الباب السابع

المعالجة الحرارية للمعادن

Heat treatment of steel

obeikan.com

obeikan.com

تمهيد

المعالجات الحرارية تعني المعاملات الحرارية ، وهي عمليات تسخين تجرى عادة على المعادن المختلفة وإبقاءها عند درجة حرارة ثابتة ، ثم تبريدها لغرض إحداث تغيير في البنية الداخلية يتبعه تغيير في الخواص الطبيعية والميكانيكية لهذه المعادن ، وبذلك يمكن تقسية المعادن المختلفة وعلى سبيل المثال يمكن رفع درجة صلادة الصلب إلى أربعة أضاف قيمتها ، أو التخمير لتحول الصلب إلى الحالة الطرية ، أو التخمير لغرض التخلص من الاجهادات التي تكون قد وقعت على المشغولات من تأثير الطرق أو السبك أو بعض العمليات الميكانيكية الأخرى ، أو لجعله سهل التشكيل أو لتغليف أسطح المشغولات الخارجية بطبقة من صلدة منعا لسرعة التآكل.

يتناول هذا الباب المعالجات الحرارية لأنواع الصلب المختلفة مثل التلدين (التخمير) . التصليد بالتسخين . التصليد بالتقسية . التعتيق . المراجعة . التصليد الغلافي بأنواعه المختلفة.

ويتعرض للمعالجة الحرارية لحديد الزهر مثل إزالة الاجهادات الداخلية من المصبوبات . المعالجة الحرارية لمصبوبات القوالب المعدنية المبردة . التصليد السطحي لحديد الزهر ، والمعالجة الحرارية للمعادن الخفيفة بأنواعها المختلفة . كما يتعرض للتآكل الكيميائي وأساليب الوقاية منه.

obeikan.com

المعالجة الحرارية .. Heat treatment

تهدف المعالجة الحرارية إلى تغيير الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمعدن (تغيير التركيب البنائي لمادة التصنيع) للحصول على خواص أخرى لهذه المعادن ، حيث نادراً وجود المواد المعدنية بالخواص المطلوبة ، وعلى سبيل المثال وجود الحديد لدناً (طرياً) ومن ثم فإنه لا يتحمل الإجهادات المطلوبة ، ولا يقاوم البرى بالإحتكاك أو التآكل Corrosion ، وكذلك النحاس والألومنيوم رغم جودة توصيلهما للحرارة والكهرباء .ز إلا أنهما من المعادن الطرية ، حيث لا يتحملان الإجهادات ولا يقاوما البرى والتآكل . لذلك نجد الحاجة إلى إكتساب هذه المعادن خواص أخرى مفتقدة مثل تحويل المعادن اللينة (الطرية) إلى صلدة ، أو تليين الصلد منها ، أو إكتساب هذه المعادن مقاومة البرى والتآكل.

المعالجة الحرارية للصلب

الصلب هو سبيكة من الحديد ، وليس من الحديد الغفل أو من حديد الزهر ، وتتحد أنواع وخواص الصلب من خلال نسبة الكربون الذي يحتويه.

يجب أن تتصف العدة وأجزاء الآلات بخواص ميكانيكية ملائمة لاستعمالاتها مثل الصلادة . المتانة . استدامة القطع ..... إلخ ، وعلى سبيل المثال فإنه يجب أن يكون الحد القاطع للأجنة مصلداً كاملا .. هذا يعني رفع درجة خواص الصلب حتى يمكن إستعماله كأداة قطع كأقلام المخارط ومقاطع التفريز ، بينما يجب أن يكون السطح الخارجي لأسنان التروس صلدة ومقاوم للتآكل الاحتكاكي ، في حين أنه يجب أن تكون الأسنان مقاومة للحنى ، أو تخمير بعض المعادن للتخلص من الإجهادات التي وقعت عليها من تأثير عمليات الطرق والسبك أو بعض العمليات الميكانيكية الأخرى التي أجريت عليه ، أو لتحسين قابلية المعادن للتشكيل أو الإنثناء أو لتغليف أسطحه الخارجية بطبقة من الصلب الصلد منعا لسرعة تآكله.

ويمكن تحقيق هذه الخواص المتفاوتة من خلال اختيار مادة التصنيع المناسبة

obeikan.com

والمعالجة الحرارية اللاحقة واللازمة لذلك.

مقومات بنية الصلب اللاسبيكي :

تتوقف عملية تغيير خواص الصلب اللاسبيكي على نسبة الكربون فيه . وتبعا لنسبة الكربون تجرى التفرقة بين ثلاثة مجموعات رئيسية من الصلب وهي كالآتي :-

1. **صلب يحتوي على نسبة** 0.85 ٪ **كربون** :

يحتوى الصلب ذو البنية الجيدة على كمية متوازنة من الفريت (الحديديك) وكربيد الحديد ولذلك فإن بلوراته تكون متماثلة ، وتسمى هذه البلورات بالبرليت بسبب مظهرها الشبيه بالصدف في الصورة المجهرية للتركيب المعدني.

2. **صلب يحتوي على نسبة أقل من** 86 ٪ **الكربون** :

الصلب الذي يحتوى على نسب قليلة من الكربون لا تساعده على تكوين بنية مؤلفة من بلورات البرليت فقط ، يؤدي ذلك إلى إستمرار وجود الفريت . وتعتبر هذه البنية غير متوازنة وتسمى بالبنية الفريتية البرليتية ، وتدعى بلورات الحديد النقي بالفريت.

3. **صلب يحتوي على نسبة أكبر من** 0.86 ٪ **الكربون** :

الصلب الذي يحتوي على نسبة كبيرة من الكربون ، يؤدي إلى بقاء بعض كربيد الحديد (السمنتيت) بعد تكون البرليت ، وتعتبر هذه البنية غير متوازنة وتسمى بالبنية البرلنتية السمنيتية ، وتسمى بلورات الحديد والكربون بالسمنتيت وهي أصلد مكونات بنية الحديد.

وبالتبريد البطىء تعود البنية إلى حالتها الأصلية . أما إذا جرى تبريد الصلب الموجود في نطاق الحرارى بصورة فجائية .. أى تسقيته ، فان الصلب لا يتمكن عندئذ من استعادة بنيته الأولى ، وإنما يغير بنيته بحيث يتحول الأوستنيت الى بنية تتراوح بين الابرية الدقيقة والحبيبية الدقيقة وتكون أصلد عدة مرات من الفريت.

obeikan.com

التلدين :

يسمى التلدين في الوسط الفني بالتخمير ، ويقصد بتلدين الصلب .. أى تسخينه ببطئ إلى درجة حرارة محددة وإبقاؤه عندها لفترة معينة ثم تبريده ببطئ سواء داخل الفرن أو بدفنه فر الرمل أو تركه في الهواء الراكد.

يتوقف نوع التلدين (التخمير) ونتيجته على مراحل درجة الحرارو والزمن المستخدم للعملية.

أساليب للتلدين :

يوجد ثلاثة أساليب للتلدين وهي كالآتي :-

1. التلدين المزيل للإجهادات.
2. التلدين اللين.
3. تلدين الموازنة (المعادلة الحرارية).

أولا : التلدين المزيل للإجهادات

يعمل التلدين المزيل للإجهادات على تخفيض الإجهادات الداخلية الناتجة عن السباكة أو الدلفنة أو الطرق أو اللحام أو التشغيل بالقطع بقوة كبيرة ، حيث تعمل على حماية مشغولات الصلب لفترة تتراوح بين ساعة وساعتين ، ثم تبرد ببطء شديد.

تتراوح درجات حرارة التلدين لأنواع الصلب اللاسبيكي إلى ما بين 500 . 600 ^{0}م ، وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين 650 . 700 ^{0}م

ثانيا : التلدين اللين

يعمل التلدين اللين على تليين الصلب المصلد بالحرارة أو بالتشغيل على البارد حتى يكون جيدا للتشغيل ، ويتم ذلك بتسخين الصلب عدة ساعات ثم تبريده ببطء.

opeikan.com

يعالج الصلب اللاسبيكى بالتلدين اللين إلى ما بين 680 . 730 ^{0}م ، والصلب اللاسبيكي المنخفضة الخلط إلى ما بين 710 . 730 ^{0}م ، وصلب السبائك العالية الخلط إلى ما بين 800 . 850 ^{0}م.

