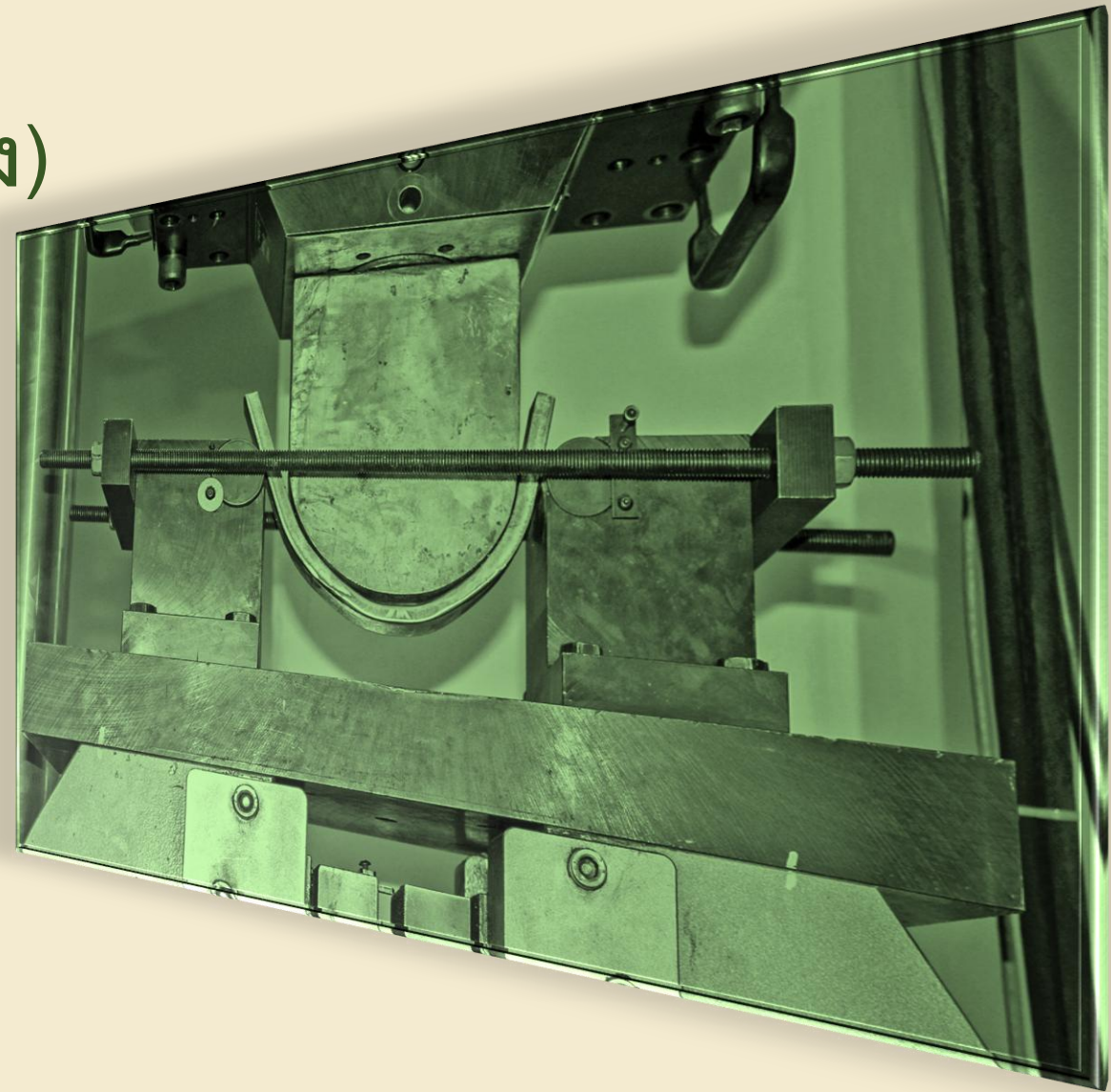


# หน่วยการเรียนรู้ที่ 3

การทดสอบด้วยการดัดงอ (ดัดโค้ง)



## สาระสำคัญ

การทดสอบด้วยการดัดงอหรือดัดโค้ง เป็นการทดสอบแบบทำลายสภาพเพื่อ ดูการแปรสภาพของชิ้นงานทดสอบ โดย พิจารณาว่าผิวด้านนอกของชิ้นงานทดสอบที่ ทำการดัดงอเกิดรอยแตกขึ้นหรือไม่ ภายหลังจากการทดสอบรัศมีในการดัดงอได้ตามที่ กำหนดไว้ จนได้มุมตามที่กำหนดไว้ใน มาตรฐานการทดสอบ

## สาระการเรียนรู้

1. ลักษณะของการทดสอบด้วยการดัดงอ
2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยการดัดงอ
3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยการดัดงอ
4. การเตรียมชิ้นงานและวิธีการทดสอบ
5. ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบด้วยการดัดงอ



# สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการทดสอบด้วยการดัดงอ
2. ปฏิบัติการทดสอบวัสดุและงานเชื่อมด้วยการดัดงอตามหลักการ

