บทที่ 4
การจัดการและลำดับขั้นตอนในการตรวจสอบ

4.1 การตัดสินผลการดำเนินคุณภาพ

การตัดสินผลการดำเนินคุณภาพของงานเชื่อมสามารถจัดลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. การรับรองการใช้มาตรฐาน
2. การรับรองขอบเขตของการตรวจสอบ
3. การรับรองกำหนดการของงานการตรวจสอบ
4. การรับรองสภาพแวดล้อมของการตรวจสอบ
5. การรับรองคุณวุฒิของบุคลากรตรวจสอบงานเชื่อม
6. การจำลองงานจริงเพื่อการซักซ้อมงานการตรวจสอบ
7. การกำหนดและรับรองสมรรถนะเครื่องมือและอุปกรณ์ตรวจสอบ
8. การเตรียมสภาพชิ้นงานสำหรับการตรวจสอบ
9. การประชุมพิจารณาร่วมกันกับบุคคลคณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
10. ข้อกำหนดปลีกย่อย

4.2 ลำดับขั้นตอนในการตรวจสอบงานเชื่อม

การตรวจสอบงานเชื่อมมีลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ

4.2.1การตรวจสอบก่อนการเชื่อม ในการตรวจสอบก่อนปฏิบัติการเชื่อมประกอบด้วยหลักการสำคัญดังต่อไปนี้

1. สร้างความคุ้นเคยกับลักษณะงานและข้อกำหนดต่างๆ ด้านการตรวจสอบเกี่ยวกับแบบงานข้อกำหนด กระบวนการ และคุณสมบัติงานเชื่อม เป็นต้น
2. ตรวจสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับวัสดุเชื่อมประสาน และกำหนดวัสดุชิ้นงานให้ถูกต้องตามข้อกำหนด
3. ตรวจสอบการเตรียมรอยต่องานเชื่อมให้ตรงกับแบบงาน พร้อมทั้งสภาพพื้นผิวงานที่เหมาะสม

4330065
TS
25 .A3
2 2234 17
2540 c.2

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

4. ตรวจสอบขนาดของแต่ละชิ้นส่วนให้ถูกต้อง เพราะมีผลกระทบถึงขนาดของชิ้นงานสำเร็จ

5. การตรวจสอบขนาดในการประกอบชิ้นงานให้ถูกต้อง โดยเน้นที่การเว้นว่างของรอยต่องานเชื่อม

6. ตรวจสอบข้อกำหนดในการประกอบชิ้นงานได้แก่ แผ่นรองหลังงานเชื่อม ฟลักซ์ เป็นต้น

7. ขั้นสุดท้ายคือ ความเรียบร้อย ความสะอาด และสภาพการเชื่อมจุดเพื่อประกบยึดชิ้นงานให้เป็นไปตามเงื่อนไขกำหนด รวมทั้งวัสดุ ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมจุด

8. ในกรณีที่มีการให้ความร้อนอุ่นงานก่อนเชื่อม จะต้องมีการรักษาระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาให้คงที่ตามเงื่อนไขกำหนด

4.2.2 การตรวจสอบระหว่างปฏิบัติงานการเชื่อม จุดมุ่งหมายของการตรวจสอบระหว่างปฏิบัติงานการเชื่อม เพื่อให้การปฏิบัติงานการเชื่อมดำเนินการไปตามเงื่อนไขกำหนด

1. การตรวจสอบกระบวนการและกรรมวิธีการเชื่อมตามเงื่อนไขกำหนด

2. วัสดุลวดเชื่อมและโลหะเชื่อม โดยตรวจสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติการเก็บการรักษาสภาพของวัสดุลวดเชื่อมตามระดับความสำคัญของงาน นอกจากนี้ต้องบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบกำจัดความชื้นวัสดุเชื่อมด้วย

3. ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมต้องสำรวจความพร้อมของเครื่องมือและอุปกรณ์เชื่อม ซึ่งรวมถึงอุปกรณ์จับยึดต่างๆ ด้วย

4. ตรวจสอบเกี่ยวกับสภาพการเชื่อม ได้แก่ กระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า ความเร็วการเชื่อมเทคนิคการเดินแนวเชื่อม ลำดับขั้นตอนการเชื่อม และสภาพการต่อขั้วไฟฟ้าเพื่อการเชื่อม เป็นต้น

5. ตรวจสอบความคงที่ของระดับอุณหภูมิอุ่นชิ้นงานเชื่อมและระยะเวลาต้องเป็นไปตามเงื่อนไขข้อกำหนด เพื่อให้ปริมาณความร้อนในชิ้นงานเชื่อมอิ่มตัวตลอดปริมาตรของชิ้นงาน ไม่ใช้เป็นเพียงปริมาณของชิ้นงาน ไม่ใช้เป็นเพียงปริมาณความร้อนได้ระดับเฉพาะผิวหน้าชิ้นงานเท่านั้น

6. ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมต้องผ่านการับรองคุณวุฒิระดับต่างๆ กัน ซึ่งต้องกำหนดให้เหมาะสมกับระดับความสำคัญของงาน ณ ตำแหน่งต่างๆ ตามมาตรฐานกำหนด สำหรับในกรณีที่ผ่านการับรองคุณวุฒิด้วย

7. ผู้ตรวจสอบงานเชื่อม ต้องติดตามงานการเชื่อมจากผู้ปฏิบัติงานเชื่อมอย่างใกล้ชิด ในกรณีที่ไม่มั่นใจในผลการเชื่อม หรือ การปฏิบัติงานเชื่อมในตำแหน่งวิกฤต ต้องปรึกษากับผู้ควบคุมการเชื่อมเพื่อทำการตรวจสอบและรับรองคุณวุฒิของผู้ปฏิบัติงานเชื่อมใหม่ เพื่อให้ได้ผลงานเชื่อมที่สมบูรณ์ตามเงื่อนไขกำหนด

8. ผู้ตรวจสอบงานเชื่อมต้องกำหนดระดับอุณหภูมิระหว่างปฏิบัติการเชื่อมให้คงที่ และในกรณีที่ปรากฏลักษณะบกพร่องระหว่างปฏิบัติงานเชื่อม ต้องได้รับการกำจัดลักษณะบกพร่องที่ตรวจพบออกเสียก่อน ที่จะเริ่มต้นปฏิบัติงานเชื่อมใหม่ ต้องรักษาอุณหภูมิระหว่างการเชื่อมให้เข้าสู่ระดับเดิม

9. ตรวจสอบสภาพการทำความสะอาดงานเชื่อมได้แก่ การเคาะ การเจียระไน การตัดเซาะ เป็นต้น ให้ถูกต้องตามมาตรฐานกำหนด

4.2.3 การตรวจสอบภายหลังงานเชื่อม การตรวจสอบเกี่ยวกับความผิดพลาดภายหลังงานการเชื่อม โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นถูกต้องตามแบบงานและข้อกำหนด ซึ่งได้รับการคำนวณและออกแบบโดยเน้นที่จุดสำคัญ บริเวณงานเชื่อม ซึ่งมีจุดที่พิจารณาดังนี้

1. ตรวจสอบขนาดจำเพาะของแนวเชื่อมได้แก่ ส่วนนูนเสริมแรง ความยาวแนวเชื่อม และความยาวฐานแนวเชื่อม เป็นต้น โดยใช้เกจวัดงานเชื่อม ซึ่งมีให้เลือกใช้งานอยู่หลายรูปแบบตามความเหมาะสมกับลักษณะงานต่างๆ กัน

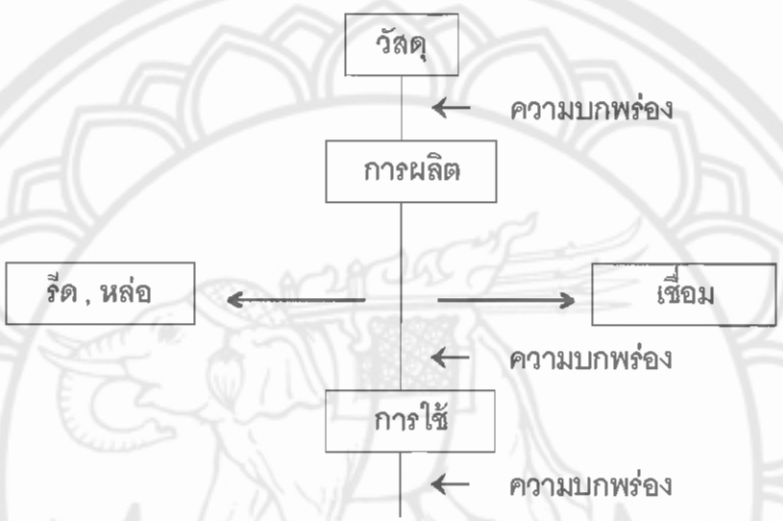
2. ตรวจสอบลักษณะของงานเชื่อมที่เกิดขึ้นทั้งผิวหน้า และภายในเนื้อโลหะเชื่อม โดยใช้วิธีการตรวจสอบต่างๆ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

