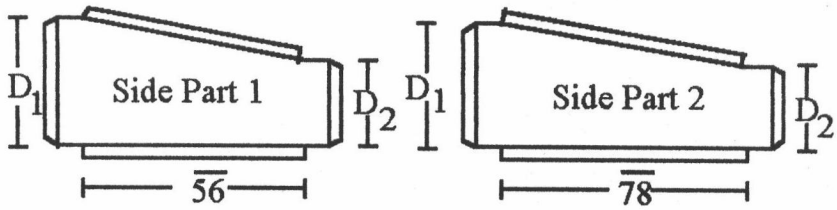
การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้าง จากด้านซ้าย และ ด้านขวา ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $(\frac{W_1 - W_2}{2})$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = \sqrt{[\frac{W_1 - W_2}{2}]^2 + [4(\frac{W_1 - W_2}{2})]^2} \qquad (3.5)$$

2.2 <u>ชนิดด้านล่างและด้านข้าง 1 ด้าน เป็นด้านตรง</u>

(Flat On Bottom, F.O.B & One Side Straight)





รูปที่ 3.7 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 2 ด้าน ชนิด F.O.B & One Side Straight

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อจากด้านบนด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $(D_1 - D_2)$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \qquad (3.6)$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) ด้านล่างของข้อต่อเป็นด้านตรง ดังนั้น สามารถหาขนาดความยาวของเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = 4(W_1 - W_2) \quad \text{หรือ} \quad 4(D_1 - D_2) \qquad (3.7)$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 56 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) ค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อในส่วน Side Part 1 มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น สามารถหาความยาวของเส้น 56 จากสมการ

$$\overline{56} = 4(W_1 - W_2) \quad \text{หรือ} \quad 4(D_1 - D_2) \qquad (3.8)$$

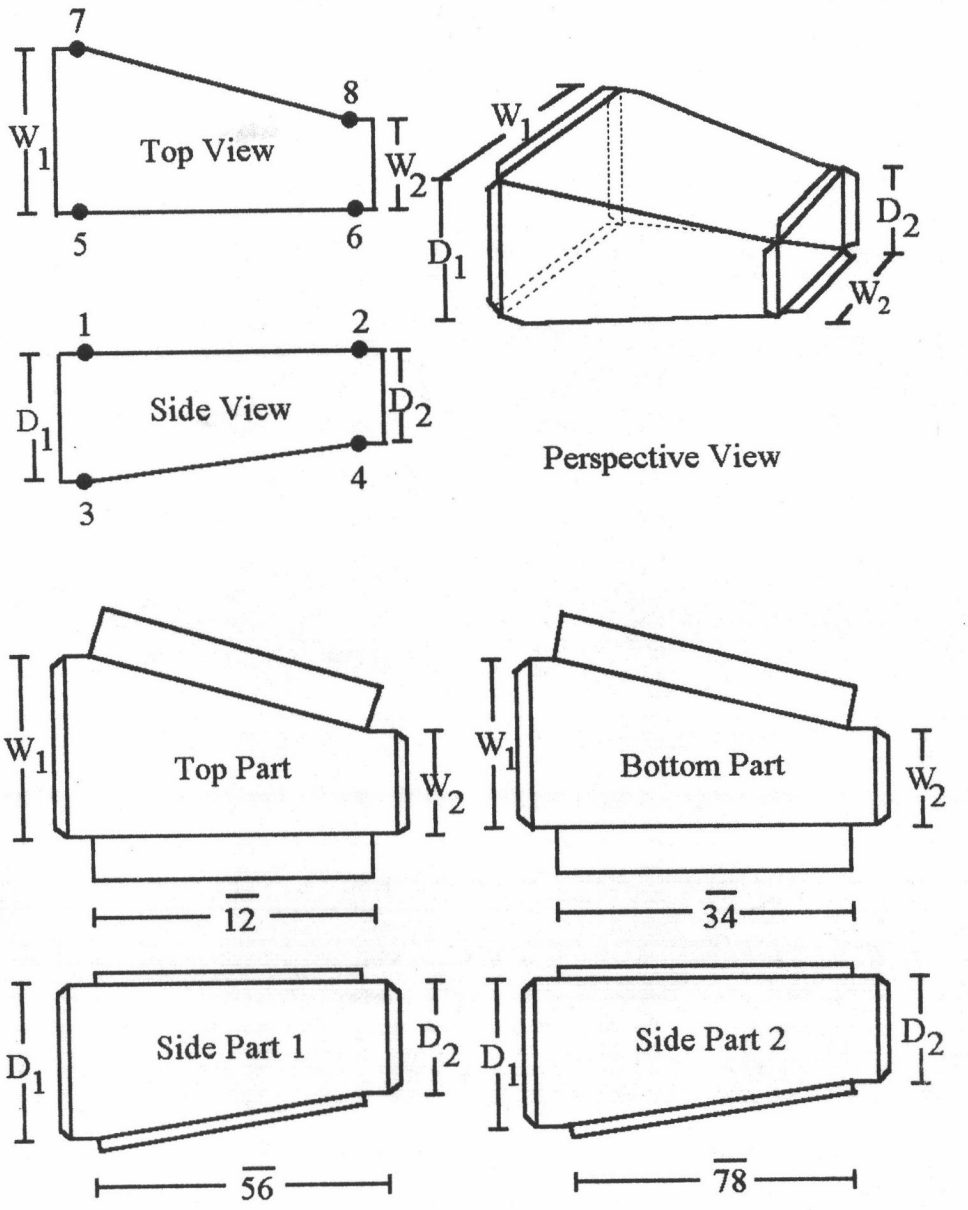
การหาขนาดความยาวของเส้น 78 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อในส่วน Side Part 2 ด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $(W_1 - W_2)$ และ จากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 78 จากสมการ

$$\overline{78} = \sqrt{[W_1 - W_2]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[W_1 - W_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \qquad (3.9)$$

หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $(W_1 - W_2)$ หรือ $(D_1 - D_2)$ คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 4 บ้างต้น

2.3 <u>ชนิดด้านบนและด้านข้าง 1 ด้าน เป็นด้านตรง</u>

(Flat On Top, F.O.T & One Side Straight)



รูปที่ 3.8 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 2 ด้าน ชนิด F.O.T & One Side Straight

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) ด้านบนของข้อต่อเป็นด้านตรง ดังนั้น สามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = 4(W_1 - W_2) \quad \text{หรือ} \quad 4(D_1 - D_2) \tag{3.10}$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อจากด้านล่างด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $(D_1 - D_2)$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[D_1 - D_1]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \tag{3.11}$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 56 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) ค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อในส่วน Side Part 1 มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น สามารถหาความยาวของเส้น 56 จากสมการ

$$\overline{56} = 4(W_1 - W_2) \quad \text{หรือ} \quad 4(D_1 - D_2) \tag{3.12}$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 78 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อในส่วน Side Part 2 ด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $(W_1 - W_2)$ และ จากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 78 จากสมการ