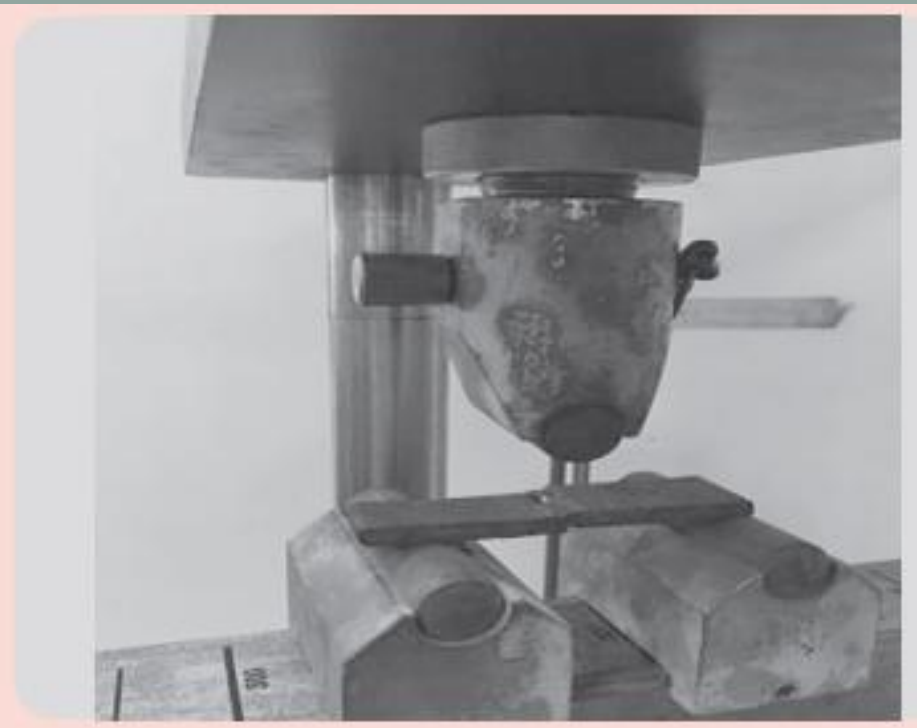
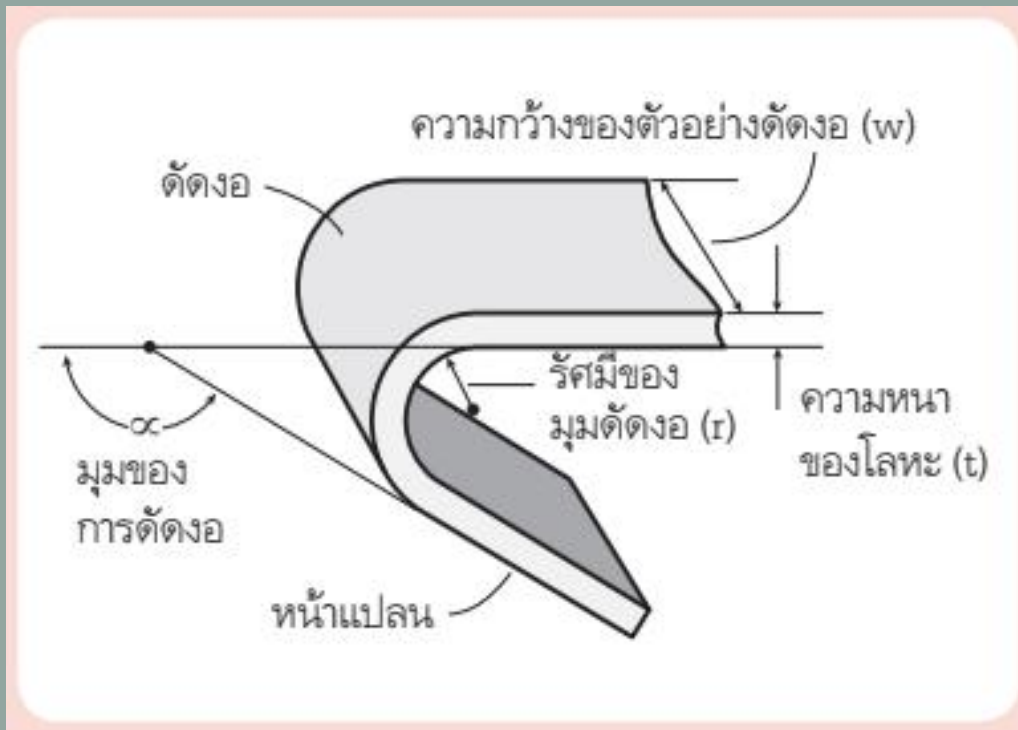


# จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะของการทดสอบด้วยการดัดงอได้
2. บอกวัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยการดัดงอได้
3. อธิบายการใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยการดัดงอได้
4. เตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบด้วยการดัดงอได้
5. อธิบายวิธีการทดสอบด้วยการดัดงองานเชื่อมแบบต่างๆ ได้
6. บอกปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบด้วยการดัดงอได้
7. ปฏิบัติการทดสอบด้วยการดัดงอได้