3. **تلدين الموازنة (المعادلة الحرارية)**

يستخدم تلدين الموازنة أو ما يسمى بالمعالجة الحرارية وذلك لتنظيم بنية مشغولات الصلب ذات الحبيبات الخشنة غير المتجانسة والناتجة عن عمليات الحدادة أو السباكة أو المعالجة الحرارية كالتصليد الغلافي.

وعادة يكفى التلدين لمدة قصيرة لأنواع الصلب السبيكى إلى ما بين 820 . 910 ^{0}م . وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين 850 . 920 ^{0}م.

أخطاء التلدين :

لا يعطى التلدين في درجات حرارة أقل من اللازم التحول المطلوب في البنية ، بل يؤدى إلى عدم تلدين الصلب المصلد بالتشغيل على البارد بشكل كاف.

والتلدين في درجات حرارة أعلى من اللازم .. أى التسخين المبالغ فيه يؤدي إلى خشونة حبيبات المعدن ، إلا أنه يمكن تصحيح ذلك بإجراء تلدين موازنة (معادلة) لتعود إلى الحبيبات دقتها.

كما إن تسخين الصلب الكربوني حتى الإشعاع (الحرارة البيضاء) ، يؤدي إلى إحتراقه وبذلك يكون عديم الفائدة.

ويؤدى التلدين لمدة أطول من اللازم عند درجة الحرارة الصحيحة للتلدين إلى تخفيض المتانة بالإضافة إلى تحول حبيبات المعدن إلى حبيبات خشنة ، كما يؤدى إلى خطر ازالة الكربنة من الطبقات السطحية نتيجة إتحاد الكربون مع أكسوجين الهواء.

openkan.com

التصليد (التصليد بالتقسية) :

يتم تصليد الصلب بالتسخين إلى درجة حرارة التصليد ، ثم أبقاء الفولاذ لفترة معينة في درجة حرارة التصليد ، ثم تبريده فجائيا (أى تسقيته).

التسخين :

يسخن الفولاذ في البداية ببطء ثم بسرعة حتى يصل إلى درجة حرارة التصليد ، ويتم ذلك في فرن الاحتراق المتقدم أو بالتسخين في الفرن اللافع ، حيث توضح المشغولات أولا قريبة من باب الفرن ، ثم تدفع بعد تسخينها بشكل كاف إلى المنطقة الساخنة فيه ، علماً بأن التسخين الفجائي أو غير المنتظم في بداية العملية يؤدى إلى نشوء إجهادات داخلية في المشغولة ، حيث تسخن الأجزاء الرقيقة سريعا جدا وتتمدد ، تسخن الأجزاء السميكة أو الداخلية للمشغولة بمعدل أبطأ ، مما يؤدى إلى نشوء إجهادات موضعية عند التصليد بالإضافة إلى تشوه المشغولة .. وهذا ما يسمى التشوه بالتصليد.

ومن ثم فإنه يجب أن يتم التسخين ابتداء من 700 ^{0}م وترتفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة التصليد بمعدل سريع جداً لتحاشى إزالة الكربنة من الطبقات السطحية وعدم تكون حبيبات خشنة.

ولمنع تسخن الأجزاء البارزة والرقيقة الحساسة في المشغولة بصورة فجائية وبصورة غير منتظمة ، فإنه يجب استخدام أحجبة واقية مثل شرائط اللإسبستوس ، أو الطلاءات أو المعاجين الواقية.

التقسية :

التقسية هي امتصاص فجائي للحرارة ، ومنع إعادة تكوين البنية الأصلية . ولا تتوقف الصلادة المطلوبة على نوع الصلب فقط وإنما على معدل التبريد ، وبالتالي الوصول إلى الصلادة المطلوبة بسرعة التبريد الحرجة.

يجب أن تتم التقسية بأقل سرعة ممكنة ، لمنع نشوء إجهادات داخلية أو تشدخات تصليد على سطح المشغولة ، وتتوقف هذه السرعة على نوع الصلب في كل حالة.

obeikan.com

يمكن التقسية بالماء بحيث تبلغ درجة حرارة الماء المستخدم 20 ^{0}م ، علما بأن فعالية وسيط التسقية تزداد حدة عند إضافة ملح الطعام والأحماض ، بينما يلطف اللبن الجيري والجلسرين والزيوت التي تذوب في الماء من هذه الفعالية . كذلك تكون التسقية بالماء الساخن أقل حدة عنها بالماء البارد.

يجب أن تكون درجة حرارة وسيط التبريد لبعض أنواع الصلب أقل من 20 ^{0}م ، لذا يخلط الماء بالثلج أو يستخدم خليط الماء وملح الطعام . علما بأنه يمكن إنخفاض درجة التبريد لتصل إلى(70 ^{0}م) من خلال استخدام جليد ثاني أكسيد الكربون كوسيط تبريد.

ويمكن التقسية بالزيوت ، حيث إنها تعتبر أكثر ليونة من الماء . يستخدم لهذا الغرض زيوت معدنية ، وقد طورت أنواع من زيوت التصليد لتعطى سرعات تبريد تبلغ نحو ضعف سرعات تبريد الزيوت العادية.

الهواء الساكن يعطى أبطأ معدل تبريد على الإطلاق ، إلا انه يمكن الحصول على سرعات تبريد أكبر باستخدام هواء مجفف مدفوع بمروحة.

المراجعة الحرارية :

المراجعة هي إعادة التسخين بعد التصليد ، وتهدف إلى إزالة الاجهادات الداخلية الناشئة عن الصلادة ، والقصافة العالية للمشغولات.

يزداد قابلية الصلب للتشكيل قليلاً أو كثيراً على حسب درجة حرارة المراجعة ، كما تنخفض صلادته بمعدل مناظر.

عند المراجعة تظهر على الأسطح المشغولات المصنوعة من الصلب ما يسمى بالألوان المراجعة كما هو موضح بجدول 7 – 1 الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية ، حيث يناظر كل لون منها درجة حرارة معينة ، وتنشأ ألوان المراجعة عن ازدياد تخانة القشرة الأكسيدية السطحية بزيادة درجة الحرارة ، وبالتالي تغير انكسار الضوء على هذه القشرة . وتتم التسقية مرة أخرى عند ظهور لون المراجعة المطلوب ، للوصول

obeikan.com

بالصلب إلى قابليته للتشكيل بالإضافة إلى الصلادة اللازمة حسب الغرض من استخدامه.

جدول 7 – 1

ألوان ودرجات الحرارة اللازمة للمراجعة الحرارية

درجة التصليد	لون المراجعة	درجة حرارة المراجعة ^{0}م	الاستخدام
صلد جداً	أبيض مائل للأصفر أصفر فاتح أصفر ذهبي بنى مصفر	200 220 230 240	أدوات القياس البراغل شوك العلام ذكور اللولبة
صلد	أحمر مائل للبنى أحمر أحمر قاتم	250 260 270	المطارق المثاقب الحلزونية الأزاميل
متوسط الصلادة	بنفسجي أزرق داكن أزرق أزرق فاتح	280 290 300 320	ذنب المركزة المفكات السنابك والأجنات الفؤوس والبلط

التعتيق :

يعمل التعتيق (التخزين لمدة طويلة) على تخلص المشغولات من الاجهادات الداخلية الناشئة عن المعالجة الحرارية دون أن تفقد شيئاً من صلادتها.

تمتد هذه العملية أثناء التعتيق الطبيعي في درجة حرارة الغرفة ، لفترة زمنية طويلة تصل إلى 12 شهر. ومن ثم فإنه يجب تخزين المشغولات المصلدة بعد التشغيل الأولى وقبل تشغيلها بالمقاسات النهائية.

