الباب الثاني

2

المعالجات الحرارية للمعادن

Heat Treatment Of Metals

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.

الفصل الأول

المعالجات الحرارية للمعادن الحديدية

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

Heat Treatment Of Steel

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 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 :-

١. صلب يحتوي على نسبة ٠,٨٥ ٪ 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.

٢. صلب يحتوي على نسبة أقل من ٨٦ ٪ 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.

٣. صلب يحتوي على نسبة أكبر من ٠,٨٦ ٪ 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 البطيء 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.

التلدين : Soft Annealing

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 التلدين : Annealing dictions

يوجد ثلاثة أساليب للتلدين وهي كالآتي :-

١. التلدين المزيل للإجهادات.
٢. التلدين اللين.
٣.تلدين الموازنة (المعادلة الحرارية).

أولا : التلدين المزيل للإجهادات Stress-relieving Annealing

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 ٥٠٠ . ٦٠٠ ^{0}م ، وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين ٦٥٠ . ٧٠٠ ^{0}م

ثانيا : التلدين اللين Soft Annealing

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.

يعالج الصلب اللاسبيكى بالتلدين اللين إلى ما بين ٦٨٠ . ٧٣٠ ^{0}م ، والصلب اللاسبيكي المنخفضة الخلط إلى ما بين ٧١٠ . ٧٣٠ ^{0}م ، وصلب السبائك العالية الخلط إلى ما بين ٨٠٠ . ٨٥٠ ^{0}م.

٣. تلدين الموازنة (المعادلة الحرارية) Heat Treatment

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 إاى ما بين ٨٢٠ . ٩١٠ ^{0}م . وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين ٨٥٠ . ٩٢٠ ^{0}م.

أخطاء التلدين : Annealing Errors

لا يعطى التلدين في درجات حرارة أقل من اللازم التحول المطلوب في البنية ، بل يؤدى إلى عدم تلدين الصلب المصلد بالتشغبل 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.

تصليد بالتسقية : Quench Hardening

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

التسخين : Heating Up

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 ٧٠٠ ^{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.

التسقية : Quenching

التسقية 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 التسقية بأقل سرعة ممكنة ، لمنع نشوء إجهادات داخلية أو تشدخات

تصليد على سطح المشغولة ، وتتوقف هذه السرعة على نوع الصلب في كل حالة.

يمكن التسقية بالماء بحيث تبلغ درجة حرارة الماء المستخدم ٢٠ ^{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 ٢٠ ^{0}م ، لذا يخلط الماء بالثلج أو يستخدم خليط الماء وملح الطعام . علما بأنه يمكن إنخفاض درجة التبريد لتصل إلى(ـ ٧٠ ^{0}م) من خلال استخدام جليد ثاني أكسيد الكربون كوسيط تبريد.

ويمكن التسقية 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 : Tempering

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 ٢ – ١ 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 بالصلب إلى قابليته للتشكيل بالإضافة إلى الصلادة اللازمة حسب الغرض من استخدامه.

جدول ٢ – ١

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	٢٠٠ ٢٢٠ ٢٣٠ ٢٤٠	أدوات القياس البراغل شوك العلام ذكور اللولبة
صلد	أحمر مائل للبنى أحمر أحمر قاتم	٢٥٠ ٢٦٠ ٢٧٠	المطارق المثاقب الحلزونية الأزميل
متوسط الصلادة	بنفسجي أزرق داكن أزرق أزرق فاتح	٢٨٠ ٢٩٠ ٣٠٠ ٣٢٠	ذنب المركز المفكات السنابك والأجنات الفؤوس والبلط

التعتيق : Ageing

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 ١٢ 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 ١٠٠ . ١٥٠ ^{0}م لمدة ٢٠٠ 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 لأنواع صلب 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 ٠.٦ . ١.٥% .

التسخين : Heating Up

يتم التسخين إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٦٠ . ٨٥٠ ^{0}م (لون التلدين أحمر قاتم إلى أحمر فاتح).

يحدد لون التلدين (درجة حرارة المراجعة) بصورة تقريبية .. (أنظر جدول ٢ – ١ 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 :-

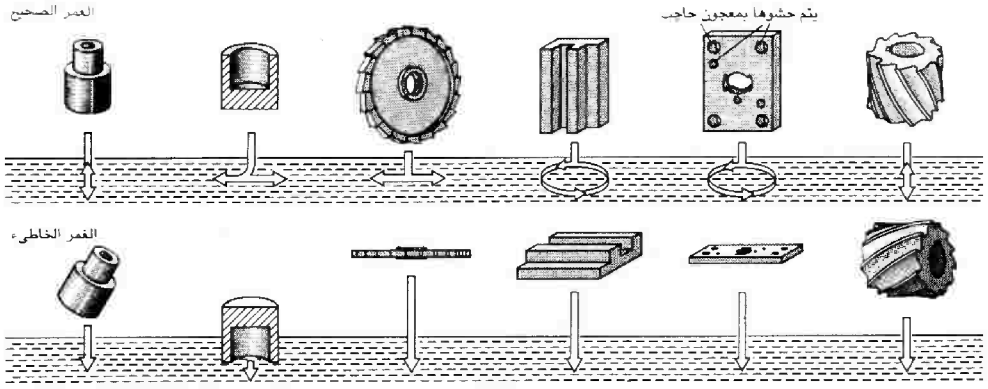
عند بلوغ درجة الحرارة الصحيحة للتصليد ، تظهر على أسطح المشغولة بعض البقع الصغيرة الفاتحة التي تدل على اجتياز حد التحول ، وعند تسخين مشغولات تحتوى على ثقوب ، يظهر عليها لون تلدين أغمق من لون المشغولة نفسها ، ومع استمرار التسخين يتماثل لون الثقب مع اللون الفاتح للمشغولة ، وعند بلوغ درجة حرارة التصليد ،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

اعتبار هذه الملاحظات وسيلة مؤقتة لتقدير درجة الحرارة.

التسقية : Quenching

التسقية هي التبريد الفجائي ، حيث تسقى أنواع الصلب اللاسبيكي في ماء درجة حرارته ٢٠ ^{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 ٢ – ١ ، 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 ٢ – ١

الغمر الصحيح والخاطئ في وسيط التسقية

ملاحظات :

١. تغمر المشغولات في سائل التسقية بأجزائها المصمتة أولا ، كما يجب تحريكها باستمرار وهي مغمورة بالكامل.
٢. لا تتصلد المشغولات المصنوعة من أنواع صلب العدة اللاسبيكي ذات المقاطع الكبيرة ، وذلك لعدم إمكانية امتصاص الحرارة من الأجزاء الداخلية للمشغولة بسرعة كافية ، لذلك تتبعج هذه المشغولات قليلا ، ولتلاشي التشوه الناشئ عن التصليد ، يفضل تسقية مثل هذه المشغولات بالماء في درجة حرارة قدرها ٢٠٠ ^{0}م ، ثم استكمال التبريد تماماً في الزيت ، وتعرف هذه الطريقة بالتصليد التجزئي.

المراجعة : Tempering

يجب أن تتم المراجعة بقدر الإمكان بعد التصليد مباشرة ، علما بأن أنواع صلب العدة اللاسبيكي تراجع في درجة حرارة تتراوح ما بين ٢٢٠ . ٣٢٠ ^{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 ١٠٠ . ٢٠٠ ^{0}م، ويمكن بواسطة ألوان المراجعة (نظر جدول ٢ – ١ الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية) تقدير درجات حرارة المراجعة الواقعة بين ٢٢٠ . ٣٢٠ ^{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 : Tempering Baths

تتميز مغاطس المراجعة بإمكانية التحكم التنظيمي لدرجة الحرارة ومراقبتها بدقة ، كما أنه ليس من الضروري تلميع المشغولات قبل مراجعتها.

جدول ٢ – ٢ يوضح نطاق استخدام حمامات المراجعة الملحية والمعدنية.

جدول ٢ – ٢

نطاق استخدام حمامات المراجعة الملحية والمعدنية

التركيب الكيميائي	نقطة الأنصهار ^{0}م	نطاق الاستخدام ^{0}م
حمامات ملحية	١٦٠ – ٥٠٠	١٨٠ . ٨٧٠
حمامات رصاصية	٣٢٧	٣٥٠ . ٩٠٠
حمامات رصاصية قصديرية	١٨٠	٢٠٠ . ٥٠٠

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبائكي منخفض الخلط :

تحتوى أنواع صلب العدة السبائكي منخفض الخلط على نسبة كربون ما بين ٠.٨ . ١.٧% ، بالإضافة إلى نسب من المكونات السبيكية مثل الكروم والتنجستن والنيكل والموليبدنم والفاناديوم ، بحيث لا تتجاوز نسبة هذه المكونات مجتمعة ٥ %.

التسخين : Heating Up

تسخن أنواع الصلب وفقاً لتركيبها الكيميائي ، إلى درجة حرارة تصليد تتراوح ما بين ٧٨٠ . ٨٥٠ ^{0}م .. (ألوان التلدين من الأحمر القاتم إلى الأحمر الفاتح).

