الباب السابع
7

المعالجات الحرارية للمعادن

الفصل الأول

المعالجة الحرارية

Heat Treatment

تمهيد

المعالجات الحرارية تعني المعاملات الحرارية ، وهي عمليات تسخين تجرى عدة 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) ــ التصليد بالتسخين ــ التصليد بالتقسية ــ التعتيق ــ المراجعة ــ التصليد الغلافي بأنواعه المختلفة.

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

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 ــ المتانة ــ 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 :-

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 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 :

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 :

يوجـــد 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 حـــرارة التلدين لأنواع الصـــلب اللاسبيكي إلى ما بين 500 ــ 600 °م ، وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين 650 ــ 700 °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.

يعالج الصلب اللاسبيكى بالتلدين اللين إلى ما بين 680 ــ 730 °م ، والصلب اللاسبيكي المنخفضة الخلط إلى ما بين 710 ــ 730 °م ، وصلب السبائك العالية الخلط إلى ما بين 800 ــ 850 °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 إاى ما بين 820 ــ 910 °م . وللأنواع السبيكية منخفضة الخلط إلى ما بين 850 ــ 920 °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.

التصليد (التصليد بالتسقية) :

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 ، علما 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 °م وترتفع درجة الحرارة إلى درجة حرارة التصليد بمعدل سريع جدا لتحاشى إزالة الكربنة من الطبقات السطحية وعدم تكون حبيبات خشنة.

ولمنع تَسخن 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 :

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 20 °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 °م ، لذا يخلط الماء بالثلج أو يستخدم خليط الماء وملح الطعام . علما بانه يمكن

إنخفاض درجة التبريد لتصل إلى(ــ 70 °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 :

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

يزداد قابلية الصلب للتشكيل قليلا أو كثيرا 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 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 °م	الاستخدام
صلد جداً	أبيض مائل للأصفر	200	أدوات القياس
	أصفر فاتح	220	البراغل
	أصفر ذهبي	230	شوك العلام
	بني مصفر	240	ذكور اللولبة
صلد	أحمر مائل للبنى	250	المطارق
	أحمر	260	المثاقب الحلزونية
	أحمر قاتم	270	الأزاميل
متوسط الصلادة	بنفسجي	280	ذنب المركزة
	أزرق داكن	290	المفكات
	أزرق	300	السنابك والأجنات
	أزرق فاتح	320	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 ــ 150 °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

المعالجة الحرارية لأنواع صلب العدة

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 ــ 1.5% .

التسخين :

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

يحــدد لون التلدين (درجة حرارة المراجعة) بصــورة 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 مؤقتا في حالة عدم توافر تجهيزات لقياس درجة الحرارة وهي كالآتي :-

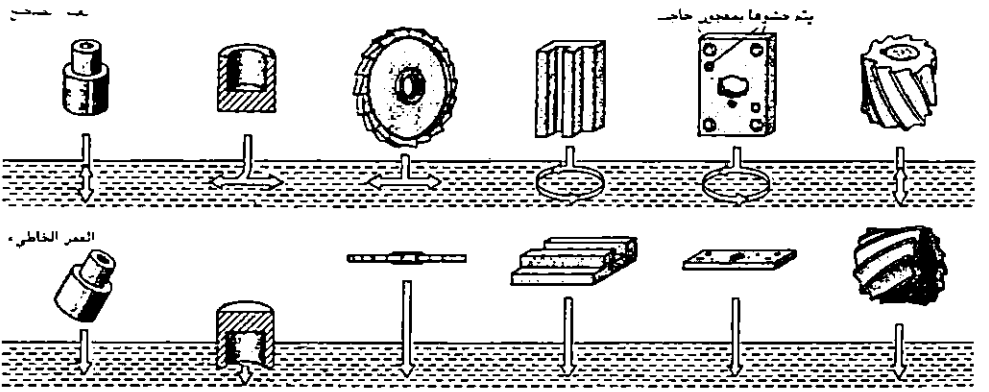
عند بلوغ درجة الحرارة الصحيحة للتصليد ، تظهر على أسطح المشغولة بعض البقع الصغيرة الفاتحة التي تدل على اجتياز حد التحول ، وعند تسخين مشغولات تحــتوى على ثقوب ، يظهر عليها لون تلدين أغمق من لون المشغولة نفسها ، ومع استمرار التسخين يتماثل لون الثقب مع اللون الفاتح للمشغولة ، وعند بلوغ درجة حرارة التصليد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

التسقية :

التسقية هي التبريد الفجائي ، حيث تسقى أنواع الصلب اللاسبيكي في ماء درجة

حرارته 20 °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 التسقية

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 تتبعج هذه المشغولات قليلا ، ولتلاشي التشوه الناشئ