3. ตรวจสอบลักษณะบกพร่องที่ไม่ได้เกิดขึ้นในบริเวณแนวเชื่อมได้แก่

1. ลักษณะบกพร่องในโลหะชิ้นงาน
2. ลักษณะแนวซึมลึกด้านหลัง
3. ลักษณะบิดเบี้ยวของงาน

การผลิตหรือสร้างผลิตภัณฑ์เพื่อการใช้งาน ผลงานที่หวังผลได้ต้องสมบูรณ์และถูกต้องตามมาตรฐานและการออกแบบ แต่ในสภาพความเป็นจริงสามารถเกิดลักษณะบกพร่องขึ้นได้เสมอ

ในรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ความบกพร่องสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ ความบกพร่องจากวัสดุที่นำมาใช้งาน ความบกพร่องจากการผลิตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความบกพร่องจากการรีด การหล่อและการเชื่อม นอกจากนี้ภายหลังจากนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งานยังสามารถเกิดความบกพร่องขึ้นได้



รูปที่4.1 แสดงไดอะแกรม ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุ การผลิต และความบกพร่อง

สำหรับการผลิตโดยวิธีการเชื่อม ความไม่สมบูรณ์หรือความบกพร่องที่เกิดขึ้นกว่าระดับการยอมรับจะไม่เพียงแต่เกิดเป็นปัญหาของงานเชื่อมเท่านั้น แต่ยังทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหายด้วย ดังนั้นการตรวจสอบงานเชื่อมมีจุดหมายเฉพาะคือ การพิสูจน์คุณภาพของชิ้นงาน ให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยกำหนดเกณฑ์การยอมรับหรือปฏิเสธด้วย บรรทัดฐาน ข้อกำหนด และมาตรฐานของการตรวจสอบ นอกนี้ยังมีจุดมุ่งหมายของการพิสูจน์ความบกพร่อง เพื่อกำหนดลักษณะและรูปร่างของความบกพร่อง เพื่อกำหนดลักษณะและรูปร่างของความบกพร่องที่ตรวจพบ รวมทั้งตำแหน่งที่ตั้งและทิศทางการวางตัวของความบกพร่องดังกล่าว

ดังนั้นการตรวจสอบตามลำดับขั้นโดยผู้ตรวจสอบงานเชื่อมจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยทั่วไปการตรวจสอบงานเชื่อมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การตรวจสอบงานเชื่อมคือ การตรวจสอบเกี่ยวกับวัสดุ อุปกรณ์ การปฏิบัติงานเป็นต้น
2. การตรวจสอบผลผลิต หมายถึง การตรวจสอบเกี่ยวกับเนื้อโลหะเชื่อม ว่ามีความสมบูรณ์ตามระดับการยอมรับหรือไม่

ทางสมาคมการเชื่อมได้กำหนดจรรยาบรรณของผู้ตรวจสอบงานเชื่อมดังนี้

1. ความซื่อสัตย์
2. รับผิดชอบต่อสังคม
3. ประสานผลประโยชน์และความยุติธรรม
4. ศักดิ์ศรีของความเป็นช่าง

4.3 กรรมวิธีการทดสอบ

4.3.1 การทดสอบงานเชื่อมโดยไม่ทำลาย (WELD NONDESTRUCTIVE TESTING)

การทดสอบโดยไม่ทำลาย หมายถึง วิธีตรวจสอบงานเชื่อมหรืองานอื่น โดยไม่ทำลายสภาพเดิมของงาน โดยทั่วไปเรียกว่า NDT ซึ่งย่อมาจาก **Non destructive testing** วิธีทดสอบที่ทำได้ง่ายที่สุดได้แก่ การตรวจสอบด้วยสายตา **(Visual inspection)**

ตารางที่ 4.1 แสดงการตรวจสอบด้วยสายตา

อุปกรณ์	การใช้งาน	ข้อดี	ข้อจำกัด
แว่นขยาย, เครื่องฉาย, เครื่องวัด (ไม้บรรทัด,ไมโครมิเตอร์ ฯ), optical comparator, ไฟแสงสว่าง, bore scope	ตรวจสอบตำหนิที่ผิวงาน ทั้งด้านนอกและด้านใน	ประหยัด ไม่ต้องใช้ความชำนาญมากและใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น	การตรวจผิวภายในต้องมีความชำนาญพอสมควร

จากตารางที่ 4.1 แสดงถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบได้แก่ แว่นขยาย, เครื่องฉาย, เครื่องวัด (ไม้บรรทัด,ไมโครมิเตอร์ ฯ), optical comparator, ไฟแสงสว่าง, bore scope และอื่นๆ บอกถึงการใช้งาน ข้อดีและข้อจำกัด

