الفصل الرابع

الوصلات التصميمية

(البراشم)

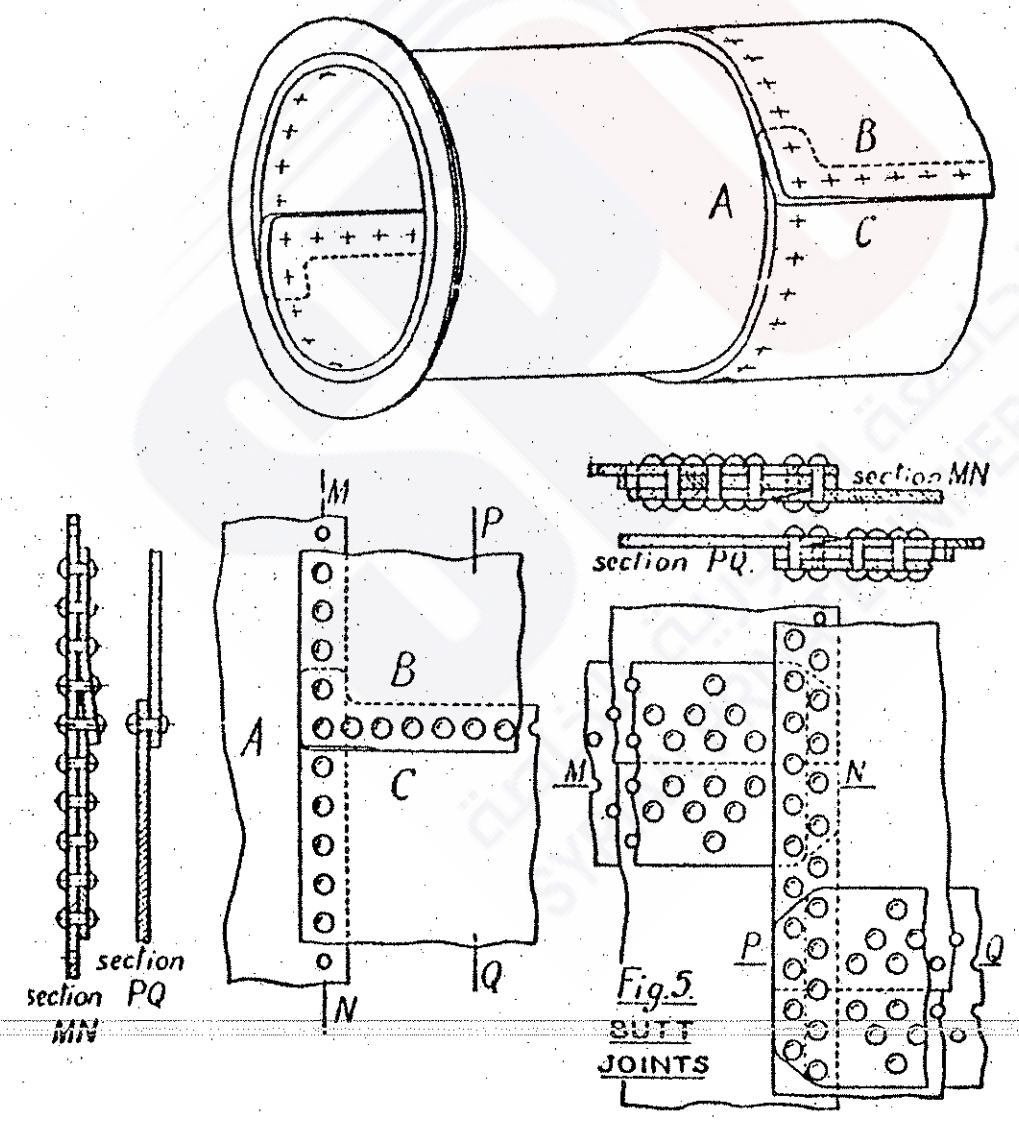


Fig.5
BUTT JOINTS

تتكون الآلة من أجزاء عديدة تقدر بالمئات وأحياناً بالآلاف، ووصل هذه الأجـــزاء مع بعضها بشكل وصلات متحركة (ذراع التوصيل، عمود الإدارة...) ووصلات ثابتة (وصلات ألواح مراجل البخار بعضها مع بعض ومع القاع، غطاء كرسي المحور..) ولكل منها وظيفة محددة في الآلة.

إن كينماتـــيكا الآلـــة تحدد الوصلات المتحركة، أما الوصلات الثابتة غير المتحركة فقد تدعو له ضرورة تقسيم الآلة إلى وحدات تجميعية يتألف كل منها من أجـــزاء وذلك لتسهيل صنع الآلة ونقلها وإصلاحها، وتقسم الوصلات الثابتة (غير المتحركة) إلى نوعين:

١- وصـــلات غـــير قابلـــة للفك: لا يمكن فكها إلا بتحطيم الأجزاء الموصلة وتســـتخدم هـــذه الوصلات حيث تملي ذلك الأسباب التكنولوجية فك التركيبة (إمكانـــية وســـهولة الصنع، الاقتصاد) وتوجد هذه الوصلات في الأماكن المسماة بالقطاعـــات التكنولوجية. وتنفذ هذه الوصلات إما بالوسائل الميكانيكية كالبرشمة والدلفـــنة أو بواســـطة الـــتوافق الداخلي أو السلبي أو بواسطة اللحام الذي كثر استخدامه في الآلات الحديثة.

٢- الوصـــلات القابلـــة للفـــك: وهي الوصلات التي يمكن فكها بدون تحطيم العناصـــر الواصـــلة أو الأجزاء الموصلة ومنها اللوالب ووصلات المسامير المشقوقة والوصلات الوتدية والخوابير المسننة.. وهناك نوعان لهذه الوصلات:

أ- وصلات بنائية وسببها خصائص التركيب.

ب- وصلات استخدام وتستعمل لتسهيل الاستخدام والتصليح والنقل .

تصـــميم هـــذه الوصـــلات هـــام جداً لأن تحطم الآلات غالباً يحدث في مواضع الوصـــلات. اختـــيار نـــوع الوصلة المستخدمة يعتمد بالإضافة للمتطلبات العامة للاقتصاد على المتانة والإحكام، والجساءة، وأحياناً التوصيل الحراري.

يستخدم أحياناً التوصيل المختلط للحصول على أفضل الشروط فمثلاً في الطائرات تستخدم وصلات البرشام واللصق حيث يتوفر الإحكام عن طريق اللصق. والمتانة عن طريق البرشمة.

وصلات البرشمة Riveted joints:

كانت وصلات البرشمة حتى وقت قريب النوع الرئيسي من الوصلات الدائمة وغير القابلة للفك والمستخدمة بصورة واسعة في إنشاء مراجل البخار والسفن والجسور.. إلخ، ولكن تطور اللحام وانتشاره في السنين الأخيرة أدى إلى انخفاض كبير في مجال استخدام البرشمة وحصراً استخدامها في نطاق ضيق.

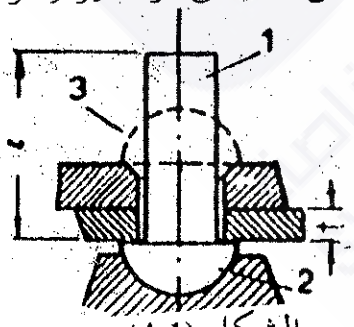
تستخدم وصلات البرشام لوصل المعادن ذات القابلية الضعيفة للحام وفي الآلات المعرضة لحمولات اهتزازية عنيفة حيث أن سلوك وصلات اللحام تحت هذه الظروف غير معروف بشكل دقيق. كما تستخدم في الإنشاءات المعدنية من الخلائط الخفيفة، فمثلاً 30-35% من الجهد المبذول في صنع هياكل الطائرات يذهب في أعمال البرشمة.

