الباب الخامس

5

تشكيل المعادن بالوصل

Metals Forming By Joining

تمهيد

الهدف من وصل المعادن هو التوصل إلى منتجات مجمعة عن طريق وصل الأجزاء الصغيرة أو البسيطة ، للحصول على منتجات كبيرة.

توصل الأجزاء المعدنية مع بعضها البعض بطرق مختلفة ، ويتم اختيار الطريقة المناسبة حسب وظيفة المنتج والغرض من استخدامه.

يناقش هذا الباب الطرق المختلفة لوصل المعادن ، من خلال الوصل المؤقت الذي يتمثل في الوصل باستخدام المسامير الملولبة والصواميل ، الوصل بالتيل ، الوصل بالخوابير ، الوصل بالأعمدة المخددة.

ويتناول الوصل شبه المؤقت الذي يتمثل في مسامير البرشام ، والوصلات الانضغاطية .. أي الوصلات ذات الأجزاء المتداخلة.

ويتعرض للوصل الدائم الذي يتمثل في اللحام ، واللحام يحتوي على موضوعات عديدة ومتشعبة ، لذلك فإن هذا الباب يتعرض لموضوع اللحام بالسبائك الغير حديدية الذي يحتوي على اللحام الرخو .. أي اللحام بسبائك القصدير ، واللحام الصلد .. أي اللحام بالمونة ، مع عرض لمميزات وعيوب كل منهم على حدة.

التشكيل بالوصل

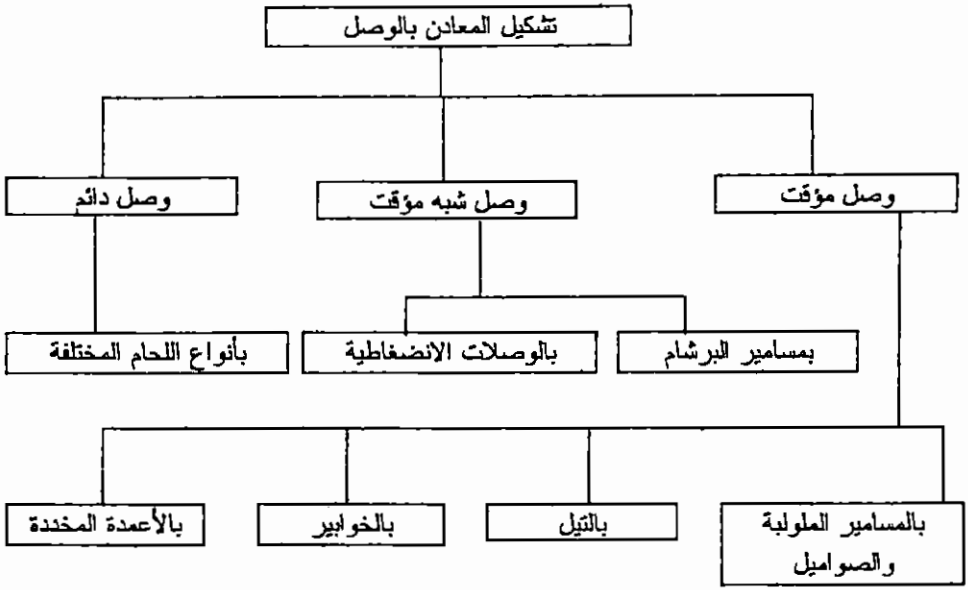
Forming By Joining

تتلخص عمليات تشكيل المعادن بالوصل من خلال تجميع جزأين أو أكثر مع بعضهما البعض ، وبذلك يمكن تشكيل العديد من المنتجات ذات الأشكال الخاصة أو المعقدة التي لا يمكن تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة.

فعلى سبيل المثال لا الحصر يتم تجميع الأجزاء المعدنية المختلفة الأشكال والأحجام للحصول على منتجات مختلفة مثل أسقف الورش – الكباري الحديدية – خطوط أنابيب البترول والمياه – خطوط السكك الحديدية – السيارات – الروافع – الآليات الميكانيكية المختلفة – المراجل البخارية وأوعية الضغط ... وغيرها من المنتجات التي يصعب تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة ، وذلك من خلال تقسيمها إلى عدة أجزاء صغيرة وبسيطة ، وتصنيع كل جزء منها على حدة ، ثم توصل هذه الأجزاء مع بعضها البعض للحصول على المنتج بالشكل والأبعاد المحددة المطلوبة.

طرق الوصل : Ways Of Joining

يمكن وصل الأجزاء المعدنية المختلفة بعضها ببعض للحصول على منتج بالشكل المطلوب بإحدى الطرق الموضحة بالرسم التخطيطي التالي :-



الوصل المؤقت

Temporary Joining

تعتبر طريقة الوصل المؤقت من أحد أهم طرق الوصل الميكانيكية . تستخدم هذه الطريقة في إنشاء الكباري الحديدية – خطوط السكك الحديدية – خطوط أنابيب المياه البترول – المركبات – الآليات الميكانيكية المختلفة ..... وغيرها . وتتم هذه الطريقة من خلال عناصر الوصل المختلفة التالية :-

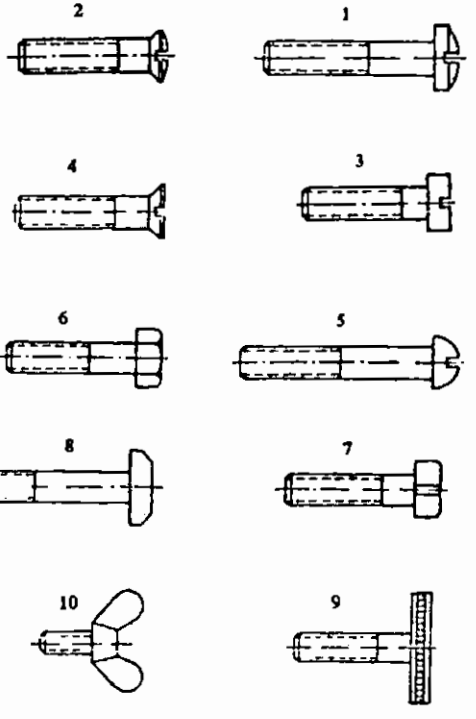
الوصل بالمسامير الملولبة والصواميل

تتميز هذه الطريقة بإمكانية فك الوصلة في أي وقت ، كما يمكن إعادة ربطها عند الحاجة إلى ذلك .

تجهز الأطراف المراد وصلها وذلك بعمل ثقب أو عدد من الثقوب ، ويتحدد عدد الثقوب اللازمة لعمليات الوصل وأقطارها حسب قوة الوصل المطلوبة وكذلك أقطار المسامير الملولبة المستخدمة ، ثم تستعمل المسامير الملولبة والصواميل في عملية التثبيت من خلال ربطهم جيدا.

المسامير : Screws

توجد المسامير الملولبة (المقلوظة) بأنواع وأشكال مختلفة كما هو موضح بشكل 5 – 1 ، يختلف كل منها عن الآخر من حيث القطر – الخطوة – طول الجزء الملولب بالمسمار – شكل رأس المسمار.



شكل 5 – 1

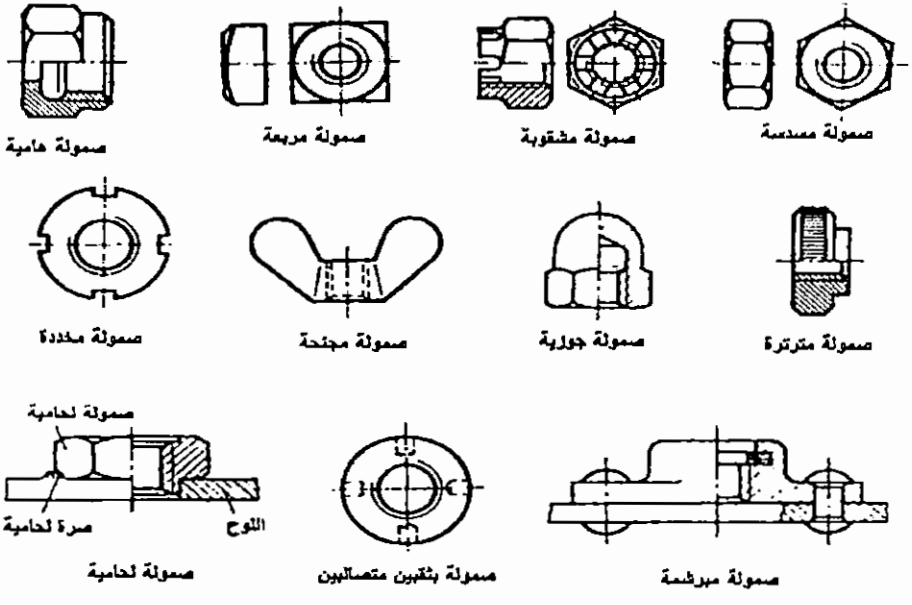
أنواع وأشكال المسامير الملولبة

1. مسمار ملولب مخ طاسة.
2. مسمار ملولب رأس غاطس.
3. مسمار ملولب برأس أسطواني (مخ مفك).
4. مسمار ملولب برأس مخوش (مخ طاسة).
5. مسمار ملولب برأس نصف دائري .
6. مسمار ملولب برأس مسدس.
7. مسمار ملولب برأس مربع.
8. مسمار ملولب برأس مبطط.
9. مسمار ملولب برأس مخشن (مترتر).
10. مسمار ملولب مجنح الرأس .. (للربط باليد).

تستخدم المسامير الملولبة في توصيل الأجزاء المعدنية التي تقتضي طبيعتها أن تكون قابلة للربط والفك ، دون أن يحدث بالأجزاء الموصلة أو عناصر التوصيل أي تلف.

