

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4

การทดสอบด้วยแรงกระแทก

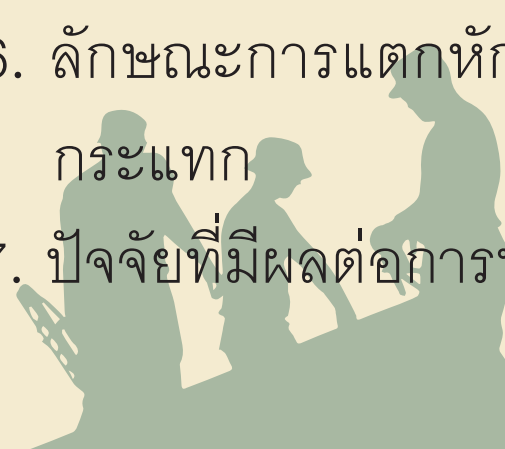


สาระสำคัญ

การทดสอบด้วยแรงกระแทก เป็นการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงกระแทกของรอยเชื่อมหรือรอยต่อลักษณะต่างๆ ว่าสามารถรับภาระได้มากน้อยเพียงใด โดยการนำชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐานด้วยแรงคงที่จนกระทั่งชิ้นงานทดสอบแตกหักออกจากกัน เพื่อให้ทราบถึงสมบัติเชิงกลที่สามารถบ่งบอกถึงความแข็งแรงและความทนทานต่อการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆ

สาระการเรียนรู้

1. ลักษณะของการทดสอบด้วยแรงกระแทก
2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยแรงกระแทก
3. สมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก
5. การเตรียมชิ้นงานและวิธีการทดสอบ
6. ลักษณะการแตกหักของชิ้นงานทดสอบด้วยแรงกระแทก
7. ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบด้วยแรงกระแทก



สมรรถนะประจำหน่วย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการทดสอบด้วยแรงกระแทก
2. ปฏิบัติการทดสอบวัสดุและงานเชื่อมด้วยแรงกระแทกตามหลักการ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะของการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
2. บอกวัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
3. อธิบายสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
4. อธิบายการใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
5. เตรียมชิ้นงานเพื่อทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
6. อธิบายวิธีการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
7. อธิบายลักษณะการแตกหักของชิ้นงานทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
8. บอกปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้
9. ปฏิบัติการทดสอบด้วยแรงกระแทกได้

1. ลักษณะของการทดสอบด้วยแรงกระแทก

การทดสอบด้วยแรงกระแทก (Impact Test) เป็นกรรมวิธีการทดสอบโดยใช้แรงพลศาสตร์ (Dynamic Load Test) เพื่อหาค่าความหนาแน่นของวัสดุงาน วัสดุเชื่อม หรือรอยเชื่อมในงานเชื่อมพอกผิวแข็ง เหล็กกล้าทนการสึกหรอ งานเชื่อมต่อเหล็กกล้าทนความร้อน และงานเชื่อมต่อสำหรับใช้งานอุณหภูมิต่ำ หรืออุณหภูมิตดลบ

ในการทดสอบด้วยแรงกระแทกเพื่อต้องการหาความสามารถในการดิ่งกลืนพลังงานของวัสดุภายใต้การกระแทก ซึ่งทำได้โดยการใช้พลังงานกระแทกชิ้นงานทดสอบจนแตกหัก ตามมาตรฐานกำหนดให้การทดสอบกระแทกเหล็กกล้านั้นต้องใช้ค้อนเหวี่ยง (Pendulum Hammer) ที่ชิ้นงานทดสอบเพียงครั้งเดียวให้แตกหักภายใต้ภาวะที่กำหนด โดยชิ้นงานทดสอบจะต้องผ่านการตกแต่งผิวด้วยเครื่องจักรให้ได้ขนาด รูปร่าง และมีร่องบากตามมาตรฐานด้วย

หลักการทดสอบด้วยแรงกระแทกวัสดุนั้นมีการทดสอบที่แตกต่างกันหลายแบบ แต่สำหรับการทดสอบแรงกระแทกเหล็กกล้าหรือโลหะมักจะนิยมทดสอบโดยวิธีค้อนเหวี่ยง (Pendulum Test)

2. วัตถุประสงค์ของการทดสอบด้วยแรงกระแทก

การทดสอบด้วยแรงกระแทก มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. หาสมบัติความเหนียวของวัสดุบริเวณผลกระทบร้อน (Heat Effects Zone: HAZ) และรอยเชื่อม สำหรับใช้ประเมินความเสี่ยงในการแตกหักเสียหายจากการใช้งาน
2. หาค่าพลังงานรับแรงกระแทก (Impact Energy) ซึ่งวัสดุมีความสามารถดูดซับพลังงานจากการตีกระแทกได้ ถ้าวัสดุที่ทดสอบแล้วมีค่าพลังงานรับแรงกระแทกต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่าวัสดุมีความเปราะ และจะเกิดการแตกหักได้ง่าย จึงไม่ควรนำไปใช้งาน นั่นหมายความว่าวัสดุเปราะสามารถดูดซับพลังงานแรงกระแทกได้น้อยกว่าวัสดุที่มีความเหนียว
3. ใช้สำหรับทดสอบมาตรฐานวัสดุ ในขั้นตอนการทำงานเชื่อมและบุคลากรงานเชื่อม
4. ใช้ทดสอบว่าวัสดุที่ผลิตได้ผ่านขอบเขตการยอมรับตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่
5. ใช้สำหรับงานวิจัยและพัฒนา

3. สมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก

3.1 ความเหนียว

ความเหนียว (Toughness) คือ ความสามารถของวัสดุหรือเนื้อเชื่อมที่สามารถดูดซับพลังงานแรงกระแทกไว้ได้โดยไม่เกิดการแตกหัก ซึ่งจะสัมพันธ์กับความแข็งแรงและความสามารถในการยืดตัวของวัสดุ การประเมินค่าความเหนียวของวัสดุนั้นจะคำนวณจากพื้นที่ใต้เส้นโค้งของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น-ความเครียดที่ได้จากการทดสอบแรงดึง เรียกค่านี้ว่า Modulus of Toughness โดยจะแสดงค่าพลังงานต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุที่ต้องทำให้วัสดุแตกหักเสียหาย หรือกล่าวได้ว่าพื้นที่ใต้เส้นโค้งของกราฟความเค้น-ความเครียด คือ ค่าความสามารถในการรับพลังงานแรงกระแทกของวัสดุแต่ละชนิดนั่นเอง

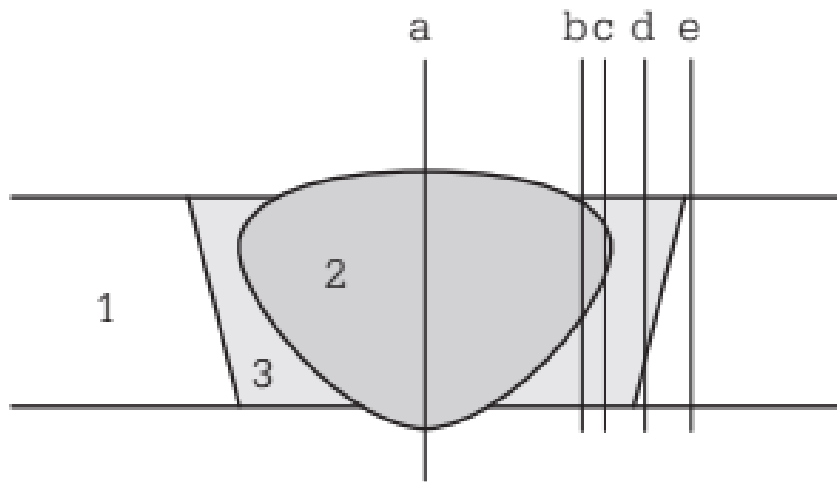
การทดสอบแรงกระแทกทำให้ทราบว่าวัสดุใดเหนียวหรือเปราะ ทั้งนี้เพราะโดยปกติไม่สามารถคำนวณหาค่าความต้านทานความเหนียวจากการแตกหักของเนื้อเชื่อมหรือโลหะงานได้ นอกจากทดสอบแรงกระแทก แล้วพิจารณาประเมินผลจากรอยแตกหักตามมาตรฐานการทดสอบแรงกระแทกเหล็กกล้า

3.2 ชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกงานเชื่อม

ปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความเหนียวในงานเชื่อม ได้แก่ ส่วนผสมทางเคมีของโลหะงานและลวดเชื่อมเติมที่หลอมรวมกันที่เรียกว่าเนื้อเชื่อม กระบวนการเชื่อม ค่าตัวแปรสำคัญในการเชื่อมและโครงสร้างจุลภาค ตามมาตรฐาน AWS D1.1/D1.1M:2006 ได้กำหนดขนาดหน้าตัดของชิ้นงานทดสอบงานเชื่อมมาตรฐาน คือ 10×10 มิลลิเมตร จะใช้กับชิ้นงานเชื่อมที่มีความหนาเท่ากับหรือมากกว่า 11 มิลลิเมตร แต่ถ้าชิ้นงานเชื่อมมีความหนาน้อยกว่านี้ หรือรูปร่างของงานเชื่อมไม่สามารถเตรียมชิ้นงานทดสอบมาตรฐานได้ ให้ใช้ชิ้นงานทดสอบตัวแทนซึ่งจะต้องเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขคุณสมบัติการทดสอบตามไปด้วย