العنصر الرئيسي في الوصلة هو مسمار البرشام rivet كما بالشكل (1-4) ويصنع من الحديد الجيد أو الفولاذ الطري وأحياناً من النحاس أو البرونز أو الألمنيوم.

1-الساق shank.

2-رأس البرشام set head

3-رأس الإغلاق

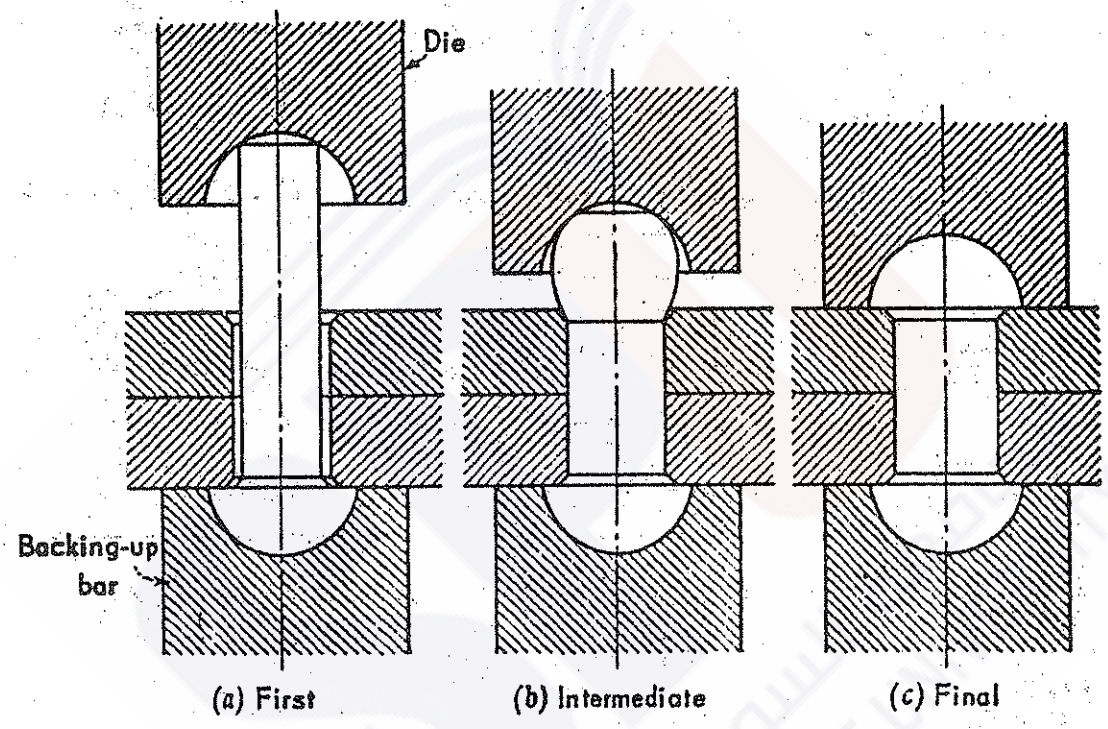


الشكل (1-4)

تتم عملية البرشمة كما بالشكل (2-4) بامرار ساق مسمار البرشام الساخن ضمن ثقب معد مسبقاً (A) بواسطة الضغط أو بالمثقب العادي في الأجزاء المراد ربطها، ومن ثم يفلطح الطرف الناتئ من الساق بالطرق (بمطارق هوائية أو بمكابس

هيدروليكـــية أو بآلات البرشمة الخاصة) ويشكل رأس الإغلاق الآخر (B)، وعند التبريد يتقلص باتجاه المحور وتربط بعض الأجزاء ربطاً جيداً مع بعضها الآخر ويمتلئ الثقب (C).

تكـــون عملية البرشمة باردة إذا تمت دون تسخين، وساخنة (غالباً عندما يكون القطر أكبر من 12 mm) إذا تم تسخين البرشام أو ساقه قبل عملية الطرق.



الشكل (2-4)

يعطى طول مسمار البرشام قبل عملية البرشمة من العلاقة:

$$L = \sum t + (1{,}5 - 1{,}7).d \qquad (1\text{-}4)$$

حيث :

t : مجموع سمك الألواح المبرشمة.

d : قطر مسمار البرشام ويعطى من العلاقة التجريبية التالية:

$$d = 6.1\sqrt{t} \quad :t \text{ تقدر } (t) \text{ بـــ } mm \text{ أو } d = 1.6\sqrt{t} \quad :t \text{ تقدر } (t) \text{ بـــ } cm \qquad (2\text{-}4)$$

حيث :

t : سمك اللوحة ويعطى من العلاقة:

$$t = \frac{P.D}{2[\sigma_t]} \qquad (3\text{-}4)$$

ويمكن مراجعة الإجهادات الطولية والعرضية في الاسطوانات في الفصل الثاني .

أنواع مسامير البرشام:

يمكن تقسيم مسامير البرشام حسب شكل المقطع إلى مسامير صماء وأخرى مجوفة والشكل رقم (3-4) يبين بعض أنواع مسامير البرشام. تصنع مسامير البرشام من الفولاذ والفولاذ السبائكي والنحاس والألمنيوم وغيرها من المعادن.

أنواع مسامير البرشام	قطر ساق المسمار بـ mm	الرسم
مسامير برشام ذات رأس نصف مستدير	من 1 إلى 36	
مسامير برشام ذات رأس مسطح	من 2 إلى 36	
مسامير برشام رأس نصف غاطس	من 2 إلى 36	
مسامير برشام أجسامها شبه مفرغة (انفجارية)	من 1 إلى 10	
مسامير برشام أجسامها مفرغة وذات رؤوس مسطحة (كبسولات)	من 1 إلى 10	
مسامير برشام أجسامها مفرغة وذات رؤوس بحواف مستديرة	من 1 إلى 10	

الشكل (3-4)

فمـــثلاً في بـــناء الطائرات تستخدم مسامير البرشام المصنوعة من الديورالومين التي تبرشم على البارد.

إن مسامير الفولاذ ذات الرأس النصف مستدير هي الأكثر انتشاراً وأبعاده تكون كالتالي:

R = (0,85-1).d : نصف قطر الرأس .

D=(1,5-1,75) : قطر الرأس .

h=(0,6-0,65) : ارتفاع الرأس.

حيث d : قطر الساق.