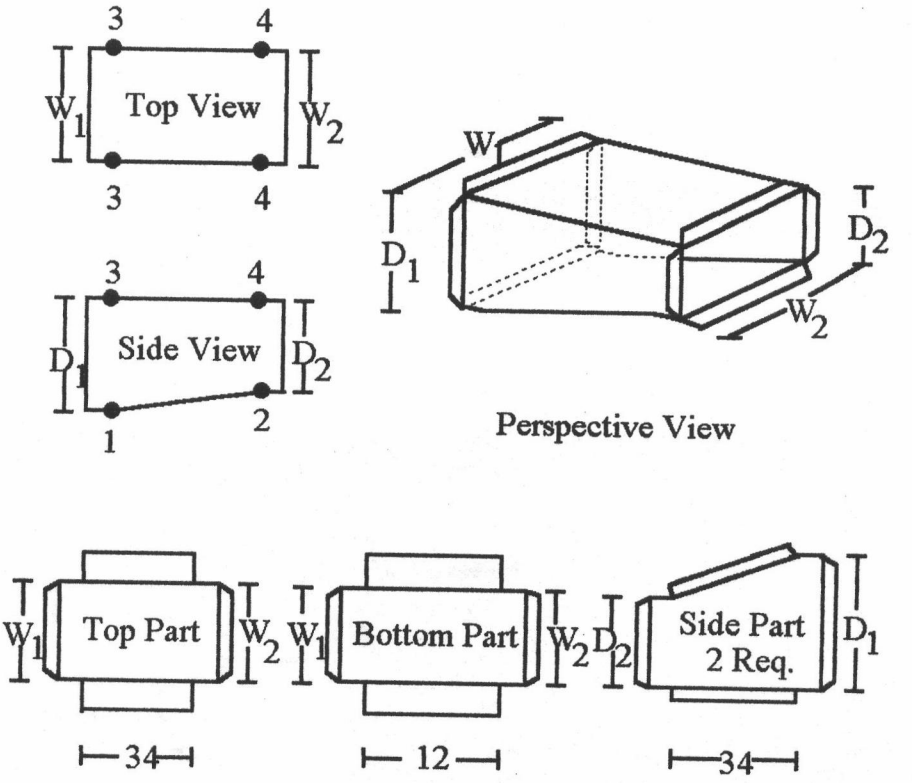
$$\overline{78} = \sqrt{[W_1 - W_2]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[W_1 - W_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \tag{3.13}$$

หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $(W_1 - W_2)$ หรือ $(D_1 - D_2)$ คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 4 ข้างต้น

3. <u>ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 3 ด้าน</u>

(Transition Joint with Three Sides Straight)

ลักษณะของข้อต่อชนิดนี้ คือ มีด้านกว้าง (W_n) คงที่ และ ด้านลึก (D_n) เปลี่ยนแปลง หรือ มีด้านลึก (D_n) คงที่ และ ด้านกว้าง (W_n) เปลี่ยนแปลง มีลักษณะของแผ่นคลี่ ดังนี้



รูปที่ 3.9 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านตรง 3 ด้าน

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อจากด้านล่างด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $(D_1 - D_2)$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

กรณีด้านลึกคงที่ $(D_1 = D_2)$: $\overline{12} = \sqrt{[W_1 - W]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2}$

กรณีด้านกว้างคงที่ $(W_1 = W_2)$: $\overline{12} = \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2}$ (3.14)

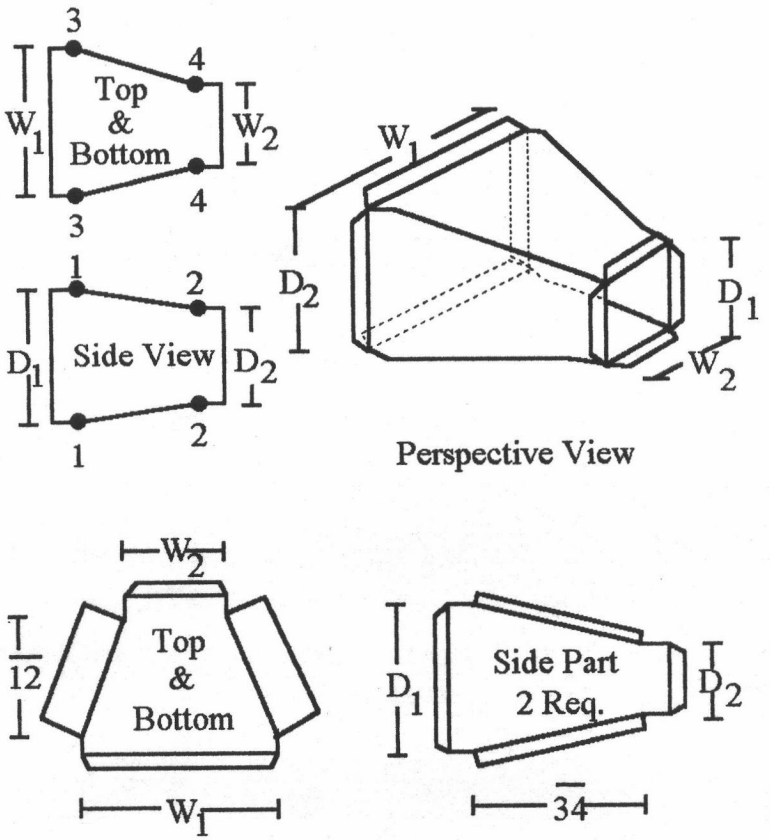
การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) ค่าผลต่างด้านกว้างของข้อต่อมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น สามารถหาความยาวของเส้น 34 จากสมการ

กรณีด้านลึกคงที่ $(D_1 = D_2)$: $\overline{34} = 4(W_1 - W_2)$

กรณีด้านกว้างคงที่ $(W_1 = W_2)$: $\overline{34} = 4(D_1 - D_2)$ (3.15)

4. <u>ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านทุกด้านเป็นด้านเอียง</u>

(Transition Joint with All Sides Tapering)



รูปที่ 3.10 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีด้านทุกด้านเป็นด้านเอียง

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อทั้งด้านบน และ ด้านล่าง ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $(\frac{D_1-D_2}{2})$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = \sqrt{[\frac{D_1-D_2}{2}]^2 + [4(\frac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[\frac{D_1-D_2}{2}]^2 + [4(\frac{D_1-D_2}{2})]^2} \qquad (3.16)$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อทั้งซ้าย และ ขวา ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $(\frac{W_1-W_2}{2})$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 34 จากสมการ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\overline{34} = \sqrt{[\frac{W_1-W_2}{2}]^2 + [4(\frac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[\frac{W_1-W_2}{2}]^2 + [4(\frac{D_1-D_2}{2})]^2} \qquad (3.17)$$

หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $(\frac{W_1-W_2}{2})$ หรือ $(\frac{D_1-D_2}{2})$ คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 2 ข้างต้น

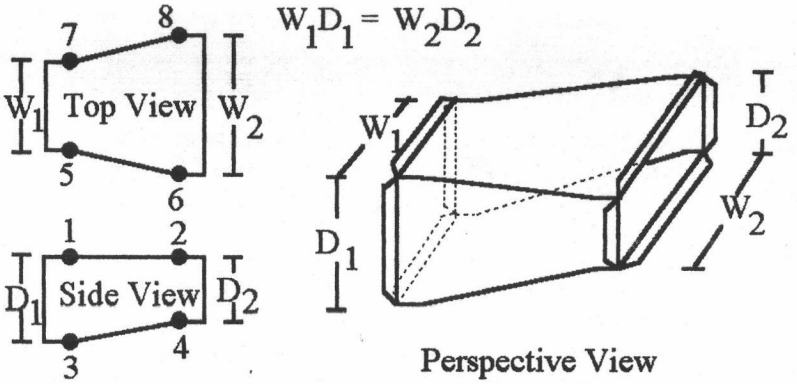
ข้อต่อเปลี่ยนขนาดทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น มีความยาวตะเข็บข้าง (Longitudinal Seam) ของชิ้นส่วนด้านบน (Top Part) และ ชิ้นส่วนด้านล่าง (Bottom Part) เท่ากับ $1\frac{5}{16}$ นิ้ว ชิ้นส่วนด้านข้าง (Side Part) เท่ากับ $\frac{3}{16}$ นิ้ว และ ชิ้นส่วนทั้ง 4 ด้าน มีความยาวตะเข็บปลาย (Transverse Seam) เท่ากับ $\frac{1}{2}$นิ้ว ตะเข็บข้างทำการพับแบบ Pittburgh Seam และตะเข็บปลายทำการพับแบบ Drive Cleat ชนิดและการพับตะเข็บได้กล่าวไว้โดยละเอียดในภาคผนวก ค