ตำแหน่งทดสอบแรงกระแทกชิ้นงานเชื่อม ตามมาตรฐานอังกฤษ BS PD 5500 มาตรฐานการทดสอบแรงกระแทกรอยเชื่อมทุกมาตรฐานจะกำหนดจุดหรือตำแหน่งในการทดสอบแรงกระแทกไว้ 3 บริเวณ คือ บริเวณโลหะงาน บริเวณเนื้อเชื่อม และบริเวณผลกระทบร้อนจากการเชื่อม

การทดสอบหาค่าความเหนียวของชิ้นงานเชื่อมนิยมใช้วิธีการทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Impact Test) ชิ้นงานทดสอบจะถูกเตรียมด้วยวิธีกลตัดขวางกับความยาวของรอยต่อเชื่อม และทำร่องบากตัดขวางตั้งฉากกับความยาวของชิ้นงานทดสอบ การทดสอบแรงกระแทกรอยเชื่อมตามมาตรฐานอังกฤษ BS PD 5500 ในภาพจะกระทำการทดสอบที่ตำแหน่งต่างๆ กันรวม 5 ตำแหน่ง



a = กึ่งกลางรอยเชื่อม (Centre of Weld Metal)

b = เส้นแบ่งเขตการหลอมเหลว (Fusion Line)

c = Fusion Line +1 มิลลิเมตร

d = Fusion Line +3 มิลลิเมตร

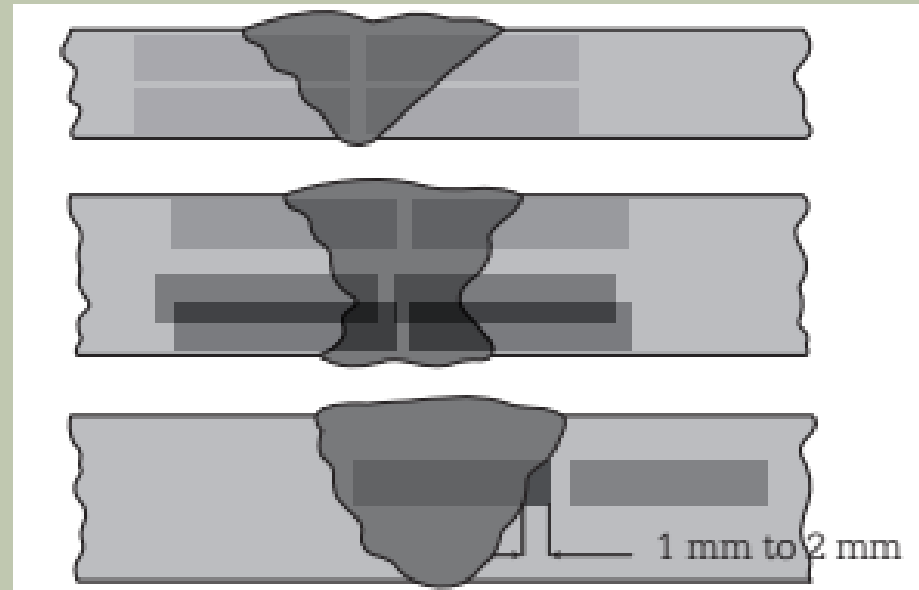
e = Fusion Line +5 มิลลิเมตร

1 = เนื้อโลหะงาน (Parent Metal), 2 = เนื้อเชื่อม (Weld Metal),

3 = HAZ

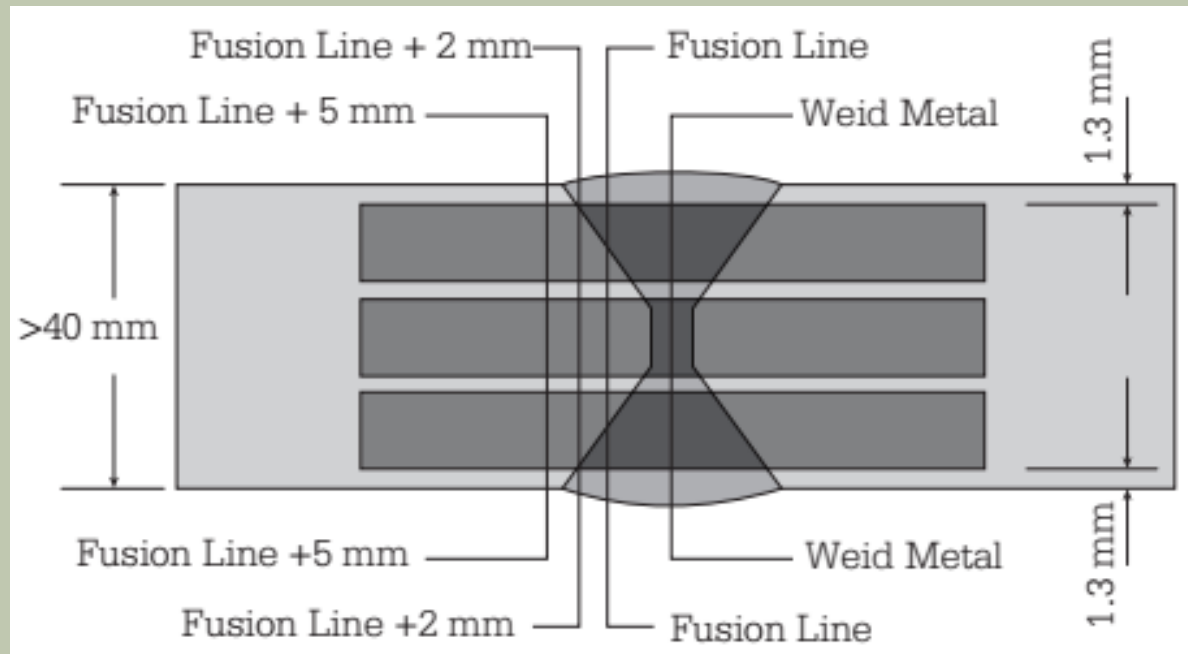
ลักษณะตำแหน่งที่บากร่องชิ้นงานทดสอบ

ตามมาตรฐาน BS PD 5500 (Annex D.) จะกำหนดค่าความต้านทานพลังงานกระแทกต่ำสุดสำหรับสารออกแบบให้ใช้งานที่อุณหภูมิต่ำสุดโดยไม่เสี่ยงต่ออันตราย อาจกำหนดตำแหน่งการตัดและบากร่องชิ้นงานทดสอบโครงสร้างจุลภาค เนื้อเชื่อม และบริเวณกระทบร้อนตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งเข้มงวดกว่ามาตรฐานกำหนดก็ได้ ดังภาพต่อไปนี้



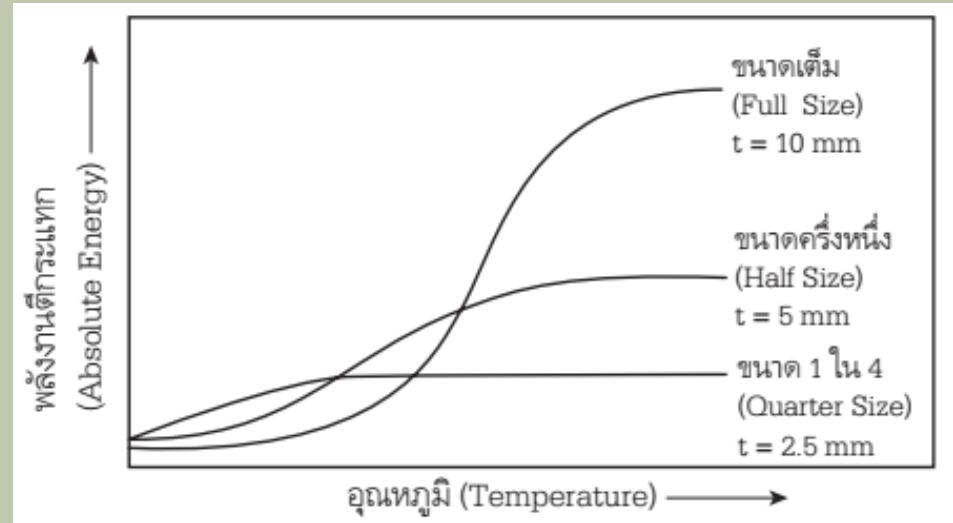
ลักษณะตำแหน่งที่บากร่อง (Notch Location) ชิ้นงานทดสอบงานเชื่อมตามมาตรฐาน BS PD 5500 (Annex D.)

