

บทเรียนที่ 6

มาตรฐานวัสดุที่ใช้ในการเชื่อมโลหะ

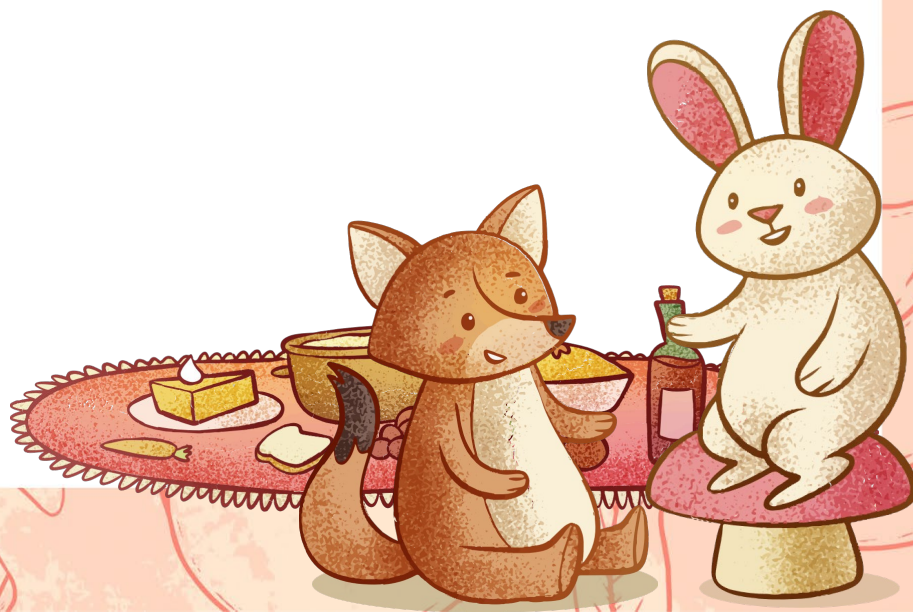


หัวข้อเรื่อง (Topics)

6.1 ประเภทคุณสมบัติของโลหะ

6.2 ท่อเหล็กกล้า

6.3 คุณสมบัติของเหล็กชิ้นงานเชื่อม



เนื้อหาสาระ (Content)

6.1 ประเภทคุณสมบัติของโลหะ

โลหะแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน เช่น ความยืดหยุ่น ความหนาแน่น จุดหลอมตัว ความแข็งและอื่น ๆ คุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ คือ

1. สมบัติทางฟิสิกส์ ได้แก่ การขยายตัว จุดเดือด การนำความร้อน เป็นต้น
2. สมบัติทางกล ได้แก่ ความแข็ง ความเปราะ ความเหนียว เป็นต้น

ซึ่งสมบัติของโลหะทั้ง 2 ประเภทสามารถที่จะบอกถึงการนำโลหะไปใช้และความสามารถในการเชื่อมของโลหะด้วย

6.1.1 สมบัติทางฟิสิกส์ของโลหะ

1. การขยายตัว (Expansion) คือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามแนวยาวของโลหะ วัดจากขนาดความยาวที่เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของโลหะเพิ่มขึ้น ความยาวของโลหะที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายตัวซึ่งเราเรียกว่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามแนวยาว (Linear Expansion) แสดงด้วยการขยายตัวแนวยาวต่อหน่วยความยาวสำหรับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศา สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามแนวยาวของโลหะต่างชนิดกันมีค่าไม่เท่ากัน เช่น อะลูมิเนียมมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามแนวยาวสูงมากคือประมาณ 2 เท่าของเหล็กกล้าที่อุณหภูมิเท่ากัน ซึ่งสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามแนวยาวเป็นสิ่งสำคัญมากต่อการเชื่อมโลหะโดยเฉพาะในการควบคุมการบิดงอ การจับยึดชิ้นงาน และในการเชื่อมโลหะต่างชนิดเข้าด้วยกัน

2. จุดหลอมเหลว (Melting Point) มีความสำคัญต่องานเชื่อมเป็นอย่างมากจุดหลอมเหลวจะสัมพันธ์กับการหลอมตัวซึ่งอุณหภูมิที่หลอมเหลว คืออุณหภูมิที่โลหะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวโลหะที่มีจุดหลอมตัวต่ำสามารถเชื่อมได้ด้วยอุณหภูมิต่ำ

3. จุดเดือด (Boiling Point) คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนโลหะจากสภาพของเหลวกลายเป็นไอเป็นจุดที่สำคัญสำหรับงานเชื่อมซึ่งโลหะบางชนิดเมื่อนำไปเชื่อมอาร์กความร้อนจากการอาร์กจะทำให้โลหะกลายเป็นไอ

4. การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) คือความสามารถของโลหะที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า การนำไฟฟ้าจะตรงข้ามกับความต้านทานไฟฟ้า ค่าการนำไฟฟ้าของโลหะนำไปใช้ในการเชื่อมแบบความต้านทาน

5. ความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) คือปริมาณความร้อนที่ทำให้โลหะปริมาณหนึ่งมีความร้อนเพิ่มขึ้น ความร้อนจำเพาะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับช่างเชื่อมซึ่งจะทำให้รู้ถึงปริมาณความร้อนที่ทำให้โลหะหลอมเหลว

6. การนำความร้อน (Thermal Conductivity) คือความสามารถของโลหะที่ยอมให้ความร้อนผ่านซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในงานเชื่อม เมื่อโลหะชนิดหนึ่งนำความร้อนออกจากบริเวณเชื่อมเร็วกว่าโลหะอีกชนิดหนึ่ง แสดงว่าโลหะที่นำความร้อนออกจากบริเวณเชื่อมเร็วเป็นโลหะที่เป็นตัวนำที่ดี การเชื่อมโลหะที่เป็นตัวนำที่ดีจะต้องให้ความร้อนก่อนเชื่อม (Preheat) หรือให้ปริมาณความร้อนมากขึ้น การนำความร้อนของโลหะโดยทั่วไปทองแดงมีค่าการนำความร้อนสูงสุด

7. ความหนาแน่น (Density) ความหนาแน่นของโลหะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับปริมาตรซึ่งมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตหรือปอนด์ต่อลูกบาศก์นิ้ว

6.1.2 สมบัติทางกลของวัสดุ (Mechanical Properties)

สมบัติทางกลของวัสดุ หมายถึงสมบัติของวัสดุที่สามารถตอบสนองต่อแรงภายนอกที่มากระทำในลักษณะต่างๆ ซึ่งอาจเรียกว่า ความแข็งแรงของวัสดุ (Strength of Material) ก็ได้ตั้งนั้น