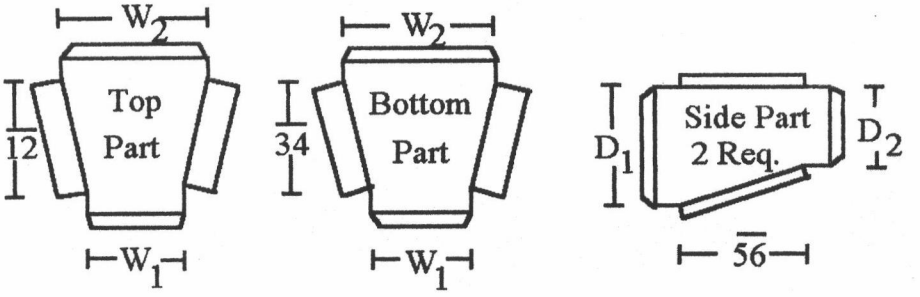
<u>ข้อต่อเปลี่ยนรูป</u> (Transformer Joint)

คือ ชิ้นส่วนซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างท่อลม 2 ขนาด ที่มีขนาดพื้นหน้าตัดท่อลมเท่ากัน ซึ่งต้องการเปลี่ยนรูปร่างของหน้าตัดท่อลมเพื่อประโยชน์เฉพาะทาง อาทิเช่น หลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวาง, เปลี่ยนรูปร่างหน้าตัดของท่อลมที่ทางออกจากพัดลม เป็นต้น ในการหาขนาดความยาวของข้อต่อเปลี่ยนรูปขึ้นอยู่กับค่าผลต่างความยาวของด้านกว้าง $|W_1 - W_2|$ หรือ ด้านลึก $|D_1 - D_2|$ ของท่อลม ค่ามาตราฐานที่ SMACNA ได้กำหนดไว้ในการหาขนาดความยาวของข้อต่อเปลี่ยนรูป คือ 4 เท่าของผลต่างที่มีค่ามากที่สุด ระหว่างผลต่างค่าความยาวของด้านกว้าง $|W_1 - W_2|$ หรือ ผลต่างค่าความยาวของด้านลึก $|D_1 - D_2|$ แผ่นคลี่ของข้อต่อเปลี่ยนรูปชนิดต่าง ๆ มีลักษณะดังนี้

1. <u>ข้อต่อเปลี่ยนรูปที่มีด้านตรง 1 ด้าน</u>

   (Transformer Joint with One Side Straight)





รูปที่ 3.11 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนรูปที่มีด้านตรง 1 ด้าน

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) ด้านบนของข้อต่อเป็นด้านตรง ดังนั้น สามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = 4\left|\frac{W_1-W_2}{2}\right| \quad \text{หรือ} \quad 4|D_1-D_2| \tag{3.18}$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อจากด้านล่างเพียงด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $|D_1-D_2|$ และ จากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = \sqrt{[D_1-D_2]^2+[4(\tfrac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[D_1-D_2]^2+[4(D_1-D_2)]^2} \tag{3.19}$$

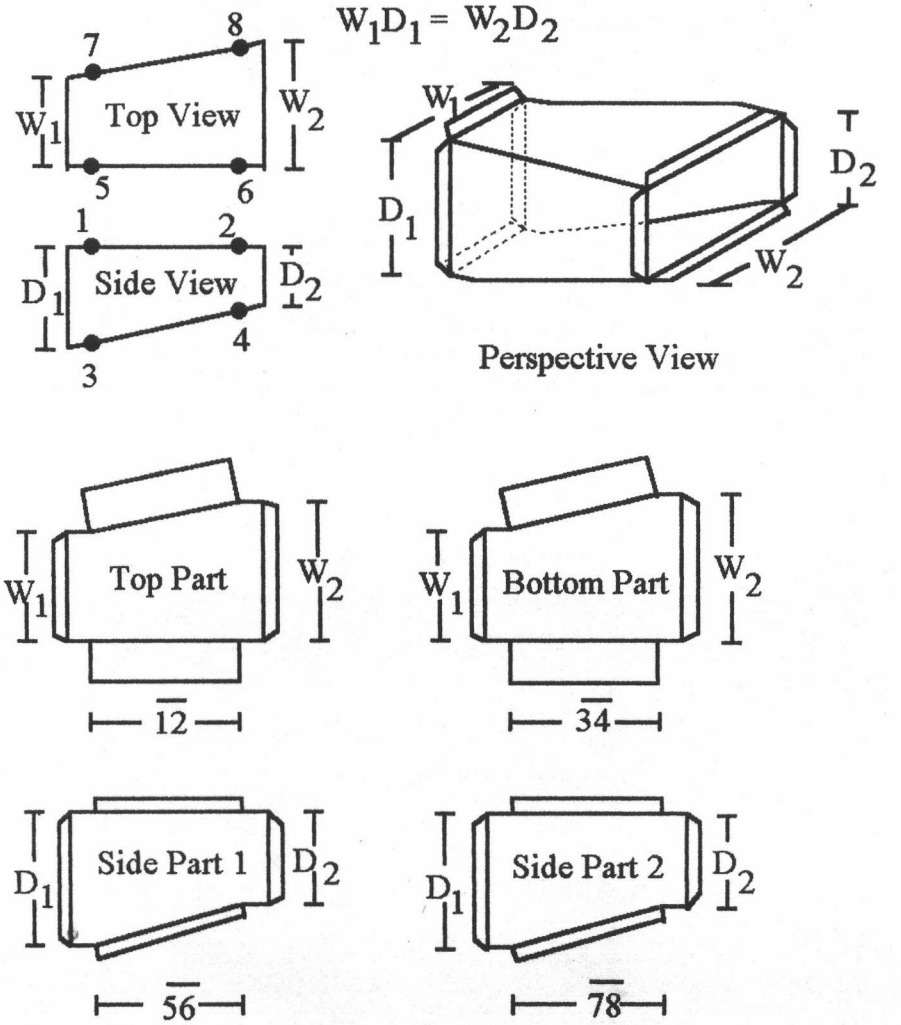
การหาขนาความยาวของเส้น 56 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อทั้งซ้าย และ ขวา ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $\left|\frac{W_1-W_2}{2}\right|$ และ จากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 56 จากสมการ

$$\overline{56} = \sqrt{[\tfrac{W_1-W_2}{2}]^2+[4(\tfrac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[\tfrac{W_1-W_2}{2}]^2+[4(D_1-D_2)]^2} \tag{3.20}$$

หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $\left|\frac{W_1-W_2}{2}\right|$ หรือ $|D_1-D_2|$ คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 3 ข้างต้น

2. <u>ข้อต่อเปลี่ยนรูปที่มีด้านตรง 2 ด้าน</u>

(Transformer Joint with Two Sides Straight)



รูปที่ 3.12 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนรูปที่มีด้านตรง 2 ด้าน

