## الباب السادس

# عمليات التصنـــيع

## تحويل الصلب إلى منتجات نصف مصنعة

obeikan.com

obeikan.com

# 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 . البثق . 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

obeikan.com

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.

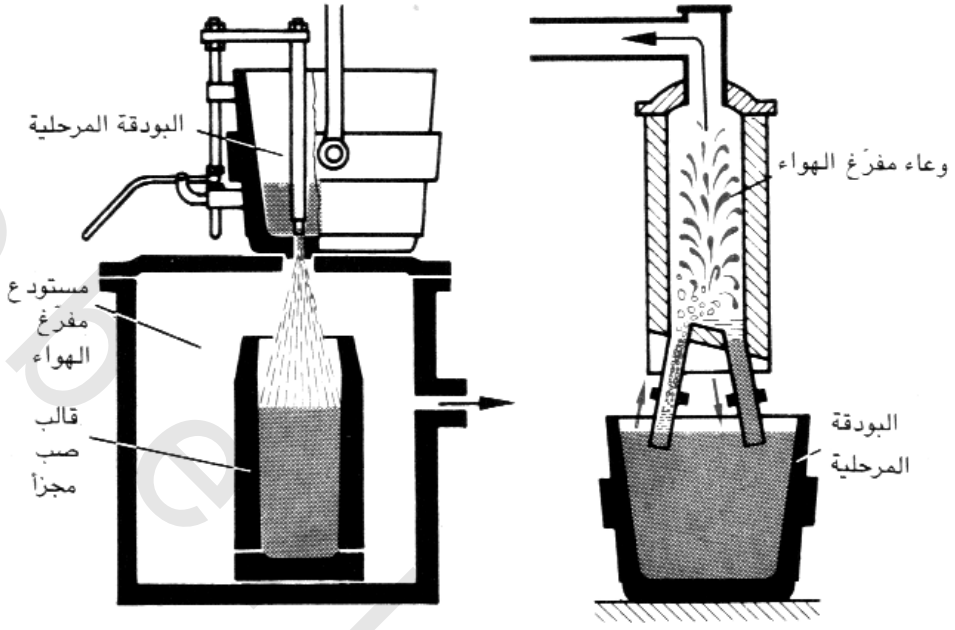
تتكون المنشأة المستخدمة للتخلص من الغازات قبل وأثناء الصب من وعاء مفرغ من الهواء بواسطة مضخة ماصة تولد أكبر قدر ممكن من التفريغ.

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

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.

obeikan.com




**شكل 5 – 1**

**أسلوب الصب تحت التفريغ**

**(أ) إزالة الغازات.**

**(ب) صب الكتل 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.

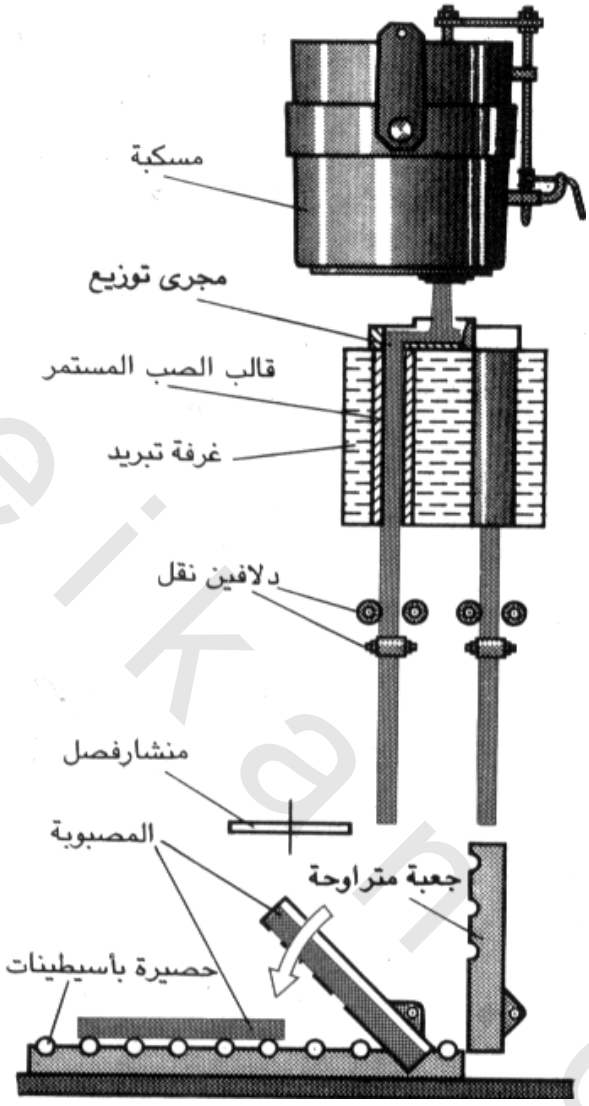
**أسلوب الصب المستمر** :

