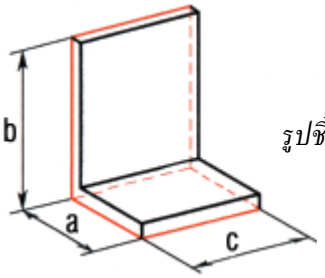
วิธีการหาขนาดแผ่นคลี่

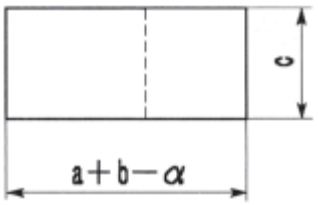
1. การคำนวณโดยใช้ขนาดด้านนอก

1.1 การหาขนาดของแผ่นคลี่

การหาขนาดของแผ่นคลี่มีหลายวิธี แต่การคำนวณโดยใช้ขนาดที่วัดจากผิวด้านนอกของชิ้นงานจะเป็นวิธีที่เข้าใจได้ง่าย ๆ และมีความถูกต้องแม่นยำ



รูปชิ้นงาน



รูปแผ่นคลี่

a,b,c คือ ขนาดที่วัดจากผิวด้านนอกของชิ้นงาน (ด้านที่เป็นสีแดง)

α คือ ค่าการยืดตัวของโลหะ

ค่า α หาได้จากการนำค่าขนาดความยาวของแผ่นคลี่ก่อนที่จะพับไปลบออกจากผลรวมของขนาดที่วัดจากผิวด้านนอกหลังจากพับแล้ว (a+b) ตัวอย่างเช่น ขนาดของแผ่นคลี่ก่อนที่จะพับ 90 มม. และความยาว a หลังจากพับแล้ว (วัดด้านนอก) เท่ากับ 31.08 มม. ส่วนความยาว b (วัดด้านนอก) เท่ากับ 61.08 มม. ดังนั้นค่าการยืดตัวคือ 31.08 + 61.08 - 90 = 2.16 มม.

ค่าการยืดตัวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ, ความหนา, ความกว้างของร่อง V ที่ใช้พับ โดยปกติเราจำเป็นต้องทำการทดสอบแล้วเก็บรวบรวมเป็นข้อมูลไว้ใช้เอง

ตารางค่าการยืดตัวสำหรับกรณีต่าง ๆ แสดงไว้อยู่ในหน้าถัดไป

ตารางด้านล่างแสดงถึงความกว้างร่อง V ของ die ที่เหมาะสมสำหรับความหนาต่าง ๆ (ค่าในตารางใช้สำหรับการ พับแบบกดแม่พิมพ์ลงจนสุด หรือ bottoming ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด)

t	0.5-2.6	3.0-8	9-10	มากกว่า 12	(หน่วย : มม.)
v	6t	8t	10t	12t	(t : ความหนาของโลหะ)

นอกจากนั้น ค่าการยืดตัวยังแตกต่างกันไปได้อีกขึ้นอยู่กับการสึกหรอของบ่า die, การสึกหรอของปลาย punch, ความคลาดเคลื่อนไม่แน่นอนของความหนาและอัตราส่วนผสมในเนื้อโลหะ (แต่ละโรงงานที่ผลิตโลหะก็จะแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าโรงงานเดียวกัน ถ้าผลิตต่างล็อตกันก็มีคุณภาพต่างกัน) รวมถึงแนวการพับด้วยว่าพับในแนวตั้งฉากหรือขนานกับแนวทิศทาง ในขั้นตอนการรีดแผ่นเหล็ก

ในกรณีที่ต้องการขนาดแผ่นคลี่ที่ถูกต้องเที่ยงตรงที่สุด เราจำเป็นต้องทำตารางค่าการยืดตัวขึ้นเอง โดยใช้เครื่องพับของบริษัทตนเองทำการทดสอบกับโลหะทุกชนิดและทุกความหนาที่ต้องใช้ และจดรวบรวมข้อมูลเขียนเป็นตารางไว้ใช้สำหรับบริษัทตนเอง

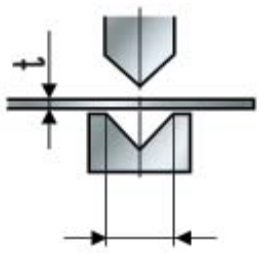
ตารางค่าการยืดตัว (พับ 90°)

SPCC

t \ v	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0.5	0.92	1.04							
0.6	1.10	1.22	1.36						
0.8	1.38	1.52	1.70						
1.0	1.58	1.72	1.90						
1.2		1.98	2.16	2.28					
1.6			2.58	2.65	2.84				
2.0				3.25	3.42	3.60			
2.3				3.55	3.80	4.02			
3.2							5.45	5.60	5.85

SECC

t \ v	4	6	8	10	12	14
1.0	1.46	1.75	1.92			
1.2		2.02	2.16	2.35		
1.6			2.62	2.70	2.80	
2.0				3.40	3.50	3.62



ความกว้างของร่อง

SUS

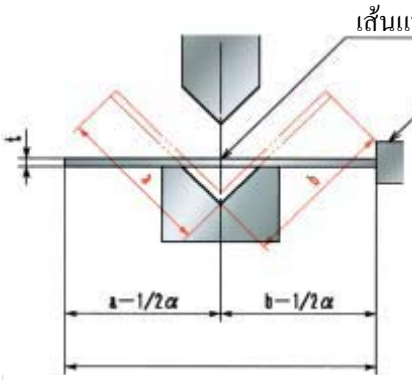
t \ v	4	6	8	10	12	14
0.5	1.02	1.18				
0.6	1.10	1.16	1.36			
0.8	1.38	1.54	1.72			
1.0	1.52	1.81	2.00			
1.5			2.60	2.84	2.96	
2.0				3.44	3.68	3.82

- ตารางค่าการยืดนี้ ได้จากการทดสอบของบริษัทอะมะดะ โดยใช้การพับ แบบ bottoming 90°
- ค่าการยืดนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่ กับวัตถุดิบและแม่พิมพ์
- ค่าในตารางไว้ใช้สำหรับอ้างอิง
- ค่าในตารางคือค่าการยืดตัวสองข้าง

A5052P

t \ v	4	6	8	10	12	14
0.5	0.94	0.94				
1.0	1.56	1.56	1.56			
1.5			2.34	2.34	2.34	
2.0				3.24	3.24	3.26

1.2 การหาตำแหน่งเส้นแนวพับ



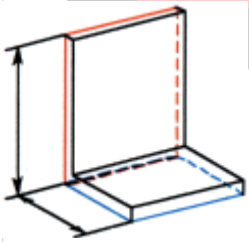
รูปด้านข้างเป็นภาพตัดขวางแสดงตำแหน่งของเส้นแนวพับ ซึ่งได้จากการนำค่า 1/2 α มาหักลบออกจากขนาดด้านนอก a, b แต่ละ ด้าน (1/2 α คือค่าการยืดตัวข้างเดียว)