عن التصليد ، يفضل تسقية مثل هذه المشغولات بالماء في درجة حرارة قدرها 200 °م ، ثم استكمال التبريد تماما 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 ــ 320 °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 ــ 200 °م، ويمكن بواسطة ألوان المراجعة (نظر جدول 7 – 1 الخاص بألوان ودرجات حرارة المراجعة الحرارية) تقدير درجات حرارة المراجعة الواقعة بين 220 ــ 320 °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 لدرجـــة 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 م°	نطاق الاستخدام م°
حمامات ملحية	500 – 160	870 ــ 180
حمامات رصاصية	327	900 ــ 350
حمامات رصاصية قصديرية	180	500 ــ 200

تصليد ومراجعة أنواع صلب العدة السبيكي منخفض الخلط :

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

التسخين :

تسخن أنواع الصلب وفقا لتركيبها الكيميائي ، إلى درجة حرارة تصليد تتراوح ما بين 780 ــ 850 °م .. (ألوان التلدين من الأحمر القاتم إلى الأحمر الفاتح).

التسقية :

يسقى الصلب في الزيت وأحيانا في الماء ، كما أنها تتشوه بصورة أقل ، ويمكن استخدام أملاح منصهرة متعادلة ، تصل درجة حرارتها إلى نحو200 °م ، بدلا من الزيت ، حيث تغمر فيها المشغولات الساخنة وتترك إلى أن تتخذ درجة حـــرارة 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 :

تتراوح درجات حرارة المراجعة ما بين 220 ــ 320 °م ، وتشبه المعالجة الحرارية في مجموعها ، تلك المتبعة لأنواع الصلب اللاسبيكي.

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 ــ 2.2 % ، كما تحتوى على نسبة تصل إلى 18% من التنجستن ، 11% من الكوبالت ، مع أضافات من الموليبدنم والكروم والفاناديوم.

التسخين :

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

يراعى إتباع دور الصناعة المنتجة بشأن درجات الحرارة المعطاة.

التسقية :

تسقى أنواع الصلب السبيكي 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 400 ــ 600 °م ، ثم يبرد الصلب فى هواء ساكن إلى درجة حرارة الغرفة ، وتتصلد أنواع الصلب السبيكي عالي الخلط بصورة كلية ، كما أن تشوهها قليل جدا أو تكاد تكون معدومة.

المراجعة :

تتوقف درجة حرارة المراجعة لأنواع صلب العدة السبيكي عالى الخلط على تركيبها الكيميائى وأسلوب التسقية . تتراوح درجة حرارة المراجعة إلى ما بين 100 ــ 600 °م.

لا تقل صلادة أنواع صلب السرعات العالية التي تراجع عند درجة حرارة 530 ــ 580 °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 حادا للغاية بسبب الارتفاع الشديد في درجـــة حرارة التصليد ، بحيث لا تجد المكونات السبيكية وقتا كافيا لتنظيم بنيتها المتشكلة أثناء التصليد ، وإنما يتم ذلك بالمراجعة اللاحقة ، وتسمى هذه العملية بعملية التصليد بالترسيب.

المعالجة الحرارية لأنواع صلب الإنشاءات

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

التصليد السطحي :

يجرى التصليد السطحي عندما تتطلب المشغولة سطحا صلدا 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 ــ 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.

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

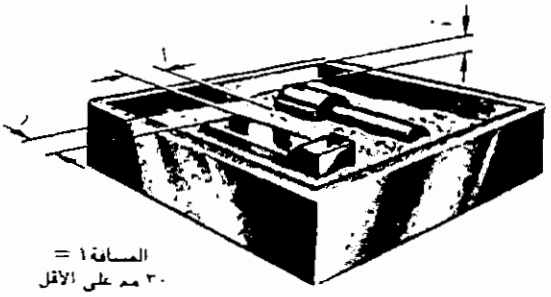
التصليد الغلافي بالصناديق (السمنتة) :

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 ، بحـــيث 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 ــ 930 °م .. وفقا 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 ــ 1.8 مم ، عند التسخين لفترة تتراوح ما بين 1 ــ 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