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.

obeikan.com




**شكل 5 – 2**

**أسلوب الصب المستمر**

## الدلفنة :

تجهز القضبان والمقاطع الفولاذية والأسلاك وألواح الصاج والأنابيب عادة بالدلفنة ، حيث تمرر قطع الصلب الغفل في منشأة الدلفنة (كتل . بلاطات . قضبان . ألواح) بين زوج من الدلافين عدة مرات متتالية ، حيث يجرى بسطها وتصغير مقطعها ، إلى أن

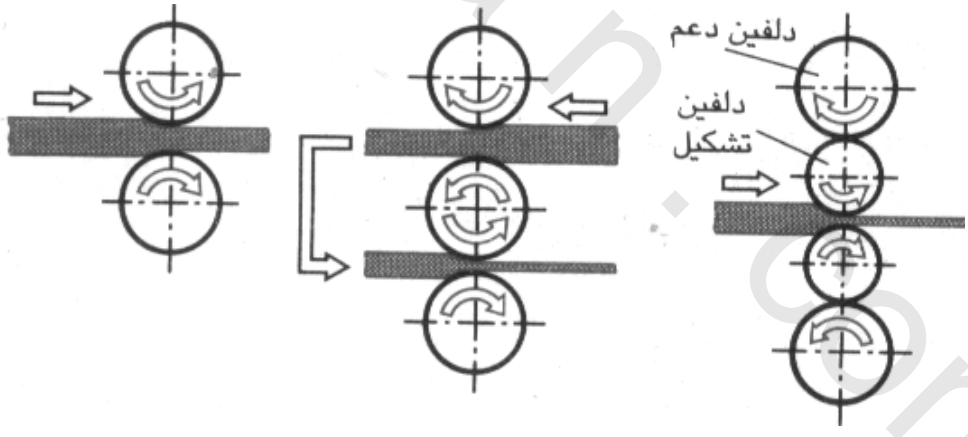
obeikan.com

تتخذ الأشكال 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**

**تجهيزات الدلفنة**

## منشأة دلفنة كتل الصلب المصبوب :

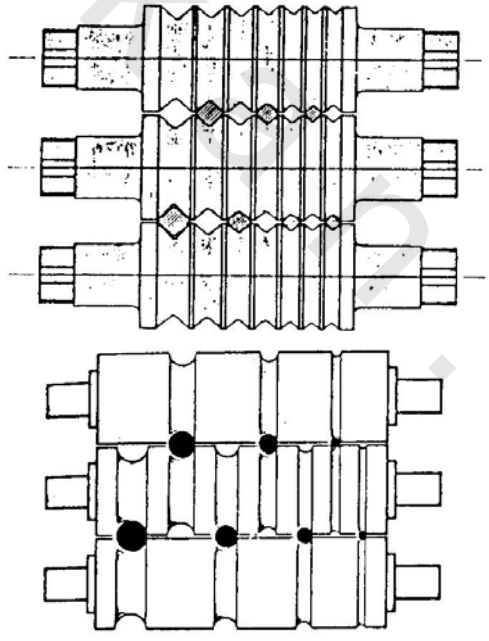
في هذه المنشأة تتم دلفنة كتل الصلب المصبوبة (التماسيح) في القوالب الدائمة ،

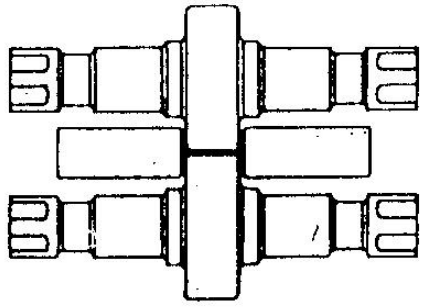
والمسخنة في الأفران الغاطسة إلى درجة حرارة الدلفنة ، عدة مرات لتصغير مقطعها ، ثم تقطع بأطوال مناسبة لأجراء معالجات لاحقة عليها.