โดยทั่วไป อาจไม่จำเป็นต้องกำหนดเส้นแนวพับลงในภาพวาด drawing ของแผ่นคลี่ เพราะเราจะใช้ตำแหน่งเส้นแนวพับ เฉพาะเมื่อทำการป้อนข้อมูลกำหนดตำแหน่งของ backgauge เมื่อจะทำการพับ

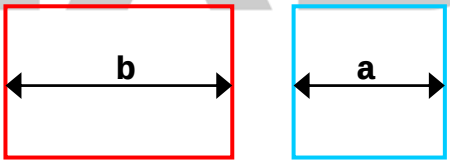
ในการคำนวณหาขนาดแผ่นคลี่ เราจำเป็นต้องคิดคำนวณ ตำแหน่งเส้นแนวพับร่วมด้วย

1.3 การนำด้านปีกมาต่อกัน

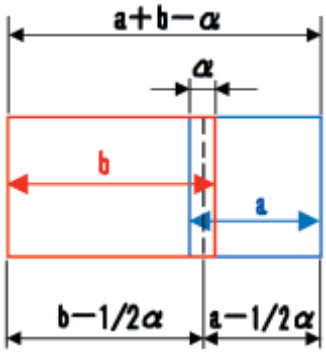
วิธีการนำด้านปีกของชิ้นงานมาต่อกันนี้ เป็นวิธีการหาแผ่นคลี่ที่สะดวกและเข้าใจได้ง่าย โดยให้พิจารณาว่าระนาบ ด้านนอกของชิ้นงานในรูป (สีแดงและสีฟ้า) ทั้งสองด้านนี้ เป็นอิสระแยกจากกัน (ไม่มีความหนา) แล้วจึงนำด้านทั้งสองนี้มาวางเหลื่อมซ้อนกันด้วยระยะเท่ากับค่าการยืดตัว ซึ่งจะทำให้ได้ขนาดของแผ่นคลี่และเส้นแนวพับที่ต้องการ



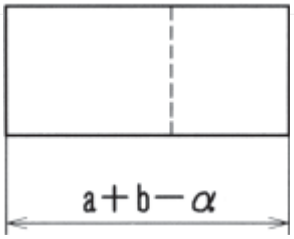
ให้พิจารณาว่าด้านทั้งสอง (แดงกับฟ้า) ไม่ติดกัน



เมื่อนำด้านปีกทั้งสองมาต่อกันจะได้ดังรูปด้านล่าง



ขนาดของแผ่นคลี่จะได้ดังรูปด้านล่าง

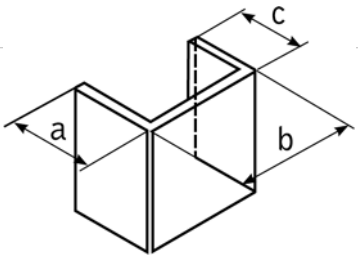


ขนาดแผ่นคลี่

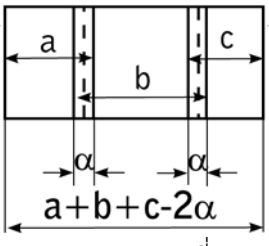
1.4 การหาขนาดแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่พับขนานกัน

จากหัวข้อที่ผ่านๆมาของฉบับที่แล้วได้อธิบายถึงการหา ขนาดแผ่นคลี่ โดยคำนวณจากขนาดที่วัดจากผิวด้านนอกของชิ้น งาน ในหัวข้อนี้จะขออธิบายถึงการหาขนาดของชิ้นงานที่ใช้กันทั่วไป

1) การพับรูปตัว U



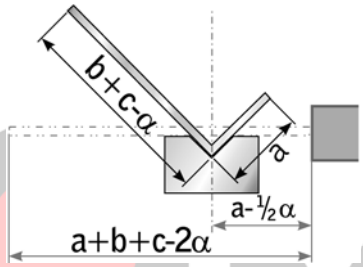
การนำขนาดแต่ละด้านมาประกอบกัน



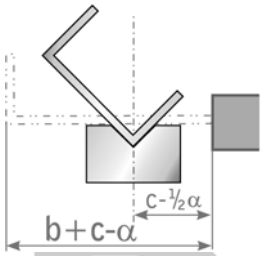
(ขนาดแผ่นคลี่)

การตั้งระยะตัวกั้นหลัง

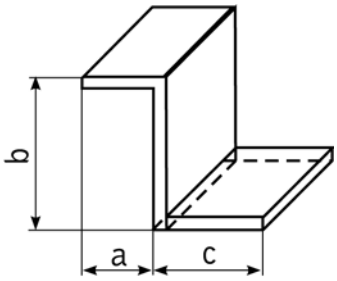
ขั้นที่ 1



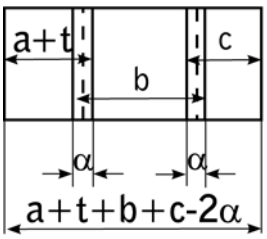
ขั้นที่ 2



2) การพับรูปตัว Z



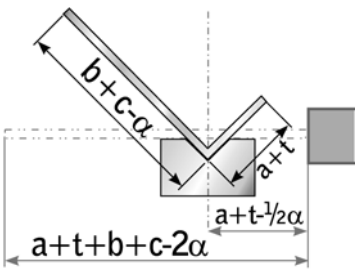
การนำขนาดแต่ละด้านมาประกอบกัน



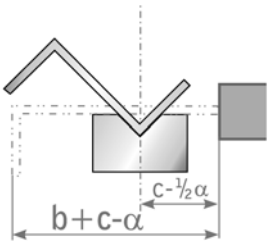
(ขนาดแผ่นคลี่)