ชิ้นงานทดสอบมาตรฐานจะมีขนาดหน้าตัด 10×10 มิลลิเมตร ถ้าความหนาของชิ้นงานไม่สามารถเตรียมมาทดสอบมาตรฐานได้ ให้เตรียมชิ้นงานทดสอบตัวแทนโดยให้มีขนาดเหมาะสม แต่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าพลังงานดูดกลืนแรงกระแทกที่มีผลต่อความเหนียวเปราะ ดังภาพต่อไปนี้



ลักษณะตำแหน่งที่บากร่อง (Notch Location) ชิ้นงานทดสอบงานเชื่อม

ในการทดสอบแรงกระแทกชิ้นงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ พบว่าค่าความต้านทานแรงกระแทกต่ำสุดจะอยู่บริเวณใกล้กับเส้นแบ่งเขตการหลอมเหลวมากที่สุด เพราะได้รับความร้อนสูงมาก ทำให้เกรนบริเวณกระทบร้อนขยายตัว เกรนโต แต่มีอัตราเย็นตัวสูง จึงได้เกรนบริเวณกระทบร้อนที่หยาบ และถ้าต้องการให้มีค่าความเหนียวแน่นสูง จำเป็นต้องควบคุมปริมาณความร้อนเข้าในการเชื่อมให้ต่ำที่สุด ผลิตภัณฑ์จากเหล็กม้วนชิ้นงานทดสอบที่เตรียมในทิศทางขนานกับการม้วนจะมีค่าความเหนียวที่ร่องบากสูงกว่าชิ้นงานทดสอบที่เตรียมจากทิศทางตัดขวางกับการม้วน เนื่องจากมีทิศทางทดสอบแรงกระแทกตัดขวางกับทิศทางของเกรนที่ถูกรีด ดังนั้นการม้วนเหล็กเพื่อประกอบเป็นถังความดันจะม้วนในทิศทางขนานกับการรีดเหล็กแผ่น ดังภาพต่อไปนี้



ลักษณะขนาดของชิ้นงานทดสอบที่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับค่าพลังงานดูดกลืนแรงกระแทก

ตารางแสดงลักษณะของธาตุที่ผสมอยู่ในรอยเชื่อมที่มีผลกระทบต่อสมบัติความเหนียวของชิ้นงานทดสอบ

ลำดับที่	ชนิดของธาตุ	ผลกระทบต่อสมบัติความเหนียวของชิ้นงานทดสอบ
1	ธาตุคาร์บอน (Carbon: C)	ในเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำจะมีผลต่อเส้นการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากเหนียวเป็นเปราะสูงขึ้น $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ ต่อปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 0.1% ตัวอย่างเช่น รอยเชื่อมราก (Root Pass) จะมีความเหนียวแน่นน้อยกว่าเนื้อเชื่อมทั้งก้อน เหตุผลเนื่องจากตามปกติส่วนผสมของธาตุคาร์บอนในลวดเชื่อมจะมีน้อยกว่าในเนื้อโลหะงาน ดังนั้นในรอยเชื่อมรากจึงมีธาตุคาร์บอนจากโลหะละลายเข้าไปผสมกับลวดเชื่อมมากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อเชื่อมส่วนใหญ่ทั้งหมด
2	ธาตุกำมะถัน (Sulphur: S) และธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)	ทำให้ความเหนียวแน่นลดลง จึงไม่เป็นที่ต้องการและต้องจำกัดให้มีในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งเหล็กกล้าที่มีคุณภาพสูงจะมีส่วนผสมของกำมะถันไม่เกิน 0.005%
3	ธาตุแมงกานีส (Manganese: Mn) และ ธาตุนิเกิล (Nickel: Ni)	เพิ่มค่าความเหนียวแน่นให้สูงขึ้น ซึ่งให้เหล็กกล้าสามารถรับแรงได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดยเฉพาะเหล็กกล้าที่ใช้งานในอุณหภูมิต่ำ (Cryogenic Steel) ที่มีส่วนผสมของนิเกิล 9% สามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ถึง $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$
4	ธาตุอะลูมิเนียม (Aluminum: Al)	ผสมในเหล็กกล้าประมาณ 0.02% จะช่วยให้เนื้อเหล็กกล้าเม็ดเกรนละเอียดที่สุด

ข้อควรคำนึงในการเตรียมชิ้นงานทดสอบแรงกระแทกงานเชื่อม ตามมาตรฐาน ANSI/AWS

1. ตำแหน่งตัดเตรียมชิ้นงานทดสอบจะต้องถูกต้อง สามารถเป็นตัวแทนของรอยต่อเชื่อมได้ ชิ้นงานทดสอบที่ตัดจากรอยต่อเชื่อมต่อชนบากร่องคู่จะต้องใช้อ่างอิงครอบคลุมรอยเชื่อมต่อทั้งสองด้านได้
2. ขอบชิ้นงานทดสอบต้องไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางจุลภาค เนื่องจากผลกระทบจากความร้อนจากการตัดเตรียมชิ้นงาน
3. ถ้าไม่มีข้อกำหนดพิเศษเฉพาะเป็นอย่างอื่น ขนาด ทิศทาง และตำแหน่งร่องบากของชิ้นงานทดสอบต้องเป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดไว้
4. ชิ้นงานทดสอบส่วนที่เป็นเนื้อเชื่อมควรอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดกับผิวหน้าส่วนกว้างสุดของรอยเชื่อม อย่างไรก็ตามส่วนที่เป็นเนื้อเชื่อมจะสามารถรับพลังงานแรงกระแทกได้สูงกว่าส่วนอื่น ๆ ถ้านำไปใช้ร่วมกันระหว่างเนื้อเชื่อม บริเวณผลกระทบร้อน และส่วนที่เป็นส่วนเนื้อโลหะงาน จะเป็นค่าที่ไม่ปลอดภัย
5. ในกรณีต้องการประเมินค่าความสามารถในการรับพลังงานกระแทกของเนื้อโลหะงานและบริเวณผลกระทบร้อน จะต้องกำหนดจุดเฉพาะตำแหน่งในการทำร่องบากให้ชัดเจน

4. เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก

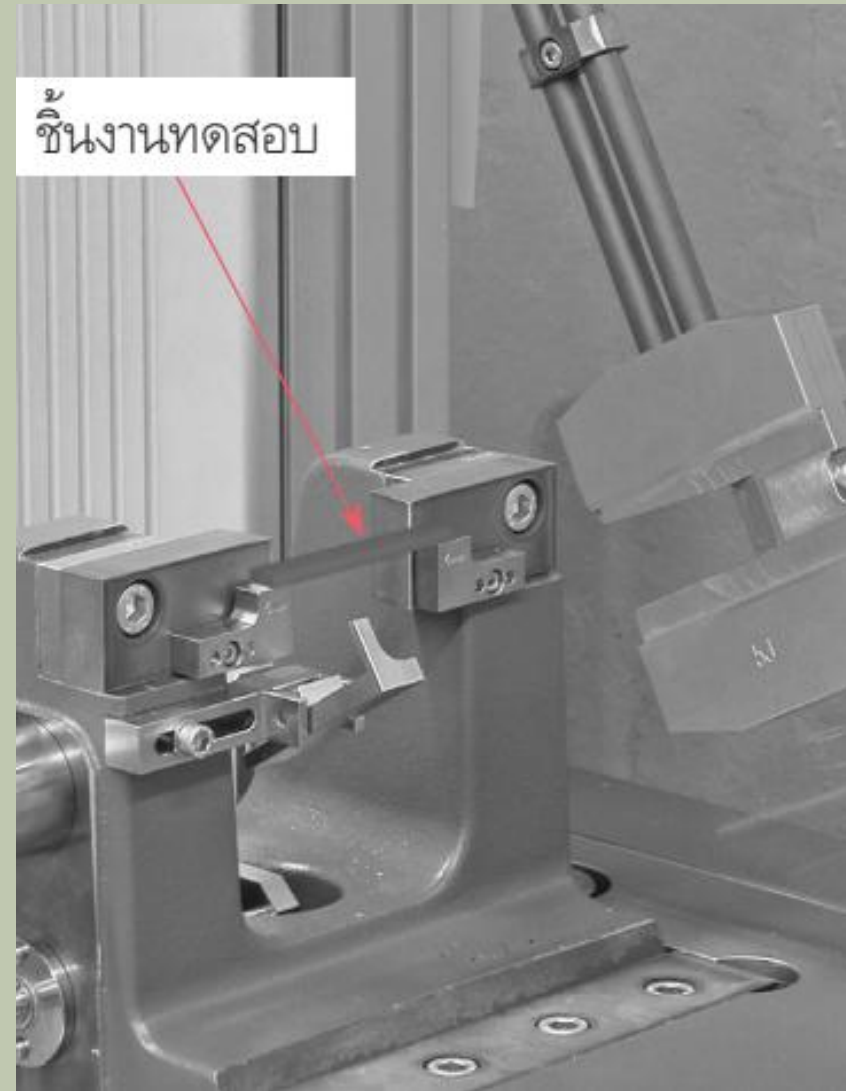
การทดสอบการกระแทกวัสดุมีอยู่หลายวิธี แต่สำหรับการทดสอบการกระแทกเหล็กกล้า นั้นนิยมใช้วิธีทดสอบแบบชาร์ปี (Charpy Test) และแบบไอซอด (Izod Test) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้เป็นวิธีที่ได้มาตรฐานและใช้เป็นปกติทั่วไปในสหรัฐอเมริกา ดังนี้

1. การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Test) เป็นการทดสอบโดยวางชิ้นงานทดสอบที่ปลายทั้งสองในตำแหน่งที่กำหนดของเครื่องมือทดสอบซึ่งเป็นส่วนที่รองรับการกระแทก จากนั้นชิ้นงานทดสอบจะต้องรับแรงกระแทกจากการดัดงอจากตรงกลางโดยการเหวี่ยงลูกตุ้มเป็นวิธีการทดสอบกับชิ้นงานที่ไม่มีรอยบากที่มีการกระแทกตามขอบ หากชิ้นงานทดสอบไม่แตกในลักษณะนี้ให้ทำการทดสอบโดยใช้ชิ้นงานทดสอบที่มีรอยบาก ผลการทดสอบจึงไม่สามารถเปรียบเทียบได้โดยตรง

ข้อดีของการทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี

1) ตรงกันข้ามกับการทดสอบแบบไอซอด คือ มีช่วงการใช้งานที่กว้างกว่า และเหมาะกว่า สำหรับการทดสอบวัสดุที่แสดงการแตกหักของแรงเฉือนระหว่างชั้นผิวหรือผลกระทบต่อพื้นผิว

