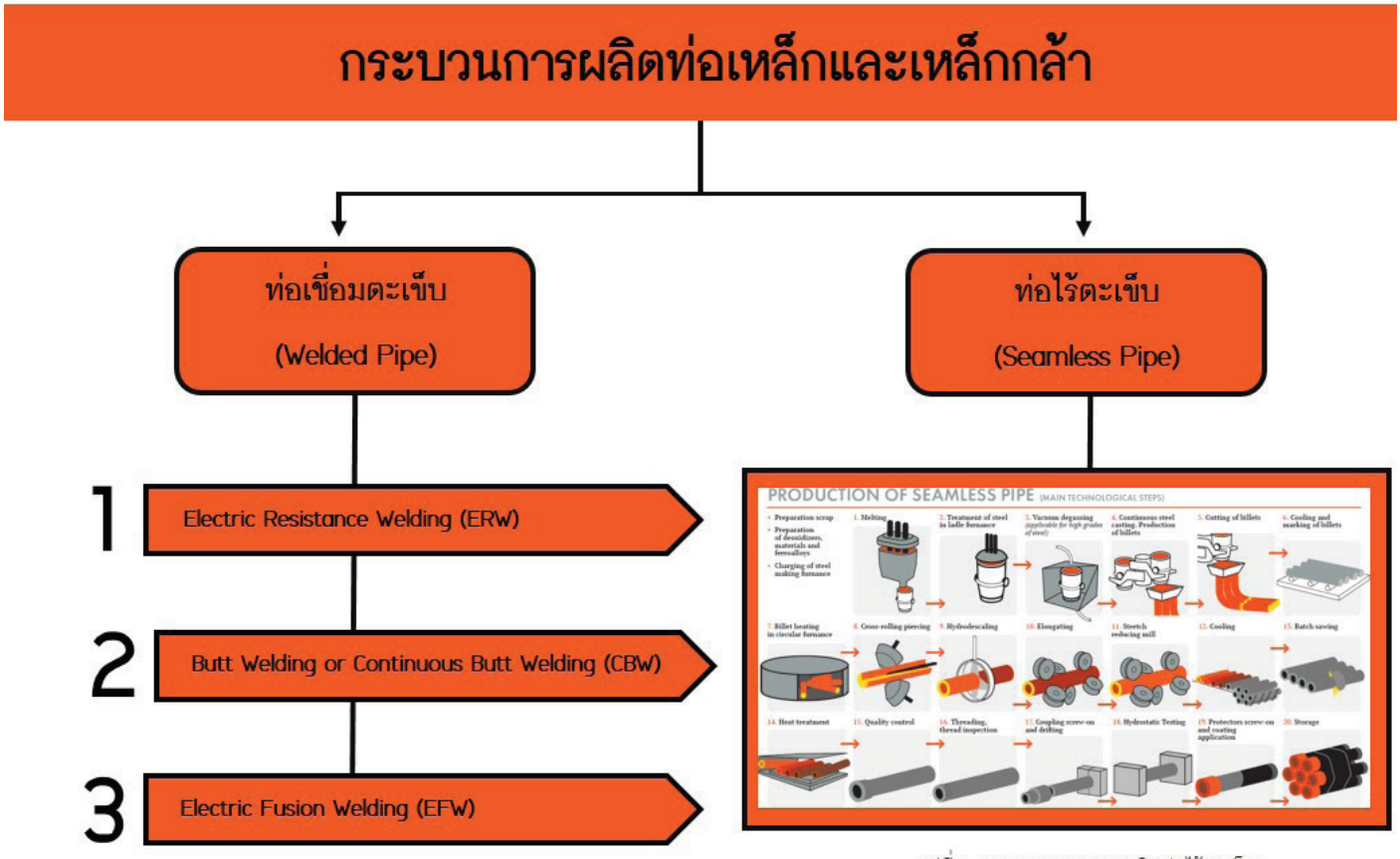
มารู้จักท่อกัน (ท่อเหล็ก) (Tube and Pipe)

นางนภา เหล่าวีระกุล
นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ รักษาการในตำแหน่ง
ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาระบบวิเคราะห์สินค้า
สำนักพิกัดอัตราศุลกากร