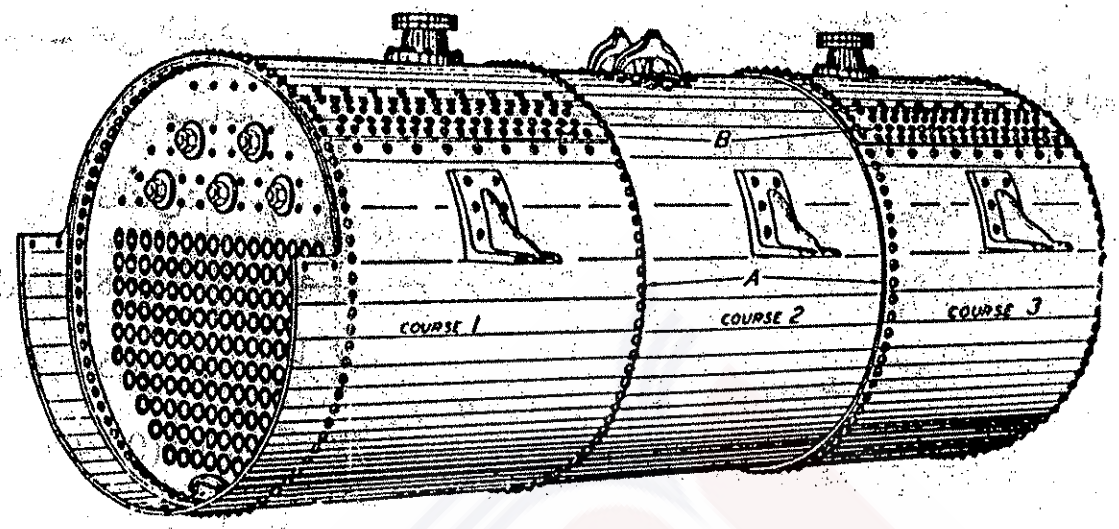
تســـتعمل المسامير النصف مجوفة في الحالات التي يستحيل عندها تشكيل الـــرأس بالطـــرق العاديـــة. ولهذه المسامير تجويف في طرف الساق يملأ عادة بمادة مـــتفجرة يؤدي انفجارها إلى التفاف الساق إلى الخارج مكوناً رأساً له شكل خـــاص. تستعمل المسامير الجوفاء (الكبسولات) في بناء الطائرات والآلات الدقيقة وغيرها، ويتراوح سمك جدار الكبسولة من mm (0,25-1,5).

أنواع الوصلات المبرشمة Types of riveted joints :

تشـــكل مسامير البرشام مع الأجزاء المراد توصيلها وصلات البرشام التي تنقسم تبعاً للغاية المستخدمة من أجلها إلى :

١- وصـــلات قويـــة: Strong joints مثل وصلات الآلات والأعمدة والأبراج والهياكل...إلخ.

٢-وصـــلات قويـــة- كتيمة: Tight-strong joints مثل وصلات مراجل البخار كما بالشكل (4-4). خزانات الغازات والسوائل، أوعية الضغط والأحواض...إلخ.



الشكل (4-4)

الشـــكل (4-5) يبين الأنواع الرئيسية لوصلات البرشام حيث نلاحظ أنه يمكن تصنيفها حسب نوع تلاحم الأجزاء المبرشمة إلى :

١-وصلات تراكبية Lap joints:

وتســـتعمل مثلاً في الوصلات المحيطية أو العرضية في المراجل، وهي عدة أنواع:

أ-وصلة تراكبية بصف واحد من البرشام Single-riveted كما بالشكل (4-5,a).

ب-وصلة تراكبية بصفين من البرشام Double-riveted كما بالشكل (4-5,b).

جـــ-وصـــلة تراكبية بثلاثة صفوف من البرشام Triple riveted كما بالشكل (4-5,c)

يمكـــن أن يكـــون ترتيـــب مسامير البرشام تسلسلي Chain أو متعرج (شطرنجي) Zig zag.

٢-وصلات تناكبية Butt joints:

وتستعمل مثلاً في الوصلات الطولية للمراجل، ولها نوعان:

أ-وصلة تناكبية بغطاء أو شيحة واحدةOne-strap (أحادية القص Single shear) ويمكن أن تكون بعدة أشكال:

١-ذات صف واحد من مسامير البرشام Single riveted كما بالشكل (4-5,d).

٢-ذات صفين من مسامير البرشام Double riveted كما بالشكل (4-5,e).

٣-ذات ثلاثة صفوف من مسامير البرشام Triple riveted كما بالشكل (4-5,f).

ب-وصلة تناكبية بغطائين أو شريحتين Two or double strap (ثنائية القص Double shear) وهي الأكثر متانة ويمكن أن تكون بعدة أشكال:

١-ذات صف واحد من مسامير البرشام كما بالشكل (4-5,g).

٢-ذات صفين من مسامير البرشام كما بالشكل (4-5,h).

٣-ذات ثلاثة صفوف من مسامير البرشام كما بالشكل (4-5,I)

هذا ويمكن أن تكون هذه الوصلات تحتوي أربعة أو أكثر من صفوف مسامير البرشام وذلك حسب الأغراض المستعملة من أجلها.

قبل البدء بدراسة وتصميم هذه الوصلات لابد من ذكر بعض التعاريف والإيضاحات الضرورية.

تعاريف :

خطوة الوصلة Pitch of the joint ورمزها (p) :

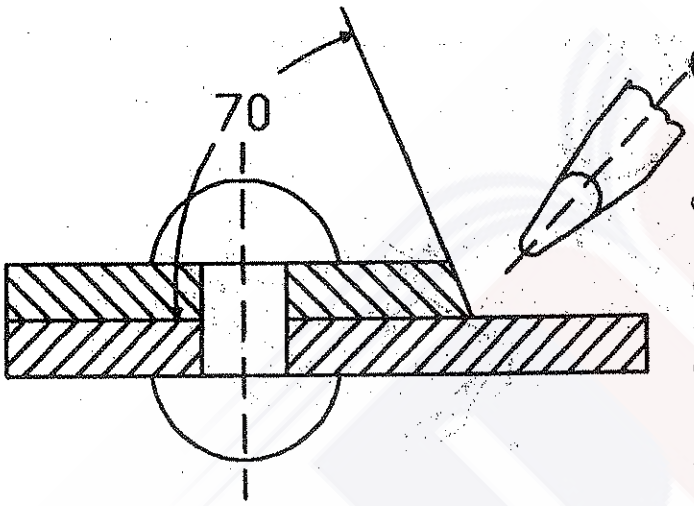
هي المسافة بين محور أحد المسامير ومحور مسمار البرشام المجاور له في نفس الصف. في الوصلات التراكبية تكون الخطوة واحدة في كل الصفوف، أما في الوصلات التناكبية فتكون خطوة الصفوف الخارجية مساوية ضعف خطوة الصفوف الداخلية والتي تعتبر خطوة الوصلة.

وصلات البرشام
وصلات متينة
وصلات متينة محكمة
وصلات تراكب
وصلات زاوية
ذات غطاء واحد
ذات غطائين
أحادية الصف
ثنائية الصف
ثلاثية الصف (متعادلة الصفوف)
أحادية الصف
ثنائية الصف
ثلاثية الصف (متعادلة الصفوف)
أحادية الصف
ثنائية الصف
ثلاثية الصف (متعادلة الصفوف)
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)
(i)

الشكل (5-4)

الجلفطة Calking:

وتـــتم بعـــد إجراء عملية البرشمة وذلك بالطرق على حد الوصلة بإزميل Calking chisel لـــتكوين حد يمنع تسرب البخار أو السائل. يكون عادة الطرف الخـــارجي للوح مشطوفاً بزاوية مقدارها (70°) كما بالشكل (6-4) وتتم العملية آلياً أو يدوياً.



الشكل (6-4)

مـــردود الوصـــلة : ورمزه (e)
Efficiency of the joint

هـــو النسبة بين مقاومة طول معين مـــن الوصـــلة يساوي الخطوة في أضعف حالاتها ومتانة نفس الطول في الشد إذا كان غير مثقوب (غير مبرشم) والجدول التالي يبين بعض القيم التقريبية لمردود بعض أنواع الوصلات.

