الباب الخامس
5

عمليات التصنيع

الفصل الأول

تحويل الصلب إلى منتجات نصف مصنعة

تمهيد

يصب الصلب النتج بالمحولات أو بالأفران الكهربائية في قوالب خاصة مصنوعة من الزهر أو من الصلب . تصنع هذه القوالب بشكل مستدق (مسلوب) لسهولة إخراج الصبة (الكتلة المصبوبة).

يناقش هذا الباب الأساليب المختلفة لصب الصلب بالقوالب ، والتغيرات التي تحدث أثناء عملية الصب.

ويتناول لعمليات تحويل الصلب إلى منتجات نصف مصنعة عن طرق الدلفنة ـ البثق ـ السحب ..... إلخ.

ويتعرض لعمليات الإنتاج للمنتجات تامة التصنيع من خلال عمليات تشكيل وتشغيل المعادن على الساخن أو على البارد ، عن طريق نوعين أساسيين هما التشكيل بدون قطع والتشغيل بالقطع.

الصلب .. Steel

يصب حوالي 5 % من الصلب المجهز في منشآت الصلب في قوالب ، وتبلغ نسبة الصلب المشكل بالطرق والكبس حوالي 25 % ، وبالدلفنة والبثق حوالي 70 %.

ولتحويل الصلب بالدلفنة إلى منتج نصف مصنع ، فأنه يصب فور إنتاجه في قوالب دائمة على شكل كتل وشرائط.

وتتأثر خواص المادة المصنعة بنوع الصب وحالة الصلب عن تصلبه.

التغيرات التي تحدث بالصلب عند الصب:

عند صب الصلب في القوالب الدائمة ، يمتص الصلب الأكسوجين والأزوت والرطوبة من الهواء . وتتحلل رطوبة الهواء بفعل الحرارة العالية إلى إيدروجين وأكسوجين . كذلك تنفصل الغازات المذكورة وكذا أول أكسيد الكربون المتكون في الصلب من اتحاد الكربون والأكسوجين عن الصلب أثناء تبرده القوالب الدائمة ، إلا إذا أضيفت إليه عناصر مساعدة خاصة تعمل على ربط الغازات وأول أكسيد الكربون بالصلب.

في الصلب المصبوب دون تخميد تسبب الغازات المنطلقة إثناء التبرد تيارات دوامية (غليانا) في الصلب ، تجعله يتجمد بصورة غير هادئة ، يؤدي ذلك إلى فصل المواد المرافقة للحديد كالكربون والفسفور والكبريت عن الصلب نفسه وتجميعها في منتصف القالب الدائمة ، وتعرف هذه العملية (عملية الفصل .. بالعزل).

ولتخميد الصلب عند الصب يضاف السليكون أو الألومنيوم للصلب المصفى قبل صبه في القوالب الدائمة ، مما يمنع انطلاق الغازات إلى حد كبير ويؤدى ذلك إلى تجمد الصلب بصورة هادئة ، كما يتحد الألومنيوم مع الأزوت مما يجعل الصلب صمودا للتعتيق . ويبقى تركيب القشرة والنواة متجانسا تقريبا . ولذلك تستخدم أنواع الصلب المخمد أثناء الصب للأغراض التي تطلب تجانسا عاليا في البنية والمتانة ، كما

هو الحال في أنواع صلب التطبيع وصلب العدة.

ويتم حصر فجوات التقلص المتكونة عند رأس القالب الدائم للصلب المخمد بصورة أشد منها لقالب الصلب غير المخمد باتخاذ تدابير خاصة ، كإضافة مساحيق مولدة للحرارة مثلا ، تجعله قاصرا على رأس القالب في معظمها.

تحتوى أنواع الصلب المصبوب بتخميد مضاعف على السيلكون والألومنيوم لتزيد من ترابط الأكسجين والأيدروجين مع الصلب.

كذلك يضاف الفاناديوم والتيتانيوم والنيوبيوم حسب الحاجة ، للحصول على متطلبات خاصة مثل عدم الحساسية للتسخين الزائد ، وتحسين الخواص الميكانيكية وقابلية اللحام . ويعرف الصلب المخمد أثناء الصب بإضافة السليكون والألومنيوم إلى الحد الذي تتوزع فيه المواد المسببة لفجوات التقلص ، وهى الفوسفور والكبريت ، في كامل المقطع بصورة متجانسة تقريبا بالفولاذ المصبوب بنصف تخميد أو الفولاذ نصف المخمد.

ويمكن الحصول على نفس النتيجة في أنواع الصلب الخاص ، مثل بعض أنواع الصلب سهل القطع ، أي التي تحتوى على نسبة عالية من الكبريت تزيد من قصافة الجذاذة بزيادة نسبة المنجنيز (أعلى من 1% إلى 1.5 %) وتسمى هذه الأنواع أيضا بأنواع الصلب نصف المخمد.

أسلوب الصب تحت التفريغ :

يعتبر الإيدروجين من أكثر الغازات الضارة التي يمتصها الصلب من رطوبة الهواء أثناء الصب ، حيث أنه يشكل إجهادات في بنية المشغولات وشدوخاً دقيقة بين البلورات ، ويظهر ذلك على سطح المقطع بشكل بقع تعرف بالشدوخ المجهرية.

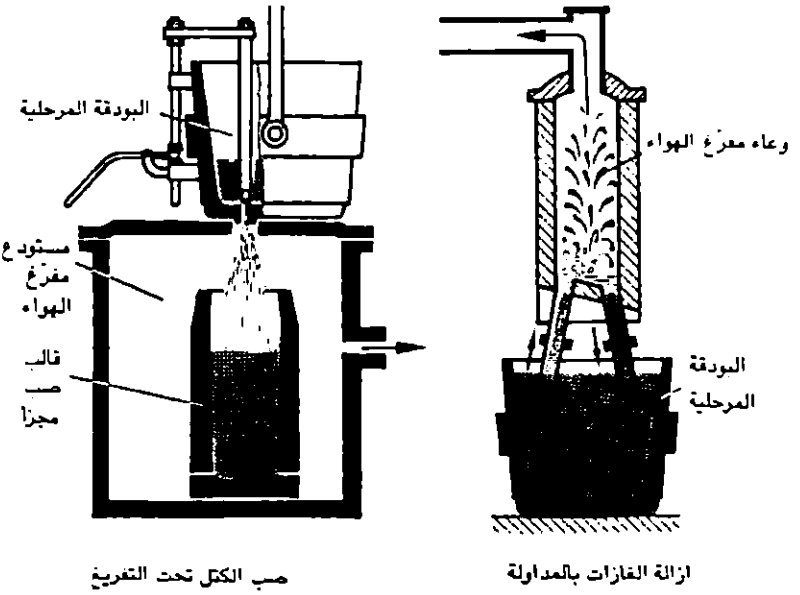
وللتخلص ما أمكن من الغازات قبل وأثناء الصب ، تستخدم طريقة الصب في حيز مفرغ.

تتكون المنشأة المستخدمة للتخلص من الغازات قبل وأثناء الصب من وعاء مفرغ من الهواء بواسطة مضخة ماصة تولد أكبر قدر ممكن من التفريغ.

وفى طريقة إزالة الغازات من البودقة ، توضع بودقة المصهور ، المأخوذ من الفرن أو المعدة للصب ، في حيز مفرغ بحيث تمتص الغازات من سطح المصهور.

وفى طريقة الشعاع المصبوب تستخلص الغازات من تيار الصلب المتدفق ، إما أثناء أعادة الصب (الإزالة المستمرة للغازات) أو أثناء الصب في القوالب الدائمة أو المؤقتة كما هو موضح بشكل 5 – 1.

وللتخلص من بقايا الأكسجين المنفصل الذائب ، تضاف مواد مختزلة إلى الصلب المعالج بالتفريغ قبل صبه ، مثل المنجنيز أو السليكون أو الألومنيوم.



شكل 5 – 1

أسلوب الصب تحت التفريغ

الصب باستخدام خبث طارد للحرارة:

عند صب أنواع الصلب ذات النسب العالية من المكونات السبيكية سهلة الأكسدة كالتيتانيوم أو الألومنيوم أو السليكون على سبيل المثال ، فانه من الضروري منع اتحاد هذه المكونات مع أكسجين الهواء . وفى طريقة جديدة للصب يستخدم خبث طارد للحرارة كمانع لاتحاد المكونات السبيكية مع أكسجين الهواء.

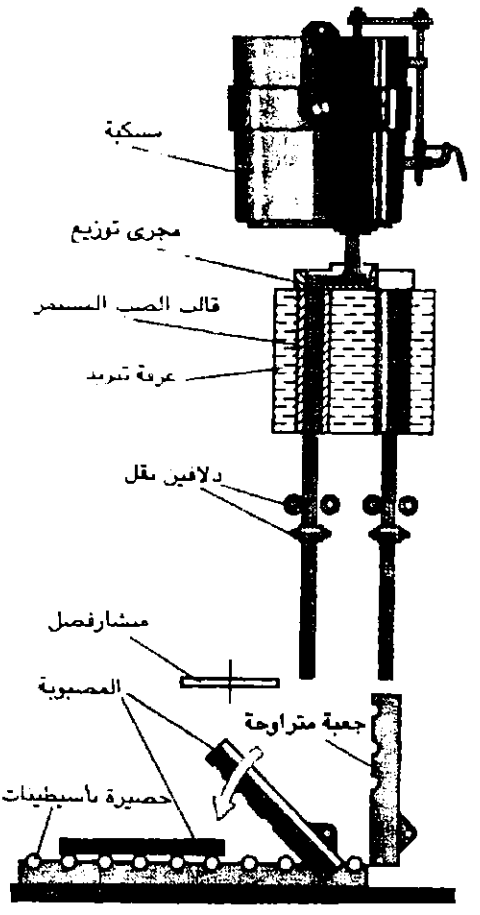
يتألف الخبث الطارد للحرارة من مسحوق خليط ، قادر على إطلاق الحرارة عند انصهاره ، ويرش المسحوق على أرضية القوالب الدائمة قبل الصب ، ويؤدى الصلب المصبوب إلى إشتعال المسحوق وإسالته ، مما يجعله يطفو بشكل خبث بأعلى سطح الصلب الذي يرتفع مستواه تدريجيا داخل القالب الدائم ، مشكلا بذلك طبقة واقية بين الصلب والهواء المحيط ، وبالإضافة إلى ذلك تذوب في الخبث الشوائب المؤكسدة العائمة في الصلب ، مما يؤدى إلى أبطال مفعولها الضار، وتحيط قشور الخبث بالكتلة المصبوبة ككسوة واقية لحين إخراج الكتلة من القالب فتسقط كالبثور دون أن تترك وراءها أثرا على سطح الفولاذ أو على الجدران الداخلية للقالب الدائم ، ويمكن بواسطة هذه الطريقة صب الأنواع الممتازة من الصلب المكرر ، مثل الصلب المقام للحرارة والصلب الذي لا يصدأ وذلك بشكل كتل خالية من الأكاسيد ذات أسطح نظيفة.

أسلوب الصب المستمر :

يعتر أسلوب الصب المستمر الموضح بشكل 5 – 2 هو الأكثر إنتشاراً ، حيث يستخدم بدلا من أسلوب الصب في القوالب الدائمة.

يصب الصلب في طريقة الصب المستمر من بودقة الصب في قناة توزيع ، حيث يسرى إلى عدة قوالب صب أسطوانية نحاسية مبردة بالماء مفتوحة من طرفيها العلوي والسفلى . ومن الطبيعي إغلاق الفتحة السفلية عند الصب ، وتتحرك القوالب النحاسية بصورة ترددية مستمرة وبأشواط قصيرة ، ومن ثم يأخذ الصلب المصبوب إشكال القوالب النحاسية المبردة (بأشكال مستديرة أو مربعة أو مستطيلة).

تعمل منشأة الصب المستمر آلياً ، ولا يقتصر الصب في القوالب الدائمة فحسب، بل يعمل أيضا على تلدين الصلب في الأفران الغاطسة والدلفنة الأولية للكتل المصبوبة.



شكل 5 – 2

أسـلوب الصب المستمر

الدلفنة :

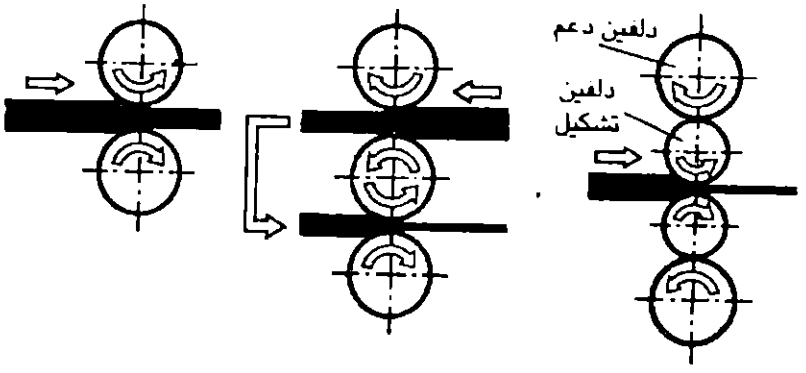
تجهز القضبان والمقاطع الفولاذية والأسلاك وألواح الصاج والأنابيب عادة بالدلفنة ، حيث تمرر قطـع الصـلب الغفل في منشأة الدلفنة (كتل ــ بلاطات ــ قضبان ــ ألواح) بين زوج من الدلافين عدة مرات متتالية ، حيث يجرى بسطها وتصغـير مقطعها ، إلى أن تتخذ الأشـكال والمقاسات المطلوبة كما هو موضح بشكل 5 – 3.

ويتم العمل فى منشأة الدلفنة الثنائية (أى ذات الدلفنين) فى اتجاه واحد فقط ، بينما يتم فى منشأة الدلفنة الثنائية المزدوجة ومنشاة الدلفنة الثلاثية (أي ذات الثلاثة دلافين)

إعادة دلفنة المشغولات في الاتجاه العكسي . أما دلفنة المنشأة الرباعية .. أي ذات الأربعة دلافين فإنها تتكون من دلافينى تشكيل بأقطار صغيرة ، ودلفينى دعم بأقطار كبيرة ، حيث أن الدلافين الصغيرة يعملا على تصغير مشغولات الدلفنة أكثر وأفضل من الدلافين الكبيرة ، إلا أنها تنحني وتتبعج بسهولة ، لذلك فأنها تدعم دائما بدلافين إسناد.

وتجرى التفرقة بين الدلفنة على الساخن والدلفنة على البارد ، فعند الدلفنة على الساخن تزداد المتانة والانفعال ، وتؤدى الدلفنة اللاحقة على البارد إلى استمرار زيادة المتانة بينما يقل الانفعال ، ويمكن إزالة ما يسمى بالتصلد على البارد بعمليات تلدين لاحقة ، إلا أنه يبقى بالإضافة إلى صقالة سطح المعدن ، توجيه متناسق لبلوراته ، كما هو مرغوب مثلا في الألواح الكهربائية لتكون قابلة للمغنطة بسهولة.

بالدلفنة على الساخن تزداد متانة وانفعال المعدن ، وتؤدى الدلفنة على البارد الى التصلد.



شكل 5 – 3

تجهـيزات الدلفنـــة

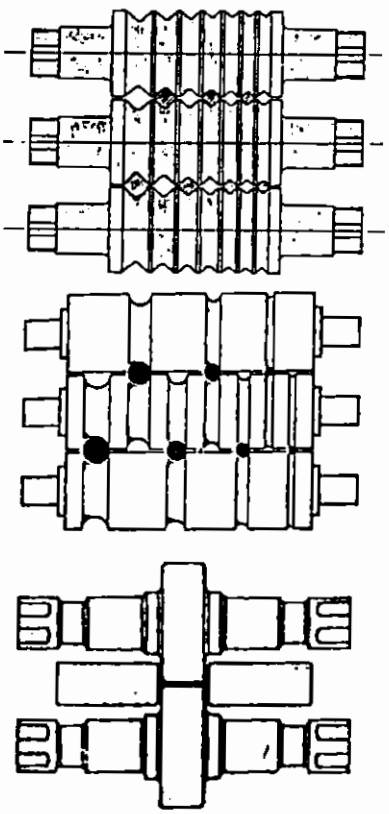
منشأة دلفنة كتل الصلب المصبوب :

في هذه المنشأة تتم دلفنة كتل الصلب المصبوبة (التماسيح) في القوالب الدائمة ، والمسخنة في الأفران الغاطسة إلى درجة حـــرارة الدلفنة ، عدة مرات لتصغير مقطعها ، ثم تقطع بأطوال مناسبة لأجراء معالجات لاحقة عليها.

دلفنة القضبان والقطاعات وأسلاك الصلب :

تدلفن الكتل الناتجة عن منشأة دلفنة التماسيح أو منشأة الصب المستمر إلى مشغولات نصف مصنعة بشكل قضبان مربعة المقطع ، ثم تسخنها إلى درجة حرارة الدلفنة ثم تمرر خلال منشأة دلفنة القضبان عدة مرات حتى تتخذ الأشكال والمقاسات المطلوبة ، ولهذا الغرض تخرط في الدلافين أخاديد وممررات تشكيل بشكل قضبان وقطاعات وأسلاك كما هو موضح بشكل 5 – 4 ، بحيث تكون هذه الممرات مناظرة للشكل والمقاس المطلوب إنتاجه.

ويمكن دلفنة الأسلاك إلى قطر 5 مم ، وتستخدم الأسلاك المدلفنة لإنتاج الأسلاك ذات أقطار أصغر على مكنات السحب الموجودة فى منشأت السحب العميق للأسلاك.

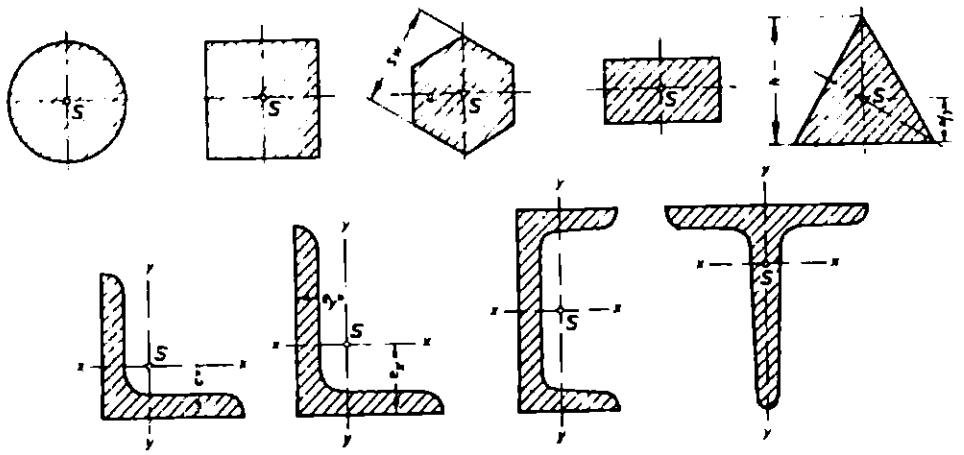


شكل 5 – 4

دلفنة قضبان وقطاعات الصلب المختلفة الأشكال والمقاسات

وهناك مجموعات أخرى مركبة من دلافين بأشكال مختلفة لإنتاج المدلفنات المعقدة القطاعات مثل الكمرات بقطاعاتها المختلفة.

ويوضح شكل 5 – 5 نماذج مختلفة من قطاعات الكمرات المصنوعة من الصلب والمنتجة بالدلفنة.



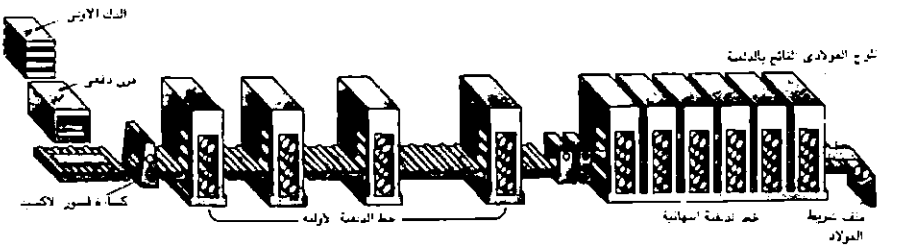
شكل 5 – 5

دلفنة قضبان وقطاعات الصلب

دلفنة ألواح الصاج :

تجرى التفرقة بين منشأة دلفنة الصاج السميك والمتوسط السمك والدقيق ، حيث ينتج الصاج السميك والمتوسط السمك بتخانات تتراوح ما بين 3 ــ 50 مم ، وعرض يتراوح من 2 إلى 4 أمتار ، وأطوال تصل إلى 40 متر . وتنتج الألواح الدقيقة بصورة أوتوماتية مستمرة في منشآت متسلسلة للدلفنة على الساخن ، ذات سير دلفيني ناقل عريض وقوائم ومكنات دلفنة وأفران تلدين مرتبة على التوالي كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل 5 – 6.

ويجرى تشغيل ومراقبة منشآت الدلفنة المتسلسلة من منصات تحكم ، باستخدام أجهزة ومعدات كهربائية والكترونية وهيدرولية ، يديرها عدد قليل من الفنيين.



شكل 5 – 6

خط دلفنة شريط عريض على الساخن

تمرر كتل الصلب الغفل من الأفران الغاطسة إلى منشآت الدك الأولى ، حيث تصهر وتتحـــول إلى تخانات تتراوح ما بـــين 100 ــ 250 مم ، وبطول 6 أمتار تقريبا ، ثم تسخن في أفران دفعية إلى درجة حرارة الدلفنة وتمرر عبر كسارة للتخلص من قشور الأكسيد الناتجة ، ثم تصهر مرة أخرى إلى تخانة قدرها 20 مم تقريبا . ويقوم مقص بقطع النهايات غير المنتظمة للشريط المدلفن كما تقوم غسالة بإزالة قشور الأكسيد المتراكمة على السطح ، ثم يمر الشريط المدلفن من خلال خط الدلفنة النهائي للحصول تخانة قدرها 1.6 مم تقريبا.

يرش الشريط العريض بالماء لتبريده ثم يلف على بكرة ليصـــل طوله إلى 600 متر ، أو يقطع إلى ألواح وذلك حسب الطلب.

وللحصول على ألواح ذات تخانات أقل (حتى حوالي 0.1 مم) ، تعاد دلفنة وصقل أســـطح الألواح والشرائط المدلفنة على الساخن في منشآت دلفنة على البارد . ويمكن بالتلدين اللاحق إزالة التصليد الناتج عن التشغيل على البارد.

دلفنة الأنابيب :

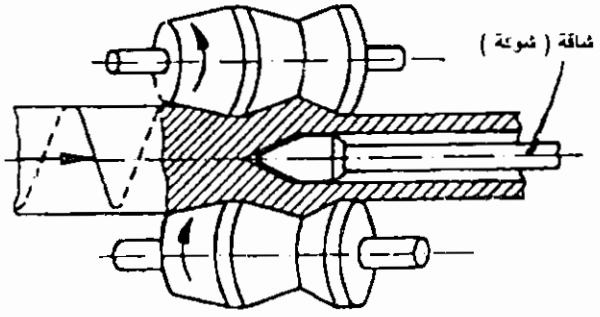
تصنع أنابيب (الموسير) غير الملحومة ، كما تصنع أنابيب بدرزة لحام طولية ، وأنابيب أخرى بأقطار كبيرة ذات درزة لحام حلزونية.