يعمل التعتيق الاصطناعي على إزالة الاجهادات في فترة أقل كثيراً من خلال تسخين المشغولات إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 100 . 150 ^{0}م لمدة 200 ساعة تقريباً ،

ويمكن الحصول على نفس الفاعلية في وقت أقل ، من خلال معالجة المشغولات بالموجات فوق السمعية أو بالرج . وليست المراجعة في واقع الأمر إلا تعتيقاً اصطناعياً.

المعالجة الحرارية لصلب العدة

Heat treatment of tool steel

تتطلب أنواع فولاذ العدة اللاسبيكي ، والسبيكي منخفض الخلط ، والسبيكى عالي الخلط معالجات حرارية مختلفة ، بسبب اختلاف تركيبها الكيميائي ، ومن ثم فإنه يجب معرفة نوع الصلب بدقة قبل إجراء العملية الحرارية.

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة اللاسبيكي :

أنواع صلب العدة اللاسبيكي هى أنواع كربونية نقية (مكررة) . تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.6 . 1.5% .

التسخين :

يتم التسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 760 . 850 ^{0}م (لون التلدين أحمر قاتم إلى أحمر فاتح).

يحدد لون التلدين (درجة حرارة المراجعة) بصورة تقريبية .. (أنظر جدول 7 – 1 الخاص بألوان ودرجات الحرارة للمراجعة الحرارية) ، ويمكن تقدير درجة الحرارة بدقة باستخدام بيرومتر كهربائي حراري أو بيرومتر إشعاع حراري.

ويمكن استخدام الطريقة التالية مؤقتاً في حالة عدم توافر تجهيزات لقياس درجة الحرارة وهي كالآتي :-

عند بلوغ درجة الحرارة الصحيحة للتصليد ، تظهر على أسطح المشغولة بعض البقع الصغيرة الفاتحة التي تدل على اجتياز حد التحول ، وعند تسخين مشغولات تحتوى على ثقوب ، يظهر عليها لون تلدين أغمق من لون المشغولة نفسها ، ومع استمرار التسخين يتماثل لون الثقب مع اللون الفاتح للمشغولة ، وعند بلوغ درجة حرارة التصليد ، تظهر

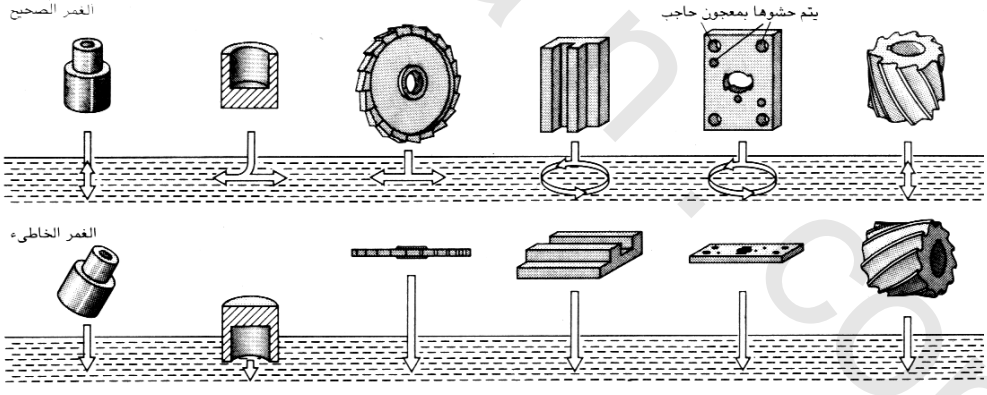
openkan.com

الثقوب بلون أقل تفتحاً من لون الأجزاء الأخرى للمشغولة ، ومن ثم فإنه يجب اعتبار هذه الملاحظات وسيلة مؤقتة لتقدير درجة الحرارة

التقسية :

التقسية هي التبريد الفجائي ، حيث تسقى أنواع الصلب اللاسبيكي في ماء درجة حرارته 20 ^{0}م ، ويجب أن يتم الغمر في الماء بسرعة.

ويعتبر كل من شكل ونوع المشغولة وطريقة غمرها وتحريكها في سائل التسقية من أهم العوامل المؤثرة على كفاءة التسقية شكل 7 – 1 ، ومن ثم فإنه يجب غمر المشغولات ذات الثقوب المسدودة بقاعها أولا ، لكي تنفلت فقاعات الهواء والبخار وتطرد إلى الخارج ، حيث تلعب فقاعات البخار الملتصقة على المشغولات دورا عازلا للحرارة ، كما تؤدى بعض مواضع فقاعات الهواء والبخار إلى عدم تصليد المشغولة ، مما يؤدى إلى تبريدها بصورة متجانسة . وتحتاج المشغولات أنبوبية الشكل إلى خطافات وملاقط تصليد مناسبة للامساك بها وغمرها بأسلوب يتيح تدفق سائل التسقية خلالها دون عوائق وبكميات كافية.



شكل 7 – 1

الغمر الصحيح والخاطئ في وسيط التقسية

ملاحظات :

1. تغمر المشغولات في سائل التسقية بأجزائها المصمتة أولا ، كما يجب تحريكها باستمرار وهي مغمورة بالكامل.
2. لا تتصلد المشغولات المصنوعة من أنواع صلب العدة اللاسبيكي ذات المقاطع الكبيرة ، وذلك لعدم إمكانية امتصاص الحرارة من الأجزاء الداخلية للمشغولة بسرعة كافية ، لذلك تنبعج هذه المشغولات قليلا ، ولتلاشي التشوه الناشئ عن التصليد ، يفضل تسقية مثل هذه المشغولات بالماء في درجة حرارة قدرها 200 ^{0}م ، ثم استكمال التبريد تماماً في الزيت ، وتعرف هذه الطريقة بالتصليد التجزئي.

المراجعة:

يجب أن تتم المراجعة بقدر الإمكان بعد التصليد مباشرة ، علما بأن أنواع صلب العدة اللاسبيكي تراجع في درجة حرارة تتراوح ما بين 220 ـ 320 ^{0}م ، يلي ذلك التبريد النهائي في الماء ، ويؤدى ذلك إلى زيادة قابلية المعادن للتشكيل وتحويل الصلادة الهامدة إلى صلادة عملية ، وإذا كان المطلوب إزالة الاجهادات الداخلية للصلب فقط ، فانه يتكفى بمراجعتة في درجة حرارة تتراوح ما بين 100 ـ 200 ^{0}م، ويمكن بواسطة ألوان المراجعة (نظر جدول 7 – 1 الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية) تقدير درجات حرارة المراجعة الواقعة بين 220 ـ 320 ^{0}م.

ويفضل تلميع أسطح المشغولات المراد مراجعتها ، لكي تظهر ألوان المراجعة بصورة جيدة.

وإذا كان المطلوب تصليد المشغولة في موضع معين فقط ، فان المراجعة يمكن أن تتم بالحرارة الذاتية للمشغولة ، وأقرب مثال لذلك هو تبريد الحد القاطع لأجنة مصنوعة من الصلب اللاسبيكي عند التصليد ، حيث تختزن ساق الأجنة حرارة تكفى لمراجعة الحد القاطع ، دون الحاجة إلى تسخينه من جديد ، وفى هذه الحالة تتدفق الحرارة إلى الحد القاطع وتسخنه إلى درجة حرارة المراجعة المطلوبة ، وتسمى هذه الطريقة بالمراجعة من الداخل أو المراجعة الذاتية ، وتسمى المراجعة بمصدر حراري خارجي بالمراجعة من

الخارج ، وهي التي يمكن أن تتم في رمل ساخن أو على مسطح محمى أو داخل فرن التصليد بعد أبطال تشغيله ، أو على لهب مشعل (بوري) اللحام أو في أفران مراجعة خاصة مزودة بمغاطس زيتية أو ملحية.

مغاطس المراجعة :

تتميز مغاطس المراجعة بإمكانية التحكم التنظيمي لدرجة الحرارة ومراقبتها بدقة ، كما أنه ليس من الضروري تلميع المشغولات قبل مراجعتها . جدول 7 – 2 يوضح نطاق استخدام حمامات المراجعة الملحية والمعدنية.