การตั้งระยะตัวกั้นหลัง

ขั้นที่ 1

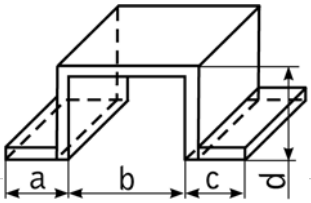


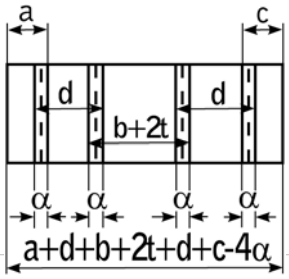
ขั้นที่ 2



3) การพับรูปหมวก

การนำขนาดแต่ละด้านมาประกอบกัน

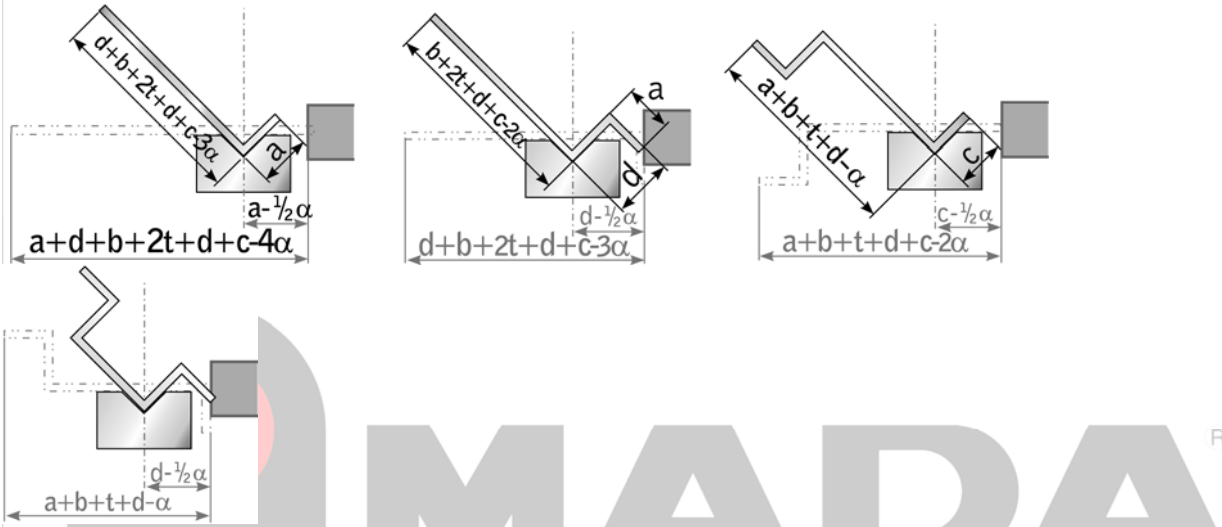




(ขนาดแผ่นคลี่)

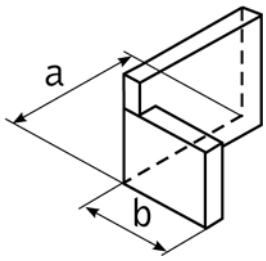
การตั้งระยะตัวกั้นหลัง

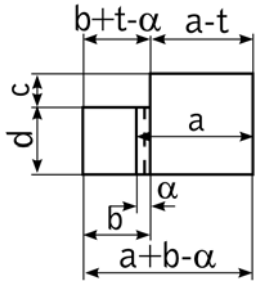
ขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3 ขั้นที่ 4