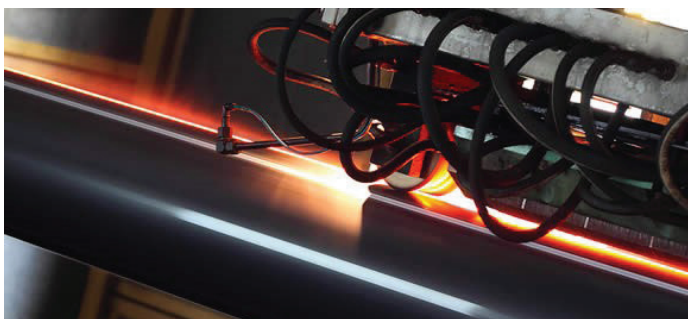
"ก่อนอื่น จะต้องทำความเข้าใจกรรมวิธีการผลิตท่อเหล็ก ซึ่งในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลักๆ ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ ท่อเชื่อมตะเข็บ และท่อไร้ตะเข็บ"



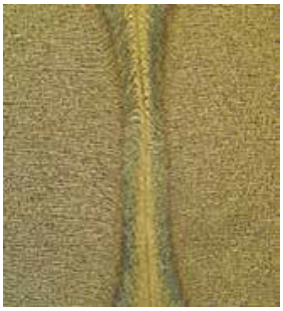
รูปที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตท่อไร้ตะเข็บ

1. ท่อเชื่อมตะเข็บ (Welded pipe) ท่อชนิดนี้ผลิตโดยการนำแผ่นเหล็กมาม้วน — เชื่อม ซึ่งวิธีการม้วนทำได้ทั้งม้วนตามแนวยาว หรือม้วนแบบ Spiral

– ERW เป็นวิธีการเชื่อมโดยอาศัยแรงอัด (pressing) ในขณะที่ตะเข็บหลอมละลายด้วยความร้อนที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า โดยไม่มีการอาร์ค (arc)



รูปที่ 2 แสดงกรรมวิธีการเชื่อมแบบ ERW

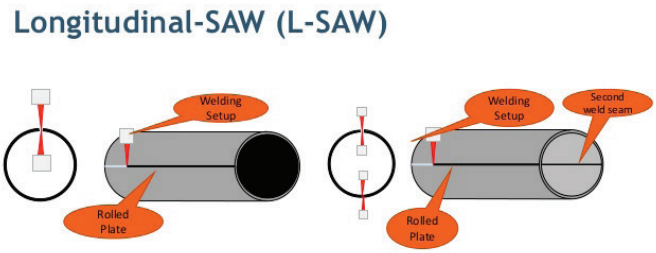


รูปที่ 3 แสดงโครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยเชื่อมของวิธี ERW[1]

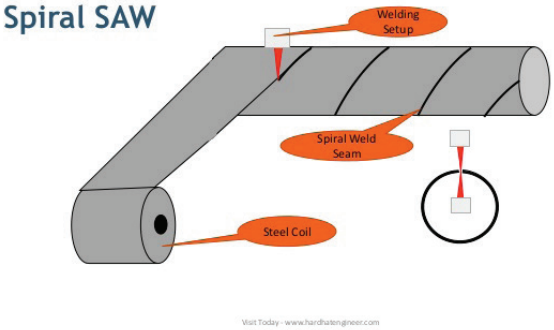
– BW หรือ CBW ผลิตด้วยการป้อนแผ่นเหล็กผ่านเตาเพื่อทำการให้ความร้อน โดยแผ่นเหล็กจะได้รับความร้อนทั่วทั้งแผ่น จากนั้นค่อย ๆ ม้วนเหล็กแผ่นให้เป็นรูปทรงกระบอกอย่างต่อเนื่อง โดยผ่านลูกรีดหลายแท่น (hot forming) แล้วจึงกดอัดให้ตะเข็บติดกัน ท่อที่ผลิตด้วยวิธีนี้จะมีตะเข็บตรง (Longitudinal welded seam)

[1]https://usstubular.com/resources/library/brochures-and-catalogs/benefits-of-full-body-normalized-erw-pipe

