บทเรียนที่ 2

การคำนวณ

หาความยาว

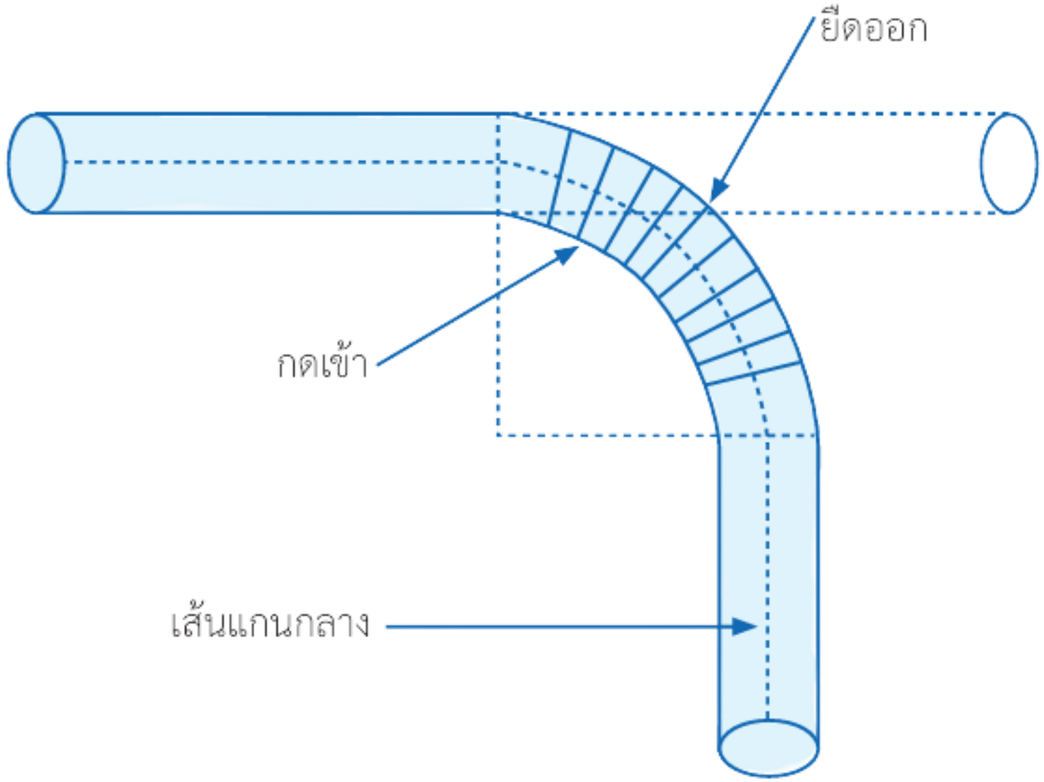
คณิตศาสตร์ช่างเชื่อม (Welding Mathematics)

สาระสำคัญ

ความยาวของชิ้นงานที่ไม่ได้เป็นความยาวตรง
มีหลายแบบ เช่น งานม้วนทรงกระบอก
งานดัดโค้ง ซึ่งผู้ปฏิบัติงาน
จะต้องคำนวณหาความยาวตรง
ก่อนที่จะนำชิ้นงานมาม้วนให้ได้ตามแบบที่ต้องการ
ซึ่งมีวิธีการคำนวณโดยใช้สูตรต่าง ๆ
ในการคิดคำนวณหาความยาวที่แท้จริง