## 1. ลักษณะของการทดสอบด้วยการดัดงอ

การทดสอบด้วยการดัดงอ (Bending Test) คือ การทดสอบวิธีการใดก็ได้ในการดัดชิ้นงานทดสอบซึ่งอาจจะมีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม รูปทรงหลายเหลี่ยม หรือรูปวงกลม ให้ได้รัศมีการงอหรือมุมตามที่กำหนดไว้ โดยทิศทางของแรงที่ใช้ในการดัดงอต้องคงที่ และการออกแรงในการดัดงอต้องเป็นไปอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของชิ้นงานทดสอบในแนวด้านข้าง หลังจากที่ยื่นงานทดสอบงอไปตามที่กำหนดไว้แล้ว ให้ทำการตรวจสอบดูว่าพื้นที่ผิวด้านนอกของชิ้นงานทดสอบบริเวณที่ดัดงอได้รับความเค้นแรงดึงในระหว่างการดัดงอ โดยมีรอยแตกเกิดขึ้นหรือไม่



ลักษณะชิ้นงานทดสอบด้วยการดัดงอ

ลักษณะการทดสอบด้วยการดัดงอ

## 2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยการดัดงอ

การทดสอบด้วยการดัดงอ มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ทดสอบสมบัติความเหนียวของรอยเชื่อม (Ductility of Weld) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผลกระทบร้อนจากการเชื่อม (Heat Affected Zone: HAZ)

2. ทดสอบหาความสมบูรณ์ของรอยเชื่อม (Sound Weld) เพื่อค้นหาจุดบกพร่องภายในเนื้อเชื่อมและบริเวณผลกระทบร้อนหลังจากการแตกหักของชิ้นงานทดสอบ การดัดจะเริ่มตัดจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบงอเป็นรูปตัวยู (U-Bend) แล้วจึงทำการประเมินผลการทดสอบ

### 3. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยการดัดงอ

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยการดัดงอนั้น ไม่มีข้อกำหนดที่ตายตัว เนื่องจากการทดสอบไม่ซับซ้อน ยุ่งยาก และไม่ต้องการความละเอียดของเครื่องมือมากนัก เพียงแค่สามารถทำการดัดโค้งชิ้นงานทดสอบด้วยรัศมีต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ หรือดัดงอเป็นมุมที่ต้องการ เมื่อกำหนดรัศมีการดัดงอที่คงที่ได้ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดสอบด้วยการดัดงอ ได้แก่ หมุด (Pin) ลูกกลิ้ง (Roller) และแกนหมุน (Mandrel) โดยทั่วไปควรมีความยาวมากกว่าความกว้างของชิ้นงานทดสอบ และต้องมีความแข็งเพียงพอทนต่อการแปรรูปและการสึกหรอในระหว่างการดัดงอได้



## 4. การเตรียมชิ้นงานและวิธีการทดสอบ

### 4.1 การเตรียมชิ้นงานในการทดสอบ

ในการเตรียมชิ้นงานทดสอบด้วยการตัดงอ ผู้ปฏิบัติงานควรดำเนินการดังนี้

#### 4.1.1 ตำแหน่งการตัดชิ้นงานทดสอบ (Specimens) จากชิ้นงานทดสอบงานเชื่อม

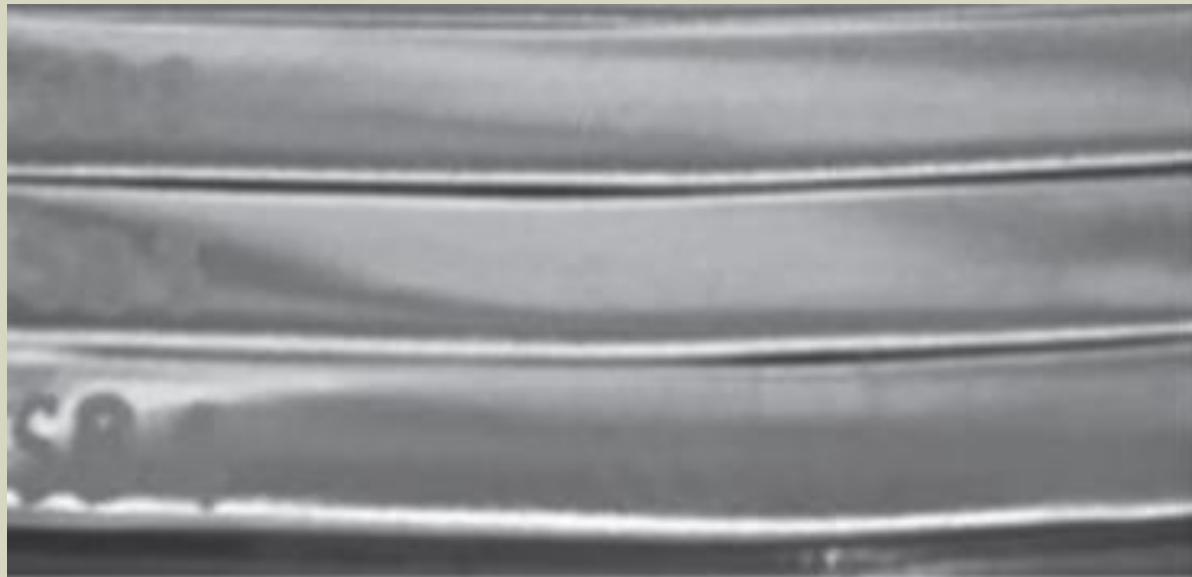


ลักษณะของตำแหน่งการเตรียมชิ้นงานทดสอบ  
ต่อชนบากร่องวีเดี่ยว ความหนาของชิ้นงาน  
เท่ากับหรือน้อยกว่า  $3/8$  (10 มิลลิเมตร)

