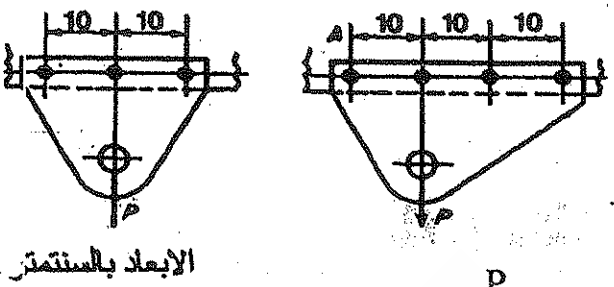


الحالة الأولى:

مساحة المسمار

$$\frac{\pi d^2}{4} - \frac{4(1.9)^2}{4} = 2.835cm^2$$

$$\frac{P}{3} = 2,835 \times 1056 \rightarrow P = 8981,28kg$$

الحالة الثانية:

$$S` = \frac{P}{4} = 0.25P \qquad S`` = \frac{P.e.r}{\Sigma r^2}$$

$$S_{total} = S' + S'' = (0.25 + 0.15)P$$

$$\Sigma V^2 = 2 \times 5^2 + 2 \times 15^2 = 500$$

$$S_1'' = \frac{P.5.15}{500} = 0.15P$$

$$S_1'' = \frac{P.5,0}{500} = 0$$

$$S_3'' = \frac{P.5,5}{500} = 0,05P$$

$$S_4'' = \frac{P.5.15}{500} = 0.15P$$

$$\tau = \frac{0,4P}{2.835} = 1056 \rightarrow P = \frac{1056 \times 2,835}{0,4}$$

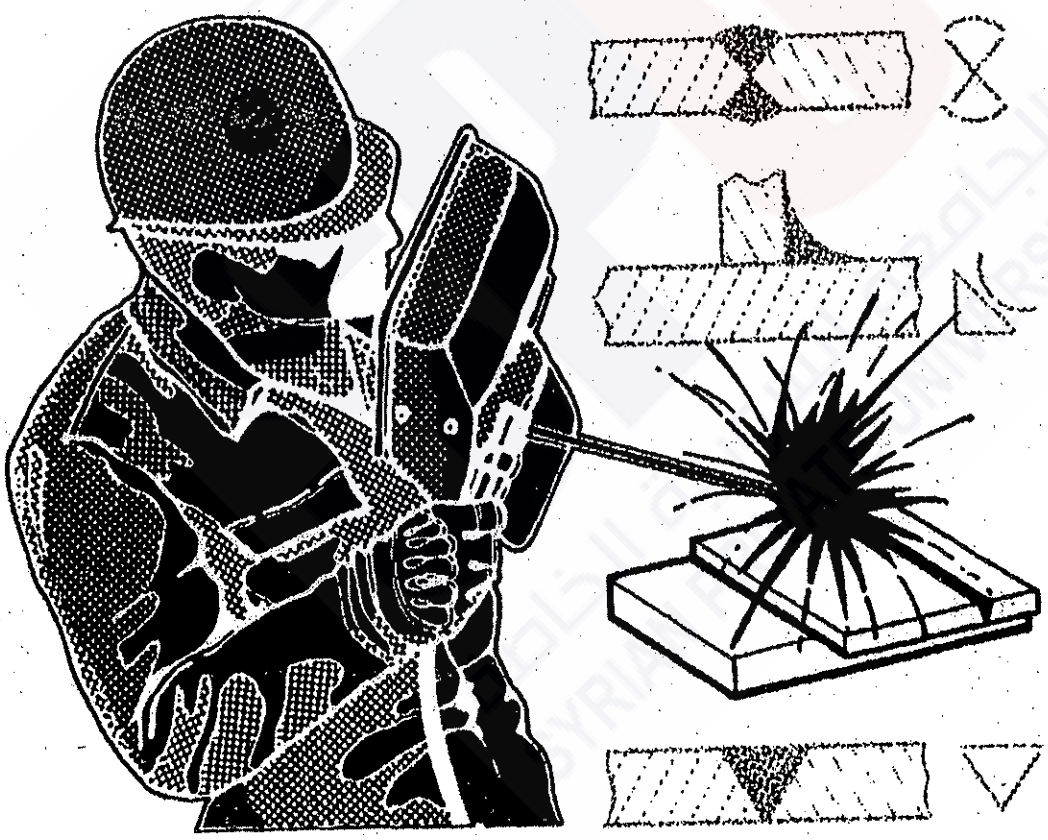
$$P = 7484.4 \text{ kg}$$

تنبيه :

ننصح الطالب بالعودة إلى الفصل الثالث عشر من هذا الكتاب حيث المسائل المحلولة وغير المحلولة لمواضيع هذا الفصل.

