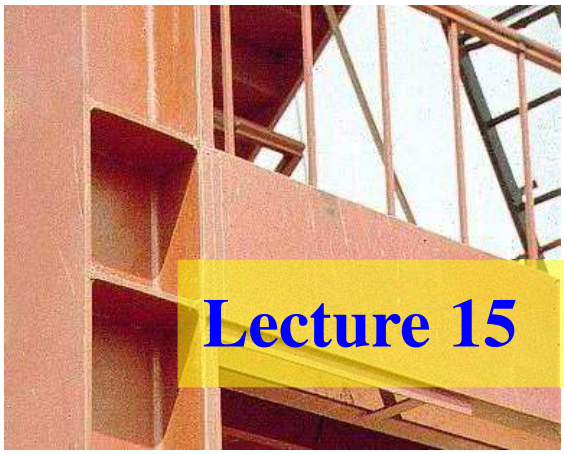
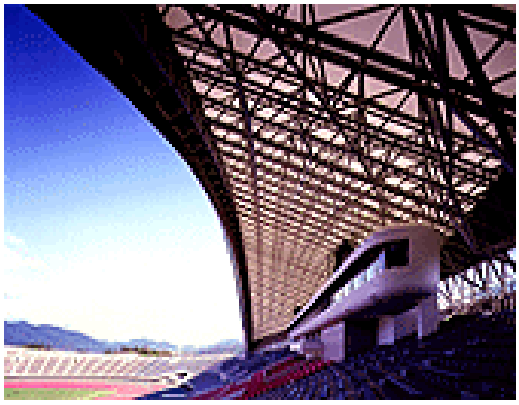


Timber and Steel Design

Lecture 15 Welded Connections I



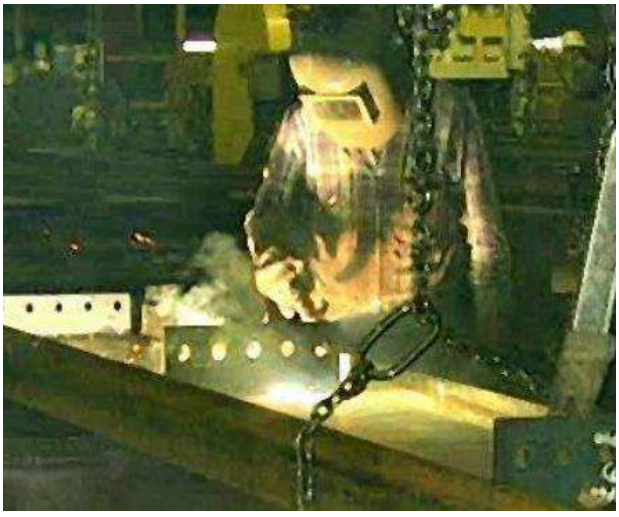
- Types of Welding
- Welding Symbols
- Allowable Strength of Welds
- Slot and Back Welds
- Combined Shear & Tension

Mongkol JIRAVACHARADET

SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

INSTITUTE OF ENGINEERING
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

Structural Welding



- Common method for connecting structural steel
- Many fabrication shops prefer to weld rather than bolt.
- Welding in the field is avoid due to welding condition requirements.

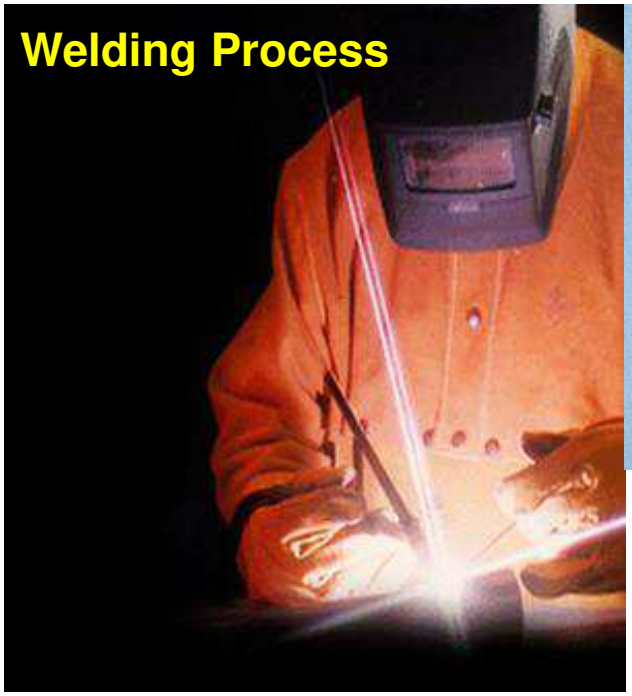
- Welding is the process of fusing pieces of metal by heating the base metal and filler to a liquid state.
- A properly welded joint is stronger than base metal.

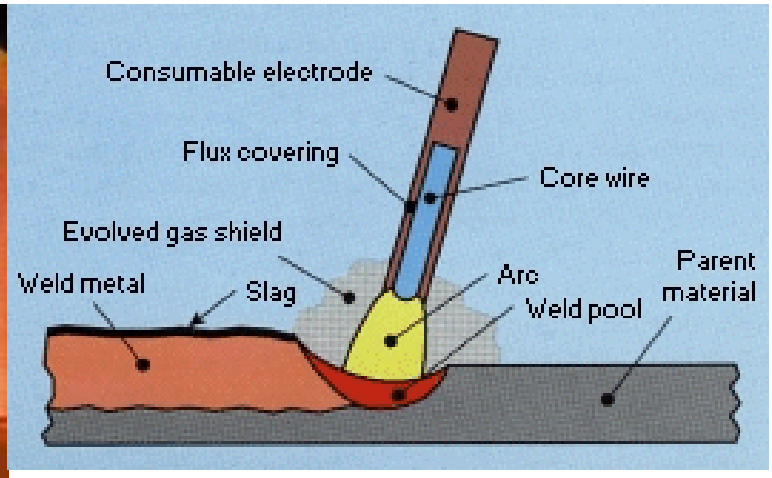
Advantages of Welding

- **Economic :** save gusset and spice plates
- **Applicability :** such as connection of steel pipe column
- **Rigidity & Continuity :** strong joint makes one-pieces construction
- **Easier to make changes during construction**
- **Relative silence**

Disadvantages of Welding

- **Fatique**
- **Inspection Cost**





Electric arc produces 3600°C between section to be welded and the electrode.

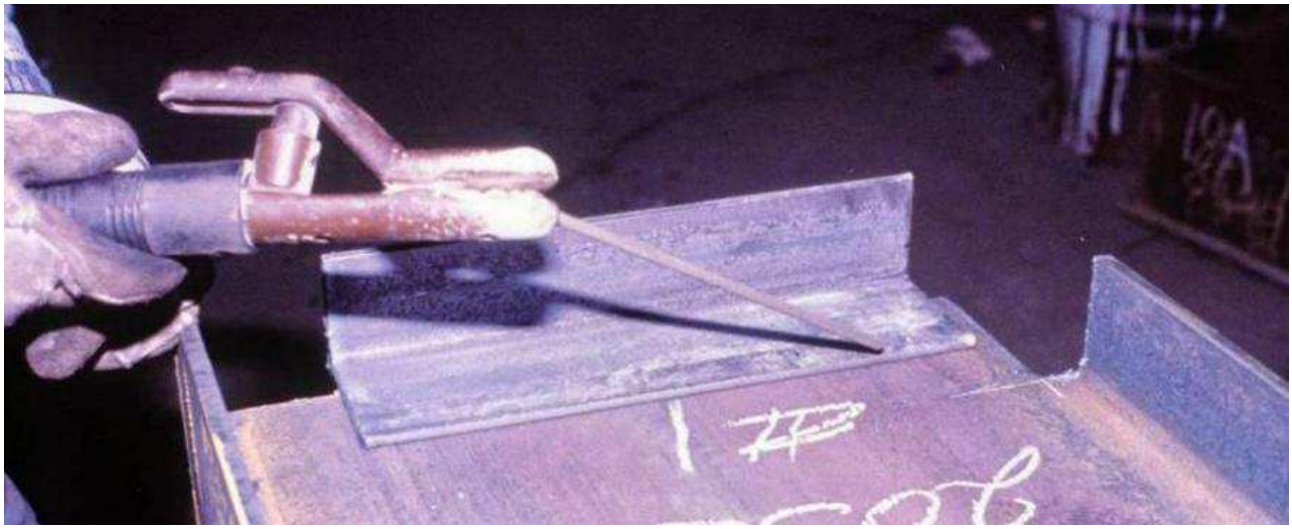
Filler and Base metal are melt in a weld pool and join into one homogeneous solid