4.3.2 การทดสอบงานเชื่อมโลหะแบบทำลายสภาพ

การทดสอบแบบทำลาย destructive testing เป็นงานทดสอบที่จะต้องทำลายสภาพและงานทดสอบต้องผ่านกรรมวิธีเดียวกับงานจริง ซึ่งผลการทดสอบจะเป็นข้อมูลเพื่อประเมินความเหมาะสมของวิธีเชื่อม ความสามารถของช่างเชื่อมและการควบคุมคุณภาพได้อย่างดี การทดสอบงานเชื่อมโลหะโดยการทำลายมีหลายวิธี เช่น ทดสอบทางเคมี ทดสอบเชิงกล ทดสอบทางโลหะวิทยา

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

4.3.2.1การทดสอบเชิงกลและโลหะวิทยา

1. การทดสอบความแข็ง

ความแข็งของงานเชื่อมโลหะขึ้นอยู่กับส่วนผสมของโลหะงานและโลหะเชื่อม ผลทางโลหะวิทยา เนื่องจากขบวนการเชื่อม ผลจากการแปรรูปขณะเย็น การอบชุบและองค์ประกอบอื่นๆอีกจำนวนมาก

การทดสอบความแข็งโดยทั่วไปมีหลายวิธีแต่ที่นิยมใช้กันกับงานเชื่อมมี 3 วิธีคือ

1. บริเนลล์ ทดสอบโดยกดลูกบอลเหล็กกล้าชุบแข็งโต 10 mm ลงบนผิวงานด้วยแรงประมาณ 3,000 kg (เหล็กกล้า) หรือ 500 kg (โลหะอ่อน) ตามเวลาที่กำหนด แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางรอยบุ๋มที่เกิดขึ้นและนำไปคำนวณตามหลักสูตร

$$Bhn = \frac{2P}{[\pi D(D-\sqrt{(D^2-d^2)}]}$$

2. ร็อคเวลล์ การทดสอบโดยลูกบอลเหล็กกล้าชุบแข็งขนาดต่างๆ (โลหะอ่อน) หรือเพชรรูปกรวย (โลหะแข็ง) บนผิวงานด้วยแรงต่างๆกันตามสเกลต่างๆดังตารางที่ 4.2 และค่าความแข็งร็อคเวลล์สามารถอ่านจากหน้าปัดได้โดยตรง

ตารางที่ 4.2 แสดงแรงต่างๆกันตามสเกลต่างๆ

หัวกด	แรงกด(minor+major kg)		
	60	100	150
เพชรรูปกรวย 120 °	A	D	C
ลูกบอล 1/16 "	F	B	G
ลูกบอล 1/8 "	H	E	K
ลูกบอล ¼ "	L	M	P
ลูกบอล ½ "	R	S	V

3. วิกเกอร์ ทดสอบด้วยกรดหัวเพชรรูปประชิด (มุม 135 °) บนผิวงานและวัดเส้นทแยงมุมของรอยบุ๋มบนผิวงาน (สี่เหลี่ยมจัตุรัส) ต่อไปนี้

$$DPH = 1.854P/D^2$$

DPH = diamond pyramid hardness

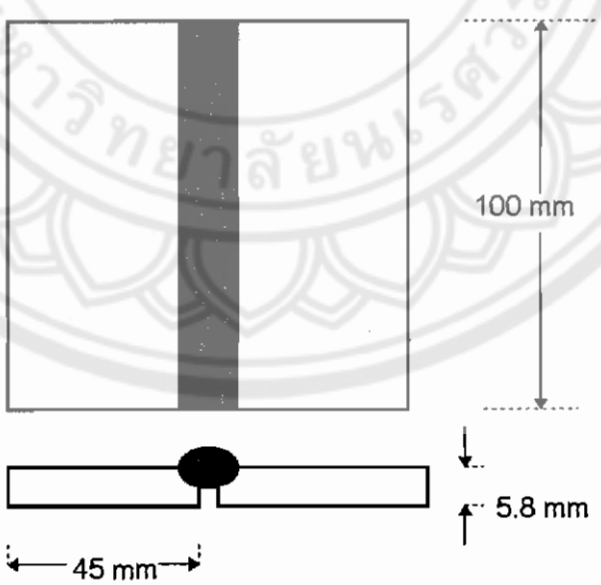
P = แรงกด, kg

D = เส้นทแยงของฐานรอยบุ๋มบนผิวงาน, mm

แรงที่ใช้ทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์นี้มีตั้งแต่ 1-120 kg ปกติใช้ 30 kg ถ้างานอ่อนบางหรือชุบผิวแข็งใช้ 10 kg และผิวงานควรตัดให้มีผิวเรียบ