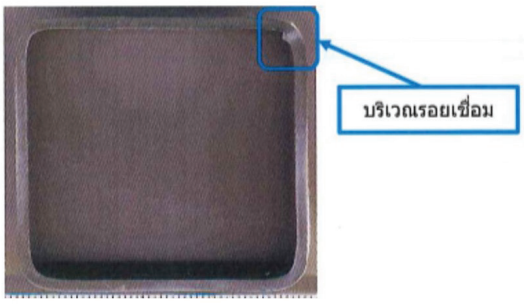
- EFW เป็นการเชื่อมที่ใช้กระแสไฟฟ้าในการอาร์คบริเวณแนวเชื่อมให้หลอมละลายติดกัน โดยอาจใช้ลวดเชื่อม (filler metal) หรือไม่ใช้ก็ได้ การเชื่อม Fusion Welded นี้มีด้วยกันหลายวิธี เช่น Submerge Arc Welding (SAW) ซึ่งมีทั้งแบบตะเข็บตรง (Longitudinal welded seam) และตะเข็บ Spiral (Spiral welded seam)



รูปที่ 4 แสดงกรรมวิธีการเชื่อมแบบ L-SAW

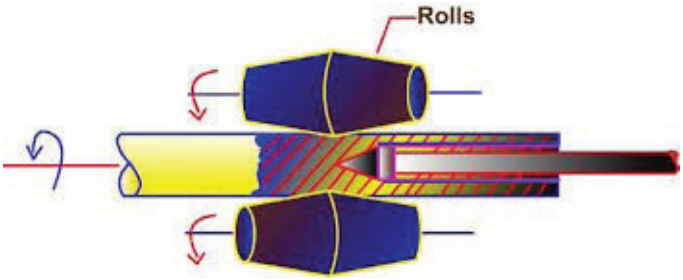


รูปที่ 5 แสดงกรรมวิธีการเชื่อมแบบ Spiral SAW

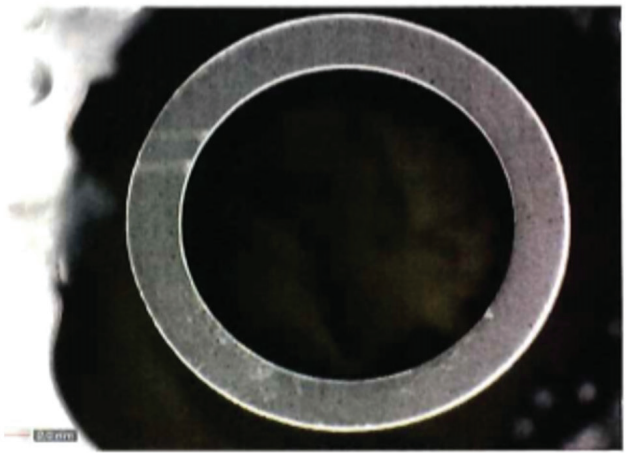


รูปที่ 6 แสดงภาคตัดขวางท่อเชื่อมตะเข็บ

2. ท่อไร้ตะเข็บ (Seamless Pipe) ผลิตจากแท่งเหล็ก (Steel billet) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 1230°C (2250°F) จากนั้นแท่งเหล็กที่ร้อนแดงจะถูกหมุนและดึงด้วยลูกรีดผ่านแท่งทะลวง (piercing rod mandrel)



รูปที่ 7 แสดงกรรมวิธีการผลิตท่อไร้ตะเข็บ



รูปที่ 8 แสดงภาคตัดขวางท่อไร้ตะเข็บ

ความเป็นมาของมาตรฐานท่อ[2]

ในยุคแรก ระบบที่ใช้กำหนดขนาดท่อเรียก Iron Pipe Size (IPS) โดยอิงกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ต่อมาได้กำหนดความหนาท่อเรียกว่า Standard (STD) หรือ

[2]คู่มืองานท่อ PIPING QUICK REFERENCE โดย ประสิทธิ์ เวียงแก้ว และฉัตรชัย ลาภรังสิรัตน์

Standard Weight (STD WT) และได้มีระบบใหม่เรียกขนาดท่อว่า Nominal Pipe Size (NPS) แทนระบบเก่า แล้วคำว่า Schedule (Sch) ถูกตั้งขึ้นเพื่อระบุความหนาท่อ ซึ่งเป็นที่มาของมาตรฐาน ASME B 36.10 ใน USA สมัยต่อมามีองค์กรสากลเกิดขึ้นคือ International Standard Organization (ISO) ได้กำหนดท่อเป็นระบบ SI Unit และเรียกขนาดท่อว่า Diameter Nominal (DN)