2) ใช้สำหรับการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ เนื่องจากส่วนรองรับของชิ้นงานทดสอบอยู่ไกลจากรอยบาก จึงป้องกันการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็วไปยังบริเวณวิกฤติของชิ้นงานทดสอบได้

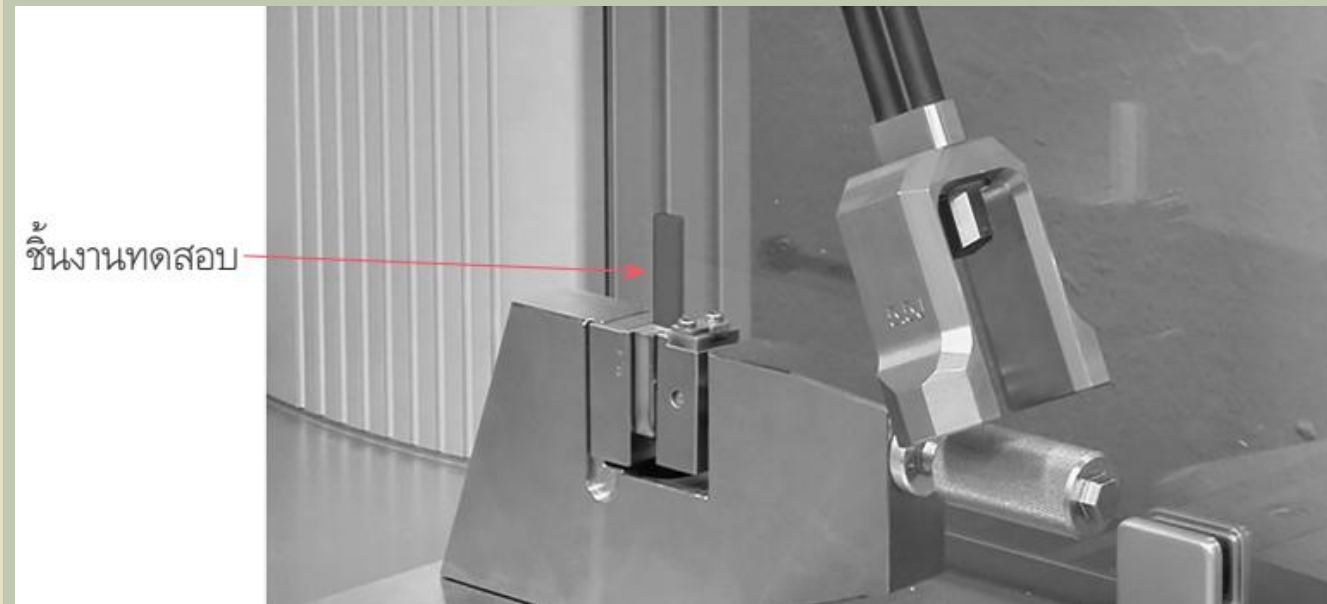


ลักษณะเครื่องมือทดสอบด้วยแรงกระแทกแบบชาร์ปี

2. การทดสอบแรงกระแทกแบบไอซอด (Izod Test) เป็นการทดสอบโดยการวางชิ้นงานทดสอบเหมือนการหนีบไว้ที่ปลายด้านหนึ่งของที่จับ และรับพลังงานที่ปล่อยออกมาจากลูกตุ้มที่ปลายอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้เกิดความเสียหายจากการกระแทก

ข้อดีของการทดสอบแรงกระแทกแบบไอซอด

- 1) ใช้สำหรับมาตรฐาน ASTM D256 ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันทั่วไปสำหรับชิ้นงานทดสอบที่มีรอยบาก
- 2) ใช้กับชิ้นงานทดสอบที่ไม่มีรอยบาก ซึ่งการกระแทกคานยื่นแบบไม่มีรอยบากที่อธิบายไว้ใน ASTM D4812 เป็นวิธีที่ใช้ไม่บ่อยนัก
- 3) ใช้กับชิ้นงานทดสอบขนาดเล็ก ซึ่งหากต้องการทดสอบกับชิ้นงานขนาดเล็กก็สามารุใช้วิธีการกระแทกตามมาตรฐาน ASTM D4508 ได้



ลักษณะเครื่องมือทดสอบ
ด้วยแรงกระแทกแบบไอซอด

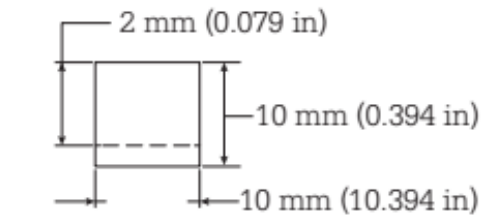
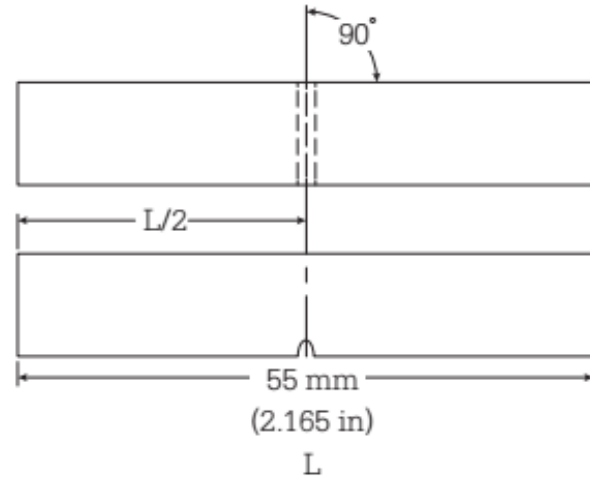
5. การเตรียมชิ้นงานและวิธีการทดสอบ

5.1 การเตรียมชิ้นงานในการทดสอบ

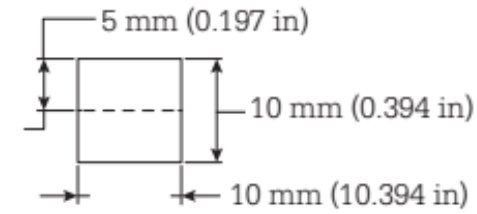
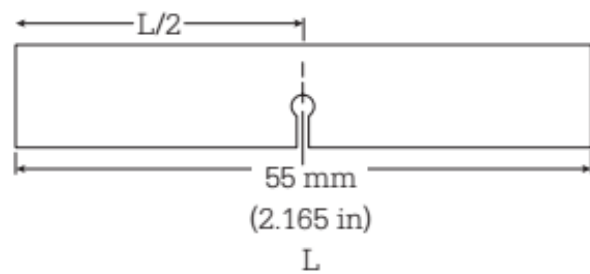
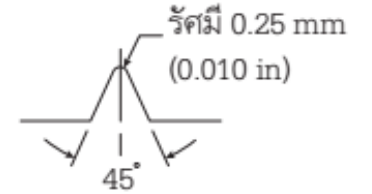
การกำหนดขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบด้วยแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM E23 (P.145-146) ส่วนมากจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของวัสดุที่จะทำการทดสอบ วัสดุอ่อน (Soft Nonferrous) และเหล็กกล้าแข็ง (Hardened Steel) ซึ่งจะเตรียมชิ้นงานทดสอบที่แตกต่างกัน กล่าวคือชิ้นงานทดสอบที่เตรียมให้มีมุมบากร่องแคบกว่าและลึกกว่า จะใช้จำแนกวัสดุที่เหนียวมาก ๆ (Very Ductile Materials) หรือเหมาะสมเมื่อใช้ความเร็วในการเหวี่ยงตีกระทัด

การเตรียมชิ้นงานทดสอบด้วยแรงกระแทกตามมาตรฐาน ASTM E23 กำหนดให้เตรียมชิ้นงานมาตรฐาน (Standard Impact Test Specimens) ตามความเหมาะสมดังนี้

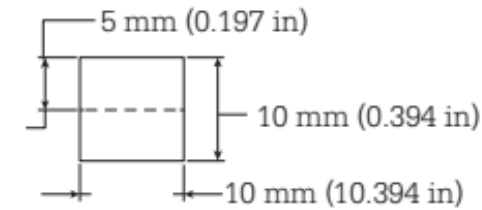
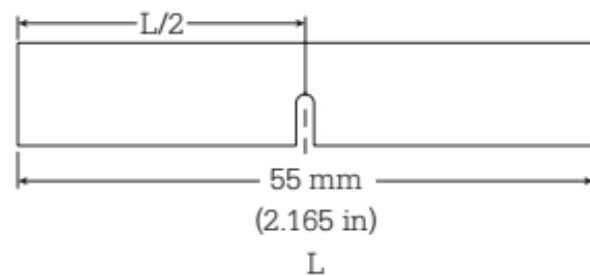
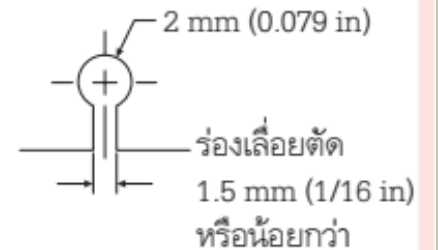
5.1.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบแบบชาร์ปี การเตรียมขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบแบบชาร์ปีที่นำมาใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทกดังภาพต่อไปนี้