4.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1. เตรียมชิ้นงานตัวอย่างกำหนดดังนี้



รูปที่ 4.3 แสดงการ เตรียม ขนาดของชิ้นงานจริง

2. จัดทำอุปกรณ์ช่วยในการเชื่อม โดยการเคลื่อนที่ของชิ้นงานบนฐานรองรับชิ้นงานด้วยการควบคุมของระบบนิวแมติกส์

3. จัดทำการทดลองโดยเชื่อมด้วยมือ 10 ตัวอย่างจากนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์ชั้นปี่ 1 และ ครูช่าง

4. ทำการทดลองด้วยการเคลื่อนที่ชิ้นงานบนฐานรองรับชิ้นงาน ด้วยการควบคุมของระบบนิวแมติกส์ โดยเชื่อมอีก 10 ตัวอย่าง

5. ทำการทดสอบด้วยกรรมวิธีดังนี้

1. กรรมวิธีการบิดตัวและโก่งงอ (รายละเอียดเพิ่มเติมในหน้าถัดไป)

2. กรรมวิธีทดสอบความแข็ง (รายละเอียดเพิ่มเติมในหน้าถัดไป)

3. กรรมวิธีทดสอบแรงกระแทก (รายละเอียดเพิ่มเติมในหน้าถัดไป)

6. ตรวจดูภายใน

7. เก็บข้อมูลต่างๆ และบันทึกผล

8. วิเคราะห์และสรุปผล

1. <u>กรรมวิธีการทดสอบแรงกระแทก</u>

ความหมายของกรรมวิธีการทดสอบแรงกระแทกมาตรฐานหมายเลขรหัส JIS Z 2242

1.การทดสอบแรงกระแทก เพื่อกำหนดค่าความแข็งแรงในการต้านทานต่อแรงกระแทกของวัสดุชิ้นงานที่จัดเตรียมขึ้น ตามเงื่อนไขกำหนดด้วยวิธีกล โดยกรรมวิธีทดสอบดังนี้

1. กรรมวิธีชาร์ปี้ ชิ้นกำหนดต้องวางบนฐานรองรับที่มีระยะห่างกัน 40 mm โดยกำหนดให้ร่องบากวางเข้าหาเครื่องมือ และอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างจุดรองรับ กำหนดให้แรงกระแทกจากค้อนตีเพียงครั้งเดียว

2. กรรมวิธีอิซอด ชิ้นกำหนดจัดยึดให้แน่น โดยตำแหน่งแรงกระแทกกระทำที่ร่องบากซึ่งอยู่ห่างออกไปเป็นระยะทาง 22 mm กำหนดให้แรงกระแทกจากค้อนตีเพียงครั้งเดียว

2. ค่าของการทดสอบแรงกระแทก

1. ค่าการดูดกลืนพลังงานตามกรรมวิธีชาร์ปี้ คือ พลังงาน (kgm) ที่ใช้ในการกระแทกชิ้นกำหนดด้วยเครื่องมือทดสอบแรงกระแทก

2. ค่าความต้านทานแรงกระแทกตามกรรมวิธีชาร์ปี้ คือ ค่าความต้านทานแรงกระแทก (kgm/cm^2) กำหนดโดย แรงตีกระแทก/พื้นที่หน้าตัดที่รับแรง

3. ค่าพลังงานกระแทกตามกรรมวิธีอิซอด คือ พลังงาน (kgm) ที่ใช้ในการกระแทกชิ้นกำหนดด้วยเครื่องมือทดสอบแรงกระแทก

3. เครื่องมือทดสอบแรงกระแทก

1. เครื่องมือทดสอบแรงกระแทกตามกรรมวิธีชาร์ปี้ กำหนดตาม JIS B 7722

2. เครื่องมือทดสอบแรงกระแทกตามกรรมวิธีอิซอด กำหนดตาม JIS B 7723

4.กรรมวิธีการทดสอบ

1. กรรมวิธีการทดสอบแบบชาร์ปี้ ตำแหน่งการวางของชิ้นกำหนด ต้องมีร่องบากตรงกับกึ่งกลางระหว่างจุดรองรับโดยกำหนดพิกัดความเผื่อ ±0.5 มิลลิเมตร

2. กรรมวิธีการทดสอบแบบอิซอด ลักษณะเดียวกับข้อที่ 1

3. อุณหภูมิสำหรับการทดสอบคือ 20 °C ± 2°C และในกรณีที่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทดสอบ ต้องบันทึกไว้ในแบบฟอร์มรายงานผล