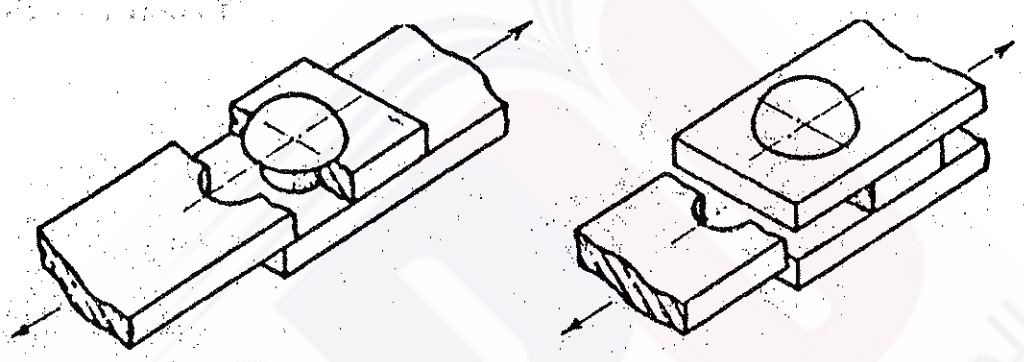
نوع الوصلة	المردود
الوصلة التراكبية:	
بصف واحد من البرشام	50 – 60%
بصفين من البرشام	60 – 75 %
بثلاثة صفوف من البرشام.	65 – 80%
الوصلة التناكبية:	
بصف واحد من البرشام	55 – 60 %
بصفين من البرشام	65-80%
بثلاثة صفوف من البرشام.	80-88 %
بأربعة صفوف من البرشام.	90 – 95 %

إنهيار الوصلات المبرشمة Failure of reiveted joints :

عند استخدام البرشمة بالمراجل والأوعية فإن الضغط الداخلي يسبب التمدد وبالتالي يعمل على انهيار الوصلة بأحد الأشكال التالية:

١-انهـــيار اللوح على طول الخط الواصل بين منتصف مسامير البرشام في الصف الواحد كما بالشكل (7-4).

٢-انهيار المسامير على القص المفرد كما بالشكل (8-4) أو المضاعف.

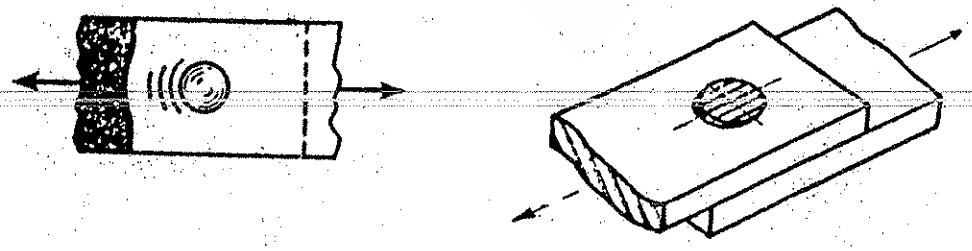


الشكل (7-4)

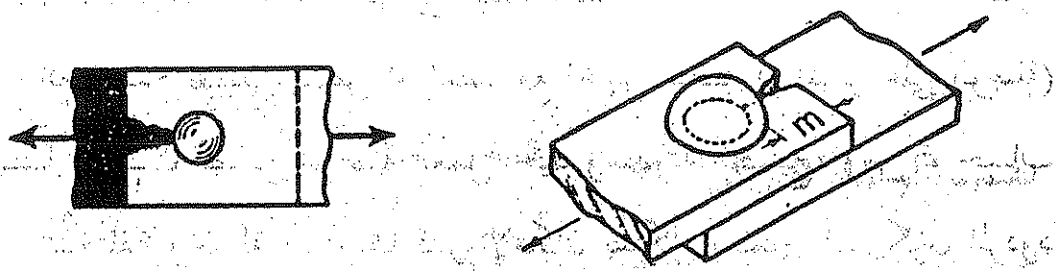
الشكل (8-4)

٣- هصر اللوح أو مسمار البرشام أو كليهما معاً كما بالشكل (9-4).

٤-انهيار اللوح عند الحاشية وبين صفوف مسامير البرشام كما بالشكل (10-4).

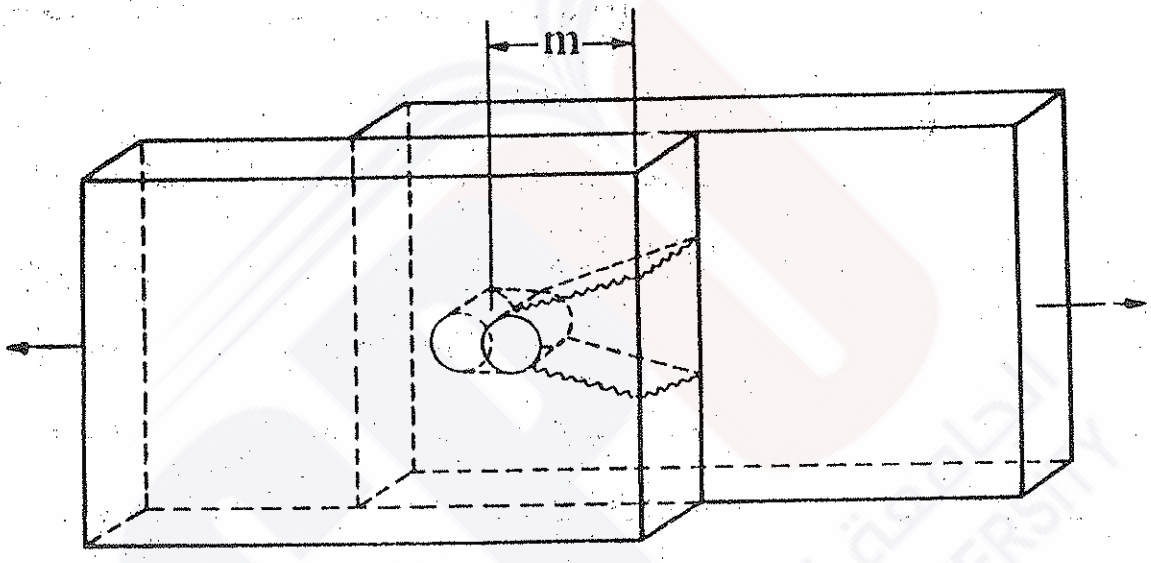


الشكل (9-4)



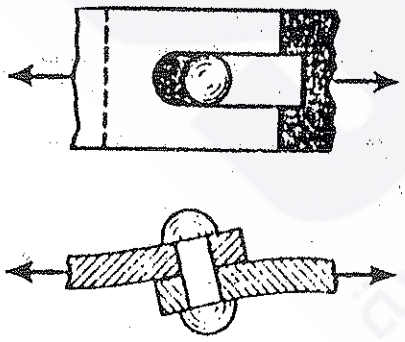
الشكل (4-10)

٥- انهيار اللوح على القص عند الحاشية كما بالشكل (4-11).



الشكل (4-11)

٦- انحناء اللوحين نظراً لعدم وقوع القوى المؤثرة في مستوى واحد كما بالشكل (4-12).



الشكل (4-12)

تصميم الوصلات المبرشمة:

إن قوة الوصلة تقاس بإحدى مقاوماتها على التمزق أو الشد Rtأو على القص Rs أو الهصر Rcr، ويفضل ألا يكون هناك فروق كبيرة بين هذه المقاومات

المختلفة، إذن مهمة المصمم هي تحديد عدد مسامير البرشام اللازمة (بمساواة مقاومة البرشام على القص أو الهصر مع الحمل المطبق أو المؤثر على الوصلة) وتوزيعها بحيث تضمن الوصلة العمل الجيد وسهولة التصنيع، ومن ثم حساب المقاومات المختلفة ومحاولة مساواتها قدر الإمكان بشكل يسمح بأن يكون المردود ضمن حدود القيم المقبولة التي أملتها الخبرة العملية. يمكن ترتيب الخطوات التصميمية كالتالي:

١-تحديد سماكات الألواح الواجب وصلها (t).