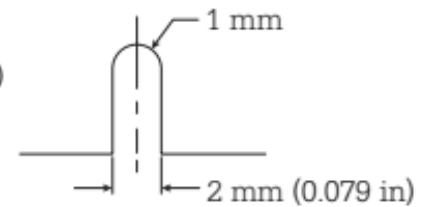
ชนิด A



ชนิด B



ชนิด C



ลักษณะขนาดและรูปร่าง
ของชิ้นงานทดสอบแบบชาร์ปี
ชนิด A, B และ C

ตารางแสดงลักษณะขนาดพิกัดของชิ้นงานทดสอบที่ใช้งานทั่วไปแบบชาร์ปี ชนิด A, B และ C ที่ยอมให้เปลี่ยนแปลงหรือผิดพลาดได้จากมาตรฐาน (Permissible Variations)

ขนาดพิกัดของชิ้นงานทดสอบที่ใช้งานทั่วไป แบบชาร์ปี ชนิด A, B และ C	ค่ายอมให้เปลี่ยนแปลงหรือผิดพลาดได้จาก มาตรฐาน
ระยะจากก้นร่องบากถึงขอบ (Notch Length to Edge)	มุมฉาก $90^{\circ} \pm 2^{\circ}$
ขอบชิดด้านข้างชิ้นงานทดสอบ (Adjacent Sides)	ค่าต่ำสุดเป็นมุมฉาก $90^{\circ} \pm 10^{\circ}$
ขนาดหน้าตัดขวาง (Cross-Section Dimension)	± 0.075 มิลลิเมตร (± 03.0 นิ้ว)

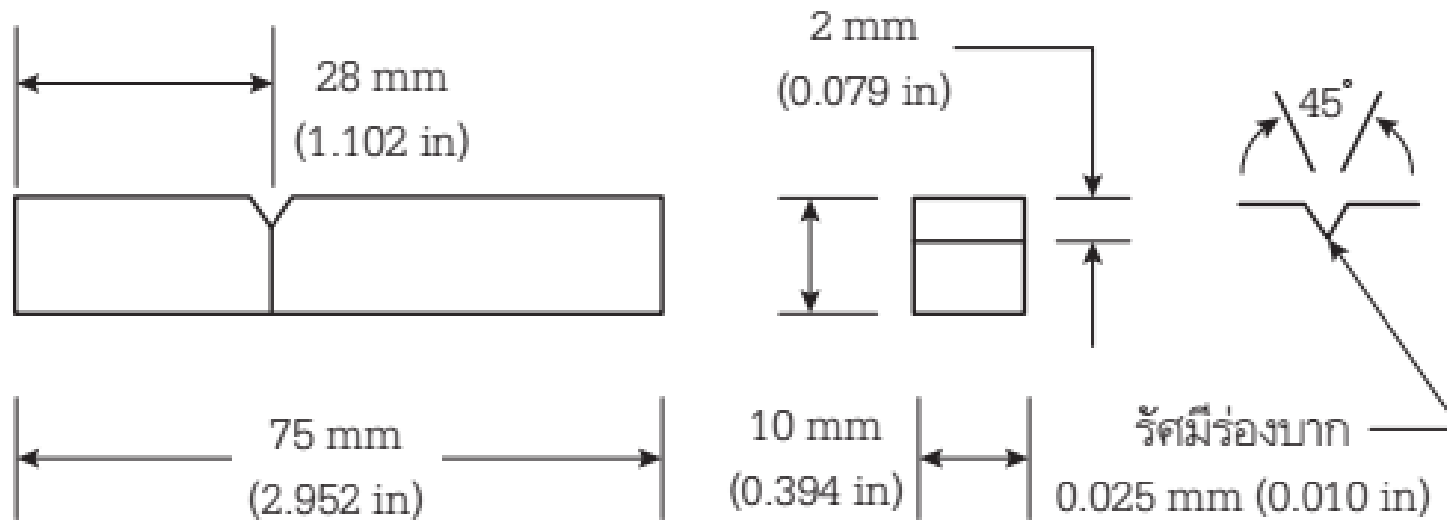
ตารางแสดงลักษณะขนาดพิกัด
ของชิ้นงานทดสอบที่ใช้งาน
ทั่วไปแบบชาร์ปี ชนิด A, B
และ C ที่ยอมให้เปลี่ยนแปลง
หรือผิดพลาดได้จากมาตรฐาน
(Permissible Variations) (ต่อ)

ขนาดพิกัดของชิ้นงานทดสอบที่ใช้งานทั่วไป แบบชาร์ปี ชนิด A, B และ C	ค่ายอมให้เปลี่ยนแปลงหรือผิดพลาดได้จาก มาตรฐาน
ความยาวของชิ้นงานทดสอบ (Length of Specimen: L)	+0, -2.5 มิลลิเมตร (+0, -0.100 นิ้ว)
ระยะกึ่งกลางร่องบาก (Centering of Notch: L/2)	±1 มิลลิเมตร (±0.03 นิ้ว)
มุมร่องบาก (Angle of Notch)	±1°
รัศมีร่องบาก (Radius of Notch)	+0.025 มิลลิเมตร (±0.001 นิ้ว)
ความลึกร่องบาก (Depth of Notch): - ชิ้นงานทดสอบชนิด A - ชิ้นงานทดสอบชนิด B และ C	+0.025 มิลลิเมตร (±0.001 นิ้ว) +0.075 มิลลิเมตร (± 0.003 นิ้ว)
ความเรียบของผิวชิ้นงานทดสอบ (Finish Requirements)	ผิวหน้าด้านร่องบากและผิวหน้าด้านตรงข้าม ร่องบากมีความละเอียดเท่ากับ 2 ไมโครเมตร (2 μm) หรือ 63 ไมโครนิ้ว (63 μin) และผิวที่เหลือด้านข้าง อีกสองด้านมีความละเอียดเท่ากับ 4 ไมโครเมตร (4 μm) หรือ 125 ไมโครนิ้ว (125 μin)

ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบแบบชาร์ปี่ที่นำมาใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก



5.1.2 การเตรียมชิ้นงานทดสอบแบบไอซอด การเตรียมขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบแบบไอซอดที่นำมาใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก ดังภาพต่อไปนี้



ลักษณะขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบแบบไอซอดชนิด D

ตารางแสดงลักษณะขนาด
พิกัดของชิ้นงานทดสอบที่ใช้
งานทั่วไปแบบไอซอดชนิด D
ที่ยอมให้เปลี่ยนแปลงหรือ
ผิดพลาดได้จากมาตรฐาน
(Permissible Variations)

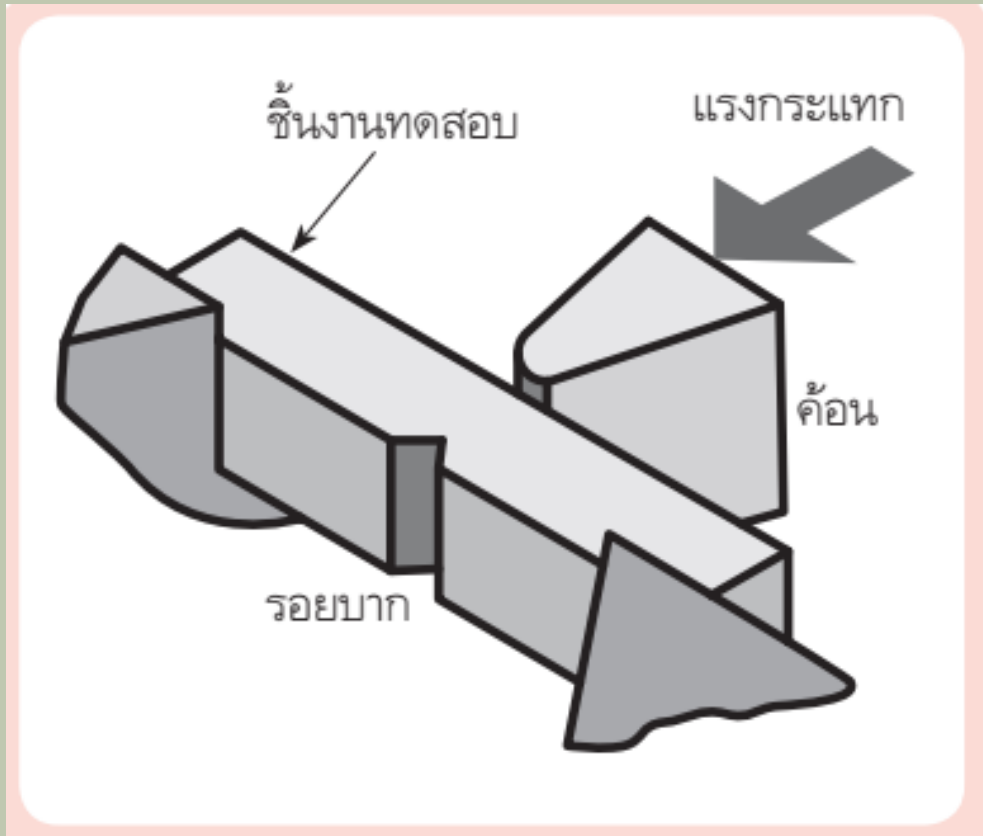
ขนาดพิกัดของชิ้นงานทดสอบที่ใช้งานทั่วไป แบบไอซอด ชนิด D	ค่ายอมให้เปลี่ยนแปลงหรือผิดพลาดได้จาก มาตรฐาน
ระยะจากร่องบากถึงขอบ (Notch Length of Edge)	มุมฉาก 90° (±2 นิ้ว)
ขนาดหน้าตัดขวาง (Cross-Section Dimension)	±0.25 มิลลิเมตร (±0.01 นิ้ว)
ความยาวของชิ้นงานทดสอบ (Length of Specimen: L)	+0, -2.5 มิลลิเมตร (+0, -0.100 นิ้ว)
มุมร่องบาก (Angle of Notch)	±1°
รัศมีร่องบาก (Radius of Notch)	+0.025 มิลลิเมตร (±0.001 นิ้ว)
ความลึกร่องบาก (Depth of Notch)	+0.025 มิลลิเมตร (±0.001 นิ้ว)
ขอบชิดด้านข้างชิ้นงานทดสอบ (Adjacent Sides)	ค่าต่ำสุดเป็นมุมฉาก 90° ± 10°
ความเรียบผิวชิ้นงานทดสอบ (Finish Requirements)	ผิวหน้าด้านร่องบากและผิวหน้าด้านตรงข้าม ร่องบากมีความละเอียดเท่ากับ 2 ไมโครเมตร (2 μm) หรือ 63 ไมโครนิ้ว (63 μin) และผิว ที่เหลือด้านข้างอีกสองด้านมีความละเอียด เท่ากับ 4 ไมโครเมตร (4 μm) หรือ 125 ไมโครนิ้ว (125 μin)

ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดสอบแบบไอซอดที่นำมาใช้ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก

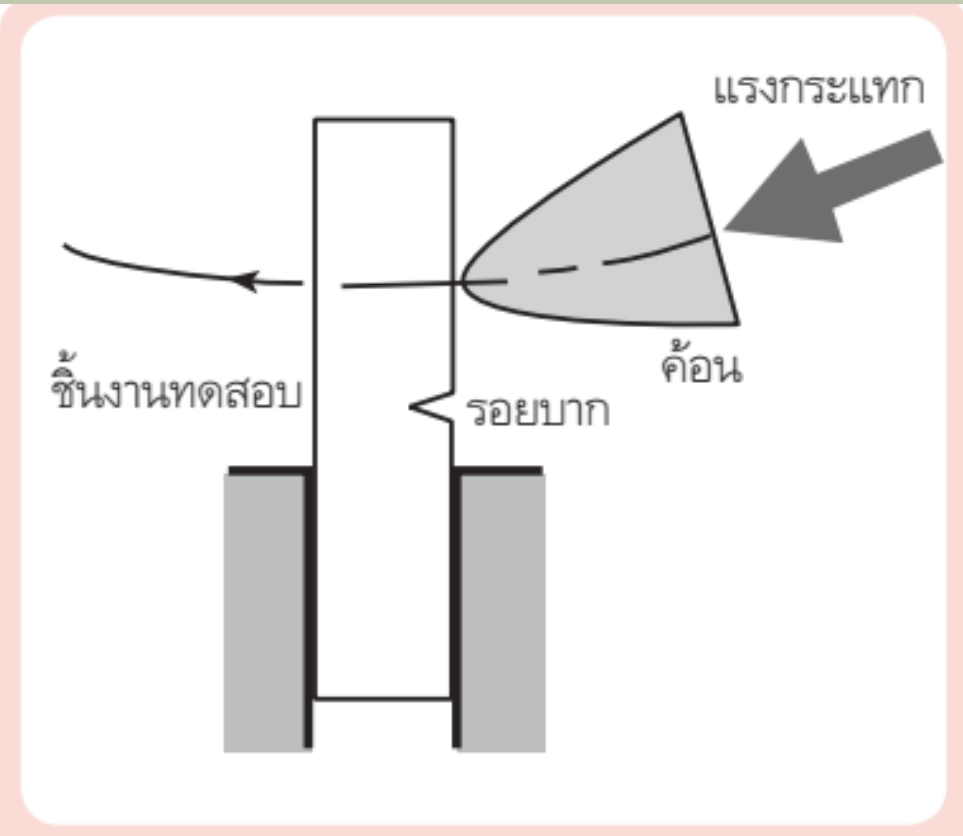


5.2 วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี (Charpy Impact Test) และแบบไอซอด (Izod Impact Test) จะมีความคล้ายกัน คือ จะวางชิ้นงานทดสอบไว้รับแรงกระแทกจากการเหวี่ยงของลูกตุ้มที่น้ำหนักค่าหนึ่ง (น้ำหนักและขนาดของตุ้มน้ำหนักจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่เลือกใช้ในการทำการทดสอบที่ระบุไว้) พลังงานที่กระแทกชิ้นงานทดสอบขึ้นอยู่กับมวลของลูกตุ้มและความเร็วของมันขณะกระแทก จุดกระแทกจะเป็นจุดต่ำสุดของการเหวี่ยง ซึ่งเป็นจุดที่ลูกตุ้มมีความเร็วสูงสุด เมื่อลูกตุ้มกระทบชิ้นงานทดสอบ ลูกตุ้มจะเสียพลังงานไปจำนวนหนึ่งในการทำให้ชิ้นงานทดสอบหัก ค่าพลังงานที่เสียไปนี้เรียกว่าค่าพลังงานรับแรงกระแทก (Impact Energy)



การทดสอบด้วยแรงกระแทกแบบชาร์ปี



การทดสอบด้วยแรงกระแทกแบบไอซอด

ข้อแตกต่างระหว่างวิธีการทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปีและแบบไอซอด

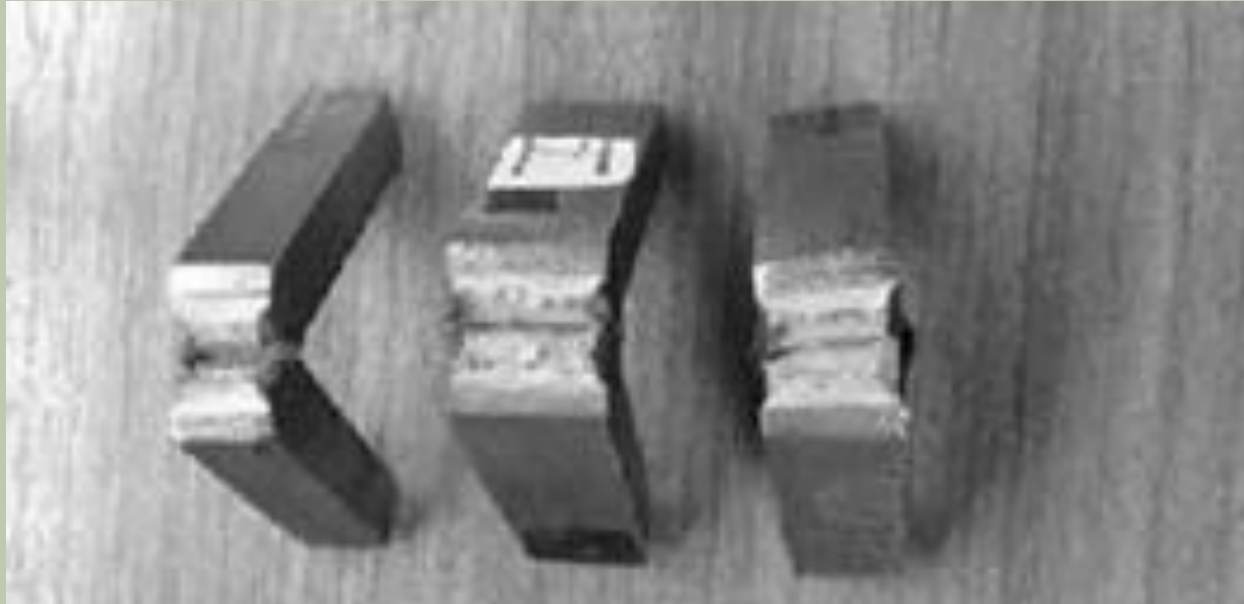
- 1. การวางชิ้นงานทดสอบ** โดยแบบชาร์ปีจะวางชิ้นงานทดสอบไว้ในแนวระดับและให้ลูกตุ้มตกกระทกที่ด้านตรงข้ามกับรอยบาก ส่วนแบบไอซอดจะวางชิ้นงานทดสอบไว้ในแนวตั้งและให้ลูกตุ้มกระทกกับด้านที่มีรอยบาก
- 2. ชิ้นงานทดสอบ** จะเป็นแท่งยาว มีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสและมีรอยบากอยู่ตรงกลาง รอยบากนี้จะทำเป็นรูปตัว V, U หรือรูปรูปกุญแจ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและมาตรฐานการทดสอบที่เลือกใช้

6. ลักษณะการแตกหักของชิ้นงานทดสอบด้วยแรงกระแทก

ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก วัสดุหรือเนื้อเชื่อมจะมีการแตกหัก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ดังนี้

1. การแตกหักแบบเปราะ (Brittle Fracture) วัสดุหรือเนื้อเชื่อมที่แตกหักแบบเปราะมาก ๆ จะแตกหักแบบไม่มีการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรหรือยืดตัวออก
2. การแตกหักแบบเหนียว (Ductile Fracture) วัสดุจะมีแรงกระแทกสูงกว่า และมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร หรือมีการยืดตัวออกก่อนจะแตกหัก

ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก นอกจากจะมีค่าพลังงานแรงกระแทกในการพิจารณาสมบัติของวัสดุแล้ว ยังต้องคำนึงถึงค่าเปอร์เซ็นต์การแตกหักเนื่องจากแรงเฉือน (Percent Shear Fracture) และการขยายตัวด้านข้าง (Lateral Expansion) อีกด้วย ดังภาพต่อไปนี้