شكل 7 – 2

التصليد الغلافي في الصناديق

جدول 7 – 3

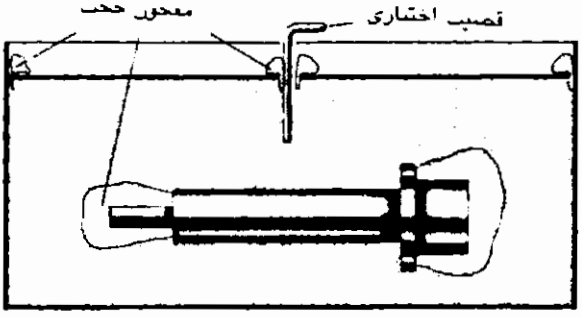
أعماق التصليد الغلافي في الصناديق

لأنواع الصلب السبيكي واللاسبيكي

زمن التصليد بالساعات	عمق التصليد بالمليمتر			
	في درجة حرارة تلدين قدرها 860 °م		في درجة حرارة تلدين قدرها 930 °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 إجـراء كربنة سطحية لأجزاء معينة فقط من المشغولة ، فانه يجرى تغطية الأجـزاء التي يراد تصليدها بمعجون خاص شكل 7 – 3 أو تغليفها بالنحاس.

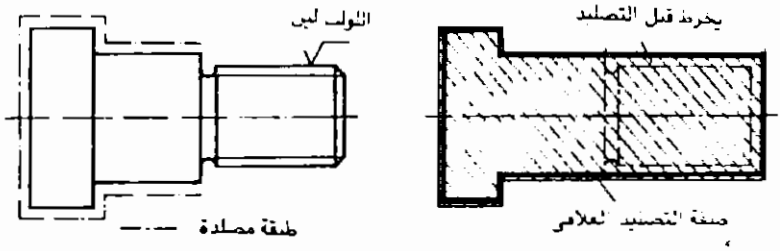


شكل 7 – 3

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 جـديد ، ثم تسقى في الماء أو الزيت ، وتتم المراجعة في درجـة حـرارة تتراوح ما بين 150 ـ 200 °م.



شكل 7 – 4

طريقة المقاسات الزائدة

التصليد الغلافي بالحمامات السمنتة :

غالبا تستخدم المصهورات الملحية التي تحتوي على ؟ ، ـ وذلك لغرض الكربنة السطحية أيضا ، مما يتيح تسخينا فجائيا 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 ــ 900 °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.

جدول 7 – 4

التصليد المزدوج والتلدين المرحلي للصلب الكربوني

العملية الخارجية	العملية الداخلية
التصليد الغلافي في مسحوق عند درجة حرارة قدرها 880 ــ 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 ــ 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 ــ 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 ــ 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 ــ 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.

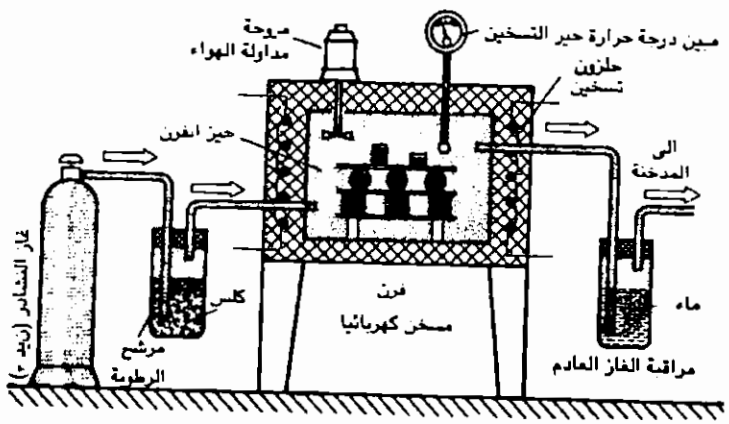
توجد النتردة بأسلوبين للتصليد هما النتردة بالغاز والنتردة بالغمر .. فيما يلي عرض كل منهما على حدة.

النتردة الغازية :

توضع المشغولة في طريقة النتردة الغازية في فرن كهربائي كما هو موضح بشكل 7 – 5 عند درجة حرارة تتراوح ما بين 500 ــ 520 °م ، وتعرض لتيار من غاز النشادر لمدة تتراوح ما بين 12ــ 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

تجهـــيزة النتردة

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 مسبقا ، ثم تغمر بالحمام الساخن في درجة حرارة تتراوح ما بين 500 ــ 550 °م ، وتترك لمدة تتراوح ما بين 10 ــ 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.
2. انخفاض درجة حرارة المعالجة الحرارية نسبيا إلى ما بين 500 ــ 520 °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 °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 جدا ، ثم تسقى المشغولة بالماء ، وذلك قبل وصول الحرارة إلى الطبقات الداخلية للمشغولة .. مما يؤدى إلى تصليد السطح فقط بينما يبقى القلب لينا.