Arc is shielded by slag to protect molten metal from air

Welding Processes

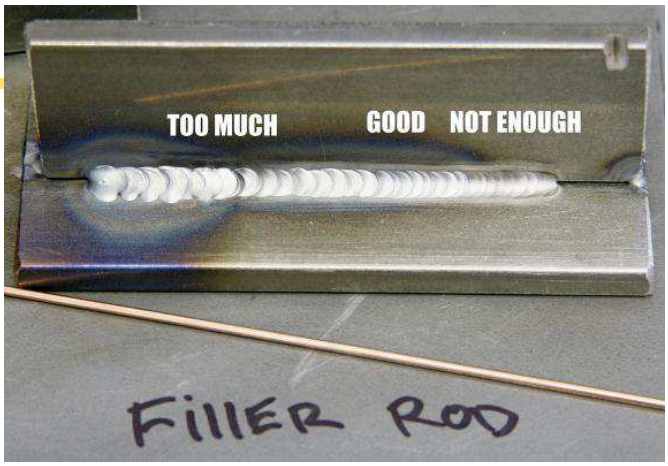
- Shield Metal Arc Welding (SMAW)
- Gas Metal Arc Welding (GMAW)
- Flux Cored Arc Welding (FCAW)
- Submerged Arc Welding (SAW)

SMAW Welding



- Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is also known as manual, stick or hand welding.
- An electric arc is produced between the end of coated metal electrode and the steel components to be welded.
- The electrode is a filler metal covered with a coating.

SMAW Welding

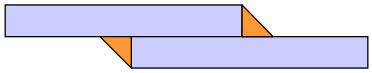


Welding Inspection

1. Visual inspection
2. Liquid penetrants
3. Magnetic particles
4. Ultrasonic testing
5. Radiographic procedures

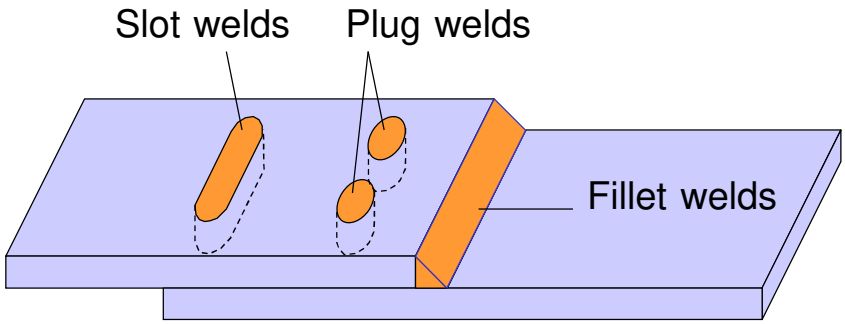
Classification of Welds

Types of welds made:

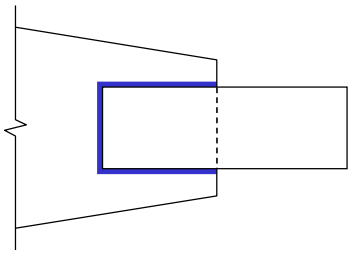


Fillet welds

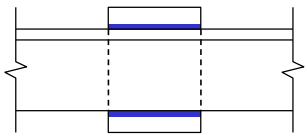
Groove welds



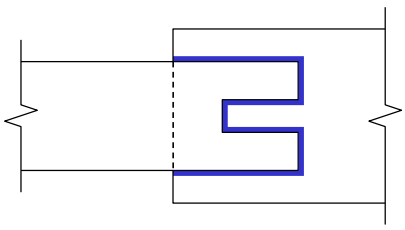
Typical uses of fillet welds



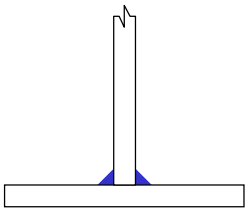
Lapped plate



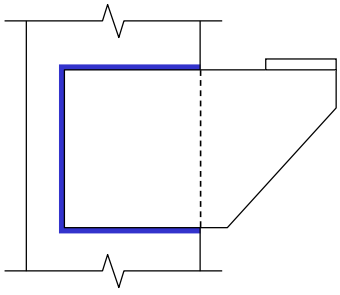
Stitch plate



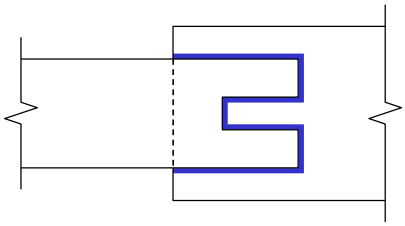
Slotted connection



Tee connection

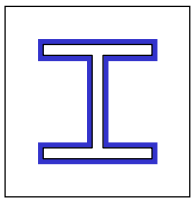


Bracket

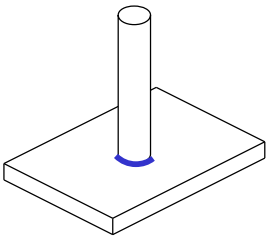


Beam bearing plate

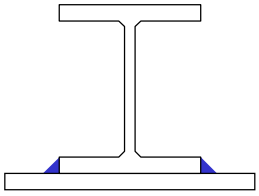
Typical uses of fillet welds



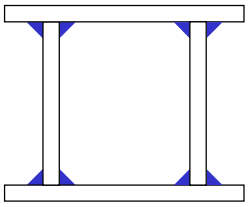
Column base plate

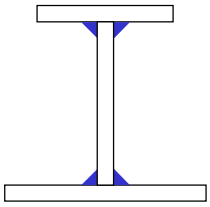


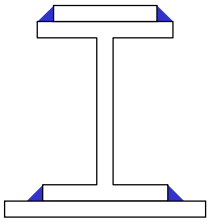
Pipe connection



Beam bracket



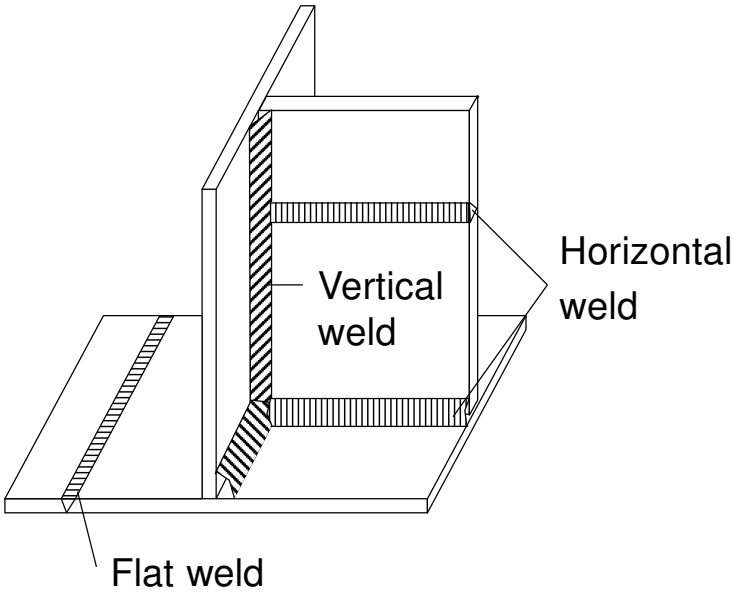


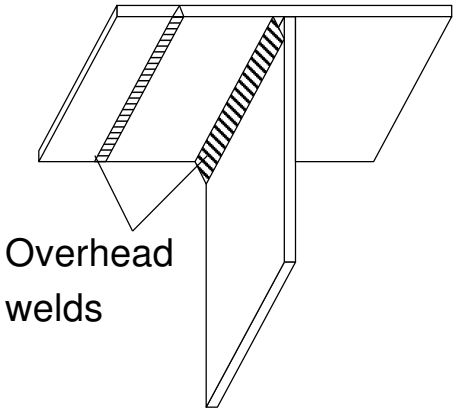


Built-up sections

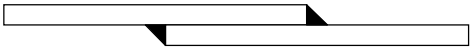
Classification of Welds

Positions of welds:



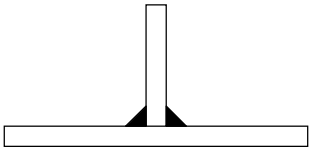


Types of joint:

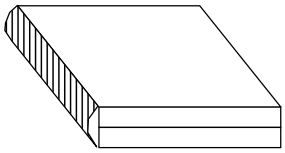


Lap

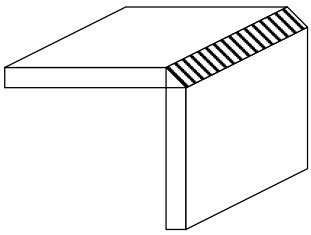
Butt



Tee

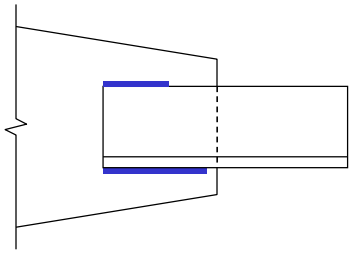


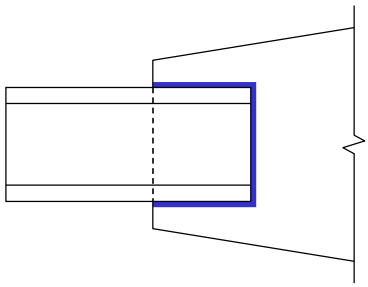
Edge



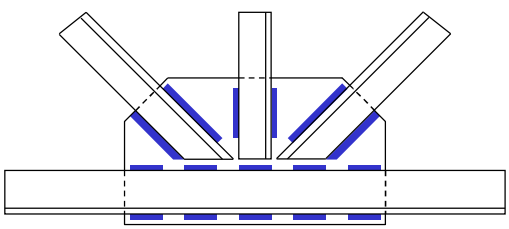
Corner

Examples of Lap Joints



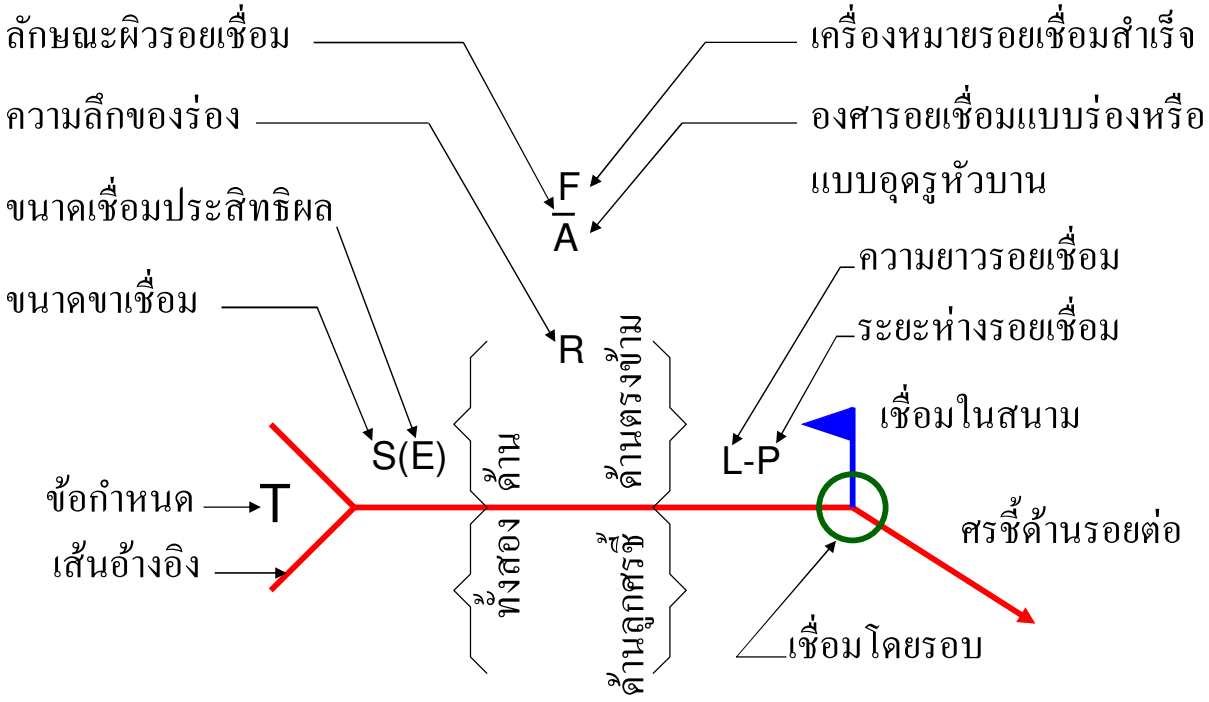


Ease of fitting : pieces don't required precise fabrication.
pieces can be slightly shifted for adjustment

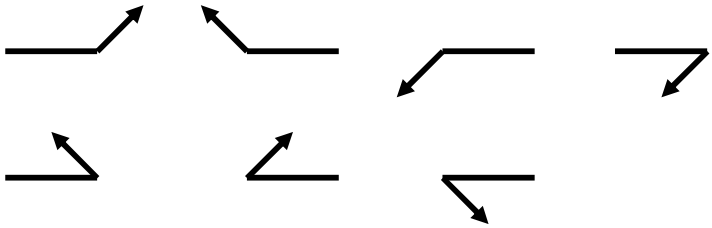


Ease of joining : edge of pieces don't need special preparation and are usually sheared or flame cut.

สัญลักษณ์การเชื่อมพื้นฐาน

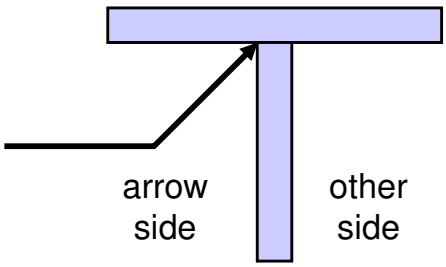


Reference line & Arrow



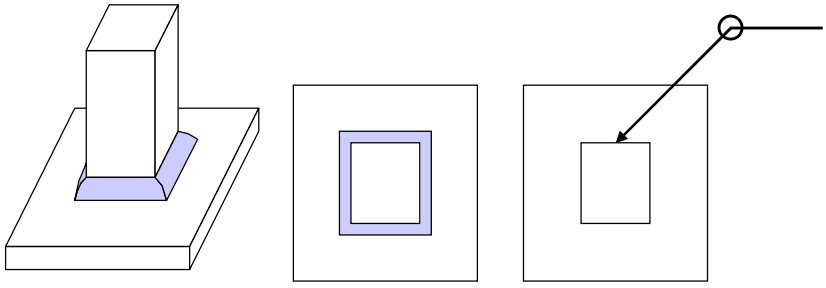
Arrow side & Other side

below=arrow and *above=other*

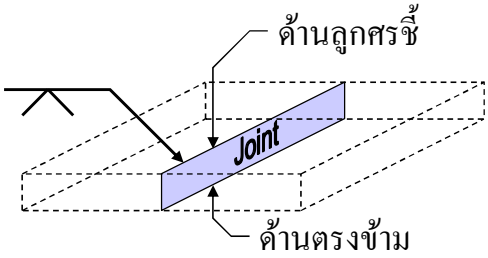


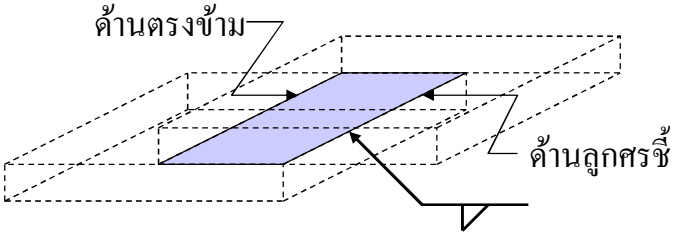
Weld-all-around

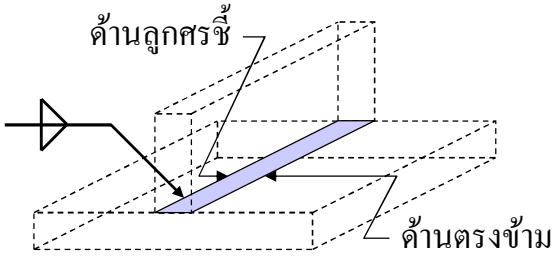
The open circle at the arrow/reference line junction