ลักษณะการแตกหักของชิ้นงานทดสอบ

7. ลักษณะการแตกหักของชิ้นงานทดสอบด้วยแรงกระแทก

7.1 ตัวแปรสำคัญที่มีผลกระทบต่อ การทดสอบด้วยแรงกระแทก

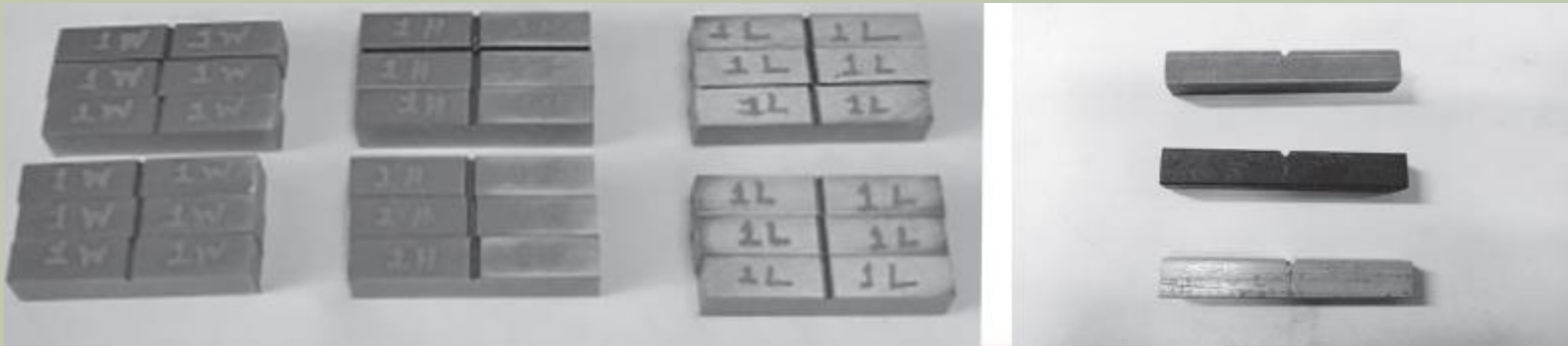
7.1.1 ความเร็วของการกระแทก ตามมาตรฐานทดสอบแรงกระแทก (ASTM E23, P.152) กำหนดความเร็วในการตีของค้อนเหวี่ยงกระแทกที่เครื่องทดสอบต้องไม่น้อยกว่า 3 เมตรต่อวินาที (m/s) หรือ 10 ฟุตต่อวินาที (ft/s) หรือไม่เกิน 20 ฟุตต่อวินาที (6 เมตรต่อวินาที) ค่าที่เหมาะสมตามมาตรฐานการทดสอบสมบัติเชิงกล ASTM A370 (P.242) ควรอยู่ที่ 16-19 ฟุตต่อวินาที (ft/s) หรือ 4.9-5.8 เมตรต่อวินาที (m/s) จากการทดลองพบว่าถ้าเพิ่มความเร็วในการทดสอบสูงขึ้นจนเลยจุดวิกฤติ จะมีผลทำให้ความต้านทานแรงกระแทก ลดลงอย่างมาก

อัตราการลดลงของความต้านทานแรงกระแทกเนื่องจากความเร็วกระแทกวิกฤติ
ของเหล็กกล้าชนิดเดียวกัน พบว่าเหล็กกล้าที่ผ่านการอบอ่อน (Annealed Condition) จะมี
ค่าความต้านทานสูงกว่าเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็ง (Hardened Condition)



ลักษณะการกำหนดความเร็วในการตีของค้อนเหวี่ยงกระแทก

7.1.2 รูปร่างและขนาดของชิ้นงานทดสอบ ชิ้นงานทดสอบที่มีร่องบาก (Notch) ต่างกัน จะมีผลต่อความสามารถในการรับพลังงานกระแทกที่แตกต่างกัน ชิ้นงานทดสอบที่มีร่องบากกว้างจะมีค่าความต้านทานแรงกระแทกสูงกว่าชิ้นงานทดสอบที่มีมุมร่องบากแคบ



ลักษณะรูปร่างและขนาดของชิ้นงานทดสอบที่มีร่องบาก

7.1.3 อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ มาตรฐานการทดสอบด้วยแรงกระแทก ASTM E23 (P.242, P.243) กำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบแรงกระแทกตามมาตรฐานหรือตามความต้องการของลูกค้าคือ ต้องแกว่งชิ้นงานทดสอบและควบคุมอุณหภูมิของตัวกลางให้อยู่ภายใน ± 2 °F (1 °C) ของอุณหภูมิที่กำหนด โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เรียกว่า Thermocouple เครื่องมือวัดชนิดนี้จะต้องปรับเทียบค่า (Calibration) ทุก 6 เดือน

การกำหนดอุณหภูมิตัวกลางที่ทำการแช่ชิ้นงานทดสอบ กำหนดตามมาตรฐาน ASTM E23 (P.144) หรือข้อตกลงใช้งานต้องไม่ต่ำกว่า -196 °C (-320 °F หรือ 77 K) ตามมาตรฐาน ASTM E23 (P.148) และตามมาตรฐาน ASTM A370 (P.243) ได้ให้คำแนะนำว่าการแช่ชิ้นงานทดสอบต้องแช่ไว้ในตัวกลางตามระยะเวลาที่กำหนด คือ ตัวกลางที่เป็นของเหลวต้องแช่อย่างน้อยที่สุด 5 นาที และตัวกลางที่เป็นแก๊สจะต้องแช่อย่างน้อยที่สุด 30 นาที เพื่อเป็นการควบคุมอุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบให้อยู่ภายใน ± 2 °F (1 °C) ของอุณหภูมิตดสอบตามที่มาตรฐานกำหนด

กรณีอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน ASTM A370 (P.242) แนะนำให้แช่ในตัวอย่างที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำแข็งแห้ง น้ำเย็น อะซิโตน หรือไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen ที่อุณหภูมิ $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) ส่วนกรณีที่ระดับอุณหภูมิห้อง ให้ใช้ตัวอย่างที่เป็นของเหลวร้อน เช่น น้ำมันแร่ น้ำมันซิลิโคน หรือแช่ในเตาอบ ทั้งกรณีทดสอบที่อุณหภูมิต่ำและทดสอบที่อุณหภูมิสูง ก่อนทำการทดสอบต้องทำการควบคุมอุณหภูมิของคีมจับชิ้นงานทดสอบให้อยู่ในระดับเดียวกับอุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบ

ตัวอย่างที่เป็นของเหลวควรใช้ภาชนะบรรจุของเหลวที่มีความแข็งแรงและทนต่ออุณหภูมิตัวอย่างได้ในขณะที่ทำการแช่ชิ้นงานทดสอบ ตัวอย่างของของเหลวควรท่วมเหนือชิ้นงานทดสอบอย่างน้อย 1 นิ้ว (25 มิลลิเมตร) ตำแหน่งด้านข้างและด้านล่างของชิ้นงานทดสอบจะต้องวางห่างจากผนังภาชนะบรรจุตัวอย่างไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว (25 มิลลิเมตร) และต้องระวังไม่ให้ส่วนหนึ่งส่วนใดของชิ้นงานทดสอบสัมผัสกับผนังภาชนะบรรจุ



การกำหนดคุณสมบัติของชิ้นงานทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ
ด้วยแรงกระแทกตามมาตรฐาน

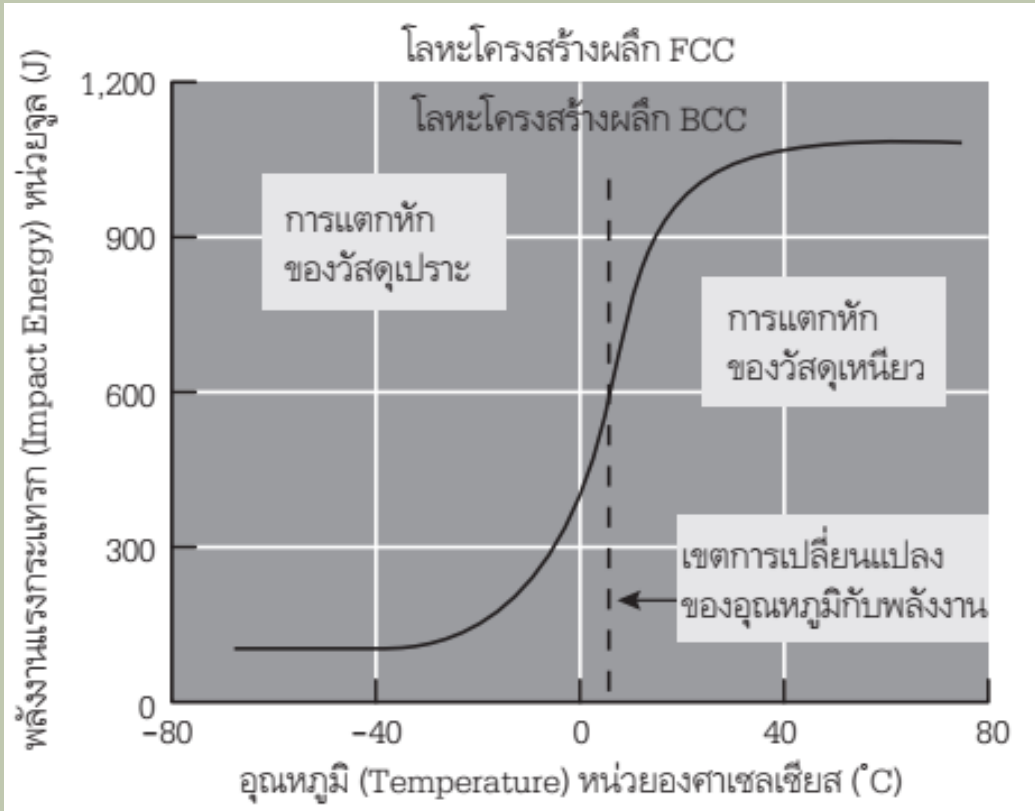
7.2 ข้อควรทราบเรื่องอุณหภูมิทดสอบตามมาตรฐาน ASTM E23 ในการทดสอบด้วยแรงกระแทก