**4.1.2 รูปแบบการตัดเตรียมชิ้นงานทดสอบ** ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงานทดสอบรอยต่อเชื่อม และกระบวนการเชื่อม ในการทดสอบชิ้นงานเชื่อมรอยต่อชนบากร่องวี (Single-V Butt Joint) จะทำการทดสอบหาความสมบูรณ์หรือความเหนียวของรอยเชื่อมใน 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

**1) ตัดชิ้นงานทดสอบตามความยาวของรอยเชื่อม (Longitudinal Bend Specimens)**

เพื่อหาความเหนียวหรือความสมบูรณ์ของเนื้อเชื่อม



ลักษณะของการตัดชิ้นงานทดสอบ  
ตามความกว้างของรอยเชื่อม

2) ตัดชิ้นงานทดสอบตัดขวางกับความยาวของรอยเชื่อม (Transverse Bend Specimens) เพื่อหาความเหนียวหรือความสมบูรณ์ของรอยต่อเชื่อม และบริเวณผลกระทบร้อนจากการเชื่อม (Heat Affected Zone: HAZ)

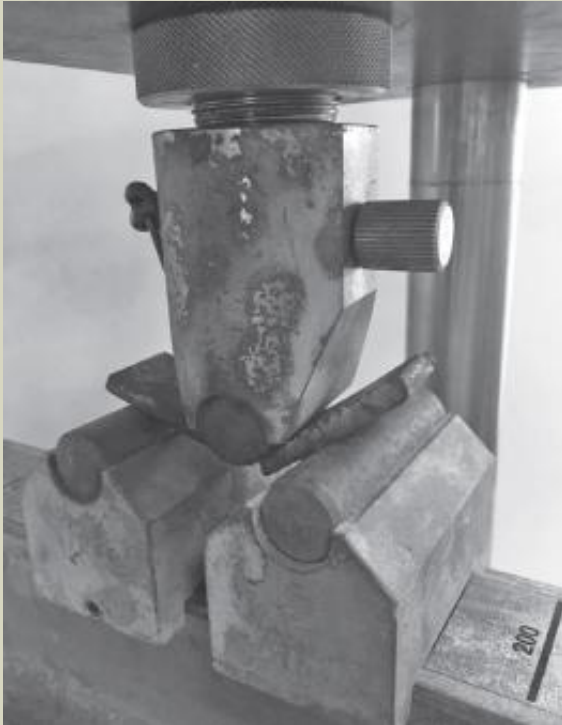


ลักษณะของการตัดชิ้นงานทดสอบ  
ตัดขวางตามความยาวของรอยเชื่อม

## 4.2 วิธีการทดสอบ

### 4.2.1 ขั้นตอนการทดสอบด้วยการดัดงอ (Test Procedure) มีดังนี้

1) วางชิ้นงานทดสอบชนิดตัดขวางกับรอยเชื่อม



ลักษณะของการวางชิ้นงานทดสอบ  
ชนิดตัดขวางกับรอยเชื่อม

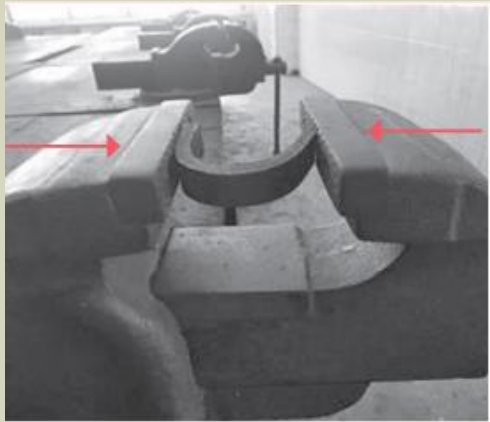
2) วางชิ้นงานทดสอบชนิดตัดขวางกับรอยเชื่อม



ลักษณะของการวางชิ้นงานทดสอบ  
ชนิดตามความยาวของรอยเชื่อม

## 4.2.2 การทดสอบด้วยการดัดองงานเชื่อมแบบต่างๆ แบ่งออกได้ดังนี้

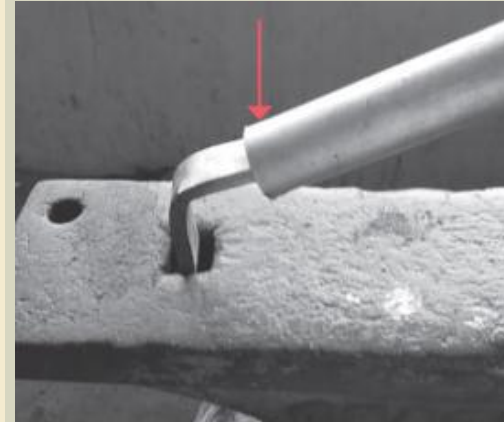
1) การดัดอแบบอิสระ (Free Bend Test) ใช้สำหรับทดสอบอย่างง่าย เช่น ปากกาตั้งโต๊ะ ท่อสวมอัด หรือค้อน เป็นต้น