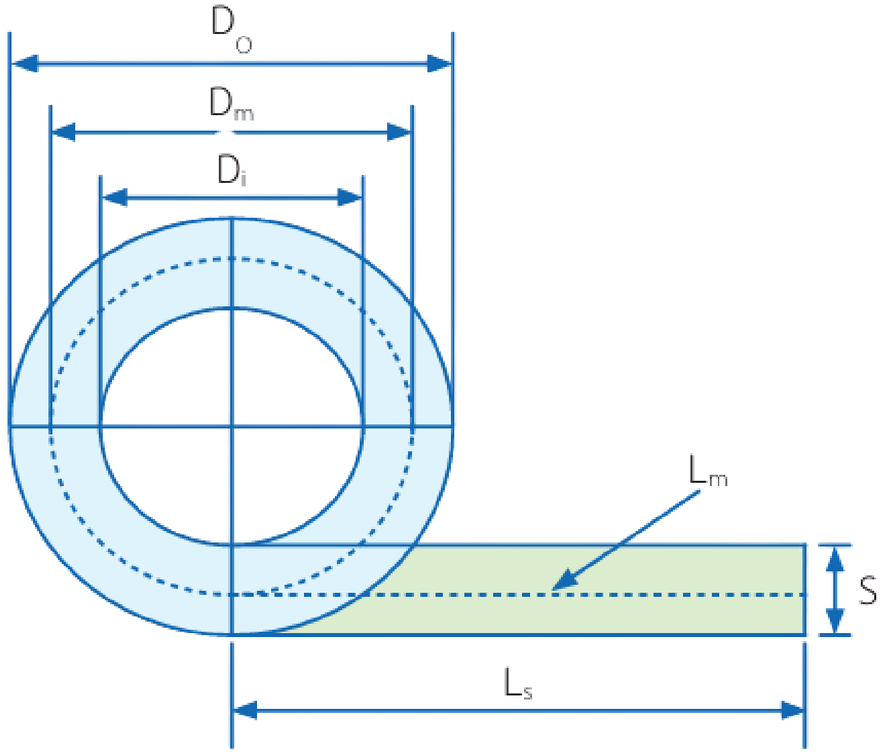
1 ความยาวเหยียดตรงของชิ้นงานดัด

ความยาวที่เขียนในการกำหนดขนาดชิ้นงาน
สำหรับงานช่างอุตสาหกรรม
ผู้ปฏิบัติงานต้องคำนวณหาความยาวที่แท้จริง
เพื่อสร้างแบบที่ต้องการ
โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานดัดท่อ
ที่ต้องพิจารณาการยืดตัวของเนื้อโลหะด้านนอก
และการหดตัวด้านในจากการดัด
ในขณะที่เส้นแกนกลางจะไม่เปลี่ยนแปลงดังรูป



2 งานม้วนทรงกระบอก

งานม้วนทรงกระบอก คือ การม้วนโลหะที่เป็นแผ่นหรือเป็นแท่งให้เป็นรูปทรงกระบอก เช่น ท่อเหล็ก วิธีการคำนวณหาความยาวของชิ้นงานยาวตรงก่อนจะทำการม้วนเป็นรูปทรงกระบอก วิธีการคำนวณหา ได้จากสูตรรูปทรงกระบอกดังรูป



โดย

S	=	ความหนาของโลหะแผ่นที่นำมาม้วน (mm)
L_m	=	ความยาวเหยียดตรงของเส้นศูนย์ (mm)
L_S	=	ความยาวเหยียดตรงของชิ้นงาน (mm)
D_i	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดใน (Inside Diameter) (mm)
D_O	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดนอก (Outside Diameter) (mm)
D_m	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดเส้นศูนย์ (Mean Diameter) (mm)