4) การหาขนาดของการบากมุม -1

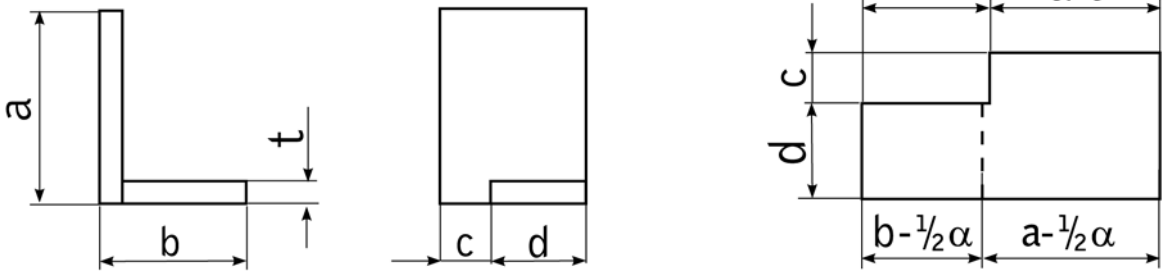
การนำขนาดแต่ละด้านมาประกอบกัน





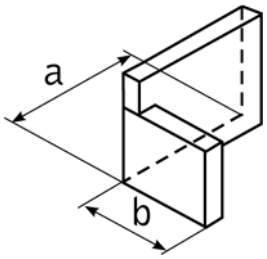
ภาพฉาย 3 ด้าน

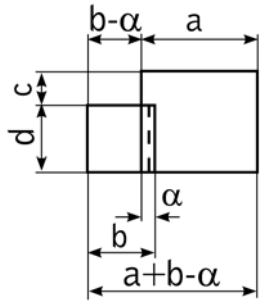
รูปแผ่นคลี่



5) **การหาขนาดของการบากมุม -2**

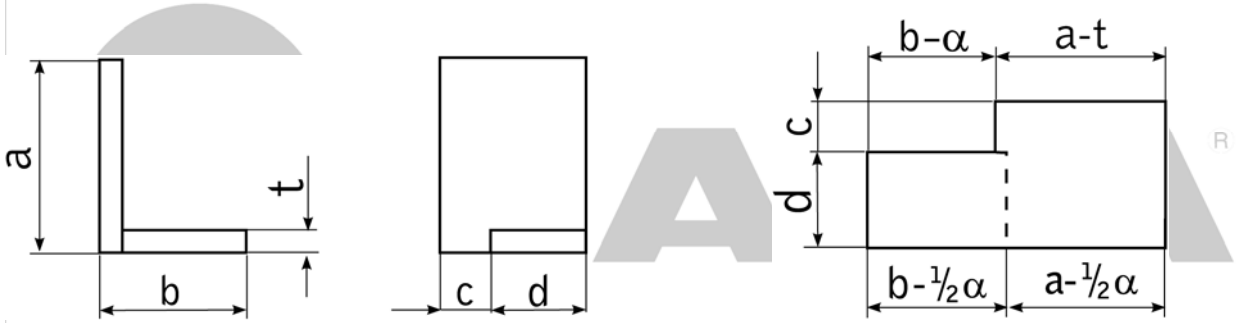
การนำขนาดแต่ละด้านมาประกอบกัน



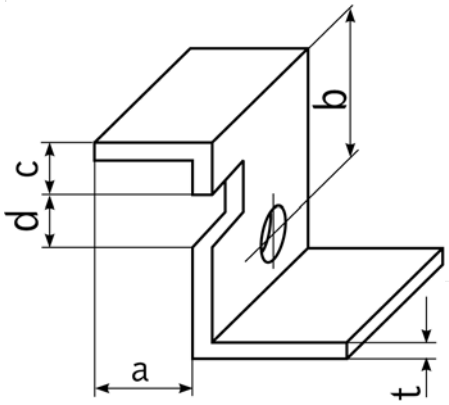


<u>ภาพฉาย 3 ด้าน</u>

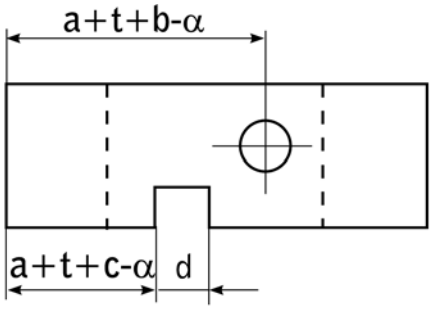
<u>รูปแผ่นคลี่</u>



6) **การหาตำแหน่งของรูและการบากขอบ**

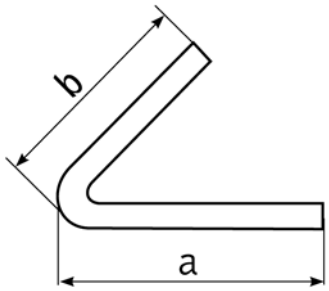


<u>รูปแผ่นคลี่</u>

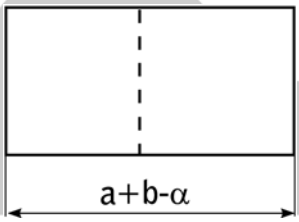


7) **การพับมุมแหลม**

โดยทั่วไป คำนวณโดยใช้ขนาดที่วัดจากปลายส่วนโค้ง R ของผิวด้านนอก

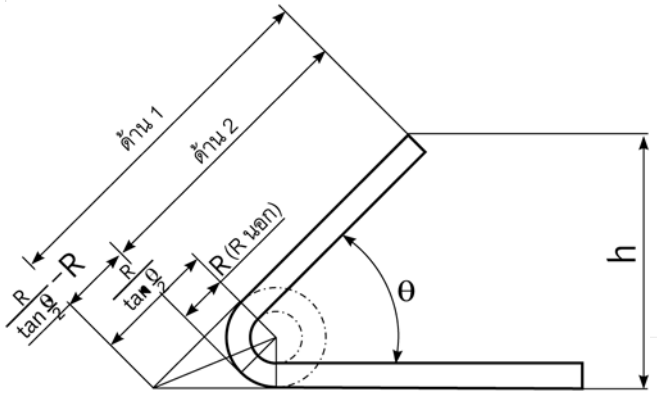


<u>รูปแผ่นคลี่</u>



(ขนาดแผ่นคลี่)

การหาขนาดด้าน 2 (วัดจากปลายส่วนโค้ง R ของผิวด้านนอก) โดยคำนวณจากขนาดด้าน 1 (วัดจากปลายส่วนยอด)



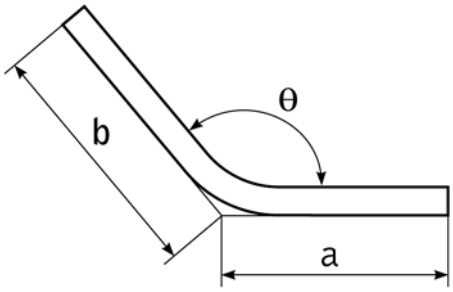
$$\text{ขนาดด้าน 2} = \text{ขนาดด้าน 1} - \left(\frac{R}{\tan\frac{\theta}{2}} - R\right)$$

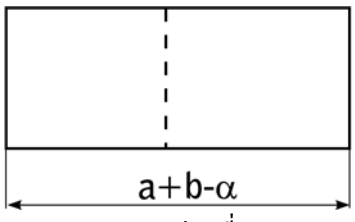
การหาขนาดด้าน 2 โดยคำนวณจากค่า h

$$\text{ขนาดด้าน 2} = \frac{h}{\sin\theta} - \left(\frac{R}{\tan\frac{\theta}{2}} - R\right)$$

8) **การพับมุมป้าน**

<u>รูปแผ่นคลี่</u>

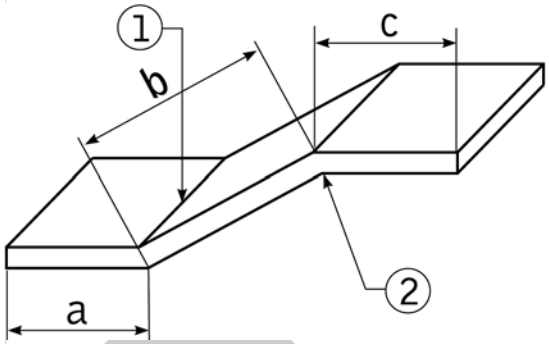


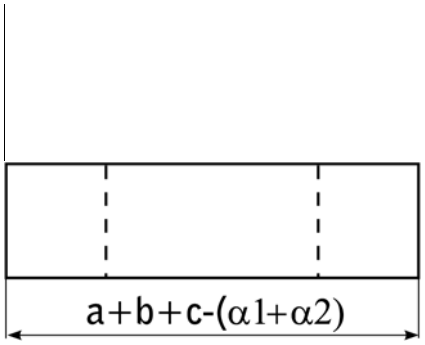


(ขนาดแผ่นคลี่)

9) **การพับมุมป้าน (มีการกลับด้านพับ)**

<u>รูปแผ่นคลี่</u>

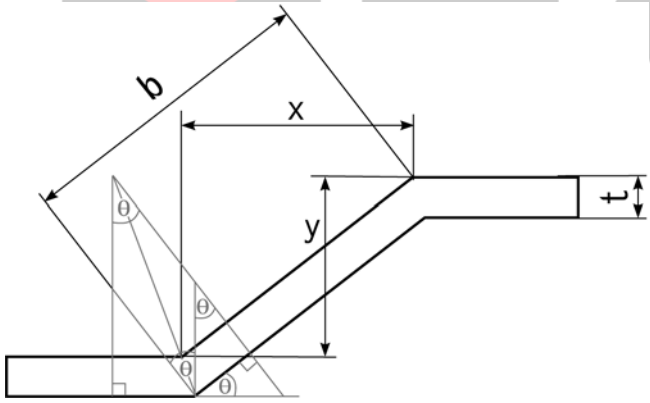




α 1 : ค่าการยืดตัวของรอยพับ 1

α 2 : ค่าการยืดตัวของรอยพับ 2

<u>การหาขนาดผิวนอกของด้าน b</u>



$$b = \sqrt{x^2 + y^2} + t \times \tan\frac{\theta}{2}$$

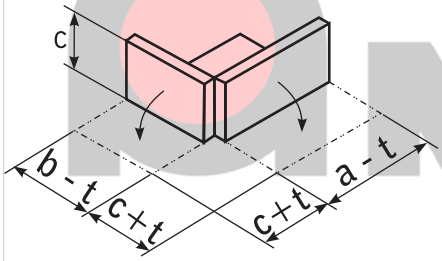
<u>ตารางค่าการยืดตัวของการพับมุมแหลม, มุมป้าน</u> <u>(เหล็ก SPCC)</u>

t \ θ	45°	60°	120°	135°
1.0(V=6)	0.66	1.01	0.86	0.56
1.2(V=8)	0.80	1.26	0.94	0.68
1.6(V=10)	1.04	1.54	1.38	0.88
2.3(V=16)	1.54	2.40	2.02	1.30
3.2(V=25)	2.24	2.48	2.94	1.90