ความแข็งแรง (Strength) หมายถึง ความสามารถในการรับแรงของวัสดุในลักษณะต่าง ๆ โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปทรงหรือแตกหัก ความแข็งแรงของวัสดุนั้นเราจะพิจารณาจากสมบัติทางกล 3 ชนิด คือ

1. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงดึง (Tensile Strength) หมายถึง ความสามารถของวัสดุที่จะทนต่อค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดก่อนวัสดุนั้นจะขาดออกจากกัน
2. ความสามารถต้านทานต่อแรงอัด (Compressive Strength) หมายถึง ความสามารถที่จะทนต่อค่าความเค้นแรงอัดสูงสุดก่อนวัสดุนั้นจะเกิดการแตกหักเสียหาย
3. ความสามารถต้านทานต่อแรงเฉือน (Shearing Strength) หมายถึงความสามารถของวัสดุที่จะทนต่อค่าความเค้นแรงเฉือนสูงสุดของแต่ละประเภทก่อนที่วัสดุนั้นจะเสียรูปไปแรงเฉือนมี 2 ประเภท คือ
 - (1) แรงเฉือนตรง (Direct Shear)
 - (2) แรงบิด (Torsion Shear)
4. ความสามารถในการต้านทานต่อแรงดัด (Bending Strength) หมายถึง ความสามารถของวัสดุที่จะทนต่อค่าความเค้นแรงดัดสูงสุดก่อนที่วัสดุนั้นจะเกิดการเปลี่ยนรูป

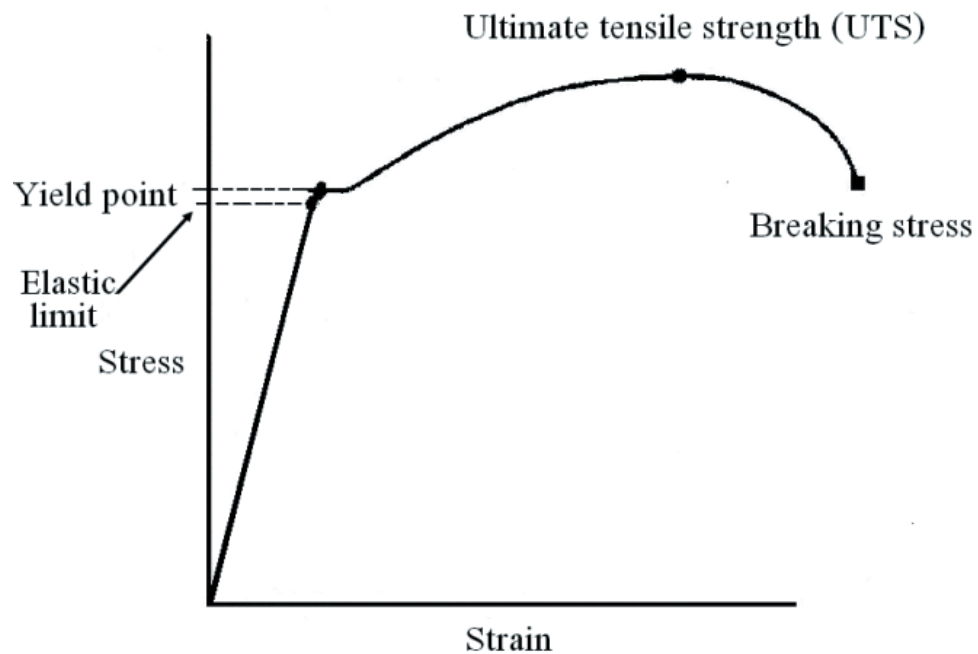
1. ความแข็ง (Hardness) หมายถึง ความสามารถในการต้านทานต่อการขีดข่วนผิว การถูกขูดการต่อต้านแรงกดบนผิวและความต้านทานต่อการแปรรูปขณะเย็น ซึ่งการต้านทานต่อสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้นโลหะชนิดต่าง ๆ จะมีค่าไม่เท่ากัน เช่น เหล็กแมงกานีสสามารถทนต่อการสึกหลอได้ดี เป็นต้น ดังนั้นโลหะจึงแบ่งออกเป็นโลหะอ่อน (Soft Metal) เช่น อะลูมิเนียมและโลหะแข็ง (Hard Metal) สำหรับการทดสอบหาความแข็งของโลหะสามารถทำได้โดยการทดสอบความแข็งแบบรอกเวล (Rockwell) และบริเนล (Brinell) เป็นวิธีการทดสอบที่นิยมใช้กันทั่วไปในงานอุตสาหกรรมและการทดสอบทางด้านโลหะวิทยา การทดสอบความแข็งแบบบริเนล (Brinell) กระทำโดยใช้ลูกบอลเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร กดลงบนวัสดุที่ต้องการทดสอบความแข็ง ด้วยแรงกดมาตรฐาน แล้วจึงวัดหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยกดบนผิวโลหะที่ทำการทดสอบ แรงกดมาตรฐานจะมีอยู่ 2 ขนาดซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ เช่น โลหะอ่อนใช้แรงกด 300 กิโลกรัมและโลหะแข็งใช้แรงกด 3,000 กิโลกรัม

2. ความเหนียว (Toughness) เป็นสมบัติทางกลอีกอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงความแข็งแรงของวัสดุ นั้น ซึ่งหมายถึงความสามารถในการยืดตัวออก การบิดตัวหรือการงอตัวได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ความเหนียวสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

(1) ความสามารถในการอ่อนตัว (Ductility) คือความสามารถของวัสดุในการที่จะดัดบิดแผ่ หรือดึงขึ้นรูปแล้วไม่แตกเสียหาย

(2) ความสามารถในการยัดตัว (Malleability) คือ ความสามารถของวัสดุในการรีดแผ่ตีแผ่ได้ง่ายและไม่แตกหักเสียหาย

(3) ความสามารถในการหยุ่นตัว (Elasticity) คือความสามารถของวัสดุในการที่ยืดตัวและหดกลับคงสภาพเดิมได้เมื่อเอาแรงออก



รูปที่ 6.1 ไดอะแกรมความเค้น – ความเครียดแสดงส่วนของความยืดหยุ่นและพลาสติกของเหล็กกล้าคาร์บอน