จากรูป $L_m = L_S$

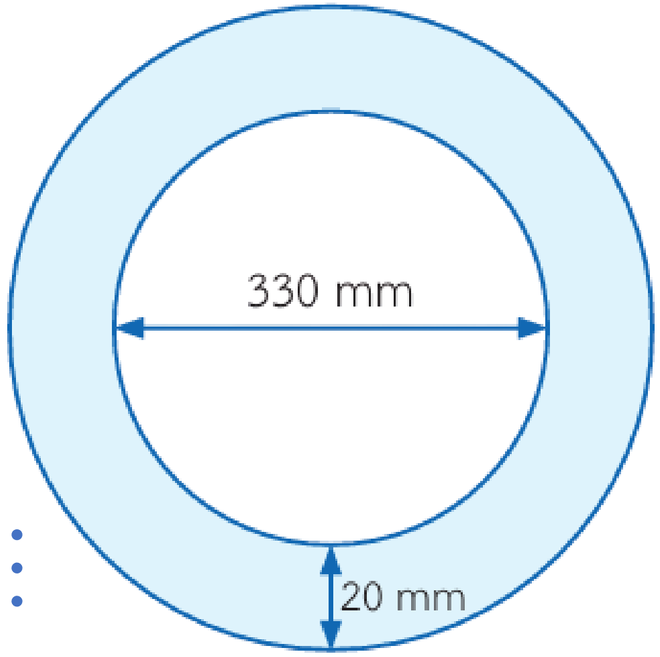
ดังนั้น การคำนวณหาความยาวเหยียดตรงของชิ้นงานม้วนทรงกระบอก ใช้สูตรดังนี้

$$L_m = \pi D_m$$

เมื่อ $D_m = D_i + S$

หรือ $D_m = D_O - S$

ตัวอย่าง จากรูป จงคำนวณหาความยาวเหยียดตรงของท่อที่มีความหนา 20 mm ม้วนทรงกระบอก ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 330 mm



วิธีทำ

จากสูตร $L_m = \pi D_m$

$D_m = D_i + S$

$D_i = 330$ mm

$S = 20$ mm

$\therefore D_m = 330 + 20 = 350$ mm

แทนค่าสูตร

$L_m = 3.14 \times 350$

ความยาวเหยียดตรง $= 1{,}099$ mm ตอบ

3 การคำนวณงานดัดโค้ง

ในงานดัดโค้ง จะต้องคำนวณหาความยาวของส่วนโค้งของแต่ละส่วนโค้งว่ามีความยาวที่แท้จริงเท่าใด ในบทเรียนนี้จะคิดเฉพาะแท่งโลหะตันดัดโค้งเท่านั้น