تتحمل الأنابيب غير الملحومة ضغوطا أكبر، ألا أن الأنابيب الملحومة أرخص وأكثر استعمالا من الأنابيب الغير ملحومة . لذلك فقد صممت أساليب مختلفة لإنتاج الأنابيب غير الملحومة بواسطة الدلفنة.

دلفنة الأنابيب غير الملحومة :

تنتج الأنابيب غير الملحومة بدفنها أو بسحبها في درافيل خاصة ، ويمكن تلخيص هذه العملية من خلال إعداد عمود أسطواني مصمت ، ووضع طرفه بين درفيلين على شكل مخروطين ناقصين ، وغير متوازيين بالنسبة لبعضهما البعض ، وذلك لعصر العمود الأسطواني الموضح بشكل 5 – 7 .

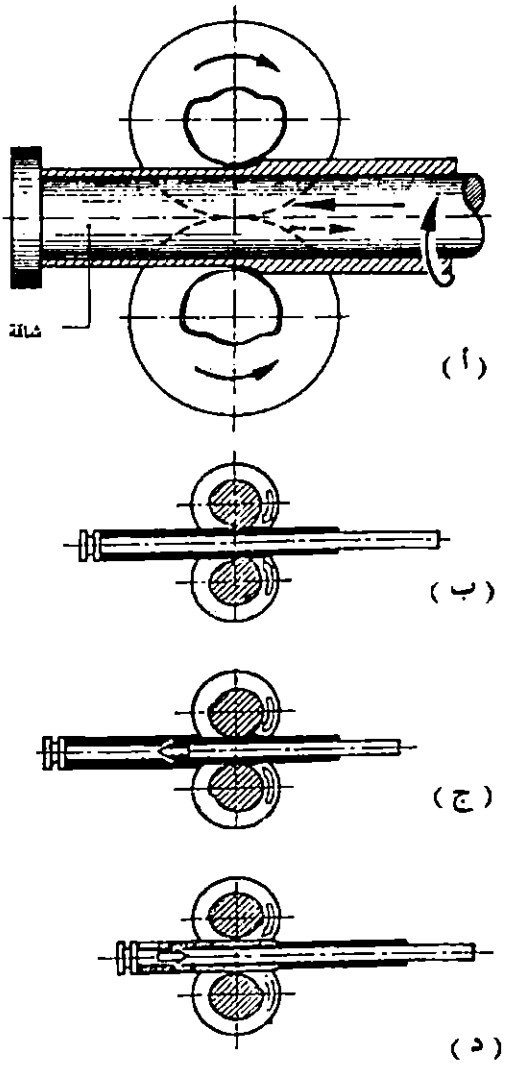
الدرفيلين يدوران في اتجاه واحد ، بحيث يتدحرج العمود الأسطواني بينهما وينعصر ، كما يستخدم بجانب الدرفيلين المذكورين درفيلين آخرين كدليل لتدحرج العمود الأسطواني بينهم ، يتسبب ميل محاور الدرافيل في الحصول على حركة تغذية أمامية للعمود بجانب الحركة الدورانية ، وعلاوة على ذلك تتولد فجوة في العمود بسبب الاختلاف المحوري وعدم توازي محاور الدرافيل أثناء عملية الدرفلة . ومن خلال الفجوة المتكونة يمكن التحكم في أبعادها ، وبإدخال شاقة طرفها الأمامي مخروطي ، ينساب معدن العمود على الشاقة مكونا أسطوانة مجوفة ذات تخانة سميكة.



شكل 5 – 7

درفـــلة المواســـــير

يمكن الحصول على المواسير بأقطار خارجية وداخلية ذات سمك أقل ، من خلال درفلتها عدة مرات عن طريق درافيل تدار في اتجاهين متضادين ، مع استخدام شاقة بالقطر الداخلي المطلوب كما هو موضح بشكل 5 – 8 ، وبذلك يمكن الحصول على أنابيب مدلفنة بدون لحام . تتميز هذه المواسير بتحملها للضغوط العالية .



شكل 5 – 8

إنتاج المواسير الغير ملحومة

(أ) درفلة عند كل شوط رجوع .

(ب) عض جزء من طول الماسورة .

(ج) درفلة الطول الذي تم عضه .

(د) التمهيد لعض طول جديد .

دلفنة الأنابيب الملحومة :

تصنع الأنابيب الملحومة بدرجة عالية من الدقة بأساليب مختلفة . حيث يتم تحويل شرائط الصلب فى منشأة الثنى بالدلفنة إلى أنابيب مشطورة ، ويلحم الطرفين المتقابلين بالقوس الكهربائي ، بين قطبين نحاسيين منحرجين بأعلى الأنبوب.

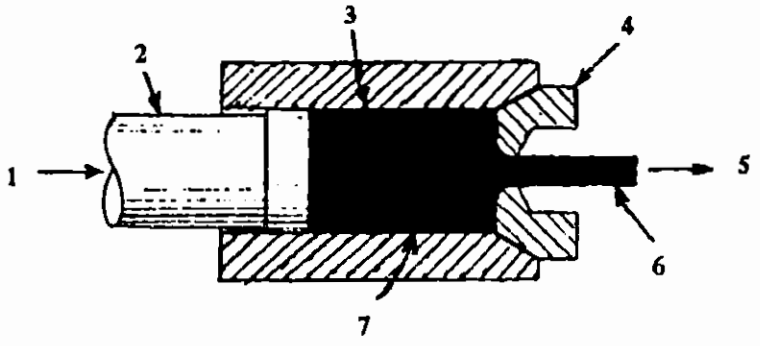
بثق المعادن Metals extrusion

بالاضافة إلى قطاعات الصلب المنتجة بالدلفنة ، فانه يمكن تشكيل المعادن تشكيلا لدنا وتحويلها إلى قضبان أو سيقان بقطاعات معقدة وبأشكال مختلفة ، مما يمكن إنتاجه بالدلفنة ، كما يمكن تشكيل المعادن اللاحديدية بهذا الأسلوب.

يسخن الصلب عند بثقه إلى درجة حرارة البثق وهي 1250 ^{0}م ، ويضغط داخل إسطمبة مزودة بفتحة تحتوي على شكل المقطع المطلوب إنتاجه ، حيث يجبر المعدن الساخن على الخروج من خلال هذه الفتحة كما هو موضح بشكل 5 – 9 ، ويمكن تشبيه عملية البثق بأنبوبة معجون الأسنان عند الضغط عليها ، الذي يؤدي إلى خروج (بثــق) المعجون منها . هذا يعني أنها عملية توجيه للمادة لمراد بثــقها من خلال الضغط عليها لينساب المعدن من فتحة معينة ، ويتخذ شكلا معيناً محدداً .

وقد أصبحت عملية بثق الصلب ممكنة نتيجة لاستخدام الزجاج كمادة تزليق ، حيث يوضع قطع زجاجية بين كتلة الصلب والإسطمبة ، لينصهر الزجاج بتأثير حــرارة كتلة الصلب مكوناً غشاء تزليقي دقيق بين جدران الإسطمبة والصلب المراد تشكيله ، ولا يحتاج بثق المعادن غير الحديدية إلى زجاج كمادة تزليق.

ويمكن إنتاج الأنابيب والقطاعات المجوفة المختلفة الأشكال من خلال استخدام سنبك بالمقاس والشكل الداخلي المطلوب.



شكل 5 – 9

عملية بثـــق المعادن

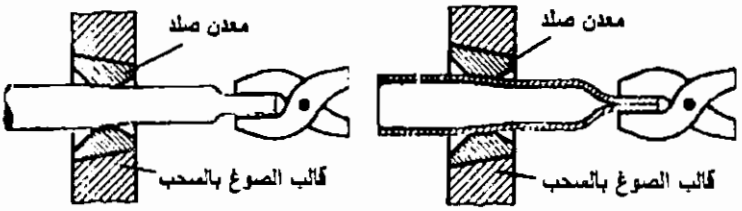
1. اتجاه الضغط علي الخامة .
2. كباس .
3. جسم أسطواني .
4. الإسطمبة.
5. اتجاه خروج المنتج .
6. المنتج .
7. الخامة الساخنة .

سحب المعادن Metals drawing

الغرض من عملية سحب المعادن هو اختصار للمقاطع المختلفة ، وذلك لتخفيض سمك المعدن وزيادة طوله من خلال جذبه من فتحة إسطمبة قطرها الداخلي أصغر من قطر المعدن المراد سحبه شكل 5 – 10 ، وعادة تتم عمليات السحب من خلال إسطمبة واحدة ، أو عدة إسطمبات تخفيض متدرجة .

تجرى عادة عمليات سحب المعادن على البارد ، لذلك ينتج عنها تصلد، وتستخدم عمليات السحب أساسا في إنتاج الأسلاك ، بالإضافة إلى المواسير والقضبان ذوات المقاطع المختلفة .

المعادن التي تشكل بطريقة السحب هي الصلب ، والنحاس الأحمر وسبائكه ، والألومونيوم وسبائكه .



شكل 5 – 10

عمليات سـحب المعادن

(أ) سحب القضبان والأسلاك.

(ب) سحب المواسير.

خواص واستخدامات الصلب

يمكن تصنيف الأنواع العديدة للصلب المستخدم في التكنولوجيا إلى مجموعتين رئيستين هما صلب الإنشاءات وصلب العدة. وتصنف هاتين المجموعتين بدورتهما إلى صلب لا سبيكى وصلب سبيكى منخفض الخلط ، وصلب سبيكى عالي الخلط ، وتحتوى أنواع الصلب اللاسبيكي على نسبة كربون تتراوح ما بين 0.06 ــ 1.5%، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من المنجنيز والسيلكون والفسفور والكبريت . وإلى جانب نفس نسبة الكربون تصل نسبة الإضافات السبيكة في أنواع الصلب السبائكي منخفض الخلط إلى 5% ، أما أنواع الصلب السبائكي عالي الخلط فتتراوح نسبة الكربون فيه إلى ما بين 0.03 ــ 2.2 ونسبة الإضافات السبيكة إلى ما بين 5 إلى 45 % ، ولا يمكن في جميع الحالات وضع حد فاصل تماماً بين الأنواع المختلفة للصلب.

الصلب الإنشاءات

يقصد بصلب الإنشاءات .. أنواع الصلب المستخدم في الأغراض الإنشائية أو لصناعة أجزاء المكنات بجميع أنواعها .

تبلغ نسبة صـــلب الإنشاءات أكثر من 90 % من مجموع الإنتاج العالمي للصلب ، علماً بأن هناك أنواع من صلب الإنشاءات تستخدم لأغراض المتطلبات العادية الأخرى.

صلب الإنشاءات العام :

أنواع صلب الإنشاءات العام عبارة عن أنواع لا سبيكية ، تلعب مقاومة الشد لها دوراً حاسماً في استخدامها ، علما بأن مقاومة الشد تزداد بزيادة نسبة الكربون في الصلب ، إلا أن ذلك يؤدى إلى انخفاض الانفعال (المطيلة) ، أي أن الصلب في هذه الحالة يكون أكثر تقصفا كما تتضاءل قابليته للتشكيل على البارد وعلى الساخن وللحام بالانصهار وللتشغيل بالقطع .

للصـــلب St 34 بنسبة كربون 0.17 % ومقاومة شد تتراوح ما بين 34 ــ 42 كيلوبوند/ مم^2 وانفعال قدره 28% ، وفى مقابل ذلك فان الصلب St 70 يحتوي على نسبة كربون 0.5 % ومقاومة شد تتراوح ما بين 70 ــ 85 كيلوبوند/ مم^2 وانفعال قدره 10% فقط . وتتوقف قابلية الاستخدام للصلب بجانب مقاومة الشد على نوع الصلب وخواصه الخاصة ، مثل قابليته للتشكيل على البارد وعلى الساخن أو قابليته الجيدة للحام بالانصهار. لذلك يتم توريد الصلب في 3 رتب للجودة .

تخصص أنواع الصلب من الرتبة الأولى مثل St 42 للمتطلبات العامة ، ولا تعطى رتبة الجودة في هذه الحالة ، ويخصص صلب St 42 - 2 بالرتبة الثانية .. أى للمتطلبات الأعلى ، وتكون أنواع الصلب من الرتبة الثالثة للمصبوبات ذات التخميد الخاص وتخصص للمتطلبات الخاصة . وبصفة عامة لا تحتاج هذه الأنواع من الصلب لإجراء أي معالجة حرارية ، إلا أنه يتم في حالات خاصة إزالة الاجهادات أو معادلتها حراريا.

ويتم توريد أنواع صلب الإنشاءات بحالة التشكيل على البارد أو الساخن أو كمطروقات.

يستخدم صلب الإنشاءات فى الهندسة الميكانيكية في صناعة المحاور ــ الأعمدة ــ التروس..... وغيرها ، وفى الصناعات البنائية كصلب خرسانة وللجسور في الهندسة المدنية.

الصلب السهل القطع :

يتم تشغيل أنواع صلب سهل القطع غالبا على المخارط الأوتوماتية ، حيث يكون الرايش (الجذاذ أو النحاتة) قصير ليناسب الحيز الضيق لهذه الماكينات ، ويمكن تقصير الرايش بإضافة كمية مناسبة من الكبريت إلى الصلب.

يحتوي أنواع الصلب سهل القطع على ما بين 0.07 ــ 0.12 % كربون ، وما بين 0.18 ــ 0.4 % سيلكون ، كما يضاف ما بين 0.15 ــ 0,3 % رصاص للحصول على تقصفية قطع جيدة وأسطح ناعمة ملساء

وتقوم مصانع الصلب بتوريد صلب سهل القطع مدلفن على الساخن او على شكل أعمدة مستديرة أو مربعة أو مسدسة أو بشكل ألواح مسطحة.

صلب التصليد الغلافي :

تستخدم أنواع صلب التصليد الغلافي في تجهيز المشغولات ذات الأسطح الصلدة المقاومة للتآكل الاحتكاكي (المقاومة للبلي) ، مثال ذلك مسامير الربط والأعمدة والتروس وأجزاء التحكم والتوجيه ..... وغيرها من الأجزاء المعرضة للإجهاد والتآكل الاحتكاكي . وتحصل المشغولات على أسطح صلدة بالتغليف ، أي بكربنة الطبقة السطحية ثم تصليدها . ولكي يكون قابل للتشكيل ، فلا يجوز إن تزيد نسبة الكربون فيه عن 0.2 % ، وتعتبر أنواع صلب التصليد الغلافي اللاسبيكي وكذلك جميع أنواع فولاذ التصليد الغلافي السبيكي من الأنواع المكررة ، التي تمتاز نسبياً عن أنواع الصلب الجيد بتجانس البنية وجودة تشطيب السطح وضآلة نسبة الكبريت والفسفور.

صلب التطبيع :

بواسطة التطبيع .. أي التصليد المراجـــع في درجـــة حرارة ما بين 500 ــ 700 °م ، يمكن الحصول على مقاومة عالية للشد ومقاومة عالية للصدم وقابلية للتشكيل . وتصلح هذه الأنواع للأجزاء المعرضة لاجهادات صدمية ودفعية مثل أعمدة المرافق والأعمدة اللامركزية وأعمدة محاور المركبات المختلفة ، وكذلك الأجزاء الصغيرة مثل مسامير الربط والبراغي (المسامير الملولبة) والبراغي ذات رأس اسطواني مسدس من الداخل.

تتراوح نسبة الكربون فى أنواع صلب التطبيع ما بين 0.2 إلى0.6 % ، وتتوقف خواص المتانة لأنواع صلب التطبيع على التركيب الكيميائي ، وحالة المعالجة الحرارية لها وكذلك درجة حرارة المراجعة ومساحة المقطع.

صلب النتردة :

يمكن الحصول على مشغولات مصنوعة من أنواع صلب النتردة بصلادة سطحية عالية من خلال إضافة أزوت إلى أسطحها ، وتخلط هذه الأنواع بالكروم والموليبدنم والألومنيوم.

يستخدم صلب النتردة فى أعمدة التجليخ السريعة والمسامير المركبة بالكباسات ومحددات وأجهزة القياس الدقيقة ..... وغيرها.

تطبع أنواع صلب النتردة وذلك لرفع درجة قابليتها للتشكيل بالإضافة إلى متانة مادة قلب المشغولة ، كما ترتفع قيمة صلادتها السطحية.

صلب النوابض :

يجب أن تكون أنواع صلب النوابض مرنة ومقاومة عالية للشد. ولا تتوقف هذه الخواص على صلب النوابض فقط ، وإنما يمكن أيضا تغييرها بصورة محدودة بواسطة المعالجة الحرارية والتشكيل على البارد للأغراض العامة فى الهندسة الميكانيكية وصناعة المركبات.

تستخدم أنواع صلب النوابض السبيكي واللاسبيكي المقاومة للحرارة فى صناعة

صمامات محركات الاحتراق الداخلي ، حيث تحتفظ هذه الأنواع بخواص متانة جيدة تصل حتى 500 °م ، ويمكن أن تبلغ مقاومة الشد للأسلاك المصنوعة من أنواع صلب النوابض غير القابلة للصدأ بأقطار أقل من 0.5 مم بالسحب على البارد دون تصليد أو مراجعة إلى 190 كيلوبوند/ مم² ، كما تصل الأسلاك الدائرية المقطع المصنوعة من صـــلب النوابض الا سبيكى إلى أقطار أقل من 0.25 مم وعلى مقاومة شد تتراوح ما بين 275 ــ 315 كيلوبوند/ مم² . ولا تكون هذه المقاومات العالية للشد ناتجة عن التركيب الكيميائي للصلب فحسب ، وإنما عن عملية التصنيع بالدرجة الأولى . وتقسم أسلاك النوابض المستديرة المقطع إلى رتب دقة المقاسات C , B , A ، حيث يكون الانحراف السماحي عن القطر الأسمى لأسلاك الرتبة A أكبر ما يمكن ولأسلاك الرتبة C أصغر ما يمكن .

الصلب الخاص :

تستخدم أنواع الصلب المقاوم للحرارة في المراجل البخارية وأجهزة تحميص البخار وريش التربينات البحارية والغازية وكذلك صمامات العادم بمحركات الاحتراق الداخلي ، حيث يحتفظ بخواص متانته حتى 600 °م ومقاومة تكون القشور الأكسيدية حتى 800 °م.

أنواع الصلب المستخدمة لأنابيب البخار الساخن ذات قابلية جيدة للحام ، وتصل مقاومة الشد لأنواع صلب الصمامات السبيكي عالي الخلط المقاوم للتآكل الاحتكاك وللتآكل الكيميائي في درجة حرارة 700 °م نحو 40 كيلوبوند/ مم².

يتحمل الصلب المقاوم للحرارة والمستخدم في صناعة صناديق التلدين وفي ورش التصليد درجات حرارة تصل إلى حوالي 1200 °م دون أن يتأكسد سطحه.

أما أنواع الصلب الغير قابل الصدأ فأنها لا تصدأ عند تعرضها لرطوبة الهواء والماء ومعظم الأحماض والقلويات ، ولذلك فأنها تستخدم في الصناعات الكيميائية وفي تصنيع الأوعية والمستودعات وخطوط الأنابيب وأجزاء الماكينات ، كما تستخدم أيضاً

في صناعات الآلات المستخدمة للأغذية والحلويات.

أنواع الصلب الغير قابل للصدأ يصلح للتشغيل بالقطع أو بدون قطع ، وأيضاً للحام بالانصهار وللتمبيع عالي البريق.

يتميز هذا الصلب بقابليته الجيدة للسحب العميق والتلميع ، كما أنه غير قابل للمغنطة . يستخدم في صناعة أغلفة الساعات والبوصلات، وأدوات المائدة والزخرفة.

ويمكن التخلص من التصلد الناتج عن التشكيل على البارد لهذه الأنواع بالتسخين إلى نحو 1000 ^{0}م ثم التسقية بالماء ، لتكون لينة وقابلة للتشكيل ، إلا أنها تكون في هذه الحالة أقل قابلية للتشغيل بالقطع .

ألواح الصلب (ألواح الصاج) :

تنقسم ألواح الصلب إلى ألواح بالغة الدقة وألواح بيضاء ، وكذلك ألواح دقيقة ومتوسطة وسميكة وألواح خاصة للمراجل ، وتتحدد القيم العيارية لمقاسات ألواح الصاج وسمك الألواح وقيمة الانحراف السماحي عن المقاس الأسمى للألواح الدقيقة الأقل من 3 مم ، والألواح متوسطة السميكة التي ما بين 3 ــ 4,75 مم والألواح السميكة الأكبر من 4.75 مم حسب بمواصفات ISO ، وتسرى نفس هذه المقاسات العيارية على أنواع صلب المراجل .

تصنع ألواح الصلب (ألواح الصاج) غالبا من أنواع صلب الإنشاءات العام ، كما إنها تصنع أيضا من أنواع صلب التصليد الغلافي أو صلب التطبيع أو الصلب الغير قابل للصدأ.

وتصنع الألواح متناهية الدقة والألواح البيضاء التي تضمها من أنواع الفولاذ اللاسبيكي اللينة بسمك أقل من 0.5 مم ، وتزال الشحوم من على أسطح الألواح متناهية الدقة مما يجعلها صالحة للطلاء بالدهان كما تصلح للطباعة ، ويمكن كسوة الألواح البيضاء بكسوة قصديرية مجهزة بالصهر أو التحليل الكهربائي.

تجهز ألواح الصاج السميك أو متوسط السمك غالبا من أنواع صلب الإنشاءات العام كما تصنع من صلب التصليد الغلافي وصلب التطبيع ، ويجب أن تكون ألواح

صاج المراجل المستخدمة في صناعة أوعية الضغط وخطوط أنابيب الضغط قابلة للحام بالانصهار.

صلب العدة :

يستخدم أنواع صـــلب العدة في تشكيل مواد التصنيع الأخرى بالقطـــع أو بدون قطع . ويميز صلب العدة طبقا لتركيبه إلى لا سبيكى وسبيكي عالي الخلط وسبيكي منخفض الخلط . ويصنف صلب العدة بحسب نوع التسقية إلى صلادة بالماء و صلادة بالزيت و صلادة بالهواء ، وينقسم صلب العدة حسب نوع الاستخدام إلى صلب تشغيل على الساخن وصلب تشغيل على البارد.

تتراوح نسبة الكربون في صلب العدة اللاسبيكي والسبيكي منخفض الخلط إلى ما بين 0.5 إلـ 1.5 % ، كما يمكن أن تصل نسبة الكربون في فولاذ العدة السبيكي عالي الخلط إلى 2.2 %.

تستعمل أنواع الصلب التشغيل على البارد في تشكيل مواد تصنيع اخرى بالقطع أو بدون قطع ، تحت درجات الحرارة العادية.

يستخدم صلب العدة في صنع أقلام القشط والخراطة والمثاقب ومقاطع التفريز وذكور ولقم القلاووظ ، وكذلك عدد القص والتشكيل بالكبس .

يجهز من أنواع صلب التشغيل على الساخن إسطمبات الحدادة والكبس وقوالب الصب بالضغط وإسطمبات البثق وعدد القص على الساخن وغيرها. وتستعمل هذه الأنواع لعمليات القطع بالمشغولات المصنوعة من الصلب والمعادن الخفيفة.

وتعتبر تسميات الصلادة بالماء أو الصلادة بالزيت أو الصلادة بالهواء وسيلة مناسبة لبيان نوع مادة التسقية المستخدمة عند تصليد الصلب.

صلب العدة اللاسبيكي (الصلب الكربوني) :

تلعب نسبة الكربون وهي ما بين 0.5 ــ 1.5 % الدور الحاسم في استخدامات أنواع صلب العدة اللاسبيكي ، فترتفع صلادة الصلب بزيادة نسبة الكربون فيه . ويصلد صلب العدة اللاسبيكي عادة في درجة حرارة ما بين 760 ــ 850 °م.