جدول 7 – 2

نطاق استخدام حمامات المراجعة الملحية والمعدنية

التركيب الكيميائي	نقطة الأنصهار ^{0}م	نطاق الاستخدام ^{0}م
حمامات ملحية	500 – 160	870 . 180
حمامات رصاصية	327	900 . 350
حمامات رصاصية قصديرية	180	500 . 200

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط :

تحتوى أنواع صلب العدة السبيكى منخفض الخلط على نسبة كربون ما بين 0.8 . 1.7% ، بالإضافة إلى نسب من المكونات السبيكية مثل الكروم والتنجستن والنيكل والموليبدنم والفاناديوم ، بحيث لا تتجاوز نسبة هذه المكونات مجتمعة 5 %.

التسخين :

تسخن أنواع الصلب وفقاً لتركيبها الكيميائي ، إلى درجة حرارة تصليد تتراوح ما بين 780 . 850 ^{0}م .. (ألوان التلدين من الأحمر القاتم إلى الأحمر الفاتح).

التسقية :

تسقى أنواع الصلب في الزيت وأحيانا في الماء أو بالمغطس الساخن الذي يسمى أيضا بالتصليد المرحلي .. أو في تيار من الهواء المضغوط الجاف التي تسمى بالمصلدات بالهواء.

تتراوح درجة حرارة التسقية عند التصليد في المغطس الساخن ما بين 400 . 600 ^{0}م ، ثم يبرد الصلب فى هواء ساكن إلى درجة حرارة الغرفة ، وتتصلد أنواع الصلب السبائكي عالي الخلط بصورة كلية . تمتاز هذه الطريقة بعدم ظهور تشوهات بالمشغولات أو بوجود تشوهات بسيطة جدا تكاد يكون معدوماَ.

المراجعة :

تتوقف درجة حرارة المراجعة لأنواع صلب العدة السبائكي عالى الخلط على تركيبها الكيميائى وأسلوب التسقية . تتراوح درجة حرارة المراجعة لأنواع صلب السرعات العالية ما بين 530 . 600 ^{0}م ، كما هو الحال في أنواع الصلب اللاسبيكي منخفض الخلط وإنما تزداد الصلادة بالمراجعة ، ويمكن تفسير هذه الظاهرة إلى أن أثر التسقية في الأنواع السبائك العالية الخلط يكون حاداً للغاية بسبب الارتفاع الشديد في درجة حرارة التصليد ، بحيث لا تجد المكونات السبيكية وقتاً كافيا لتنظيم بنيتها المتشكلة أثناء التصليد ، وإنما يتم ذلك بالمراجعة اللاحقة ، وتسمى هذه العملية بعملية التصليد بالترسيب.

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبيكي عالي الخلط :

تحتوي أنواع صلب العدة السبيكي عالي الخلط على أكثر من 5 % من المكونات السبيكية ، وتتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.3 . 2.2 % ، كما تحتوى على نسبة تصل إلى 18% من التنجستن ، 11% من الكوبالت ، مع أضافات من الموليبدنم والكروم والفاناديوم.

التسخين :

obeikan.com

تتراوح درجة حرارة التصليد ما بين 950 ـ 1200 ^{0}م ، كما تصل في حالة صلب السرعات العالية إلى 1300 ^{0}م .. (ألوان التلدين أحمر مائل للأصفر إلى الأبيض المائل للأصفر).

يراعى إتباع دور الصناعة المنتجة بشأن درجات الحرارة المعطاة.

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات الذي يحتوي على الكربون بنسبة تتراوح ما بين 0.1 ـ 0.6 % تشتمل على عمليتين أساسيتين هما .. التصليد السطحي والتطبيع.

التصليد السطحي :

يجرى التصليد السطحي عندما تتطلب المشغولة سطحا صلداً مقاوما للتآكل الاحتكاكي وأقرب مثال إلى ذلك هو من أمثلة ذلك جوانب أسنان التروس.

هناك أسلوبان للتصليد السطحي هما كالآتي :-

1. تحديد مواضع وجود الكربون في المناطق المطلوب تصليدها بالصلب الغير قابل للتصليد . يسمى هذا الأسلوب بالتصليد الغلافي أو التصليد بالنترة :
2. تصليد الطبقة الخارجية للصلب القابل للتصليد . يسمى هذا الأسلوب بالتصليد باللهب أو التصليد بالغمر أو التصليد بالحث.

التصليد الغلافي :

يتناسب التصليد الغلافي لأنواع الصلب اللاسبيكي الذي يحتوي على نسب ضئيلة من الكربون تتراوح ما بين 0.1 ـ 15%، كما يتناسب مع الأنواع السبيكية ذات النسب المنخفضة من المنجنيز أو الكروم أو النيكل والتي تصل نسبة الكربون فيها إلى 2 %، ولتصليد أسطح هذه الأنواع (تصليد طبقاتها الخارجية) فإنه يجب إضافة الكربون إليها باستخدام مواد مطلقة للكربون، قد تكون هذه المواد صلبة أو سائلة أو غازية.

obeikan.com

وتتم الكربنة السطحية (إضافة الكربون على الأسطح) في صناديق التصليد الغلافي ، أو في مغاطس التصليد الغلافي أو مغاطس السمنتة أو في وسط غازي.

التصليد الغلافي بالصناديق (السمنتة) :

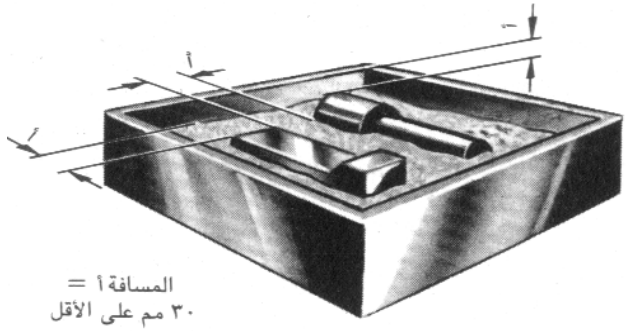
تجرى كربنة أنواع الصلب ذات نسب الكربون المنخفض في وسط مانح للكربون، ثم تصليدها بعد ذلك . تعرف عملية الكربنة .. بالشحن بالكربون أو بالسمنتة .

تغلف المشغولات محاطة بوسيط التصليد الغلافي في صناديق حديدية يحكم إغلاقها بالطفل أو بمعجون مع ترك مسافة بين المشغولات وبعضها ، وبين المشغولات وجوانب الصندوق لا تقل عن 30 مم كما هو موضح بشكل 7 – 2 ، بحيث لا تسمح المسافات الصغيرة بانطلاق كمية كافية من غاز الإستصباح أو غاز الميثين أو غاز أول أكسيد الكربون ، مما يجعل عمق التصليد الغلافي في تلك المواضع أقل منه في المواضع الأخرى ، ويسخن الصندوق لمدة معينة في درجة حرارة تتراوح ما بين 860 . 930 ^{0}م .. وفقاً لعمق التصليد المطلوب ، لتتغلغل ذرات الكربون الموجود في وسيط التصليد الغلافي إلى الطبقة السطحية للمشغولة.