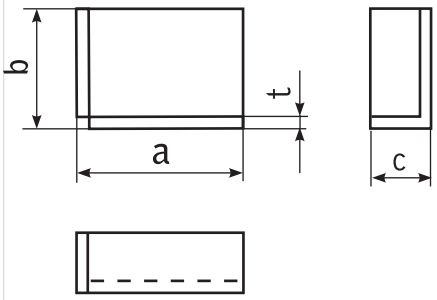
- ตารางค่าการยืดนี้ได้จากการทดสอบของบริษัท อะมะดะ
- ค่าการยืดนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและแม่พิมพ์
- ค่าในตารางไว้ใช้สำหรับอ้างอิง
- ค่าในตารางคือค่าการยืดตัวสองข้าง (α)

1.5 การหาขนาดแผ่นคลี่ของงานพับกล่อง

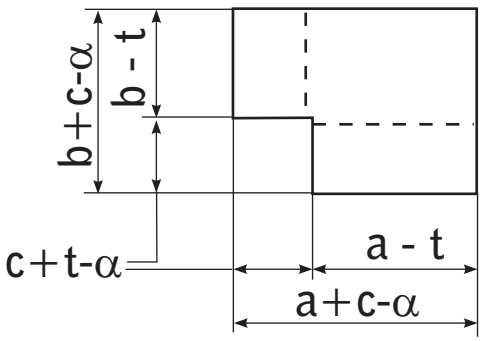
1) **การปรับการเข้ามุมแบบที่ 1 (ทั้ง 2 ด้าน)**



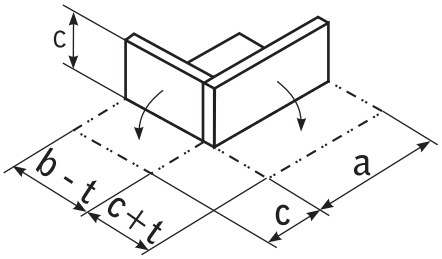
ภาพฉาย 3 ด้าน



รูปแผ่นคลี่

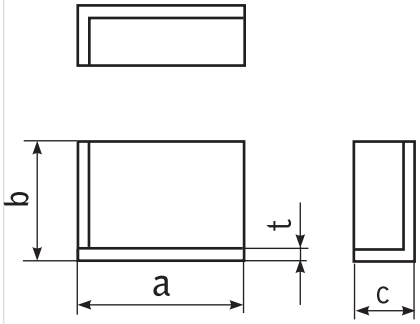


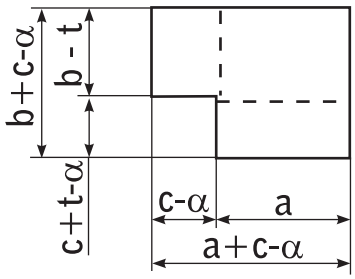
2) **การปรับการเข้ามุมแบบที่ 2 (ด้านเดียว)**



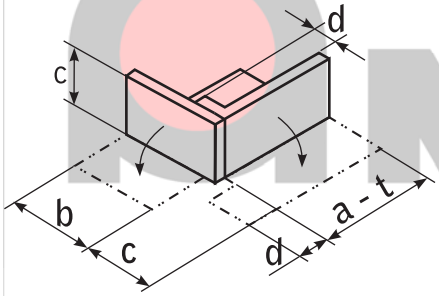
ภาพฉาย 3 ด้าน

รูปแผ่นคลี่



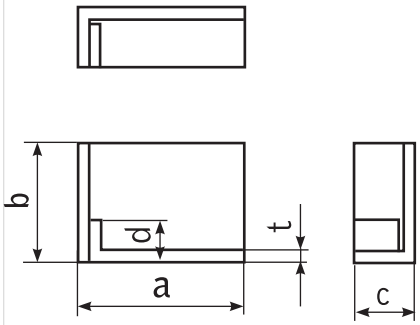


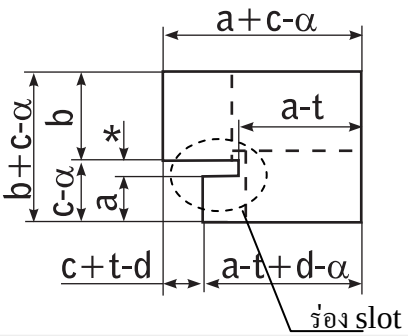
3) **การปรับการเข้ามุมแบบที่ 3**



ภาพฉาย 3 ด้าน

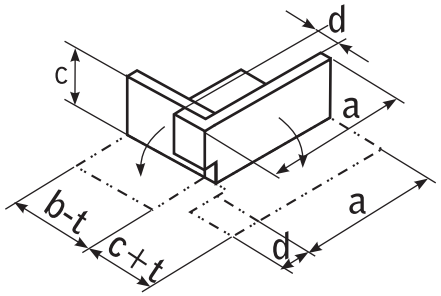
รูปแผ่นคลี่





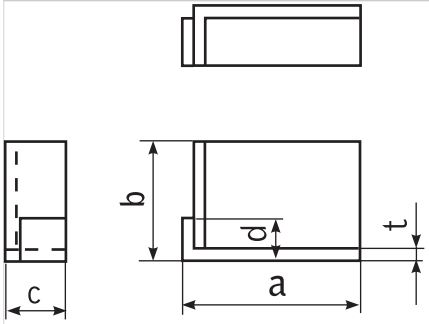
4) **การปรับการเข้ามุมแบบที่ 4**

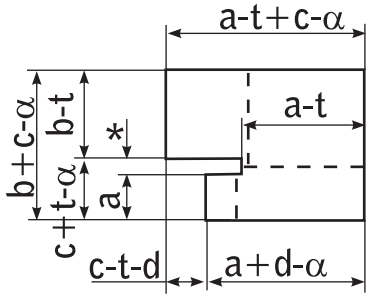
AMADA



ภาพฉาย 3 ด้าน

รูปแผ่นคลี่





ข้อควรระวัง : Θ ขนาดความกว้างในส่วนของร่อง slot

ชิ้นงานจากเครื่องเจาะ punching ประมาณ 3 มม.

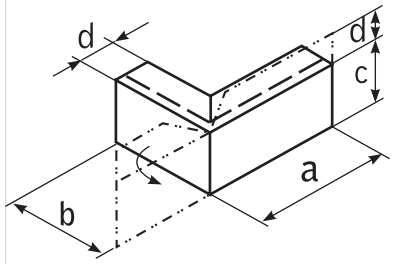
ชิ้นงานจากเครื่องตัด laser ประมาณ 0.2 มม.