การดัดอโดยการบีบด้วยด้ามปากกาตั้งโต๊ะ



การดัดอโดยใช้ค้อนตี



การดัดอโดยใช้ท่อสวมอัด



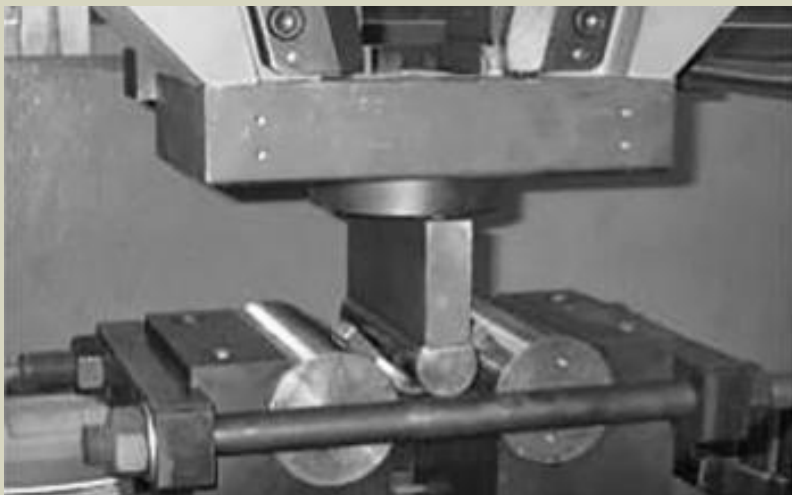
การดัดอโดยใช้ค้อนตี

ลักษณะการทดสอบด้วยการดัดอแบบอิสระ  
โดยการใช้ปากกาและใช้ค้อนตี

ลักษณะของการวางชิ้นงานทดสอบ  
ชนิดตามความยาวของรอยเชื่อม

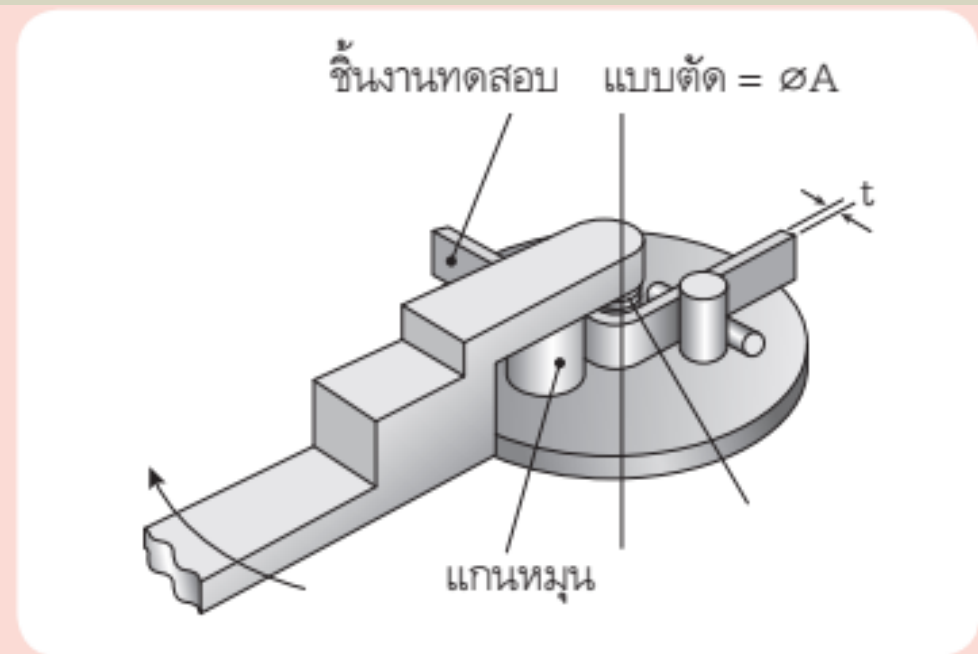
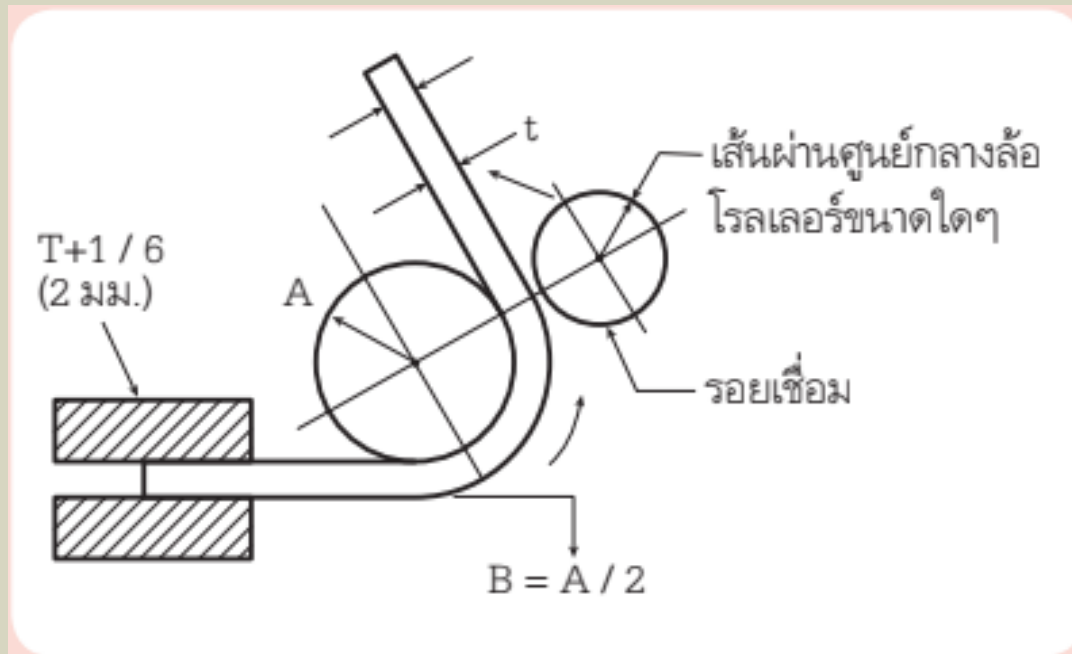
**2) การดัดงอแบบดัดบังคับ (Test Bend Fixture)** สามารถเลือกวิธีการทดสอบได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีจะมีความแตกต่างกันในรายละเอียด แต่จะมีหลักการทดสอบเหมือนกัน วิธีที่นิยมใช้ ได้แก่