الفصل الخامس

وصلات اللحام



١- مجالات استخدام اللحام :

إن المـــزايا الكثيرة للحام الاقتصادية منها أو التكنولوجية أدت إلى انتشاره الواســـع في الســـنوات الأخيرة وإلى استخدامه في سائر فروع الهندسة الميكانيكية، وبصورة عامة هناك ثلاثة مجالات يستخدم فيها اللحام.

أ-صنع أجزاء آلات والإنشاءات Fabrication:

ويستخدم الحام في هذه الحالة كبديل لعمليتي الصب Casting والتشكيل بالطـــرق كما في الشكلين (1-5) ، (2-5) وعند اختيار اللحام كبديل لصنع القطع المخـــتلفة لابـــد مـــن دراسة عاملين هامين، أولهما تكاليف الصنع وثانيهما قابلية الصيانة والخدمة.

١-تكاليف الصنع Cost of construction:

ونأخذ بعين الاعتبار الأمور التالية:

اللحام Welding

- تكاليف المواد (كفولاذ الإنشاءات).
- تكاليف قص القطع وتشكيلها.
- تكاليف وضع القطع في أماكنها ولحامها وخراطتها.

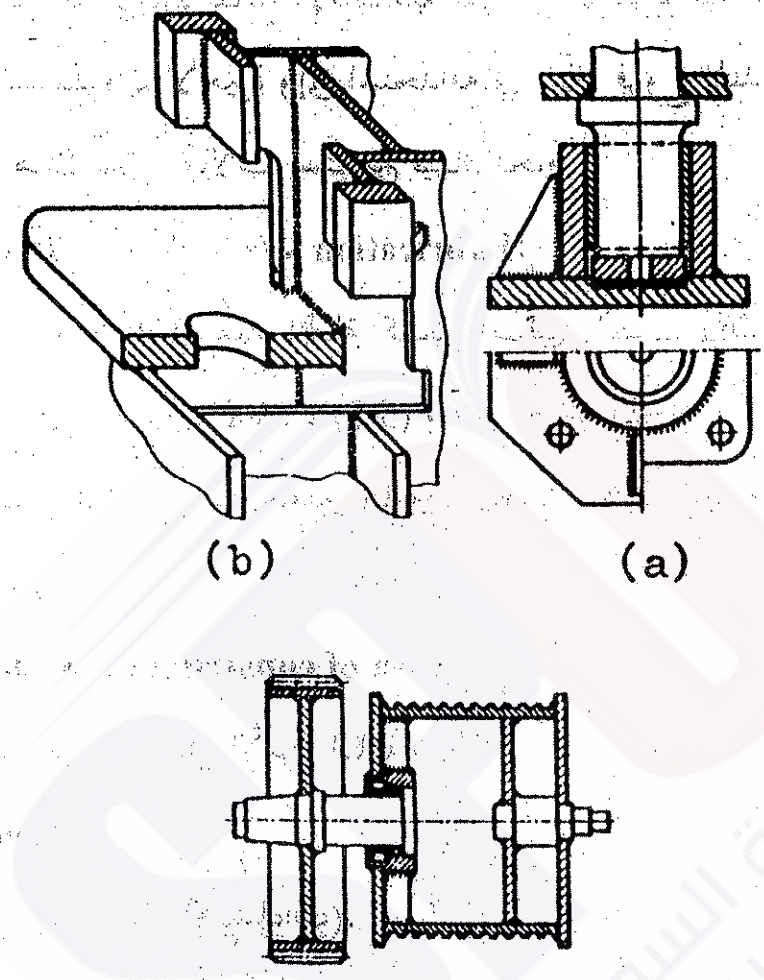
الصب Casting :

- ثمن المواد كالحديد والفولاذ
- ثمن القوالب والنماذج.
- تكاليف عملية الصب والخراطة.

الطرق Forging :

- ثمن المواد.
- ثمن القالب.