ความยาวของส่วนโค้งหาได้จากสูตร

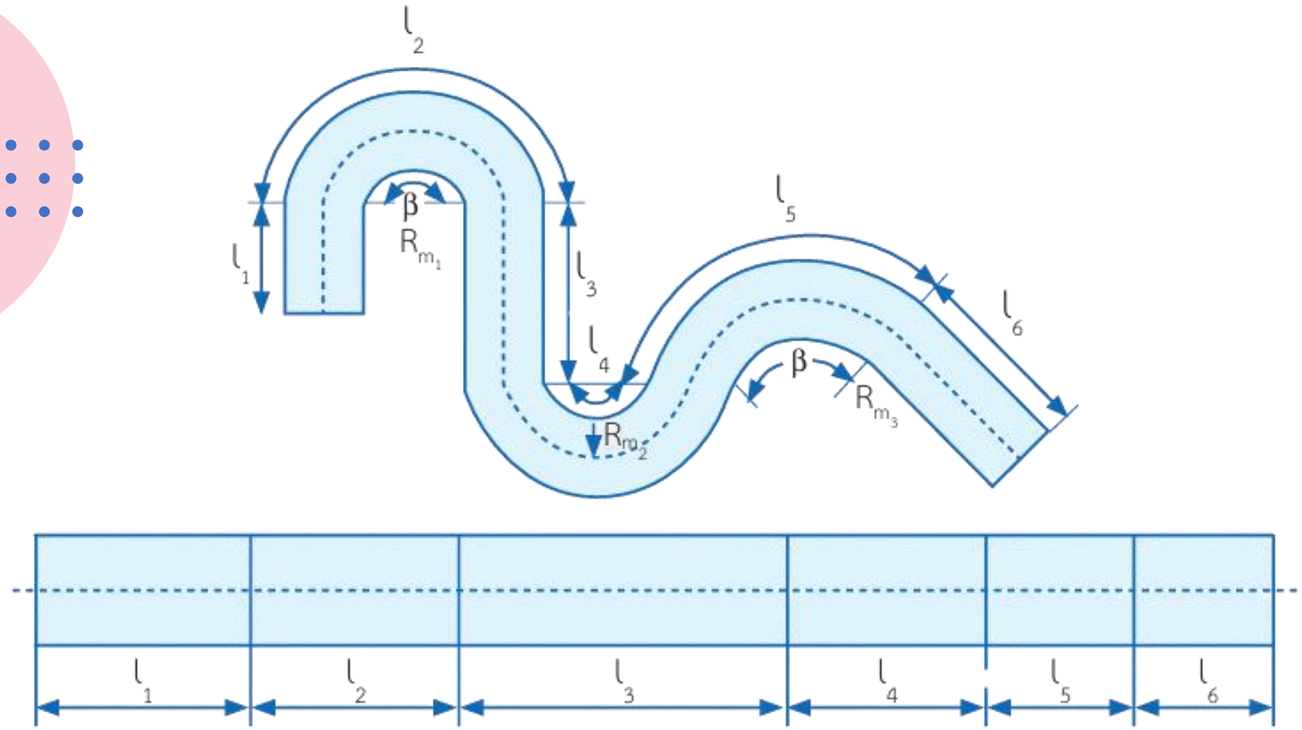
$$l = \frac{\beta \pi R_m}{180^\circ}$$

โดยที่

l = ความยาวเหยียดตรงของส่วนโค้ง (mm)

β = ขนาดของมุมส่วนโค้ง (องศา)

R_m = ขนาดรัศมีของเส้นศูนย์ (mm)

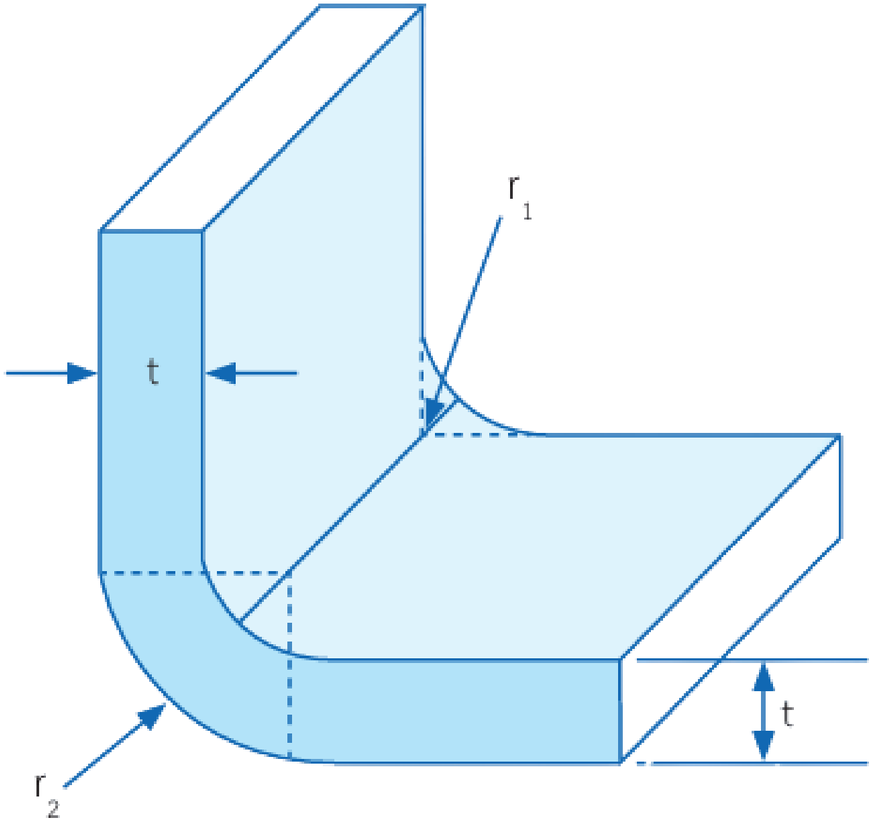


จากรูปการคำนวณหาความยาวเหยียดตรงของชิ้นงาน สามารถคำนวณหาได้โดยแบ่งส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงานออกเป็นความยาวเหยียดตรง และความยาวส่วนโค้ง นำส่วนความยาวเหยียดตรงมารวมกับความยาวส่วนโค้ง จะได้สูตรดังนี้