الصواميل : Nuts

توجد أنواع وأشكال مختلفة للصواميل شكل 5 – 2 التي تتناسب مع المسامير الملولبة في وصل الأجزاء المعدنية التي يتطلب ربطها وفكها عند الحاجة إلى ذلك . وفيما يلي عرض لأكثر أنواع وأشكال الصواميل استخداماً.



شكل 5 – 2

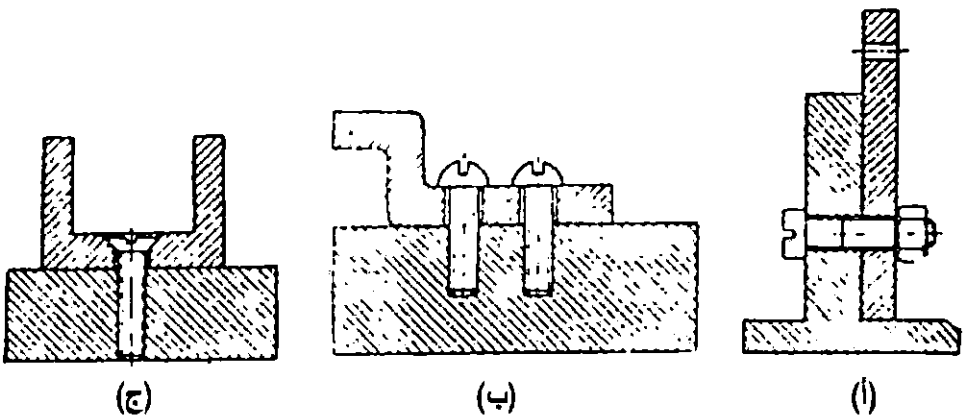
أنواع وأشكال الصواميل

الوصلات الملولبة : Screws

ويمكن تقسيم الوصلات الملولبة من حيث استعمال وسائل الزنق إلى نوعين أساسيين كما هو موضح بشكل 5 – 3 كالآتي :-

(أ) الوصلات الخالية من وسائل الزنق :

هي الوصلات التي تتصل بها المسامير الملولبة اتصالا مباشراً ، وخالية من وسائل الزنق كما هو موضح بشكل 5 – 3 وهي المسامير الملولبة فقط ، أو المسامير الملولبة والصواميل.



شكل 5 – 3

الوصلات الخالية من وسائل الزنق

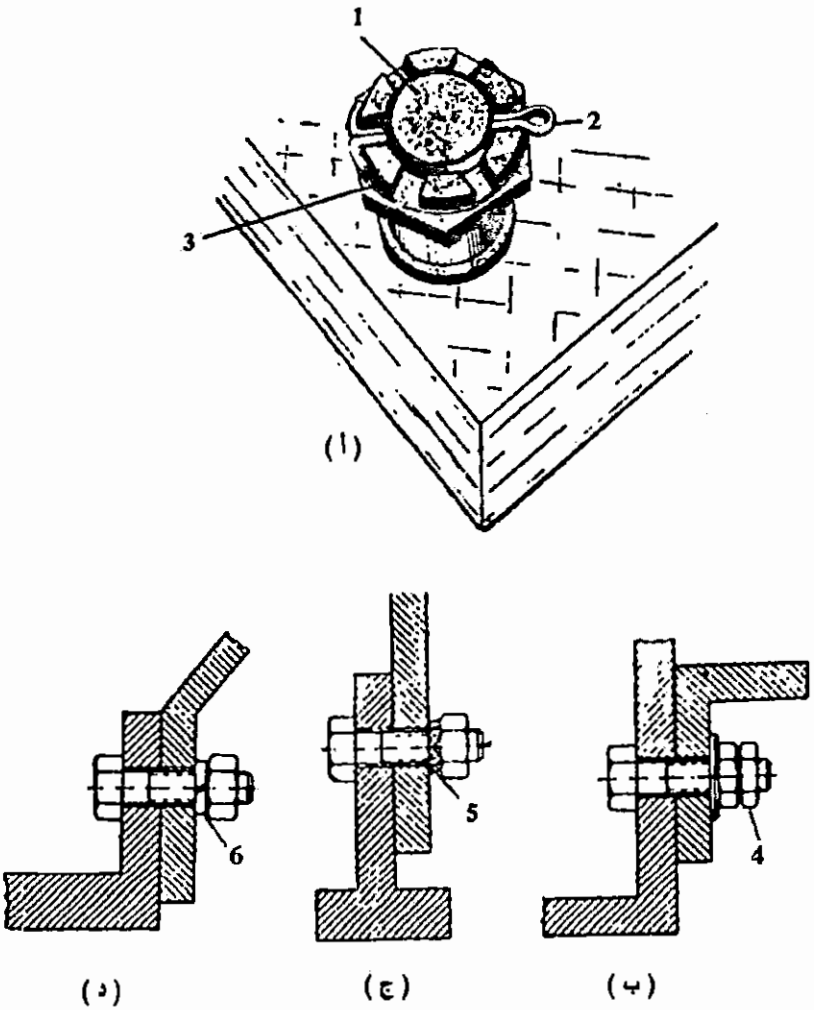
(أ) التوصيل بمسمار ملولب برأ أسطواني وصامولة.

(ب) التوصيل بمسمار ملولب برأس نصف دائري.

(ج) التوصيل بمسمار ملولب برأس غاطس.

(ب) الوصلات المزودة بوسائل زنق :

هي الوصلات التي تتصل بها مسامير ملولبة وصواميل شكل 5 – 4 باستخدام صواميل إضافية – ورد مسننة – ورد نابضة (ورد سوسته) التي يطلق عليها ورد الزنق ، ومن وسائل الزنق المعروفة هي الصواميل ذات التيل.



شكل 5 – 4

الوصلات المزودة بوسائل زنق

(أ) وصلة تحتوي علي صامولة برجية ذات تيلة.

(ب) التوصيل بمسمار ملولب ذي رأس مسدس وصامولة ، بالإضافة إلى صامولة أخـري للزنق.

(ج) التوصيل بمسمار ملولب ذي رأس مسدس وصامولة وحلقة مسنن.

(د) التوصيل بمسمار ملولب ذي رأس مسدس وصامولة وحلقة نابضة (حلقة سوستة).

الوصل بالتيل

Joining By Pins

تتشابه أشكال التيل مع أشكال المسامير المختلفة الأشكال والأقطار ، لذلك تسمى بالمسامير الإصبعية.

يوجد أنواع وأشكال مختلفة من التيل ، يميز كل منها الآخر حسب الغرض من الاستعمال.

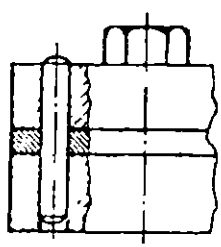
أنواع التيل : Types Of Pins

يمكن تقسيم التيل إلى الأنواع الثلاثة التالية :-

(أ) **تيل توافقية** : Fit Pins

تستخدم التيل التوافقية في تحديد أوضاع الأجزاء المراد وصلها مع بعضها البعض بالأوضاع المطلوب بدقة ، كما تؤدي إلى سهولة التجميع وعدم وجود إزاحة في الاتجاه العرضي.

وشكل 5 – 5 يوضح تيلة أسطوانية الشكل تعمل بوظيفة تيلة توافقية أثناء تجميع جزئين بوضع معين.



شكل 5 – 5

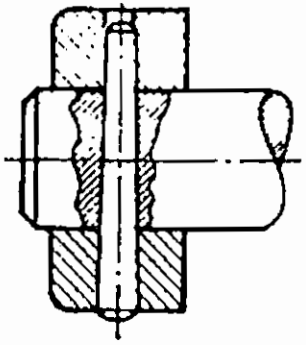
تيلة أسطوانية تعمل بوظيفة تيلة توافقية

(ب) **تيل تثبيت** : Fixing Pins

تعتبر كوسيلة للتثبيت في بعض الحالات ، وتستخدم في نقل القوى الصغيرة ،

كما تستخدم كوسيلة تأمين تمنع فك الأجزاء الموصلة عن بعضها البعض.

وشكل 5 – 6 يوضح تيلة مستدقة (مخروطية) تعمل بوظيفة تيلة تثبيت . تستخدم هذه التيلة في وصلات الماكينات والأجهزة المختلفة والسيارات وغيرها.



شكل 5 ــ 6

تيلة مستدقة تعمل بوظيفة تيلة مشقوقة

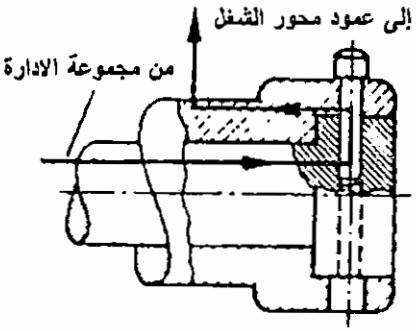
(ج) **تيل قص** : Shearing Pins

تستخدم هذه التيل في المجموعات الناقلة للحركة في آلات التشغيل والإنتاج ، الغرض منها هو إتاحة عملية الوصل والفصل ، وتعتبر كوسيلة شديدة الحساسية لمنع الاجهادات أو الضغوط العالية التي قد تنشأ ، ومن ثم فإنها تحافظ على عدم تدمير المجموعات الناقلة للحركة ، وعلى سبيل المثال فإن تيلة القص تركب بين مجموعة الإدارة وعمود الشغل ، وتتكسر هذه التيلة بالقص عند زيادة التحميل أو الاجهادات المرتفعة التي تقع على أجزاء الوصلة . وكسر التيلة يعني المحافظة على المجموعات الناقلة للحركة من التلف أو التدمير.

توضع تيلة جديدة بعد إزالة التيلة المكسورة ، مع إزالة السبب الذي أدى إلى كسر التيلة السابقة . ويمكن استعمال تيلة القص بأحد أشكال التيل المعتادة ، مثل التيل الأسطوانية ، أو التيل المستدقة (المخروطية أو المسلوبة) ، أو التيل المشقوقة.