٢-اختيار نوع الوصلة وتحديد مردودها(e) بشكل تقريبي

٣-إيجاد قيمة قطر مسمار البرشام (d) من العلاقة التجريبية $d = 6.1\sqrt{t}$ أو من جداول الشركات العالمية. يكون عادة مسمار البرشام مسلوباً من نهايته وأصغر من الثقب المعد له بمقدار (0,03-0,06)mm.

٤-إيجاد خطوة الوصلة(p) ويتم ذلك غالباً باستخدام المساواة ($R_t=R_S$). إن هذه المساواة فعالة وجيدة في الوصلات التراكبية، أما في الوصلات التناكبية فيمكن استخدام المساواة ($R_t=R_{cr}$)كذلك. يجب أن تكون قيمة الخطوة مقبولة عملياً بحيث لا تعيق عملية البرشمة والجلفطة، كما يجب أن لا تقل قيمتها كثيراً بهدف زيادة المردود لأن هذا يسبب ضعفاً في اللوح، وعادة تكون قيمة الخطوة ضمن المجال:

$$4d \geq p \geq 2d$$

٥-إيجاد المقاومات المختلفة للوصل.

٦-إيجاد مردود الوصلة ومقارنته بالقيمة المفروضة أصلاً وهنا نميز حالتين:

أ-إذا كانت القيمة الناتجة للمردود تساوي أو أكثر من القيمة المفروضة فإن التصميم يكون سليماً.

ب-إذا كانت القيمة الناتجة للمردود منخفضة جداً فيجب إعادة التصميم والحسابات.

تصميم الوصلة التراكبية:

الشكل (13-4) يبين وصلة تراكبية بصف واحد من البرشام خطوتها (p) وقطر مسمار البرشام (d) وسماكة اللوح (t). لنصمم هذه الوصلة آخذين بعين الاعتبار الحالات الثلاث الأولى من طرق انهيار الوصلات.

حيث أن الإجهادات المسموح بها هي $[\sigma_t]$ و $[\sigma_{cr}]$ و $[\tau]$ فيمكن إيجاد المقاومات المختلفة وذلك كالتالي:

-متانة اللوح (متانة طول يساوي الخطوة بدون ثقوب):

$$R = p.t.[\sigma_t] \qquad (4\text{-}4)$$

- مقاومة الوصلة للتمزق أو الشد (الحالة الأولى من طرق الانهيار):

$$R_t = (p-d).t.[\sigma_t] \qquad (5\text{-}4)$$

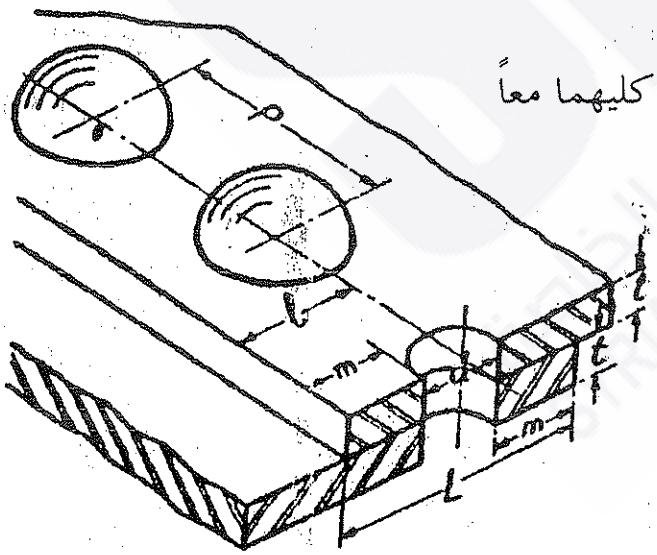
- مقاومة الوصلة للقص:

$$R_S = \frac{\pi.d^2}{4}.[\tau] \qquad (6\text{-}4)$$

-مقاومة اللوح أو البرشام للهصر أو كليهما معاً

$$R_{cr} = d.t.[\sigma_{cr}] \qquad (7\text{-}4)$$

إذا تساوت المقاومات على الأوجه الثلاثة فيمكن الحصول على معادلتين تمكننا من تعيين كل من (p) و (d) حيث من المعتاد أن تكون الإجهادات المسموح بها معلومة وكذلك سماكة اللوح (t).

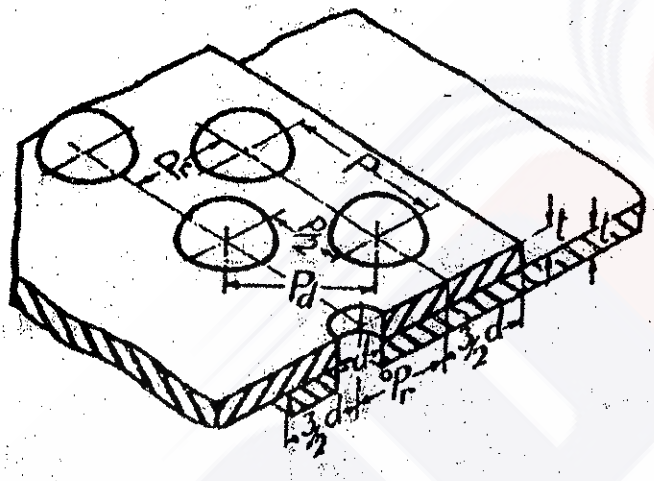


الشكل (13-4)

وصلة تراكبية بصف واحد من البرشام

أو يساواة R_s و R_t يمكن الحصول على (p) بعد أن نحصل على (d) من العلاقة التجريبية $d = 6.1\sqrt{t}$.

لتعيين مردود الوصلة تقسم قيمة أقل المقاومات على متانة اللوح (R) لا يختلف تصميم الوصلة التراكبية ذات الصفين من البرشام إذا كان ترتيب المسامير تسلسلياً أو متعرجاً بالشكل (14-4) عما رأيناه سابقاً ولكن نلاحظ أن الخطوة تحتوي على مسماري برشام وبالتالي فإن هناك قصاً مضاعفاً وكذلك هصراً مضاعفاً، إلا أن متانة اللوح ومقاومة الوصلة للشد (التمزق بين صفوف البرشام) تكون كما في الوصلة ذات الصف الواحد من البرشام.



الشكل (14-4) وصلة تراكبية بصفين من مسامير البرشام.

ملاحظات :

١-تدعى المسافة (l) المبينة بالشكل (13-4) بالتراكب Overlap وتساوي إلى (1,5d) على الأقل.

٢-تدعى المسافة (m) المبينة بالشكل (13-4) بالحاشية margin وهي المسافة بين طرف اللوح أو الشريحة وثقب مسمار البرشام.

إذا كانت m>d فلا خطر من تمزق الحاشية.