التسقية : Quenching

يسقى الصلب في الزيت وأحياناً في الماء ، كما أنها تتشوه بصورة أقل ، ويمكن استخدام أملاح منصهرة متعادلة ، تصل درجة حرارتها إلى نحو ٢٠٠ ^{0}م ، بدلا من الزيت ، حيث تغمر فيها المشغولات الساخنة وتترك إلى أن تتخذ درجة حرارة الحمام ، ثم تبرد في هواء ساكن إلى درجة حرارة الغرفة ، وتسمى هذه الطريقة بالتصليد في مغطس ساخن أو التصليد الحرارى أو التصليد المرحلي . تمتاز هذه الطريقة بعدم ظهور تشوه بالمشغولات.

المراجعة : Tempering

تتراوح درجات حرارة المراجعة ما بين ٢٢٠ . ٣٢٠ ^{0}م ، وتشبه المعالجة الحرارية في مجموعها ، تلك المتبعة لأنواع الصلب اللاسبيكي.

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبائكي عالي الخلط :

تحتوي أنواع صلب العدة السبائكي عالي الخلط على أكثر من ٥ % من المكونات السبيكية ، وتتراوح نسبة الكربون فيها ما بين ٠.٣ . ٢.٢ % ، كما تحتوى على نسبة تصل إلى ١٨% من التنجستن ، ١١% من الكوبالت ، مع أضافات من الموليبدنم والكروم والفاناديوم.

التسخين : Heating Up

تتراوح درجة حرارة التصليد ما بين ٩٥٠ . ١٢٠٠ ^{0}م ، كما تصل في حالة صلب السرعات العالية إلى ١٣٠٠ ^{0}م .. (ألوان التلدين أحمر مائل للأصفر إلى الأبيض المائل للأصفر).

يراعى إتباع دور الصناعة المنتجة بشأن درجات الحرارة المعطاة.

التسقية : Quenching

تسقى أنواع الصلب السبائكي عالي الخلط في الزيت أو بالمغطس الساخن أو في تيار من الهواء المضغوط الجاف التي تسمى بالمصلدات بالهواء.

تتراوح درجة حرارة التسقية عند التصليد في المغطس الساخن ما بين ٤٠٠ . ٦٠٠ ^{0}م ، ثم يبرد الصلب فى هواء ساكن إلى درجة حرارة الغرفة ، وتتصلد أنواع الصلب السبائكي عالي الخلط بصورة كلية ، كما أن تشوهها قليل جداً أو تكاد تكون معدومة.

المراجعة : Tempering

تتوقف درجة حرارة المراجعة لأنواع صلب العدة السبائكي عالي الخلط على تركيبها الكيميائى وأسلوب التسقية . تتراوح درجة حرارة المراجعة إلى ما بين ١٠٠. ٦٠٠ ^{0}م.

لا تقل صلادة أنواع صلب السرعات العالية التي تراجع عند درجة حرارة ٥٣٠ . ٥٨٠ ^{0}م ، كما هو الحال في أنواع الصلب اللا سبائكي 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.

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات

Heat Treatment Of Structural Steel

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات الذي يحتوي على الكربون بنسبة تتراوح ما بين ٠.١ . ٠.٦ % تشتمل على عمليتين أساسيتين هما .. التصليد السطحي والتطبيع.

التصليد السطحي : Surface Hardening

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 :-

١. تحديد مواضع وجود الكربون في المناطق المطلوب تصليدها بالصلب الغير قابل للتصليد . يسمى هذا الأسلوب بالتصليد الغلافي أو التصليد بالنترة :

٢. تصليد الطبقة الخارجية للصلب القابل للتصليد . يسمى هذا الأسلوب بالتصليد باللهب أو التصليد بالغمر أو التصليد بالحث.

التصليد الغلافي : Case Hardening

يتناسب التصليد الغلافي لأنواع الصلب اللاسبائكي الذي يحتوي على نسب ضئيلة من الكربون تتراوح ما بين ٠.١ . ١٥% ، كما يتناسب مع الأنواع السبيكية ذات النسب المنخفضة من المنجنيز أو الكروم أو النيكل والتي تصل نسبة الكربون فيها إلى ٢ % ، 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.

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) :

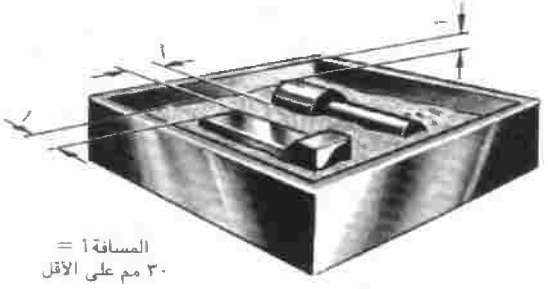
تجرى كربنة أنواع الصلب ذات نسب الكربون المنخفض في وسط مانح للكربون ، ثم تصليدها بعد ذلك . تعرف عملية الكربنة .. بالشحن بالكربون أو بالسمنتة .

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 ٣٠ مم كما هو موضح بشكل ٢ – ٢ ، 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 ٨٦٠ . ٩٣٠ ^{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 ٠.١٥ . ١.٨ مم ، عند التسخين لفترة تتراوح ما بين ١ . ١٠ ساعات . ويمكن وصول التصليد إلى عمق يصل إلى ٥ مم بعد فترة كربة طويلة . جدول ٢ – ٣ أعماق التصليد الغلافي في الصناديق لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي



شكل ٢ – ٢

التصليد الغلافي في الصناديق

جدول ٢ – ٣

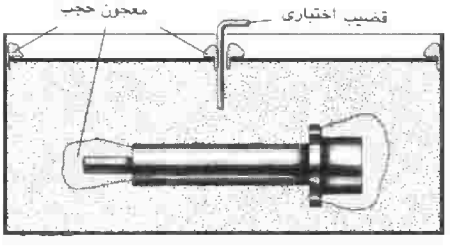
أعماق التصليد الغلافي في الصناديق

لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي

زمن التصليد بالساعات	عمق التصليد بالمليمتر			
	في درجة حرارة تلدين قدرها ٨٦٠ ^{0}م		في درجة حرارة تلدين قدرها ٩٣٠ ^{0}م	
	لاسبيكي	سبيكي	لاسبيكي	سبيكي
١	٠.١٥	٠.٢٥	٠.٣	٠.٥
٥	٠.٨	١.٠	١.٢	١.٣
١٠	١.٢	١.٥	١.٥	١.٨

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 ٢ – ٣ أو تغليفها بالنحاس.

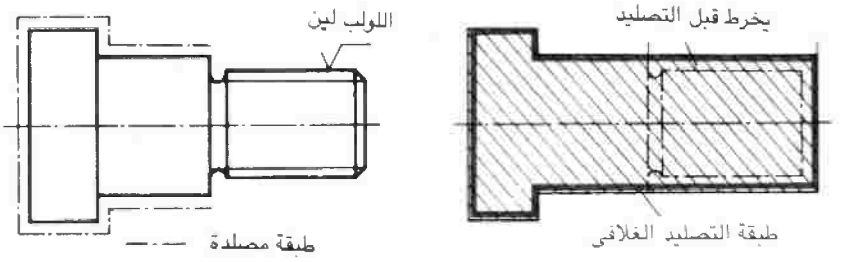


شكل ٢ – ٣

طريقة الحجب

ويمكن تشطيب المشغولات في المواضع التي لا يراد تصليدها غلافيا بمقاسات أكبر من اللازم بقليل كما هو موضح بشكل ٢ – ٤ ، 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 ١٥٠ . ٢٠٠ ^{0}م.



شكل ٢ – ٤

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 ٨٥٠ . ٩٠٠ ^{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 ٢ – ٤ الذي يوضح العمليات الخارجية والداخلية أثناء التصليد المزدوج المصحوب بمعادلة القلب وتلدين مرحلي للصلب الكربوني ، وجدول ٧ – ٥ الذي يوضح الأخطاء المحتملة أثناء التصليد الغلافي.

جدول ٢ – ٤

التصليد المزدوج والتلدين المرحلي للصلب الكربوني

العملية الخارجية	العملية الداخلية
التصليد الغلافي في مسحوق عند درجة حرارة قدرها ٨٨٠ . ٩٣٠ ^{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 ٨٨٠ . ٩٣٠ ^{0}م. التسقية في ماء درجة حرارته ٢٠ ^{0}م.	تنظيم بنية النواة وإعادة دقة حبيباتها. الاحتفاظ بدقة حبيبات النواة.
تلدين مرحلي في درجة حرارة تتراوح ما بين ٦٥٠ . ٦٨٠ ^{0}م ثم التبريد البطيئ في الفرن.	موازنة الإجهادات من جديد عند الحدود الفاصلة بين البنية السطحية وبنية القلب.
تسخين فجائي إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ٧٨٠ . ٨٠٠ ^{0}م ، ثم التسقية في ماء درجة حرارته ٢٠ ^{0}م.	إعادة ترتيب البلورات ودقة الحبيبات وتصليد الطبقة الخارجية. مراجعة القلب.
المراجعة إذا استدعى الأمر إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ١٥٠ . ١٧٥ ^{0}م لمدة ساعة واحدة.	تخليص الطبقة الخارجية من الاجهادات

جدول ٢ – ٥

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 : Nitriding Hardening

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.