(1) Pressing Bend Method การทดสอบแบบนี้จะนำชิ้นงานทดสอบมาวางบนตัวฐานรอง ซึ่งควรมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีรัศมีความโค้งไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิเมตร แล้วค่อยๆ เพิ่มแรงกระทำแก่ชิ้นงานในการกดที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงานเพื่อทำการดัดโค้ง ระยะห่างระหว่างฐานรองที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ  $2r + 3t$  โดยที่  $r$  คือ รัศมีการดัดงอ และ  $t$  คือ ความหนาหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทดสอบ ส่วนปลายของแกนหมุนจะต้องเป็นรูปทรงกระบอกที่มีรัศมีความโค้งเท่ากับรัศมีการดัดงอที่ต้องการจะทำการทดสอบ



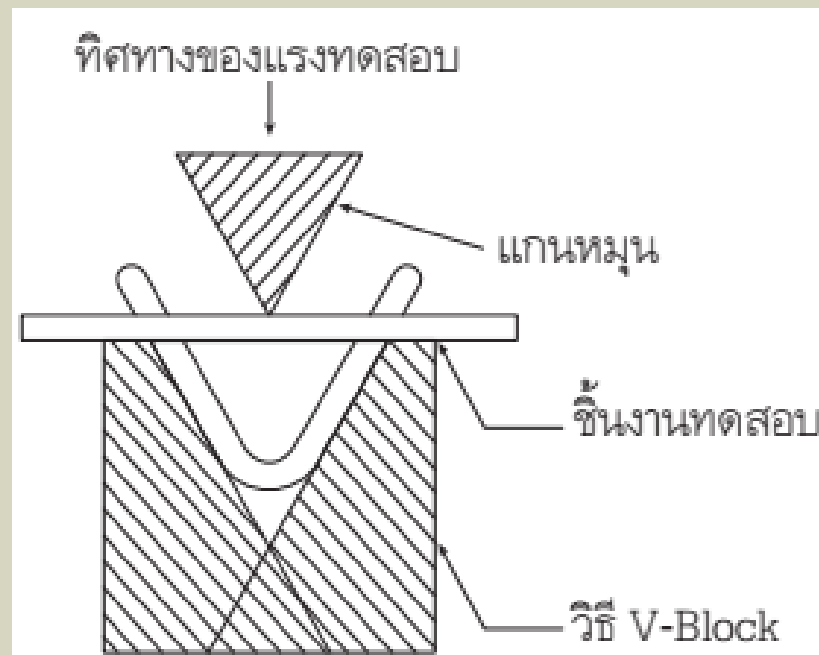
ลักษณะการทดสอบด้วยการดัดงอแบบ Pressing Bend Method

(2) Winding Bend Method การทดสอบแบบนี้จะนำชิ้นงานทดสอบมาม้วนรอบแกนหมุนตามที่กำหนดไว้ โดยการกดยึดปลายด้านหนึ่งของชิ้นงานทดสอบไว้ และทำการดัดงอที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ทำให้เกิดการดัดงอรอบแกนหมุน