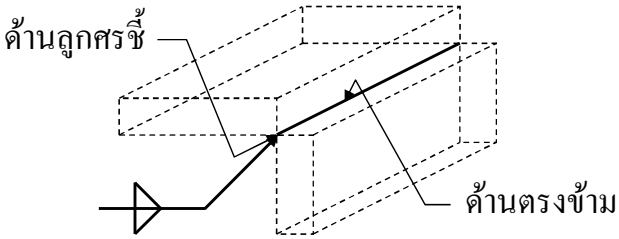


ด้านลูกศรชี้ & ด้านตรงข้าม





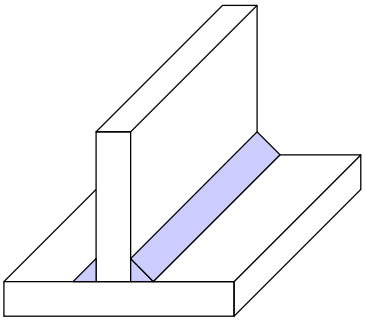


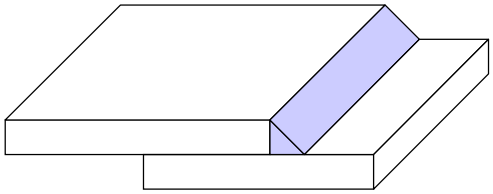


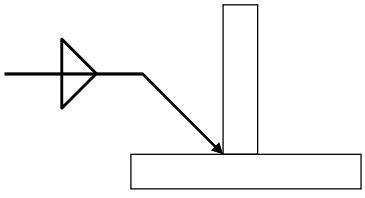
Fillet Welds

รอยเชื่อมแบบทาบ

- For lap joints, corner joints and T joints
- Triangular in cross-section



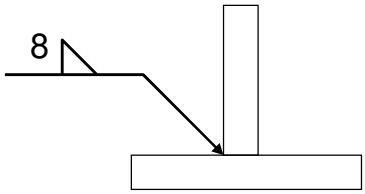




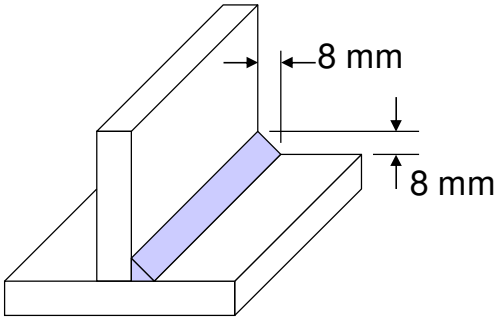
Transverse fillet weld

Longitudinal fillet weld

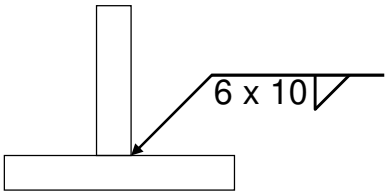
Example of Fillet Welds



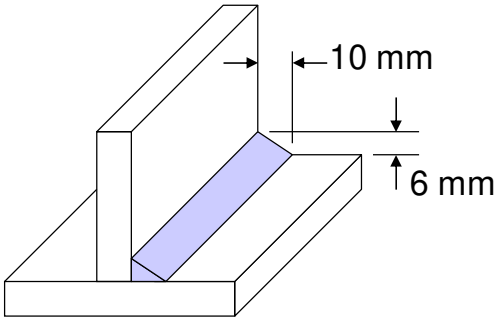
Symbol



As built

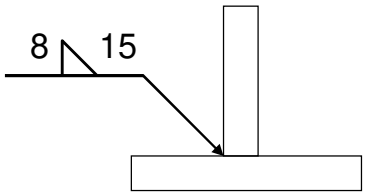


Symbol

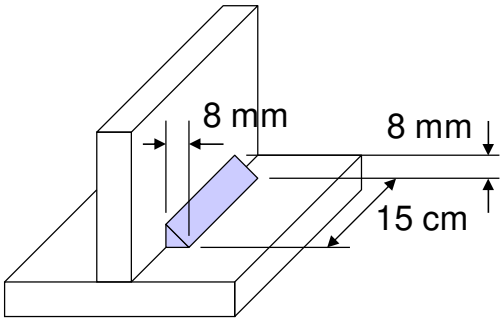


As built

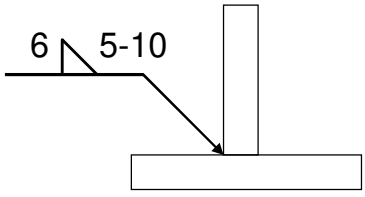
Example of Fillet Welds



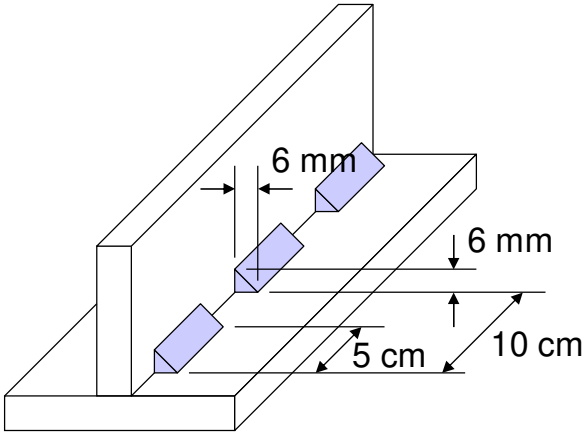
Symbol



As built

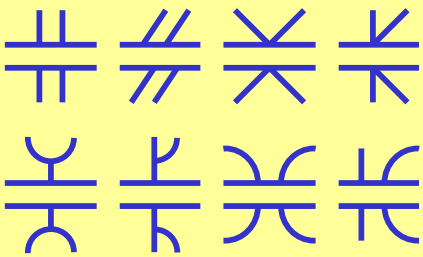


Symbol



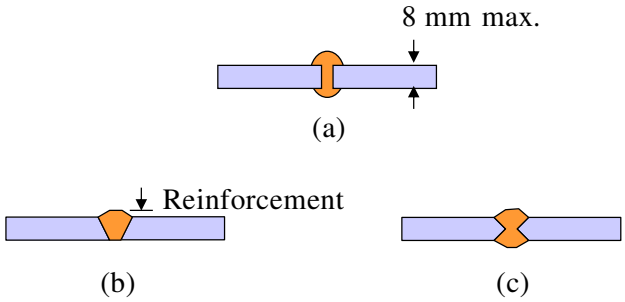
As built

Groove Welds



รอยเชื่อมแบบบากร่อง

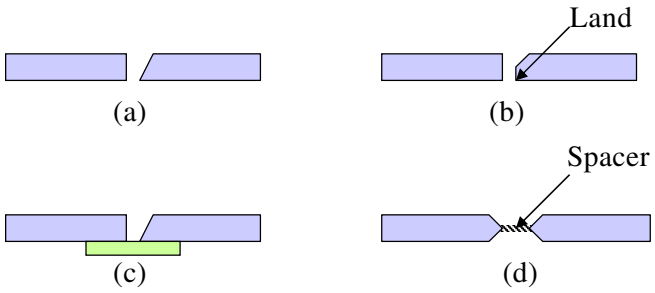
- Commonly used to make edge-to-edge joints



Reasons for having reinforcement:

(a) To take care of pits and other irregularities

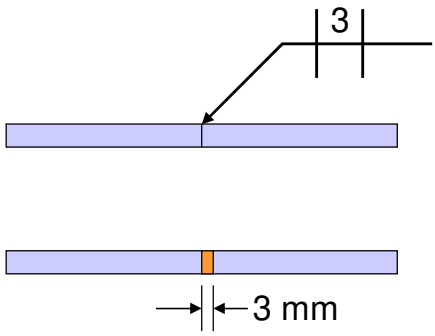
(b) Too difficult to make weld surface equal to material



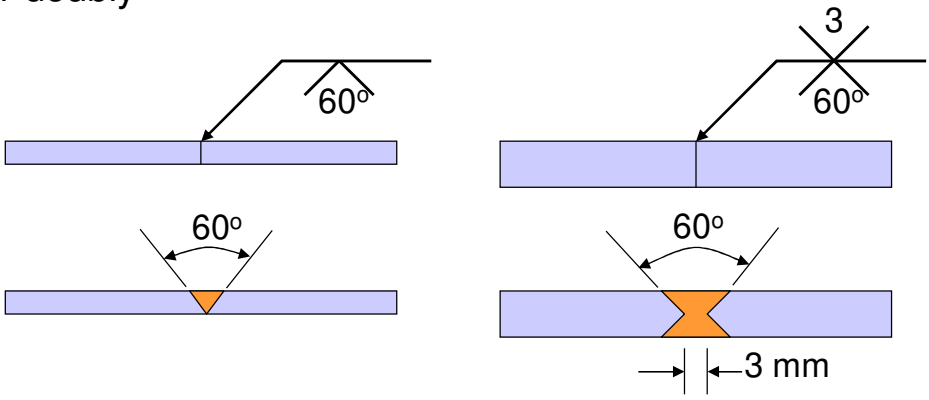
Types of Groove Weld

Square groove weld

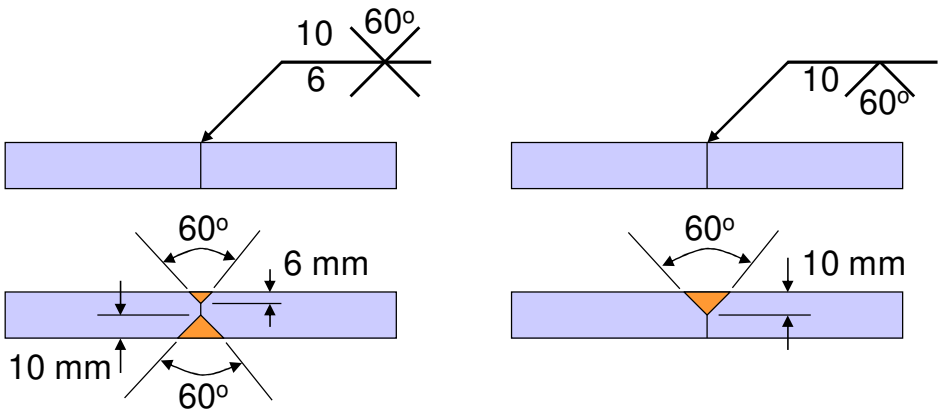
"groove" is created by either a tight fit or a slight separation of the edges. The amount of separation, if any, is given on the weld symbol.