٣-تدعى المسافة (P_d) المبينة بالشكل (14-4) بالخطوة الوترية للوصلة Diagonal pitch وتعطى من العلاقة.

$$P_d = (2p + d) /3$$

٤-تدعى المسافة (P_r) المبينة بالشكل (4-14) بالخطوة الخلفية Backpitch وتعطى من العلاقة:

$$P_r = (0,5 - 0,9) \cdot p$$

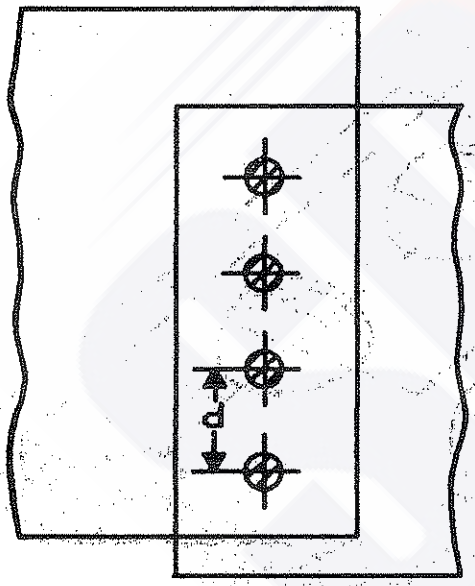
مثال (1):

وصلة تراكبية مبينة بالشكل. سماكة الصفيحة (1cm). تتعرض الوصلة لحمل قدره (25tons).

المطلوب إيجاد: الخطوة وعدد مسامير البرشام اللازم. نعتبر :

$$[\sigma_t] = 1000 \text{ kg/cm}^2, [\tau] = 800 \text{ kg/cm}^2$$
$$[\sigma_a] = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

الحل:



قطر البرشام

$$d = 1.9\sqrt{t} = 1.9\sqrt{1} = 1.9\text{cm}$$

$$P_S = \frac{\pi}{4} d^2 \times [\tau] = \frac{\pi}{4} \times (1.9)^2 \times 800$$

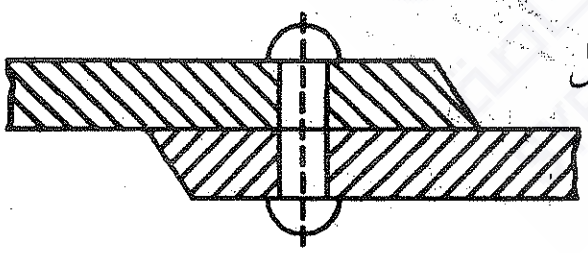
$$P_S = 2270 \text{ kg}$$

$$P_C = d \times t \times [\sigma_{cr}] =$$
$$1,9 \times 1 \times 1600 = 3040 \text{ kg}$$

عدد مسامير البرشام اللازمة استناداً لقوة القص P_S :

$$\frac{25000}{2270} = 11$$

تفرض (b) عرض الصفيحة التي تتحمل الحمل (25t).



لذلك فإن المقاومة المضادة للتمزق:

$$= (b - n \times d) \times t \times [\sigma_t]$$
$$25000 = (b - 11 \times 1,9) \times 1 \times 1000$$
$$b = 45,9 \quad \text{cm}$$

وتكون خطوة الوصلة : $= \frac{45,9}{11} = 4,17 \quad cm$

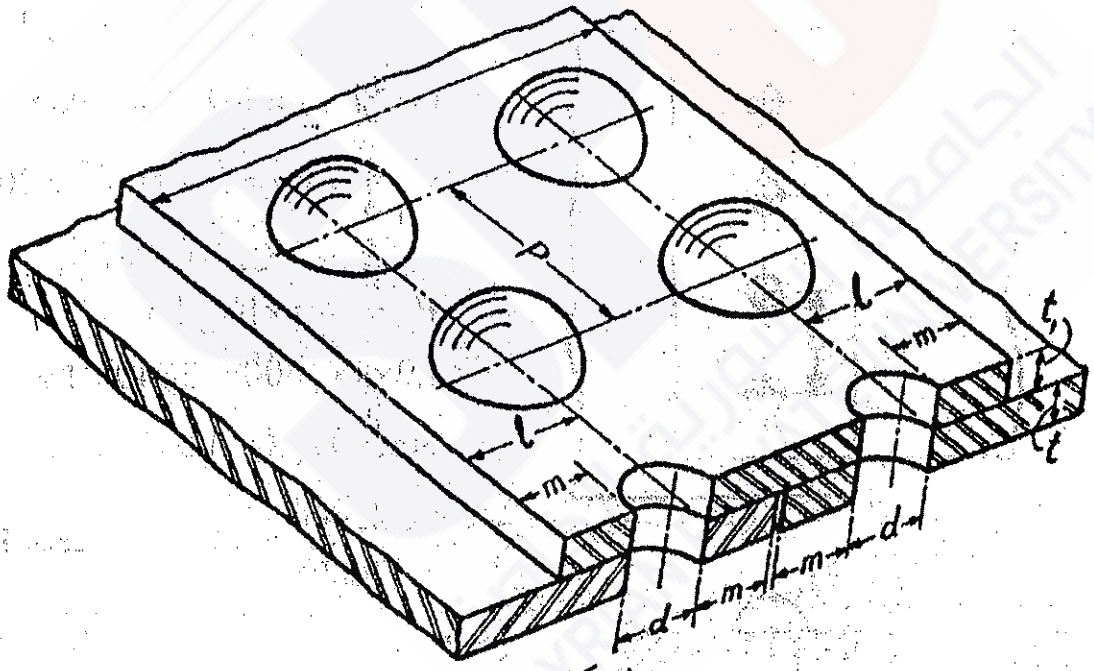
تصميم الوصلة التناكبية:

ذكرنا سابقاً يمكن أن تكون الوصلة التناكبية بشريحة واحدة أو بشريحتين أما صفوف مسامير البرشام فيمكن أن تكون أحادية أو ثنائية أو ثلاثية أو أكثر:

١-إن تصميم الوصلة التناكبية ذات الشريحة الواحدة لا يختلف عن تصميم الوصلة التناكبية كما بالشكل (15-4) ولكن يجب أن نلاحظ أن :

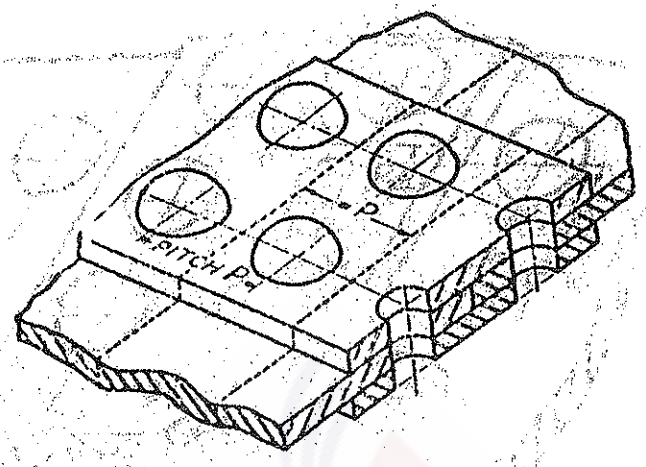
آ-سماكـــة الشريحة (t_1) يجبُ أن تساوي لسماكة اللوح (t) إذا كان $t < 2cm$، أما إذا كان $t > 2cm$ فإن $t_1 = 0,875\ t$.

ب-عرض الشريحة يجب أن يكون مساوياً ستة أمثال قطر مسمار البرشام.



الشكل (15-4)

٢-يفوق مردود الوصلة التناكبية ذات الشريحتين وصف واحد من مسامير البرشام كمـــا في الشكل (16-4) كل الأنواع الأخرى السابقة حيث أن القوى تعمل على خط واحد كما أن مقاومتها للقص مضاعفة. إن المعادلات التصميمية لهذه الوصلة التناكبية هي كالتالي :



الشكل (4-16)

يفرض أن عرض الشريحتين واحد.