4. อุณหภูมิสำหรับการทดสอบที่แตกต่างออกไป ต้องรักษาให้คงที่เป็นเวลาระยะอย่างน้อย 10 นาที (หรือ 60 นาที) ภายในภาชนะบรรจุสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (หรือแก๊ส) โดยกำหนดค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนไม่เกิน $\pm 2^{\circ}$ C จากนั้นนำชิ้นกำหนดไปทำการทดสอบให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา 5 วินาที

5. การคำนวณค่าของการทดสอบพลังงาน E (kgm) ที่ต้องการสำหรับการทดสอบคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$E = WR(\cos\beta - \cos\alpha) - L$$

$$E_{sum} = WR(\cos\beta - \cos\alpha)$$

กำหนดให้

W คือน้ำหนักของค้อนตี (kg)

R คือระยะทางของแขนหมุน (m)

α คือมุมยกของค้อนตี

β คือมุมเหวี่ยงพ้นชิ้นกำหนด

L คือพลังงานสูญเสียจากการเคลื่อนที่ของค้อนตี (kgm)

2. กรรมวิธีการทดสอบความแข็ง

1.การทดสอบความแข็ง-กรรมวิธีบริเนล ตามมาตรฐานหมายเลขรหัส JIS Z 2243 การทดสอบความแข็งกรรมวิธีบริเนล สำหรับวัสดุที่มีค่าความแข็งไม่เกิน 450 HB ซึ่งสามารถกำหนดค่าความแข็งได้จากสมการต่อไปนี้

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

กำหนดให้

HB คือค่าความแข็งกรรมวิธีบริเนล (kg/mm^2)

P คือภาระ (kg)

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอลเหล็กกล้า (mm)

d คือเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกด (mm)

1. ลักษณะชิ้นกำหนด

1. พื้นผิวหน้าของชิ้นกำหนดต้องราบเรียบ

2. ความราบเรียบของพื้นผิวหน้าต้องเพียงพอสำหรับการวัดขนาดของรอยกดได้อย่างสะดวกถึงขนาดความละเอียด 0.001 mm

3. ความหนาของชิ้นกำหนดต้องมากกว่า 10 เท่าของขนาดความลึกของรอยกด หรือต้องไม่สามารถมองเห็นรอยกดที่ด้านหลังของชิ้นกำหนด โดยความลึกของกด (t) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$t = \frac{P}{(\pi D)(HB)}$$

4. ความกว้างของชิ้นกำหนดต้องมากกว่า 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกด

2. <u>เครื่องมือทดสอบความแข็งกรรมวิธีบริเนล</u>

1. กำหนดมาตรฐานตามหมายเลขรหัส JIS B 7724 ว่าด้วย Brinell Hardness Tester

2. เครื่องมือทดสอบความแข็ง ต้องวางอยู่บนพื้นที่ที่มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับทำงานทดสอบความแข็งได้

3. ในการประกอบเครื่องมือทดสอบความแข็งขึ้นมาใหม่ จะต้องได้รับการทดสอบสมรรถนะตามมาตรฐานหมายเลขรหัส JIS B 7724

4. ลูกบอลเหล็กกล้าสำหรับการทดสอบ เมื่อปรากฏความแตกต่างระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางตามทิศทางของแรงกระทำและตามทิศทางที่เป็นมุมฉากมีค่ามากกว่า 0.01 mm ห้ามนำมาใช้งานอีกต่อไป โดยเฉพาะภายหลังจากการทดสอบวัสดุที่มีความแข็งมาก

3. <u>กรรมวิธีการทดสอบความแข็งกรรมวิธีบริเนล</u>

ขนาดของภาระในการทดสอบและเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอลเหล็กกล้า ให้กำหนดตามตาราง ในการกำหนดให้ใช้เงื่อนไขของวัสดุที่ทำการทดสอบและค่าความแข็ง โดยค่าในตารางนี้กำหนดให้รอยกดมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.2 D-0.5 D

ตำแหน่งศูนย์กลางของการวัดค่าความแข็ง ต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 4-d และระยะห่างจากขอบของชิ้นงานทดสอบไม่น้อยกว่า 2.5 d เพื่อให้สามารถพิจารณาความเปลี่ยนแปลงของรอยกดได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ภาระที่กระทำต้องตั้งฉากกับพื้นผิวหน้าที่ทดสอบ และกระทำเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงพิกัดที่กำหนด และกำหนดระยะเวลากดแช่ 30 วินาทีเป็นมาตรฐาน (ในกรณีที่วัสดุเหล็กและเหล็กกล้าระยะเวลากดแช่โดยปกติ 15 วินาที)