จากรูป 6.1 ความสามารถในการยืดตัว (Elasticity) คือ จุดสูงสุดที่ให้แรงแก่วัสดุและเมื่อเอาแรงออกวัสดุจะกลับสู่สภาพเดิม ช่วงของความสามารถในการยืดหยุ่น (Elastic) แรงกระทำหรือความเค้นจะเป็นสัดส่วนแปรผันโดยตรงกับความเครียด (Strain) เส้นกราฟจะเป็นเส้นตรงตำแหน่งที่เลยปลายสุดของเส้นตรงขึ้นไป คือจุดที่วัสดุยืดตัวโดยไม่ต้องเพิ่มแรง(yield point)ในการใช้งานของวัสดุ จะให้ค่าความเผื่อหรือค่าความปลอดภัยต่ำกว่าจุดสุดท้ายที่ความยาววัสดุจะกลับมายาวเท่าเดิม (Elastic Limit) ถ้านำวัสดุไปใช้งานเกินกว่าจุดสุดท้ายที่ความยาววัสดุจะกลับมายาวเท่าเดิมแล้ว จะทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปและไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ถึงแม้จะเอาแรงออกก็ตาม จึงทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรสมบัติทางกลทั้ง 3 ประการที่กล่าวมานี้เป็นคุณสมบัติโดยรวมที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุนอกจากนี้วัสดุยังมีสมบัติทางกลด้านอื่น ๆ ที่ควรรู้จักอีก เช่น

ความเปราะ (Brittleness) หมายถึง สมบัติของวัสดุที่จะแตกหักได้ง่ายเมื่อได้รับแรงมาก ๆ ซึ่งจะมีความหมายตรงข้ามกับความเหนียว การที่จะบอกว่าวัสดุชนิดใดเปราะหรือเหนียวนั้น คิดจาก 5 เปอร์เซ็นต์ของการยืดตัว โดยถ้าวัสดุใดที่เปลี่ยนรูปแล้วแตกหักก่อน 5 เปอร์เซ็นต์ความเครียด แสดงว่าวัสดุนั้นเปราะ

การล้าตัว (Fatigue) หมายถึง สมบัติของวัสดุที่เกิดจากการแตกหักหรือขาดออกจากกันโดยถูกแรงมากระทำในลักษณะซ้ำ ๆ กันมากบ้างน้อยบ้างสลับกันไป ถึงแม้ว่าแรงกระทำนั้นจะมีค่าต่ำกว่าค่าความแข็งแรงของวัสดุนั้นก็ตาม ซึ่งการที่โลหะได้รับแรงที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอจะทำให้ Grain ของโลหะเคลื่อนที่ไปกลับซ้ำ ๆ กันเกิดเป็นรอยแตกเล็กภายในเนื้อโลหะและจะขยายขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งแตกหัก

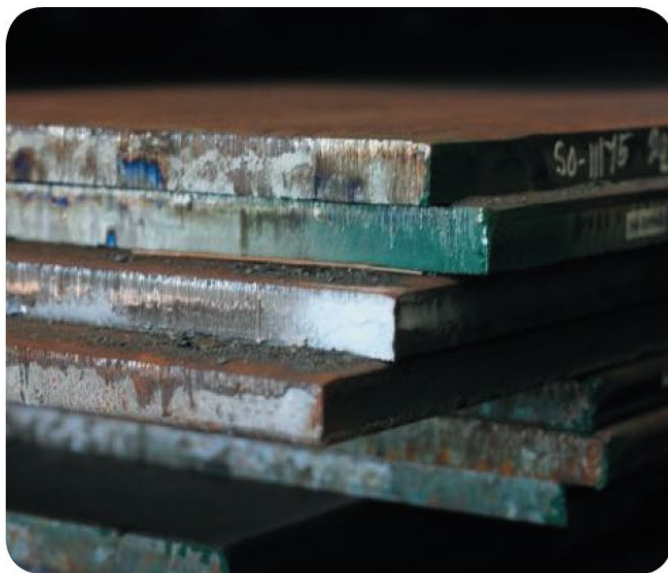
6.1.3 เหล็กแผ่นกล้าคาร์บอน

วัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ในภาคอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะใช้เหล็กกล้า ซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอนจะนำมาใช้ประมาณ 90% และเหล็กกล้าผสมอีก 10% เหล็กกล้าแบ่งออกได้ดังนี้ เหล็กแผ่นกล้าที่มีคาร์บอนผสมเป็นธาตุหลัก แบ่งตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

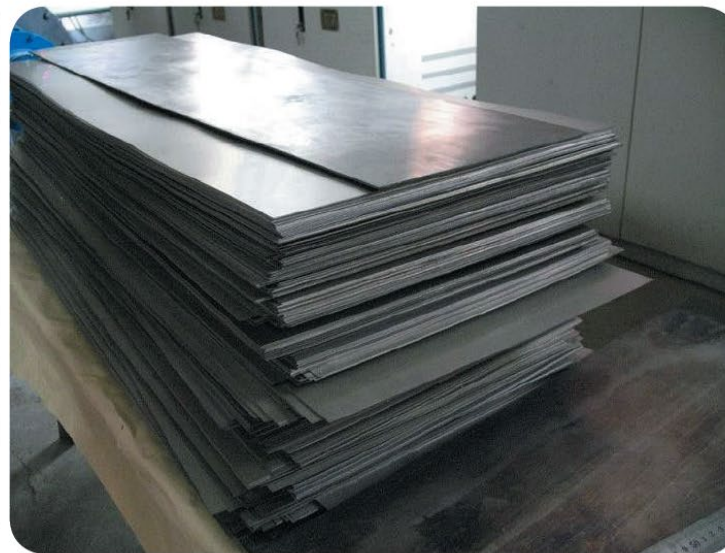
1. เหล็กที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ โดยไม่ผ่านกระบวนการเชื่อม หรือตีขึ้นรูปร้อน โครงสร้างและสมบัติครั้งสุดท้ายจะเหมือนกับเหล็กที่ส่งมาจากโรงงานผลิต
2. เหล็กที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ผ่านกระบวนการขึ้นรูปขณะร้อน (ตีขึ้นรูป ปั่นขึ้นรูป) โครงสร้างและสมบัติจะเปลี่ยนไป จึงต้องมีการกำหนดส่วนผสมทางเคมีซึ่งจะบ่งบอกถึงสภาวะการแปรรูปขณะร้อนและสมบัติเชิงกลครั้งสุดท้าย