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) ด้านบนของข้อต่อเป็นด้านตรง ดังนั้น สามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = 4|W_1 - W_2| \quad \text{หรือ} \quad 4|D_1 - D_2| \tag{3.21}$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อจากด้านล่างเพียงด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $(D_1 - D_2)$ และ จากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[D_1 - D_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \tag{3.22}$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 56 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) ค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อในส่วน Side Part 1 มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น สามารถหาความยาวของเส้น 56 จากสมการ

$$\overline{56} = 4|W_1 - W_2| \quad \text{หรือ} \quad 4|D_1 - D_2| \tag{3.23}$$

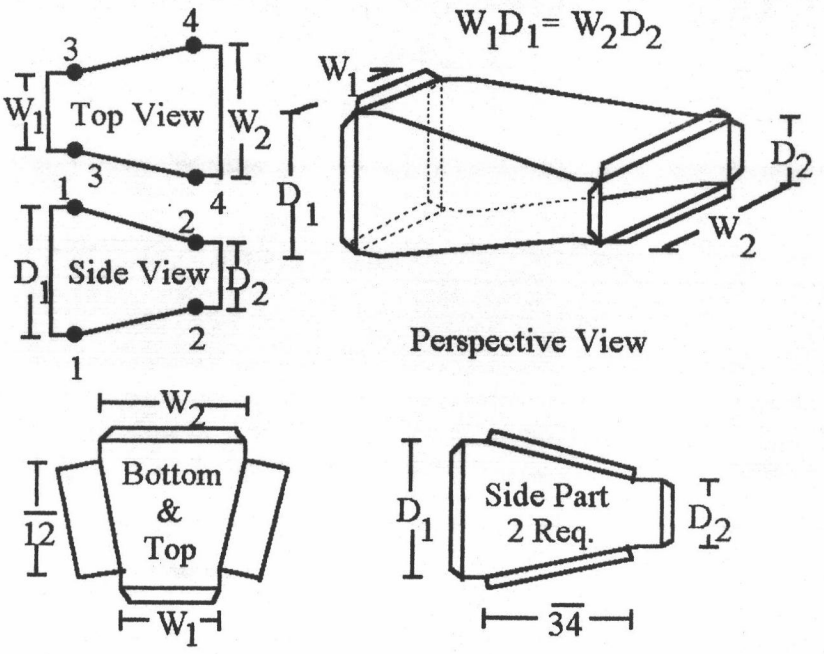
การหาขนาดความยาวของเส้น 78 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อในส่วน Side Part 2 ด้านเดียว ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $|W_1 - W_2|$ และ จากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 78 จากสมการ

$$\overline{78} = \sqrt{[W_1 - W_2]^2 + [4(W_1 - W_2)]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[W_1 - W_2]^2 + [4(D_1 - D_2)]^2} \tag{3.24}$$

หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $|W_1 - W_2|$ หรือ $|D_1 - D_2|$ คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 4 ข้างต้น

3. <u>ข้อต่อเปลี่ยนรูปที่มีด้านทุกด้านเป็นด้านเอียง</u>

(Transformer Joint with All Sides Tapering)



รูปที่ 3.13 แผ่นคลี่ข้อต่อเปลี่ยนรูปที่มีด้านทุกด้านเป็นด้านเอียง

การหาขนาดความยาวของเส้น 12 พิจารณาจากรูปด้านข้าง (Side View) มีค่าผลต่างด้านลึกของข้อต่อทั้งด้านบน และ ด้านล่าง ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านลึกมีค่าเท่ากับ $\left|\frac{D_1-D_2}{2}\right|$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวของเส้น 12 จากสมการ

$$\overline{12} = \sqrt{[\tfrac{D_1-D_2}{2}]^2 + [4(\tfrac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[\tfrac{D_1-D_2}{2}]^2 + [4(\tfrac{D_1-D_2}{2})]^2} \qquad (3.25)$$

การหาขนาดความยาวของเส้น 34 พิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) มีค่าผลต่างของด้านกว้างของข้อต่อทั้งซ้าย และ ขวา ดังนั้น ค่าผลต่างของด้านกว้างมีค่าเท่ากับ $\left|\frac{W_1-W_2}{2}\right|$ และจากกฎสามเหลี่ยมมุมฉากสามารถหาขนาดความยาวเส้น 34 จากสมการ

$$\overline{34} = \sqrt{[\tfrac{W_1-W_2}{2}]^2 + [4(\tfrac{W_1-W_2}{2})]^2} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{[\tfrac{W_1-W_2}{2}]^2 + [4(\tfrac{D_1-D_2}{2})]^2} \qquad (3.26)$$

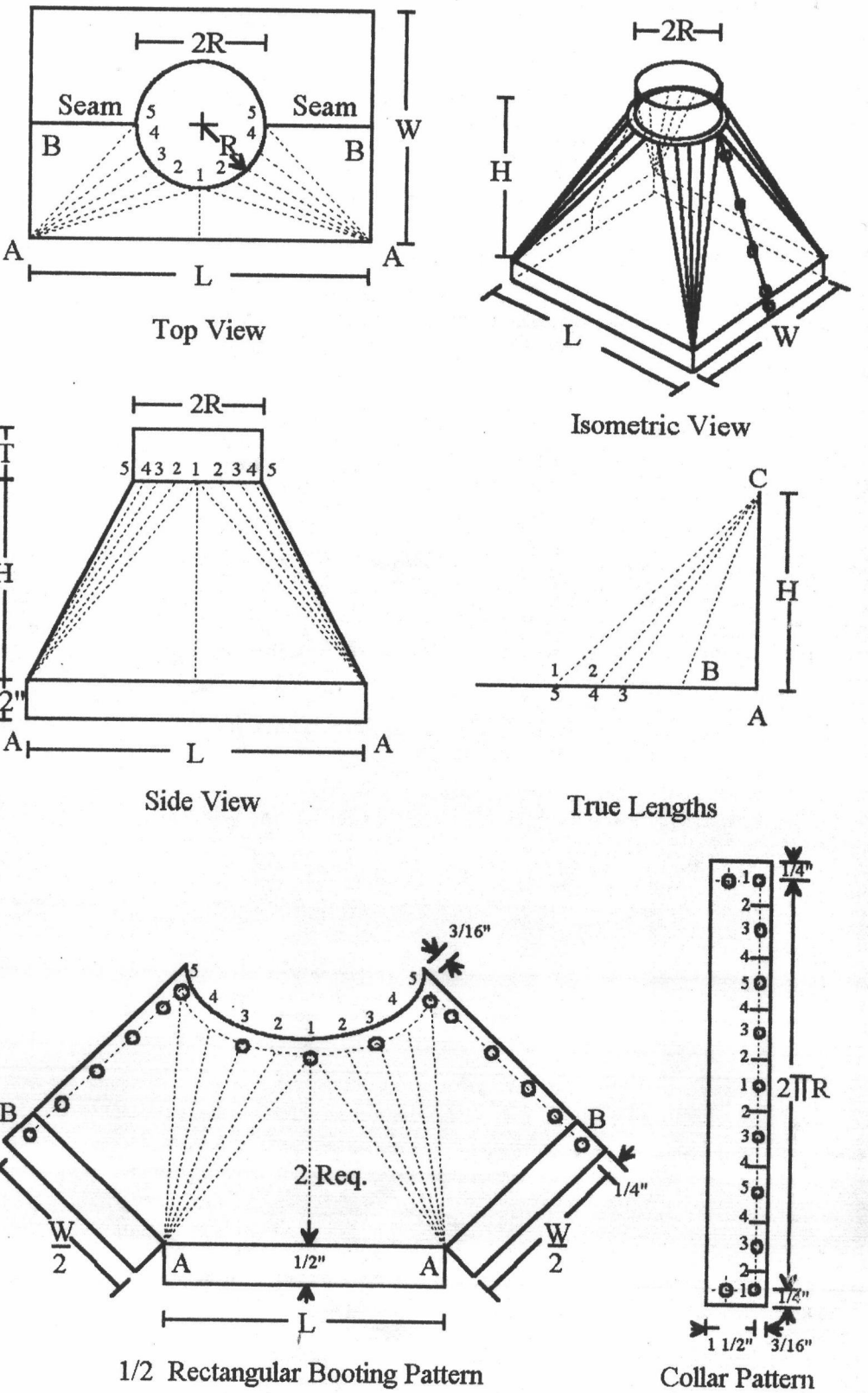
หลักเกณฑ์ในการเลือกค่า $\left|\frac{W_1-W_2}{2}\right|$ หรือ $\left|\frac{D_1-D_2}{2}\right|$ คือ เปรียบเทียบค่าผลต่างทั้ง 2 ค่า และ เลือกค่าผลต่างที่มากที่สุดนำไปแทนในสมการทั้ง 2 ข้างต้น