أنواع التصليد باللهب :

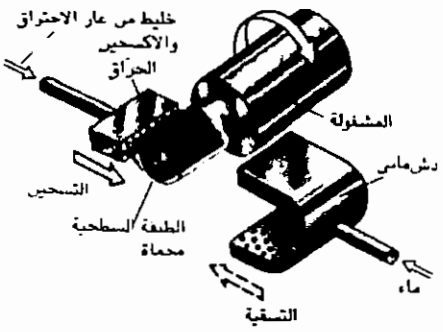
يميز التصليد باللهب بعدة أساليب للتصليد كما هو موضح بشكل 7 – 6 وهي كالآتي :-

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

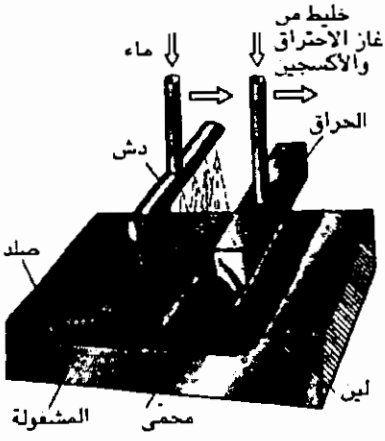
يستخدم التصليد باللهب فى أحوال كثيرة ماكينات تصليد خاصة ، حيث تعمل على هذه الماكينات على تصليد العديد من العدد ، وعلى سبيل المثال تصليد التروس ــ أعمدة المحاور ــ المسامير ــ الأعمدة ..... وغيرها . تتوقف تخانة طبقة التصليد على مدة تعرض المشغولة لتأثير اللهب.

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.

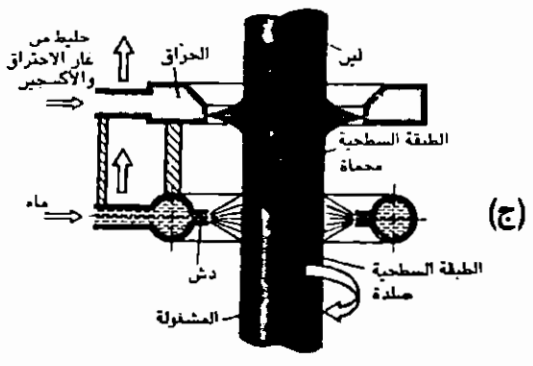
يناسب للتصليد باللهب أنواع الصلب السبيكي الذي يحتوي على نسبة من الكربون تتراوح ما بين 0.35 ــ 0.70 % ، وأنواع صلب الإنشاءات ذات النسب السبيكية الضئيلة من الكروم والموليبدنم التي تتراوح نسبة الكربون فيها ما بين 0.30 ــ 0.50 %.



(أ)



(ب)



(ج)

شكل 7 – 6

أنواع التصـــليد باللهب

(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 ومتجانسا . يتم ذلك بمعزل عن الهواء.

تسمح طريقة الغمر بتسـخين المشغولة جزئيا ، وبالتالي تصليدها جزئيا أيضا ، وتسحب المشغولة من الحمام الملحي قبل تغلغل الحرارة إلى قلبها ، وتغمر فى حمام تسقية.

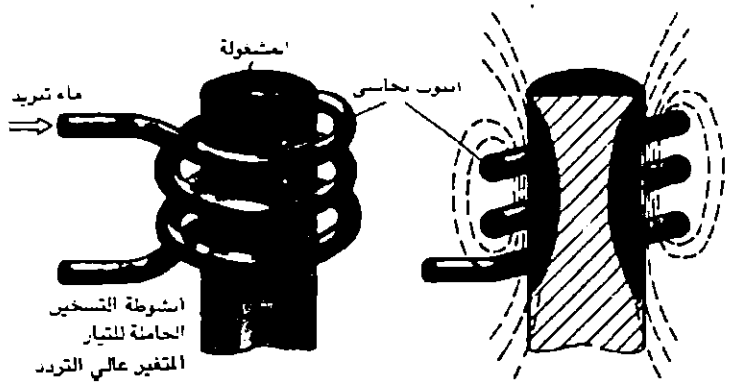
التصليد بالغمر ينافس نفس أنواع الصلب الصالح للتصليد باللهب.

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 يصـغر العمق بازدياد التردد الذي يتراوح ما بـين 4000 ــ 400000 هرتز ، ويتكون ملف التسخين من أنبوب نحاسي غالبا ، يلف حول المشغولة بصورة مطابقة لشكلها ، بحيث يبعد عن سـطحها بمسافة تتراوح ما بين 1 ــ 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 ، هذا الدش مركب بعد موضع التسخين مباشرة . ونظرا لعدم تمكن الحرارة من التغلغل إلى الطبقات الداخلية للمشغولة ، فان السطح يتصلد بينما يبقى القلب لينا.