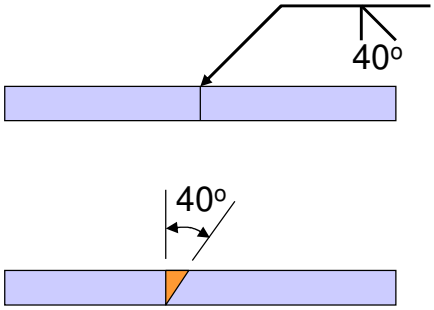
V-groove weld, in which the edges of both pieces are chamfered, either singly or doubly



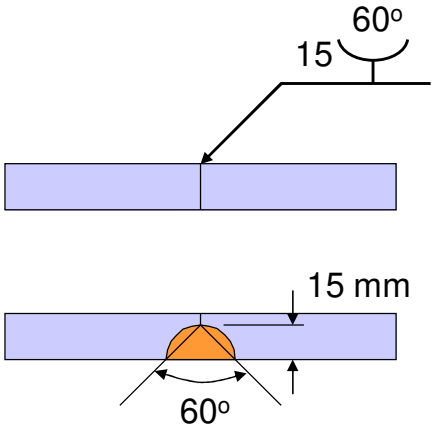
If the depth of the V is not the full thickness--or half the thickness in the case of a double V--the depth is given to the left of the weld symbol.



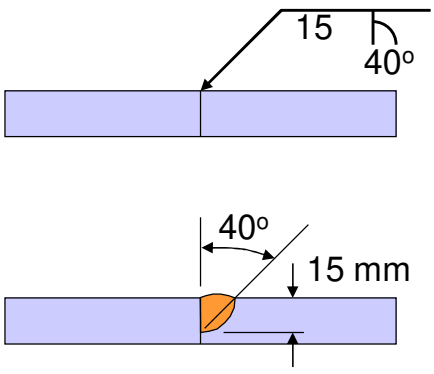
The **bevel** groove weld, in which the edge of one of the pieces is chamfered and the other is left square.



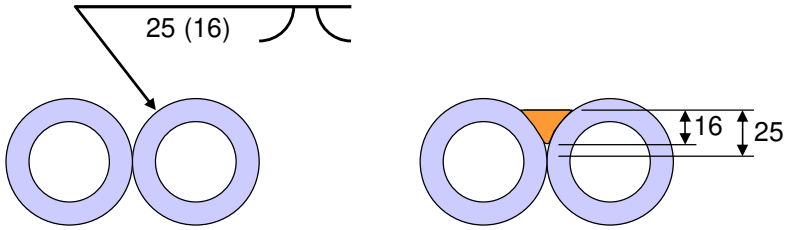
The **U-groove** weld, in which the edges of both pieces are given a concave treatment.



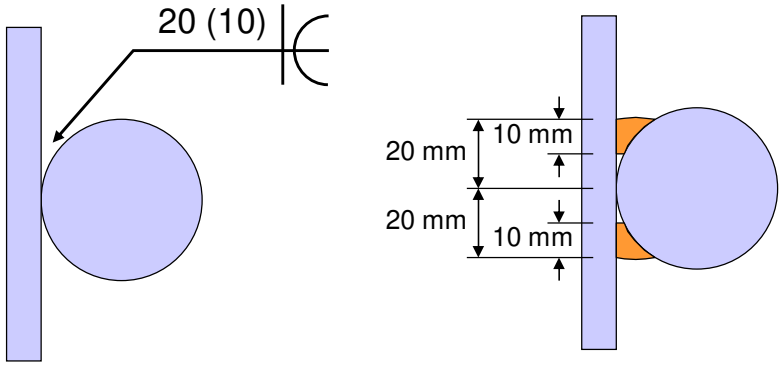
The **J-groove** weld, in which the edge of one of the pieces is given a concave treatment and the other is left square.



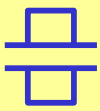
The **flare-V** groove weld, commonly used to join two round or curved parts. The intended depth of the weld itself are given to the left of the symbol, with the weld depth shown in parentheses.



The **flare bevel** groove weld, commonly used to join a round or curved piece to a flat piece.

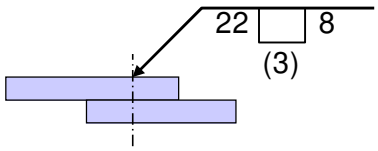


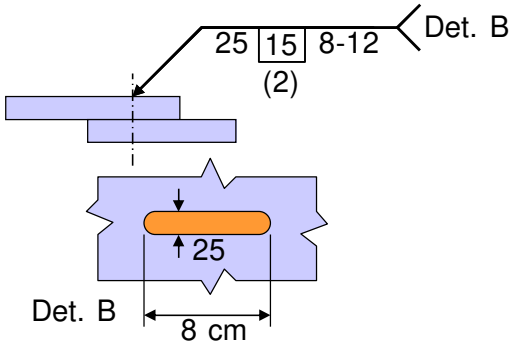
Plug & Slot Welds

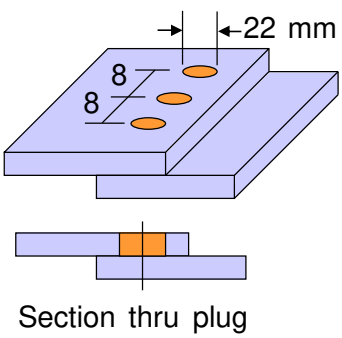


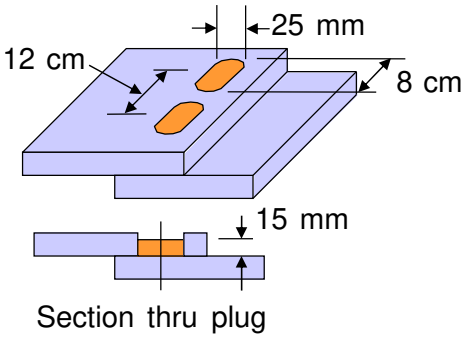
- Used to join overlapping members, one of which has holes in it.

- Weld metal is deposited in the holes and penetrates and fuses with the base metal.