ข้อต่อเปลี่ยนรูปทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น มีความยาวตะเข็บข้าง (Longitudinal Seam) ของชิ้นส่วนด้านบน (Top Part) และ ชิ้นส่วนด้านล่าง (Bottom Part) เท่ากับ $1\frac{5}{16}$ นิ้ว ชิ้นส่วนด้านข้าง (Side Part) เท่ากับ $\frac{3}{16}$ นิ้ว และ ชิ้นส่วนทั้ง 4 ด้าน มีความยาวตะเข็บปลาย (Transverse Seam) เท่ากับ $\frac{1}{2}$นิ้ว ตะเข็บข้างทำการพับแบบ Pittburgh Seam และตะเข็บปลายทำการพับแบบ Drive Cleat ชนิดและการพับตะเข็บได้กล่าวไว้โดยละเอียดในภาคผนวก ค

<u>คอหัวจ่ายลม</u> (Booting)

คือ ชิ้นส่วนที่มีหน้าที่ในการกระจาย และลดความเร็วของลมจากท่อลมก่อนผ่านหัวจ่ายลม (Diffuser) ออกสู่บริเวณปรับอากาศ ลักษณะของคอหัวจ่ายลมโดยส่วนใหญ่มีด้านหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลมเพื่อใช้ในการต่อเข้ากับท่อลมอ่อน (Flexible Duct) ซึ่งต่อจากท่อลมหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม และ อีกด้านหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อใช้ในการต่อเข้ากับหัวจ่ายลม ลักษณะคอหัวจ่ายลม และ รูปแบบแผ่นคลี่ มีดังนี้

1. <u>คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมเป็นวงกลม</u> (Rectangular to Round Booting)



รูปที่ 3.14 แผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมเป็นวงกลม

วิธีการสร้างแผ่นคลี่ของคอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมเป็นวงกลม มีขั้นตอนดังนี้

1.1 สร้างรูปด้านบน (Top View) และ รูปด้านข้าง (Side View) ตามขนาดของค่า W, L, R และ H ที่ต้องการ ดังรูป

1.2 จากรูปด้านบน (Top view) แบ่งครึ่งวงกลมทางด้านล่างทั้งซีกซ้าย และ ซีกขวา ออกเป็น 4 ส่วน เท่า ๆ กัน กำหนดจุด 1 ถึง 5 ลงบนตำแหน่งต่าง ๆ จากนั้นลากเส้นประจากจุด A ทั้งสองข้างไปยังตำแหน่งซึ่งกำหนดตัวเลขไว้ และ วัดระยะของเส้น $\overline{A1}, \overline{A2}, \overline{A3}, \overline{A4}$ และ $\overline{A5}$

1.3 คำนวณหาความยาวเส้นจริง (True Lengths) ของเส้นต่าง ๆ โดยนำความยาวของเส้นต่าง ๆ จากขั้นตอนที่ 2 เป็นความยาวฐาน และ นำค่าความสูง (H) ของคอหัวจ่ายลมเป็นด้านตั้ง จากนั้นลากเส้นประจากจุด C ไปยังจุดต่าง ๆ บนเส้นฐาน และ วัดขนาดความยาวเส้นประซึ่งเป็นความยาวเส้นจริง (True Lengths) ดังรูป

1.4 สร้างแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมโดยวาดฐานความยาว L หนา $\frac{1}{2}$ นิ้วซึ่งเป็นระยะตะเข็บปลาย กำหนดจุด A-A บนปลายฐานทั้งสองข้าง และ ใช้จุด A-A เป็นจุดศูนย์กลางกางวงเวียนรัศมี $\overline{C1}$ จุดตัดของส่วนโค้ง คือ จุด 1 จากนั้นใช้จุด 1 เป็นจุดศูนย์กลางกางวงเวียนเท่ากับระยะห่างระหว่างจุด 1 และ จุด 2 จากรูปด้านบน (Top View) เขียนส่วนโค้งทั้งสองข้างของจุด 1 และ ใช้จุด A-A เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมี $\overline{C2}$ เขียนส่วนโค้งตัดส่วนโค้งดังกล่าวจุดตัดของส่วนโค้งคือ จุด 2 ใช้วิธีเดียวกันสำหรับจุด 3, 4, และ 5 ดังรูป

1.5 ใช้จุด A-A เป็นจุดศูนย์กลางกางวงเวียนรัศมี $\overline{AB}$ หรือ $\left(\frac{W}{2}\right)$ เขียนส่วนโค้งไว้ และ ใช้จุด 5 เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมี $\overline{C5}$ เขียนส่วนโค้งตัดส่วนโค้งดังกล่าว จุดตัดของส่วนโค้ง คือ จุด B แผ่นคลี่ที่ได้ คือ ครึ่งหนึ่งของแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมแบบสี่เหลี่ยม ดังรูป

1.6 ความยาวของ Collar มีค่าเท่ากับ $2\pi R$ รวมความยาวตะเข็บปลายด้านละ $\frac{1}{4}$ นิ้ว และ ความหนาของ Collar (T) เท่ากับ 1 นิ้ว ดังรูป

สมการทางคณิตศาสตร์ในการหาความยาวเส้นประจากจุด A ไปยังจุดต่าง ๆ บนวงกลม คือ จุด 1, 2, 3, 4 และ 5 กำหนดให้แทนด้วยตัวแปร N ดังนั้น สมการของเส้น AN คือ

$$\overline{AN} = \sqrt{[\tfrac{W}{2} - R\cos((N-1)\theta)]^2 + [\tfrac{L}{2} - R\sin((N-1)\theta)]^2} \qquad (3.27)$$

โดย $\theta = \frac{\pi}{8}$ และ $N = 1, 2, 3, 4, 5$

สมการทางคณิตศาสตร์ในการหาความยาวเส้นจริง (True Lengths) คือ

$$True\ Lengths = \sqrt{\overline{AN}^2 + H^2} \tag{3.28}$$

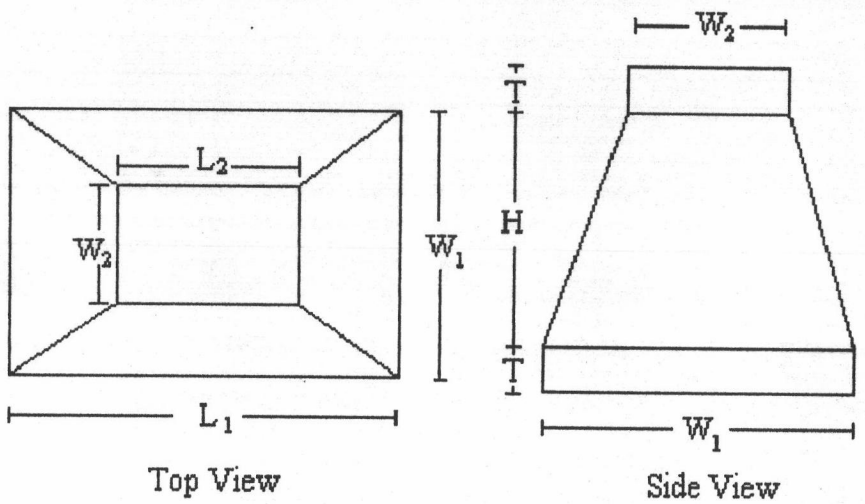
ระยะห่างระหว่างจุด N 2 จุด บนวงกลมในรูปด้านบน (Top View) คือ