شكل 7 – 7

التسخين بالحث الكهربائي

ولموازنة الاجهادات تراجع المشغولات بعد التصليد بتسخينها إلى درجة حرارة تتراوح ما بين 150 ــ 200 °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 دُرجات 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 ــ 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 احدادة 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 ــ 820 °م ثم تسقى فى الماء أو الزيت ، وتتم المراجعة إلى درجات حرارة ما بين 530 ــ 670 °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 ــ 18 شهر قبل تشغيلها بالقطع ، ويمكن فى حالة المصبوبات الصغيرة إزالة الإجهادات بالتعتيق الاصطناعي فى فرن تصل درجة حرارته إلى 300 °م ، ويمكن إزالة الاجهادات فى المصبوبات الكبيرة من خلال رجها لمدة تتراوح ما بين 8 ــ 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 لتسقية

إلى فصل كمية ضئيلة فقط من الجرافيت ، بينما يبقى الكربون متحدا بشكل كربيد حديد منتجا مادة صلدة سيئة التشغيل وقليلة التخـميد 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 يجـب 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 ــ 3 ملليمتر ، ويعطى التصليد بالحث نفس عمق الصلادة ، إذا تراوح متوسط التردد ما بين 4000 ــ 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 تغيـير 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 ــ 400 °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 صـــمودا للتآكل الكيميائي عند تلدينه إلى درجـــة حرارة تتراوح ما بين 450 ــ 500 °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.

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 °م ، ويجب مراعاة درجة حرارة التلدين الانحلالي لمادة التصنيع الواردة فى المواصفات بدقة ، ويتوقف كل من توقيت التلدين ومدته على نوع السبيكة ، علما بأن التسخين الزائد يؤدي إلى تتلف مادة التصنيع وبذلك تكون عديمة القيمة.

التسقية :

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 ــ 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 .

المعالجة الحرارية لسبائك المغنسيوم :

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

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

الفصل الثاني

التآكل الكيميائي

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 ، والتكسية 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 بدورا رئيسيا، إذ إنه يمكنه تخفيض التآكل بوضع تصميم واستخدام مواد صمودة للتآكل واختيار أسلوب التشطيب المناسب لتفادى التآكل أو التخفيض منه.

التآكل الكيميائي

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 البحت :

تصاب أكثر المعادن بتآكل سطحي نتيجة للتفاعلات الكيميائية مع الجو المحيط ، مما يؤدى إلى تغير خواصها ، ويلعب الأكسجين دورا كبيرا في عملية الأكسدة أو بما يسمى بالتفاعلات الكيميائية ، التي قد يشترك فيها السوائل ــ الأحماض ــ القلويات ــ محاليل أملاح ــ 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 عازلا واقيا.

ملاحظة :

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

التآكل الكهروكيميائي :

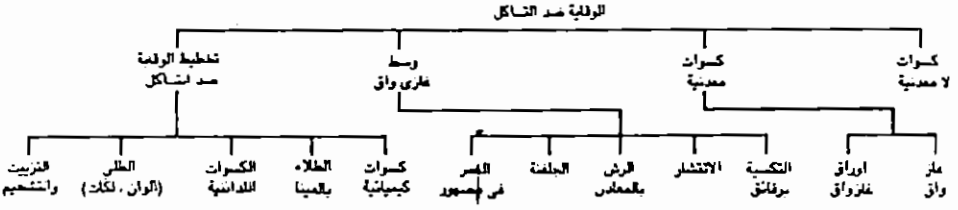
لا يتم التآكل الكهروكيميائي إلا فى وجود سائل موصل للكهرباء بين مادتين مختلفين مثل الماء ورطوبة الهواء ، أو عرق اليدين.

التآكل التلامسي :

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 نفيسا .. 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 7 – 8 يوضح الأساليب المختلفة للوقاية من التآكل الكيميائي.



شكل 7 – 8

أساليب الوقاية من التآكل الكيميائي

الكسوات اللا معدنية :

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 :

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 ،

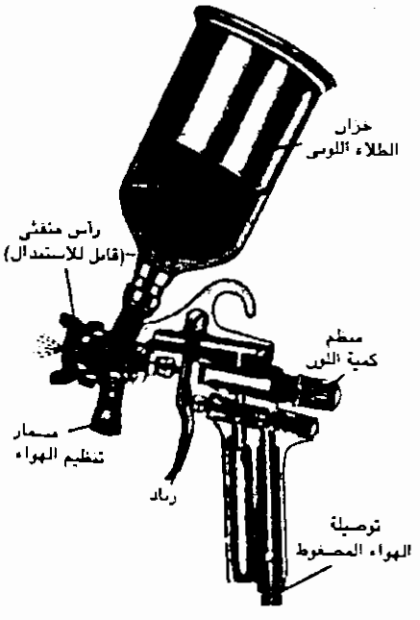
إذا ما أريد للتكسية أن تلصق بصورة ممتازة ، ويتم ذلك بغسل الأسطح ببنزين الغسيل أو لاثير أو بمزيلات أخرى للشحم.