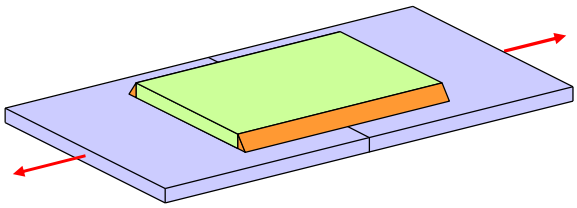


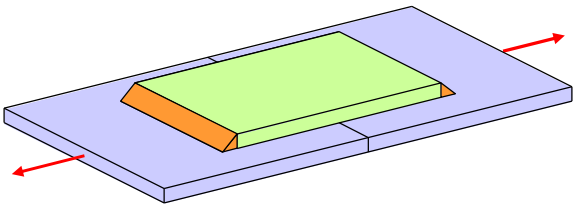


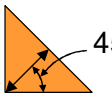




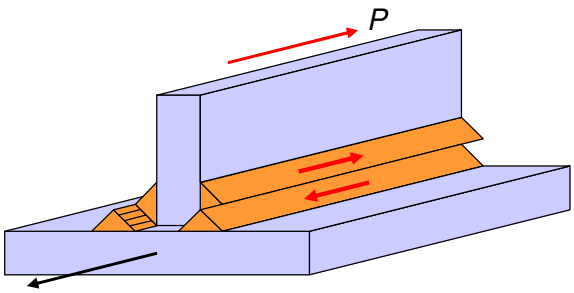
รอยเชื่อมฟิลเลตแนวขนานและตั้งฉาก



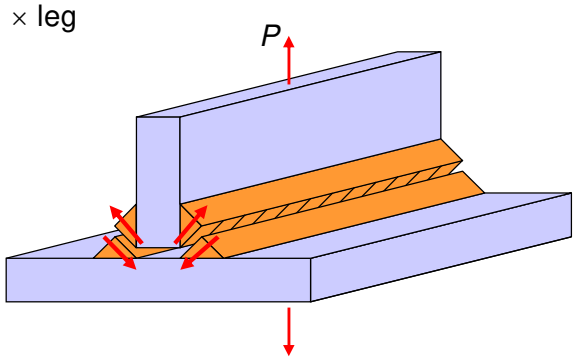




Throat = 0.707 × leg



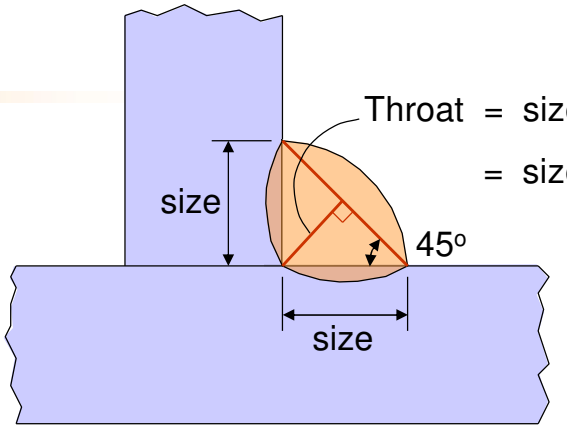
(a) แรงในแนวขนานรอยเชื่อม

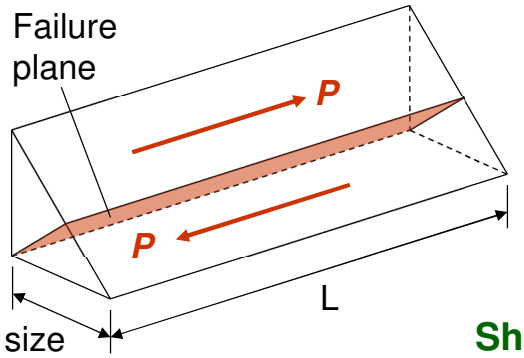


(b) แรงในแนวตั้งฉากรอยเชื่อม

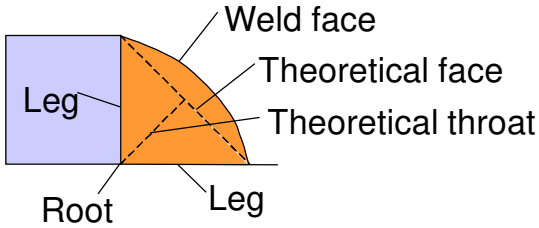
FILLET WELDS

รอยเชื่อมแบบทาบ

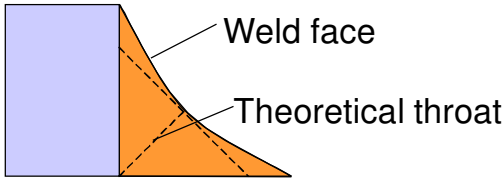




Shear stress: $f_v = \dfrac{P}{0.707 \times \text{size} \times L}$

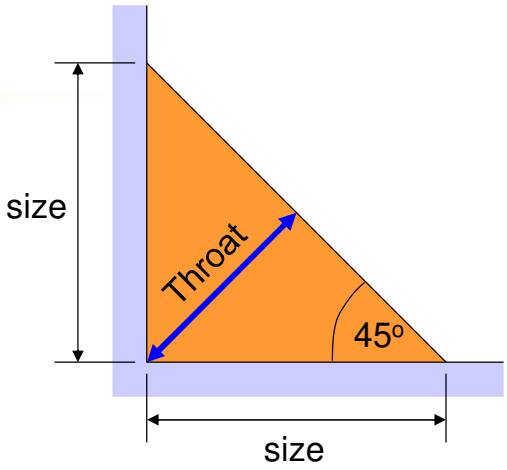


(a) Convex



(b) Concave

กำลังของรอยเชื่อมฟิลเลต



Throat = size × cos 45° = 0.707 × size

หน่วยแรงที่เฉือนที่ยอมให้: $F_v = 0.30\ F_u$

กำลังรอยเชื่อม: $P = 0.707 \times size \times L \times F_v$

กำลังรอยเชื่อมต่อความยาว: $P = 0.707 \times size \times F_v$

ลวดเชื่อม E60XX: สำหรับเหล็กกำลังคราก 2,500 ksc

ลวดเชื่อม E70XX: สำหรับเหล็กกำลังคราก 2,500 – 4,200 ksc

ลวดเชื่อม E80XX: สำหรับเหล็กกำลังคราก 4,500 ksc

ลวดเชื่อม E60:	F_u = 60 ksi = 4,200 kg/cm²	F_v = 1,260 kg/cm²
ลวดเชื่อม E70:	F_u = 70 ksi = 4,900 kg/cm²	F_v = 1,470 kg/cm²
ลวดเชื่อม E80:	F_u = 80 ksi = 5,600 kg/cm²	F_v = 1,680 kg/cm²

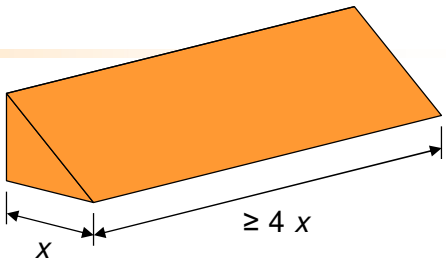
ตารางที่ 13.3 กำลังรอยเชื่อม (กก./ซม.)

ขนาดรอยเชื่อม (ม.ม.)	E60	E70
3	267	310
5	445	520
6	530	620
8	710	830
10	890	1040
12	1070	1250
16	1425	1660

E70XX size 5 mm: 0.707 (0.5) (0.3) (4,900) = 520 kg/cm

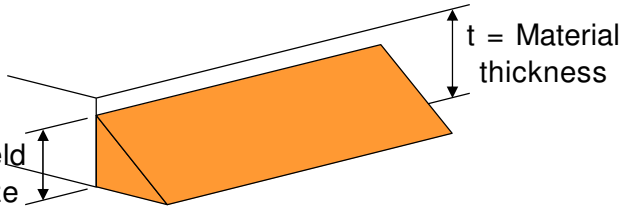
ข้อกำหนดรอยเชื่อม

1) Min. length of fillet weld ≥ 4 leg size



2) Max. weld size :

- t < 6 mm → weld size ≤ t
- t ≥ 6 mm → weld size ≤ t – 2 mm

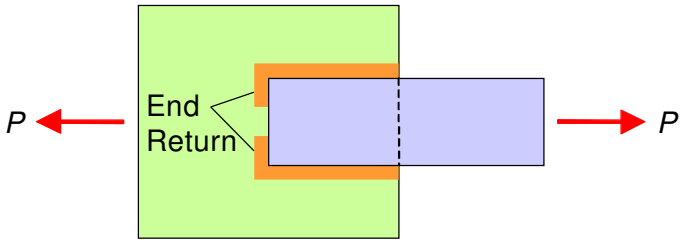


3) Min. weld size :

Material thickness	Min. size
t ≤ 6 mm	3 mm
6 mm < t ≤ 12 mm	5 mm
12 mm < t ≤ 19 mm	6 mm
t > 19 mm	8 mm

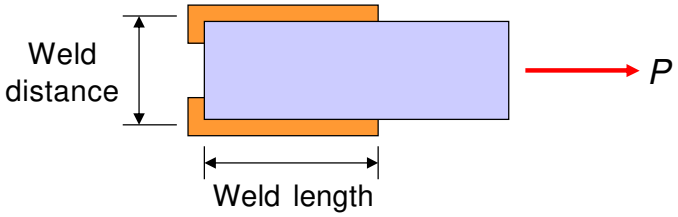
ข้อกำหนดรอยเชื่อม (ต่อ)