$$\Delta N = 2R \sin \frac{\pi}{16} \tag{3.29}$$

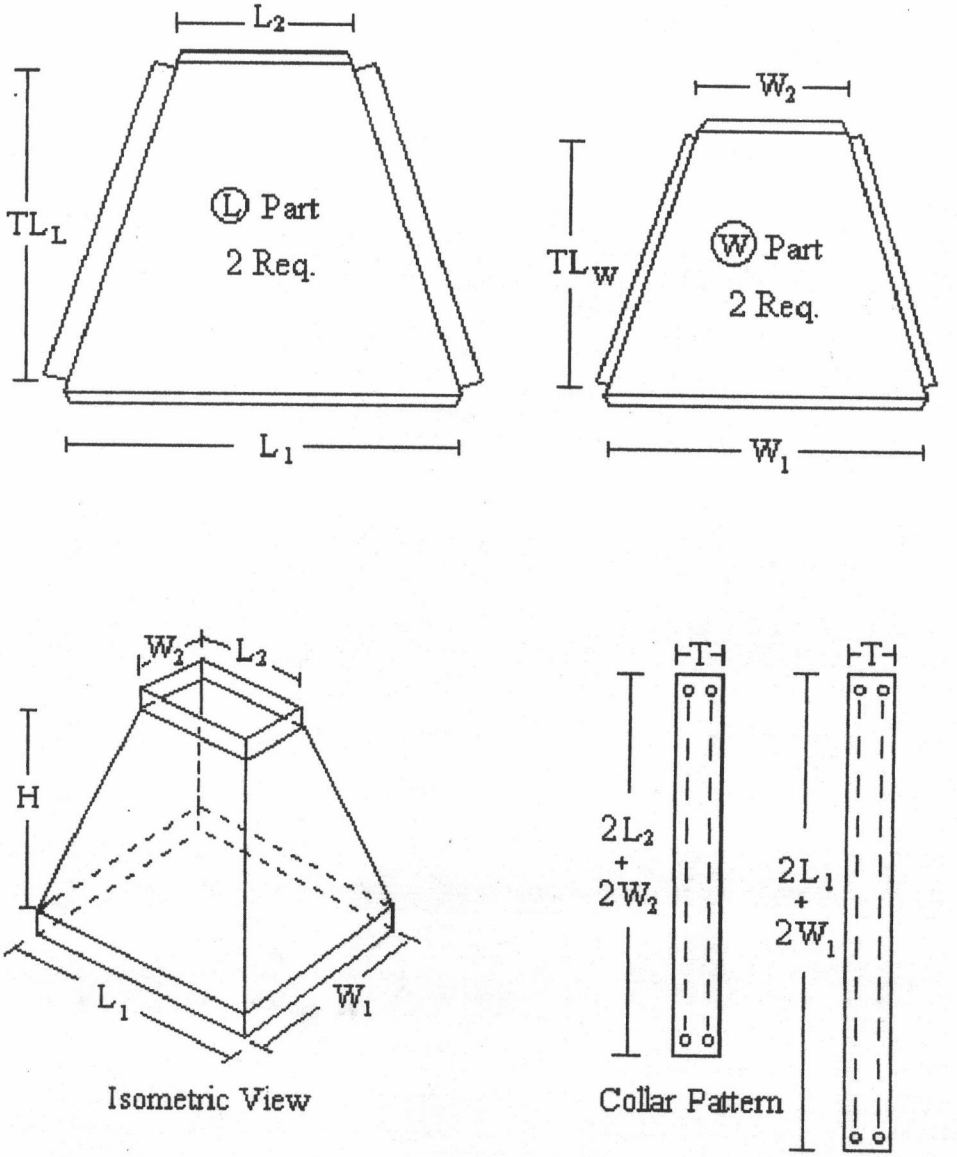
ในการสร้างแผ่นคลี่ของคอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นวงกลม (Square to Round Booting) มีขั้นตอน และ วิธีการสร้างเช่นเดียวกับวิธีที่กล่าวมาข้างต้น โดยจะมีลักษณะพิเศษ คือ มีด้านกว้าง (W) เท่ากับ ด้านยาว (L)

2. <u>คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนขนาดจากสี่เหลี่ยมเป็นสี่เหลี่ยม</u>

(Rectangular to Rectangular Booting)



Top View Side View



รูปที่ 3.15 แผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนขนาดจากสี่เหลี่ยมเป็นสี่เหลี่ยม

วิธีการสร้างแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมแบบเปลี่ยนขนาดจากสี่เหลี่ยมเป็นสี่เหลี่ยม มีขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างรูปด้านบน (Top View) และ รูปด้านข้าง (Side View) ตามขนาดของค่า W_1, L_1, W_2, L_2, H และ T ที่ต้องการ ดังรูป

2.2 คำนวณหาขนาดความยาวจริง (True Length) ของแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมด้าน L (TL_L) โดยพิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) ผลต่างของด้านกว้าง (W) มีค่าเท่ากับ $(\frac{W_1-W_2}{2})$

และ จากรูปด้านข้าง (Side View) ความสูงของคอหัวจ่ายลม คือ H จากนั้น นำค่าทั้งสองมาคำนวณโดยใช้กฎสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังนั้น สมการของเส้นความยาวจริงของแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมด้าน L คือ

$$TL_L = \sqrt{(\frac{W_1 - W_2}{2})^2 + H^2} \qquad (3.30)$$

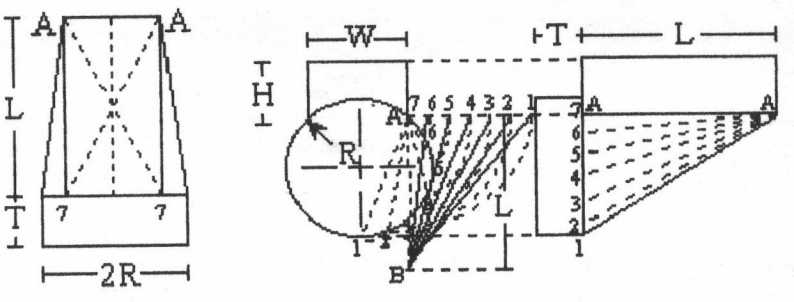
2.3 คำนวณหาขนาดความยาวจริง (True Length) ของแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมด้าน W (TL_W) โดยพิจารณาจากรูปด้านบน (Top View) ผลต่างของด้านยาว (L) มีค่าเท่ากับ $(\frac{L_1 - L_2}{2})$ และ จากรูปด้านข้าง (Side View) ความสูงของคอหัวจ่ายลม คือ H จากนั้น นำค่าทั้งสองมาคำนวณโดยใช้กฎสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังนั้น สมการของเส้นความยาวจริงของแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมด้าน W คือ

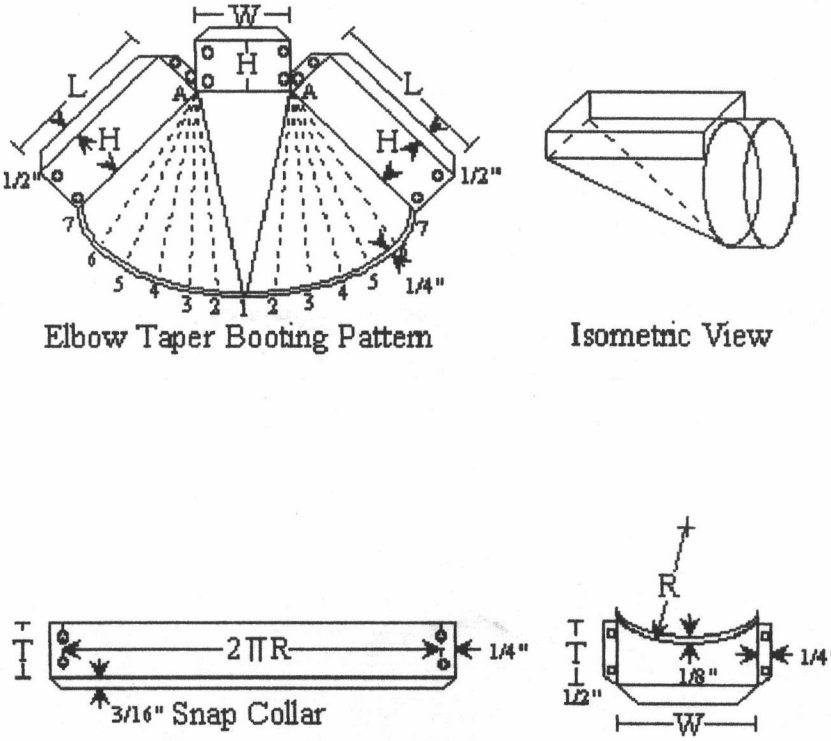
$$TL_W = \sqrt{(\frac{L_1 - L_2}{2})^2 + H^2} \qquad (3.31)$$