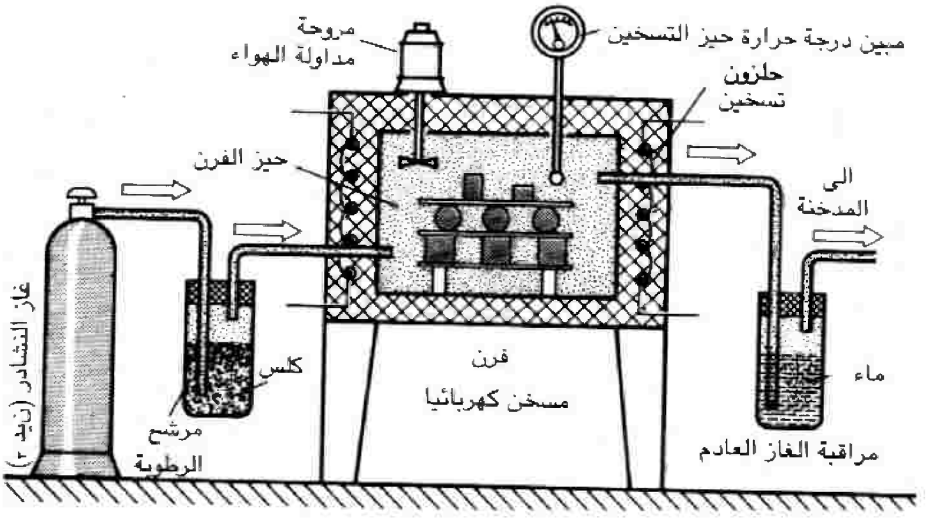
توجد النتردة بأسلوبين للتصليد هما النتردة بالغاز والنتردة بالغمر .. فيما يلي عرض كل منهما على حدة.

النتردة الغازية : Gas Nitriding

توضع المشغولة في طريقة النتردة الغازية في فرن كهربائي كما هو موضح بشكل ٢ – ٥ عند درجة حرارة تتراوح ما بين ٥٠٠ . ٥٢٠ ^{0}م ، وتعرض لتيار من غاز النشادر لمدة تتراوح ما بين ١٢. ٩٦ 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 ٢ – ٥

تجهيز النتردة

النتردة بالغمر : Immersion Nitriding

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 ٥٠٠ . ٥٥٠ ^{0}م ، وتترك لمدة تتراوح ما بين ١٠ . ٩٠ 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 :-

١. زيادة عمر عدد التشغيل (زيادة الفترة التشغيلية لعدد التشغيل) المصنعة من أنواع صلب السرعات العالية أو لأنواع صلب التشغيل على الساخن بدرجة كبيرة.
٢. انخفاض درجة حرارة المعالجة الحرارية نسبياً إلى ما بين ٥٠٠ . ٥٢٠ ^{0}م.
٣. عدم الحاجة إلى تسقية المشغولات ، وبالتالي عدم تشوهها والحصول على أكبر صلادة ممكنة للصلب والحديد الزهر.
٤. ثبات الصلادة عند درجة حرارة ٥٠٠ ^{0}م أو أكثر بما يسمى باستدامة الصلادة.
٥. إمكانية تشطيب الأجزاء بصورة نهائية قبل نتردتها لعدم تقشر الطبقة السطحية.
٦. عدم ازدياد حجم المشغولة بدرجة محسوسة.
٧. 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 : Flame Hardening

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 :

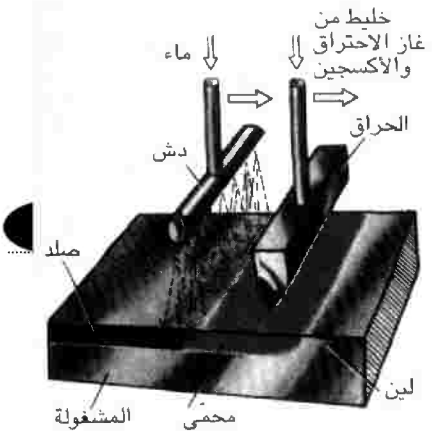
يميز التصليد باللهب بعدة أساليب للتصليد كما هو موضح بشكل ٢ – 6 وهي كالآتي :-

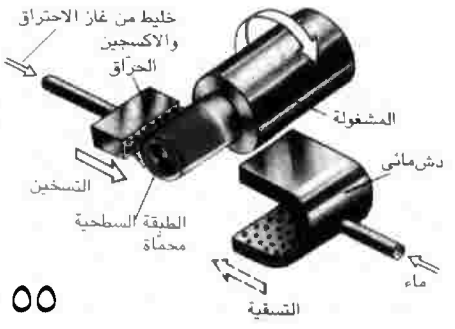
١. التصليد الدائري.
٢. التصليد الخطي.
٣. التصليد الحلزوني.

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.

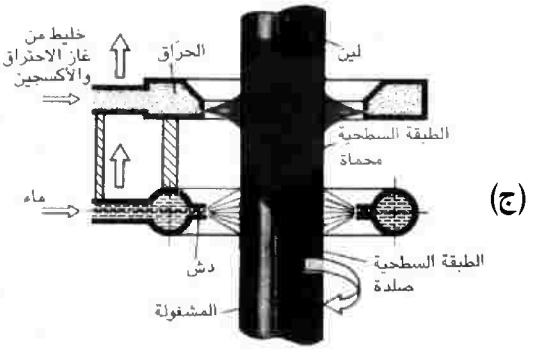
يمكن فى التصليد الخطى والحلزوني التحكم تنظيميا فى مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب بتحريك لهب المشعل أو المشغولة بسرعة منتظمة . ويتناسب عمق التصليد عكسيا مع سرعة التغذية.

يناسب للتصليد باللهب أنواع الصلب السبيكي الذي يحتوي على نسبة من الكربون تتراوح ما بين ٠.٣٥ . ٠.٧٠ % ، وأنواع صلب الإنشاءات ذات النسب السبيكية الضئيلة من الكروم والموليبدنم التي تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين ٠.٣٠ . ٠.٥٠ %.





(أ) (ب)



(ج)

شكل 2 – ٦
أنوٰع التصليد باللهب

(أ) التصليد الدائري.
(ب) التصليد الخطي.
(ج) التصليد الحلزوني.

التصليد بالغمر : Immersion Hardening

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.

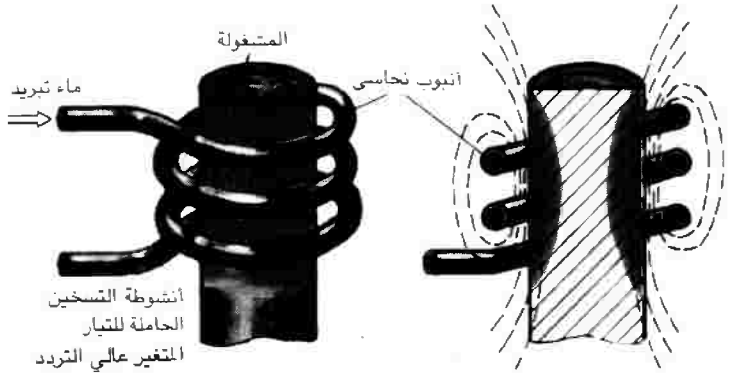
التصليد بالغمر ينافس نفس أنواع الصلب الصالح للتصليد باللهب.

التصليد بالحث : Induction Hardening

عند التصليد بالحث لا يتم تسخين المشغولات من الخارج ، وإنما توليد الحرارة بواسطة تيارات دوامية مترددة عالية التردد شكل ٢ – ٧ ، 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 ٤٠٠٠ . ٤٠٠٠٠٠ هرتز ، ويتكون ملف التسخين من أنبوب نحاسي غالباً ، يلف حول المشغولة بصورة مطابقة لشكلها ، بحيث يبعد عن سطحها بمسافة تتراوح ما بين ١ . ١.٥مم.

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 ، 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 ٢ – ٧

التسخين بالحث الكهربائي

ولموازنة الاجهادات تراجع المشغولات بعد التصليد بتسخينها إلى درجة حرارة تتراوح ما بين ١٥٠ . ٢٠٠ ^{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 : Hardening and Temper

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 ٠.٢٢ . ٠.٦٠ % ، 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 ١٠٠ . ٨٢٠ ^{0}م ثم تسقى فى الماء أو الزيت ، وتتم المراجعة إلى درجات حرارة ما بين ٥٣٠ . ٦٧٠ ^{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

Heat Treatment Of Cast Iron

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 ٧ . ١٨ شهر قبل تشغيلها بالقطع ، ويمكن فى حالة المصبوبات الصغيرة إزالة الإجهادات بالتعتيق الاصطناعي فى فرن تصل درجة حرارته إلى ٣٠٠ ^{0}م ، ويمكن إزالة الاجهادات فى المصبوبات الكبيرة من خلال رجها لمدة تتراوح ما بين ٨ . ٢٥ 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 : Surface- Hardening Of Cast Iron

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 ١ . ٣ ملليمتر ، ويعطى التصليد بالحث نفس عمق الصلادة ، إذا تراوح متوسط التردد ما بين ٤٠٠٠ . ١٠٠٠٠ هرتز ، بينما يمكن بالترددات العالية التي تصل إلى نحو ٤٥٠٠٠٠ هرتز التصليد إلى عمق ١.٥ مم على الأكثر.