يستخدم الصلب الكربوني في صناعة أسلحة المناشير وعدد التوربينات ، أما صلب العدة فيصلح لصناعة عدد التشغيل بسبب قابليته الجيدة للتصليد ، كما يمكن تحويله إلى صلب سرعات عالية.

صلب العدة السبيكي منخفض الخلط :

تصل النسبة الكلية للإضافات السبيكية في أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط .. وهى الكروم والنجستين والنيكل والموليبدنم والفاناديوم إلى 5 %، وتتراوح درجة حرارة تصليده إلى ما بين 780 ــ 850 °م ، ودرجة حرارة الحدادة ما بين 1100 ــ 900 °م ، إلا أنه يجب مراعاة تعليمات المعالجة الحرارية للشركات الصانعة في كل حالة . وتسمح هذه الأنواع باستخدام سرعات تشغيل بالقطع أكبر من نظائرها في أنواع فولاذ اللاسبيكي ، حيث صمودها لقوة القطع ومحافظتها على صلادتها إلى درجة حرارة تصل إلى 400 °م.

يستخدم أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط في صناعة عدد القص والتخريم والأسطمبات وقوالب الصب بالضغط والحقن والكبس وكذلك أجهزة القياس ، كما يستعمل لصناعة المثاقب وعدد قطع البراغى وعدد القص وعدد تشغيل التوربينات ذات الأسنان الدقيقة .

صلب العدة السبائكي عالي الخلط :

تدخل في نطاق أنواع صلب العدة السبيكي عالي الخلط جميع أنواع صلب السرعات العالية للتشغيل بالقطع وأنواع صلب التشغيل على الساخن المستخدم لقوالب الحدادة وإسطمبات الكبس وكذلك أنواع الصلب عديم التشوه بالتصليد المستخدم لعدد القص والتشكيل بالكبس ، حيث أن درجة حرارة التصليد لهذه الأنواع تتراوح ما بين 920 ــ 1320 °م ودرجة حرارة مراجعة ما بين 100 ــ 670 °م ، فانه يجب مراعاة تعليمات المعالجة الحرارية لمصانع الصلب بدقة .

يسمح صلب السرعات العالية بسرعات قطع بأكثر من تلك المسموح بها في الصلب السبائكى منخفض الخلط ، كما تصل درجة حرارة التشغيل إلى نحو 550 ° ،

وتتراوح درجـــة حرارة التصليد ما بين 1180 ــ 1320 °م ودرجة حرارة مراجعة ما بين 530 ــ 950 °م . وتتزايد صلادة الصلب نتيجة المراجعة إلى هذه الدرجات العالية .

يصلح هذا الصلب بصفة خاصة في أعمال التخشين بسرعات قطع عالية وتشغيله بالقطع بتخانات كبيرة ، كما يصلح صلب السرعات العالية بصورة ممتازة لأعمال التخشين والتسوية فى المخارط الأوتوماتية والمخارط البرجية ، وأيضا التشغيل على الساخن للإســطمبات الكبس المعرضة لاجهادات عالية ، ويتم تصليده في درجة حــرارة حوالي 1160 °م ومراجعته في درجة حرارة ما بين 630 ــ 670 °م.

الأشكال التجارية لأنواع الصلب :

يجرى تداول أنواع الصــلب تجاريا بشكل قطاعات عيارية في أغلب الأحيان ، حيث تنتج على شكل قطاعات دائرية أو مفلطحة أو مربعة أو مسدسة ، يمكن تنكون مسحوبة على البارد أو مدلفنة على الساخن أو مطروقة ، وتنتج قضبان الصلب بأقطار ما بين 1 ــ 200 مم طبقا لرتب التجاوز h11 أو h9 أو h8 حسب المواصفات الدولية ISO ، وبأطوال تصل إلى 12 متر ، وتنتج القضبان الدائرية المقطع مصقولة بالتجليخ برتب تجاوز أدق ، مثل h7 و h6 ، كما ينتج الصلب المسطح ومربع المقطع وسداسي المقطع طبقا لرتبة h11 حسب المواصفات الدولية ISO ، ويتم توريد ألواح الصاج من المصانع بشكل صاج بالغ الدقة أو دقيق أو متوسط السمك أو سميك ، أو صاج مراجل أو على شكل أنابيب ملحومة أو غير ملحومة وأســلاك مدلفنة أو مسحوبة ، كذلك يمكن توريد قطاعات الصلب مثل الكمرات التي على شكل I , Z , U L , T , بمقاسات مختلفة.

وفى طريقة الصب بالحقن تمزج مع مسحوق الخزف الاكسيدي لدائن حرارية ، بحيث تصلح المادة بعد تسخينها للصب.

الفصل الثاني

عمليات الإنتاج للمنتجات تامة التصنيع

تمهيد

يمكن تقسيم عمليات الإنتاج للمنتجات تامة التصنيع للمعادن المختلفة إلى مجموعتين أساسيتين (عمليات تشكيل بدون قطع ، وعمليات تشغيل بالقطع) ، حيث يتم تغيير شكل المادة على الساخن أو على البارد بالمجموعة الأولى من خلال عمليات الصب (السباكة) ــ الدلفنة ــ السحب ــ البثق ــ الحدادة ــ اللحام . ويتم تغيير شكل المادة على البارد بالمجموعة الثانية بقطع أجزاء منها في صورة رايش من خلال عمليات النشر ــ التأجين ــ البرد ــ الثقب ــ الخرط ــ القشط ــ التفريز ــ التخليق ــ التجليخ.

يتناول هذا الباب شرح تفصيلي لعمليات التشكيل مثل عمليات الصب (السباكة) ــ الدلفنة ــ السحب ــ البثق ــ الحدادة ــ اللحامز

ويتعرض لعمليات التشغيل بالقطع حيث يتم تغيير شكل المعدن على البارد للحصول على المنتج بالشكل والمقاس المطلوب ، عن طريق إزالة رايش وذلك بالتشغيل بالبرد – النشر – التأجين – الثقب – الخرط – القشط – التفريز – التجليخ – التخليق ..... الخ.

تشكيل وتشغيل المعادن

تشكل المعادن المختلفة على الساخن أو على البارد عن طريق نوعين أساسيين هما التشكيل بدون قطع والتشغيل بالقطع.

في النوع الأول (تشكيل المعادن بدون قطع) يتم فيه تغيير شكل المعدن على الساخن أو على البارد ، للحصـــول على المنتج بالشكل والمقاس المطلوب عن طريق التشكيل بالســـباكة - الحدادة - اللحام - البـــثق - السك -السحب - الدرفلة ، كما يمكن تشكيل وتغيير شكل الألواح والأعمدة المعدنية بدون قطع للحصول على المنتج بالشكل والمقاس المطلوب عن طريق التشكيل بالإسطمبات - التشكيل بالثني والحنى واللي ..... وغير ذلك من العمليات الأخرى ، أما النوع الثاني (تشغيل المعادن بالقطع) فإنه يتم تغيير شكل المعدن على البارد للحصول على المنتج بالشكل والمقاس المطلوب ، عن طريق إزالة رايش وذلك بالتشغيل بالبرد - النشر - التأجين - الثقب - الخرط - القشط - التفريز - التجليخ - التخليق ..... الخ.

وقد أصبح تشكيل المعادن بدون قطع ، وتشغيل المعادن بالقطع ، مرحلتين متلازمين فى تصنيع كافة المنتجات الصناعية ، ففي مرحلة التشكيل بدون قطع ، تشكل المعادن المختلفة إلى الأشكال المطلوبة تشكيلا أوليا عن طريق صهر المعادن بالسباكة ، أو عن طريق التشكيل العجائني بالحدادة ..... الخ . أما مرحلة التشغيل بالقطع فإنه يتم معالجة المشغولات المشكلة بدون قطع عن طريق تهذيب الأسطح الخشنة ، مع تحديد القياس بدرجة الدقة المطلوبة.

عمليات التشكيل

تتأثر المعادن أثناء تشكيلها بالتسخين ، كما تتأثر بالقوى الميكانيكية المختلفة كالشد والضغط ، حيث تحدث تغييرا في شكلها وأبعادها . وعلى الرغم من ذلك فإن المعادن تحافظ على حجمها وكتلتها الأصلية ، كما تحافظ على شكلها وأبعادها النهائية بعد عمليات التشكيل نتيجة لخاصية اللدونة التي تتمتع بها ، وتسمى هذه العمليات بعمليات التشكيل العجائني للمعادن ، وتتم على البارد أو على الساخن.

وعملية التشكيل على البارد ، هي إحدى العمليات التي تجرى على المعادن المشكلة بدون قطع ، وهى تعنى التشكيل اللدن للمعادن ، أي عندما تكون درجة حرارتها أقل من درجة الحرارة الحرجة الصغرى ، أو بمعنى أخر عندما تتم هذه العمليات دون أن تتمكن المعادن من إعادة ترتيب أو تكوين بلوراتها . تزيد صلادة المعادن عند تشكيلها على البارد ، بحيث يتعذر استمرار تشكيلها بعد درجة تشكيل محدودة.

تأثير التشكيل على الساخن :

كلما ارتفعت درجة حرارة المعدن ، كلما انخفضت مقاومته للتشكيل ، ومن ثم فإن التشكيل على الساخن لا يؤثر على المعادن تأثيرا سيئا ، حيث يستطيع المعدن أثناء وبعد عملية التشكيل على الساخن إعادة ترتيب تكوين بلوراته ، مما يؤدي إلى تلافي حدوث التصلد الانفعالي ، كما يهذب التشكيل على الساخن بنية المعدن ويزيد من قابليته للاختصار.

تأثير التشكيل على البارد :

يؤدي التشكيل على البارد إلى تشوه التكوين البلوري للمعادن كما يعمل على تحطيم بعض بلوراته ، مما ينتج عنه زيادة صلادة المعدن ، وعلى هذا فإن التشكيل على البارد يصحبه دائما تصلد انفعالي يخفض من ممطولية المعدن ومقاومته للصدمات ، كما إن تكرار عملية التشكيل على البارد فإن يؤدي إلى زيادة التصلد الانفعالي الذي ينتج عنه إحداث شروخ بالمعدن.

وعموما فإن الآثار السابقة فيما عد الشروخ ، يمكن إصلاحها وتخفيض آثارها إذا عولج المعدن حراريا بعد عملية التشكيل على البارد أو في خلال مراحله.

تمتاز عمليات التشكيل على البارد بقدرتها على إنتاج المقاطع الصغيرة والأكثر انتظاما ، كما تمتاز بدقة مقاسات المنتجات المشكلة بها ونعومة أسطحها.

عمليات التشكيل بالصب

سباكة المعادن .. Metals casting

هي عملية تشكيل معدن عن طريق صهره ، ثم صبه في قالب به فجوات ذات شكل وأبعاد ، وعندما يتجمد المعدن فإن المنتج يكتسب شكل ومقاسات الفجوة التي صب فيها ، ويسمى المنتج المشكل بالمسبوك . ينظف المسبوك وتزال الزوائد الموجودة به.

يمكن اعتبار الجزء المسبوك كمنتج نهائي ، أو اعتباره منتج نصف مصنع ، حيث تجرى عليه عمليات التشطيب عن طريق آلات التشغيل بالقطع.

أساليب السباكة : Casting Processes

السباكة هي عملية صـــهر للمعادن وصـــبها في قوالب معدة مسبقا لهذا الغرض ، حيث يملأ المعدن المنصهر الفراغ المشكل بالقالب ، وعندما يتجمد المعدن بالقالب يتخذ هيئة وأشكال هذه الفراغات.

توجد أساليب كثيرة لسباكة المعادن أهمها الآتي :-

1. السباكة في القوالب الرملية.
2. السباكة في القوالب المعدنية.
3. السباكة بالطرد المركزي.
4. السباكة بالشمع الضائع

وفيما يلي عرض لهذه الأساليب كل منها على حدة.

عمليات تشكيل المعادن بالصب (بالسباكة) : Casting Processes

تتمثل عمليات تشكيل المعادن بالصب (بالسباكة) في تحويل المعادن من حالتها الصلبة إلى حالة سائلة من خلال صهرها ، ثم صبها بقوالب بشكل المنتج المطلوب وتركه حتى يتجمد ، حيث يأخذ المعدن المنصهر (المسبوك) بعد تجمده شكل القالب المعد مسبقا.

تمر هذه العمليات على خمسة مراحل أساسية .. وهي كالآتي :-

1. تشكيل القالب .. Forming of the mould.
2. صهر المعدن .. Melting.
3. الصب .. Casting.
4. التجميد .. Solidification.
5. إخراج المسبوك وتنظيفه واختباره .. Fettling & Inspection.

تشكيل القوالب

Casting Mould

القالب هو أداة تشكيل التي يستخدمها فني السباكة ، ولا يمكن عمل مسبوكات جيدة بدون تصنيع قوالب جيدة.

يحتوي القالب على تجويف له شكل وأبعاد القطعة المراد تشكيلها ، ودليك (قلب) الذي يشكل الفراغ الداخلي بالقطعة المسبوكة .. (يستخدم الدليك في حالة المشغولات التي تحتوى بداخلها على فراغات).

أنواع قوالب السباكة : Types Of Casting Moulds

يمكن تصنيع قوالب السباكة لكي يصب فيها المعادن مرة واحدة ، أو ليصب فيه عدة مرات ، أو تصنيعه للإنتاج الكمي (بأعداد كبيرة جدا) .. بمعنى إنتاج السلعة الواحدة إنتاجا متماثلا بالجملة .. قد يصل إلى مليون مرة.

توجد أنواع مختلفة لقوالب السباكة أهمها القوالب الآتية :-

1. قوالب رملية : Sand Moulds

تسمى بالقوالب المؤقتة ، وتستخدم لسباكة قطعة واحدة فقط ، ثم تكسر عند إخراج المنتج المسبوك ، ويمكن استخدام مواد القالب في صناعة قالب آخر جديد . والرمل المستخدم يمكن أن يكون طبيعي أو صناعي ذي مواصفات خاصة.

تتميز القوالب الرملية (القوالب المؤقتة) بالمميزات التالية :-

- سهلة التشكيل.
- قوة تماسكها مع الاحتفاظ بشكلها.
- الاحتفاظ بقوة تماسكها ومتانتها في ظروف درجات الحرارة العالية ، بالإضافة إلى تحملها وزن المعدن الذي تحتويها.
- مسامية كافية تسمح بالتخلص من الغازات التي تحتويها ، بحيث لا تترك داخل المعدن وتكون فقاقيع (بخبخة).
- إمكانية إعادة استخدامها مرة أخرى ، حيث إنها لا تترك مخلفات ملوثة.
- اقتصادية لانخفاض تكاليفها بالمقارنة بأنواع القوالب الأخرى.

2. قوالب من الجبس : Gypsum Moulds

تستخدم القوالب المصنوعة من الجبس أو المصيص لعدد محدود (ما بين 5 ــ 10 مرات) ، تصمم هذه القوالب بحيث يمكن فتحها وإخراج المسبوك منها ، ثم غلقها لاستخدامها في السبيكة التالية دون أن تتشوه أو تهدم.

3. قوالب دائمة : Permanent Moulds

تصنع القوالب الدائمة من الزهر العادي أو من الصلب ، وتستخدم في إعادة سباكة أي قطعة مرات عديدة .. أي بإنتاج كمي بالجملة ، ولكن يقتصر استعمالها على إنتاج المسبوكات ذات الأحجام الصغيرة.

تصنع بعض أنواع هذه القوالب من الخزف ، وذلك لاستخدمها في الإنتاج المتوسط ، حيث أن هذا النوع قادر على سباكة أكثر من 40 قطعة دون أن يستهلك.

4. **قوالب معدنية** : Metal Moulds

تختلف هذه القوالب عن النوعين السابقين في طريقة الصب ، حيث يندفع المعدن إلى فراغ القالب تحت ضغط عالي ما بين $70 - 7000\ Kg/cm^2$. تستخدم هذه القوالب في السباكة الآلية.

المواد المستخدمة في صناعة الدلاليك :

يعتبر الرمل من المكونات الأساسية بالدلاليك ، يضاف إليه مواد رابطة الغرض منها هو تماسك ومتانة الرمل الأخضر وايضا الرمل المحمص.

يتكون مواد الدلاليك من الآتي :-

الرمل : Sand

يجب أن يكون أكـثر مقاومة للحرارة من الرمل المستخدم في صناعة القوالب .. ويعتبر رمل شواطئ البحيرات ذات الحبيبات الدقيقة أكثر أنواع الرمل استخداما في صناعة الدلاليك وخاصة للمصبوبات الغير حديدية.

المواد الرابطة : Material Binders

تعمل المواد الرابطة على تماسك حبيبات الرمل مع بعضها البعض ، كما أنها تكسب الرمل عدة خواص مثل مقاومة الإجهادات – مقاومة التآكل والكسر – مقاومة الانهيار . وتنقسم المواد الرابطة إلي الآتي :-

(أ) المواد الرابطة العضوية : organic binder materials

هي مواد قابلة للاحتراق ، وتتلف وتفقد خاصية الربط والتماسك عند حوالي $900^{\circ}م$ ، ومع ذلك فهي تساعد على مقاومة خليط الدلاليك للانهيار ، كما توجد بعض المواد الرابطة تستخرج من بعض الزيوت الصناعية وبعض المواد العضوية الأخرى مثل زيوت بذرة الكتان وزيوت الحبوب الأخرى – زيت القلافونية – القار (القطران) – العسل الأسود – الجلاتين .. من أهم صفاتها هو تكوين غشاء لاصق تتماسك به حبيبات الرمل بعد التحميص.

(ب) المواد الرابطة غير العضوية : Non Organic Binder Materials

هي مواد غير قابلة للاشتعال ، كما أنها تحتفظ بخواص المتانة ومقاومة التآكل عند درجات الحرارة العالية ، كما تكون نسبيا غير قابلة للانهيار.

يعتبر كل من الطين الحراري ومسحوق السيلكا وأكسيد الحديد مواد غير عضوية تدخل في تركيب الدلاليك.

من أهم مميزات المواد غير العضوية أنها تعطى مقاومة للاجهادات عند تأثير درجات الحرارة العالية.

(ج) الماء : water

تحتاج كثير من الروابط مثل دقيق الحبوب والعسل الأسود وروابط الكبريت إلى الماء لتنشيطها ، وأكـثر أنواع المواد الرابطة مع الماء التصاقا هي نشا الحبوب ، حيث تكسب الرمل الأخضر عندما يكون رطبا مقاومة عالية للإجهادات.

صناعة الدليك

Cores manufacturing

تتعرض الدلاليك لاجهادات مختلفة أثناء صب المعادن المنصهرة في القوالب ، حيث تؤثر ضغوط المعادن المنصهرة التي تحاط بها من جميع الجهات وتعرضها للكسر أو الثني ، ومن ثم فأنه يجب أن تكون الدلاليك مصنوعة بمتانة عالية مع الجودة في نفاذية الغازات ، لذلك فأن الدلاليك تصنع من مخلوط يحتوى على رمل من أجود الأنواع ، وهو العنصر الأساسي ، مضافا إليه مواد رابطة مناسبة.

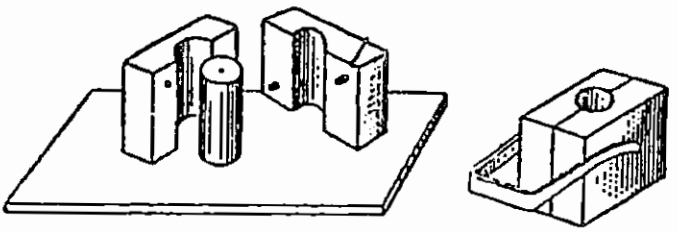
تجهز الدلاليك بإحدى طريقتين أساسيتين هما :-

تجهيز الدلاليك يدويا : Manual Cores Preparation

تستعمل صناديق لتجهيز الدلاليك المختلفة الأشكال والأحجام ، يمكن أن تكون صناديق خشبية أو معدنية . تتكون هذه الصناديق عادة من نصفين متماثلين يمكن توصيليهما مع بعضهما البعض من خلال دلائل خاصة ، ويحكم تثبيتيهما باستعمال

قامطة كما هو موضح بشكل 5 - 11 (أ).

عند تصنيع الدليك يوضع صندوق الدليك على لوحة خشبية ، ويجمع نصفي الصندوق ويحكم من خلال قامطة ، ثم يوضع مخلوط رمل الدليك من الفتحة العليا للصندوق حتى يمتلأ تماما ، ويدك جيدا ، ثم تنزع القامطة ، ويبعد نصفى الصندوق عن بعضيهما ليظهر الدليك الموضح بشكل 5 - 11 (ب).



(ب) (أ)

شكل 5 – 11

الدليك وصنـــــدوق الدليك

(أ) صندوق الدليك.

(ب) الدليك بعد تجهيزه.

ويمكن صناعة الدليك من قطعة واحدة أو من قطعتين ، كما تصنع الدلاليك ذات الأشكال الصعبة من عدة قطع ، ثم تلصق مع بعضها البعض بمواد رابطة ، بحيث تتحمل درجات حرارة العالية للمعدن المنصهر أثناء صبه بالقالب.

تجهيز الدلاليك آليا : MECHANICAL PREPATION OF CORES

تجهز الدلاليك في ورش السباكة الحديثة آليا باستخدام ماكينات خاصة لذلك ، حيث توجد ماكينات لتجهيز الدلاليك بطرق مختلفة مثل (ماكينات الكبس - ماكينات الرج (الهز) - ماكينات القذف بالرمل ، كما تستعمل ماكينات أخرى لملئ صناديق الدلاليك بطريقة نفخ الرمل.

تتميز ماكينة تصنيع الدلاليك بطريقة النفخ بإنتاجها الكمي ذو الجودة العالية.

السباكة في قوالب رملية

Sand moulds casting

للحصول على منتج معدني مصبوب عن طريق سباكة القو لب الرملية ، فانه يجب القيام بعدة عمليات أساسية هي كالآتي :-

1. تشكيل وتجهيز النموذج.
2. تجهيز القالب الرملي.
3. تجهيز الدليك .. في حالة وجود فراغ في الجزء المراد سباكته.
4. صهر المعدن.
5. صب المعدن المنصهر في القالب.
6. نزع القطعة من القالب وتنظيفها.
7. فحص المسبوكات.

تشكيل وتجهيز النموذج Pattern Preparation And Forming

يسمى أيضا بالأورنيك ، ويجهز بالشـــكل الخارجي للجزء المراد إنتاجه بالسباكة ، ويعتبر النموذج من الأمور الهامة والضرورية ، حتى ولو كان المنتج المطلوب قطعة واحدة فقط ، علما بأنه بالإمكان الحصول على عدة مصبوبات باستخدام نموذج واحد . لذلك فإن تجهيز النموذج الملائم هو الخطوة الأولى في عملية صب المعدن في القالب.

يصنع النموذج (الأورنيك) من أجود أنواع الخشب ، مثل خشب الصنوبر الأبيض ، وذلك في حالة عدم زيادة العدد المطلوب سباكته عن 30 قطعة . كما تستعمل الأخشاب الصلدة مثل خشب الماهوجني والبلوط والزان ، وذلك في حالة تجهيز 100 قالب تقريبا.