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 مانعا للتآكل الكيميائي ، ويتم طلاء الدهانات الأولية فى طبقات رقيقة تعمل كطبقة أساسية لزيادة الصمود للتآكل الكيميائي وقابلية الالتصاق لطبقات الطلاء اللاحقة.

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

أساليب التكسية بالرش :

يوجد أسلوبين للتكسية بالرش هما الرش على البارد والرش على الساخن . يستخدم لتلك الأسلوبين لعملية الرش مسدس رش كالموضح بشكل 7 – 9 . 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 7 – 9

معـــدس الرش

التكسية بالرش على البارد :

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 :

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 50 ــ 120 °، 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.

ووفقا 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 21 °، أو المذيبات الأكثر من 21 °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 :

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 لطلاء.

التكسية بالغمر الكهربائي :

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 :

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 :

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 600 ــ 1000 °م ، حيث يكون مسحوق الزجاج المنصـــهر على أســـطح المشغولات والناتج بعد عملية الطلاء شـــديد الصلادة وصمودا للحرارة ومقاوما 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 مضافا إليه ما بين 3 ــ 5 % من شمع النحل ، ثم تسخينها عدة مرات إلى نحو 450 °م ، ينتج فى كل من هذه الحالات طبقة سوداء واقية من التآكل الكيميائي ، إلا أنها لا تكون واقية من الصدأ على الدوام.

التكسية المعدنية :

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 أسـطح المشغولات المصنوعة من الصلب بكسوة من النيكل ، يكون النيكل في هذه الحالة من وجهة السلوك الكهروكيميائي ، أكثر فاعلية من المعدن الأساسي أى موجبا ، مما قد يؤدى إلى تعرض المعدن الأساسي لخدش السطح ، حيث يتآكل المعدن الأساسي حتى إذا بلغ الصدأ حدا كبيرا تتقشر الكسوة النيكلية ، ويعنى ذلك أنه عند مواضع الثني واللي ، يكون المعدن الاصلي معرضا 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 :

أهم أساليب التكسية المعدنية هو الغمر فى معدن منصهر ــ التكسية بالجلفنة ــ رش المعدن المنصهر باستخدام مسدسات رش ــ التكسية بالانتشار ــ 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 ــ الكروم ــ الكادميوم ــ الزنك ــ الفضة ــ الذهب . يستخدم في هذا الأسلوب لوح من معدن مادة الكسوة كقطب موجب دائما.

الرش بالمعادن :

يزود معدس 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 1000 °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 (التصفيح) :

يمكن أيضا تزويد أسطح المنتجات نصف المصنعة من المعادن الخفيفة أو الثقيلة بكسوة رقائقية ، حيث يتم دلفنة طبقة رقيقة من النحاس الأصفر على سطح مشغولة من الصلب على الساخن ومن أمثلة ذلك قطع النقود الأوربية والألمانية المعدنية المصنوعة من الصلب والمكسية بطبقة رقيقة من النحاس الأصفر.

الكسوة الكرومية :

يستخدم التكسية الكروم لحماية السطح 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 80 ^{0}م ، إلا أنها تتأثر بدرجات الحرارة الأعلى من ذلك.

الكسوة القصديرية :

القصدير موجب كهروكيميائيا 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 :

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

الكسوة الرصاصية :

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 3 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 :

هي كل عملية أو مجموعة عمليات تتعرض بواسطتها المشغولة لتغييرات في درجة حرارتها (دورات حرارية) بقصد الحصول على بناء مجهري جديد يعطى خواص معينة جديدة أو تغـيير بعض خواص المشغولة ، علاوة على ذلك فإن مثل هـذه 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 :

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

التقسية :

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

فترة التقسية :

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

درجة حرارة التسقية :

هى درجة الحرارة التي يبدأ عندها التبريد السريع.

التسخين الأولى:

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

التشوه :

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 ــ 180 ^{0}م).

فترة الغطس :

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

التقسية المتقطعة :

هى عملية تبريد تتم في وسيطا تبريد على التوالي ، بحيث تكون لهما خواص تبريد

مختلفة دون الاحتفاظ بالمشغولة في الوسيط التبريد الأولى لفترة.