ในกรณีที่น้ำหนักของค้อนมีมากกว่า ±5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักกำหนด ให้ถือว่าการทดสอบครั้งนั้นเป็นโมฆะ

4. <u>การคำนวณค่าของการทดสอบความแข็งกรรมวิธีบริเนล</u>

1. เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกด ต้องวัดระยะในสองทิศทางที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน และคำนวณค่าความแข็งได้จากสมการหาค่าความแข็งกรรมวิธีบริเนล

2. เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกดต้องอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 มิลลิเมตร เป็นมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่าคือ ±0.01 mm ในทางตรงข้ามเมื่อค่ากำหนดของรอยกดต้องอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.05 mm ค่าความคลาดเคลื่อนต้องไม่เกิน ±0.02 mm

3. ค่าความแข็งที่คำนวณได้ให้คิดค่าที่ได้ถึงจุดทศนิยมตำแหน่งแรก ในกรณีที่ค่าความแข็งที่ได้ไม่เกิน 50

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอลเหล็กกล้าและภาระ (อัตราส่วน Ratio = $0.102\ F/D^2$)

	เหล็กหล่อและเหล็กกล้า	เหล็กอัลลอยต์และทองเหลือง	ทองแดงและอลูมิเนียม	เหล็กนิดลดแรงเสียดทาน	ตะกั่วและสังกะสี
D (mm)	ภาระ (load)				
10	29400 (3000)	9800(1000)	4900(500)	2450(250)	1225(125)
5	7350(750)	2450(250)	1225(125)	612.5(62.5)	306(31.2)
2.5	1837(187.5)	612.5(62.5)	306(31.2)	153(15.6)	76.2(7.8)
1	294(30)	98(10)	49(5)	24.5(2.5)	12.2(1.25)

จากตารางที่ 4.3 แสดงการกำหนดภาระในการทดสอบความแข็งที่ใช้ลูกบอลขนาดต่างๆ เพื่อทดสอบกับเหล็กชนิดต่างๆ นั้นให้เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถคำนวณค่าความแข็งได้แม่นยำและเที่ยงตรง

2. การทดสอบความแข็ง-กรรมวิธีวิกเกอร์

การทดสอบความแข็งตามมาตรฐานหมายเลขรหัส JIS Z 2244 การทดสอบความแข็งกรรมวิธีวิกเกอร์สำหรับวัสดุที่เป็นโลหะ โดยใช้ภาระที่กระทำระหว่าง 0.3 kg (29 N) ถึง 50 kg (490 N) ด้วยหัวกดที่ทำจากเพชรรูปพีระมิดฐานรูปสี่เหลี่ยม และกำหนดการหาค่าความแข็งจากสมการต่อไปนี้

$$HV = \frac{2P\sin(\alpha/2)}{d^2}$$

กำหนดให้

HV คือค่าความแข็งกรรมวิธีวิกเกอร์(kg/mm^2)

P คือภาระ (kg)

d คือความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกด (mm)

α คือมุมหัวกด

ค่าความแข็งกรรมวิธีวิกเกอร์ (HV) ที่แสดงเป็นตัวเลขโดยปกติทั่วไปเมื่อกำหนดให้มุมของหัวกด (α) = 136 $^{\circ}$ ทำให้สมการเปลี่ยนเป็นดังต่อไปนี้

$$HV = \frac{1.854\ P}{d^2}$$

1. ลักษณะชิ้นกำหนด

1. ผิวหน้าของชิ้นกำหนดต้องราบเรียบ

2. ความราบเรียบของพื้นผิวหน้า ต้องเพียงพอที่จะสามารถวัดขนาดของรอยกดได้

3. ความหนาของชิ้นกำหนด ต้องไม่ต่ำกว่า 1.5 เท่าของเส้นทแยงมุมของรอยกด หรือต้องไม่ปรากฏลักษณะเปลี่ยนแปลงที่ด้านหลังของชิ้นกำหนด

2. เครื่องมือทดสอบความแข็งกรรมวิธีวิกเกอร์

1. กำหนดตามมาตรฐานหมายเลขรหัส JIS B 7725 ว่าด้วย Vickers Hardness Testers

2. เครื่องมือทดสอบความแข็ง ต้องวางอยู่บนพื้นที่ที่มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับทำงานทดสอบความแข็งได้

3. ในการประกอบเครื่องมือทดสอบความแข็งขึ้นมาใหม่ จะต้องได้รับการทดสอบสมรรถนะตามมาตรฐานหมายเลขรหัส JIS B 7725

4. หัวกดเพชรสำหรับการทดสอบ เมื่อปรากฏสิ่งผิดปกติในบริเวณที่สำคัญ เป็นต้นว่าขอบหรือมุมหัวกด ต้องได้รับการเปลี่ยนใหม่