المعالجة الحرارية للمعادن الخفيفة

Heat Treatment Of Light Metals

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 :

Heat Treatment Of Al And Al Alloys

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

التلدين اللين : Soft Annealing

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 ٣٥٠ . ٤٠٠ ^{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 ٤٥٠ . ٥٠٠ ^{0}م.

التصليد بالتعتيق : Age Hardening

التصليد بالتعتيق يعني التصليد بالترسيب ، يمكن بهذا الأسلوب 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.

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 ٥٠٠ ^{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.

التسقية : Quenching

يتم تثبيت حالة البنية التي تم بلوغها بالتلدين الانحلالي فى ماء درجة حرارته

٢٠ ^{0}م ، ويمكن أن يتم ذلك فى الزيت أو الهواء أيضا . ويؤدى عدم تسقية مادة التصنيع إلى عودة البنية إلى حالتها السابقة.

التعتيق : Ageing

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 ١٦٠ ^{0}م لفترة ما بين ٨ . ١٠ 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

المعالجة الحرارية لسبائك المغنسيوم :

Heat Treatment Of Mg Alloys

لا يمكن تصليد سبائك المغنسيوم بالتعتيق وإنما تلدينها بليونة فقط ، من خلال تسخينها إلى درجة حرارة ما بين ٢٨٠ . ٣٢٠ ^{0}م.

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

الفصل الثاني

التآكل الكيميائي

Corrosion

تمهيد

يتآكل سطح المعدن الموجود في حالة تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط الخارجي ، ويسمى مثل هذا التآكل بالصدأ، ويسبب التآكل (الصدأ) خسائر جسيمة للإقتصاد الوطني لأنه يدمر كمية ضخمة من المنشآت والماكينات المعدنية ، ولمقاومة الصدأ .. فإنه يجب معرفة أسبابه ووسائل مقاومته.

يتناول هذا الفصل شرح تفصيلي للتآكل الكيميائي والتآكل الكهروكيميائي والوقاية منهما من خلال الكسوات المعدنية واللا معدنية ، والتكسية بالطلي والغمر بالكهرباء وباللدائن وبالمينا ، و**التكسية** برش المعادن **وبنشر المعادن** كالطلاء الكرومي ، والتكسية بالرقائق المعدنية (التصفيح) ، وبالكسوة الكرومية والقصديرية والنحاسية والرصاصية ، والتكسية بالأوساط الغازية الواقية التي تستخدم كمادة تغليف.

ويتعرض للتخطيط لمقاومة التآكل الكيميائي الذي يقوم به المصمم بدوراً رئيسياً، إذ إنه يمكنه تخفيض التآكل بوضع تصميم واستخدام مواد صمودة للتآكل واختيار أسلوب التشطيب المناسب لتفادى التآكل أو التخفيض منه.

التآكل الكيميائي
Corrosion

يقصد بالتآكل الكيميائي وفقا للمواصفات القياسية ISO ، تلف ودمار مواد التصنيع نتيجة لتفاعلات أو العمليات الكيميائية أو الكهروكيميائية للمادة مع الجو المحيط بها ، ويعنى ذلك أن التآكل الكيميائي لا يقتصر على المعادن فقط ، وإنما يحدث أيضا في جميع أنواع مواد التصنيع ، ومن ناحية أخرى تتوقف شدة التآكل الكيميائي بصورة رئيسية على حالة الجو المحيط بالمواد كالهواء الرطب وهو ما يسمى بالتآكل الكيميائي الجوى أو بالتآكل من ماء البحر أو التآكل بالأحماض أو القلويات.

يتسبب التآكل الكيميائي في أضرار جسيمة ينتج عنها خسائر مادية كبيرة ، لذلك فإنه يجب بذل الجهود الممكنة لتجنبه ، أو حصره على الأقل في حدود محتملة وخاصة في مواد التصنيع المعدنية.

أنواع التآكل الكيميائي :

يصيب المعادن نوعان من التآكل الكيميائي هما التآكل الكيميائي البحت والتآكل الكهروكيميائي.

التآكل الكيميائي البحث : Induction Corrosion

تصاب أكثر المعادن بتآكل سطحي نتيجة للتفاعلات الكيميائية مع الجو المحيط ، مما يؤدى إلى تغير خواصها ، ويلعب الأكسجين دورا كبيراً في عملية الأكسدة أو بما يسمى بالتفاعلات الكيميائية ، التي قد يشترك فيها السوائل . الأحماض . القلويات . محاليل أملاح . الغازات والأبخرة .. بالإضافة إلى ذلك تؤدى درجات الحرارة العالية التي تؤدي إلى سرعة التآكل الكيميائي.

ينشأ عن الأكسدة طبقة سطحية كثيفة صمودة ، كما هو الحال في النحاس والألومنيوم مثلا ، حيث تعمل كطبقة عازلة تمنع استمرار التآكل ، أما إذا كان التآكل الكيميائي عبارة عن طبقة مسامية متخلخلة كالصدأ مثلا ، فأنها لا تكون عازلاً واقياً.

ملاحظة :

يكون المعدن أكثر قيمة .. كلما انخفضت قابليته للتحلل كيميائيا ، لذلك يعتبر البلاتين والذهب والفضة من أكثر المعادن الثمينة ، وذلك لارتفاع مقاومتهم للتحلل الكيميائي.

التآكل الكهروكيميائي : Electro-chemical Corrosion

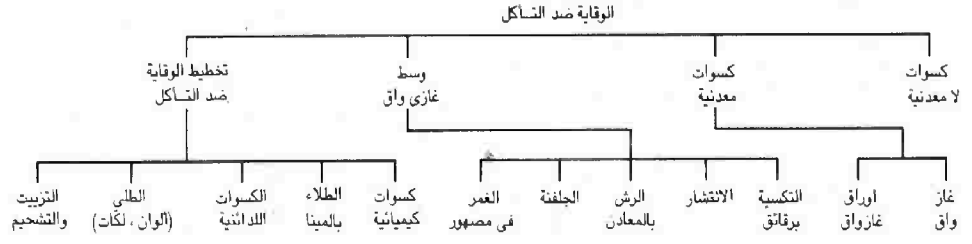
لا يتم التآكل الكهروكيميائي إلا فى وجود سائل موصل للكهرباء بين مادتين مختلفين مثل الماء ورطوبة الهواء ، أو عرق اليدين.

التآكل التلامسي : Contact Corrosion

إذا تلامست معادن مختلفة دون وجود طبقات عازلة فيما بينها مع سائل اليكتروليتى ، لنشأت خلية تآكلية تسمى بالتآكل التلامسي ، وتؤدي إلى إتلاف إحدى المعادن . وكلما كان المعدن نفيساً .. كلما انخفض قابليته للتآكل.

الوقاية من التآكل الكيميائي بالمعادن :

يتوقف عمر وسلامة التشغيل للمشغولات والأجزاء التصميمية في أحوال كثيرة على مدى تجنب أو منع عمليات التآكل ذات التأثير الكيميائي الانحلالي . المخطط الموضح بشكل ٢ – ٨ يوضح الأساليب المختلفة للوقاية من التآكل الكيميائي.



شكل ٢ – ٨

أساليب الوقاية من التآكل الكيميائي

الكسوات اللا معدنية : Non-Metal Coating

تعمل الكسوات اللامعدنية على عدم تلامس أسطح المشغولات مع بعضها البعض ، من أمثلة هذه الكسوات .. الطلاء بالزيت أو الشحم ، وغالبا ما يكون هذا الأسلوب كافيا فقط لحماية المشغولات أثناء تخزينها ، ويراعى أن تكون الزيوت والشحوم المستخدمة خالية من الأحماض ، وإلا فأنها تهاجم المعدن أو تتفاعل معه . كما يجب أن تكون المشغولات نظيفة قبل طلائها بالشحم . يستخدم لهذا الغرض زيوت أو شحوم معدنية.

التكسية بالطلي : Paint Coating

يقصد بالطلي التوزيع المتجانس لمواد الطلاء على الأسطح المراد حمايتها ، بحيث تلتصق عليه بعد جفافها ، ويميز من أنواع الطلاء بصورة رئيسية الألوان الزيتية ، الدهانات الزيتية ، ودهانات الراتنجات الاصطناعية ، ويمكن أن يتم الطلي وفقا للغرض من استخدام المشغولة ودرجة الجودة المطلوبة ، ويعمل الطلي الأساسي كعنصر وصل (لاصق) بين السطح وطبقات الطلي التالية له ، ويجب أن تكون الطبقة الأساسية للطلاء متعادلة كيميائيا بالنسبة لمادة سطح المشغولة ، وأن تلتصق عليها جيدا ، وأن تكون ذات سطحا أصليا لاصقا لطبقات الطلي التالية بصورة جيدة ، ويتولى الطلي الغطائي حماية طبقات الطلاء الموجودة أسفله ، لذلك فإنه يجب أن تكون مادة الطلاء غير نافذ للماء والضوء كما يكون صلدا ، وفى نفس الوقت مرنا وصمودا للحرارة تحت ظروف معينة وجيد المظهر.

وتتوقف جودة الطلاء بدرجة كبيرة على المعالجات الأولية للسطح ، ومن ثم فإنه يجب تنظيف أسطح المشغولات المراد تكسيتها بعناية قبل طلائها بالدهان . لذلك تجرى معالجات ميكانيكية مسبقة وتنظيف للأسطح بوسائل كيميائية.