จากข้อจำกัดตรงนี้ ทำให้ขนาดของ A มีค่าเท่ากับ c-t ไม่ได้

และในอีกส่วนหนึ่ง ก็เพื่อที่จะไม่ให้ส่วนขอบปลายของปีกที่จะหลบอยู่ด้านในไปติดขัดกันกับรัศมีความโค้งด้านในของรอยพับที่ปิดอยู่

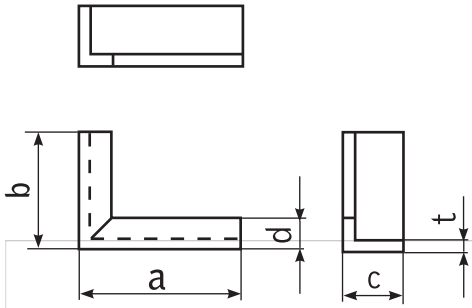
ดังนั้นค่าของ A ที่เหมาะสมที่สุดควรจะมีค่าเท่ากับ C-2t

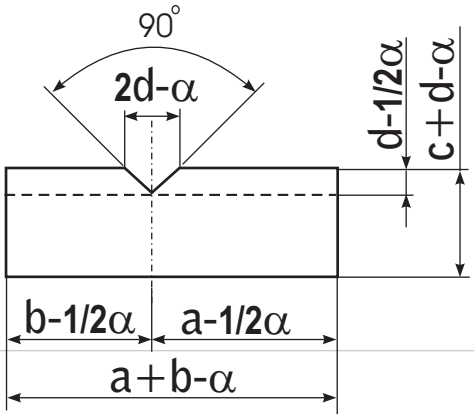
5) การปรับการเข้ามุมแบบที่ 5



ภาพฉาย 3 ด้าน

รูปแผ่นคลี่

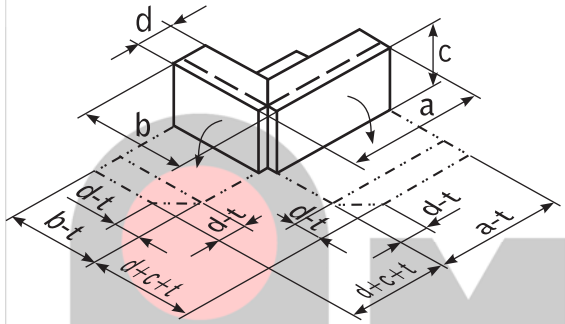




Θ เป็นการพับที่ตำแหน่งกึ่งกลางของรอยบาก

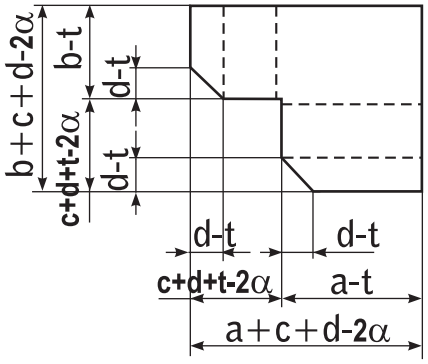
ดังนั้นถ้าเรารู้รายละเอียดและระยะของเส้นแนว พับต่าง ๆ เราก็สามารถที่จะหาศูนย์กลางและความลึกของรอยบากนั้นๆได้