3. เหล็กที่ประสานโดยวิธีการเชื่อมโลหะ จะต้องทราบส่วนผสมทางเคมี เพราะขณะที่เหล็กโดนความร้อนจากการเชื่อมสมบัติของเหล็กจะเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังต้องรู้สมบัติเชิงกลก่อนที่จะทำการเชื่อมเหล็กกล้าที่สามารถเพิ่มความแข็งโดยการแปรรูป (Work Hardened Steel) ใช้ในกระบวนการผลิตเส้นลวด ท่อเหล็กไร้ตะเข็บ เป็นต้น ที่ขึ้นรูปโดยการรีด กดอัด หรือดึงขึ้นรูป ขณะเย็นการแปรรูปที่ทำให้โลหะมีความแข็งเพิ่มมากขึ้นนั้น โดยที่เหล็กกล้าชนิดนี้สามารถนำชิ้นงานไปอบอ่อนเพื่อให้เกิดผลึกใหม่ สามารถจัดความแข็งที่เพิ่มขึ้นมาอีกด้วย เหล็กชนิดนี้จำหน่ายได้ทั้งอบอ่อนและไม่อบอ่อนแบ่งออกได้ดังนี้

(1) เหล็กแผ่นหนาและแผ่นบาง (Plate Mills and Hot-Trip Mills) เหล็กแผ่นหนา (Plate Mills) ใช้สำหรับงานโครงสร้างผลิตจากเหล็กที่ร้อนมีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมมากกว่าเหล็กแผ่นบางแต่จะมีความแข็งน้อยกว่า เพราะการเย็นตัวของเหล็กแผ่นบางจะเร็วกว่าโดยการใช้สแลบ (Slab) โดยปกติจะมีขนาดความหนา 6 มิลลิเมตรขึ้นไป สำหรับเหล็กแผ่นบางใช้สำหรับงานปั๊มขึ้นรูปต้องใช้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เพื่อให้มีอัตราการยืดตัวสูงขึ้นและต้องมีคาร์ไบด์ไม่เกิน 0.08% ผ่านกระบวนการรีดร้อนทำเป็นม้วนโต ๆ แล้วนำมารีดเย็น (Cold Reduction Mills) ให้ได้เหล็กแผ่นบาง ๆ หนา 0.5 มิลลิเมตร แล้วนำไปปรับปรุงความเรียบผิวอีกครั้งเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 6.2



(ก) เหล็กแผ่นหนา



(ข) เหล็กแผ่นบาง

รูปที่ 6.2 ลักษณะเหล็กแผ่นหนาและเหล็กแผ่นบาง

เหล็กแผ่นดำ (Steel Plate) เป็นเหล็กรูปพรรณมีลักษณะทรงแบนทำจากเหล็กแผ่นม้วน คุณภาพสูง ควบคุมกระบวนการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ทันสมัยปราศจากเหล็กด้อยคุณภาพเจือปนมีหลายขนาด ตั้งแต่ 4X8 ฟุต ขนาด 5x 10 ฟุต และขนาด 5x 20 ฟุต มีความหนาตั้งแต่ 5-30 มิลลิเมตร โดยมาตรฐานการผลิตจะมีสีเหมือนกันและมีขนาดเท่ากันตลอดทั้งแผ่น เป็นเหล็กแผ่นรีดร้อน (Hot Rolled) ดังรูปที่ 6.6.6.3



รูปที่ 6.3 ลักษณะเหล็กแผ่นดำ

ตารางที่ 6.1 ลักษณะและน้ำหนักเหล็กแผ่นดำ Hot Rolled Steel Plate

ความหนา mm	เหล็กแผ่นดำ (Steel Plate)				
	น้ำหนัก (kg)				
	4' 8'	5' 10'	5' 20'	6' 20'	8' 20'
	(121×2438 mm)	(1,524×3,048mm)	(1,524×6,096mm)	(182×6,096 mm)	2,438×6,096 mm)
1.2	28.03	43.80	87.60	105.12	140.16
1.4	32.70	51.10	102.20	122.64	163.52
1.5	35.04	54.75	109.50	131.40	175.20
1.6	37.38	58.40	116.80	140.16	186.88
1.8	42.02	65.70	131.40	157.68	210.24
2.0	46.72	73.00	146.00	175.20	233.60
2.3	53.73	83.95	167.00	201.48	268.64
2.5	58.40	91.25	182.50	219.00	292.00

2.8	65.41	102.20	204.40	245.28	327.04
3.0	70.08	109.50	219.00	262.80	350.04
3.2	74.75	116.80	233.60	280.00	373.76
3.5	81.76	127.75	255.50	306.60	408.80
4.0	93.44	146.00	292.00	350.40	467.20
4.5	105.12	164.25	328.50	394.20	525.60
5.0	116.80	182.50	365.00	438.00	584.00
5.5	128.48	200.75	401.50	481.80	624.40
6.0	140.16	219.00	438.00	525.60	140.16
7.0	163.52	255.50	511.00	623.20	817.16
8.0	186.88	292.00	584.00	700.80	934.40
9.0	210.24	328.50	657.00	788.40	1,051.20
10.0	233.60	365.00	730.00	876.00	1,168.00
11.0	256.96	401.50	803.00	963.60	1,284.80
12.0	280.32	438.00	876.00	1,051.20	1,401.60

ตารางที่ 6.1 (ต่อ) ลักษณะและน้ำหนักเหล็กแผ่นดำ Hot Rolled Steel Plate

ความหนา mm	เหล็กแผ่นดำ (Steel Plate)				
	น้ำหนัก (kg)				
	4' 8'	5' 10'	5' 20'	6' 20'	8' 20'
	(121 2438 mm)	(1,524 3,048mm)	(1,524 6,096mm)	(182 6,096 mm)	2,438 6,096 mm)
12.7	296.67	463.55	927.10	1,112.52	1,483.36
13.0	303.68	474.50	949.00	1,138.80	1,518.40
14.0	327.40	511.00	1,022.00	1,226.40	1,635.20
15.0	350.40	547.50	1,095.00	1,314.00	1,752.00
16.0	373.76	584.00	1,168.00	1,401.60	1,868.80
19.0	443.84	693.50	1,387.00	1,664.40	2,2119.29
20.0	467.20	730.00	1,460.00	1,752.00	2,336.00
22.0	513.92	803.00	1,606.00	1,927.20	2,579.60
25.0	584.00	912.50	1,825.00	2,190.00	1,920.00