จากสูตร	L	=	$l_1 + l_2 + l_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots l_n$
โดยที่	L	=	ความยาวชิ้นงานตรงก่อนการดัดโค้ง
	l_1, l_2, l_3	=	ความยาวส่วนต่างตามเส้นศูนย์ตามแบบชิ้นงาน

4 งานพับโลหะแผ่น

ในการทำงานพับโลหะเพื่อขึ้นรูปนั้น
การพับโลหะนั้นไม่ง่ายเหมือนกับการพับกระดาษ
แต่เป็นการพับโค้งด้วยรัศมีของความโค้ง
(Radius of Curvature) ที่โค้งน้อยที่สุด
เพื่อไม่ให้เกิดรอยฉีกขาดในเนื้อโลหะ
ขนาดรัศมีความโค้งน้อยที่สุดนี้ขึ้นอยู่กับชนิด
และความหนาของวัสดุ ลักษณะการพับแผ่นโลหะดังรูป

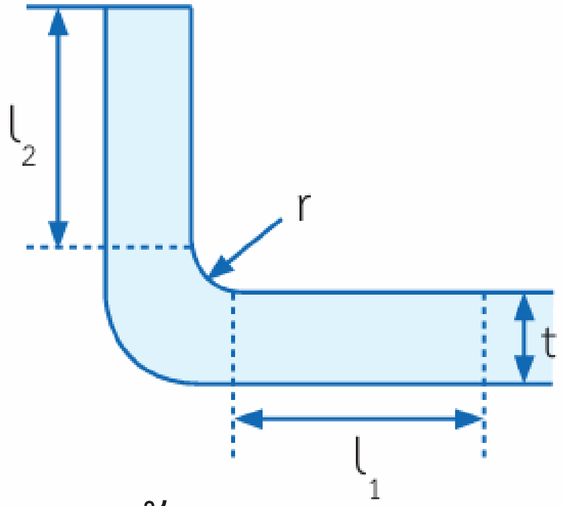


รัศมีความโค้งเล็กที่สุดที่จะได้รัศมีโลหะแต่ละชนิดที่ใช้งานนั้นมีรัศมีที่แตกต่างกัน ดังตาราง

ตารางที่แสดงรัศมีความโค้งที่เล็กที่สุดในงานพับโลหะ r (mm)

วัสดุ	ความหนาแผ่นโลหะ (mm)											
	0.1	0.3	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0
ทองแดง	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.25	0.3	0.5	0.7	1.3	2.0	2.5
ทองเหลืองอ่อน	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0	2.0	3.5	5.5
ทองเหลืองแข็ง	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2	1.5	2.5	4.0	6.0
เหล็กอ่อน	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.4	1.5	3.2	4.5	6.0
อะลูมิเนียมผสม	0.2	0.4	0.8	1.2	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	12.0	14.0	16.0
แมกนีเซียมผสม	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0	9.0	12.0	18.0	24.0	35.0	50.0	60.0

5 การคำนวณงานพับโลหะแผ่น 90 องศา



จากรูป ขนาดงานพับ 90^{o} การหาความยาวเหยียดตรงของงานพับ 90^{o} นี้สามารถหาได้โดยการนำความยาวของขาทั้งสองมารวมกันแล่วลบความหนาของชิ้นงานออก นอกจากนั้นการพับมุมแคบ ๆ แบบนี้ จะมีการยืดตัวของโลหะออกจึงมีคาคงที่ ค่าคงที่นี้จะต้องนำมาลบออก ค่าคงที่ดูได้จากตารางหนังสือหน้า 23