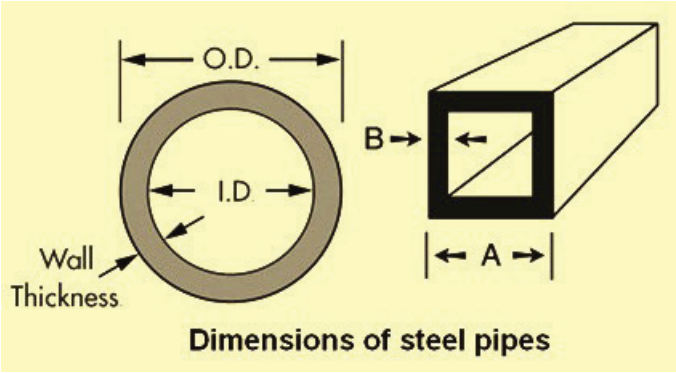
การวัดขนาดและมิติของท่อเหล็กกล้า

ซึ่งครอบคลุมทั้งท่อเหล็กกล้าคาร์บอนและท่อเหล็กกล้าผสม แต่จะไม่ครอบคลุมถึงเหล็กกล้าไร้สนิม มาตรฐานที่ใช้มีดังตารางนี้

ประเทศ	ชื่อมาตรฐาน	ขนาดท่อ	ความหนาท่อ
USA	ASME B 36.10	NPS	Sch และ Weight Class
ญี่ปุ่น	JIS G 3456 และอื่นๆ	ND (A,B)*	Sch และมิลลิเมตร
นานาชาติ	ISO	DN	

ตารางที่ 1 แสดงมาตรฐานที่ใช้ในขนาดและมิติท่อ

* A ต่อท้ายขนาดท่อที่ระบุหน่วย มิลลิเมตร
* B ต่อท้ายขนาดท่อที่ระบุหน่วย นิ้ว



รูปที่ 9 แสดงการวัดและมิติของ Steel Pipe

ในการจัดแบ่งตามมาตรฐาน จะแบ่งออกเป็น มาตรฐานวัสดุ มาตรฐานท่อ และ ข้อกำหนดและมาตรฐานตามการใช้งาน

1. มาตรฐานวัสดุ ระบบอเมริกา นิยมใช้กัน 2 มาตรฐาน คือ ระบบ AISI (America Iron and Steel Institute) และ ระบบ SAE (Society of Automotive)

2. มาตรฐานท่อ เช่น ANSI, ASTM, API, ISO, DIN และ JIS เป็นต้น

3. ข้อกำหนดและมาตรฐานตามการใช้งาน เช่น ASME B31, NFPA, และ AGA เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของท่อเหล็กหรือเหล็กกล้า มีดังนี้

1. ธาตุต่างๆที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก โดยส่วนใหญ่จะใช้ธาตุหลัก ๆ อยู่ 5 ธาตุในการพิจารณา ทั้งนี้อาจมีการเติมธาตุอื่นๆอีกเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ เช่น นิกเกิล โครเมียม เป็นต้น

- Carbon (C) เป็นธาตุที่มีความสำคัญที่สุด มีผลต่อความแข็งแรงและการอบชุบด้วยความร้อน หากมีปริมาณมากเหล็กจะแข็งและแตกเปราะได้ง่าย
- Silicon (S) ทำให้เหล็กแข็งแรงมากขึ้น เพิ่มค่าแรงดึงที่จุดคราก (Yield Point) ของเหล็กให้สูงขึ้นมาก หากมีปริมาณสูงจะทำให้คุณสมบัติด้านการเชื่อมของเหล็กไม่ได้
- Manganese (Mn) จะช่วยเพิ่มความแข็งแรง เพิ่มความต้านทานให้กับเหล็ก แต่ถ้ามีมากจะทำให้ความเหนียวลดลง
- Phosphorous (P) ทำให้เหล็กเปราะและง่ายต่อการเกิดรอยแตก การเจาะจงใส่ฟอสฟอรัสในเหล็กบางครั้ง (P ประมาณ 0.35% w/w) เพื่อต้องการเพิ่มความแข็งแรง เพิ่มคุณสมบัติเชิงกล