ويمكن أن تكون الوسائط المستخدمة جافة مثل فحم الكوك ، أو بسائط سائلة مثل سيانيد البوتاسيوم أو سيانيد الصوديوم

تتراوح تخانة الطبقة المكربنة (السمنتة) إلى ما بين 0.15 . 1.8 مم ، عند التسخين لفترة تتراوح ما بين 1 . 10 ساعات . ويمكن وصول التصليد إلى عمق يصل إلى 5 مم بعد فترة كربة طويلة . جدول 7 – 3 أعماق التصليد الغلافي في الصناديق لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي.

obeikan.com



شكل 7 – 2

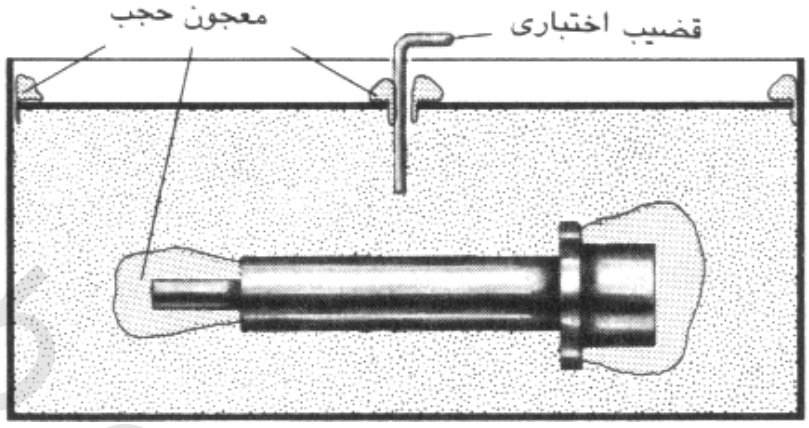
التصليد الغلافي في الصناديق

جدول 7 – 3
أعماق التصليد الغلافي في الصناديق لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي

زمن التصليد بالساعات	عمق التصليد بالمليمتر			
	في درجة حرارة تلدين قدرها 860 ^{0}م		في درجة حرارة تلدين قدرها 930 ^{0}م	
	لاسبيكي	سبيكي	لاسبيكي	سبيكي
1	0.15	0.25	0.3	0.5
5	0.8	1.0	1.2	1.3
10	1.2	1.5	1.5	1.8

تستخدم كوسائط تصليد غلافي في الحالة الصلبة خلائط من فحم الخشب مع كربونات الباريوم أو فحم العظام أو فحم الجلود ، وهى متوفرة تجاريا بشكل جاهز للاستخدام ، وتصبح البنية خشنة الحبيبات نتيجة للتسخين الطويل ، ويمكن إزالة هذا العيب بمعادلة الصلب حراريا .. أي إعادة تنظيم بنيته.

وإذا كان المطلوب هو إجراء كربنة سطحية لأجزاء معينة فقط من المشغولة ، فانه يجرى تغطية الأجزاء التي يراد تصليدها بمعجون خاص شكل 7 – 3 أو تغليفها بالنحاس.

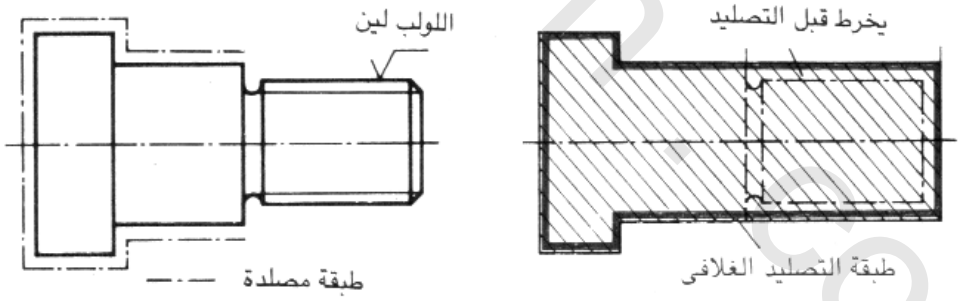


شكل 7 – 3

طريقة الحجب

ويمكن تشطيب المشغولات في المواضع التي لا يراد تصليدها غلافيا بمقاسات أكبر من اللازم بقليل كما هو موضح بشكل 7 – 4 ، ثم إزالة الطبقة المكربنة بعد التصليد الغلافي مرة أخرى ، بحيث تظل هذه المواضع لينة أثناء التصليد اللاحق.

وتسخن المشغولات التي تم تصليدها غلافيا بالصندوق من جديد ، ثم تسقى في الماء أو الزيت ، وتتم المراجعة في درجة حرارة تتراوح ما بين 150 . 200 ^{0}م.



شكل 7 – 4

طريقة المقاسات الزائدة

التصليد الغلافي بالحمامات السمنتة :

غالبا تستخدم المصهورات الملحية التي تحتوي على كربون وذلك لغرض الكربنة السطحية أيضا ، مما يتيح تسخيناً فجائياً وكربنة سطحية سريعة.

التصليد الغلافي في وسط غازي :

يستخدم غاز الاستصباح أو غاز الاستيلين أو غاز البروبان أو غاز البوتان في تصليد المشغولات المصنوعة من الصلب ، تعتبر هذه الطريقة من أسهل الطرق كما إنها نظيفة للغاية.

توضح المشغولات المراد تصليدها في وعاء مغلق بإحكام ويسخن بمحتوياته إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 850 . 900 ^{0}م ، ثم يدفع الغاز إلى الوعاء ليتغلغل الكربون الموجود في غاز أول أكسيد الكربون إلى الطبقات السطحية للمشغولات ، يمكن بهذه الطريقة حساب عمق التصليد الغلافي بسهولة ودقة.

يتميز التصليد الغلافي بهذه الطريقة بعدم وجود قشور أكسيدية على أسطح المشغولة ، كما يكون التصليد بالكربنة السطحية متجانسة للغاية . وتتم المعالجة الحرارية اللاحقة كالمتبع بطرق التصليد الغلافي السابق ذكرها.

خطوات التصليد الغلافي :

يمكن الحصول على تصليد غلافي بالكربنة السطحية ، حيث تحصل الطبقة الخارجية للمشغولات على بنية مختلفة عن قلبها ، ويؤدى ذلك عند التسقية إلى نشوء إجهادات داخلية ، وإذا كان على المشغولة أن تفي بمتطلبات أعلى ، فانه يجب أن يتم إجراء تلدين مرحلي أو تصليد مزدوج لها.

فيما يلي جدول 7 – 4 الذي يوضح العمليات الخارجية والداخلية أثناء التصليد المزدوج المصحوب بمعادلة القلب وتلدين مرحلي للصلب الكربوني ، وجدول 7 – 5 الذي يوضح الأخطاء المحتملة أثناء التصليد الغلافي.

obeikan.com

جدول 7 – 4

التصليد المزدوج والتلدين المرحلي للصلب الكربوني

العملية الخارجية	العملية الداخلية
التصليد الغلافي في مسحوق عند درجة حرارة قدرها 880 ـ 930 ^{0}م. تعمل درجة الحرارة العالية على تخفيض من فترة التصليد الغلافي.	كربنة الطبقة الخارجية.
تترك المشغولات لتبرد في الصندوق ببطء.	موازنة الاجهادات عند الحدود الفاصلة بين البنية السطحية وبنية القلب (حبيبات البنية خشنة في الطبقة السطحية والقلب).
التسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 880 ـ 930 ^{0}م. التسقية في ماء درجة حرارته 20 ^{0}م.	تنظيم بنية النواة وإعادة دقة حبيباتها. الاحتفاظ بدقة حبيبات النواة.
تلدين مرحلي في درجة حرارة تتراوح ما بين 650 ـ 680 ^{0}م ثم التبريد البطيئ في الفرن.	موازنة الاجهادات من جديد عند الحدود الفاصلة بين البنية السطحية وبنية القلب.
تسخين فجائي إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 780 ـ 800 ^{0}م ، ثم التسقية في ماء درجة حرارته 20 ^{0}م.	إعادة ترتيب البلورات ودقة الحبيبات وتصليد الطبقة الخارجية. مراجعة القلب.
المراجعة إذا استدعى الأمر إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 150 ـ 175 ^{0}م لمدة ساعة واحدة.	تخليص الطبقة الخارجية من الاجهادات

جدول 7 – 5

الأخطاء المحتملة أثناء التصليد الغلافي

الخطأ المكتشف	أسبابه
طبقة التصليد الغلافي ليست عميقة بالقدر المطلوب اللازم.	قصر مدة التسخين أو انخفاض درجة حرارة التلدين.
امتصاص الكربون لا يتم في بعض المواضع.	وجود بقع من الصدأ أو الشحم على سطح المشغلة.
امتصاص الكربون يتم بصورة غير متجانسة.	قصر المسافة بين المشغولات بعضها في صندوق التصليد الغلافي أكثر من اللازم ، أو عدم انتظام وتجانس التركيب الكيميائي لوسيط التصليد الغلافي.
تقشر طبقة التصليد الغلافي.	وجود نسبة عالية من الشوائب كالفسفور أو الكبريت في الصلب أو سوء نوعية وسيط التصليد الغلافي.