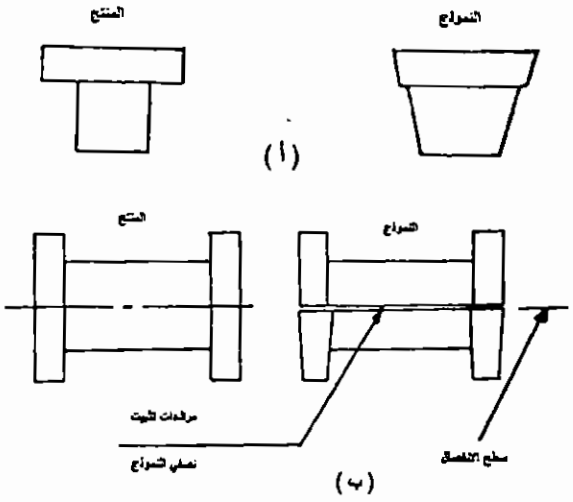
ويوصى القائمين على عمليات السباكة من ذوي الخبرات الطويلة ، إنه عند تجميع القطع الخشبية لصناعة النموذج ، أن تكون اتجاه ألياف القطع مخالفة لبعضها

البعض ، وذلك للمحافظة على شكل النموذج وعدم التوائه ، كما يفضل أن يطلى النموذج (الأورنيك) بالزيت أو بالورنيش للمحافظة عليه من الرطوبة ، بالإضافة إلى الحصول على أسطح ناعمة.

وفي حالة الإنتاج الكمي (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجا متماثلا بالجملة) فإنه يجب استخدام نماذج معدنية ، وأكثر أنواع النماذج المعدنية انتشارا هي النماذج المصنوعة من الألومنيوم.

يشكل النموذج حسب شكل وأبعاد الجزء المراد سباكته ، وذلك بعمل فجوة في القالب الرملي ، بحيث يمكن نزعه (إخراجه) من القالب بدون تحطيم أو تشويه لشكل الفجوة.

يمكن عمل النموذج (الأورنيك) من قطعة واحدة شكل 5 - 12 (أ) ، إذا كان شكل المنتج المطلوب سباكته يسمح بذلك ، ويلاحظ أن النموذج يشكل بإستدقاق .. (بزاوية ميل) وذلك لسهولة نزعه من القالب دون تشوه الفجوة ، كما يمكن تشكيل النموذج من قطعتين أو أكثر شكل 8 - 12 (ب) في حالة تعذر تشكيله من قطعة واحدة.



شكل 5 – 12

تجهيز النموذج بشكل يناسب المشغولة المراد سباكتها

(أ) نموذج من قطعة واحدة.

(ب) نموذج من قطعتين.

الشروط الواجب مراعاتها عند تصنيع النماذج :

يراعى عند تصنيع النماذج المختلفة أن تكون مطابقة لشكل وأبعاد القطع المراد سباكتها ، مع الأخذ في الاعتبار إضافة أبعاد مناسبة للسماحات (مقدار الانكماش المتوقع والزيادات الأخرى) كالآتي :-

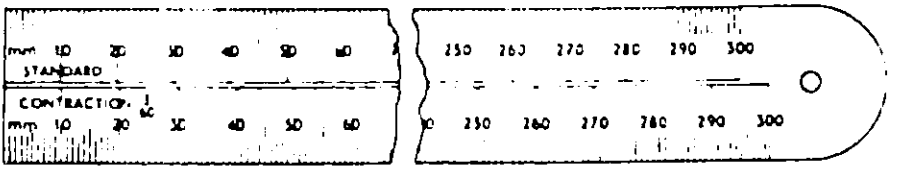
1. سماح الانكماش : Shrinkage Allowance

يجب أن يكون أبعاد النموذج أكبر قليلا من أبعاد الشكل المطلوب سباكته ، وذلك لتعويض مقدار الانكماش الذي يحدث للمعدن بعد تجمده ، ومن ثم فإن فني النماذج يوضع كل أبعاد النموذج باستخدام مسطرة خاصة تسمى بمسطرة الانكماش الموضحة بشكل 5 – 13.

مثال :

جزء مسبوك من حديد الزهر طوله متر واحد ، يتقلص بمقدار 9 ملليمتر .. هذا يعنى أن جزء طوله 1009 ملليمتر يصل طوله بعد الانكماش إلى 1000 ملليمتر .. أي واحد متر.

لذلك فإن مسطرة الانكماش في حديد الزهر تصنع بحيث يكون طولها الفعلي 1009 ملليمتر ، وتقسم المسطرة على أجزاء متساوية على أساس أن طولها متر واحد .. كما لو كانت مسطرة عادية.



شكل 5 – 13

مسطرة الانكماش

وفي حالة النحاس الأصفر ، والمعادن الأخرى فإنه يتم تعويض الانكماش في الطول على مساطر أخرى بنفس الكيفية طبقا لنسبة الانكماش بكل معدن.

فيما يلي الجدول 5 – 1 الذي يوضح الانكماش التقريبي الذي يحدث لبعض المعادن.

جدول 5 – 1

الانكماش التقريبي لبعض المعادن

المعدن	الانكماش التقريبي لكل متر	النسبة
حديد زهر	8 – 9 ملليمتر	120 : 1
صلب	16 – 18 ملليمتر	60 : 1
نحاس اصفر	16 –18 ملليمتر	60 : 1
ألومونيوم	13 ملليمتر	77 : 1

2. **سماح التشغيل** : Machining Allowance

عادة يضاف أبعاد على الأسـطح الخارجية للمشغولات المصنعة بالسباكة الرملية ، كما ينخفض أبعادها الداخلية ، وذلك لأجراء عمليات التشطيب باستخدام آلات القطع المختلفة . تختلف قيم هذه الأبعاد (قيم سماح التشغيل) المضافة على المشغولات المسبوكة ، وذلك باختلاف نوع المعدن المشكل . وبصفة عامة فإن قيمة سماح التشغيل للمسبوكات الحديدية المختلفة لكل بعد هي 3 ملليمتر ، أما قيمتها في المسبوكات الغير حديدية فهي 1.5 ملليمتر.

3. **سماح السحب** : Drawing Allowance

عند سحب (نزع) النموذج من القالب ، قد تتسبب الأسطح الرأسية في انهيار أو تشويه شكل الفجوة المشكلة ، ويمكن تلافي ذلك من خلال تصنيع الأسطح الرأسية للنموذج بزاوية ميل بسيطة ما بين 1 ــ 3 درجات) ، وذلك لتهيئة خلوص بين النموذج والقالب الرملي في اللحظة التي يبدأ فيها سحب النموذج.

4. **دوران الأركان** : Fillets

يراعى تجنب تصنيع النموذج بأركان حادة ، لتجنب انهيار القالب عند سحب النموذج . لذلك يجب تصنيع النماذج بصفة عامة بحيث تكون أركانها مستديرة.

5. **ركائز الدليك** : Core Prints

عند سباكة مشغولة بها تجويف ، فأنه يجب تشكيل دليك من الرمل له شكل وأبعاد التجويف ، مع الأخـــذ في الاعتبار الأبعاد المعادلة لحساب السماحات اللازمة ، كما يجب تزويد النموذج بركائز لكي تعمل على صنع فجوة يرتكز عليها الدليك (القلب) ، وذلك لضمان دقة وصنع الدليك بالنسبة لفراغ النموذج.

6. **سطح الاتصال** : Parting Surface

عند تصنيع النموذج المكون من جزأين يراعى اختيار سطح الاتصال بحيث يمكن تجميع كلا الجزأين مع بعضهما البعض بسهولة عن طريق مرشدات التثبيت بكل منهما.

كما يؤدى هذا السطح ، وهو سطح الاتصال والانفصال ، على إخراج كلا جزئي النموذج من القالب الرملي بجزئي الريزق بسهولة.

تجهيز القالب الرملي

Sand moulding preparation

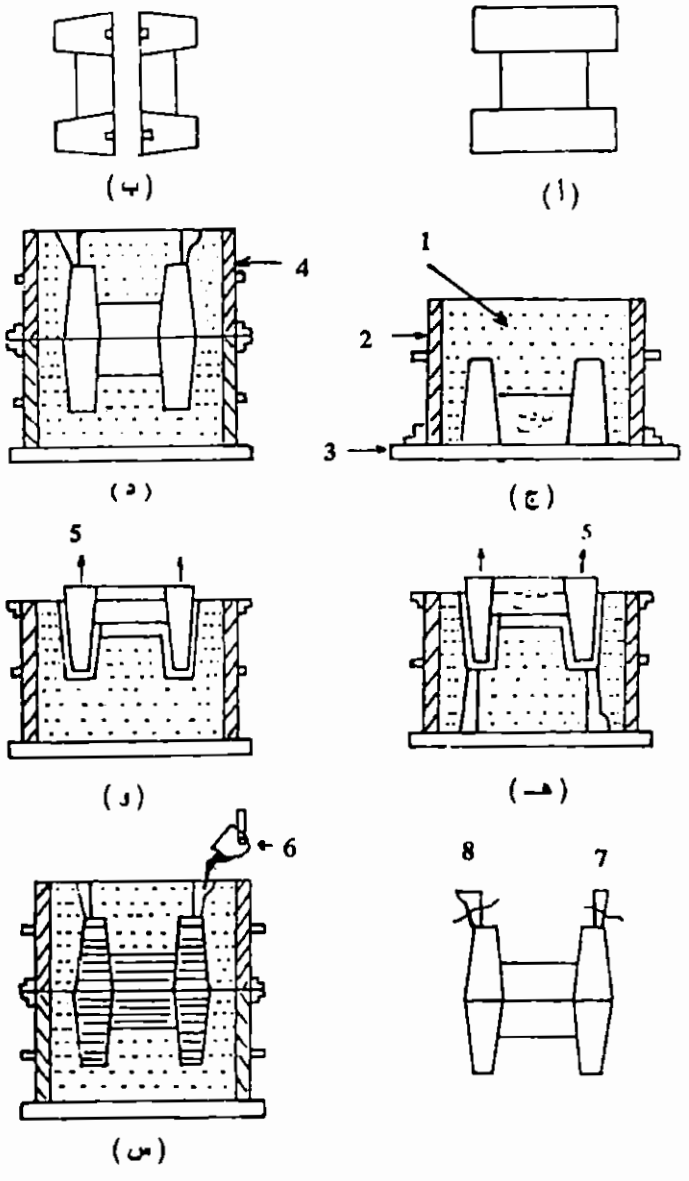
تسمى هـــذه الطريقة بطريقة السباكة في القوالب الرملية أو الختم في الريزق ، حيث تجرى عملية تجهيز القالب الرملي لإنتاج المسبوك بالشكل المطلوب باستخدام ريزق بالحجم المناسب ، بحيث لا تقل الأبعاد حول النموذج وجدران الريزق عن 50 ملليمتر ، وذلك للسماح لعملية الدك حول النموذج ، ليتماسك القالب الرملي.

يتم طبع (ختم) القالب من خلال تسلسل خطوات العمل الموضحة بشكل 5 – 14 وهى كالآتي:-

1. يوضع النصف الأسفل للنموذج على اللوحة الخشبية ، بحيث تكون في وسط الريزق تماما.

2. يوضع الرمل المستخدم في صناعة القالب في الريزق مع الدك بعناية حول النموذج وباقي الريزق ، بحيث يبدأ بالرمل الجيد وينتهي برمل المسبك المستعمل حتى يمتلئ الريزق تماما ، ويسوى سطح الريزق بعد دكه جيدا باستعمال مسطرة مستوية.
3. يرفع الجزء الأسفل للريزق بمحتوياته مع اللوحة الخشبية ويقلب بحيث يكون نصف النموذج في قمة الريزق ، وينظف السطح بفرشاة تنظيف.
4. يوضع النصف الثاني للنموذج فوق النصف الأول كما هو موضح بشكل (د) ، ويضمن انطباق جزئي النموذج اعتمادا على دلائل تثبيت النموذج ، كما يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بذلك ، ويرش السطح برمل فصل أو بمسحوق فحم.
5. توضع خشبتي المصب والمصعد في مكانيهما ، ويمكن تثبيتها بوضع كمية من الرمل حوليهما ، ويوضع الرمل داخل الجزء العلوي للريزق ، ويدك جيدا ، كما حدث في الجزء الأسفل للريزق ، حتى يصل تماسك الرمل إلى قوة التماسك المطلوبة ، ويسوى بمسطرة مستوية.
6. يرفع الريزق العلوي ، وينزع نصفي النموذج من جزئي الريزق السفلي والعلوي بحرص شديد حتى لا يتهدم الرمل كما هو موضح بشكل (هـ ، و).
7. تعالج الأجزاء التي تهدمت ، وتسوى الأسطح ويرش مسحوق الفحم الخشبي لنعومة أسطح الجزء المسبوك.
8. التأكد من عدم انسداد فتحة الصب واتصالها فجوة القالب.
9. يوضع الجزء العلوي للريزق فوق الجزء السفلي ، ويثبتان من خلال خوابير التثبيت الخاصة بالريزق.
10. توضع أثقال لمنع رفع المعدن المحتمل للجزء العلوي للريزق أثناء عملية الصب.
11. يجفف القالب في أفران التجفيف للتخلص من الرطوبة الزائدة ، وبذلك يزداد تماسكه وترتفع مقاومته للإجهادات ويكون القالب في هذه الحالة جاهز لصب

المعدن ، ومن ثم يصب المعدن المنصهر في فتحة الصب بالقالب الرملي كما هو موضح بشكل (س).



شكل 5 – 14

تسلسل خطوات تجهيز القالب الرملي بالريزق

(ا) الجزء المطلوب سباكته.

(ب) نموذج من جزأين .

1. رمل
2. الجزء الأسفل للريزق.
3. لوحة خشبية مستوية.
4. الجزء العلوي للريزق.
5. نزع نصفي النموذج من جزئي الريزق العلوي والسفلي.
6. صب المعدن المنصهر في القالب.
7. مجري الصب.
8. مجري المصعد.

أما القوالب التي تستخدم لأكثر من مرة بمعدن من سبيكة واحدة ، فيمكن صنعها من الجبس أو المصيص ، بحيث يمكن فتحها وإخراج الجزء المسبوك منها ، والاحتفاظ بها لاستخدامها في السبيكة التالية دون أن تتشوه أو تتهدم . كما تصنع قوالب مشابهة من حديد الزهر لاستخدمها في الإنتاج الكمي .. أي لعدة آلاف من المسبوكات .

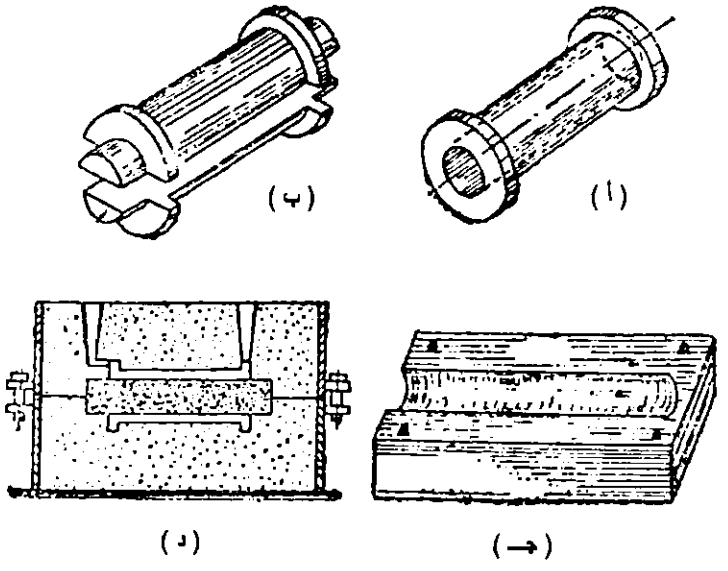
تجهيز الدليك

Preparation of core

يمثل الدليك التجويف الداخلي للقطعة المراد سباكتها ، مضافا إليها ركائز تساعد على تثبيته في مكانه داخل تجويف القالب ، لذلك فإن شكل النموذج يكون مماثلا لشكل القطعة المراد سباكتها مضافا إليها الدليك وركائزه ، حيث يتم تجهيز الدليك داخل صندوق الدليك الذي يصنع في أثناء صناعة النموذج .

يوضح شكل 5 – 15 الماسورة (أ) بها تجويف ، لذلك يجب تجهيز النموذج (ب) من جزأين بحيث يلتقيان عند السطح الفاصل بين الجزء العلوي والسفلي

بالريزق ، كما يجب صنع صندوق الدليك كما هو موضح لأحد نصفيه المتماثلين (ج) ، كما يوضح (د) القالب يحتوى بداخله على الدليك الذي يكون التجويف الداخلي للماسورة ، ويثبت بشكل أفقي .. لذلك يسمى بالدليك الأفقي ، ويكون القالب في هذه الحالة جاهز للصب بعد تجفيفه .



شكل 5 – 15

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل أفقي

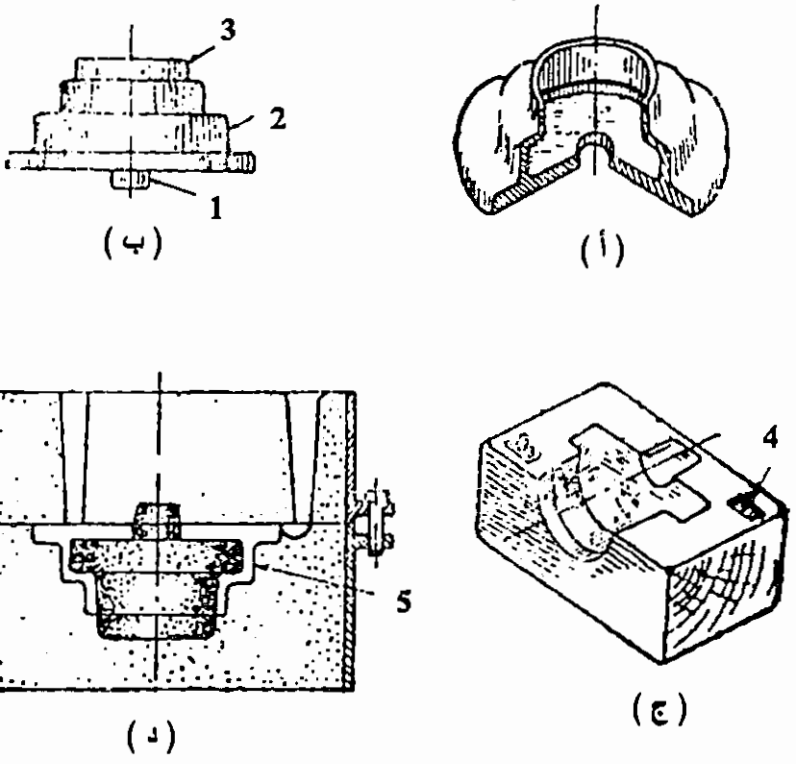
(أ) ماسورة بها تجويف .

(ب) نموذج من جزأين يحتوي علي ركائز .

(ج) أحد نصفى صندوق الدليك .

(د) القالب الرملي يحتوي بداخله علي دليك مثبت بوضع أفقي .

علما بأن الدليك يثبت في كثير من الأحيان بوضع رأسي كما هو موضح بشكل 5 – 16 الذي يوضح قطاع للجزء المطلوب إنتاجه.



شكل 5 – 16

تجهيز قالب يحتوى على دليك بشكل رأسي

(أ) قطاع في النموذج المطلوب سباكته.

(ب) النموذج المشكل ويحتوى على ركيزة الدليك.

(ج) أحد نصفى صندوق الدليك.

(د) القالب معد لصب المعدن المنصهر.

1. ركيزة الدليك السفلي.
2. النموذج.
3. ركيزة الدليك العليا.
4. مسمار تثبيت صندوق الدليك.
5. فجوة الصب للجزء المطلوب سباكته.

صـهر المعادن

Metals melting

تعتبر عملية صهر المعادن وإجراء عملية الصب بالطرق الصحيحة من أهم عناصر المسبوكات الجيدة ، حيث يجب صهر المعدن دفعة واحدة ، وليس على مراحل متقطعة ، وفصل الخبث عن المسبوكات ، كما يجب أن تتميز السبائك المستعملة بخواص جيدة .

صب المعدن المنصهر في القالب

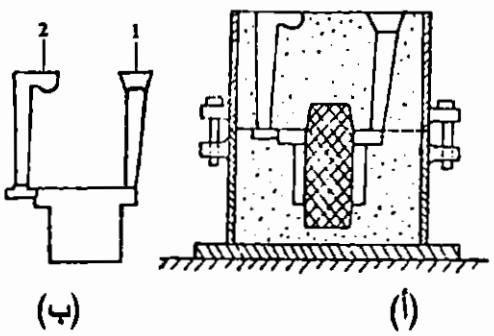
Metalscasting

يصب المعدن المنصهر في فراغ النموذج المعد بالقالب مع ملاحظة أن يكون معدل تدفق المعدن المنصهر بتغذية مناسبة ومستمرة بدون انقطاع.

نزع القطعة المسبوكة وتنظيفها

Removing and cleaning of a casted workpiece

بعد تجمد الجزء المسبوك تماما ووصول تبريده إلي الدرجة المناسبة ، يكسر القالب الرملي عن طريق ماكينات هزازة خاصة ، ويمكن الاستفادة من رمل القالب واستخدامه بعد خلطه مرة أخرى . ومن خلال تكسير القالب الرملي يظهر الجزء المسبوك المنتج ملتصقا به رؤوس التغذية (قناتي الصب والمصعد) كما هو موضح بشكل 5 – 17 ، كما يوجد على أسطحه قدرا من الرمل المحترق والملتصق به.



شكل 5 – 17

شكل الجزء المسبوك بعد خروجه من القالب الرملي

(أ) القالب الرملي .
(ب) الجزء المسبوك .
1. قناة الصب .
2. قناة المصعد .

فحص المسبوكات CASTING INSPECTION

تجرى عملية فحص للمسبوكات بعد الانتهاء من تنظيفها ، وتعتمد طريقة الفحص على الموصفات الفنية الموضوعة ، ومن الطبيعي كلما كانت المواصفات أكثر دقة .. كلما أرتفع ثمن المنتج . وتتفاوت عمليات الفحص وذلك حسب درجة أهمية المسبوكات المنتجة.

السباكة في القوالب المعدنية

Metal moulds casting

يستعمل في هـــذا الأسلوب قالب معدني ، حيث يصب فيه المعدن بصفة متكررة .. حسب العدد المطلوب إنتاجه من المصبوبات ، من هنا جاءت تسمية هذا الأسلوب بالسباكة في القوالب الدائمة .. Permanent Moulds Casting .. نسبة إلى إمكان استعمال القالب بصفة دائمة ، حيث لا يلزم إعداد قالب جديد لكل مرة يجري فيها صب المعدن كما هو الحال في سباكة القوالب الرملية ، وبذلك يصلح هذا الأسلوب في سباكة المنتجات المتكررة بإنتاج كمي.

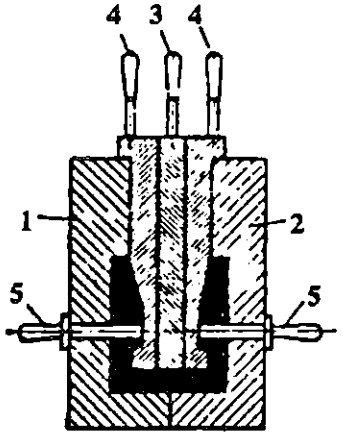
يصب المعدن المنصهر في القوالب المعدنية عن طريق الدفع تحت ضغط خارجي External Pressure ليصل المعدن المنصهر إلى فجوات القالب وثناياه ، ويستمر الضغط مسلطا حتى يتجمد المعدن المصبوب.