- مقاومة اللوح السليمة : $R = p.t.[\sigma_t]$ (8-4)

- مقاومة تمزق اللوح عند ثقوب مسامير البرشام:

$$R_t = (p-d).t.[\sigma_t] \quad (9\text{-}4)$$

- مقاومة تمزق الشريحتين عند ثقوب مسامير البرشام:

$$R_{t_1} = 2(p-d).t_1.[\sigma_t] \quad (10\text{-}4)$$

- مقاومة مسمار البرشام للقص :

$$R_s = 2.\frac{\pi.d^2}{4}[\tau] \quad (11\text{-}4)$$

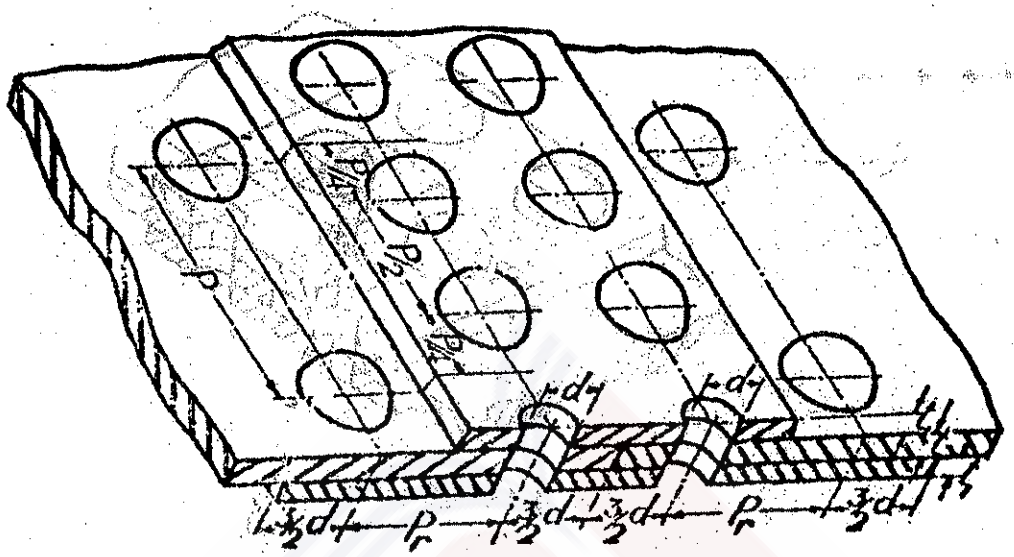
-مقاومة مسمار البرشام أو اللوح للهصر:

$$R_{cr} = d.t.[\sigma_{cr}] \quad (12\text{-}4)$$

-مقاومة مسمار البرشام أو الشريحتين للهصر:

$$R_{cr1} = 2.d.t_1.[\sigma_{cr}] \quad (13\text{-}4)$$

٣-يمكـــن تلخيص خطوات تصميم الوصلة التناكبية ذات الشريحتين والصفين من مسامير البرشام والمبينة بالشكل (4-17) كالآتي:



الشكل (4-17)

- مقاومة اللوح السليمة: $R = p.t.[\sigma_t]$

- مقاومة اللوح للتمزق عند الصف الخارجي للمسامير:

$$R_t = (P - d).t.[\sigma_t] \qquad (14\text{-}4)$$

- مقاومة اللوح للتمزق عند الصف الداخلي مع مقاومة مسامير البرشام للقص في الصف الخارجي:

$$R_{ts} = (p - 2d).t.[\sigma_t] + \frac{\pi.d^2}{4}[\tau] \qquad (15\text{-}4)$$

إن حساب R_{ts} ضروري لأنه لا يحدث تمزق اللوح عند الصف الداخلي مالم يحدث قص أو هصر في مسامير الصف الخارجي.

-مقاومة اللوح.للتمزق عند الصف الداخلي مع مقاومة الهصر في الصف الخارجي.

$$R_{tcr} = (P - 2d).t[\sigma_t] + d.t[\sigma_{cr}] \qquad (16\text{-}4)$$

- مقاومة الوصلة للقص وتتضمن مقاومة مسمارين في الصف الداخلي ونصفي مسمار في الصف الخارجي.

$$R_S = (2 \times 2 \times \frac{\pi.d^2}{4} + 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{\pi.d^2}{4}) \times [\tau]$$

$$R_S = \frac{5.\pi.d^2}{4}[\tau] \qquad (17\text{-}4)$$

– مقاومة الوصلة للهصر وتتضمن مقاومة المسامير الموجودة في الخطوة وهي ثلاثة:

$$R_{cr} = (2.d.t + d.t_1)[\sigma_{cr}] \qquad (18\text{-}4)$$

وإذا كان $t_1 = t$ فإن :

$$R_{cr} = 3.d.t.[\sigma_{cr}] \qquad (19\text{-}4)$$

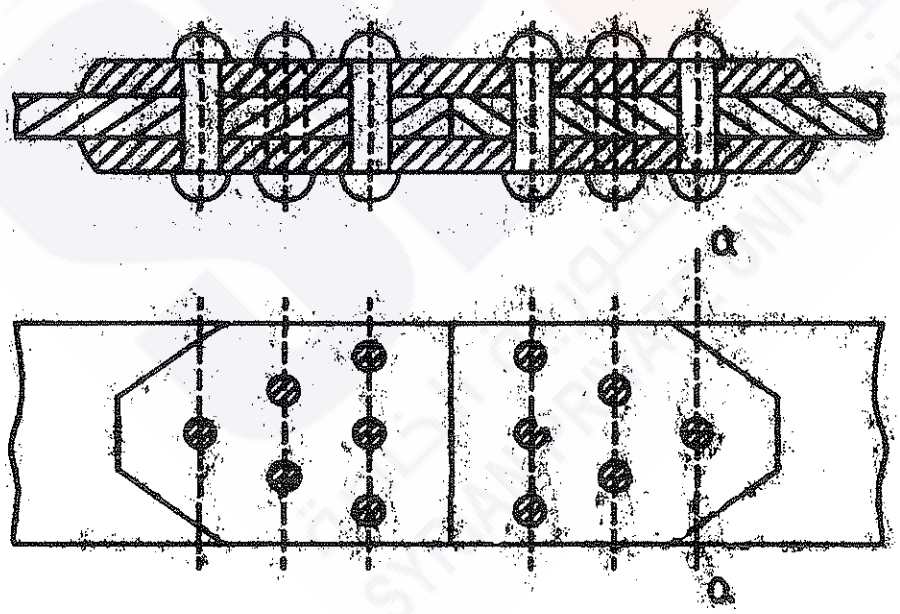
مثال محلول (2):

وصلة تناكبية ذات شريحتين كما هو مبين بالشكل. المطلوب إيجاد أقل مردود علماً بأن :

عرض الصفيحة 22.86 cm وسماكتها 1.56 cm

سماكة الشريحة 0.985cm (تؤخذ 1) قطر المسمار (2.22cm)

يهمل تأثير الهصر ونأخذ $\tau = 0.8\ \sigma_t$



الحل:

$$R_t = (b-d)\times t\times[\sigma_t]$$
$$= (22.86\ 2.22)\times 1.56\times \sigma_t$$
$$= 30.39.\sigma_t \qquad \text{(طن)}$$

$$R_S = 1.75 \times \frac{\pi}{4} \times \tau \times 6 = 40.6\tau \quad \text{(طن)}$$

$$= 40.6 \times 0.8\sigma_t = 32.5\sigma_t \quad \text{(طن)}$$

نلاحظ أن R_t أقل من R_S.

يمكن أن يكون أقل مردود:

$$= \frac{R_t}{R} = \frac{(b-d) \times t \times \sigma_t}{b \times t \times \sigma_t} = \frac{20.64}{22.86}$$

$$= 0.905 = 90.5\%$$

هـــذا النوع من ترتيب مساميرالبرشام يستخدم في الجسور ويعرف بالبرشمة القطرية diagonal riveting.