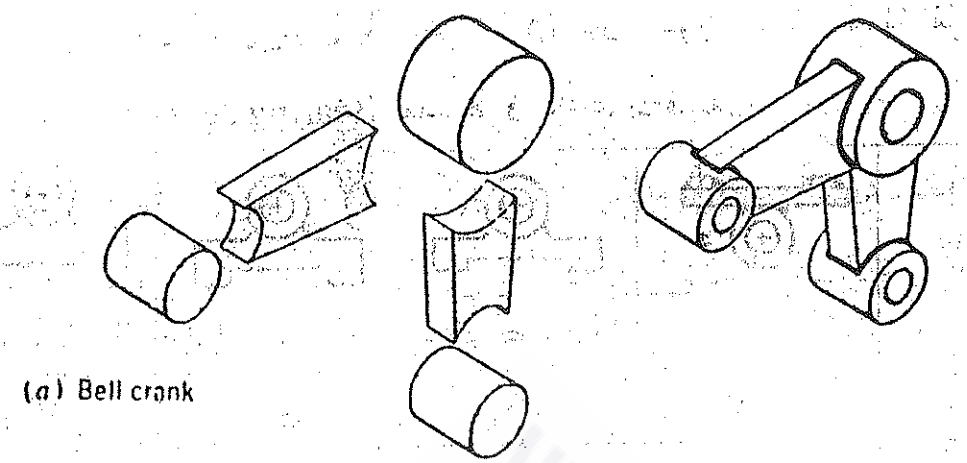
- تكاليف عملية الطرق والخراطة.



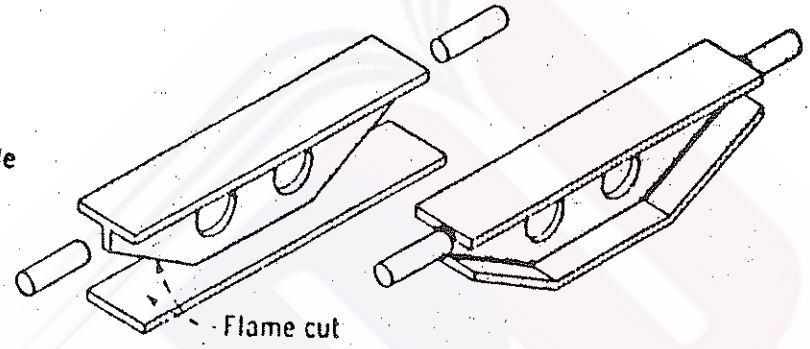
الشكل (1-5)

(a) : ركيزة سفلية لعمود مرفاع دوار. (b) : جزء من قاعدة مكبس لا مركزي.

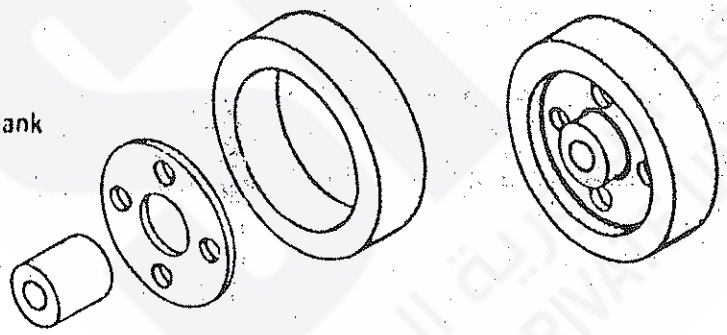
(c): عجلة ذات بكرة لآلية الرفع في مرفاع.



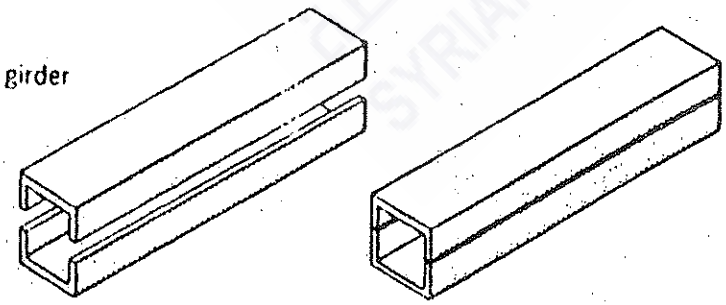
(a) Bell crank



(b) Axle



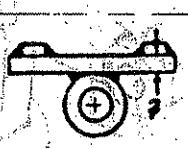
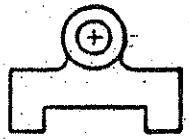
(c) Gear blank



(d) Box girder

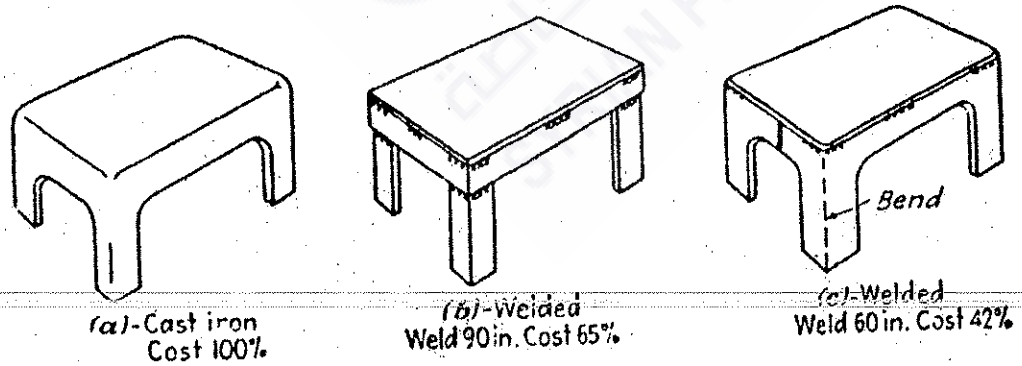
الشكل (2-5)