**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.



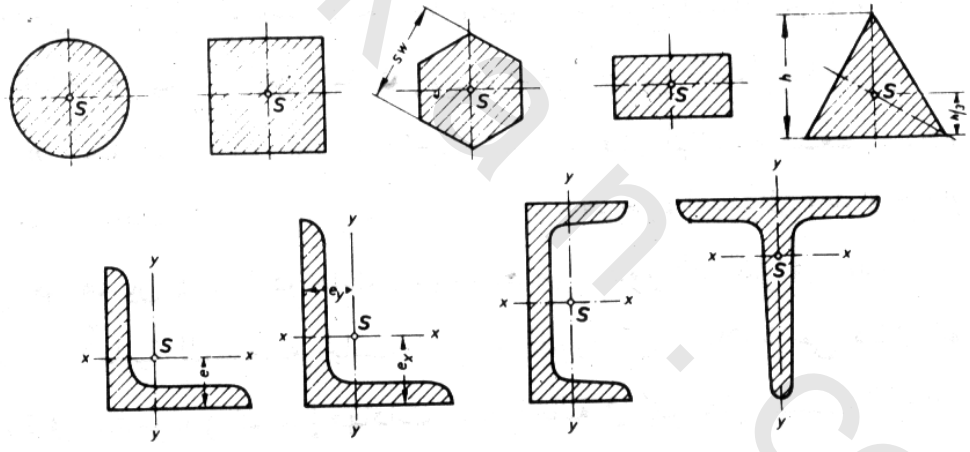


**شكل 5 – 4**

**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**

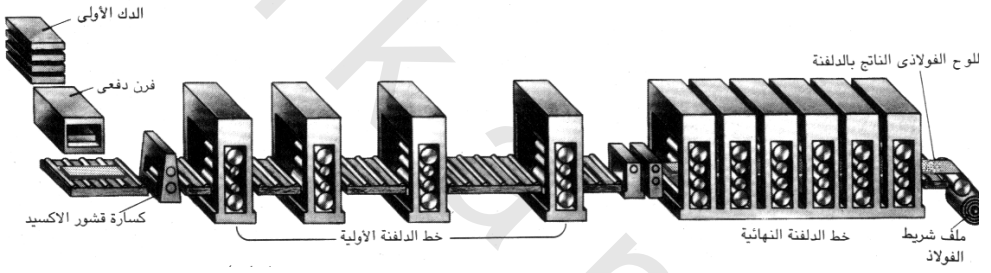
**دلفنة قضبان وقطاعات الصلب**

## دلفنة ألواح الصاج :

تجرى التفرقة بين منشأة دلفنة الصاج السميك والمتوسط السمك والدقيق ، حيث ينتج الصاج السميك والمتوسط السمك بتخانات تتراوح ما بين 3 . 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 وتتحول إلى تخانات تتراوح ما بين 100 . 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 ليصل 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 أسطح الألواح والشرائط المدلفنة على الساخن في منشآت دلفنة على البارد . ويمكن بالتلدين اللاحق إزالة التصليد الناتج عن التشغيل على البارد.

## دلفنة الأنابيب :

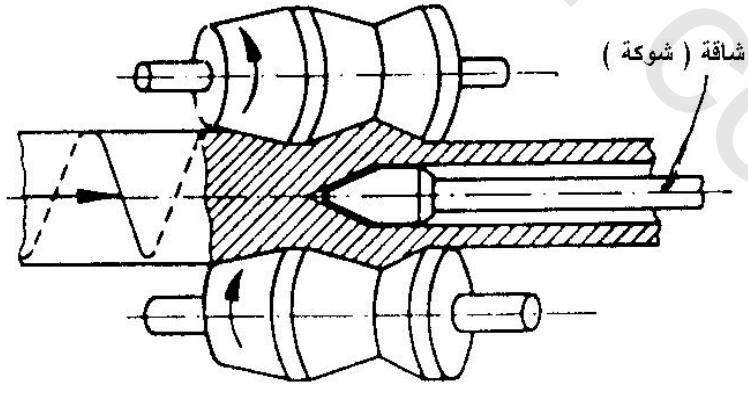
تصنع أنابيب (الموسير) غير الملحومة ، كما تصنع أنابيب بدرزة لحام طولية ، وأنابيب أخرى بأقطار كبيرة ذات درزة لحام حلزونية.

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 .