2.4 ความยาวของ Collar สำหรับพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมใหญ่ มีค่าเท่ากับ $2L_1 + 2W_1$ สำหรับพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมเล็ก มีค่าเท่ากับ $2L_2 + 2W_2$ รวมความยาวตะเข็บปลายด้านละ 1/4 นิ้ว และ ความหนาของ Collar คือ T ดังรูปข้างต้น

2.5 รูปแบบการพับตะเข็บข้าง คือ แบบ Pittburgh ซึ่งมีขนาดของตะเข็บข้างสำหรับแผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมด้าน L เท่ากับ 1 5/16 นิ้ว และ ด้าน W เท่ากับ 3/16 นิ้ว สำหรับตะเข็บปลาย คือ แบบ Drive Cleat มีขนาดตะเข็บปลายเท่ากับ 1/2 นิ้ว รูปแบบการพับตะเข็บได้กล่าวไว้โดยละเอียดในภาคผนวก ค

3. <u>คอหัวจ่ายลมแบบข้องอด้านเอียง</u> (Elbow Taper Booting)





รูปที่ 3.16 แผ่นคลี่คอหัวจ่ายลมแบบข้องอด้านเอียง

วิธีการสร้างแผ่นคลี่ของคอหัวจ่ายลมแบบข้องอด้านเอียง มีขั้นตอนดังนี้

3.1 สร้างรูปด้านบน (Top View) และรูปด้านหน้า (Front View) ตามขนาดของค่า W, L, R และ H ที่ต้องการ ดังรูป

3.2 จากรูปด้านหน้า (Front view) แบ่งครึ่งวงกลมทางด้านขวาออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน กำหนดจุด 1 ถึง 7 ลงบนตำแหน่งต่าง ๆ จากนั้นลากเส้นประจากจุด A ไปยังตำแหน่งซึ่งกำหนดตัวเลขไว้ จากนั้นกางวงเวียนซึ่งมีรัศมีเท่ากับความยาวของเส้นจากจุด A ไปยังจุดต่าง ๆ ทั้ง 7 จุด ลากส่วนโค้งมายังเส้นฐานแนวนอน และ ลากเส้นในแนวตั้งจากจุด A ไปยังจุด B ขนาดความยาวเท่ากับ L ดังรูป

3.3 คำนวณหาความยาวเส้นจริง (True Lengths) ของเส้นต่าง ๆ โดยลากเส้นจาก

จุด B ไปยังจุดต่าง ๆ บนเส้นฐานแนวนอน และวัดขนาดความยาวเส้นที่ได้ ซึ่งเป็นความยาวเส้นจริง (True Lengths) ดังรูป

3.4 สร้างแผ่นคลี่ของหัวจ่ายลมแบบข้องอด้านเอียงโดยวาดฐานขนาดความยาว W สูง H กำหนดจุด A-A บนปลายฐานทั้งสองข้างและใช้จุด A-A เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมี $\overline{B1}$ จุดตัดของส่วนโค้ง คือ จุด 1 จากนั้นใช้จุด 1 เป็นจุดศูนย์กลางกางวงเวียนเท่ากับระยะห่างระหว่างจุด 1 และ 2 จากรูปด้านหน้า (Front View) เขียนส่วนโค้งทั้งสองข้างของจุด 1 และ ใช้จุด A-A เป็นจุดศูนย์กลาง กางวงเวียนรัศมี $\overline{B2}$ เขียนส่วนโค้งตัดส่วนโค้งดังกล่าวจุดตัดของส่วนโค้ง คือ จุด 2 ใช้วิธีเดียวกันสำหรับจุด 3, 4, 5, 6 และ 7 ดังรูป

3.5 วาดส่วนฐานขนาดความยาว L สูง H ต่อจากเส้น A7 ทั้งสองด้าน แผ่นคลี่ที่ได้ คือ แผ่นคลี่ของคอหัวจ่ายลมแบบข้องอด้านเอียง ดังรูป

3.6 วาดแผ่นคลี่ในส่วนด้านหน้ามีขนาดความกว้าง W สูง H ด้านหนึ่งเป็นเส้นโค้งมีรัศมีเท่ากับ R ดังรูป

3.7 ความยาวของ Collar มีค่าเท่ากับ $2\pi R$ ความหนา (T) เท่ากับ $1\frac{1}{4}$ นิ้ว รวมความยาวตะเข็บปลายด้านละ $\frac{1}{4}$ นิ้ว ดังรูป

สมการทางคณิตศาสตร์ในการหาความยาวเส้นประจากจุด A ไปยังจุดต่าง ๆ บนวงกลม คือ จุด 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 กำหนดให้แทนด้วยตัวแปร N ดังนั้น สมการของเส้น AN คือ

$$\overline{AN} = R\sqrt{2-2\cos[(\tfrac{\pi}{2}-(N-1)\Delta\beta)+\theta]} \qquad (3.32)$$

โดย $\cos\theta = \frac{W}{2R}$ และ $\Delta\beta = \dfrac{(\pi/2+\theta)}{6}$ เมื่อ $0 \le \theta < \frac{\pi}{2}$ และ $N = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$

สมการทางคณิตศาสตร์ในการหาความยาวเส้นจริง (True Lengths) คือ

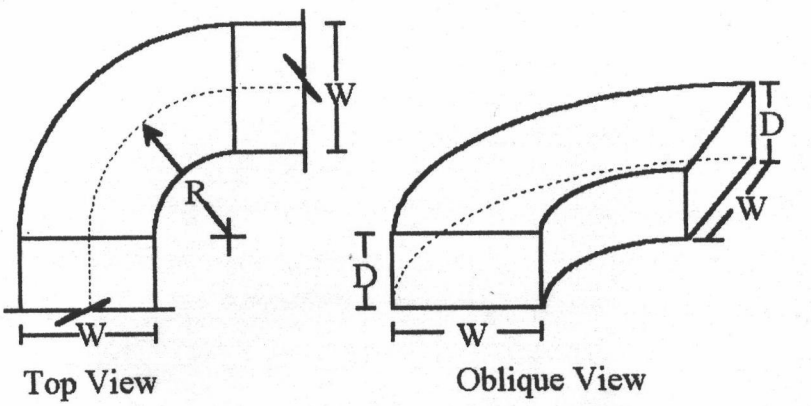
$$True\ Lengths = \sqrt{\overline{AN}^2 + L^2} \qquad (3.33)$$

ระยะห่างระหว่างจุด N 2 จุด บนวงกลมในรูปด้านหน้า (Front View) คือ

$$\Delta N = \frac{2R\sin(\pi/2+\theta)}{12} \qquad (3.34)$$

<u>ท่อโค้งและท่อแยก</u> (Elbow & Branch)

1. <u>ท่อโค้ง</u> (Elbow) คือ ชิ้นส่วนของท่อลมซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนทิศทางของท่อลม โดยปริมาณลมภายในท่อลมยังมีปริมาณเท่าเดิม ลักษณะของท่อโค้งมีดังนี้



รูปที่ 3.17 ลักษณะของท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม

ในการประมาณหาพื้นที่ของท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมได้นำค่ามาตราฐานซึ่งทาง SMACNA ได้แนะนำไว้ คือ R = 1.5W ดังนั้น สมการของพื้นที่ของท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม คือ