والجدول التالي المبين بالشكل (3-5) يبين بصورة عامة مقارنة تقريبية لصنع حامل مسند Bearing support بعدة طرق وبأعداد قليلة.

				
	لحام %	فولاذ مطروق%	فولاذ صب%	حديد صب %
المقاومة الساكنة	100	100	100	100
الانحراف	259	259	191	100
مقدرة الاخماد	26,1	26,1	27,8	100
الوزن	71	71	76	100
التكاليف	45	300	110	100
السمك (t)	54	54	60	100

الشكل (3-5)

كما أن الشكل (4-5) يبين تصميمات مختلفة للدعامة ونلاحظ أن تكاليف حديد الصب Cast-iron (100%) الحالة(a) أعلى من تكاليف اللحام (65%) الحالة (b)، ونلاحظ أن استخدام الأجزاء المشكلة(قطع، انحناء....) لمادة الإنشاءات مع اللحام يقلل معدن اللحام المترسب ويخفض الكلفة إلى (42%) كما بالحالة (c).



الشكل (4-5)

٢-قابلية الخدمة والصيانة Serviceability:

يعني دراسة مقاومة القطع Strength وكزازها Stiffness وتحبذ بهذه الحالة القطع الفولاذية الملحومة، وكذلك دراسة المقدرة على الأخماد Damping capacity في حالة الحمولات المتناوبة والاهتزازات، ويحبذ في هذه الحالة القطع المصبوبة أو المطروقة ذات الحجم الأكبر وخاصة استخدام الحديد المصبوب Cast iron في حالات الانحناء فتفضل عملية الصب وما يرافقها من مقاطع كبيرة.

ب- استخدام اللحام كبديل لعملية البرشمة:

Welding is substituted of reveting

لقد حل اللحام محل البرشمة في معظم الحالات حيث يفضل من ناحية المقاومة(وجود الثقوب في البرشمة يضعف المقاطع الفعالة) والتوفير في الوزن (وزن اللحامات حوالي (1-1,5%) من الوزن الكلي في حين يكون وزن التباشيم حوالي (3,5-4%). ولكن هناك بعض المجالات التي لا يزال استخدام البراشيم مفضلاً فيها، نظراً لكلفة اللحام ومواده ومعداته وكذلك عند استحالة أو صعوبة لحام معدنيين مختلفين.

جـ-استخدام اللحام كواسطة في عمليات الإصلاح Repair medium:

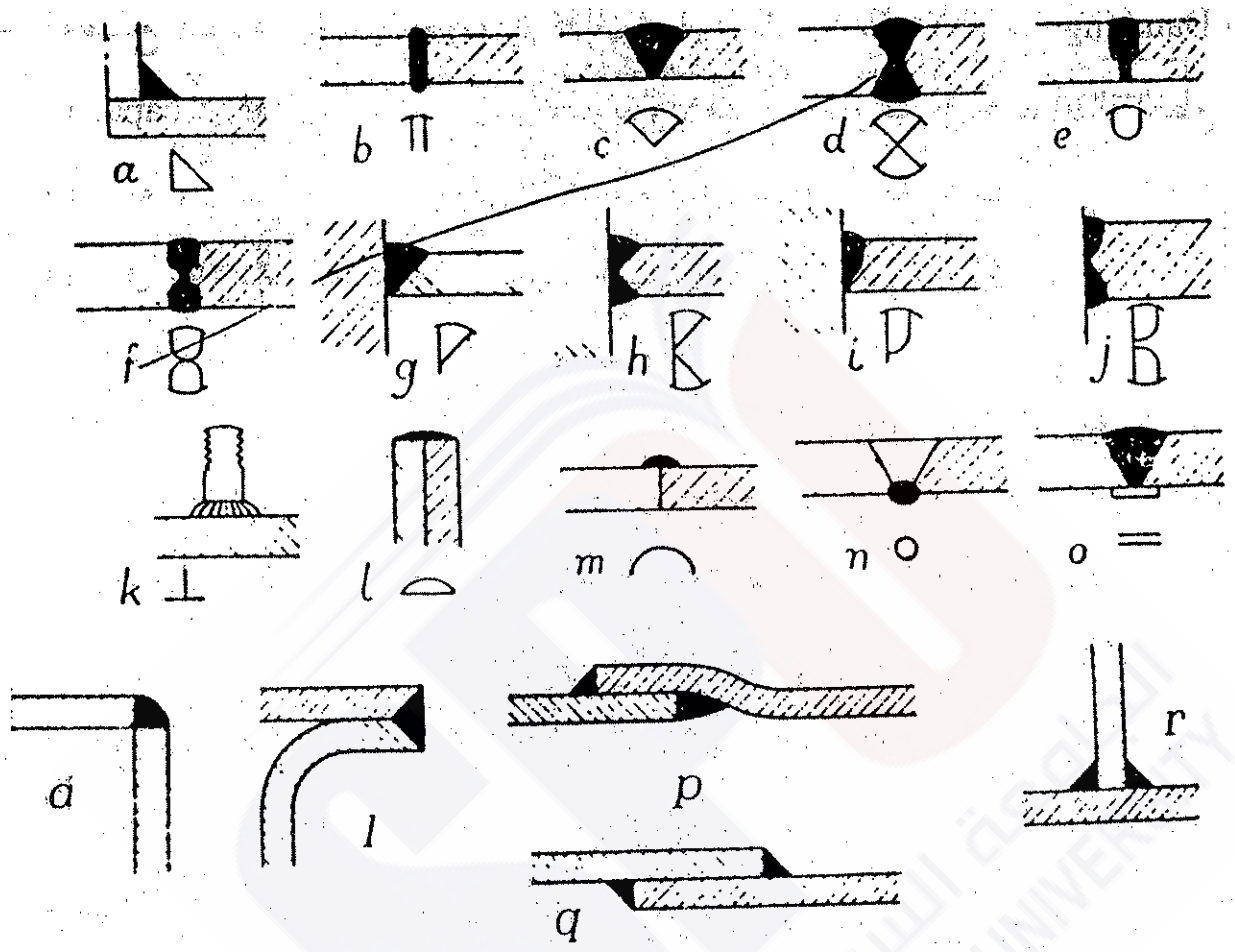
في هذا المجال يستخدم اللحام لإصلاح الشقوق والتعويض عن الأجزاء المهترئة وذلك ببناء الجسم باللحام ليأخذ شكله الأصلي، كإصلاح أسنان المسننات أو بناء السطوح المهترئة.

٣-أشكال وصلات اللحام Forms of welded joints:

إن وصلة اللحام هي مجموعة من الأجزاء المربوطة مع بعضها بواسطة اللحام حيث يمكن أن تصنف هذه الوصلات إلى :

١-الوصلات القوية: ووظيفتها نقل الحمل من عضو لآخر.

٢-الوصـــلات القويـــة المانعـــة: ووظيفتها عدم نفاذ المائع أو الغاز بالإضافة لنقل الحمل.



الشكل (5-5) يبين أنواع مختلفة من اللحام

(a) : Fillet , Corner.	- اللحام الزاوية
(b) : Square but.	- لحام تناكبي مربع
(c) : Single V butt	- لحام تناكبي مفرد على شكل V
(d) : Double V butt	- لحام تناكبي مزدوج على شكل V
(e) : Single U butt.	- لحام تناكبي مفرد على شكل U
(f) : Douole U butt.	- لحام تناكبي مزدوج على شكل U
(g) : Single bevel butt.	- لحام تناكبي مائل مفرد.
(h) : Double bevel butt.	- لحام تناكبي مائل مزدوج

(i) : Single J butt.	- لحام تناكبي مفرد على شكل J
(j) : Double J butt.	- لحام تناكبي مزدوج على شكل J
(k) : Stud.	- اللحام القائم
(l) : Edge.	- لحام الحواف (الأطراف)
(m) : Seal.	- لحام الأحكام (لمنع التسرب)
(n) : Sealing run.	- لحام مجرى الأحكام لمنع التسرب
(o) : Backing strip.	-لحام ذو شريحة خلفية
(p) : Offset.	- لحام مع التواء جانبي (تحويلة)
(q) : Lap.	- اللحام التراكبي
(R) : Tee.	- لحام حرف

ملاحظات:

١-عند مقارنة الوصلات التناكبية Butt joints التي على شكل (V) و (U) كما في الشكل (5-5-c-e) نجد بأن الأخيرة تتطلب استطاعة كهربائية ومادة لحام أقل لأنه عادة يكون مقطع الوصلة (U) بسمك اللوح المعطى أقل من الوصلة (V).