تستخدم القوالب المعدنية في إنتاج المسبوكات المختلفة كالزهر والصلب ، وكذلك تستخدم على نطاق واسع في إنتاج مشغولات السبائك الغير حديدية ، وتستعمل

الدلاليك المعدنية للسبائك الخفيفة مثل الألومنيوم والمغنسيوم ، كما تستعمل الدلاليك الرملية للسبائك الغير حديدية الثقيلة وكذلك الزهر والصلب.

وشكل 5 – 18 يوضح رسما تخطيطيا لقالب معدني مستخدم لإنتاج مكبس محرك سيارة من سبيكة الألومنيوم.

يتكون القالب المعدني الذي يكون الشـكل الخارجي للمسبوكة من نصفين متماثلين 1 ، 2 يفصلهما سطح الانفصال الرأسي . ويصنع الدليك الذي يمثل تجويف المكبس من ثلاثة أجزاء وذلك لسهولة نزعه من المسبوكة ، ويكون نظام الصب عند سطح إنفصال القالب ، وعند نزع أجزاء الدلاليك يسحب الجزء الأوسط وهو بشكل وتدي 3 ، ثم الجزأين 4 ، وذلك بتحريكهما إلى المنتصف ثم سحبهما إلي أعلى . ويسحب الدليكان 5 بتحريكهما في اتجاه أفقي.



شكل 5 – 18

رسم تخطيطي لقالب معدني يستخدم لسباكة مكبس محرك سيارة

1. **أحد نصفي القالب .**
2. **النصف الثاني للقالب .**
3. **أحد أجزاء الدلاليك الموضوعة بشكل رأسي .**
4. **أحد أجزاء الدلاليك الموضوعة بشكل رأسي .**
5. **أحد أجزاء الدلاليك الموضوعة بشكل أفقي .**

تصنع القوالب المعدنية من الصلب السبيكي ، وتستعمل في الإنتاج الكمي للمسبوكات الخفيفة بصف أساسية .. أي إنتاج القطعة الواحدة إنتاجا متماثلا متكررا بالجملة.

يبرد القالب عادة عند استخدامه تبريدا طبيعيا ، كما تستعمل قوالب معدنية أخرى ذات تبريدا إجباريا ، أو بتسخين موضعي كهربائي لمساواة درجة حرارة الأجزاء المختلفة من القالب.

كما تصنع القوالب المعدنية من الزهر وتستعمل في إنتاج سبائك الزهر والصلب وأيضا السبائك الثقيلة الغير حديدية . ولزيادة مقاومة القالب ولتجنب شدة تبريد المعدن السائل أثناء صبه في القالب ، تغطي الأسطح العاملة بالقالب بطبقة خاصة.

يتكون القالب المعدني من نصفين 1 ، 2 يفصلهما سطح الانفصال الرأسي. يثبت أحد نصفي القالب ، بينما يكون النصف الآخر متحرك في اتجاه أفقي بواسطة دافع . ويضبط إحكامه عند تجميعه عن طريق تجهيزات عبارة عن مسامير بارزة 3 وثقوب.

السباكة بالطرد المركزي

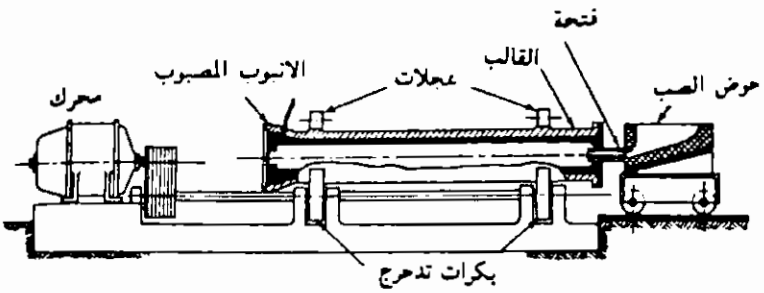
Centrifugal casting

في هذا الأسلوب يصب المعدن المنصهر بالدفع المركزي بإحدى طريقتين هما :-

1. السباكة في قالب يدور حول محور أفقي :

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر المندفع بالطرد المركزي في قالب دوار حول محور أفقي كما هو موضح بشكل 5 – 19 ، عند صب المواسير المصنوعة من الزهر ، أو عند صب المرتكزات.

تتميز هذه الطريقة بإنتاج مصبوبات ذات تخانات متجانسة.



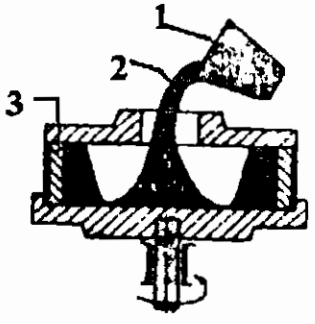
شكل 5 – 19

السباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور أفقي

2. السباكة في قالب يدور حول محور رأسي :

في هذه الطريقة يصب المعدن المنصهر في حالته السائلة في قالب يدور حول محور رأسي كما هو موضح بشكل 5 – 20.

من عيوب هذه الطريقة هو زيادة تخانة المعدن عند الجانب الأسفل للقالب ، وبذلك لا يمكن الوصول إلى تخانة متجانسة لأسطح المشغولات المنتجة بهذه الطريقة.



شكل 5 – 20

سباكة بالطرد المركزي في قالب يدور حول محور رأسي

1. بوتقة بها معدن منصهر بكمية مناسبة لحجم الجزء المطلوب سباكته.
2. المعدن المنصهر أثناء عملية الصب.
3. القالب المعدني.

يعتمد هذا الأسلوب علي القوة الطاردة المركزية لدفع المعدن إلى سطح القالب ، وبذلك يمكن الحصول علي مصبوبات ذات بنية قوية.

السباكة بالشمع الضائع

Lost wax casting

يسمى أسلوب السباكة بالشمع الضائع بعدة مسميات مترادفة مثل .. سباكة الشمع – السباكة الدقيقة – السباكة ذات النماذج المنصهرة . يستخدم هذا الأسلوب في الإنتاج الكمي للمشغولات الصغيرة من سبائك مختلفة.

يستخدم الشمع لعمل النموذج لتشكيل قالب رملي مغطي بطبقة من السيراميك ، ويتم صهر الشمع ليمكن إخراجه من القالب . وعادة تستخدم هذه الطريقة في السباكة عندما يكون شكل النموذج معقدا لدرجة عدم إمكانية استخراجه دون كسر القالب.

تعتبر سباكة الشمع الضائع من أساليب السباكة الدقيقة ، ويتميز هذا الأسلوب بسباكة المشغولات الصعبة التي يصعب تشغيلها بآلات التشغيل بالقطع بعد تجمدها ، أو التي تزداد تكلفة تشغيلها . وعادة لا تحتاج الأجزاء المسبوكة بهذا الأسلوب إلى عمليات تشغيل بالقطع ، ويمكن إجراء أقل قدر من عمليات التشطيب علي المصبوبات الهامة الدقيقة.

تشكيل المعادن بالحدادة

Metals forming by forging

تعتبر عملية الحدادة من أقدم عمليات تشكيل المعادن .. وهي أيضا من أقدم الفنون التي عرفها الإنسان ، فقد عرفت منذ أقدم العصور .. شأنها في ذلك شأن سباكة المعادن.

والحدادة تعني تشكيل المعدن على الساخن بالطرق أو الكبس لتحويله إلى الشكل والمقاس المطلوب .. أي حدوث تغيير في شكل المعدن دون حدوث تمزق ، وذلك باستغلال خاصية اللدونة في المعدن بانخفاض مقاومته عند ارتفاع درجة حرارته . ويتم ذلك باستخدام طريقتين أساسيتين هما :-

1. التشكيل بالطرق Forming By Hammering .
2. التشكيل بالضغط Forming By Press .

مميزات تشكيل المعادن بالحدادة :

تتميز المشغولات المنتجة بطرق الحدادة المختلفة عن المشغولات المنتجة المماثلة بعمليات التشكيل أو التشغيل بالقطع .. بالمميزات التالية :-

1. شدة الكثافة.
2. عدم حدوث تمزق في الألياف.
3. ارتفاع مستوى المتانة.
4. انخفاض مسام المعدن.
5. تهذيب وإنسياب الحبيبات المعدنية.
6. تحسين الخواص الفيزيائية بصورة عامة.
7. قدرة عالية على تحمل الإجهادات.
8. التوزيع المنتظم للشوائب الحبيـبية في المعدن.

9. إمكانية إنتاج مشغولات بأقل تفاوت .. الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض عمليات التشطيب النهائي ،وذلك عند استخدام طريقة الحدادة بالقوالب المغلقة.
10. تعتبر من طرق التشكيل الاقتصادية .. حيث أنها أرخص كثيرا في التكلفة.

أساليب الحدادة : forging methods

تشتمل أساليب الحدادة على الوسائل الرئيسية الآتية :-

1. الحدادة اليدوية .. الذي يتعرض إليه هذا الباب.
2. الحدادة بالمطارق الآلية.
3. التشكيل بالضغط .. باستخدام المكابس.
4. التشكيل باستخدام ماكينات الحدادة المختلفة.

يتم اختيار أسلوب التشكيل المناسب للشكل المطلوب إنتاجه .. ويتوقف ذلك على الآتي :-

(أ) الشكل المطلوب إنتاجه.

(ب) الدقة المطلوبة.

(ج) نوع الإنتاج .. (فردي أو كمي).

الحدادة اليدوية : manual forging

تعتبر الحدادة اليدوية من أقدم طرق الحدادة ، ويطلق عليها اسم الحدادة الحرة ، وسميت بهذا الاسم نظرا لتشكيل المعدن عن طريق الطرق الحر على السندان ، حيث يحدث استطالة لجوانب الجزء المعدني المراد تشكيله بين سطحين مستويين.

تعتمد الحدادة اليدوية على العدد والأدوات المستخدمة بكلتا يدي فني الحدادة ، حيث يتم تشكيل الخامة دون الاستعانة بأدوات ميكانيكية أو قوالب خاصة.

وتتم عملية تشكيل المعادن أثناء عمليات الحدادة المختلفة ، عن طريق التحكم اليدوي في المشغولات المطلوب تشكيلها ، والتي يتوقف دقتها على مهارة فني الحدادة.

تستعمل الحدادة اليدوية على تطاق ضيق ، أو للإنتاج الفردي للأجزاء الصغيرة أو في أعمال الصيانة .. وذلك لانخفاض دقتها.

ولا شـــك أن اســـتخدام الحدادة اليدوية في مراحل تنفيذ العينات الأولى ، أو في الإنتاج الفردي ، أو في إنتاج أعداد محدودة .. يكون أقل تكلفة ، وأفضل اقتصاديا من تـــصنيع قـــوالب مرتفعة التكاليف لمنتجات مازالت في المرحلة الأولى أو في مرحلة التجارب.

ويمكن تلخيص عمليات الحدادة اليدوية من خلال ارتفاع درجة حرارة المعدن في الفرن (الكور) إلى درجة الحرارة المناسبة للتشكيل ، ثم توضع الشغلة على السندان ويطرق عليها باستخدام المطارق ، كما تستخدم الملاقط والسنابك وقوالب التشكيل المختلفة ..... وغيرها ، حتى يتم التشكيل حسب الشكل والمقاس المطلوب.

أنواع الفحم المستخدم في أفران الحدادة :

Kinds Of Cool Used In Forging Furnaces

تستخدم في أفران الحدادة (الأكوار) أنواع مختلفة من الوقود الصلب (الفحم) وهي كالآتي :-

1. فحم الكوك.
2- الفحم الحجري.
3. الفحم النباتي.

العمليات الأساسية للحدادة اليدوية :

Basic Manual Forging Operations

تتم عملية تشكيل المعادن بالحدادة اليدوية من خلال مرحلة واحدة وذلك للعمليات البسيطة ، ولكن في معظم الحالات تتم على مرحلتين أو أكثر.

وتعتبر عمليات سحب وكبس المعادن من أكثر عمليات الحدادة اليدوية على الإطلاق .. فيما يلي عرض لجميع العمليات الأساسية للحدادة اليدوية.

السحب Drawing :

عملية السحب هي عبارة عن زيادة في طول المعدن مع انخفاض سمكه أو عرضه، أو انخفاض المساحة أي الطول والعرض معا .

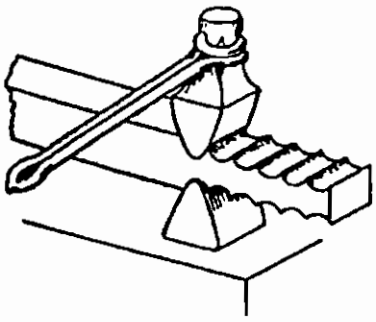
تجري عملية السحب عند تسخين المعدن على ثلاث مراحل وهي الخصر – السحب – التسوية.

الخصر Fullering :

يمكن تشكيل المعدن بخصره .. أي بعمل أخاديد (حزوز) على سطحه بإحدى العمليات التالية :-

(أ) الخصر باستخدام بلص الخصر :

يثبت قاعدة بلص الخصر في تجويف السندان ، وتوضع الخامة المراد تشكيلها بين قاعدة ووجه البلص ، ثم يطرق عليها كما هو موضح بشكل 5 – 21 . وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التجهيز للسحب.

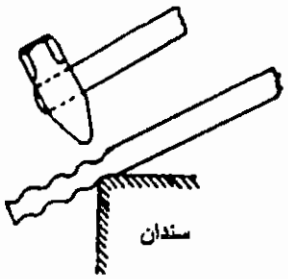


شكل 5 – 21

الخصـــر باســـتخدام بلص

(ب) الخصر باستخدام حافة السندان :

في هذه الطريقة يستخدم السندان مباشرة بدون الحاجة إلى بلص ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على حافة السندان ويطرق عليها كما هو موضح بشكل 5 – 22.



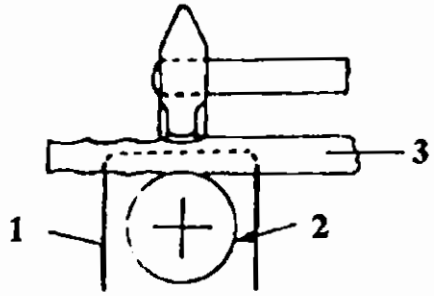
شكل 5 – 22

الخصر باستخدام حافة السندان

(ج) الخصر باستخدام قرن السندان :

في هذه الطريقة يستخدم القرن المخروطي للسندان (القرن ذو المقطع المستدير) ، حيث توضع الخامة المراد تشكيلها على القرن المستدير ويطرق عليها كما هو موضح بشكل 5 – 23.

يستخدم القرن المخروطي ذو المقطع المستدير في عملية الخصر وذلك لأن الطرق على القرن المستوي يؤدي إلى انتشار المعدن على المساحة.



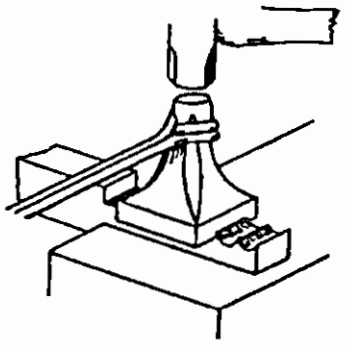
شكل 5 – 23

الخصر باســتخدام قرن السندان

1. **الســندان.**
2. **قرن السندان المستدير.**
3. **المشغولة المراد تشكيله.**

(د) السحب باستخدام بلص التسوية :

توضع الخامة السابق خضرها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل 5 – 24.

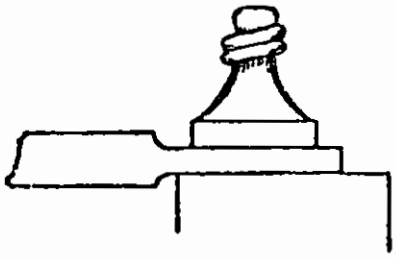


شكل 5 – 24

السحب باستخدام بلص التسوية

التسوية Flattening :

توضع الخامة السابق خصرها وسحبها على سطح السندان ، ويطرق عليها باستخدام بلص التسوية كما هو موضح بشكل 5 – 25 . وتعتبر هذه المرحلة هي المرحلة النهائية لعملية السحب.



شكل 5 – 25

التسوية

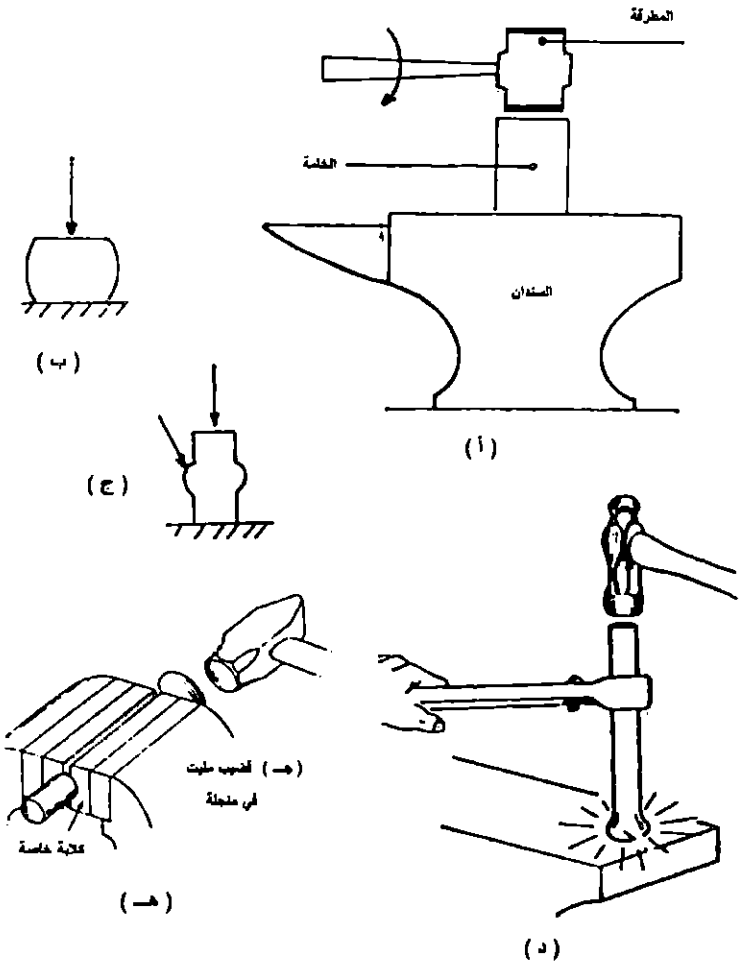
الكبس Pressing :

الكبس هو عملية لزيادة مقطع الخامة مع الانخفاض في طولها . ولتجنب انبعاج

الجزء المراد كبسه .. ينبغي أن لا يزيد طـــول الجزء المكبوس عن مرتين ونصـــف من قطره.

تجري عملية الكبس بتسخين الخامة كلها ، حيث تمســك من إحدى طرفيها بالملقاط ، وتوضع على سطح السندان بشكل عمودي ويطرق عليها حتى الوصول إلى القطر أو الشكل المطلوب .. وذلك في حالة كبس الخامة كلها.

شكل 5 – 26 يوضح نماذج مختلفة لعمليات الكبس.



شكل 5 – 26

نماذج لعمليات كبس مختلفة

(أ) الخامة قبل عملية الكبس.

(ب) كبس كلي.

(ج) كبس جزئي .. (كبس في الوسط).

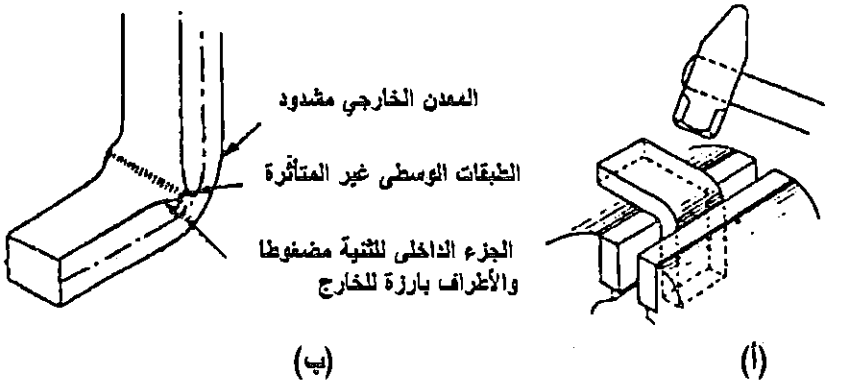
(د) كبس جزئي .. (كبس في إحدى أطراف الشغلة).

(هـ) كبس جزئي لمسمار.

الثني BENDING :

عملية الثني من العمليات الشائعة في ورشة الحدادة ، وأشكال الثني أما أن تكون على شكل منحنى أو على شكل زاوية ذات أركان حادة.

حيث أنه إذا أجريت عملية الثني على خامة ذات مقطع منتظم .. يؤدي ذلك إلى انخفاض ملحوظ في سمك الخامة عند منطقة الثني ، الذي ينتج عنه انكماش طبقاته الداخلية ، بينما تتمدد طبقاته الخارجية كما هو موضح بشكل 5 – 27.



شكل 5 – 27

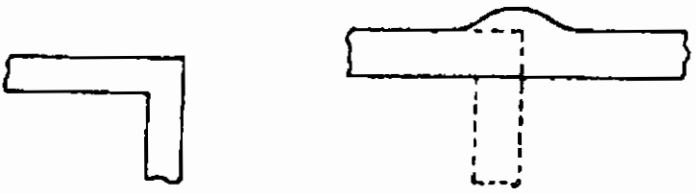
رداءة الشغلة لوجود تشوه في منطقة الثني

(أ) تثبيت الشغلة في الملزمة أثناء عملية الثني.

(ب)التأثير الخاطئ في عملية الثني.

ولإجراء عملية الثني الجيدة ، فانه يجب تجهيز الخامة لعملية الثني ، بعمل كبس جزئي لزيادة مقطع الخامة عند منطقة الثني ، ثم يجري عليها بعد ذلك عند المنطقة المجهزة عملية الثني المطلوبة كما هو موضح بشكل 5 – 28 ، حيث يعمل

المعدن الإضافي السابق تجهيزه على استكمال نقص السمك بركن الزاوية المراد تشكيلها.



(ب) (أ)

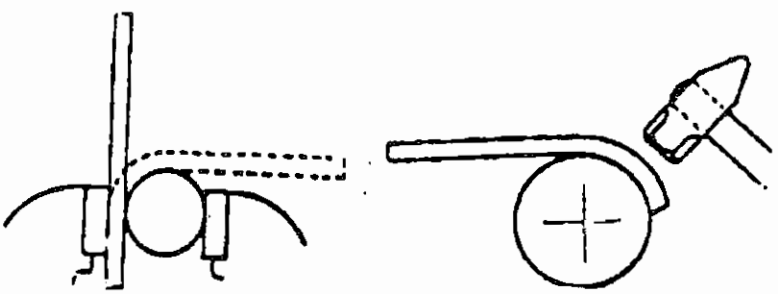
شكل 5 – 28

عملية جيـدة لثني زاوية

(أ) الشغلة التي سبق إعدادها بمليء مواضع الثني.

(ب) عملية ثني جيدة.