التصليد بالنتردة :

التصليد بالنتردة أو التصليد بالتأزيت .. يعني التصليد باستخدام الأزوت (النتروجين) في عملية التصليد السطحي ، حيث يخترق الأزوت سطح المشغولة المصنوعة من الصلب ، لتتكون في الطبقة الغلافية مركبات للحديد والأزوت تسمى بالنتريدات ، يؤدى ذلك إلى تصليد الطبقة الغلافية دون الحاجة إلى تسقيتها .

تتميز عملية التصليد بالنتردة للمشغولات المصنوعة من الصلب صلادة تفوق بكثير الصلادة الناتجة بالكربنة السطحية ، إلا أن من أهم عيوب هذه الطريقة هو عمق التصليد الذي لا يتجاوز بضعة أعشار من المليمتر.

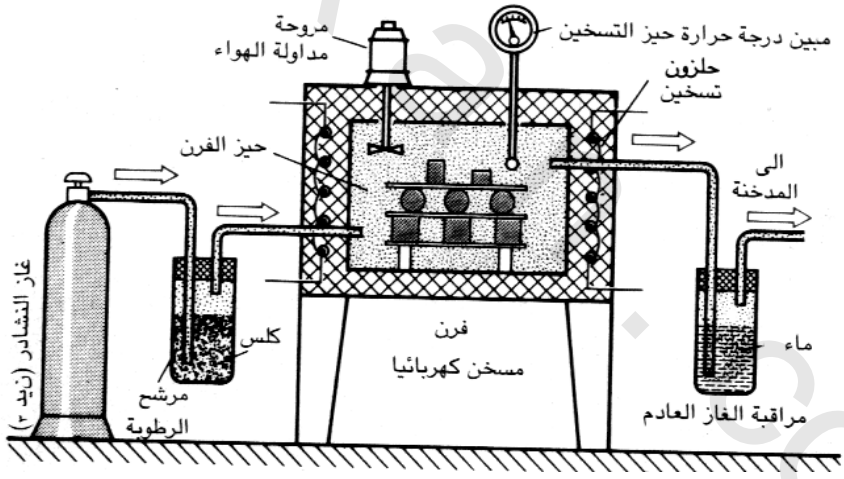
توجد النتردة بأسلوبين للتصليد هما النتردة بالغاز والنتردة بالغمر .. فيما يلي عرض كل منهما على حدة.

النتردة الغازية :

توضع المشغولة في طريقة النتردة الغازية في فرن كهربائي كما هو موضح بشكل 7 – 5 عند درجة حرارة تتراوح ما بين 500 . 520 ^{0}م ، وتعرض لتيار من غاز النشادر لمدة تتراوح ما بين 12. 96 ساعة ، حيث يتغلغل الأزوت الموجود في غاز النشادر إلى الطبقات الخارجية للمشغولة ، وعند الرغبة في تصليد بعض المواضع بالمشغولة ، فأنه يتم قصدرتها أو تغطيتها بمعجون خاص ، ولا يصلح الطفل في هذه الحال للاستخدام لأنه منفذ للأزوت.

يمكن استخدام طريقة النتردة الغازية للتصليد الغلافي للمشغولات الطويلة ، مثل الأعمدة وأعمدة المحاور بالغاز من خلال تعليقها حرة في أفران ذات درجة حرارة عالية.

تصلح النتردة بالغاز لأنواع الصلب السبيكي الذي يحتوي على الكروم والألومنيوم فقط.



شكل 7 – 5

تجهيزة النتردة

Orelkan.com

النتردة بالغمر :

هي عبارة عن غمر المشغولات المصنوعة من الصلب في حمامات ملحية تحتوى على السيانيد (سيانيد البوتاسيوم وسيانيد الصوديوم) ، ولعدم تبلور الملح المنصهر فإنه يجب تسخين المشغولات مسبقاً ، ثم تغمر بالحمام الساخن في درجة حرارة تتراوح ما بين 500 . 550 ^{0}م ، وتترك لمدة تتراوح ما بين 10 . 90 دقيقة ، ثم تبرد المشغولات في هواء ساكن وتشطف بالماء.

يناسب أسلوب التصليد السطحي بالنتردة بالغمر لأنواع صلب الإنشاءات السبيكية واللاسبيكية ، وأنواع الصلب المقاوم للصدأ والمقاوم للأحماض ، وكذلك الحديد المبلد

مميزات أسلوب التصليد السطحي بالنتردة بالغمر :

يتميز أسلوب التصليد السطحي بالنتردة بالغمر عن الأساليب الأخرى للتصليد السطحي بالآتي :-

1. زيادة عمر عدد التشغيل (زيادة الفترة التشغيلية لعدد التشغيل) المصنعة من أنواع صلب السرعات العالية أو لأنواع صلب التشغيل على الساخن بدرجة كبيرة.

opeikan.com

2. انخفاض درجة حرارة المعالجة الحرارية نسبياً إلى ما بين 500 ـ 520 ^{0}م.
3. عدم الحاجة إلى تسقية المشغولات ، وبالتالي عدم تشوهها والحصول على أكبر صلادة ممكنة للصلب والحديد الزهر.
4. ثبات الصلادة عند درجة حرارة 500 ^{0}م أو أكثر بما يسمى باستدامة الصلادة.
5. إمكانية تشطيب الأجزاء بصورة نهائية قبل نتردتها لعدم تقشر الطبقة السطحية.
6. عدم ازدياد حجم المشغولة بدرجة محسوسة.
7. الحصول على صلب ذات تزليق ممتاز مع إرتفاع مقدار الصمود للنحر أو التآكل بين الأسطح المنتردة.

يستخدم التصليد بالنتردة بالدرجة الأولى لأجزاء المكنات المعرضة لدرجات حرارة تشغيل عالية ، والتي يجب أن تكون صمودة للتآكل الكيميائي والتآكل الاحتكاكي والكلال فى نفس الوقت.

التصليد باللهب :

يتم التصليد باللهب بتسخين الطبقة السطحية للمشغولة بلهب غاز الاستصباح أو لهب من غازي الأكسجين والأستيلين إلى درجة حرارة التصليد فى وقت قصير جداً ، ثم تسقى المشغولة بالماء ، وذلك قبل وصول الحرارة إلى الطبقات الداخلية للمشغولة .. مما يؤدى إلى تصليد السطح فقط بينما يبقى القلب ليناً.

أنواع التصليد باللهب :

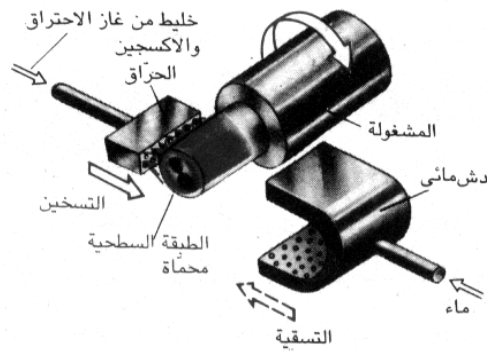
يميز التصليد باللهب بعدة أساليب للتصليد كما هو موضح بشكل 7 – 6 وهي كالآتي :-

1. التصليد الدائري.
2. التصليد الخطي.
3. التصليد الحلزوني.