تستخدم للمعالجة الميكانيكية الأولية فرشات سلكية ، أو تعرض المشغولات لتيار من الهواء المضغوط يحتوى على رمل جاف أو جسيمات من الصلب الصغيرة.

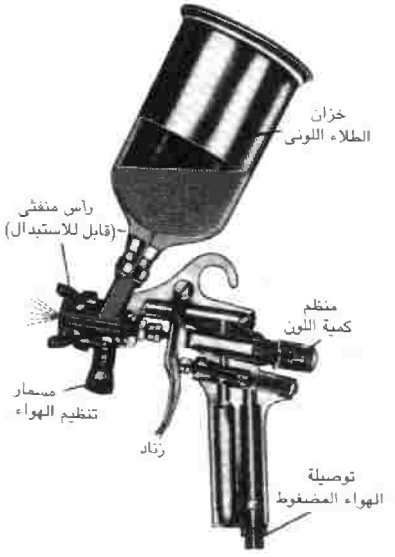
ومن الوسائل الكيميائية للمعالجة الأولية للأسطح ، على سبيل المثال لا الحصر .. التخليل بالغمر فى حمام حمضي ، حيث يزال الشحم ، وتستخدم الأحماض المخففة لإزالة طبقات الطلاء السابقة أو لتخشين السطح الأصلي بهدف تحسين التصاق الطلاء عليه ، ويجب إزالة الشحم من أسطح المشغولات المراد وقايتها ضد التآكل الكيميائي ، إذا ما أريد للتكسية أن تلصق بصورة ممتازة ، ويتم ذلك بغسل الأسطح ببنزين الغسيل أو الأثير أو بمزيلات أخرى للشحم.

وتوفر ما تسمى بالدهانات الأولية Wash primer وهى دهانات أساسية لاصقة للمعادن وواقية ضد التآكل الكيميائي ، هذه الدهانات تؤثر كيميائيا على السطح الأصلي بصورة تجعله مانعاً للتآكل الكيميائي ، ويتم طلاء الدهانات الأولية فى طبقات رقيقة تعمل كطبقة أساسية لزيادة الصمود للتآكل الكيميائي وقابلية الالتصاق لطبقات الطلاء اللاحقة.

يجب تنظيف السطح الأصلي من الطبقات المتآكلة والشوائب قبل تكسيته بالطلاء ، وكذلك إزالة الشحم فى اغلب الأحوال.

أساليب التكسية بالرش : Aspersion Coating Dictions

يوجد أسلوبين للتكسية بالرش هما الرش على البارد والرش على الساخن . يستخدم لتلك الأسلوبين لعملية الرش مسدس رش كالموضح بشكل ٢ – ٩ . يحتوي مسدس الرش على مادة كيميائية معالجة ويعمل بالهواء المضغوط ، حيث تندفع المادة المستخدمة للتكسية من منفث بفوهة المسدس لتلتصق هذه المادة على أسطح المشغولات المراد تكسيتها.



شكل ٢ – ٩

مسدس الرش

التكسية بالرش على البارد : Cold Spraying Coating

يخفيف اللون المستخدم للتكسية بمذيبات إلى درجة تجعله قابلا للرش بصورة جيدة ، حيث تتبخر المادة المذيبة بعد التكسية ، وتعتبر المادة المذيبة من العناصر الهامة والضرورية رغم ارتفاع ثمنها.

التكسية بالرش على الساخن : Hot Spraying Coating

يسخن اللون المستخدم في عملية التكسية بواسطة ملف تسخين كهربائي موجود فى قاع وعاء مسدس الرش ، بحيث تصل درجة حرارة اللون المستخدم إلى ما بين ٥٠ . ١٢٠ ^{0}م ، مما يؤدى إلى انخفاض لزوجة اللون بدرجة تسمح باستخدام كمية من المادة المذيبة أقل بكثير مما هو متبع فى حالة الرش على البارد.

من مميزات هذا الأسلوب هو انخفاض الفترة الزمنية اللازم لعملية الطلاء بالإضافة إلى تخفيض كمية اللون ، والحصول على طبقات طلائية أكثر تخانة ، وجفاف الطلاء فى وقت أقل.

ملاحظات :

تتوقف جودة التكسية الناتجة بالرش على مدى جفاف ونظافة الأسطح وخلوها من الشحوم.

ووفقاً لضوابط الأمان الصناعي .. فإن غرف الطلاء بالرش أو الغمر أو الأساليب المماثلة بذلك تعتبر من أكثر الأماكن المعرضة لخطر الحريق والانفجار ، إذا استخدمت فيها مذيبات ذات درجة التهاب أقل من ٢١ ^{0}، أو المذيبات الأكثر من ٢١ ^{0}م المصحوبة بتسخين إضافي ، لذلك فإنه يجب ألا تحتوى غرف الطلاء على آلات أو مكنات مولدة للشرر أو مصادر اللهب أو أى نوع من النيران أو الإضاءة المكشوفة.

التكسية بالرش الكهربائي : electricity Spraying Coating

تذرى المادة المستخدمة في عملية التكسية بصورة دقيقة بواسطة مجال كهربائي شديد ، مما يؤدى إلى جذب الذرات الطلائية بواسطة المشغولة المعدنية المراد طلاؤها.

تتميز هذه الطريقة بإمكانية تكسية المشغولة بصورة منتظمة متجانسة ، حتى فى المواضع التي يصعب الوصول إليها ، مع استهلاك أقل كمية ممكنة من الطلاء.

التكسية بالغمر الكهربائي : electricity midst Coating

تغمر المشغولة فى حوض يحتوي على ألون الطلائي ومولد كهربائي . تعتبر هذه الطريقة من الطرق الموفرة للون الطلائي ، وتنتج عنها كسوة متجانسة حتى فى المواضع التي يصعب الوصول إليها.

التكسية باللدائن : Plastic Coating

تعتبر التكسية باللدائن من الكسوات الواقية من التآكل الكيميائي كما إنها تعمل كعازل كهربائي . تتم التكسية عن طريق رش اللدائن الساخنة أو بالتغطيس فى مسحوق أو بالترسيب الكهربائي . يمكن بهذه الطريقة الحصول على كسوة بتخانات أكبر بالمقارنة مع الطلاء العادي ، كذلك يمكن بهذه الطريقة التكسية بالقطران أو الإسفلت لوقاية ألواح الصاج والأنابيب والصهاريج من التآكل الكيميائي.

التكسية بالمينا : enamel Coating

يتكون طلاء المينا من مسحوق زجاجي (كوارتز وألومينا) بالإضافة إلى مواد لونية . يتم التكسية على سطح المشغولات بالغمر أو الرش ، ثم تجفيف بالتسخين فى فرن التكسية بالمينا عند درجة تتراوح ما بين ٦٠٠ . ١٠٠٠ ^{0}م ، حيث يكون مسحوق الزجاج المنصهر على أسطح المشغولات والناتج بعد عملية الطلاء شديد الصلادة وصمودا للحرارة ومقاوماً للمؤثرات الكيميائية ، إلا أنه يكون قصفا إلى حد ما.

يستخدم الطلاء بالمينا بالدرجة الأولى للأجهزة المستخدمة للأعمال المنزلية وللأجهزة الكيميائية المصنوعة من الصلب أو الحديد الزهر أو الصاج.

للحصول على كسوة ممتازة من المينا ، فانه يجب أن تكون طبقة كسوة المينا رقيقة بقدر الإمكان.

تكسية الصلب بالتحول الكيميائي :

يتم هذا الأسلوب من خلال حرق الأسطح المراد تكسيتها ثم تدهن بزيت بذر الكتان وتعرض للهب كور الحدادة ، كذلك يمكن دهان المشغولة بزيت بذر الكتان ثم تعرض لنار كور الحدادة ، أو دهان المشغولة بزيت معدني مضافاً إليه ما بين ٣ . ٥ % من شمع النحل ، ثم تسخينها عدة مرات إلى نحو ٤٥٠ ^{0}م ، ينتج فى كل من هذه الحالات طبقة سوداء واقية من التآكل الكيميائي ، إلا أنها لا تكون واقية من الصدأ على الدوام.

التكسية المعدنية : Metal Plating

تتوقف جودة الكسوة الواقية من التآكل الكيميائي بدرجة كبيرة على السلوك الكهروكيميائي لمعدن التكسية بالنسبة للمعدن الأساسي ، فإذا تعرضت كسوة الزنك الموجودة على سطح من الصلب للرطوبة لفترة طويلة ، فان الزنك يكون سالبا بالنسبة للمعدن الأساسي ، مما يؤدى إلى تآكل الكسوة الزنكية بسرعة ، بينما يتأخر تآكل المعدن الأساسي قليلا.

وفى حالة كسوة أسطح المشغولات المصنوعة من الصلب بكسوة من النيكل ، يكون النيكل في هذه الحالة من وجهة السلوك الكهروكيميائي ، أكثر فاعلية من المعدن الأساسي أى موجباً ، مما قد يؤدى إلى تعرض المعدن الأساسي لخدش السطح ، حيث يتآكل المعدن الأساسي حتى إذا بلغ الصدأ حداً كبيراً تتقشر الكسوة النيكلية ، ويعنى ذلك أنه عند مواضع الثني واللي ، يكون المعدن الأصلي معرضاً للتشوه بدرجة أكبر مما لو كان غير مكسو بطبقة معدنية واقية اطلاقا ، لذلك فإنه يجب أن تكون الكسوة المعدنية ذات سلوك كهروكيميائي موجب ، على درجة كبيرة من الكثافة والمتانة الدائمة لكي تعمر طويلا ، ويمكن الحصول على كسوة نيكلية مستديمة لسطح من الصلب عند تكسية السطح بالنحاس مسبقا.