รัศมีโค้งเล็กที่สุดของงานพับ	ความหนาแผ่นโลหะ t (mm)											
	0.5	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0
	ค่า c											
0.1	0.7	1.2	1.4	2.1	2.8	3.5	4.3	5.1	5.8	8.6	7.4	8.6
0.5	0.9	1.4	1.6	2.3	3.0	3.7	4.5	5.2	5.9	6.7	7.5	8.7
1.0	1.2	1.6	1.8	2.3	3.0	3.7	4.5	5.2	5.9	6.7	7.5	8.7
1.5	1.4	1.8	2.0	2.7	3.4	4.1	4.8	5.5	6.3	7.1	7.9	9.1
2.0	1.7	2.0	2.3	2.9	3.6	4.3	5.0	5.7	6.5	7.3	8.1	9.3
2.5	1.9	2.3	2.5	3.1	3.8	4.5	5.2	5.8	6.6	7.5	8.3	9.5
3.0	2.1	2.5	2.7	3.3	4.0	4.7	5.3	6.0	6.8	7.7	8.5	9.8
3.5	2.3	2.7	2.9	3.5	4.2	4.9	5.5	6.2	7.0	7.8	8.7	10.0
4.0	2.6	2.9	3.1	3.7	4.4	5.1	5.7	6.4	7.2	8.0	8.9	10.3
4.5	2.8	3.2	3.4	4.0	4.6	5.2	5.7	6.3	7.4	8.2	9.1	10.5
5.0	3.0	3.4	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.7	7.5	8.4	9.3	10.7

ดังนั้นการคำนวนหาความยาวเหยียดตรง ใช้สูตร

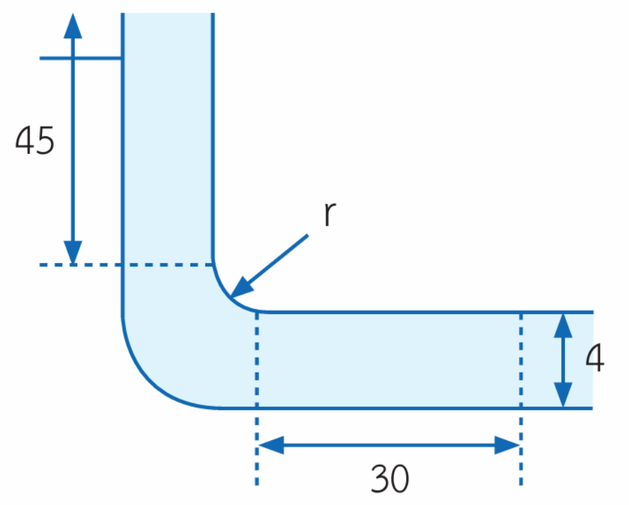
$$L = l_1 + l_2 - c$$

โดยที่ L = ความยาวชิ้นงานตรงของงาน

l_1, l_2 = ความยาวที่ 1 และ 2

c = ค่าคงที่ซึ่งหาได้จากตารางของรัศมีโค้งที่เล็กสุด และค่าคงที่ในการพับชิ้นงาน 90°

ตัวอย่าง ชิ้นงานทองเหลืองอ่อนแท่งหนึ่งหนา 4 mm งอเป็นมุม 900 ด้วยรัศมีความโค้งน้อยที่สุด l_1 = 30 mm l_2 = 45 mm ดังรูป จงคำนวณหาความยาวเหยียดตรงของทองเหลืองอ่อนแท่งนี้