3. <u>กรรมวิธีการทดสอบความแข็งกรรมวิธีวิกเกอร์</u>

1. ขนาดของภาระในการทดสอบสามารถเลือกกำหนดได้ นอกจากอีกนัยหนึ่งเป็นพิกัดกำหนด ซึ่งมีขนาดมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

2. ไมโครสโคป อนุญาตให้ใช้ได้สำหรับการวัดขนาดเส้นทแยงมุมของรอยกดในขอบเขตประมาณ 20 - 70 เปอร์เซ็นต์ของขอบเขตสายตา

3. ตำแหน่งศูนย์กลางในการทดสอบความแข็ง กำหนดระยะห่างกันไม่ต่ำกว่า 4 d และระยะห่างจากขอบของชิ้นกำหนดไม่ต่ำกว่า 2.5d

4. ผิวหน้าของชิ้นกำหนดจะต้องวางในตำแหน่งตั้งฉากกับทิศทางกดของหัวกด

5. ภาระที่กระทำต้องได้รับการเพิ่มขึ้นอ่างช้าๆ จนถึงปริมาณที่กำหนด โดยไม่มีการใช้แรงกระแทก ยกเว้นในกรณีที่เกิดจากความเฉื่อยเท่านั้นที่สามารถละเลยได้

6. ระยะเวลากดแช่ของภาระที่กระทำคือ 30 วินาที

4. <u>การคำนวณค่าผลการทดลอบความแข็งกรรมวิธีวิกเกอร์</u>

1. การวัดระยะเส้นทแยงมุมของรอยกด กำหนดให้ได้ค่าเฉลี่ยจากสองตำแหน่ง

2. สมการสำหรับคำนวณค่าความแข็งดังกล่าวข้างต้น โดยคิดเป็นค่าจำนวนเต็ม

ตารางที่ 4.4 การรวมน้ำหนักที่ใช้ในการกำหนดชั้นภาระ (load)

ชั้นภาระ (Load)		น้ำหนักที่นำมาแทนที่ที่จะนำมารวมกัน
N	kg	
306.5	31.25	(*) n.7
588.4	60	(*) n.1
612.9	62.5	(*) n.1+2
980.7	100	(*) n.1+2+3
1226	125	(*) n.1+2+3+8
1471	150	(*) n.1+2+3+4
1839	187.5	(*) n.1+2+3+4+5
2452	250	(*) n.1+2+3+4+5+6
147.1	15	n.11
294.2	30	n.11+12
441.3	45	n.11+12+13

(*) ด้วยกับน้ำหนักพิเศษสำหรับชั้นภาระเริ่มต้น 10 kg บนระดับชั้นภาระเริ่มต้น

ตารางที่ 4.4 แสดงถึงการนำตุ้มน้ำหนักเบอร์ต่างๆมารวมกันเพื่อเป็นแรงภาระในการทดสอบความแข็ง

3.กรรมวิธีการทดสอบการบิดตัว

1.การโค้งงอตามยาว การโค้งตัวของชิ้นงานตามยาวเป็นผลจากแรงหดตัวของรอยเชื่อมทำต่อระดับศูนย์ถ่วงชิ้นงานระยะที่จะโค้งตัวเป็นผลมาจากแรงหดตัวของรอยเชื่อมกับแรงต้านภายในชิ้นงาน ซึ่งผลทำให้เกิดแรงเฉื่อยเป็นตัวบ่งชี้ระยะที่บิดงอ ชิ้นงานจะไม่ผิดรูปร่างหรือความโค้งและแรงโก่งตัวเป็นผลจากจำนวนปริมาณการเชื่อมมากหรือน้อยในชิ้นงาน ซึ่งจะแสดงสมการ

$$\Delta = \frac{0.005\, A_w\, d\, L^2}{I}$$

Δ = ผลของการโก่งตัวในแนวตั้ง

A_w = พื้นที่หน้าตัดทั้งหมดของรอยเชื่อม (mm^2)

d = ระยะระหว่างระดับศูนย์ถ่วงรอยเชื่อมถึงระดับแกนกลางชิ้นงาน (mm)

L = ความยาวชิ้นงาน (mm)

I = แรงเฉื่อยภายในชิ้นงาน (mm^4)

2. <u>การโค้งงอตามขวาง</u>

$$\Delta_{trans} = \frac{0.10\, A_{weld}}{t}$$

Δ_{trans} = การหดตัวตามขวาง

A_{weld} = พื้นที่หน้าตัดรอยเชื่อม (mm^2)

t = ความหนาของชิ้นงาน (mm)