ويتوقف اختيار التيلة المناسبة على قوة تحملها التي تتناسب مع الغرض من

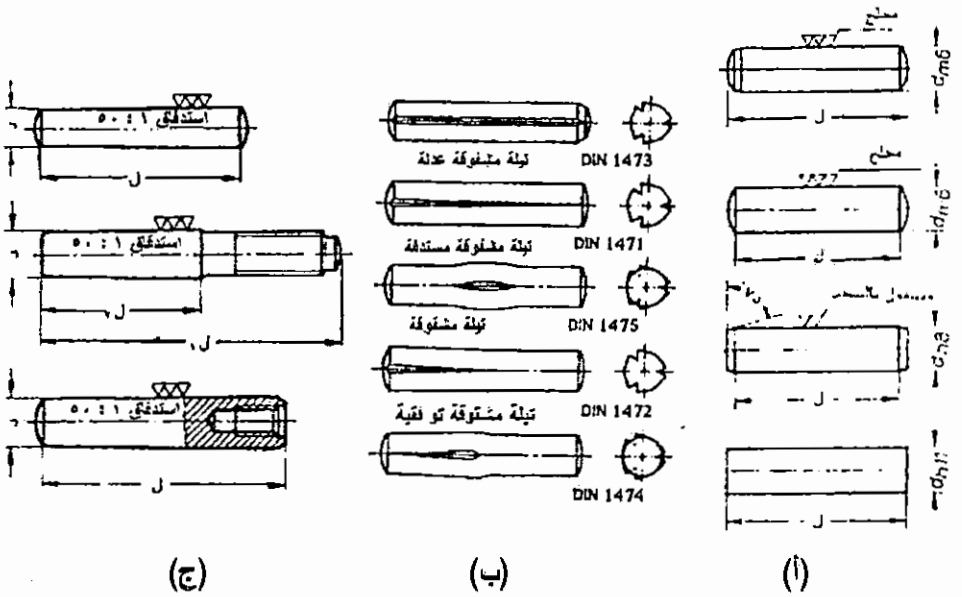
استخدامها . وشكل 5 – 7 يوضح تيلة قص مركبة بين مجموعة إدارة وعمود شغل.

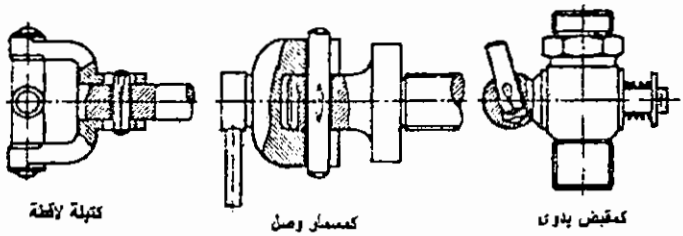


شكل 5 – 7

تيـــلة قـــص

تيل الوصل المستخدمة في الأغراض المختلفة مثل التيل التوافقية – تيل التثبيت – تيل القص ، توجد بأشكال ومواصفات مختلفة ، يتوقف اختيار الشـــكل والموصـــفة المناسبة ، على الغرض من الاستخدام وطريقة التثبيت وتكاليف الإنتاج . وشكل 5 – 8 يوضح أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها.





شكل 5 – 8

أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها

(أ) تيل أسطوانية.

(ب) تيل أسطوانية مشقوقة إيلاجية.

(ج) تيل مستدقة.

(د) أمثلة على استخدامات التيل المستدقة.

الوصل بالخوابير

Joining By Wedges

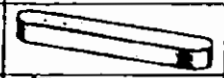
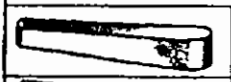
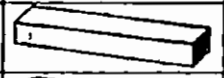
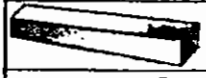
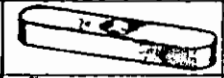
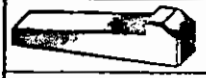
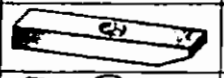
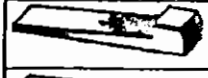
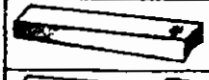
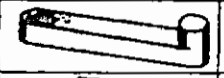
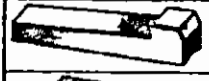
تعتبر الخوابير المختلفة الأشكال والأحجام بمثابة موصلات بين المحاور والأعمدة، أو بين الأجزاء والآليات المختلفة.

تستخدم الخوابير بصفة عامة في وصل الأجزاء الدوارة المثبتة على الأعمدة والمحاور ، وأقرب مثال لذلك هو استخدامها في وصل بكرات (طنابير) السيور والتروس والحدافات مع الأعمدة والمحاور ، حيث يثبت الخابور بالمواصفات المناسبة بالفجوة المخصصة له بين الأجزاء المراد وصلها . ومهمة الخوابير هي وصل الأجزاء الدوارة مع بعضها البعض ، وعدم دوران أي جزء دون دوران الجزء الآخر معه.

أنواع الخوابير : Types Of Wedges

توجد الخوابير بأنواع وأشكال مختلفة ، يتم اختيار الخابور المناسب حسب تصميم الأجزاء المكنية المراد وصلها ، ومقدار القوى المنقولة ، والظروف الفنية الأخرى .... مثل إمكانية تجميعها وفكها ، ونوع المادة المستعملة ..... الخ.

ويمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين الموضحين بالجدول شكل 5 – 9 هما :-

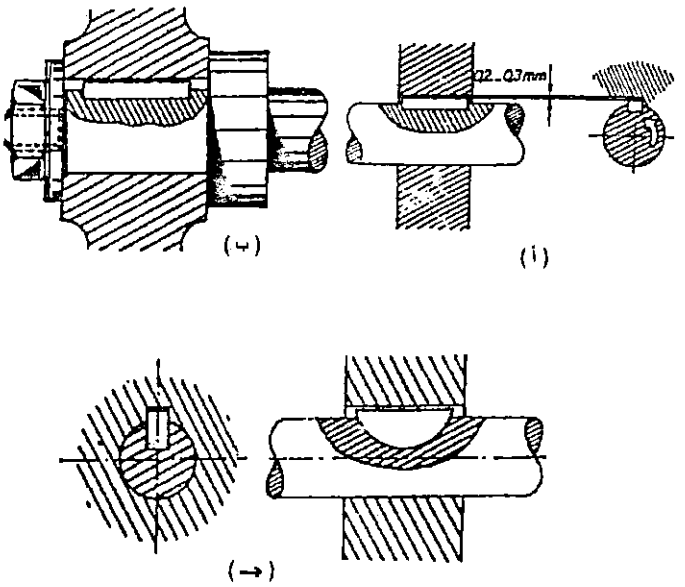
الخوابير المتوازية وصلات لاقطة بدون استدلاق			الخوابير المستدقة وصلات نمط ذات استدلاق ١ : ١٠٠		
DIN 6885 نمط A	خابور الزلاق مستدير الطرفين		DIN 6886 نمط A	خابور خشن	
DIN 6885 نمط B	خابور الزلاق مستوى الطرفين		DIN 6886 نمط B	خابور دقيق	
DIN 6885 نمط C	خابور الزلاق مستدير الطرفين ، ببرغي تثبيت واحد		DIN 6887	خابور بذان	
DIN 6885 نمط F	خابور الزلاق مستوى الطرفين بثقبين من براغي التثبيت وبرغي لحكم		DIN 6883	خابور مسطح	
DIN 6885 نمط G	خابور الزلاق مستوى الطرفين مسطوب ، ببرغي تثبيت واحد		DIN 6884	خابور مسطح بذان	
	خابور متوازي بركاب وسطي		DIN 6881	خابور مقعر	
	خابور متوازي بركاب طرفي		DIN 6889	خابور مقعر بذان	
DIN 6888	خابور قمري		لمتطلبات الخوابير التلامسية عن الموصفات الواسعة DIN 268	خابور تلامسي	

شكل 5 – 9

الخوابير المتوازية والخوابير المستدقة

(أ) **الخوابير المتوازية** : Parallel Wedges

هي الخوابير التي تعمل على وصل الأجزاء الميكانيكية المختلفة ، والتي لا ينشأ عنها قوى انضغاطية ، ويمكن تأمين الخوابير عند تثبيتها ضد الإزاحة العرضية من خلال استخدام وسائل مساعدة مثل المسامير الملولبة – البنوز – حلقات التثبيت ..... وغيرها . شكل 5 – 10 يوضح بعض نماذج لوصلات الخوابير المتوازية.



شكل 5 – 10

بعض نماذج لوصلات الخوابير المتوازية

(أ) تثبيت الخابور المتوازي المنزلق بين المحور أو العمود والجسم المطلوب دوراته .

(ب) استخدام الخابور المتوازي الغاطس في نقل عزم الدوران بين الأعمدة والأجزاء المطلوب توصيلها.

(ج) استخدام الخابور المتوازي المستدير في نقل عزم الدورات بين الأعمدة والأجزاء المراد دوراتها .

(ب) الخوابير المستدقة : Tapered Wedges

تصنع الخوابير المستدقة (المسلوبة) ذات إستدقاق بنسبة 1 : 10 ، 1 : 25 ، 1 : 100 ، هذا يعني أن الزيادة في أكبر ارتفاع للضلع الأكبر للخابور مقداره واحد ملليمتر لكل 10 أو 25 أو 100 ملليمتر من طول الخابور.