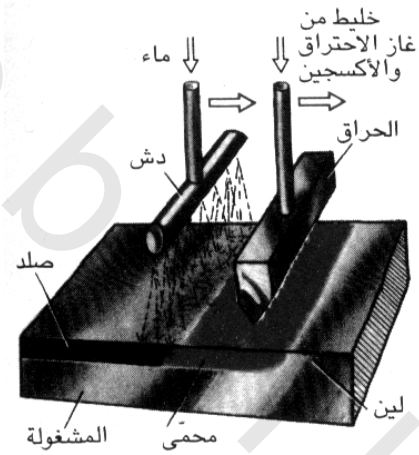
obeikan.com

يستخدم التصليد باللهب فى أحوال كثيرة ماكينات تصليد خاصة ، حيث تعمل على هذه الماكينات على تصليد العديد من العدد ، وعلى سبيل المثال تصليد التروس . أعمدة المحاور . المسامير . الأعمدة ..... وغيرها . تتوقف تخانة طبقة التصليد على مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب. يمكن فى التصليد الخطى والحلزوني التحكم تنظيميا فى مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب بتحريك لهب المشعل أو المشغولة بسرعة منتظمة . ويتناسب عمق التصليد عكسيا مع سرعة التغذية. يناسب للتصليد باللهب أنواع الصلب السبيكي الذي يحتوي على نسبة من الكربون تتراوح ما بين 0.35 ـ 0.70 % ، وأنواع صلب الإنشاءات ذات النسب السبيكية الضئيلة من الكروم والموليبدنم التي تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.30 ـ 0.50 %.

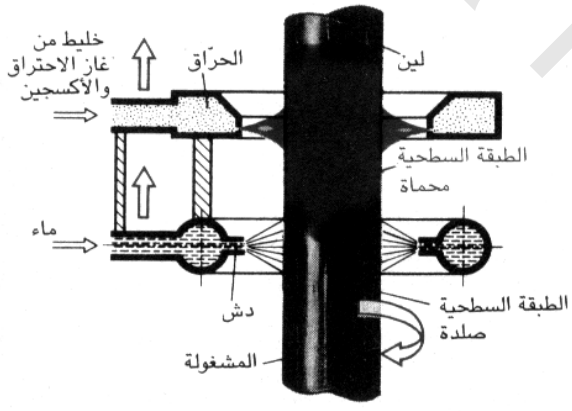
obeikan.com



(أ)



(ب)



(ج)

شكل 7 – 6

أنواع التصليد باللهب

obeikan.com

(أ) التصليد الدائري.

(ب) التصليد الخطي.

(ج) التصليد الحلزوني.

التصليد بالغمر :

التصليد بالغمر عبارة عن تسخين الطبقة الخارجية للمشغولة إلى درجة حرارة التصليد بغمرها فى حمام ملحي متعادل ، بحيث يكون التسخين سريعا جدا ومتجانساً . يتم ذلك بمعزل عن الهواء.

تسمح طريقة الغمر بتسخين المشغولة جزئياً ، وبالتالي تصليدها جزئياً أيضاً ، وتسحب المشغولة من الحمام الملحي قبل تغلغل الحرارة إلى قلبها ، وتغمر فى حمام تسقية.

التصليد بالغمر ينافس نفس أنواع الصلب الصالح للتصليد باللهب.

التصليد بالحث :

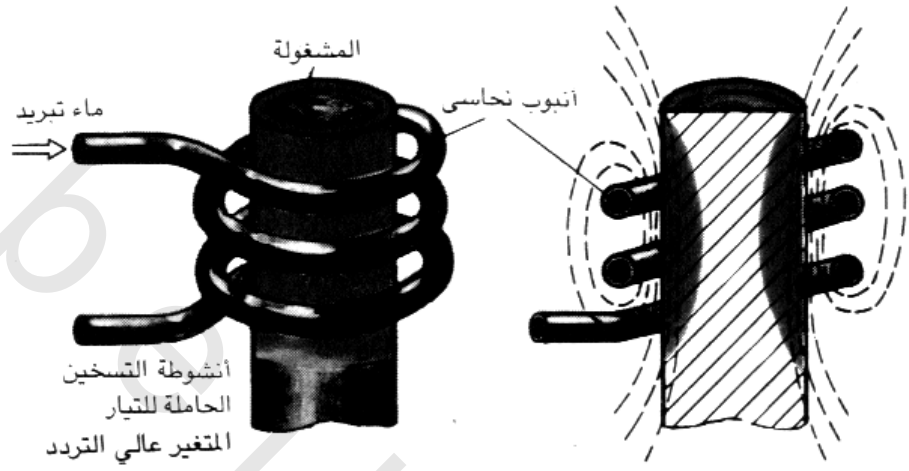
عند التصليد بالحث لا يتم تسخين المشغولات من الخارج ، وإنما توليد الحرارة بواسطة تيارات دوامية مترددة عالية التردد شكل 7 – 7 ، حيث تسرى إلى الطبقة السطحية للمشغولة ، ويقوم التسخين على مبدأ المقاومة بالتيار المتغير ، بحيث لا تتأثر المشغولات أثناء عملية التصليد بالمغنطة فى بلورات الطبقة السطحية للمشغولة.

ويمكن عند الرغبة حجب المجال الحثى بالصورة المطلوبة لإجراء تصليد جزئي ، ويمكن ضبط عمق التسخين بدقة من خلال التحكم فى تردد التيار الحثى ، حيث يصغر العمق بازدياد التردد الذي يتراوح ما بين 4000 . 400000 هرتز ، ويتكون ملف التسخين من أنبوب نحاسي غالباً ، يلف حول المشغولة بصورة مطابقة لشكلها ، بحيث يبعد عن سطحها بمسافة تتراوح ما بين 1 . 1.5مم.

تسقى المشغولات فى حمام مائي أو حمام زيتي بعد تسخين طبقاتها الغلافية بالحث، وتتم التسقية فى تجهيزات التصليد الحثى الأوتوماتي من خلال دش من الماء المضغوط

openkan.com

، هذا الدش مركب بعد موضع التسخين مباشرة . ونظراً لعدم تمكن الحرارة من التغلغل إلى الطبقات الداخلية للمشغولة ، فان السطح يتصلد بينما يبقى القلب ليناً.



شكل 7 – 7

التسخين بالحث الكهربائي

ولموازنة الإجهادات تراجع المشغولات بعد التصليد بتسخينها إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 150 . 200 ^{0}م.

التصليد بالحث الكهربائي يناسب نفس أنواع الصلب اللاسبيكي والصلب السبيكي منخفض الخلط.

وعلى الرغم من التكاليف الباهظة لتجهيزات التصليد بالحث الأوتوماتية ونصف الأوتوماتية الموجودة ضمن خطوط الإنتاج ، فان سهولة استخدامها وانخفاض فترة التسخين وإمكانية الضبط الدقيق لعمق التصليد تجعلها اقتصادية ، وخاصة لحالات التصليد بالجملة.

التطبيع :

التطبيع عبارة عن تصليد يتبعه مراجعة فى درجات حرارة عالية ، ولا تهدف هذه المعالجة إلى التصليد ، وإنما للحصول على بنية دقيقة الحبيبات ، عالية المتانة .

يستخدم لهذا الغرض ما تسمى بأنواع صلب التطبيع ، وهى أنواع تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.22 . 0.60 % ، والتي تحتوى على مكونات سبيكية مثل السليكون أو المنجنيز أو الكروم أو الموليبدنم ، وفى بعض الأحيان الفاناديوم والنيكل.

تجرى لأنواع صلب التطبيع ، التي تشوهت بشدة نتيجة لعمليات مثل الحدادة أو تخشين السطح ، معادلة حرارية يتبعها تشغيل أولى ثم تطبيع قبل تشغيلها بالمقاسات النهائية.

تسخن أنواع صلب التطبيع عند تصليدها إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 100 . 820 ^{0}م ثم تسقى فى الماء أو الزيت ، وتتم المراجعة إلى درجات حرارة ما بين 530 . 670 ^{0}م.

وعلى الرغم من انخفاض الصلادة بشدة نتيجة لهذه العمليات ، إلا إنها تؤدى فى الوقت نفسه إلى زيادة المتانة ومقاومة الصدم بصورة كبيرة.

تطبع عادة أجزاء الماكينات المعرضة للإجهادات العالية ، مثل المحاور وأعمدة المرفق وأذرع التوصيل وغيرها.