ลักษณะการทดสอบด้วยการดัดงอแบบ Winding Bend Method

(3) V-Block Bend Method การทดสอบแบบนี้จะนำชิ้นงานทดสอบมาวางบนฐานรูปตัววี แล้วค่อย ๆ เพิ่มแรงกดผ่าน Mandrel ลงตรงกลางของชิ้นงานทดสอบ เพื่อทำการดัดงอชิ้นงานทดสอบให้ได้ตามที่กำหนดไว้



ลักษณะการทดสอบด้วยการดัดงอแบบ V-Block Bend Method

### 3) การดัดงอแบบกดตัด (Guided Bend Test) มีขั้นตอนดังนี้

(1) เตรียมชิ้นงานทดสอบตามขนาดที่มาตรฐานกำหนด โดยการลบขอบมนของชิ้นงานทดสอบให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันการฉีกขาดขณะทำการดัดงอ



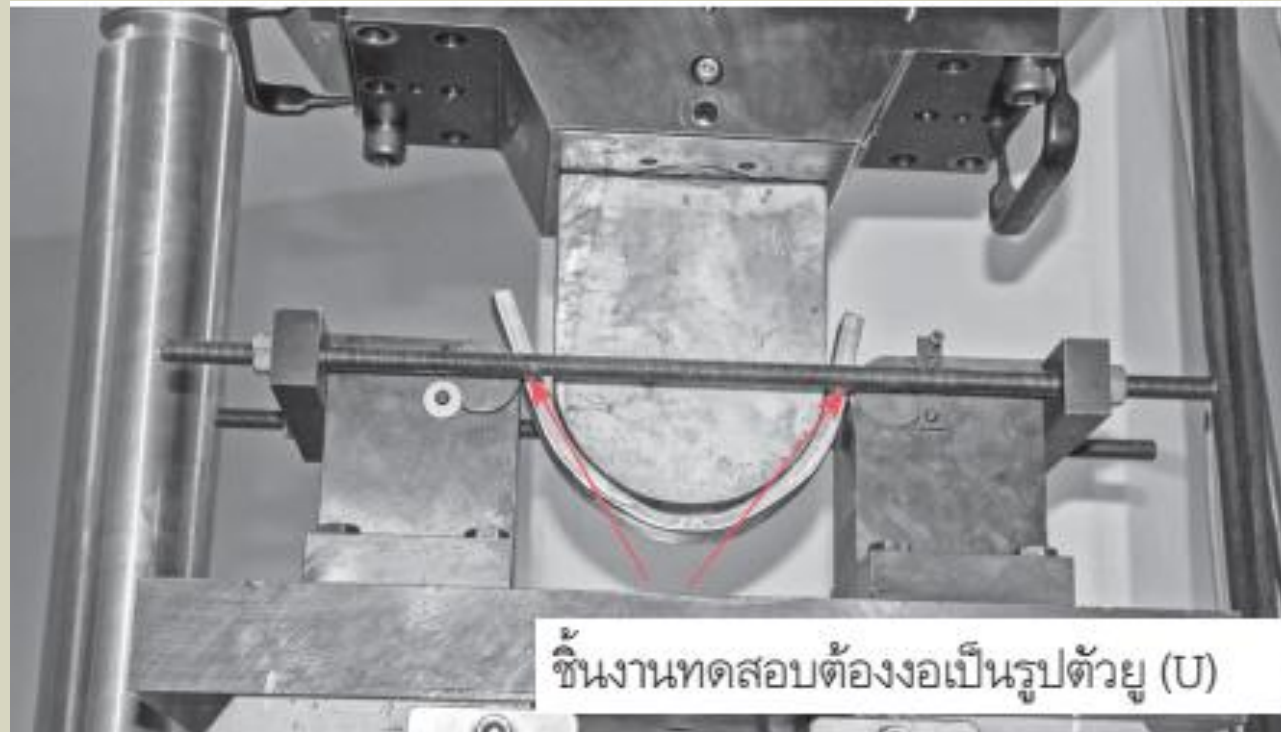
ลักษณะการเตรียมชิ้นงานทดสอบตามขนาดที่มาตรฐานกำหนด

(2) วางชิ้นงานทดสอบให้ด้านที่จะรับแรงดึงคว่ำลงด้านล่าง และให้รอยเชื่อมและบริเวณผลกระทบร้อน (HAZ) สองข้างอยู่กึ่งกลางอย่างสมดุล ผิดพลาดได้ไม่เกิน 1/16 นิ้ว (1.6 มิลลิเมตร) บนร่องแบบดัด