أما عملية الثني المستدير ، فأنه يمكن تشكيله باستخدام قرن السندان المخروطي ذو المقطع المستدير ومطرقة مناسـبة للتشكيل المطلوب كما هو موضح بشكل 5 – 29 (أ) . كما يمكن الحصول على الثني المستدير بتثبيت طرف القضيب المراد تشكيله مع قرص مستدير ذو قطر مناسب بين فكي ملزمة وباستخدام مطرقة مناسبة شكل 5 – 29 (ب) . تتم هذه الطريقة بدون الحاجة إلى عمل كبس جزئي للشغلة.



(ب) (أ)

شكل 5 – 29

عملية الثني المستدير

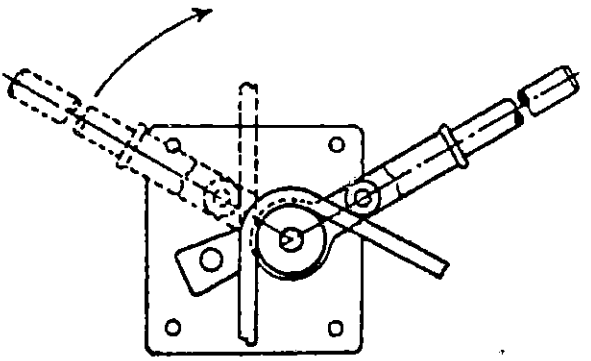
(أ) الثني المستدير باستخدام قرن السندان المستدير.

(ب) الثني المستدير باستخدام قضيب أسطواني بين فكي الملزمة.

ويفضل استخدام التجهيزة الخاصة لعمل المنحنيات الدائرية الموضحة بشكل 5 – 30 وذلك في حالة التشكيل الجيد أو في الإنتاج الكمي.

تتلخص هذه التجهيزة بوجود قرص ذو قطر مناسب وساق يدور حول محوره ، ويمكن استبدال القرص بآخر ذو قطر مناسب للمنحنى المطلوب تشكيله.

تتميز هذه التجهيزة بتشكيل المنحنيات المتشابهة مع توفير كبير في الوقت والجهد.



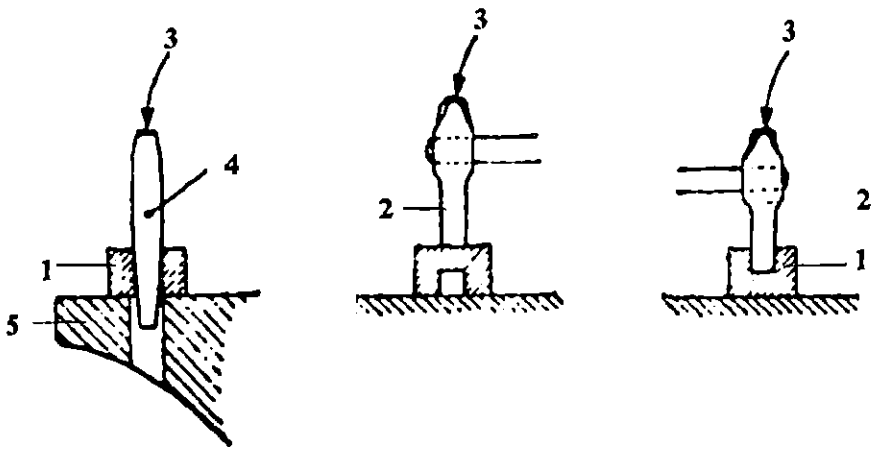
شكل 5 – 30

التجهيزة الخاصة لتشكيل المنحنيات الدائرية

الثقب Punching :

تجري عملية الثقب باستخدام السنبك الموضح بشكل 5 – 31 ، بحيث تتم هذه العملية على مرحلتين ، كل مرحلة من ناحية .. وذلك لعدم إصطدام السنبك بالسندان ، ثم يوسع الثقب باستخدام ضابط الثقب الموضح برقم 4 بالشكل بالمقاس المطلوب . بذلك يمكن عمل ثقب على شكل مستدير أو مربع أو مستدق (مسلوب) .... إلخ ، حسب شكل ومقاس السنبك النهائي المستخدم.

يستخدم السندان أو زهرة التشكيل كساند للشغلة.



شكل 5 – 31

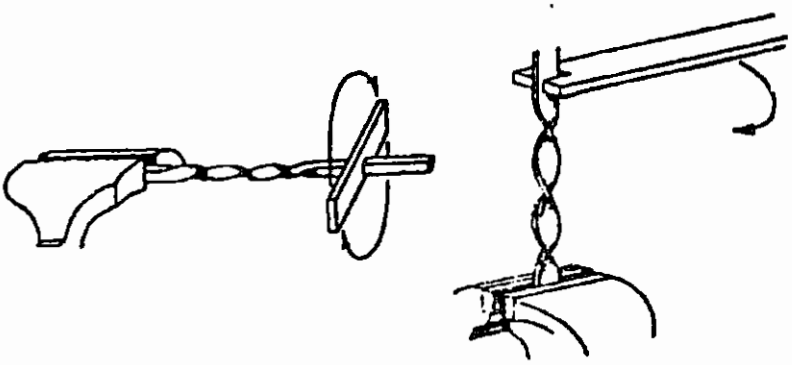
عملة الثقب باستخـــدام سنبك

1. الشغلة المراد ثقبها.
2. سنبك الثقب.
3. اتجاه الطرق.
4. ضابط الثقب.
5. سندال.

اللي Torsion :

هي عملية تشكيل قضيب معدني على البارد أو على الساخن وذلك بدوران الجزء المراد تشكيله حول محوره شكل 5 – 32.

تجري عملية اللي باستخدام وسيلة محكمة للدوران.



شكل 5 – 32

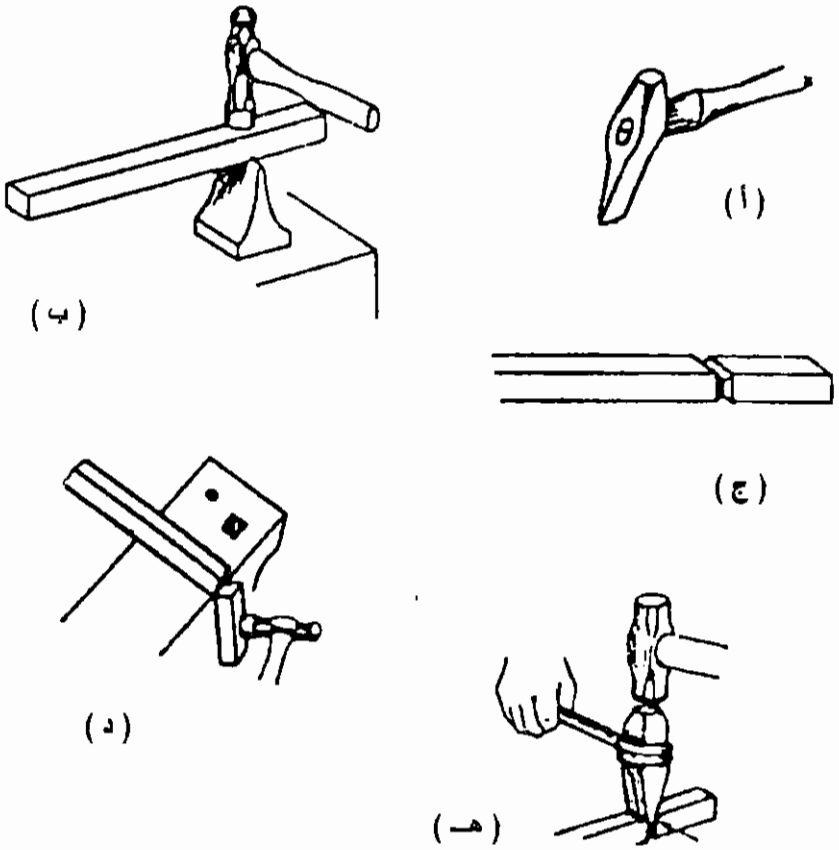
عمليـــة اللـــي

القطع Cutting :

تجرى عملية القطع على الخامات في ورشة الحدادة ، وذلك لغرض تجزئة الخام إلى أجزاء بمقاسات معينة أو لفصل جزء زائد عن الحاجة.

يستخدم لذلك المقاطع ، حيث يثبت قاعدة المقطع في السندان ، وتوضع الشغلة في المكان المحدد بين قاعدة المقطع ووجه المقطع ، ثم يطرق على القاطع باستخدام مطرقة مناسبة حتى يتم القطع (الفصل) كما هو موضح بشكل 5 – 33.

يمكن إجـــراء هذه العملية على البارد باستخدام المقطع البارد ذو الحد القاطع الذي يبلغ حده القاطع 60 ^{0} ، أو على الساخن باســـتخدام المقطع الساخن الذي يبلغ حده القاطع 30 ^{0}.



شكل 5 – 33

عملية القطع في ورشة الحدادة

(أ) مقطع ساخن ، قيمة زاوية الحد القاطع 30 ^{0} .

(ب) عملية القطع علي الساخن.

(ج) المشغولة المراد قطعها شبه جاهزة لعملية الفصل.

(د) عملية القطع النهائي (الفصل).

(هـ) عملية قطع علي البارد ، قيمة زاوية الحد القاطع 60 ^{0} .

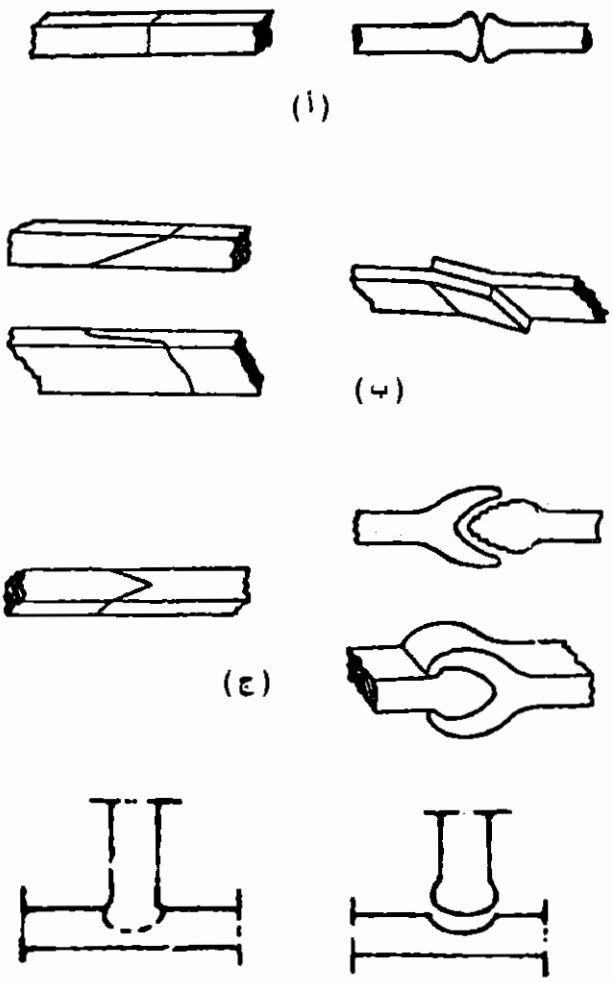
اللحام WELDING :

يسمى باللحام الحدادي أو اللحام بالطرق ، وهو يعتبر من أهم عمليات الوصل الدائم للمعادن ، حيث يتم وصل نهاية جزئين أو أكثر مع بعضهما البعض لتكوين قطعة واحدة.

تشكل أطراف المشغولات المراد لحامها بتجهيز أولي ، وذلك حسب الطريقة المستخدمة للحام.

تسخن أماكن المشغولات المطلوب لحامها إلى درجة حرارة تجعلها في حالة تعجن ، وأثناء عملية التسخين يرش سطح هذه الأماكن بالفلكس .. وهو خليط من الرمل الناعم والبوراكس ، أو يرش بالبوراكس وكلوريد الألومنيوم ، ثم توضع الأطراف المراد لحامها على بعضها البعض ويطرق عليها .. ويركز الطرق على الأماكن المطلوب لحامها حتى تتماسك تماما.

توجد عدة طرق للحام المعادن بالطرق كما هو موضح بشكل 5 – 34 كالآتي :-



شكل 5 – 34

الطرق المختلفة لعمليات اللحام بالطرق

(أ) لحام متقابل.

(ب) لحام مائل.

(ج) لحام خابور.

(د) لحام متعامد.

تشكيل المعادن بالوصل

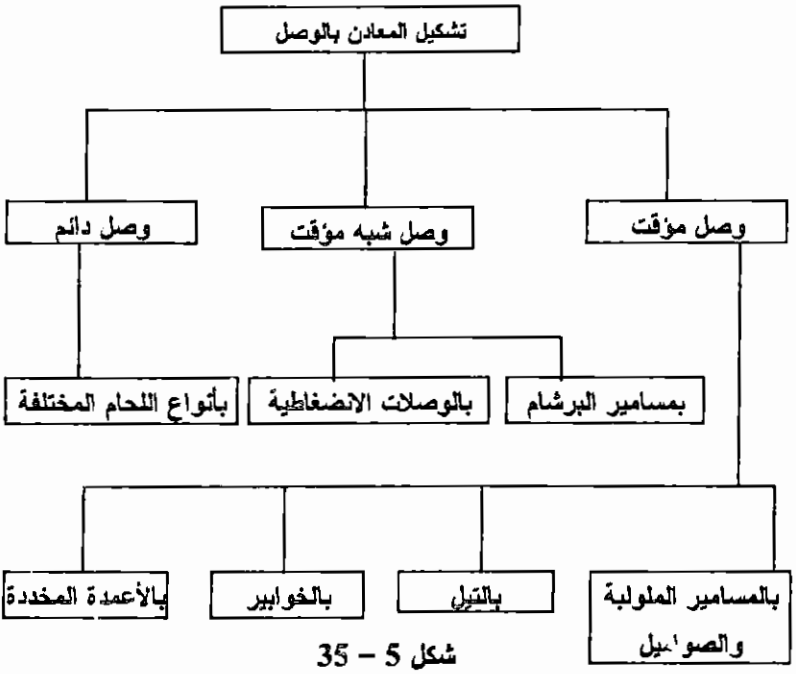
Metals forming by joining

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 بشكل 5 – 35.



شكل 5 – 35

وصل الأجزاء المعدنية المختلفة

أولا : الوصل المؤقت Temporary Joining

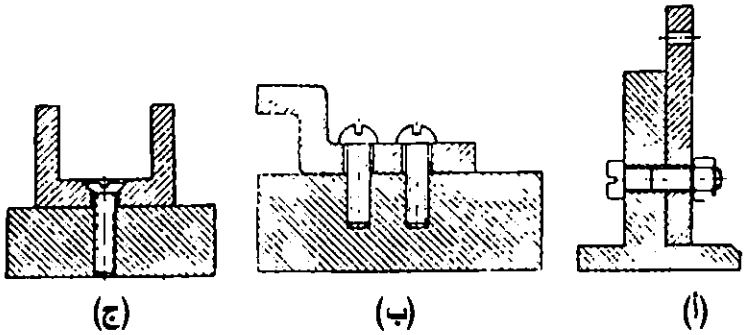
تعتبر طريقة الوصل المؤقت من أحد أهم طرق الوصل الميكانيكية . تستخدم هذه الطريقة في إنشاء الكباري الحديدية – خطوط السكك الحديدية – خطوط أنابيب المياه البترول – المركبات – الآليات الميكانيكية المختلفة .... وغيرها . وتتم هذه الطريقة من خلال عناصر الوصل المختلفة التالية :-

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 كما هو موضح بشكل 5 – 36 من خلال ربطهم جيدا .



شكل 5 – 36

الوصلات الخالية من وسائل الزنق

(أ) التوصيل بمسمار ملولب برا أسطواني وصامولة .

(ب) التوصيل بمسمار ملولب برأس نصف دائري ،

(ج) التوصيل بمسمار ملولب برأس غاطس .

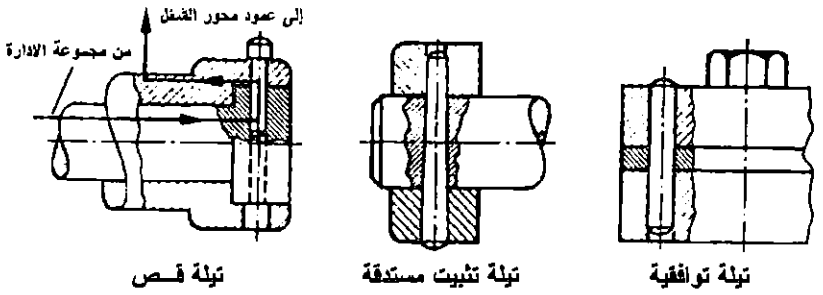
الوصل بالتيل Joining By Pins :

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 .

يمكن تقسيم التيل إلى الأنواع الثلاثة المموضحة بشكل 5 – 37 كالآتي :-

1. تيلة توافقية FIT PINS.
2. تيلة تثبيت FIXING PINS.
3. تيلة قص SHEARING PINS.

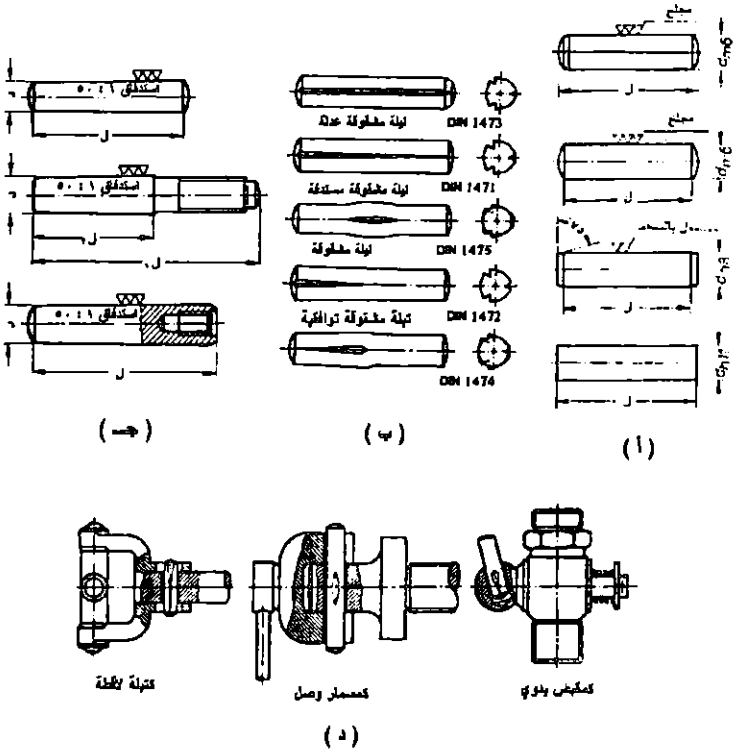


شكل 5 – 37

أنواع التيل

يوجد أشكال ومواصفات لتيل الوصل المختلفة . يتوقف اختيار الشكل والموصفة المناسبة على الغرض من الاستخدام وطريقة التثبيت وتكاليف الإنتاج.

شكل 5 – 38 يوضح أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها .



شكل 5 – 38

أشكال مختلفة من التيل وبعض استخداماتها

(أ)تيل أسطوانية .

(ب) تيل أسطوانية مشقوقة إيلاجية .

(ج) تيل مستدقة .

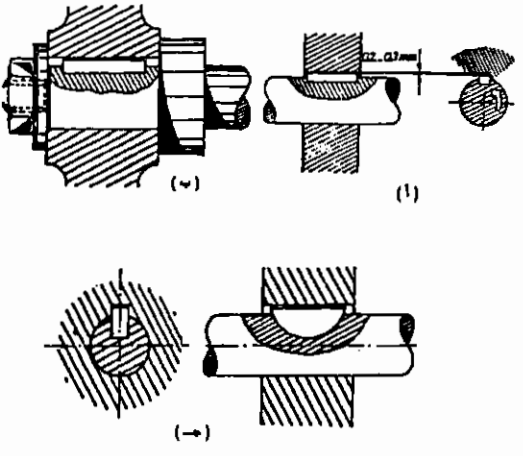
(د) أمثلة علي استخدامات التيل المستدقة .

الوصل بالخوابير Joining By Wedges:

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 الأجـزاء الدوارة مع بعضها البعض ، وعدم دوران أي جزء دون دوران الجزء الآخر معه .

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 – 39 هما:-



شكل 5 – 39

بعض نماذج لوصلات الخوابير المتوازية

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

ثانيا : الوصل غير الدائم

يمكن الحصول على الوصل شبه مؤقت للأجزاء المكنية المختلفة بإستخدام مسامير برشام كالآتي :-

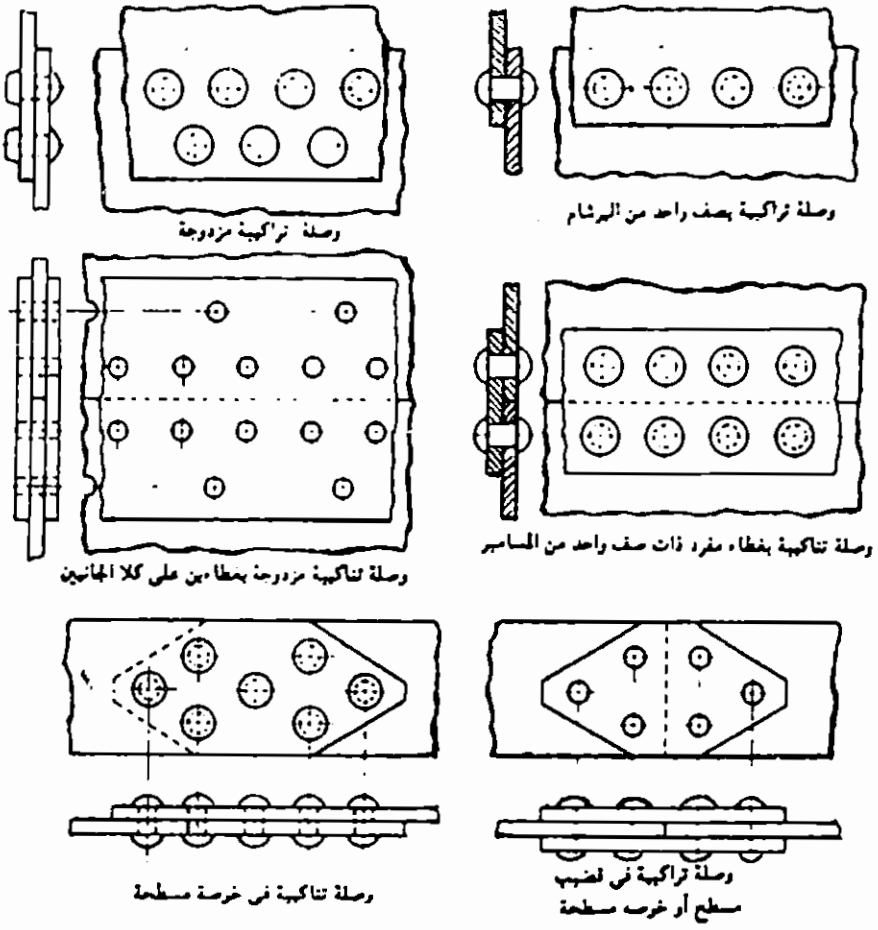
الوصل بمسامير البرشام Joining With Rivets:

تستعمل هذه الطريقة في وصل الأجزاء وتجمعها مع بعضها البعض باستخدام مسامير البرشام ، لإنتاج مشغولات لا يمكن تصنيعها بالطرق العادية مثل الجملونات ، الكباري الحديدية ، تثبيت الكمرات .. كما تستخدم مسامير البرشام في العديد من الوصلات .