28.0	654.08	1,022.00	2,044.00	2,452.80	3,270.00
30.0	700.80	1,095.00	2,190.00	2,628.00	3,504.00
32.0	747.52	1,168.00	2,336.00	2,803.2	3,737.60
34.0	794.24	1,241.00	2,482.00	2,978.40	3,971.20
35.0	817.60	1,277.50	2,555.00	3,066.00	4,088.00
36.0	840.96	1,314.00	2,628.00	3,153.60	4,204.00
38.0	887.68	1,387.00	2,774.00	3,328.80	4,438.40
40.0	934.40	1,460.00	2,920.00	3,504.00	4,672.00
45.0	1,051.20	1,642.50	3,285.00	3,942.00	5,256.00
50.0	1,168.00	1,825.00	3,650.00	4,380.00	5,840.00
60.0	1,401.60	2,190.00	4,380.00	5,256.00	7,008.00
70.0	1,635.00	2,555.00	5,110.00	6,132.00	8,176.00
80.0	1,868.80	2,920.00	5,840.00	7,008.00	9,344.00
90.0	2,102.40	3,285.00	6,570.00	7,884.00	10,512.00
100.0	2,336.00	3,650.00	7,300.00	8,760.00	11,680.00

(3) เหล็กเส้นแบน (Steel Flat Bars) ผลิตจากเหล็กคุณภาพสูงทำการตัดสลิดให้ได้ขนาดและขนาดความหนาเท่ากันทั้งเส้น เหล็กเส้นแบนชนิดรีดร้อนและชนิดตัด เช่นเหล็กเส้นแบนชนิดทำเหล็กตักัดหน้าต่าง จะมีความกว้าง 4 ทุน เหล็กเส้นแบนชนิดแข็ง 550C (เหล็กหัวแดง) มีทั้งรูปแบบที่ผลิตโดยการรีดเย็นและการรีดร้อน ขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน เช่น งานเชื่อม ทำเหล็กตัด งานทำแหนบรถยนต์ เหล็กเส้นแบนที่ดีจะต้องมีความเหนียว ทนต่อแรงยึดและแรงพับได้สูง มีขนาดต่าง ๆ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ลักษณะขนาดน้ำหนักของเหล็กเส้นแบน (Steel Flat Bars)

เหล็กเส้นแบน (Steel Flat Bars

หน้ากว้าง	น้ำหนัก (kg)/6M							
(mm)	3.0mm	4.5 mm	6.0mm	9.0mm	12.0mm	15.00mm	19.0mm	25.0mm
25	3.53	5.30	7.07	10.30	14.13	17.66	22.37	–
32	4.52	6.78	9.04	13.56	18.09	22.61	28.64	37.86
38	5.37	8.05	10.74	16.11	21.48	26.85	34.01	44.75
50	7.07	10.60	14.13	21.20	28.26	35.33	44.75	58.88
65	9.18	13.78	18.37	27.55	36.74	45.92	58.17	76.54
75	10.60	15.90	21.20	31.79	42.39	52.99	67.12	88.31
100	14.13	21.20	28.26	42.39	56.52	70.65	89.49	117.75

6.1.4 ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้า

ในบรรดาโลหะทั้งหมด เหล็กกล้าเป็นโลหะที่นำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งเหล็กกล้าที่นำมาใช้มีมากมายหลายชนิด มีสมบัติและคุณลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันเนื่องจากส่วนผสมของธาตุต่าง เหล็กกล้าส่วนมากสามารถนำมาทำการเชื่อมได้ แต่ความยากง่ายของการเชื่อมและคุณภาพของแนวเชื่อมจะแตกต่างกันเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการเชื่อมดีหมายถึงเหล็กกล้านั้นสามารถทำการเชื่อมได้โดยมีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อยและแนวเชื่อมยอมรับได้แต่เหล็กกล้าที่มีความสามารถในการเชื่อมไม่ดี หมายถึง การเชื่อมมีข้อจำกัดในกระบวนการเชื่อม การเตรียมรอยต่อและกระบวนการประกอบจะต้องมีการควบคุมอย่างเคร่งครัด ซึ่งบางครั้งอาจเป็นผลให้งานเชื่อมไม่สามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนส่วนผสมทางเคมีและสมบัติทางกล ดังนั้นการนำเหล็กกล้าไปใช้งานแต่ละชนิดจึงต้องพิจารณาความสามารถในการเชื่อมให้ดีกว่าก่อน

(1) ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุที่ทำให้เหล็กกล้ามีความแข็งและแข็งแรงสูงขึ้น ช่วยให้มี
ความสามารถในการตัดแต่ง ด้านทานการกัดกร่อนของบรรยากาศ ความต้านทานต่อแรงกระแทก
จะลดลง แต่พิจารณาในด้านของงานเชื่อมถือว่าฟอสฟอรัสเป็นสารมลทินจึงต้องควบคุมให้ต่ำที่สุด
เท่าที่จะทำได้ ถ้ามีมากกว่าร้อยละ 0.05 จะทำให้แนวเชื่อมเปราะแตกง่ายได้ง่ายทำให้การไหลของ
น้ำโลหะดีขึ้นแต่ควบคุมได้ยาก

(2) ซัลเฟอร์ (S) เป็นธาตุที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดแต่งของเหล็กกล้า ลดความ
ต้านทานต่อแรงกระแทกและความสามารถในการเชื่อม เพราะทำให้แนวเชื่อมเกิดความแตกง่าย
ในขณะร้อน (Hot-Shot) แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม และจะมีโอกาสเกิดขึ้นมากตาม
ปริมาณของซัลเฟอร์ที่สูงขึ้นโดยปกติจะให้มีกำมะถันได้ไม่เกินร้อยละ 0.0355 เหล็กกล้าที่กำมะถัน
ผสมอยู่จะมีความสามารถในการเชื่อมไม่ดีเพราะกำมะถันจะรวมตัวกับเหล็กซึ่งทำให้เกิดรอย
แตกง่ายและรอยตำหนิอื่น ๆ ตามบริเวณแนวหลอมเหลว

(3) **ทองแดง (Cu)** เป็นธาตุที่มีคุณสมบัติในการปรับปรุงความต้านทานการกัดกร่อนถ้าทองแดงมีปริมาณไม่เกินร้อยละ 0.05 จะไม่มีผลต่อความสามารถในการเชื่อมแต่ถ้าเป็นเหล็กกล้าที่ต้องผ่านการอบชุบหากมีทองแดงเกินร้อยละ 0.05 จะทำให้สมบัติเชิงกลลดลง

(4) **ซิลิคอน (Si)** เป็นธาตุที่ช่วยลดปริมาณออกซิเจนในเหล็กกล้าซึ่งจะเติมลงไปในขณะที่ทำการผลิต ช่วยเพิ่มความแข็งและความแข็งแรง แต่จะทำให้มีโอกาสด่างได้ง่าย