أساليب التكسية المعدنية : Metal Plating Dictions

أهم أساليب التكسية المعدنية هو الغمر فى معدن منصهر . التكسية بالجلفنة . رش المعدن المنصهر باستخدام مسدسات رش . التكسية بالانتشار . التصفيح.

التكسية بالغمر فى معدن منصهر :

تنظف المشغولات أولا بعناية بتخليلها فى حمام حمضي لإزالة الشحوم ، ثم تغمر فى معدن منصهر كالزنك أو القصدير ليترسب على أسطحها بشكل طبقة رقيقة وهو ما يسمى بالجلفنة . كما يمكن التكسية بالجلفنة ، حيث تغمر المشغولات عند تكسيتها فى محلول من كبريتات النحاس والماء ، ثم توصل بالقطب السالب لمصدر التيار الكهربائي المستمر ، ويوصل القطب الموجب بلوح نحاسي ، وعند مرور التيار تتجه أيونات النحاس إلى القطب السالب وتكسو المشغولة بطبقة نحاسية ، بينما تتجه أيونات الكبريتات فى اتجاه مضاد لتيار الأيونات وتمنع استمرار انفصال ذرات النحاس عن اللوح النحاسي للقطب الموجب ، ويمكن بنفس الأسلوب التكسية بمعادن أخرى مثل النيكل . الكروم . الكادميوم . الزنك . الفضة . الذهب . يستخدم في هذا الأسلوب لوح من معدن مادة الكسوة كقطب موجب دائما.

الرش بالمعادن : Metal Spraying

يزود مسدس الرش بمعادن التكسية المنصهرة مثل الزنك والألومنيوم والصلب السبيكي ، ثم تذرى بالهواء المضغوط ويرش على أسطح المشغولات.

لا يستخدم الرش بالمعادن ضمن أساليب الوقاية ضد التآكل الكيميائي فقط وإنما كأسلوب للتكسية أيضا.

التكسية بنشر المعادن :

التكسية بنشر المعادن كالطلاء الكرومي مثلا . تقوم هذه الطريقة على ظاهرة الامتزاج السطحي الذاتي للغازات أو المعادن وذلك نتيجة للإثارة الحرارية للجزيئات.

يتم فى التكسية بهذه الطريقة بوضع الكروم فى الطبقات السطحية للمشغولات المصنوعة من الصلب ، ولهذا الغرض تسخن المشغولات فى غرف مغلقة إلى حوالي ١٠٠٠ ^{0}م ، حيث تبخر أملاح الكروم ، ليتغلغل الكروم إلى الطبقات السطحية للمشغولات مكونا طبقة واقية ممتازة ، وتنشأ عند التكسية بالكروم طبقة شبيهة فى بنيتها بالصلب الصمود للتآكل الكيميائي ، ينخفض فيها نسبة الكروم باتجاه قلب المشغولة ، وأكثر أنواع الصلب صلاحية لهذه الطريقة هي الأنواع ذات النسبة المنخفضة من الكربون ، أو تلك التي تحتوى على نسبة عالية من التيتانيوم.

تتميز **التكسية بنشر المعادن** كالطلاء الكرومي بعدم تقشر مادة التكسية وذلك نتيجة لالتحام المادة الأساسية بالطبقة الكرومية الواقية لها ، وتماثل الأنواع المكسوة بالكروم بأنواع الصلب الكرومي فى صمودها للتآكل الكيميائي.

التكسية برقائق معدنية : Laminating Methods

تزويد أسطح المنتجات نصف المصنعة من المعادن الخفيفة أو الثقيلة بكسوة من الرقائق المعدنية ، حيث يتم دلفنة طبقة رقيقة من النحاس الأصفر على سطح مشغولة

من الصلب على الساخن .. وهو ما يسمى بالتصفيح ، ومن أمثلة ذلك قطع النقود الأوربية والألمانية المعدنية المصنوعة من الصلب والمكسية بطبقة رقيقة من النحاس الأصفر.

الكسوة الكرومية : Chromium Plating

تستخدم التكسية الكرومية لحماية الأسطح المعدنية ولإكسابها مظهرا جميلا ، وتستخدم التكسية بالكروم الصلد للحصول على سطح صلد صمود للتآكل الاحتكاكي.

وتؤدى المسام أو الخدش فى التكسية الكرومية إلى ازدياد التآكل الكيميائي للمعدن الأساسي ، لذلك تزود الكسوات الزنكية فى بعض الأحيان بكسوة كرومية إضافية ، وتؤدى الكسوة الكرومية إلى تحسين مقاومة السطح للمؤثرات الجوية نتيجة لوجود مركبات الكروم بها.

وتتم عملية الكسوة بالكروم بالغمر أو الرش أو الدهان ، وتصمد الكسوة الكرومية إلى درجة حرارة تصل إلى ٨٠ ^{0}م ، إلا أنها تتأثر بدرجات الحرارة الأعلى من ذلك.

الكسوة القصديرية : Tin Coating

القصدير موجب كهروكيميائياً بالنسبة للحديد وللصلب ، والى جانب استخدام التكسية بالرش تستخدم أساليب الغمر فى معدن منصهر ، والقصدير معدن غير سام ، لذلك فانه يستخدم بصورة واسعة كمادة تكسية لأدوات وأجهزة الطعام ، والصاج الأبيض عبارة عنصر صاج مكسي بالقصدير.

الكسوة النحاسية : copper Plating

النحاس موجب كهروكيميائيا ، وتتم التكسية به عن طريق الجلفنة أو بالتصفيح.

الكسوة الرصاصية : Lead Coating

الرصاص موجب كهروكيميائيا ، وتتم التكسية به غالبا بالغمر فى المعادن المنصهرة أو بالرش ، وهو صمود للمؤثرات الكيميائية كالأحماض مثلا ، لذلك فإنه يستخدم لكسوت المشغولات المعرضة بصورة خاصة للمؤثرات الكيميائية.

الأوساط الغازية الواقية

رقائق الغاز الواقي ، المقاومة للتآكل الكيميائي : تستخدم كمادة تغليف للمشغولات المعدنية أثناء شحنها أو تخزينها مرحليا أو بعد إتمام إنتاجها ، هذه الرقائق مشربة بمواد كيميائية تطلق غازات بصورة مستمرة ، حيث تشكل غلافا غازيا واقيا ، وتستمر فاعلية هذه الرقائق لمدة طويلة ، وتصلح بالدرجة الأولى لحماية حديد الزهر والصلب ، كما أنها تستخدم أيضا للمعادن اللاحديدية كالألومنيوم والنحاس ، ويستخدم الوسط الغازي الواقي بصورة متزايدة لتجهيز وتشغيل مواد التصنيع لمنع تأكسدها ، كما هو الحال فى عمليات التلبيد.

التخطيط لمقاومة التآكل الكيميائي :

يلعب المصمم دورا رئيسيا فى مقاومة التآكل ، إذ إنه يمكنه تخفيض التآكل بوضع تصميم واستخدام مواد صمودة للتآكل ،واختيار أسلوب التشطيب المناسب لتفادى التآكل أو تخفيضه.

ونظرا للخسائر والأضرار المادية الكبيرة التي يسببها التآكل الكيميائي سنويا والتي تبلغ فى بعض الدول إلى ٣ مليار دولار سنويا ، فانه يجب اتخاذ جميع الاحتياطيات والإجراءات الضرورية لمنع التآكل أو محاصرته فى حدود محتملة.

المصطلحات الفنية للمعاملات الحرارية

يقصد بالمصطلحات الفنية للمعاملات الحرارية هي سلسلة من التعريفات لعمليات المعاملات الحرارية المختلفة ، ثم انتقاءها باللغة العربية لتكون موحدة المعنى على مستوى العالم العربي كله كما هو متبع في الأوساط العلمية والفنية.

المعاملة الحرارية : Heat Treatment

هي كل عملية أو مجموعة عمليات تتعرض بواستطها المشغولة لتغييرات في درجة حرارتها (دورات حرارية) بقصد الحصول على بناء مجهري جديد يعطى خواص معينة جديدة أو تغيير بعض خواص المشغولة ، علاوة على ذلك فإن مثل هذه العمليات قد تحدث بعض التغييرات في التركيبي الكيميائي للشغلة ، وعلى سبيل المثال .. تركيز الكربون بأن يكون منفصلا أو متحدا وكذلك النتروجين ، وعمليات التشكيل على الساخن.

معدل التبريد : cooling par

هو مقدار هبوط درجة الحرارة في وحدة الزمن وذلك في حدود درجات حرارة معينة.

التقسية : hardening

يطلق على معدل التبريد بعد التسخين والذي يبلغ من السرعة ، بحيث يترتب عليه تحول أو تغير في خواص المشغولة.

فترة التقسية : hardening Space

تعني التبريد السريع بعد التسخين ، وتقدر بالزمن المنقضي من لحظة غطس الشغلة في وسيط التبريد حتى لحظة إخراجها منه.