الوصلات المحملة تحميلاً لامركزياً: Eccantrically loaded joint:

عندما نطبق الحمولة بصورة لا مركزية فإن تأثيرها يمكن أن يستبدل بقوة مطبقة بصورة متناظرة وبعزم.

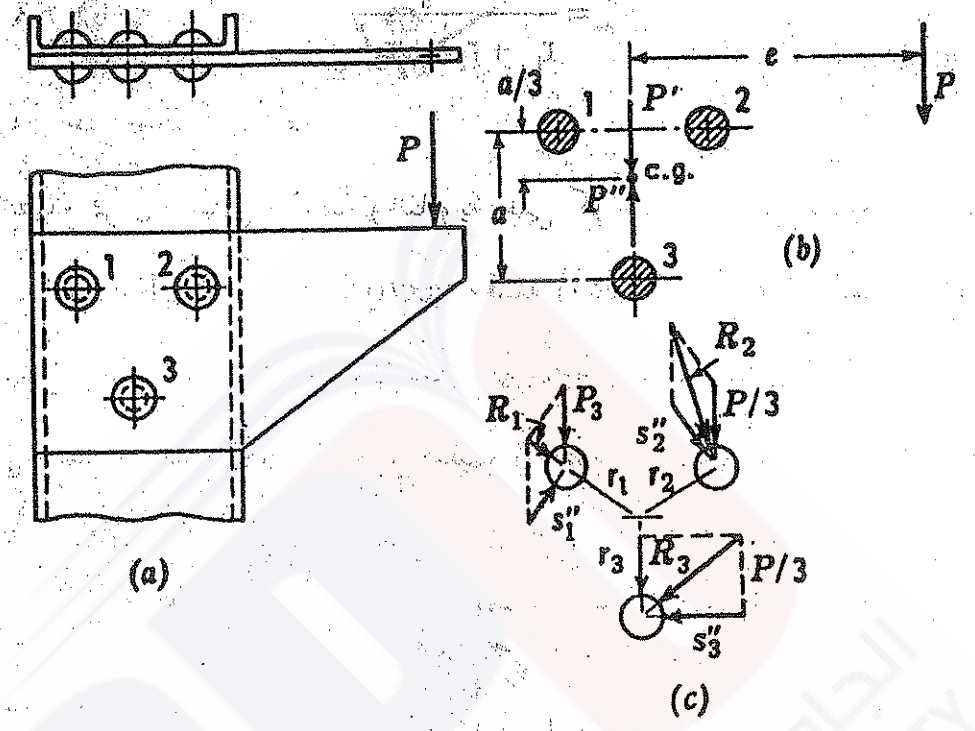
الشـــكل (4-18,a) يبين وصلة حيث يدعم الحمل اللامركزي مجموعة مكونة من ثلاثـــة مسامير برشام. لإيجاد أقطار المسامير أو متانة الوصلة فيجب استبدال الحمل اللامركزي بحمل مركزي وعزم وفق الخطوات التالية:

١-نحدد موقع مجموعة المسامير كما بالشكل (4-18,b) وذلك لتسهيل العمل ومن ثم نحـــدد مركـــز ثقـــل المجموعة (في هذه الحالة تمثل النقطة C G مركز الثقل لأن المسمارين العلويين متناظران بالنسبة للمحور العمودي).

٢-نضيف عند مركز ثقل مجموعة المسامير قوتين متساويتين ومتعاكستين (P``,P`) وكل منهما تساوي إلى القوة (P):

آ-تشـــكل القوة P' حمل قص مباشر على التباشيم يعرف بالقص الأولي Primary shear.

ب-تشكل القوى P و "P عزماً مقداره (P.e) يحاول تدوير مجموعة المسامير حول مركـــز ثقلها، والأحمال الناتجة عن هذا العزم تعرف بالقص الثانوي Secondary shear.



الشكل (18-4)

تمثل قوى القص الأولية (وتساوي P/3 لكل مسمار) وقوى القص الثانوية "S_1 "S_2 "S_3 (تكون ذات قيم واتجاهات مختلفة) وتكون عمودية على اتجاه ذراع العزم (r) كما بالشكل (43-c).

٣-نوجـــد قـــيم كل من "S_1 "S_2 "S_3 وذلك بفرض أن التشوه يحدث فقط على مســـامير البرشام (هذا الافتراض غير صالح في حالة الألواح الصغيرة والرقيقة جداً وللتباشـــيم الكبيرة نسبياً). من هذا الافتراض يمكن القول أنه نتيجة لدوران اللوح فإن تشوه كل برشامة يتناسب مع بعدها عن مركز ثقل المجموعة (r) أي:

$$\frac{s_1''}{r_1} = \frac{s_2''}{r_2} = \frac{s_3''}{r_3} \qquad (20\text{-}4)$$

وبما أن مجموع العزم الخارجي والعزم المقاوم الداخلي متساويان فيمكن أن نكتب:

$$P.e = s_1''.r_1 + s_2''.r_2 + s_3''.r_3 \qquad (21\text{-}4)$$

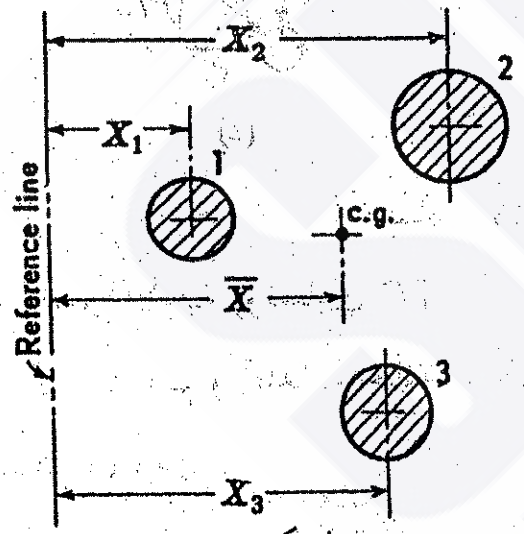
مـــن المعادلـــتين الســـابقتين يمكن إيجاد القص الثانوي على كل مسمار برشام من العلاقة:

$$s_n'' = \frac{P.e.r_n}{r_1^{\,2} + r_2^{\,2} + r_3^{\,2}} \qquad (22\text{-}4)$$

حيث : n يدل على رقم البرشامة.

٤-نوجد محصلة قوى القص الأولية والثانوية على كل مسمار من مسامير البرشام وهـــي R_1 , R_2 , R_3 اتجاهاً vectorially وقيمة (وذلك برسم قوى القص الأولية والثانوية بمقياس رسم مناسب) وبذلك نعين البرشامة التي تتعرض لأكبر حمل قص ومـــنه يمكن حساب قيمة الحمل المحصل عليها (أخطر برشامة). وهكذا يمكن إيجاد متانة الوصلة إذا كانت كل المسامير بنفس القطر.

إذا كانـــت مســـامير البرشام ذات أقطـــار مختلفة أو كانت موضوعة بشـــكل غير متناظر فيمكن تحديد موقع مركز الثقل للمجموعة وفقاً للعلاقـــة $(x = \Sigma Ax / \Sigma_A)$ كما بالشكل (19-4).



الشكل (19-4)

مثال محلول (3) :

أوجـــد قـــيمة P لكـــل مـــن وصلتي البرشام المبينة بالشكل علماً بأن $[\tau] = 1056 Kg/cm^2$ وقطر مسمار البرشام 1.9cm