(5) **แมงกานีส (Mn)** เป็นธาตุที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง แต่มีผลน้อยกว่าคาร์บอนถ้ามีปริมาณแมงกานีสน้อยกว่าร้อยละ 0.30 อาจทำให้เกิดตามดและรอยแตกร้าวในแนวเชื่อมและถ้ามีแมงกานีสเกินร้อยละ 0.80 แนวเชื่อมอาจเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเช่นกัน ส่วนผสมของแมงกานีสต่อกำมะถันในอัตราส่วน 10 : 1 ทำให้เหล็กกล้ามีความสามารถในการเชื่อมที่ดี

(6) **คาร์บอน (C)** เป็นธาตุสำคัญในการช่วยเพิ่มความแข็งแรงแก่เหล็กกล้า เมื่อมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่สูง เหล็กกล้าจะมีความสามารถในการชุบแข็งและต้านทานต่อแรงดึงสูงแต่ความเหนียวและความสามารถในการเชื่อมจะลดลง เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่าร้อยละ 0.25 และทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วจะมีความแข็งและเปราะหรือถ้าบริเวณบ่อหลอมเหลวได้รับคาร์บอนในปริมาณมากในขณะที่ทำการเชื่อมแนวเชื่อมอาจมีความแข็งมากกว่าปกติ

2. ชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอน สามารถแบ่งตามปริมาณของคาร์บอนที่ผสม ได้ดังนี้

(1) เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low-Carbon Steel) คือมีคาร์บอนเป็นธาตุผสมอยู่ไม่เกินร้อยละ 0.30 มีความสามารถในการเชื่อมได้ง่ายทุกระบวนการเชื่อม ให้คุณภาพการเชื่อมที่ดีเยี่ยม นิยามมาใช้ในการงานโครงสร้างทั่วไป ภาชนะเครื่องกลทางการเกษตรและงานเชื่อมทั่วไป

(2) เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนระหว่าง 0.15-0.20 % มีความสามารถในการเชื่อมที่ดีมาก สามารถเชื่อมได้ตามวิธีมาตรฐานทั่วไปด้วยลวดเชื่อมเหล็กเหนียวทุกชนิด เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความรวดเร็ว

(3) เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนระหว่าง 0.25-0.30 % จะมีความสามารถในการเชื่อมที่ดี แต่ถ้ามีธาตุผสมบางตัวสูงเกินกว่าค่าที่กำหนดอาจทำให้แนวเชื่อมแตกร้าว เกิดโพรงอากาศได้ง่ายซึ่งอาจแก้ไขได้โดยลดกระแสไฟเชื่อมและความเร็วลงการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำโดยทั่วไปแล้วไม่ต้องให้ความร้อนก่อนก่อนการเชื่อม (Preheat) แต่ถ้าชิ้นงานมีความหนาควรอุ่นชิ้นงานก่อน

(4) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium-Carbon Steel) มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมไม่เกินร้อยละ 0.30-0.45 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางสามารถเชื่อมได้ดีในหลายกระบวนการเชื่อม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนและเทคนิคกระบวนการเชื่อม เช่น การให้ความร้อนก่อนการเชื่อม (Preheat) การปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อนหลังการเชื่อมจึงจะได้งานเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์กไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ แต่ควรใช้ลวดเชื่อมที่มีปริมาณไฮโดรเจนต่ำเพื่อลดแนวโน้มการแตกใต้แนวเชื่อม

(5) เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High-Carbon Steel) มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมเกินร้อยละ 0.45 เหล็กกล้าคาร์บอนสูงเหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการความแข็ง ความต้านทานต่อการสึกหรอดี ความแข็งแรงสูง นิยมใช้ทำแผ่นกันสึก ดอกสว่าน แม่พิมพ์ ฝาโลหะ เหล็กทรงรถไฟ การเชื่อมทำได้ยากกว่าเหล็กคาร์บอนต่ำและเหล็กคาร์บอนปานกลางเนื่องจากบริเวณเนื้องานข้างขอบแนวเชื่อม (HAZ) จะเกิดโครงสร้างแข็งและเปราะดังนั้น การเชื่อมสามารถหลีกเลี่ยงโดยให้ความร้อนหลังการเชื่อม (Post Heat) ให้งานเชื่อมเย็นตัวลงช้า ๆ เพื่อคลายความเค้นภายในการเชื่อม เหล็กกล้าคาร์บอนสูง มักใช้ในการเชื่อมพอกผิวส่วนที่สึกหายไป หรือเชื่อมพอกเพื่อให้ผิวมีความแข็งแรงสูงสำหรับเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.3 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปควรทดลองเชื่อมที่จะเชื่อมบนชิ้นงานจริงเพื่อหาแนวโน้มของงานที่จะแตกร้าว ควรจะอุ่นชิ้นงานก่อนและหลังการเชื่อม

อุณหภูมิสำหรับอุณหภูมิงานของเหล็กแต่ละชนิดไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง ส่วนผสมและปริมาณความร้อนที่ใช้ใช้ในการเชื่อมถ้าปริมาณคาร์บอนและธาตุผสมสูงและชิ้นงานหนาควรใช้อุณหภูมิสูงเพื่อให้งานเย็นตัวช้ากว่าปกติ แต่ถ้าเชื่อมด้วยลวดชนิดไฮโดรเจนต่ำสามารถใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าปกติได้

6.2 ท่อเหล็กกล้า

ท่อเหล็กกล้าถูกผลิตขึ้นมาจากการนำโลหะแผ่นม้วนขึ้นรูปเป็นท่อ นิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมมากมายเช่น ท่อประปา ท่อสำหรับอุตสาหกรรมเคมี ท่อที่ใช้กับชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ท่อร้อยสายไฟ ท่อสำหรับเจาะและขนส่งน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ ท่อเข็มพืด (Pling Pile) สำหรับงานก่อสร้าง เช่น Column Bridge Roof Trusses เป็นต้น

6.2.1 ประเภทของท่อเหล็กกล้า

ท่อเหล็กกล้าแบ่งตามกระบวนการผลิต แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ท่อที่ได้จากการม้วนและเชื่อมเหล็กแผ่น
2. ท่อที่ไม่ได้ผ่านการเชื่อม ได้จากการแปรรูปร้อนเหล็กแท่ง เช่น Round Bilet