درجة حرارة التسقية : hardening Temperature

هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها التبريد السريع.

التسخين الأولى : First Heat

هو تسخين بطيء إلى درجة الحرارة المرجوة بقصد تجنب حدوث شروخ من خلال الاجهادات الحرارية.

التشوه : deformity

هو إختلاف في الأبعاد أو التشكيل للشغلة الذي ينشأ عن أي معاملة حرارية.

المعاملات دون درجة حرارة الصفر :

هى معاملة لاحقة الغرض منها هو تقسية الصلب ، وتتم عند درجات حرارة شديدة الانخفاض (ما يعادل . ١٨٠ ^{0}م).

فترة الغطس : Dip bout

هي الفترة المنقضية منذ لحظة غطس المشغولة في أى حمام حتى لحظة إخراجها.

التقسية المتقطعة : Remittent hardening

هي عملية تبريد تتم في وسيطا تبريد على التوالي ، بحيث تكون لهما خواص تبريد مختلفة دون الاحتفاظ بالمشغولة في الوسيط التبريد الأولى لفترة.

زمن الاحتفاظ : Retention time

هو الزمن المنقضي للشغلة عند درجات حرارة معينة ، بحيث تتساوى درجتي حرارة القلب والسطح معاً ، ولا تشمل هذه الفترة لزمن التسريب الحراري الذي يلي ذلك.

فترة التسريب الحراري : Caloric infiltration space

هي الفترة الزمنية للمشغولة منذ الوصول إلى درجة حرارة التسخين المطلوبة لسطح المشغولة إلى أن تصل نفس درجة الحرارة إلى قلب المشغولة.

وفى حالة تسخين الشغلة من أحد أوجهها ، فإنه الفترة الزمنية المنقضية تستمر حتى تساوى درجات الحرارة الوجهين معاً.

التقسية المباشرة : Direct hardening

هي عملية تصليد السطح المكربن بالتقسية من درجة حرارة قد تكون دون درجة حرارة الكربنة ، كما تكون أعلى من درجة ٧٢٣ ^{0}م للمناطق السطحية.

فترة التسخين :Heat Space

هي الفترة المنقضية منذ بدء التسخين حتى الوصول بدرجة الحرارة إلى المدى المطلوب على سطح المشغولة.

الفترة الكلية للتسخين: Heat Totally Space

هي مجموع فترتي التسخين والتسريب الحراري.

التحول الأوستنيتى : Austenite Conversion

هو التحول للتركيب البنياني للصلب بالتسخين المفاجئ إلى ٧٢٣ ^{0}م .. أى إلى ما يسمى بنقطة التحول ، بحيث يتحطم البرليت وينحل الكربون من الحديد تماماً ، يتم ذلك كله في الحالة الصلبة ، حيث ينشأ ما يسمى بالمحلول الصلب ، وتسمى البنية الجديدة بالأوستنيت نسبة إلى الباحث الإنجليزي أوستن.

التسخين المفرط : Dense Heat

هو المبالغة في التسخين إلى أعلى من الحدود الحرجة (مابين Ac_3 ٧٢٣ – ٩١٢ ^{0}م) ، الأمر الذي يترتب عليه زيادة حجم الحبيبات عند الاحتفاظ بالشغلة عند هذه الدرجة للفترة المقررة المعتادة . ويمكن علاج ذلك بمعالجه حرارية لاحقة أو بالتشكيل على البارد.

حساسية تسخين المفرط : Dense Heat Allergy

هو حساسية المشغولة للتسخين المفرط وفي التقسية ، مفكما كان المدى الحراري الذي يمكن أن تبرد منه المشغولة كبيرا دون أن تتأثر الصلادة الناتجة .. كلما إنخفضت حساسية المشغولة للتسخين المفرط والعكس صحيح.

الاحتراق : burning

هو التسخين إلى درجة حرارة عالية (درجة حرارة أعلى من ٧٢٣ ^{0}م) ، والذي يؤدى إلى تشوه حجم الحبيبات الذي لا يمكن علاجه ، ومن ثم تلف المشغولة.

التخمير: Leavening

هي عملية تسخين المشغولة إلى درجة حرارة معينة ، والاحتفاظ بها عند هذه الدرجة لفترة قبل تبريدها الذي يتم في العادة ببطء.

فترة التخمير : Leavening Distance

هي الفترة الزمنية المقضية للمشغولة عند درجة حرارة التخمير.

التخمير المكشوف : Bald Leavening

هي عملية تخمير معتادة تتم وينشأ عنها طبقة من الأكسيد ، هذه الطبقة متماسكة وملتصقة مع سطح المشغولة.

التخمير اللامع : Glossy Leavening

هي عملية تخمير تتم بشرط المحافظة على سطح المشغولة لامعاً .. أى بأقل قدر من الأكسيدة.

درجة حرارة التخمير :Leavening Temperature

هي درجة حرارة تسخين المشغولة بقصد التخمير.

التخمير الشامل : All-out Leavening

هي عملية تسخين للمشغولة إلى درجة الحرارة الحرجة Ac3 (٧٢٣. ٩١٢ ^{0}م) ، يتبعها تبريد لإمكان الحصول على حبيبات غليظة بقصد تحسين قابلية تشغيلها.

التخمير الأوسط : Medium Leavening

هو عملية تخمير للشغلة بعد كربنتها أو بعد تحول حبيبات قلبها إلى حبيبات دقيقة ، وذلك بإطالة فترة تسخينها عند درجة حرارة دون الدرجة الحرجة ٧٢٣ ^{0}م ، ثم تبريدها ببطء.

التخمير بالثبوت الحرارى : Heat Fixture Leavening

يقصد بذلك الاحتفاظ بالمشغولة عند درجة حرارة التحول أثناء فترة التبريد عند درجة حرارة ٧٢٣ ^{0}م ، ثم التبريد بعد ذلك بمعدل إختيارى.

تخمير التلدين : Soft Annealing

يجرى التلدين .. أى تطرية معدن المشغولة عند تسخينها إلى درجة الحرارة دون الدرجة الحرجة مباشرة و أحياناً بأعلها أو التأرجح حولها .. أى عند درجة ٧٢٣ ^{0}م ، يتبع ذلك التبريد بقصد الوصول بالمشغولة إلى أطرى حالة لها.

إزالة الإجهادات : Stresses Degasification

هي عملية تخمير تتم عند درجة حرارة دون الدرجة ، وفي المعتاد عند درجة ٦٥٠ ^{0}م للصلب ، يتبع ذلك تبريد بطيء بقصد إزالة الاجهادات دون الأضرار أو التعديل بالخواص المكتسبة من العمليات أو المعاملات السابقة بأى قدر ملموس.

معاملة تحول حبيبات القلب إلى حبيبات دقيقة :

هي عملية تبريد للمشغولة من درجة حرارة تفوق الدرجة الحرجة ac (٧٢٣ . ٩١٢ ^{0}م) للقلب إلى درجة حرارة دون الدرجة الحرجة ٧٢٣ ^{0}م ، بقصد تحول بنية القلب إلى حبيبات دقيقة ، والتي قد تغلظت من خلال عملية كرينه سابقة.

المعادلة الحرارية : Normalizing

هي التسخين إلى درجة حرارة أعلى من الدرجة الحرجة (٧٢٣ . ٩١٢ ^{0}م) أو أعلى من ٧٢٣ ^{0}م ، يتبع ذلك تبريد في هواء راكد.

الإستقرار: Constant

هي عملية تخمير بهدف تجميع أو ربط المكونات المتباينة والمتناثرة ، ويتم ذلك عند ٨٥٠ ^{0}م.

المجانسة : Congener

هو تغير يتداول في صناعة سحب الأسلاك والخوص الرقيقة ، المقصود به هو تسخين الأسلاك والخوص الرقيقة إلى درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة الحرجة Ac3 (٧٢٣. ٩١٢ ^{0}م) ، ثم التبريد السريع بقصد جعل البينة متجانسة مع تقبل عمليات التشكيل على البارد المتوالية ، يتم ذلك عادة في أفران مفتوحة من الطرفين يستمر مرور السلك داخلها ثم يغطس مباشرة في حمام وسيط (مثل الرصاص أو الملح المنصهر في درجة حرارة ما بين ٤٠٠ . ٥٠٠ ^{0}م) ، أو التبريد في الهواء (مجانسة هوائية) ، وقد يتم ذلك أيضا بصورة غير مستمرة .. بمعنى أن يسخن ملف كامل من السلك مرة واحدة ، ثم يبرد بعد الحمام المذكور.

التجانس : Sympathy

هي عملية تخمير تجرى في درجات حرارة مرتفعة (في حالة الصلب تكون أعلى من درجة الحرارة الحرجة (٧٢٣Ac3 . ٩١٢ ^{0}م) ، ثم الاحتفاظ بالمشغولة فترة طويلة عند هذه الدرجة ، يتبع ذلك تبريدها بأى طريقة مرغوبة بقصد توزيع منتظم ومتاجنس للمكونات الذائبة.

المجانسة بالمقاومة الكهربائية : Electricity Resistance Congener

هي عملية تسخين بالمقاومة الكهربائية:

التطويع : recruiting

هي عملية تخمير لحديد الزهر تتم بتحلل السمنتايت عند درجة حرارة أعلى من ٧٢٣ ^{0}م ، يمكن أن تتم في وسيط مؤكسد ليلازمها إزالة الكربنة ، وقد تتم في وسيط محايد دون أي تأثير على نسبة الكربون.