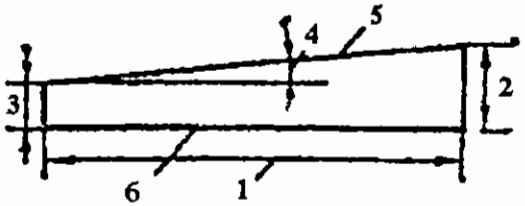
تستخدم الخوابير المستدقة بنسبة 1 : 10 ، 1 : 25 في الوصلات التي يكثر صيانتها (الوصلات الكثيرة الفك والتركيب) ، كما تستخدم الخوابير المستدقة بنسبة 1: 100 في الوصلات ذات الازدواج المحكم ، وفي الأجزاء المطلوب توصيلها

ببعضها توصيلا مستديما ، حيث أن الإستدقاق كلما كان صغيرا كلما زاد تأثير فاعلية الرباط ، علما بأن الإستقاق الصغير جدا يؤثر في الرباط وقد يتسبب في تلف الأجزاء المكنية.

أبعاد الخابور المستدق : Dimensions Of Tapered Wedge

تصمم الخوابير المستدقة بأبعاد مناسبة لتناسب التصميمات المختلفة للأجزاء المكنية ، وشكل 5 – 11 يوضح أبعاد الخابور المستدق .

يثبت الخابور المستدق بين الأجزاء المكنية المطلوب توصيلها ببعض بواسطة سنبك ومطرقة لتعطي قوة الدفع المطلوبة ، وتنقسم هذه القوة إلى مركبتين ممثلتين بالضلعين 5 ، 6 اللذان يؤثران على الأجزاء المكنية العلوية والسفلية الموصلة.



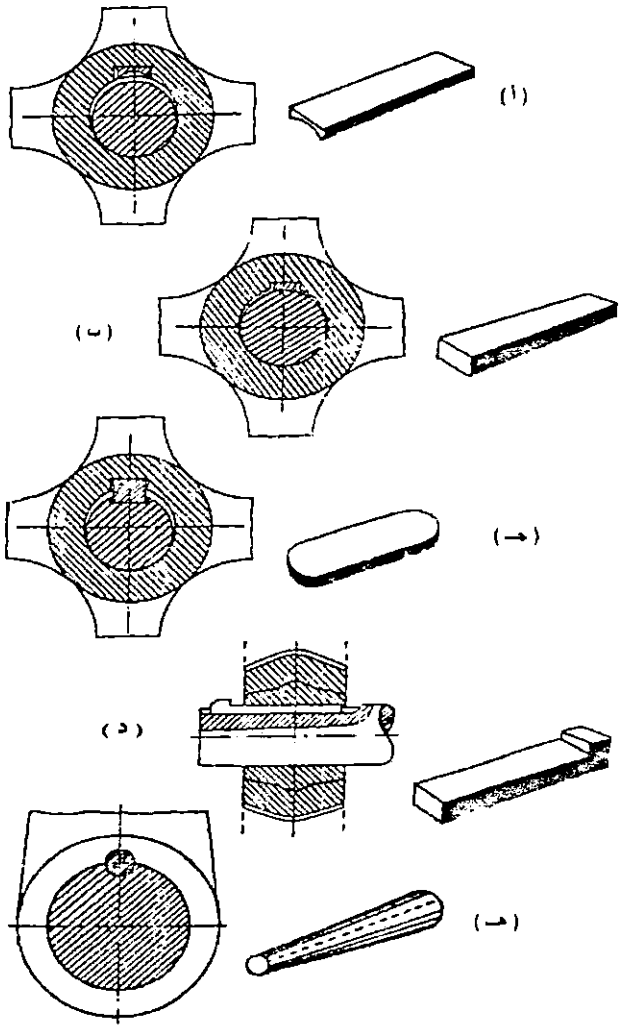
شكل 5 – 11

أبعاد الخابور المستدق

1. طول الخابور.
2. الضلع الأكبر.
3. الضلع الأصغر.
4. الإستدقاق .. (السلبة).
5. القمة.
6. الجذع.

تستخدم الخوابير المختلفة الإستدقاق في التوصيل بين الأجزاء المكنية ، ويتوقف استخدام كل منها على تصميم الأجزاء المكنية المطلوب توصيلها.

فيما يلي عرض لأشكال الخوابير المستدقة الموضحة بشكل 5 – 12 وأمثلة على استخدام كل منها.



شكل 5 – 12

الخوابير المستدقة واستخداماتها

(أ) الخابور المستطيل المقوس.

(ب) الخابور المستطيل المستدق.

(ج) الخابور الغاطس المستدق.

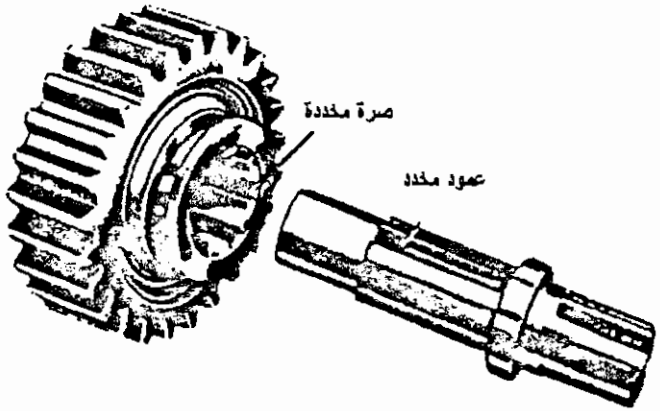
(د) الخابور المستدق ذو الذقن.

(هـ) الخابور الأسطواني المستدق.

4.الوصل بالأعمدة المخددة : Joining By Splinded Shafts

الأعمدة المخددة تسمى أيضا بالأعمدة المسننة ، وهي عبارة عن عمود أسطواني مشكل على سطحه الخارجي عدة أخاديد (أسنان) طولية تعمل بمثابة خوابير لنقل عزم الدوران إلى جزء مقابل له من الداخل بنفس الشكل ، لذلك فإن هذه الأعمدة تجمع بين مزايا العمود ومزايا الخابور في قطعة واحدة . يتراوح عدد الأخاديد من 6 إلى 20 سنة .. وذلك حسب قطر العمود.

وتستخدم وصلة الأعمدة المخددة الموضحة بشكل 5 – 13 في نقل القوى عالية التحميل لوصلات مماثلة لها في الحالات التي تتغير فيها وضع الوصلات باستمرار ، كما هو الحال في بعض آلات التشغيل والإنتاج وفي المركبات ..... وغيرها.



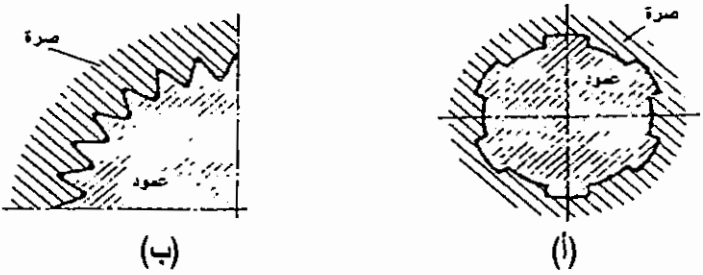
شكل 5 – 13

الوصل بعمود مخدد

تستخدم عادة الوصلة المخددة (المسننة) التي تسمى صرة ، بوجود حركة محورية بين العمود المخدد وصرة الجزء المتزاوج معه.

تشكل الأخاديد (الأسنان) بشكل طولي مستقيم ، أو بشكل حلزوني ، وذلك حسب شكل الحركة المطلوبة للوصلة.

توجـد أعمدة مخددة ذات أخاديد (أسنان) مختلفة الأشكال كما هو موضح بشكل 5 – 14 ومن الطبيعي تطابق شكل الأخاديد في كل من العمود والصرة.



شكل 5 – 14

وصلات مخددة ذات أخاديد مختلفة

(أ) وصلة العمود والصرة بشكل مخدد.

(ب) وصلة العمود والصرة بشكل أسنان مثلثة.

الوصل شبه المؤقت .. (الوصل غير الدائم)

Non Permanent Joining

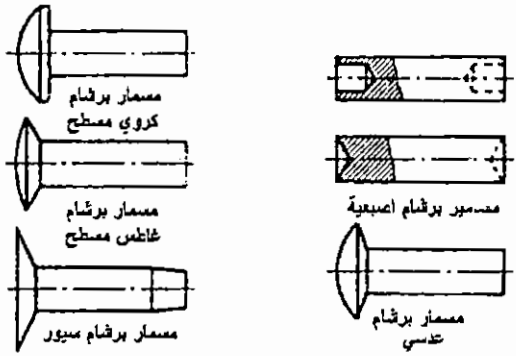
يمكن الحصول على الوصل شبه المؤقت للأجزاء المكنيـة المختلفـة بإحـدى طريقتين هما :-

1-الوصل بمسامير البرشام : Joining With Rivets

تستعمل هذه الطريقة في وصل الأجزاء وتجمعها مع بعضها البعض باسـتخدام مسامير البرشام ، لإنتاج مشغولات لا يمكن تصنيعها بالطرق العادية مثل الجلونات ، الكباري الحديدية ، تثبيت الكمرات .. كما تستخدم مسامير البرشام في العديـد مـن الوصلات.

أنواع مسامير البرشام : Types Of Rivet Pins

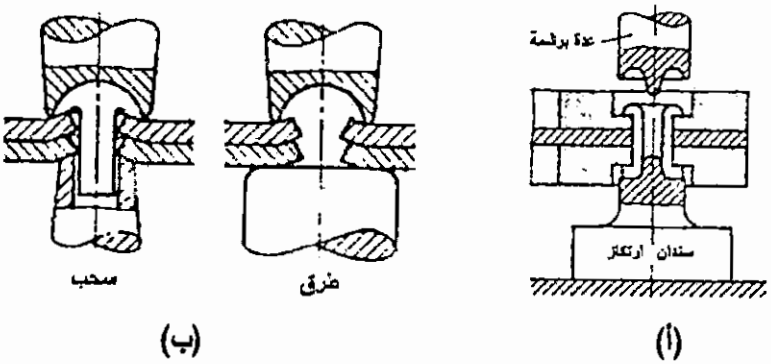
توجد أنواع وأشكال مختلفة من مسامير البرشام ، تتلاءم أشكال رؤوسها مـع الغرض المستخدم . وشكل 5 – 15 يوضح أكثر أنواع مسامير البرشام استخداماً.