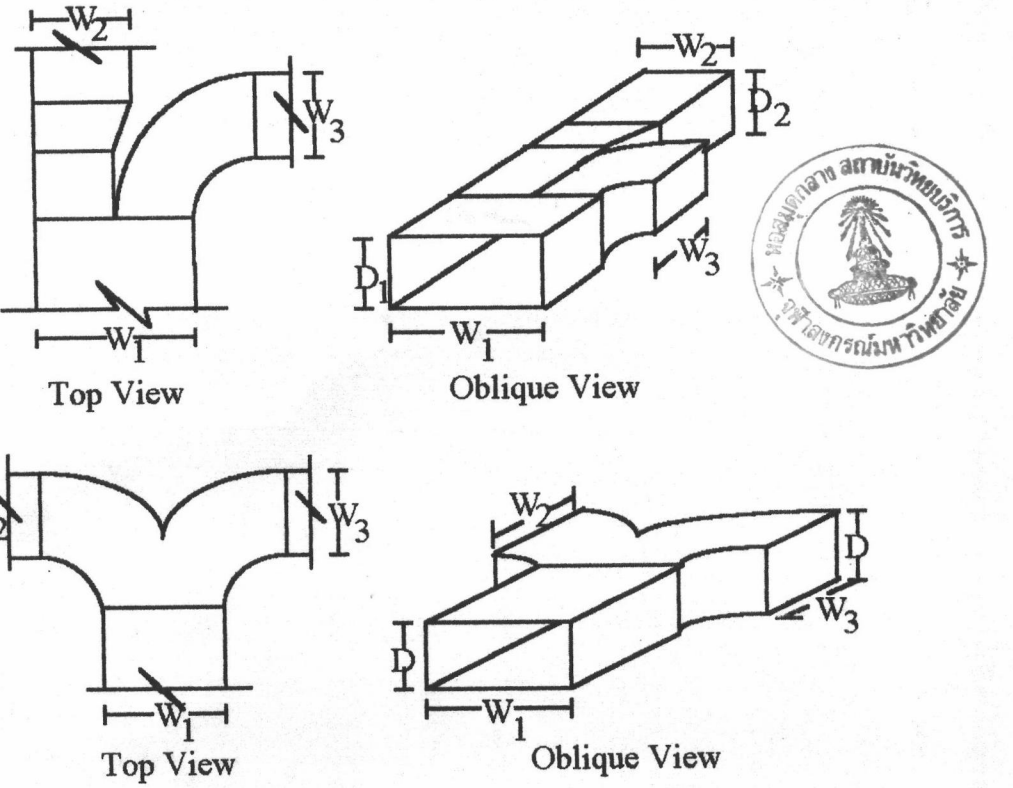
$$Area = (2WS + 2DS) \qquad \text{ตารางนิ้ว} \qquad (3.35)$$

เมื่อ $S = R\theta$ และ $\theta = \pi/2$ ประมาณพื้นที่เพิ่มอีก 20 เปอร์เซนต์ เพื่อความถูกต้องของพื้นที่ในการนำไปตัดลงบนแผ่นสังกะสี ดังนั้น สมการของพื้นที่ท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมซึ่งติดอยู่ในรูปตัวแปรของด้านกว้าง (W) และ ด้านลึก (D) ของท่อลม เป็นดังนี้

$$Area = 5.67W(W + D) \qquad \text{ตารางนิ้ว} \qquad (3.36)$$

2. <u>ท่อแยก</u> (Branch) คือ ชิ้นส่วนของท่อลมซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนทิศทางของท่อลม และ แบ่งปริมาณลมจากท่อลมหลัก ตามขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อลมที่แยกไป ชนิดของท่อแยกมีดังนี้

2.1 <u>ท่อแยก 2 ทิศทาง</u> (Two Ways Branch)



รูปที่ 3.18 ลักษณะของท่อแยก 2 ทิศทาง ชนิด Tee Diverging และ Wye Dovetail

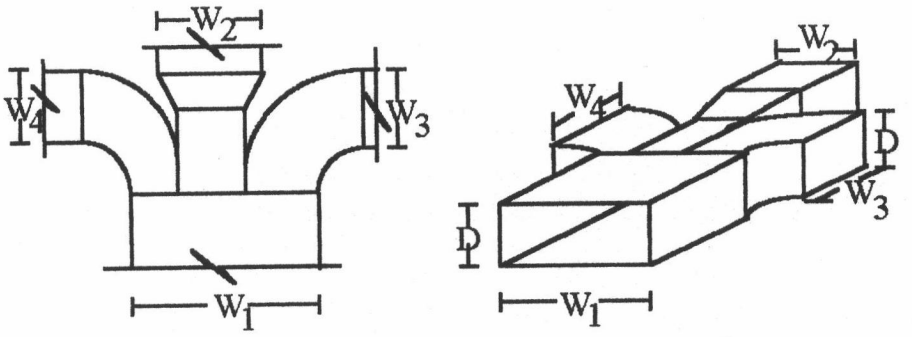
การประมาณหาพื้นที่ของท่อแยกแบบ Tee Diverging ในส่วนของท่อโค้งจะคำนวณในลักษณะเดียวกันกับท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมในหัวข้อข้างต้น สำหรับในส่วนของข้อต่อเปลี่ยนขนาดและ ท่อตรง จะประมาณโดยใช้ด้านกว้าง W_2 และ ด้านลึก D_1 มีรายละเอียดของสมการดังนี้

$$Area = 1.2[5.67W_3(W_3 + D_1) + 4W_3(W_2 + D_1) + 8(W_2 - \frac{W_2}{(W_2+W_3)}W_1)(W_2 + D_2)] \quad (3.37)$$

การประมาณหาพื้นที่ของท่อแยกแบบ Wye Dovetail จะคำนวณในลักษณะเดียวกันกับท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยม 2 ท่อ ดังสมการ (3.38)

$$Area = 5.67[W_2(W_2 + D_1) + W_3(W_3 + D_1)] \quad \text{ตารางนิ้ว} \quad (3.38)$$

2.2 ท่อแยก 3 ทิศทาง (Three Ways Branch)



รูปที่ 3.19 ลักษณะของท่อแยก 3 ทิศทาง

การประมาณหาพื้นที่ของท่อแยก 3 ทิศทาง (Three Ways Branch) จะคำนวณหาพื้นที่ในลักษณะคล้ายกับท่อแยกแบบ Tee Diverging ส่วนที่แตกต่างกัน คือ ในส่วนของข้อต่อลดขนาดผลต่างของด้านกว้าง (W) จะมีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของท่อแยกแบบ Tee Diverging และ มีพื้นที่ของท่อโค้งหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมเพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งส่วน มีรายละเอียดของสมการดังนี้

$$Area = 1.2[5.67\{W_3(W_3+D_1)+W_4(W_4+D_1)\}+4W_3(W_2+D_1)$$

$$+4(W_2-\frac{W_2}{(W_2+W_3+W_4)}W_1)(W_2+D_2)] \qquad \text{ตารางนิ้ว} \qquad (3.39)$$

ในหัวข้อนี้มีความจำเป็นในการประมาณหาพื้นที่ดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากในโปรแกรมมิได้แสดงรูปแบบแผ่นคลี่ของท่อโค้ง (Elbow) และ ท่อแยก (Branch) ไว้ เพราะการติดตั้งท่อลมในส่วนของหน้างานจริง ช่างสังกะสีจะดำเนินการโดยติดตั้งท่อลมตรง, ข้อต่อเปลี่ยนขนาดและข้อต่อเปลี่ยนรูปตามแบบของระบบท่อลม ความยาวส่วนที่เหลือจะเป็นความยาวของท่อโค้ง และท่อแยก ซึ่งช่างสังกะสีจะทำการตัดสังกะสีและขึ้นรูปท่อลมในส่วนนี้ตามลักษณะหน้างานจริง ดังนั้น ในจุดนี้จึงเป็นจุดยืดหยุ่นและ จุดร่วมระหว่างโปรแกรมกับการทำงานจริงที่ต้องรักษาไว้ ซึ่งในโปรแกรมได้คำนวณจำนวนของแผ่นสังกะสีที่ใช้ในส่วนนี้ไว้อย่างพอเพียงและเหมาะสม