التصليد بالتقسية : Quench Hardening

يقصد بذلك الصلادة العالية من خلال التبريد من درجة حرارة ما بين (٧٢٣ . ٩١٢ ^{0}م) أو درجة الحرارة الحرجة ٧٢٣ ^{0}م بمعدل تبريد عالي للحصول على صلادة كافية ، بحيث تكون الصلادة سطحية أو صلادة للمشغولة كلها.

درجة حرارة التصليد : Hardening Temperature

هي درجة حرارة تسخين المشغولة قبل تبريدها لغرض تصليدها.

التقسية بالغطس : Dip Hardening

هي تصليد سطح المشغولة بعد تسخين سطحها وغطسها في فلز منصهر أو ملح منصهر فى درجة حرارة مرتفعة.

قابلية التصليد : Hardening Aptitude

هي قابلية السبيكة لزيادة صلادتها بالمعادلة الحرارية بالتسخين والتسقية ، يشمل ذلك التصلد المفرط أو التصلد المفيد.

التسقية في الزيت : Oil Hardening

هو تسخين المشغولة المراد تصليدها ، ثم تبريدها في حمام زيت.

التسقية والمراجعة في الزيت : Hardening & Reference In Oil

هي عملية تسخين للمشغولة المراد تصليدها ومراجعتها ، ثم تبريدها في حمامات زيت.

التسقية في الهواء : Air Hardening

هي عملية تسخين للمشغولة المراد تصليدها ، ثم تبريدها في الهواء بدرجات حرارة التصليد والمراجعة

التسقية والتطبيع في الهواء : Harden & Temper In Air

هي عمليات تسخين للمشغولة المراد تصليدها وتطبيعها ، ثم تتم تبريدها في الهواء من درجات حرارة التصليد والمراجعة.

التصليد بالتيارات الحثية : Electric Current Hardening

هو تصليد بالتسخين السطحي بالتيارات الكهربائية الحثية ، أو تسخين حثى متغلغل في مقطع المشغولة.

عمق التصليد المراجع : Reference Harden Depth

هو بعد محدود من سطح الشغلة المصلدة سطحيا ، تم تقسية ومراجعته بمقدار محدود مفيد.

تصليد القلب : Center Hardening

هو عملية التقسية بعد الكربنة والتبريد من درجة حرارة التصليد للصلب إلى درجة دون ٧٢٣ ^{0}م ، ليصل التصليد إلى قلب المشغولة.

تصليد السطح : Surface Hardening

هو عملية التقسية بعد الكربنة والتبريد من درجة حرارة التصليد للسطح إلى دون الدرجة الحرجة .. درجة ٧٢٣ ^{0}م على السطح .

التسقية المزدوجة : Couple Hardening

هي تصليد المشغولة المكربنة بأسلوبين ، التصليد الأول هو الذي ينشأ من التبريد من درجة حرارة التصليد للقلب ، أما التصليد الثاني فإنه يتم بالتبريد من درجة حرارة التصليد للسطح.

التصليد المتغلغل : Progressive Hardening

هي عملية تصليد متغلغلة من السطح إلى القلب ، أو من احد أوجه المشغولة إلى وجهها الآخر.

قابلية التصليد المفيدة : Good Hardening Aptitude

هى قابلية السبيكة للتصليد لعمق معين مفيد مقاساً من على سطحها.

عمق الصلادة المفيدة : Good Hardening Depth

هو مقدار تغلغل البنية المتصلدة في مقطع المشغولة ، ويقدر العمق عند مستوى التصليد الذي يعتبر مفيداً للغرض المعنى.

اختبار التصليد على الأقراص :

هو اختبار يجرى لتقدير مقاومة الإجهادات في قلب مشغولة من الصلب المصلده سطحيا بالتغليف ، ويجرى الاختبار على القلب الذي لم يتكربن بالتغليف ، وفى المعتاد يجرى استخدام أقراص مختلفة التخانة في هذا الاختبار.

التصليد المفرط : Excess Hardening

هو قابلية السبيكة للتصليد بإفراط بعد سقيتها في عملية التقسية أو التصليد.

مقدار التصليد : Hardening Amount

هو الحد الأقصى للصلادة التي يتوصل إليها بعد عملية التقسية (التصلد) أو بعد عمليات اللحام أو القطع باللهب.

قابلية التشرخ بالتسقية : Hardening Prime Acceptability

قابلية المشغولة لإظهار شروخ بها أثناء دورة التسخين أو بعد التسقية مباشرة قبل الطبع.

التصليد للتغلغل والمراجعة : Check Hardening

هي عملية تصليد يتتبعها تطبيع ، تتم هذه العملية من خلال التغلغل من السطح إلى القلب.

التسقية والتطبيع في الماء : Tempering & Hardening In Water

هي عملية تقسية وتطبيع تتم بالتبريد في الماء.

التقسية والتطبيع من درجة حرارة التشكيل :

هي عمليات حرارية وتبريد مباشر من درجات حرارة التشكيل (الحدادة . السحب . الدلفنة . البثق) دون سابق تبريد.

التقسية والتطبيع أو (المراجعة) : Tempering And Hardening

هي معاملة للحصول على أقصى متانة للسبيكة عند مقاومة معينة لإجهادات الشد ، وذلك بالتقسية التي يتبعها عملية تطبيع عند حرارة مرتفعة.

التطبيع والمراجعة : Reference And Tempering

هي عملية تسخين تتبع عملية التصليد بالمعاملة الحرارية والتشكيل على البارد أو اللحام ، وذلك لدرجة حرارة تقع بين درجة حرارة الجو ودرجة حرارة دون الحد الحرج ٧٢٣ ^{0}م والاحتفاظ بالمشغولة عند هذه الدرجة لفترة ، ثم تبريدها بمعدل مناسب .

فترة المراجعة : Reference Space

هي الفترة الزمنية التي يحتفظ بالمشغولة خلالها عند درجة حرارة التطبيع أو المراجعة.

درجات حرارة التطبيع : Tempering Temperature

هي درجات الحرارة التي يحتفظ بالمشغولة عندها إثناء التطبيع.

التطبيع السريع عند درجة الحرارة العالية :

هي عملية تطبيع سريعة تتم عند درجة حرارة تفوق درجة حرارة التطبيع المعتاد.

التغليف : sheathing

هي عملية تصليد للسطح من خلال الكربنة أو نتردة السطح أو بكليهما.

الكربنة : Carburization

هي عملية أغناء السطح بالكربون من خلال الاحتفاظ بالمشغولة عند درجة حرارة فوق الحدود الحرجة (٧٢٣ . ٩١٢ ^{0}م)، وذلك في وسيط مكربن مثل غاز مكربن أو حمام ساخن مكربن أو مسحوق او معجون مكربن.

عمق الغلاف : Casing Depth

يستخدم في التصليد السطحي للدلالة عن عمق السطح المصلد بدرجة محددة.

إزالة الكربنة : Carburization Takeout

هي عملية خفض نسبة الكربون من المشغولة وفى الغالب من سطحها.

العمق المزال منه الكربون :

هو العمق الكلى المزال منه الكربون كليا أو جزئيا من المنطقة السطحية.

النتردة : Nitriding

هي تسخين في وسيط منترد (أى محتوى على نيتروجين) بقصد زيادة نسبة تركيز النتروجين على السطح.

النتردة الجافة : Harsh Nitriding

هي تسخين في وسط من غازات غنية بالنتروجين.

النتردة بحمامات الأملاح : Clamant Baths Nitriding

هي تسخين في حمامات من الأملاح المنصهرة الغنية بالنتروجين .

عمق الكربنة : Carburization Depth

هو العمق في المنطقة السطحية للمشغولة التي تزداد فيها نسبة الكربون عن مستواها داخل المشغولة.

التصليد باللهب : Flame Hardening

هي عملية تقسية بتسخين السطح أو المقطع الكلى للعينة باستخدام لهب من بورى (مشعل لحام).

التصليد بالترسيب : Precipitation Hardening

هي معاملة حرارية يعتمد فيها على درجة الحرارة في تحلل بلورات المحاليل المتجمدة فوق المشبعة المتكونة بعد التسقية من منطقة المحلول المتجمد، وقد يتم التحلل المذكور في درجة حرارة الغرفة وينشأ عنه إرتفاع فجائي في الصلادة ، وقد يتم ذلك في درجات حرارة المرتفعة نسبياً (التصلد بالتعتيق التخليقى) بقصد تعديل الخواص الميكانيكية أو المغناطيسية.

التعتيق : Ageing

هو الاحتفاظ بالمشغولة عند درجة حرارة معينة سواء أعلى من درجة حرارة الجو أو دونها لمرة واحدة أو تكرارها لعدة مرات ، بهدف تعجيل أو تأخير تغيير بعض الخواص في المشغولة مثل الخواص الميكانيكية ، أو تخليقياً إذا كان هذا التغيير يحدث في درجة حرارة عالية نسبيا ، أو طبيعياً إذا كان هذا التغيير يحدث في درجة حرارة الجو بعد زمن طويل .. وهو ما يسمى بالتعتيق الطبيعي.