شكل 5 – 15

أنواع وأشكال مسامير البرشام

تستخدم مسامير البرشام ذات الأشكال الخاصة في تثبيت الأجـزاء والألـواح المعدنية الرقيقة ، كما تستخدم أيضا في تثبيت الألواح المصنوعة من اللدائن . وشكل 5 – 16 يوضح أنواع مسامير البرشام ذات الأشكال الخاصة وطرق تثبيتها.



شكل 5 – 16

الأنواع ذات الأشكال الخاصة لمسامير البرشام وطرق تثبيتها

(أ) مسمار برشام مجوف.

(ب) مسمار برشام عش الغراب.

تتم عملية الوصل بعمل الثقوب في الأجزاء المطلوب وصلها ببعضها البعض ، حيث توضع مسامير البرشام في الثقوب ، ويطرق على رؤوس المسامير باسـتخدام

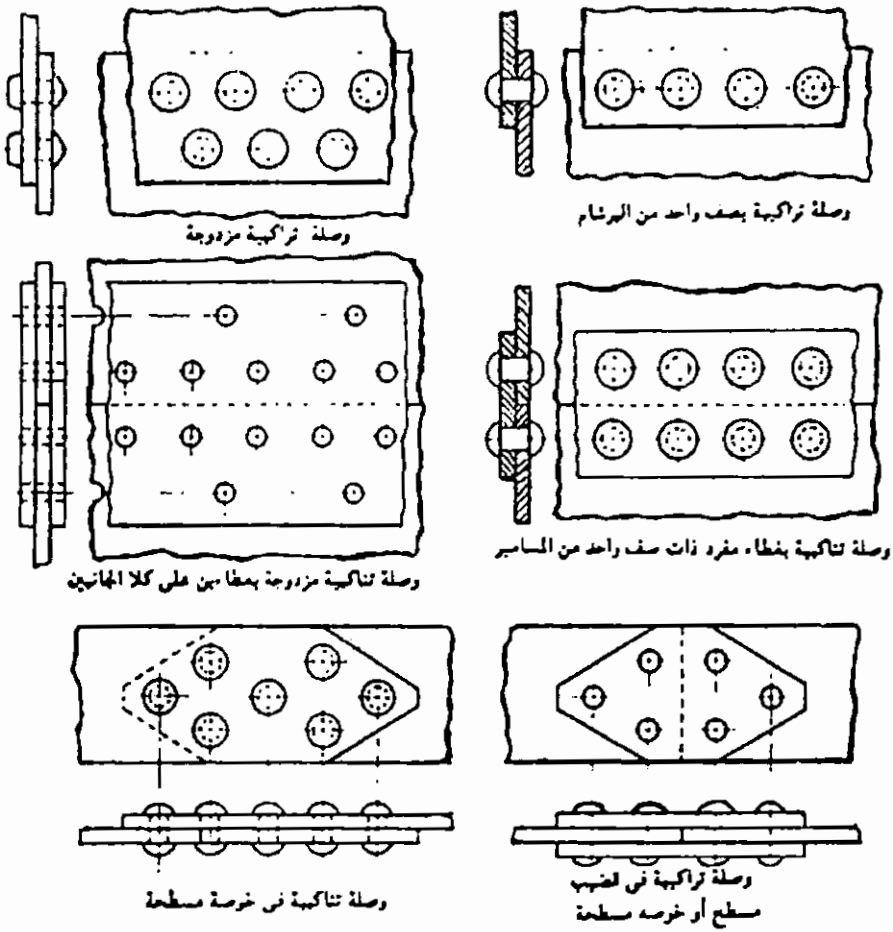
مطرقة يدوية مناسبة ، أو باستخدام إحدى آلات البرشمة الميكانيكية أو الكهربائية ، أو عن طريق مكابس البرشام الهيدروليكية ، وذلك لإحكام الوصل بين الأطراف ومنعها من الانفصال.

تصنع مسامير البرشام من الألومنيوم والنحاس والصلب ، ويتم اختيار المناسب منها في عمليات التوصيل المختلفة من حيث نوع المعدن – القطر – الطول – شكل رأس المسمار – طريقة التركيب ، بحيث يكون قطر المسمار يعادل مرة ونصف من سمك الوصلة (الأجزاء المراد وصلها) ، أما الطول فيكون ضعف القطر.

تتوقف وظيفة الأجزاء المراد وصلها على طريقة ترتيب مسامير البرشام ، فإنشاء الصهاريج مثلا يحتاج إلى نوع من وصلات البرشام التي تؤدي إلى الإحكام الشديد مع منع تسرب السوائل ، وتجهز الغلايات التي عمل بضغوط عالية ، تحتاج إلى وصلات محكمة مانعة للتسرب وبالغة الصلابة.

مما سبق نستنتج بأن جميع عمليات الوصل باستخدام مسامير البرشام تتطلب اختيار النوع والشكل المناسب مع مراعاة الترتيب الجيد والدقة في التنفيذ.

شكل 5 – 17 يوضح بعض أنواع وصلات البرشام المستخدمة ، والطرق السائدة عمليا في ترتيب مسامير البرشام.



شكل 5 - 17

بعض أنواع وصلات البرشام

الوصلات الانضغاطية

Press Joining

عند الحاجة إلى استخدام مثل هذه الوصلات ، فإنه يجب تجهيز الأجزاء المراد وصلها بحيث تكون مقاساتها متداخلة قبل إيلاجها مع بعضها البعض ، ويمكن الاستعانة بجدول التوافق التداخلي لهذا الغرض.

وتتوقف قـوة الالتصاق بين الجـزء الخارجي والجـزء الداخلي على مقـدار التداخل.

طرق الوصل بالضغط : Methods Of Joining By Press

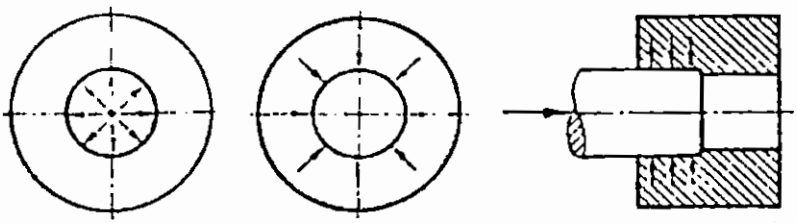
لأجراء عملية الوصـل بالضغط بنجاح ، فأنه يجب تحديـد مقـدار وطريقـة التداخل . ويمكن تحديد مقدار التداخل من خلال جدول التوافق التداخلي ، أما طريقـة التداخل المستخدمة فهي على نوعين أساسيين هما :-

1. **التوافق التداخلي الطولي :** Longitudinal Interference Fit

تستخدم طريقة التوافق التداخلي الطولي عادة فـي المشـغولات ذات المقـاطع الدائرية (للعمود والثقب) كما هو موضح بشكل 5 – 18 (أ) عن طريـق الطـرق أو الكبس ، وذلك لإيلاج العمود داخل الثقب في الاتجاه الطولي ، بحيث تنطبق محـاور كل من العمود والثقب مع بعضهما البعض.

وقد يتسبب السطح المستدير الحاد بوجه العمود في كشط جـزء مـن السـطح الداخلي للثقب ليحدث انخفاض في قياس القطر الداخلي أثناء عملية الطرق أو الكبس ، وبالتالي تتضاءل قوة الالتصاق وخاصة عند تكرار عملية الفك والتركيب.

ولتحقيق التداخل الجيد ، فإنه يجب عمل شطف بالقطر الداخلي للجلبة ، وشطف آخر بالعمود بحيث يكون كلا الشطفان متقابلين في بداية الوصل بينهما.



شكل 5 – 18

الوصلات الانضغاطية

(أ) توافق تداخلي طولي.

(ب) توافق انكماشي.

(ج) توافق تمددي.

2. **التوافق التداخلي العرضي** : Lateral Enter Ferine Fit

يمكن إجراء عملية التداخل التوافقي العرضي بإحدى طريقتين هما :-

(أ) **توافق الانكماش** : Shrinkage Fit

يحدث التوافق التداخلي العرض بالانكماش عند تركيب العمود مع الثقب ، من خلال تسخين الجلبة التي تحتوي على الثقب لتصل درجة حرارتها ما بين 100 إلى 300°م ، ثم تركب بالعمود ليحدث الالتصاق المطلوب بعد تبريدها كما هو موضح بشكل 5 – 18 (ب).

تتكون أكاسيد قشرية على السطح الداخلي للجلبة أثناء عملية التسخين ، هذه القشور تزيد من قوة الالتصاق ، وتعتبر مناسبة للتركيبات التي لا يعاد فكها مرة أخرى ، كما يمنع تكوين الأكاسيد القشرية للأجزاء المراد توافقها والقابلة للفك والتركيب.

(ب) **توافق التمدد** : Expansion

يحدث التوافق التداخل العرضي بالتمدد عند تركيب العمود مع الثقب ، من خلال تبريد العمود في ثلاجة تجميد ليصل درجة حرارته إلى ما بين (– 20 إلى – 40°م .. تحت الصفر) ، أو بالدرجة المناسبة التي يمكن إيلاج العمود في الجلبة بسهولة ، حيث يحدث الالتصاق المطلوب بعد ارتفاع درجة حرارة العمود إلى درجة حرارة الجو العادي المحيط شكل 18 – 5 (ج).

كما يستخدم عند تبريد الأجزاء الكبيرة ثاني أكسيد الكربون من خلال أسطوانة غاز مضغوط ، حيث يتحول غاز ثاني أكسيد الكربون إلى جليد .. ليصل درجة

حرارته إلى – 79°م .. تحت الصفر ، الذي يؤدي إلى امتصاص الحرارة من المشغولة ، ويحدث التبريد السريع .. ومن ثم يحدث إيلاج العمود بالجلبة بسهولة، الذي يؤدي إلى الالتصاق المطلوب بعد ارتفاع درجة حرارة العمود إلى درجة حرارة الجو العادي.