4) End return length ≥ 2 weld size

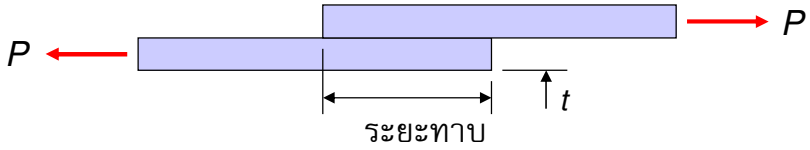


5) Longitudinal fillet: weld length ≥ weld distance

weld distance ≥ 20 cm



6) Min. lap joint ≥ 5 thickness ≥ 25 mm

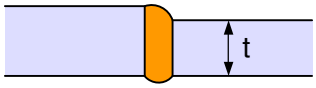


GROOVE WELDS

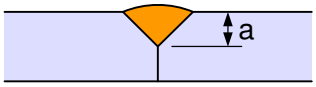
รอยเชื่อมแบบบากร่อง

- รอยเชื่อมบากร่องทะลุ

  ความหนาคอประสิทธิผล = ความหนาชิ้นที่บางกว่า



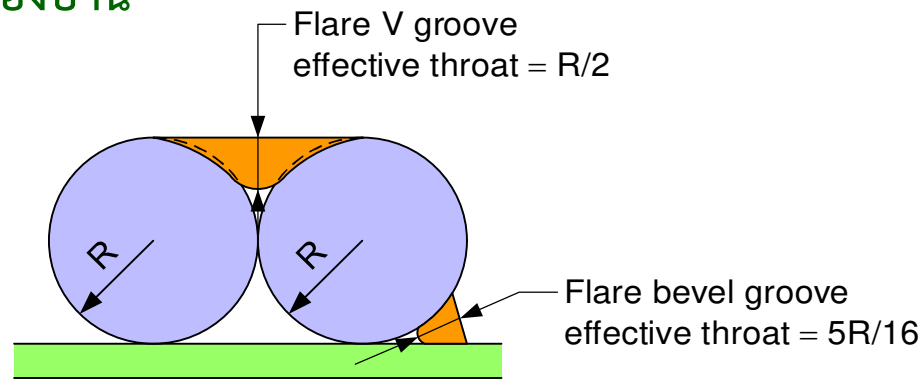
- รอยเชื่อมบากร่องทะลุไม่ตลอด



วิธีการเชื่อม	ตำแหน่งในการเชื่อม	รวมมุมที่ฐานของร่อง	ความหนาคอประสิทธิผล
Shielded metal arc Submerged arc Gas metal arc Flux-core arc	ทุกตำแหน่ง	รอยต่อแบบ J หรือ U	ความลึกของมุมที่ลบ
		รอยต่อแบบ Bevel หรือ $V \geq 60^{\circ}$	
		รอยต่อแบบ Bevel หรือ $45^{\circ} \leq V < 60^{\circ}$	ความลึกของมุมที่ลบหัก 3 ม.ม.

FLARE GROOVE WELDS

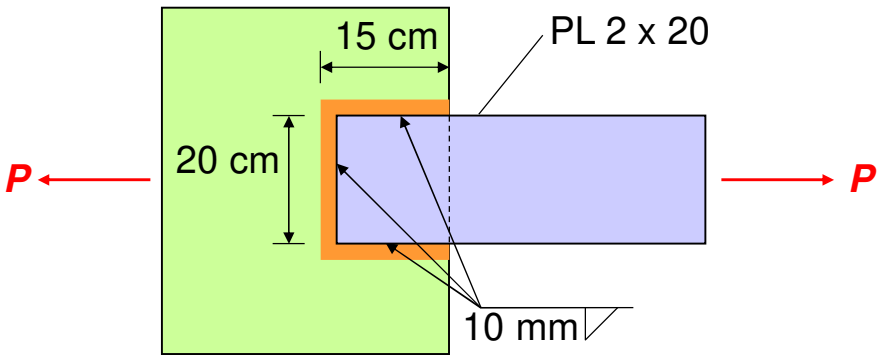
รอยเชื่อมแบบร่องบาน



ความหนาคอประสิทธิผลของรอยเชื่อมแบบร่องบาน

วิธีการเชื่อม	Flare Bevel Groove	Flare V Groove
SAW	5/16 R	1/2 R
SMAW and FCAW-G	5/16 R	5/8 R
GMAW and FCAW-S	5/8 R	3/4 R

ตัวอย่างที่ 15-1 คำนวณความสามารถที่ยอมให้ของจุดต่อดังแสดงในรูป ถ้าใช้เหล็ก A36, ลวดเชื่อมเป็นแบบ E70 และรอยเชื่อมแบบพอกมีขนาด 10 มม.



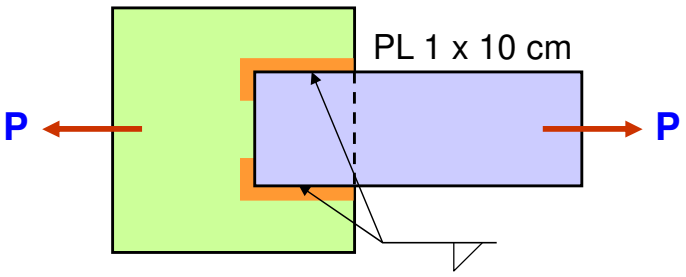
วิธีทำ กำลังของรอยเชื่อมฟิลเลตขนาด 10 ม.ม. = 1,040 กก./ซม.

แรงดึงที่ยอมให้ของรอยเชื่อม = (15+20+15)(1,040)/1,000 = 52 ตัน

แรงดึงที่ยอมให้ของแผ่นเหล็ก = (2 x 20)(0.60 x 2.5) = 60 ตัน

***P* = 52 ตัน**

ตัวอย่างที่ 15-2 โดยใช้เหล็ก A36 และลวดเชื่อม E70 ออกแบบรอยเชื่อมแบบพอกเพื่อต้านทานน้ำหนักบรรทุกเต็มที่บนแผ่นเหล็ก 1 x 10 ซม. ดังแสดงในรูป



วิธีทำ กำลังแผ่นเหล็ก $P = 0.6F_yA_g$

0.6 x 2.5 x 1 x 10 = 15 ton

ขนาดรอยเชื่อมเล็กสุด 5 มม.

ขนาดรอยเชื่อมใหญ่สุด = 10 – 2 = 8 มม.,

ใช้รอยเชื่อมขนาด 8 มม. กำลังที่ยอมให้ของรอยเชื่อม = 830 กก./ซม.

ความยาวรอยเชื่อมที่ต้องการ = $15x10^3 / 830 = 18$ ซม.

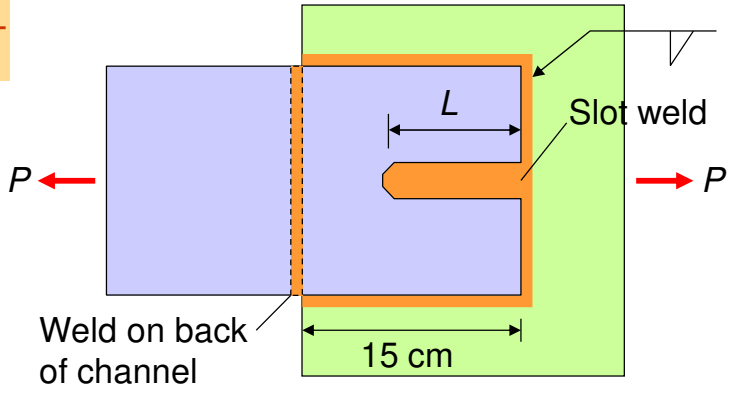
ใช้การเชื่อมอ้อมปลายไม่น้อยกว่า 2 x 0.8 = 1.6 ซม. **(ใช้ 2 ซม.)**

ความยาวรอยเชื่อมแต่ละข้าง = 18/2 – 2 = 7.0 ซม. **(ใช้ 10 ซม.)**

Slot and Back Welds

when welds length not sufficient

$$L = \frac{\text{load}}{(\text{width})(\text{allowable stress})}$$



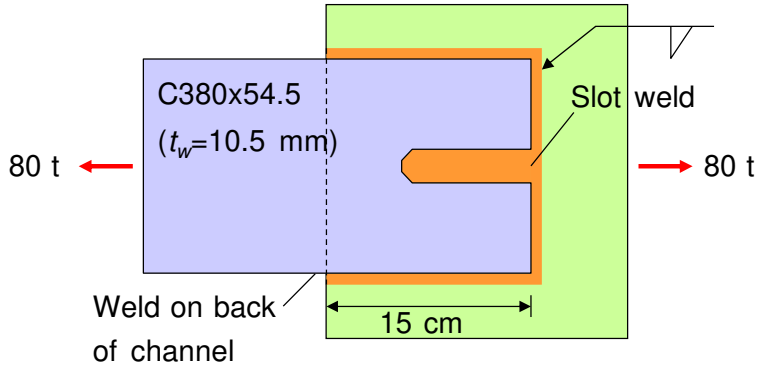
ข้อกำหนดสำหรับการเชื่อมแบบอุดร่อง:

1. ความกว้างของร่อง ต้องไม่น้อยกว่าความหนาของแผ่นเหล็กบวก 8 มม. และไม่เกิน $2\frac{1}{4}$ เท่าของขนาดรอยเชื่อม

2. ขนาดรอยเชื่อม สำหรับแผ่นเหล็กหนาไม่เกิน 16 มม., ขนาดรอยเชื่อมต้องเท่ากับความหนาแผ่นเหล็ก และสำหรับแผ่นเหล็กหนากว่า 16 มม., ขนาดรอยเชื่อมต้องไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความหนาแผ่นเหล็กหรือ 16 มม.