7.2.1 การทดสอบที่อุณหภูมิ $+260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+500\text{ }^{\circ}\text{F}$) ในตัวกลางน้ำมันต้องสังเกตและระวังเป็นพิเศษ เพราะอาจทำให้เกิดการลุกไหม้ได้

7.2.2 การทดสอบที่อุณหภูมิต่ำ $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-320\text{ }^{\circ}\text{F}$ หรือ 77 K) เพียงพอที่จะใช้กับการทดสอบโลหะได้ทุกชนิด

7.2.3 การศึกษาพบว่า ชิ้นงานทดสอบที่ร้อน $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในน้ำร้อน อุณหภูมิจะลดลง $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ เนื่องจากมีการถ่ายเทความร้อนไปที่แท่นรองดีชิ้นงานทดสอบ

7.2.4 ระยะเวลาในการจับชิ้นงาน การจับชิ้นงานทดสอบไปวางบนแท่นรองที่เครื่องทดสอบและปล่อยค้อนให้ตีหักต้องปฏิบัติให้เสร็จภายในระยะเวลา 5 วินาที เพราะเมื่อจับชิ้นงานออกจากตัวกลาง จะมีผลทำให้อุณหภูมิมักมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก และมีผลต่อความเหนียวและความเปราะเนื่องจากโลหะมีความเหนียวที่อุณหภูมิสูงจะเปลี่ยนเป็นความเปราะที่อุณหภูมิต่ำ เรียกอุณหภูมิต่ำที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนสภาพจากความเหนียวเป็นความเปราะว่า “เขตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกับพลังงาน



ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ
อุณหภูมิกับพลังงานแรงกระแทก

จากภาพพบว่าวัสดุที่มีโครงสร้างผลึกแบบ FCC (Face Center Cubic) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่า

ความสามารถในการดูดซับพลังงานแรงกระแทกมากนัก โดยเฉพาะโลหะจำพวกอะลูมิเนียม ทองแดง และ เหล็กกล้าสแตนเลสออสเทนนิติก จะไม่มี Transition Zone คือ ยังคงความเหนียวอยู่ แม้มีอุณหภูมิต่ำติดลบ ก็ตาม แต่วัสดุที่มีโครงสร้าง BCC (Body Center Cubic) และ HCP (Hexagonal Close Pack) เช่น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เหล็กกล้าผสมสูงที่ไม่ใช่โครงสร้างออสเทนนิติก ค่าพลังงานแรงกระแทกจะเปลี่ยนแปลงมากตามความลาดชันของเส้นโค้ง คือ มีค่าต่ำมากจนถึงจุด ๆ หนึ่ง และจะคงที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

โดยทั่วไปมาตรฐานการทดสอบแรงกระแทกจะกำหนดค่าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจากเหนียวเป็นเปราะที่ อุณหภูมิ $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$

7.2.5 ร่องบาก (Notch) ชิ้นงานทดสอบมาตรฐาน จะระบุขนาดของชิ้นงานทดสอบที่ได้มาตรฐาน คือ หน้าตัด 10×10 มิลลิเมตร ความยาวของชิ้นงานทดสอบ 55 มิลลิเมตร







ลักษณะของร่องบากและประโยชน์ของการเตรียมร่องบากของชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐานต่าง ๆ มีดังนี้

1) ลักษณะของร่องบาก แบ่งออกได้ดังนี้

(1) ร่องบากวี (V-Notch) ลึก 2 มิลลิเมตร รัศมีโค้งก้นร่องตัววีเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร กรณีขนาดชิ้นงานเชื่อมไม่สามารถเตรียมชิ้นงานทดสอบตามขนาดมาตรฐานได้ ให้ใช้ชิ้นงานทดสอบตัวแทนซึ่งที่นิยมใช้ คือ ความกว้างของชิ้นงานทดสอบ 7.5 มิลลิเมตร หรือ 5 มิลลิเมตร ทำร่องบากที่ด้านหน้าด้านใดด้านหนึ่ง นิยมใช้กับชิ้นงานทดสอบงานเชื่อมและโลหะเหนียวทั่วไป

(2) ร่องบากยู (U-Notch) ลึก 5 มิลลิเมตร รัศมีโค้งก้นร่องตัววีเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ทำร่องบากที่ด้านหน้าด้านใดด้านหนึ่ง ตกแต่งด้วยวิธีกลให้ขอบทุกด้านขนานกัน ใช้ทดสอบกับวัสดุที่มีความเปราะ เช่น เหล็กหล่อ พลาสติก เป็นต้น

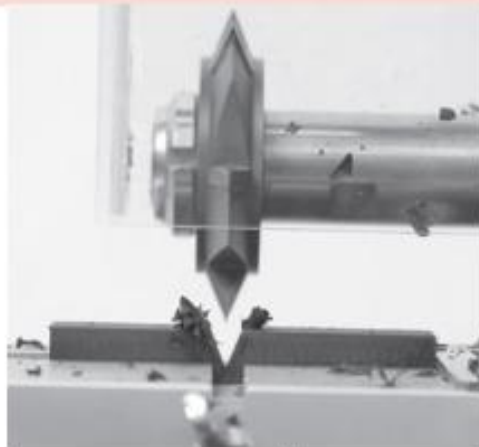
ตารางแสดงลักษณะการเปรียบเทียบมุมร่องบากที่มีผลกระทบต่อการรับพลังงานกระแทก

มุมรวมร่องบาก (องศา)	รูปร่างร่องบาก	ค่าพลังงานแรงกระแทก	
		จูล (J)	ฟุต-ปอนด์
0		30.0	22.1
30		33.1	24.4
60		31.3	23.1
90		35.1	35.9
120		56.7	41.8
150		89.8	66.2
180		85.6	63.2

2) ประโยชน์ของการเตรียมร่องบากของชิ้นงานทดสอบตามมาตรฐานต่าง ๆ มีดังนี้

- (1) จำกัดความเค้นรวมให้อยู่ที่ร่องบาก
- (2) ทำให้ชิ้นงานทดสอบแตกหักในตำแหน่งที่ต้องการ โดยไม่ต้องใช้พลังงานแรงกระแทก
- (3) รอยบากมีผลทำให้โลหะเหนียว มีแนวโน้มเกิดการแตกหักแบบเปราะได้
- (4) แยกความสามารถในการดูดซับพลังงานกระแทกของวัสดุเหนียวและวัสดุเปราะบางได้

ชัดเจน



การเตรียมร่องบากชิ้นงานทดสอบ



ชิ้นงานทดสอบ

ลักษณะการเตรียมร่องบากชิ้นงานทดสอบโดยใช้วิธีการกัด

7.2.6 ตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ การแปรรูป การกระจายความเค้น การอบชุบโลหะ โครงสร้างผลึก ในกรณีงานเชื่อมโลหะ ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อความต้านทานแรง กระแทกอย่างมาก ได้แก่ กระบวนการเชื่อม ปริมาณความร้อนเข้าในการเชื่อม อัตราการเย็นตัวของรอยเชื่อม ส่วนผสมทางเคมีของโลหะงานและลวดเชื่อมเติม การปรับค่าพารามิเตอร์ในการเชื่อม โครงสร้างจุลภาคของเนื้อเชื่อม และบริเวณ ผลกระทบร้อน (HAZ)

สรุป

การทดสอบด้วยแรงกระแทกเป็นกรรมวิธีการทดสอบโดยใช้แรงพลศาสตร์ เป็นการทดสอบหาค่าความต้านทานแรงกระแทกของรอยเชื่อมหรือรอยต่อลักษณะต่าง ๆ ในการรับภาระได้มากน้อยเพียงใด โดยการหาค่าความหนาแน่นของวัสดุงาน วัสดุเชื่อม หรือรอยเชื่อม ในงานเชื่อมพอกผิวแข็งเหล็กกล้าทนการสึกหรอ งานเชื่อมต่อเหล็กกล้าทนความร้อน และงานเชื่อมต่อสำหรับใช้งานอุณหภูมิต่ำหรืออุณหภูมิตดลบ เพื่อต้องการหาความสามารถในการดิ่งกลืนพลังงานของวัสดุภายใต้การกระแทก ซึ่งทำได้โดยการใช้พลังงานกระแทกชิ้นงานทดสอบจนแตกหัก โดยการใช้ค้อนเหวี่ยงตีชิ้นงานทดสอบเพียงครั้งเดียวให้แตกหักภายใต้ภาระที่กำหนด ชิ้นงานทดสอบจะต้องผ่านการตกแต่งผิวด้วยเครื่องจักรให้ได้ขนาด รูปร่าง และมีร่องบากตามมาตรฐานด้วย

การทดสอบการกระแทกวัสดุมีอยู่หลายวิธี แต่สำหรับการทดสอบการกระแทกเหล็กกล้า นั้นนิยมใช้วิธีทดสอบแบบชาร์ปีและแบบไอซอด ซึ่งทั้งสองวิธีนี้เป็นวิธีที่ได้มาตรฐานและใช้เป็นปกติทั่วไปในสหรัฐอเมริกา