مميزات توافقات التمدد :

1. عدم حدوث تغير في بنية المشغولة.
2. لا يحدث أي تقوس أو تكوين أكاسيد قشرية.

عيوب توافق التمدد :

يعتبر العيب الوحيد لهذه الطريقة هو ارتفاع التكلفة بالمقارنة مع طريقة التوافق بالانكماش.

الوصل الدائم

Permanent Joining

الوصل الدائم يتمثل في اللحام بأنواعه المختلفة التي تجرى على الأجزاء المعدنية لتوصيلها ببعضها البعض توصيلا متيناً ، حيث أصبح من الممكن الآن باستعمال المواد والأساليب المناسبة ، توصيل معظم المعادن باللحام . ويتم اللحام عادة باستعمال طاقة حرارية وتسلط ضغط على الأجزاء الجاري وصلها ، أو باستعمال طاقة حرارية بدون تسليط ضغط على الإطلاق.

الشروط الواجب توافرها في عمليات اللحام :

عند وصل الأجزاء المعدنية توصيلا دائماً باللحام ، ولإنجاز هذا العمل على أكمل وجه ، يجب توافر الشروط التالية :-

1. تنظيف الأسطح المراد وصلها بالوسائل الميكانيكية والكيميائية ، بحيث تكون خالية من الشحوم الأكاسيد.

2. تعديل الأسطح المراد وصلها بحيث تكون بشكل مستوي.
3. تليين الأسطح المراد وصلها ، بحيث تتقارب ، ويجري التليين عادة عن طريق التسخين.
4. منع تكون الأكاسيد ، والتخلص منها كلما تكونت ، لذلك فإنه يستعمل في كثير من عمليات اللحام مواد تساعد على بلوغ هذا الهدف ، وتعرف بمساعدات اللحام أو بمساعدات الصهر ، ويتم اختيار هذه المواد حسب نوع المعدن المطلوب لحامه ، وطريقة اللحام نفسها.
5. يجب تنظيف وتشطيب وصلة اللحام بعد إتمام عملية الوصل.

طرق الوصل الدائم : Ways Of Permanent Joining

سبق التنويه إلى أن الوصل الدائم هو يعنى وصل المعادن المختلفة باللحام بأنواعه المختلفة . ويمكن تقسيم وصل المعادن باللحام إلى الأنواع التالية :-

1. **اللحام بالسبائك غير الحديدية :** Welding By Non Ferrous Alloys

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام القصدير .. (اللحام الرخو).

(ب) لحام المدونة .. (اللحام الصلد).

2. **اللحام بالانصهار :** Welding By Melting

يشتمل على الآتي :-

(أ) اللحام بالغاز.

(ب) اللحام بالقوس الكهربائي.

(ج) اللحام بالثرميت.

3. **اللحام بالضغط على الساخن :** Hot Pressure Welding

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام الحدادة.

(ب) لحام المقاومة الكهربائية.

يتعرض هذا الباب إلى اللحام بالسبائك الغير حديدية ، الذي يشتمل على لحام القصدير .. (اللحام الرخو) ، ولحام المونة .. (اللحام الصلد).

أما أنواع اللحام الأخرى ، فهي تحتوي على موضوعات عديدة ومتشعبة ، ولا يسع المجال في هذا الباب لعرضا .. لهذا السبب فقد عرضت في باب مستقل .. وهو الباب السادس.

نبذة تاريخية :

أثبتت الأبحاث أن الإنسان قد عرف فن اللحام بالسبائك الغير حديدية من خلال لحام القصدير ولحم المونة ، منذ خمس آلاف علم ، وتعتبر وصلات لحام المونة بالمشغولات الذهبية والفضية ، من أقدم وصلات اللحام التي عرفها الإنسان في العصور القديمة.

اللحام بالسبائك غير الحديدية

Welding Of Non Ferrous Alloys

اللحام بالسبائك الغير حديدية تعني اللحام بالسبائك اللدنة مثل القصدير ، واللحام بالسبائك الصلدة مثل النحاس ، وهذا النوع من اللحام لا ينتمي إلى أي من طرق اللحام بالصهر أو اللحام بالضغط والصهر ، حيث تنصهر أطراف الوصل ، ولا تتضغط مع بعضها البعض ، بل يسخن طرفا الأجزاء المراد وصلها إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة انصهار السبيكة الإضافية المستخدمة في عملية الوصل ، وتبلل الأطراف المراد وصلها بسبيكة اللحام المنصهرة ، وتنساب السبيكة المنصهرة بالحيز السطحي بطرفي الوصلة ، وتندمج السبيكة مع ذرات سطح المشغولة ، ويحدث الوصل باللحام بعد تجمدها.

ويعتبر اللحام بالسبائك الغير حديدية من الوصلات الدائمة .. أي الوصلات الغير قابلة للفك ، ويمتاز هذا النوع من اللحام برخص ثمنه وانخفاض تكاليف أدواته

المحدودة ، وبساطته بالمقارنة بأنواع اللحام الأخرى.

ينقسم اللحام بالسبائك الغير حديدية إلى نوعين أساسيين هما :-

1. اللحام بالقصدير.
2. اللحام المونة.

اللحام بالقصدير (اللحام الرخو) : (Soldering (Soft Soldering

تجري عملية الوصل بين الأجزاء المراد لحامها بواسطة سبيكة من القصدير والرصاص بنسب مختلفة ، فإذا تجاوزت نسبة القصدير فيها عن 50 % سميت بسبيكة

قصدير الرصاص ، أما إذا انخفضت نسبة القصدير عن 50 % سميت بسبيكة رصاص قصديري.

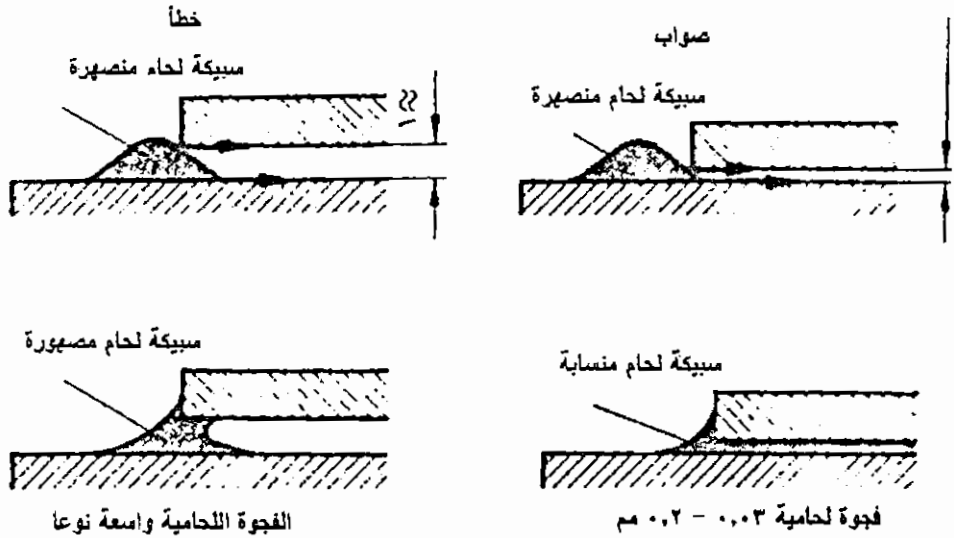
يسمى اللحام بهذه السبيكة باللحام الرخو ، حيث إن السبيكة المستخدمة مكونة من معادن رخوة مثل القصدير والرصاص.

وللحصول على وصلات مثالية للأجزاء المراد لحامها ، فإنه يجب تنظيف الأسطح المراد وصلها قبل البدء في عملية اللحام ، بالطرق الميكانيكية باستخدام مبرد مناسب – مقشطة يدوية – فرشاه سلك – صنفرة ، ثم تنظف كيميائيا باستخدام كلوريد الزنك أو الفلكس Fluxes ، أو أحد مواد التنظيف الأخرى المناسبة ، علما بأن هذه المواد تقوم بوظيفة مساعدات اللحام ، بفصلها للقشرة الإكسيدية بجانب وظيفتها الأساسية ، وهي الحفاظ على نظافة سطح المعدن أثناء عملية اللحام.

الوصلات التي يتم لحامها بالقصدير تكون ذات متانة أكثر كلما انخفض سمك سبيكة اللحام ، بشرط توفر الظروف المناسبة لعملية اللحام.

تناسب السبيكة وتتغلغل بفعل التأثير والتجاذب الشعري لسطحي اللحام المتجاورين. وشكل 5 – 19 يوضح الطرق الصحيحة والخاطئة من حيث سمك الفجوة اللحامية ، وانسياب سبيكة اللحام بالفجوة بشكل أفضل كلما انخفض البعد بين

السطحين المراد وصلها .. وبالتالي انخفاض سمك سبيكة اللحام.