ลักษณะการวางชิ้นงานทดสอบการดัดงอแบบกดดัด

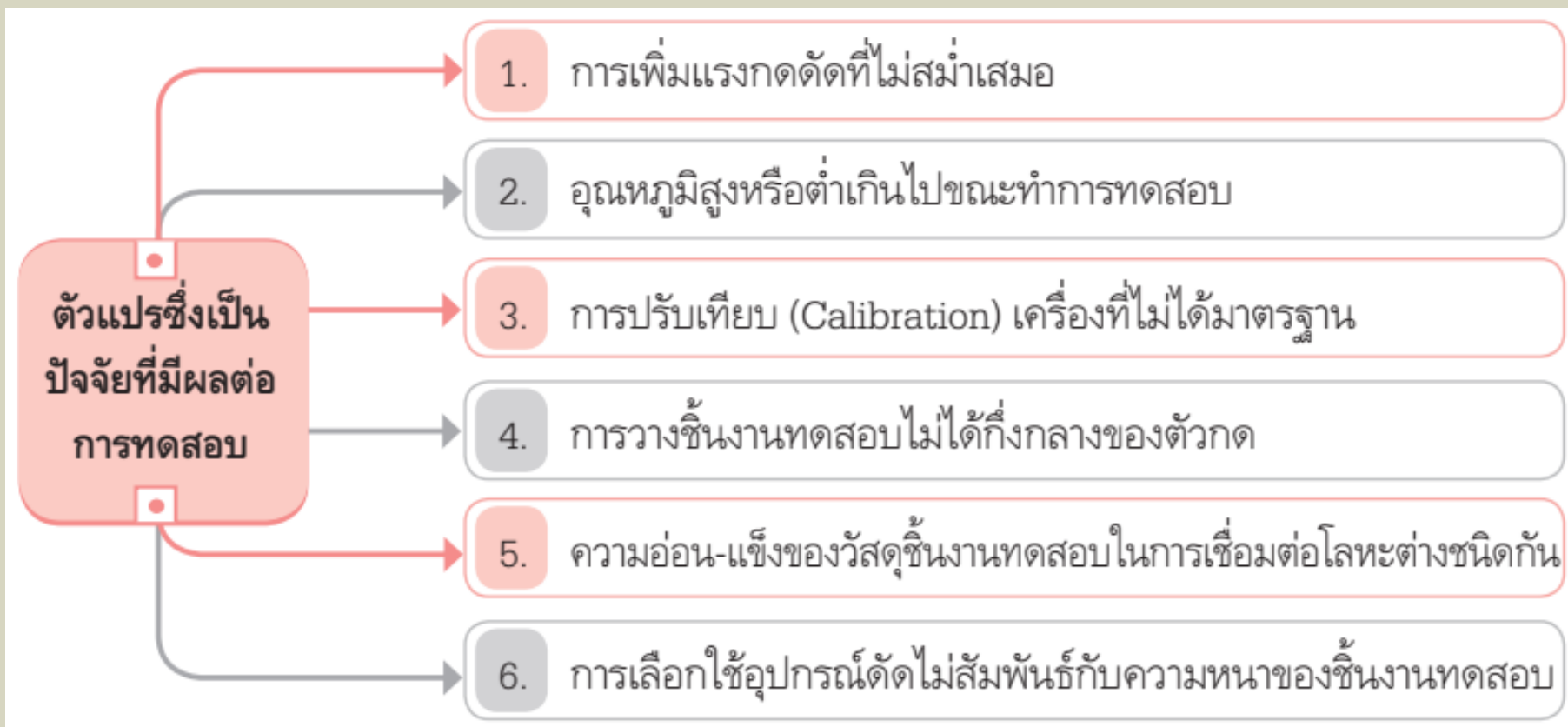
(3) ใช้แรงกดไฮดรอลิกแบบร่องตัดขึ้นจนกระทั่งชนกับตัวกดตัด (Plunger) และตัดต่อไปจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบถูกกดลงไปในเรื่องตัดเป็นรูปตัวยู (U-Shape) อย่างถาวรหลังการตัด



ลักษณะการใช้แรงกดไฮดรอลิกกดชิ้นงานทดสอบตัดงอเป็นรูปตัวยู

## 5. ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบด้วยการดัดงอ

ในการทดสอบด้วยการดัดงอ จะมีตัวแปรซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบดังนี้



## สรุป

การทดสอบด้วยการดัดงอหรือดัดโค้ง เป็นการทดสอบแบบทำลายสภาพเพื่อสังเกตการแปรสภาพของชิ้นงานทดสอบ โดยพิจารณาผิวด้านนอกของชิ้นงานที่ดัดงอว่าเกิดรอยแตกขึ้นหรือไม่ ภายหลังจากการทดสอบรัศมีในการดัดงอได้ตามที่กำหนดไว้ จนได้มุมตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการทดสอบ

การทดสอบด้วยการดัดงอมีวัตถุประสงค์ในการทดสอบสมบัติความเหนียวของรอยเชื่อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณผลกระทบร้อนจากการเชื่อม และทดสอบหาความสมบูรณ์ของรอยเชื่อมเพื่อค้นหาจุดบกพร่องภายในเนื้อเชื่อมและบริเวณผลกระทบร้อนหลังจากการแตกหักของชิ้นงานทดสอบ โดยจะเริ่มดัดจนกระทั่งชิ้นงานทดสอบงอเป็นรูปตัวยู แล้วจึงทำการประเมินผลการทดสอบ

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบไม่มีข้อกำหนดที่ตายตัว เนื่องจากการทดสอบไม่ซับซ้อนยุ่งยาก และไม่ต้องการความละเอียดของเครื่องมือมากนัก เพียงสามารถทำการดัดโค้งชิ้นงานทดสอบด้วยรัศมีต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ หรือดัดงอเป็นมุมที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบด้วยการดัดโค้ง ได้แก่ Pin, Roller และ Mandrel