تتم عملية الوصل بهذه الطريقة بعمل الثقوب في الأجزاء المطلوب وصلها ببعضها البعض ، حيث توضع مسامير البرشام في الثقوب ، ويطرق على رؤوس المسامير باستخدام مطرقة يدوية مناسبة أو باستخدام إحدى آلات البرشمة الميكانيكية أو الكهربائية ، 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 كما هو موضح بشكل 5 – 40 ، فإنشاء الصهاريج مثلا يحتاج إلى نوع من وصلات البرشام التي تؤدي إلى الإحكام الشديد مع منع تسرب السوائل.



شكل 5 – 40

بعض أنواع وصلات البرشام

الوصل الدائم Permanent Joining :

الوصل الدائم يتمثل في اللحام بأنواعه المختلفة التي تجرى على الأجزاء المعدنية لتوصيلها ببعضها البعض توصيلا متينا ، 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.

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 :

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام القصدير .. (اللحام الرخو).

(ب) لحام المونة .. (اللحام الصلد).

2.اللحام بالانصهار :

يشتمل على الآتي :-

(أ) اللحام بالغاز.

(ب) اللحام بالقوس الكهربائي.

(ج) اللحام بالثرميت.

3.اللحام بالضغط على الساخن :

يشتمل على الآتي :-

(أ) لحام الحدادة.

(ب) لحام المقاومة الكهربائية.

اللحام بالسبائك غير الحديدية :

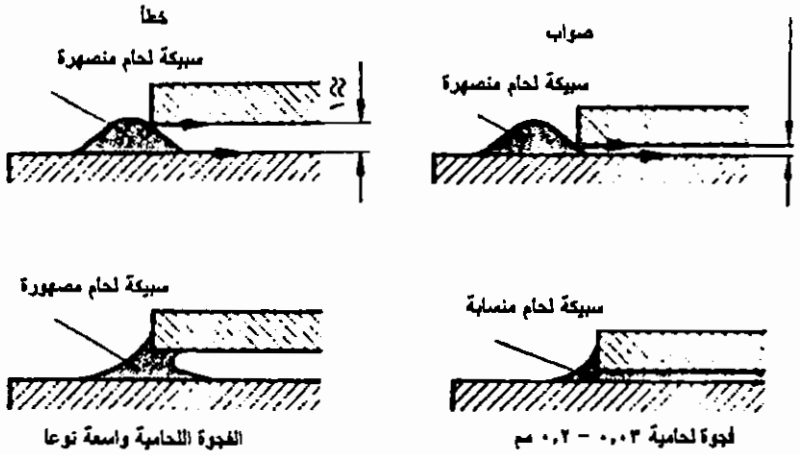
اللحام بالسبائك الغير حـــديدية يعني اللحام بالسبائك اللدنة مثل القصدير والنحاس ، ويعتبر اللحام بالسبائك الغير حديدية من الوصلات الدائمة . يمتاز هذا النوع من اللحام برخص ثمنه وبساطته بالمقارنة بأنواع اللحام الأخرى.

ينقسم اللحام بالسبائك الغير حديدية إلى نوعين أساسيين هما :-

1. اللحام بالقصدير.
2. اللحام المونـــة.

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

الوصلات التي يتم لحامها بالقصدير تكون ذات متانة أكثر كلما انخفض سمك سبيكة اللحام ، بشرط توفر الظروف المناسبة لعملية اللحام . شكل 5 – 41 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 – 41

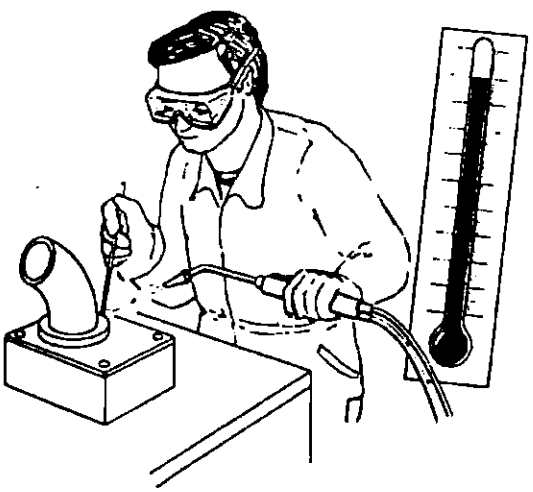
الطرق الصحيحة والخاطئة للحام

وانسياب السبيكة بفعل التأثير والتجاذب الشعري

اللحام بالمونة (اللحام الصلد) : Brazing

لا يختلف هذا النوع من اللحام عن اللحام الرخو (اللحام بسبيكة القصدير) .. إلا أن عمليـة 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 يـوجه إلـى مـنطقة الوصل كما هو موضح بشكل 5 – 42 ، حيث تسخن أطراف الوصـلة إلى درجة متوسطة فقط ، ثم يصهر بين طرفي الوصلة سبيكة أخرى درجة انصهارها أعلى من درجة انصهار الأجزاء المطلوب وصلها ، وتقوم هذه السبيكة ببلل طرفـي الوصـلة ، وتنساب السبيكة المنصهرة بالحيز السطحي بطرفيها وتندمج مع ذرات سطحيها ، ويحدث الوصل بعد انتقال السبيكة من حالة السيولة إلى حالة التجمد.



شكل 5 – 42

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.

مساعدات اللحام : Fluxes

تتحد المعادن أثناء تسخينها بأكسوجين الهواء ، مما يؤدي إلى تكون أكاسيد 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 إلى المشغولة ، 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 اختيار 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 .. وبالتالي الاقتصاد في الأيدي العاملة.
4. انخفاض زمن التشكيل.
5. إمكانية وصل المعادن الغير متماثلة.
6. تحمل الاجهادات العالية.
7. تكاليف معتدلة.

اللحام بغاز الاكسي إستيلين

Oxy – acetylene welding

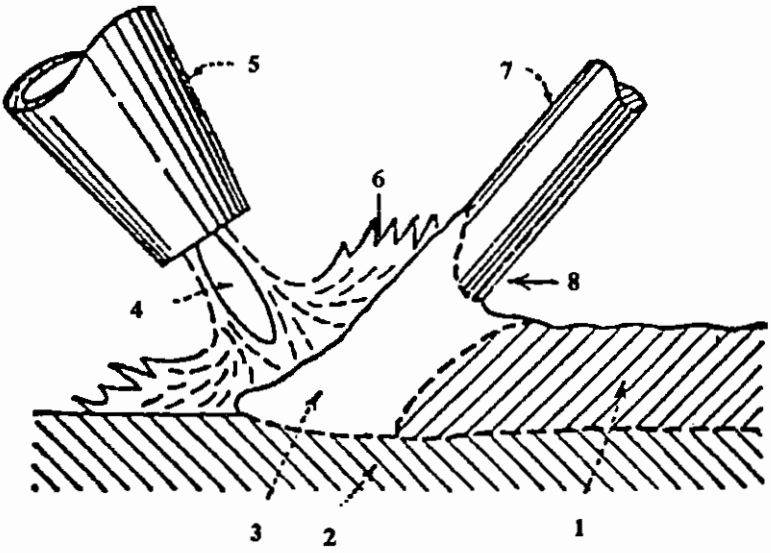
اللحام بالغاز يسمى أيضا اللحام الذاتي ، حيث تنصهر المعادن عند موضع اللحام بلهب شديد الحرارة لأحد غازات الاحتراق مثل الاستيلين – الهيدروجين – البروبين – الغاز الطبيعي (غاز الاستصباح).

ويستخدم في اللحام غاز الاستيلين بالدرجة الأولى وذلك لمميزاته العديدة مثل ارتفاع شدة حرارة لهبه – ارتفاع سعته الحرارية – فضلا عن سهولة تحضيره وانخفاض تكاليفه.

تصهر الأجزاء المراد وصلها باللحام باستخدام اللهب الناتج عن احتراق خليط غاز الاستيلين والأكسوجين . ويسمى اللحام في هذه الحالة بلحام الاكسي استيلين . تصل درجة الحرارة المتولدة من هذا الخليط إلى حوالي 3300°م.

تجري عملية اللحام بإعـداد أطراف الأجزاء المراد وصلها بالشكل المطلوب ، وتنظيفها جيدا ، ثم يسخن موضع اللحام حتى ينصهر المعدن المعرض له ، وحينئذ يضاف سلك حشو من مادة تشبه المعدن الأصلي على هيئة سيخ لحام ينصهر طرفه كما هو موضح بشكل 5 – 43 وبفعل شدة حرارة اللهب ، ينصهر طرف سلك اللحام ويختلط مع المعدن المنصهر حتى يمتلئ الفراغ المجهز في منطقة اللحام.

يبعد اللهب وتترك وصلة اللحام حتى تتجمد ، بذلك يتم وصل الأجزاء المراد لحامها اتصالا دائما .. أي بوصلة اللحام المطلوبة.



شكل 5 – 43

اللحام بلـــهب الاكـــسي استيلين

1. معدن اللحام المتجمد.
2. معدن الشغلة الأساسي.
3. معدن اللحام المنصهر.
4. المخروط المضيئ ويسمي أيضا بمنطقة النواة أو بالشمعة المضيئة أو بالسهم المضئ.
5. فوهة المشعل.
6. غلاف اللهب.
7. سلك اللحام.
8. اتجاه اللحام.

لهب الاكسي استيلين

Oxy – acetylene flame

لهب الاكسي استيلين هو لهب ناتج عن احتراق غازي الاستيلين والأكسوجين بنسبة 1 : 2.5 ، أي أنه يلزم لحرق جزء واحد من الاستيلين بصورة تامة جزأن ونصف من الأكسوجين ، أما الأكسوجين النقي المستعمل من الأسطوانة فيكون نسبته حوالي 1 ــ 1.2 ، يضاف إليه من 1.3 ــ 1.5 أكسوجين مستمد من الهواء الجوي.

ولتحقيق أعلى طاقة حرارية ممكنة عند إجراء عمليات اللحام المختلفة ، تضبط صمامات غازات الأكسوجين والاستيلين بمشعل اللحام (بوري اللحام) ، وذلك للتحكم في خليط غاز الاكسي استيلين للحصول على اللهب المناسب في عملية اللحام.

تضبط صمامات مشعل (بوري) اللحام بالضبط العادي أو ما يسمى بالضبط المتعادل عند خلط الأكسوجين مع الاستيلين بنسبة 1 : 1 إلى 1 : 1.2 وذلك للحصول على أعلى طاقة حرارية ممكنة.

أنواع لهب الاكسي استيلين : types of oxy – acetylene flame

يتكون عند استعمال الخليط الغازي شعلة من اللهب ، قد يكون هذا اللهب متعادل ، مؤكسد ، مكربن ، وذلك حسب نسبة الأكسوجين إلى الاستيلين ، وشكل 5 – 44 يوضح رسم تخطيطي لبنية لهب اللحام المعتاد الذي يتركب من ثلاثة مناطق وهم كالآتي :-

1.منطقة النواة :

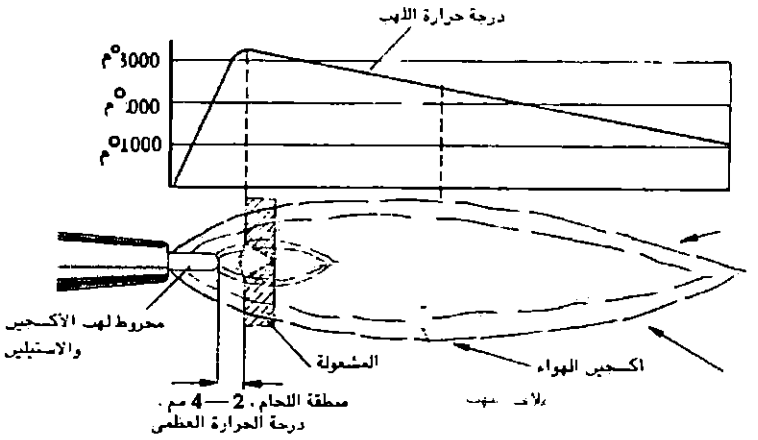
تسمى هذه المنطقة بالشمعة ، أو بالسهم المضيء ، أو بالقلب الغازي .. وهي عبارة عن خليط من الجزيئات المتوهجة للاستيلين والأكسوجين ، لونها أبيض خاطف.

2.المنطقة المختزلة :

تسمى هذه المنطقة أيضا بمخروط اللهب .. وهي تحيط بالمنطقة السابقة (منطقة النواة) ، وهي على شكل هالة زرقاء اللون ، مكان هذه المنطقة على بعد 3 إلى 5 ملليمتر من المركز ، حيث تتولد بها أقصى درجة حرارة ، ويستعمل لهب هذه المنطقة في صهر المعادن.

3.المنطقة المؤكسدة :

تسمى هذه المنطقة أيضا بالمنطقة الخارجية للهب ، أو اللهب الشارد .. وهي تحيط بالمنطقين الداخليتين 1 ، 2 . لون هذه المنطقة أصفر مائل إلى الاحمرار.



شكل 5 – 44

رسم تخطيـــطي الاكسي استيلين

مميزات اللحام بالاكسي استيلين :

يتميز غاز الاستيلين على الغازات الأخرى بالمميزات التالية :-

1. يعطي لهب بأعلى درجة حرارة ممكنة.
2. إمكانية لحام العديد من المعادن الحديدية والغير حديدية.
3. سهولة نقل معدات اللحام إلى أي مكان.
4. يخفض من الاجهادات الداخلية من خلال انتقال الحرارة إلى أكبر مساحة للمشغولة أثناء لحامها.
5. تكاليفه منخفضة.

ملاحظـة هامة :

عـــند إشـــعال بوري اللحام يجب فتح صمام الأكسوجين أولا ، ثم صمام غاز الاستيلين أثـــناء اقتراب الفوهة من مصدر الاشتعال.

ويحدث العكس عند غلق شعلة مشعل (بوري اللحام) ، أي يغلق صمام الاستيلين أولا ، ثم يغلق صمام الأكسوجين.

القطع بلهب الاكسي استيلين

Cutting with oxy - acetylene flame

تجرى عملية القطع بلهب الاكسي استيلين بمبدأ أكسدة الجزء المراد قطعه ، ويتم ذلك باستخدام مشعل قطع (بوري قطع) يشبه بوري لحام ، إلا في اختلاف بسيط في بوري القطع ، وهو إضافة وصلة لغاز الأكسجين.

تبدأ عملية التسخين للجزء المراد قطعه حتى الوصول إلى درجة حرارة عالية ، ثم يفتح غاز الأكسوجين (الوصلة الإضافية) ، لتولي عملية القطع عن طريق أكسدة الجزء الساخن ، ونزعه من مكانه بتأثير مرور الغاز ، حيث تطرد الأجزاء المنفصلة في صورة برادة محترقة كشرر متناثر ، ويحرك بوري القطع ببطء ليتم القطع على طول خط التحرك.

شروط القطع باللهب : Rules Of Flame Cutting

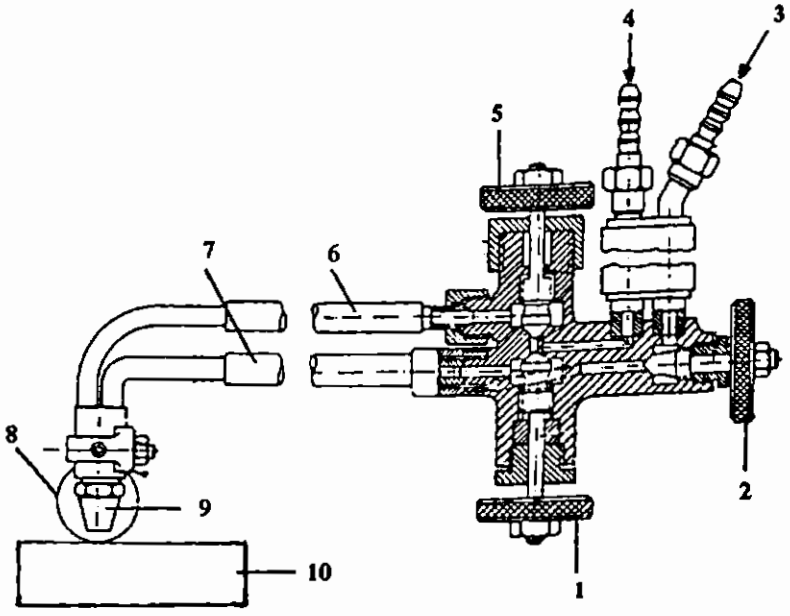
لتنفيذ عمليات القطع بنجاح ، فإنه يجب إتباع الإرشادات التالية :-

1. تسخين نقطة البداية حتى الوصول إلى درجة الاحمرار ، تمهيدا لدفع الأكسوجين النقي (أكسوجين القطع).
2. الاحتفاظ بدرجة الاحمرار الدائم طول مدة القطـــع ، وذلك بالاستمرار في التسخين ، بشرط ألا يكون هذا التسخين سطحيا فقط ، بل يجب أن يكون التسخين بكامل سمك المعدن المراد قطعه.
3. يجب أن تكون فوهة المشعل قريبة جدا من منطقة القطع ، بحيث تكون المسافة بينهما ما بين 3 ــ 4 ملليمتر ، وتظل هذه المسافة ثابتة حتى الانتهاء من عملية القطع.
4. تتوقف عملية القطع عند هبوط درجة الحرارة في منطقة التأثير ، ولا تستأنف إلا بعد رفع درجة حرارة الجزء المراد قطعه إلى درجة حرارة بداية القطع.
5. يجب أن تكون الحرارة المتولدة من الاحتراق كبيرة .. بحيث تتناسب كمية الأكسوجين المستعملة مع سمك المعدن المراد قطعه.

مشعل القطع : Cutting Torch

يتشابه مشعل القطع الموضح بشكل 5 – 45 مع مشعل اللحام باختلاف إضافة وصلة للأكسوجين النقي الذي يسمى بأكسوجين القطع.

يعمل هذا المشعل على مرحلتين ، الأولى هي تقديم التسخين اللازم للجزء المراد قطعه مسبقا ، أما المرحلة الثانية فهي دفع الأكسوجين النقي إلى موضع التأثير لإنجاز عملية القطع.



شكل 5 – 45

مشـــعل القطـــع

1. صمام تحكم في غاز الأكسوجين النقي.
2. صمام تحكم في غاز الاستيلين.
3. دخول غاز الاستيلين.
4. دخول غاز الأكسوجين.
5. صمام تحكم في غاز أكسوجين القطع.
6. ماسورة غاز أكسوجين القطع.
7. ماسورة الغاز المخلوط بين الأكسوجين والاستيلين.

8. عجلة لسهولة التحرك على سطح المعدن ، ولضمان عدم تغيـير البعد بين فوهة المشعل وسطح القطع.
9. رأس القطع .. (فوهة البوري).
10. المشغولة.

زود مـشعل القطـع عند الفوهة بعجلة لحفظ البعد بين المشعل والجزء المراد قطعه مع توجيهه توجيها سليما.

يمكن أن تتم حركة البوري أثناء عملية القطع عن طريق الحركة اليدوية أو عن طريق تجهيزات ووسائل ميكانيكية.

عمليات قطـع المعادن باللهب : Processes Of Metals Cutting With Flame

قبل البدء في عمليت قطع المعادن بالأشكال المطلوبة ، يجب اختيار مقاس رأس القطع (فوهة البوري) ، بحيث تتناسب مع سمك المعدن المراد قطعه ، ومن الطبيعي اختيار رأس بمقاس أكبر كلما زاد سمك المعدن.

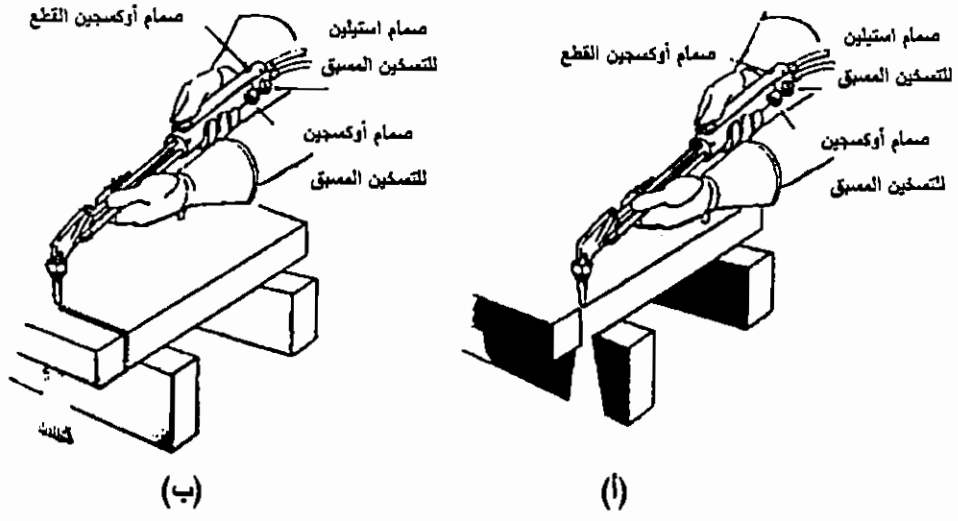
ويمكن قطع المعادن بأشكال مختلفة يدويا أو بتجهيزات ميكانيكية . واكثر عمليات قطع المعادن باللهب هي القطع المستقيم والقطع الدائري .. وفيما يلي عرض لهذه العمليات.

تجرى عملية قطع المعادن الحديدية في خط مستقيم باتباع الخطوات التالية:-

- مراجعة مشعل القطع والتأكد من أن رأس القطع بمقاس يتناسب مع سمك المعدن المراد قطعه.
- مراجعة منطقة القطع بحيث تكون واضحة المعالم ، أو رسم خطوط على سطح المعدن للجزء المراد قطعه.
- يشعل بوري القطع ، ويـبدأ بتسخين نقطة البداية من أحد أطراف السطح المعدني، من خلال توجيه فوهة البوري إلى منطقة القطع بالوضع الصحيح كما هو موضح بشكل 5 – 46 (أ) ، بحيث تكون المسافة بين فوهة البوري وسطح المعدن ما بين 3 ـ 4 ملليمتر ، ويشكل اللهب مع منطقة القطع

زاوية قدرها 90° ، ويميل البوري بزاوية قدرها خمس درجات تقريبا في اتجاه سير القطع.

- تسخن منطقة البداية إلى أن تصل إلى درجة الاحمرار.
- السماح للأكسوجين النقي الخاص بالقطع بالاندفاع من فوهة البوري ، وينتظر حتى يشق المعدن من تلك البقعة الصغيرة.
- تحريك البوري بسرعة مناسبة وثابتة ، مع الاستمرار في عملية القطع على طول الخط المرسوم كما هو موضح بشكل 5 – 46 (ب).



شكل 5 – 46

القطع في خط مستقيم

(أ) الوضع الصحيح لبدء عملية القطع.

(ب) استمرار عملية القطع.

اللحام بالقوس الكهربائي

Electric arc welding

يسمى أيضا باللحام بالكهرباء ، وهو أحد أنواع اللحام بالصهر . تتميز طريقة اللحام بالقوس الكهربائي على سائر الطرق الأخرى في عمليات اللحام بمميزات عديدة، لذلك فإن انتشارها يبلغ نحو 90 % من مجموع طرق اللحام بالصهر.

في هذه الطريقة يتم تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية تؤدي إلى صهر موضعي للأطراف المراد توصيلها لإجراء عملية اللحام المطلوبة.