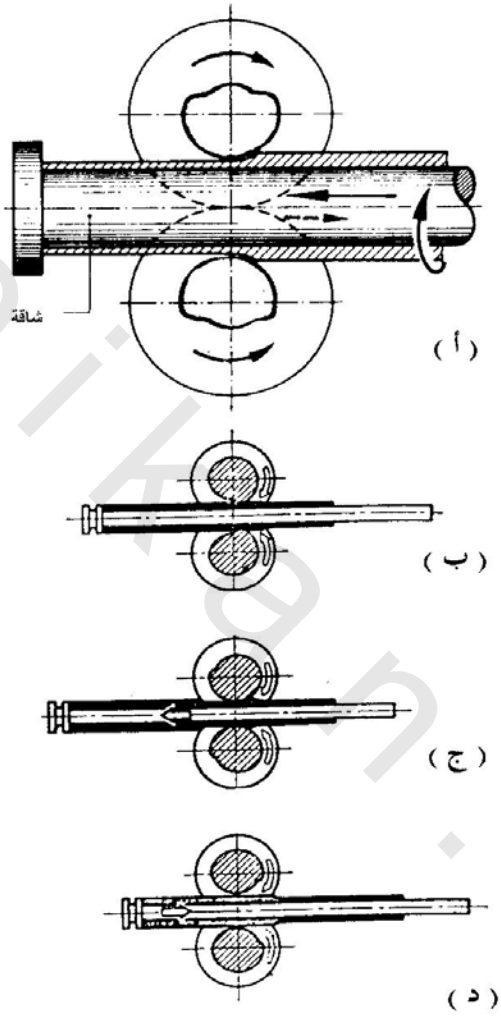
الدرفيلين يدوران في اتجاه واحد ، بحيث يتدحرج العمود الأسطواني بينهما وينعصر ، كما يستخدم بجانب الدرفيلين المذكورين درفيلين آخرين كدليل لتدحرج العمود الأسطواني بينهما ، يتسبب ميل محاور الدرافيل في الحصول على حركة تغذية أمامية للعمود بجانب الحركة الدورانية ، وعلاوة على ذلك تتولد فجوة في العمود بسبب الاختلاف 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**

## درفلة المواسير

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 نم عضه .**

**(د) التمهيد لعض طول جديد .**

obeikan.com

**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 متدحرجين بأعلى الأنبوب.

**بثـق المعادن** Metals extrusion

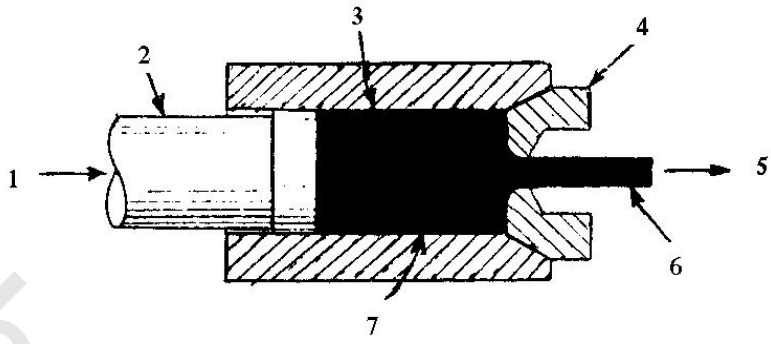
بالإضافة إلى قطاعات الصلب المنتجة بالدلفنة ، فإنه يمكن تشكيل المعادن تشكيلاً لدناً وتحويلها إلى قضبان أو سيقان بقطاعات معقدة وبأشكال مختلفة ، مما لا يمكن إنتاجه بالدلفنة ، كما يمكن تشكيل المعادن اللاحديدية بهذا الأسلوب.

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 (بثق) المعجون منها . هذا يعني أنها عملية توجيه للمادة المراد بثقها 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 حرارة 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.

obeikan.com




**شكل 5 – 9**

**عملية بثـق المعادن**

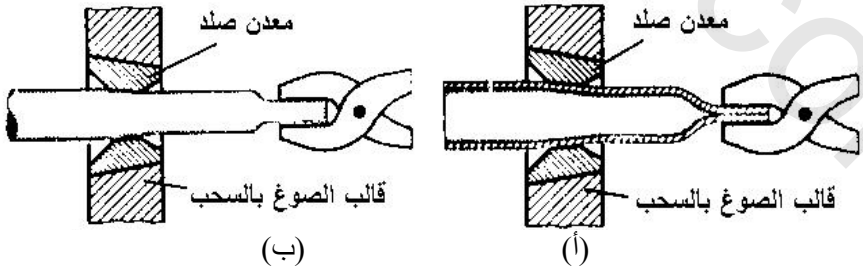
1. **اتجاه الضغط علي الخامة .**
2. **كباس .**
3. **جسم أسطواني .**
4. **الإسطمبة.**
5. **اتجاه خروج المنتج .**
6. **المنتج .**
7. **الخامة الساخنة .**