٢-إن جودة الوصلات (V) و (U) المزدوجة كما في الشكل (5-5-d-f) هي دون الوصلات المفردة (V) عندما تلحم الألواح بسمك (12mm) أو أكثر لأن مساحة مقطع الوصلات (V) و (U) المزدوجة أقل بـ (30-40%) من وصلات (V) المفردة عند زاوية شطف Bevel angle واحدة.

٣-اللحامات الزاوية هي التي تربط العناصر الموجودة ببعضها البعض.

٣- تصميم اللحام Welding design:

حسابات اللحام في الشد والضغط والقص:

أ- وصلات التناكب Butt joints:

يبين الشكل (5-6) لحام تناكب مفرد على شكل (V) تؤثر عليه قوة الشد (P). إن

متوسط الإجهاد العمودي الناجم عن القوة (شد أو ضغط) يساوي إلى :

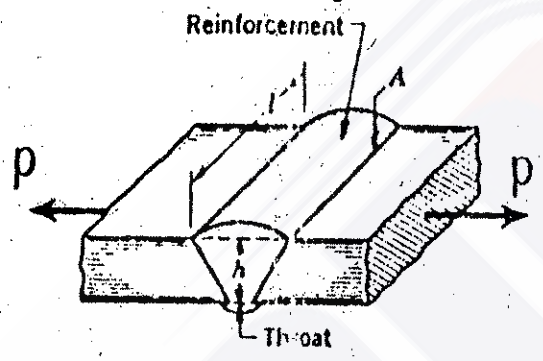
$$\sigma = \frac{P}{h.L} \qquad (1\text{-}5)$$

حيث: h: حلق Throat اللحام.

L: طول اللحام.

إن التقوية المبينة على الشكل (5-6) مفيدة للتغلب على عيوب اللحام، ولكنها تحدث تركيزاً في الإجهادات بالموقع (A) فإذا كانت هناك حمولات تعب فإنه من الأفضل إزالة هذه التقوية بالخراطة أو الجلخ.

التقوية



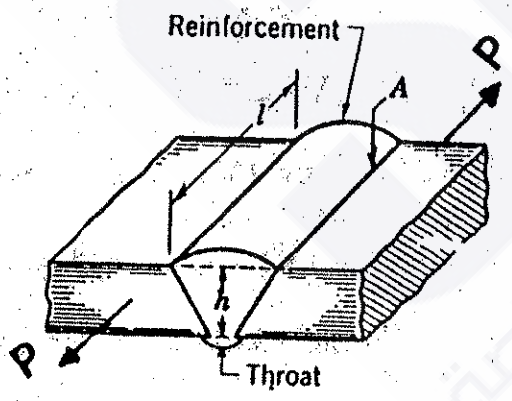
الشكل (5-6)

باستخدام العلاقة (1-5) يمكن تحديد طول اللحام (L) إذا كان الإجهاد المسموح به في الشد $[\sigma_t]$ أو الضغط $[\sigma_c]$ على النحو التالي

$$L = \frac{P}{h.[\sigma_t]} \qquad (2\text{-}5)$$

إذا كانت القوة المؤثرة على وصلة التناكب تسبب القص كما بالشكل (5-7) فإن إجهاد القص يساوي إلى

$$\tau = \frac{P}{h.L} \qquad (3\text{-}5)$$



الشكل (5-7)

ب-الوصلات الزاوية Fillet joints:

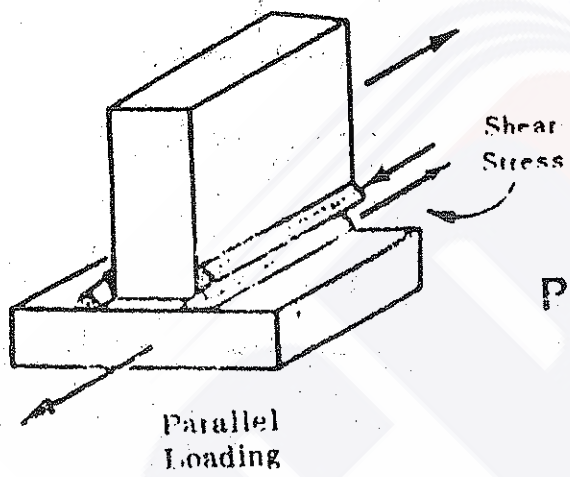
ونميز في اللحامات الزاوية حالتين:

١-اللحامات الزاوية المعرضة للحمولات الموازية للحام Parallel loading.