3. ความยาวมากสุดของร่อง จะเท่ากับสิบเท่าของขนาดรอยเชื่อม

ตัวอย่างที่ 15-3 ออกแบบรอยเชื่อมแบบพอกเพื่อต่อหน้าตัดรางน้ำ C380x54.5 กับแผ่นเหล็กดังแสดงในรูป น้ำหนักบรรทุกคือ 80 ตัน โดยใช้ลวดเชื่อม E70 หน้าตัดรางน้ำสามารถทาบบนแผ่นเหล็กได้เพียง 15 ซม. เนื่องจากมีเนื้อที่จำกัด และไม่สามารถเชื่อมที่หลังหน้าตัดรางน้ำได้



วิธีทำ เนื่องจากเนื้อที่มีจำกัด

ขนาดใหญ่สุดของรอยเชื่อม = t_w – 2 = 10.5 – 2 = 8.5 มม. **(ใช้ 8 ม.ม.)**

กำลังรอยเชื่อมขนาด 8 มม. = 830 กก./ซม.

ความยาวรอยเชื่อมที่ต้องการ = 80(1,000)/830 = 96 ซม. > 68 ซม. ที่มีให้

ดังนั้นใช้รอยเชื่อมแบบรูยาว

ความกว้างน้อยสุดของรูยาว = 10.5 + 8 = 18.5 มม.

ความกว้างมากสุดของรูยาว = 2 1/4 x ขนาดรอยเชื่อม

= (2.25)(t_w ของรางน้ำ) = 2.25(10.5)

= 24 มม. **(ใช้ 25 มม.)**

กำลังรอยเชื่อมแบบพอกขนาด 8 มม.=(830)(15+15+38-2.5)/1,000=54.4 ตัน

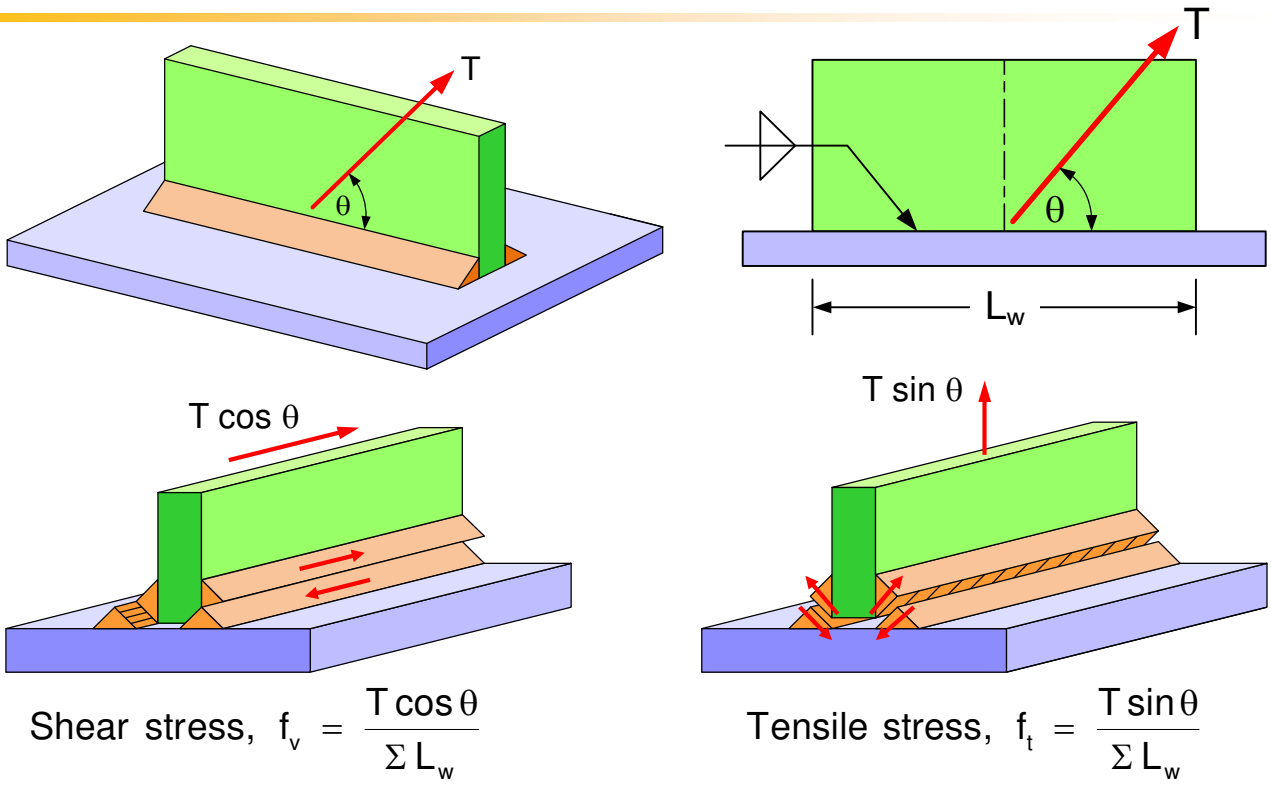
น้ำหนักบรรทุกที่ต้องรับโดยรอยเชื่อมรูยาว = 80 – 54.4 = 25.6 ตัน

ความยาวของรูที่ต้องการ = 25.6/(2.5 x 0.30 x 4.9) = 7.2 ซม. **(ใช้ 7.5 ซม.)**

ความยาวมากสุดที่ยอมให้ = 10(1.05) = 10.5 ซม. > 7.5 ซม. **OK**

ใช้รอยเชื่อมแบบรูยาวขนาด 2.5 x 7.5 ซม.

Shear and Tension

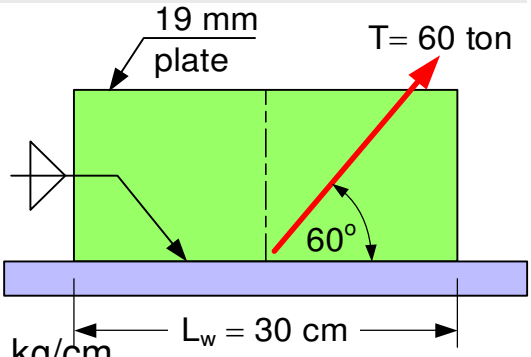


Shear stress, $f_v = \frac{T\cos\theta}{\Sigma L_w}$

Tensile stress, $f_t = \frac{T\sin\theta}{\Sigma L_w}$

Resultant stress, $f_r = \sqrt{f_v^2 + f_t^2}$

ตัวอย่างที่ 15-4 ออกแบบรอยเชื่อมแบบทาบที่ขอบแผ่นประกับเพื่อรับแรง 60 ตัน ทำมุม 60^{o} กับแนวรอยเชื่อม โดยใช้ลวดเชื่อม E70



วิธีทำ สำหรับแผ่นหนา $t = 19$ mm

ขนาดรอยเชื่อมเล็กสุด 6 mm

ขนาดรอยเชื่อมใหญ่สุด $= 19 - 2 = 17$ mm

สมมุติขนาดรอย $= 1$ cm บนแต่ละด้าน

กำลังรอยเชื่อม E70 ขนาด 10 mm $= 1{,}040$ kg/cm

$$\text{Shear stress, } f_v = \frac{T\cos\theta}{\Sigma L_w} = \frac{60\times10^3\cos 60^o}{2\times30} = 500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tensile stress, } f_t = \frac{T\sin\theta}{\Sigma L_w} = \frac{60\times10^3\sin 60^o}{2\times30} = 866 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resultant stress, } f_r = \sqrt{f_v^2 + f_t^2} = \sqrt{500^2 + 866^2} = 1{,}000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{OR JUST, } f_r = T/\Sigma L_w = 60\times10^3/(2\times30) = 1{,}000 \text{ kg/cm}^2$$

$\therefore$ ใช้ขนาดรอยเชื่อม $= 1{,}000/1{,}040 = 0.96$ cm **Say 1 cm**

End of Lecture