زمن الاحتفاظ :

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

فترة التسريب الحراري :

هى 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 معا.

التسقية المباشرة :

هى عملية تصليد السطح المكربن بالتقسية من درجة حرارة قد تكون دون درجة حرارة الكربنة ، كما تكون أعلى من درجة 723 °م للمناطق السطحية.

فترة التسخين :

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

الفترة الكلية للتسخين:

هى مجموع فترتي التسخين والتسريب الحراري.

التحول الأوستنيتى :

هو التحول للتركيب البنياني للصلب بالتسخين المفاجئ إلى 723 °م .. أى إلى ما يسمى بنقطة التحول ، بحيث يتحطم البرليت وينحل الكربون من الحديد تماما ، يتم ذلك كله في الحالة الصلبة ، حيث ينشأ ما يسمى بالمحلول الصلب ، وتسمى البنية الجديدة بالأوستنيت نسبة إلى الباحث الإنجليزي أوستن.

التسخين المفرط :

هو المبالغة في التسخين إلى أعلى من الحدود الحرجة (مابين Ac3 723 – 912 °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 :

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 :

هو التسخين إلى درجة حرارة عالية (درجة حرارة أعلى من 723 °م) ، والذي يؤدى إلى تشوه حجم الحبيبات الذي لا يمكن علاجه ، ومن ثم تلف المشغولة.

التخمير:

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

فترة التخمير :

هى الفترة الزمنية المقضية للمشغولة عند درجة حرارة التخمير.

التخمير المكشوف:

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

التخمير اللامع :

هى عملية تخمير تتم بشرط المحافظة على سطح المشغولة لامعا .. أى بأقل قدر من الأكسيدة.

درجة حرارة التخمير :

هى درجة حرارة تسخين المشغولة بقصد التخمير.

التخمير الشامل :

هى عملية تسخـــين للمشغولة إلى درجـــة الحرارة الحرجـــة Ac3 (723ـ 912 °م) ، يتبعها تبريد لإمكان الحصول على حبيبات غليظة بقصد تحسين قابلية تشغيلها.

التخمير الأوسط :

هو عملية تخمير للشغلة بعد كربنتها أو بعد تحول حبيبات قلبها إلى حبيبات دقيقة ، وذلك بإطالة فترة تسخينها عند درجة حرارة دون الدرجة الحرجة 723 °م ، ثم تبريدها ببـــطء.

التخمير بالثبوت الحرارى :

يقصـــد بذلك الاحتفاظ بالمشغولة عند درجة حرارة التحول أثناء فترة التبريد عند درجة حرارة 723 °م ، ثم التبريد بعد ذلك بمعدل إختيارى.

تخمير التلدين :

يجرى التلدين .. أى تطرية معدن المشغولة عند تسخينها إلى درجة الحرارة دون الدرجة الحرجة مباشرة و أحيانا بأعلها أو التأرجح حولها .. أى عند درجة 723 °م ، يتبع ذلك التبريد بقصد الوصول بالمشغولة إلى أطرى حالة لها.

إزالة الإجهادات :

هي عملية تخمير تتم عند درجة حرارة دون الدرجة ، وفي المعتاد عند درجة 650 ° 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 (723 ـ 912 °م) للقلب إلى درجة حرارة دون الدرجة الحرجة 723 °م ، بقصد تحول بنية القلب

إلى حبيبات دقيقة ، والتي قد تغلظت من خلال عملية كرينه سابقة.

المعادلة :

هي التسخين إلى درجة حرارة أعلى من الدرجة الحرجة (723 ــ 912 °م) أو أعلى من 723 °م ، يتبع ذلك تبريد في هواء راكد.

استقرار:

هي عملية تخمير بهدف تجميع أو ربط المكونات المتباينة والمتناثرة ، ويتم ذلك عند 850 °م.

المجانسة:

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 (723ــ 912 °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 400 ــ 500 °م) ، أو التبريد في الهواء (مجانسة هوائية) ، وقد يتم ذلك أيضا بصورة غير مستمرة .. بمعنى أن يسخن ملف كامل من لسلك مرة واحدة ، ثم يبرد بعد الحمام المذكور.

التجانس :

هي عملية تخمير تجرى في درجات حرارة مرتفعة (في حالة الصلب تكون أعلى من درجة الحرارة الحرجة (723Ac3 ــ 912 °م) ، ثم الاحتفاظ بالمشغولة فترة طويلة عند هذه الدرجة ، يتبع ذلك تبريدها بأى طريقة مرغوبة بقصد توزيع منتظم ومتاجنس للمكونات الذائبة.