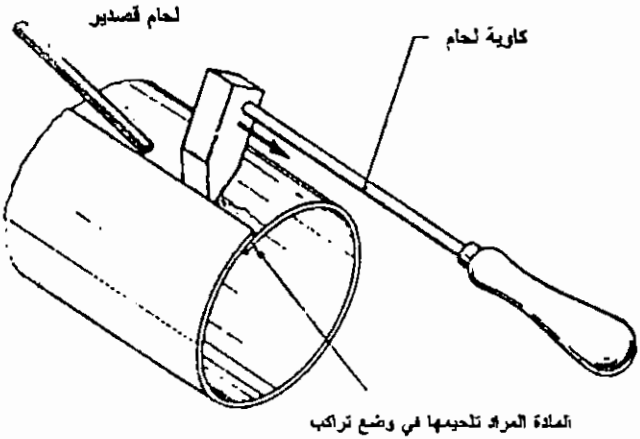


شكل 5 - 19

الطرق الصحيحة والخاطئة للحام وانسياب السبيكة بفعل التأثير والتجاذب الشعري

طرق اللحام بالقصدير : Ways Of Soldering

بعد تحضير الأسطح المراد وصلها ، توضع الكاوية وتمرر على الوصلة قليلا حتى تنتقل الحرارة من الكاوية إلى الوصلة ، ثم تبلل رأس الكاوية بسبيكة اللحام (القصدير) ، ثم توضع على الوصلة مرة أخرى لتنتقل السبيكة من رأس الكاوية إلى سطح المشغولة ، وتندمج وتتشابك ذراتها مع السطح كما هو موضح بشكل 5 - 20 ، ومع الحركة على طول الوصلة ، وبإضافة القصدير المنصهر ، يحدث الوصل الكامل باللحام بعد تجمد القصدير مباشرة.

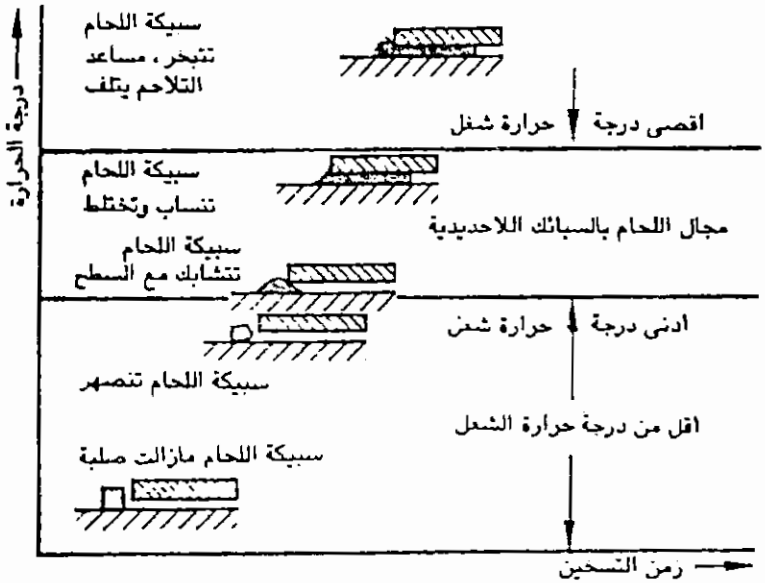


شكل 5 - 20

طرق اللحام بالقصدير

الشروط التي يجب توافرها للحصول على لحام رخو مثالي :

1. نظافة الأسطح المراد وصلها.
2. استخدام مساعد لحام.
3. انخفاض سمك طبقة اللحام بقدر الإمكان.
4. ارتفاع درجة حرارة المنطقة المراد وصلها بالمشغولة وسبيكة اللحام إلى درجة حرارة الشغل* كما هو موضح بشكل 5 - 21.
5. يظل موضع اللحام خاليا من الاهتزازات أثناء انتقال سبيكة اللحام من حالة السيولة إلى حالة التجمد.



شكل 5 - 21

درجة حرارة الشغلة أثناء اللحام بالسبائك الغير حديدية

أدوات لحام القصدير : Soldering Tools

يعتبر اللحام بسبائك القصدير من أكثر أنواع لحام السمكرة انتشارا ، كما تعتبر كاوية اللحام من أهم أدوات اللحام المستخدمة لهذا الغرض.

تستخدم الكاوية في لحام المشغولات المختلفة ، وأقرب مثال لذلك هو لحام الأسلاك الرفيعة في أجهزة الراديو والتلفزيون ، ولحام ألواح الصاج الكبيرة ، ومن غير المعقول أن تستخدم كاوية لحام واحدة لمثل هذه المشغولات المتناقضة في الأحجام ، لذلك فقد صممت كاوية اللحام بأنواع وأشكال وأحجام مختلفة ، ليناسب كل منها الغرض المخصص من أجله.

فيما يلي عرض لأكثر أنواع كاويات اللحام انتشاراً.

---

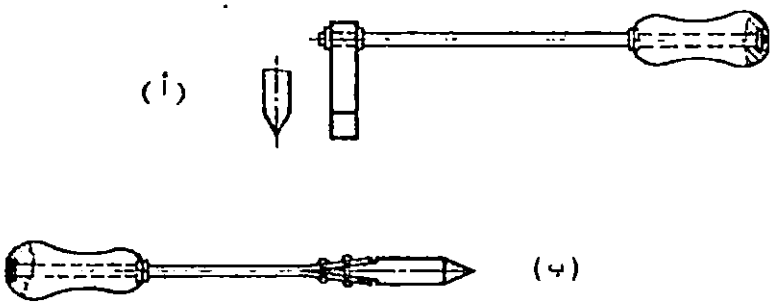
* درجة حرارة الشغل هي اقل درجة حرارة لسطح المشغولة في موضع اللحام ، والتي تنصهر عندها سبيكة اللحام وتنساب على السطح ، وتختلط وتتشابك بالمشغولة.

كاوية اللحام : Soldering Iron

تصنع عادة رأس كاوية اللحام من النحاس الأحمر ، الذي يتميز بانتقاله للحرارة العالية وخواصه الجيدة الأخرى . يمكن أن تكون كاوية اللحام مزودة بمصدر حراري، أو غير مزودة بمصدر حراري ، ويتوقف شكل رأس الكاوية على نوع العمل المطلوب من أجله.

(أ) كاوية اللحام الغير مزودة بمصدر حراري : Soldering Iron

توجد هذه الكاوية بشكلين أساسيين كما هو موضح بشكل 5 – 22 ، النوع الأول رأس كاوية اللحام على شكل مطرقة ، أما النوع الثاني فرأس الكاوية بشكل مدبب أو مستدق .



شكل 5 – 22

كاوية اللحام الغير مزودة بمصدر حراري

(أ) كاوية لحام ذات رأس مدبب.

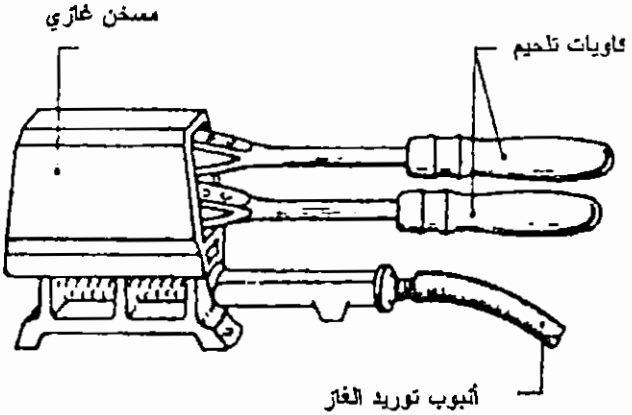
(ب) كاوية لحام ذات رأس مستدق .. (مخروطي).

يستخدم لعملية تسخين الكاوية موقد لحام يعمل بالغاز ، حيث يمكن تسخين كاويتين في آن واحد كما هو وضح بشكل 5 – 23.

يجب أن تظل الكاوية في موقد اللهب حتى تصير درجة حرارة الرأس النحاسية كافية لتسخين الأطراف المراد وصلها ، وصهر سبيكة اللحام ، ومن عيوب هذه الكاوية إنها تبرد بسرعة ، وهذا يعني إنها لا تستخدم في عمليات اللحام إلا خلال

فترات قصيرة ، ثم تسخن الكاوية بعد كل فترة .

تستعمل سبيكة القصدير في عملية اللحم لحسن التصاقه بالنحاس الأحمر .. أي برأس الكاوية.



شكل 5 – 23

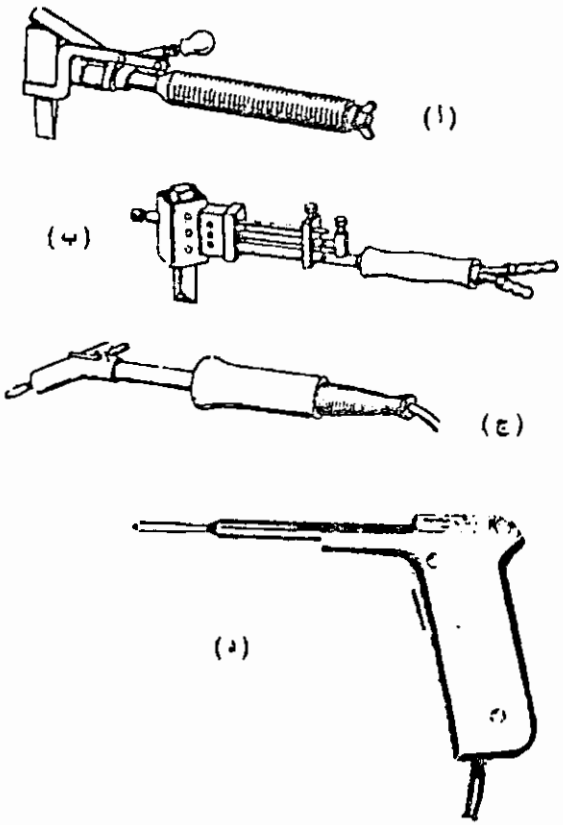
تسخين كاوية النحام في موقد غازي

(ب) كاوية اللحام المزودة بمصدر حراري :

Soldering With A Thermal Source

تعتبر كاوية اللحام المزودة بمصدر حراري من أفضل الوسائل المستخدمة في عمليات السمكرة ، فهي على عكس الكاوية السابق ذكرها ، فإنها لا تتوقف عن العمل لحين تسخينها.

وتنقسم أدوات اللحام المزودة بمصدر حراري أي ذات التسخين المباشر الموضحة بشكل 5 – 24 إلى عدة أنواع أهمها الكاوية الكهربائية ، والكاوية الغازية التي تسخن بالغاز ، من أبرز عيوب الكاوية الغازية هي وزنها المرتفع بالمقارنة بالكاوية الكهربائية.