วิธีทำ

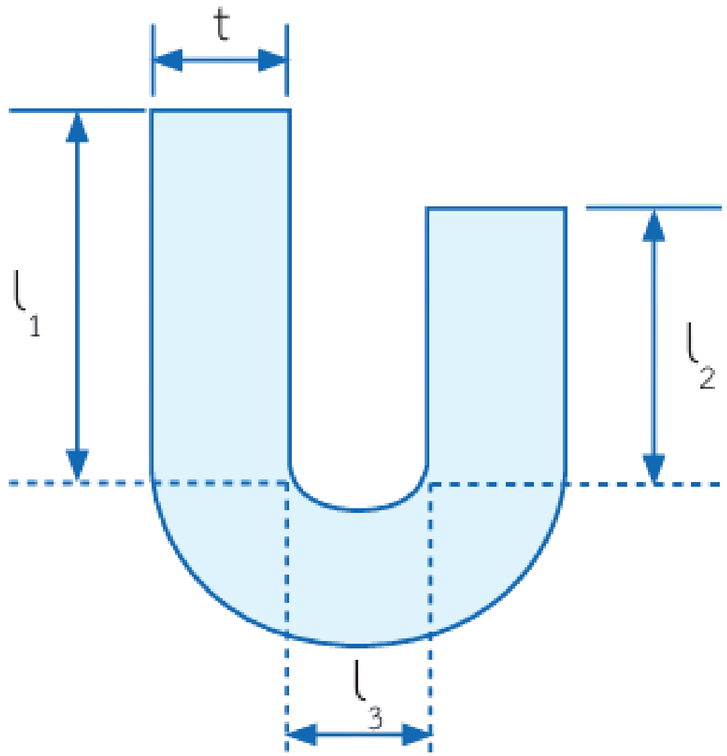
$$L = l_1 + l_2 - c$$

$$= 30 + 45 - 5.9$$

$$= 69.1 \text{ mm}$$ **ตอบ**

6 การคำนวณความยาวชิ้นงานที่พับรูปตัวยู

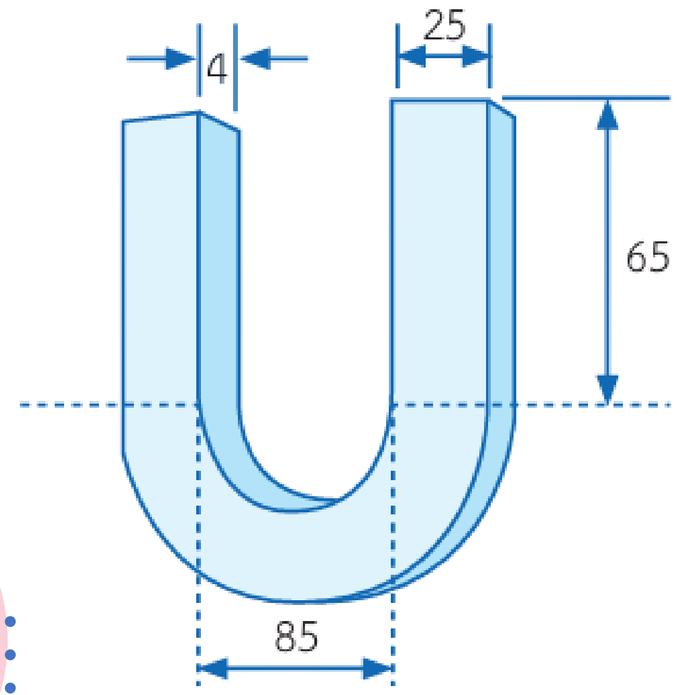
การพับรูปตัวยู คือ การพับเป็นมุมฉาก (900) 2 ครั้ง แล้วนำค่า c มาลบออกจากความยาว ของทั้ง 2 มุม ลักษณะของการพับรูปตัวยู ดังรูป



การพับรูปตัวยูหาได้จากสูตร

$$L = l_1 + l_2 + l_3 - 2c$$

ตัวอย่าง จงหาความยาวเหยียดตรงของแท่งทองแดงขนาด 25 × 4 mm พับเป็นรูปตัวยูดังรูป งอโค้งด้วยรัศมีที่เล็กที่สุด