المجانسة بالمقاومة الكهربائية :

هى عملية تسخين بالمقاومة الكهربائية:

التطويع:

هى عملية تخمير لحديد الزهر تتم بتحلل السمنتايت عند درجة حرارة أعلى من 723 م° ، يمكن أن تتم في وسيط مؤكسد ليلازمها إزالة الكربنة ، وقد تتم في وسيط محايد دون أي تأثير على نسبة الكربون.

التصليد أو التقسية بصلادة عالية :

يقصد بذلك التبريد من درجة حرارة المدى (723Ac3 ــ 912 م°) أو درجة الحرارة الحرجة 723 م° بمعدل تبريد عالي للحصول على صلادة كافية ، بحيث تكون الصلادة سطحية أو صلادة للمشغولة كلها.

درجة حرارة التصليد:

هى درجة حرارة تسخين المشغولة قبل تبريدها لغرض تصليدها.

التقسية بالغطس:

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

قابلية التصليد:

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

التسقية في الزيت:

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

التسقية والمراجعة في الزيت:

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

التسقية في الهواء :

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

التسقية والتطبيع في الهواء :

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

التصليد بالتيارات الحثية :

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

عمق التصليد المراجع:

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

تصليد القلب:

هو عملية التقسية بعد الكربنة والتبريد من درجة حرارة التصليد للصلب إلى درجة دون 723 °م ، ليصل التصليد إلى قلب المشغولة.

تصليد السطح :

هو عملية التقسية بعد الكربنة والتبريد من درجة حرارة التصليد للسطح إلى دون الدرجة الحرجة .. درجة 723 °م على السطح .

التسقية المزدوجة :

هى 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 :

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

قابلية التصليد المفيدة :

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

عمق الصلادة المفيدة :

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

اختبار التصلد 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.

التصلد المفرط :

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

مقدار التصلد:

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

قابلية التشرخ بالتسقية :

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

التصليد للتغلغل والمراجعة :

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

التسقية والتطبيع في الماء :

هى عملية تقسية وتطبيع تتم بالتبريد في الماء.

التقسية والتطبيع من درجة حرارة التشكيل :

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

التقسية والتطبيع أو (المراجعة):

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

التطبيع والمراجعة :

هى 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 723 ^{0}م والاحتفاظ بالمشغولة عند هذه الدرجة لفترة ، ثم تبريدها بمعدل مناسب .

فترة المراجعة :

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

درجات حرارة التطبيع :

هى درجات الحرارة التي يحتفظ بالمشغولة عندها إثناء التطبيع.

القصافة الناشئة عن التطبيع :

هى إنخفاض في المتانة الناشىء عن التطبيع عند نطاق درجات حرارة معينة أو عند التبريد ببطء عبر نطاق درجات حرارة معينة بعد التطبيع.

التطبيع السريع عند درجة الحرارة العالية :

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

الغلى :

هى عملية تطبيع تتم في درجات حرارة متوسطة في حمامات الماء أو الزيت الساخن.

التغليف :

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

الكربنة:

هى عملية أغناء السطح بالكربون من خلال الاحتفاظ بالمشغولة عند درجة حرارة فوق الحدود الحرجة (723 ــ 912 °م)، وذلك في وسيط مكربن مثل غاز مكربن أو حمام ساخن مكربن أو مسحوق او معجون مكربن.

السنيدة :

هى عملية أغناء السطح بكل من الكربون والنتروجين ، وذلك بالاحتفاظ به أعلى من درجة الحرارة الحرجة أو أحيانا دون درجة الحرارة الحرجة (723 °م) في وسط مكربن.

عمق الغلاف :

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

إزالة الكربنة :

هى 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 :

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

النتردة الجافة :

هى تسخين فى وسط من غازات غنية بالنتروجين.

النتردة بحمامات الأملاح:

هى تسخين في حمامات من الأملاح المنصهرة الغنية بالنتروجين .

عمق الكربنة :

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

التصليد باللهب :

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

التصليد بالترسيب :

هى 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 نسبيا (التصلد بالتعتيق التخليقى) بقصد تعديل الخواص الميكانيكية أو المغناطيسية.

التسخين للمحلول المتجمد:

هى عمليات تسخين إلى درجة الحرارة التي تذوب عندها المكونات المترسبة.

التعتيق أو التشييخ:

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 تخليقيا إذا كان هذا التغيير يحدث في درجة حرارة عالية نسبيا ، أو طبيعيا إذا كان هذا التغيير يحدث في درجة حرارة الجو بعد زمن طويل .. وهو ما يسمى بالتعتيق الطبيعي.