## سحب المعادن :

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 سحب المعادن**

**(أ) سحب القضبان والأسلاك.**

obeikan.com

# 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 . 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 . 2.2 ونسبة الإضافات السبيكة إلى ما بين 5 إلى 45 % ، ولا يمكن في جميع الحالات وضع حد فاصل تماماً بين الأنواع المختلفة للصلب.

**صلب الإنشاءات** :

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

تبلغ نسبة صلب 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 .

للصلب St 34 بنسبة كربون 0.17 % ومقاومة شد تتراوح ما بين 34 . 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 . 85 كيلوبوند/ مم$^2$ وانفعال قدره 10% فقط . وتتوقف قابلية الاستخدام للصلب بجانب مقاومة الشد على نوع الصلب وخواصه الخاصة ، مثل قابليتة للتشكيل على البارد وعلى الساخن أو قابليتة 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 . الأعمدة . التروس..... وغيرها ، وفى الصناعات البنائية كصلب خرسانة وللجسور في الهندسة المدنية.

**الصلب سهل 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 . 0.12 % كربون ، وما بين 0.18 . 0.4 % سيلكون ، كما يضاف ما بين 0.15 . 0,3 % رصاص للحصول على تقصفية قطع جيدة وأسطح ناعمة ملساء.

وتقوم مصانع الصلب بتوريد صلب سهل القطع مدلفن على الساخن أو 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 المراجع في درجة حرارة ما بين 500 . 700 $^{0}$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 $^0$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/ مم$^2$ ، كما تصل الأسلاك الدائرية المقطع المصنوعة من صلب النوابض الا سبيكى إلى أقطار أقل من 0.25 مم وعلى مقاومة شد تتراوح ما بين 275 . 315 كيلوبوند/ مم$^2$ . 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 A , B , C ، 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 البخارية والغازية وكذلك صمامات العادم بمحركات الاحتراق الداخلي ، حيث يحتفظ بخواص متانته حتى 600 $^0$م ومقاومة تكون القشور الأكسيدية حتى

800 $^0$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 $^0$م نحو 40 كيلوبوند/ مم$^2$.

يتحمل الصلب المقاوم للحرارة والمستخدم في صناعة صناديق التلدين وفي ورش التصليد درجات حرارة تصل إلى حوالي 1200 $^0$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 وللتميع 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 . 4,75 مم والألواح السميكة الأكبر من 4.75 مم حسب بمواصفات ISO ، وتسرى نفس هذه المقاسات العيارية على أنواع صلب المراجل .

obeikan.com

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 صلب العدة في تشكيل مواد التصنيع الأخرى بالقطع 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 إ. 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 أخرى 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

openkan.com

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 . 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 . 850 $^{0}$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 . 850 $^{0}$م ، ودرجة حرارة الحدادة ما بين 1100 . 900 $^{o}$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 $^{0}$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 .

obeikan.com

**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 . 1320 $^{0}$م ودرجة حرارة مراجعة ما بين 100 . 670 $^{0}$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 $^{0}$ ، وتتراوح درجة حرارة التصليد ما بين 1180 . 1320 $^{o}$م ودرجة حرارة مراجعة ما بين 530 . 950 $^{0}$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 ، وأيضاً التشغيل على الساخن للإسطمبات الكبس المعرضة لاجهادات عالية ، ويتم تصليده في درجة حرارة حوالي 1160 $^{0}$م ومراجعته في درجة حرارة ما بين 630 . 670 $^{0}$م.

**الأشكال التجارية لأنواع الصلب** :

يجرى تداول أنواع الصلب تجاريا بشكل قطاعات عيارية في أغلب الأحيان ، حيث تنتج على شكل قطاعات دائرية أو مفلطحة أو مربعة أو مسدسة ، يمكن تتكون مسحوبة على البارد أو مدلفنة على الساخن أو مطروقة ، وتنتج قضبان الصلب بأقطار ما بين 1 . 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 وأسلاك مدلفنة أو مسحوبة ، كذلك يمكن توريد قطاعات الصلب مثل الكمرات التي على شكل I , Z , U , T , L بمقاسات مختلفة.

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

obeikan.com