6.2.2 การจำแนกท่อเหล็ก

เหล็กท่อกกลมดำ (Carbon Steel Tubers) หรือทั่ว ๆ ไปนิยมเรียกกันว่า เหล็กท่อดำ แป๊บดำหรือแป๊บกลม ผลิตจากแผ่นเหล็กกล้าคุณภาพสูง ผ่านการขึ้นรูปด้วยเครื่องจักร ประสิทธิภาพได้ตามมาตรฐานมีการควบคุมด้วยวิศวกร QC สูงสุด เป็นเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ กลวงแบบกลมตามมาตรฐาน มอก.107-253533 ชั้นคุณภาพ H541 ,มีความยาว 6,000 มิลลิเมตร/เส้น ใช้ประโยชน์เป็นท่อลำเลียง และใช้เป็นโครงสร้างทั่วไปมีลักษณะคือเหล็กท่อดำ มีความสามารถในการรับแรงดัน มีความแข็งแรงทนทาน มีน้ำหนักเบา ตะเข็บเรียบเชื่อมต่อกันได้ง่าย นิยมนำไปใช้ในการใช้เป็นท่อส่งน้ำสำหรับอาคารสูง งานขึ้นรูปโครงสร้างต่าง ๆ และนำไปใช้ในงานร้อยพอสายไฟฟ้า รั้ว ประตู หรืองานตกแต่งทั่ว ๆ ไป ดังรูปที่ 6.4 และ 5



รูปที่ 6.4 ลักษณะเหล็กท่อกลมดำ



รูปที่ 6.5 ลักษณะการใช้งานเหล็กท่อกลมดำ

เหล็กท่อกลมดำทุกขนาดสามารถนำไปซุกกักปลั๊กไวนซ์และสังกะสีได้ เพื่อเพิ่มความคงทนแข็งแรงและความสวยงาม ใช้งานได้นานและไม่เกิดสนิมและรอยแตกเวลาทำการเชื่อม โดยทั่ว ๆ ไปจะมีขนาดที่ระบุไว้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ลักษณะขนาดและน้ำหนักเหล็กท่อกลมดำบริษัทคลังเหล็กไทยจำกัด

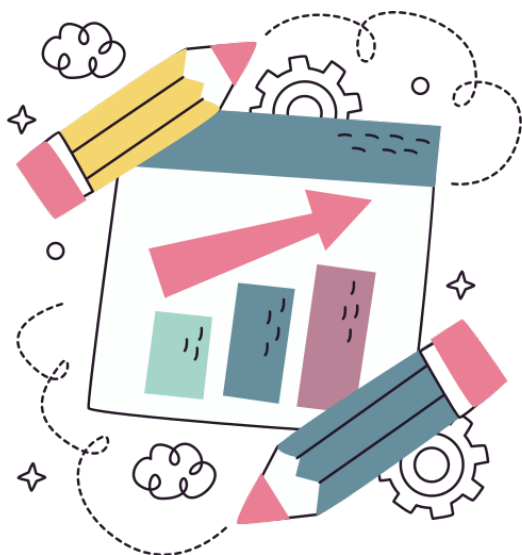
ขนาด (Inch)	ϕ วงนอก (mm)	น้ำหนัก (Kg)							
		1.2 mm	1.4mm	1.6mm	1.8mm	2.0mm	2.3 mm	2.6mm	2.8 mm
$\frac{1}{2}$	21.7	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	6.6	7.3	7.6
$\frac{3}{4}$	27.2	4.3	5.0	5.8	6.5	7.3	8.3	9.4	10
1	34.0	5.5	6.4	7.3	8.3	9	10.5	12.0	12.8
$1\frac{1}{4}$	42.7	7.0	8.3	9.5	10.6	12	13.5	15	16.5
$1\frac{1}{2}$	48.6	8.0	9.5	10.6	12	14	16	18	19
2	60.5	10.4	12	13.8	15.6	17.3	20	22.5	24.2
$2\frac{1}{2}$	76.3	-	15.3	17.5	20	22	25	28	30.5

3	89	-	18	21	23	26	30	34	36
$3\frac{1}{2}$	101.6	-	-	23	26	29	33	37	40
4	114.3	-	-	27	30	33	38	44	47
5	139.8	-	-	-	-	40	45	52	56
6	165.2	-	-	-	-	48	55	63	68
8	316.9	-	-	-	-	61	71	81	88



ตารางที่ 6.4 ลักษณะขนาดและน้ำหนักเหล็กท่อกลมดำบริษัทคลังเหล็กไทยจำกัด

ขนาด (Inch)	ϕ วงนอก (mm)	น้ำหนัก (Kg)							
		3 mm	3.2mm	3.5mm	4.0mm	4.5mm	5 mm	5.5mm	6 mm
$\frac{1}{2}$	21.7	8.1	-	-	-	-	-	-	-
$\frac{3}{4}$	27.2	11	11.5	-	-	-	-	-	-



ตารางที่ 6.4 (ต่อ) ลักษณะขนาดและน้ำหนักเหล็กท่อกลมดำ บริษัทคลังเหล็กไทย

จำกัด

ขนาด (Inch)	ϕ วงนอก (mm)	น้ำหนัก (Kg)							
		3 mm	3.2mm	3.5mm	4.0mm	4.5mm	5 mm	5.5mm	6 mm
1 $\frac{1}{2}$	48.6	20.5	22	23.6	27	-	-	-	-
2 $\frac{1}{2}$	76.3	33	35	38.5	44	49	-	-	-
3	89	38	41	45	51	58	-	-	-
3 $\frac{1}{2}$	101.6	43	46	50	57	64	72	-	-
4	114.3	50	53	58	67	75	82	90	98
5	139.8	60	64	70	80	90	100	110	120
6	165.2	73	78	84	96	107	120	133	146
8	316.9	94	100	110	126	141	158	175	190

ตารางที่ 6.5 ลักษณะสมบัติเหล็กท่อกลมดำ Sch 40

สมบัติของท่อ ASTM A-35			
# 40	วัดนอก	ความหนา	น้ำหนัก
$\frac{1}{2}$	21.3	2.77	7.62
$\frac{3}{4}$	26.7	2.87	10.08
1"	33.4	3.38	15
1" $\frac{1}{4}$	42.2	3.56	20.28
1" $\frac{1}{2}$	48.3	3.68	24.3
2"	60.3	3.91	32.64
2 $\frac{1}{2}$	73	5.16	51.78

ตารางที่ 6.5 (ต่อ) ลักษณะสมบัติเหล็กท่อกลมดำ Sch 40

สมบัติของท่อ ASTM A-35			
# 40	วัดนอก	ความหนา	น้ำหนัก
4"	114.3	6.02	96.48
5"	141.3	6.55	130.68
6"	168.3	7.11	169.56
8"	219.1	8.18	255.30
10"	273	9.27	361.74
12"	323.8	10.31	478.2
14"	355.6	11.13	567.3
16"	406.4	12.7	739.8