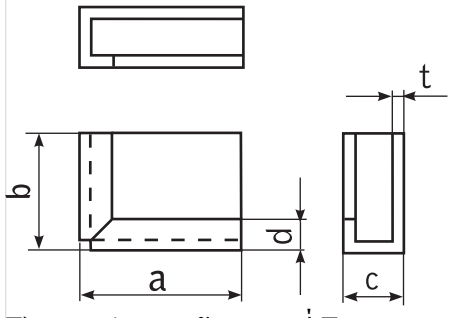
6) การปรับการเข้ามุมแบบที่ 6



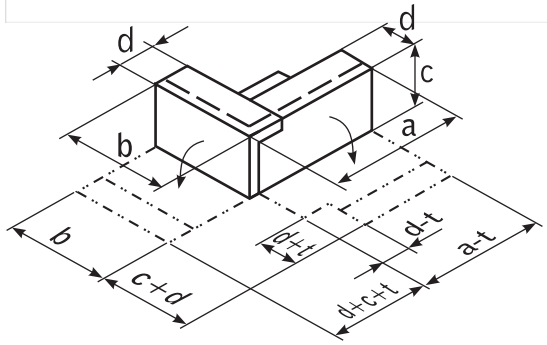
ภาพฉาย 3 ด้าน

รูปแผ่นคลี่

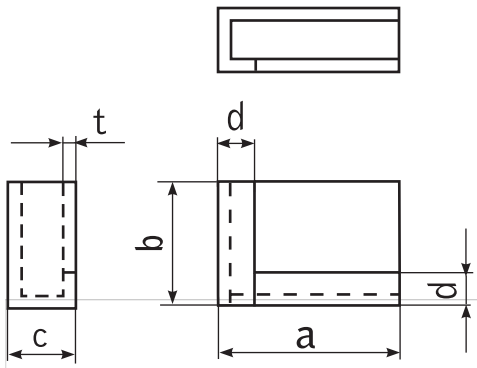




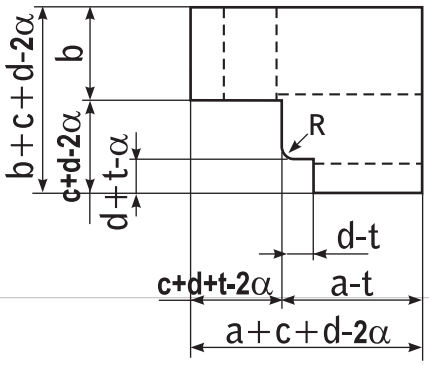
7) การปรับการเข้ามุมแบบที่ 7



ภาพฉาย 3 ด้าน

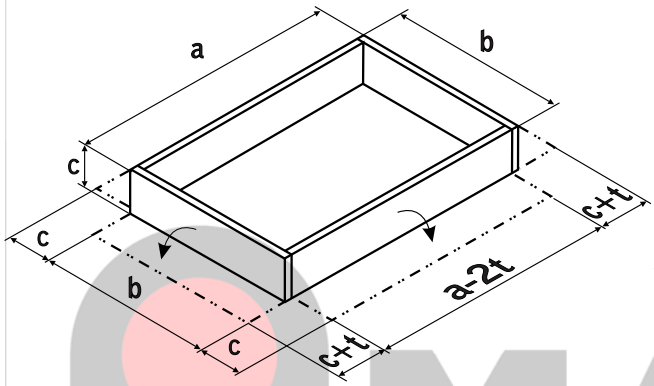


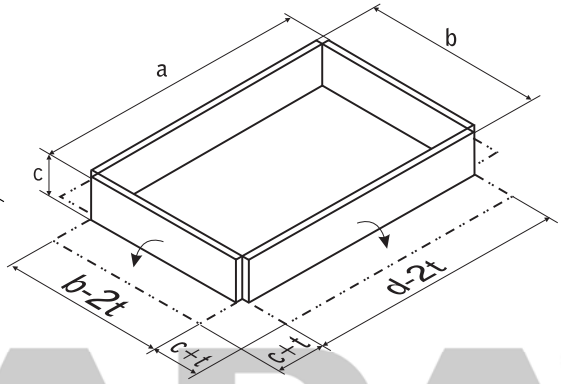
รูปแผ่นคลี่



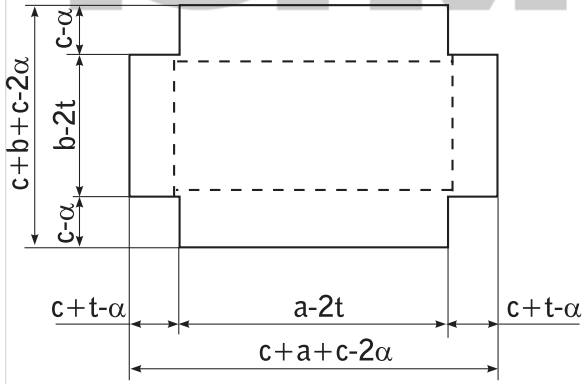
R : ขนาดรัศมีความโค้งประมาณความหนาวัสดุ

1.6 ตัวอย่างการหาขนาดแผ่นคลี่ของงานพับกล่องมาตรฐาน

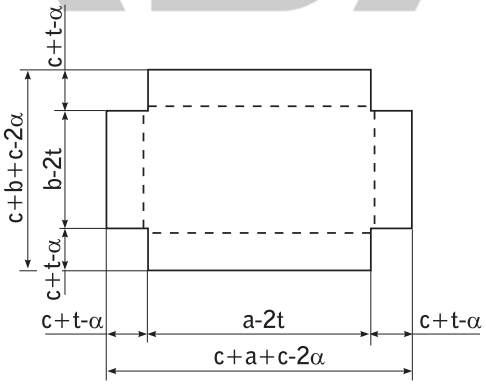




รูปแผ่นคลี่

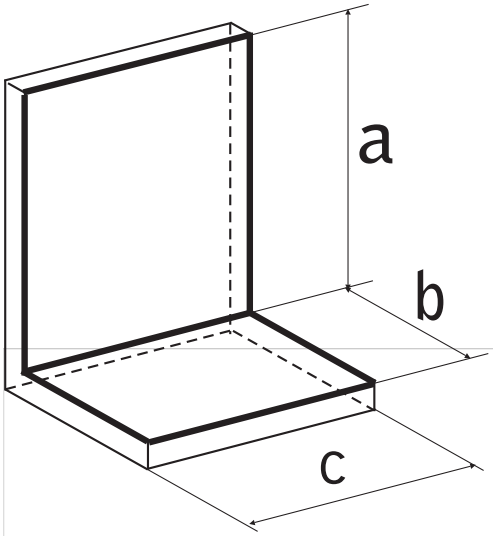


รูปแผ่นคลี่

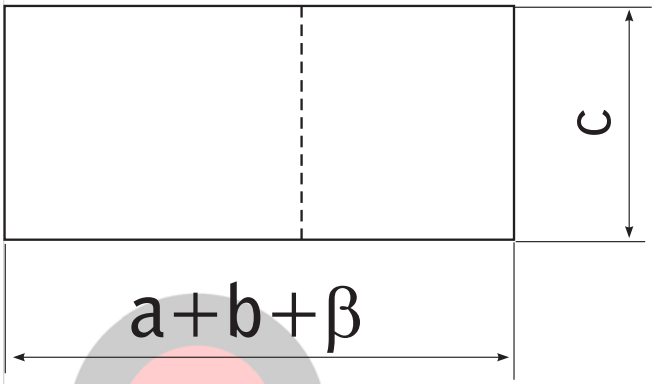


2. การคำนวณโดยใช้ขนาดด้านใน

วิธีการคำนวณจะเหมือนกับการคำนวณโดยใช้ขนาดด้านนอก แต่จะใช้ขนาดที่วัดจากด้านในมาใช้คำนวณแทน



รูปชิ้นงาน



รูปแผ่นคลี่

(ขนาดแผ่นคลี่)

ขนาดแผ่นคลี่ = a+b+β

a,b,c คือขนาดที่วัดจากผิวด้านในของชิ้นงาน **(ด้านที่เป็นเส้นหนา)**

β คือ ค่าการหดตัวของโลหะ (กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือค่าการยืดตัวของผิวด้านใน) ค่า β นี้หาได้จากผลต่างของขนาดความยาวของแผ่นคลี่ก่อนที่จะพับลบด้วยผลรวมของขนาดที่วัดจากผิวด้านในหลังจากพับแล้ว (a+b)

ค่า β นี้ก็เหมือนกับค่าการยืดตัวเมื่อคำนวณโดยใช้ขนาดด้านนอก กล่าวคือ แต่ละโรงงานก็จะมีการทดลองพับจริงและจดบันทึกเป็นข้อมูลเก็บไว้ใช้เป็นของตนเอง

β จะมีความสัมพันธ์กับค่าการยืดตัวที่ได้จากวิธีการคำนวณโดยใช้ขนาดด้านนอก (α) ตามสูตรต่อไปนี้

การพับมุม 90°	$\beta = 2t - \alpha$
การพับมุมป้าน	$\beta = 2t \times \frac{1}{\tan\frac{\theta}{2}} - \alpha$

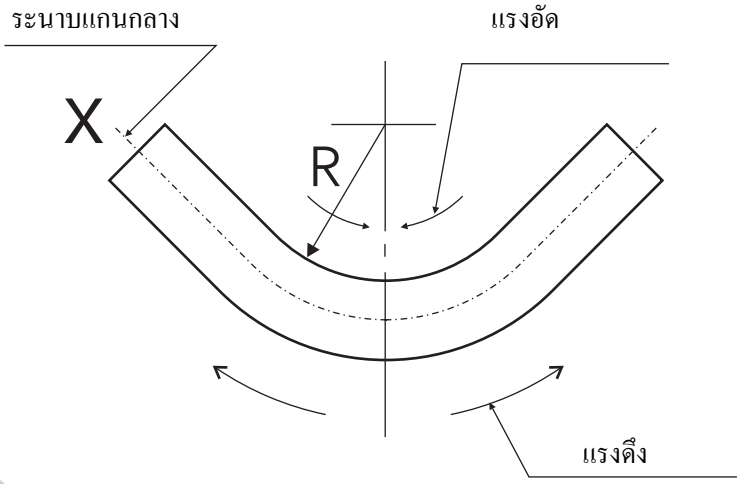
3. การคำนวณโดยใช้เส้นแกนกลาง

โดยทั่วไปแม่พิมพ์บนกับล่าง (punch&die) จะมีผลกับการเปลี่ยนรูปของวัตถุดิบ ถ้าพิจารณาจากการพับโดยใช้แม่พิมพ์