المعالجة الحرارية لحديد الزهر

تهدف المعالجة الحرارية لحديد الزهر إلى تغيير بنية مادة التصنيع عن طريق التسخين ، كما هو الحال بالصلب ، وذلك للحصول على خواص عديدة أخرى.

إزالة الإجهادات من المصبوبات :

بتبريد مصبوبات القوالب المعدنية والقوالب الرملية داخل القالب ، تنشأ إجهادات داخلية تسبب تشوه المصبوبات أو تشدخها عند تمام تبردها أو تشغيلها بالقطع لاحقا ، وتزول هذه الإجهادات بمرور الزمن عند تخزين المصبوبات لمدة طويلة بما يسمى بالتعتيق الطبيعي فى العراء ما بين 7 . 18 شهر قبل تشغيلها بالقطع ، ويمكن فى حالة المصبوبات الصغيرة إزالة الإجهادات بالتعتيق الاصطناعي فى فرن تصل درجة حرارته

إلى 300 ^{0}م ، ويمكن إزالة الاجهادات فى المصبوبات الكبيرة من خلال رجها لمدة تتراوح ما بين 8 . 25 ساعة.

المعالجة الحرارية لمصبوبات القوالب المعدنية المبردة :

عند صب حديد الزهر فى القوالب المعدنية المبردة تنتج مصبوبات ذات أسطح أكثر نعومة ومقاسات أكثر استقرارا من مصبوبات القوالب الرملية ، وتؤدى التسقية إلى فصل كمية ضئيلة فقط من الجرافيت ، بينما يبقى الكربون متحداً بشكل كربيد حديد منتجاً مادة صلدة سيئة التشغيل وقليلة التخميد للذبذبات ، ولفصل الجرافيت لاحقا ، تلدن المشغولات فى فرن تلدين بعد تجمدها فى القالب المعدني المبرد ، بينما تمرر المشغولات خلال أنفاق تلدين فى حالة خطوط الإنتاج المستمر للكميات كبيرة.

التصليد السطحي للحديد الزهر :

لتخفيض التآكل الاحتكاكي لمسارات الدلائل فى مكنات التشغيل بالعدة ، تصلد هذه الدلائل المصنعة من حديد الزهر سطحيا بواسطة التصليد باللهب أو التصليد بالحث ، ولا يصلح التصليد السطحي إلا أنواع الزهر التي وضعت بها رقائق الجرافيت داخل بنيتة الأساسية ، كما يجب أن تكون رقائق الجرافيت صغيرة ما أمكن ، حيث تؤدى الرقائق الكبيرة إلى حدوث تشدخات بالبنية الداخلية.

يتراوح عمق الصلادة بعملية التصليد باللهب ما بين 1 . 3 ملليمتر ، ويعطى التصليد بالحث نفس عمق الصلادة ، إذا تراوح متوسط التردد ما بين 4000 . 10000 هرتز ، بينما يمكن بالترددات العالية التي تصل إلى نحو 450000 هرتز التصليد إلى عمق 1.5 مم على الأكثر.

المعالجة الحرارية للمعادن الخفيفة

بالمعالجة الحرارية تتغير بنية المعادن الخفيفة ، كما هو الحال فى الصلب ، مما يؤدى بالتالي إلى تغيير خواص عديدة أهمها المتانة وحد الخضوع والانفعال والصلادة ،

ويتطلب الألومنيوم وسبائكه أسلوبا للمعالجة الحرارية يختلف عما يتطلبه المغنسيوم وسبائكه.

المعالجة الحرارية للألومنيوم وسبائكه :

يمكن اجراء تلدين ملين للألومنيوم وسبائكه ، كما يمكن تصليد بعض سبائك الألومنيوم بالتعتيق.

التلدين اللين :

عند التلدين اللين ينخفض مقدار الصلادة والمتانة ويزداد الانفعال ، مما يؤدى إلى إرتفاع قابلية تشكيل ، بعكس الصلب الذي يجب تبريده ببطء عند التلدين اللين.

تبلغ درجة حرارة التلدين اللين المنخفضة نسبيا ما بين 350 . 400 ^{0}م ، يتبعها التبريد فى الهواء أو التسقيته فى الماء.

يستخدم التلدين اللين خاصة عند إرتفاع مقدار صلادة وقصافة مادة التصنيع نتيجة للدلفنة أو الكبس أو التصليد بالتعتيق ، ويجب تلدين مادة التصنيع فى مراحل الكبس المختلفة وخاصة عندما تكون المادة قصفة نتيجة لتصلدها بالتشغيل على البارد بدرجة تجعل استمرار تشغيلها مصحوبا بخطر تشدخها ، ويسمى هذا الأسلوب بالتلدين المرحلي.

ملاحظة :

يكون الألومنيوم صمودا للتآكل الكيميائي عند تلدينه إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 450 . 500 ^{0}م.

التصليد بالتعتيق (التصليد بالترسب) :

يمكن بأسلوب التعتيق زيادة متانة بعض سبائك الألومنيوم بدرجة كبيرة ، ويؤدى ذلك فى نفس الوقت إلى إرتفاع مقدار الصلادة وتخفيض الانفعال ، وتكون سبيكة الألومنيوم قابلة للتصليد بالتعتيق . كما يمكن زيادة التصليد بالتعتيق لسبائك النحاس.

obeikan.com

يتم التصليد بالتعتيق على ثلاث مراحل هي التلدين الانحلالي ثم التسقية ثم التعتيق.

يعمل التلدين الانحلالي على تحلل جميع المكونات السبيكية تقريبا فى بلورة الألومنيوم فى درجات حرارة تلدين حوالي 500 ^{0}م ، ويجب مراعاة درجة حرارة التلدين الانحلالي لمادة التصنيع الواردة فى المواصفات بدقة ، ويتوقف كل من توقيت التلدين ومدته على نوع السبيكة ، علماً بأن التسخين الزائد يؤدي إلى تتلف مادة التصنيع وبذلك تكون عديمة القيمة.

التقسية :

يتم تثبيت حالة البنية التي تم بلوغها بالتلدين الانحلالي فى ماء درجة حرارته 20 ^{0}م ، ويمكن أن يتم ذلك فى الزيت أو الهواء أيضا . ويؤدى عدم تسقية مادة التصنيع إلى عودة البنية إلى حالتها السابقة.

التعتيق :

ترتفع متانة وصلادة المشغولات التي تم تسقيتها خلال الساعات الثمانية التالية لعملية التسقية وذلك دون أية معالجة لاحقة لها ، وتصل إلى نهايتها العظمى خلال الأيام الخمسة التالية ، وتسمى هذه العملية بالتخزين على البارد ، أو التعتيق الطبيعى . لذلك يجب إجراء عمليات التشكيل بدون قطع خلال الساعات الخمس الأولى بعد تسقية المشغولة.

وتعتق السبائك بتسخينها بعد التسقية فى فرن هوائي إلى درجة حرارة حوالي 160 ^{0}م لفترة ما بين 8 . 10 ساعات ، وتسمى هذه العملية بالتخزين على الساخن أو التعتيق الاصطناعي ، كما توجد أنواع من السبائك يمكن تعتيقها على البارد أو على الساخن.

ويستغرق التعتيق وقتا طويلا فى درجات الحرارة المنخفضة ، لذلك يفضل وضع المشغولات التي لا يمكن تشكيلها بدون قطع فى غرف مثلجة بعد التسقية مباشرة.

سبائك الألومنيوم المصلدة بالتعتيق شديدة التأثير بالحرارة ولذا لايجزز وصلها بلحام الأنصهار ، أو اللحام اللين أو الصلد.

openkan.com

المعالجة الحرارية لسبائك المغنسيوم :

لا يمكن تصليد سبائك المغنسيوم بالتعتيق وإنما تلدينها بليونة فقط ، من خلال تسخينها إلى درجة حرارة ما بين 280 . 320 ^{0}**م.**

يراعى معالجة سبائك المغنسيوم فى حمام حمضي بعد المعالجة الحرارية مباشرة ، وذلك لانخفاض مقدار صمودها للتآكل الكيميائي.

obeikan.com