شكل 5 – 24

أدوات اللحام ذات التسخين المباشر

(أ) كاوية لحام تعمل بالكيروسين.

(ب) كاوية لحام تعمل بالغاز.

(ج) كاوية لحام تعمل بالكهرباء.

(د) كاوية لحام تعمل بالكهرباء للمشغولات الدقيقة .

يجب تنظيف مقدمة كاوية اللحام الساخنة قبل البدء في عملية اللحام من خلال مسح سطحها العامل بقطعة من ملح النشادر لإزالة الأكسدة والمواد الغريبة العالقة بها ، قبل حملها لقصدير اللحام ، أما مساعد اللحام (الفلكس) فإنه يوجد في سبيكة اللحام المستخدمة في لحام الكهرباء.

وللحصول على لحام جيد فإنه يجب تسخين أطراف الوصل قبل البدء في عملية اللحام ، حيث تمرر الكاوية بهدوء على امتداد درزة اللحام ، مع مراعاة تدفق سبيكة اللحام المنصهرة لتملأ الفجوة اللحامية تماماً.

مميزات اللحام بسبيكة القصدير :

يتميز اللحام بسبيكة القصدير بعدة مميزات أهمها الآتي :-

1. درجة انصهار سبيكة القصدير بدرجة منخفضة أقل من 450°م ، وهي أقل درجة انصهار المعادن المطلوب وصلها.
2. سيولة جيدة.
3. قدرة عالية على سريان السبيكة على سطح المعدن.
4. قابلية جيدة للثني.
5. بساطته.
6. رخيص الثمن بالمقارنة بأنواع اللحام الأخرى.

عيوب اللحام بسبيكة القصدير :

عيبه الوحيد هو انخفاض متانته ، لذلك فإنه يستخدم في المشغولات التي لا تتعرض لاجهادات عالية مثل أعمال السمكرة والتوصيلات الكهربائية.

اللحام بالمونة .. اللحام الصلد

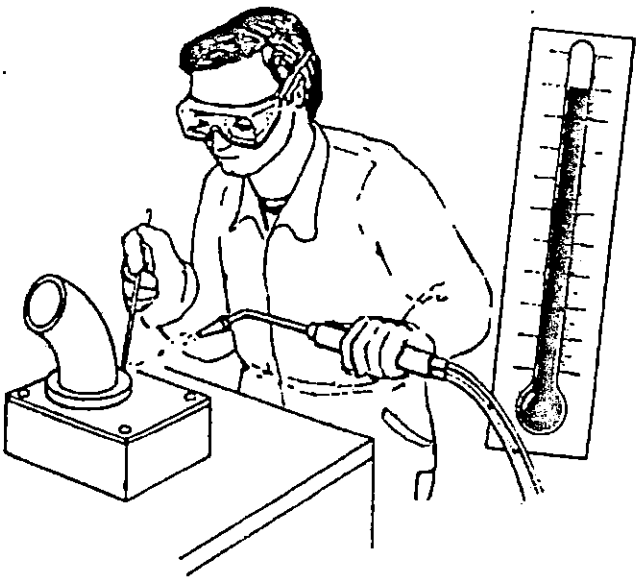
Brazing

لا يختلف هذا النوع من اللحام عن النحام الرخو (اللحام بسبيكة القصدير) .. إلا أن عملية اللحام بالمونة تتطلب درجة حرارة أعلى من تلك التي تتطلبها عملية اللحام بالقصدير ، حيث تنصهر سبيكة لحام المونة عند درجة أكثر من 450°م.

يستخدم في هذا النوع من اللحام الطاقة الحرارية عن طريق لهب غازي ، الذي يوجه إلى منطقة الوصل كما هو موضح بشكل 5 – 25 ، حيث تسخن أطراف

الوصلة إلى درجة متوسطة فقط ، ثم يصهر بين طرفي الوصلة سبيكة أخرى درجة انصهارها أعلى من درجة انصهار الأجزاء المطلوب وصلها ، حيث تقوم هذه السبيكة ببلل طرفي الوصلة ، وتتساب السبيكة المنصهرة بالحيز السطحي بطرفيها ، وتتدمج مع ذرات سطحها ، ويحدث الوصل بعد انتقال السبيكة من حالة السيولة إلى حالة التجمد.

السبيكة المنصهرة تقوم بربط طرفي الوصلة ، كما تقوم المونة بربط الطوب المستخدم في عملية البناء ، لذلك سميت هذه الطريقة بالوسط الفني بلحام بالمونة.



شكل 5 - 25

اللحام بالمونة .. (اللحام الصلد)

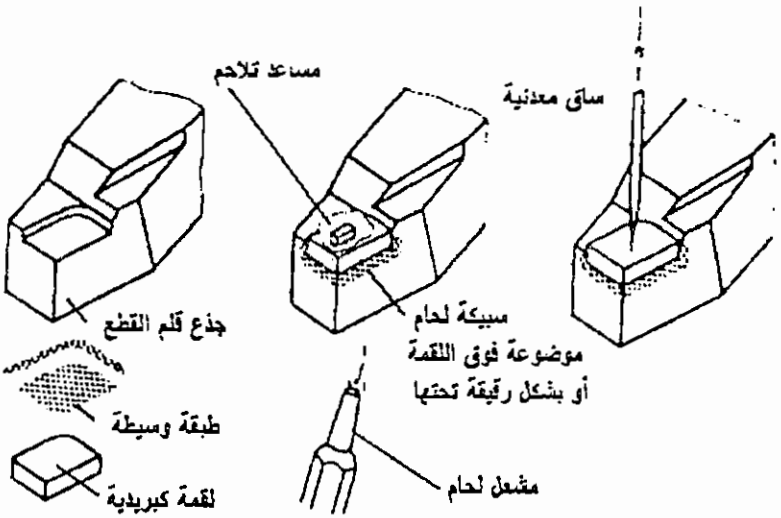
تستخدم طريقة اللحام بالمونة على نطاق واسع في إنتاج العديد من المنتجات المركبة من قطع صغيرة ، تجمع هذه القطع ويتم وصلها باللحام ، ويمكن أن يتم التسخين عن طريق لهب الإكسي إستيلين أو الأكسوجين ، أو أي وقود غازي أخر.

سبائك اللحام الصلدة : Hard Welding Alloys

تتصهر سبائك اللحام الصلدة (سبائك لحام المونة) عند درجة حرارة 450°م ، ويجب أن تتصهر السبيكة وتتم عملية اللحام بسرعة ، ويراعى عدم التسخين الزائد للمشغولة ، الذي قد يؤدي إلى تشوهها.

يمكن لسبائك اللحام الصلدة أن تتخذ بعض الأشكال كالقضبان - الأسلاك - الرقائق ، وتوجد هذه السبائك بأنواع مختلفة .. فيما يلي عرض لأكثر أنواع هذه السبائك استخداماً.

- سبيكة اللحام النحاسية ، مكونة أساساً من النحاس ومضاف إليها بعض السبائك الأخرى . تستخدم هذه السبيكة في لحام جميع أنواع الصلب.
- سبائك اللحام التي تحتوي على فضة بنسبة لا تقل عن 20 % ، تحتوي أيضا على بعض المعادن الأخرى . تستخدم هذه السبيكة في لحام جميع المشغولات الصلب والنحاس والنيكل وسبائكهما . ولسبب خواصها الجيدة للتشابك ، فإنها تستخدم في لحام اللقم الكربيدية على أقلام التشغيل بالقطع كما هو وضح بشكل 5 - 26.
- سبائك لحام الألومونيوم التي تحتوي على ألومنيوم نقي بنسبة لا تقل عن 70% ، مضافا إليها بعض المعادن الأخرى . تستخدم هذه السبيكة في لحام جميع مشغولات الألومنيوم وسبائكه.
- هذا بجانب بعض أنواع سبائك لحام المونة الأخرى مثل سبائك النيكل ، والكوبلت والذهب .... وغيرها من السبائك.



شكل 5 – 26

لحام لقمة كربيدية على قلم قطع

مساعدات اللحام : Fluxes

تتحد المعادن أثناء تسخينها بأكسوجين الهواء ، مما يؤدي إلى تكـون أكاسـيد قشرية على سطح المعدن ، وهذه الأكاسيد القشرية تمنع انسياب وتشابك سبيكة اللحام مع المشغولة المراد لحامها.

وللحصول على لحام مثالي ، فإنه يجب استخدام مساعد لحام (مساعد صهر) ، حيث يعمل على تكوين طبقة عازلة لعدم وصول أكسوجين الهواء إلـى المشـغولة ، وبالتالي عدم تكون الطبقة الإكسيدية ، كما يمنع ارتداد الأكسوجين إلى موضع اللحام ، أي وقاية مصهور اللحام من التأكسد مرة أخرى.

توجد مساعدات اللحام على شكل مسحوق أو سائل أو معجون ، ويتم اختيـار مساعد اللحام المناسب بحيث يكون نقطة انصهاره أقل من نقطة انصهار سبيكة اللحام بقدر كافي ، كما يجب أن تكون قابلية انتشاره جيدة.

مميزات اللحام الصلد :

يتميز اللحام الصلد (لحام المونة) بعدة مميزات أهمها الآتي :-

1. الحصول على وصلات قويـــة جدا ولها متانة عالية.
2. تحقيق الوصل بين الأجزاء ، مما يؤدي إلى اقتصاد كبير في المعدن المستخدم.
3. تبسيط تصميم المنتجات ، الذي يؤدي إلى سهولة تصنيعها وتجميعها .. وبالتـــالي الاقتصاد في الأيدي العاملة.
4. انخفاض زمن التشكيل.
5. إمكانية وصل المعادن الغير متماثلة.
6. تحمل الاجهادات العالية.
7. تكاليف معتدلة.