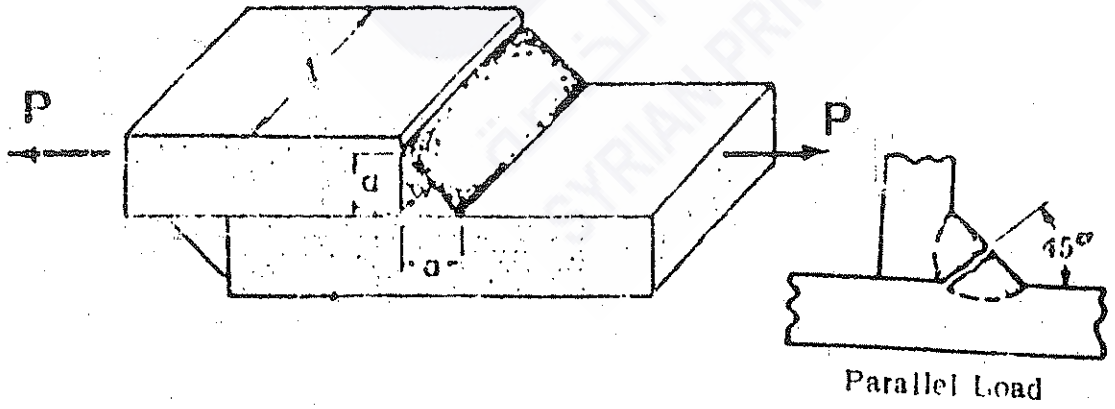
٢-الـــلحامات الـــزاوية المعرضـــة للحمولات المتعامدة على اللحام Transverse loading.

لحـــام الـــزاوية المعرض للحمولة الموازية : يبين الشكل (5-8) لحام زاوية معرض لحمـــولات (P) موازية للحام. كما يبين الشكل (5-9) والشكل (5-10) وصلة T مـــع لحـــام زاوية معرض لحمولة موازية للحام، ونلاحظ أن مستوى إجهاد القص الأعظم يقع باتجاه الحلق الذي يصنع زاوية 45° .

الشكل (5-8)

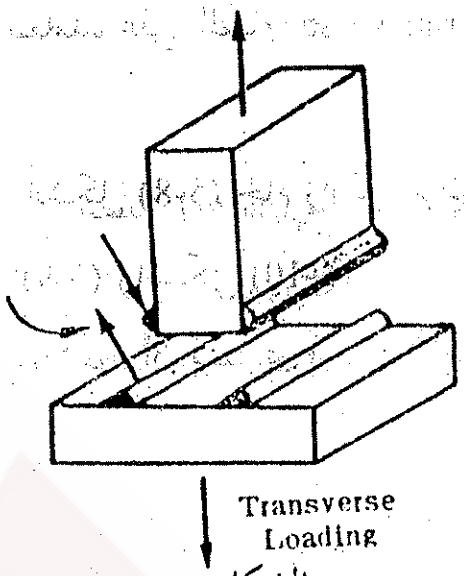


الشكل (5-9)

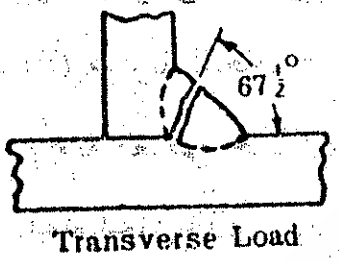


الشكل (5-10)

الشكل (5-11)



الشكل (5-12)



الشكل (5-13)

بمـــا أن هـــناك لحامين (لحام من كل جانب) فإن مساحة الحلق الإجمالية للحامين تساوي إلى :

$$A = 2.\ h.\ L \qquad (4\text{-}5)$$

حيث: h : حلق اللحام يساوي إلى :

$$h = a\ .\ \sin 45^{o} = 0{,}707 \times a \qquad (5\text{-}5)$$

a : ساق اللحام .

L : طول اللحام.

ومنه : $A = 2 \times 0.707 \times a \times L = 1{,}414\ a.\ L$

ومن ذلك نجد أن متوسط إجهاد القص يساوي إلى :

$$\tau = \frac{P}{1{,}414.a.L} \qquad (6\text{-}5)$$

لحام الزاوية المعرض للحمولة المتعامدة على اللحام : يبين الشكل (5-11) وصلة لحـــام زاوي معرضة لحمولة متعامدة أو مستعرضة على اللحام Transverse كما يبين الشكل (5-12) وصلة T معرضة لحمولة متعامدة كذلك.