วิธีทำ

$$L = l_1 + l_2 + l_3 - 2c$$

จากตารางที่ 2.1 ได้ค่า r $= 0.7$

หาค่า c จากตารางที่ 2.2 ที่ 4 mm r $= 0.7$ ได้ค่า 5.9 และ 6.3

หาค่าเฉลี่ย $= \frac{5.9 + 6.3}{2}$

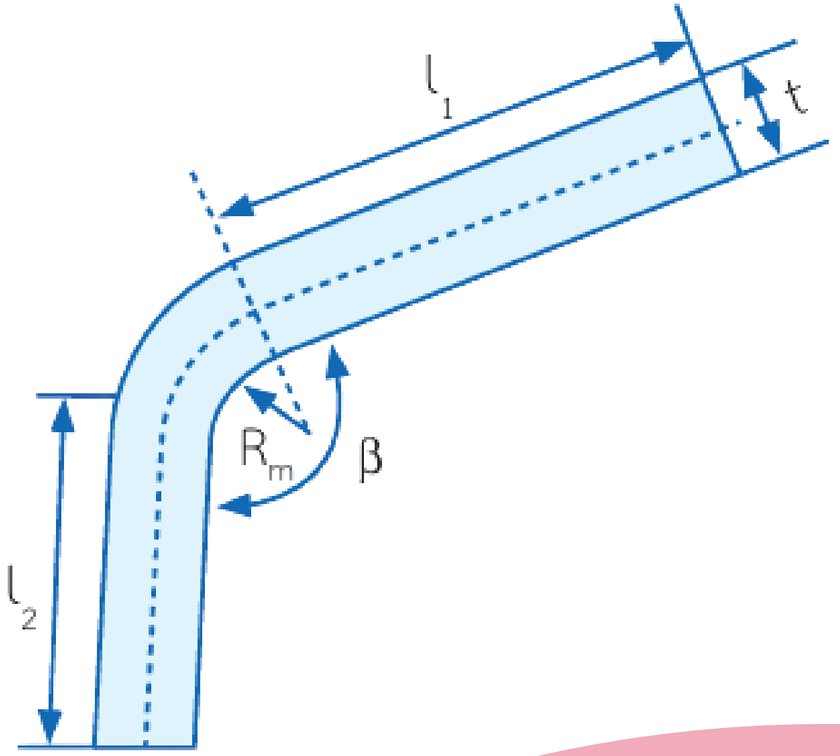
$= 6.1$ mm

แทนค่าสูตร $= 65 + 65 + 85 - (2 \times 6.1)$

$= 202.8$ mm

7 การคำนวณความยาวการพับหรือการดัดงอโลหะที่มีมุมอื่น ๆ

การพับโลหะหรือการดัดงอที่เป็นมุมอื่น ๆ
ที่ไม่ใช่มุมฉาก (90^{O})
ซึ่งมีการคำนวณที่แตกต่างกัน
ลักษณะของการพับหรือดัดงอ ดังรูป



การคำนวณหาความยาวชิ้นงานหาได้จากสูตร ดังนี้

$$L = l_1 + l_2 + \left(\frac{3}{4} \times \frac{\beta\pi R_m}{180^\circ}\right)$$

โดยที่

L	=	ความยาวชิ้นงานตรงก่อนการพับหรือการดัดงอ
l_1	=	ความยาวที่ 1
l_2	=	ความยาวที่ 2
β	=	ขนาดของมุมที่พับ
R_m	=	$r_i + \frac{t}{2}$
r_i	=	รัศมีโค้งใน
t	=	ความหนาของงาน

ตัวอย่าง จงหาความยาวเหยียดตรงของแท่งทองแดงขนาด 25 × 4 mm พับโค้งดังรูป งอโค้งด้วยรัศมีที่เล็กที่สุด

วิธีทำ

จากสูตร $L = l_1 + l_2 + \left(\frac{3}{4}\right)\left(\frac{\beta \pi R_m}{180^\circ}\right)$

$l_1 = 90$ mm

$l_2 = 70$ mm

$\beta = 120^\circ$

$t = 4$ mm

$r_i = 3$ mm

$R_m = 3 + \frac{4}{2} = 5$ mm

แทนค่า $L = 90 + 70 + \left(\frac{3}{4} \times \frac{120^\circ \times 3.14 \times 5}{180^\circ}\right)$

ความยาวของชิ้นงาน $= 167.85$ mm **ตอบ**