แบบร่อง V ผิวชิ้นงานด้านใน (ด้านที่ติดกับpunch) จะเกิดการหดตัวเนื่องจากการกดอัด ส่วนผิวด้านนอก (ด้านที่ติดกับdie) จะเกิดการยืดตัวออกเนื่องจากการดึง

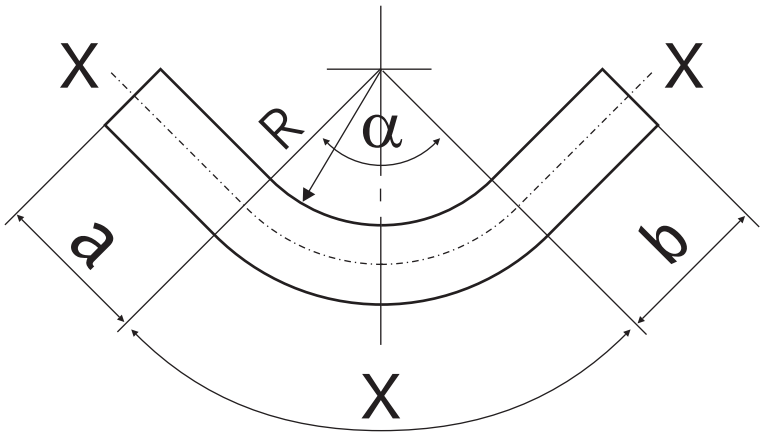
การยืดและหดตัวนี้จะมีปริมาณมากที่สุดบริเวณผิว และค่อย ๆ ลดลงเมื่อเข้าใกล้ระนาบกึ่งกลางของความหนา ซึ่งจะเป็นระนาบที่ไม่มีการยืดหรือหดตัว เราเรียกระนาบนี้ว่าระนาบแกนกลาง (neutral face) ดังแสดงด้วยเส้น X-X ในรูปด้านล่าง ความยาวของเส้นนี้ก็คือ ความยาวของขนาดแผ่นคลี่ที่นำมาใช้ในการคำนวณนั่นเอง

วิธีการคำนวณโดยใช้เส้นแกนกลางนี้เป็นเหมือนการนั่งคำนวณบนโต๊ะ ไม่ได้มาจากข้อมูลการทดลองพับจริง ในกรณีของงานที่ต้องการความแม่นยำสูง ขอแนะนำให้ใช้วิธีการคำนวณหาขนาดแผ่นคลี่โดยใช้ขนาดด้านนอกจะดีกว่า



3.1 การคำนวณเส้นแกนกลาง-1 (กรณีที่พับ R ≥ 5t)

ถ้ารัศมีความโค้งของการพับมากกว่าหรือเท่ากับ 5 เท่า ของความหนา การพับในกรณีนี้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความหนาของชิ้นงานบริเวณจุดที่จะพับ ซึ่งหมายความว่าตำแหน่งระนาบเส้นแกนกลางจะอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความหนาของชิ้นงาน การคำนวณในกรณีนี้จะไม่ยุ่งยากนัก



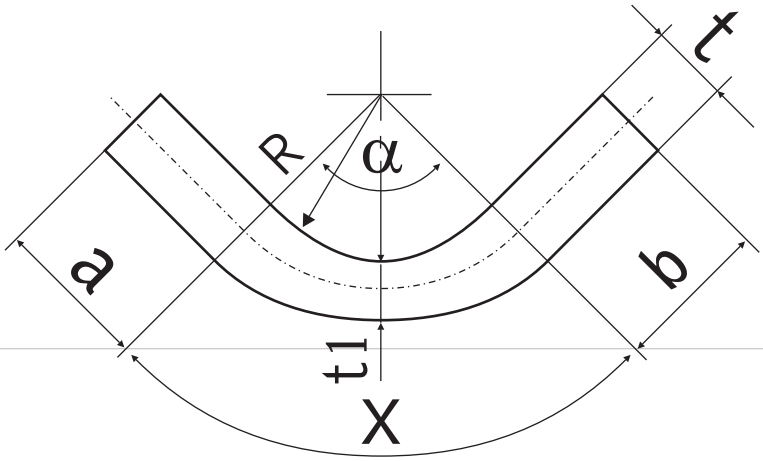
ถ้าให้ความยาวแผ่นคลี่ของรูปด้านบนเป็น L จะคำนวณได้ดังนี้

$L = a+x+b$ $\quad x = (\alpha/360) \bullet 2\pi\,(R + t/2)$

เมื่อ $\alpha = 90^{o}$ ค่า $L = a + 1.57(R+ t/2) + b$

3.2 การคำนวณเส้นแกนกลาง-2 (กรณีที่พับ R < 5t)

ในกรณีที่รัศมีความโค้งของการพับมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความหนา ชิ้นงานจะถูกยืดออกและทำให้ความหนาบริเวณจุดที่พับลดน้อยลง ทำให้ตำแหน่งเส้นแกนกลางเลื่อนเข้ามาใกล้ผิวด้านในมากยิ่งขึ้น



อัตราส่วนการลดลงของความหนา (t_1 / t) สามารถแบ่งได้ตามค่า (R / t) ดังแสดงในตารางด้านล่าง

กลุ่ม	R / t	t_1 / t
A	น้อยกว่า 0.5	ประมาณ 0.4
B	0.5~1.5	0.6
C	1.5~3.0	0.66
D	3.0~5.0	0.8
E	5.0~	1.0

ในกรณีของกลุ่ม A (ค่า R / t น้อยกว่า 0.5) ค่าความหนา หลังจากพับแล้ว (t_1) จะมีค่าประมาณ 40% ของความหนาปกติ

ในกรณีของกลุ่ม E (ค่า R / t มากกว่า 5.0) ความหนาจะไม่เปลี่ยนแปลง

ตัวอย่าง เหล็กหนา 1.2 มม. รัศมีความโค้งของการพับ 1.5 มม. ค่า R / t จะมีค่าประมาณ 1.25 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม B ดังนั้นค่า t_1 / t จึงเท่ากับ 0.6

ดังนั้นความหนาที่รอยพับจะบางลงเป็น 1.2x0.6 = 0.72 มม. หรือกล่าวได้ว่าตำแหน่งเส้นแกนกลางจะเข้าใกล้ผิวด้านในมาอยู่ที่ระยะ 0.36 มม.

ความยาวของเส้นแกนกลาง ซึ่งก็คือความยาวของขนาดแผ่นคลี่จะคำนวณได้จาก

$L = a+x+b$ $\quad x = (\alpha/360) \bullet 2\pi (R + t_1/2)$

เมื่อ $\alpha = 90^o$ ค่า $L = a + 1.57(R+ t_1/2) + b$