- Sulphur (S) ต้องควบคุมปริมาณให้ต่ำกว่า 0.05% w/w เพราะจะทำให้เหล็กเปราะได้

2. กระบวนการทางความร้อนที่ใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลและโครงสร้างจุลภาคของโลหะ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ

- กลุ่มที่ 1 เพิ่มความอ่อนตัว (Ductility) เพิ่มความสามารถในการขึ้นรูป กลึงไส ตัด เจาะ (Machinability) หรือคลายความเค้น-ความเครียด (Stress-strain relief) ได้แก่ การอบอ่อน (Annealing) การอบปกติ (Normalizing) การอบสลายคาร์ไบด์ให้เป็นเม็ดกลม (Spherodizing) และ การอบคลายความเค้น-ความเครียด (Stress-relief annealing)
- กลุ่มที่ 2 เพิ่มความแข็ง (Hardness) ความแข็งแรง (Strength) ให้แก่โลหะ มุ่งเน้นให้ได้โครงสร้างจุลภาคเป็นมาร์เทนไซต์ (Martensite) เบนไนท์ (bainite) โดยใช้กระบวนการชุบแข็ง-อบคืนตัวแบบปกติ (Conventional quenching and tempering)

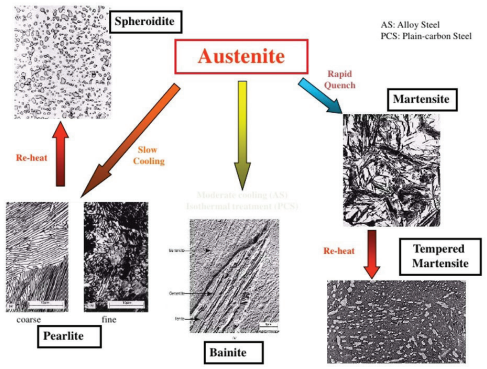
กระบวนการอบชุบความร้อนที่นิยมทำในภาคอุตสาหกรรม มีดังนี้

1. การอบอ่อน (Annealing) เพื่อให้เหล็กมีความอ่อนตัวสูง ด้วยการให้ความร้อนจนโครงสร้างจุลภาคเป็น Austenite ทั้งหมด แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเตาที่ปิดฝาสนิท โครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนจาก Austenite เป็น Ferrite และ Pearlite

2. การอบปกติ (Normalizing) ใช้วิธีเผาเหล็กให้ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงอยู่ในช่วง Austenite จากนั้นจะนำเหล็กออกจากเตาปล่อยให้เย็นในอากาศนิ่ง ซึ่งจะเกิดเกรนขนาดเล็ก เม็ดเกรนของเหล็กจะมีขนาดเล็กกว่าแบบ Annealing เนื่องจากมีอัตราการเย็นตัวที่สูงกว่า เหล็กจะมีความเหนียวและคุณสมบัติสม่ำเสมอ

3. การชุบแข็ง (Hardening) คือ การอบชุบความร้อนเพื่อต้องการให้เหล็กภายหลังจากการชุบมีความแข็งเพิ่มขึ้น เพื่อทนต่อการเสียดสีในขณะใช้งาน การชุบแข็งเป็นวิธีจะให้ได้โครงสร้างของเหล็กสุดท้ายเป็น Martensite หรือ Bainite ขึ้นอยู่กับความแข็งสุดท้ายที่ต้องการ

4. การอบคืนตัว (Tempering) คือ การให้ความร้อนและการทำให้เย็นตัวพอดีกัน เหล็กที่ผ่านการชุบแข็งจะเกิดความเครียดภายในอันเนื่องมาจากอัตราการเย็นตัวที่เร็วจากอุณหภูมิสูง คุณสมบัติของเหล็กจะมีความแข็งสูง แต่จะขาดคุณสมบัติด้านความเหนียวไม่ทนต่อแรงกระแทก ความเครียดภายในที่เกิดขึ้นจะมีส่วนทำให้ชิ้นงานบิดงอ เหล็กที่ผ่านการชุบแข็งก่อนนำไปใช้งานควรจะต้องนำมาทำการอบคืนตัว



รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนทางความร้อน (Heat Treatment) และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาค

ประเด็นการวิเคราะห์ จากการนำเข้าสินค้าผลิตภัณฑ์ท่อซึ่งมีการสำแดงมาตรฐานแตกต่างกันไป จึงเกิดปัญหาในการจำแนกประเภทพิกัดย่อยที่จำแนกตามการใช้งาน ทั้งนี้ ขึ้นกับความจำเป็นที่ต้องตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติที่สามารถจำแนกชั้นคุณภาพของท่อและวัสดุได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical Analysis) ด้วยเครื่อง Optical Emission Spectrometer (OES) วิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบของธาตุที่อยู่ในเนื้อวัสดุ

2. การทดสอบเชิงกล

– ทดสอบแรงดึง (Tensile Testing) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดด้วยเครื่อง UNIVERSAL TENSILE TESTING MACHINE ความเค้น (Stress: σ) และความเครียด (Strain: ε) เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

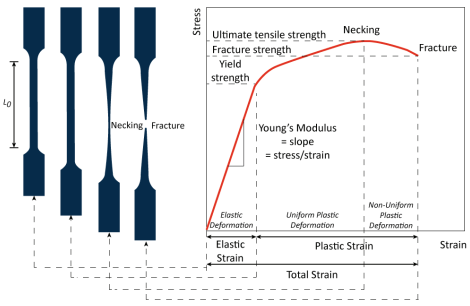
$$\sigma = F/A$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

F คือแรงที่กระทำตั้งฉากกับหน้าตัด A

ΔL คือความยาวที่เปลี่ยนไปจากความยาวเดิม L_0

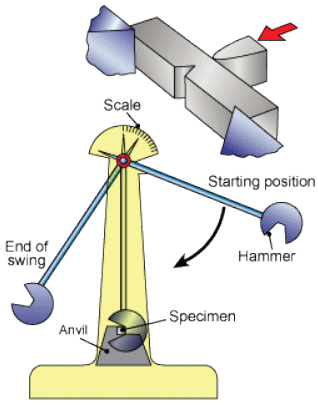
– ทดสอบการยืดตัว (Elongation) เป็นการยืดตัว ณ จุดขาด (Elongation at Break) คือ ร้อยละการยืดตัว



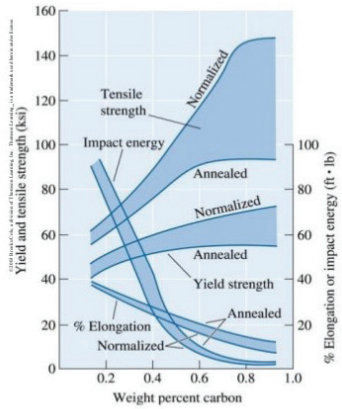
รูปที่ 11 แสดงการทดสอบแรงดึง (Tensile Testing)[3]

ของชิ้นทดสอบที่จุดขาดเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวเริ่มต้น จากนั้นคำนวณหา % Elongation, Yield Strength และUltimate Tensile Strength

– การทดสอบแรงกระแทกแบบชาร์ปี้ (Charpy Impact Test) เป็นการทดสอบความเหนียว (Toughness) คือ ความสามารถของวัสดุที่จะดูดซับพลังงานไว้ได้โดยไม่เกิดการแตกหัก ความเหนียวมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงและความสามารถในการยืดตัวของวัสดุ



รูปที่ 12 Charpy testing machine and specimen arrangement[4]



รูปที่ 13 ปริมาณ carbon และ heat treatment ที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของ plain carbon steel[5]

3. การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง เป็นการตรวจสอบโครงสร้างทางโลหวิทยาในระดับจุลภาค ซึ่งจะช่วยให้เห็นชนิดของเฟส โครงสร้าง ที่ปรากฏอยู่ รวมถึงลักษณะรูปร่าง และขนาดของเกรน

นำผลทดสอบองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติเชิงกล และกระบวนการทางความร้อนที่มีผลเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคมาเทียบชั้นคุณภาพและเกณฑ์ของท่อตามมาตรฐานที่อ้างอิง

[3]https://www.admet.com/wp-content/uploads/2017/07/ductile-specimen-shape-during-testing.png

[4]https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-charpy-testing/

[5]https://www.slideshare.net/RakeshSingh125/annealing