มาตรฐานความโตและขนาดของผนังท่อ (Pipe Size & Pipe Wall Thickness) ที่นิยมใช้งานกันในปัจจุบัน มักสร้างความสับสนให้กับผู้ใช้อยู่เสมอ เพราะผู้ใช้ไม่มีแหล่งอ้างอิงข้อมูลเช่นท่อ NPS 3 เพราะเหตุใดจึงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 3.5 นิ้ว แทนที่จะเป็น 3 นิ้ว ความหนาของผนังท่อกำหนดด้วย Sch 40 เทียบกับ Standard (STD) มีประวัติและความแตกต่างกันอย่างไร จะขออธิบายให้เห็นถึงที่มาเพื่อความเข้าใจ

ในยุคแรก ๆ ผู้ผลิตได้กำหนดระบบที่ใช้ใช้ในการกำหนดขนาดท่อที่มีชื่อว่า Iron Pipe Size (IPS) ซึ่งได้กำหนดขนาดท่อโดยอ้างอิงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ ผู้ปฏิบัติงานด้านท่อได้ทำการอ้างอิงขนาดท่อเริ่มตั้งแต่ขนาด 2, 4, 6 นิ้ว เป็นต้นไป ส่วนความหนาของผนังท่อถูกกำหนดไว้เพียงความหนาเดียวต่อขนาดท่อแต่ละขนาด ซึ่งต่อมาขนาดความหนาท่อที่กำหนดไว้เรียกว่า Standard (STD) หรือ Standard Weight (STD WT) การที่ขนาดความหนาท่อถูกกำหนดไว้เพียงความหนาเดียวนี้เอง ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อแต่ละขนาดเป็นค่าคงที่ไม่มีการแปรผัน และในที่สุดก็ได้กลายเป็นค่ามาตรฐาน ในช่วงสมัยอุตสาหกรรมได้เริ่มพัฒนาขึ้น มีความต้องการในการใช้ท่อที่รับแรงดันสูงขึ้น ดังนั้นบริษัทที่ผลิตจึงได้มีการผลิตท่อเพื่อให้มีขนาดความหนาเพิ่มขึ้น โดยตั้งชื่อว่า Extra Strong (XS) โดยเพิ่มขนาดความหนาเพิ่มขึ้นอีกเป็น Double Extra Strong (XXS) โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อยังคงไว้เป็นค่ามาตรฐาน ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเริ่มเบี่ยงเบนไปจากค่าอ้างอิงเริ่มต้นและแปรผันตามความหนาของ XS และ XXS

การพัฒนาการด้านคุณภาพของท่อทั้งในด้านความคงทนต่อการกัดกร่อนและความแข็งแรง ทำให้อุตสาหกรรมบางชนิดมีต้องการใช้ท่อบางลดลง และกลายเป็นจุดเริ่มต้นในการนำระบบใหม่มาใช้ในการกำหนดขนาดและความหนาของท่อ เรียกว่า Nominal Pipe Size (NPS) แทนระบบเก่า IPS แล้วคำว่า Schedule (Sch) ถูกตั้งขึ้นเพื่อระบุความหนาของผนังท่อ ในระบบใหม่ที่ตั้งขึ้นมายังคงมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกคงที่ ค่าเดิมที่ใช้ในระบบ IPS และวิธีการเรียกความหนาแบบเดิม คือ STD, XS และ XXS ยังคงไว้ใช้จนถึงปัจจุบันที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือที่มาของมาตรฐานที่เกิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปัจจุบันคือมาตรฐาน ASME B 36.10 ในยุคสมัยใหม่ได้มีความพยายามก่อตั้งมาตรฐานให้เป็นสากล จึงได้มีองค์กรสากลที่ใช้กำหนดงานท่อเกิดขึ้นคือ International Standard Organization (ISO) ได้กำหนดขนาดท่อในระบบ SI Unit และใช้ชื่อเรียกขนาดท่อว่า Diameter Nominal (DN) ซึ่งสามารถเทียบเท่า (Equivalent) กับขนาด NPS ได้ขนาดและความหนาท่อเหล็กกล้า (Steel Pipe and Dimension) ขนาดและมิติของท่อเหล็กกล้า ความหมายในทางปฏิบัติจะครอบคลุมถึงท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel Pipe) และท่อเหล็กกล้าผสม (Alloy Steel Pipe) แต่จะไม่ครอบคลุมถึงท่อเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel Pipe)

6.3 คุณสมบัติของเหล็กชิ้นงานเชื่อม

ในการเชื่อมเหล็ก เหนียว ต้องใช้อุณหภูมิสูงมาก จาก 3,500-15,000°C ทั้งนี้แล้วแต่วิธีการเชื่อม ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงธาตุและเม็ดเกรนของโลหะชิ้นงาน อุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างเนื้อโลหะเชื่อมกับโลหะชิ้นงานพื้นฐานก็จะทำให้เกิดการบิดงอหรือเกิดความเครียดขึ้นในชิ้นงานด้วยดังนั้นช่างเชื่อมจึงจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติของโลหะชิ้นงานให้เข้าใจ มิฉะนั้น เมื่อทำการเชื่อมชิ้นงานก็จะเกิดความเสียหายขึ้นได้ จากปรากฏการณ์นี้ เพื่อให้ได้ชิ้นงานใช้ไปได้นาน ๆ โดยไม่เกิดแตกร้าวขึ้นภายหลังจำเป็นต้องพิจารณาดังนี้

1. การเลือกใช้วัสดุชิ้นงานที่เหมาะสมในการเชื่อม จำเป็นจะต้องพิจารณาความเหมาะสม ดังนี้ คือ

- ลักษณะการหลอมของเนื้อโลหะเชื่อม
- วิธีการหล่อของวัสดุที่ทำเป็นโลหะขึ้นงาน
- การแข็งตัวของวัสดุหลังจากผ่านการเชื่อม
- ความเปราะของเนื้อวัสดุ
- คุณภาพเมื่อใช้งานไปนาน

2. ความปลอดภัยของรอยเชื่อมขึ้นอยู่กับ

- การสร้าง (โครงร่าง ความหนา รูปร่าง)
- ความสะดวกในการเข้าเชื่อมในรอยเชื่อมต่าง ๆ
- วิธีการเชื่อม
- ชนิดของลวดเชื่อม
- ลำดับขั้นตอนการเชื่อม
- ลักษณะการให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ตั้งแต่ก่อนเชื่อม ระหว่างการเชื่อม และหลังการเชื่อม
- การเตรียมงานและการเชื่อมที่ถูกต้อง