مـــن الناحية النظرية يمكننا الإثبات بأن مستوى إجهاد القص الأعظم يميل بزاوية ($76\frac{1}{2}$) درجة عندما يتعرض إلى حمولة متعامدة كما بالشكل (5-13)إلا أننا سوف نعتبر بأن هذا المستوى يميل بزاوية (45^o) فقط، ويكون ذلك أكثر أماناً.

إن طول الحلق الذي يتم على أساسه التصميم يساوي :

$$h = a \cdot \sin 45^o = 0{,}707 \times a \qquad (7\text{-}5)$$

والمساحة لكلا اللحامين تساوي :

$$A = 2 \cdot h \cdot L = 1{,}414 \times L$$

ومن ذلك نجد أن إجهاد القص يساوي إلى

$$\tau = \frac{P}{1{,}414 \times a \times L} \qquad (8\text{-}5)$$

وهي نفس المعادلة السابقة (5-6) للحمولات المتوزاية.

ملاحظة:

إن شـــكل اللحام وأبعاده Welding throat يختلف حسب أداة اللحام المستخدمة، ويمكن أن نميز حالتين:

١-اللحام اليديوي Manual وفيه يكون

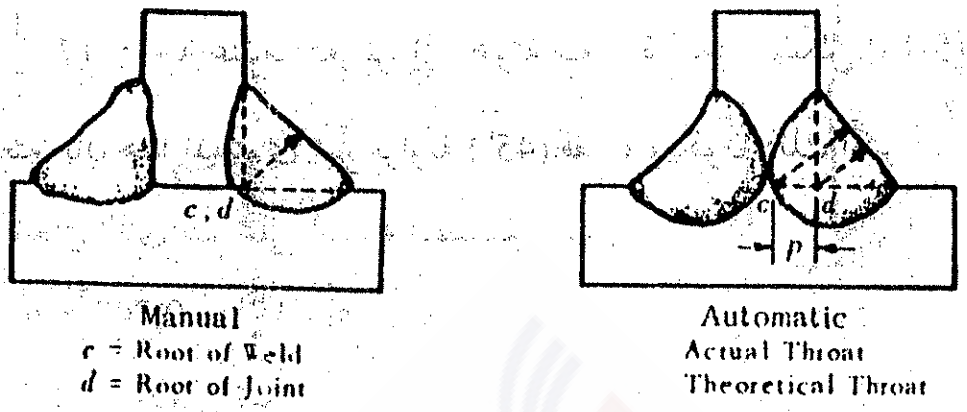
$h = 0{,}707 \times A$ كما بالشكل (5-14-a)

٢-اللحام الأتوماتيكي Automatic وفيه يكون

$h_a = 0{,}707 \times (a+p)$ كما بالشكل (5-14-b)

h : يمثل البعد النظري.

h_a: يمثل البعد العملي.



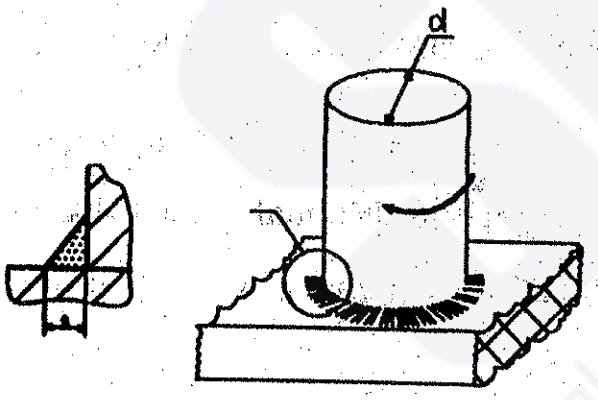
(a) (b)

الشكل (5-14)

وصلة لحام قضيب معرض لعزم دوراني:

يبين الشكل (5-15) قضيباً قطره (d) ملحوماً عند نهايته ومعرضاً لعزم دوراني مقداره (M_t).

إن عزم الدوران الذي يستطيع لحام طول الوحدة أن يحمله هو:



$$\Delta M_t = 1 \times 0.707.a.[\tau].\frac{d}{2} \qquad (9\text{-}5)$$

$$M_t = \pi.d.\Delta M_t = \frac{0.707}{2}.\pi.d^2.a.[\tau]$$

$$a = \frac{2M_t}{0.707.\pi.d^2.[\tau]} \qquad (10\text{-}5)$$

الشكل (5-15)

٤- وصلات اللحام ذات الحمولة اللامركزية: Eccentrically loaded

يبين الشكل (5-16) وصلة من هذا النوع. لتصميم مثل هذه الوصلة نحدد موقع مركز ثقل اللحام، ونطبق عند هذا المركز قوتين تساوي كل منهما الحمل الخارجي (P) ومتعاكستين.