تتولد الحرارة اللازمة لتسخين وصهر الأطراف المراد لحامها عن طريق قطبين ، أحدهما الإلكترود الذي يتمثل في سلك اللحام ، والآخر هو الجزء المراد لحامه ، ومن خلال الحرارة الشديدة المتولدة من القوس الكهربائي ، يحدث تسخينا سريعا يؤدي إلى انصهار الالكترود والأجزاء المراد وصلها ، ويتم الالتحام عندما تنخفض درجة الحرارة وتتجمد منطقة التأثير ، حيث تتكون ما يسمى بدرزة اللحام.

مبدأ عمل القوس الكهربائي: Working Principle Of Electric Arc

يولد القوس الكهربائي درجة حرارة عالية تصل إلى 3200 ° ، هذه الحرارة تكفي لانصهار موضعي للأطراف المعدنية المراد وصلها ، ومبدأ عمل القوس هو إحداث تفريغ عند مرور تيار شديد من الإلكترونات عبر الثغرة الضيقة بين الالكترود (سلك للحام) والجزء المراد لحامه.

ونتيجة لمرور الإلكترونات بسرعة عالية واصطدامها بذرات الهواء أو الغازات الموجودة في الثغرة ، وكذلك الاصطدام بالمشغولة ، تتولد نتيجة لذلك حرارة شديدة تكفي لصهر الالكترود والأطراف المراد وصلها ، وبذلك تمتلئ الفجوة المشكلة بمنطقة الوصل ، وتتم عملية اللحام.

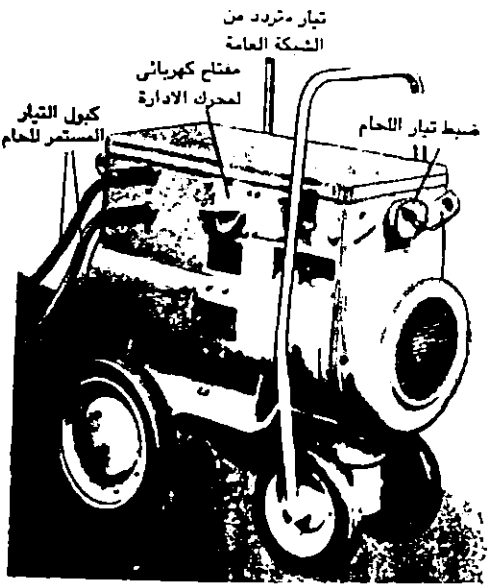
أنواع اللحام بالقوس الكهربائي : Types Of Electric Arc Welding

تعتبر طريقة اللحام بالقوس الكهربائي هي أحد أنواع اللحام بالصهر ، حيث يستخدم لهذا الغرض التيار الكهربائي بنوعين أساسيين هما :-

أولا : استخدام التيار المستمر Using D.C.

تسمى هذه الطريقة باللحام بالأقطاب الكربونية ، ويستخدم لهذا الغرض تيار مستمر من خلال محول كهربائي موضح بشكل 5 – 47 لتحويل التيار المتغير .. (المتردد) إلى تيار مستمر .

يتكون المحول الكهربائي من محرك كهربائي يعمل بجهد الشبكة 220 أو 380 فولت ، ومولد كهربائي ينتج تيار مستمر . المحرك والمولد مركبان داخل بدن واحد ، ويمكن ضبط تيار اللحام من خلال مقبض يدوي .



شكل 5 – 47

محول كهربائي لتحويل التيار المتغير إلى تيار مستمر

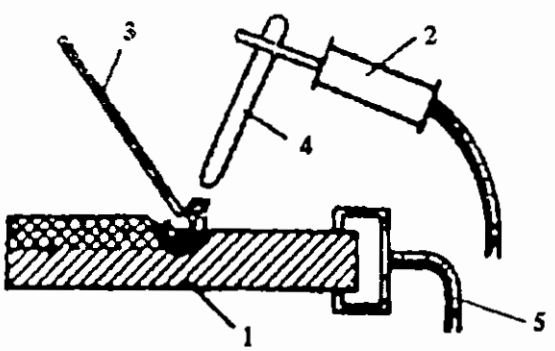
يجري هذا النوع من اللحام عن طريق استخدام أقطاب كربونية ، وأسلاك لحام حشو كما هو الحال في اللحام بالغاز، وتتم عملية اللحام بالقوس الكهربائي باستخدام

التيار المستمر، كما هو موضح بشكل 5 – 48 باتباع الخطوات التالية:-

1. يوصل الكبل (سلك موصل للكهرباء ذو قطر كبير) وهو القطب الموجب 5 للتيار المستمر المولد من المحول للجزء المراد لحامه 1.
2. يوصل سلك القطب السالب بالقطب الكربوني 4 ، وقمطه من خلال المقبض المعزول 2 ، وظيفة القطب الكربوني لا تعدو عن كونها طرفا في قوس يتولد عنه طاقة حرارية عالية فقط.
3. يستخدم الإكترود (سلك اللحام) 3 للحشو ، الذي ينصهر نتيجة للحرارة العالية المنبعثة من القوس ويتساقط ليملأ الفراغ المجهز بالجزئين المراد وصلهما ، وبذلك يختلط الجزء المنصهر من سلك اللحام مع أطراف المعدن المنصهر في منطقة التسخين ، مكونا على المشغولة ما يسمى بدرزة ، وتتم عملية الوصل باللحام عندما تتجمد المادة المنصهرة بمنطقة التسخين.

يستخدم قطب من الكربون عند اللحام بالقوس الكهربائي في حالة التيار المستمر ، كما يمكن استخدام قطب من الجرافيت . تتميز أقطاب الجرافيت على أقطاب الكربون بارتفاع معامل التوصيل الكهربائي ، وطول عمرها.

تصنع هذه الأقطاب بأقطار تتراوح ما بين 8 ــ 30 ملليمتر ، وطوليا ما بين 200 ــ 300 ملليمتر.



شكل 5 – 48

اللحام اليدوي باستخدام الأقطاب الكربونية

1. الجزء المراد لحامه.
2. ماسك .. (مقبض معزول).
3. سلك لحام .. (الكترود).
4. قطب كربوني أو جرافيتي.
5. كبل سالب.

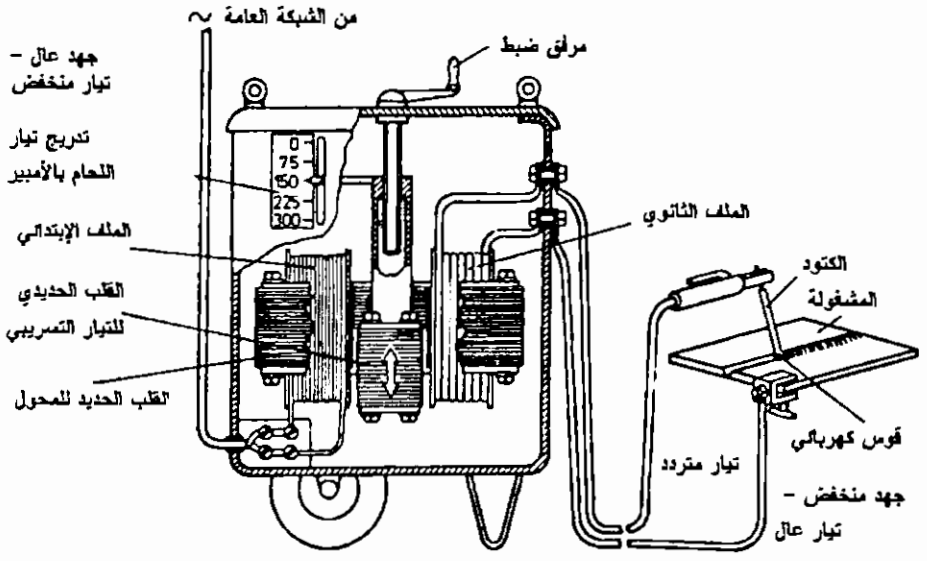
تستخدم هذه الطريقة في لحام الأجزاء المصنوعة من الصلب ذات التخانات الصغيرة ، والسبائك الغير طرية والرقيقة ، كما تستخدم في لحام الشقوق والفجوات بالمسبوكات.

تعتبر طريقة اللحام بالقوس الكهربائي بالتيار المستمر باستخدام الأقطاب الكربونية من الطرق النادرة الاستخدام ، حيث تقتصر هذه الطريقة على حالات خاصة.

ثانيا : استخدام التيار المتغير (المتردد) . Using A . C

تسمى هذه الطريقة أيضا بقوس الأقطاب المعدنية ، وهي من أكثر طرق اللحام بالقوس انتشارا ، وعادة تجرى هذه الطريقة باستخدام التيار المتغير (المتردد) ، بحيث يكون التيار المار فيه منخفض الجهد ، عالي الشدة ، ويمكن أن تصل درجة حرارة القوس الكهربائي الناتج إلى نحو 3200°م.

يستخدم لهذا الغرض محول جهد لحام الموضح بشكل 5 – 49 . أقطار أسلاك اللحام (الالكترودات) المستخدمة في عمليات اللحام أقطارها ما بين 1 ــ 12 ملليمتر ، وهي مادة ملئ ، يمكن أن تكون هذه الأسلاك عارية أو مغطاة ، وتعتبر الأسلاك المغطاة هي الأكثر انتشارا ، وذلك لاحتوائها على مساعد صهر الذي يؤدي إلى الحصول على لحامات جيدة.

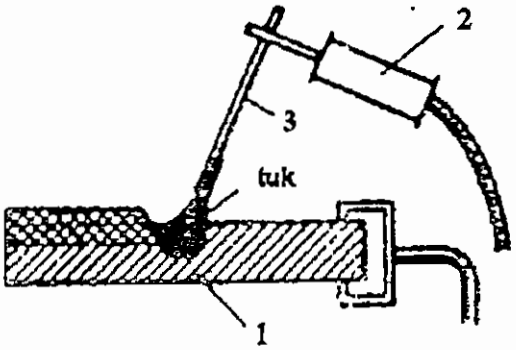


شكل 5 – 49

رسم تخطيطي لمحول لحام للحصول على تيار متردد منخفض الجهد

تتم عملية اللحام بالقوس الكهربائي باستخدام التـيار المتغير كما هو موضح بشكل 5 – 50 باتباع الآتي :-

1. يوصل أحد كبلات التيار الكهربائي المتغير للجزء 1 المراد لحامه.
2. يوصل الكبل الآخر بسلك اللحام (الالكترود) 3 ويقمط عليه من خلال ماسك (مقبض معزول) 2.
3. تتولد حرارة عالية عند اقتراب سلك اللحام (الالكترود) 3 من الشغلة 1 المراد لحامها ، هذه الحرارة العالية منبعثة من القوس ، لتحدث انصهار بسلك اللحام (الالكترود) ليتساقط ليملأ الفراغ المجهز بين الجزئين المراد وصلهما ، وبذلك يختلط الجزء المنصهر من سلك اللحام مع أطراف المعدن المتعجن في منطقة التسخين ، مكونا على المشغولة ما يسمى بدرزة ، وتم عملية الوصل باللحام عندما تتجمد المادة المنصهرة بمنطقة التسخين.



شكل 5 – 50

اللحام اليدوي باستخدام الأقطاب المعدنية

1. الجزء المراد لحامه.
2. ماسك .. (مقبض معزول).
3. سلك اللحام .. (الالكترود).

التيار المستخدم في هذه الحالة منخفض الجهد نسبيا ، حيث يتراوح ما بين 20 ــ 30 فولت ، ويكون شدة التيار مرتفعة تتراوح ما بين 60 ــ 500 أمبير .. وتصل في بعض الحالات إلى 1000 أمبير ، ومن السهل الحصول على هذا التيار بتحويل التيار الكهربائي المعتاد من خلال محول كهربائي الذي يتولى خفض الجهد من 220 أو 380 فولت إلى 20 أو 30 فولت ، مقابل الارتفاع في شدة التيار إلى القدر الذي يكفي لعملية اللحام.

بصفة عامة تتوقف عملية اللحام على مقدار شـــدة التيار ، وعلى نوع المعدن ، وقطر الكبل الموصل .. وبالتالي نوع وقطر الاكترود المستخدم.

أسلاك اللحام (الالكترودات): Electrodes

تسمى أيضا بالالكترودات القضيـــبية ، وتستخدم في عمليات اللحام بالقوس الكهربائي في توصيل الحرارة الشديدة المتولدة عن القوس ، وكمادة إضافية لملئ الفجوات المراد لحامها.

يقمط سلك اللحام (الالكترود) في ماسك الالكترود المعزول ، ويحدث تفريغ عند مرور تيار شديد من الإلكترونات عبر الثغرة الضيقة ليحدث قوس كهربائي ، حيث ينصهر الاكترود ومادة المشغولة المراد لحامها نتيجة للحرارة الشديدة المتولدة من القوس الكهربائي ، ويتكون على المشغولة ما يسمى بدرزة اللحام.

لحام الثرميت

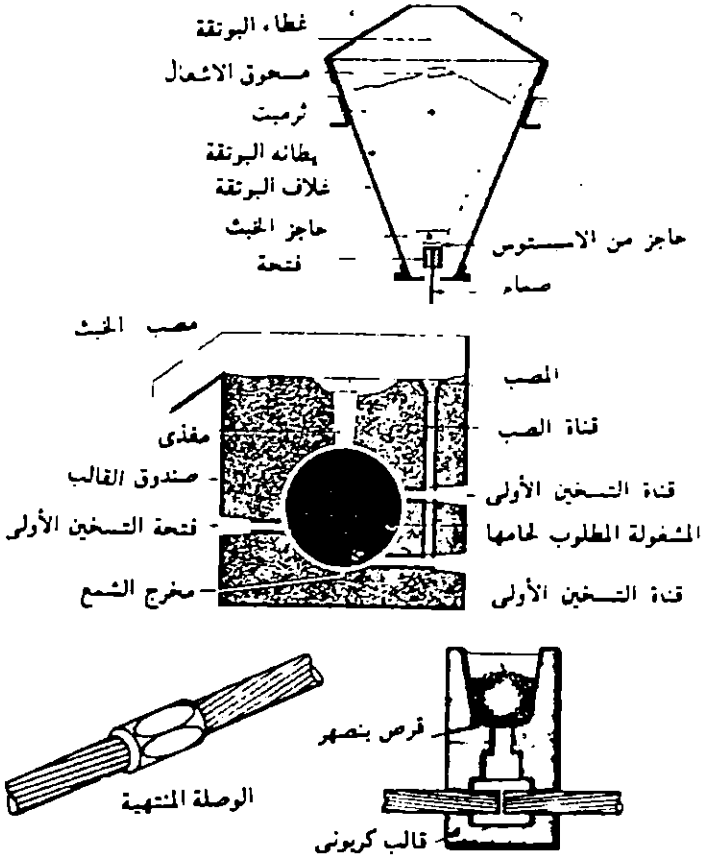
Thermite welding

الثرميت هو عبارة عن خليط من مسحوق الألومنيوم وأكاسيد الحديد ، ويعتمد هذا النوع على التفاعل الكيميائي الطارد للحرارة بين الألومنيوم وأكاسيد الحديد.

ويجرى اللحام بالثرميت الموضح بشكل 5 – 51 بأعداد الجزأين المطلوب وصلهما باللحام على استقامة واحدة ، من خلال فصل طرفي الوصلة بمسافة 10 ــ 80 ملليمتر ، وتنظف الأطراف المراد وصلها بعناية ، ويملئ مسافة الفراغ بالشمع ، ثم يشكل حـــول نصفي الوصلة قالب رملي ، يشابه القالب المستخدم في عمليات السباكة ، ويجهز القالب بفتحة (مصب) لاستقبال المعدن المنصهر، وفتحة إضافية سفلية ليتم التسخين منها ، وبعد الانتهاء من تشكيل القالب ، ينصهر الشمع ويخرج من الفتحة السفلي التي تغلق في النهاية . ويشعل مسحوق الثرميت في بوتقة خارجية ، حيث يتفاعل أكسيد الحديد مع الألومنيوم الذي ينتج عنه ارتفاع كبير في درجة الحرارة يصل إلى 3000 °م، ويتحد الألومنيوم من الأكسوجين الموجود في أكسيد الحديد تاركا ورائه صلبا منصهرا ينساب من فتحة قاع البوتقة إلى القالب حيث يمتلئ الفراغ بين نصفي القالب ، ونظرا للارتفاع الكبير المفرط في درجة الحرارة ، فإن جزئي طرفي الوصلة ينصهرا ويندمجا مع الصلب المنصهر . وبعد برودة الوصلة يهدم القالب ويهذب مكان اللحام.

يستخدم لحام الثرميت في وصل المقاطع الكبيرة والثقيلة في أماكنها .. أي بدون الحاجة إلى نقلها مثل المصبوبات الكبيرة ، قضبان السكك الحديدية والترام ،

والمواسير ذات الأقطار الكبيرة ، وإصلاح الأجزاء الضخمة للمعدات البحرية .... وغيرها من المشغولات الكبيرة.



شكل 5 – 51

لحـــام الثرمـــيت

اللحام بالضغط والحرارة : Heat Pressure Welding

يعتمد لحام الضغط والحرارة على تسخين الأجزاء المراد وصلها باللحام حتى تصل إلى حالة التعجن ، ثم تتعرض منطقة التسخين إلى الضغط ، حيث يتم وصل الأطراف باللحام.

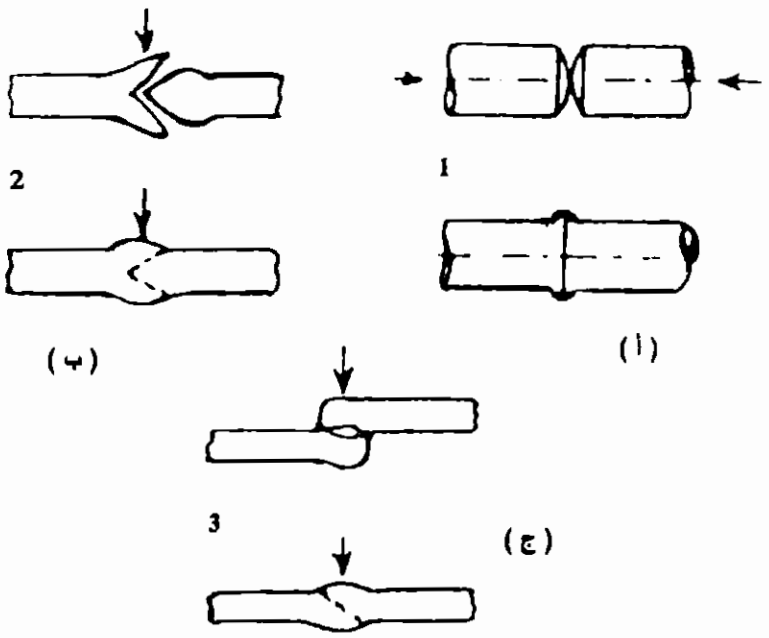
تتميز هذه الطريقة بعدم استخدام مواد حشو ، وبالتالي ضمان عدم تغيير بنية المعدن في طرفي وصلة اللحام.

فيما يلي عرض لأكثر أنواع اللحام بالضغط والحرارة انتشارا.

1. اللحام بالحدادة : Forge Welding

يعتبر لحام الحدادة من أقدم أنواع اللحام على الإطلاق ، حيث كان يمارس من آلاف السنين في صناعة أدوات الحرب .

وتتلخص طريقة اللحام بالحدادة من خلال تسخين المشغولات المطلوب وصلها حتى تصل درجة حرارتها إلى درجة تجعلها في حالة تعجن ، ويرش مساعد صهر على الأماكن المراد لحامها ، ثم تجرى عملية الوصل بالطرق وذلك بإحدى الطرق الموضحة بشكل 5 – 52 للحصول على وصلة باللحام الحدادي .



شكل 5 – 52

اللـــحام بالحـــدادة

(أ) لحام متقابل.

(ب) لحام خابور.

(ج) لحام تراكبي.

2. لحام المقاومة الكهربائية : Electric Resistance Welding

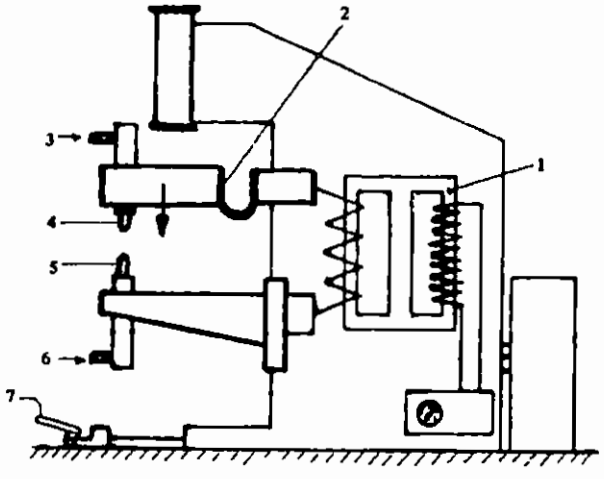
لحام المقاومة الكهربائية يسمى أيضا بلحام التلامس ، يعتمد اللحام بهذه الطريقة على استخدام الطاقة الكهربائية للتيار ذو الشدة العالية وتحويلها إلى طاقة حرارية ، خلال الأماكن المراد وصلها ، وذلك من خلال مرور التيار الكهربائي عبر خط الانفصال ، وقبل ممارسة الضغط الرئيسي اللازم لإتمام عملية اللحام ، ومن خلال المقاومة الكهربائية التي يصادفها التيار الكهربائي عبر خط الانفصال فإن الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة حرارية ، ويمكن التحكم في شدة التيار اللازم في عملية اللحام عن طريق المحول الكهربائي.

توجد طرق مختلفة لعمليات اللحام بالمقاومة الكهربائية أهمها الطرق التالية:-

3. لحام النقطة : Spot Welding

يسمى أيضا بلحام البنطة أو لحام البقعة ، تجرى عمليات اللحام بهذه الطريقة على ماكينة لحام النقطة الموضحة بشكل 5 – 53.

تحتوي الماكينة على أجزاء رئيسية هي .. محول كهربائي للتيار ، وقطب علوي حر الحركة ، حيث يتحرك حركة رأسية إلى أسفل ، ويعود إلى وضعه الطبيعي إلى أعلى عن طريق تجهيزات ميكانيكية وكهربائية ، وقطب سفلي ثابت.



شكل 5 – 53

ماكينـــة لحام النقطـــة

1.محول كهربائي للتـــيار.
2.نابض ..(ياي).
3.دخول ماء لتبريد القطب العلوي.
4.القطب العلوي.
5.القطب السفلي .
6.دخول ماء لتبريد القطب السفلي.
7.دواسة.

يعتبر لحام النقطة (لحام البنطة أو لحام البقعة) من أبسط صور اللحام المقاومة الكهربائية وأكثرها انتشارا.

يسري التيار الكهربائي عندما يتلامس القطبين الأسطوانيين خلال الجزأين المراد وصلهما مع تسليط ضغط ، حيث تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية عالية ، ونتيجة للضغط العالي الناتج عن حركة جذب القطب العلوي إلى أسفل تتم عملية اللحام.

ونظرا لارتفاع درجة الحرارة العالية للقطبين أثناء عملية اللحام ، لذلك فقد صممت الأقطاب بحيث يتم تبريدها بالماء.

يتراوح قطر دائرة لحام النقطة ما بين 1.5 ــ 13 ملليمتر ، وذلك حسب أقطار الأقطاب المستخدمة . ويجب مراعاة إتمام عملية اللحام قبل وصول منطقة الوصل (الأجزاء المعدنية المراد لحامها إلى حالة السيولة).